**; И.К.Тульчин, Г.И. Нудлар**

**Электрические сети жилых и общественных зданий**

**И. К. Тульчин, Г. И. Нудлер**

Электрические сети жилых и общественных зданий

Москва

Энергоатомиздат 1983

ББК 31.294.9

Т82

УДК 621.316.172

**Тульчин И. К., Нудлер Г. И.**

Т82 Электрические сети жилых и общественных зда­ний.— М.: Энергоатомиздат, 1983. — 304 с., ил.

1 р. 20 к.

Рассматриваются электроприемиики жилых и общественных зда­ний, развитие электрификации быта, методы определения и прогнози­рования электрических нагрузок. Приведены методы расчета внутрен­них осветительных и силовых сетей, принципы построения схем рас­пределения электроэнергии и конструктивное выполнение распредуст­ройств и проводок. Описаны некоторые схемы автоматизации. Рассмот­рены вопросы электробезопасиости.

Для специалистов-электриков, работающих в области проектиро­вания и эксплуатации электрооборудования жилых и общественных зданий, может быть полезна студентам вузов.

**2302050000-008 j 2 j g3**

**ББК 31.294.9**

**6П2.13**

**051(01)-83**

Рецензент Е. И. Афанасьева

© Энергоатомиздат, 1983

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современное гражданское здание насыщено большим ко­личеством механизированных, электрифицированных и ав­томатизированных инженерных систем. Развитие элек­трификации жилых и общественных зданий обусловлено ростом всей энергетики нашей страны. Быстрыми темпами развивается электрификация быта. Все шире применяются бытовые электроприборы, повышающие комфорт в кварти­рах и освобождающие людей от многих трудоемких домаш­них хозяйственных работ.

Электроустановки современных зданий представляют собой сложные системы, предъявляющие повышенные тре­бования к надежности электроснабжения, что в свою оче­редь потребовало автоматизации работы отдельных элемен­тов сетей. В этих условиях принципиально важно, чтобы в проектах электроснабжения и электрооборудования зда­ний принимались решения, отвечающие требованиям наи­меньших затрат на их сооружение и удобства эксплуата­ции и надежности работы.

По вопросам внешних электрических сетей имеется зна­чительное количество литературы и технических пособий, а в учебных программах вузов и техникумов этим вопросам уделяется должное внимание. Вопросы проектирования, монтажа и эксплуатации внутренних сетей жилых и граж­данских зданий недостаточно освещены в литературе, не­смотря на то, что на выполнение этих сетей расходуется не менее 60 % общих капиталовложений на системы элек­троснабжения. В предлагаемой книге сделана попытка изложить основные положения по проектированию, мон­тажу и эксплуатации внутренних электрических сетей жи­лых и общественных зданий.

В книге отражены многолетний опыт ведущих проект­ных организаций, занятых проектированием жилых и об­щественных зданий в Москве, и результаты научно-иссле­довательских и экспериментальных работ, выполненных за

последние годы и включенных в нормативные документы. Учитывая важность ряда вопросов, являющихся основой при исследованиях и проектировании электрических сетей зданий, в книге рассмотрены электропотребление при раз­личных уровнях электрификации в настоящее время и в перспективе, а также современные методы определения нагрузок, основанные на положениях теории вероятностей и математической статистики. Сделана попытка прогнози­рования электрических нагрузок. Несмотря на то что эти методы пока еще не получили широкого распространения в инженерной практике, пользование ими не представляет­ся сложным, и их внедрение, в частности, в практику про­ектирования электрооборудования зданий вполне целесо­образно.

В книге рассматриваются методы построения схем вну­тренних электрических сетей зданий, их расчет, способы вы­полнения, приведены краткие описания систем автомати­ки, уделено внимание вопросам диспетчеризации, электро­безопасности и эксплуатации электроустановок.

Авторы выражают глубокую благодарность рецензенту канд. техн, наук Е. И. Афанасьевой и научному редактору Л. А. Циперману за ценные замечания, позволившие в про­цессе подготовки рукописи к печати внести в нее необходи­мые поправки и уточнения, а также сотрудникам лабора­тории электрооборудования МНИИТЭП А. В. Городничеву и В. М. Подольному за предоставление материалов на­учно-исследовательских работ, использованных в книге.

Все замечания и пожелания просьба направлять по ад­ресу: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10, Энерго- атомиздат.

*Авторы*

ВВЕДЕНИЕ

Развитие экономики нашей страны неразрывно связано с электрификацией всех отраслей народного хозяйства. План ГОЭЛРО, разработанный вскоре после Великой Октябрь­ской социалистической революции советскими учеными и специалистами, был первым перспективным планом разви­тия экономики всей страны на базе электрификации. Ис­торическое значение плана ГОЭЛРО трудно переоценить. В ходе осуществления первого пятилетнего плана индуст­риализации страны план ГОЭЛРО был выполнен досрочно.

Ниже приводятся некоторые данные, характеризующие рост энергетики в нашей стране до 1935 г. [60].

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1913 г. | 1920—  1921 гг. | По плану ГОЭЛРО | 1930 г. | 1935 г. |
| Мощность районных электростанций, млн.  кВт | 0,2 | 0,25 | 1,75 | 1,4 | 4,6\* |
| Производство электро­энергии, млрд, кВт-ч . . | 2,0 | 0,5 | 8,8 | 8,4 | 26,3 |

\* В том числе 0,5 млн. кВт — промышленные электростанции районного зна­чения.

I

К 1935 г. Советский Союз занял второе место в Европе и третье место в мире по производству электрической энер­гии, опередив такие промышленно развитые капиталисти­ческие страны, как Англия, Франция, Италия. В дальней­шем рост энергетики как основопологающей отрасли на­родного хозяйства шел быстрыми темпами. Так в 1940 г. мощность электростанций достигла 11,2 млн. кВт, а про­изводство электроэнергии 48,3 млрд. кВт-ч.

Несмотря на то что в период Великой Отечественной войны произошло сокращение производства электроэнер­гии, уже в 1946 г. в результате героического труда совет­ских людей производство электроэнергии превысило дово­енный уровень и составило 48,6 млрд. кВт-ч, а в 1947 г. Советский Союз занял первое место в Европе и второе вмире по производству электрической энергии —важнейше­му показателю индустриального развития страны.

Все последующие годы социалистического строительст­ва советский народ под руководством Коммунистической партии последовательно проводил ленинскую политику электрификации страны и на ее основе быстрыми темпами шло развитие всех отраслей народного хозяйства и возрас­тало благосостояние народа. Потребление электроэнергии основными отраслями народного хозяйства, в том числе и на бытовые нужды, характеризуется данными, приведенны­ми в табл. В.1.

Таблица ВЛ. Потребление электроэнергии основными отраслями народного хозяйства, в том числе на бытовые иужды

Потребление электроэнергии, млрд. кВт-ч

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | I960 г. | 1970 г. | 1975 г. | 1979 г. | 1980 г |
| Общее  В том числе: | 292,3 | 740,9 | 1038,6 | 1238,2 | 1295 |
| Промышленностью | 188,7 | 438,0 | 587,7 | 669,7 | 696,2 |
| Строительством | 8,9 | 15,0 | 21,3 | 24,9 | 23,3 |
| Транспортом | 17,6 | 54,4 | 74,2 | 96,2 | 102,5 |
| Сельским хозяйством | 9,9 | 38,5 | 73,8 | 102,3 | 109 |
| На бытовые нужды горо­дов и коммунальное хозяй­ство | 30,5 | >1,1 | 119,1 | 147,5 | 155 |
| На собственные нужды и передачу электроэнергии | 36,7 | 108,7 | 151,3 | 182,8 | 189,7 |

В ходе выполнения пятилетних планов развития на­родного хозяйства СССР было осуществлено и ведется в настоящее время строительство крупных тепловых электро­станций мощностью 4—6 млн. кВт с блоками 300, 500, 800, 1200 МВт, в том числе на базе месторождений углей Эки- бастузского, Сургутского, Канско-Ачинского. Сооружены мощные гидроузлы, преимущественно в Поволжье, Сибири, на Кавказе и ряде других районов.

В центральных районах получила развитие атомная энергетика, которая будет и дальше развиваться быстры­ми темпами, причем мощность реакторов достигает 1000 МВт и более.

Ведутся работы по созданию Единой энергетической системы (ЕЭС) СССР, строительство дальних линий элек­тропередачи переменного и постоянного тока сверхвысоко­го напряжения. С каждым годом все более расширяются международные энергетические связи. В настоящее время параллельно со станциями ЕЭС СССР работают электро- станции объединенных энергетических систем стран—чле­нов СЭВ—ПНР, ВНР, ЧССР, СРР, ГДР; а на востоке — энергосистема МНР. Образовано крупнейшее междуна­родное энергообъединение с установленной мощностью электростанций около 300 млн. кВт. [61], в котором парал­лельно работают электростанции от Улан-Батора до Бер­лина. Единая энергетическая система производит постав­ки электроэнергии в Турцию, Финляндию, Норвегию.

XXVI съездом КПСС утверждены «Основные направ­ления экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года», которыми пре­дусматривается дальнейший рост энергетики страны. К 1985 г. производство электроэнергии должно возрасти до 1555 млрд. кВт • ч в год.

Важным элементом повышения благосостояния народа является дальнейший рост электрификации быта. Повыше­ние уровня электрификации и совершенствование всей си­стемы электроснабжения в городе и на селе имеют важное значение как для снижения затрат труда на ведение до­машнего хозяйства, так и для улучшения санитарно-гигие­нического состояния жилищ и оздоровления воздушной среды населенных пунктов

В СССР в настоящее время насчитывается более 2000 городов и 3600 поселков городского типа, в которых про­живает более половины населения страны [62]. По электри­ческим сетям 0,4—20 кВ распределяется около 40 % всей вырабатываемой электроэнергии, поэтому правильное по­строение системы распределения энергии, обеспечивающее высокую надежность электроснабжения и уменьшение по­терь в электрических сетях, имеет важное значение.

В нашей стране в условиях планового хозяйства разви­тие электрификации быта подчинено общим народнохозяй­ственным интересам, и в большинстве районов применение электроэнергии ограничивается экономичными решениями по централизованной теплофикации, газификации на базе природного газа и т. д. Тем не менее по мере совершенст­вования процессов производства электроэнергии, повыше­ния КПД электростанций, внедрения мощных энергобло­ков, развития атомных электростанций создаются предпо­сылки для дальнейшего развития электрификации. В первую очередь потребление электроэнергии на бытовые

нужды в городах и селах будет расти за счет увеличения количества различных бытовых машин и приборов в до­машнем хозяйстве, а также применения электроэнергии для приготовления пищи, В ряде районов страны с дорогим привозным топливом, в курортных зонах (где особенно важно поддержание чистоты воздушного бассейна), в не­которых южных районах, на Крайнем Севере можно ожи­дать постепенного внедрения различных видов электрокон­диционирования воздуха, электроводонагрева и электро­отопления.

Широкое внедрение механизации и автоматизации про­изводственных процессов — одна из основ повышения про­изводительности труда в народном хозяйстве. Автоматика находит все большее применение и на коммунальных пред­приятиях, объектах жилищно-гражданского строительства; ее повсеместное внедрение позволяет сократить расходы электроэнергии, повысить надежность электроснабжения, обеспечивает бесперебойную работу инженерного оборудо­вания зданий.

Раздел первый

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ БЫТА

И ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКИ

Глава первая

ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКИ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

1. Электроприемники жилых зданий

Современные жилые здания насыщены большим количест­вом различных электроприемников. К иим относятся раз\* личные осветительные и бытовые приборы и силовое элек­трооборудование. Рост энергетики и объема производства электроэнергии в значительной мере способствует расши­рению номенклатуры и увеличению количества электро­приборов, применяемых в быту.

Электроприборы, все в большей степени используемые в квартирах жилых зданий, обеспечивают сокращение за­трат труда на ведение домашнего хозяйства и повыщение комфорта современного жилища.

Электроприемники жилых зданий могут быть подраз­делены на две основные группы: электроприемники квар­тир и электроприемники общедомового назначения. К пер­вым относятся осветительные и бытовые электроприборы. Ко вторым относятся светильники лестничных клеток, тех­нических подпольев, чердаков, вестибюлей, холлов, слу­жебных и других помещений, лифтовые установки, вентиля­ционные системы, различные противопожарные устройст­ва, элементы диспетчеризации, переговорно-вызывные уст­ройства (домофоны), кодовые замки и т. п.

**Электроприемники квартир.** *Электрическое освещение квартир* осуществляется с помощью светильников общего и местного освещения, как правило, с лампами накалива-- ния. Однако в настоящее время разрабатываются и внед­ряются бытовые светильники с люминесцентными лампами, применение которых позволит резко повысить освещенность в квартирах без увеличения расхода электроэнергии при значительно большем сроке службы этих ламп. Однако их широкое внедрение требует улучшения цветопередачи таких ламп. Для общего освещения жилых комнат применяются многоламповые светильники различных конструкций с лам­пами накаливания мощностью 40—100 Вт, для освещения вспомогательных помещений — одноламповые светильники 25—60 Вт, для ванных комнат разработан и внедряется светильник с люминесцентной лампой мощностью 20 Вт.

Бытовые электроприборы по назначению можно услов­но разделить на следующие характерные группы: нагрева­тельные для приготовления пищи, для обработки и хране­ния продуктов, хозяйственные (для ухода за бельем и одеждой, уборки помещений, электроинструменты и др.), культурно-бытовые, санитарно-гигиенические, бытовые кон-

Таблица 1.1. Характеристика стационарных кухонных электроплит

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Номиналь- |  | Конфорки | |  |
| Обозначение и | Число |  |  | Тип переключа- |
| тип плиты | ность, кВт | конфорок | диаметр.  мм | мощ­ность, Нт | теля мощности |
| ЧРШ-3/5,1 | 5,1 | 3 | 145 | 800 | Четырехпози- |
| «Лысьва-6» |  |  | 180 | 1200 | циоииый ПМ-4 |
|  |  | 180 | 1500 |  |
| ЧРШ-3/5,8 | 5,8 | 3 | 145 | 1000 | Четырехпози- |
| «Лысьва-7» |  |  | 180 | 1500 | циоиный ПМ-4 |
|  |  |  | 180 | 1500 |  |
| ЧРШ-3/5,8 | 5,8 | 3 | 145 | 1000 | Семипозици- |
| «Лысьва-8» |  |  | 180 | 1500 | ониый ПМ-7 |
|  |  | 180 | 1500 |  |
| ЧРШ-3/5,8 | 5,8 | 3 | 145 | 1000 | Семипозици- |
| «Томь» |  |  | 180 | 1500 | онный |
|  |  | 180 | 1500 | ПМЭ-10/7УЗ |
| «Электра-1001» | 8,0 | 4 | 145 | 1000 | Семипозици- |
|  |  | 180 | 1500 | онный |
|  |  |  | 180 | 1500 | ПМЭ-Р1-7 |
|  |  |  | 220 | 2000 |  |
| «Нииа-4» фио- | 6,75 | 4 | 80 | 450 | Семипозици- |
| ма «Слобода» |  |  | 145 | 1000 | онный |
| СФРЮ |  |  | 145 | 1500 |  |
|  |  | 220 | 2000 |  |
| «Е-405» фирма | 6,3 | 3 | 145 | 1000 | Семипозици- |
| «Горяние» СФРЮ |  | 180  180 | 1500  2000 | онный |
| «Мечта» НРБ | 6,1 | 3 | 145 | 800 | Пятипозици- |
|  |  | 180 | 1200 | оииый |
|  |  |  | 220 | 1800 |  |

Примечание. Мощность жарочного шкафа определяется как разность номинальной мощности плиты и суммы мощностей всех конфорок.

диционеры воздуха, водонагреватели, приборы для отопле­ния помещений.

*Нагревательные приборы для приготовления пищи:* электроплиты с программными устройствами и без них, жарочные шкафы, электроплитки, электропечи, тостеры, шашлычницы, скороварки, самовары, чайники, электропе­чи высокой частоты и т. п. Кухонные электроплиты и жа­рочные шкафы устанавливаются стационарно, остальные приборы большей частью являются переносными.

Характеристики электроплит отечественного и зарубеж­ного производства [5] приведены в табл. 1.1.

Стационарная напольная электроплита состоит из ме­таллического корпуса с конфорками, установленными на рабочем столе, жарочного шкафа и регулировочной аппа­ратуры. Конфорки изготавливаются двух видов: из трубча­тых нагревательных элементов (ТЭНов) и чугунные. Оте­чественные плиты выпускаются с чугунными конфорками. Чугунные конфорки состоят из корпуса с запрессованными в специальную изоляционную массу спиралями из нихрома или других материалов с высоким удельным сопротивле­нием. Выводные концы спиралей подключаются к винтам, установленным на термостойкой керамической колодке. Температура на поверхности конфорки 350—450 °C.

Трубчатый нагревательный элемент представляет собой специальную трубку, внутри которой (по оси) расположе­на нагревательная спираль, находящаяся в уплотненной изоляционной массе на основе периглаза. Температура на поверхности ТЭНов может достигать 400—600 °C. Указан­ные температуры на поверхности конфорок характерны при работе на полную мощность и наличии нормального тепло­отвода. При отсутствии на конфорке сосуда, потребляюще­го тепло, температура на поверхности конфорки возрастает и при длительном включении, что иногда имеет место, ког­да жильцы используют плиту для обогрева помещения, срок службы конфорки резко сокращается. Работа конфор­ки на полную мощность необходима только до момента до­ведения блюда до кипения, дальнейший процесс приготов­ления пищи требует значительно меньшей мощности, что достигается соответствующей установкой положения пере­ключателя. Для экономии энергии необходимо использо­вать посуду с толстым дном, плотно прилегающим к по­верхности конфорки. В отличие от конфорок, передача те­пла которых происходит за счет теплопроводности, тепло в жарочных шкафах передается за счет конвекции и излуче­ния от нагревательных элементов, располагаемых внизу и в верхней части шкафа.

Коэффициент полезного действия электроплит с чугун­ными конфорками составляет примерно 65, с ТЭНами 75%. Пределы регулирования температуры жарочного шкафа от 50 до 300 °C.

За рубежом применяются автоматизированные плиты, в которых устанавливают бесступенчатые регуляторы мощ­ности конфорок и программные устройства для жарочного шкафа. При этом расход электроэнергии сокращается на 15—20%. Необходимо отметить большое преимущество электроплиты по сравнению с газовой в санитарно-гигиени­ческом отношении, так как газовые плиты вследствие не­полного сгорания газа выделяют в окружающее простран­ство вредные примеси.

Работами Академии коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова (АКХ) установлено, что оптимальной мощно­стью электроплиты является 7—7,5 кВт, что обеспечивает при наиболее целесообразном режиме приготовления всех видов пищи наименьший расход электроэнергии. Одним из новых видов нагревательных приборов для приготовления пищи являются индукционные плиты, в которых нагрев со­суда осуществляется за счет вихревых токов, возникающих в сосуде под действием электрического поля высокой час­тоты. Такие плиты оборудованы специальным встроенным преобразователем частоты и индукционными катушками. Коэффициент полезного действия таких плит достигает 90 %■ В шкафах сверхвысокой частоты (СВЧ) нагрев про­дукта, находящегося внутри шкафа, происходит во всем объеме за счет энергии поля частотой примерно 2500 МГц, что сокращает срок приготовления отдельных блюд в 8— 10 раз. СВЧ шкафы используются как дополнение к плите.

*Приборы для обработки и хранения продуктов.* К ним относятся холодильники (компрессионные, абсорбционные, полупроводниковые), морозильники, универсальные кухон­ные электроприводы, картофелечистки, мясорубки, миксе­ры, кофемолки, соковыжималки и т. п. Большинство из перечисленных приборов специального описания не требу­ет. Отметим лишь некоторые особенности бытовых холо­дильников.

Наиболее распространенными (80 %) являются комп­рессионные холодильники. К недостаткам компрессионных холодильников относится шум при работе электродвига­теля.

Абсорбционные холодильники (20 %) свободны от этого недостатка, однако они менее экономичны. Недостатком таких холодильников является их сравнительно малая хо­лодопроизводительность при значительно большем потреб­лении энергии по сравнению с компрессиоными. Полупро­водниковые холодильники пока еще распространения не получили.

*Хозяйственные приборы.* К ним относятся: стиральные машины (неавтоматические, полуавтоматические, автома­тические), пылесосы, полотеры, утюги, посудомоечные ма­шины, электроинструмент, швейные машины и т. п.

*Культурно-бытовые приборы:* телевизоры, магнитофо­ны, радиоприемники, радиолы, проигрыватели, кинопроек­торы, диапроекторы, электромузыкальные инструменты, электрифицированные игрушки. Отметим, что указанная группа приборов, особенно телевизоры, чувствительны к колебаниям напряжения, в связи с чем широко применяют­ся местные стабилизаторы напряжения, главным образом феррорезонансные. Улучшая работу телевизоров, стабили­заторы ухудшают режим работы сети в целом, снижая ко­эффициент мощности и увеличивая потери энергии. В на­стоящее время у населения имеется свыше 25 млн. стаби­лизаторов и автотрансформаторов, на что расходуется до 600 млн. кВт-ч в год; кроме того, на их производство при­ходится тратить большое количество электротехнической стали и меди. Таким образом, использование этих уст­ройств экономически невыгодно для народного хозяйства. Более целесообразным следует считать применение специ­альных устройств для регулирования напряжения в элек­трических сетях города.

*Санитарно-гигиенические приборы:* вентиляторы, ув­лажнители воздуха, фены, ионизаторы, надплитные кухон­ные фильтры, электробритвы, машинки для стрижки волос, щипцы для завивки волос, приборы для массажа, электро­грелки, электроодеяла, ультрафиолетовые и другие облу­чатели и т. п.

*Бытовые кондиционеры.* За последние годы в нашей стране организовано производство и внедряются в быт ком­натные стационарные кондиционеры. Электрические сети жилых зданий, сооружаемых в районах, где среднемесяч­ная температура воздуха в 13 ч летнего дня достигает 25 °C и более, рассчитываются на использование таких кон­диционеров для улучшения микроклимата в квартире (см. гл. 3).

Бытовой кондиционер типа БК-1500 компрессионного типа, потребляет мощность 1,3 кВт.

*Электроводонагреватели (ЭВН).* Существует два типа водонагревателей: проточные и емкостные.

Проточные нагреватели нагревают воду непосредствен­но при ее потреблении. Они характеризуются сравнительно малыми габаритами при большой водопроизводительности. Однако такие ЭВН потребляют большую мощность (15— 20 кВт). Недостатком проточных нагревателей является то, что их включение совпадает по времени с максимумом на­грузки энергосистемы.

Емкостные нагреватели по конструктивному исполне­нию можно подразделить на два типа: быстродействую­щие нагреватели с относительно небольшой вместимостью бака (5—10 л) и аккумуляционные с большой вместимо­стью бака, достигающей 300 л и более и имеющие тепло­изоляцию бака. Емкостные водонагреватели потребляют меньшую мощность, чем проточные, но длительность нагре­ва воды значительно возрастает. Так, например, в аккуму­ляционных нагревателях время нагрева воды до 85 °C до­стигает 8 ч. Нагреватели вместимостью 100—160 л потреб­ляют мощность не более 3—4 кВт. Малообъемные нагрева­тели включаются незадолго до потребления воды и могут оказаться включенными в часы максимальных нагрузок энергосистемы.

Аккумуляционные водонагреватели включаются в пери­оды минимальных нагрузок системы, как правило, в ночное время. Кроме того, включение этих нагревателей в часы провалов графиков энергосистемы, дает возможность не провалов графиков энергосистемы дает возможность не ружной электросети, чего нельзя избежать при установке проточных водонагревателей. Применение аккумуляцион­ного водонагрева экономически выгодно энергоснабжаю­щим организациям. За рубежом в целях стимулирования потребления электроэнергии в часы провала графиков на­грузок применяются сниженные тарифы на электроэнергию на этот период, что дает огромную выгоду и потребителям.

В СССР выпускаются электронагреватели типа УНС (аккумуляционные низкого давления настенные) вмести­мостью 10, 40, 60 и 100 л, УАП (аккумуляционные атмос­ферного давления напольные) вместимостью 60 и 100 л и БАС (быстродействующие атмосферного давления настен­ные) вместимостью 6 и 10 л. Мощность нагревательного элемента водонагревателя УНС 1,2 кВт. Водонагреватели имеют встроенные автоматические устройства для отклю­чения нагревательного элемента при достижении темпера­туры воды 85 °C.

*Электрическое отопление.* Применение электрического отопления жилых помещений для большинства районов на­шей страны, особенно при теплоснабжении от теплоэлек­троцентралей, в настоящее время экономически не оправ­дывается. Однако уже сейчас электрическое отопление находит применение в районах с избытком гидроэлектро­энергии, дорогим привозным топливом, в некоторых южных районах страны, имеющих плюсовые температуры в зимнее время, в курортных зонах.

Благоприятные перспективы развития новых способов получения электроэнергии в будущем определяют целесо­образность ее использования для заполнения графиков на­грузки энергосистем\*. Поэтому необходимо в данной гла­ве рассмотреть в самых общих чертах известные в настоя­щее время устройства электроотопления [6].

Системы электрического отопления жилых зданий мож­но подразделить на две группы: полное электроотопление и частичное электроотопление. При полном электроотопле­нии все необходимое количество тепла поступает в поме­щение от одного энергоносителя — электричества. При час­тичном отоплении основное потребление тепла идет из системы централизованного или децентрализованного ото­пления, а при пиковых нагрузках недостатки тепла покры­ваются приборами электроотопленпя. Полное электроотоп­ление может осуществляться централизованно от электро­котлов или децентрализованно индивидуальными отопи­тельными электроприборами.

Электрокотлы могут работать в режиме непосредствен­ного отопления круглосуточно или в аккумуляционном ре­жиме, при котором они подключаются к электросети толь­ко в часы провала графиков нагрузки. В последнем случае рядом с котлом устанавливается бак с хорошей теплоизо­ляцией с теплоаккумулирующей жидкостью (водой). При индивидуальном отоплении приборы устанавливаются, как правило, в каждой комнате квартиры, в отдельных случаях возможно отопление нескольких комнат одним прибором.

1 Сфера применения электроиагрева и электроотопления будет по­степенно расширяться. Как показывают работы Энергосетьпроекта, электрификация систем горячего водоснабжения и теплоснабжения не­смотря на некоторый перерасход топлива в целом, позволяет значи­тельно сократить расход высококачественного органического топлива.

По принципу преобразования электрической энергии в тепловую электроотопительные приборы могут быть под­разделены на приборы прямого отопления и тепловые на­сосы. В первых происходит прямое преобразование электро­энергии в тепло, во вторых—отбор тепла у среды с более низкой температурой и передача его среде с более высокой температурой.

Следует различать электроотопительные приборы не­посредственного действия, в которых тепло сразу же по­ступает в помещение, и приборы с аккумулированием теп­ла, в которых преобразование электроэнергии и накопле­ние тепла происходят в часы минимальных нагрузок элек­тросети, а расход запасенного тепла — в течение длительно­го времени, в том числе и после отключения прибора. К первым относятся электрорадиаторы, камины, конвекто­ры, греющие обои и плинтусы, тепловые насосы, ко вто­рым — аккумуляционные электропечи и греющие кабели, заделанные в строительные конструкции зданий. Кроме то­го, электроотопительные приборы различаются своим кон­структивным исполнением — напольные, настенные, на­стольные, универсальные и способом теплоотдачи — радиа­ционные, конвективные и универсальные.

Электроотопительные приборы могут быть нерегулиру­емые и иметь ступенчатые, бесступенчатые и автоматичес­кие регуляторы.

На рис. 1.1. схематически показаны конструкция грею­щего кабеля и разрез перекрытия. Такая система использу­ется в качестве полуаккумуляционного или аккумуляцион­ного отопления в зависимости от конструкции пола. При электрическом обогреве удельная мощность составляет 120—150 Вт/м2 пола. По гигиеническим соображениям тем­пература на поверхности пола не должна превышать 25— 27 °C, поэтому на 1 м длины греющего кабеля мощность не должна превышать 20—25 Вт. Допустимая рабочая тем­пература изоляции греющих кабелей (65—105 °C) обеспе­чивает их эксплуатацию примерно в течение 50 лет. Тепло­аккумуляционные электрические печи в зависимости от кон­структивного исполнения и характера теплоотдачи бывают трех видов.

В печах первого вида теплоаккумулирующий сердеч­ник выполняют из жаростойкого бетона, магнезита, стео- тита и других материалов, между которыми находятся на­гревательные элементы. Снаружи размещается теплоизо­ляционный слой шамота, облицованный кафелем или

пластмассой. Теплоаккумулирующий сердечник разогрева­ется до 300—600 °C, в то время как на поверхности печи температура не превышает 60—70 °C. Теплоотдача проис­ходит за счет излучения и конвекции. Недостатком печей первого вида является отсутствие возможности регулирова­ния теплоотдачи и понижение температуры к вечеру, что за­трудняет их использование в жилых домах.

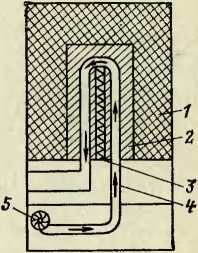
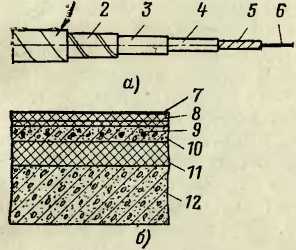


Рис. 1.1. Схема устройства электроотопления с помощью греющего ка­беля:

*а—*греющий кабель; б —разрез теплого пола; *1 —* обмазка из термопласта; 2 — свинцовый чулок: *3 —* силиконовая обмазка; *4 —* стеклоткань; 5 — фольга; *6 —* нагревательная жила: *7 —* линолеум; *в —* настил (дерево); *9—* кабель; *10—* це­ментная стяжка; *II —* пенобетон; *12—* железобетонное перекрытие

Рис. 1.2. Схема аккумулирующей печи с регулируемой теплоотдачей: / — теплоизоляционный слой; 2 — теплоаккумулирующий сердечник (например, магнезитовый кирпич); 3 — нагреватели; *4 —* канал нагретого воздуха; 5 — венти­лятор

Печи второго вида имеют в центральной части аккуму­лирующего сердечника воздушные каналы, снабженные специальными клапанами. Первоначально теплоотдача про- сходит с поверхности печи, а затем по мере снижения температуры в помещении клапаны могут приоткрываться и дополнительная теплоотдача идет за счет конвекции воз­духа через каналы.

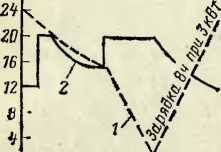
Наиболее совершенную конструкцию имеют печи треть­его вида, в которых поток тепла через воздушные каналы осуществляется с помощью встроенного вентилятора (рис. 1.2). Теплоотдача с поверхности таких печей меньше, чем в печах первого и второго вида, за счет усиленной теплоизо-

ляции. Управление включением и отключением электродви­

гателя вентилятора осуществляется терморегулятором.

На рис. 1.3 приведены кривые режима работы аккуму­ляционной печи третьего вида мощностью 3 кВт. Пунктир­ная кривая 1 показывает процесс теплоотдачи (разряда) и накопления тепла (заряда) *Q,* % печи в течение суток.

Кривая *2* показывает изменения

температуры в помещении.

*а,% t,cc*

£ е *101214 1618 2022242 4 5*

*Время суток, ч*

Рис. 1. 3. Кривая режима работы аккумуляционной печи третьего вида

Наиболее стабильная темпе­ратура выдерживается в период с 16 до 22 ч, затем температура к утру снижается до 10 °C. С 22 до 6 ч идет заряд печи. Утром включается вентилятор и проис­ходит быстрый подъем темпера­туры в помещении до 20 °C. В пе­риод отсутствия жильцов с 8 до 16 ч происходит теплоотдача только от наружных поверхно­стей. Управление такими печами целесообразно осуществлять цен­трализованно с диспетчерских моздкость и высокая стоимость.

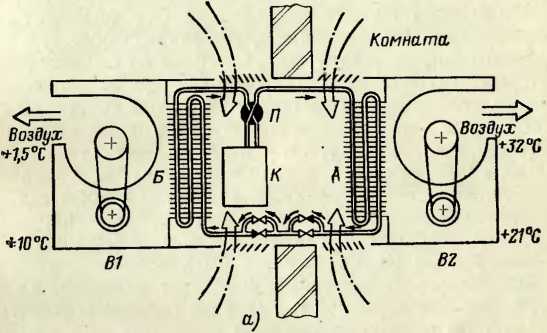
пунктов энергосистем или микро­районов. Недостатком аккумуляционных печей является их большая масса (до 75—100 кг на 1 кВт мощности), гро­

С целью уменьшения габаритов аккумуляционных пе­чей иногда применяются полуаккумуляционные печи. В них тепло накапливается за 2—4 ч, в остальное время (после достижения требуемой температуры) они работают как приборы непосредственного действия. В периоды вечернего и дневного максимумов печи отключаются от сети. Широ­кого распространения полуаккумуляционные печи не имеют.

*Тепловые насосы.* Особую группу перспективных систем электроотопления составляют так называемые тепловые насосы. Тепловые насосы бывают компрессионные и полу­проводниковые.

На рис. 1.4, а показана принципиальная схема компрес­сионного теплового насоса, работающего в режиме отопле­ния. Система, состоящая из компрессора *К,* конденсатора *А* и испарителя *Б* заполнена фреоном или другой жидко­стью, кипящей при низких температурах. Испаритель *БА —* внутри. Фреон, испаряясь в испарителе, отбирает теп­ло у наружного воздуха. С помощью компрессора фреон сжимается и в нагретом виде подается в конденсатор, с по­верхности которого отдает тепло в помещение. Жидкий

находится вне отапливаемого помещения, а конденсатор



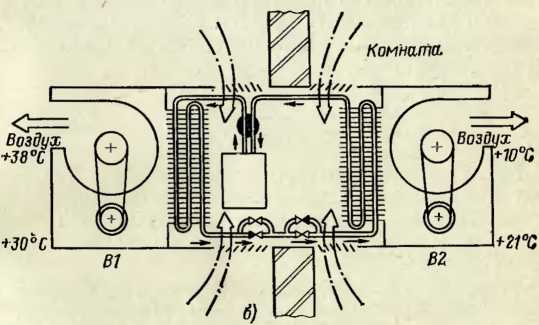


Рис. 1.4. Схема работы теплового насоса воздух — воздух в режимах отопления (а) и охлаждения (б)

фреон из конденсатора поступает в испаритель, где вновь испаряется, и процесс повторяется. Для циркуляции на­ружного воздуха в кожухе испарителя служит вентилятор *В1,* а для циркуляции комнатного воздуха в кожухе кон­денсатора — вентилятор *В2.*

Этот же прибор может работать в режиме охлаждения в летнее время (рис. 1.4,6). Для этой цели служит переклю­чающий вентиль 77, с помощью которого изменяется на­правление потока фреона, в результате чего конденсатор становится испарителем, а испаритель конденсатором, и процесс идет в обратном направлении. Стрелочками на ри­сунках показано направление протекания фреона.

Тепловой насос может быть построен на основе принци­па термоэлектрического генератора, заключающегося в том, что при прохождении постоянного тока через спай двух разнородных металлов в местах спая на одном конце про­исходит отдача, а на другом — поглощение тепла. Если хо­лодный спай поместить в холодную среду, а горячий — в более теплую, то при прохождении тока холодный спай бу­дет поглощать тепло из окружающей среды (наружного воздуха), а горячий — отдавать тепло в помещение. Вмес­то разнородных металлов могут быть использованы полу­проводники, у которых тепловой эффект возникает на гра­нице слоев с электронной и дырочной проводимостью.

Наиболее важное достоинство теплового насоса состоит в том, что количество передаваемой им энергии может в несколько раз превышать затраты энергии от внешнего ис­точника. Количественно это может быть выражено отопи­тельным коэффициентом где *Тгор, Тхоп —* температуры источника тепла (наружного воздуха) и воздуха, поступающего в помещение.

Теоретически отопительный коэффициент может до­стигать значения 30 и более, однако в реальных конструк­циях он не превышает 4—5.

Отопительный коэффициент тем выше, чем меньше раз­ность температур наружного и внутреннего воздуха. Поэ­тому наиболее целесообразно применение тепловых насо­сов в районах с мягкой зимой и жарким летом (с учетом обратимости их действия). Могут также найти применение в будущем тепловые насосы, снабженные дополнительными электронагревателями, отключаемыми с помощью цирку­лярного телеуправления в часы максимума энерго­систем.

В СССР Энергетическим институтом им. Г. М. Кржи­жановского разработаны и прошли экспериментальную

проверку полупроводниковые тепловые насосы теплопро- изводительностью 6, 12, 20 и 30 тыс. кДж/ч и холодопро­изводительностью 4, 8, 13, 20 кДж/ч с потребляемой мощ­ностью соответственно 0,6; 1,2; 2; 3 кВт. Внедрение тепло­вых насосов пока ограничено их высокой стоимостью, а также шумом от работы компрессора и вентиляторов.

**Общедомовые электроприемники.** К общедомовым при­емникам относятся:

а) осветительные установки лестничных клеток, техни­ческих подпольев и подвалов, чердаков, вестибюлей, хол­лов, коридоров, мусорокамер, машинных помещений и шахт лифтов, установки праздничной иллюминации, загра­дительные огни и т. д.

б) силовые установки грузовых и пассажирских лиф­тов, вентиляционных систем, устройств дымозащиты, в от­дельных случаях — насосы противопожарного и хозяйст­венного водоснабжения;

в) усилители и другая аппаратура систем коллективно­го приема телевизионных передач, трансформаторы радио­трансляции;

г) машины для механизированной уборки лестниц, ко­ридоров и т. и.;

д) элементы диспетчеризации, кодовые замки, домофоны.

*Электрическое освещение.* Для освещения лестниц, вестибюлей, холлов, коридоров до последнего времени при­менялись лампы накаливания. В настоящее время внедря­ется люминесцентное освещение, позволяющее без перерас­хода энергии создать более высокие уровни освещенности. Кроме того, люминесцентные лампы имеют существенно большой срок службы и менее чувствительны к колебани­ям напряжения.

Для освещения прочих помещений применяются лампы накаливания. В технических подпольях, мусорокамерах, машинных отделениях лифтов, в насосных, на чердаках ис­пользуются светильники во влагозащищенном исполнении. При прокладке газопроводов в технических подпольях вы­ключатели выносятся наружу.

*Силовые электроприемники.* К ним в первую очередь относятся электродвигатели и другие электропрнемники лифтовых установок. В жилых домах в зависимости от этажности устанавливаются один, два или три лифта гру­зоподъемностью 350, 500 и 1000 кг. Скорости лифтов 0,5 м/с в девятиэтажных домах и 1; 1,4 и 2 м/с при боль­шей этажности.

Пассажирские лифты оборудуются, как правило, двух­скоростными асинхронными электродвигателями с корот­козамкнутыми роторами серии АС в малошумном испол­нении. Для особо крупных и высоких зданий применяются лифты с электроприводом по системе генератор — двига­тель на постоянном токе или электродвигатель постоянно­го тока, подключаемый к сети переменного тока через вы­прямители. В систему электропривода лифта входят элек­тромагнитный тормоз и аппаратура управления.

К силовым электроприемникам относятся электродви­гатели вентиляторов и насосов, работающие в системах са­нитарно-технических и противопожарных устройств зда­ний, и различные электромагниты для открывания клапа­нов и люков систем дымоудаления зданий высотой более девяти этажей, а также аппаратура связи и сигнализации.

1. Электроприемники общественных зданий

Согласно СНиП П-Л.2—72 «Общественные здания и сооружения. Нормы проектирования. Общая часть» к об­щественным относятся здания:

1. организаций и учреждений управления, партийных, комсомольских и других общественных организаций:
2. учреждений финансирования, кредитования *и* госу­дарственного страхования;
3. библиотек, читальных залов, архивов;
4. учреждений просвещения: общеобразовательных и специальных школ, профессионально-технических училищ, высших и средних специальных учебных заведений;
5. детских дошкольных учреждений — яслей и детских садов;
6. предприятий торговли: продовольственных, промто­варных магазинов, универмагов и универсамов, специали­зированных магазинов, рынков;
7. предприятий общественного питания: столовых, кафе, ресторанов, баров, закусочных и др.;
8. предприятий бытового обслуживания населения: ателье и мастерских по ремонту и индивидуальному по­шиву одежды и обуви, ремонту и изготовлению металлоиз­делий и часов, ремонту радио-и телевизионной аппаратуры, бытовых машин и приборов, транспортных средств, ремон­ту и изготовлению мебели, кожгалантереи, парикмахерских, бань, прачечных, пунктов проката, фотографий, фаб­рик химической чистки и крашения одежды, ателье по ре­монту и вязке трикотажных изделий, предприятий по ре­монту квартир и т. п.;
9. гостиниц, домов колхозников;
10. лечебных учреждений: больниц, общих и специали­зированных, поликлиник, аптек, медицинских пунктов и т. д.;
11. музеев, выставочных залов;
12. зрелищных предприятий: театров, кино и кинокон­цертных залов, цирков, домов культуры, клубов;
13. спортивных сооружений.

Перечисленные выше здания и сооружения имеют са­мые различные назначения, и в них осуществляются разно­образные технологические процессы, при которых исполь­зуется большое число электроприемников.

Условно все электроприемники общественных зданий могут быть разделены на две большие группы: осветитель­ные и силовые. В основных помещениях общественных зда­ний в целях экономии электроэнергии и получения высоких уровней освещенности, как правило, используются светиль­ники с люминесцентными лампами в исполнении, соответ­ствующем условиям среды и выполняемой работы. Следует считать перспективным использование в некоторых поме­щениях современных металлогалогенных ламп.

Во вспомогательных помещениях, складах и кладовых применяются лампы накаливания. В ряде случаев для це­лей архитектурного и декоративного освещения также при­меняются светильники в специальном исполнении с лампа­ми накаливания.

В зависимости от выполняемых технологических опера­ций к силовым относятся электроприемники механического оборудования, электротеплового оборудования; холодиль­ных машин, подъемно-транспортного оборудования, сани­тарно-технических установок, связи, сигнализации и про­тивопожарных устройств, аппаратуры управления и других видов технологического оборудования.

Объем данной книги не позволяет описать большое ко­личество электроприемников, применяемых в обществен­ных зданиях. Как правило, соответствующие данные выда­ются электрикам для проектирования технологами. В табл. 12 приведены технические характеристики некоторых видов оборудования, наиболее распространенного в массо­вом строительстве предприятий торговли и общественного питания.

Таблица 1.2. Технические характеристики электроприемников, устанавливаемых на предприятиях общественного питания н торговли

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование оборудо­вания | Тип | Габариты, мм | Масса, кг | Мощ­ность, кВт |
| Механическое оборудование  Мясорубка | МИМ-105 | 700 X355X940 | 150 | 2,2 |
| М-2 (764) | 840 X 310 x 480 | 72 | 1,0 |
| Фаршемешалка | Л5-ФМ2-М-150 | 1625 X 730 X980 | 168 | 3,27 |
| Машина для резки | МРЗП | 800 X 750X1370 | 360 | 2,31 |
| замороженных про­дуктов  Машина для резки | МРГ-300А | 680 X480 X570 | 50 | 0,54 |
| гастрономических то­варов  Машина для тонко- | МИВП | 780X410X1180 | 150 | 5,5 |
| го измельчения варе­ных продуктов  Хлеборезка | МРХ-180В | 1200 X600 X 730 | 80 | 0,27 |
| Кофемолка | МИК-60 | 545X365X805 | 60 | 1,5 |
| Машина взбиваль- | МВ-35 | 780 X 534X1080 | 257 | 0,8 |
| ная  Тестомесительиая | ТМ-63 | 1600X1430X1400 | 945 | 5,1 |
| машина  Картофелечистка | МОК-250 | 630X430 X 920 | 105 | 0,6 |
| Машина для приго- | МКП-60 | 1180 X 955X1385 | 330 | 9,45 |
| товления картофель­ного пюре  Машина общереза- | МРА-400-1000 | 750X510X710 | 90 | 0,8 |
| тельиая универсаль­  ная  Привод уииверсаль- | ПУ-0,6 | 1000 X 500 x910 | 100 | 0,8 |
| ный  Электропила | ФЭП | 1280 X 300 X495 | 52 | 1,7 |
| Линия для расфа- | ЛРГТ-700А | 6020X1410X1500 | 1540 | 11,5 |
| совки гастрономичес­ких товаров в термо­усадочную полиэтиле­новую пленку  Электрооборудование  Плита электричес- | ПЭСМ-4ШБ | 1050X840X860 | 245 | 17,04 |
| кая секционная моду- | ПЭСМ-2К | 420X840X860 | 95 | 3,8 |
| лированиая с жароч- | ПЭСМ-2НШ | 840 X 840 X860 | 265 | 12,24 |
| ным шкафом Электроплита | ЭП-7 | 1090 X 836 X800 | 218 | 9,8 |
| Электромармит | ЭПМ-5М | 1605 X 932X1150 | 160 | 3,75 |
| Жаровня вращаю- | МСЭ-110 | 1600 X 850X1050 | 260 | 4,17 |
| ВЖШЭ-675 | 960 X 760X1300 | 240 | 15,4 |
| щаяся |  |  |  |

Продолжение табл. 1.2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование  оборудования | Тип | Габариты, мм | Масса, кг | Мощ­ность, кВт |
| Печь конвеериая  жарочная | пкж | 4400X900X1400 | 950 | 58,8 |
| Водонагреватель | НЭ-1В | 670 X510 X610 | 65 | 9,6 |
| Автоклав со стан­цией управления | АЭ-1 | 820 X980X1245 | 178 | 10,8 |
| Котел пищевароч­ный секционный, мо­дулированный | КПЭСМ-60М | 1050 X900 X 860 | 248 | 9,45 |
| Сковорода электри- | СЭСМ-0,2 | 1050 X 840 X 860 | 185 | 6,0 |
| ческая секционная, модулированная | СЭСМ-0.5А1 | 1470X915X878 | 320 | 12,0 |
| Шкаф жарочный | ШЖЭСМ-2 | 830 X 800X1500 | 340 | 9,6 |
| Кипятильник | КНЭ-100М | 440 X 370 X 800 | 35 | 12,0 |
| Сосисковарка  Посудомоечное оборудование | ТЕ-11 | 590 X 410 X280 | — | 4,0 |
| Машина для мытья | ММТ-1 | 3580X1050X1375 | 630 | 33,18 |
| посуды | ММУ-2000 | 4800X1100X1350 | 1058 | 40,8 |
| Холодильное оборудование | ММТУ-1000 | 3770X1060X1540 | 950 | 40,0 |
| Прилавок витрина | пв-ш | 2058X854X1135 | 380 | 3,17 |
| Витрина холодиль­ная | ВХС-2-4К | 3750X1122 X2000 | 610 | 3,2 |
| Прилавок холо­  дильный | ПХС-2-20 | 5500X1230 X 860 | 850 | 2,3 |
| Холодильная ма- | ХМВ 1-6 | 865 X 920 X 860 | 256 | 3,5 |
| шина | ХМ1-6 | 1265X485X747 | — | 3,1 |
| Холодильный агре­гат | ФАК-1.5-МЗ | 755 X 540 X455 | 91 | 1,5 |
| Камера низкотемпе­ратурная  Контрольно­  кассовые аппараты | НКР-1 | 340 X 2190 X 2290 | 890 | 1,68 |
| Машина контроль- | «Ока» | 456 X 355 X 435 | 36 | 0,05 |
| но-кассовая | КС-2М | 492X412X530 | 75 | 0,05 |
| Машина электрон­ная контрольно-реги- стрирующая | П-302А | 405 X485 X440 | 50 | 0,2 |

Энергоемкими потребителями являются коммунальные предприятия, такие как общественные прачечные и бани, а также фабрики химической чистки одежды.

В прачечных основными потребителями электроэнергии являются стиральные машины, сушильные барабаны и гладильные машины. В банях часто применяются электри­фицированные сауны.

В ателье пошива и ремонта обуви и одежды основными потребителями энергии являются швейные машины, гла­дильные прессы, утюги, а также обувные машины по ре­монту и отделке обуви.

Общественные здания, как правило, имеют ряд приточ­но-вытяжных вентиляционных установок, обеспечивающих нормальные условия работы, а в таких крупных зданиях, как гостиницы, зрелищные предприятия, музеи, универсаль­ные магазины, широко применяются системы воздушного отопления и кондиционирования воздуха. Кроме того, во многих общественных зданиях устанавливаются насосы систем горячего и холодного водоснабжения для хозяйст­венных и противопожарных нужд.

Большинство механизмов оборудовано асинхронными электродвигателями с короткозамкнутыми роторами без регулирования частоты вращения.

Глава вторая

РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ БЫТА В СССР

1. Методика прогнозирования

Уровень электрификации быта и ее развитие зависит от объема производства электроэнергии, наличия или отсут­ствия ограничений на пользование электрической энергией для бытовых целей, развития производства бытовых элек­троприборов, материального благосостояния населения, обеспеченности трудящихся жилой площадью, тарифов на электроэнергию, уровня коммунально-бытового обслужи­вания населения и некоторых других факторов.

Основными количественными показателями, характери­зующими уровень электрификации быта, являются расход электроэнергии на душу населения или на семью в кило­ватт-часах в год, называемый электропотреблением, и мак­симальная электрическая нагрузка в киловаттах. Перваявеличина имеет важнейшее значение для составления топ­ливно-энергетических балансов, вторая необходима при проектировании как внутренних, так и внешних электричес­ких сетей. Правильное определение электропотребления и электрических нагрузок и прогнозирование этих величин на расчетный период — весьма трудная задача, поскольку их формирование носит случайный характер.

За последние годы создана теоретическая база для рас­четов электропотребления и электрических нагрузок в жи­лых зданиях и их прогнознирования на основе методов при­кладной математики, теории вероятностей и математичес­кой статистики. Расчеты по указанным методам базируются на широких исследованиях в различных районах страны и проведении необходимых обобщений.

Отметим некоторые методы расчетов, используемые в практике прогнозирования [7, 8, 9]:

*непосредственная экстраполяция.* Прогнозирование по этому методу заключается в переносе событий и состоя­ний недавнего прошлого на будущее (как правило, темпов прироста). Ввиду того что метод не учитывает возможных качественных изменений процесса, его можно использовать при краткосрочном прогнозировании, примерно на 3—5 лет;

*корреляционные* (см. § 2.4);

*прямого счета.* Потребность в электроэнергии опреде­ляется как произведение удельного расхода электроэнер­гии на соответствующий объем (например, полезная пло­щадь квартиры, площадь застройки, количество выпускае­мых изделий и т. д.). Для использования метода прямого счета необходима стабильность процесса и отсутствие рез­кого влияния качественных изменений техники и техно­логии, применим при краткосрочном прогнозировании;

*компаративные* (подобие, аналогия, сравнение). В прак­тике прогнозирования используется моделирование про­цесса, при котором изучаемые явления замещаются дру­гим явлением, подобным рассматриваемому. К данному методу относятся различные виды математического и ин­формационного моделирования. В ряде случаев процесс изменения электропотребления может быть охарактеризо­ван функциональной зависимостью, представляющей со­бой математическую кривую, описываемую уравнениями: линейными, алгебраического многочлена, экспоненты, ло­гарифмическими, степенными и т. д. Определив на основе экспериментальных данных коэффициенты, входящие в

указанные уравнения, можно определить электропотреб­ление на расчетный период;

*прогнозирование электропотребления по динамическо­му ряду.* По этому методу определяются скорость (темп роста), ускорение (темпприроста), скорость ускорения,по которым выявляются тенденции развития электропотреб­ления. Надо помнить, что скорость — первая производная функции, ускорение — вторая производная и т. д.

*экспертных оценок.* В основе этого метода лежит ояыт, накопленный специалистами в процессе решения практи­ческих задач. Оценки специалистов могут быть индивиду­альными и коллективными. Для этих целей используются различные опросы, анкеты и т. п., которые обрабатываются специальными способами (например, метод Дельфи). Экс­пертные оценки применяются в практике перспективного планирования на отдаленный период, однако от них нельзя ожидать высокой точности.

Как показывают исследования, проведенные в течение ряда лет, можно считать с достаточной для практики точ­ностью, что процессы формирования электрических на­грузок подчиняются закону нормального распределения (закон Гаусса). Это позволило при охвате сравнительно небольшого количества объектов исследования получать относительно достоверные обобщенные результаты, ис­пользуемые при проектировании городских внешних сетей и внутренних сетей зданий.

Важность расчетов электрических нагрузок можно подтвердить следующим простым примером. Так, только в Москве ежегодно соору­жается не менее 250 городских трансформаторных подстанций. Ошиб­ка в расчете электрических нагрузок в сторону завышения на 10 % при­ведет к строительству лишних 20—25 подстанций. Таким образом, за­вышение электрических нагрузок ведет к омертвлению материальных ресурсов, а их занижение вызовет преждевременную реконструкцию электросетей.

В области прогнозирования электрических нагрузок и электропотребления жилых и общественных зданий в СССР большую работу проводят ученые и специалисты АКХ, Московского научно-исследовательского и проект­ного института типового и экспериментального проекти­рования (МНИИТЭП), Московского энергетического ин­ститута, Ленинградского политехнического и инженерно­экономического институтов, Энергосетьпроекта и ряда других организаций.

Представляется целесообразным рассмотреть три уров­ня электрификации быта: для газифицированных квартир — освещение, бытовые электроприборы; для квартир с ку­хонными электроплитами — освещение, бытовые электро­приборы, электропищеприготовление; для квартир с полной электрификацией — освещение, бытовые электроприборы, стационарные кухонные электроплиты, приготовление го­рячей воды с помощью ЭВН и электроотопление.

Для всех уровней электрификации в ряде районов страны (см. ниже) необходимо учитывать нагрузки от бы­товых кондиционеров.

1. Насыщение квартир бытовыми электроприемниками

Мощное развитие энергетики в СССР и массовый вы­пуск отечественной промышленностью бытовых электро­приборов обеспечили широкую электрификацию жилых квартир, а также высокую степень механизации, электри­фикации и автоматизации во всех видах общественных зда­ний. Рост количества бытовых электроприборов у населе­ния [11] может быть охарактеризован данными, приве­денными в табл. 2.1.

Приведенные средние данные (по стране в целом) в крупных городах уже сейчас значительно превышены. На­ряду с широко используемыми бытовыми электроприбо­рами в ближайшие годы следует ожидать распространения новых приборов, в том числе ряда приборов (автоматизи­рованные посудомоечные и стиральные машины и т. д.) увеличенной единичной мощности. Важной тенденцией развития электрификации квартир является внедрение стационарных электроплит, которые будут устанавливать­ся в квартирах жилых домов высотой 10 этажей и более.

Как показывают социальные исследования, несмотря на широкое развитие сети общественного обслуживания насе­ления, до 90 % хозяйственных работ (приготовление пищи, стирка, уборка и т. д.), по-видимому, будут выполняться непосредственно в квартирах и в будущем. Следовательно, для экономии затрат труда на эти работы важной задачей остается дальнейшее развитие и внедрение бытовых элек­троприборов. Согласно исследованиям Киевского зональ­ного научно-исследовательского и проектного института типового и экспериментального проектирования жилых и общественных зданий [12] затраты времени на выполне-

Таблица 2.1. Количество бытовых электроприборов у городского населения

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Электроприборы | Количество приборов на 100 семей | | | | |
| I960 г. | 1965 г. | 1970 г. | 1975 г. | 1980 г.» |
| Радиоприемники и радио- | 48 | 61 | 71 | 75 | 80 |
| лы  Телевизоры | 10 | 26 | 56 | 89 | 95 |
| Холодильники | 3,5 | 11 | 32 | 61 | 90 |
| Стиральные машины | 4 | 21 | 52 | 64 | 68 |
| Электроутюги | 43 | 74 | 80 | 85 | 95 |
| Электроплитки перенос- | 58 | 80 | 90 | — | — |
| ные  Магнитофоны | 0,5 | 2,6 | 7,4 | — | 15 |
| Электрочайники и кофе- | 0,6 | 3,4 | 10 | 17,7 | 21 |
| варки  Электропылесосы | 2,8 | 6,8 | 12 | 24 | 43 |
| Посудомоечные машины | — | — | — | 0,04 | 0,3 |
| Универсальные кухонные | — | — | — | — | 1 |
| машины  Электрос амов ар ы | — | — | — | 7 | 12 |
| Кофемолки | —— | — | — | 2,1 | 2,4 |
| Электропечи «Чудо» | — | —— | — | 3 | 5 |
| Электромясорубки | — | — | —- | 0,2 | 1 |
| Морозильники | — | — | — | 0,06 | 1 |
| Электросушилки для | — | — | — | 0,4 | 3 |
| Гладильные машины | — | — | — | 0,2 | 1.5 |
| Увлажнители воздуха | — | — | — | 0,5 | 2,0 |
| Электросушилки для гри- | — | — | I — | 0,1 | 1,0 |
| бов и фруктов |  |  |  |  |  |

\* На основе расчетов и экспертной оценки авторов.

ние домашних работ могут быть снижены по меньшей ме­ре наполовину за счет широкого внедрения бытовой тех­ники. Это позволит сэкономить сотни миллионов человеко­часов для труда и культурного отдыха и других целей.

Характеризуя тенденцию развития электрификации бы­та, следует подчеркнуть, что пока в городах насыщение бытовыми электроприборами остается выше, чем в сель­ской местности. Однако в ближайшие годы, по мере роста систем электроснабжения, темпы роста электрификации быта в сельской местности возрастут.

1. Уровни электропотребления

Выше были рассмотрены общие положения и тенденции развития электрификации быта. Сейчас целесообразно рас­смотреть конкретные показатели электропотребления и за­кономерности их формирования. Динамика развития элек­трификации быта лучше всего может быть охарактеризо­вана электропотреблением на все коммунально-бытовые нужды на одного жителя в год [11, 13, 14].

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | I960 г. | 1965 г. | 1970 г. | 1975 г. | 1980 г. |
| В городах, кВт-ч/житель % | 300 | 415 | 590 | 812 | 977 |
| к 1960 г | 100 | 138 | 196 | 270 | 326 |
| В сельской местности, кВтХ |  |  |  |  |  |
| Хч/житель | 31 | 65 | 118 | 246 | 280 |
| % к 1960 г | 100 | 210 | 370 | 795 | 905 |

Приведенные данные по электропотреблению на одно­го городского и сельского жителя в 1980 г. определены на основании расчетов АКХ. Они отражают значительный рост удельного электропотребления на коммунально-бы­товые нужды и опережающий его рост в сельской мест­ности. Расход электроэнергии на коммунально-бытовые нужды учитывает внутриквартирное потребление, расход на общедомовые нужды, наружное освещение, водопровод и канализацию, торговлю, общественное питание, здраво­охранение, административные учреждения, зрелищные предприятия, городской электрифицированный транспорт, учебные заведения и т. д. Собственно внутриквартирное потребление составляет 30—40 % общего потребления энергии на коммунально-бытовые нужды. В развитых ка­питалистических странах уровень электрификации быта характеризуется следующими данными.

Доля коммунально-бытового электропотребления со­ставляла в 1970—1971 гг. в США — 34, во Франции 27, в Великобритании 39, в Японии 23 % общего потребления электроэнергии. В последующие годы в результате роста цен на топливо и электроэнергию и энергетического кризи­са в США и ряде стран Европы произошло снижение ком­мунально-бытового электропотребления [5]. В СССР удельный вес коммунально-бытового потребления составил в 1979 г. 12 % общего объема производства в городах и около 3,5—4 % в сельской местности.

Внутриквартирное потребление электроэнергии в на­шей стране неуклонно растет. В домах с газовыми плита­ми оно составляло в 1960 г. — 450, в 1965 г. — 600, в 1970 г. — 730, в 1975 г. — 950 кВт-ч в год на семью. В до­мах с электроплитами электропотребление составило в 1965 г, — 1800, в 1970 г. — 1900, в 1975 г. — 2050 кВт-ч в год на семью.

Рост электропотребления в домах с электроплитами ниже, чем с газовыми, и не превышает 2,0 %.

Приведенные цифры не учитывают расхода электро­энергии на индивидуальный электроводонагрев и элек­троотопление, которые в нашей стране применяются край­не мало.

Структура распределения электроэнергии внутри квар­тиры за последние годы значительно изменилась. Если в 1960 г. на электроосвещение расходовалось 85%, то в на­стоящее время в домах с газовыми плитами на электроос­вещение расходуется 30—35%, а в домах с электропли­тами — примерно 20 % внутриквартирного потребления. По мере повышения световой отда-чи осветительных при­боров и внедрения люминесцентного освещения, несмотря на рост освещенности в квартирах, удельный вес элект­роэнергии, затрачиваемой на освещение, будет пони­жаться.

В зарубежных странах структура внутриквартирного потребления также претерпела определенные изменения, особенно в связи с массовым применением электроплит, а также внедрением эдектроводонагрева и электроотопле- иия.

Так, по данным [5], в полностью электрифицированных квартирах электроэнергия распределяется следующим об­разом: на освещение 10, на электроводонагрев 20, на при­готовление пищи 10, на электроотопление 50%, остальная часть расходуется другими бытовыми приборами.

Основным направлением совершенствования бытовых электроприборов за рубежом является увеличение их еди­ничной мощности с целью повышения производительности и максимальная их автоматизация.

В отличие от капиталистических стран, где рост элект­рификации быта определяется не потребностями трудя­щихся, а стремлением к получению наибольших прибылей, в СССР этот рост определяется общими задачами плано­мерного и пропорционального развития народного хозяй­ства.

Прогнозирование расходов электроэнергии на бытовые нужды ос­новывается на результатах многолетних исследований фактического электропотреблеиия, а также иа оценке влияния иа него отдельных электроприемников.

Для расчетов целесообразно воспользоваться методом множествен­ной корреляции, который позволяет на основе достаточно большого объема обследований выявить влияние отдельных электроприемников или их групп на суммарное электропотребление. Остановимся в самых кратких чертах на начальных положениях корреляционного анализа.

Корреляция в математической статистике характеризует связь между явлениями, если одно из них входит в число причин, определя­ющих другие, или если имеются причины, воздействующие на эти яв­ления.

Корреляционный анализ рассматривает степень зависимости слу­чайных событий и величин. Если две величины *х* и *у* связаны функцио­нальной зависимостью, то каждому значению *х* соответствует опреде­ленное значение *у.* Например, данному значению угла сдвига фаз <р соответствует определенное значение коэффициента мощности cos ф. Если же некоторому значению *х* соответствует статистический ряд возможных значений *у,* то такая зависимость называется корреляцион­ной. Например, одно и то же количество квартир может давать раз­личные электрические нагрузки на шины трансформаторной под­станции.

Чтобы математически описать характер корреляционной зависимо­сти (связи) между явлениями, определяют среднее значение *у* по *х(уг)* и среднее значение *х* по *y(xv).* Эти величины определяются из выра­жений

2 *тху У* 2 *тху х*

где *ту^'^тху* и *тх= ^тху\ tnv —* число значений *х* при неизмен- *X У*

иом *у, тх —* число значений *у* при неизменном *х; 2тх=2ту—п; п —* общее число наблюдений.

При математической обработке результатов наблюдений составля­ются специальные таблицы и графики, на основе которых выясняется характер зависимости *у* от *х* или *х* от *у.* Такая зависимость может быть близкой к прямолинейной или криволинейной. Зависимость (/= =/(х) называется уравнением регрессии *у* на *х.* При прямолинейной зависимости двух величин уравнение регрессии может быть представ­лено в следующем виде: *у=ах+Ь.*

Величины *а* и *b* называются коэффициентами регрессии. Для их определения пользуются методом наименьших квадратов. Метод наи­меньших квадратов основан иа том, что сумма квадратов отклоне­ний средних значений от расчетных по формуле регрессии должна быть наименьшей, т. е. чтобы сумма *тх(ух—у)2= тх(ух—ах—Ь)2*

*X X*

имела наименьшее значение. Для этого определяются частные произ­водные приведенного уравнения и приравниваются нулю. В итоге по­лучаем два уравнения с двумя неизвестными, из которых определяют­ся коэффициенты регрессии *а* и *Ь* и составляется так называемое тео­ретическое уравнение регрессии.

Если бы связь между *у* и *х* была функциональной и притом ли­нейной, то вычисляемые по уравнению значения *у* совпали бы с фак­тическими. Но в статистических измерениях функциональная зависи­мость уже становится корреляционной, поскольку сами параметры ме­няются. Следовательно, фактические значения *у* будут отличаться от вычисленных по уравнению. Чем больше вариаций условий, тем боль­ше будут отклонения от вычисленных значений. В связи с этим вводит­ся понятие тесноты корреляционной зависимости.

Теснота корреляционной зависимости определяет­ся величиной

г=о—, (2.1)

*си*

где *ах* и *ву —* среднеквадратичные отклонения случайных величин *х* и *у* от их средних значений *х* и *у.*

Величина *г* называется коэффициентом корреляции, значения ко­торого колеблются от 0 (при отсутствии линейной связи) до 1 при функциональной зависимости. При *г=*0,2 4-0,3 можно считать, что ве­личины находятся в корреляционной связи.

В несколько преобразованном виде формула для коэффициента корреляции имеет вид

*^{х — х)(у— у)*

о

В практике часто приходится сталкиваться со статистическими свя­зями между несколькими величинами одновременно. В нашем случае это ряд электроприемииков со своими характерными режимами работы. Наиболее простой формой связи является линейная, причем уравнение связи, например, между тремя величинами имеет вид

, а = *ах + by -|- с.*

Принципиально задача получения уравнения регрессии решается методами, аналогичными приведенным выше. Такие связи носят назва­ние множественной линейной корреляции.

Изложенные выше краткие сведения по корреляционному анализу приведены в книге для ознакомления читателя лишь с основами ме­тодики изучения процесса формирования электрических нагрузок и электропотребления. Корреляционный анализ широко применяется в са­мых различных отраслях техники. Для детального ознакомления с эти­ми вопросами следует обратиться к специальной литературе [10, 15].

Натурные обследования н проведенные расчеты, выполненные ря­дом организаций с применением корреляционных методов (по ряду приборов данные приведены иа основе расчетов и экспертной оценки авторов), позволяют привести средние данные по расходу электроэнер­гии на квартиру (семью) в крупных городах в настоящее время. Одно­временно рассмотрены расходы электроэнергии по различным потреби­телям на перспективу.

**Освещение квартир.** При прогнозировании расхода элек­троэнергии на освещение необходимо учитывать прежде всего улучшение качества освещения, экономичность раз­личных источников света и повышение норм жилой площа­ди.

Улучшение качества освещения достигается в первую очередь за счет повышения освещенности. С 1 января 1980 г. введены новые нормы по естественному и искусственному освещению (СНиПП-4—79), устанавливающие значения средней освещенности (для люминесцентных ламп) при сов­местном действии всех светильников (кроме настольных) в жилых комнатах 100, в кухнях 100 лк. В прихожих норми­руется минимальная освещенность 50, в санузлах 50, на пло, щадках и ступенях лестниц 50 лк. Для подключения све­тильников местного освещения предусматриваются штеп. сельные розетки.

Экономичность источников света повышается за счет увеличения их световой отдачи, а также внедрения люминес­центного освещения. Повышение нормы жилой площади не вызовет увеличения электропотребления, так как при большей общей площади квартиры, по-видимому, Снизятся коэффициент одновременности и число часов использования максимума нагрузки. Надо ожидать также некоторого по­вышения КПД светильников за счет улучшения их конст­рукций. В итоге предполагаемый средний расход электро­энергии на освещение повысится незначительно и составит ориентировочно 450—500 кВт-ч в год на квартиру.

**Бытовые** электроприборы. Планируя насыщение квартир различными бытовыми приборами, можно рассчитать ожи­даемое потребление электроэнергии на квартиру на расчет­ный период. При расчете электропотребления *телевизорами и радиоприемниками* необходимо учитывать наряду с рос­том насыщения квартир снижение их мощности за счет за­мены электронных ламп полупроводниковыми приборами. В нашей стране в настоящее время наибольшее распростра­нение имеют компрессионные *холодильники* и в меньшей мере абсорбционные. В перспективе абсорбционные холо­дильники будут постепенно вытесняться более экономичны­ми полупроводниковыми. Следует иметь в виду, что расход электроэнергии на холодильники в разных районах нашей страны различен. Так, если расход электроэнергии в цент­ральном районе (II) принять за 1, то для I района (Сибирь, Дальний Восток, Северозапад) следует ввести коэффициент 0,8; для III района (Украина, Поволжье, 50 % территории Казахстана, Молдавия, Северный Кавказ) — 1,15; для **IV** района (Средняя Азия, Закавказье) — 1,3.

*Стирка, сушка, глажение белья.* Определение расхода электроэнергии на стирку белья в индивидуальных стираль­ных машинах ведется с учетом массы сухого белья, накоп­ленного за год в семье. Вместе с тем необходимо учитывать рост единичной мощности автоматизированных стиральных машин с подогревом воды.

*Прочие бытовые приборы.* К ним относятся пылесосы, полотеры, электрические швейные машины, кофеварки, ку­хонный привод, мясорубки, соковыжималки, санитарно-ги­гиенические приборы и т. п. Удельный расход электроэнер­гии этими приборами оценивается ориентировочно с учетом их единичной мощности, общего количества и числа часов использования.

*Приготовление пищи на электроплитах.* За последние го­ды накоплен некоторый опыт использования электроплит, особенно в Москве и ряде других городов.

Расходы электроэнергии на приготовление пищи состав­ляют в настоящее время 300—350 кВт-ч на человека в год, что соответствует 7,6-106 МДж. В перспективе можно ожи­дать некоторого снижения этого расхода за счет улучшения теплоотдачи и конструкций конфорок, применения специаль. ной посуды, все большего использованиея полуфабрикатов. Вместе с тем по мере роста благосостояния населения улуч. шится рацион питания, что несколько повысит число часов использования плиты.

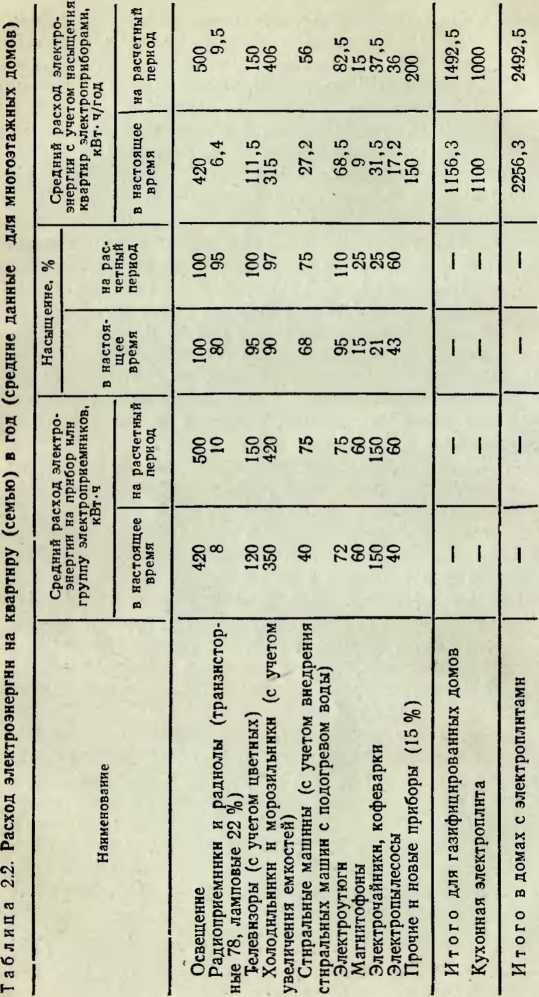
*Горячее водоснабжение, электроотопление, кондициони­рование воздуха.* До настоящего времени электроводона- грев и электроотопление в нашей стране заметного распро­странения не получили. Постепенно внедряются комнатные кондиционеры в районах с жарким климатом. Ввиду мало­го распространения расчеты расхода электроэнергии на во- донагрев и электроотопление носят ориентировочный харак. тер. Можно принять, что на одну семью на ванну, душ и хо­зяйственные нужды расходуется в среднем в сутки 100— 160 л воды температурой 65 °C. При этом потребность в электроэнергии составит 2,7—4,3 тыс. кВт-ч в год. Расход электроэнергии для прямого электроотопления без автома­тического регулирования при нормальной теплоизоляции зданий составляет 10—12 тыс. кВт-ч на квартиру. При по­вышенной теплоизоляции и автоматическом регулировании этот расход может быть снижен до 8 тыс. кВт-ч в год. При­веденные данные соответствуют средней климатической зо­не. При кондиционировании воздуха и установке одного бы­тового кондиционера на квартиру расход электроэнергии в среднем составит 1,5—1,6 тыс. кВт-ч в год.

В табл. 2.2 приведено электропотребление на квартиру в год для современного уровня насыщения электроприбо­рами и расчетный период (средние значения).

Данные табл. 2.2 целесообразно сравнивать с расчета­ми, которые основаны на использовании электропотребле­ния по квартире в целом с учетом определенных ранее и предполагаемых темпов прироста электропотребления. Из материалов АКХ и других организаций следует, что темпы прироста электропотребления в год для газифицированных квартир составляют 3—3,5, а квартир с электроплитами 1,5—2 %. Полученные расчетом значения на перспективу близки к приведенным в табл. 2.2.

Как показывает опыт эксплуатации, удельное электро­потребление в домах с централизованным теплоснабжени­ем ниже, чем в домах, где оно отсутствует. В заключение отметим установленную зависимость среднего электропо­требления от средней установленной мощности приборов в квартире. Для современного уровня электрификации быта зависимость между средним электропотреблением *W,* кВт-ч, и средней установленной мощностью Руст выража­ется уравнением

**^ = й + 6Руст,** (2.3)



Примечания; I. Приведенные данные основаны на материалах АКХ. МНИИТЭП, Всесоюзного научно-исследовательского института по изучению спроса населения на товары народного потребления и конъюнктуры торговли.

1. Средний расход электроэнергии на прибор определен с учетом различной мощности приборов одного ***и*** того же вида и их удельного веса в данной группе.
2. Полученные данные являются средними и могут быть значительно превышены отдельными семьями (примерно в 2 раза).

где *а* можно принимать для газификационных квартир рав­ным 617, а для квартир с электроплитами 1395; *b —* для газифицированных квартир 159, а для квартир с электро­плитами 280; Руст — средняя установленная мощность электроприемников в квартире (мощность электроплиты не учитывается), кВт. Определяется как сумма произведе­ний мощности приборов на относительное насыщение элек­троприборами.

Раздел второй

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ

Глава третья

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

* 1. Постановка вопроса

Электрические нагрузки жилых квартир являются случай­ными, зависят от уклада жизни различных семей, набора электроприемников, материального достатка семьи и мно­гих других факторов. Нагрузки жилых зданий существен­но меняются в течение суток и в зависимости от времени года.

Начиная с 1961 г. принято нормировать электрические нагрузки в киловаттах на квартиру (семью), причем по мере увеличения количества квартир, присоединенных к данному элементу сети, удельные нагрузки снижаются. Та­кой подход хорошо отражает сущность процесса форми­рования электрических нагрузок и в известной мере соот­ветствует методике расчета нагрузок в промышленности, где коэффициент спроса- зависит от числа электроприемни­ков и оправдал себя в проектной практике.

В данной работе для удобства изложения тоже будет применяться термин коэффициент спроса, явля­ющийся отношением наибольшей расчетной нагрузки в данной точке сети к установленной мощности электропри­емников. Однако надо помнить, что понятие установленной мощности по отношению к квартире является условным.

Утвержденные расчетные удельные нагрузки на кварти­ру приняты для периода зимнего максимума, т. е. для пе­риода наибольших нагрузок в жилых зданиях, и опреде­лены на расчетный срок примерно 15 лет (для внутреннихсетей) и 8—10 лет для внешних сетей и трансформаторных подстанций. В значениях удельных нагрузок учтена и не­избежная случайная асимметрия нагрузок отдельных фаз (см. § 3.4), что особенно важно для жилых домов с элект­роплитами, где ток в нулевом проводе может достигать 50 % тока в фазе. Расчетные нагрузки для лифтовых уста­новок определяются на основе коэффициентов спроса, за­висящих от числа присоединеных лифтов и этажности зда­ний, установленных на основании специальных исследова­ний.

Электрические нагрузки от различных встроенных и пристроенных к жилым домам торговых, коммунально-бы­товых и тому подобных предприятий определяются на ос­новании гл. 4, где также приведены коэффициенты участия этих потребителей в максимуме нагрузки электрической сети города.

* 1. Исследование и формирование электрических нагрузок жилых зданий

Выше уже упоминалось, что включение электроприемников в квар­тире носит случайный характер и зависит от ряда факторов. Все это в совокупности должно учитыватьси при определении расчетной нагруз­ки, имеющей важнейшее значение для выбора параметров электриче­ской сети. За расчетную нагрузку согласно ПУЭ принимается *получа­совой максимум,* который является наибольшим из средних получасо­вых нагрузок рассматриваемого элемента сети (ввод в квартиру, стояк, питающая линия, шины подстанции н т. д.).

Для групповых сетей квартир более обоснованным было бы при­менение, например, 15-минутного максимума (при небольших сечениях проводов постоинная времени нагрева мала), но, имея в виду малую вероятность появления 15-мннутного максимума и некоторую услов­ность принимаемых темпов естественного роста нагрузок, в расчетах сетей принимают единый нормируемый получасовой максимум. Это поз­воляет выбирать сечения проводов и кабелей по таблицам, приведен­ным в ПУЭ, без каких-либо пересчетов. Ниже рассматриваются в схе­матическом виде вопросы формирования электрических нагрузок и ме­тоды обработки результатов натурных измерений [16].

*Средняя вероятность [[1]](#footnote-2) [[2]](#footnote-3) включения электроприемников в данный мо­мент времени за период Т* может быть выражена формулойгде S— средняя за период *Т* потребляемая полная мощность, кВ-А; 5уст — установленная мощность электроприемников, кВ-А; Руст — установленная активная мощность, кВт; *W —* электроэнергия, потреб­ляемая из сети за период *Т,* кВт-ч.

При включении группы электролрнемников независимо друг от друга средние вероятности включения суммируются и определяются из выражения

*Р ~* — SSycT Prj/2SyCT = /Т^Русц, (3.2)

Если, однако, режимы работы электроприемников зависят друг от друга, то средний вероятность включения группы будет меньше сред­ней вероятности включения группы независимых электроприемников и средняя нагрузка этой группы будет меньше суммы средних нагрузок отдельных электроприемников. В таких случаях определяется средне­взвешенная вероятность (по мощности)

*Рг =* Мст = \г/^уСт = 25уст *Рп =*

*= $тах!* $уст *Ргпах^Р уст >* (3.3)

где Зпшх и *Ртах —* средние максимумы нагрузки группы электроприем­ников; *Kci —* коэффициент спроса i-ro электроприемника.

При измерениях общих нагрузок в данной точке сети взаимная за­висимость режимов работы электроприемников учитывается автомати­чески.

Пример 3.1. Определить среднюю вероятность включения группы электроприемников в квартире и средний максимум их нагрузки при независимом и зависимом режимах их работы при следующих исходных данных:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Электроприборы | **Руст’ Вт** | *ка* | *Рг* |
| Освещение | 450 | 0,7 | 0,6 |
| Радиоприемник . . . | 75 | 0 | 0,5 |
| Телевизор | , 160 | 1 | 0,6 |
| Холодильник .... | 140 | 1 | 0,2 |
| Стиральная машина . | 350 | 0 | 0,1 |
| Утюг | 1000 | 0 | 0,2 |
| Пылесос | 400 | 0 | 0,1 |
| Прочие приборы . . | 700 | 0,3 | 0,15 |
| Итого | . 3275 |  |  |

Решение. 1. Определяем среднюю вероятность и средний мак­симум нагрузки, предполагая, что электроприемпики работают незави­симо друг от друга.

Воспользуемся выражением (3.2)

450-0,6 + 75-0,5 + 160-0,6+ 140-0,2 + 350-0,1 +

₽г =

3275

+ 1000-0,2 + 400-0,1 +700-0,15

— = 812/3275 = 0,25.

3275

Таким образом, средний максимум нагрузки составляет 812 Вт, а средняя вероятность включения группы приборов 0,25.

2. Выполним аналогичный расчет в условиях, когда при телевизи­онной передаче не включается ряд приборов *(Кс<=0).* Согласно выра­жению (3.3)

450-0,6-0,7 +160-0,6 +140-0,2 + 700-0,15-0,3  
***р — — \_***

3275

= 344/8275 = 0,11.

Следовательно, в этом случае средний максимум нагрузки состав­ляет 344 Вт, а средняя вероятность включения 0,11.

Рядом автором показано, что формирование электрических нагру­зок группы электроприемников с достаточной точностью подчиняется биноминальному закону распределения. Вероятность того, что нз об­щего числа электропрнемников *п* одновременно включено *т,* определя­ется из выражения

***т***

<3”

о

где *Кс —* средний коэффициент спроса (средняя вероятность включе­ния электроприемников за данный отрезок времени) ’.

Приведенная формула основана на так называемой схеме незави­симых испытаний и предполагает, что электроприемники включаются независимо друг от друга.

Пример 3.2. Определить, сколько электроприемников из десяти бу­дет включено одновременно при средней вероятности включения Яс=0,3.

Решение. Вычислив значения Рг(т,п, по формуле (3.4) при раз­личных *т,* получаем

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *т ....* | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| *Рг (т,* п) • • | 0,03 | 0,12 | 0,24 | 0,24 | 0,3 | 0,07 |  | - — | — | — | — |
| *Рг (т,* п) S • | 0,03 | 0,15 | 0,39 | 0,63 | 0,93 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Примечание. | | Р г *(т, п)* Е ' | | — накопленные | | частоты | | распределения. | | |  |

1 Данный коэффициент является аналогом коэффициента исполь­зования, применяемого при определении нагрузок в промышленности.

Из приведенных данных следует, что одновременная работа более четырех электроприемников возможна с вероятностью 1—0,93=0,07, т. е. не более 0,07-24 = 1,7 ч в сутки. Работа же более пяти электро­приемников вообще невозможна.

При общем числе электроприемников п^25/Лс можно вести расчеты *рг(т,п)* на основе нормального закона рас­пределения (закона Гаусса), к которому стремится бино­минальный закон при большом *п.* Выражение для *рГ(т,п)* может быть написано следующим образом:

1 —L *2n7^^c)dm*

***Рг(т,п) =***

/2ллКс(1-Кс) J

*‘а л*

*е [[3]](#footnote-4) dt,* (3.5)

Г 0

где *ta —* нормированное отклонение.

Эта формула табулирована (значения вероятностей приводятся в справочниках), что позволяет резко сократить трудоемкость вычисле­ний. Из выражения для нормального закона распределения вытекает достаточно простая формула для числа электроприемннков *т* из об­щего числа п, которые могут быть включены одновременно:

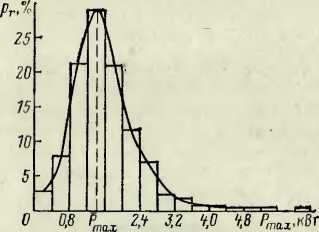
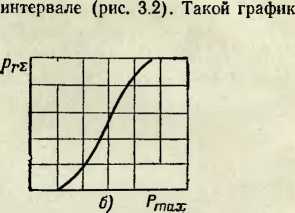
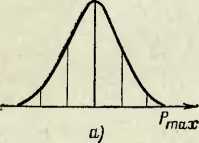
/п = п^с+/а]/«Кс(1-Кс). (3.6)

Так, например, из 100 электроприемников при среднем коэффици­енте спроса Ко=0,1 и нормированном отклонении *ta* в расчет сле­дует принимать возможность одновременного включения

*т* = 100-0,1 + 2 V 100-0,1(1 — 0,1) = 16 электроприемников.

Следовательно, с вероятностью 0,95 наибольший коэффициент спроса составляет Кс=щ/п= 16/100=0,16.

Кривая нормального распределения (рис. 3.1, с) имеет симметрич­ную колоколообразную форму, причем на оси абсцисс отложены на­грузки, а на оси ординат—вероятности их появления. Чем больше раз­брос нагрузок, тем кривая становится более пологой. Чем больше средняя вероятность или частота появления средней нагрузки, тем кру­че кривая распределения. Иногда вместо колоколообразной кривой рас­пределения, строится интегральная кривая распределения (кумулята)(рис. 3.1,6). В этом случае на оси абсцисс откладываются нагрузки, а на осн ординат накопленные частоты распределения.

Практически на основе натурных измерений строятся не плавные, а ступенчатые графики распределения (гистограммы), характеризующие изменение значения в определенном

***Prk***

Рис. 3 I. Кривая нормального распределения (а) н интегральная кри­вая распределения (6)

Рнс. 3.2. Гистограмма распределения максимумов нагрузки  
на вводе в квартиру с электроплитой

тоже является дифференциальным. Соединив средние точки абсцисс, получим кривую нормального закона распределения.

Важной величиной для оценки результатов измерений является среднеквадратичное отклонение, иногда называемое стандартным от­клонением или стандартом, определяемое из нижеследующих выраже­ний: для полной (кВ-A) и активной (кВт) мощности где *п —* число измерений; *Р —* измеренная нагрузка, кВт; *Р —* средняя нагрузка, кВт; 5 — полная мощность кВ-A; S — средняя полная мощ­ность, кВ А.



о.

S (S — S)2 *п —* 1

-.Л£ (Р—Р)2

*V п* -1

(3.7)

Из приведенных выражений ясно, что среднеквадратичное отклоне­ние хаарктеризует отклонение отдельных значений нагрузки от средне­го его значения.

При натурных измерениях приходится иметь дело с ограниченным количеством измерений рассматриваемых величин. Для оценки досто­верности получаемых результатов определяют ошибки среднего *О-* и среднеквадратичного отклонения *О Ор* кВт:

*Op = taop/]fn;* (3.8)

% = <3-9>

Следовательно, действительные средние значения будут находить­ся в пределах, кВт

*Рл=Ртах±0Р>*

а действительные значения стандарта, кВт

од = ор±00.

Для определения максимальной нагрузки, кВт, с заданной вероят­ностью, т. е. при заданном нормированном отклонении, пользуются вы­ражением

ртах = ртах + ^°Р‘ (3-Ю)

Следует подчеркнуть прямую связь между нормированным *ta* и среднеквадратичным отклонением

*, Ртах Ртах „ . .*

Нормированное отклонение показывает, на сколько среднеквадра­тичных отклонений изменяется максимум нагрузки по сравнению со своим средним значением. Для внутренних сетей жилых домов с ма­лыми сечениями проводов и относительно малой постоянной времени принимают *ta=3* (вероятность 99,7%), а для наружных сетей *ta=.* = 1,65-^2 (вероятность примерно 95 %)•

Из формулы (3.6) после простейших преобразований получаем следующие выражения для коэффициента спроса и максимальной (наи­большей) нагрузки, кВт:

*р max*

*= + >.«,- г„* (К. + ц/

(3.12)

Максимум нагрузки и коэффициент спроса в значительной мере за­висят от числа электроприемников: чем больше *п,* тем ближе расчетный максимум *Ртах* К Своему среднему значению *Ртах.* Величины *Ртах* и *Ртах* могут быть определены для любой точки электрической сети, пи­тающей квартиры.

Изложенная методика применяется и для оценки установленных мощностей в квартире полной Зуст.м и активной Руст.кв, которые тоже являются случайными величинами.

Как показали исследования АКХ и МНИИТЭП в 1978—1979 гг., установленная мощность в квартирах колеблется от 0,1 до 4,11 кВт в домах с газовыми плитами и от 0,18 до 5,42 кВт в домах с электропли­тами (без учета установленной мощности электроплиты). Установленная мощность бытовых электроприборов колеблется соответственно от 0,1 до 3,38 и от 0,1 до 4,6 кВт соответственно. Установленная мощность осве­щения в квартирах изменяется от 0,04 до 1,4 кВт.

Центральным научно-исследовательским и проектным институтом типового и экспериментального проектирования жилища установлен оп­тимальный набор электроприборов на перспективу, исходя из которого условно установленная мощность электроприемников в квартире до­стигнет при газовой плите 10—14, а при электроплите 17—22 кВт.

На основе проведенного корреляционного анализа выведены следу­ющие зависимости, те шоляющие с достаточной для практических целей точностью определить наибольшую нагрузку, кВт, в зависимости от чис­ла присоединенных квартир (для современного уровня нагрузки при п>30).

Для жилых зданий с газовыми плитами при многоэтажной застройке

Р„М1х = 0,183 + 2,5з/Кп; (3.13)

для жилых зданий с электроплитами при многоэтажной застройке

Ртах =0,401+5,0в/ТТ. (3.14)

* 1. Нормирование электрических нагрузок и их прогнозирование

Выше отмечалась важность правильного определения расчетных нагрузок как решающего фактора для выбора мощности и числа трансформаторных подстанций, сечений проводов и кабелей, аппаратуры, электрооборудования и, следовательно, для выявления размеров капитальных вло­жений в сеть. Исходными данными, естественно, служат фактические показатели, определенные на основе измере­ний в большом числе квартир и обработанные по методике, изложенной выше. Однако эти нагрузки постоянно растут,главным образом за счет увеличения числа и мощности электроприборов, приобретаемых населением. Это вызыва­ет необходимость иметь в сети некоторые запасы с тем, чтобы сеть была в состоянии пропустить увеличивающуюся нагрузку к концу расчетного периода.

Для расчетов электрических сетей жилых зданий не­обходимо знать не только фактические нагрузки, но и пер­спективные с учетом роста насыщения квартир бытовыми приборами, появления в производстве и продаже новых приборов, увеличения достатка семей и т. п.

Рассмотрим наиболее распространенные пути опреде­ления удельных нагрузок, основаннные на вероятностной оценке. Первый из них заключается в следующем. Из­вестно, что набор электроприборов у различных семей неодинаков. Это позволяет при большом количестве изме­рений в течение относительно длительного времени полу­чить корреляционные зависимости максимальных нагрузок от числа и мощности приборов различного назначения.

Средние максимумы, кВт, находятся из выражений

1°тозс=Кс1Т>14-Кс2А2+...4-КспАл, (3.15)

где *Pi, Р2, .... Рп —* мощности приборов, присоединенных к данной фазе, кВт; Ксь Ксг, .... Кел — коэффициенты корре­ляции (средние коэффициенты спроса или средние вероят­ности включения этих приборов во время максимума).

Можно принимать значения Кс: 0,6 для освещения; 0,5 для радиоприемников; 0,6 для телевизоров; 0,2 (с учетом ПВ) для холодильников; 0,1 для стиральных машин; 0,1 для пылесосов; 0,2 для утюгов; 0,15 для прочих приборов.

Задаваясь намечаемым уровнем насыщения квартир электроприборами, можно определить средние максимумы нагрузки на квартиру. Установлено, что средние значения коэффициента спроса (с учетом насыщения квартир элек­троприборами) составят для домов с газовыми плитами на квартиру примерно 0,15, а для домов с электроплитами— примерно 0,12. Следует, однако, помнить, что средние дан­ные нагрузок могут быть значительно превышены в отдель­ных квартирах. Для оценки наибольшего расчетного мак­симума необходимо выяснить значение вариации нагрузки.

**Вариации нагрузки** представляют собой отношение, среднеквадратичных отклонений (стандарта) к среднему максимуму нагрузки, *у=ср/Ртах-* Теоретически при боль­шом числе квартир (п->оо)РП!ОЯ=Ртах. Однако в условиях

города возможно влияние одновременно действующих фак­торов (встречи нового года, телепередачи и т. д.). В резуль­тате даже при и->оо нагрузки несколько варьируют и <тР не равно нулю.

Исследованиями установлено, что для жилищно-ком­мунальных потребителей при весьма большом их количест­ве у «0,1. В этом случае вариацию можно представить в виде двучлена

Т-0,Ц-СТр/Ртах = 0,1 + 1/ (3.16)

*\_ ' пКс*

Учитывая, что *Кс* для отдельных электроприемников и квартиры в целом изменяется сравнительно мало, можно определить вариацию и в конечном итоге среднеквадратич­ное отклонение и максимальную нагрузку (при заданном *ta* ) для любого числа присоединенных квартир.

Так, например, при числе квартир, равном 100, Лс=0,12 (дом с электроплитами), средней удельной мощности *Ртах,*уд=1 кВт/квартиру и числе злектропрнемников в квартире 15

, / 1—0,12

* = 0,1+1/ - = 0,173.
* *V* 100-15-0,12

Среднеквадратичное отклонение

*ор = Ртах,уа* (Y-0,l) = l (0,173-0,1) «0,073 кВт.

Удельная расчетная нагрузка

*Рпах, уд= Ртах,ур + 2ар* = 1 +2-0,073 = 1,146 кВт/квартира.

Второй, более простой и поэтому широко распространен­ный путь определения и прогнозирования удельных нагру­зок (расчетных максимумов) заключается в том, что на ос­нове измерений в различных точках сети (на вводе в квар­тиру, питающих линиях, вводе в дом, шинах ТП и т. п.) оп­ределяются *Ртах,* стр и *Рщах-* Накопленные в течение ряда лет экспериментальные данные могут служить (с поправ­ками на основе оценки развития производства приборов и т. д.) основанием для выявления темпов роста нагрузок.

Ожидаемый в конце расчетного периода максимум на­грузки определяется из уравнения

*Pt = P(,At,* (3.17)

где *Ро* и *Pt —* расчетные нагрузки в начальный и /-й год эк­сплуатации; *А —* коэффициент естественного роста нагру­зок.

Число квартир ......

До 100

1,03—1,035

100 и более

1,01—1,015

1,01—1,015

Коэффициент естественного роста нагрузок:

для газифицированных до­

мов

для домов с электроплита­

ми 1,015—1,02

Определение расчетных электрических нагрузок этими и некоторыми другими методами, как правило, не дает пол­ностью совпадающих результатов, что объясняется все еще недостаточной изученностью режимов работы отдельных электроприемников в квартирах и отсутствием точных зна­чений средних вероятностей их включения.

* 1. Оценка асимметрии нагрузок

Асимметрия токов и напряжений в электрических сетях до 1000 В обусловлена неравномерной нагрузкой фаз элек­трической сети (систематическая асимметрия) и вероятно­стным характером работы бытовых однофазных электро­приемников и электроосвещения (случайная асимметрия). Несимметрия напряжения и токов приводит к дополнитель­ным потерям мощности и электроэнергии в сети, сокраще­нию сроков службы электрооборудования, проводников и трансформаторов и даже к перегрузке отдельных фаз.

Для оценки уровня асимметрии напряжения введено понятие коэффициента несимметрии напряжения еу

**«/^Л.ном, (3.18)**

где *U2—* напряжение обратной последовательности, В; t/л,ном — номинальное линейное напряжение, В.

Коэффициент несимметрии напряжения не должен пре­вышать 2 % •

Некоторыми авторами рекомендуется также учитывать *коэффициент неуравновешенности* ео, равный

**ео = ЦД^ф.ном» (3-19)**

где *Uo—*напряжение нулевой последовательности, В; ^Ф.ном — номинальное фазное напряжение, В.

Коэффициент неуравновешенности также не должен превышать 2 %.

Для определения вышеуказанных коэффициентов в дей­ствующих сетях необходимо замерить (в течение нескольких дней в зимнее и летнее время в часы максимума и миниму-

ма нагрузки по специальной методике) фазные и линейные напряжения.

На основании полученных данных определяются напря­жения обратной и нулевой последовательностей [17, 18]:

***X = l^AB UАС U Bc)^UАВ'***

***U2 — — U****ав/2* + У/Т^З";

***= (— АВ*** + 2Л)/2 рЗ .

Напряжение обратной последовательности

+ <3-20)

Соответственно определяются

*^“t^ + хуз-^ U;=Y/3-Y„.*

Напряжение нулевой последовательности

Ч - Kw + w- (3-21) Здесь *X,* У, Хо, Уо—вспомогательные величины; Ц, *U'v U^,U'O—* действительные (с одним штрихом) и мнимые (с двумя штрихами) значения напряжений обратной и нуле­вой последовательностей, В. Зная *U%* и *Ua,* по формулам (3.18) и (3.19) определяют коэффициенты несимметрии на­пряжения и неуравновешенности.

Коэффициент несимметрии нагрузок по току, %, опре­деляется из выражения

е, = 100, (3 22)

*1* **ср**

где *1тпх —* значение тока в максимально загруженной фазе, А; 7ср — среднее арифметическое значение тока всех трех фаз, А,

, 1а + 1в+1с

ср “ 3

Исследованиями установлено, что при коэффициенте несимметрии напряжения 4 % срок службы трехфазных асинхронных электродвигателей сокращается в 2 раза по

€сравнению со сроком службы в режиме симметричного пи­тания, а при коэффициенте несимметрии по току 10% и более срок службы изоляции трансформаторов снижается на 16%.

Обработка графиков нагрузки отдельных фаз и суммар­ных показала, что во внутренних электрических сетях до­мов с газовыми плитами коэффициент несимметрии по средним 30-минутным значениям в часы максимума нагруз­ки может достигать 20 %, а в домах с электроплитами (на вводах) даже 30 % и более. По мере приближения к шинам ТП асимметрия резко снижается.

Из изложенного следует, что неучтенная асимметрия может привести к существенным ошибкам при выборе сече­ний проводов и кабелей, причем даже при тщательном и точном распределении нагрузок по фазам в сетях город­ского типа нельзя избежать случайной асимметрии, о кото­рой говорилось выше.

При проектировании асимметрию учитывают путем со­ответствующего увеличения нормируемых электрических нагрузок (кВт/квартира), т. е. ведут расчет по наиболее нагруженной фазе,

*Ртах ~ ЗРтах,ф .* (3,23)

* 1. Расчеты электрических нагрузок

Изложенные выше теоретические предпосылки и много­летние натурные исследования послужили основанием для создания утвержденной Госгражданстроем СССР «Инст­рукции по проектированию электрооборудования жилых зданий» СН 544—82. Основные положения этого документа в части определения электрических нагрузок жилых зданий приведены ниже.

Для определения электрических нагрузок, кВт, всех элементов сети (питающие линии, вводы в здания, шины низшего напряжения трансформаторных подстанций), квар­тиры, одного или группы жилых домов можно пользоваться формулой

*Рнв ~* **(^кв.уд “Ь ^УД.к) ИКВ>** (3.24)

где Ркв.уд — удельная расчетная нагрузка потребителей электроэнергии квартир посемейного заселения (табл. 3.1) в зависимости от характеристики и количества квартир, присоединенных к линии (трансформаторной подстанции), кВт; Пкв — количество квартир, присоединенных к линии (трансформаторной подстанции); Руд,к — удельная расчет-

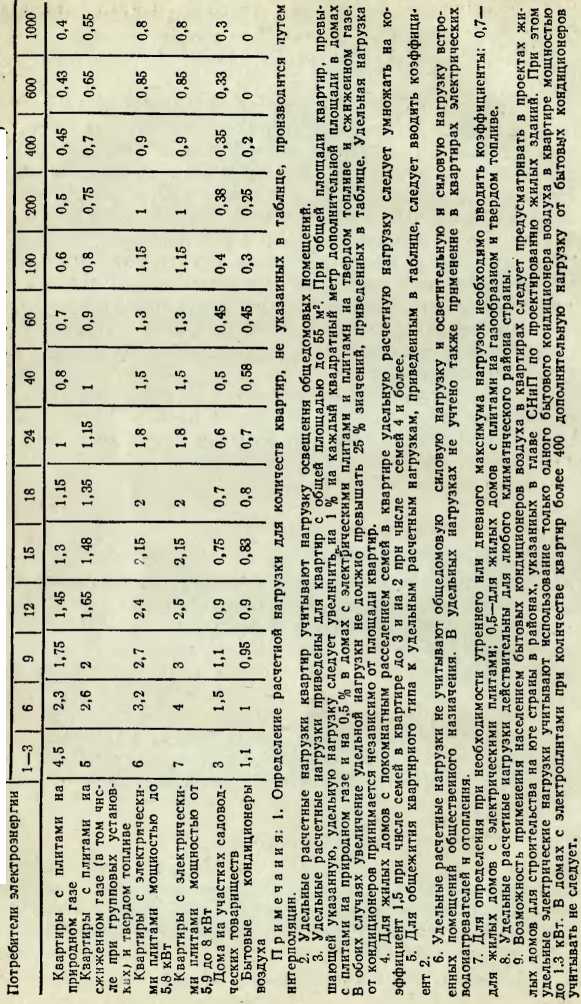


Таблица 3.1. Удельные расчетные нагрузки на одну квартиру жилого дома

| Удельные расчетные нагрузки, кВт/квартира, при количестве квартир

ная нагрузка бытовых кондиционеров воздуха, определен­ная для тех же параметров, что и Ркв,уд-

Расчетные нагрузки питающих линий, вводов и на ши­нах РУ 0,4 кВ ТП от общего освещения общежитий кори­дорного типа определяются с учетом коэффициента спроса 0,6—0,8.

Расчетная нагрузка, кВт, питающих линий, вводов и на шинах РУ 0,4 кВ ТП в зависимости от количества присое­диненных штепсельных розеток общежитий коридорного типа определяется по формуле

^р.ш ~ ^уд.ш ПШ (3.25)

где Руд.ш — удельная мощность одной штепсельной розет­ки, принимаемая при количестве розеток до 100—0,1 кВт, более 100—0,06 кВт; *пш—* количество штепсельных розеток, присоединенных к питающей линии (вводу, ТП); *Ко,ш —* коэффициент одновременности для сети штепсельных розе­ток, определенный в зависимости от количества присоеди­ненных штепсельных розеток.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Количество розе­ток | До ю | 11-30 | 31—60 | 61—100 |
| Коэффициент од­новременности . • | 1 | 0,9 | 0,8 | 0,7 |
| Количество розе­ток | 101—200 | 201-400 | *Продолжение*  401—600 601—1000 | |
| Коэффициент од­новременности . . | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,35 |

Расчетная нагрузка, кВт, групповых, питающих линий, вводов и на шинах ТП от бытовых стационарных электри­ческих плит общежитий коридорного типа определяется по формуле

^р.пл = ^ПЛ ЯПЛ ^Сс.пл» (3.26)

где *Рпп —* установленная мощность электроплиты, кВт; *Пил —* количество электроплит; 7<с>пл— коэффициент спро­са, определяемый в зависимости от количества присоеди­ненных плит

Количество плит, присоединенных к линии, вводу, ТП, лпп 1 3 6 12 40 100 200 и более

Коэффициент

спроса Кс.пл . . 1 0,9 0,7 0,45 0,3 0,2 0,15

Примечания: 1. Определение расчетной нагрузки для ие указанного ко­личества плит производится путем интерполяции.

2. При подключении электроплиты к трем фазам сети коэффициент спроса для расчета линии, питающей одну плиту, следует принимать равным 1,2 с уче­том неравномерности распределения нагрузки по фазам.

Расчетная нагрузка групповых питающих линий, вво­дов и на шинах ТП в случае подключения к ним общего ос­вещения, штепсельных розеток и стационарных электриче­ских плит в общежитиях коридорного типа определяется как сумма расчетных нагрузок, умноженная на 0,75.

Расчетная нагрузка питающих линий лифтовых устано­вок, кВт, определяется по формуле

*Рр,л* = Яс.л2 *(Рт* /ПВГ + *Рд1) « Кеп* 2 *Pni,* (3.27)

1 1

где 7<с,л — коэффициент спроса, определенный по табл. 3.2 в зависимости от количества лифтовых установок и этаж- Таблица 3.2. Коэффициент спроса *Кс,л* лифтовых установок для здания различной этажности

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Число лифтовых установок | Коэффициент спроса | | Число лифтовых установок | Коэффициент спроса | |
| ДЛЯ до­мов до 12 этажей | ДЛЯ до­мов свыше 12 этажей | для до­мов До 12 этажей | для домов свыше  12 этажей |
| 2-3 | 0,8 | 0,9 | 8—10 | 0,5 | 0,6 |
| 4—5 | 0,7 | 0,8 | 15—20 | 0,4 | 0,5 |
| 6-7 | 0,6 | 0,7 | 20 и более | 0,35 | 0,4 |

ности зданий, в которых они установлены; *пл —* количест­во лифтовых установок, подключенных к линии; *Рп,—* установленная мощность электродвигателя i-й лифтовой установки по паспорту, кВт; ПВ/ — продолжительность включения электродвигателя i-й лифтовой установки, при­нимаемая по паспорту, отн. ед.; Рд1- — дополнительная на­грузка от электромагнитного тормоза, аппаратов управле­ния и освещения i-й лифтовой установки, кВт.

Расчетные нагрузки питающих линий электродвигате­лей насосов водоснабжения, вентиляторов и других сани­тарно-технических устройств определяются по их установ­ленной мощности с учетом коэффициента спроса 0,7.

Мощность резервных электродвигателей и электропри­емников противопожарных устройств при расчете электри­ческих нагрузок вводов в здание не учитывается, за исклю­чением тех случаев, когда она определяет выбор аппаратов защиты и сечений питающих линий.

Расчетная нагрузка жилого дома (квартир и силовых электроприемников), кВт, определяется по формуле

*Рр,т,д — Р>кмл* 0,9Рс, (3.28)где Ржил — расчетная нагрузка потребителей электроэнер­гии квартир или жилых помещений общежитий, кВт; Рс — расчетная нагрузка силовых потребителей жилых домов или общежитий, кВт.

При расчете элементов сети в аварийном режиме они должны выбираться с учетом допустимых перегрузок, ре­гламентируемых ПУЭ.

Расчетные коэффициенты мощности питающих сетей жилых зданий следует принимать по табл. 3.3.

|  |  |
| --- | --- |
| Таблица 3.3. Расчетные коэффициенты мощности cos <р | |
| Питающие линии потребителей | Расчетные коэффи­циенты мощности |
| Квартиры с электрическими плитами | 0,98 |
| То же, с кондиционерами  Квартиры с газовыми плитами иа природном | 0,93 |
| 0,96 |
| и сжиженном газе и твердом топливе | 0,92 |
| То же с кондиционерами |
| Общее электроосвещение в общежитиях | 0,95 |
| Насосы водоснабжения, вентиляционные уста- | 0,85 |
| новки и другие санитарно-технические устройства | 0,6 |
| Лифтовые установки • |

Компенсации реактивной мощности потребителей жилых зданий и предназначенных для них центральных тепловых пунктов и насосных не требуется (см. также гл. 8).

Пример 3.3. Определить наибольшую расчетную нагрузку вводов в жилой 12-этажный дом. Дом имеет 172 квартиры с плитами на природ­ном газе (100 квартир общей площадью до 55 мм2 и остальные общей площадью 60 м2), 8 лифтовых установок мощностью по 7 кВт (при ПВ-1).

Здание имеет два взаимно резервируемых кабельных ввода; к пер­вому подключены квартиры, ко второму — лифты.

Решение. 1. Определяем расчетную нагрузку ввода / с учетом повышающего коэффициента для квартир общей площадью более 55 м2. Расчетную удельную нагрузку принимаем, по табл. 3.1 (с интер­поляцией) :

Ркв = 0,53-100 + 0,53-1,05-72 = 0,53 (100 + 1,05-72) = 93 кВт.

2. Определяем расчетную нагрузку от лифтов (ввод *2).* Коэффи­циент спроса принимаем по табл. 3.2;

Рр л = 7-8-0,5 = 28 кВт.

Пример 3.4. Определить расчетную нагрузку линии, питающей 64 квартиры с электроплитами мощностью 8 кВт и бытовыми кондиционе­рами воздуха. Общая площадь каждой квартиры 70 м2.

Решение. Определяем расчетную нагрузку питающей линии с учетом повышающего коэффициента для квартир общей площадью бо­лее 55 м2 (1,075) и удельной нагрузки от кондиционеров. Расчетные удельные нагрузки принимаем по табл. 3.1 (поскольку число квартир мало отличается от таблицы, интерполяцию производить не требуется):

Ркв = (1,3-1,075 + 0,45) 64 = 118,2 кВт.

Удельная нагрузка кондиционера от площади квартиры не зависит.

Выбор параметров групповых линий квартир целесооб­разно производить по расчетному току. Групповые линии квартир, как правило, выполняются однофазными; число таких линий и расчетные токи указаны в табл. 3.4.

* 1. Зависимость между расчетной нагрузкой, электропотреблением и годовым числом часов использования максимума нагрузки

Помимо рассмотренных методов определения электри­ческих нагрузок известный интерес представляет получение зависимости между электропотреблением и годовым числом часов использования максимума нагрузки *Ттах,* которое мо­жет в некоторых случаях служить критерием для оценки расчетной нагрузки, кВт,

*Ртах = ^/Ттах-* (3.29)

Число часов использования максимума не остается по­стоянным и связано с удельным годовым электропотребле­нием. С ростом электропотребления число часов исполь­зования максимума нагрузки возрастает вначале быстро, а затем замедленно. При этом *Ттах* в различных точках сети неодинаково. На вводе в квартиру эта величина значи­тельно меньше, чем на вводе в дом, и т. д.

Именно поэтому нельзя распространять темпы прироста электропотребления на темпы прироста нагрузок, послед­ние всегда значительно меньше. В [19] даны эмпирические формулы для определения *Ттах,* ч. в зависимости от числа присоединенных квартир к данному элементу сети

750 *V п*

*max*

0,3 Ии +1

(3.30)

Таблица 3.4. Групповые линии квартир жилых домов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Здания | Назначение групповых линий | Расчет­ный ток, А |
| Жилые дома с | Питание ламп общего освещения | 16 |
| плитами на газо- | Питание штепсельных розеток на ток 6 | 16/25[[4]](#footnote-5) [[5]](#footnote-6) |
| образном и твер- | и 10 А |  |
| дом топливе | Питание электрических бытовых машин и приборов мощностью до 4 кВт | 25 |
| Жилые дома с | Питание ламп общего освещения | 16 |
| электроплитами до | Питание штепсельных розеток на ток 6 | 16/25\* |
| 5,8 кВт | и 10 А |  |
| Питание электрической плиты и бытовых машин и приборов мощностью до 4 кВт[[6]](#footnote-7) | 25—32 |
| Жилые дома с | Питание ламп общего освещения | 16 |
| электроплитами от | Питание штепсельных розеток на ток 6 | 16/25\* |
| 5,9 до 8 кВт | и 10 А |  |
| Питание электрической плиты и бытовых машин и приборов мощностью до 4 кВт\*\* | 40 |
| Жнлые дома са- | Питание ламп общего освещения и штеп- | 16 |
| доводческих това­риществ | седьмых розеток |  |

\* В знаменателе указаны расчетные токи групповой линии, к которой под­ключается бытовой кондиционер мощностью до 1,3 кВт.

♦\* Одновременное включение электроплиты и бытовой машины или прибора иа полную мощность исключается.

Решение. 1. Оценим среднюю вероятность включения электро­плиты. При этом следует учитывать, что количество приготовляемой пищи не зависит от мощности электроплиты и является величиной поч­ти постоянной. Тогда расход электроэнергии плиты мощностью 8 кВт ие должен существенно отличаться от данных, приведенных в табл. 2.2, поэтому принимаем 1^=1000 кВт-ч/квартира. Примем также, что по условиям быта включение плиты возможно не более 8 ч в сутки. Тогда *pr* = U7/(PyCT *-Г) = -* ~~'ГСО~~ ~~я~~ = 0,043.

о•ооО•о

2. Принимая, что плита состоит из пяти электроприемников (четы­ре конфорки и жарочный шкаф), на основании выражения (3.4) для биноминального закона определим, какое число из этих электроприем­ников может быть включено одновременно. Результаты расчетов сво­дятся к следующему:

*т*  0 1 2 3 4 5

*Рг(т.* л)Е 0,813 0,98 111 1

Таким образом, можно предполагать, что одновременно включается не более двух электроприемников Следовательно, коэффициент спроса электроплиты на вводе в квартиру составит не более

2

Кс = —=0,4,  
о

и расчетная нагрузка будет равна

*Ртах* = ^уст — 8'0,4 = 3,2 кВт.

Глава четвертая

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

1. Общие положения

Электрические нагрузки любого общественного здания сла­гаются нз нагрузок электрического освещения и силового электрооборудования. Установленная мощность ламп элек­трического освещения определяется на основании светотех­нических расчетов, которые в настоящей книге не рассматри­ваются. Мощность силовых электроприемников принимается на основании технологических и санитарно-техниче­ских разделов проекта. Однако режимы работы этих видов оборудования на стадии разработки проекта электрообо­рудования выявить точно не представляется возможным.

Между тем правильный выбор коэффициентов, харак­теризующих загрузку, одновременность работы, несовпаде­ние максимумов нагрузки различных потребителей, имеет важнейшее значение для выбора схемы сети, аппаратов за­щиты, сечений проводов и кабелей.

За последние годы проведены исследовательские рабо­ты по изучению электрических нагрузок различных общест­венных зданий, которые позволили создать научно-обосно­ванную методику, обеспечивающую правильное определение всех параметров электрических сетей.

Эти работы проводились МНИИТЭП, АКХ и рядом дру­гих организаций. В 1974 г. была утверждена Госграждан- строем СССР «Инструкция по проектированию электрообо­рудования общественных зданий массового строительства» ВСН 19—74/Госгражданстрой[[7]](#footnote-8), разработанная ЦНИИЭП инженерного оборудования Госгражданстроя, Ленинград­ским отделением ГПИ Тяжпромэлектропроект Минмонтаж- спецстроя СССР и МНИИТЭП ГлавАПУ г. Москвы. При составлении инструкции использованы материалы исследо­ваний и разработок АКК им. К. Д. Памфилова Минжилком- хоза РСФСР, института «Ленпроект» Ленгорисполкома, ЦНИИЭП торгово-бытовых зданий и туристских комплек­сов Госгражданстроя и НИИ Мосстроя Мосгорисполкома.

В 1976 г. МНИИТЭП совместно с МКС Мосэнерго раз­работали «Рекомендации по определению расчетных элек­трических нагрузок поликлиник, аптек и больниц, соору­жаемых в Москве», утвержденные ГлавАПУ г. Москвы. В 1979 г. подготовлены, согласованы Мосэнерго и утвер­ждены ГлавАПУ «Рекомендации по проектированию элек­трооборудования административных зданий и гостиниц, строящихся в Москве», где имеется специальный раздел по определению электрических нагрузок.

Как показывают расчеты, основанные на проведенных исследовательских работах, внедрение новых методов оп­ределения электрических нагрузок обеспечивает значитель­ный экономический эффект. Так, ежегодная экономия тран­сформаторной мощности только по Москве составляет не менее 25 тыс. кВ-А.

Излагаемая ниже методика расчета электрических на­грузок основных видов общественных зданий базируется на многолетних натурных измерениях и последующей об­работке полученных данных методами теории вероятно­

**стей и** математической статистики. По мере накопления ма­териалов коэффициенты, указанные в приведенных ниже таблицах, могут уточняться.

При расчете электрических сетей необходимо учитывать коэффициент спроса, представляющий собой отношение расчетной потребляемой мощности (нагрузки) *Ртах* (полу­часовой максимум) к установленной мощности *РуСт* работа­ющих электроприемников,

А'с = *Рта JPycT- (41)*

**В** установленную мощность не включается мощность ре­зервных электроприемников, пожарных насосов и т. п., за исключением тех случаев, когда эта мощность определяет сечения проводов и кабелей и выбор аппаратов защиты.

1. Нагрузки осветительных сетей

Коэффициент спроса для расчета групповых линий ра­бочего, эвакуационного и аварийного освещения зданий, штепсельных розеток, а также освещения витрин и рекла­мы следует принимать равным единице. Для расчета на-

Таблица 4.1. Коэффициенты спроса для расчета нагрузок рабочего освещения питающих линий и вводов общественных зданий

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Предприятия н организации | Коэффициенты спроса Кс 0 при установлен­ной мощности электрического освещения, кВт | | | | | |
| до 25 | 26—50 | 51—100 | 101—200 | 201—500 | 500 и более |
| Гостиницы, учебно-производ- | 0,6 | 0,5 | 0,45 | 0,4 | 0,35 | 0,3 |
| ственные помещения, спальные корпуса и административные помещения пионерских лагерей  Предприятия общественного | 0,8 | 0J5 | 0,7 | 0,65 | 0,6 | 0,5 |
| питания, детсады, ясли  Общеобразовательные шко- | 085 | 0,8 | 0,75 | 0,7 | 0,65 | 0,6 |
| лы, профтехучилища, средние специальные учебные заведе­ния, организации и учрежде­ния управления  Предприятия торговли, про- | 0,9 | 0,85 | 0,8 | 0,75 | 0,7 | 0.65 |
| ектные н конструкторские ор­ганизации, парикмахерские  Предприятия бытового об- | 0,85 | 0,8 | 0,75 | 0,7 | 0,65 | 0,6 |
| служивання  Аптеки и поликлиники | 0,8 | 0,77 | 0,75 | 0,7 |  | — |
| Больницы | 07, | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,35 | 0,3 |

грузок питающих линий и вводов рабочего освещения мож­но принимать коэффициенты спроса по табл. 4.1. Расчетная нагрузка при этом определяется по формуле (4.1).

Расчетные электрические нагрузки линий, питающих се­ти штепсельных розеток, определяются по формуле

**^тазс.ш = ^уст.ш ^с,ш»** (4.2)

где Руст.ш — установленная мощность электроприемников, подключаемых к одной штепсельной розетке. Может быть принята 0,05 кВт для учреждений управления, проектных и конструкторских организаций и 0,06 кВт — для предприя­тий общественного питания, жилых помещений гостиниц. Если в номерах гостиниц отсутствует общее освещение (по­толочное, закарнизное и т. п.), нагрузки штепсельной сети, предназначенной для питания переносных светильников,

Таблица 4.2. Коэффициент спроса для расчета нагрузок сети штепсельных розеток

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Здания н помещения | Коэффициент спроса Кс<ш | |
| Питающая сеть | Ввод в зда­ние |
| Организации управления, проектные и конструкторские организации, учреждения финансирования, кредитования, государ­ственного страхования | 0,2 | 0,1 |
| Гостиницы, обеденные залы, предприятия бытового обслуживания, библиотеки, архи­вы | 0,4 | 0,2 |
| Общеобразовательные школы, профтех­училища, средние специальные учебные за­ведения, детские ясли и сады | 0,2 | 0,1 |
| Аптеки, поликлиники | 0,3 | 0,2 |
| Больницы | 0,2 | 0,1 |

следует определять, как для общего освещения; пш — ко­личество штепсельных розеток; *Кс,ш —* коэффициент спро­са, принимаемый по табл. 4.2.

При совместном питании общими линиями (вводами) светильников общего освещения и штепсельных розеток (местного освещения) в *аптеках, поликлиниках и больни­цах суммарная —* расчетная мощность, кВт, определяется по формуле

**(^yciiO 0,1РуСТ>ш)** *К.с о* **^уст.э.а »** (4.3)где Руст,о — установленная мощность общего освещения, кВт; Руст,ш — общая установленная мощность штепсельных розеток местного освещения (мощность одной розетки мо­жет быть принята 0,06 кВт); *Кс.о —* коэффициент спроса для сети рабочего освещения, принимается по табл. 4.1; **Руст,э,а** — расчетная (установленная) мощность сети эваку­ационного и аварийного освещения.

Для всех других общественных зданий суммарная рас­четная мощность *Pmaxz* освещения определяется по форму­**ле**

*^тахЕ* **^уст.о^-с.о “Ь ^уст.ш ^Сс.гп “Ь ^уст.э.а » (4-4)**

где **Руст,о** — установленная мощность общего рабочего ос­вещения, кВт.

1. Нагрузки силовых сетей

**Предприятия общественного питания.** Коэффициент спроса для расчета электрических нагрузок питающих и распределительных линий и вводов силовой сети предприя- Таблица 4.3. Коэффициенты спроса для расчета нагрузок питающих и распределительных линий и вводов силовых электрических сетей предприятий общественного питания

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Удельный вес уста­новленной мощности теплового оборудо­вания (без автома­тики) в общей установленной мощ­ности силового электрооборудования, подключенного к данному элементу сети, % | Коэффициент спроса с при эффективном числе электропрнемников *nQ* | | | | | | | | |
| 3 | 5 | 8 | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 | 60 |
| 0—10 | 0,8 | 0,75 | 0,65 | 0,55 | 0,45 | 0,4 | 0,3 | 0,25 | 0,2 |
| 11—30 | 0,85 | 0,8 | 0,65 | 0,6 | 0,5 | 0,45 | 0,35 | 0,3 | 0,25 |
| 31—60 | 0,9 | 0,85 | 0,75 | 0,65 | 0,55 | 0,5 | 0,4 | 0,35 | 0,3 |
| 61—90 | 0,95 | 0,9 | 0,8 | 0,75 | 0,65 | 0,6 | 0,5 | 0,45 | 0,35 |
| 91—100 | 0,95 | 0,95 | 0,85 | 0,8 | 0,75 | 0,6 | 0,55 | 0,5 | 0,4 |

Примечания: I. К тепловому оборудованию следует относить: электри­ческие плиты, электрические мармиты, электрические сковороды, электрические жарочные и кондитерские шкафы, электрические котлы и кипятильники (без ав­томатики) и т. п.

1. Определение коэффициента спроса для значений устаиовлеиной мощности теплового оборудования и эффективного числа .электроприемников, ие указанных в таблице, производится путем интерполяции.
2. Мощность резервных электроприемников в общую установленную мощность не Включается.
3. Расчетную нагрузку линии, к которой подключей один электроприемник, определяют с коэффициентом спроса, равным I, а для электроплиты — 1,2, учи­тывающим неравномерную нагрузку по фазам.

тий общественного питания принимается по табл. 4.3 в за­висимости от эффективного числа электроприемников и удельного веса установленной мощности теплового неавто­матизированного технологического оборудования в о.бщей установленной мощности всего силового технологического и санитарно-технического оборудования. Как и для сети ос­вещения, расчетная нагрузка линий силовой сети определя­ется по формуле (4.1).

*Эффективное число электроприемников —* есть эквива­лентное число приемников *пэ,* однородных по режиму ра­боты, одинаковой мощности, имеющих тот же расчетный максимум нагрузки, что и *п* электроприемников, различных по мощности и разнохарактерных по режиму работы, при­соединенных к данному элементу сети.

Эффективное число электроприемников определяется по следующим формулам: :

при общем числе электроприемников п^Ю

при общем числе электроприемников п>10

**^ном;**

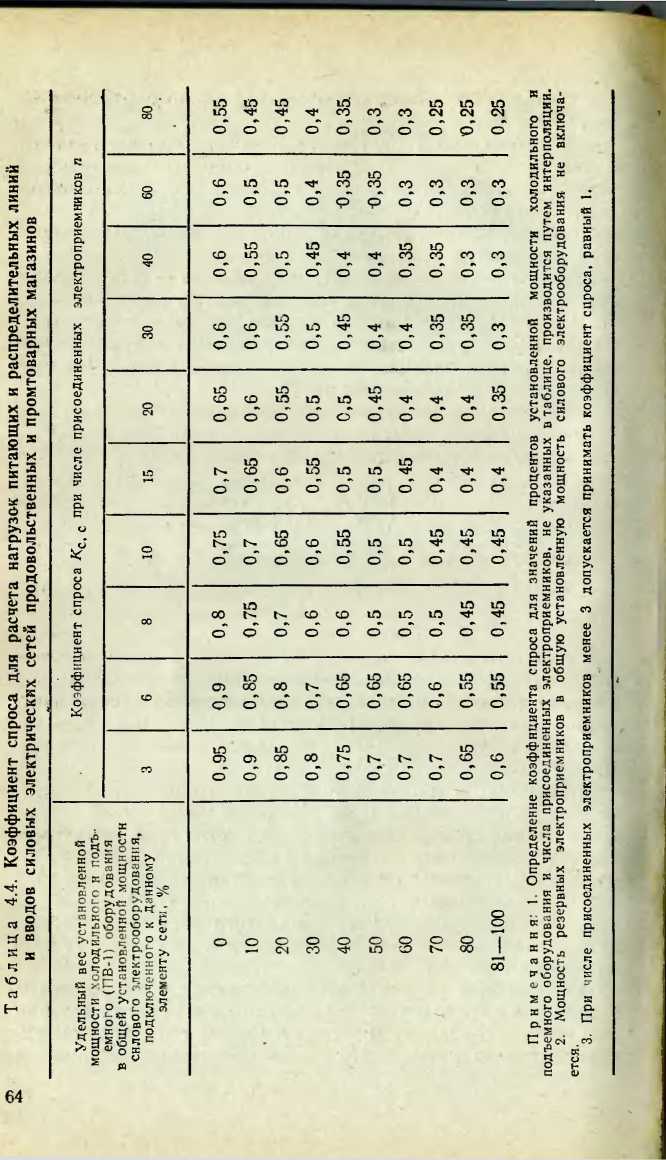
**'’ном** *,max*

где *п —* общее число электроприемников, присоединенных к данному элементу сети; *РНОы1 —* номинальная (установлен­ная) мощность i-го электроприемника, кВт; AIOM,*max —* но­минальная (установленная) мощность наибольшего элек­троприемника данной группы, кВт.

(4.6)

**Предприятия торговли.** Коэффициент спроса для расче­та нагрузок питающих и распределительных линий и вво­дов в здания силовых электрических сетей продовольствен­ных и промтоварных магазинов в зависимости от числа при­соединенных электроприемников и процента установленной мощности холодильного и подъемного оборудования в об­щей установленной мощности силового электрооборудова­ния, подключенного к данному элементу сети, следует при­нимать по табл. 4.4.

**Гостиницы и организации управления.** Коэффициенты спроса для определения нагрузок в силовых сетях (питаю­щих линиях и вводах) гостиниц и зданий организаций уп­равления в зависимости от числа электроприемников и



процента (удельного веса) установленной мощности сани­тарно-технического оборудования (вентиляторы, кондицио­неры, насосы, и т. п.) в общей установленной мощности си­лового электрооборудования, подключенного к данному эле­менту сети, можно принимать по табл. 4.5.

Таблица 4.5. Коэффициенты спроса для расчета писающих линий и вводов силовых сетей организаций управления (без пищеблоков) и гостиниц (без ресторанов)

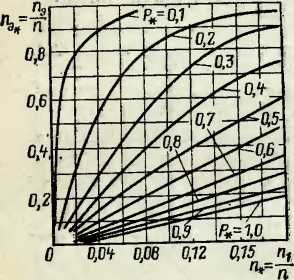
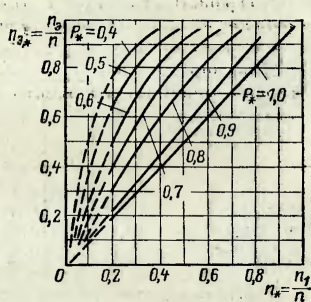
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Удельный вес уста­новленной мощности санитарно-техинче- ского оборудования в общей установ­ленной мощности силового электро­оборудования, % | Коэффициент спроса ***Кс*** с при числе электроприемников | | | | | | | | |
| 5 | 8 | 10 | 15 | 20 | 30 | 50 | 100 | 200 |
| 100-85 | 0,8 | 0,75 | 0,7 | 0,65 | 0,65 | 0,6 | 0,55 | 0,55 | 0,5 |
| 84—75 | 0,75 | 0,7 | 0,65 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,55 | 0,55 | 0,5 |
| 74—50 | 0,7 | 0,65 | 0,65 | 0,6 | 0,6 | 0,55 | 0,5 | 0,5 | 0,45 |
| 49—25 | 0,65 | 0,6 | 0,6 | 0,55 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,45 | 0,45 |
| 24 и менее | 0,6 | 0,6 | 0,55 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,45 | 0,45 | 0,4 |

Примечание. Электрические нагрузки пищеблоков и ресторанов опре­деляются по табл. 4.3.

**Школы, учебные заведения, предприятия бытового об­служивания.** Коэффициенты спроса Кс,с для определения электрических нагрузок силовых сетей, питающих техноло­гическое оборудование указанных выше зданий, принима­ются равными:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Предприятия и организации | n=2-i-3 | п>3 |
| Лабораторное и учебное оборудование общеобразо­вательных школ, профессио- нально-техннческяе учили­ща, техникумы ..... | 0,5 | 0,1 |
| Металлообрабатыв ающие и другие станки в мастер­ских | 0,5 | 0,2 |
| Парикмахерские, ателье, комбинаты бытового обслу­живания (технологическое оборудование) | 0,6 | 0,4 |
| Прачечные, химчистки (технологическое оборудо­вание) | 0,7 | 0.5 |
| Множительная техника . . | 0,5 | 0,3 |

**Аптеки, поликлиники, больницы.** Коэффициенты спроса для определения нагрузок, силовых сетей, питающих меди­цинское оборудование лечебных учреждений, рекомендует­ся определять в зависимости от эффективного числа элек­троприемников. Однако мэ определяется не по упрощенной формуле (4.6), а другим способом по графикам, пред­ставленным на рис. 4.1 и 4J результаты.

Для этой цели определяется относительное количество электроприемников данной группы п\*, мощность каждого из которых не менее половины мощности наибольшего электроприемника,

которые дают более точные

Рис. 4.2. Графики для определения эффективного числа электроприемни­ков при n»=0,2-el,0

Рис. 4.1. Графики для определения эффективного числа электроприемни­ков при и. до 0.2

/2#=rtt/n, (4.7)

где *п —* общее количество электроприемников, присоединен­ных к данному элементу сети; *гц—*количество электропри­емников, мощность которых не менее половины мощности наибольшего электроприемника.

Затем определяется относительная мощность указанных электроприемников

*р\* = Рщ/Рус* (4.8)

где Руст — установленная мощность всех электроприемни­ков, кВт; *Рп\ —* суммарная установленная мощность элек­троприемников, мощность которых не менее подовины мощности наибольшего электроприемника, кВт, . , 66

По графикам рис. 4.1 или 4.2 определяется относитель­ное эффективное число электроприемников лэ,

*= па/п* (4.9)

, Из выражения (4.9) определяется абсолютное значение эффективного числа электроприемников

*пэ=п.^п.* (4.10)

Коэффициенты спроса для определения электрических нагрузок в силовых сетях лечебных учреждений принима­ется по табл. 4.6

При определении расчетных электрических нагрузок силовых медицинских электроприемников необходимо учи­тывать, что в медицинских учреждениях (в кабинетах вра­чей и палатах) устанавливается большое количество сило­вых щитов и штепсельных розеток, к которым могут под­ключаться переносные медицинские аппараты и приборы, однако действительное количество их в данном отделении или на данном этаже значительно меньше, чем число розе-

**Таблица 4.6. Коэффициенты спроса для определения электрических нагрузок линий силовых сетей Кс.с, питающая медицинское электрооборудование**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Объекты | Коэффициент спроса ***Кс с*** при эффективном числе элект.роприемников | | | | | | | |
| 3 | 5 | 8 | 10 | 20 | 30 | 50 | 100 и более |
| Аптеки Поликлиники и больницы | 0,9 0,75 | 0,8  0,6 | 0,7  0,5 | 0,6 0,45 | 0,6  0,4 | 0,6 0,35 | 0,3 | 0,25 |

ток, щитков, предусмотренных проектом по заданиям техно- нологов. В связи с этим в формулу для определения расчет­ной мощности, кВт

*Р -=Р' К* (4.Н)

вводится *Р’уст—* условная установленная мощность, кВт, определяемая из эмпирической формулы

*Р' = 0,1Р + 0 3(Р +Р +Р* к (4.12)

уст,с ’ уст.р.а \* • \ уст,ш,р уст,с,щ уст.м.п/\* ' •

*где Руст, 9, а —* установленная мощность рентгеновских ап­паратов (по паспорту), кВт; *Руст,* **щ, р —** установленная мощность силовых штепсельных розеток, кВт; **Руст, с. щ— 5\* 67**

установленная мощность медицинских силовых щитков, кВт; **Руст, м, п** — установленная мощность прочих медицинских электроприемников (автоклавы, дистилляторы и другие медицинские аппараты), кВт.

Таблица *4*.7. **Коэффициенты мощности**

|  |  |
| --- | --- |
| Здание или оборудование | Коэффициент мощности |
| Осветительные сети |  |
| Осветительные сети с люминесцентными лампа?ии | 0,95 |
| То же с лампами накаливания | I |
| То же с лампами типа ДР Л, ДРИ: |  |
| с компенсированным ПРА | 0,9 |
| с некомпенсированным ПРА | 0,57 |
| Силовые сети |  |
| Предприятия общественного питания с электрифици- | 0,98 |
| рованными пищеблоками |  |
| То же с газовыми плитами | 0,95 |
| Продовольственные и промтоварные магазины | 0,85 |
| Детские ясли и сады с электрифицированным пище- | 0,95 |
| блоком |  |
| То же без пищеблока | 0,9 |
| Общеобразовательные школы с электрифицированным | 0,95 |
| пищеблоком |  |
| То же без пищеблоков | 0,9 |
| Ателье, комбинаты бытового обслуживания | 0,85 |
| Питающие линии к тепловому оборудованию | 0,98 |
| То же к холодильному оборудованию | 0,65 |
| То же к лифтам и другому подъемному оборудова- | 0,6 |
| **НИЮ** |  |
| То же к насосам, вентиляторам и кондиционерам | 0,85 |
| То же к металлообрабатывающим и деревообрабаты- | 0,6 |
| вающим станкам |  |
| Парикмахерские | 0,97 |
| Гостиницы (вводы) без ресторанов | 0,85 |
| То же с ресторанами | 0,9 |
| Учреждения управления, финансирования, проектные | 0,85 |
| и конструкторские организации | 0,95 |
| Медицинское оборудование |
| Вводы в лечебные здания | 0,9 |
| Вычислительные машины (без технологического кон- | 0,65 |
| диционирования) |  |

Примечания: I. Применение светильников с люминесцентными лампами с некомпенсированными ПРА в общественных зданиях не допускается.

1. При совместном питании газоразрядных ламп н ламп накаливания прини­мается средневзвешенный коэффициент мощности.
2. Допускается для некоторых типов люминесцентных светильников коэффи­циент мощности в пределах 0,92—0,85.

**Санитарно-техническое оборудование. К** санитарно-тех­ническому оборудованию любых общественных зданий от­носятся насосы водоснабжения и канализации, вентилято­ры, кондиционеры и т. п. Коэффициенты спроса для опре­деления электрических нагрузок в элементах силовых сетей, к которым подключены санитарно-технические элект­роприемники, приведены ниже:

|  |  |
| --- | --- |
| Количество | ра- |
| ботающих технических новок . | сан-  уста-  . . 1 2 3 5 10 |
| *Кс.с . . .* | 1 0,9 0,8  . . 1 —’— 0,7  0,8 0,75 0,7 |

***Продолжение***

Количество ра­

ботающих сан-

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| технических уста­  новок | 15 | 20 | 30 | 50 | 100 | 200 и более |
| Яс.с ..... | 0,65 | 0,65 | 0,6 | 0,55 | 0,55 | 0,5 |

п р и м е ч а н и е. В знаменателе приведены коэффициенты спроса для электродвигателей единичной мощностью более 30 кВт с учетом их средней за­грузки на 80 %.

Коэффициенты спроса для расчета электрических на­грузок линий, питающих полотенцесушители, принимаются равными 0,2, на вводах — 0,1. Установленная мощность уборочных машин принимается 4,5 кВт на этаж при длине коридора до 50 м и 9 кВт — при большей длине. Коэффи­циент спроса для расчета питающих линий к этим маши­нам можно принимать равным 0,2, на вводах — 0,1.

**Лифтовые установки.** Установленные мощности лифто­вых установок общественных зданий, приведенные к **ПВ=1** определяются по формуле (3.27).

Расчетные нагрузки определяются с учетом коэффици­ентов спроса, приведенных ниже:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Количество лиф- | | | | | | | |
| товых установок .  *Кс* для зданий высотой до 12 эта- | 1 | 2—3 | 4—5 | 6—7 | 8—10 | 11—20 | 20 и более |
| жей  То же для зда­ний высотой | 1 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 |
| 12 этажей и более | 1 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 |

**Киноустановки.** Во многих общественных зданиях име­ются залы с киноустановками, предназначенными для де­монстрации художественных, документальных, научно- технических и учебных фильмов.

В качестве расчетной нагрузки от кинотехнологическо- го оборудования принимается установленная мощность одного наибольшего кинопроекционного аппарата с его выпрямительной установкой и мощностью звукоусилитель­ной аппаратуры. При определении суммарной расчетной мощности линий, питающих конференцзал, кинозал, и т. п., принимается большая из расчетных нагрузок — освещения зала и эстрады или кинотехнологии; имеется в виду, что одновременное включение этих потребителей исключается. Коэффициент спроса для сети освещения конференцзалов и кинозалов, а также эстрады принимается равным 1.

При подключении к одному силовому вводу потребите­лей различного технологического назначения (например, типография и ателье по ремонту обуви и т. п.) необходимо учесть несовпадение максимумов отдельных групп силовых электроприемников путем умножения расчетных силовых нагрузок этих групп на коэффициент 0,85.

В зданиях, оборудованных системами кондиционирова­ния воздуха с холодильными машинами (имеющими макси­мум в летнее время), их расчетную мощность следует умно­жать на коэффициент 0,4 и прибавлять к расчетным на­грузкам остального силового электрооборудования.

**Коэффициент мощности.** Коэффициент мощности в си­ловых и осветительных сетях общественных зданий следу­ет принимать по табл. 4.7.

1. Коэффициенты, учитывающие несовпадение максимумов силовых и осветительных нагрузок и общих нагрузок зданий, подключаемых к одному ТП

Экспериментальные исследования показывают, что практически во всех общественных зданиях максимумы си­ловых и осветительных нагрузок не совпадают, поэтому при совместном питании этих электроприемников общими питающими линиями или от одного трансформатора рас­четная активная нагрузка, кВт, определяется по формуле

*Рmax* ~ ^н.м *t^max,с* 4\* *Ртах.о* 4\* 0,4Ртая>х), (4.13)где /Сн,м — коэффициент, учитывающий несовпадение рас­четных максимумов силовых *(Рmax,* с) и осветительных *(Ртах,*о) нагрузок, принимается по табл. 4.8; *Ртах,\* —* мак­симальная нагрузка холодильных машин.

При подключении нескольких зданий (помещений) различного назначения к одной трансформаторной под­станции или питающей линии, например жилых и общест­венных зданий, следует учесть несовпадение максимумов нагрузок этих зданий.

Суммарная максимальная нагрузка определяется из выражения

**^тахЕ =** *Рзп.тах* **4" 4" 4" • ••4"** *Кп* **^\*здп» (^44)**

где *Рзц.тах —* наибольшая из нагрузок зданий (помещений), присоединенных к данной линии (трансформаторной под­станции), кВт; Рздь *Рздя, Рздп —* расчетные нагрузки всех зданий, кроме здания, имеющего наибольшую на-

**Таблица 4.8. Коэффициенты** *Кв* **м, учитывающие несовпадение расчетных максимумов силовых и осветительных нагрузок**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Здания | Коэффициент Ки м при отношении расчетной осветительной нагрузки к силовой, % | | |
| 20—75 | 76—140 | 141—250 |
| Предприятия торговли и об­щественного питания\* гостини­цы | 0,9/0,85 | 0,85/0,75 | 0,9/0,85 |
| Общеобразовательные шко­лы, средние специальные учеб­ные заведения, профтехучили­ща | 0,95 | 0,9 | 0,95 |
| Детские сады и ясли | 0,85 | 0,8 | 0,85 |
| Ателье, комбинаты бытового обслуживания, химчистки с прачечными самообслужива­ния, парикмахерские  Организации и учреждения управления, финансирования и кредитования, проектные и конструкторские организации | 0,85 | 0,75 | 0,85 |
| 0,95/0,85 | 0,9/0,75 | 0,95/0,85 |

Примечания: 1. При отношении расчетной осветительной нагрузки к си­ловой менее 20 и более 250 % коэффициент ***К*** ц, м следует принимать равным 1.

2. В знаменателе приведен коэффициент Ки м Для зданий и помещений с кондиционированием воздуха.

Й Таблица 4.9. Коэффициенты, участия в максимуме электрических нагрузок жилых домов (квартир и силовых электроприемников)и общественных зданий (помещений)

Коэффициенты участия в максимуме

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Здания (помещения) с наибольшей расчетной нагрузкой | Жилые дома | | Пред­приятия общест­венного питания | | Средние учебные заве­дения, библиотеки | Общ еобра з ов ател ь ные школы, профессиональ­но-технические учили­ща | j  с | 1 kypi апилацпп n у■ дення управления, про-| | ектные н конструктор­ские организации, уч­реждения финансирова­ния к кредитования | Пред­приятия торговли | | | Гостиницы | Парикмахерские | Детские сады и ясли | Поликлиники | |  | | Предприятия комму­нального обслуживания | j Кинотеатры | |
|  | Ателье и комбинаты тового обслуживани |
| с электричес­кими плитами | с плитами на твердом и газо­образном топливе |
| **и**  **3 в О**  **О о** | рестораны, кафе | односменные | полутора­сменные. | У  3  г  X  У  и  \*  и  =1 |
| Жилые дома; |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| с электрическими плитами | — | 0,9 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,4 |  |  | 0,6 | 0,6 | 0, | 3 | 0,7 | 0,8 | 0,4 |  | 0,7 | | 0,6 | 0,7 | 0,9 |
| сплитами на твер­дом и газообраз­ном топливе | 0,9 | — | 0,6 | 0,7 | 0,5 | 0,3 |  |  | 0,4 | 0,5 | 0, | 3 | 0,7 | 0,7 | 0,4 |  | 0,6 |  | 0,5 | 0,5 | 0,9 |
| Предприятия обще­ственного питания (столовые, кафе и рестораны) | 0,4 | 0,4 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |  |  | 0.8 | 0,8 | 0, | 3 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | | 0,8 |  | 0,8 | 0,8 | 0.5 |
| Общеобразователь­ные школы, средние | 0,5 | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,7 |  |  | 0,8 | 0,8 | 0,8 | | 0,7 | 0,8 | 0,8 | | .0,8 |  | 0,7 | 0,8 | 0.0 1 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| учебные заведения, профессионально-тех­нические училища, библиотеки, детские сады и ясли  Предприятия тор­говли (односменные и полутора-двухсмгн- ные) | 0,5 | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,8 | 0,8 |
| Организации и уч­реждения управления, проектные н конст­рукторские организа­ции, учреждения фи­нансирования и кре­дитования | 0,5 | 0,4 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,8 | 0,5 |
| Гостиницы | 0,8 | 0,8 | 0,6 | 0,8 | 0,4 | 0,3 | 0,6 | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,4 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 0,9 |
| Поликлиники | 0,5 | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,8 | 0,8 |
| Ателье и комбина­ты бытового обслужи­вания, предприятия бытового обслужива­ния. | 0,5 | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,8 | 0,8 |
| Кинотеатры | 0,9 | 0,9 | 0,4 | 0,6 | 0,3 | 0,2 | 0.2 | 0,2 | 0,8 | 0,7 | 0,8 | 0,2 | 0,4 | 0,4 | 0,5 |  |

Таблица 4.10. Усредненные удельные расчетные электрические нагрузки общественных зданий (без электроотопления)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Здания | Единица измерений | Удельная нагрузка |
| Предприятия общественного питания пол- | кВт/место | 0,9\* |
| костью электрофицированные с количеством посадочных мест до 400 |  |
| То же с количеством посадочных мест более 500 |  | 0,75\* |
| То же, частично электрифицированные | » | 0,7\* |
| (с плитами на газообразном топливе), с |  |  |
| количеством посадочных мест до 400 |  |  |
| То же с количеством посадочных мест более 500 |  | 0,6\* |
| Продовольственные магазины без конди­ционирования воздуха | кВт/м8 торгово­го зала | 0,11 |
| То же с кондиционированием воздуха | То же | 0,14 |
| Промтоварные Магазины без кондициони­рования воздуха • |  | 0,08 |
| То же с кондиционированием воздуха |  | 0,11 |
| Универсамы без кондиционирования воз­духа |  | 0,1 |
| То же с кондиционированием воздуха |  | 0,13 |
| Общеобразовательные школы с электри­фицированными столовыми | кВт/I учащего­ся | 0,14 |
| То же без столовых | То же | 0,11 |
| Детские ясли и сады с пищеблоками | кВт/мёсто | 0,4 |
| То же без пищеблоков |  | 0,1 |
| Парикмахерские | кВт/рабочее ме­сто | 1,3 |
| Здания или помещения учреждений уп­равления, проектных и конструкторских ор- | Вт/м2 общей площади | 45 |
| ганизаций с кондиционированием воздуха | То же |  |
| То же, но без кондиционирования воз- | 36 |
| духа |  |  |
| Гостиницы с кондиционированием возду- | кВт/место | 0,4\*\* |
| ха (без ресторанов) |  | 0,3\*\* |
| То же без кондиционирования воздуха | » |
| Профессионально-технические училища со столовыми с количеством учащихся до 1000 | кВт/I учащею­  ся | 0,4 |
| То же с количеством учащихся более 1000  Фабрики химчистки и прачечные самооб­служивания | То же | 0,25 |
| Вт/кг вещей в смену | 65 |
| Пионерские лагеря (без пищеблоков) | Вт/м2 жилых помещений | 20\*\*\* |

\* Удельная нагрузка не зависит от наличия кондиционирования воздуха.

\*♦ Удельную нагрузку ресторанов при гостиницах следует принимать, как для предприятий общественного питания.

♦•\* Удельную нагрузку пищеблоков следует принимать, как для предприя­тий общественного питания, с учетом числа мест, равного ***Чл*** отдыхающих в ла­герях. - . .

грузку, подключенных к данной линии или подстанции, кВт; Xi, Л2, ..., *Кп ~* коэффициенты участия в максимуме электрических нагрузок жилых домов (квартир и силовых электроприемников) и общественных зданий (помещений), принимаемые по табл. 4.9.

Нагрузка нескольких жилых домов с одинаковыми ку­хонными плитами в квартирах принимается за один объект в зависимости от общего количества квартир и силовых электроприемников, присоединенных к линии (ТП).

Для ориентировочных расчетов электрических нагрузок общественных зданий можно пользоваться табл. 4.10.

**Пример 4.1.** Определить расчетную электрическую нагрузку кафе е установленной мощностью освещения 25,8 кВт и силовых электропри­емников 181,07 кВт (33 электроприемника), в том числе:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| слект;.опрнемник | Количество | Мощность одного элек- троприемннка, кВт | Общая уста­новленная мощность, кВт |
| Посудомоечная машина | 1 | 33,18 | 33,18 |
| Кипятильник | 1 | 12,0 | 12 |
| Шкаф жарочный | 1 | 9,6 | 9,6 |
| Котел пищеварочный | 2 | 7,0 | 14 |
| Прилавок для вторых блюд | 2 | 6,65 | 13,3 |
| Кофеварка | 1 | 4,5 | 4,5 |
| Фреоновый агрегат | 1 | 2,8 | 2,8 |
| Насос | 2 | 2,2 | 4,4 |
| Холодильная камера | 1 | 1 | 1 |
| Универсальный привод | 2 | 0,8 | 1,6 |
| Холодильный шкаф | 3 | 0,6 | 1,8 |
| Прилавок горячих напитков | 2 | 0,6 | 1,2 |
| Прилавок-витрина для хо- | 2 | 0,6 | 1,2 |
| лодных закусок |  |  |  |
| Хлеборезка | **1** | 0,27 | 0,27 |
| Электроплита | 4 | 17 | 68 |
| Кассовый аппарат | 2 | 0,06 | 0,12 |
| Вентилятор | 1 | 7,5 | 7,5 |
| То же | 1 | 3 | 3 |
| То же | 1 | 0,4 | 0,4 |
| Пылесос | 2 | 0,6 | 1.2 |

Решение. 1. Определяем эффективное число электроприемников по формуле (4.6)

2-181,07

"э~ 33,18

**= 11.**

129,8-100 = 68%. 181,07

2. Определяем удельный вес установленной мощности теплового оборудования (без автоматики) в общей установленной мощности си­лового электрооборудования (посудомоечная машина, жарочный шкаф, кофеварка, прилавки горячих напитков и для вторых блюд, электро­плиты)

1. Расчетный коэффициент спроса для силовых электроприемников принимаем по табл. 4.3: Кс,с=0,74.
2. Расчетная нагрузка силового электрооборудования будет равна

*Ртах* с = 181,07-0,74= 134 кВт.

1. Принимаем коэффициент спроса для освещения по табл. 4.1: Кс.о=0,8.
2. Расчетная нагрузка сети электроосвещения

*Ртах.о* = 25,8-0,8 = 20,6 кВт.

1. Определяем отношение расчетной осветительной нагрузки к си­ловой

23, 6-100

1. Поскольку удельный вес электрического освещения составляет менее 20%, по табл. 4.8 принимаем коэффициент, учитывающий несов­падение расчетных максимумов силовых и осветительных нагрузок, *Кп.М —* 1.
2. Определяем общую расчетную нагрузку при совместном пита­нии силрвых и осветительных электроприемников по формуле (4.13)

*Ртах =* 134 + 20,6= 154,6 кВт.

Глава пятая

ГРАФИКИ НАГРУЗОК

Потребление электроэнергии не остается постоянным, а изменяется в зависимости от характера производства, вида и типа электроприемников, времени года, часов суток. Следовательно, изменяется и режим работы электростан­ций и трансформаторных подстанций.

Изменение нагрузок характеризуется графиками, по­казывающими изменение потребяемой мощности в зависи­мости от времени суток. Форма суточного графика нагруз­ки и его характеристика (заполнение), а также максимум нагрузки потребителей городского типа изменяются в ши­роких пределах. Поэтому для исследований строятся ус­редненные из ряда графиков по средним получасовым на­грузкам. С помощью этих графиков можно анализировать работу электростанций, подстанций, элементов сети или групп потребителей за определенное время, выбрать необ­ходимый режим работы агрегатов, степень использования оборудования и возможность более целесообразного рас­пределения нагрузок между источниками питания.

Для электрических сетей городов характерны летний и зимний суточн ые графики нагрузок.

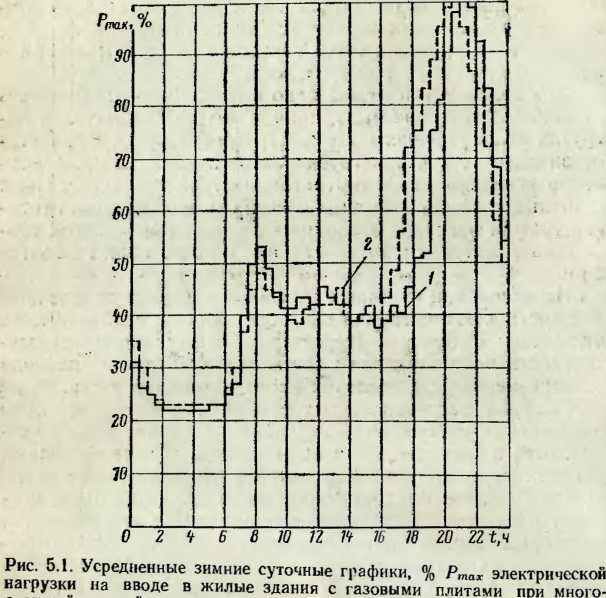
Оба графика имеют два ярко выраженных максимума в утренние и вечерние часы, причем вечерний максимум на­грузки выше утреннего. Летний график нагрузки отличается от зимнего тем, что нагрузки летнего периода ниже зим­них и вечерний максимум летом наступает позднее. Имея суточные графики для зимы и лета, можно построить годо­вой график нагрузки станции (энергосистемы). Такой гра­фик называется графикам по продолжительно­сти.

На основании суточных графиков нагрузки определяют мощность электростанции или подстанции и необходимость включения отдельных агрегатов. Графики по продолжи­тельности используют для составления балансов расхода электроэнергии, определения расхода топлива и т. п.

Графики нагрузок жилых зданий также имеют ярко выраженные максимумы в утренние и вечерние часы и раз­личаются в зависимости от времени года. Однако в южных районах страны, где в перспективе будут широко приме­няться бытовые кондиционеры, нагрузки летнего периода могут оказаться значительно выше. Это же относится и к некоторым общественным зданиям, например продоволь­ственным магазинам, у которых в результате работы холо­дильного оборудования и кондиционеров летний максимум может превышать зимний.

На рис. 5.1 приведен усредненный зимний суточный гра­фик нагрузок жилого дома с газовыми плитами, а на рис. 5.2 — жилого дома с электрическими плитами в квар­тирах. На осях ординат даны нагрузки в процентах макси­мальной, а на оси абсцисс указаны часы суток.

Для элементов сетей, питающих квартиры с газовыми плитами, усредненные графики строятся для всех дней не­дели, включая выходные дни, так как большого различия в графиках нагрузки по дням недели в этих сетях нет. Для элементов сетей, питающих квартиры с электрическими плитами, строятся устредненные графики отдельно длярабочих и выходных дней. Характерной особенностью гра­фиков нагрузки выходного дня является наличие утренне­го, дневного и вечернего максимумов, причем утренний максимум практически равен вечернему.



застройке при числе присоединенных квартир 410 (/)‘н 505 (2)

Средние 30-минутные нагрузки определяют по показа­ниям счетчика делением электроэнергии, потребляемой за 30 мин, на промежуток времени. Для построения усреднен­ного графика суммируют средние нагрузки, зафиксиро­ванные в один и тот же интервал времени, например 14 чОО мин — 14 ч 30 мин, 14 ч 30 мин — 15 ч 00 мин и т. д., за все дни недели, а затем полученное значение делят на 7. Как видно из графика на рис. 5.1, в домах с газовыми плитами зимний максимум нагрузки наступает примерно в 20 и продолжается до 21 ч. ' J . \_ •

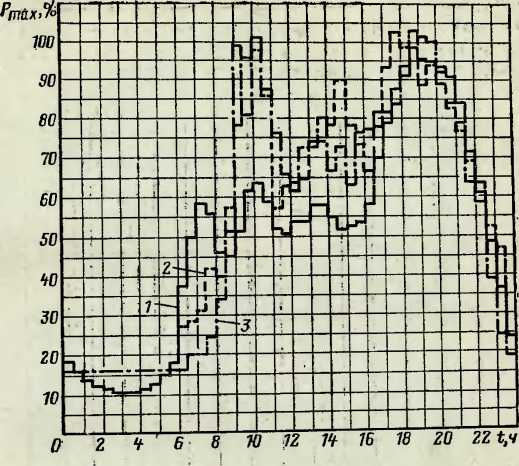


Рис. 5.2. Усредненные суточные графики нагрузки, % Ртох на вводе в 108-квартирный дом с электрическими плитами:

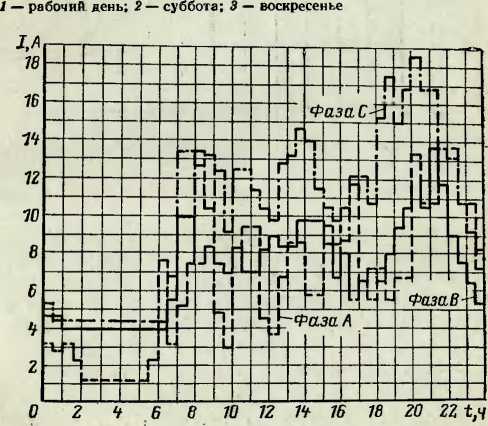


Рис. 5.3. Усредненные суточные графики нагрузки по фазам стояка в доме с электрическими плитами

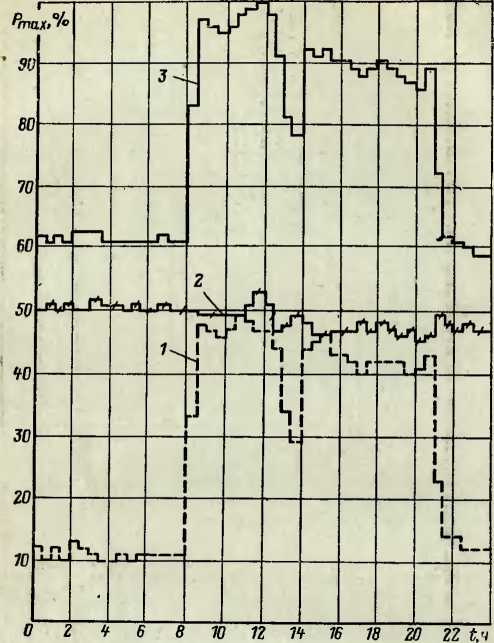


Рис. 5.4. Усредненные летние суточные графики электрических нагру­зок универсама (% *Ртах)'*

*1 —* осветительные нагрузки; *2*— силовые нагрузки; 3 —суммарная нагрузка

В сетях, питающих квартиры с электрическими плита­ми, в рабочие дни недели вечерний максимум нагрузки совпадает по времени с максимумом нагрузки домов с газовыми плитами. Утренний максумум начинается с 6 ч и продолжается до 11 ч. Значение утреннего максимума лежит в пределах 55—60 % вечернего максимума, дневная нагрузка составляет примерно 50, а ночная не превышает 20 % ■ В субботние и воскресные дни кроме вечернего мак­симума имеет место утренний максимум, примерно равный вечернему, и дневной максимум нагрузки с 13 до 17 ч при­мерно 80 % вечернего максимума.

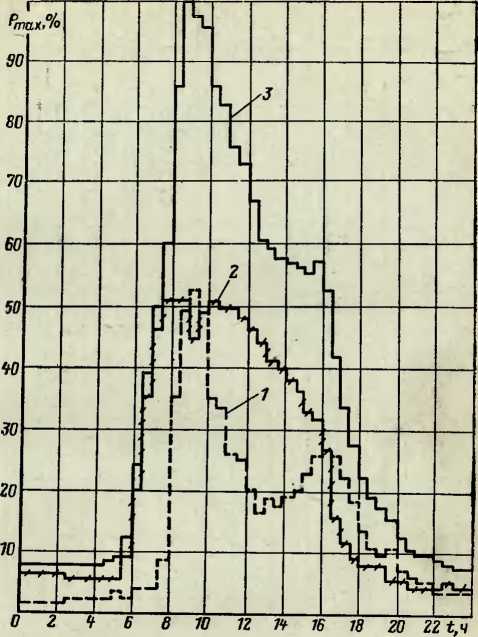


Рис. 5.5. Усредненные зимние суточные графики электрических нагрузок односменной школы с электрифицированным пищеблоком ***(% Рт«х)’ 1 —*** осветительные нагрузки; ***2*** — силовые нагрузки; ***3*** — суммарные нагрузки

Приведенные данные характерны для крупных городов. В небольших городах и поселках, а также в общежитиях, где существенную роль играет сменная работа трудящих­ся, графики нагрузки могут отличаться от рассмотренных выше.

Как упоминалось в гл. 3, в жилых домах необходимо считаться с неравномерным распределением нагрузки по фазам, особенно в домах с электроплитами. Это наглядно видно из графика, приведенного на рис. 5.3, в котором на оси ординат указаны токовые нагрузки по фазам.

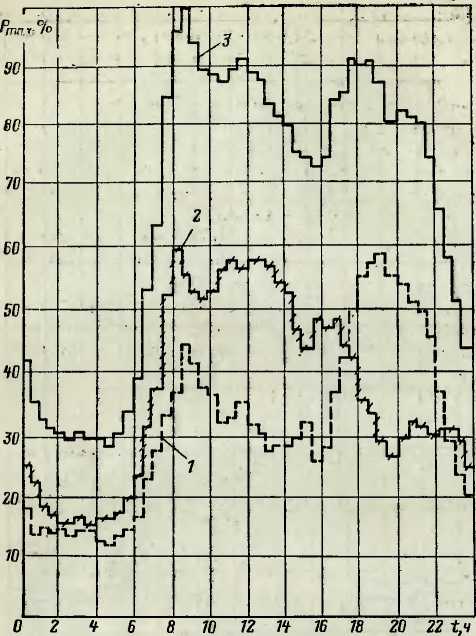


Рис. 5.6. Усредненные зимние суточные графики электрических нагру­зок терапевтического корпуса больницы (% *Ртах)'.*

/ — осветительные нагрузки; 2—силовые нагрузки; 3 —суммарная нагрузка

Графики нагрузок общественных зданий разнообразны и имеют характерные особенности, зависящие от режимов работы и характеристик электроприемников этих зданий. На рис. 5.4 приведен усредненный суточный график на­грузки универсального магазина для летнего дня. На гра­фике приведены изменения во времени осветительной, си­ловой и общей нагрузок. Из графика видно, что максимум нагрузки приходится на дневные часы в результате более интенсивной работы систем . вентиляции и холодильного оборудования. В. зимнее время наибольшая нагрузка при­ходится..на. вечерние часц .(до. закрытия магаизра),. .

График нагрузки односменной средней школы (освети­тельная, силовая и общая) приведен на рис. 5.5. Максимум нагрузки, естественно, приходится на утренние часы зим­него дня.

На рис. 5.6 приведен график нагрузки зимнего дня те­рапевтического корпуса больницы. Из графика видно, что максимальная нагрузка приходится на утренние часы, ког­да проводится большая часть лечебных процедур и ра­ботает пищеблок. Второй пик нагрузки приходится на время с 18 до 21 ч из-за освещения.

Общим для всех графиков общественных зданий явля­ется несовпадение максимумов силовой и осветительной нагрузок, о чем сказано в гл. 4.

На основании суточных и годового графиков нагрузок могут быть определены некоторые коэффициенты, которы­ми пользуются при проектировании и эксплуатации элек­трических установок:

1. средняя нагрузка, кВт

**pc₽ = W\ <51>**

где *W —* расход электроэнергии (площадь графика), кВт-ч, за *Т,* ч;

1. число часов использования максимума нагрузки

*Tmax = W/Pmax,* \_ (5.2)

где *Ртах —* наибольшая нагрузка за определенный период времени, кВт.

Коэффициент заполнения графика нагрузки

**Кз.г =** *Рср/Ртах-*

Раздел третий

СХЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Г лава шестая

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ СЕТЕЙ

1. Принципы построения схем электрических сетей зданий

Распределение электрической энергии осуществляется по сетям, имеющим различные схемы. Построение схемы за­висит от-ряда факторов, основными из которых являются: **6\* 83**

а) напряжение сети; б) уровни электрических нагрузок; в) требования к надежности электроснабжения; г) эконо­мичность; д) простота и удобство обслуживания; е) кон­структивные и планировочные особенности здания.

Кроме того, схема электроснабжения должна обеспе­чивать возможность применения индустриальных методов монтажа. Необходимость рационального построения схемы распределения энергии помимо вышеуказанного определя­ется еще высоким удельным весом капитальных вложений на строительство внутренних сетей.

**Напряжение сети.** Как правило, напряжение электриче­ской сети принимается 380/220 В при глухом заземлении нейтрали трансформаторов на питающей подстанции. Как показывают многочисленные расчеты, это напряжение яв­ляется наиболее экономичным для жилых и общественных зданий. В некоторых городах, где еще сохранились сети 220/127 В, осуществляется интенсивный перевод этих се­тей на 380/220 В, что обеспечивает резкое повышение про­пускной способности сетей и экономию цветного металла. Можно, однако, предположить, что в отдаленном будущее, при переходе на полную электрификацию быта, включая применение электроотопления, кондиционирования возду­ха и приготовление горячей воды, экономичным окажется более высокое напряжение.- Так, например, в практике строительства крупных зданий со встроенными магазина­ми, зрелищными и другими предприятиями за рубежом получили некоторое распространение схемы с вводом вы­сокого напряжения непосредственно в здание и установкой силовых трансформаторов сравнительно небольшой мощ­ности (до 160 кВ-А) на этажах. Как правило, питание си­ловых и осветительных электроприемников жилых и об­щественных зданий осуществляется от общих силовых трансформаторов при условии соблюдения требований по допустимым размахам изменений напряжения (см. гл. 12).

**Надежность электроснабжения.** Требования к надежно­сти электроснабжения регламентированы ПУЭ и Строи­тельными нормами и правилами [20, 21, 22].

*В жилых зданиях* к первой категории относятся пожар-, ные насосы, устройства дымозащиты и другие противопо­жарные устройства, лифты, эвакуационное и аварийное ос­вещение домов высотой 17 этажей и более. Остальные группы электроприемников в этих зданиях относятся ко второй категории. .Кроме того, к первой категории отно­сятся огни светового ограждения этих здании, устанавли­ваемые в районах, определяемых службами гражданско­го воздушного флота. Электроприемники отдельно стоя­щих центральных тепловых пунктов (ЦТП), снабжающих теплом жилые дома и общежития высотой 17 этажей и более, относятся к первой категории. Центральные тепло­вые пункты, обслуживающие дома и общежития высотой 16 этажей и менее, — ко второй категории. Электроприем­ники ЦТП, предназначенных для теплоснабжения несколь­ких зданий, должны питаться не менее чем двумя отдель­ными линиями от трансформаторных подстанций. Присо­единение к этим линиям других электроприемников не до­пускается. Питание электроприемников тепловых пунктов, встроенных в здание и предназначенных для теплоснабже­ния данного здания, допускается осуществлять отдельными линиями от вводно-распределительного устройства (ВРУ) здания. При отсутствии технологического резервирования электроприемников требуется установка устройств авто­матического ввода резерва (АВР) на вводах.

В домах высотой от 6 до 16 этажей с плитами на газо­вом и твердом топливе, а также электроприемники в до­мах любой этажности с электроплитами и электроводо­нагревателями, кроме одно-восьмиквартирных домов от­носятся ко второй категории. К этой же категории отно­сятся электроприемники общежитий с числом проживаю­щих 50 чел. и более.

Электроприемники всех других жилых зданий и обще­житий, включая дома на садовых участках, относятся к третьей категории.

*В общественных зданиях* к первой категории относятся электродвигатели пожарных насосов, электродвигатели и другие электроприемники противопожарных устройств, си­стем пожарной и охранной сигнализации, лифты органи­заций и учреждений управления, партийных, комсомоль­ских, профсоюзных и других общественных организаций, проектных и конструкторских организаций, учреждений финансирования, кредитования и государственного стра­хования, архивов и т.п. при высоте зданий 17 этажей и более, а также независимо от этажности перечисленные электроприемники учреждений управления, проектных и конструкторских организаций с количеством работающих 2000 чел. и более, библиотек, книжных палат и архивов па 1 млн. единиц хранения и выше, учебных заведений при числе учащихся свыше 1000 чел., предприятий торговли собщей площадью торговых залов 2000 м2 и более, столо­вых, кафе и ресторанов с числом мест свыше 500, гости­ниц при числе мест свыше 1000 (любой этажности). Кро­ме того, к первой категории относятся вышеуказанные электроприемники музеев, выставочных залов областного и республиканского значения и весь комплекс электропри­емников музеев, выставочных залов союзного значения. К первой категории относятся электроприемники операци­онных, отделений реанимации, родильных, неотложной помощи и других аналогичных помещений больниц, от бесперебойной работы которых зависит жизнь больных. К этой же категории относятся комплексы электроприем­ников междугородных телефонных станций, центральных телеграфов, городских АТС.

Комплекс остальных электроприемников вышеуказан­ных зданий относится ко второй категории. Ко второй ка­тегории относятся комплексы электроприемников перечис­ленных зданий меньшей этажности или вместимости, за исключением электроприемников одно- двухэтажных зданий административно-общественного назначения с чис­лом сотрудников до 50 (кроме партийных органов и ис­полнительных комитетов народных депутатов), библиотек до 100 тыс. единиц хранения, учебных заведений до 200 учащихся, магазинов с площадью торговых залов 250 м2 и менее, столовых и кафе до 100 мест, гостиниц при числе мест до 200, которые относятся к третьей категории.

В предприятиях бытового обслуживания ко второй ка­тегории относятся комплексы электроприемников салонов- парикмахерских с количеством рабочих мест 10 и более, ателье, комбинатов с числом рабочих мест 50 и более, пра­чечных и химчисток производительностью в смену 400 кг и более. Электроприемники прочих бытовых предприятий относятся к третьей категории.

Электроприемники детских садов и яслей относятся ко второй категории.

В зрелищных предприятиях к первой категории отно­сятся аварийное и эвакуационное освещения, пожарные насосы, автоматическая пожарная сигнализация и систе­ма дымозащиты при вместимости зрительного зала 800 чел, и более, а также те же электроприемники (независимо от вместимости) дворцов и домов пионеров. Электроприем­ники электроприводов сценических механизмов при коли­честве электроприводов 10 и менее и вместимости залов 800 чел. и менее .относятся к третьей категории. Все ос­тальные электроприемники зрелищных предприятий отно­сятся ко второй категории.

Электроприемники конференц-залов и актовых залов со стационарными кинопроекционными установками и эстрадами во всех видах общественных зданий, кроме по­стоянно используемых для платных зрелищных мероприя­тий, относятся к той же категории, что и другие электро­приемники зданий, в которые они встроены.

Приведенный перечень не исчерпывает всех видов зда­ний и учреждений общественного назначения, поэтому при определении категории надежности электроснабжения не­обходимо руководствоваться ведо!мственными норматив­ными документами.

Электроприемникй первой категории должны обеспечи­ваться электроэнергией от двух независимых источников, и перерыв в их электроснабжении может быть допущен лишь на время действия устройств АВР. Независимым источником электроснабжения называется источник питания данного объекта, на котором сохраняется напря­жение при исчезновении его на других источниках. К та­ким источникам питания относятся РУ двух электростан­ций или центров питания, а также две секции сборных шин электростанций или подстанции при условии, что каж­дая секция в свою очередь имеет питание от независимого источника, причем эти секции не связаны между собой или имеют связь, автоматически отключаемую при нарушении работы одной из секций. Например, две секции шин двух­трансформаторной подстанции, подключенной к двум сек­циям центра питания, могут считаться независимыми ис­точниками. Это же относится к питанию от двух-одно- трансформаторных подстанций, если они присоединены к независимым источникам.

Для электроприемников второй категории допускаются перерывы в электроснабжении на время, необходимое для включения резервного питания выездной оперативной бри­гадой энергосистемы или дежурным персоналом. Однако и для электроснабжения потребителей второй категории ре­комендуется устройство АВР, если применение этого уст­ройства увеличивает капитальные вложения в сеть не бо­лее чем на 15 % или если эти затраты окупаются за 5— 8 лет. (Это равнозначно увеличению приведенных затрат не более чем на 5 %).

Воздушные линии до 1000 В, питающие электроприем- ники жнлых; и общественных зданий, рекомендуется осу­

ществлять нерезервируемыми. Допускается резервирова­ние питания электроприемников второй категории при ава­рии путем устройства перемычек на стороне низшего на­пряжения шланговым кабелем длиной до 50 м.

Электроприемники второй категории могут питаться от однотрансформаторной подстанции при наличии резервно­го трансформатора на складе владельца ТП.

Электроприемники третьей категории допускают пере­рывы в электроснабжении для выполнения ремонтных ра­бот или замены поврежденного элемента сети на срок не более 1 сут. При невозможности по местным условиям осу­ществить питание электроприемников первой категории от двух независимых источников, что бывает в небольших городах, нормы разрешают питание их от разных транс­форматоров двухтрансформаторной подстанции или от трансформаторов двух близлежащих подстанций, присое­диненных к разным линиям 6—10 кВ, с устройством АВР на стороне низшего напряжения. Возможно также ав­томатическое переключение на местные источники (акку­муляторные батареи, дизельные электростанции).

В зрелищных предприятиях с большими скоплениями .людей наряду с устройством электроснабжения по первой категории иногда также применяется автоматическое пе­реключение эвакуационного и аварийного освещения на питание от местного источника на случай выхода из строя всей системы электроснабжения.

**Экономичность.** Задача построения электрической сети, как правило, многовариантна. Поэтому важным критери­ем выбора той или иной схемы является ее экономичность как по затратам денежных средств на сооружение и экс­плуатацию, так и по расходу цветного металла. Методика технико-экономических расчетов приведена в гл. 16.

**Простота и удобство обслуживания.** Помимо экономич­ности должно уделяться достаточное внимание удобствам эксплуатации, наглядности схемы и ее простоте. Иногда эти требования превалируют над требованиями экономич­ности. Отсюда вытекает необходимость удобного располо­жения ВРУ здания, обеспечивающего наиболее простой ввод питающих линий и прокладку распределительной се­ти, а также безопасность обслуживания. Схема сети дол­жна строиться таким образом, чтобы поврежденный учас­ток сети легко обнаруживался и заменялся и чтобы при этом отключалось по возможности небольшое количество потребителей.

**Конструктивные особеииости здания** оказывают извест» ное влияние на построение схемы. В тех случаях, напри-> мер, когда в жилое здание встраиваются различные пред­приятия и учреждения, схема сети усложняется в связи с необходимостью комплексного питания потребителей собственно здания и встроенных помещений. При этом схе­ма должна отвечать требованиям надежности электро­снабжения всех потребителей. При построении схемы внутренних сетей очень важно учитывать решения строи­тельных конструкций зданий для экономичного и индуст­риального осуществления электромонтажных работ.

Таким образом, рационально построенная схема элек­трической сети является синтезом комплекса факторов, определяющих ее параметры. Оценка и выбор схемы могут производиться только по совокупности всех показателей применительно к конкретным условиям сооружаемой электроуста новки.

1. Классификация сетей

По назначению электрические сети до **1000 В** жилых и общественных здании делятся на питающие и распредели­тельные.

Питающей сетью называют линии, идущие от трансфор­маторной подстанции до ВРУ и от ВРУ до силовых распре­делительных пунктов в силовой сети и до групповых щит­ков в осветительной сети.

**Распределительной сетью** называют линии, идущие **от** распределительных пунктов в силовой сети до силовых электроприемников.

**Групповой сетью** называются линии, идущие от груп­повых щитков освещения до светильников в осветитель­ной сети. Линии от этажных групповых щитков к элек­троприемникам квартир жилых домов тоже называют групповыми.

**По принципу построения схемы** сети разделяются на разомкнутые и замкнутые. *Разомкнутая сеть* состоит из разветвленных линий к электроприемникам или их груп­пам и получает питание с одной стороны. Простейший пример схемы разомкнутой питающей сети квартир одной секции жилого дома представлен на рис. 6.1. Одна ко разомкнутая сеть обладает некоторыми недостатками, ко­торые заключаются в том, что при аварии в любой точке

сети питание всех потребителей за аварийным участком прекращается. ■. . -, , .

В разомкнутой сети поддержание необходимого уров­ня напряжения на зажимах электроприемников в различ­ное время суток без специальных устройств затруднитель­но. По этим причинам, несмотря на свою простоту, ра­зомкнутые сети не всегда являются оптимальными, что

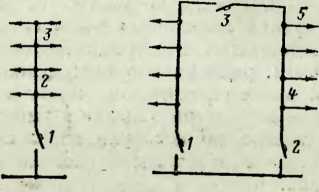


Рис. 6.t. Схема разомкнутой питающей сети секции жилого здания:

***1 —*** автоматический выключатель: ***2 —*** стояк; ***3—*** ввод в квартиру

Рис. 6.2. Схема замкнутой питающей сети жилого дома:

I, ***2—***автоматические выключатели; ***3—*** автоматический выключатель (слабая связь); ***4 —*** стояк; ***5 —*** ввод в квартиру

особенно сказывается при высоком уровне нагрузок и большом числе присоединенных электроприемников.

*Замкнутая сеть* может иметь один, два и более источ­ников питания, действующих одновременно. На рис. 6.2 дан пример замкнутой сети одной секции жилого дома. Преимущество замкнутой сети состоит в том, что при из­менениях нагрузки в любой точке сети автоматически ме­няется токораспределение в ветвях, которое всегда явля­ется оптимальным.

Таким образом, в замкнутой сети идет непрерывный процесс выравнивания напряжения на зажимах электро­приемников, позволяющий улучшить качество электро­энергии в известных пределах без значительных затрат цветного металла. При разомкнутой сети обычно достиг­нуть оптимума при тех же затратах не удается. В замк­нутой сети благодаря автоматическому перемещению точ­ки токораздела достигается уменьшение влияния асим­метрии нагрузок в различных фазах, что также имеет немаловажное значение при случайном сочетании нагру­зок. Следует отметить, что в замкнутой сети происходит некоторое снижение суммарного максимума нагрузок по сравнению с разомкнутой сетью.

Представленная на рис. 6.2 схема является простой замкнутой сетью со «слабой связью» (автоматический вы­ключатель *3).* При аварии в любой точке сети в первую оче­редь должен отключиться автоматический выключатель- *3,*

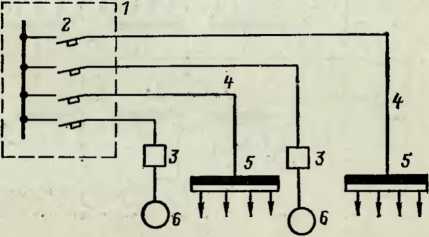


Рис. 6.3. Радиальная схема силовой сети:

/ — распределительный щит; ***2*** — автоматический выключатель; 3 — пусковой ап­парат; ***4 —*** линия; 5 — распределительный пункт; ***6 —*** электропрнемник

затем автоматический выключатель в той линии, где про- изошло КЗ. При этом половина сети остается в работе. Уставка тока трогания автоматического выключателя 3, или номинальный ток плавкой вставки предохранителя, вы­бирается существенно ниже, чем у автоматич.еских выклю­чателей (предохранителей) *1* и *2.*

Несмотря на указанные преимущества, замкнутые сети пока не получили большого распространения, что в извест­ной мере объясняется затруднениями в устройстве селек­тивной защиты на базе выпускаемых аппаратов (автома­тических выключателей и предохранителей) для сетей низ­кого напряжения. Кроме того, в подобных сетях возрастают токи КЗ, что может создать трудности в выборе аппарату­ры. За рубежом замкнутые сети получили некоторое рас­пространение в крупных жилых комплексах с встроенны­ми предприятиями обслуживания, магазинами и зрелищ­ными предприятиями.

Сети могут выполняться по радиальной, магистральной и' смешанной схемам.

**При радиальной схеме от** ВРУ отходят питающие линии без разветвлений к отдельным электроприемникам или от­дельным распределительным пунктам (щитам), от которых в свою очередь питаются электроприемники.

На рис. 6.3 показан пример радиальной схемы питаю­щей силовой сети здания. Достоинство радиальной схемы заключается в ее наджности, так как при выходе из строя

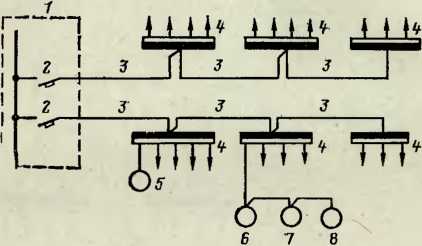


Рис. 6.4. Магистральная схема силовой сети:

***1 —*** распределительный щит; ***2 —***автоматический выключатель; ***3 —*** питающая линия; ***4 —*** силовой распределительный пункт; 5 — электроприемник; ***6, 7, 8 —*** электропрнемники, включенные в «цепочку»

одной питающей линии отключается только один электро­приемник или группа электроприемников, присоединенных **к** одному распределительному пункту. Однако эта схема имеет серьезные недостатки, заключающиеся в большом числе питающих линий, увеличенной протяженности сети и, следовательно, значительном расходе цветного металла, увеличенном количестве коммутационных аппаратов. Ра­диальные схемы с подводкой питания в каждую квартиру жилого дома отдельной линии от ввода в здание явно не­экономичны и не применяются.

Для внутренних электрических сетей характерны *маги- > стральные схемы* (рис. 6.4), при которых к одной питающей линии с учетом удобной трассировки присоединяются не­сколько распределительных пунктов (щитов).

В жилых домах к одной питающей горизонтальной ли­нии могут быть присоединены один или несколько стояков, от которых в свою очередь отходят ответвления к этажным щиткам. Однако надо иметь в виду, что при присоединении двух и более стояков к одной питающей линии в домах вы­сотой 6 этажей и более в точке ответвления следует уста­навливать аппарат управления для ремонтных целей. Для наружных кабельных сетей, питающих многоэтажные зда­ния, радиальная схема применяется широко, однако с вза­имным резервированием питающих линий от ТП до ВРУ здания для обеспечения работы электроприемников при вы­ходе из строя одной из линий.

При питании зданий с относительно небольшими на­грузками, например жилых домов высотой до 5 этажей включительно, небольших бытовых мастерских и магази­нов, большей частью применяются магистральные схемы с питанием нескольких зданий одной линией. Магистральные схемы широко используются в воздушных сетях при пита­нии мелких зданий в небольших городах и поселках. Ма­гистральные схемы дешевле радиальных, но менее надежны.

Многолетняя практика проектирования и строительст­ва, а также многочисленные расчеты и исследования позво­лили выработать некоторые типичные решения элементов схем, которые приведены в гл. 7.

Глава седьмая

СХЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

В ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ

1. Схемы наружных (внутриквартальных) питающих линий

Схемы внутриквартальных наружных сетей до 1000 В име­ют важное значение для правильного построения схем внутренних сетей жилых зданий, поскольку выбор схемы в значительной степени зависит от взаимосвязи между всеми элементами сети, включая местоположение трансформатор- . ной подстанции, длину и сечение наружных питающих линий.

Ниже приводятся характерные схемы электроснабжения жилых зданий различной этажности, которые обеспечива­ют необходимую надежность питания и, как показывают расчеты, являются экономически целесообразными.

**Питание жилых домов высотой до 5 этажей включи­тельно.** Для питания таких зданий при отсутствии в квар­тирах электроплит применяются магистральные петлевые схемы с резервной перемычкой или без нее. Такая простей­шая схема кабельной сети показана на рис. 7.1. Резервная перемычка *8* подключается при выходе из строя любой из

питающих линий *9* или *10,* которые должны рассчитывать­ся на прохождение по ним тока аварийного режима и по допустимым потерям напряжения.

При этом необходимо учитывать, что в аварийном ре­жиме в течение не более 5 сут во время максимума, но не более 6 ч ежесуточно нормами разрешается перегрузка ка­белей с бумажной изоляцией на 20, с полиэтиленовой на 10

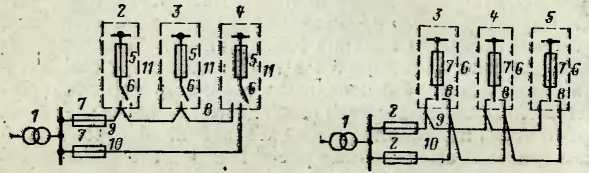


Рис. 7.1; Схема! питания жилых домов высотой до 5 этажей с резерв­ной перемцчкой:

***1 —*** трансформаторная подстанция; 2, ***3. 4 —*** жилые дома; 5. 7 — предохранители;

***6 —*** рубильники; 8 — резервная перемычка; S, ***10*** — питающие линии; И - ВРУ

Рйс. 7.2. Схема питания жилых домов высотой до 5 этажей с переклю­чателями на вврдах:

***1*** — трансформаторная подстанция; 2, 7 — предохранители; ***3. 4.*** 5 — жилые дома;

6 — ВРУ 8 — переключатели; ***9 10 —*** питающие линии

и поливинилхлоридной на 15% длительно допустимой по ПУЭ. Перегрузка допускается при условии, что в нормаль­ном режиме загрузка кабелей не превышает номинальной для кабелей с пластмассовой изоляцией и 80 % номиналь­ной для кабелей с бумажной изоляцией (в земле).

В аварийном режиме допускаются также повышенные потери напряжения —до 12%. Если учесть, что указанные жилые дома относятся к третьей категории надежности, то устройство резервной перемычки не является обязатель­ным. Однако в крупных городах со сложными условиями разрытия даже при хорошей постановке ремонтной службы устранение аварии в течение суток бывает затруднитель­ным. Поэтому прокладку резервной перемычки длиной обычно не более 70—80 м в этих условиях следует считать целесообразной.

Приведенная схема (рис. 7.1) имеет существенный не-, **достаток, заключающийся в том, что при отключении од­**

ной из питающих линий, например *9,* электроснабжение всех зданий осуществляется по кольцу, в результате чего даже при повышенных допустимых потерях напряжения иногда приходится увеличивать сечения кабелей. Другим недостатком является то, что резервная перемычка в нор­мальном режиме не используется.

На рис. 7.2 приведена модификация описанной схемы, при которой на вводах в здание вместо рубильников уста­навливаются переключатели. При аварии с одной из пи­тающих линий данная схема в ряде случаев оказывается боЛее экономичной. Недостатком схемы является некото­рое усложнение вводного устройства и удлинение питаю­щих линий. Кроме того, в каждый дом (кроме тупикового) приходится заводить уже не два, а четыре кабеля. Однако схема удобна при застройке в линию и менее экономична при других планировочных решениях.

В небольших городах и поселках, где широко применя­ются воздушные линии, резервирования не требуется, так как неисправность может быть обнаружена и устранена до­статочно быстро.

**Питание жилых домов высотой 9—16 этажей.** Для пи­тания электроприемников таких домов применяются как радиальная, так и магистральная схемы с переключателя­ми на вводах (рис. 7.3).

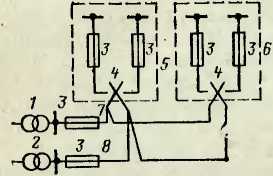
При этом одна из питающих линий используется для присоединения электроприемников квартир и общего ос­вещения общедомовых помещений (подвал, лестничные клетки, вестибюли, холлы, чердаки, наружное освещение и т. д.); другая питающая линия предназначена для под­ключения лифтов, противопожарных устройств эвакуаци­онного и аварийного освещения, элементов диспетчериза­ции и кодовых замков на дверях подъездов.

При выходе из строя одной из питающих линий все электроприемники дома подключаются к линии, оставшей­ся в работе, которая рассчитана с учетом допустимых пе­регрузок при аварийном режиме. Перебой в питании по­требителей при указанной схеме продолжается обычно не более 1 ч, т. е. времени, необходимого для вызова электро­монтера ЖЭК, который и осуществляет нужные переклю^ чения на ВРУ. Схема может быть использована и для до­мов высотой до 5 этажей, оборудованных квартирными электроплитами.

Для питания зданий высотой 9—16 этажей с электро­плитами, а также многосекционных домов с большим чйс-

лом квартир с газовыми плитами приходится применять три или более питающих линий (вводов).

На рис. 7.4 приведены схемы питания жилых домов с тремя вводами. Первый ввод резервирует второй, второй

Рис. 7.3. Схема питания жи­лых домов высотой 9—16 эта­жей с двумя переключателями на вводах:

***1,*** 2 —траисф'рматоры; ***3 —*** предо- хранители; ***4 —*** переключатели; ***5, 6 —*** ВРУ; 7, ***8*** — питающие линии

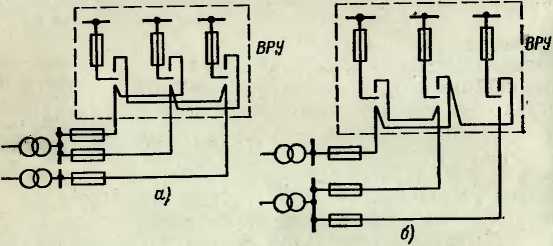
резервирует третий и третий резервирует первый (рис. 7.4,а); модификация этой схемы приведена на рис. 7.4,6, где первый и второй вводы взаимно резервируют друг дру­га, а третий ввод резервируется от первого. Такая схема удобна при ремонте одной из сборок низкого напряжения на подстанции. Однако в этом случае на один кабель при­ходится вся нагрузка дома, и в этом исключительном слу­чае часть электроприемников на период ремонта отключа­ется.

Рис. 7.4. Схема питания зданий высотой 9—16 этажей с тремя вводами

При питании зданий по схемам, приведенным на рис. 7.4, следует учитывать важную особенность сетей, построен­ных по так называемой двухлучевой схеме с АВР на сто­роне 0,4 кВ ТП. Применяемые для АВР контакторныестанции серии ПЭВ оборудованы контакторами, рассчи­танными на ток 1000 А (имеется также большое количество ТП, оборудованных контакторами на ток 630 А). При ава­рийных переключениях питающих линий нельзя допускать перегрузки контакторов, что может привести к выходу из строя подстанции и лишить электроэнергии присоединен­ные здания.

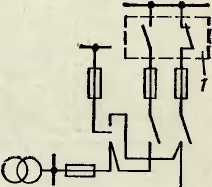
Возможна также установка АВР на стороне высшего напря­жения, поскольку выход из строя трансформаторов — явление крайне редкое.

Рис. 7.5. Схема электро­снабжения жилого дома высотой 17 этажей и выше:

**Питание жилых домов высо­той 17 этажей и более.** При по­строении схемы питания жилых домов 17—25 этажей и более не­обходимо учитывать, что лифты, эвакуационное и аварийное осве­щение, огни светового огражде­ния, противопожарные установки являются электроприемниками первой категории по надежности электроснабжения. Для таких зданий применяются радиальные схемы с АВР на вводах, к сило­вым вводам присоединяются и противопожарные устройст­ва, огни светового ограждения, эвакуационное и аварийное освещение. Соответствующая схема приведена на рис. 7.5.

***I*** — АВР

1. Размещение трансформаторных подстанций

Одним из важных вопросов при проектировании внут­риквартальных сетей является выбор места для размеще­ния подстанции. Наиболее целесообразно размещать под­станции в центре нагрузки, со смещением в сторону пита­ния, однако архитектурно-планировочные решения застрой­ки района не всегда допускают такое размещение.

При многоэтажной застройке и наличии встроенных в жилые дома предприятий общественного и бытового назна­чения, а также при установке электроплит в квартирах на­иболее экономически целесообразно встраивать подстанции

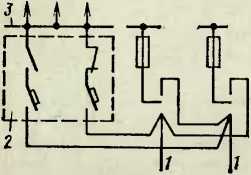
непосредственно в здания. Однако в настоящее время ПУЭ и СНиП запрещают размещение подстанций в жилой части зданий ввиду проникновения в квартиры шума от работа­ющих трансформаторов. Тем не менее представляется це­лесообразным допустить встраивание подстанций при ус­ловии применения специальных мер по звукоизоляции стро­ительных конструкций, снижающих проникновение шума в

Рис. 7.6. Схема подключения противопожарных устройств в домах высотой до 16 этажей включительно:

/ — питающие линии от ТП; ***2 —*** АВР; 3—щит питания противопо­жарных устройств

квартиры до уровня, установленного нормами. Весьма пер­спективным является размещение подстанций в подземном пространстве в непосредственной близости от зданий или даже под зданиями.

1. Схемы вводно-распределительных устройств

В современных жилых зданиях вводы внешних сетей и коммутацнонно-защитная аппаратура внутренних распре­делительных сетей объединяются в единое комплексное ВРУ, которое является и главным распределительным щи­том. Как уже упоминалось, схемы вводов зависят от приня­тых схем наружных сетей.

Следует иметь в виду, что в домах высотой до 16 эта­жей включительно, в которых применяются противопожар­ные устройства, в частности системы дымозащиты, питание этих устройств должно осуществляться от специальной па­нели ВРУ с АВР, причем питающие линии к этой панели должны подключаться к вводам в здание до переключате­лей (рис. 7.6) что повышает надежность их электроснабже­ния. На вводе питающей линии в здание устанавливаются аппараты защиты и управления. При вводе на ток не более 25 А аппарат управления может не устанавливаться. При ответвлениях к зданиям от воздушных линий, защищенных в точке ответвления аппаратом защиты на ток не более 25 А, вводные устройства могут не применяться.

Таблица 7.1. Оптимальное количество ВРУ и число отходящих горизонтальных линий для питания квартир

|  |  |
| --- | --- |
|  | Количество ВРУ (числитель), число отходящих от каждого |
| Количество этажей в здании | ВРУ горизонтальных питающих линий (знаменатель), при количестве секций в здании  1 | 2—5 | 6—7 | 8 и более |

Газифицированные здания

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 5—9 | 1 | 1  1—2 | 1  1—2 | 1 |
| 1—2 |
|  | Здания с электроплитами | | |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 5-8 | 1 | 1 | | 1 | | 1 (2) |
| 1 |  | 1—2 | 2 |  | 2 (1-2) |
| 9—12 | 1 |  | 1 | 1 |  | 1 (2) |
| 1—2 |  | 2 | 2 |  | 2—3 (2) |
| 13—16 | 1 |  | 1 | 1 | (2) | 2 (1) |
| 1—2 |  | 2 | 2—3 | (2) | 2 (3) |
| 17—22 | 1 | 1 | (2) |  |  |  |
| 1—2 | 2 | (2) |  |  |  |
| 23—25 | 1 | 1 | (2) |  |  |  |
| 1—2 | 2 | (1-2) |  |  |  |

Примечания: I. Показатели в скобках соответствуют практически рав- иоэкоиомичным вариантам сети (с превышением приведенных затрат на сеть не более 2—4 %)

1. В зданиях высотой до 5 этажей следует устанавливать одно ВРУ.
2. Число питающих линий может отличаться от указанного в таблице в за­висимости от условий надежности и конструктивных особенностей здания.

J

На вводах, как правило, после аппаратов управления устанавливаются предохранители с токоограничивающим действием с целью ограничения токов КЗ.

При определенных условиях, особенно в крупных много­этажных зданиях, экономически целесообразна установка не одного, а нескольких ВРУ. Их расположение наряду с архитектурно-планировочными и другими факторами опре­деляется технико-экономическими расчетами. Оптимальное число ВРУ может быть принято по табл. 7.1. Как показы­вают исследования, ВРУ целеообразно размещать в сек­циях дома, ближайших к трансформаторной подстанции.

Следует иметь в виду, что максимальная нагрузка на каждом вводе в здание, как правило, не должна превышать 7\* 99

400 А, а в исключительных случаях 600 А во избежание необходимости прокладки пучка параллельных кабелей и установки на вводах громоздких аппаратов.

Распределительная часть ВРУ. К распределительной части ВРУ присоединяются питающие линии квартир, си­ловых потребителей, питающие и групповые линии рабо­чего, эвакуационного и аварийного освещения общедомо­вых помещений[[8]](#footnote-9), противопожарных устройств, огней свето­вого ограждения, элементов диспетчеризации, кодовых замков и переговорных устройств, освещения и силовых по­требителей, встроенных и пристроенных общественных по­мещений.

На каждой отходящей от ВРУ линии устанавливаются аппараты защиты (автоматические выключатели или пре­дохранители). Аппарат управления может быть один на несколько линий одного назначения.

**Измерения и учет.** Для учета электроэнергии, расходуе­мой общедомовыми потребителями, устанавливаются трех­фазные счетчики прямого включения или с трансформато­рами тока. Счетчики устанавливаются на ответвлениях и присоединяются к соответствующим секциям шин. Прибо­ры для контроля токовых нагрузок, как правило, в жилых зданиях стационарно не устанавливаются. Однако в круп­ных зданиях, особенно оборудованных электроплитами, установку амперметров и вольтметров на каждом вводе следует считать целесообразной.

**Подавление помех радиоприему.** Для этой цели непо­средственно на вводах устанавливаются помехозащитные конденсаторы типа КЗ-0,5 емкостью 0,5 мкФ на каждую фазу. Конденсаторы снабжены встроенными предохраните­лями, соединяются в звезду и заземляются.

1. Схемы питающих линий внутри зданий

Выбор количества питающих линий, отходящих от ВРУ, и числа стояков, присоединяемых к одной питающей линии, в многоэтажных зданиях является многовариантной зада­чей. При ее решении следует учитывать такие факторы, как расстояние до ТП, электрические нагрузки, количество и

сечение линий, ограничения по допустимому нагреву и от­клонениям напряжения, конструктивное выполнение сетей и т. д. Оптимальным является вариант, при котором полу­

чаются наименьшие расчетные затраты.

Исследования, проведенные МНИИТЭП по специально разработанной методике с учетом ежегодного роста на­грузок (см. гл. 16), и расчеты, выполненные на ЭВМ, поз­

волили определить оптимальные варианты построения схем

электрических сетей для жи­лых зданий различной этажно­сти.

Оптимальное количество ВРУ и число отходящих линий для питания квартир (горизон­тальные участки) приведены в табл. 7.1.

При числе квартир на эта­же в секции дома не более че­тырех в зданиях до 16 этажей включительно экономически целесообразно прокладывать один стояк.

Число стояков, подключае­

Рис. 7.7. Схемы стояков:

мых к одной питающей линии, ПУЭ не ограничвается. Одна­ко для удобства выполнения ремонтных работ в домах вы-

сотой более 5 этажей при двух и более стояках, присоеди­ненных к одной питающей линии, стояки должны иметь от­

ключающие аппараты. При подключении к одному стояку более 70—80 квартир, несмотря на экономичность одного стояка, из условий повышения надежности рекомендуется

прокладывать два стояка с подключением квартир через этаж, или по две квартиры на стояк на каждом этаже, или больше половины (примерно 60—70%) квартир начиная с 1-го этажа к одному стояку и оставшуюся часть ко вто­рому.

Рекомендуемые по экономическим соображениям схемы стояков приведены в табл. 7.2 и на рис. 7.7.

Кроме питающих линий квартир, о которых говорилось

выше, к внутридомовым питающим линиям относятся ли­нии, питающие электродвигатели и прочее элктрооборудо- вание лифтов, различных насосов, вентиляторов и других электроприемников систем дымозащиты.

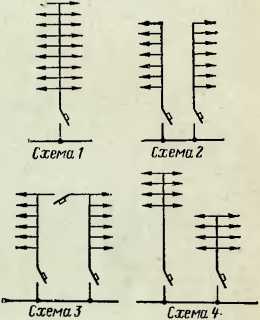


Таблица 7.2. Схемы вертикальных участков (стояков) в секциях жилых зданий

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Количество этажей | Номера схем стояков (рис. 7. 7) при количестве секций в Доме | | |
| 1 | 2—4 | 5-10 |
|  | Газифицировг | 1нные здания |  |
| 5—9 | 1 | 1 | 1 |
|  | Здания с эле | ктроплитами |  |
| 5—8 | 1 | 1 | 1 |
| 9—12 | 2(3) | 1(4) | 1(4) |
| 13-16 | 2(3) | 1(4) | 1(4) |
| 17—22 | 2 (3) | 1(4) | 1(2) |
| 22—25 | 3 | 1(2) | 1 (2) |

Примечания: 1. Номера схем стояков, указанные в скобках, соответст­вуют вариантам сети, практически равноэкономичиым по приведенным затратам, ио с несколько большим расходом проводникового материала (иа 3—5 %). Одна­ко в зданиях высотой 16 этажей н более схемам, указанным в скобках, следует отдавать предпочтение ввиду их большей надежности.

2. Количество квартир в каждой секции и на каждом этаже принято следу­ющее: односекционные здания — 5—8, двух — десятисекциониые здания —3—4.

**Питающие линии лифтов** должны прокладываться не­посредственно от ВРУ, причем к одной линии можно под­ключать не более четырех лифтов, установленных в разных секциях. При наличии в каждой секции двух лифтов их присоединяют к разным питающим линиям, но при этом число лифтов, присоединяемых к каждой питающей линии, не ограничивается.

**Рабочее эвакуационное и аварийное освещение** лестнич­ных клеток и коридоров, как правило, автоматизируется, и управление осуществляется с ВРУ или объединенного диспетчерского пункта (ОДС). Поэтому групповые линии этих видов освещения целесообразно присоединять непо­средственно к ВРУ, где сосредоточена вся аппаратура за­щиты и управления. К ВРУ также присоединяются груп­повые линии штепсельных розеток для подключения убо­рочных механизмов.

Встроенные в жилые дома предприятия и учреждения получают питание либо от ТП, либо через ВРУ дома. Про­ектирование электрооборудования этих предприятий и уч­реждений осуществляется, как и для отдельных зданий аналогичного назначения (см. гл. 8).

1. Схемы групповой квартирной сети

Групповая квартирная сеть является завершающим звеном электрической сети жилого дома. Она предназначе­на для питания осветительных и бытовых электроприемни­ков. Количество групповых линий и их пропускная способ­ность определяются по табл. 3.4, которая составлена с уче­том электрических нагрузок, наличия стационарных и переносных электроприемников и удобства эксплуатации.

По соображениям безопасности групповые линии целе­сообразно выполнять однофазными. В перспективе при зна­чительном росте нагрузок возможно устройство трехфаз­ных четырехпроводных вводов в квартиры, но при этом необходимы дополнительные меры по обеспечению электро­безопасности, такие как более надежная изоляция провод­ников и приборов, а также устройство автоматического за­щитного отключения. Однако и при трехфазных вводах целесообразно групповые линии общего освещения и штеп­сельной сети внутри квартир выполнять однофазными, а для питания электрических плит, электроводонагревателей и т. п.— трехфазными. Как правило, рекомендуется выде­лять общее освещение на отдельную групповую линию.

В целях экономии проводов нормы допускают смешан­ное питание общего освещения и штепсельных розеток. Од­нако такая схема менее надежна, и, по мнению авторов, ее применять нецелесообразно. В квартирах с числом комнат более трех допускается устройство дополнительной группо­вой линии для питания штепсельных розеток на ток до **16 А.**

Число штепсельных розеток, устанавливаемых в квар­тирах, регламентировано нормами и составляет:

в жилых комнатах квартир и общежитий — одна розетка на каждые полные и неполные 6 м2 площади комнаты;

в коридорах квартир — одна розетка на каждые полные и неполные 10 м2 площади. В общей комнате квартир, обо­рудованных кондиционерами,— дополнительная розетка на ток 10 А для подключения кондиционера;

в кухнях квартир площадью до 8 м2— три штепсельные розетки на гок 6 А, а 8 м2 и более — четыре для подключе­ния холодильника, бытового прибора, надплитного фильт­ра, динамика трехпрограммного вещания, местного освеще­ния;

одна штепсельная розетка с заземляющим контактом иа ток 10 А для подключения бытового прибора мощностью до 2,2 кВт;

одна штепсельная розетка с заземляющим контактом на ток 25 А для подключения бытового прибора мощностью до 4 кВт (в домах с электроплитами мощностью до 5,8 кВт эта же розетка используется для подключения электропли­ты) ■;

одна штепсельная розетка с заземляющим контактом на ток 40 А для подключения электроплиты мощностью от

А *в* с *N*

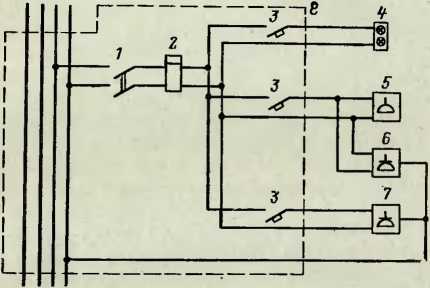


Рис. 7.8. Схема групповой квартирной сети:

/ — выключатель; ***2*** — счетчик; ***3*** — автоматические выключатели; ***4 —*** общее ос­вещение; 5 — розетка 6 А; ***6*** — розетка 10 А; ***7 —*** электроплита; ***8 —*** этажный щиток

5,9 до 8 кВт. Следует иметь в виду, что розетки 25 и 40 А не предназначены для отключения электроплит под нагруз­кой.

Увеличение числа штепсельных розеток по сравнению с ранее действовавшими нормами имеет целью по возможно­сти избежать применения жильцами различных удлини­телей и разветвителей, создающих повышенную опасность поражения электрическим током. В ванных комнатах мо­жет устанавливаться штепсельная розетка, подключаемая через разделяющий трансформатор 20 В-А.

На рис. 7.8 приведена схема групповой сети квартиры с электроплитой. Как видно из рисунка, для зануления кор­пуса стационарной электроплиты и бытовых приборов, тре­бующих зануления, от этажного щитка прокладывается от­дельный проводник. Сечение его принимается равным сече­нию фазного проводника. Ни в нулевом защитном, ни внулевых рабочих проводах аппараты защиты не устанав­ливаются. Для безопасной смены счетчика перед ним уста­навливается двухполюсный выключатель.

1. Типовые комплексные схемы распределения электроэнергии в жилых зданиях

В предыдущих параграфах были рассмотрены отдельные элементы схем электроснабжения и электрооборудования. Рассмотрим одну из типовых комплексных схем распреде­ления электроэнергии в жилом 16-этажном доме (рис. 7.9).

Здание имеет два кабельных взаиморезервируемых вво­да *1* и *2* с переключателями *3* и предохранителями *4.* К каждому из вводов *(1* и *2)* подключены соответствующие секции шин ВРУ (7 и *II).* От секции *I* отходят питающие линии квартир *5,* а также через отдельный автоматический выключатель *6* и счетчик 7, включаемый через трансформа­торы тока *8,* питается сборка ВРУ общедомовых помеще­ний. От последней отходят групповые линии рабочего осве­щения холлов, лестниц и коридоров *9,* освещения техниче­ского подполья, чердака, машинных помещений и шахт лифтов и питающая линия к щитку иллюминации *10.*

От секции *II* ВРУ отходят питающие линии лифтов *11,* групповые линии эвакуационного и аварийного освещения *12,* штепсельных розеток для подключения уборочных ма­шин *13.* Потребление электрической энергии электроприем­никами секции *II* ВРУ учитывается трехфазным счетчиком *14,* который подключен через трансформаторы тока *15.* К питающим линиям квартир с автоматическими выключа­телями *16* присоединяются стояки секций.

На вводах устанавливаются помехозащитные конденса­торы *17* емкостью 0,5 мкФ. Освещение лестниц и коридоров автоматизировано, и все элементы автоматики установлены на ВРУ. Автоматика обеспечивает управление освещением в функции естественной освещенности с помощью фотовык­лючателя *18* и программного реле времени *19,* отключающего часть освещения в ночные часы. Кроме того, имеется воз­можность централизованного управления освещением с дис­петчерского пункта. При выходе из строя автоматики воз­можно ручное управление.

Устройства дымозащиты подключаются к специальной панели ВРУ *III* с устройством АВР, которая присоединяет­ся к обоим вводам до переключателей (вводы *1п* и *2п).* Благодаря такому присоединению эти устройства остают­ся в рабочем состоянии даже при полном обесточиваниидома. Для учета расхода электроэнергии устанавливается счетчик *20.* На каждой из линий, питающих секцию *111* ВРУ, установлены автоматические выключатели *21.*

От секции *III* ВРУ отходят линии, питающие вентиля­торы системы дымозащиты и щитки управления, а также часть линий эвакуационного освещения *22,* расположенно­го на путях эвакуации при пожаре. Такое подключение эва­куационного освещения в 16-этажных домах нормами не

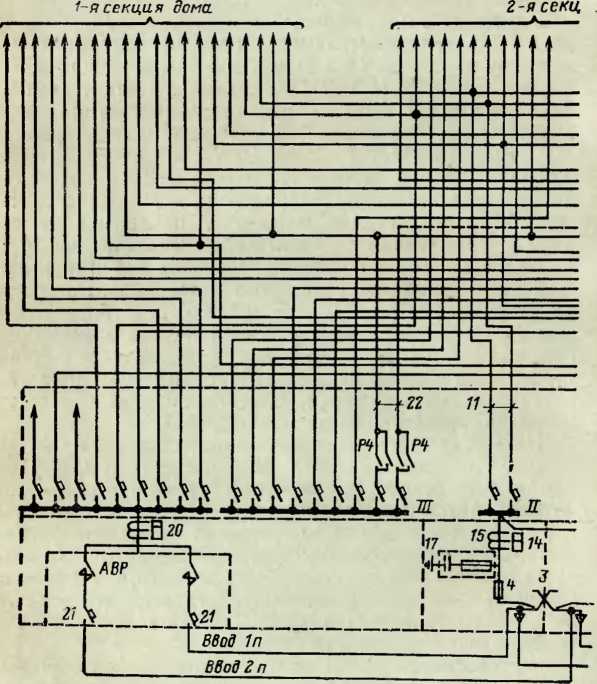
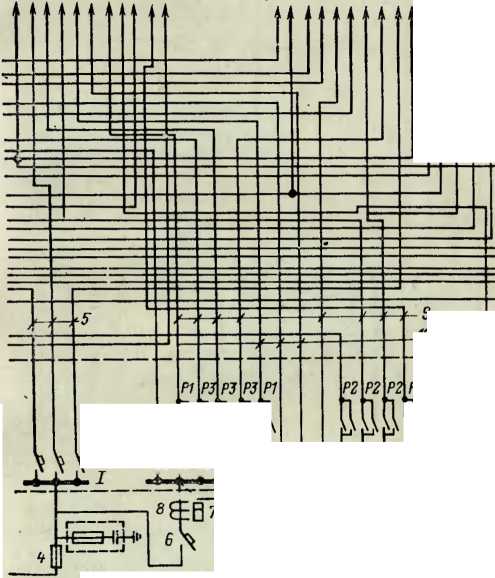


Рис. 7.9. Схема электрооборудования

предусмотрено, однако целесообразно в целях повышения безопасности людей, причем для этого дополнительных зат­рат не требуется.

На рис. 7.10 показана схема стояков одной секции дома, т. е. вертикальных участков питающих и групповых линий. К стояку *1* подключены этажные щитки квартир *2.* Щит­ки установлены в железобетонном электроблоке на лест­ничной клетке. На щитках установлены трехполюсные па­



дл *дома*

*3-я секция дома*

*■13*

V *16*

*V нием*

*Н1В1*

*В2*

*вз*

7 *Схема автоматического Вариант дитан- управления освещением с ционного управ-*

*г~томощио шотовыклю-лен11Я эл освеще-* @ 78 *ч а тел я 19*

iWWg НЩI ■ lJP I

9

*10 »*

I I

*Ввод 2 ввод 1*

*Р2*

1 *Р1*

Р i

У \ у i

BBS

ВИ

*гр\*

*ЗР,*

16-этажного жилого дома

кетные выключатели 3 (один на все квартиры)[[9]](#footnote-10) с подклю­чением к двум фазным и нулевому проводам стояка. На щитке установлены однофазные счетчики *4* и аппараты за­щиты групповых линий квартир. Цифрами *5* обозначены лифты, *6—*вентиляторы дымозащиты, 7—щиток автомати­ки, *8—* щиток иллюминации.

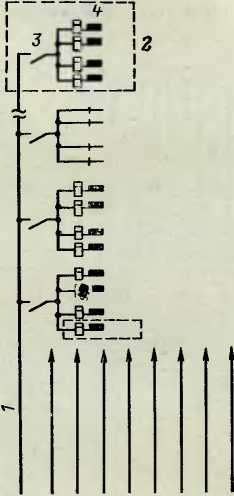
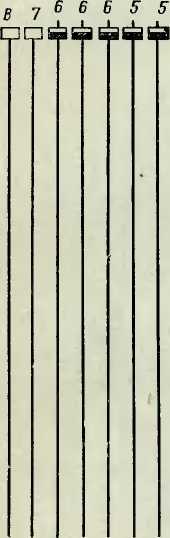


Рис. 7.10. Схема стояков одной секции 16-этажного жилого дома

В домах 17 этажей и выше в отличие от рассмотренной схемы лифты и все эвакуационное и аварийное освещение, а также огни светового ограждения присоединяются к сек­ции *III* ВРУ, поскольку эти электроприемники относятся кпервой категории по надежности электроснабжения. Одна­ко панели секции ВРУ, к которым присоединены противо­пожарные устройства, должны быть обособлены и иметь отличительную красную окраску.

Глава восьмая

СХЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

В ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ

1. Электроснабжение

Построение схем электроснабжения и электрооборудо­вания общественных зданий имеет ряд отличительных осо­бенностей по сравнению с рассмотренными выше схемами жилых зданий. Эти особенности определяются значитель­ным удельным весом силовых электроприемников техноло­гического и санитарно-технического оборудования, режима­ми его работы, специфическими требованиями к освещению некоторых помещений, а также возможностью встраивания трансформаторных подстанций в некоторые из этих зданий.

Необходимо подчеркнуть, что наряду с отличиями схе­мы электросетей общественных зданий должны отвечать общим требованиям, наиболее важные из которых изло­жены в гл. 6. Ввиду большого многообразия общественных зданий в данной главе будут рассмотрены характерные осо­бенности построения схем электросетей некоторых распро­страненных общественных зданий массового строительства.

Установленные и потребляемые мощности электроуста­новок общественных зданий достигают сотен и даже тысяч киловольт-ампер. Экономическими расчетами установлено, что при потребляемой мощности более 400 кВ-А целесооб­разно применять встроенные подстанции, в том числе ком­плектные (КТП). При этом обеспечивается экономия цвет­ных металлов, исключается прокладка внешних кабельных линий до 1000 В, .нет необходимости в устройстве отдель­ных ВРУ в здании, поскольку имеется возможность его совмещения с РУ 0,4 кВ подстанции, и т. д. (В этом случае РУ называют абонентским, и оно обслуживается персо­налом абонента.)

Однако действующие нормы и правила не разрешают встраивать подстанции в здания школ, учебные и спальные корпуса профтехучилищ и средних специальных учебных заведений, дошкольные детские учреждения, лечебные кор­

пуса больниц, санаториев, интернатов для престарелых, жнлые зоны гостиниц и т. п. Для электроснабжения этих зданий следует сооружать отдельно стоящие подстанции или питать их от подстанций, встроенных в другие здания сооружаемого комплекса.

Встроенные трансформаторные подстанции следует раз­мещать, как правило, в центре нагрузок, но таким образом, чтобы была обеспечена звукоизоляция рабочих помещений от шума трансформаторов. Подстанции обычно располага­ют на первых или технических этажах. Допускается рас­полагать подстанции с трансформаторами сухими и с не­горючим наполнением в подвалах, дебаркадерах и подзем­ном пространстве при условии:

а) исключения возможности затопления подстанции грунтовыми и паводковыми водами, а также при аварии систем водопровода, канализации и водяного отопления;

б) обеспечения подъема трансформаторов на поверх­ность земли с помощью передвижных или стационарных механизмов;

в) устройства дороги для подъездов автомашин к месту расположения подстанции или к месту подъема трансфор­маторов.

Трансформаторы сухие и с негорючим наполнением мо­гут устанавливаться и на средних и верхних этажах зда­ний, если предусмотрены грузовые лифты для их транспор­тировки. В помещения трансформаторной подстанции дол­жен быть обеспечен круглосуточный доступ эксплуатаци­онного персонала. На встроенных подстанциях допускается установка как сухих, так и масляных трансформаторов, однако количество масляных трансформаторов мощностью до 1000 кВ'А каждый должно быть не более двух. Число и мощность сухих и с негорючим наполнением трансфор­маторов не Ограничивается.

В одном общем помещении с РУ разрешается установка двух масляных трансформаторов мощностью до 400 кВ-А, но отделенных один от другого и от остальных помещений несгораемыми перегородками. Не разрешается размещать подстанции (трансформаторные помещения и РУ) под по­мещениями с мокрыми технологическими процессами (ба­ни, прачечные, химчистки и т. п.), а также под ванными и душевыми, уборными. Исключения допускаются в случаях, когда приняты соответствующие меры по надежной гидро­изоляции, предотвращающие попадание влаги в помещения РУ и подстанций.

Подстанции с масляными трансформаторами и РУ 10 кВ не следует размещать под и над помещениями, где одновременно может находиться более 50 чел. в течение 1 ч и более.

Выбор мощности и количества трансформаторов и тран­сформаторных подстанций определяется уровнями электри­ческих нагрузок и технико-экономическими расчетами. Под­станции, как правило, бывают двухтрансформаторные, но в относительно небольших зданиях второй и третьей кате­гории по надежности электроснабжения возможна установ­ка однотрансформаторных подстанций.

Размеры трансформаторных помещений и. помещений РУ, проходы, расстояния до токоведущих частей, кон­струкции полов, перекрытий, требования к отоплению и вен­тиляции должны соответствовать нормам, установленным гл. IV ПУЭ. В целях обеспечения надежной работы аппа­ратов защиты рекомендуется принимать к установке сило­вые трансформаторы при мощности до 250 кВ-А со схемой соединения обмоток зигзаг — зигзаг, при мощности 400— 1000 кВ-А — треугольник — звезда с нулем.

При установке в здании КТП необходимо учитывать де­фицитность распределительных шкафов с автоматическими выключателями, поставляемых заводами. Для упрощения и удешевления КТП целесообразно ограничить число ли­нейных автоматических выключателей, устанавливая эти автоматические выключатели на относительно большие то­ки 200, 400, 600 А и более. Пропускная способность таких автоматичских выключателей зачастую превышает расчет­ную мощность отходящих питающих линий силовых и осветительных сетей. Чтобы использовать полностью ли­нейные автоматические выключатели КТП, применяют схе­мы питания с установкой промежуточных распределитель­ных пунктов, состоящих из панелей ЩО-70, щитов ПР-9000, щитов станций управления ЩСУ и других с ав­томатическими выключателями на токи, близкие к расчет­ным токам питающих линий. Такие устройства принято на­зывать щитами-размножителями.

1. Питающие сети

Распределение электроэнергии в общественных зданиях может производиться как по радиальным, так и по маги­стральным схемам. Радиальная схема применяется для питания электроприемников большой мощности или групп

электроприемников, сосредоточенных на достаточно близ­ком расстоянии друг от друга. Примером таких электро­приемников могут служить крупные холодильные машины, электродвигатели тепловых пунктов, насосных, крупные вентиляционные камеры и т. д.

При относительно равномерном размещении электро­приемников небольшой мощности по зданию целесообразно применение магистральной схемы. Достоинства и недостат­ки каждой из этих схем отмечены в гл. 6.

В общественных зданиях рекомендуется, несмотря на питание от общих трансформаторов, питающие линии сило­вых и осветительных сетей выполнять раздельными, что обеспечивает определенные удобства эксплуатации, более целесообразную трассировку, а также, как правило, умень­шает колебания напряжения на лампах электрического ос­вещения. Так же как и в жилых зданиях, на вводах пита­ющих сетей в здание устанавливаются ВРУ с аппаратами управления, защиты, учета расходуемой электроэнергии, а в крупных зданиях и с измерительными приборами. На вводах потребителей, обособленных в административно- хозяйственном отношении (торговые, коммунальные пред­приятия, отделения связи и т. д.), должны устанавливать­ся отдельные аппараты управления независимо от наличия таких же аппаратов на отходящих линиях от общего ВРУ здания. На вводах в распределительные пункты или щитки должны устанавливаться аппараты управления.

Если это целесообразно по условиям эксплуатации, мож­но устанавливать аппараты, совмещающие функции уп­равления и защиты (например, автоматические выключа­тели), без соблюдения требований по селективности (см. гл. 10). При числе распределительных пунктов или щитков, присоединенных к одной питающей линии, до пяти включи­тельно аппараты управления на вводах в эти пункты или щитки можно не устанавливать. Исключением являются распределительные пункты, от которых питаются силовые электроприемники горячих цехов предприятий обществен­ного питания, на которых в целях повышения электробезо­пасности необходимо устанавливать аппараты управления.

На каждой отходящей от ВРУ питающей линии должен устанавливаться аппарат защиты. Аппарат управления мо­жет быть общим для нескольких линий, сходных по назна­чению и режиму работы.

Счетчики для расчетов за расходуемую электроэнергию должны устанавливаться раздельно для каждого абонента.

Нормы допускают одного из абонентов (чаще всего наибо­лее энергоемкого) считать главным абонентом и питание остальных потребителей осуществлять от ВРУ главного абонента с общим учетом. При этом у отдельных потреби­телей устанавливают контрольные счетчики и они ведут расчеты за электроэнергию с главным абонентом.

Светильники эвакуационного и аварийного освещения должны присоединяться к сети, независимой от сети рабо­чего освещения, начиная от щита трансформаторной под­станции или от ВРУ.

При наличии двухтрансформаторной подстанции рабо­чее и эвакуационное и аварийное освещение следует при­соединять к разным трансформаторам. Если в здание • ■ встроены две или более подстанций, целесообразно питание эвакуационного и аварийного освещения ответственных по­мещений присоединять к разным подстанциям. Такое при­соединение называется перекрестным. Линии, питающие холодильные установки на предприятиях торговли и об­щественного питания, должны быть отдельными, с тем что­бы отключение других электроприемников не приводило к отключению холодильного оборудования.

1. Силовые распределительные сети

Силовые распределительные пункты должны распола­гаться в центре нагрузок или с некоторым смещением в сторону питания, как правило, на тех же этажах, где рас­положены электроприемники. Силовые электроприемники, присоединяемые к распределительным пунктам, группиру­ются с учетом их технологического назначения. В целях экономии проводов и кабелей и уменьшения количества аппаратов защиты на распределительных пунктах электро­приемники небольшой мощности объединяются в «цепочки» (см. рис. 6.4). При этом в «цепочку» можно соединять;

а) на предприятиях общественного питания и торгов­ли — не более четырех электроприемников мощностью до 3 кВт;

б) в учебно-производственных мастерских учебных за­ведений— до пяти силовых электроприемников станочного оборудования;

в) в лабораториях учебных заведений — не более трех лабораторных щитков;

г) в магазинах число кассовых аппаратов, швейных ма­шин в кабинетах домоводства, в пошивочных цехах ателье

8 -155 из ’

и комбинатов бытового обслуживания населения, машин по ремонту и отделке обуви — не ограниченно.

Электроприемники, соединяемые в «цепочку», должны быть равными или близкими по установленной мощности.

Аппараты управления, например магнитные пускатели, контакторы, кнопочные посты, в зависимости от местных условий устанавливаются:

а) рассредоточенно или группами вблизи управляемых механизмов;

б) в шкафах станций управления;

в) в изолированных электротехнических помещениях, нишах строительных конструкций, шкафах и т. п. при ус­ловии соблюдения требований техники безопасности (гл. V ПУЭ).

Присоединение электроприемников холодильного, ме­ханического и технологического оборудования предприятий торговли и общественного питания выполняется по схемам, приведенным в [22]. Специфика схем, в которых преду­смотрены в некоторых ограниченных случаях дополнитель­ные коммутационные аппараты, обусловлена отсутствием на этих предприятиях квалифицированного обслуживаю­щего персонала.

1. Групповые осветительные сети

Групповые распределительные щитки осветительной сети целесообразно, как и в силовых сетях, размещать в центре нагрузок со смещением по возможности в сторону источника питания. Однако по условиям архитектурно-пла­нировочных решений и интерьера помещений от этой реко­мендации приходится отступать, располагая щитки на лест­ничных клетках, в коридорах в специальных шкафах-ни­шах, предусматриваемых в архитектурно-строительной части проекта.

Отходящие от щитков групповые линии могут быть од­нофазными (фаза плюс нуль), двухфазными (две фазы плюс нуль) и трехфазными четырехпроводными (три фазы плюс нуль). Аппараты защиты в нулевых проводах уста­навливать не разрешается, за исключением взрывоопасных помещений класса В-I, где в целях повышения взрывобезо- пасности аппараты защиты устанавливаются не только в фазных, но и в нулевых проводах, а для зануления прокла­дывается отдельный защитный проводник,

Рекомендации для выбора той или иной схемы группо­вой линии не могут быть однозначными, так как в значи­тельной степени зависят от протяженности, количества светильников, их расположения, удобства управления и эк­сплуатации, а также обеспечения нормируемых уровней ко­эффициента пульсации при люминесцентном освещении в помещениях с напряженной зрительной работой. Надо пом­нить, что предпочтение следует отдавать трехфазным че­тырехпроводным групповым линиям, обеспечивающим втрое большую нагрузку и в 6 раз меньшую потерю напря­жения по сравнению с однофазными групповыми линиями, но при вдвое большей протяженности проводов. В неболь­ших помещениях, где нет особых требований к качеству ос­вещения и установлено небольшое количество светильни­ков, применяются однофазные групповые линии. В помеще­ниях коридорного типа с большим числом мелких помещений по коридору прокладывается четырехпроводная групповая линия, а ответвления в комнаты выполняются двухпровод­ными.

Ниже приводятся некоторые указания норм по устрой­ству групповых сетей электрического освещения:

а) питание штепсельных розеток местного освещения следует, как правило, выделять в отдельные групповые ли­нии, если это не связано с существенным увеличением протяженности сети;

б) к групповым линиям освещения лестниц, этажных коридоров, холлов, технических подполий, подвалов и чер­даков, как и в жилых зданиях, допускается присоединять до 60 люминесцентных ламп или ламп накаливания мощ­ностью до 65 Вт включительно на фазу. Для линий, пита­ющих многоламповые люстры, число ламп на фазу не ог­раничивается;

в) при прокладке по общим трассам рекомендуется объ­единение нулевых проводов линий одного вида освещения (преимущественно для линий, принадлежащих к разным фазам сети). Объединение нулевых проводов линий рабо­чего и эвакуационного и аварийного освещения не разре­шается;

г) общие для нескольких линий нулевые провода при проводке в трубах должны прокладываться совместно с фазными проводами;

д) выключатели должны устанавливаться только на фазных проводах, за исключением случаев, предусмотрен­ных гл. VII-3 ПУЭ для взрывоопасных помещений класса

В-I. При питании многоламповых светильников четырех- или трехпроводными линиями следует предусматривать одновременное отключение всех фазных проводов;

е) распределение нагрузок между фазами сети осве­щения должно быть по возможности равномерным, разни­ца в токах наиболее и наименее нагруженной фазы не должна превышать 30 % в пределах одного щитка и 10 % в начале питающих линий;

ж) в трехфазных протяженных группах рекомендуется присоединять отдельные светильники к фазам сети в следу­ющем порядке: *А, В, С, А, В, С в* случаях, когда при отклю­чении одной или двух фаз необходимо сохранить уменьшен­ную освещенность по всей площади помещения, например торгового зала, конференцзала и т. п., и *А, В, С, С, В, А,* если такого требования нет;

з) управление общим освещением рекомендуется осу­ществлять следующим образом:

в помещениях с боковым естественным освещением пре­дусматривать отключение светильников рядами, параллель­ными окнам;

на одно отключение объединять только светильники, требующие одновременного действия по условиям техноло­гического процесса, например прилавки в магазинах, про­ходы в книгохранилищах или складах и т. п.;

в крупных помещениях, таких как торговые и обеден­ные залы, конференц-залы, вестибюли гостиниц, помеще­ния приема заказов домов быта, а также в различных ко­ридорах и проходах предусматривать возможность включе­ния небольшой части светильников, создающих по всей пло­щади освещенность, достаточную для уборки помещения. Для этой же цели могут быть использованы светильники эвакуационного и аварийного освещения;

и) управление эвакуационным и аварийным освещением должно предусматриваться со щитков при минимальном числе последних. Помещения с достаточным естественным освещением и без него должны питаться отдельными груп­пами. Допускается применение для обоих видов помещений общих групп с установкой дополнительных выключателей для помещений, имеющих естественное освещение. Допол­нительные выключатели следует предусматривать также для аварийного и эвакуационного освещения отдельных не­проходных помещений, в которых люди не находятся по­стоянно (гардеробы, конференц-залы и т. п.);

к) светильники у входов в здания следует присоединять

к групповой сети внутреннего освещения, преимуществен­но к сети аварийного освещения;

л) светильники и штепсельные розетки местного и пе­реносного освещения при напряжении 12—42 В следует пи­тать от понижающих трансформаторов, присоединяемых к сети рабочего или эвакуационного освещения (в последнем случае только отдельными группами). Применение авто­трансформаторов не допускается.

1. Примеры комплексных схем распределения электроэнергии в общественных зданиях

На рис. 8.1 представлена упрощенная схема питания здания, элек­троприемники которого относятся к третьей категории по надежности электроснабжения. Здание присоединяется к однотрансформаторной подстанции, от щита (сборкт ; 0,4 кВт которой отходит питающая ли­ния *1* к *ВРУ* здания. От *ВРУ* отходят питающие линии *2* к распреде­

лительным пунктам силовых электро­приемников *3,* линии *4 —* к групповым щиткам рабочего освещения *5* и линия *6* — к щитку эвакуационного освеще­ния 7.

Для питания ответственных потре­бителей в крупных городах широко при­меняются двухтрансформаторные под­станции с устройством АВР на кон­такторных станциях иа стороне низше­го напряжения. Упрощенная схема та­кой подстанции приведена на рис. 8.2, где *1 —* контакторные станции, *2, 3 —* отходящие линии к вводам в здания, в которых устанавливаются ВРУ, схемы которых подобны приведенным в гл. 7.

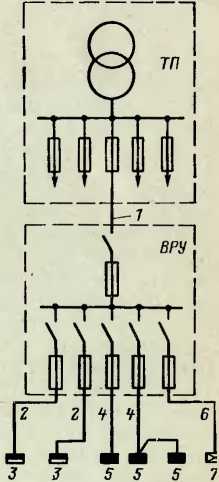
При размещении подстанции в зда­нии с электроприемниками первой кате­гории применяется устройство АВР на абонентском щите с установочными автоматическими выключателями. Уп­рощенная схема приведена на рис. 8.3, где автоматические выключатели *1,* ус­тановлены на линиях от трансформато­ров; *2 —* секционный выключатель, включающийся автоматически при от­ключении одного из автоматических вы­ключателей *1.* Линии *3* отходят к распределительным пунктам силовой сети и щиткам эвакуационного и аварийного освещения, линии *4 — к* групповым щиткам рабочего освещения.

Рис. 8.1. Схема питания об­щественного здания от од­нотрансформаторной под­станции

Пример построения типичной схемы электрооборудования магази­на приведен на рис. 8.4. От отдельно стоящей подстанции проложены две взаимно резервируемые кабельные питающие линии *1* и *2.* Кабели рассчитаны на нагрузку в нормальном и аварийном режимах (при вы-

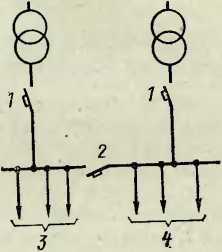
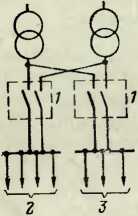


Рис. 8.2. Схема питания общественного здания от двухтрансформатор- ной подстанции с АВР на контакторах

Рис. 8.3. Схема питания общественного здания с встроенной ТП и або­нентским щитом с АВР на автоматических выключателях

ходе из строя одного из кабелей вся нагрузка переключается с по­мощью переключателей *3* и *4* на кабель, оставшийся в работе). После переключателей установлены комплекты аппаратов защиты *5* и *6* (ча­ще всего токоограничиваюшие предохранители). Учет расхода актив­ной электроэнергии осуществляется счетчиками 7 и *8,* включенными через трансформаторы тока.

Питающие линии и часть групповых линий рабочего освещения от­ходят от панелей *ВРУ,* подключенных к вводу *1.* От групповых щит­ков освещения *9* отходят групповые линии непосредственно к светиль­никам. От второго ввода отходят питающие линии к силовым распре­делительным пунктам *10* и шкафам станций управления (ШУ), в которых установлены аппараты защиты и управления. От распредели­тельных пунктов и ШУ отходят линии силовой распределительной сети к электроприемникам. К этому же вводу подключено эвакуационное и аварийное освещение. Все питающие линии имеют аппараты защиты *11* (автоматические выключатели), служащие для защиты линий от КЗ и перегрузок.

Пример подключения силовых электроприемников к распредели­тельному пункту дан на рис. 8.5 и особых разъяснений не требует. На рассмотренных схемах наносятся все необходимые параметры электри­ческих сетей, определяемые расчетом при проектировании. Эти схемы называют однолинейными расчетными схемами.

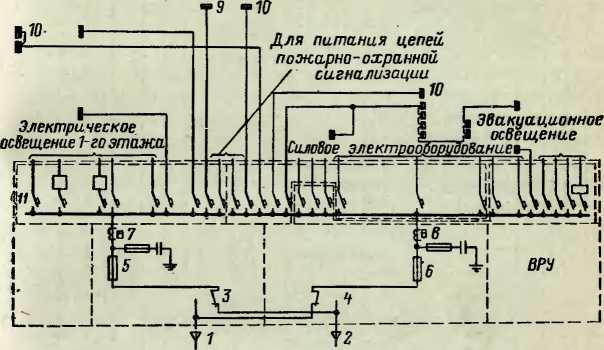


Рис. 8.4. Упрощенная схема электрооборудования магазина

Остановимся в заключение данной главы на вопросах компенсации реактивной мощности в общественных зданиях. Действовавшими до последнего времени нормами (ВСН 19—74) предусматривалось устройство компенсации реак­тивной мощности при расчетной активной мощности свыше 250 кВт. Однако исследования, проведенные МНИИТЭП, показали, что установка устройств компенсации в общест­венных зданиях, как правило, экономически не оправдыва­ется по следующим основным соображениям:

а) значения естественного коэффициента мощности на вводах в здания достаточно высокие: 0,85—0,95 и даже выше;

б) переменный характер графиков нагрузок диктует не­обходимость применения регулируемых конденсаторных ба­тарей, весьма дефицитных. При установке нерегулируемых батарей в сети будут иметь место перекомпенсация и из­лишние потери энергии в ночные часы;

в) стоимость потерь энергии в конденсаторах не пере­крывается экономией от повышения коэффициента мощно­сти.

«а

*s'g*

***ZD***

***314Hl I MSi/UWO)/***

***Z'£*** O

***££***

***91***

fa

■f

г  
\*s

***S'l***

***£'В***

*в'в*

***L£***

***TIHHUJHStfL'HQM***

***£'Z*** O

***£1***

***S'l***

***8'8***

***l'l***

£‘Z7

***niQNUlMSlfllNDa***

***£‘Z*** О

***V£***

***SI***

***2'0***

***9'9***

***Zl***

***TiiQHih'va^u^oJ***

***Z4£*** O

***Z'O***

***V8***

***VS***

***9'9***

***ll***

***Tll4h'UJM3iruU[l3***

***Z‘£*** O

***9'9***

*z'o*

***8'91***

*mei*

***(9'24)8***

***0\*9***

*z'oz*

*ozbi*

*s'e*

***Z'Sl***

*ozei*

***(9\*24)8***

***8'9***

***0291***

***(9'24)9***

***Bzei***

***2'01***

***81***

fig

***9'24+ -i(84)£***

***9'24 + +(84)£***

***•uingsdwou x ипипц***

***ctlfiucdiiiUD dcgoxsfiu***

< \*b Sfg

I о

h

***UJMHfiu nwHwauJTiLratiadiJontJ***

***niVHUjxaifuwOM***

***piVHujXBduHOn шп'т***

***u 9***

***QiiHuuieiruwoii ,‘nn'm***

***9291 (SZ4)£1***

***8291 (9'24)9***

***9291 (9'24)8***

***9291 (9'24)8***

***u 2 впншиаиинои .mn'fj]***

***u Z pivHuixadunan lun'm***

***9291 (П4)и***

***u Z***

***piVHiuiiaduHOM***

***9291 (9'24)£l***

***8291 (9'24)9***

***2***

***JlWHUXSlflJNl])! unto***

***9Z91 (9'24)11***

***0291 (924)8***

***9291 (9'24)11***

***9291 (S'24)£l***

***9'L***

***4'9***

***0291 (9'24)8***

***тчншхзииыоя 188)8***

Рис. 8.5. Схема подключения силовых электропрнемников к распределительному пункту:

ТВ20, ТВ25 —труба вннипластовая. указано число проводов для питания и управления, прокладываемых в общей трубе

***92***

***8'£***

***9291  
(9'Z4)6***

***8291  
(9'24)8***

***9291 '(9'24)11***

***9291  
(9'24)91***

***££***

***Л1чншмз1гаиом***

?rO

*z'o*

***V9***

***91***

***l'l***

***VI***

***9'9***

***I***

***Zl***

***2'8***

***V8***

***9'9***

***ги/аитдаОшии***

***ппншмз^и^ом***

***Zf£*** O-

***9291 (9'24)81***

***9291 (9'24)11***

***9291 (9'24)91***

***SI***

***Tll4HUJM31fUUQM***

***Zl£***

t3 • \* -

I\* lg

=■^1 b. \*

\*• \*a Из £4

***9'1***

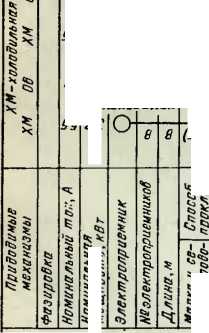
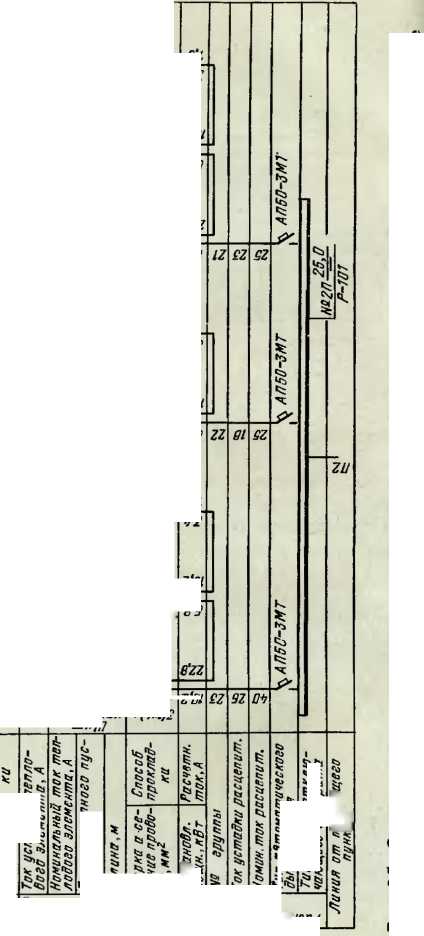
***1>'£***

***2'91***

***8'9***

IS

■gg ^sr



На основании изложенного и некоторых других сообра­жений Госэнергонадзор СССР изменил п. 3.7 ВСН 19—74 и установил, что «... компенсация реактивной мощности потребителей общественных зданий промышленного и при­равненного к ним назначения должна предусматриваться в соответствии с требованями «Правил пользования элек­трической энергией» и директивной части «Указаний по компенсации реактивной мощности в распределительных сетях».

В общественных зданиях, потребители которых не от­носятся к вышеуказанной категории, установка устройств компенсации не требуется.

При необходимости отнесения потребителей обществен­ных зданий к группе промышленных и приравненных к ним или к другим группам потребителей следует руководство­ваться рекомендациями «Правил пользования электриче­ской энергией» и Прейскурантом № 09-01 «Тарифы на электрическую энергию, отпускаемую энергосистемами и электростанциями Минэнерго СССР».

К зданиям промышленного назначения, в частности, от­носятся фабрики химчистки и прачечные.

Раздел четвертый

РАСЧЕТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Глава девятая

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ. НАГРЕВАНИЕ ПРОВОДНИКОВ

1. Задачи расчета электрической сети

Расчет электрической сети зданий должен производиться с учетом следующих основных положений:

1. Провода не должны перегреваться при прохождении расчетного тока нагрузки сверх допустимого значения.
2. Отклонения напряжения на зажимах электроприем­ников должны находиться в допустимых пределах по ГОСТ 13109—67\* «Нормы качества электрической энергии у ее приемников, присоединенных к электрическим сетям общего назначения» с изменениями 1979 г.
3. Снижения напряжения, вызванные кратковременны­ми изменениями нагрузки, например включением коротко­замкнутых асинхронных электродвигателей, не должныпревышать значений, установленных вышеуказанным ГОСТ, и вызывать нарушения работы действующих электропри­емников.
4. Механическая прочность проводов должна быть не ниже допустимой для данного вида электропроводки.
5. При выборе схемы и расчетах питающих сетей целе­сообразно учитывать экономические факторы, характери­зующиеся наименьшими приведенными затратами.
6. Распределение допустимых потерь напряжения по участкам внутренней сети целесообразно производить из условия наименьших затрат проводниковых материалов с учетом п. 5.
7. Аппараты защиты должны обеспечивать защиту всех участков сети от КЗ, а в некоторых случаях, предусмотрен­ных ПУЭ, и от перегрузки. Кроме того, эти аппараты не должны срабатывать при кратковременных повышениях токов нагрузки, возможных при нормальных режимах ра­боты сети, например при включении короткозамкнутых электродвигателей, электромагнитов клапанов противопо­жарных устройств и т. д. Аппараты защиты должны по возможности работать избирательно, т. е. обеспечивать се­лективное отключение поврежденного участка. Исходными данными для расчета сети являются электрические нагруз­ки, определение которых подробно рассмотрено в гл. 3, 4.
8. Нагревание проводников

При прохождении тока по проводнику выделяется теп­ло, Дж, количество которого определяется уравнением

*Q = PRt,* (9.1)

где / — ток, A; *R—* активное сопротивление проводника, Ом; *t —* время, с.

Часть энергии, передаваемой по проводнику, переходит в тепло, расходуемое вначале на нагрев проводника до оп­ределенной температуры, а затем на поддержание устано­вившегося режима, т. е. теплового равновесия. При уста­новившемся режиме температура проводника при неизмен­ных токе и тепловом состоянии окружающей среды остается постоянной, а количество тепла, которое получает про­водник в единицу времени, становится равным количеству тепла, отдаваемому в тот же промежуток времени в окру­жающую среду. Температура, при которой наступает теп­ловое равновесие, называется *установившейся.* Чем больше ток, тем выше установившаяся температура.

В тепловых расчетах удобно пользоваться температурой перегрева (а не абсолютной температурой проводника), которая представляет собой разность температур провод­ника и окружающей среды, °C

т = епр- 0ОС. (9.2)

Чрезмерный перегрев проводников вызывает ускоренное старение изоляции и создает угрозу пожара. Кроме того, ухудшаются контактные соединения за счет их интенсив­ного окисления. Для проводов с резиновой или поливинил­хлоридной изоляцией, шнуров с резиновой изоляцией и ка­белей в свинцовой или поливинилхлоридной оболочке с резиновой изоляцией ПУЭ установлена наибольшая дли­тельно допустимая температура нагрева жил 65ГС. Про­цесс изменения температуры перегрева, °C, проводника током в зависимости от времени описывается формулой

т= Туст(1 — *e~t/T),* (9.3)

где Густ — установившийся перегрев для данной токовой на­грузки,, °C; *t —* время, мин; *Т —* постоянная времени нагре­ва, т. е. время, за которое температура перегрева провод­ника достигла бы установившегося значения туст при от­сутствии отдачи тепла в окружающую среду, мин. Численно *Т* равно отношению теплоемкости проводника к его тепло­отдаче.

Процесс охлаждения проводника, °C, после отключения его от сети определяется уравнением

т = тус1.е~'/7’. (9.4)

На рис. 9.1, а и *б* показаны кривые нагрева и охлажде­ния проводника соответственно.

Постоянные времени нагрева зависят от материала про­водника, рода проводки, сечения и изоляции проводника. Средние значения *Т* для проводов с резиновой изоляцией и алюминиевыми жилами приведены в табл. 9.1.

Для облегчения расчетов в табл. 9.2 приведены вычис­ленные значения *o~t/T* и 1—е~//г при разных значениях *ЦТ.*

Из табл. 9.2 видно, что согласно уравнениям (9.3) и (9.4) за время, равное постоянной времени нагрева, темпе­ратура перегрева проводника достигает 0,632 туст, при ох­лаждении за это время температура перегрева снижается

до 0,368 Туст- Практически за время /=(34-4)7' температу­ра проводника достигает установившегося значения. Таким образом, принимая по табл. 9.1 постоянную времени на­грева, можно сразу определить, за какое время температу­ра проводника данного сечения при данных условиях про­кладки достигнет установившегося значения, после чего нагрев проводника прекратится. Так, например, три прово­да марки АПРТО сечением 6 мм2, проложенных в одной трубе, достигнут перегрева через 12—16 мин, а сечением 95 мм2—через 82—109 мин. Более подробно этот вопрос рассмотрен в примере 9.1.

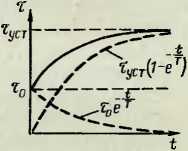
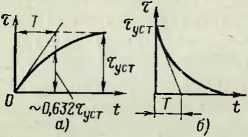


Рис. 9.1. Кривые нагрева (а) и охлаждения (6) проводника

Рис. 9.2. Изменение перегрева при переменной нагрузке

При переменной нагрузке, когда требуется определить температуру перегрева, начинающегося с некоторого зна- Та блица 9.1. **Постоянная времени нагрева** *Т* **для проводов с резиновой изоляцией и алюминиевыми жилами (приближенные данные)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Сечение жилы, им8 | Постоянная времени ***Т,*** мнн | | | |
| Одножильные про­вода, проложенные открыто на опорах | Проложенные в одной трубе | | |
| два провода | три провода | четыре провода |
| 4 | 2 | 2,1 | 2,5 | 3,4 |
| 6 | 2,6 | 3,4 | 4,0 | 5,3 |
| 10 | 3,6 | 5,7 | 6,4 | 8,1 |
| 16 | 4,8 | 7,9 | 9,4 | 11,6 |
| 25 | 6,1 | 11 | 13,3 | 16,6 |
| 35 | 7,6 | 13,3 | 16,6 | 20,4 |
| 50 | 10,2 | 16,2 | 20 | 24,1 |
| 70 | 12,7 | 18,7 | 23,4 | 28,1 |
| 95 | 15,5 | 22,4 | 27,2 | 31,9 |
| 120 | 18,2 | 25 | 31,6 | 35,7 |
| 150 | 20,7 | 28,4 | 34,8 | 40 |

Таблица 9.2. Значения е-‘/т и 1—е~‘/т при различных *Т*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***t/T*** | ***е-Чт*** | ***\~е~ЦТ*** | ***tsT*** | ***е-ЧТ*** | 1—***е \* Т*** |
| 0,1 | 0,905 | 0,095 | 1,1 | 0,333 | 0,667 |
| 0,2 | 0,82 | 0,18 | 1,2 | 0,3 | 0,7 |
| 0,3 | 0,742 | 0,258 | 1,3 | 0,273 | 0,727 |
| 0,4 | 0,671 | 0,329 | 1,4 | 0,248 | 0,752 |
| 0,5 | 0,607 | 0,393 | 1,5 | 0,224 | 0,776 |
| 0,6 | 0,55 | 0,45 | 2 | 0,136 | 0,864 |
| 0,7 | 0,497 | 0,503 | 2,5 | 0,082 | 0,918 |
| 0,8 | 0,45 | 0,55 | 3 | 0,05 | 0,95 |
| 0,9 | 0,407 | 0,593 | 4 | 0,015 | 0,985 |
| 1 | 0,368 | 0,632 | 5 | 0,006 | 0,994 |

чения то, процесс нагрева можно рассматривать как сумму двух процессов: нагрева с т=0 до т=туСт и охлаждения с Т=То до т=0.

Этот процесс может быть выражен уравнением

**Т = ТуСТ (1 — e~t/T) + Т0 е~^Т (9-5)**

и иллюстрируется рис. 9.2.

1. Длительно допустимые нагрузки проводников

Определенному значению длительно проходящего тока при неизменных температурах окружающей среды и усло­виях прокладки соответствует и определенная температура проводника. Соответственно наибольшей допустимой тем­пературе нагрева проводника устанавливается значение длительно допустимого тока, нормируемое ПУЭ. Это зна­чение зависит от материала, сечения проводника, темпера­туры окружающей среды, материала изоляции и способа прокладки.

Длительно допустимые нагрузки могут определяться на основе теплового расчета, однако, в особенности для изолированных проводов и кабелей, формулы получаются сложными, и поэтому в ПУЭ даются готовые таблицы до­пустимых токовых нагрузок, которые получены как рас­четным, так и экспериментальным путем. В ПУЭ приведе­ны средние температуры окружающей среды, для которых составлены таблицы. Если температура окружающей сре­ды существенно отличается от нормированной, то допусти-мне токовые нагрузки следует пересчитать, умножая нор­мированную нагрузку на коэффициенты, приведенные в ПУЭ.

Допустимые нагрузки на изолированные провода и ка­бали с алюминиевыми жилами для различных условий прокладки, а также поправочные коэффициенты на темпе­ратуру воздуха даны в табл. 9.5 и в ПУЭ. В гл. 10 даны необходимые указания по выбору плавких вставок предо­хранителей и расцепителей автоматических выключа­телей.

При наличии данных о допустимых токовых нагрузках и установившейся температуре (перегреве) проводника можно решать с достаточной для практики точностью за­дачи по определению установившейся температуры (пере­грева) при токовых нагрузках, отличающихся от допусти­мых. Так, перегрев Т] °C при токе *Ц* связан с длительно допустимым током /доп и допустимым перегревом тдоп сле­дующим выражением:

Т1 = Тдоп Zl^on. (9.6)

При выводе формулы (9.6) не учитывалось изменение сопротивления проводника в зависимости от его темпера­туры, так как при реально возможных перегревах прово­дов сети оно не имеет существенного значения. Строго го­воря, формула (9.6) отражает закономерность нагрева го­лых проводников. Однако, несмотря на различные условия охлаждения голых и изолированных проводов, можно счи­тать, что пересчет температур перегрева для последних по формуле (9.6) не дает заметных ошибок.

Выбор сечений проводов по допустимому нагреву при длительном режиме работы производится по формуле

^доп *^max^w* (^.7)

ГДе /*max* расчетный ток нагрузки, А; Ап— поправочный коэффициент на температуру окружающей среды (по ПУЭ).

Расчетный ток нагрузки, А, определяется по формулам:

а) для трехфазной четырехпроводной и трехпроводной сетей

*{тах = Ртах-* **103/(lZ3 I/„0M COS ф); (9.8)**

б) для двухфазной сети с нулевым проводом при вклю­чении электроприемников на фазное напряжение

*imax = Ртах-* **103/(2(/ф COS ф);** (9.9)

в) для однофазной сети

**/тах = ^ах-Ю3^фСО8ф), (9.Ю)**

где *Ртах —* расчетная максимальная нагрузка, кВт; Ь^вом — номинальное линейное напряжение, В; 1/ф— номи­нальное фазное напряжение, В.

Для сетей, питающих газоразрядные лампы, при опре­делении расчетного тока следует вводить повышающий коэффициент, учитывающий потери в пускорегулирующих аппаратах (ПРА), по следующим средним данным, кото­рые приняты в проектной практике: для люминесцентных ламп при стартерных схемах зажигания —1,2; при бес- стартерных — 1,3; для ламп типа ДРЛ и ДРИ — 1,1.

Коэффициент мощности cos ср следует принимать для линий, питающих электроприемники квартир, на основе указаний гл. 3; для электроприемников общественных зда­ний — по указаниям гл. 4. Для светильников с люминес­центными лампами рекомендуется принимать коэффици­ент мощности равным 0,95 для светильников с компенси­рованными ПРА и 0,5 с некомпенсированными ПРА, а с лампами типа ДРЛ, ДРИ — 0,57.

При выборе сечений проводов по условиям допустимо­го нагрева, кроме указанного выше, необходимо учиты­вать следующее:

1. В трехфазных четырехпроводных питающих линиях квартир имеет место постоянная неустранимая асиммет­рия токовых нагрузок в фазных проводах. Поэтому ПУЭ требуют принимать сечения нулевых проводов равными се­чениям фазных проводов при сечениях последних до 25 мм2 включительно (по алюминию). При больших сечениях фазных проводов сечения нулевых проводов должны выби­раться не менее 50 % сечений фазных проводов, но не ме­нее 25 мм2.
2. Для двухфазных и однофазных линий сечения нуле­вых проводов принимаются равными сечениям фазных проводов.
3. При выборе сечений нулевых проводов сетей осве­щения с газоразрядными лампами необходимо учитывать наличие в этих проводах токов высших гармонических со­ставляющих, кратных трем, которые существуют вследст­вие несинусоидальности кривых токов даже при равномер­ной нагрузке фаз. В связи с тем что в этих случаях ток в нулевом проводе может достигать, особенно при компен­сированных ПРА, 85—90 % тока в фазном проводе, сече-

ния нулевых проводов следует принимать равными сече­ниям фазных проводов.

1. При прокладке проводов в коробах и лотках допус­тимую токовую нагрузку следует принимать: а) при про­кладке проводов в лотках в один горизонтальный ряд — как для открыто проложенных проводов; б) при проклад­ке проводов в коробах и лотках пучками — как для проводов, проложенных в трубах.
2. При прокладке более четырех проводов в трубах, ко­робах, а также в лотках пучками следует принимать до­пустимую токовую нагрузку: а) для 5—6 одновременно нагруженных проводов — как для открыто проложенных проводов с коэффициентом 0,68; б) для 7—9 одновремен­но нагруженных проводов — как для открыто проложен­ных проводов с коэффициентом 0,63; в) для 10—12 одно­временно нагруженных проводов — как для открыто про­ложенных проводов с коэффициентом 0,6 [20].

Сечения проводов, проложенных в каналах строитель­ных конструкций, а также замоноличенных проводок мож­но выбирать, как для проводов в трубах. При прокладке проводов в пластмассовых трубах или электротехнических плинтусах теплоотдача в окружающую среду ниже, чем при прокладке в металлических трубах. В результате ис­следований АКХ, НИИмосстроя и ряда других организа­ций составлены таблицы допустимых нагрузок на указан­ные проводки, при этом допустимые нагрузки снижаются в среднем на 10—15 %.

1. Для четырехпроводных линий, проложенных в тру­бах или каналах строительных конструкций, питающих электроприемники (силовые и осветительные с лампами накаливания), допустимые токовые нагрузки принимают­ся, как для трех одножильных проводов, прокладываемых в одной трубе. Для таких же линий, питающих газоразряд­ные лампы, как для четырех одножильных проводов, про­кладываемых в одной трубе.
2. При повторно-кратковременном и кратковременном режимах работы сети (например, линии, питающие лиф­ты) расчетную токовую нагрузку, А, следует приводить к длительному режиму по формуле

*Imax.* прив

/тажКПВ /0,875 </доп.

(9.Н)

Формула (9.11) применяется для алюминиевых прово­дов сечением более 16 мм2. Для меньших сечений токовые

нагрузки, А, принимаются такими, как для длительного режима,

/тах</доп. (9.12)

При этом имеется в виду, что *1тах* приведено к темпе­ратуре окружающей среды [см. формулу (9.6) ].

**Пример 9.1.** Четырехпроводная линия, питающая электроприемни­ки квартир, сечением 3(1X50) + 1X25 мм2 выполнена алюминиевыми проводами марки АПВ и в течение некоторого времени нагружена, как показано в табл. 9.3. В течение 30 мин нагрузка остается постоянной. Температура окружающей среды 0о,с=25°С. Провода проложены в канале строительной конструкции.

Определить температуры нагрева жил проводов за время работы сети.

Решение. 1. Согласно ПУЭ для температуры окружающей сре­ды 0о,с=25°С (Кп=1) принимаем /дод = 130 А (/доп принято по столб­цу для трех проводов, проложенных в одной трубе, поскольку в сети нет газоразрядных ламп). При этом 0ДОп=65°С; тДоп=40эС.

1. Определяем отношение *1так* //д0П
2. Вычисляем значения установившегося перегрева для всех токо­вых нагрузок по интервалам по формуле (9.6).
3. По табл. 9.1 принимаем постоянную времени нагрева 7=20 мин. Тогда отношение интервала нагрузки к постоянной времени *Т*=30/20= = 1,5.
4. По табл. 9.2 принимаем 1—е\_</г=0,776 и *е~\**/т=0,224.
5. Определяем перегрев т( для каждого интервала времени по вы­ражению (9.5).
6. Определяем температуру провода

0Пр = т/ — 0о,с (9.13)

**Таблица 9.3. Изменение токовых нагрузок по часам суток (к примеру 9.1)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Часы (интервалы) | Нагрузка, А | Часы (интервалы) | Нагрузка. А | Часы (интервалы) | Нагрузка, А |
| 9.00—9.30 | 30 | 14.00—14.30 | 30 | 19.00—19.30 | 100 |
| 9.30—10.00 | 25 | 14.30—15.00 | 40 | 19.30—20.00 | 120 |
| 10.00—10.30 | 25 | 15.00—15.30 | 40 | 20.00—20.30 | 130 |
| 10.30—11.00 | 20 | 15.30—16.00 | 40 | 20.30—21.00 | 130 |
| 11.00—11.30 | 20 | 16.00—16.30 | 45 | 21.00—21.30 | 120 |
| 11.30—12.00 | 20 | 16.30—17.00 | 45 | 21.30—22.00 | 100 |
| 12.00—12.30 | 20 | 17.00—17.30 | 50 | 22.00—22.30 | 80 |
| 12.30—13.00 | 20 | 17.30—18.00 | 60 | 22.30—23.00 | 60 |
| 13.00—13.30 | 25 | 18.00—18.30 | 80 |  |  |
| 13.30—14.00 | 25 | 18.30—19.00 | 80 |  |  |

8 На основании проведенных расчетов построена кривая измене­ния температуры проводов в течение времени, указанного в табл. 9.3 (рис. 9.3). Как видно из рисунка, допустимая температура нагрева 65 °C имеет место в течение короткого промежутка времени. Благодаря это­му процесс старения изоляции идет медленнее.

' I Рис. 9.3. Кривая нагрева

*20*

*20*

77 73 75 77 75 Z7*1,4* проводов (к примеру 9.1)

1. Старение изоляции

Процесс старения изоляции зависит от нагревания про­водника и протекает на основе физико-химических зако­номерностей, согласно которым старение изоляции в отно­сительных единицах выражается так называемым «вось­миградусным правилом». Это значит, что каждые дополнительные 8° С нагрева ускоряют процесс старения (сокращают срок службы) изоляции вдвое.

Закон старения изоляции, т. е. отношение скорости из­носа изоляции при фактических длительно существующих нагрузках к скорости износа изоляции при длительной на­грузке по ПУЭ, которая принимается за единицу, выража- етя следующим уравнением

е<—едоп тГ~тдоп

*И* = 2 8 = 2 8 .

где 0/ и 0доп — температура нагрева жил проводов при фак­тических длительных нагрузках и длительно допустимых нагрузках по нормам, °C; *xt* и тДОп — перегревы (превыше­ния температуры) фактические и длительно допустимые по нормам, ° С.

(9J4)

При переменном графике нагрузки общее относитель­ное старение за интервал времени выражается форму лойгде *Иь И2,..., Ип—* относительные старения, рассчитанные по формуле (9.14) для каждого из интервалов графика на­грузки.

и = +... + ип 1п)Г£ t,

(9.15)

Если Я>1, то старение изоляции происходит скорее в *И* раз против нормы, что вызвано чрезмерным нагревом проводника. Напротив, при И<1 старение идет замедлен­но, что свидетельствует о неполном использовании про­водника.

Пример 9.2. Для условий нагрузки линий примера 9.1 определить общее относительное старение изоляции. Допустимый перегрев по нор­мам тДоп=40еС.

Решение. 1. Для каждого интервала времени по формуле (9.14) рассчитывается относительное старение изоляции. Данные расчетов сведены в табл. 9.4.

Таблица 9.4. Относительное старение изоляции по часам суток (к примеру 9.2) \*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Интервалы | Продолжи­тельность интервала ***t,*** мин | Перегрев в рассматри­ваемый пери­од, °C | ***xt*** тдоп | ***xt*** тдоп  И=2 8 | ***Ш,*** мни |
| **8** |
| 9.00—9.30 | 30 | 1,6 | —4,8 | 0,04 | 1,2 |
| 9.30—10.30 | 60 | 1,5 | —4,9 | 0,03 | 1,8 |
| 10.30—11.00 | 30 | 1,1 | —4,9 | 0,03 | 0,9 |
| 11.00—13.00 | 120 | 1 | —4,9 | 0,03 | 3,6 |
| 13.00—13.30 | 30 | 1,4 | —4,8 | 0,04 | 1,2 |
| 13.30—14.00 | 30 | 1,5 | —4.9 | 0,03 | 0,9 |
| 14.00—14.30 | 30 | 2 | —4,7 | 0,04 | 1,2 |
| 14.30—15.00 | 30 | 3,4 | —4,7 | 0,046 | 1,4 |
| 15.00—15.30 | 30 | 3,7 | —4,6 | 0,04 | 1,2 |
| 15.30—16.00 | 30 | 3,8 | —4,5 | 0,045 | 1,4 |
| 16.00—16.30 | 30 | 4,6 | —4,4 | 0,04 | 1,2 |
| 16.30—17.00 | 30 | 4,7 | —4,4 | 0,04 | 1.2 |
| 17.00—17.30 | 30 | 5,6 | —4,3 | 0,04 | 1,2 |
| 17.30—18.00 | 30 | 7,8 | —4 | 0,09 | 2,7 |
| 18.00—18.30 | 30 | 13,5 | —3,4 | 0,1 | 3 |
| 18.30—19.00 | 30 | 14,8 | —3,2 | 0,11 | 3,3 |
| 19.00—19.30 | 30 | 21,5 | —2,3 | 0,2 | 6 |
| 19.30—20 00 | 30 | 31,5 | —1,1 | 0,4 | 12 |
| 20.00—20.30 | 30 | 38,1 | —0,2 | 0,85 | 25,5 |
| 20.30—21.00 | 30 | 39,5 | —0,1 | 1,0 | 30 |
| 21.00—21.30 | 30 | 35,5 | —0,6 | 0,64 | 19,4 |
| 21.30—22.00 | 30 | 26,3 | —1.7 | 0,29 | 8,7 |
| 22.00—22.30 | 30 | 17,7 | —2,8 | 0,17 | 5,7 |
| 22.30—23.00 | 30 | 10,5 | —4,9 | 0,03 | 0,9 |
| Итого. . | 840 |  | **1** | **1** | 135,6 |

2. Определяем общее относительное старение изоляции.

*И =* 135,6/840 = 0,16.

В рассматриваемом примере установлено недостаточ­ное использование изоляции проложенных проводов. Это характерно для жилых зданий, графики нагрузки которых близки к приведенному в примере. Поэтому выбранные сечения проводов по условиям нагрева всегда оказываются не полностью использованными с точки зрения износа изо­ляции. Следует, однако, подчеркнуть, что применение по-

Таблица 9.5. Допустимые длительные нагрузки, А, для проводников с алюминиевыми жилами

|  | Провода с резиновой н поливиннлхло- | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | ридной изоляцией | | | |  |
| К |  |  |  |  |  |  |
| ч |  |  |  |  |  |  |
| о *т* |  | прокладываемые в общей трубе. | | | | |
| с  к s  о \* | <D а |  |  |  |  |  |
| ж |  |  |  |  | семь-девять  одножильных |
| Сечение тот- щей жилы, | прокладыва, открыто | два одно­жильных | три одно- ! ЖИЛЬНЫХ | четыре одно жильных | пять-шесть одножильнь |
| 2 | 21 | 19 | 18 | 15 |  |  |
| 2,5 | 24 | 20 | 19 | 19 | 16 | 15 |
| 3 | 27 | 24 | 22 | 21 | — | — |
| 4 | 32 | 28 | 28 | 23 | 22 | 20 |
| 5 | 36 | 32 | 30 | 27 | — | —. |
| 6 | 39 | 36 | 32 | 30 | 27 | 25 |
| 8 | 46 | 43 | 40 | 37 | — | — |
| 10 | 60 | 50 | 47 | 39 | 41 | 38 |
| 16 | 75 | 60 | 60 | 55 | 51 | 47 |
| 25 | 105 | 85 | 80 | 70 | 71 | 66 |
| 35 | 130 | 100 | 95 | 85 | —. | -— |
| 50 | 165 | 140 | 130 | 120 | — | — |
| 70 | 210 | 17э | 165 | 140 | — | — |
| 95 | 255 | 215 | 200 | 175 | — | *—-* |
| 120 | 295 | 245 | 220 | 200 | —- | *—* |
| 150 | 340 | 275 | 255 | — | —— |  |
| 185 | 390 | — | — | — | —. | — |
| 240 | 465 | — | — | \_\_ | — | — |
| 300 | 535 | ——. | — |  | — | — |
| 400 | 645 | — | — | — | —. | — |

Кабели с резиновой изоля-  
цией в свинцовой, поливи-  
нилхлоридной и негорючей  
резиновой оболочках, бро-  
нированные и небронирован-  
ные, прокладываемые откры-  
то

21

29

38

55 70 90 105 135 165 200 230 270 310

19

27

32

42 60 75 90 НО 140 170 200 235 270

Примечание. Прн прокладке проводов скрыто (под штукатуркой, в ка­налах, бороздах, замоноличенных и т. п.) допустимые нагрузки принимаются, как для проводов, проложенных в трубах.

вишенных нагрузок проводов для жилых зданий по срав­нению с указанными в ПУЭ, что могло бы быть оправда­но низким коэффициентом заполнения суточного графика нагрузки, невозможно из-за отсутствия в настоящее время теоретических и экспериментальных работ по данной проб­леме.

Следует ожидать, что в будущем такие работы будут выполнены, причем наряду с рассмотрением проблемы ста­рения изоляции в комплексе следует учесть и такие важ­нейшие факторы, как ухудшение контактных соединений при повышенных нагревах и другие вопросы пожарной и электробезопасности, а также экономические факторы.

В табл. 9.5 приведены допустимые длительные нагрузки для проводников с алюминиевыми жилами. Для 4-жиль­ных кабелей токи последнего столбца умножаются на 0,92.

Глава десятая

ЗАЩИТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

1. Виды защиты электрической сети

Даже в правильно спроектированной и экЬплуатируемой электроустановке всегда остается вероятность появления аварийных режимов, которые могут привести к выходу из строя электрооборудования, иногда к пожару и уничтоже­нию имущества, а также к резкому повышению опасности для соприкасающихся с ним людей.

К аварийным режимам прежде всего относятся *корот­кие замыкания* одно-, двух- и трехфазные; последнее явля­ется наиболее тяжелым из КЗ, однако оно бывают значи­тельно реже, чем однофазные и двухфазные КЗ. Чаще все­го КЗ происходят в результате пробоя или перекрытия изо­ляции или из-за неправильной сборки схемы и неквалифи­цированного обращения с электроприборами.

Токи КЗ, органиченные лишь весьма небольшими соп­ротивлениями короткозамкнутой цепи, могут достигать значений, в десятки раз превышающих номинальные токи присоединенных электроприемников, а также допустимые токи проводников. Токи КЗ оказывают значительное дина­мическое и термическое действие на токоведущие части и вызывают выход их из строя. Именно поэтому важно лока­лизовать аварию — отключить в возможно короткий срок поврежденный участок сети.

Другим распространенным видом аварии в электричес­ких сетях являются непредусмотренные нормальным ре­жимом работы перегрузки, при которых имеет место про­хождение по подводящим проводникам, в обмотках элект­родвигателей и трансформа горов повышенных токов, вызывающих их нагревание сверх допустимого. Перегрузки тоже могут принести большой вред, так как вызывают ус­коренное старение и разрушение изоляции, что может в свою очередь привести к КЗ. Тем не менее перегрузки' не приводят к немедленному выходу из строя электроустано­вок. Во многих случаях, особенно при наличии квалифици­рованного эксплуатационного персонала и достаточного контроля за режимом работы электрооборудования, такие перегрузки маловероятны.

Ниже приведены основные требования в отношении за­щиты сетей до 1000 В применительно к жилым и общест­венным зданиям (ПУЭ, гл. Ш-1).

**Защита** от **коротких замыканий.** Все электрические се­ти жилых и общественных зданий должны иметь защиту от токов КЗ с наименьшим временем отключения и обеспе­чением по возможности требований селективности. При этом защита должна обеспечивать отключение аварийного участка при КЗ в конце защищенной линии: а) однофаз­ных и многофазных — в сетях с глухозаземленной ней­тралью; б) двухфазных и трехфазных — в сетях с изоли­рованной нейтралью. Минимальные кратности токов КЗ, при которых обеспечивается работа защиты, и методика расчета токов КЗ приведены в гл. 15.

Требование о наименьшем времени отключения обеспе­чивается правильным выбором аппаратов защиты, их над­лежащей конструкцией и защитной характеристикой. Что касается селективности действия, то ПУЭ требуют ее соб­людения лишь по возможности. Существо вопроса состоит в том, что токи КЗ проходят через все аппараты защиты, установленные в цепи, начиная от источника питания, а не только через аппараты, ближайшие к месту повреждения.

Одновременное мгновенное срабатывание всех аппара­тов защиты цепи неизбежно вызвало бы прекращение пи­тания большой группы электроприемников, подключенных к исправным участкам цепи. Такой перебой в электроснаб­жении при КЗ в любом элементе сети, конечно, крайне не­желателен. Следовательно, целесообразно так выбирать и размещать аппараты защиты, чтобы их срабатывание про­исходило с некоторым сдвигом по времени (выдержкойвремени) по мере их удаления в сторону источника пита­ния или головного участка сети, В этом и заключается из­бирательность (селективность) действия защиты, которая при применяемых в настоящее время в сетях до 1000 В ап­паратах защиты (предохранители и автоматические вы­ключатели) может быть достигнута не всегда.

При больших значениях токов КЗ возможны неселек­тивные срабатывания защиты вследствие разброса харак­теристик, особенно предохранителей. Вместе с тем любая задержка с отключением поврежденного участка опасна, так как может привести к еще большим повреждениям.

Поэтому при проектировании приходится решать воп­рос о том, что важнее: добиваться быстроты отключения или обязательно добиваться селективности. По-видимому, для жилых и большинства общественных зданий первое требование следует считать более важным. При этом надо еще учесть, что соблюдение селективности во многих слу­чаях может потребовать увеличения сечений проводов, т. е. удорожания всей электроустановки.

Лишь в крупных уникальных общественных зданиях или других особо ответственных объектах (музеи, театры и т. п.), несмотря на перерасход проводникового материа­ла, необходимо более серьезное внимание уделять селек­тивности действия защиты, однако приоритет требования о быстром отключении остается в силе.

**Защита от перегрузки.** От перегрузки должны быть за­щищены все сети внутри помещений, выполненные откры­то проложенными незащищенными изолированными про­водниками с горючей оболочкой. Кроме того, защите от пе­регрузки в жилых и общественных зданиях подлежат сети, выполненные защищенными проводниками, проводниками, проложенными в трубах, в несгораемых строительных кон­струкциях, к которым присоединены *осветительные* элек­троприемники, а также *бытовые и переносные электропри­емники* (утюги, чайники, электроплитки, комнатные холо­дильники, стиральные машины, пылесосы и т. п.).

Силовые сети защищают от перегрузки лишь при от­крытой прокладке этих сетей незащищенными изолирован­ными проводниками с горючей оболочкой, а также и при скрытой прокладке или при открытой прокладке защищен­ными проводами и кабелями, но лишь в тех случаях, когда по условиям технологического процесса или режиму ра­боты сети может возникать длительная перегрузка прово­дов и кабелей. Как правило, в жилых и общественных зда­ниях таких условий в силовых сетях не существует, поэто­му они защищаются только от КЗ. Исключение составляют сети к силовым электропрнемникам (лифты, противо­пожарные устройства и т. п.), относящиеся к первой ка­тегории по надежности электроснабжения, при централизо­ванной установке устройств АВР (например, на ВРУ). Та­кие сети целесообразно защищать и от перегрузки.

1. Аппараты защиты

Для защиты внутренних сетей жилых и общественных зданий 380/220 В применяются плавкие предохранители и автоматические воздушные выключатели.

Силовые электроприемники, кроме того, часто защища­ются от перегрузок с помощью тепловых реле, встроенных в магнитные пускатели. Магнитные пускатели осуществля­ют при этом и защиту от самозапуска при кратковремен­ном исчезновении напряжения. Самозапуск допускается лишь в системах дымозащиты и в цепях пожарных насо­сов, что следует учитывать при расчете сетей и выборе ап­паратов защиты.

Однако главные контакты магнитных пускателей не рассчитаны на отключение токов КЗ. Кроме того, тепло­вые реле большинства существующих конструкций магнит­ных пускателей сами нуждаются в защите от КЗ, так как при прохождении токов КЗ нагревательный элемент может перегореть быстрее, чем реле успеет отключить электро­двигатель. Поэтому при применении магнитных пускателей с тепловыми реле для защиты от перегрузок необходимо дополнительно устанавливать в этих цепях предохраните­ли или автоматические выключатели для защиты от КЗ.

Разрешается [24] считать эти реле термически стойкими без проверки расчетом, если ответвление к электропри­емнику защищено плавкой вставкой с номинальным током, не превышающим наибольшего длительного допустимого тока теплового реле больше чем в 4 раза, или автоматиче­ским выключателем, номинальный ток теплового расцепи­теля которого превышает длительно допустимый ток теп­лового реле более чем в 2 раза.

В данной книге детально не рассматриваются конст­рукции и принципы работы аппаратов защиты, поскольку по этим вопросам имеются детальные описания в техниче­ской литературе и каталогах. Здесь приводятся лишь не­которые технические данные предохранителей и автомати­ческих выключателей новых серий, широко применяемых во внутренних сетях жилых и общественных зданий.

В настоящее время в силовых и осветительных сетях почти повсеместно устанавливаются предохранители серии ПН-2 с патронами, наполненными кварцевым песком. Внут­ри патрона располагается плавкая вставка. В таких засып­ных предохранителях интенсивному дугогашению способ­ствует разветвление дуги в тончайших промежутках меж­ду зернами песка. В результате резко снижается давление в патроне при испарении материала вставки. Деионизация и гашение дуги происходят настолько быстро, что при КЗ ток не успевает достигнуть своего амплитудного значения. Поэтому подобные предохранители являются *токоограни­чивающими.* Так, например, предохранители серии ПН-2 с патронами на 100 и 250 А пропускают ток не более 5 кА, при установке в сетях со значительно большими тока- мими КЗ.

Предохранители серии НПН, выпускаемые на токи до 60 А, по принципу действия аналогичны предохранителям ПН-2. На квартирных щитках еще широко применяются плавкие пробочные предохранители Н-20.

В некоторых электроустановках можно встретить раз­борные предохранители с фибровой трубкой серии ПР-2, в которых дугогашение происходит за счет интенсивного выделения газов с поверхности фибры при перегорании вставки. Эти предохранители работают значительно хуже засыпных.

В табл. 10.1 приведены основные технические данные предохранителей ПР-2, ПН-2 и НПН.

**Защитные характеристики предохранителей.** Время рас­плавления плавкой вставки предохранителя зависит от си­лы тока. Чем больше ток, тем быстрее расплавляется плав­кая вставка. Зависимость полного времени отключения (продолжительность расплавления плавкой вставки и горе­ния дуги) от отключаемого тока называется время-то- ковой или защитной характеристикой. По­скольку с повышением кратности тока время перегорания плавкой вставки уменьшается, характеристика называется обратнозависимой.

На рис. 10.1 приведены усредненные время-токовые ха­рактеристики предохранителей ПН-2. Отметим, что в за­висимости от производственных допусков, материала встав­ки, его старения, состояния контактных соединений, влия­ния окружающей среды время срабатывания при одном и

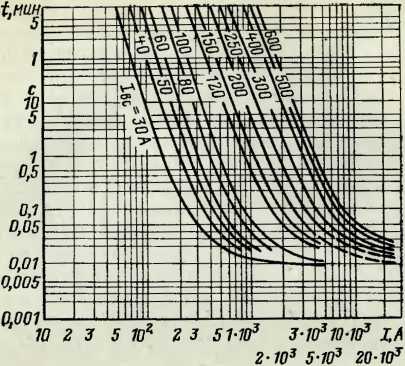


Рис. 10.1. Усредненные время-токовые характеристики предохраните­лей серии ПН-2

**Таблица 10.1. Технические данные некоторых типов предохранителей**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип предо- кранителя | Номи­нальный ток пат­рона, А | Номинальный ток плав­кой вставки, А | Конструкция патрона | Предель­ный ток отключе­ния при напряже­нии до 500 В. кА |
| ПР-2 | 1э | 6, 10, 15 | Разборный без | — |
|  | 60 | 15, 20, 25, 35, 45,  60 | наполнителя | — |
|  | 100 | 60, 80, 100 |  |  |
|  | 200 | 100, 125, 160, 200 |  | — |
|  | 350 | 200, 225, 260, 300,  350 | • | — |
|  | 600 | 350, 450, 500, 600 |  | ■ |
|  | 1000 | 600, 700, 850, 1000 |  | — |
| ПН-2-100 | 100 | 30, 40, 50, 60, 100 | Разборный с | 50 |
| ПН-2-250 | 250 | 80, 100, 120, 150, 200, 250 | наполнителем | 40 |
| ПН-2-400 | 400 | 200, 250, 300, 350, 400 |  | 25 |
| ПН-2-600 | 600 | 300, 400 , 500, 600 |  | 25 |
| ПН-2-1000 | 1000 | 500, 600, 750, 800, 1000 |  | 10 |
| НПН-15 | 15 | 6, 10. 15 | Неразбориый с | — |
| НПН-бОм | 60 | 20, 25, 35, 45, 60 | наполнителем | —— |

том же токе может колебаться в значительных пределах (до 6с±50 %)• Это является крупным недостатком плавких предохранителей, затрудняющим селективную работу за­щиты.

Рекомендуется для обеспечения избирательной работы предохранителей, чтобы каждая последующая в сторону источника питания плавкая вставка была на две ступень­ки больше предыдущей, если это не приводит к увеличению сечения проводов. Разница в одну ступень является обяза­тельной во всех случаях. Как отмечалось, для особо ответ­ственных зданий выбор плавких вставок предохранителей должен производиться с учетом разброса по защитным ха­рактеристикам.

**Автоматические выключатели** являются более совер­шенными аппаратами защиты, обладающими рядом пре­имуществ:

1. При перегрузке или КЗ автоматический выключа­тель отключает все три фазы защищаемого ответвления к электродвигателю, предотвращая возможность его работы на двух фазах.
2. Автоматический выключатель после срабатывания вскоре снова готов к работе, в то время как в предохрани­теле требуется замена калиброванной вставки или даже патрона.
3. Автоматические выключатели имеют более точные защитные характеристики, чем предохранители.
4. Автоматические выключатели помимо функций за­щиты могут быть использованы для нечастых коммута­ций цепей, в которых они установлены. Таким образом, они совмещают функции защиты и коммутации.
5. Некоторые типы автоматических выключателей име­ют встроенные вспомогательные контакты, используемые в цепях блокировки и сигнализации, а также независимые расцепители, позволяющие осуществлять дистанционное отключение. Выпускаются также автоматические выклю­чатели с электроприводом, позволяющим производить ди­станционное включение аппарата.
6. Автоматические выключатели исключают возмож­ность применения некалиброванных элементов, что, к со­жалению, часто практикуется в установках с плавкими предохранителями.

Наиболее часто применяемые автоматические выключа­тели могут снабжаться тепловыми, электромагнитными или комбинированными расцепителями (последние пред-

**Z Таблица 10.2. Основные технические характеристики трехполюсиых автоматических выключателей серии АЕ20**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тнп автома­тического выключателя | Номи­нальный ток, А | Типоисполнение автоматического выключателя | Номинальные токи тепло­вых расцепи­телей. А | Тип расцепи­теля | Допустимый ударный ток короткого замыкания одноразовой коммутаци­онной спо­собности при частоте 50 Гц, кА | Коммутационная способность | | Степень защиты выклю­чателя |
| Ударный ток короткого замыкания прн 220 и 380 В, кА | Действую­щее значение тока корот кого замыка­ния, кА |
| АЕ2010 | 10 | АЕ2016-10  АЕ2016-20 | 0,32; 0,4; 0,5  0,6; 0,8; 1  1,25; 1,6 | Комбини­рованный | Не ограни­чен | 5,0 | 3,0 | IP00 |
|  |  | АЕ2016-10Н | 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6 | То же | То же | 1,5 | 0,9 | IP20 |
|  |  | АЕ2016-20Н | 8; 10 | » | » | 2 | 1,2 | IP20 |
| АЕ2030 | 25 | АЕ2036-10 | 0,6; 0,8; 1; | » | 10 | 5 | 3 | IP00 |
|  |  | АБ2036-20 | 1,25; 1,6 |  |  |  |  |  |
|  |  | АЕ2036-30 | 2; 2,5; 3,2; | » | 10 | 2,5 | 1,6 | 1Р00 |
|  |  | АЕ2036-40 | 4; 5; 6; 8,0; |  |  |  |  |  |
|  |  | АЕ2036-10Р | 10; 12,5 |  |  |  |  |  |
|  |  | АЕ2036-20Р | 16; 20; 25 | » | 10 | 5 | 3 | IP00 |
|  |  | АЕ2036-30Р |  |  |  | 5 | 3 | IP20 |

АЕ2040

АЕ2050

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 63 | АЕ2036-40Р  АЕ2046-10 | 10; 12,5 | Комбиниро­ | 10 | 3,5  3,5 | 2  2 | IP54  1Р00 |
|  | АЕ2046-20  АЕ2046-30  АЕ2046-40 |  | ванный и электромаг­нитный |  |  |  |  |
|  | АЕ2046-10Р | 16; 20; 25 | То же | 10 | 5 | 3 | IP00 |
|  | АЕ2046-20Р  АЕ2046-30Р  АЕ2046-40Р | 32; 40; 50  63 | » | 16 | 10 | 6 | 1Р00 |
| 100 | АЕ2056-10  АЕ2056-20  АЕ2056-30 | 16; 20; 25 | » | 10 | 5 | 3 | 1Р00 |
|  | АЕ2056-40  АЕ2056-10Р | 32; 40 | » | 25 | 10 | 6 | IP00 |
|  | АЕ2056-20Р  АЕ2056-30Р  АЕ2056-40Р | 50; 63;  80; 100 | » | 25 | 16 | 9 | IP00 |

выключателя; 20 — порядковый

номер разработки; первая цифра 1, 3, 4, 5 —условное соответственно 10, 25, 63, 100 А; вторая цифра 6 —

Обозначения: АЕ — условное обозначение

обозначение ве тичнны выключателя в зависимости от номинального тока соответственно 10, 25, ЬЗ, 1ОО А, вторая цифра о трсхполюсные с тепловым и электромагнитным расцепителями; третья цифра I, 2, 3. 4- условное обозначение наличия***■ свободн*** контактов, соответственно; отсутствуют, 1 замыкающий. I размыкающий, 1 замыкающий и I размыкающий, четвертая цифра , 1, 2, 3 —условное обозначение дополнительных расцепителей соответственно: отсутствуют, минимальный, независимый, мииималь ный и независимый; буква Н - регулируемый без температурной компенсации. Допускает регулировку в "Ре®елах ‘И?{к

нального тока расцепителя; буква Р - регулируемый с температурной компенсацией. Допускает регулировку в пределах и,а 1,1» номинального тока расцепителя.

ставляют собой сочетание теплового и электромагнитного расцепителей). Время срабатывания тепловых расцепите­лей автоматических выключателей, так же как и предо­хранителей, уменьшается с увеличением тока, т. е. они име­ют обратнозависимую от тока характеристику. Электро­магнитные расцепители срабатывают практически мгновенно при токе, на который они отрегулированы.

Расцепители характеризуются *номинальным током, т. е.* током, который они выдерживают неограниченно долго, что гарантируется заводом-изготовителем. Наименьший ток, вызывающий отключение автоматического выключа­теля, называется *током трогания* или *током срабатывания.* Под *уставкой расцепителя* понимается настройка его на выбранное значение гока трогания. Уставка тока электро­магнитного расцепителя на мгновенное срабатывание на­зывается *отсечкой.* Важно подчеркнуть, что номинальный ток автоматического выключателя характеризует пропуск­ную способность его контактных частей и соответствует но­минальному току его наибольшего теплового расцепителя.

**Автоматические выключатели разделяются на нерегу­лируемые и регулируемые.** К первым относятся автомати­ческие выключатели, уставки расцепителей которых отре­гулированы на заводе-изготовителе и никаких приспособ­лений для регулировки в процессе монтажа и эксплуатации не имеют. Другая группа снабжена специальными при­способлениями, позволяющими менять ток уставки путем воздействий на механическую систему автоматического выключателя.

Некоторые типы автоматических выключателей (АВМ «Электрон») на большие токи (1000 А и более) снабжа­ются часовыми механизмами, с помощью которых возмож­но обеспечить селективную работу защиты.

В табл. 10.2 приведены основные технические характе­ристики серии автоматических выключателей АЕ20. В таб­лице даны лишь данные для трехполюсных выключателей переменного тока (выпускаются также одно-, двух- и че­тырехполюсные) с комбинированными расцепителями, по­скольку имеющие только электромагнитные расцепители (отсечки) в сетях жилых и общественных зданий применять не рекомендуется. Некоторые аппараты данной серии (АЕ2033-12, АЕ2043-12, АЕ2053-12) имеют независимый расцепитель, предназначенный для дистанционного отклю­чения, однако они имеют только электромагнитный расце­питель. Возможно регулирование номинальных токов рас-целителей в пределах 0,9—1,15 (только промежуточных значений номинального тока). Расцепители с номинальным током, равным номинальному току автоматического вы­ключателя, регулируются только в сторону уменьшения.

На рис. 10.2 приведены защитные характеристики ав­томатических выключателей серии АЕ20 при наличии устройств температурной компенсации (рис. 10.2, *а)* и без температурной компенсации (рис. 10.2,6), а на рис. 10.3 дана зависимость кратности их тока срабатывания от тем­пературы окружающей среды. Автоматические выключате­ли серии АЕ20 выпускаются па номинальные токи 10, 25, 63 и 100 А. Уставка электромагнитных расцепителей по то­ку срабатывания в зоне КЗ (ток отсечки) для всех выклю­чателей серии ЛЕ20 равна 12/р. Электромагнитные расце­пители не срабатывают при токе, равном 0,8 тока уставки, и срабатывают в течение 0,04 с при токе 1,2 тока уставки и более.

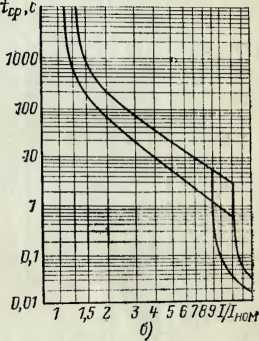
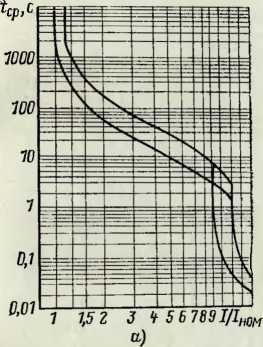


Рис. 10.2. Защитные характеристики выключателей серии АЕ20 с ком­бинированными расцепителями при температуре 20 °C:

***а—*** с температурной компенсацией; ***б —*** без температурной компенсации

Автоматические выключатели серии А37 выпускаются на номинальные токи 160, 250 и 630 А и широко применя­ются для установки на вводно-распределительных устрой­ствах и распределительных щитах. Они предназначены для нечастых оперативных включений и отключений электри­ческих цепей до 220 В постоянного тока и до 380 В пере-

Таблица 10.3. **Основные технические характеристики трехполюсных автоматических выключателей А37 переменного тока стационарного исполнения (до 380 В, 50 Гц)**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ТИп выключа­теля | Номинальный ток автоматического выключателя, А | Номинальный ток, А | | Номинальная устав­ка тока расцепителя, А | | Предельная коммутацион­ная способ­ность, удар­ный ток КЗ при 380 В, 50 Гц, кА |
| электро-  - агннтно- го рас­цепителя | теплово­го расце­пителя | тепло­вого | электро­магнит­ного |
| А3716ФУЗ | 160 | 160 | 16 | 18 | 630 | 5,5 |
|  |  |  | 20 | 23 | 630 | 10 |
|  |  |  | 25 | 29 | 630 | 15 |
|  |  |  | 32 | 37 | 630(1600) | 20 |
|  |  |  | 40 | 46 | 630(1600) | 20 |
|  |  |  | 50 | 58 | 630(1600) | 25 |
|  |  |  | 63 | 73 | 630 (1600) | 25 |
|  |  |  | 80 | 92 | 630 (1600) | 25 |
|  |  |  | 100 | 115 | 630 (1600) | 25 |
|  |  |  | 125 | 144 | 630 (1600) | 25 |
|  |  |  | 160 | 184 | 630(1600) | 25 |
| А3726ФУЗ | 250 | 250 | 160 | 184 | 2500 | 35 |
| -■ |  | X | 200 | 230 | 2500 | 35 |
|  |  |  | 250 | 288 | 2500 | 35 |
| А3736ФУЗ | 630 | 400 | 250 | 288 | 5000 | 50 |
|  |  |  | 320 | 368 | 3200 | 50 |
|  |  |  | 400 | 460 | 4000 | 50 |
|  |  | 630 | 500 | 575 | 5000 | 50 |
|  |  |  | 630 | 725 | 6300 | 50 |

Примечания: 1. Ток, который выключатель может отключать 1 раз, по- еле чего его дальнейшая работа не гарантируется, превышает предельную ком­мутационную способность на 2—3 кА.

1. Токи включения независимого расцепителя при напряжении 380 В для вы­ключателей I и II величины 4.3 А, III величины —4,5 А.
2. Токи включения дистанционного привода при напряжении 380 В для вы­ключателей I и II величины 6 А, III величины — 18 А.
3. Ток включения вспомогательных контактов 12 А, ток отключения 4 А. Предельная коммутационная способность 15 А.
4. Обозначения: Ф — фенопластовый корпус; У — для умеренного климата; 3 —категория размещения по ГОСТ 15543—70.

менного тока частотой 50 или 400 Гц, а также для защиты цепи при КЗ, перегрузках и недопустимых снижениях на­пряжения.

Автоматические выключатели изготовляются двух- и трехполюсными и имеют стационарное и выдвижное испол­нение, что обеспечивает большие удобства при конструиро­вании блочных распределительных устройств. Защитными элементами в них являются электромагнитные, тепловые

или те и другие (комбинированные) расцепители. Имеется также неавтоматическое исполнение.

В табл. 10.3 даны основные технические данные трех­полюсных автоматических выключателей серии А37 пере­менного тока напряжением до 380 В, частотой 50 Гц с элек­тромагнитными и тепловыми расцепителями, применяемых в электроустановках жилых и общественных зданий.

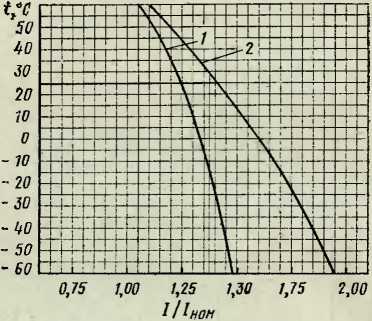


Рис. 10.3. Зависимость кратности тока срабатывания автоматических выключателей серин АЕ20 от температуры окружающей среды:

***1 —*** с температурной компенсацией; ***2 —*** без температурной компенсации

Автоматические выключатели данной серии могут снаб­жаться дополнительно независимым расцепителем для ди­станционного отключения, расцепителем минимального на­пряжения, отключающим выключатель при снижении на­пряжения до 30 % номинального, электромагнитным и руч­ными приводами и набором специальных контактов для работы в схемах управления.

Защитная характеристика выключателей серии А37 с тепловыми расцепителями с обратнозависимой от тока выдержкой времени приведена на рис. 10.4.

Кроме описанных выше следует отметить широко при­меняемые двух- и трехполюсные автоматические выключа­тели АП50 с электромагнитными и тепловыми расцепителя­ми, регулируемыми в пределах (0,6-Е- 1)/Ном на номиналь­ные токи 1,6; 2,5; 4; 6,4; 10; 16; 25; 40 и 50 А[[10]](#footnote-11), а также

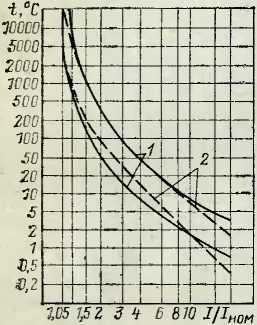
автоматические выключатели серии АК-63, оборудованные электромагнитными или электромагнитными с гидравличе­ским замедлением расцепителями, все еще выпускаемые однополюсные автоматические выключатели АБ-25м с тепловыми расцепителями на номинальные токи 15, 20, 25 А, а также новые однополюсные автоматические выклю­чатели АЕ1031 с комбинированными расцепителями 6, 10, 16, 25 А.

Рис. 10.4. Защитные характерис­тики тепловых расцепителей авто­матического выключателя А-37 при трехполюсной (для трехпо- люсиого выключателя) и двухпо­люсной (для двухполюсного вы­ключателя) нагрузке и темпера­туре окружающего воздуха 40 СС:

***1 —*** для выключателя I величины с теп­ловыми расцепителями на номиналь­ный ток 100, 125 и 160 А переменного тока частотой 50 Гц; ***2—*** для выключа­теля II величины с тепловыми расце­пителями на номинальный ток 160, 200 и 250 А переменного тока частотой 50 Гц

1. Выбор и размещение аппаратов защиты

Выбор аппаратов защиты производится с учетом сле­дующих основных требований:

1. Напряжение и номинальный ток аппаратов должны соответствовать напряжению и расчетному длительному току цепи. Номинальные токн расцепителей автоматиче­ских и плавких вставок предохранителей нужно выбирать по возможности наименьшими по расчетным токам этих участков сети. Аппараты не должны отключать установку при перегрузках, возникающих в условиях нормальной экс­плуатации, например при включении короткозамкнутого электродвигателя, одновременном включении группы ламп и т. п.
2. Аппараты защиты должны обеспечивать надежное отключение одно- и многофазных замыканий в сетях с глу- хозаземленной нейтралью (см. гл. 15).
3. Должна быть обеспечена по возможности селектив­ность действия защиты.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Расчетные формулы | 1 Силовые сети | Линии к группам электроприемников | 1 */ >1*  *‘картах* цуск^"/*max )1а*  /р>1.1 *Сах*  /р>1,1 / тах  ^уст, ЭО^ 1 ’2(/пусК^”  *max),* |
| Линии к одиночным электроприемкикам | К  о m в - S  Я к \* о # я  о о \* к СЧ  и Р>» л ~  и ю Й ~'  А "7 1 А  о А \* о  и и . А  - Л Д ь  ft <7 о  •\*\* |
| Осветительные сети | | Лампы ДРЛ,  ДРИ, ДНаТ | *1* вс> 1.2*1тах* /р>1 3/ *щах 1* р> 1,3 / тах |
| Люминесцент­ные лампы | *Ibc^I max Ip^Imax I I max* |
| Лампы нака­ливания | *1 BC^lmax*  *3^1 max*  *I*  *max* |
| Аппарат защиты  ***i*** | | | о в E s § ° <U 2 3 ? s И 2  <u ь >. 2« ° о w ex сь сь ®  ex л я С® о я я - so я £  e ч “ g a « о- 5 о И 4  3 о Q.S g о ?> \_ 5  cs s 5 s s »s й у § « ®  Jx! E Я ® О 3 О О 2 3  и 3 э5- 2 к О’ 2 § ь о ч  СЗ Е га о ® ь ° к к к X  |g  «3 0\*4 И S я и « Щ S О й  S га ш £ s о- ® S  х ш о х Г? сз 5 »q u S CL|  C s H S S S S Н и 2 ® и Q,  Ч4 О >» E- о к S^OOqjO  \*>< H О CUO St E^SEC^b |

**Таблица 10.4. Расчетные формулы для выбора аппаратов защиты в осветительных и силовых сетях**

• Формула дана для автоматических выключателей с кратностью тока отсечки не менее 10.

\*\* При установке автоматических выключателей в шкафу повышающие коэффициенты не вводятся, так как формулы спра­ведливы для температуры окружающей среды 40 “С. Для лнинй к электропрнемннкам, не оборудованным электродвигателями, ко- эффицеиты 1,25 и 1.1 не вводятся.

Примечание. Приведенные в таблице коэффициенты приняты с учетом апериодической составляющей пускового тока.

С учетом указанных требований следует выбирать плавкие вставки предохранителей и расцепители автома­тических выключателей по соотношениям, приведенным в табл. 10.4, которые приняты на основании каталожных дан­ных и защитных характеристик.

В табл. 10.4 и далее приняты следующие обозначения: /вс — номинальный ток плавкой вставки предохраните­ля А; /р — номинальный ток теплового или комбинирован­ного расцепителя, А; /уст,эо— ток уставки (срабатывания) электромагнитного расцепителя мгновенного действия, А; /max — расчетный ток нагрузки, А; /ЕОм,а — номинальный ток электроприемника, А; /пуСк — пусковой ток коротко­замкнутого электродвигателя или другого электроприемни­ка, А; /' ск — наибольший пусковой ток одного электро­двигателя в данной группе. При одновременном запуске группы электродвигателей — суммарный пусковой ток этой группы, А; *Гтах—*расчетный ток остальных электродвига­телей группы, работающих в длительном режиме, А; а — коэффициент, зависящий от условий и длительности пуско­вого периода. Может приниматься равным 2,5 во всех слу­чаях, за исключением линий к электродвигателям с длительностью пускового периода более 2—2,5 с (круп­ные вентиляторы с большими маховыми массами, лифты и т. д.); в этих случаях принимается сс=1,6.

**Тепловые элементы реле,** встраиваемых в магнитные пускатели, выбирают по формулам, приведенным в табл. 10.4 для автоматических выключателей с тепловыми рас­цепителями.

**Нормируемые величины.** Групповые линии сетей внут­реннего освещения должны быть защищены предохраните­лями или автоматическими выключателями на ток не более 25 А. Исключением являются групповые линии, питающие газоразрядные лампы единичной мощностью 125 Вт и бо­лее или лампы накаливания 500 Вт и более, которые допу­скается защищать плавкими вставками предохранителей или расцепителями автоматических выключателей на ток до 63 А. Ток аппаратов защиты групповых линий, питаю­щих лампы мощностью 10 кВт и более, должен соответст­вовать току лампы.

Для групповых линий, питающих осветительные и бы­товые электроприемники квартир, плавкие вставки предо­хранителей или тепловые и комбинированные расцепители автоматических включателей для групповой осветительной сети должны быть 16 Л, штепсельной сети — также 16 А 148

(при подключении кондиционера — 25А); для самостоя­тельной группы питания бытовых машин до 4 кВт — 25 А, для группы питания электроплит до 5,8 кВт и до 8 кВт — соответственно 32 и 40 А; для линий от этажных щитков в газифицированных домах и домах с электроплитами до 5,8 кВт — 40 А, в домах с электроплитами от 5,9 до 8 кВт — 50 А.

*Выбор сечений проводов и кабелей* в соответствии с ПУЭ должен производиться наряду с выполнением других тре­бований с соблюдением определенных соотношении между токами защитных аппаратов и допустимыми токами, т. е. пропускной способностью проводов и кабелей. В сетях, за­щищаемых от перегрузки, эти соотношения часто являются определяющими.

Условие сответствия номинальному току или току тро­гания (срабатывания) защитного аппарата /3,а выражает­ся следующим образом:

**/доп>'з.аВДп,** (Ю-1)

где *Кэ —* кратность допустимого тока проводника по отно­шению к соответствующему току защитного аппарата; *Кп —* поправочный коэффициент на температуру окружаю­щей среды.

Наименьшие значения А3, установленные ПУЭ [20], приведены в табл. 10.5.

Как сказано выше, выбранные защитные аппараты и сечения проводов должны отвечать еще одному требова­нию: *должно быть обеспечено надежное срабатывание за­щиты при коротких замыканиях в конце линии* (см. гл. 15). Однако при обеспечении соотношений, указанных в табл. 10.5, в сетях, защищаемых только от КЗ, т. е. не требую­щих защиты от перегрузки, расчетная проверка кратностей токов КЗ может не производиться.

*При размещении аппаратов защиты* в электрической сети необходимо руководствоваться следующими указания­ми ПУЭ и строительных норм СН 543—82, СН 544—82:

1. Аппараты защиты должны располагаться в местах, по возможности доступных для обслуживания, и таким об­разом, чтобы была исключена возможность их механиче­ских повреждений. Доступ к аппаратам защиты с откры­тыми токоведущими частями разрешается только квалифи­цированному персоналу. Установка должна выполняться так, чтобы исключить при работе с ней опасность для об­служивающего персонала или для окружающих предметов.

Таблица 10.5. Наименьшие значения коэффициента *К3* при защите сетей предохранителями и автоматическими выключателями

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Аппараты | | | |
|  |  | Автоматические выключатели, имеющие расцепители | | |
| Характеристика сети | Предохра­нители ^з^Доп^п^ /7вс | тепловой или комбиниро­ванный с нерегулируе­мой обратно­зависимой от тока харак­теристикой ^з^доп^п^р | тепловой или комбиниро­ванный с  регулируе­мой обратно[[11]](#footnote-12) зависимой от тока харак­теристикой ^з^Лсн^ц/ ^ср | электро­магнитный мгновенного действия (отсечка) ^з^доп^!?  /7уст, эо |
| Сети, защищае­мые только от ко­ротких замыканий | 0,33 | 1 | 0,8 | 0,22 |
| Сети, защищае­мые от перегрузок: |  |  |  |  |
| а) провода с поливинилхло­ридной, резино­вой или анало­гичной по теп­ловым характе­ристикам изо­ляцией | 1,25 | 1\* | 1 | 1,25 |
| б) кабели с бумажной изо­ляцией | 1 | 1 | 0,8[[12]](#footnote-13) | 1 |

Примечания: 1. У автоматических выключателей, имеющих одновре­менно тепловой и электромагнитный расцепители, проверяется только для теплового расцепителя (регулируемого и нерегулируемого).

1. Сечения проводов и кабелей для ответвлений к короткозамкнутым элект­родвигателям в сетях, проложенных в невзрывоопасных помещениях и защищае­мых. от перегрузки, выбираются по номинальным токам электродвигателей (во взрывоопасных — 125 % /ном).
2. Если требуемая допустимая токовая нагрузка проводника, определенная по таблице, не совпадает с данными таблиц допустимых нагрузок по ПУЭ (табл. 9.5), то допускается применение проводника ближайшего меньшего сече­ния. Однако при этом допустимый ток проводника не должен быть меньше рас­четного тока линии.
3. Ток срабатывания (трогания) может определяться по формуле /Ср = 1,25/р.
4. Аппараты защиты следует устанавливать во всех точках сети, где сечение проводников уменьшается по на­правлению к местам потребления электроэнергии.
5. Предохранители и автоматические выключатели должны устанавливаться на всех нормально незаземлен- ных фазах. Установка аппаратов в нулевых проводах, в том числе в двухпроводных группах, не требуется. Исключение составляют сети во взрывоопасных помещениях класса В-1, где аппараты защиты устанавливаются в фазном и нуле­вом проводах. В этих помещениях для зануления прокла­дывается самостоятельный проводник.
6. На квартирных групповых щитках аппараты защиты (предохранители и автоматические выключатели) должны устанавливаться только в фазных проводах. Перед счетчи­ком устанавливается двухполюсный выключатель, отклю­чающий не только фазный, но и рабочий нулевой провод ввода в квартиру; ГОСТ допускает устанавливать один такой выключатель на две или четыре квартиры, что свя­зано с конъюнктурными соображениями, но ухудшает ус­ловия эксплуатации.
7. *Установка аппаратов защиты в нулевых проводах, используемых для зануления, запрещается.*
8. При использовании проводнков с негорючей оболоч­кой или при прокладке их в трубах, а также при условии, что сечение проводников между питающей линией и защит­ным аппаратом взято не менее чем после защитного аппа­рата, допускается устанавливать аппараты защиты на рас­стоянии до 6 м от питающей линии. Открытая прокладка проводников на этом участке допускается только в непо­жароопасных помещениях по несгораемым поверхностям. Для ответвлений, выполненных проводниками в трубах или проводниками с негорючей оболочкой, прокладывае­мыми в труднодоступных местах (например, на большой высоте), длина незащищенного участка может быть до 30 м, при этом сечение проводов должно быть принято по расчетному току, но не менее 10 % пропускной способности защищенного участка линии.
9. Если это признано целесообразным по условиям эк­сплуатации, допускается также не устанавливать аппараты защиты: а) в месте снижения сечения питающей линии по ее длине и на ответвлении от нее, если защита предыдуще­го участка линии защищает участок со сниженным сечени­ем или если незащищенный участок линии или ответвления от нее выполнен проводниками, сечения которых принятыне менее половины сечений защищенных участков; б) на ответвлениях от питающей линии проводников .цепей изме­рения, управления и сигнализации, если эти проводники не выходят за пределы соответствующих машин и щитов либо эти проводники выходят за их пределы, но проложены в трубах или имеют негорючую оболочку; в) на ответвле­ниях проводников от шин щита к аппаратам, установлен­ным на том же щите; при этом проводники должны выби­раться по расчетному току цепи.
10. Установка аппаратов защиты запрещена в цепях уп­равления и сигнализации, отключение которых может пов­лечь за собой опасные последствия (например, отключение пожарных насосов, аварийных вентиляторов и т. д.). Такие цепи следует выполнять проводниками с негорючей оболоч­кой или прокладывать в трубах.
11. Допускается устройство защиты различных участков одной сети предохранителями и автоматическими выключа­телями. При этом рекомендуется устанавливать предохра­нители на головных участках сети. Выбор аппаратов про­изводится по их защитным характеристикам.

Глава одиннадцатая

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

ПО ОТКЛОНЕНИЯМ И ПОТЕРЯМ НАПРЯЖЕНИЯ

1. Отклонения напряжения

Отклонения напряжения являются одним из основных кри­териев качества электроэнергии. В связи с изменением на­грузки в течение суток изменяются и отклонения напряже­ния, которые могут быть отрицательными в часы макси­мальных нагрузок и положительными в часы минимума, как правило, в ночное время.

Отклонения напряжения в процентах номинального на­пряжения на зажимах электроприемников выражаются фор­мулой

V = (Пап —Т/НОМ)100/Г7НОМ, (11.1)

где *иэп —* напряжение на зажимах электроприемннка, В; *Uhom —* номинальное напряжение сети, В.

В соответствии с ГОСТ 13109—67[[13]](#footnote-14) установлены пре­дельные отклонения напряжения у потребителей:

Предельно допустимое Потребители отклонение

напряжения,

Освещение жилых зданий ±5

Рабочее освещение общественных зданий и помеще­ний, в том числе встроенных в жилые дома (комму­нально-бытовые предприятия, магазины и т. п.) . . . . От +5 до —2,5

Эвакуационное и аварийное освещение помещений, указанных в п. 2 ±5

Электродвигатели при длительной работе в установив­шемся режиме ±5

Электродвигатели (отдельные) особо удаленные . . —10

Освещение в аварийном режиме —12

Электроплиты в квартирах, водонагреватели, конди­ционеры и т. п. (по ГОСТ и техническим условиям на эти приборы) .' ±10

На зажимах пускаемого электродвигателя:

при частых пусках —Ю\*

при редких пусках —15\*

кратковременная работа в установившемся режиме (например, во время пуска присоединенного *к той* же сети электродвигателя) —20\*

Домашние холодильники, морозильники От —1-10

до —15

В результате этого поддержание напряжения на зажи­мах электроприемников общественных и особенно жилых зданий в пределах, близких к номинальному, без специ­альных средств местного регулирования в различное время суток крайне затруднительно. Существует ряд специаль­ных технических средств для регулирования напряжения, таких как конденсаторы продольной и поперечной компен­сации, синхронные электродвигатели, вольтодобавочные трансформаторы и т. д., однако регулирование напряжения в распределительных сетях городского типа среднего и низ­кого напряжения до настоящего времени, как правило, не производится.

Определенную положительную роль играют сезонные пе­реключения витков обмотки высшего напряжения силовых трансформаторов городских подстанций 10/0,4 кВ в пре­делах ±2-2,5%, однако эти переключения, естественно, не могут влиять на резкие повышения напряжения, например, в ночное время, когда электрические нагрузки в сети ста­новятся минимальными, и именно в этот период вследствие повышения напряжения сверх номинального имеет место резкое старение ламп накаливания общедомового освеще­ния и т. п. Следует отметить, что переход на освещение лестниц и коридоров с помощью менее чувствительных к изменениям напряжения люминесцентных и вообще газо­разрядных ламп несколько улучшает положение. Вместе с тем в часы наибольших нагрузок требуется поддержание напряжения на уровне, близком к номинальному, что очень важно для большинства электроприемников, как силовых, так и осветительных.

Из изложенного вытекает известная неопределенность расчета сети по допустимым потерям напряжения и необ­ходимость считаться с некоторой условностью такого рас­чета. Конечно, это не исключает важности расчета сети по данному параметру, без которого обеспечить нормальную работу сети, особенно в период пиковых нагрузок, не пред­ставляется возможным. В соответствии с указаниями ПУЭ при определении допустимой потери напряжения принима­ется, что на зажимах высшего напряжения (6—10 кВ) трансформаторов подстанций городского типа напряжение в период максимума равно номинальному и что, следова­тельно, напряжение на стороне 0,4 кВ при холостом ходе трансформаторов в этот период составляет 1,05 *UHOK.*

**Влияние изменения напряжения** сети по мере удаления от центра питания иллюстрирует график на рис. 11.1, по- **154**

строенный для периода работы сети в часы наибольших нагрузок. Изменение напряжения в линии высокого напря­жения *АБ* показывает характер уменьшения напряжения (отрезок *тп)* от центра питания до силового трансформа­тора *MJae,* Отрезок *nf—E^* показывает надбавку напря­жения, обусловленную уставкой установленного на транс­форматоре переключателя (ответвления) обмотки высшего

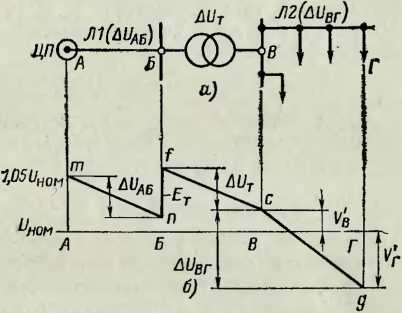


Рис 11.1. Схема (а) и график (б) изменения напряжения в сети в пе­риод наибольшей нагрузки:

***Л1 —***линия среднего напряжения; ***Л2 —*** линия низкого напряжения

напряжения, а отрезок *fc* характеризует потери напряже­ния в самом трансформаторе ДС/Т- Далее отрезок *eg* отра­жает потери напряжения в линии до условной точки *Г &11вг •* Отклонения напряжения от (7НОм в точках *Г* и *В* изображены отрезками *rg(Vr)* и cB(VB).

График построен при условии поддержания на центре питания напряжения на 5 % больше номинального, что имеет место на практике.

1. Допустимая (располагаемая) потеря напряжения

При расчете электрических сетей по потерям напряже­ния всегда возникает вопрос о допустимой (располагаемой) потере напряжения. Эта величина не является постоянной. Как уже отмечалось, напряжение холостого хода на шинах низкого напряжения трансформаторов принимаются рав­ным 105% номинального. Тогда общая потеря напряженияв сети, В, до наиболее удаленного электроприемника, вклю­чая потерю напряжения в трансформаторе, составляет

А^с = ^-Д^т-^уД.э, (11.2)

и с учетом вышесказанного, выражая все величины в про­центах, получаем

= 105 — Д£/т — „. (11.3)

Потери напряжения в трансформаторе, °/о, могут быть оп­ределены с достаточной для практических целей точно­стью по следующей формуле:

ДС/Т = 0s *(иа* cos <р + *ир* sin q>), (11.4)

где Ps=/*maxiI* **bom;t** — коэффициент загрузки трансформато- pa; 1/а=А/3к/105ном,т — активная составляющая напряжения КЗ, %; ДРК— потери мощности в обмотках трансформато­ра, Вт, принимаются по каталогу;ыр = *— и1 —*реактив­

ная составляющая напряжения КЗ, *%; ик —* напряжение КЗ трансформатора, принимается по каталогу, %; costp— коэффициент мощности нагрузки, подключенной ко вторич­ной цепи трансформатора; SHOt,„T— номинальная мощность трансформатора, кВ-A; /НОм,т — номинальный ток транс­форматора, А.

Задаваясь допустимым напряжением на зажимах элек­троприемников и пользуясь каталожными данными транс­форматоров, можно составить таблицу допустимых (рас­полагаемых) потерь напряжения при различных значениях costp, которой удобно пользоваться при проектировании.

Таблица 11.1 составлена исходя из требуемой для сетей жилых зданий £/Уд,э=95 % номинального напряжения. Для определения допустимых потерь напряжения в осветитель­ных сетях общественных зданий значения, указанные в табл. 11.1, следует уменьшать на 2,5 %.

Приведенные наибольшие допустимые (располагаемые) потери напряжения являются предельными и учитывают лишь требования ПУЭ о наибольших допустимых отклоне­ниях напряжения на зажимах электроприемников от но­минального. В ряде случаев эти предельные величины мо­гут оказаться выше отвечающих наименьшим приведенным затратам, т. е. экономически выгодным и соответствующим оптимальным схемам сетей. При проектировании следует стремиться к выбору схем, близких к оптимальным, и со­ответственно к оптимальным значениям допустимых потерь

Таблица 11.1. Наибольшие допустимые (располагаемые) потери напряжения от шин ТП до наиболее удаленного электроприемника в жилых зданиях

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Мощность трансфор­матора, кВ-А | Коэффициент загрузки трансформа­тора | Располагаемые потери напряжения, %, для коэф­фициента мощности | | | | | | |
| 1 | 0.95 j | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 |
| 160 | 1 | 8,34 | 7,12 | 6,71 | 6,21 | 5,88 | 5,85 | 5,53 |
|  | 0,9 | 8,51 | 7,41 | 7,04 | 6,49 | 6,30 | 6,09 | 5,97 |
|  | 0,8 | 8,67 | 7,70 | 7,37 | 6,97 | 6,71 | 6,52 | 6,43 |
|  | 0,7 | 8,84 | 7,98 | 7,7 | 7,35 | 7,12 | 6,96 | 6,87 |
|  | 0,6 | 9,01 | 8,27 | 8,03 | 7,73 | 7,53 | 7,39 | 7,32 |
| 250 | 1 | 8,52 | 7,27 | 6,84 | 6,31 | 5,94 | 5,71 | 5,57 |
|  | 0,9 | 8,67 | 7,55 | 7,16 | 6,68 | 6,36 | 6,14 | 6,02 |
|  | 0,8 | 8,82 | 7,82 | 7,47 | 7,05 | 6,75 | 6,57 | 6,46 |
|  | 0,7 | 8,96 | 8,09 | 7,79 | 7,52 | 7,16 | 7 | 6,9 |
|  | 0,6 | 9,11 | 8,36 | 8,11 | 7,79 | 7,57 | 7,44 | 7,35 |
| 400 | 1 | 8,63 | 7,37 | 6,93 | 6,37 | 5,99 | 5,76 | 5,60 |
|  | 0,9 | 8,77 | 7,64 | 7,24 | 6,74 | 6,4 | 6,18 | 6,04 |
|  | 0,8 | 8,9 | 7,89 | 7,6 | 7,09 | 6,79 | 6,61 | 6,48 |
|  | 0,7 | 9,04 | 8,16 | 7,85 | 7,46 | 7,19 | 7,03 | 6,92 |
|  | 0,6 | 9,18 | 8,42 | 8,16 | 7,82 | 7,60 | 7,46 | 7,36 |
| 630—1000 | 1 | 8,79 | 7,19 | 6,6 | 5,87 | 5,34 | 4,98 | 4,73 |
|  | 0,9 | 8,91 | 7,48 | 6,94 | 6,29 | 5,81 | 5,49 | 5,26 |
|  | 0,8 | 9,03 | 7,76 | 7,28 | 6,70 | 6,28 | 5,99 | 5,79 |
|  | 0,7 | 9,15 | 8,03 | 7,62 | 7,12 | 6,74 | 6,49 | 6,31 |
|  | 0,6 | 9,27 | 8,31 | 7,96 | 7,52 | 7,21 | 6,99 | 6,84 |

напряжения и их распределения по элементам сети (см. гл. 16).

В случаях, когда по конструктивным соображениям или из условий надежности электроснабжения и другим причи­нам принимаются схемы, отличающиеся от оптимальных, определяющими становятся величины, приведенные в табл. 11.1, которые при всех условиях не могут быть превышены. В сложных случаях целесообразно выполнять вариантные расчеты.

1. Активное и индуктивное сопротивление проводов

Активное сопротивление проводников из цветных метал­лов, Ом, определяется по формуле

r = £.10-s/ys, (11.5)где *L —* длина проводника км; у — удельная проводимость, может приниматься с учетом некоторого удлинения жил проводов за счет скрутки проволок, для алюминия 32 м/(Ом • мм2); $ — сечение провода, мм2.

Значения активных сопротивлений 1 км алюминиевых проводов и кабелей г0 в зависимости от сечения при 0 = 20 °C даны ниже:

Сечения, мм2 .... 2,5 4

Активные сопротивле­

ния, Ом/км 12,6 7,9

Сечения, мма .... 50 70

Активные сопротивле­

ния, Ом/км 0,64 0,46

По предварительным данным, ***г0*** новы; принимать для сечений 2 мм2 — 15,6, 3 мм:

6 10 16 25 35

5,26 3,16 1,98 1,28 0,92

***Продолжение***

95 120 150 185 240

0,34 0,27 0,21 0,17 0,132

: марок алюминиевых проводов можно

— 10,4, 5 мм2 — 6,25, 8 мм2—3,9 Ом/км.

Для практических расчетов можно принимать следую­щие значения индуктивных сопротивлений *х0* проводов и кабелей.

При прокладке проводов в трубах и каналах строитель­ных конструкций, на лотках пучками, а также бронирован­ных и небронированных кабелей трехфазных, четырехпро­водных линий для сечения до 6 мм2—0,1 Ом/км на фазу; то же до 16 мм2 — 0,07—0,09 Ом/км; то же выше 16 мм2 — 0,06 Ом/км; при прокладке проводов на роликах или изо­ляторах, а также при выполнении шинопроводами—0,2— 0,25 Ом/км на фазу.

1. Определение потери напряжения с учетом активного и индуктивного сопротивлений проводов

Прежде чем перейти к изложению методов расчета по­терь напряжения в сетях, целесообразно рассмотреть прос­тейшую векторную диаграмму для линии с нагрузкой на конце.

Схема линии и отвечающая ей векторная диаграмма по­казаны на рис. 11.2. На диаграмме отрезок *Ос* представляет собой вектор фазного напряжения в начале линии, от­резок *Оа—*вектор фазного напряжения *U$2* в конце линии. Под углом <р к нему отложен в некотором масштабе вектор тока нагрузки *I.* Вектор тока отстает от вектора напря­жения. Отрезок *ab,* параллельный вектору тока *I,* равен активной составляющей падения напряжения в линии *1г.*От точки *b* перпендикулярно вектору *1г* отложена индук­тивная составляющая падения напряжения в линии отрезок *Ьс.*

Из треугольника *abc* видно, что отрезок *ас* представля­ет собой геометрическую сумму падений напряжения в ак­тивном и индуктивном сопротивлениях одной фазы линии, т. е. полное падение напряжения *1-г,* где *z* = )zr2 + *х2.*

**Падение и потеря напряжения.** Для нормальной работы электроприемников важно абсолютное значение напряже-

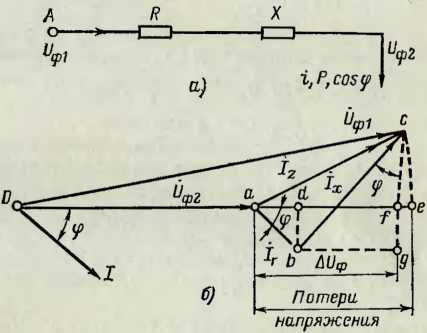


Рис. 11.2. Схема *(а)* и векторная диаграмма (б) линии трехфазного то­ка с нагрузкой на конце

ния. Поэтому расчетом опредляется не геометрическая раз­ность напряжений в начале и конце линии,' называемая *падением напряжения,* а алгебраическая разность (на диа­грамме ае=(7ф1—Дфг)> которую называют *потерей напря­жения.*

Для упрощения расчетов за потерю напряжения при­нимают не отрезок *ае,* а отрезок *af,* являющийся проекци­ей вектора падения напряжения *I-z* на направление векто­ра напряжения в конце линии Дф2. Ошибка при указанном допущении не превосходит 2—3 %. Из векторной диаграм­мы легко вычисляется потеря напряжения ДДф, В:

ДДф = / (г cos <р + *х* sin ср). (11.6)

**Потеря напряжения при трехфазной нагрузке.** Теперь легко перейти от потери напряжения при однофазной на­грузке к потере напряжения при трехфазной нагрузке, имея в виду, что линейная потеря напряжения, В

**ДД = У'З ДДФ;**

дг/ = ]/з/(г cos<p + xsin <p).

Для практических расчетов удобнее пользоваться той же формулой, где потеря напряжения выражена в процен­тах и где используются табличные данные величин Го и х0. Тогда формула принимает вид

Д£/ = *У 3 •* 100/*L* (r0 cos ср + х0 sin ф)/^ном. (11.7)

Нагрузка на конце линии может быть задана не током, а мощностью. Тогда формула (11.7) принимает вид, %

*MJ* = 105 *PL* (r0 + *х0* tg <p)/t4M, (П.8)

где *Р —* мощность, кВт; *L —* длина линии, км.

Формулы (11.7) и (11.8) являются основными для рас­четов трехфазных сетей по потере напряжения, учитываю­щих как активное, так и индуктивное сопротивление про­водов. Ниже без выводов приведены формулы для опреде­ления потери напряжения в линии с несколькими нагрузками. Вывод этих формул, а также подробная мето­дика выполнения расчетов приводятся в курсах электричес­ких сетей [25]-

Для нагрузок, приложенных в отдельных точках ли­нии, °/о *п*

№ = V (Zma *r0 + inp x0) Lm-* (11.9)

*n*

*= -^~\^(Pmr0+qmx0)Lm-,* (11.10)

См

1 n

A£/ = J2!\_ V^pm(r0 + x0tg<pm)Lm. (11.11)

1

Для нагрузок на участках линии, %

А// = Гз-loo V*дтяГп* + /трхр)L; (П.12) С/ном **JHBbI**

**д(7 = “7~***\(pmr0+Qmx.)tm-,***НАМ**

(11.13)

(11.14)

AU = ■ — V р„, ('о + х fs О <п.

**ПАМ**

где (та — активная составляющая тока нагрузки, прило­женной в точке *т* линии, A; imp — то же реактивная состав­ляющая, А; /та—активная составляющая тока на участке *т* линии, А; /тр— то же реактивная составляющая, А; *рт —* активная нагрузка, приложенная в точке *т* линии, кВт; *qm—*то же реактивная нагрузка, квар; *Рт—*активная нагрузка на участке *т* линии, кВт; *Qm—* то же реактивная нагрузка, квар; *1т —* длина участка *т* линии, км; *Lm —* расстояние от точки питания до точки *т* приложения на­грузки *рт,* км; фт — угол сдвига фаз нагрузки в точке *т* линии; <р ’т — угол сдвига фаз на участке *т* линии.

Схема линии с несколькими нагрузками, поясняющая формулы, приведенные выше, показана на рис. 11.3.

В частном случае, наиболее характерном для сетей жи­лых зданий, когда нагрузки практически имеют один **и** тот же коэффициент мощности и одинаковые сечения на всех участках, формулы (11.11) и (11.14) упрощаются и принимают следующий вид, %:



(11.16)

По этим фомулам ведутся расчеты линий с любым чис­лом нагрузок и учетом индуктивного сопротивления про­водов. При небольших длинах участков произведения *Pt (pL)* часто определяются в киловаттах на метр. Структу­ра формул при этом не изменяется, но *г0* и *Хо* принимаются в омах на метр (Ом/м) .

1. Определение потери напряжения без учета . индуктивного сопротивления проводов ’

В ряде случаев индуктивное сопротивление проводов можно не учитывать (табл. 11.2).

Расчет сетей значительно упрощается, если его прово­дят без учета индуктивного сопротивления. Для сетей жи­лых и общественных зданий это вполне обоснованно, ,так

Таблица 11.2. **Наибольшие сечения алюминиевых проводов- 1!: • ,• ti; и значения коэффициентов мощности, при которых можно не учитывать индуктивные сопротивления проводов при расчетах трехфазиой сети" 380 В**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вид проводки | Сечение проводов, мм2 при коэффициенте мощности | | |
| 0,9 | 0,8 | 0.7 |
| Провода алюминиевые, про­ложенные в трубах, каналах, на лотках пучками, а также кабели | 70 | 50 | 25 |
| Провода, проложенные на роликах и изоляторах .... | 25 | 16 | 10 |

как расчеты ведутся для периода наибольших нагрузок, когда коэффициенты мощности высоки и достигают значе­ний в осветительных сетях и сетях питания квартир, сило­вых потребителей общественных зданий (кроме лифтов) 0,9 и даже 0,95. Кроме того, при проводках в каналах и трубах индуктивные сопротивления проводов малы. При этом расчетная формула для потерь напряжения, %, при­нимает вид

(11.17)

**i**

Имея в виду, что активное сопротивление 1 м провод­ника равно можно написать

***п  
ш=-^\1рт1т,***СмТ\* ***2d,***

(И.18)

Обозначим далее величину 1Д>М у/Ю5, зависящую толь­ко от материала проводов и напряжения сети, через С. Формула примет вид

(11.19)

При заданном АС/ из формулы (11.19) легко получить значение требуемого сечения проводов из условий допус­тимых потерь напряжения

У ***Pm tm***1

**S = —.**

**САУ**

Для двухфазных'и однофазных линий можно вывести аналогичные формулы, в которых изменяться будут лишь величины *С* {табл. Н.З).

(11.20)

В расчетных формулах для определения потери напря­жения величины *Pl(pL),* • EPt(EpL) называют моментом нагрузки или суммой моментов нагрузок и часто обознача­ют буквой *М* или SM, кВт-м. При нескольких сосредоточен­ных нагрузках или если учас­ток линии имеет равномерно распределенную по длине на­грузку, можно сумму моментов заменить моментом одной на­грузки с длиной линии, равной *приведенной* длине. Так, напри­мер, если на участках линиидлиной *li, l2, l3* нагрузки соответственно равны' *Р\, Р2* и *Р3,* **то**

| **а -** | | |
| --- | --- | --- |
| ***\_ Lt*** | | ***?п~Рп*** |
| ***Li*** | ***Pt^t*** |
|  |
| **Г** |  |  |
| **1, *Pl*** | ***,ггРг*** |  |

с не-

Рис. 11.3. Схема линии сколькими нагрузками

| **Номниальяо» напряжение сети, В** | **Схема сети** | **Коэффиаиеит *С*** |
| --- | --- | --- |
| 380/220 | Трехфазная с нулевым прово­дом | 46 |
| 380/220 | Двухфазная с нулевым про­водом | 20 |
| 220 | Однофазная двухпроводная | 7,7 |
| 3X36 | Трехфазная без нуля | 0,4 |
| 36 | Однофазная двухпроводная | 0,21 |
| 24 | То же | 0,09 |
| 12 | » » | 0,023 |

**Таблица 11.3.**

**Коэффициенты *С ям* алюминиевых проводов**

*Pi h* + Л 4 + *ps /3 = (Pl + Р2 + р8) 1т* откуда

*1*  Л ~1~ ^2 ^2 ~Ь *?3 1з* /11 О1\

*п”ив" Pi + Рг + Рз ' , ( '*

В частности, для нагрузки, равномерно распределенной по длине линии, м,

/прив = /о+//2, (П.22)

где /0 — расстояние от пункта питания до первой нагрузки, м; *I —* длина участка с равномерно распределенной нагруз­кой, м.

В справочниках даются вычисленные значения потерь напряжения по моментам нагрузки, упрощающие расчеты сети.

1. Расчет сети по потерям напряжения при неравномерной нагрузке фаз

Электрические сети жилых и общественных зданий ха­рактеризуются неравномерной нагрузкой фаз даже при правильном распределении электроприемников по фазам, что определяется случайным характером нагрузок. Нерав­номерная нагрузка фаз смещает нулевую точку сети, вызы­вает появление тока в нулевом проводе, который достигает в жилых домах 40—50 % тока в фазном проводе. Потерн напряжения в такой сети неодинаковы по фазам, в связи с чем может возникнуть необходимость в проверке режи­мов напряжений в каждой фазе.

Потери напряжения в каждой из фаз, %, могут опреде­ляться по формуле (например для фазы А)

(11.23)

**А 2C2s4**

2С2 **s0**

где *МА —* момент нагрузки рассматриваемой фазы А, кВт-м; *Мв* и *Мс —* моменты нагрузки двух других фаз, кВт-м; *sA —* сечение провода рассматриваемой фазы, мм2; s0 — сечение нулевого провода, мм2; С2— коэффициент формулы (11.20) для двухпроводной линии по табл. 11.3 (для алюминия при £7ф=220 В С2=7,7).

Первый член формулы дает потери напряжения в фаз­ном, второй — в нулевом проводе. Формула (11.23) преду­сматривает включение электроприемников на фазное на­

пряжение. Однако в некоторых случаях возможно вклю­чение электроприемников (например, мощных металлога­логенных ламп, рентгеновских аппаратов, прожекторов и т. п.) на линейное напряжение. При существенной нерав­номерности нагрузки необходимо определить токи и сече­ния проводников отдельно для каждой фазы. Для трехфаз­ных линий с включением нагрузок на линейное напряжение можно воспользоваться следующими выражениями для оп­ределения линейных токов *1А, 1В, 1с,* которые зависят от порядка следования фаз (Д—*В—С* или *С—В—*Д) [28].

При прямом следовании фаз

*1Й -* /Ч. + Дл + 2'.v. *С* sin ('1л, - ФСЛ + 30°) ; (11.24)

4 = ***+ ГАВ + 2'вс*** *Jab* sin (Фвс - Флв + 30°) ; (11.25)

*'с* = /'ел -|-Л< + + 30"). (11.26)

При обратном чередовании фаз в каждой из формул (11.24), (11.25) и (11.26) необходимо поменять индексы углов (ДВ на *С А, ВС* на *АВ, С А* на *ВС).* Ввиду того что при проектировании порядок чередования фаз неизвестен, определяют линейные токи для обоих вариантов следова­ния фаз.

Эта задача может быть решена с использованием сим­волического метода и преобразованием звезды в треуголь­ник и обратно.

1. Расчет проводов по наименьшему расходу цветного металла

При расчете линии, имеющей ответвления, при задан­ной общей потере напряжения возникает вопрос, как рас­пределить заданную потерю напряжения между участками линии. Здесь возможны различные решения, однако всегда есть оптимальное, при котором обеспечивается наименьший расход цветного металла проводов. Теоретически эта зада­ча решается путем составления уравнения, связывающего объем металла всех проводов линии с параметрами линии, в том числе с переменной потерей напряжения на одном из участков.

Если взять первую производную объема металла по этой переменной и приравнять ее нулю, можно получить значение сечения этого участка, отвечающее наименьшему

**Таблица 11.4. Коэффициенты приведения моментов**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Линия | Ответвление | Коэффициент приведения мбмёнта |
| Трехфазная с нулевым | Однофазное | 1,85 |
| проводом |  |  |
| То же | Двухфазное с нулевым | 1,39 |
|  | проводом |  |
| Двухфазная с нулевым | Однофазное | 1,33 |
| проводом |  |  |
| Трехфазная без нулевого | Двухфазное (двухпровод- | . .1\*15 ■ |
| провода | ное) |  |
| • | | |

расходу цветного металла проводов. Однако этот метод весьма трудоемок и .практически распространения в проек­тировании не получил. С достаточной точностью можно при определении сечения проводов каждого участка, мм2, пользоваться приближенной формулой

s = —°рив , (11.27)

.- • САД ' .

где Л4Прив==2Л1-|-2а/п — приведенный момент нагрузки, кВт-м; SA1 — сумма моментов нагрузки данного и всех последующих по направлению потока энергии участков (включая ответвления с тем же числом проводов в линии, что и данный участок); *Yam—* сумма моментов нагрузки всех последующих по направлению потока энергии участ­ков с другим числом проводов, умноженных на коэффици­ент приведения моментов *а,* принимаемый по табл. 11.4.

Распределение допустимых потерь напряжения по уча­сткам сети целесообразно производить по условиям наи­большей экономичности (по наименьшим расчетным затра­там). Эти вопросы рассматриваются в гл. 16. Во многих случаях условие экономии цветных металлов не соответст­вует минимальным расчетным затратам, однако вопросы экономии цветных металлов все еще являются актуальны­ми, поэтому расчет сети по наименьшему расходу цветного металла следует считать целесообразным.

1. Расчет простой замкнутой сети

В ряде случаев при выборе схем питающих линий квар- тир либо внутриквартирной групповой сети целесообразно применять простые замкнутые сети. Расчет такой сети мо­жет выполняться, как обычной разомкнутой, если предва­рительно определить точку токораздела. Простая замкну­тая сеть с несколькими сосредоточенными нагрузками и од­нородным сечением представлена на рис. 11.4.

Мощность, кВт, (или ток), передаваемая по линии от источника *А,* может быть определена по формуле

Ра =

*Pi* **4~ *Рч* -f- Дз Lg**

**И**

(11.28)

**нутой сети**

Расчетом определяется точ­ка, нагрузка которой питается от двух источников (зачернен­ный треугольник на рис. 1**1.4).** Эта точка называется точкой токораздела. Сумма составля­ющих нагрузки от источников питанйя *А* и *Б* равна Рдф- *-pPb—PlA-Pi+Ps-*

После определения точки токораздела замкнутая л.цния условно разрезается в этой

точке и дальнейший расчет ведется, как для двух разомк­нутых линий.

С принципиальной точки зрения выполнение расчета замкнутой внутридомовой сети осложняется тем обстоя­тельством, что из-за перетекания токов по участкам сети задача становится неопределенной, поскольку число **квар­**тир, участвующих в создании нагрузки на данном участке, неизвестно. Точное решение задачи возможно лишь при применении специальных методов. Использование их тре­бует трудоемких расчетов, выполнение которых наиболее целесообразно на электронной вычислительной машине. Тем не менее изложенная методика расчета при простой замкнутой сети дает приближенные, но возможные для ис­пользования результаты, позволяющие оценить преимуще­ства замкнутой сети.

1. Особенности трехфазных четырехпроводных сетей освещения с газоразрядными лампами

Как известно, нелинейность характеристик люминес­центных, ртутных и других газоразрядных ламп, а также наличие в их цепи элементов индуктивности и емкости вы­зывают появление высших гармонических составляющих тока, существенно изменяющих нагрузку нулевого проводадаже при равномерной нагрузке фаз. Исследования пока' зали, что ток в нулевом проводе может достигать значений, близких к значению тока в фазном проводе. При коэффи­циенте мощности примерно 0,95, обусловленном примене­нием светильников с компенсацией cos ср, что обязательно для жилых и общественных зданий, ток в нулевом проводе достигает 85—87 % фазного. Вместе с тем надо учитывать, что частота переменного тока в нулевом проводе равна трехкратной частоте тока в фазных проводах, т. е. 150 Гц.

Математический анализ вопроса с точным учетом всех факторов весьма сложен. В связи с этим [26, 27] были пред­приняты попытки рассмотреть вопрос о потерях напряже­ния в таких сетях с учетом ряда допущений, приемлемых для практических целей: а) предполагается, что форма кривой тока близка к трапецеидальной; б) составляющие тока выше третьей гармоники не учитываются; в) напря­жение в конце линии принято синусоидальным, что близко к действительности. Мгновенные значения фазных напря­жений в конце линии, В, могут быть выражены следующим образом

*ии1* = V2 *UK* sin со/;

Ык2 = V2Z/„ sin (arf-120е);

«к3 = ]/2 *UK* sin (со/- 240е),

где *Uк* — действующее значение фазного напряжения в конце линии В.

Мгновенное значение фазного напряжения в начале ли­нии определяется как сумма мгновенных значений напря­жения в конце линии и падений напряжения, вызываемых токами первой и третьей гармоник. При этом учтем, что в нулевом проводе протекает сумма токов высших гармоник, кратных трем, и взаимно уничтожаются все высшие гар­монические, сдвинутые на 120 и 240 °.

С учетом сказанного мгновенное значение напряжения первой фазы в начале линии, В, при одинаковых сечениях фазных и нулевого проводников может быть выражено уравнением

*и„* 1 = *UK* }Л2 sin со/ + *I V2 г* sin (со/ — ср) +

*х* cos (со/ — ср) + *а3 I* К2 *г* sin (Зсо/ — ср3) +

*+ а31 У^2 Зх* cos (Зсо/ — ср3) + *За31 V2 г* X

X sin (Зсо/ — <р3) 4- *За3 / ]2 Зх* cos (Зсо/ — ср3),где fli — коэффициент амплитуды первой гармоники; *аз —* тс же третьей гармоники; <р — угол сдвига фаз между то­ком и напряжением на нагрузке, принимаемый равным сдвигу фаз первой гармоники; <р3 — угол сдвига фаз треть­ей гармоники.

После сооответствующих преобразований и определе­ния коэффициентов аз=0,33 (предполагая, что ток в ну­левом проводе равен фазному) *и ai — ]^* 1—а|=0,94, а так­же переходя к действующим значениям, получили формулу для напряжения в конце линии, В

1/ь= *У* t/2 + 0,88/2 (г cos <р 4- xsintp)2 — 2,64/2r2 — 16,72/2x2 —

* 0,94/ (r cos <p + *x* sin <p). (11.29)

Потеря напряжения, В, легко определяется как раз­ность напряжений в начале и конце линии

*&U = Ua — UK,* (11.30)

и в процентах

= 100. (11.31)

Следует, однако, помнить, что линейная потеря напря­жения в данном случае не может быть получена путем ум­ножения ДС/ на УЗ, так как в линейных напряжениях ис­чезают гармонические составляющие, кратные трем, но за­то действуют все остальные нечетные гармоники.

В ряде случаев возможно применение некомпенсирован­ных балластных устройств, при которых ток в нулевом проводе составляет около 50 % фазного, поэтому формула (11.29) будет иметь несколько иной вид, В:

+ 0,96/2 *(г* costp + *х* sin <р)2 — 1,44/2 г2 — 5/2 х2 —

* 0,98/ *(г* cos <р + *х* sin <р). (11.32)

Для проектной практики важно знать, в каких случаях целесообразно вести расчеты потерь напряжения по отно­сительно сложным выражениям (11.29) и (11.32). Для этой цели выражения (11.29) и (11.32) были несколько преоб­разованы, причем первые их части разложены в ряд и ог­раничены первыми двумя членами, вторые части сохране­ны без изменений. Это позволило вывести формулы пре­дельных длин кабельных и воздушных линий, при которых

**Таблица 11.5. Предельные длины кабельных и воздушных линий до 1000 В, для которых расчеты потерь напряжения могут проводиться без учета высших гармонических тока**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сечение мм2 | Ток на­грузки, А | Предельная длина ка- ельной линии, м | | Ток на­грузки. А | Предельная длина воздушной линии, м | |
| cos ф—0,9 | | cos<p==0.5 | cos=0,9 | | созф—0,5 |
| 4 | 38 | 116 | 76 |  |  |  |
| 6 | 46 | 143 | 98 |  |  |  |
| 10 | 65 | 170 | 116 |  |  | — |
| 16 | 90 | 198 | 140 | 105 | 154 | 139 |
| 25 | 115 | 250 | 180 | 135 | 157 | 181 |
| 35 | 135 | 286 | 225 | 170 | 136 | 197 |
| 50 | 165 | 321 | 277 | 215 | 106 | 199 |
| 70 | 200 | 342 | 332 | 265 | 78 | 183 |
| .95 | 240 | 340 | 386 | 320 | 57 | 155 |
| 120 | 270 | 327 | 434 - | 375 | 43 | 151 |

ошибка по сравнению б расчетом по обычным формулам не. превышает 10 % (табл. 11.5). Если приведенные длины пре? вышают указанные в табл. 11.5, расчеты целесообразно вести по выражениям (11.29) и (11.32).

Приведенные в табл. 11.5 предельные длины при токах нагрузки /, отличающихся от максимально допустимых, должны быть пересчитаны в отношении /д00//.

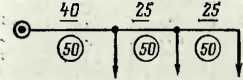
Отметим в заключение, что высшие гармонические на­пряжения и тока увеличивают потери электроэнергии и со­кращают срок службы изоляции. Вновь подчеркнем, что допустимые нагрузки проводов трехфазных линий, прокла­дываемых в каналах или трубах, принимаются и при рав­номерной нагрузке фаз, как для четырех проводов в одной трубе.

Следует также принимать схему соединений трансфор­маторов, питающих газоразрядные источники света (при удельном весе их нагрузки более 20%, что бывает часто при питании общественных зданий), треугольник — звез­да, а при использовании трехжильных кабелей с алюминие­вой оболочкой принимать такие сечения, при которых про­пускная способность оболочки, используемой в качестве рабочего нуля, не ниже расчетного тока линии. В некото­рых случаях это может вызвать повышение сечения кабе­лей на ступень. Отметим, что вопросы влияния высших гармонических в осветительных сетях с газоразряднымиисточниками света подлежат в дальнейшем глубокому изу­чению.

**Пример 11.1.** Определить потерю напряжения в конце трехфазной линии 380/220 В, проложенной в трубах, схема которой приведена **на** рнс. 11.5 (cosq=0,9).

Решение. 1. Определяем активное сопротивление провода **се­**чением 50 мм2 (см. стр. 158)

Г(1 = 0,64 Ом/км.

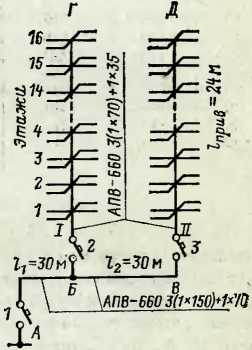
Рис. 11.5. Схема к примеру

***20 кВт 20кВт 20кВг***

1. Подчеркнутые цифры — длина, м; в кружках — сече­ния проводников, мм2

Рис. 11.6. Схема к примеру

11.2.

Индуктивное сопротивление для сечений выше 16 мм2 принимает­**ся хо=О,О6** Ом/км.

1. Определяем потерю напряжения по формуле (11.15)

105

Д(./= - -- (0,64 + 0,06-0,48)-(20-0,04 + 20-0,065 + 20-0,09)=!, 8%.

1. Определяем потерю напряжения по формуле (11.16)

105

ДД/ = ■ з8о2 (0,64 + 0,06-0,48)(60-0,04 + 40-0,025+20-0,025) =1,8%.

Результаты расчетов по формулам (11.15) и (11.16) совершенно одинаковые.

**Пример 11.2.** Выполнить расчет питающей четырехпроводной ли­нии в 16-этажном жилом доме. Дом оборудован стационарными элек­трическими плитами установленной мощностью 5,8 кВт. Напряжение сети 380/220 В; допустимую потерю напряжения в линии принять 2,3 %. Защиту линии и стояков выполнить автоматическими выключа­телями с комбинированными расцепителями. На каждом этаже по че­тыре квартиры общей площадью по 45 м2 каждая. Остальные исход­ные данные приведены на рис. 116. Провода проложены в трубах и каналах строительных конструкций.

Решение. 1. Определяем расчетную нагрузку на стояке. Для этого, пользуясь данными табл. 3.1, принимаем удельную нагрузку квартиры при общем количестве квартир 64, присоединенных к стояку, Рул = 1,3 кВт/квартира. Эта же нагрузка будет на участке *БВ.* При этом учитываем, что для квартир площадью до 55 м2 надбавка к удель­ной нагрузке- не производится. Следовательно, *Р !)Г — Р вд ~* 1.3-6^ =■ = 83,2 кВт.

1. Определяем расчетную нагрузку на участке *АБ* (128 квартир).

На основании табл. 3.1 с интерполяцией Руд = 1,04 кВт/квартира. Таким образом, *Р АБ —* 1,04-128 = 133 кВт.

1. Определяем расчетные токи, принимая cos <р — 0,98 в соответст­вии с указаниями, приведенными в табл. 3.3,

\_ 83,2-103

— 1,73-380-0,98 ~129А;

\_ 133-Ю3 \_

1аб~ 1,73-380-0,98 “ 206 А

1. В соответствии с условием принимаем автоматические выключа­тели с комбинированными расцепителями серии А37 (см. табл. 10.3). Для выключателей *2* и *3 1авт^1тах* или /авт> 129 А. Принимаем трех­полюсный автоматический выключатель типа А3716ФУЗ на номиналь­ный ток 160 А с расцепителем /р = 160 А.

Для выключателя *1* /авт206 А. Принимаем А3726ФУЗ на номи­нальный ток 250 А с расцепителем /р — 250 А.

Принятые номинальные токи расцепителя отличаются друг от дру­га на две ступени стандартной шкалы, что согласно время-токовым ха­рактеристикам этих аппаратов обеспечивает селективную работу за­щиты.

1. Выбираем предварительно сечения проводов по условиям допу­стимого нагрева. С этой целью, пользуясь ПУЭ, принимаем сечения стояков (участки *БГ* и *ВД),* выполненных проводами марки АПВ-660 сечением 50 мм2 (/доп = 130 А). Учитывая, что при сечениях более 25 мм2 сечение нулевого провода может приниматься равным половине сечения фазного провода, сечение нулевого провода принимаем равным 25 мм2. Поправки на температуру окружающей среды не вводим, по­скольку температура в доме не превышает 25 °C.
2. Проверяем принятое сечение на соответствие характеристикам защитных аппаратов. По табл. 10.5 с учетом того, что данная линия защищается от перегрузки, следует, что Ла=1, поэтому /Доп=160 А.

По условию соответствия току защитного аппарата приходится принять сечение фазного провода 70 мм2 (/доп= 165 А) и сечение ну­левого провода 35 мм2. Записываем на схеме АПВ-660 3(1X70)4-1X35.

1. Аналогично выбираем и проверяем сечеиие линии *АБ-.*

а) по нагреву принимаем предварительно провода марки АПВ-660 3(1X120)4-1X50, для которых /ДОВ = 220 Л;

б) /дои ^250 А. И в данном случае по условию соответствия за­щитному аппарату приходится принять АПВ-660 3(1X150)4-1X70 (/доп—255 А).

1. Производим расчет линии по потере напряжения. Учитывая, что коэффициент мощности сети равен 0,98, расчет ведем без учета индук­тивного сопротивления проводов.

Распределение допустимой потери напряжения между отдельными участками линии целесообразно производить из условий минимальных затрат цветного металла. Расчеты показали, что допустимая потеря На­пряжения должна быть принята с округлением на участке *АБ —* 1 % и на участке *БВД—* 1,3 %. Тогда

133-30

— = 0,73 %;

46-150

83,2-24 „ „

- =0,96%;

*Р1 ~ Ся ~* 83,2-30

***^АБ***

*^иБвд* 46.J50 ‘ 46-70

УМ/дд = 0,73 4-0,96 = 1,69%,

т. е. меньше допустимого по условию примера значения 2,3 %;

83,2-24

г = = 0,6 % ;

БГ 46-70 ’ ’  
**2Д6'лг = 0,73 4- 0,6 = 1,33 %.**

По результатам расчетов видно, что определяющим фактором при выборе сечений проводов в данном случае оказались требования по со­отношениям допустимых токовых нагрузок и номинальных токов расце­пителей автоматических выключателей.

Пользуясь допущением ПУЭ (см. табл. 10.5), можно было бы со­хранить сечения 50 и 120 мм2, поскольку допустимые токи этих сечений больше, чем токи нагрузки. Однако в сетях питания квартир, требующих защиты не только от КЗ, но и от перегрузки, как правило, этими допу­щениями не пользуются. При этом учитывается невозможность контроля токовой нагрузки в условиях жилого здания. Кроме того, реконструкция электросети в жилых зданиях обычно производится редко, поэтому удельные нагрузки могут со временем превысить установленные на пер­спективу. Нетрудно видеть, что столь значительное округление в мень­шую сторону может привести к недопустимому перегреву жил прово­дов (см. гл. 9).

В данном примере, поскольку сеть защищается не только от КЗ, но и от перегрузки, должен быть выполнен расчет на срабатывание ап-Каратов защиты в конце линии при однофазных КЗ. Методика такого расчета приведена в гл. 15.

Пример 11.3. Определить сечеиие проводов, проложенных в трубе, и выбрать защитный аппарат на ответвлении к трехфазному коротко­замкнутому электродвигателю мощностью 17 кВт.

Номинальный ток электродвигателя /Оом.э=32,6 А; кратность пуско­вого тока К>=7. Условия пуска легкие. Температура в помещении 25'С. Линия подлежит защите только от КЗ.

Решение. 1. По условиям нагрева принимаем предварительно се­чение s=10 мм2 (/дОП=47 А); *I*Яоп>*I*вон.».

1. Выбираем предохранители типа ПН-2 (см. табл. 10.1). Плавкие вставки выбираются по двум условиям (см. табл. 10.4).

/вс /ном.э = 32,6 А;

. / пуск 7-32,6

/вс“ а ~ 2,5 ~9 А‘

Принимаем предохранители ПН-2-100 с номинальным током плавкой вставки/и =100 А.

1. Проверяем принятое сечение на соответствие номинальному току плавкой вставки. Л'ииия защищается только oV КЗ (см. табл. 10.5)

4 ■ /доп = 0,33/вс = 0,33-100 = ЗЗА,

33<47А.

Таким образом, сохраняется сечение, выбранное из условий допусти­мого нагрева АПВ-660 3(1ХЮ).

1. Для защиты ответвления к данному электродвигателю выберем трехполюсный автоматический выключатель серии АЕ20 (см. табл. 10.2). Принимаем номинальный ток теплового максимального расцепителя ре­гулируемого автоматического выключателя по двум условиям (табл. 10.4):

/р> 1,25/ном.э= 1,25-32,6 = 41 А;

/уст,эо I >2/uycK = 1 ,2-7-32,6 = 264 А.

Принимаем по табл. 10.2 трехполюсный автоматический выключа­тель регулируемый с температурной компенсацией АЕ2046-10Р без до­полнительных контактов и расцепителей на номинальный ток 63 А с номинальным током теплового расцепителя /р=50 А и уставкой номи­нального тока расцепителя 0,9-50=45 А. Ток устанки электромагнит­ного расцепителя мгновенного действия **/jct.bo** данных автоматических выключателей составляет 12/р т. е. 12-50=600>264 А.

1. Проверяем принятое сеченне на соответствие защитному аппара­ту. Для этого определяем ток срабатывания комбинированного рас­цепителя

/ср= 1,25-/р= 1,25-45 = 56 А.

Согласно табл. 10.5 при защите только от КЗ допустимый ток **про­**водника должен быть

/доп > 0,8/ср = 0,8-56 = 44,8 А < 47Д.

Таким образом, определяющим является условие допустимого Н4- грева и сохраняется принятое сечение АПВ-660 3(1 ХЮ).

Г лава двенадцатая

РАСЧЕТ СЕТЕЙ ПО УСЛОВИЯМ ПУСКА КОРОТКОЗАМКНУТЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Быстро протекающие.процессы изменения (снижения и по­вышения) напряжения называются **колебаниями напряже­ния.**

Согласно ГОСТ 13109—67\* «Нормы качества электри­ческой энергии у ее электроприемников, присоединенных к электрическим сетям общего назначения» и новой редак­ции п. 2.Г данного документа (изменение № 2, введенное в действие с 1 августа 1979 г.) колебания напряжения оцени­ваются:

а) размахом изменений напряжения — разностью между следующими друг за другом экстремумами огибаю­щей действующих значений напряжения. Если огибающая действующих значений напряжения имеет горизонтальные участки, то размах изменений напряжения определяется как разность между соседним экстремумом и горизонталь­ным участком или как разность между соседними горизон­тальными участками,В

*№ ~ Umax — ^min>*

или в процентах от £7НОм

67/ = *Umjn* I **qq.**

Г'ном

б) частотой изменений напряжения



где *т —* количество изменений напряжения со скоростью изменений более 1 °/о в секунду за время /;

в) интервалами (Д/) между следующими друг за другом изменениями напряжения, причем если интервалы времени между концом одного изменения и началом следу-

ющего происходят в том же направлении менее чем за 0,04 с, то эти изменения рассматриваются как одно.

Допустимые значения размахов напряжения, %, в за­висимости от числа изменений напряжения на зажимах ламп накаливания приведены на рис. 12.1. Всесоюзный научно-исследовательский и проектный институт «Тяж­промэлектропроект» рекомендует пользоваться кривой рис.

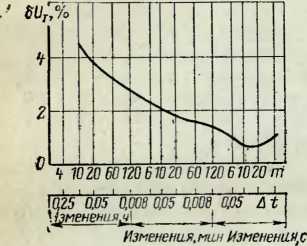
12.1 и для газоразрядных ламп [30].

Рис. 12.1. Допустимые разма- хи изменений напряжения в за­висимости от частоты измене­ний

Характерным примером таких изменений напряже­ния в сети является сниже­ние напряжения, •вызывае­мое пуском короткозамкну­того асинхронного электро­двигателя, пусковой ток ко­торого в 4—8 раз больше его номинального тока. Из- за этого в первый момент пуска в сети возникает рез­кое снижение напряжения, длящееся сравнительно ма­лое время, затем по мере разгона двигателя и умень­шения пускового тока на­пряжение снова повышается. Для лифтов можно прини­мать количество включений в час 60. При подключении к одной секции шин нескольких (п) лифтов число включе­ний принимается 60п.

При проектировании электрических сетей жилых н об­щественных зданий возможность совмещенного питаний рабочего освещения и силовых электроприемников, в пер­вую очередь лифтов, должна быть проверена расчетом[[14]](#footnote-15) [[15]](#footnote-16). Этим расчетом определяется как возможность прямого пуска двигателя, так и размахи изменений напряжения на шинах вводно-распределительного устройства здания, к ко­торому помимо силовых электроприемников может быть присоединена осветительная нагрузка.

Методически расчет дополнительной потери напряже­ния, В, возникающей при пуске электродвигателя, основан на приближенной формуле

где cos <рп — коэффициент мощности электродвигателя при пуске.

Если сеть состоит из участков, сопротивления которых *п п*

*Ъг* и Sx, а сопротивления питающего трансформато­ра Гт и хт, то выражение в скобках правой части уравне­ния (12.1), обозначаемое через А, Ом, примет вид

А =1 Vr + rT cos<pu+ I *^х + хт* j sin<рп.

\ i *J* \ i )

Если принять, что пусковой ток электродвигателя, А, уменьшается практически пропорционально уменьшений напряжения на его зажимах

/пуск = /пуск ЫОМ = Аг- Люм.Д ^д/^ИОМ! (1 2 .2)

где t/д — напряжение на зажимах электродвигателя при его пуске, В; *Ki —* кратность пускового тока (по каталогу)\*, *I* НОМ,Д номинальный ток электродвигателя (по каталогу). А, то формула (12.1) примет вид

At/„ = r3K£t/n/H0M,aA/t/HOM. (12.3)

Напряжение на зажимах электродвигателя t/д будет равно разности между напряжением холостого хода пита­ющего трансформатора и полными потерями напряжения в сети, которые в свою очередь складываются из потери напряжения, вызванной нагрузкой до пуска электродвига­теля, и дополнительной потери напряжения, вызванной пусковым током электродвигателя,

t/д = t/K - Д!/с - Д1/д = 1,05t/HOM - (A t/c + At/д). (12.4)

Нетрудно показать, что с учетом сказанного формула (12.3) после подстановок и преобразований примет вид

д *j /* 173К,- /црм,д *А* (1.05С/црм АС/с) Л 9 ЗД

t^HOM (б'ном + Кз /ном.д Л)

где At/д выражена в процентах.

1 Кратность пускового тока, принимается по каталогу, может быть несколько превышена за счет апериодической слагающей тока в тече­ние первых двух-трех полупериодов, что имеет значение при выборе уставок аппаратов защиты, особенно для электродвигателей мощностью 50 кВт и более. При расчете размахов изменения напряжения аперио­дическая составляющая учитываться не должна.

Для большинства практических случаев формулу (12 5) можно упростить, если принять, что для режима максимальной расчетной нагрузки, At/C составляет 0,08 {/«ом. Тогда Д(7д, %, равна

ДД„ = 167К» ;ном.дЛ (12.6)

. . , . ^ном "Ь 1 ,73Кг /вом.д 4

Для определения <4 в формулах (12.5) и (12.6) нужно знать коэффициент мощности при пуске электродвигателя. Коэффициент мощности в первый момент после включения можно- определять как среднее арифметическое из двух вычисленных значений по формулам (12.7) и (12.8).

. cos <рп = cos <роон + V К‘ <1 “ L <12-7>

СО£ф„= + , (|28)

(1 — **shom)** К;

где шп—Л411Уск/Л4Ном — кратность пускового (начального) момента электродвигателя (по-каталогу); **sHOm** — номиналь­ное скольжение; т]ВОм— КПД при номинальной нагрузке электродвигателя, отн. ед. \*

Возможность прямого пуска короткозамкнутого элек­тродвигателя определяется из условия

(7д\*тп > 1,1/пМехКз, (12.9)

где'(7л\* — напряжение на зажимах электродвигателя в до­лях номинального напряжения; *тыех=Мые-к/Мвоы —* тре­буемая кратность начального момента приводимого меха­низма; *Кз —* коэффициент загрузки электродвигателя; 1,1 — коэффициент запаса.

При определении значений кратности начальных момен­тов шмех некоторых механизмов можно руководствоваться следующими данными:

Вентиляторы 0,4—0,5

Компрессоры центробежные и поршне­вые 0,4

Насосы центробежные и поршневые . . 0,4

Лифты пассажирские и грузовые . . . 1,7—1,8

Станки металлообрабатывающие (токар­ные, строгальные, фрезерные) . . . . • 0,3

Устойчивая работа отдельных включенных электродви­гателей не будет нарушена при пуске еще одного электро­двигателя, если максимальные их моменты будут большемоментов сопротивления приводимых механизмов. В этом случае

*ттах* (12.10)

где *rrim.ax==^maxiМпом —* кратность максимального момента электродвигателя (по каталогу).

Устойчивость работы пусковых аппаратов электродви­гателей, работающих от рассматриваемой сети, не нару­шается, так как магнитные пускатели и контакторы не от­ключаются при снижении напряжения на их зажимах до 60—65 % номинального. В связи с этим в большинстве слу­чаев проверка нормальной работы пусковой аппаратуры ос­тальных электродвигателей не требуется.

Расчетом снижения напряжения на зажимах электро­двигателя при его пуске определяется также и размах из­менений напряжения. йа шинах В.РУ, к которому может быть присоединена осветительная нагрузка. Наиболее серьезным случаем, требующим обязательной проверки на колебание напряжения, является пуск лифта. Здесь следу­ет иметь в виду, что помимо собственного электродвигате­ля лифта, создающего пусковой ток в момент включения, существенную роль играет электромагнитный тормоз, вклю­чение которого в сеть (одновременно с электродвигателем) вызывает дополнительный пусковой ток тормоза. Расчеты, выполненные для различных схем ' зданий, показали, что дополнительное снижение напряжения, вызванное включе­нием электромагнитного тормоза, составляет 0,3—0,5 %. В практических расчетах это дополнительное снижение на­пряжения может приниматься равным ОД % •

Нужно иметь в виду, что в любых случаях не следует допускать снижения напряжения более чем на 15 % (^д\*5= ^0,85), поскольку при этом может не включиться пусковая аппаратура и не сработает электромагнитный тормоз.

Дополнительное снижение напряжения, вызванное включением тормоза, можно не учитывать при проверке возможности пуска электродвигателя лифта. Дело в том, что тормоз обычно глухо подключен параллельно обмоткам электродвигателя, поэтому напряжение на обмотку тормо­за подается через основные контакты контактора одновре­менно с включением электродвигателя. Как только якорь тормоза начинает втягиваться, ток в его обмотке быстро снижается, и лишь после освобождения заторможенной ле­бедки становится возможным пуск электродвигателя. Следовательно, наличие электромагнитного тормоза лишьнесколько увеличивает время пуска электродвигателя, что должно учитываться при расчете электропривода и выборе мощности и типа электродвигателя. Вместе с тем пусковой ток тормоза, накладываясь на пусковой ток электродвига­теля, ухудшает режим работы электроосвещения, ввиду че­го этот ток необходимо учитывать при определении разма- хов изменений напряжения в осветительной сети при пуске лифта.

Аналогичную методику расчета можно использовать для определения размахов изменений напряжения в лини­ях, к которым подключены рентгеновские аппараты, ток ко­торых в режиме фотографирования достигает большого значения, однако длительность процесса не превышает 0,1—0,2 с. Правильный выбор параметров сети и обеспе­чение необходимого уровня напряжения (85—90 % *Uhom)* имеют важное значение для получения высококачествен­ных рентгеновских снимков.

**Пример 12.1.** Определить возможность пуска электродвигателя лифта мощностью 4,5 кВт серии АСМ 52-6, включенного в сеть по схе­ме рис. 12.2 в точке *г.* Определить допустимость присоединения к ши­нам ВРУ осветительной нагрузки. Выяснить влияние пуска электро­двигателя на работу другого электродвигателя лифта. Дом двухсек­ционный. Общее число лифтов 4.

Решение. 1. Определяем параметры сети, руководствуясь ка­таложными данными,

гт = 5,7 мОм; хт = 17,2 мОм;

*га б =* 0,34-0,15 — 49,5 мОм; *хаб =* 0,06-0,15 = 9 мОм;

гв,е = ] .98-0,06= 119 мОм; *хбе =* 0,09-0,06 = 5,4 мОм;

гвг = 1,98-0,03 = 59,5 мОм; *хвг* = 0,09-0,03 = 2,7 мОм.

1. По каталогу принимаем параметры электродвигателей:

Люм.д = 12 А; = 4,5; = 2,2; *tnmax* = 2,3.

1. Определяем коэффициент мощности при пуске двигателя по формулам (12.7) и (12.8):

cos <jpn=0,52.

1. Определяем значение *А* для точки *б:*

дб=|(49,5-4-5,7)0,52 + (9+ 17,2) 0,85] 10-3 = 0,051 Ом.

1. Определяем значение *А* для точки *в:*

= [(49,5 + 5,7 + 119) 0,52 + (9 + 17,2 + 5,4) 0,85] 10-3 = 0,12 Ом-

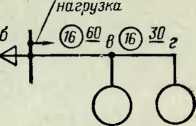
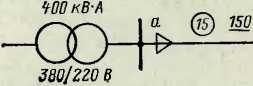
1. Определяем значение *А* для точки *г:*

[(49,5 + 5,7+ 119 + 59,5) 0,52+ (9+ 17,2 + 5,4 +

+ 2,7) 0,85] 10—3 = 0,15 Ом.

1. Определяем дополнительную потерю напряжения при пуске элек- тродвшагеля в точках *б, в, г,* по формуле (12.6):

167-4,5-14-0,051

Зб0+1,73-4,5-12-0,15 3>42%-

= 1 19%-

380 + 1,73-4,5-12-0,051 ’ ’

167-4,5-12-0,12

380+ 1,78-4,5-12-0,12 — 2>76%> 167-4,5-12-0,15

*ьи*

Рис. 12.2. Схема к примеру 12.1. Подчеркнутые цифры указывают дли­ны, м, цифры в кружках — сечения жил кабелей н проводов, мм2

*0свети.те/1ьная*

4,5кВт 4.5кВт

1. Определяем по формуле (12.4) напряжение на зажимах электро­двигателя при его пуске (полная потеря напряжения в сети принима­ется равной 8%) в долях номинального напряжения:

17й г4 = 1,05 — (0,08 + 0,034) «5 0,94.

1. Проверяем возможность пуска электродвигателя по формуле (12.9), принимая коэффициент загрузки равным единице

0,94а-2,2 > 1,1-1,7-1, т. е.1,94> 1,87.

Расчет показывает, что прямой пуск двигателя обеспечивается.

1. Напряжение на зажимах работающего двигателя (точка *в)*

*Udte„* = 1,05— (0,08 + 0,028) = 0,95.

1. Проверяем условия нормальной работы двигателя второго лиф­та, руководствуясь формулой (12.10),

0,95а-2,3 > 1,1-1; 2,07 > 1,1

и убеждаемся в том, что второй двигатель будет продолжать работать.

1. Определяем снижение напряжения на вводном устройстве в точке *б* при пуске двигателя лифта. Полное снижение напряжения в точке *б* складывается из снижения напряжения при пуске двигателя и потери напряжения при включении электромагнитного тормоза:-

Д(/бЕ = 1,19 + 0,4 = 1,59%.

В рассматриваемом двухсекционном доме установлено четыре лифта. При числе включений каждого лифта до 60 в час общее число включений лифтовых установок в час составит 240. Из кривой рис. 12.1 видно, что допустимое снижение напряжения составляет примерно 2,3 %. Таким образом, присоединение осветительной нагрузки к сило­вому вводу в данном случае допустимо.

< >■ • s'\*

Глава тринадцатая

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ И ЭНЕРГИИ

Передача электроэнергии неизбежно сопровождается по­терями мощности и энергии в трансформаторах и линиях. Указанные потери достигают 12—15 % всей выработанной энергии и покрываютс! за счет увеличения мощности ис­точников питания и пропускной способности всех элемен­тов сети, т е. за счет повышения капиталовложений. -Кро­ме того, потери энергии влекут за собой перерасход топ­лива на электростанциях . энергосистем, что .особенно актуально в современных условиях.

Потери мощности и энергии обязательно учитываются при технико-экономическом сопоставлении различных, ва­риантов схем электроснабжения. О них необходимо пом­нить при выборе наивыгоднейшего режима эксплуатации электроустановок. До последнего времени этим вопросам не уделялось должного внимания при проектировании внут­ренних сетей, хотя даже оплачиваемые потребителем по­тери электроэнергии в этих сетях все равно требуют расхо­да остродефицитного топлива. Ниже излагается кратко ме­тодика расчета потерь мощности и энергии в основных элементах электрических сетей.

Общие потери активной мощности в трансформаторе, кВт, определяются из выражения

дрт = дрст + дрмр2, (13.1)

где ДРСТ=ДРК — потери активной мощности в стали транс­форматора при номинальном напряжении, кВт; ДРМ— =ДРК — то же в обмотках при номинальной нагрузке трансформатора, кВт; P=S/SnoM,T— отношение действи­тельной нагрузки к номинальной мощности трансформа­тора (коэффициент загрузки трансформатора).

Потери реактивной мощности в трансформаторе состоят из потерь на намагничивание (они практически не зависят от нагрузки) и потерь, обусловленных потоками рассеяния, 182

**которые находятся в зависимости от нагрузки трансфор­матора.**

**Указанные потери, квар, определяются из выражения**

**AQT = AQx+ AQ«02. (13.2)**

**Величины АРСТ=ДРХ и ДРН=ДРК приводятся в катало­гах на трансформаторы, Дфх и AQK, квар, определяются по каталожным- данным:**

**AQx = ]/ ДР- ~ 'х«ном/ЮО; (13.3)**

у \ lUv ]

**Д<2В = 3/1 м.т х, • Ю""3 « , (13.4)**

**100**

**где «в — напряжение короткого замыкания трансформато­ра (по каталогу), %; Д —ток холостого хода трансфор­матора, %; хг— индуктивное сопротивление трансформа­тора, Ом. А , <**

**Подери активной мощности в линиях трехфазной элек­трической сети *с равномерной нагрузкой* фаз, кВт,' равны**

**Д^-М^г/иГ3 (13.5)**

**И соответственно реактивной мощности, квар**

**А^л^З/^Хл-Ю-3. (13;6)**

**Иногда потери мощности в линии переменного тока вы­ражают в процентах расчетной мощности**

**1Р- = АРл'\*°в-. (13.7)**

***Ртах***

**Если реактивная составляющая потери напряжения ма­ла и ею можно пренебречь, то можно установить связь между потерями напряжения, %, и мощности, %. Действи­тельно, в данном случае для трехфазной сети**

***bU = ^~'max* COSI1'- 100;**

^ном

3/2 ,

**др; = \_ J2-2L 100.**

***Ртах***

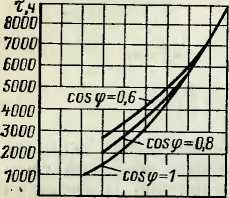
**Тогда**

др;==\_^\_. **(13.8)**

COS2q>

Переходя к расчету потерь энергии, необходимо ввести понятие о *времени наибольших потерь.* Это есть условное время, в течение которого при передаче электрической энергии с максимальной нагрузкой *Imax* потери энергии бы- < ли бы такими же, какие имеют место при работе по дейст­вительному переменному графику нагрузки.

Время наибольших потерь **т**

равны

можно определять из кривых за­висимости этого времени от годо­вой продолжительности исполь­зования максимума нагрузки *Ттах,* о котором уже говорилось в других главах, и коэффициента мощности данного участка сети (рис. 13.1)1.

Потери активной энергии в трансформаторах определяются как сумма произведений потерь мощности, не зависящих от на­грузки, на полное время работы трансформатора *t* в часах и по­терь мощности, зависящих от на­грузки, на время наибольших по­терь. Таким образом, годовые по- в трансформаторе, кВт-ч, будут

*О 1000 3000 5000 7000 Т,ч*

Рис. 13.1. Зависимость времени наибольших по­терь от продолжительно­сти использования мак­симума нагрузки

тери активной энергии

д№а.т = ДРст/+АЛ,₽2'г- (13.9)

Потери реактивной энергии, квар-ч, в трансформаторе

Д^7 ~ *1*Х ^НОМ ,Т *i* I ЫК ^НСМ,Т Р2 Т /1 О | А\

р,т ~ юо "г юо [[16]](#footnote-17) ' '

**и** соответственно в линиях

Д№а,л= 3/^глт-1(Г3; (13.11)

ДГР,Л = З/^ХлТ-КГ3. (13.12)

При определении т по кривым рис. 13.1 не учитываются изменения коэффициента мощности в течение года и фор­ма годового графика нагрузок. Если известен годовой рас­ход не только активной, но и реактивной энергии, то числочасов использования максимума нагрузки, а следователь­но, и т определяется более точно.

1. Определяется годовое число часов использования максимума активной и реактивной нагрузки:

*ттаха = wa/pmax-,* (13.13)

*ттахр* = ^р,'<?тая. (13.14)

Таблица 13.1. Годовое число часов использования расчетного максимума нагрузки

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Потребитель | Нагрузка | | |
| общая | | силовая , | световая |
| Предприятия общественного питания: 1  столовые |  | 1500—3000 | 1600—2400 |
| рестораны | 3300—4700 | 3800—5000 | 3000—4000 |
| Продовольственные магази- | — | 2000—3000 | 1700—2300 |
| ны  Промтоварные магазины (с | 4100—4200 | — | — |
| кондиционированием)  Корпуса больниц: лечебные | 2200—3200 |  |  |
| хирургические | 3300—3800 | — | — |
| Поликлиники | 1900—2200 | — | — |
| Аптеки | 1300—1600 | — | — |
| Гостиницы’:  без ресторанов | 3300—5000 | 2500—4500 | 3800—4000 |
| с ресторанами | 4800—5000 | 4200—4500 | 3800 4300 |
| Административные здания | 2500—3500 | 4400—6400 | 1100—1200 |
| (с кондиционированием) Предприятия бытового, об­служивания:  комбинаты | 2300 |  |  |
| фотографии | 3400 | ■— | — |
| ателье | 1— | 1300 | 3900 |
| Школы односменные: без пищеблока | 500—700 | 1300—1500 | 300—400 |
| с пищеблоком | 800 | — | — |
| Школы двухсменные без пи- |  | 1300—2300 | 1700- 201Х) |
| щеблока  Жилые здания:  не оборудованные ста- | 3000 | — | — |
| ционарными электропли­тами  оборудованные стацио- | 3400 | — | — |
| парными электроплитами  ’ Большие значения отиосятс | я к гостиницам | с коидицнони | роваиием воздуха, |
| меиыиие — без кондиционирования. | |  |  |

1. Полное ч-нсло часов использования максимума

*Ттах = V Тщах* а COS *tyrnax* “h *Trnaxp sin:(f>max;* (13.15)

COS Фтах *' Pmax/ V ^max + Qmax !* sill <₽max =

*= Qmax/*1 *max* 4" *Qmax ■*

1. Время потерь определения из выражения

т = (0,124 + *Tmax-* КГ4)28760. (13.16)

Годовое число часов использования расчетного макси- ~ мума нагрузки можно принимать по табл. 13.1.

Глава четырнадцатая

ВЫБОР СЕЧЕНИЙ ПРОВОДНИКОВ

ПО МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ

■

Наряду с требуемыми техническими характеристиками 'электрических сетей важно обеспечить ‘необходимую прочность и долговечность элек­тропроводок. \*

Механическая прочность пров'одов и кабелей существенно зависит от условий прокладки, усилий, которым, подвергаются провода и кабе­ли в процессе' монтажа, а в Дальнейшем и при эксплуатации (напри­мер, при подключении переносных электроприемников) — от окружаю­щей среды, в которой проложены провода, и, конечно, механических свойств материалов проводников. Отметим, что медные проводники значительно прочнее, чем алюминиевые, особенно в отношении коли­чества перегибов, которые неизбежны при проведении монтажных ра­бот. Однако они дефицитны и их использование строго ограниченно.

Естественно, что для переносных электроприемников требуются, как правило, провода н шнуры с гибкими медными жилами. Механи­ческая стойкость проводов имеет важное значение и для обеспечения пожар иой и электробезопасности.

Проводники должны быть достаточно стойкими и при КЗ, когда вследствие резкого повышения токов они (во всяком случае за время до отключения аварийного участка) испытывают значительные дина­мические воздействия.

Правила устройства электроустановок разрешают не производить механических расчетов проводов в сетях до 1000 В (за исключением воздушных сетей и тросов) при соблюдении наименьших сечений токо­проводящих жил, указанных в табл. 14.1. Выполнение этих требований является обязательным для всех видов электропроводок.

**Таблица 14.1 Наименьшие сечеиия проводников по механической прочности**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Проводники | Сечение, мм2 | |
| медных | | алюминиевых |
| Шнуры для присоединения бытовых электроприемников | 0,35 | — |
| Кабели для присоединения переносных и передвижных электроприемииков в про­мышленных установках | 0,75 | — |
| . Скрученные двухжильные провода с мно­гопроволочными жилами для стационарной прокладки на роликах  Незащищенные изолированные провоза для стационарной прокладки внутри поме­щений: | 1 | - |
| а) непосредственно по основаниям, на роликах, клицах и тросах-  б) на лотках, в коробах (кроме глухих): | 1 | 2,5 |
| для жил, присоединяемых к винтовым зажимам | 1 | 2 |
| для жил, присоединяемых- пайкой: | 0,5 | • |
| . . однопроволочных. . | • ■■■ ■ |
| многопроволочных (гибких) | 0,35 |  |
| в) на изоляторах  Незащищенные изолированные провода в наружных электропроводках: | 1,5 | 4 |
| а) по стенам, конструкциям или опорам на изоляторах; вводы от воздушной линии | 2,5 | 4 |
| б) под навесами на роликах  Кабели и защищенные изолированные провода для стационарной прокладки (без труб, рукавов и глухих коробов). | 1,5 | 2,5 |
| для жил, присоединяемых к винтовым ‘ зажимам | 1 | 2 |
| для жил, присоединяемых пайкой, одно проволочных | 0,5 | \*—• |
| то же многопроволочных (гибких) | 0,35 |  |
| Незащищенные и защищенные изолиро­ванные провода для стационарной проклад­ки в‘трубах, металлических рукавах и глу­хих коробах | 1 | 2 |
| Защищенные и незащищенные провода и кабели в замкнутых каналах или замонолн- ченных1 в строительные конструкции или под штукатуркой | 1 | 2 |
| Групповые линии квартирной сети |  | 2 |
| Вводы в квартиры к расчетным счетчи­кам |  | 4 |

Продолжение табл. 14,1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Проводники | Сечение, мм2 | |
| медных | алюминиевых |
| Питающие линии и стояки в жилых зда­ниях для питания квартир  1 См. гл. 18. | — | 6  1 i |

**Глава пятнадцатая**

**УПРОЩЕННЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ТОКОВ**

**КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СЕТЯХ ДО 1000 В**

1. Определения и расчет токов короткого замыкания

При коротких замыканиях возникают значительные меха­нические силы в токовекущих частях электрических аппа­ратов, шин, изоляторов. Последствием этих механических сил могут быть разрушения аппаратов и конструкций РУ. Кроме того, токи КЗ вызывают дополнительный нагрев то­коведущих частей электрических аппаратов, шин РУ и жил кабелей, что может привести к выходу их из строя из-за опасного повышения температуры. Нередко КЗ становятся причиной пожара и порчи имущества.

Процессы, возникающие при КЗ, их физическая сущ­ность и методы расчета изучены достаточно глубоко и рас­смотрены в специальной литературе. В настоящей главе даются самые общие положения, имеющие актуальное значение лишь для сетей до 1000 В, типичных для электро­оборудования жилых и общественных зданий.

Остановимся на некоторых основных понятиях и опре­делениях, а также параметрах, необходимых для расчетов.

**Коротким** замыканием называется непосредственное соединение между любыми точками разных фаз или фазы с землей и нулевым проводом электрической цепи, которое не предусмотрено нормальными условиями работы уста­новки. Ток КЗ зависит от мощности источника питания, электрической удаленности места КЗ от него, т. е. от со­противления цепи КЗ, от вида КЗ (трехфазного, двухфаз­ного, однофазного, однофазного и двухфазного на землю), а также момента возникновения КЗ и длительности его действия. Относительная вероятность различных видов КЗ, по статистическим данным, характеризуется следую­щими- показателями: трехфазное — 5, двухфазное — 30 и однофазное — 65 %. Приведенные данные относятся к внешним электрическим сетям и системам, однако можно полагать, что приведенные цифры действительны с извест- ной долей приближения и для внутренних сетей.

Мгновенное значение полного тока КЗ iK, А, можно разложить на две составляющие: периодическую *1п* и апе­риодическую *ia:*

й = “Ь й-

Наибольшего значения ток КЗ достигает в том случае, когда КЗ возникает при прохождении тока предшествую­щего режима (тока нагрузки) через нуль; при этом перио­дический ток имеет амплитудное значение, А

= Ио-

**ударным током** называется наибольшее мгновенное значение тока КЗ. Этого значения ток КЗ достигает по ис­течении первого полупериода с момента возникновения КЗ, т. е. через 0,01 с.

Отношение ударного тока КЗ iy к амплитуде периоди­ческой составляющей тока КЗ *1п,тах* называется **ударным коэффициентом**

*’ k = i // .* (15.1)

у У/ V '

Апериодическая составляющая тока КЗ, А, изменяется по закону

й = Йо e~t,Ta = *in.n-ах e~t/T&,* (15.2)

где 7а=-х/(314г) — постоянная времени затухания, с; *t—* время, с; *г —* активное сопротивление цепи КЗ, Ом; *х —* индуктивное сопротивление цепи КЗ, Ом.

Апериодическая составляющая (иногда ее называют свободным током) затухает быстро и практически исчеза­ет через 0,15 с.

В результате процессов, происходящих в генераторах электрических станций при КЗ, периодическая составляю­щая тока КЗ тоже затухает и через некоторое время до­стигает своего установившегося значения. Начальное зна­чение периодической составляющей называют **сверхпере­ходным током** *1".* При достаточно большом удалении места КЗ от генерирующего источника, что характерно для сетей жилых и общественных зданий, влияние затухания перио­дической составляющей незначительно и может в расчетахне учитываться. Ударный ток КЗ, А, может быть выражен следующим образом:

**'у = /п.тах + /а(0.01) = | 2/ц + F 2°’0,/\ (15.3)**

где /п — действующее значение периодической составляю­щей тока КЗ, A; *ky —* ударный коэффициент,

*k.* = 1 + с-°'0,/га. (15.4)

Согласно сказанному выше получаем значение ударного тока

<Т=К2М"- (15.5)

При выборе аппаратов иногда требуется знать наиболь­шее действующее значение тока КЗ. Оно определяется но приближенной формуле, А

/д = гу 1 + 2(^-1)\* . (15.6)

1. Особенности расчете токов короткого замыкания в установках до 1000 В ,

Характерной особенностью расчета токов в сетях до 1000 В является необходимость учета активных сопротив­лений элементов цепи КЗ, которые в кабельных сетях и внутридомовых сетях, выполняемых проводами в трубах и каналах строительных конструкций, значительно превыша­ют индуктивные сопротивления. Существенное влияние на суммарное сопротивление цепи в таких сетях оказывают сопротивления контактов коммутационных аппаратов, максимальных расцепителей автоматических выключате­лей, обмоток трансформаторов тока, а также переходные сопротивления контактных соединений и дуги, возникаю­щей в месте КЗ. Все активные сопротивления шин, прово­дов, кабелей при КЗ увеличиваются из-за повышенного нагрева при КЗ.

В расчетах следует также учитывать сопротивления об­моток силовых трансформаторов мощностью до 1000 кВ-А, так как они соизмеримы с сопротивлениями короткозамк­нутой цепи. Таким образом, при расчетах токов КЗ в сетях до 1000 В недопустимо учитывать только индуктивные со­противления, как это принято при расчетах токов КЗ в се­тях выше 1-000 В.

В большинстве случаев расчет токов КЗ может выпол­няться без учета затухания его периодической составляю-шей. Практически при мощности системы, превышающей номинальную мощность питающего трансформатора в 50 раз, ток КЗ можно считать незатухающим, как для си­стемы бесконечной мощности.

Поскольку активное сопротивление цепи КЗ обычно значительно превышает индуктивное *г^>х,* апериодическая составляющая тока КЗ затухает весьма быстро, ударный коэффициент при КЗ во внутренней сети здания или на ввО- де'В Дом может приниматься равным единице и лишь на шинах питающей подстанции он возрастает до Ку=1,1«

Периодическая составляющая тока трехфазного КЗ (в нашем случае это и сверхпереходный ток, и его устано­вившееся значение) в килоамперах определяется, по фор­муле

*/„ = /” = /„ = UBOM* /(1,73 /гТ+71), (15.7)

где t/ном — номинальное линейное напряжение, В; **Гб —** суммарное активное сопротивление цепи КЗ, мОм; *х% —-* суммарное индуктивное сопротивление, мОм.

Как отмечалось, на ток КЗ существенно влияют пере­ходные сопротивления. При отсутствии достоверных, дан­ных.об этих величинах переходные сопротивления могут

Таблица 15.1. Значения активных и индуктивных сопротивлений

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование | Активное сопротивле­ние ***г,*** мОм | Индуктивное сопротивле\* ние ***х,*** мОм |
| Трансформаторы тока при коэффициенте |  |  |
| трансформации: |  |  |
| 20/5 | 42 | 67 |
| 30/5 | 20 | 30 |
| 40/5 | 11 | 17 |
| 50/5 | 7 | 11 |
| 75/5 | 3 | 4,8 |
| 100/5 | 1,7 | 2,7 |
| 150/5 | 0,8 | 1,2 |
| 200/5 | 0,4 | 0.7 |
| Катушки расцепителей автоматических выключателей при 0=65 °C и номинальном токе, А: |  |  |
| 50 | 5,5 | 2,7 |
| 70 | 2,4 | 1,3 |
| 100 | 1.3 | 0,9 |
| 200 | 0,4 | 0,3 |

приниматься для распределительных щитов на подстанци­ях равными 15, на шинах ВРУ здания 20, на последующих щитах 25 мОм.

Активные и индуктивные сопротивления трехфазных силовых трансформаторов на стороне 0,4/0,23 кВ приведе­ны ниже.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Мощность трансформа­тора, кВ-А | 160 | 250 | 400 | 630 | 1000 |
| Активное сопротивле­ |  | 10,2 |  |  | 2,1 |
| ние, иОм/фаза ....  Индуктивное сопротив­ | 17 | 5,7 | 3,2 |
| 30,3 | 8,5 |
| ление, мОм/фаза . . , | 42 | 17,2 | 13,4 |

Значения активных и индуктивных сопротивлений не­которых аппаратов приведены в табл. 15.1.

1. Упрощенное определение тока трехфазного короткого замыкания

Для уменьшения трудоемкости выполнения расчетов токов трехфазного КЗ, связанной с определением сопро­тивлений каждого из элементов короткозамкнутой сети, применяется упрощенный метод расчета, обеспечивающий достаточную для практических целей точность [32]. Этот метод основан на использовании потерь напряжения и рас­четного тока нагрузки, всегда известных из обычных рас­четов проводов и кабелей на потерю напряжения и нагрев.

Приняты следующие допущения, влияющие как на уве­личение, так и на уменьшение тока КЗ (ошибка в расчетах при этом, как показывает проектная практика, не превыша­ет 10 %):

1. не учитывается сопротивление сети высшего напря­жения;
2. применяется алгебраическое сложение полных сопро­тивлений;
3. в качестве расчетного принимается номинальное на­пряжение электроприемников, а не напряжение холостого хода питающего трансформатора;
4. не учитываются переходные сопротивления кон­тактов.

Как известно, расчет тока КЗ может вестись в относи­тельных единицах. При этом периодическая составляющая тока КЗ, А, определяется из выражения

Л3) =Ш.б, (15.8)

где /б — условный базовый ток, А; *г,*,б — относительное суммарное полное базовое сопротивление цепи,

(15.9)

С другой стороны, падение напряжения в рассматривае­мой точке сети, %, равно

At/ = ГЗ/тоаг.Ю0/(/вом, (15.10)

где *Ттах —* расчетный ток данного участка сети, А, Разделив (15.9) на (15.10), получим, отн. ед.

100М- О5-11)

С учетом принятых выше допущений имеем

*гг.б ~ гг,б.л* **"1" 2г.б,т’**

где *гг,б,л —* относительное базовое полное сопротивление линии, определяемое аналогично по формуле *гг,б,я=Аи„1б1 /\00imax’, 2г,б,т —* относительное базовое полное сопротив­ление трансформатора.

Величину гг,б,т можно выразить следующим образом, отн. ед.:

**2г,б,т^М<Д1007 ном,-)’**

где *ик —* напряжение КЗ трансформатора (по катало­гу), %‘, /ном.т — номинальный ток трансформатора, А.

Теперь выражение периодической составляющей тока трехфазного КЗ для цепи, состоящей из *п* участков, примет вид, А

/<3> = \_ 122 . (15.12)

VI *ик*

*/щах* **/цом.т  
I**

Обычно при проектировании сетей до 1000 В, выпол­няемых кабелями и проводами, проложенными в трубах или каналах строительных конструкций, известны актив­ные составляющие потерь напряжения, %, на каждом участке линий

Af7a = r3/maxrcosq).100/t/

НОМ\*

Найдем отношение падения напряжения на данном участке линии к активной составляющей потери напряже­ния на этом же участке и обозначим его *Ki’.*

= At/„/At7a = гл/(г cos <р) = z0/(r0 cos <p)« 1/cos <p,

где z0 и го — полное и активное сопротивления 1 км линии, Ом/км.

Теперь выражение (15.12) может быть легко преобра­зовано в основную расчетную формулу для определения тока трехфазного КЗ, А

/J,3’ = — — . (15.13)

К] |

*Imax* Лгом.т

1

В формулу (15.13) входят лишь величины, всегда из­вестные при проектировании.

Коэффициент Ki практически не зависит от сечения линии, что объясняется незначительным индуктивным со­противлением кабелей и проводов, проложенных в трубах. Значения коэффициента *Ki* для любых сечений проводни­ков в зависимости от коэффициента мощности могут быть определены по следующим данным:

Коэффициент

мощности . . 0,6 0,65 0,7 0,75 0,8 0,85 0,9 0,95 1,0

Коэффициент

К, 1,67 1,55 1,44 1,35 1,27 1,18 1,11 1,06 1,01

Значения **wk//hom,t** для серийных масляных силовых трансформаторов при низшем напряжении 400/230 В со­ставляют:

Мощность

трансформа­

тора, кВ-А. 100 160 250 400 630 1000

«к//иом, т • ЗО Ю-3 18,5-10—3 11,8-10—3 7,4-10—3 5,7-10—3 3,6-10-®

Как показывают сравнительные расчеты, определение тока КЗ упрощенным методом дает несколько завышенное значение тока КЗ в удаленных точках сети (в пределах 10—11 %) по сравнению со значением, вычисленным по формуле (15.7), что создает некоторый вполне допустимый запас.

400 *кВА 1 2 Ч*

*ААБ1(3\*120) АПВЗ(1\*г5)+1\*К '*

*и-к=Ч,5% \_*

Рис. 15.1. Схема и исходные данные к примеру 15.1.

Участок ***Г. Р*** ,,ual=IOO кВт; cosq5|-0,8; ^ma3CI=190 А; £,=200 м; AUaJ =3,7 % Участок 2: ***Р таХ2*** =40 кВт; cos <fa=0,9; ***I тах2*** -68 A; L2=40 м; Д17а2-1,4% 194

Пример 15.1. Выполнить расчет тока трехфазного КЗ упрощенным методом в точке сети, схема и исходные параметры которой приведе­ны на рис. 15.1.

Решение. Руководствуясь приведенными выше данными, нахо­дим /<11 = 1,27; /<|2=1,11 и Нк//вом,т=7,4-10-3. Затем по формуле (15.13) определяем ток трехфазного КЗ

100

**/<3) =**

= 1,82 кА.

U2W МЬМ+ 10\_з

190 Г68 ’

15-4. Выбор электрических аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания

Правила устройства электроустановок предписывают, какие виды электрического оборудования должны выби­раться с учетом динамической и термической стойкости при коротких замыканиях.

Применительно к установкам до 1000 В ПУЭ (гл. 1—4) предусматривают, что по режиму КЗ в электроустановках до 1000 В должны проверяться щиты и токопроводы. Ап­параты защиты, в них устанавливаемые, должны обладать способностью отключать КЗ, не разрушаясь. При этом в качестве расчетного должен приниматься наибольший воз­можный ток КЗ сети. Эти требования всегда должны со­блюдаться при проектировании ВРУ, электрощитов, при определении стойкости шин, изоляторов и других опорных конструкций.

Полное удовлетворение требований ПУЭ в отношении защитных аппаратов не всегда экономически оправдывает­ся. В связи с этим в некоторых нормативных документах допущены отступления, позволяющие более гибко подхо­дить к выбору аппаратов. Эти отступления основаны на крайне малой вероятности появления предельно возмож­ных токов КЗ. Испытания показали [33], что действующие значения токов КЗ, полученные расчетным путем, практи­чески не могли быть достигнуты. Так, для случая привин­ченной между шинами медной перемычки сечением 6— 25 мм2 предельно возможный ток составил 60—87 % рас­четного, для случая свободно лежащего на шинах медного бруса — 56, для случая перекрытия по изоляции — 32—56 %.

Существует ряд причин, вызывающих снижение тока КЗ. Как уже указывалось, одной из них являются переход­ные сопротивления контактов, точный учет которых крайне

затруднен. Поэтому вполне допустимо производить выбор аппаратов по так называемому *одноразовому току'* или, как его иногда называют, *току одноразовой предель­ной коммутационной способности.* Таким током можно счи­тать предельный ток, при котором аппарат может выпол­нить коммутационную операцию 1 раз без пожара, увечья персонала или выхода из строя установки, даже если после этого аппарат не сможет выполнять свои функции и по­требует ремонта. Значения одноразового тока приводятся в каталогах и информационных заводских материалах.

Разрешается также установка динамически нестойких аппаратов, если перед группой таких аппаратов устанав­ливается стойкий аппарат, являющийся своеобразным «сто­рожем». Нестойкие аппараты рекомендуется выносить на отдельные панели щитов.

На вводах в здания, как правило, устанавливаются то­коограничивающие предохранители (большей частью ПН-2). Выбор аппаратов, установленных после таких пре­дохранителей, может производиться по расчетному току КЗ, но не более наибольшего значения тока, пропускаемо-, го предохранителями с плавкими вставками данного типа. Это же относится к защите некоторыми типами автомати­ческих выключателей в токоограничивающем исполнении.

В свете изложенного выше можно сделать следующие основные выводы и рекомендации:

1. Шины, изоляторы и другие опорные конструкции вводных устройств, щитов, шкафов и токопроводов долж­ны быть стойки к наибольшим значениям токов КЗ.
2. Аппараты, устанавливаемые на ВРУ, щитах, щитках, токопроводах в зданиях, могут выбираться по «одноразо­вому току», значения которого должны даваться заводами- изготовителями. Практически это означает, что при уда­лении ВРУ от питающей подстанции на расстояние 100 м и более расчеты токов КЗ становятся неактуальными, что подтверждается практикой проектирования и опытом экс­плуатации электрооборудования зданий. При установке щитов непосредственно в подстанциях выбор аппаратов должен производиться из условий динамической стойко­сти при КЗ.
3. Аппараты защиты могут выбираться по наибольшему пропускаемому току плавких вставок предохранителей и автоматических выключателей с токоограничивающим дей­ствием, установленных впереди (по направлению потока энергии) этих аппаратов.
4. Упрощенное определение токов однофазного короткого замыкания

Правила устройства электроустановок требуют опреде­ления тока однофазного КЗ с целью проверки нормальной работы аппаратов защиты и действенности системы зану­ления.

Упрощенная методика определения тока однофазного КЗ основана на использовании потери напряжения и рас­четного тока нагрузки, всегда известных при обычных рас­четах сети на нагрев и потерю напряжения [34]. При этом приняты следующие допущения, не снижающие требуемой достоверности результатов: не учитываются сопротивления сети высшего напряжения; применяется алгебраическое сложение полных сопротивлений; в качестве номинального напряжения сети принимается номинальное фазное напря­жение электроприемников, а не напряжение холостого хода питающего трансформатора.

Согласно ПУЭ ток однофазного КЗ, А, может быть вы­ражен формулой, которая выведена на основании метода симметричных составляющих и учитывает сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательностей коротко­замкнутой цепи

***/ / 2 \***

гп + -^- , (15.14)

где *1/ф —* номинальное фазное напряжение сети, В; zn — полное сопротивление петли, созданной фазным и нулевым проводами, Ом; *z\ —* полное сопротивление трансформато­ра току замыкания на корпус, Ом.

Выражая сопротивления в относительных единицах, приведенных к базовому току /б, можно написать, А

+-%-). (15.15)

/ \ о /

Полное сопротивление петли, отн. ед., созданной фаз­ным и нулевым проводами, для участка сети будет равно

***г = 1 maxL*** (Гфп ~1~ Гчо) + \*по /б (15 16)

***'■б-п £/ф 1тах ’***

где Гфо—активное сопротивление 1 км фазного провода, Ом/км; Гно—то же нулевого провода; х„0—реактивное со­противление петли, созданной фазным и нулевым провода-

ми, Ом/км; *1тах —* расчетный ток линии, A; *L —* длина участка, км.

может

(15.17)

Активная составляющая потери напряжения, %, быть выражена формулой

А^а = !тах 'фо £ cos <р • 100, *Uф.*

Найдем отношение

**М-,б,п \_ ’ (гф0 + гно) + \*п0 /б**

(15.18)

(15.19)

также

**Д(7а Гф0 cos <р/*max' TflOX***

откуда

***,.. К' MJa /б***

г' юо/тож '

Выразив полное сопротивление трансформатора в относительных единицах и приведя его к базовому току, можем записать

***гг,б>т = Vhom-t*** . (15.20)

**^Ф ЛюМ.Т ^ф**

**Таблица 15.2. Коэффициент *К'***

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Провода в трубах и каналах | | | | Кабели | |
| Сечение фазного | Сечение иу- | ***К'*** при cos<p | | | Сечеине ну- |  |
| провода, мм2 |  |  |  |  |
| левого про- | 0,6 |  |  | левой жилы. |  |
|  | вода, мм2 | 0,8 | 1 | мм\* |  |
| **2,5** | **2,5** | **3,3** | **2,5** | **2,0** |  |  |
| **4** | **2,5** | **4,3** | **3,3** | **2,6** | **2,5** |  |
| **6** | **4** | **4,2** | **3,2** | **2,5** | **4** |  |
| **10** | **6** | **4,3** | **3,2** | **2,6** | **6** |  |
| **16** | **10** | **4,3** | **3,3** | **2,6** | **10** |  |
| **25** | **16** | **4,3** | **3,3** | **2,6** | **16** |  |
| **35** | **16** | **5,3** | **4,0** | **3,2** | **16** |  |
| **50** | **25** | **5,0** | **3,8** | **3** | **25** |  |
| **70** | **35** | **5,2** | **4** | **3,1** | **25** |  |
| **95** | **50** | **4,8** | **3,6** | **2,9** | **35** |  |
| **120** | **70** | **4,5** | **3,4** | **2,7** | **35** |  |
| **150** | **70** | **5,1** | **3,9** | **3,1** | **50** |  |
| **185** | **95** | **4,7** | **3,5** | **2,8** | **50** |  |

Подставляя полученные значения в (15.15), получаем выражение для тока однофазного КЗ, А

/<’> = ? (15.21)

*К' №а гт*

*lOOImax* 31/ф

Для сети, состоящей из *п* участков, формула (15.21) име­ет вид, А

/(» = ! . (15.22)

*К'ьиа* 4

100/тах + 31/ф

Оценим значения ошибок в сторону увеличения и сни­жения тока КЗ по принятым допущениям:

1. Алгебраическое сложение полных сопротивлений мо­жет дать ошибку в сторону снижения тока КЗ примерно на 5%.
2. Принятие в расчетной формуле номинального напря­жения электроприемников вместо напряжения холостого хода трансформатора также дает ошибку в сторону сниже­ния тока КЗ на 5 % •

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| четырех жильные | | | | Кабели трехжильные | | | |
|  | ***К'*** при cos <р | | | Сечение обо­лочки, мм2 | К' при cos <р | | |
| 0,6 | 0,8 | 1 | 0,6 | 0,8 | 1 |
|  | 4,3 | 3,3 | 2,6 | — | — | — | — |
|  | 4,2 | 3,2 | 2,5 | 32,8 | 1,9 | 1,5 | 1,2 |
|  | 4,3 | 3,2 | 2,6 | 37,6 | 2,1 | 1,6 | 1,3 |
|  | 4,3 | 3,3 | 2,6 | 43,3 | 2,2 | 1,7 | 1,3 |
|  | 4,3 | 3,3 | 2,6 | 45,2 | 2,4 | 1,9 | 1,5 |
|  | 5,3 | 4 | 3,2 | 56,8 | 2,5 | 1,9 | 1,5 |
|  | 5 | 3,8 | 3 | 66,8 | 2,7 | 2,1 | 1,6 |
|  | 6,3 | 4,8 | 3,8 | 83,6 | 2,9 | 2,2 | 1,7 |
|  | 5,9 | 4,4 | 3,5 | 103,8 | 2,9 | 2,2 | 1,7 |
|  | 7,1 | 5,4 | 4,3 | 117,6 | 3,0 | 2,3 | 1,8 |
|  | 6,4 | 4,9 | 3,8 | 128 | 3,6 | 2,7 | 2,2 |
|  | 8,9 | 6,8 | 5,4 | 165 | 3,6 | 2,6 | 2,1 |

1. Как показывают расчеты, неучтенные переходные со­противления вызывают ошибку в сторону некоторого повы­шения тока КЗ не более чем на 5 % для всех возможных практических случаев.

Учитывая, что приведенные факты влияют как на сни­жение, так и на увеличение тока КЗ, выражения (15.21) и (15.22) следует считать достаточно точными для проект­ной практики.

Коэффициенты *К',* вычисленные для наиболее распро­страненных сечений проводов, проложенных в трубах, че­тырехжильных и трехжильных кабелей с алюминиевой обо­лочкой, используемой в качестве нулевого провода, приве­дены в табл. 15.2.

В табл. 15.3 приведены значения *z'JSUty* для некоторых силовых трансформаторов, отнесенные к напряжению 400/230 В (средние данные при высшем напряжении 10 кВ), рассчитанные.по [35].

**Таблица 15.3. Значения** *zJWq*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Масляные трансформаторы** | | | **Сухие трансформаторы** | | |
| **Мощность трансформа­тора, кВ-А** | **Схема соедине­ний** | **</3£/ф** | **Мощность трансформа­тора, кВ-А** | **Схема соедине­ний** | **г'/зи.**  **т/ ф** |
| **100** | у/Уи | **1,18-ю-3** | **160** | Д/Ун | **0,25-10—3** |
| **160** | у/Ун | **0,74-10—3** | **250** | Д/Ун | **0.16-10-3** |
| **250** | У/Ув | **0,47-10—3** | **400** | Д/Ун | **0,1-10—3** |
| **400** | У/Ун | **0,29'10—3** | **630** | Д/Ун | **0,06-Ю—з** |
| **400** | Д/Уи | **0,1 -IO-3** | **—** |  | **—** |
| **630** | У/Ун | **0.19-10-3** | **1000** | Д/Ун | **0,04-13—3** |
| **630** | Д/Ун | **0,06- ю—3** | **—** |  | **——** |
| **1000** | У/Ун | **0,13-10—3** | **—** | **—** | **—** |
| **1000** | **Д/Ун** | **0,04 ■ 10—3** | **—** | **—** | **—** |

**Примечание. У — соединение в звезду; Ун— соединение в звезду с вы­веденной нейтральной точкой; Д — соединение в треугольник.**

Правила устройства электроустановок регламентируют следующие требования, обеспечивающие быстрое срабаты­вание защиты при однофазных КЗ в конце защищаемого участка линии:

1. При защите предохранителями или автоматическими выключателями с обратнозависимой от тока характеристи­кой ток замыкания на корпус или на нулевой провод дол­жен превышать не менее чем в 3 раза номинальные токиплавких вставок предохранителей или тепловых расцепи» телей автоматических выключателей.
2. При защите автоматическими выключателями, имею­щими только электромагнитный расцепитель (отсечку),ток КЗ в петле фаза — нуль должен быть не менее тока устав­ки мгновенного срабатывания, умноженного на коэффици­ент разброса (по заводским данным) и на коэффициент за­паса 1,1. При отсутствии заводских данных разрешается принимать коэффициенты разброса для автоматических выключателей *с* номинальным током до 100 А—1,3; для прочих автоматических выключателей 1,14.

Пример 15.2. Определить ток однофазного КЗ в точке, показанной на рис. 15.1. (пример 15.1).

Решение. 1. По табл. 15.-2 принимаем значения К' для отдель­ных участков сети: /^=2,3; К2=2,95.

1. По табл. 15.3 определяем ZT/3t/<j>=0,l-10~’.
2. Определяем по формуле (15.22) ток однофазного КЗ

2,3-3,7 100-190

2,95-1,4

100-68

0.1-103-

= 863 А.

Глава шестнадцатая

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

1. Методология технико-экономического сравнения вариантов

Электрические установки жилых и общественных зданий отличаются, как уже отмечалось в гл. 7 и 8, многовариант­ностью возможных проектных решений. Выбор наиболее целесообразного и экономичного из возможных вариантов производится на основании технико-экономических расче­тов по «Типовой методике определения эффективности ка­питальных вложений», утвержденной Госпланом СССР, Госстроем СССР, Академией наук СССР [43].

Выявление наиболее экономичного варианта произво­дится по минимуму приведенных затрат, учитывающих го­довые эксплуатационные расходы и окупаемость капиталь­ных вложений.

Варианты, отличающиеся по приведенным затратам ме­нее чем на 3 % (при исключении одинаковых составляющих

затрат), считаются равноэкономичными, В пределах зоны равноэкономичности выбор оптимального варианта следует производить исходя из инженерной оценки тех качеств, ко­торые не могли быть полностью учтены в затратах (надеж­ность, расход электроэнергии, перспективность, условия по­лучения оборудования, электробезопасность, расход цвет­ного металла и т. п.).

Конечно, во всех случаях должно быть обеспечено вы­полнение технических требований правил и норм.

При сооружении электроустановки в один этап расчет­ные затраты, тыс. руб/год, определяются согласно [43] по выражению

*3 = Е„К + И,* (16.1)

где *Ен —* нормативный коэффициент эффективности капи­тальных вложений, равный 0,12[[17]](#footnote-18) [[18]](#footnote-19) (срок окупаемокти 1/0,12=8,3 года)\*; *К—* суммарные капитальные вложе­ния тыс. руб.; *И —* ежегодные издержки производства (эк­сплуатационные расходы), включающие затраты на ком­пенсацию потерь энергии в сетях, тыс. руб/год.

При сравнении вариантов, в которых рассматривается развитие электрической сети во времени, капитальные вло­жения и ежегодные издержки по каждому варианту опре­деляются с учетом разновременности затрат по годам рас­четного периода Гр.пер- При этом учет разновременности затрат рассматриваемых вариантов осуществляется путем их приведения к какому-либо году тПрИв, одинаковому для всех вариантов. В этом случае приведенные затраты опре­деляются по следующим выражениям:

гр.пер

3= 2 (ЗД + Д^)(1 +^п)ТПР»В-< (16.2)

**/=1**

7\*р,пер

**з=** 2 (зд+А^а+^Горив-л (1б.з) **/=1**

где *Еп—* нормативный коэффициент, учитывающий разно­временность затрат, равный 0,08\*; *Kt —* капитальные вло­жения, тыс. руб.; *—Иt-i —* изменение издержек в

| 7- '

каждом году расчетного периода по сравнению с предыду­щим годом, тыс, руб/год.

Издержки производства определяются по формуле

=Ир + Ик,р + 7У3 + ^м. (16.4)

где *Ир —* амортизационные отчисления на реновацию; *Ик,р —* то же на капитальный ремонт; *Иа —* затраты на экс­плуатацию, включающие затраты на текущий ремонт; *Ик —* затраты на электроэнергию, приобретение потерь сырья и компенсацию потерь энергии в сети.

Коэффициент суммарных ежегодных отчислений от ка­питальных вложений Е2 определяется по выражению[[19]](#footnote-20)

Ех = Еи + Ер + Ек,Р+Е3. (16.5) <

Формулы (16.2) и (16.3) равноценны, однако расчеты проще вести по формуле (16.3), при которой ежегодные издержки, пропорциональные капитальным вложениям, определяются в процентах от последних *E^Kt* и складыва­ются с издержками на покрытие прироста *\ИМ* от стоимо­сти потерь. Для электрических сетей до 1000 В можно при­нимать =0,224\*\* (см. сноску стр. 202).

В гл. 13 приведена методика определения потерь мощно­сти и энергии. Затраты на компенсацию потерь энергии определяются с учетом коэффициента попадания максиму­ма потерь в максимум энергосистемы согласно Указаниям по проектированию городских электрических сетей ВСН 97—75 Минэнерго СССР в зависимости от времени наи­больших потерь и района строительства, а также потерь в звеньях электрической сети более высокого напряжения (10, 35, ПО, 220 кВ ит. д.).

1. Выбор оптимальных схем питающих и групповых электросетей жилых зданий

Многовариантность проектных решений и учет многих факторов требуют использования для технико-экономичес­ких расчетов ЭВМ, так как эти расчеты весьма трудоем­ки. В целях выбора наиболее рациональных общих реше­ний схем питающих сетей жилых зданий высотой 9—■ 30 этажей МНИИТЭП были выполнены на ЭВМ технико­экономические расчеты ряда вариантов построения схем.

Результаты расчетов и вытекающие из них рекоменда­ции широко используются в проектной практике. Приведем основные положения методики расчетов.

Сравнение технико-экономических показателей и выбор оптимального варианта схемы производились по минимуму расчетных затрат, приведенных к началу эксплуатации се­ти (нулевой год). В приведенных затратах учитывались ка­питаловложения и ежегодные эксплуатационные расходы для рассматриваемого расчетного периода.

Внутренние сети зданий характеризуются значительным сроком службы. Потребность в их реконструкции в течение первых 10—15 лет эксплуатации, как правило, может воз­никнуть при высоких темпах ежегодного прироста нагру­зок (7—8 °/о), которые на практике пока не встречались. Поэтому в расчетах было принято, что реконструкция вну­тренних сетей зданий в течение расчетного периода (15 лет) не производится. При определении затрат для перво­го года предполагается, что завершение строительства и ввод в эксплуатацию совпадает во времени (что практи­чески имеет место в жилищном строительстве). Поэтому первоначальные капиталовложения и эксплуатационные расходы за первый год после строительства (он же первый год эксплуатации) приводятся к нулевому году с помощью коэффициента приведения затрат

^=1/(1+^), (16,6)

где *Еп —* коэффициент приведения затрат, принимается раным 0,08.

Годовые эксплуатационные расходы зависят от темпов прироста нагрузок и имеют постоянную и переменную сла­гающие. К первой при отсутствии реконструкции относятся амортизационные отчисления на реновацию и капитальный ремонт, а также затраты на обслуживание сети, ко вто­рой— потери электроэнергии в сети, зависящие от роста нагрузок.

вложений на нормам или

Коэффициент отчислений от капитальных реновацию определяется по ведомственным формуле

**£■ \_ Гн**

(16.7)

**Р (1 + £п)'сл - 1 ’**

сети.

где /Сл — срок службы электрооборудования Затраты на компенсацию потерь электроэнергии состо­

ят из постоянной части (потери, определяемые нагрузкой вначале эксплуатации сети) и переменной части, обуслов­ленной приростом нагрузок. Для сетей городского- типа можно считать, что ежегодное изменение нагрузки пропор­ционально темпу прироста и определяется по формуле

Обозначим

*Е2* = Л2/(1 + *Еи),*

где *А* — коэффициент прироста нагрузок, который может приниматься 1,03 для домов с газовыми плитами и 1,01— 1,015 для домов с электроплитами.

С учетом изложенного суммарные за расчетный период затраты *3* (руб.), приведенные к началу эксплуатации, бу­дут равны

<=ГР,пер

**3 = £’2/С£,1 + Со[ДРо£’2+** 2 (ДР<-Д/’<\_1)£{], (16.8) **4=1**

где *К—* первоначальные капиталовложения, руб.; Со — стоимость 1 кВт-года потерь электроэнергии руб/(кВт X Хгод); ДР0 и ДР«— потери мощности в сети в начальный и Лй годы эксплуатации.

Учитывая, что потери мощности пропорциональны квад­рату коэффициента прироста нагрузок

ДР = ДР0Л2<

и принимая

£'(7’р,пер+1) \_ £^р,пер ,

после преобразования получаем

3 = £^:^Д1+C0ДP()(l-£1)d^Z!^L£2. (16.9)

**Яг"1**

Выражение (16.9) упрощает вычисления по суммирова­нию потерь по формуле (16.8) и позволяет определить по­тери мощности по нагрузкам в первый и последний годы расчетного периода. Следовательно, отпадает необходи­мость в расчете на все промежуточные годы. Сравнение па­раметров сети, выбранных с учетом влияния экономических факторов, с полученными на основании только технических характеристик (нагрев, потери напряжения) показало, что в последнем случае годовые приведенные затраты часто

Таблица 16.1. Пределы допустимых потерь напряжения, при которых параметры электрической сети имеют значения, близкие к оптимальным

Потери напряжения, %, при  
количестве секций в здании

Элементы сети

Количество  
этажей

**8—10**

Газифицированные здания

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Стояки | 5-8  9—12  13—14 | 0,6—0,7  0,7—0,8  0,8—1 | 0,4—0,6  0,6—0,7  0,7—0,9 | 0,5—0,8  0,5—0,7  0,6—0,8 |
| Горизонтальные пита­ | 5—8 | 0,2—0,3 | 0,9—1,1 | 0,9—1,1 |
| ющие линии внутри зда­ | 9—12 | 0,2—0,3 | 1.1—1,5 | 1,5—1,7 |
| ний | 13—14 | 0,2—0,3 | 1,6—1,8 | 1,7—1,8 |
| Внешняя питающая | 5—8 | 2—1,7 | 2,2—1,7 | 2,2—1,8 |
| кабельная линия длиной | 9—12 | 2,1—1,8 | 2,3—1,9 | 2,6-2 |
| до 100 м | 13—14 | 2,4—2 | 2,4—2,1 | 2,7—2,2 |
| То же от 100 до 200 м | 5—8 | 4,5—4,3 | 4,2—3,8 | 4,1—3,6 |
|  | 9—12 | 4,6—4,4 | 3,8—3,3 | 3,5—3,1 |
|  | 13—14 | 4,5—4,2 | 3,2—2,8 | 3,2—2,9 |

Дома с электроплитами

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Стояки | 5—8  9—12  13—16  17—22  23—30 | 0,2—0,4  0,2—0,4  0,3—0,5  0,5—0,6  0,6—0,7 | 0,2—0,5  0,4—0,6  0,5—0,7  0,5—0,7  0,6—0,8 | 0,3—0,5  0,3—0,5  0,4—0,6  0,6—0,7  0,7—0,9 |
| Горизонтальные пита- | 5—8 | 0,2—0,4 | 1,1—1.3 | 1,2—1,6 |
| ющие линии внутри зда- | 9—12 | 0,3—0,4 | 1,2—1,6 | 1,6—1,8 |
| **НИЙ** | 13—16 | 0,3—0,4 | 1.5—1,8 | 1,7—2 |
|  | 17—22 | 0,4—0,5 | 1,7—1,9 | 1,8-2,1 |
|  | 23—30 | 0,4—0,5 | 1,9—2,1 | 2—2,2 |
| Внешняя питающая | 5—8 | 1.6—1,4 | 1,9—1,5 | 2,1—1,7 |
| кабельная линия длиной | 9—12 | 1,8—1,6 | 2—1,7 | 2—1,9 |
| до 100 м | 13—16 | 2,2—1,7 | 2,2—1,8 | 2,5—2 |
|  | 17—22 | 2,3—1,8 | 2,4—2 | 2,6—2,2 |
|  | 23—30 | 2,5—2 | 2,7—2,2 | 2,8—2,4 |
| То же от 100 до 200 м | 5—8 | 4,8—4,5 | 4,2—3,7 | 4—3,4 |
|  | 9-12 | 5—4,8 | 3,9—3,3 | 3,6—3,2 |

**Продолжение табл. 16.1**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Элементы сети | Количество этажей | Потери напг£Ження» %» ПРИ количестве секций в здании | | |
| 1 | 2—7 | 8—10 |
|  | 13—16  17—22  23—30 | 4,9—4,6  4,6—4,4  4,5—4,3 | 3,5—3  3,3—2,9  3—2,6 | 3,4—2,9  3,1—2,7  2,8—2,4 |

Примечания: 1. Пределы допустимых потерь напряжения определены только по экономическому критерию (наименьшим приведенным затратам). При этом в большинстве случаев суммарные потери напряжения ие выходят за преде­лы допустимых по ПУЭ. Однако для весьма протяженных линий и высоких зданий и при значительном удалении от ТП (что возможно в редких случаях) суммарные потери напряжения по табл. 16.1 могут оказаться выше допустимых по ПУЭ. В этих случаях их следует пропорционально уменьшить до пределов, предусмотренных ПУЭ.

1. По опыту проектирования потерн напряжения во внутриквартириых груп­повых линиях общего освещения могут приниматься равными 0,8—1 %. Потери напряжения в штепсельной сети и линиях питания электроплит в этих случаях можно ие рассматривать, поскольку они ие выходят за пределы, установленные соответствующими ГОСТ.
2. Как правило, приведенное в табл. 16.1 распределение потерь напряжения незначительно отклоняется от распределения, рассчитанного по наименьшему расходу цветного металла (см, гл. 11).

оказываются выше оптимальных на 15—20 %. Следова­тельно, учет экономических факторов вполне оправдан.

Целесообразные схемы и оптимальное число питающих линий, количество ВРУ приведены в гл. 7. Наиболее эко­номичное распределение допустимых потерь напряжения между питающими кабелями, внутренними горизонтальны­ми и вертикальными питающими линиями зданий (стоя­ками) приведены в табл. 16.1.

*Внутриквартирные электрические групповые сети* жи­лых зданий являются важным звеном системы электро­снабжения. Несмотря на то что на долю внутриквартирно- го электрооборудования приходится примерно 40—50 % капиталовложений в электрические сети городского типа, вопросам технически правильного и экономичного их пост­роения должного внимания не уделялось. Учитывая важ­ность этих вопросов в последнее время МНИИТЭП [44], Ленинградским политехническим институтом им. М. И. Ка­линина [45] предприняты попытки рассмотреть групповые сети квартир по техническим и экономическим критериям с учетом перспективного роста нагрузок. В результате этой работы были изданы временные рекомендации по проекти­рованию групповых электрических сетей квартир с элек­троплитами без электроотопления и электроводонагрева, со.

Таблица 16.2. **Технико-экономические показатели радиальной и кольцевой групповых линий питания штепсельных розеток (сечение провода марки АППВС 2,5 мм2)**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Варианты** | **Расчетный ток, А** | **Потери на- пряжения, %** | **Потери мощ­ности, Вт** | **Длина про» вода, м** | **Капитальные вложения, руб/квартира** | **Годовые расчетные затраты, РУб/ квартира** |
| Двухкомнатная квар­тира: |  |  |  |  | 12,8 |  |
| радиальная линия | 11,5 | 4 | 115 | 89 | 4,03 |
| кольцевая (замкну­тая) линия  Трехкомиатная кварти­ра: | 6,1 | 1,2 | 44 | 124 | 15,7 | 3,65 |
| радиальная линия | 12,3 | 4,4 | 121 | 112 | 16,2 | 4,65 |
| кольцевая (замкну­тая) линия | 6,4 | 1,4 | 33 | 139 | 18,6 | 4,06 |

оружаемых в Москве. Несмотря на некоторую неопреде­ленность размещения бытовых электроприборов и их под­ключения, получены достаточно обоснованные данные для выбора параметров групповых сетей, подтверждающие практику проектирования, в частности применение кольце­вой замкнутой схемы питания линий штепсельных розеток.

В табл. 16.2 приведены для сопоставления технико-эко­номические показатели радиальной и кольцевой групповых линий питания штепсельных розеток, из которых видно, что расчетные годовые затраты при кольцевой схеме ниже, чем при радиальной. Кроме того, по условиям допустимой потери напряжения при радиальной схеме пришлось бы увеличивать сечение проводов. При кольцевой схеме про­пускная способность проводов возрастает в 1,5—2 раза.

1. Элементы технико-экономических расчетов электроустановок общественных зданий

Вопросы оптимизации электрических сетей, в частности внутренних сетей общественных зданий, пока еще не дове­дены до такой стадии, при которой можно было бы полу­чить обобщенные и достоверные математические выраже­ния, пригодные для проектной практики. Поэтому прихо­дится в ряде случаев наряду с разносторонней оценкой тех-

нических факторов (надежность, безопасность, расход цветного металла и т. д.) прибегать к технико-экономичес­кому сопоставлению предполагаемых вариантов проектных решений. Методика этих расчетов изложена в § 16.1. Здесь остановимся лишь на некоторых частных случаях.

В книге С. А. Клюева [41] приведены следующие форму­лы для определения расчетных затрат, необходимых для сопоставления вариантов устройства осветительных уста­новок, содержащих *N* светильников:

капитальные затраты

*К = N(An+ Б + М +* 0,001 арС/г), (16.10)

эксплуатационные расходы

*И = N (■ Ттах Ап + [apTmax qn* + 0а рт *q'n* + 100 *(Б + М +* ' 0:л

+ у) + 0,1арСп+ЮООтВ] 10-3j. (16.11)

Полные расчетные затраты определяются по уже извест­ной формуле

*3 = ЕаК + И = 0,12К +И.* (16.12)

. В этих формулах следующие обозначения: *п —* число ламп в одном светильнике; *р—*мощность одной лампы, Вт; /сл—номинальный срок службы лампы, ч; *Ттах* — макси­мальное число часов использования осветительной установ­ки в год; *q—* стоимость электроэнергии, руб/(кВт-ч); *q'—* затраты на компенсацию потерь энергии, руб/(кВт-ч); т— время наибольших потерь, ч; *т —* число чисток светильни­ков в год; *А —* цена одной лампы, руб.; *Б —* цена одного светильника, руб.; *М —* стоимость монтажа одного светиль­ника, руб.; *С—*стоимость монтажа электрической части ос­ветительной установки на 1 кВт установленной мощности лампы, включая потери мощности в ПРА (для газоразряд­ных ламп), руб/кВт; *В —* стоимость одной чистки светиль­ника руб.; а, 0, *у* коэффициенты, указанные в табл.

16.3.

В приведенные формулы внесены некоторые уточнения для учета неравномерности графика нагрузки и затрат на компенсацию потерь энергии. Естественно, что сравнение вариантов должно вестись только для установок, создаю­щих одинаковые осветительные условия.

Другим примером технико-экономических расчетов мо­жет быть методика, предложенная в [46] и позволяющая

Таблица 16.3. Коэффициенты а, ₽, у

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Коэффициент | Лампы накали­вания | Люминесцент­ные лампы | Лампы ДРЛ, ДРИ и т п. | |
| без конденса­торов | с конденсаторами на групповой линии |
| a | 1 | 1,2 | 1,1 | 1,1 |
|  | Al//100 | Al// | Al//(cos[[20]](#footnote-21)<p-100) | Al/цИТ А1/гр |
| 100со52фпит 100cos2<prp |
|  | (cos2<p • 100) |
| Y | 0 | 0 | 0 | к+мв |

Обозначения: Д{7 — потеря напряжения в осветительной сети от источ­ника питания (трансформатора) до средней лампы, %; Л^пит—погеря напря­жения в питающей сети от трансформатора до группового щитка, %; Д^Гр — потеря напряжения в групповой сети от щитка до средней лрмпы, % ***Мк*** —стои­мость монтажа конденсаторов, приходящихся на один светильник с лампой ДРЛ, руб.; ***К —*** стоимость конденсаторов, приходящихся на один светильник с лампами ДРЛ, устанавливаемых на групповых линиях; cos (£, cos фпит, cos <prp—коэффи­циенты мощности осветительной установки с люминесцентными лампами, в пита­ющей сети и в групповых сетях. Коэффициент V вводятся в расчеты только для тех зданий, где требуется компенсация реактивной мощности.

Обозначим далее

а££ = *А; ЬЕХ /С* = В; рт</ *С* 103/(б/2ом cos2 <р) = *D.*

Тогда выражение для затрат в окончательном виде

*3 = A* (Lr + *L2) + BPr + DPi bUt + BP2 Ll/(bU —*

— At/t) + *DP2 (AU* — ЛЦ). (16.13)

Определим потери напряжения на первом участке при минимуме расчетных затрат:

= D (Рг - *Рг) + ВР2 Ll/^U -* A£J2 - *ВР1 L\jNU'\* = 0. *uijJU* j

(16.14)

Получение достаточно простого выражения для из (16.14) затруднительно, однако путем подстановки чисел для конкретного случая определение At7> для *3min* вполне возможно.

Отметим в заключение достаточно простую методику использования *экономических интервалов.* Для этого опре­деляются граничные токи, А, исходя из условия равенства затрат для смежных сечений:

*Е^ L (а* + tej) + З/2 *pLx q’ •* 10~3/sx *— Ex L (a + bs2) +*

+ 3/2 *pLxq' •* 10-3s2.

Принимая **E2=O,22;** p=0,03 **Om-mm2/m;** /=0,02 руб/ /(кВт-ч); 6 = 0,04 руб/(м-мм2), после простых преобразо­ваний получаем ток, А

/ = . (16.15)

Ниже для примера приведена табл. 16.4 экономических интервалов для трехфазных четырехпроводных линий, вы­полненных проводом АПВ-500 и проложенных скрыто в винипластовых трубах. Отметим, что сдвоенные и строен­ные линии экономических интервалов не имеют. Таблицы экономических интервалов могут быть составлены для лю­бых проводок, и пользование ими упрощает вычислитель­ную работу. При пользовании обычными методами расчетов целесообразно принимать сечения в пределах указанных экономических интервалов (конечно, с учетом прочих ус­ловий— допустимого нагрева и т. д.).

Таблица 16.4. Экономические интервалы для трехфазиых четырехпроводиых сетей

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Сечения, мм2 | Экономические интервалы при т—1000 ч/год | | Экономические интервалы при т=2000 ч/год | |
| Ток, А | Плотность тока, .А/мм2 | Ток, А | Плотность тока, А/мм2 |
| 2,5 | 7 | 2,8 | 4,9 | 2 |
| 4 | 7—11 | 1,75—2,75 | 4,9—7,8 | 1,25—1,95 |
| 6 | 11—17 | 1,83—2,83 | 7,8—12 | 1,3—2 |
| 10 | 17—28 | 1,7—2,8 | 12—20 | 1,2—2 |
| 16 | 28—44 | 1,75—2,75 | 20—31 | 1,24—1,94 |
| 25 | 44—65 | 1,75—2,6 | 31—46 | 1,24—1,83 |
| 35 | 65—92 | 1,85—2,6 | 46—64,5 | 1,3—1,83 |
| 50 | 92—130 | 1,83—2,6 | 64,5—92 | 1,3—1,83 |
| 70 | 130—180 | 1,85—2,6 | 92—127 | 1,3—1,83 |
| 95 | 180—240 | 1,9—2,5 | 127—170 | 1,77—1,84 |

Раздел пятый

КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

В электроустановках жилых и общественных зданий при­меняются различные вводно-распределительные устройства, этажные и квартирные щитки, силовые распределительные пункты, щитки с понижающими трансформаторами, шкафы и пункты с элементами автоматики противопожарных уст­ройств. Они являются комплектными устройствами для приема и распределения электроэнергии в четырехпровод­ных электрических сетях до 1000 В. В комплектных уст­ройствах смонтированы коммутационные и защитные ап­параты, измерительные приборы, в отдельных случаях — аппаратура автоматики.

Типизация конструктивных решений строительной части зданий позволила унифицировать элементы их электроуста­новок и создать достаточно стабильную номенклатуру ком­плектных устройств. В свою очередь это открыло дорогу для их крупносерийного производства.

В современных жилых и общественных зданиях в ос­новном выполняются скрытые электропроводки. Открытые проводки применяют лишь в подсобных помещениях —

подвалах, технических подпольях, на этажах, чердаках и в технических помещениях. При проектировании необходимо учитывать, что скрытые проводки в помещениях с нормаль­ной средой имеют преимущества перед открытыми провод­ками как по условиям эстетическим, гигиеническим, безо­пасности и долговечности, так и, как правило, по стоимо­сти и трудоемкости их монтажа. Поэтому всегда следует отдавать предпочтение скрытым электропроводкам. На выбор вида и трассы прокладки скрытых электропроводок влияют размещение электроприемников и планировочные решения. Не меньшее значение имеют конструктивное выполнение стен и перекрытий здания, способы изготовле­ния строительных конструкций и методы их монтажа.

Как было указано в гл. 7, электрические сети подразде­ляются на питающие и групповые (в силовых сетях — рас­пределительные). В жилых зданиях наибольший объем электромонтажных работ приходится на выполнение груп­повых электропроводок в квартирах, поэтажных коридо­рах и на лестничных клетках. Поэтому первостепенное вни­мание должно быть уделено наиболее экономичному и ин­дустриальному способу их выполнения. В зависимости от вида применяемых проводок выбираются марки проводов, электроустановочные и электромонтажные изделия.

Г лава семнадцатая

КОМПЛЕКТНЫЕ УСТРОЙСТВА

1. Вводно-распределительные устройства

Вводные (ВУ) или вводно-распределительные устройства устанавливаются в зданиях в местах ввода внешних пита­ющих сетей и предназначены для присоединения к ним внутренних электрических сетей зданий и распределения электрической энергии. Схемы присоединения к внешним се­тям, а также распределения электрической энергии в зда­ниях разнообразны. Однако, несмотря на разнообразие, они состоят по существу из сравнительно ограниченного числа отличающихся друг от друга элементов. В схемах вводной части ими являются один или два рубильника или переклю­чателя с предохранителями, один или два автоматических выключателя, два автоматических выключателя или два контактора с аппаратурой АВР, а также все перечисленное выше в сочетании с аппаратурой измерения или учета.

В крупных зданиях число вводных коммутационных и защитных аппаратов в зависимости от нагрузок может быть три и более. Для распределительной части типичны сборки групп автоматических выключателей или предохранителей, сборки с аппаратурой учета, общей для всей сборки, и с аппаратурой учета на отдельных группах, а также с ру­бильниками или автоматическими выключателями на вво­дах сборок. Все перечисленное в распределительной части может сочетаться с аппаратурой автоматического управ­ления освещением.

Номинальные токи аппаратуры вводной части обычно 250, 400, 630 Айв крупных зданиях 1000 А и более, рас­пределительной части 16, 25, 40, 63, 100, 250 А и лишь в отдельных случаях 400 А.

Вводно-распределительные устройства состоят из эле­ментов вводной и распределительной частей в разных соче­таниях. Выполняются ВРУ в виде щитов одностороннего или двустороннего обслуживания, которые собирают из па­нелей или шкафов. Простейшие ВРУ выполняются в виде одиночных панелей, шкафов и ящиков.

Аппараты типовых элементов, перечисленные выше, крепят на металлоконструкции (рамах) и соединяют в со­ответствии со схемой данного элемента. Рамы со смон­тированной аппаратурой являются нормализованными эле­ментами ВРУ и устанавливаются на каркасах панелей или в шкафах, из которых собирают щиты. При этом соблюда­ется следующее. Раму с аппаратурой учета при установке в шкафу размещают в отдельном отсеке, имеющем дверь, которая запирается независимо от других дверей шкафа. Перегородками разделяют аппаратуру вводов (неавтома­тическую и автоматическую) питающих линий, отходящих от разных вводов, и аппаратуру, устанавливаемую в одном шкафу (на одной панели), присоединяемую к разным лини­ям, отключаемым независимо. Разделение перегородками необходимо для обеспечения безопасности при обслужива­нии. Рамы с аппаратурой, установленные на панелях или в шкафах, соединяют друг с другом шинами (в том числе изо­лированными) или проводами.

Во ВРУ, выполненных в виде щитов одностороннего или двустороннего обслуживания, токоведущие части не защи­щены от прикосновения и попадания на них посторонних предметов. Поэтому такие ВРУ устанавливают в специ­альных помещениях — электрощитовых. Кроме того, уста­новка в электрощитовых вызвана необходимостью ограни-

чения доступа к рукояткам управления, которые выведены на фасады щитов.

В щитах, расположенных в шкафах, рукоятки управле­ния установлены за дверями. Их запирают различными замками, и ключи передают софтветствующему персоналу. Кроме того, у ВРУ этого типа исключена возможность случайного прикосновения к токоведущим частям и попа­дания на них посторонних предметов. Следовательно, их можно устанавливать в любых помещениях с нормальной средой, где перед фасадом ВРУ имеется проход шириной не менее 1—1,2 м. Кончно, при этом следует стремиться, чтобы ВРУ не устанавливались там, где часто проходят люди, что всегда вызывает неудобства при ремонтных и других работах.

Питающие кабельные линии вводятся снизу. К ввод­ным зажимам каждого из переключателей вводного шкафа возможно присоединение четырех кабелей сечением до 150 мм2. Вывод проводов или кабелей линий, оiходящих от распределительных шкафов, возможен вверх (через крыш­ки шкафов) или вниз. Все проводники, соединяющие аппа­ратуру, установленную в разных шкафах, проходят в верх­ней части этих шкафов.

Вводно-распределительное устройство является ком­плектным электрическим устройством заводского изготовле­ния и поставляется отдельными шкафами или блоками из нескольких шкафов со всеми соединительными проводника­ми между ними, которыми могут быть как шины, так и изолированные провода. Заказ выполняется по опросному листу, образец которого приведен на рис. 17.1.

Указанные конструкции ВРУ устанавливают у стены в электрощитовых или других помещениях. Для ввода ка­белей снизу во вводные шкафы и для вывода линий вниз из распределительных шкафов в полу в месте установки ВРУ должны быть выполнены приямки или открытый ка­нал. В объем работ на месте монтажа входят установка шкафов над приямками или каналом; скрепление каркасов шкафов друг с другом; крепление шкафов к основанию (каждый шкаф крепится четырьмя болтами, дюбелями или штырями диаметром 12 мм); закрытие открытых боковых сторон крайних шкафов ВРУ торцевыми панелями (если эти панели не были установлены на заводе); прокладка нулевой шины (общей для всего ВРУ) в нижней части шкафов; прокладка и присоединение всех проводников между шкафами (дополнительных работ по оконцеванию не

требуется, так как эти проводники поставляются с полной монтажной готовностью, т. е. мерной длины и оконцован­ные) ; выполнение присоединения жил всех подходящих и отходящих линий; регулировка аппаратуры; установка пат­ронов предохранителей (если они не были установлены на заводе).

В крупных городах — Москве, Ленинграде и др. приме­няют специальные серии ВРУ, предназначенные для уста-

Данные междуткаф- ных соединений

У

АПВ 3(1\*120)+1\*70

Схема. ВРУ

*тза\*120)+1\*70*

Уип шкафа.

Номер группы Номинальный ток рисиепителя или плавкой вставки. А Каталожный номер автоматического выключателя

Данные счетчика

Данные трансформа­тора тока

CAWC72H 360/220В,ЗМ/5А

7К-20,300/5А

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| @11 | 1111 | III | III | Illi | II |
| ~Г | **1** | 111 | **1** | Illi | I1 |

ври-ph

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 7 | *2* | *3* | \* | *5* | *В* | *7* | *В* | *9* |
| so | *30* | ?c | *30* | *50* | *50* | *50* | *so* | *BO* |

*сли-т'/гпм зво/ггов. зоа*

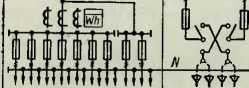
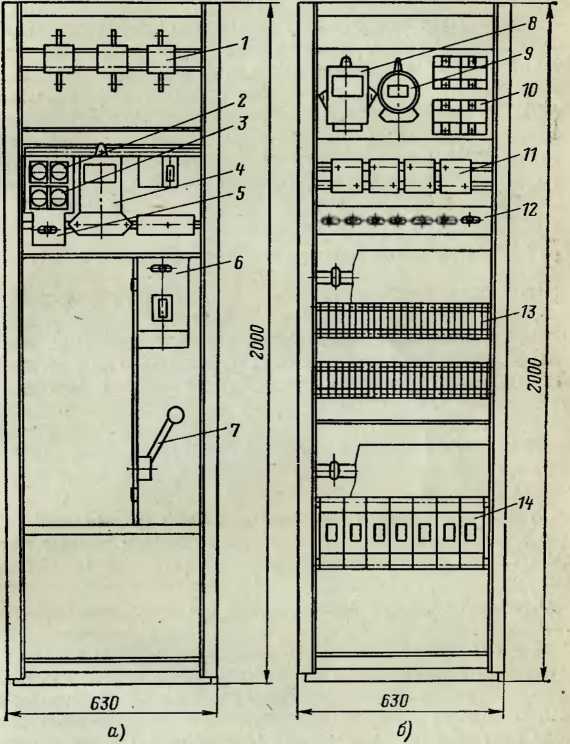


Рис. 17.1. Опросный лист для заказа ВРУ жилого дома

новки в многоэтажных зданиях. Так, например, в Москве изготовляются серийно и широко применяются ВРУ-78. На рис. 17.2 показаны вводная и распределительная панели этих ВРУ.

В серию входят вводные и распределительные шкафы, в том числе шкафы с АВР и специальные шкафы для под­ключения противопожарных установок. Во вводных шка­фах имеются рубильники и переключатели до 630 А вклю­чительно, амперметры, вольтметры и счетчики. В распреде­лительных шкафах имеются разнообразнейшие сочетания автоматических выключателей на разные номинальные то­ки и исполнения, обеспечивающие распределение энергии в жилых и общественных зданиях высотой до 25 этажей. В набор распределительных шкафов входят шкафы, в которых устанавливаются аппараты защиты общедомовых линий и автоматического управления лестничным и наружным ос­вещением.

Для установки в специальных запирающихся помещени­ях ВРУ-78 поставляются без задних, боковых стенок и две­рей (в исполнении 1Р00). Широкое распространение имеют также панельные щиты одностороннего обслуживания типа



Рнс. 17.2. Шкафы ВРУ-78 со снятыми дверьми:

***а —*** вводный шкаф; ***б —*** распределительная панель; ***1—*** трансформаторы тока; ***2 —*** амперметры; ***3 —*** вольтметры; ***4 —*** счетчнк; ***5 —*** вольтметровый переключатель; 6 — выключатель; ***7 —*** переключатель вводный; ***8 —*** реле времени 2РВМ; ***9 —*** фо­товыключатель; ***10—*** реле промежуточные; // — пускатели магнитные; ***12 —*** выклю­чатели; ***13—*** автоматические выключатели однополюсные АЕ1031; ***14—***автома­тические выключатели трехполюсвые АЕ2046ЩО-70 с большим набором различных схем на предохра­нителях и автоматических выключателях.

Следует отметить, что для успешного крупносерийного производства ВРУ и полного обеспечения такими устрой­ствами массового жилищного и гражданского строительст­ва необходима дальнейшая типизация и унификация этих устройств. Прогрессивная тенденция крупноблочного, объ­емного изготовления комплектных устройств, бесспорно, должна отразиться на конструкции ВРУ. Целесообразно вы­полнение ВРУ в виде одинарных блоков-шкафов со всей полностью соединенной аппаратурой. Некоторый избыток в аппаратуре против требуемой по проекту, установленной в таких ВРУ, всегда может быть компенсирован сокраще­нием запасных аппаратов, передаваемых заводом-постав­щиком заказчику.

1. Распределительные пункты и щитки

Распределительные пункты и щитки подразделяются:

а) по типам аппаратов на отходящих линиях — с пре­дохранителями, с автоматическими выключателями;

б) по схемам электрических соединений — для четырех-, трех- или двухпроводных отходящих линий, с вводными или без вводных аппаратов;

в) по роду защиты от воздействия окружающей среды (виды защиты регламентированы ГОСТ);

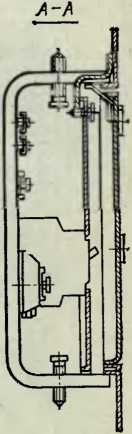
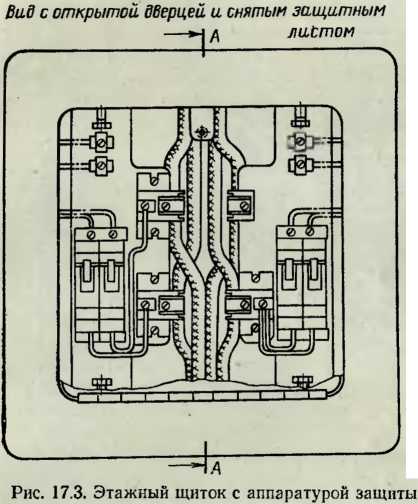
г) по способу установки — навесные, напольные и утоп­ленные.

Существуют щитки, предназначенные специально для жилых зданий, и щитки и распределительные пункты, пред­назначенные для установки в различных общественных зда­ниях.

В жилых зданиях применяются щитки следующих ви­дов:

а) этажные (лестничные) защитные с аппаратурой за­щиты вводов в квартиры; б) этажные (лестничные) учетные с аппаратурой защиты групповых линий квартир, счетчи­ками и коммутационными аппаратами, устанавливаемыми перед счетчиками; в) этажные (лестничные), совмещенные со счетчиками и аппаратурой, такими же, как в этажных лестничных учетных щитках, и, кроме того, имеющие до­полнительное отделение, в котором размещаются устройст­ва телефонной, радиотрансляционной и телевизионной се­тей; г) квартирные с аппаратурой защиты групп, счетчи­ками и коммутационными (допускающими коммутацию под нагрузкой) аппаратами на вводах.

Для перечисленных щитков стандарт рекомендует ав­томатические выключатели, но допускает также примене­ние резьбовых предохранителей. Этажный щиток для уста­новки в нише представляет собой раму с шасси и дверью. На шасси рамы, на отдельных основаниях укреплены счет­чики, защитные и коммутационные аппараты и зажимы. В пределах щитка выполнены все соединения. Этажные щит­ки защитные содержат только защитную аппаратуру вводов в квартиры и применяются, когда счетчики и защитная ап­паратура групповых линий квартир установлены на квар­тирных щитках.



На рис. 17.3 показан этажный щиток для присоединения четырех квартирных щитков. На шасси рамы справа и сле­ва установлены четыре автоматических выключателя, от­ветвительные зажимы для присоединения автоматических выключателей к проводам магистрали (стояка) и зажимы для присоединения нулевых проводов вводов в квартиры кнулевому проводу питающей линии. Щиток укрепляется в нише при помощи четырех распорных болтов, имеющихся на шасси. Провода магистрали, таким образом, проходят в нише, но они не мешают установке или снятию щитка и могут прокладываться как до, так и после его установки. Дверца щитка удерживается в закрытом положении за­щелкой.

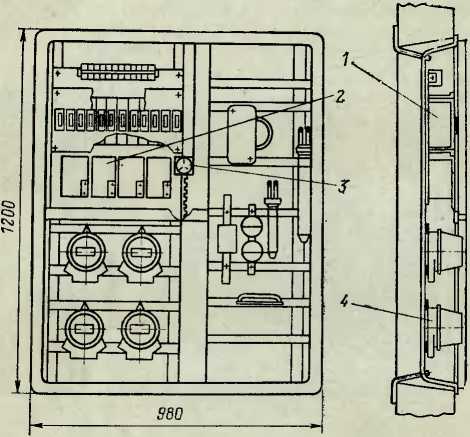


Рис. 17.4. Этажный щиток типа ШЛС-4:

/ — выключатель автоматический АЕ1031; ***2*** — выключатель автоматический

АП50; 3 — розетка У-94-0; ***4*** — счетчик однофазный типа СО

На этажных щитках учетных (обычно запирающийся электрошкаф) сосредоточена вся защитная аппаратура и счетчики квартир. В пределах щитка (т. е. до ответвитель­ных зажимов) выполнены все соединения. В верхнем отсе­ке, куда имеют доступ жильцы, расположены автоматиче­ские выключатели для защиты групповых квартирных се­тей и автоматические или пакетные выключатели для пол­ного отключения квартирной сети.

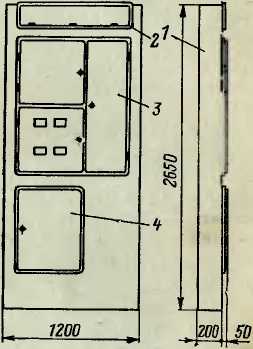
В нижнем отсеке, куда доступ имеют только работники энергосбыта, установлены счетчики. Перед циферблатами счетчиков в двери имеются окна, закрытые стеклами.Щиток укрепляется в нише при помощи четырех распорных болтов, имеющихся на шасси.

Этажный щиток совмещенный отличается от этажного мый в Москве, для установки в 17.4. На рис. 17.5 показан об­щий вид установки щитка ШЛС-4 в специальном железо­бетонном электроблоке. В этом же блоке размещаются шкафы ШАС, в которых устанавлива­ются (только на первом эта­же) автоматические выключа­тели для защиты стояков и их отключения при ремонтах. В верхней части блока уста­навливается обрамление ОД-9 с дверкой для протяжки про­водов.

учетного щитка наличием отсека для аппаратуры телефон­ных, радиотрансляционных и телевизионных сетей.

**Этажный щиток совмещенный** типа ШЛС-4, применяе­

**Квартирные щитки** содер­жат счетчики и аппаратуру защиты групповых линий квар­тирной сети и применяются, если счетчики и аппаратура не вынесены на этажные щит-

***1 —*** электроблок; ***2*** — обрамле­ние; ***3 —*** распределительный шкаф ШЛС-4; ***4 —*** шкаф с авто­матическим выключателем за­щиты стояка типа ШАС

нишах показан на рис.

Рис. 17.5. Общий вид уста­новки этажных щитков в электроблоке:

ки. Существуют конструкции таких щитков для установки в нише ЩУН и на стене ЩУС.

**Комплектный этажный рас-**

**пределительный токопровод (КЭРТ).** Перспективным для лическую конструкцию заводского изготовления, которая поступает на строительную площадку в смонтированном виде. На строительстве необходимо выполнить межэтаж­ные соединения проводов стояка (методом опрессования) и прокладку групповой сети и сетей связи. В КЭРТ преду­смотрена возможность установки автоматических выключа­телей защитного отключения, а также прокладки в кварти­ры сетей переговорно-запорных устройств.

жилищного строительства является устройство типа КЭРТ, заменяющее собой щитки, устанавливаемые на этаже, а также бетонные электроблоки.

Токопровод КЭРТ представляет собою шкафную метал­

В общественных зданиях применяются магистральные, групповые щитки и распределительные пункты для управ­ления и защиты от КЗ и перегрузок групповых осветитель­ных и силовых распределительных сетей.

Существующие конструкции подразделяются:

по типам аппаратов на отходящих линиях — с предо­хранителями, с автоматическими выключателями;

по схемам электрических соединений — для четырех-, трех-, двухпроводных отходящих линий, с вводными или без вводных аппаратов;

по роду защиты от воздействия окружающей среды;

по способу установки — навесные, утопленные, наполь­ные;

по наличию аппаратуры для дистанционного управления освещением.

Из наиболее распространенных отметим распредели­тельные пункты серии ПР9000, ПР-11, ПР-21, ПР-24, си­ловые распределительные пункты СУ9500 и групповые рас­пределительные щитки серии СУ9400, осветительные щит­ки серий ОЩ и ОЩВ, ЩО, ЩОА, ЩОАУ (с уплотнением), УОЩВ и др.

Для силовых электроустановок находят применение шкафы станций управления ШСУ и ШУ, в которых на за­водах по заказным схемам встраиваются блоки управления с магнитными пускателями, переключателями выбора схе­мы управления (автоматического или ручного), кнопоч­ными постами, сигнальной арматурой и сборками зажимов. Широкая номенклатура щитов станций управления позво­ляет использовать их для управления самыми различными электр опр и вода м и.

Глава восемнадцатая

ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ

1. Установочные провода

Электропроводки в жилых и общественных зданиях выпол­няются в основном незащищенными изолированными уста­новочными проводами с алюминиевыми жилами, защищен­ными проводами, а также кабелями марок АНРГ, АВРГ, АВВГ **и т. п.**

*Характеристики установочных проводов.* **Провод марки АПВ —** одножильный с алюминиевой жилой и поливинил­хлоридной изоляцией на 380 и 660 В, изготовляется сечени­ем 2,5—120 мм2[[21]](#footnote-22) и применяется для прокладки в трубах, пустотах несгораемых строительных конструкций, коробах, в пластмассовых плинтусах и на лотках.

**Провод марки АППВС —** двухжильный или трехжиль­ный плоский с алюминиевыми жилами и поливинилхлорид­ной изоляцией, изготовляется сечением 2,5—6 мм2 на 380 В и применяется для скрытой прокладки под штукатуркой, а также в осветительных сетях для прокладки в каналах, пу­стотах несгораемых строительных конструкций и замоноли- чивания в строительные конструкции.

**Провод марки АППВ —** двухжильный или трехжильный плоский с разделительной пленкой, с алюминиевой жилой и поливинилхлоридной изоляцией, изготовляется сечением 2,5—6 мм2 на 380 и 660 В и применяется для открытой про­кладки непосредственно по несгораемым конструкциям. Этот провод часто применяется также при замоноличивании в строительные конструкции.

**Провод марки АПН —** одно-, двух- и трехжильный с алюминиевыми жилами и найритовой резиновой изоляцией, изготовляется сечением 2,5 и 4 мм2, а одножильные также 6 мм2, на 500 В и применяется для скрытой прокладки под штукатуркой, а также допускается для применения в пу­стотах строительных конструкций. Находит некоторое при­менение для открытой прокладки с креплением путем при­клеивания.

**Провод марки АПР —** одножильный с резиновой изоля­цией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, изготовляет­ся сечением 2,5—400 мм2 на 660 В и применяется для от­крытой прокладки на роликах и изоляторах, а также допу­скается для прокладки в трубах и коробах в сухих и влаж­ных помещениях.

**Провод марки АПРВ —** одножильный с алюминиевой жилой и резиновой изоляцией в поливинилхлоридной обо­лочке, изготовляется сечением 2,5—6 мм2 на 660 В и при­меняется для открытой прокладки на роликах и изолято­рах, а также допускается для прокладки в трубах и коро­бах в сухих и влажных помещениях.

**Провод марки АПРТО —** с алюминиевыми жилами и резиновой изоляцией с хлопчатобумажной пропитанной оп­леткой на 660 В для прокладки в стальных трубах, изго­товляется одножильный сечением 2,5—400 мм2 и с числом жил 2; 3 и 34-1—сечением 2,5—120 мм2. Применение про­водов марки АПРТО в других условиях нецелесообразно.

**Провод марки АПП —** с алюминиевой жилой и изоля­цией из полиэтилена пониженной горючести на 660 В для прокладки в трубах из негорючего или трудногорючего ма­териала в каналах несгораемых строительных конструк­ций, изготовляется одножильный сечением 2,5—35 мм2.

**Провод марки АППР —** с алюминиевой жилой и рези­новой изоляцией пониженной горючести на 660 В для не­подвижной прокладки по деревянным основаниям в жилых и производственных сельскохозяйственных помещениях, из­готовляется одно- и двухжильным сечением 2,5 и 4 мм2.

**Провод марки АПРН—**с алюминиевой жилой и рези­новой изоляцией в хлорпреновой оболочке пониженной го­рючести на 660 В для неподвижной прокладки в сухих и сырых помещениях в трубах, каналах негорючих строи­тельных конструкций, а также в наружных установках, из­готовляется одножильным сечением 2,5—95 мм2.

Провода с медными жилами разрешается применять только во взрывоопасных помещениях классов В-I и В-1а, кинопроекционных, выпрямительных, перемоточных, зри­тельных залах при числе мест 800 и более, на сценах, а также для гибкие вводов к электродвигателям, установлен­ным на виброосндваниях. Кроме того, по требованиям СНиП провода с медными жилами применяются для прово­док в стиральных помещениях прачечных и химчисток.

Провода с медными жилами сечением до 1 мм2 включи­тельно применяются в цепях пожарной сигнализации, дис­петчеризации, слабых токов, измерительных и некоторых других цепях автоматики.

Специальный провод нагревостойкий с медными жила­ми **с** изоляцией из кремнийорганической резины **марки РКГМ** сечением 0,75—120 мм2 на 660 В применяется для подключения светильников и некоторых силовых электро­приемников при повышенной температуре окружающей среды.

**Выбор марки проводов. При** выборе марки проводов следует учитывать, что в стандартах и технических условиях на провода указывается преимущественная область их применения, т. е. условия, для которых они предназначают­ся. Однако в практике строительства приходится прокла­дывать провода и в других условиях, а при выполнении скрытых проводок часто провода одной цепи на протяжении

ее трассы прокладываются в разных условиях. Так, напри­мер, во внутриквартирной проводке в стенах провода могут быть проложены под штукатуркой, но эти же провода при переходе в перекрытия проложены в пустотах, каналах, трубах и т. д. В таких случаях следует выбирать провода исходя из условий наиболее тяжелых и протяженных участ­ков трассы, допуская на коротких участках отступления от рекомендаций по преимущественному применению прово­дов. Предпочтение при этом следует отдавать проводам с поливинилхлоридной изоляцией.

Рекомендации по области применения проводов в зави­симости от вида проводки, способа прокладки проводов и характеристики окружающей среды даны в Указаниях по выбору и применению установочных электрических прово­дов.

1. Прокладка питающих и распределительных сетей

Выбор видов электропроводок, способов прокладки и характеристики проводов и кабелей должен производиться по табл. 18.1, заимствованной из ПУЭ. Однако, учитывая необходимость обеспечения противопожарной безопасности ПУЭ, предусматривают ряд дополнительных условий, ис­ходя из которых вид проводки должен соответствовать указаниям табл. 18.2.

Ниже излагаются конкретные рекомендации по устрой­ству электропроводок в жилых и общественных зданиях.

Электропроводки в жилых зданиях. *Прокладка питаю­щих сетей* от ВРУ к квартирам, для освещения лестниц, к лифтам и другим приемникам общедомового назначения осуществляется по техническому подполью или подвалу открыто в тонкостенных металлических или винипластовых трубах[[22]](#footnote-23), а также в коробах и лотках [[23]](#footnote-24).

Трубы и лотки в подпольях и подвалах в зависимости от конструкции здания крепятся к стенам на скобах или крон­штейнах или подвешиваются к перекрытиям. Ответвления в трубных проводках выполняются в металлических ответ­вительных коробках или протяжных ящиках. Трубы соеди-

**[3 Таблица 18.1. Выбор видов электропроводок, способов прокладки и характеристик 05 проводов и кабелей**

Способ прокладки

Характеристики проводов и кабелей

Условия окружающей среды

На изолирующих опорах:

на роликах и клицах

то же

на изоляторах, а также на роли­ках, предназначенных для приме- % иення в сырых местах

**Открытые электропроводки**

Непосредственно на поверхности стеи, потолков и на струнах, полосах и других несущих конструкциях

То же

На лотках и в коробах с открыва емыми крышками

На тросах

Провода незащищенные одножиль­ные

Провода скрученные двухжнльные

Провода незащищенные одножиль­ные

Кабели в неметаллической и метал­лической оболочках

Провода незащищенные и защи­щенные одно- и многожильные, кабе­ли в неметаллической и металличе­ской оболочках

То же

Специальные провода *с* несущим тросом. Провода незащищенные и за­щищенные одно- и многожильные. Кабели в неметаллической и метал­лической оболочках

В сухих и влажных помещениях

В сухих помещениях

В помещениях всех видов и на­ружных установках; ролики для сы­рых мест (больших размеров) допу­скается применять только в местах, где исключена возможность непосред­ственного попадания на электропро­водку дождя или снега (под навеса­ми)

В наружных установках

В помещениях всех видов

В помещениях всех видов и наруж­ных установках

В помещениях всех видов. В на­ружных установках — только спе­циальные проводы с несущим тросом для наружных установок или кабели

В металлических гибких рукавах. В стальных трубах (обыкновенных и тонкостенных) и глухих стальных коробах. В неметаллических трубах и неметаллических глухих коробах из трудносгораемых материалов. В тру­бах изоляционных с металлической оболочкой

**Открытые и скрытые электропроводки**

Провода незащищенные и защи­щенные одножильные *и* многожиль­ные. Кабели в неметаллической обо­лочке

В помещениях всех видов и наруж­ных установках. Исключения:

1. Запрещается применение изоля­ционных труб с металлической обо­лочкой в сырых, особо сырых поме­щениях и наружных установках
2. Запрещается применение сталь­ных труб н стальных глухих коробов с толщиной стенок 2 мм и менее в сырых, особо сырых помещениях и в наружных установках

**Скрытые электропроводки**

В неметаллических трубах из сго­раемых материалов (несамозатухаю- щий полиэтилен н т. п.). В замкну­тых каналах строительных конструк­ций. Под штукатуркой

Замоноличенная в строительных конструкциях при их изготовлении

Провода незащищенные и защи­щенные одножильные и многожиль­ные. Кабели в неметаллической обо­лочке

Провода незащищенные

В помещениях всех видов и наруж­ных установках. Исключения:

1. Запрещается применение изоля­ционных труб с металлической обо­лочкой в сырых, особо сырых поме­щениях и наружных установках
2. Запрещается применение сталь­ных труб и стальных глухих коробов с толщиной стенок 2 мм и менее в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках

В сухих, влажных и сырых поме­щениях

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 18.2. Выбор электропроводок по условиям пожарной безопасности** | | |  |
|  | Прокладка по основаниям и конструкциям | | |
| Электропроводки | из сгораемых материалов | из трудносгорае­мых материалов | из несгораемых материалов |
| • | **Открытые электропроводки** |  |  |
| Незащищенные провода | На роликах, изоляторах или с подкладкой под провода несгорае­мых материалов[[24]](#footnote-25) | Непосредственно | Непосредственно |
| Защищенные провода н кабели в оболочке: |  |  |  |
| из сгораемых материалов | То же | То же | То же |
| из трудиосгораемых материа­лов | Непосредственно | > » |  |
| из несгораемых материалов |  | » |  |
| Трубы и короба: |  |  |  |
| нз сгораемых материалов | Запрещается | Запрещается | Запрещается |
| из трудносгораемых материа­лов | Запрещается | Непосредственно | Непосредственно |
| из несгораемых материалов | Непосредственно |  | » |

**Скрытые электропроводки**

Непосредственно

Непосредственно

Непосредственно

Непосредственно

Незащищенные провода

Защищенные провода н кабели в оболочке:

из сгораемых материалов

из трудносгораемых материа­

лов

из несгораемых материалов

Трубы и короба:

из сгораемых материалов

из трудносгораемых материа­лов

из несгораемых материалов

С подкладкой несгораемых ма­териалов1 и последующим оштука­туриванием или защитой со всех сторон сплошным слоем других несгораемых материалов

То же

С подкладкой несгораемых ма­териалов1

Непосредственно

Запрещается

С подкладкой под трубы несго­раемых материалов1 и последую­щим заштукатуриванием[[25]](#footnote-26)

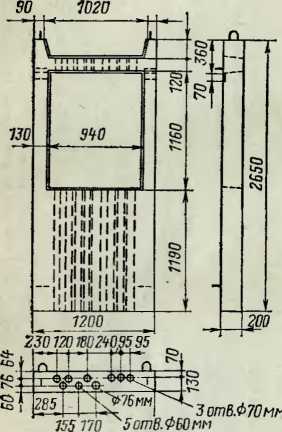
Непосредственно

То же

» »

» »

Замоноличенно, в бороздах и т. п.— в сплошном слое несгораемых мате­риалов[[26]](#footnote-27)



строительных конструкциях разрешается совместная про­кладка в них проводов одного вида освещения (рабочего или эвакуационного) при числе проводов в трубе или кана­ле не более 12-ти. При этом совместная прокладка взаим­

Рис. 18.1. Общий вид железобе­тонного электроблока

няются на муфтах или манжетах, допускаются сварные сое­динения.

Для экономии труб и уменьшения числа каналов в но резервируемых цепей, а также цепей рабочего и эва­куационного освещения за­прещается. Допускается совмещение нулевых прово­дов питающих линий квар­тир и групповых линий ле­стничного освещения.

При большом числе па­раллельно прокладываемых труб их целесообразно мон­тировать блоками, изготов­ленными на заготовитель­ных предприятиях монтаж­ных организаций.

В случаях прокладки в технических подпольях и подвалах труб распредели­тельных газопроводов вы­полнение в них электротех­нических сетей должно соот­ветствовать Указаниям по проектированию внутри­квартальных инженерных коммуникаций в коллекто­рах, технических подпольях, технических коридорах и подвалах (СН 338—65).

Подъем проводов линий (стояков), питающих кварти­ры и освещение лестниц и поэтажных коридоров, осуществ­ляется скрыто в каналах стен лестничной клетки или поэ­тажных коридоров. Прокладывать стояки внутри квартир не рекомендуется ввиду практической недоступности их для ремонта. Не разрешается совместная прокладка в общем канале сетей сильных и слабых токов. В этих же стенах устанавливаются поэтажные щитки и шкафы для питания квартир и разветвления сетей слабых токов. В кирпичных зданиях каналы и ниши для установки щитков выполняют­ся в процессе строительства здания при помощи инвентар­ных труб и шаблонов.

В крупнопанельных и крупноблочных зданиях каналы для подъема электрических сетей и ниши для щитков вы­полняют в специальных бетонных электроблоках или элек­тропанелях. Пример строительного задания на электроблок дан на рис. 18.1. Электроблоки и электрон а пели изготовля­ются на заводах в металлических формах; каналы и ниши образуются в них при помощи инвентарных труб и шабло­нов.

Линии, питающие лифты, прокладываются в каналах электропанелей или в шахтах лифтов, а также в специаль­ных совмещенных блоках, предназначенных для прокладки инженерных коммуникаций1. При питании нескольких лиф­тов от общей магистрали ко второму и последующим лиф­там магистраль прокладывается в совмещенной кровле или по чердаку в трубах. В некоторых случаях прокладка по чердаку между секциями дома затруднена и осуществляет­ся по техническому подполью. Кроме того, в отдельных ка­налах электропанелей прокладываются сети телевидения и радиотрансляции. Ни в коем случае нельзя совмещать в одном канале, трубе, коробе и с другими сетями линии пи­тания и управления всех видов противопожарных уст­ройств. Их следует прокладывать в отдельных каналах, коробах, трубах.

При установке светильников на промежуточных пло­щадках в лестничной клетке провода для их питания про­кладывают скрыто под штукатуркой, в каналах или замо- ноличивают в стене и лестничной площадке. Провода сети освещения технических подполий и подвалов в зависимо­сти от конструкции перекрытия могут прокладываться скрыто в каналах либо открыто в трубах.

Следует отметить, что в крупнопанельных бескаркасных зданиях техническое подполье или подвал пересекает боль­шое число опорных железобетонных стен, затрудняющих прокладку электрических сетей и осложняющих устройство электрического освещения. В этих стенах предусматрива­ются проемы для прокладки электрических, а также сани­тарно-технических сетей. Для прокладки питающих и обще­домовых групповых сетей в трубах и каналах обычно при­меняют провода марок АПВ, АПР, реже — АПРТО, а в

1 Для многоэтажных зданий последнее решение следует считать предпочтительным.

»

групповых сетях освещения также АППВС. Для освеще­ния технических подполий, подвалов и чердаков следует применять светильники в защищенном исполнении с лам­пами накаливания, а при наличии газопроводов трубы, в которых проложены провода, должны соединяться на резьбе, выключатели должны выноситься из этих помеще­ний.

*Групповые электрические сети квартир* состоят из под­водки питания к светильникам общего освещения помеще­ний, к штепсельным розеткам для присоединения светиль­ников местного освещения и бытовых приборов, а в домах с электроплитами — к электроплитам.

В жилых комнатах светильники (люстры) общего ос­вещения подвешивают, как правило, на потолке в центре комнаты. В глубоких комнатах светильник общего освеще­ния часто смещают от центра. По мнению авторов, в спаль­ных комнатах малого размера (до 10 м2) в случаях затруд­нений с прокладкой проводов в перекрытиях можно для общего освещения допустить установку настенных светиль­ников. В жилых комнатах площадью 12 м2 и более преду­сматривается возможность установки многоламповых све­тильников с включением ламп двумя группами, для чего к светильнику прокладываются три провода и устанавли­вается сдвоенный выключатель или переключатель.

В кухнях малого размера, передних, ванных комнатах и уборных светильники могут устанавливаться на потолке или стене. В кухнях целесообразно предусматривать розет­ки для установки дополнительного светильника над.рабо­чим столом хозяйки либо встроенного в кухонную мебель, а также подключения надплитного фильтра.

При строительстве жилых домов для комнат, кухонь и передних предусматривают установку только подвесных или стенных патронов, учитывая, что при въезде в кварти­ру жильцы устанавливают бытовые светильники по своему выбору. В этих помещениях проектами предусматриваются в месте выхода проводов из перекрытия подвеска патрона и установка крюка для светильника. В жилых комнатах разрешается вместо подвесных патронов устанавливать на­бор зажимов для подсоединения люстры или другого быто­вого светильника, а в кухне — набор зажимов и подвесной патрон, подключаемый к этим зажимам.

В ванных комнатах и уборных светильники с лампами накаливания и патроны должны быть из изолирующего материала. В ванных комнатах следует применять освети- **232**

тельную арматуру с защитным стеклом и с заглубленным патроном или патроном с высоким изолирующим кольцом. При установке светильников с люминесцентными лампами они должны иметь специальную конструкцию патрона, ис­ключающую прикосновение к токоведущим частям.

Штепсельные розетки в помещениях следует устанавли­вать с учетом вероятного размещения мебели и наиболее удобных мест подключения электрических приборов. В об­щей комнате желательно устанавливать одну или две сдво­енные розетки для присоединения приборов без увеличения протяженности сети. Широко применяются также надплин­тусные штепсельные розетки. Высота установки розеток не регламентируется.

Выключатели для светильников общего освещения в жилых комнатах устанавливают внутри у входа в комнату; для светильников в ванной комнате и уборной выключате­ли должны располагаться снаружи —в передней или кори­доре. Настенные выключатели размещаются на высоте 1,5 м.

Светильники в санузлах размещают так, чтобы провод­ка в стенах этих помещений была наименьшей длины и располагалась в удалении от труб водопровода и канализа­ции.

Подпотолочные выключатели с управлением шнурком целесообразно применять в случаях, когда конструкции или технология изготовления стеновых панелей затрудня­ют применение настенных приборов для утопленного мон­тажа.

Способы скрытой прокладки групповой сети в кварти­рах, поэтажных коридорах, вестибюлях и других сухих помещениях жилых домов выбираются в зависимости от конструкции стен, перегородок, перекрытий и полов. В кирпичных и шлакобетонных оштукатуренных стенах проводка выполняется специальными проводами (АППВС) непосредственно под слоем штукатурки. В стенах из круп­ных бетонных блоков проводка выполняется в швах между блоками. Отдельные участки проводок выполняются в штрабах.

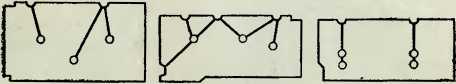
В гипсобетонных сборных стенах и перегородках из от­дельных плит провода прокладывают в бороздах, выпол­ненных при изготовлении плит или на месте строительства, с заделкой провода штукатурным или гипсовым раствором. В кирпичных, шлакобетонных, бетонных стенах и гипсобе­тонных сборных стенах и перегородках ниши для установкиразветвительных коробок и под выключатели и штепсель­ные розетки выполняют фрезерованием специальной корон­кой к электродрели. Борозды выполняют также фрезерова­нием с помощью электродрели и специального приспособле­ния или с помощью пневматического молотка и долбежни- ка совковой формы. В гипсобетонных стеновых панелях «на комнату» провода прокладывают в каналах или закладыва­ют в толщу панели при ее изготовлении (замоноличи- вание).

В перекрытиях из сборных многопустотных железобе­тонных плит провода прокладывают в пустотах плит или в неметаллических трубах, уложенных поверх плит пере­крытия в подготовке пола. Наиболее экономичен первый способ, но применение его не всегда целесообразно из-за несовпадения направлений пустот и трассы проводки.

При выполнении полов из линолеума, когда поверх плит перекрытия часто имеется лишь тонкий выравниваю­щий слой подготовки, для выхода проводов к соответству­ющему отверстию плиты приходится выполнять обход проводки по стенам. Применявшаяся ранее прокладка алю­миниевых проводов в подготовке пола (если она имеется) поверх плит перекрытия с заливкой цементным раствором на практике себя не оправдала из-за необходимости при­менения мокрого процесса, невозможности смены провод­ки в эксплуатации и недостаточной защиты проводок на время проведения работ по укладке пола.

В железобетонных сплошных панелях стен и перекры­тий (в крупнопанельных зданиях) провода прокладывают в каналах, образуемых при изготовлении плит, или замоно- личивают их в этих плитах. Устройство скрытой проводки в таких панелях с глухой заделкой (замоноличиванием) установочных проводов с алюминиевыми жилами в тело железобетонных панелей в случаях повреждения проводов в процессе монтажа или эксплуатации приводит практиче­ски к переходу на открытую прокладку. Поэтому такой способ прокладки допускается лишь в случаях серьезных технологических затруднений в выполнении каналов в же­лезобетонных плитах. Кроме того, применение замоноли- ченных проводок допускается с некоторыми ограничениями. В частности, их запрещается закладывать в конструкции, если бетон имеет добавки, вредно действующие на изоля­цию и жилы проводов (алюминат натрия, поташ и т. д.). Тепловая обработка при температуре не более 100° пане­лей должна продолжаться не более 24 ч. В настоящее вре­мя замоноличенная проводка сохраняется еще при прокат­ном способе производства железобетонных конструкций.

Основным затруднением в применении канальной систе­мы прокладки проводов в крупнопанельном строительстве в настоящее время является то, что по технологическим причинам как при кассетном, так и при прокатном спосо­бах изготовления панелей не всегда возможно образование протяженных прямых каналов без закладки труб, остав-



*G; 6J в)*

Рис. 18.2. Примеры выполнения каналов в железобетонных панелях пе­рекрытий *(а* и б) и стеновых панелях (в)

ляемых в панелях. Чтобы избежать этого, прокладка про­водов осуществляется по зигзагообразной трассе, состоя­щей из наклонных и поперечных каналов. Кроме того, на­ходят применение каналы в плитах перекрытия посередине комнат с выходами к выключателям и штепсельным розет­кам в наклонных каналах панелей стен. С развитием про-

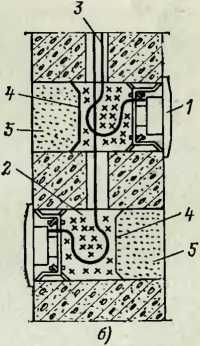
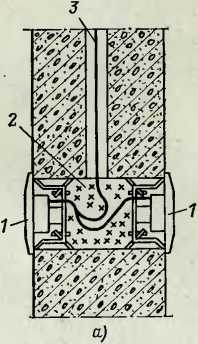


Рис. 18.3. Узлы установки штепсельных розеток в стеновых панелях для межкомнатной (а) и межквартирной перегородки (б):

***1 ~*** штепсельная розетка; ***2 —*** негорючий мннераловатный заполнитель; ***3*** — провод; ***4*** — круглая стальная заглушка; 5 — заделка цементным растворомизводства дешевых пластмассовых труб канальная система проводки с закладкой этих труб в панели найдет более широкое применение.

На рис. 18.2 приведены примеры устройства каналов в панелях стен и перекрытий, а на рис. 18.3 — узлы установ­ки штепсельных розеток в стеновых панелях.

Следует отметить, что описанные выше виды проводок имеют серьезный недостаток, заключающийся в строго

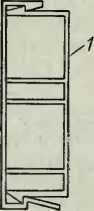
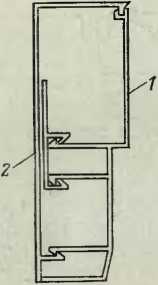


Рис 18.4 Рис 18.5

Рис. 18.4. Электротехнический пластмассовый плинтус:

***1 —*** основание; ***2 —*** крышка

Рис. 18.5. Электротехнический пластмассовый наличник:

***1 —*** основание; ***2 —*** крышка

фиксированном расположении штепсельных розеток, что часто затрудняет расстановку мебели и вызывает нарека­ния жильцов, применение различных удлинителей и развет­вителей, не безопасных для людей. Указанные недостатки могут быть устранены при прокладке проводов в электро­техническом плинтусе из трудносгораемой пластмассы.

В специальных электротехнических плинтусах провода прокладывают вдоль стен помещений у пола. Такие плин­тусы позволяют проложить скрыто не только провода осве­щения и подключения бытовых приборов, но и сети теле­фона, радиотрансляции и телевидения; свести к минимуму число и длину каналов в панелях стен и перекрытий; в экс­плуатации легко изменить расположение и установить до­полнительные штепсельные розетки, место расположение телефона, телевизора и репродуктора радиотрансляции.

Система прокладки проводов в электротехнических плинтусах в сочетании с прокладкой проводов общего ос­вещения в каналах наиболее подходит для жилых домов, строящихся из унифицированных конструкций по единому каталогу. Один из вариантов конструкций пластмассового

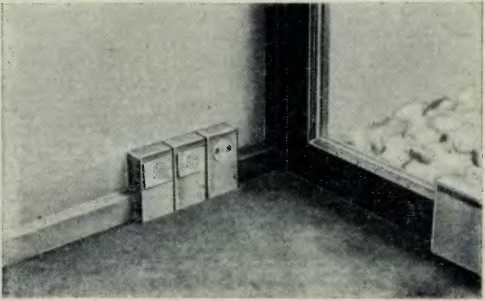


Рис. 18.6. Фрагмент установки электротехнического плинтуса в комп­лекте с электроустановочными изделиями

электротехнического плинтуса на четыре канала представ­лен на рис. 18.4.

Для огибания дверных проемов используется пластмас­совый наличник (рис. 18.5). В настоящее время в Москве и некоторых других городах начато внедрение ряда спосо­бов крепления плинтусов и наличников путем пристрелки, высверливания отверстий в железобетоне с помощью удар­но-вращательного инструмента, заделки специальных скоб для навешивания плинтуса, приклеивания специальным клеем. Эти способы следует считать перспективными.

Фрагменты устройства плинтусной проводки одной из зарубежных фирм приведен на рис. 18.6.

Для подводки питания к подвесным светильникам, уста- наливаемым в жилых комнатах квартир при тонкостенной конструкции перекрытия, заслуживает внимания применя­емый за рубежом способ открытой свободной подвески под потолком двухжильного или трехжильного провода в об­щей пластмассовой оболочке. Такой способ подводки пи­тания позволяет также в случае необходимости изменять в эксплуатации место расположения светильника в комнате, установив заранее крюки в соответствующих местах на по­толке.

В многоэтажных зданиях из монолитного железобетона можно рекомендовать устройство электропроводок в пласт­массовых трубах, закладываемых совместно со всеми комп­лектующими изделиями (коробки, крючки для крепления светильников) в толщу бетона при сооружении здания, а также плинтусную электропроводку.

В зданиях из деревянных и других сгораемых конст­рукций наиболее простым решением следует считать откры­тую проводку на роликах или клицах.

**Электропроводки в общественных зданиях.** Наличие разветвленных и протяженных силовых и осветительных се­тей, а также самых различных архитектурно-планировоч­ных и технологических решений в зависимости от назначе­ния зданий и помещений вызывает большие трудности в создании унифицированных электропроводок.

Вместе с тем при строительстве ряда зданий различного назначения (школы, детские учреждения, поликлиники, гостиницы, учебные корпуса профтехучилищ и т. п.) будут применяться в перспективе крупнопанельные конструкции перекрытий полной заводской готовности, включая полы. В этих зданиях практически исключена возможность про­кладки электросетей в подготовке пола, данного или вы­шележащих этажей, которая в настоящее время широко применяется.

В связи с этим ведутся конструкторские и проектные работы по созданию системы коробов из металла и пласт­масс в надлежащем эстетическом оформлении, предназна­ченных для прокладки всех видов электрических сетей. Кроме того, в некоторых зданиях используются разрабо­танные для производственных зданий шинопровод ШОС и короб типа КЛ, в которых прокладываются провода осве­тительных сетей. Для этих же целей найдет применение однофазный шинопровод конструкции Главэлектромонта­жа. В ряде случаев для прокладки питающих линий ис­пользуются распределительные промышленные шинопрово­ды типа ШРА. Следует отметить, что применение коробов (особенно со штепсельными соединениями) повышает инду­стриализацию монтажных работ и резко упрощает смену проводки и светильников. Таким образом, намечается по­

степенный переход от скрытых электропроводок к откры­тым.

Остановимся на некоторых наиболее распространенных видах электропроводок, применяемых в общественных зда­ниях.

*Питающие линии* следует, как правило, выполнять сме­няемыми: а) открыто — в винипластовых трубах, коробах из несгораемых материалов, а также небронированными кабелями. Могут применяться открытые прокладки на лот­ках в технических подпольях, этажах, подвалах при усло­вии, что в этих помещениях не проложены трубопроводы с горючими газами и жидкостями и доступ в эти помещения имеет только квалифицированный персонал. В этом слу­чае высота расположения лотков ПУЭ не регламентирует­ся. В помещениях без повышенной опасности, куда могут иметь доступ посторонние лица (при напряжении сети вы­ше 42 В), лотки следует располагать на высоте не менее 2 м, а в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных — не менее 2,5 м; б) скрыто — в каналах строи­тельных конструкций без труб[[27]](#footnote-28), в пластмассовых трубах и коробах. В некоторых зданиях устраиваются специаль­ные шахты с поэтажными перекрытиями, в которых уста­навливаются этажные распределительные пункты и группо­вые щитки и прокладываются вертикальные участки пита­ющих линий. Для входа в шахты на этажах имеются запи­рающиеся двери.

Следует иметь в виду, что пластмассовые трубы как при открытой, так и при скрытой проводке могут применяться с некоторыми ограничениями [47], которые должны учиты­ваться при проектировании.

В целях экономии стальных труб нормы разрешают их применение лишь в тех случаях, когда применение пластмассовых труб запрещено, а также в некоторых слу­чаях, оговоренных в [22].

*Групповые сети электрического освещения* должны, как правило, выполняться скрытыми сменяемыми в каналах и пустотах строительных конструкций, а при отсутствии та­кой возможности — в пластмассовых трубах.

Осветительные проводки в небольших общественных зданиях могут выполняться скрытыми специальными про-

водами, не подлежащими замене, например АППВС, непо­средственно по несгораемым основаниям, в бороздах, швах строительных конструкций, под штукатуркой и т. д.

В технических подпольях, подвалах, на чердаках, в на­сосных и тепловых пунктах, а также в деревянных зданиях проводки могут выполняться открыто с соблюдением тре­бований табл. 18.1 и 18.2.

В помещениях без повышенной опасности осветительные сети прокладываются также в пластмассовых и металличе­ских коробах, в пластмассовых электротехнических плин­тусах, а также скрыто в получивших в последнее время распространение сборно-разборных перегородках в метал- лорукавах или других трубах.

В общественных зданиях часто применяются подвесные потолки, за которыми прокладываются санитарно-техниче­ские и электротехнические коммуникации. В эти потолки, как правило, встраиваются светильники специальных кон­струкций. Электропроводки в полостях над непроходными подвесными потолками выполняют:

при подвесных потолках из сгораемых материалов — в стальных трубах;

при подвесных потолках из несгораемых и трудносгорае­мых материалов — в винипластовых трубах, металлорука- вах или без труб, но защищенными проводами и кабелями. Проводки в полостях над потолками рассматриваются как скрытые.

Выключатели для общего освещения устанавливаются па высоте 1,5 м от пола, и в помещениях для пребывания детей — 1,8 м.

Выключатели для пожароопасных и взрывоопасных по­мещений, сырых и влажных целесообразно выносить из этих помещений. Это же относится к кладовым, складам и другим помещениям с материальными ценностями.

Установка штепсельных розеток в сети освещения опре­деляется интерьером помещения и удобством пользования, но не должна превышать 1 м от пола. В школах и детских учреждениях в помещениях для пребывания детей розет­ки устанавливаются на высоте 1,8 м от пола. В ванных комнатах, душевых и преддушевых штепсельные розетки устанавливаться не должны, за исключением ванных ком­нат при условии подключения розеток через разделяющий трансформатор.

*Силовые распределительные сети* могут прокладывать­ся в зависимости от назначения помещений скрыто или от- **240**

крыто теми же способами, которые указаны для освети­тельных сетей. При установке технологического оборудо­вания посередине помещения подводка питания к этим электроприемникам может выполняться в пластмассовых трубах, а на выходе из пола — в гильзах из стальных труб.

1. Электроустановочные устройства и электромонтажные изделия

В настоящее время применяется широкий ассортимент электроустановочных и электромонтажных изделий, изго­товляемых промышленностью как для жилищно-граждан­ского, так и для промышленного строительства.

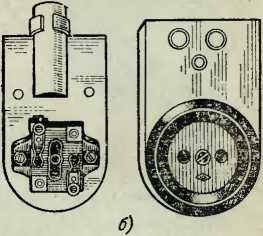
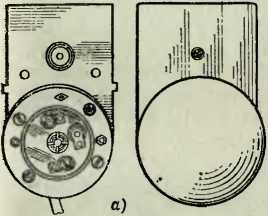


Рис. 18.7. Подпотолочный выключатель (а) и надплинтусная штепсель­ная розетка (б)

**Электроустановочные устройства.** В помещениях, где проводка выполняется скрытой, как правило, применяют выключатели и штепсельные розетки для скрытого монта­жа. Исключение составляют подпотолочные выключатели с управлением шнурком (рис. 18.7, а) и надплинтусные штепсельные розетки (рис. 18.7,6), изготовляемые только для открытой установки. Они имеют удлиненный корпус для выполнения в нем разветвлений проводов. Надплинтус­ные штепсельные розетки имеют защитные устройства (шторки), которые закрывают штепсельные гнезда при вынутой вилке.

В квартирах часто двери из прихожей в кухню, ванную комнату и уборную расположены рядом. В таких случаях целесообразно управление освещением этих помещений а также установку штепсельной розетки совместить в общем 16—155

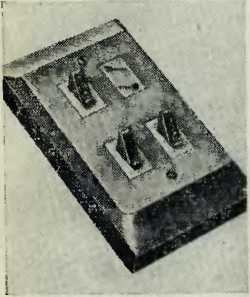


Рис. 18.8. Блок на три вы­ключателя и одну штеп­сельную розетку

приборе — блоке с выключателями и штепсельной розет­кой. Блоки изготовляются на два и три выключателя и одну штепсельную розетку (рис. 18.8) и на четыре выключателя.

В сетях, предназначенных для освещения, выключатели применяются на токи 4 и 6 А. Наиболее удобны и долговеч­ны клавишные выключатели с металлокерамическими кон­тактами. Для присоединений стационарных электрических плит применяются силовые двухполюсные штепсельные ро­зетки на 25 и 40 А с заземля­ющим контактом для открытой установки. В осветительных установках применяются штеп­сельные соединения с цилин­дрическими контактами в ос­новном на 6 А. Рост единичной мощности электробытовых приборов вызывает необходи­мость применения в квартирах розеток на 10, 16, 25 и 40 А. В перспективе целесообразно перейти на установку в квар­тирах штепсельных соединений с плоскими контактами, уже широко применяемыми в об­щественных зданиях. Однако переход этот должен осуществляться по плану с одновре­менным переходом на выпуск электроприборов с соответ­ствующими вилками. На рис. 18.9 показаны штепсельная розетка и вилка на ток 25 А для подключения электропли­ты (открытой установки). Имеется модификация такой ро­зетки скрытого исполнения. Промышленностью выпускают­ся штепсельные розетки на ток 6 А с комбинированными гнездами, позволяющими включать вилку с круглыми или плоскими штырями.

Блоки на несколько выключателей и розеток очень удобны для применения в общественных зданиях, на­пример школах, административных зданиях, гостиницах, поскольку при этом уменьшается время монтажа, улучша­ется внешний вид изделия по сравнению с группой одиноч­ных изделий.

В некоторых помещениях требуется установка штеп­сельных соединений в защищенном исполнении. Та-

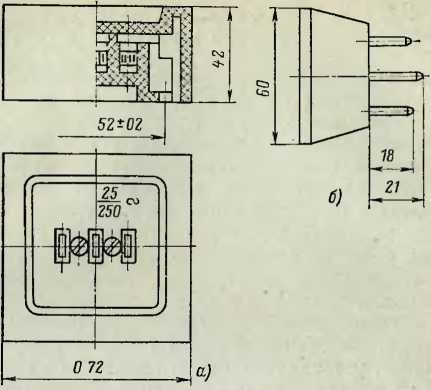


Рис. 18.9. Штепсельное соединение па 25 А с плоскими контактами: а —розетка РШ-20-0-25/250; б —вилка ВШ-20-25/250

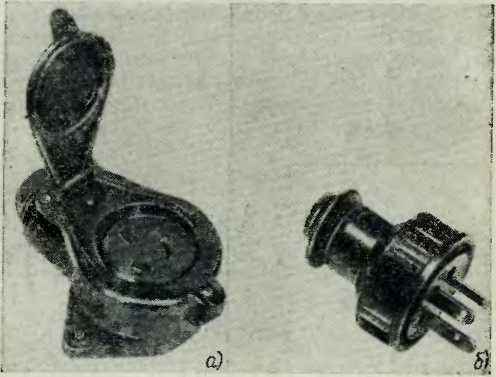


Рис. 18.10. Штепсельное соединение с плоскими контактами защищен- ное IP-43:

***а —*** розетка; ***б —*** вилка

кое соединение с сальниковым уплотнением для ввода про­водов и крышкой с пружиной у розетки показано на рис. 18.10.

Для плинтусных электропроводок целесообразно при­менять специальные штепсельные розетки, встраиваемые или пристраиваемые к плинтусу.

**Электромонтажные изделия.** Для установки выключа­телей и розеток в стенах при скрытой проводке широко используются металлические коробки с отверстиями для ввода проводов и для закрепления в них лапок электроу- становочных изделий. Эти же коробки часто используются в качестве разветвительных, имеются и разветвительные коробки специальной конструкции. Имеются коробки и из пластмассы, чаще всего из карболита. Для скрытой установки выключателей и штепсельных розеток в стенах крупнопанельных зданий применяются закладные стаканы из пропилена, устанавливаемые в панели на заводах стро­ительной индустрии. Эти стаканы презназначены для дву­сторонней установки электроустановочных устройств, поэ­тому в межквартирных перегородках их применять нельзя. Для изоляции мест соединения алюминиевых про­водов удобны полиэтиленовые изолирующие колпачки, выпускаемые в массовом порядке.

Для подвешивания бытовых светильников выпускают­ся крюки различных конструкций. Крюки должны быть рассчитаны на пятикратный вес люстры. Для оформления отверстий в стенах и потолках, используемых для соеди­нения проводов, изготовляются пластмассовые декоратив­ные крышки светлых тонов.

Раздел шестой АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Г лава девятнадцатая

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

В жилых и общественных зданиях устройствами автомати­ки оснащаются различные вентиляционные системы, уста­новки кондиционирования воздуха, системы дымозащиты, различные насосные агрегаты, освещение, различное тех­нологическое оборудование и т. п.

В зависимости от выполняемых функций различают следующие основные виды автоматизации: управление, сигнализация, блокировка, контроль, защита и регулиро­вание.

Управление представляет собой совокупность воздейст­вий, выполняемых на основании определенной информа­ции, имеющих целью поддержание или улучшение функ­ционирования объекта (агрегата, станка, механизма и т. д.) в соответствии с заданной программой или поставлен­ной задачей.

Принято различать управление *автоматическое и полу­автоматическое* [36].

При автоматическом управлении команды управляе­мому объекту подаются специальными устройствами, кото­рые работают либо по заранее заданной программе, либо в зависимости от контролируемых параметров, отклонение которых от заданных значений требует подачи соответствую­щих команд управляемому объекту.

При полуавтоматическом управлении те же функции выполняются с участием человека.

Простейшим примером автоматического управления может служить управление освещением общедомовых по­мещений жилых и гражданских зданий в функции естест­венной освещенности и времени (см гл. 20). Если управле­ние освещением производится человеком с помощью раз­личных аппаратов (кнопки, ключи, магнитные пускатели и т. д.), оно называется полуавтоматическим.

Полуавтоматическое управление бывает местное и ди­станционное. В первом случае аппараты управления рас­полагаются в непосредственной близости от управляемого объекта, во втором — на любом расстоянии от него.

**Сигнализация —** извещение обслуживающего персона­ла световыми или звуковыми сигналами о состоянии кон­тролируемых объектов, параметрах и их отклонениях от заданных состояний или значений. Сигнализация делится на два вида — *технологическую* и *аварийную.* Технологи­ческая предназначена для оповещения обслуживающего персонала об изменениях в процессах, предусмотренных технологией. Аварийная служит для оповещения обслу­живающего персонала о различных аварийных ситуациях и отклонениях в технологическом процессе, требующих его вмешательства.

Обычно аварийная сигнализация состоит из световых и звуковых сигналов. Технологическая может иметь толь-

ко световые сигналы или сочетание световых и звуковых, но отличных от аварийных звуковых (например, сирена и звонок).

Примером технологической и аварийной сигнализации может служить общепринятая схема оповещения о сни­жении температуры теплоносителя после калориферов в вентиляционных установках и системах кондиционирова­ния воздуха. При температуре теплоносителя (горячей во­ды) ниже 20—25°С загорается сигнальная лампа на све­товом табло с надписью «Низкая температура». Если в течение 30—40 с температура не повышается, то происхо­дит отключение системы и одновременно подается звуко­вой сигнал и загорается красная лампа, сигнализирующая об аварии. Таким образом, в рассмотренном примере пер­вый сигнал относится к технологической сигнализации, а второй — к аварийной.

**Блокировка —** взаимосвязь отдельных агрегатов или механизмов в процессе их эксплуатации. Устройства бло­кировки позволяют осуществлять взаиморезервирование агрегатов, связь различных агрегатов в группы и т. д. Например, можно сблокировать два насоса таким обра­зом, что при остановке рабочего автоматически включится резервный.

**Контроль автоматический —** автоматическое получение и обработка информации о состоянии объекта с целью выявления событий, определяющих управляющее воздей­ствие.

Под событием подразумевается то явление, кото­рое необходимо зафиксировать, например КЗ или пере­грузка в электрической цепи, повышение или понижение значения температуры, давления, уровня и т. д. /

Контроль является важным элементом любой системы автоматики, так как он позволяет обслуживающему пер­соналу или специальным автоматическим устройствам своевременно ликвидировать отклонения в технологичес­ком процессе и обеспечивать его нормальный ход.

Контроль бывает *местный и дистанционный.* Местный обеспечивает возможность наблюдения за состоянием па­раметров непосредственно в контролируемой точке. Дис­танционный обеспечивает возможность наблюдения за состоянием параметров на расстоянии от контролируемой точки.

**Автоматическая защита** служит для прекращения кон­тролируемого процесса при возникновении ненормальных **246**

режимов. Часто одни и те же приборы и аппараты выпол­няют функции сигнализации и защиты, как это имело мес­то в приведенном примере аварийной сигнализации при снижении температур за калорифером, когда одновремен­но с подачей аварийного сигнала автоматически отключа­ется вся система.

Автоматическая защита является разновидностью авто­матического управления. Ее действия всегда связаны с органами управления (клапанами, задвижками, выключа­телями, контакторами и т. д.), на которые она воздействует.

**Автоматическое регулирование** служит для поддержа ния в определенных пределах или на постоянном уровне того пли иного параметра (например, температуры, дав­ления, расхода, уровня, напряжения, тока и т. д.) либо для обеспечения протекания производственного процесса по заданной программе. Автоматическое регулирование также можно рассматривать как разновидность автома­тического управления.

Все приборы автоматики условно можно разделить на следующие группы: измерительные приборы и датчики, преобразователи и усилители, исполнительные механизмы и регулирующие органы. Однако четких границ между этими группами провести нельзя, так как зачастую в одном приборе могут совмещаться функции, например, датчика и преобразователя или измерительного прибора и усилителя и т. д.

В основе современных измерительных приборов лежат электрические измерения, обеспечивающие преобразова­ние различных неэлектрических величин (температуры, давления, уровня, расхода и т. д.) в электрические (на­пряжение, ток, сопротивление и др.). Электрические изме­рения с помощью сравнительно простых и дешевых при­боров позволяют получить высокую точность измерений, возможность измерения на расстоянии и автоматически. В системах автоматического управления и регулирования используется возможность воздействия измерительного устройства на различные машины и аппараты. Измере­ния, главным образом автоматические, находят примене­ние во всех отраслях промышленности, энергетике и т. д. В жилищно-коммунальном хозяйстве наибольшее рас­пространение получили теплотехнические измерения. К ним относятся измерения температуры, давления, расхода и ряда других величин, имеющих важное значение в про­цессе эксплуатации оборудования.

Глава двадцатая

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОСВЕЩЕНИЯ

1. Задачи управления освещением

Задача автоматизации управления освещением общедо­мовых помещений в жилых и общественных зданиях яв­ляется актуальной; ее применение приводит к значитель­ной экономии электроэнергии. В настоящее время разра­ботаны и широко внедряются следующие системы управ­ления освещением лестниц и поэтажных коридоров в жи­лых домах:

1. включение освещения с помощью кнопочных авто­матических выключателей с выдержкой времени на отклю­чение (децентрализованное управление);
2. управление с помощью фотовыключателей (центра­лизованное управление на одно здание);
3. управление с помощью фотовыключателей и реле времени (централизованное программное управление на одно здание);
4. управление с диспетчерского пункта ЖЭК (ДЭЗ) или микрорайона (централизованное управление).

Схемы автоматизации освещения в различных общест­венных зданиях обеспечивают, как правило, дистанцион­ное централизованное или децентрализованное управле­ние группами светильников. Однако в некоторых зданиях применяется автоматическое управление. Так, например, в школах на время уроков автоматически отключается часть освещения рекреаций, коридоров и некоторых дру­гих помещений. В театрах, кинотеатрах, концертных за­лах и т.п. осуществляется автоматическое постепенное снижение уровня освещенности до полного отключения освещения в начале действия и наоборот, постепенное уве­личение освещенности до полного после окончания дей­ствия.

1. Управление освещением в жилых зданиях

Включение освещения с помощью кнопочных автома­тических выключателей применяется в домах высотой не более пяти этажей. На лестничной площадке каждого устанавливается кнопочный автоматический выключатель (рис. 20.1), включающий освещение на 2—3 мин. Выдерж­ка времени обеспечивается специальным пневматическим 248

устройством, представляющим собой резиновую мембрану, которая изгибается при нажатии кнопки и постепенно выпрямляется, продавливая воздух через калиброванное от­верстие в корпусе. На рис. 20.2 приведена схема управле­ния освещением с помощью выключателей АВ-2.

Как видно из схемы, при нажатии любой из кнопок автоматических выключателей *АВ* свет зажигается на всех лестничных площадках на время, достаточное для

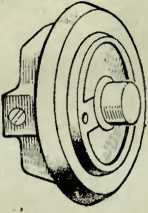
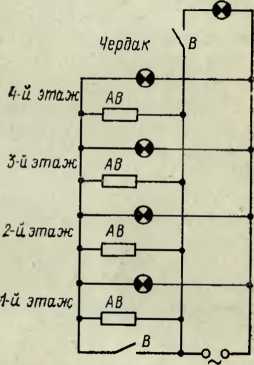
Рис. 20.2. Схема управ­ления лестничным осве­щением с помощью вы­ключателей АВ-2

Рис. 20.1. Кнопочный выключатель АВ-2

подъема на верхний этаж. В случае необходимости освеще­ние может быть включено на любой лестничной площадке по пути следования. Если освещение необходимо на более продолжительное время, например для переноски мебели и других целей, то свет может быть включен обыкновенным выключателем *В,* установленным на первом этаже.

Эта схема имеет следующие недостатки:

1. сравнительная дороговизна за счет прокладки треть­его провода и установки большого количества автомати­ческих выключателей;
2. лестничная клетка всегда затемнена, что создает определенные неудобства для жильцов.

Широкое применение для зданий, сооружаемых в круп­ных городах, находит система централизованного управ­ления фотовыключателями, включающими освещение лестниц, поэтажных коридоров с естественным освещени­ем, входов в подъезды с наступлением темноты и отклю­чающими его с рассветом. Эта же схема может быть ис­пользована для управления наружным освещением при установке светильников на фасадах домов и питаемых от внутренней сети здания.

В домах повышенной этажности (9, 10 этажей и бо­лее), в которых наряду с рабочим лестничным освещени­ем имеется еще и эвакуационное, целесообразно в ночные часы, например от часа ночи до шести утра, отключить часть освещения. Для этой цели в схему управления вво­дится специальное моторное реле времени 2РВМ с часо­вым механизмом, что позволяет сэкономить до 30 °/о элек­троэнергии, расходуемой на освещение лестниц.

В последние годы в связи с внедрением в крупных го­родах объединенных диспетчерских служб (ОДС) широ­кое применение находят схемы централизованного дистан­ционного управления. На диспетчерском пункте устанав­ливается фотовыключатель, который в зависимости от естественной освещенности подает импульс на включение или отключение освещения лестничных клеток всех домов микрорайона.

При централизованном управлении необходимо счи­таться с потерями напряжения в линиях, так как в боль­ших микрорайонах расстояние от диспетчерского пункта до самого отдаленного дома может достигать 1—2 км и более.

Для надежного срабатывания реле, выпускаемых се­рийно промышленностью, необходимо обеспечить уровень напряжения на его катушке не менее 85 % номинального. Поэтому сети дистанционного управления должны быть рассчитаны из условия допустимой потери напряжения в размере 15 %.

Потеря напряжения, %, в сети дистанционного управ­ления может определяться по формуле

*SU* = а/р.ь^ юр, (20.1)

**^ном**

где а — доля номинального напряжения катушки, необхо­димая для надежного срабатывания (обычно а=0,85); /р,к — номинальный рабочий ток катушки, А; /?л—сопро­тивление линии, Ом; t/ном — номинальное напряжение се­ти, В.

Если сеть дистанционного управления выполняется те­лефонным кабелем с медными жилами диаметром 0,5 мм, а источник питания имеет напряжение 48 В постоянноготока и номинальное напряжение катушки реле также 48 В, то потеря напряжения может быть определена по формуле [36]

= 337/р,к Z, - (20.2)

где *I* — длина линии в один конец, км.

Определим наибольшую длину линии при включении реле МКУ-48 с катушкой сопротивлением /?к = 4600 Ом.

Рабочий ток катушки определяется из выражения

*/р>к = U/RK* = 48 4600 = 0.0104А.

Тогда максимальная длина по формуле (20.2)

*I* = Д(У/337/Р,К = 15,337-0,0104 = 4,3 км.

При очень больших длинах цепей управления для ком­пенсации потери напряжения применяются источники пита­ния с повышенным напряжением. Так как для реле МКУ-48 допускается повышение напряжения только до 10 °/о, а для других реле до 5 %, то необходимо для реле, расположен­ных близко от источника питания, снижать избыточное напряжение путем включения последовательно с катуш­кой реле дополнительного сопротивления.

Дополнительное сопротивление может быть определе­но по формуле

гд = ^ом7Р.к-гл-7?К) (20.3)

где гл—сопротивление линии. Для телефонного кабеля с медной жилой диаметром 0,5 мм можно принимать сопро­тивление линии 95 Ом/км.

Если сети управления выполняются на переменном то­ке кабелями *и* проводами, индуктивным сопротивлением которых можно пренебречь, то необходимое сечение про­водов определяется по формуле

s = ₽/п/, (20.4)

где *In —* пусковой ток катушки реле или контактора, А; 6 — коэффициент, значение которого зависит от напряже­ния сети, материала проводника и коэффициента мощно­сти катушки при пуске, а также от допустимой потери напряжения. Значения коэффициента р принимаются по табл. 20.1.

Для воздушных сетей управления, выполняемых мед­ными или алюминиевыми проводами, приходится считать­ся с индуктивным сопротивлением линии. В этом случае

Таблица 20.1, Коэффициент fj

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| cos <р катушки при пуске | Коэффициент f> для проводов | | | | | |
| медных | | | алюминиевых | | |
| 127 В | 220 в | 380 В | 127 В | 220 В | 380 В |
| I | 1,57 | 0,91 | 0,52 | 2,6 | 1,51 | 0,86 |
| 0.95 | 1,47 | 0,86 | 0,49 | 2,44 | 1,43 | 0,81 |
| 0,9 | 1,43 | 0,83 | 0,475 | 2,37 | 1,38 | 0,79 |
| 0,85 | 1,36 | 0,79 | 0,45 | 2,26 | 1,31 | 0,75 |
| 0,8 | 1,3 | 0,75 | 0,43 | 2,16 | 1,24 | 0,71 |
| 0,75 | 1,24 | 0,72 | 0,41 | 2,06 | 1,19 | 0,68 |
| 0,7 | 1,17 | 0,68 | 0,39 | 1,94 | 1,13 | 0,65 |
| 0,65 | М | 0,64 | 0,37 | 1,83 | 1,06 | 0,61 |
| 0,6 | 1,04 | 0,6 | 0,345 | 1,73 | 1 | 0,57 |
| 0,55 | 0,99 | 0,57 | 0,33 | 1,64 | 0,95 | 0,55 |
| 0,5 | 0,93 | 0,54 | 0,31 | 1,55 | 0,9 | 0,52 |
| 0,45 | 0,89 | 0,51 | 0,3 | 1,48 | 0,85 | 0,5 |
| 0,4 | 0,83 | 0,48 | 0,275 | 1,38 | 0,8 | 0,46 |
| 0,35 | 0,78 | 0,45 | 0,26 | 1,29 | 0,75 | 0,43 |
| 0,3 | 0,72 | 0,415 | 0,24 | 1,19 | 0,69 | 0,4 |
| 0,25 | 0,665 | 0,385 | 0,22 | 1,1 | 0,64 | 0,365 |
| 0,2 | 0,62 | 0,355 | 0,205 | 1,03 | 0,59 | 0,34 |

потеря напряжения определяется по следующей формуле:

Д(7= 100(1—(20.5) где *UK —* номинальное напряжение катушки, В; у — коэф­фициент, определяемый по формуле

??

у= I/ *al2 + b* (cos ср + с sin tp) + ( - —■ Г, (20.6) где (7ном — номинальное напряжение источника питания, В; ф — угол сдвига фаз между напряжением и током ка- Таблица 20.2. Коэффициенты *а, Ь, с*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Материал и сеченне проводов, мм | *а* | *b* | *С* |
| Медные 2X6 | 38,2 | 12 | 0,132 |
| 2X10 | 13,7 | 7.3 | 0,211 |
| 2X16 | 5,8 | 4,6 | 0,312 |
| Алюминиевые 2x16 | 15,5 | 7,7 | 0,187 |
| 2X25 | 6,6 | 5 | 0,162 |

тушки при пуске; *а, Ь, с —* коэффициенты, зависящие от материала и сечения проводов, принимаемые по табл. 20.2.

Значения токов, потребляемых катушками контакто­ров, магнитных пускателей и реле, приводятся в катало­гах.

1. Управление освещением в общественных зданиях

Существенная экономия электрической энергии может быть получена при автоматизации управления освещени­ем некоторых помещений в больницах, поликлиниках, школах, административных и других зданиях.

Так, например, в школах, особенно крупных, целесооб­разно, как указывалось выше, отключать на время уроков часть освещения рекреаций, коридоров и некоторых дру­гих помещений, что снижает более чем на половину рас­ход электроэнергии на их освещение.

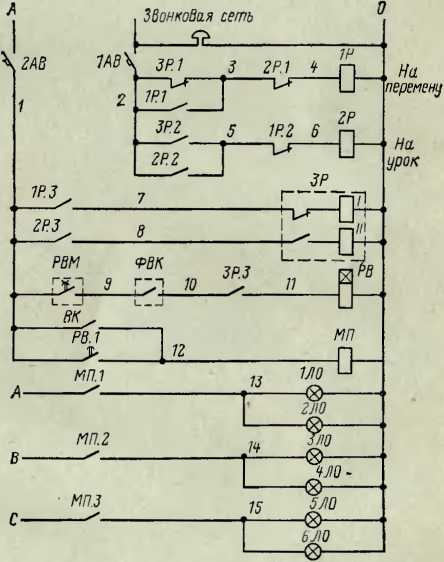


Рис. 20.3. Схема автоматического программного управления освещени­ем рекреаций и коридоров в школах

На рис. 20.3 представлена схема, связанная с системой звонковой сигнализации школы, работающей от электро­часов. Для обеспечения правильного включения и выклю­чения освещения, т. е. для того чтобы свет в рекреациях погасал на время урока и зажигался во время перемены, необходимо первый раз автоматический выключатель *1АВ* включить вовремя урока, благодаря чему первый импульс поступит на катушку реле *1Р.* В дальнейшем никаких ма­нипуляций с автоматическим, выключателем *1АВ* произво­дить не требуется.

Реле *1Р* сработает и своим контактом *1Р.З* в цепи *1—*7 замкнет цепь питания первой катушки реле *ЗР.* Последнее сработает, зафиксируется в этом положении специальной пружиной и своим контактом *ЗР.З* в цепи *10—11* подаст напряжение на катушку реле времени *РВ,* если замкнуты контакты программного часового реле времени *РВМ* и фотовыключателя *ФВК.* Настройка реле *РВМ* произво­дится таким образом, что его контакт замыкается за 30— 40 мин до начала занятий в школе и размыкается спустя некоторое время после окончания всех занятий. Контакт *ФВК,* замкнут при недостаточной наружной освещенности. Реле времени *РВ* своим контактом *РВ.1* в цепи *1—12* включит цепь катушки магнитного пускателя *МП,* кото­рый в свою очередь включит освещение (цепи *А—13, В-14, С—15).*

После окончания перемены импульс от звонка посту­пает уже на катушку реле *2Р,* так как в цепи *1Р* контакт реле *ЗР.1* разомкнут, а в цепи катушки *2Р* контакт реле *ЗР.2* замкнут; контакт реле *2Р.З* в цепи *1—8* замкнется и подаст напряжение на вторую катушку реле *ЗР,* которое опять сработает и зафиксируется пружиной в новом поло­жении. Одновременно разомкнется его контакт *ЗР.З.* Реле *РВ* с выдержкой времени, необходимой для того, чтобы все учащиеся успели войти в классы, обесточит катушку *МП,* и лампы освещения *ЛО* погаснут.

После очередного звонка на перемену импульс от звон­ка поступит опять на реле *1Р,* и процесс повторится. Ис­пользование двухкатушечного реле (на схеме реле *ЗР)* обеспечивает нормальную работу схемы без повторной настройки при временном исчезновении напряжения. При ремонтных работах имеется возможность включить осве­щение вручную при помощи выключателя *ВЦ.*

Необходимо иметь в виду, что рассмотренная схема предназначена только для управления рабочим освещени- 254

ем. Эвакуационное освещение на период уроков не отклю­чается и управляется при помощи фотовыключателя.

Как показывают расчеты, первоначальные затраты на устройство автоматического управления быстро окупают­ся благодаря снижению эксплуатационных расходов, не­смотря на некоторое сокращение срока службы ламп вследствие более частых включений и отключений.

Глава двадцать первая

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

И ОТОПЛЕНИЯ

1. Автоматизация хозяйственных насосов

*Хозяйственные насосы* (водоподкачки) устанавливаются в тех случаях, когда гарантийный напор в городской водо­проводной сети недостаточен для подачи воды к потреби­телям. В жилых микрорайонах хозяйственные насосы устанавливаются, как правило, в центральных тепловых пунктах (ЦТП) и обслуживают группу жилых домов и других зданий микрорайона.

Схемы автоматизации хозяйственных насосов зависят от их количества и режима работы. В большинстве случа­ев, особенно при наличии зданий повышенной этажности, один из насосов должен работать постоянно. Тогда в ЦТП устанавливаются три насоса, и второй насос включается при увеличении водоразбора по команде расходомера, а третий является резервным и включается в работу в слу­чае выхода из строя любого работающего насоса.

Иногда в ЦТП устанавливаются четыре насоса, рабо­тающих последовательно. При минимальном давлении в городском водопроводе работают три насоса, обеспечивая в сети микрорайона давление, равное сумме напоров всех трех насосов и давления в городской сети. По мере роста давления в городской сети отключается сначала один на­сос, а затем второй и в работе остается только один насос. Четвертый насос является резервным и включается в слу­чае выхода из строя одного из работающих насосов. Команды на включение и отключение насосов в этом слу­чае подаются с помощью электроконтактных манометров.

На объектах с относительно небольшим расходом хо­лодной воды устанавливаются всего два насоса: один ра­бочий и один резервный. При этом в часы минимального во- доразбора и при достаточном давлении в городской сети может не работать и этот насос.

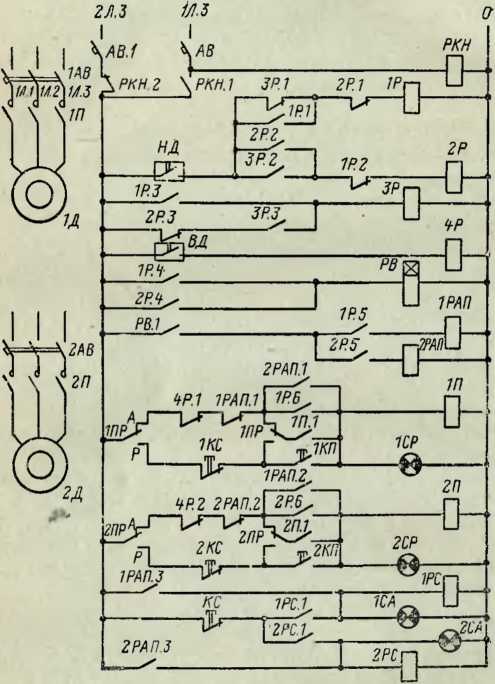


Рис. 21.1. Схема управления двумя хозяйственными насосами

Существует большое число различных вариантов схем управления хозяйственными насосами при установке двух, трех и четырех насосов. Для примера рассмотрим один "из вариантов управления двумя насосами.

На рис. 21.1 приведена схема управления двумя насо­сами с поочередным включением в работу, благодаря чемуобеспечивается равномерный износ обоих агрегатов. Схе­ма работает следующим образом. При замыкании мини­мального контакта *НД* электроконтактного манометра срабатывает реле *1Р,* которое включает в работу первый насос. Одновременно реле *1Р* контактом *1Р.З* подает на­пряжение на катушку реле *ЗР,* которое самоблокируется и подготавливает цепь реле *2Р.* При повторном замыкании контакта *НД* срабатывает реле *2Р,* которое уже включает в работу второй насос и обесточивает реле *ЗР.* Таким об­разом, при каждом замыкании контакта *НД* поочередно срабатывают реле *1Р* и *2Р, а* следовательно, поочередно включаются насосы. Отключение работающего насоса осу­ществляется с помощью реле *4Р,* которое срабатывает при замыкании максимального контакта *ВД* электрокон­тактного манометра.

Если насос не поднимает давления в сети, то контакт *НД* не размыкается, и тогда с небольшой выдержкой вре­мени, обеспечиваемой реле *РВ,* срабатывает либо реле *1РАП,* либо реле *2РАП,* которые отключают неисправный насос и включают резервный.

Работа насосов сигнализируется зелеными лампами *1СР* и *2СР,* авария — красными *1СА* и *2СА.*

Реле *РКП* служит для автоматического переключения питания цепей управления при исчезновении напряжения в силовых цепях одного из двигателей.

Для производства наладочных и ремонтных работ пре­дусматривается управление насосами местными кнопками *1ДП, 1КС* и *2КП, 2КС.* Перевод на местное управление осуществляется с помощью переключателей *1ПР* и *2ПР.*

Электроконтактный манометр, контролирующий давле­ние в сети и подающий импульсы на включение и отключе­ние электродвигателей насосов, устанавливается на общем подающем трубопроводе после насосов.

Устанавливать манометр до насосов нецелесообразно, так как разница между минимальной и максимальной уставками в этом случае очень мала и возможны ложные срабатывания.

1. Автоматизация пожарных насосов

В большинстве случаев в сетях противопожарного во­допровода устанавливаются два пожарных насоса: один ра­бочий и второй резервный. Пуск насосов осуществляется при помощи кнопок, устанавливаемых в шкафах пожарныхкранов. Отключаются насосы только со шкафов управле­ния, устанавливаемых непосредственно около насосов. Иногда кнопки дистанционного пуска пожарных насосов дублируются специальными реле протока, которые уста­навливаются на общем трубопроводе и обеспечивают авто­матический пуск насоса при открывании любого пожар­ного крана.

Особенностью управления пожарными насосами явля­ется установка в цепи пуска двухпозиционного реле, кото­рое, сработав, остается в таком положении даже в случае снятия напряжения. Это необходимо для того, чтобы при кратковременном исчезновении напряжения (например, при срабатывании АВР) не произошло отключение рабо­чего насоса. Цепи контроля работы рабочего насоса и пус­ка резервного не отличаются от аналогичных цепей хозяй­ственных насосов.

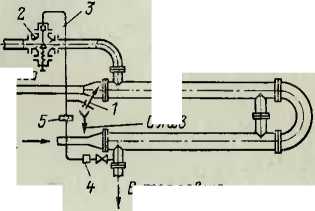
1. Автоматизация системы горячего водоснабжения

В системах горячего водоснабжения устройства автома­тики обеспечивают поддержание постоянной температуры (60±5°С) в системе и управление насосами горячей воды. Поддержание постоянной температуры воды в системе мо­жет обеспечиваться с помощью различных регуляторов температуры прямого и непрямого действия — гидрав­лических, электрических и пневматических.

Наиболее широкое применение в настоящее время на­ходит гидравлическая система регулирования температуры горячей воды, приведенная на рис. 21.2, как наиболее про­стая и дешевая. В качестве датчика температуры применя­ют биметаллическое термореле *1,* служащее для измене­ния давления воды в надсильфонной камере регулятора *2,* установленного на подающей линии теплосети, в зависи­мости от температуры горячей воды. Трубка *3* соединяет надсильфонную камеру с термореле и через дроссельную диафрагму *5* и фильтр *4* с обратным трубопроводом.

В зависимости от изменения температуры горячей воды биметаллическая пластинка меняет свое положение по от­ношению к соплу, через которое вытекает вода из труб­ки *3.* Например, при увеличении температуры скорость ис­течения воды через сопло становится больше, чем скорость ее прохождения через диафрагму 5, давление в надспль- фонной камере падает и клапан прикрывается, количество греющей воды снижается и температура воды в системе го-

рячего водоснабжения не изменяется. Однако приведенная система недостаточно надежна в эксплуатации, поэтому следует считать перспективными системы электрической автоматики, которые уже внедряются в некоторых жилых районах.

Насосы в системе горячего водоснабжения могут слу­жить для повышения давления в системе и для циркуля-

*Слив*

*в тепловую сеть*

Рис. 21.2. Регулирование температуры юрячей воды

*Из тепловой, сети.*

*В систему горячего 6одоснаЗже-~\*— с ци.я(к потреби­телю)*

*Из водопровода,*

ции воды в системе (циркуляционные). Насосов для повы­шения давления в системе может, как правило, устанав­ливаться два или три, и тогда схемы их управления ничем не отличаются от схем управления хозяйственными насо­сами.

Для автоматизации циркуляционных насосов системы горячего водоснабжения применяют различные схемы, обес­печивающие их работу либо в зависимости от температу­ры воды в циркуляционном трубопроводе, либо еще и в за­висимости от давления в подающем трубопроводе. В по­следнее время находят применение схемы автоматизации циркуляционных насосов в функции времени, т. е. включе­ние насосов происходит по специальной программе в опре­деленное время и на заданный период.

1. Автоматизация систем отопления

Системы отопления могут выполняться с элеваторными узлами и водонагревателями. К элеваторам подводится го­рячая вода непосредственно из тепловой сети. Здесь она смешивается в определенной пропорции с обратной водой, поступающей из отопительных приборов. В элеваторных системах задачи автоматики сводятся к поддержанию по-стояиного расхода теплофикационной воды и перепада давления между подающим и обратным трубопроводами. Для выполнения указанных функций применяются гид­равлические регуляторы давления и расхода специальной конструкции.

В микрорайонах, застраиваемых домами повышенной этажности, системы отопления оборудуются водонагрева­телями (бойлерами[[28]](#footnote-29)), которые размешаются в ЦТП, где и осуществляется подготовка воды, подаваемой в систему отопления всех домов микрорайона. Для подачи воды в систему отопления служат специальные циркуляционные насосы, которых обычно два: один рабочий и один резерв­ный.

Выбор рабочего и резервного насосов может осуществ­ляться обслуживающим персоналом с помощью переклю­чателей, а может производиться автоматически с помощью программного реле времени 2РВМ по заданной программе (например, каждые 12 ч).

Регулирование температуры воды, подаваемой в систе­му отопления, осуществляется на ЦТП в функции темпе­ратуры наружного воздуха. Для этой цели устанавливает­ся электронный регулятор Р-25 с двумя термометрами со­противления: один в подающем трубопроводе системы отопления, а второй на наружном воздухе. С выхода регу­лятора команды поступают на исполнительный механизм клапана, регулирующего количество теплофикационной во­ды, цроходящей через бойлер. Таким образом, в зависи­мости от Температуры наружного воздуха изменяется тем­пература воды, подаваемой в систему отопления.

Кроме того, в последнее время находят применение си­стемы пофасадного регулирования температуры и расхода воды в системе отопления. Для этого на каждом фасаде здания выбираются три характерные квартиры на верхних этажах здания и три на нижних, в которых устанавливают­ся термометры сопротивления, подключаемые к специаль­ному регулятору Т-48. К этому же регулятору подключа­ются термометры сопротивления, установленные в подаю­щем и обратном трубопроводах системы отопления. К выходу регулятора подключаются исполнительные меха­низмы двух регулирующих клапанов.

С помощью одного клапана регулируется температура воды в системе отопления, а с помощью второго — ее коли­чество. Таким образом осуществляется более точное под­держание температуры в жилых помещениях.

Как видно из сказанного, в жилых домах при наличии пофасадного регулирования системы отопления появляет­ся специальная измерительная сеть, которая должна вы­полняться медными проводами, что необходимо для обес­печения надежной работы измерительных цепей, по кото­рым проходят ничтожно малые токи. Измерительные цепи прокладываются в металлических трубах для экранирова­ния от наводок.

Отметим в заключение, что автоматизация систем водо­снабжения и отопления наряду с повышением надежности их работы обеспечивает сокращение обслужив'ающего пер­сонала и экономию топлива и электроэнергии.

Глава двадцать вторая

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ

ДЫМОЗАЩИТЫ

В многоэтажных зданиях при пожаре возникает опасность быстрого распространения дыма по лестничным маршам, лифтовым шахтам, вентиляционным каналам и т. д. Таким образом, люди оказываются лишенными путей эвакуации с этажей, расположенных выше очага пожара, и дымом заполняются многие вышележащие помещения. Это может привести к тяжелым последствиям. Положение усугубля­ется в зданиях большой высоты (10 этажей и более), ибо эвакуация людей через лоджии и балконы затруднитель­на, а порой и невозможна.

Для предотвращения распространения дыма по зданию при пожаре служат специальные системы, обеспечивающие его удаление из помещений, непосредственно прилегающих к месту пожара (вытяжная вентиляция), и создание под­пора воздуха в лестничных клетках и шахтах лифтов (при­точная вентиляция). Управление вентиляторами вытяж­ных и приточных систем должно быть автоматизировано.

Для этой цели служат датчики, реагирующие на повы­шенную температуру.

Наиболее распространенным датчиком такого типа яв­ляется ДТЛ (датчик тепловой легкоплавкий), устройство которого приведено на рис. 22.1. На пластмассовом осно­вании *I* винтами *2* закреплены две контактные пружины *3,* концы которых спаяны легкоплавким сплавом *4.* К вин­там *2* подключаются провода электрической цепи. При по­вышении температуры окружающей среды сверх установ­ленных пределов (обычно 70 °C) сплав расплавляется и контактные пружины размыкают электрическую цепь.

Тепловые датчики устанавливаются в каждой кварти­ре и включаются последовательно в один луч [[29]](#footnote-30) для группы

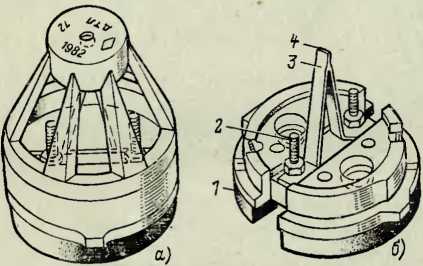


Рис. 22.1. Устройство ДТЛ:

***а —*** в собранном виде; б — со снятым защитным колпачком

квартир, объединенных общим коридором. Луч каждого этажа подключается к специальной станции, обеспечиваю­щей сигнализацию о пожаре и подачу импульсов в цепи ди­станционного управления.

Одной из распространенных станций, применяемых для этих целей, является концентратор малой емкости типа «Комар» с приставками типа «Сигнал-12». Концентратор «Комар» и каждая приставка к нему рассчитаны нд под­ключение пяти лучей, причем к одному концентратору мож­но подключать до пяти приставок.

На лицевой панели станции установлены сигнальные лампы по числу подключенных лучей, которые загораются при возникновении пожара. Специальные реле в станции срабатывают при обрыве в цепи луча, включают сигналь­ную лампу и подают импульс в цепи управления. Однако вследствие весьма малой коммутирующей способности кон­тактов этих реле импульсы от них приходится преобразо­вывать с помощью промежуточных реле с более мощными контактами.

Удаление дыма осуществляется вытяжным вентилято­ром через шахту, имеющую специальные клапаны с элек­тромагнитным приводом на каждом этаже. При срабаты­вании любого из датчиков включаются вытяжной и при­точный вентиляторы и открываются клапаны у вентиляторов и клапан на этаже, где произошел пожар. В шкафах пожарных кранов на каждом этаже устанавливаются кноп­ки, с помощью которых можно дублировать управление си­стемами,

Помимо концентратора «Комар» в подобных схемах применяются и другие устройства, так, например, станция ТОЛ-10/100, также работающая с тепловыми датчиками, станции РУОП, СДПУ-1, работающие со специальными комбинированными датчиками КИ-1, реагирующими как на повышение температуры, так и на определенные кон­центрации дыма. Эти станции и ряд других устройств при­меняются в промышленных и общественных зданиях. В жи­лых домах разрешается установка только тепловых дат­чиков ДТЛ, так как в датчиках, реагирующих на дым, применяются радиоактивные элементы.

В связи с этим в первые годы строительства домов по­вышенной этажности наибольшее распространение полу­чили схемы с концентраторами «Комар». Однако схема с концентраторами «Комар» имеет недостаток, заключаю­щийся в том, что срабатывание вентиляционных устройств и сигнал о вызове пожарной команды могут произойти не только в случае загорания, но и при случайном обрыве в луче.

Начиная с 1972 г. в массовом жилищном строительст­ве в Москве и некоторых других городах нащла широкое применение схема, приведенная на рис. 22.2. В основе ра­боты схемы лежит принцип изменения полярности с помо­щью диодов, шунтирующих каждый датчик ДТЛ. Как вид­но из схемы, в каждый луч [[30]](#footnote-31) включены два реле: вспомо­гательное *1Р1* и исполнительное *1Р2.* В цепи катушки пер­вого реле включены соединенные последовательно датчики луча данного этажа *1ДТ1—1ДТт,* шунтированные диодами *1ДД1—1ДДт-* Работа схемы происходит следующим обра­зом. При подаче напряжения на схему срабатывают все

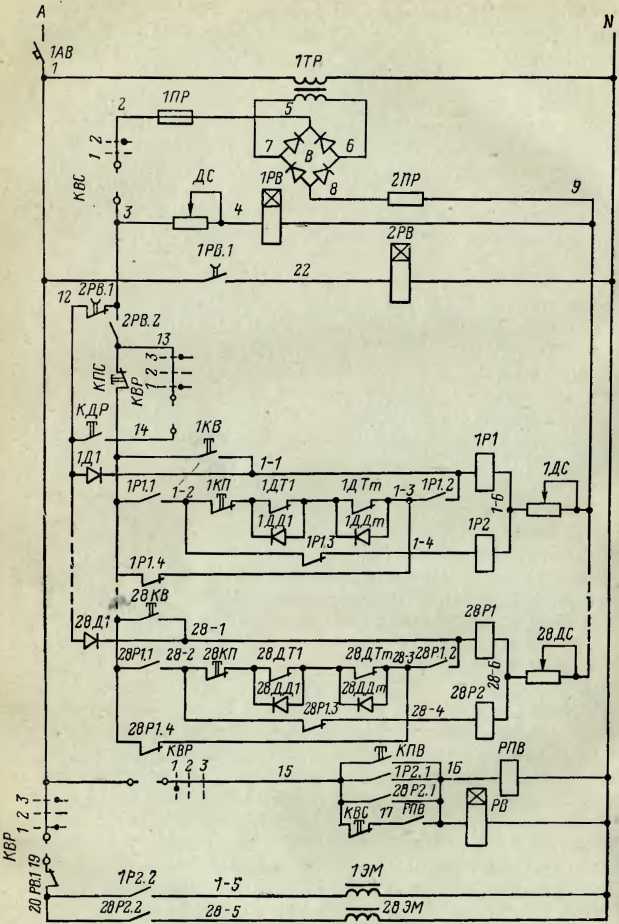


Рис. 22.2. Схема управления системами ды.мозащиты с реле постоян­ного тока в лучах

вспомогательные реле по цепи: плюс выпрямителя *В,* раз­мыкающий контакт реле времени *2РВ.1,* диод *1Д1* (для луча 1-го этажа) катушка реле *1Р1,* добавочное сопротив­ление *1ДС,* минус выпрямителя.

Вспомогательное реле, сработав, самоблокируется по цепи: плюс выпрямителя *В,* контакт реле времени *2РВ.2,* кнопка проверки схемы *ДПС,* контакт реле *1Р1.1,* кнопка *1КП* (устанавливается в пожарном шкафу), тепловые дат­чики, контакт *1Р1.2* и катушка реле *1Р1,* добавочное со­противление *1ДС,* минус выпрямителя. Таким образом, каждый луч оказывается в дежурном режиме. Если теперь произойдет размыкание любого из датчиков (например, *1ДТ1)* в луче, то реле *1Р1* обесточится, так как диод, шунтирующий разомкнувшийся датчик, включен навстречу плюсу выпрямителя. После отключения реле *1Р1* включа­ется реле *1Р2* по цепи: плюс выпрямителя, контакт реле времени *2РВ.2,* кнопка проверки схемы *К.ПС,* размыкаю­щий контакт реле *1Р1.4,* диод *1ДД1,* шунтирующий разомк­нувшийся датчик, кнопка *1К.П,* размыкающий контакт реле *1Р1.3,* катушка реле *1Р2,* добавочное сопротивление *1ДС,* минус выпрямителя. Реле *1Р2* своим замыкающим контак­том *1Р2.2* замыкает цепь питания электромагнита *1ЭМ* кла­пана данного этажа; другим замыкающим контактом реле *1Р2.1* включает реле пуска вентиляции *РПВ* и реле време­ни *РВ,* которое с выдержкой времени 10—15 с своим кон­тактом *PBJ* отключает цепи питания всех электромагни­тов этажных клапанов. Это необходимо для того, чтобы был открыт только один клапан, так как вентилятор рас­считывается на эффективное удаление дыма только при од­ном открытом клапане. Это же реле *РВ* своим замыкаю­щим контактом выдает на диспетчерский пункт сигнал «пожар».

В случае обрыва цепи питания катушки реле *1Р1* оно обесточивается, но и реле *1Р2* не может включиться, так как они имеют общие цепи. В этом случае последователь­но соединенные размыкающие контакты обоих реле вклю­чают специальное реле, общее для всех лучей (на схеме не показано), которое передает на диспетчерский пункт сигнал «неисправность».

В схеме предусмотрена возможность проверки как всей схемы сразу с помощью кнопки *КПС,* установленной на щите, так и каждого луча в отдельности с помощью кноп­ки *1ДП,* устанавливаемой в пожарном шкафу. Перевод схемы в дежурный режим осуществляется либо со щита

*Узел А для щита. Ш.СДУ-3/16*

*РКЛ*

*РКП*

*1КПШ1К.<1 1ДК1*

*7Д*

*ЭД*

*1ДКП 1К-П*

*NP*

*N21*

*1ДД*

*5А*

***8***

*51РВ'г*

*1КПШ* 7-7 ' *1Д1 ДДп 1-п^.13т 1К  
~^ГТа ИДдУ^Т° }'го*

*K«S„.,W Т° N-20*

*МК-п^ШКК-1 ИДК1 КДКпцк-п^б Кг*

12\* \^-Т~

1РВ.зА7\_.

*в* . ^2 Лб *1Р2 2.е*

*R3* 77 m *РСН*

*2РВ.1*

Л

*РСП.1*

*FCH.1*

*1 ®“ 7^с 1РЗ* о I—'

*1-7 1J 2-7*

*РК.З*

*РСП*

*1ЭМ 1Р.4 1-4* П

*РКА*

*15*

*КЭМ*

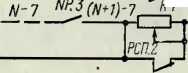
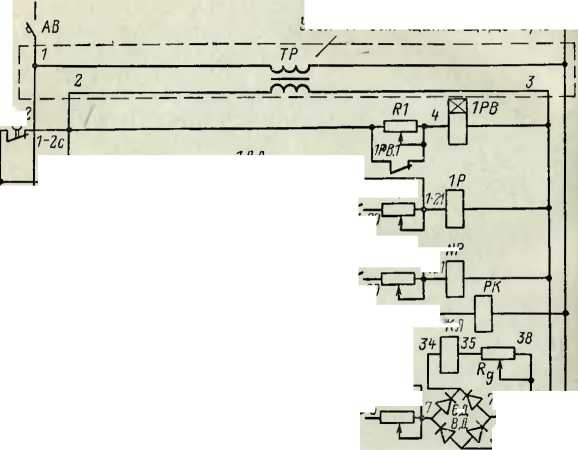
*NPA N-4* П

*21 2PJ.2*

*РК5 16 РСП.З*

*20*

Рис. 22.3. Схема управления системами дымозащиты с реле переменно­го тока в лучах



кнопкой *КДР,* либо на каждом этаже кнопкой *1КВ.* При монтаже и наладке схемы необходимо строго соблюдать полярность включения каждого датчика, шунтированного диодом. Это создает определенные трудности при выпол­нении монтажных и наладочных работ.

Начиная с 1977 г. вместо описанной схемы внедряется новая схема, приведенная на рис. 22.3. Эта схема отлича­ется от описанной главным образом тем, что в каждом по­мещении устанавливаются не один, а два датчика ДТЛ, которые уже не требуется шунтировать диодами. Один дат­чик включается в луч данного этажа, а второй в один конт­рольный луч на все этажи \*. Размыкание одновременно двух датчиков в одном помещении формируется в схеме как сигнал «пожар», а любого одного — как сигнал «неис­правность».

В отличие от описанной схемы в каждом луче вместо двух реле постоянного (=24 В) тока применяется одно ре­ле переменного (~36 В) тока. В контрольный луч вклю­чено одно реле постоянного (=24 В) тока.

При обесточивании одновременно одного из этажных лучевых реле и реле контрольного луча размыкается цепь питания катушки реле *РСП,* которое в свою очередь обес­точивается и подает сигнал «пожар», одновременно вклю­чая необходимые вентиляционные системы. Если разомк­нулся только один датчик в этажном или контрольном луче, то реле *РСП,* остается под напряжением, а обесточива­ется реле *РСН,* которое выдает сигнал «неисправность». Так как длина трасс лучей, особенно контрольного, может достигать больших значений, необходимо считаться с по­терей напряжения и правильно выбирать сечение лучевых проводов.

Длина двухпроводной линии, т. е. трассы этажного лу­ча, .м, может быть определена по формуле

*I = СДД— ,* (22.1)

PCOS (f *К3 ’*

где с — коэффициент, зависящий от напряжения и мате­риала проводника; для медного провода при напряжении 36 В с=0,324; s — сечение проводника, мм[[31]](#footnote-32); *SU—* допус­тимая потеря напряжения в луче, может приниматься до Ю%; *Р —* мощность, потребляемая катушкой реле, кВ-А;cos ср — коэффициент мощности катушки реле; — коэф­фициент запаса, учитывающий непредвиденные снижения напряжения и переходные сопротивления на соединениях (можно принять Л3=2,5).

Для примера определим максимальную длину трассы этажного лу­ча, выполняемого проводом марки ТРВ с жилой диаметром 0,5 мм, при установке в луче реле РПУ-1 (Р=16 В-А=0,016 кВ-А).

Сечение провода $ = яО2/4 = 3,14-0,52/4 = 0,2 мм2.

Коэффициент мощности катушки реле определяется из выражения

cos<p«/?/3, (22.2)

где *R —* активное

сопротивление катушки постоянному току (по ката- 3 — полное сопротивление катушки на переменном

леи у /?=14 Ом);

токе, определяемое из выражений

*Z=un-, l = P/U =* 16/36 = 0,45 А;

3= 36/0,45 = 80 Ом.

Подставляя значения *R* и 3 в выражение (22.2), получаем

cos <р = 14/80 = 0,175 « 0,2,  
0,324-0,2-10

тогда

*I =* = 81 м.

0,016-0,2-2,5

Следовательно, полную длину луча можно принять 160 м.

В случае более длинного этажного луча можно применить, напри­мер, провод ППВ-0,75, тогда

0,324-0,75-10

/=— 1 = 300 м.

0,016-0,2-2,5

Следовательно, полную длину луча можно принять 600 м.

Для контрольного луча максимальная длина линии оп­ределяется из следующих двух выражений:

**/ = ЦшмЖр + 2/?д +/?к); (22.3)**

**/ = AL7(7?np + 2/?д), (22.4)**

где *I —* ток в луче, А; 7?Пр — сопротивление проводов, Ом; 7?д — сопротивление диода, Ом; *RK—* сопротивление ка­тушки реле, Ом; 1/Ном — напряжение питания, В; АСУ— допустимая потеря напряжения на линии и диодах, В.

Тогда, приравнивая выражения (22.3) и (22.4), можно составить уравнение для определения длины линии:

**Д^У/(/?пр.уд** *I + 2R***д) = ^ном/(^пр,уд** *I* **+ 2У?Д ф- /?н);**

2 \_ АС/ (2/?д 4~ *Rk) Rji* /22 5)

У?пр,уд (С/цом — АС/)

Для описываемой схемы 1/Ном=36 В, применено реле МКУ-48 с ка­тушкой напряжением 24 В постоянного тока, /?к=510 Ом, *2RA — 7* Ом. Сопротивление проводов определяется как произведение сопротивле­ния 1 км провода на длину (/?Пр,удО- Принимаем ДС/= 14 В.

Для провода ТРВ /?Пр,уд=90 Ом/км, тогда

14 (7 + 510)-2-36-7

*I =* =3,4 км.

90(36—14)

Следовательно, длину трассы можно принять равной 1700 м.

Если применить провод ППВ-0,75, /?вр,уд которого равно 23 Ом/км, то

6740

Z = —'~~А~~ " = 13,5 км = 13 500 м.

23-22

Следовательно, трасса равна 6750 м.

Следует иметь в виду, что при первоначальном вклю­чении все этажные (лучевые) реле срабатывают практиче­ски одновременно и по питающим проводам проходит сум­марный пусковой ток этих реле, что вызывает значитель­ную потерю напряжения. Для обеспечения надежного включения реле необходимо расчетом определить требуе­мое сечение. В некоторых случаях может оказаться целе­сообразным каскадное включение этажных реле. Для ис­ключения одновременного включения всех электродвигате­лей приточных и вытяжных вентиляторов дымозащиты в схемах управления устанавливаются реле времени, обес­печивающие отстройку пуска по времени.

Глава двадцать третья

ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Широкое внедрение различного инженерного оборудования в жилых и общественных зданиях значительно усложняет его эксплуатацию. К инженерному оборудованию относят­ся многочисленные насосные установки, вентиляционные системы, противопожарные устройства, пассажирские и грузовые лифты, общедомовые осветительные установки, наружное и декоративное освещение, тепловые пункты и т. д.

Для эффективного контроля за работой инженерного оборудования, а также своевременной ликвидации аварий­ных состояний и проведения ремонта используются различ­ные диспетчерские службы, организованные в ряде круп-

них городов (Москва, Ленинград, Свердловск и др.). В Москве созданы объединенные диспетчерские службы (ОДС), функционирующие при жилищно-эксплуатацион­ных конторах (ЖЭК), или дирекциях по эксплуатации зда­ний (ДЭЗ).

Организация диспетчерской службы позволяет высво­бодить большое количество персонала при значительном упрощении эксплуатации и повышении надежности рабо­ты оборудования. Так, введение диспетчеризации пасса­жирских лифтов в жилых домах позволило отказаться от лифтеров. Система диспетчеризации инженерного оборудо­вания состоит из диспетчерского пункта (ДП) с пультом диспетчера и контролируемых пунктов (КП), устанавли­ваемых непосредственно на объектах, к которым подклю­чается все контролируемое инженерное оборудование.

В качестве каналов связи между ДП и КП могут ис­пользоваться:

а) многопроводные линии с отдельными проводниками на каждые импульс, команду, сигнал;

б) малопроводные линии с различными видами уплот­нения, при которых по одной паре проводников может быть передано значительное количество сигналов;

в) существующие электрические сети, по которым сиг­налы передаются на частотах, отличающихся от промыш­ленной частоты.

Пока наибольшее распространение в жилищном хозяй­стве получили системы диспетчеризации с многопроводны­ми каналами связи. Широко распространенные в Москве ОДС обслуживают только жилые дома и предназначены главным образом для приема от населения заявок на уст­ранение различных неполадок, возникающих в системах электроснабжения, водоснабжения, отопления, лифтовых установках и т. д. Для этого система ОДС оборудована двухсторонней громкоговорящей связью с переговорными устройствами, устанавливаемыми на первом этаже в каж­дом подъезде всех домов и в каждой кабине лифтовых ус­тановок. Кроме того, на пульт ОДС поступают сигналы о пожаре от щитов систем дымоудаления и пожарной сиг­нализации или о неисправности в сети, а также о наличии напряжения на зажимах электродвигателей систем дымо­удаления.

К специальному прибору (логометру), установленному на пульте диспетчера, подключаются термометры сопро­тивления, позволяющие измерить в ЦТП температуру во- 270

ды в системе отопления и горячего водоснабжения. Для переговоров диспетчера с ремонтным персоналом перего­ворные устройства устанавливаются в ЦТП и подвалах жилых домов, где к переговорным устройствам подключа­ются специальные датчики, сигнализирующие о затопле­нии технических подполий и подвалов. С пульта диспетче-

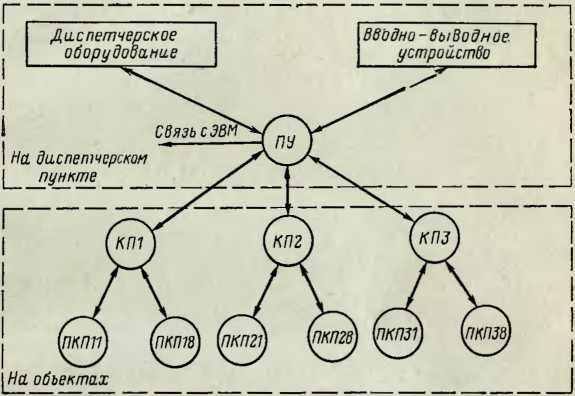


Рис. 23.1. Структурная схема диспетчеризации района

ра может осуществляться управление освещением лестниц и коридоров в жилых домах.

В последнее время в многоэтажных жилых домах уста­навливаются кодовые замки (на входах в подъезд) или запорно-переговорные устройства (домофоны). С пульта ОДС можно открыть наружные двери. Имеется также пе­реговорное устройство, позволяющее вести переговоры с диспетчером из каждого подъезда. Одним из существен­ных недостатков ОДС является то, что к пультам ОДС не подключается инженерное оборудование общественных зданий (школ, детских садов, магазинов и т. п.), располо­женных в микрорайоне.

Наиболее прогрессивным является создание централь­ных диспетчерских пунктов (ЦДП), обслуживающих все здания, расположенные в микрорайоне.

Главная задача, которую приходится решать при про­ектировании ЦДП, — это выбор аппаратуры. При доста­точно больших площадях застройки с большим числом как жилых, так и общественных зданий целесообразно приме­нять телемеханическую аппаратуру с малопроводными ка­налами связи.

Так, например, в экспериментальном жилом районе (ЭЖР) Чертаново-Северное в Москве сооружается ЦДП с аппаратурой ТК-210, специально разработанной Мини­стерством приборостроения для автоматизированных сис­тем управления (АСУ) городским хозяйством. Система ТК-210 представляет собой многофункциональный комп­лекс с программной обработкой информации, позволяю­щий комплексно решать задачи сбора, передачи, програм­мно-управляемой обработки, хранения и выдачи инфор­мации.

В состав комплекса, предназначенного для диспетчери­зации инженерного оборудования объектов ЭЖР Чертано­во-Северное, входят (рис. 23.1) устройство пункта управ­ления /7<У, три контролируемых пункта *КП* и 24 перифе­рийных контролируемых пункта *ПКП.*

Устройство *ПУ* обеспечивает выполнение следующих функций:

а) передачу на КП и ПКП от пульта диспетчера или управляющего вычислительного комплекса (УВК) следу­ющих команд:

управление двухпозиционными (ТУ) объектами;

вызов со всех КП и ПКП или выбранного КП (ПКП) информации о состоянии двухпозиционных объектов (ТС);

вызов со всех КП и ПКП или выбранного КП (ПКП) телеизмерения текущих значений параметров (ТТ);

б) передачу на КП (ПКП) от пульта диспетчера вызо­ва к телефону (ТФ) и ведение телефонных переговоров;

в) прием известительной информации (ТС, ТТ) со всех КП и ПКП или одного КП (ПКП);

г) ретрансляцию известительной (ТС, ТТ) информации в УВК;

д) индикацию в цифровой или аналоговой форме пара­метров ТТ в абсолютных или относительных значениях по выбору диспетчера или постоянно;

е) обнаружение и сигнализацию выхода принимаемых параметров ТТ за пределы заданных уставок;

ж) обнаружение и сигнализацию изменения положенияобъектов или появления телесигнализации аварийной (ТСА);

з) воспроизведение информации ТС по схеме мимичес­кого или светового щита;

и) цифро-буквенную регистрацию и перфорацию по за­данной программе известительной (ТС, ТТ) и командной (ТУ) информации.

Устройство КП обеспечивает выполнение следующих функций:

а) прием с ПУ команд ТУ;

б) передачу на ПКП команд ТУ;

в) передачу на ПУ по вызову информации о состоянии объектов ТС, ТСА и значений параметров ТТ;

г) ретрансляцию на ПУ с аппаратуры ПКП по вызову информации о состоянии объектов ТС, ТСА и значений па­раметров ТТ;

д) передачу на ПУ сигнала вызова диспетчера к теле­фону.

Устройство ПКП обеспечивает выполнение следующих функций:

а) прием с ПУ через КП команд ТУ;

б) передачу на ПУ через КП по вызову информации о состоянии объектов ТС, ТСА и значений параметров ТТ;

в) передачу на ПУ через КП сигнала вызова диспетче­ра к телефону.

По мнению авторов, наиболее целесообразна организа­ция единых диспетчерских служб, обслуживающих не толь­ко жилищное хозяйство, но и весь комплекс зданий и со­оружений микрорайона. Примером таких эксплуатацион­ных служб являются дирекции, организованные в Москве на проспекте Калинина, в Олимпийской деревне, экспери­ментальном жилом районе Чертаново-Северное. В таких случаях экономически оправдано и целесообразно приме­нение систем телемеханики, подобных описанной выше.

В некоторых общественных зданиях, таких как гости­ницы, рестораны, административные здания, крупные учеб­ные заведения, создаются ЦДП, в которых устанавливают­ся щиты и пульты с аппаратурой управления и сигнализа­ции, а иногда и контрольно-измерительные приборы. Из ЦДП осуществляется дистанционное управление электро­двигателями различного инженерного оборудования, осве­тительными установками и контроль за их работой. Сюда же поступают сигналы о пожаре и различных аварийных ситуациях.

Раздл седьмой

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

Глава двадцать четвертая

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

1. Условия поражения человека электрическим током

Эксплуатация всех видов электроустановок представляет определен­ную опасность для людей. Это вызывает необходимость строгого со­блюдения требований правил техники безопасности и соответствующей квалификации персонала, обслуживающего электроустановки.

Поражение электрическим током возможно в случае прикосновения к токоведущим частям электроустановки или к металлическим нетоко­ведущим частям электрооборудования, оказавшимся под напряжением при нарушении изоляции. Электрические установки могут создать и по­жарную опасность прн КЗ, перегрузке проводов, кабелей и электро­приемников, искрении и повышенном нагреве контактных соединений.

Тело человека обладает определенным электрическим сопротивле­нием, которое изменяется в широких пределах (от 500 до 100 000 Ом) и зависит от многих причин: общего состояния здоровья, толщины и состояния кожного покрова и его влажности, условий окружающей среды, длительности прохождения тока и некоторых других факторов. В расчетах по технике безопасности сопротивление человеческого тела обычно принимается равным 1000 Ом.

Различают следующие виды воздействия электрического тока иа человеческий организм: тепловое—ожоги; механическое — разрыв тка­ней, электролиз крови; биологическое — поражение нервной системы. Особенно опасно прохождение тока через сердце, вызывающее пара­лич сердечной мышцы.

Тяжесть электротравмы зависит от значения тока и длительности ею прохождения. Считается, что в большинстве случаев ток 0,1 А представляет собой смертельную опасность для человека. При этом токе, проходящем от руки к руке или от руки к ногам в течение 3 с, может наступить паралич сердца.

Для человека опасен как переменный, так и постоянный ток, од­нако наибольшую опасность представляет переменный ток промыш­ленной частоты (50 Гц). С повышением частоты переменного тока опас­ность поражения уменьшается.

В зависимости от опасности поражения человека электрическим током в действующей редакции ПУЭ принята следующая классифика­ция помещений, в которых размещается электрооборудование:

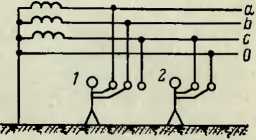
1. Помещения без повышенной опасности — сухие нежаркие с не­токопроводящими полами, без металлоконструкций, токопроводящей пыли, например жилые, административные и другие общественные зда­ния с деревянными, линолеумными и подобными полами.
2. Помещения с повышенной опасностью — влажные (при относи­тельной влажности выше 75%), жаркие (при температуре свыше 30°C), с токопроводящими полами (железобетонными, металлическими, земляными), помещения, в которых имеется опасность одновременного

Рис. 24.1. Прикосновение че­ловека к проводам трехфазной четырехпроводной сети; к двум фазным проводам (7) и к фаз­ному и нулевому проводам (2)

прикосновения к металлическим конструкциям зданий, трубопроводам, станкам и металлическим корпусам электрооборудования.

1. Помещения особо опасные — особо сырые помещения, в которых полы, стены и потолок покрыты влагой (бани, прачечные и т. д.), в которых относительная влажность воздуха близка к 100 %, помещения с химически активной средой, воздействующей на изоляцию. К особо опасным относятся и такие помещения, в которых одиовременно суще­ствуют два или больше признаков повышенной опасности. Примени­тельно к вышеприведенной классификации нормами и правилами уста­новлены надлежащие требования, которым должны удовлетворять эле­ктрооборудование, проводки и все другие элементы электроустройств.

Возможны два случая прикосновения человека к токоведущим ча­стям: двухполюсное, когда человек коснулся двух неизолированных проводов электрической сети, и однополюсное, когда человек касается одного из проводов.

Более опасно двухполюсное прикосновение, особенно если к раз­ным проводам человек прикоснулся двумя руками (рис. 24.1). При этом ток, проходящий через тело человека, /ч в трехфазной четырех­проводной сети может достигнуть значения:

при прикосновении к двум фазам

/,= С7Л/ЯЧ (24.1)

и при прикосновении к фазному и нулевому проводам

**/ч = 1/ф//?ч,** (24.2)

где *1/л* и (Уф — соответственно линейное и фазное напряжения сети, В; *R4 —* сопротивление человеческого тела, Ом.

При однополюсном прикосновении человек касается либо одного из неизолированных проводников электрической цепи, либо нетокове­дущей металлической части электрооборудования, оказавшейся под на­пряжением в результате повреждения изоляции. В этом случае значе­ние тока, проходящего через человека, зависит не только от приложен­ного напряжения, но и от режима нейтрали источника питания, актив­ного сопротивления изоляции и емкости проводов по отношению к земле.

Электрические установки могут выполняться с глухозаземленной или изолированной нейтралью генераторов или трансформаторов. Глу­хозаземленной называется нейтраль генератора или трансформа­тора, соединенная с заземляющим устройством непосредственно или через малое сопротивление. Изолированной называется нейтраль генератора или трансформатора, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через большое сопротивление. Согласно ПУЭ в нашей стране электроустановки и электросети до 1000 В переменного тока допускаются как с глухозаземленной, так и с изолированной нейтралью. В четырехпроводных сетях переменного тока глухое заземление нейтрали является обязательным. Сети напря­жением ПО, 220, 500 кВ выполняются с глухозаземленной нейтралью, а 6, 10, 35 кВ — с изолированной нейтралью. В сетях 35 кВ в целях компенсации емкостных токов в случае однофазного замыкания на землю часто применяют заземление нейтрали через катушку с индук­тивным сопротивлением. Рассмотрим случай однополюсного прикосно­вения к фазному проводу в трехфазной четырехпроводной сети 380/220 В, питаемой от вторичной обмотки понижающего трансформа­тора, с глухозаземленной нейтралью. Как видно из рис. 24.2, ток про­ходит через тело человека, его обувь, основание, на котором он стоит, и через заземляющее устройство нейтрали трансформатора. Таким об­разом, ток Г\* будет равен

***Уф***

(24.3)

***Кч + Ro6 + Кз***

где — сопротивление обуви человека и основания, иа котором он стоит, Ом; *R3—* сопротивление заземляющего устройства нейтрали.

В формуле (24.3) пренебрегли сопротивлениями фазного провода и грунта ввиду относительно малого их значения. Из этой формулы следует, что если сопротивление обуви и основания достаточно вели­ко, то опасность поражения током снижается. Естественно, такое по­ложение имеет место, если человек находится в сухом помещении с не­проводящими полами. Что касается *Rs,* то эта величина мала по срав­нению с *R4* и *Roe.*

Значительно опаснее однополюсное прикосновение в сыром поме­щении или на открытом воздухе, где *Rob* весьма мало и им можно пренебречь.

В этом случае ток *1Ч* значительно выше и равен

*TTr~- (244)*

Aq -f- A3

При напряжении 220 В и *R4=* 1000 Ом ток *1Ч* будет достигать 0,2 А, что чрезвычайно опасно для жизни человека. Однако при одно­фазном замыкании на землю или повреждении изоляции одной из фаз в сети с глухозаземленной нейтралью и малом сопротивлении зазем-

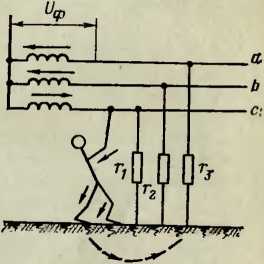
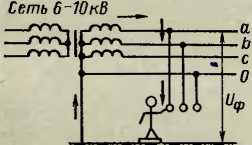


Рис. 24.2. Прикосновение к одному из фазных проводов четырехпроводной трехфаз­ной сети с глухозаземлен­ной нейтралью

Рис. 24.3. Прикосновение к од­ному из фазных проводов трехфазной сети с изолирован­ной нейтралью

ляющего устройства нейтрали возникает достаточно большой ток КЗ и поврежденный участок сети должен быстро отключаться аппаратами защиты. Поэтому вероятность прикосновения в этот момент человека к корпусу поврежденного электроприемника весьма мала, что являет­ся важным преимуществом сетей с глухозаземленной нейтралью.

Кроме того, при замыкании одного нз проводов сети 380/220 В на землю потенциал неповрежденных проводов (при правильном расчете рабочего заземления нейтрали) не превышает 250 В, что обеспечивает возможность присоединения к такой сети силовых и осветительных электроприемников. Вышеуказанные и некоторые другие преимущества обусловливают обязательность повсеместного применения в четырехпро­водных электрических сетях переменного тока глухого заземления ней­трали, за исключением некоторых случаев, оговоренных ПУЭ и ука­занных далее.

В трехфазной сети с изолированной нейтралью ток *1Ч* при прикос­новении человека к фазному проводу (рис. 24.3) определяется по фор­муле (без учета емкости сети)где *Rus —* сопротивление изоляции одной фазы относительно земли, Ом (при условии одинакового значения для всех трех фаз).

ЗС'ф  
37?ч Ч- *Rm*

Из выражения (24.5) следует, что при исправной сети до 1000 В с высоким уровнем изоляции ток *1Ч* будет незначителен, и сети с изоли­рованной нейтралью оказываются менее опасными при однополюсном прикосновении, чем сети с глухозаземленной нейтралью. Поэтому ПУЭ рекомендуют применение электрических сетей и устройств с изолиро­ванной нейтралью в установках с повышенной опасностью (торфохо- зяйства, шахты и т. п.).

Однако в такой сети повреждение изоляции и замыкание па зем­лю одной из фаз может быть длительное время не обнаружено, а при­косновение к неповрежденной фазе приведет к тому, что человек ока­жется под полным линейным напряжением сети. Поэтому ПУЭ требуют в электрических сетях с изолированной нейтралью применять специ­альные устройства для контроля за состоянием изоляции, немедленно сигнализирующие о повреждении изоляции, либо отключающие участ­ки, в которых произошло замыкание на землю.

Отметим в заключение, что в сильно разветвленных и протяжен­ных сетях трудно обеспечить достаточно высокий уровень сопротивле­ния изоляции и, кроме того, уже сказывается влияние емкости прово­дов по отношению к земле, что повышает опасность однополюсного прикосновения и ограничивает применение системы с изолированной нейтралью.

1. Общие меры безопасности

Для предотвращения поражения электрическим током необходимо прежде всег<7 исключить возможность случайного прикосновения к то­коведущим частям. В этих целях устанавливают соответствующие ограждения или токоведущие части располагают иа высоте, недоступ­ной без специальных приспособлений.

Распределительные щиты, щитки, распределительные пункты раз­мещают в специальных помещениях или запираемых шкафах, пе имею­щих токоведущих частей на лицевой стороне. Зажимы электродвига­телей и других электроприемников, а также пусковых аппаратов долж­ны быть закрыты кожухом и недоступны для прикосновения.

Ремонт электродвигателей и пусковых аппаратов во время их рабо­ты недопустим. Нельзя выполнять ремонт электропроводки без полного отключения выключателем на групповом щитке и т. д.

Для наружных установок и воздушных электрических сетей уста­новлены необходимые высоты и габариты приближения к различным зданиям и сооружениям, обеспечивающие невозможность прикосновения к проводам. Эти размеры зависят от напряжения сети и указаны в ПУЭ в строительных нормах.

Правилами техники безопасности установлены требования безопас­ности, которые должны соблюдаться обслуживающим электротехниче­ским персоналом в процессе эксплуатации электроустановок. Для за­щиты обслуживающего персонала от поражения током и действия электрической дуги применяют различные защитные средства и при­способления. К ним относятся инструменты с изолирующими рукоят­ками, диэлектрические перчатки, галоши и боты, резиновые коврики, защитные очки, специальные лестницы и стремянки, переносные зазем­ления и ограждения, а также сигнальные переносные указатели напря­жения и тока.

При производстве работ в установках до 1000 В при полном сня­тии напряжения необходимо, чтобы все неотключенные токоведущие части другого соседнего оборудования имели наглухо закрытые ограж­дения либо находились на расстоянии или высоте, при которых слу­чайное прикосновение к ннм работающих невозможно. Правила разре­шают в определенных условиях работу без снятия напряжения, для чего применяют защитные средства и специальные приспособления. В этом случае должны работать двое электромонтеров, старший из ко­торых должен иметь квалификацию по технике безопасности не ниже IV группы, младший — не ниже III группы.

Как уже отмечалось, чрезвычайно важное значение имеет уровень изоляции. Необходимо обеспечивать неуклонное выполнение требований ПУЭ к устройству электроустановок в зависимости от категории поме­щений. При дистанционном управлении в электроустановках следует применять световую или звуковую сигнализацию, предупреждающую работающих о пуске механизмов, а в некоторых случаях (ТП, РП и т. д.) — блокировочные устройства, исключающие возможность при­косновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением. Нужно строго выполнять профилактические осмотры и измерения, ха­рактеризующие состояние электрооборудования, в сроки, регламенти­рованные правилами технической эксплуатации [48].

Для предупреждения населения сб опасности, которую представ­ляют собой все виды электрооборудования, широко применяются раз­личные виды информации, в том числе популярные брошюры, плакаты, лекции, беседы, практикуемые энергоснабжающими организациями.

Наряду с общими мерами безопасности для защиты людей от пора­жения током в сетях и электроустановках необходимо применять по крайней мере одну из следующих мер: защитное заземление, зануление, защитное отключение, малые напряжения (до 42 В), разделяющие трансформаторы, изолирующие площадки. Важное значение имеет вы­равнивание потенциалов в пределах установки или ее частей. В некото­рых случаях без выравнивания потенциалов обеспечить безопасность невозможно. Эта защитная мера применяется совместно с защитным заземлением, занулением и другими защитными мерами.

Глава двадцать пятая

ЗАЗЕМЛЕНИЕ, ЗАНУЛЕНИЕ И ЗАЩИТНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ

Заземлением какой-либо части электроустановки называется предна­меренное электрическое соединение ее с заземляющим устройством. Заземляющее устройство состоит из заземлителей и заземляющих проводников.

Заземлитель представляет собой один или несколько металлических соединенных между собой проводников (электродов), находящихся в непосредственном соприкосновении с землей. Заземляющие проводни­ки — металлические проводники, соединяющие заземлитель с заземляе­мыми частями электроустановки.

Защитное заземление служит для предохранения от поражения током при прикосновении к металлическим конструктивным частям электроустановок, нормально не находящимся под напряжением, но могущим оказаться под иим вследствие повреждения изоляции. Оно применяется в сетях, работающих с изолированной нейтралью (на­пример, 6 или 10 кВ). Если корпус (кожух) электрооборудования не заземлен, то при нарушении изоляции одной из токоведущих частей между незаземленным корпусом и землей появится напряжение. Сле­довательно, прикосновение человека к такому корпусу будет так же опасно, как и к голому проводнику одной фазы.

Если корпус заземлен, то при повреждении изоляции одной из фаз через него будет проходить ток /а, обусловленный малым сопротивле­нием заземляющего устройства *R3* и значительным сопротивлением изо­ляции двух неповрежденных фаз. Значение напряжения прикосновения нормируется ПУЭ.

В электроустановках до 1000 В с глухим заземлением нейтрали ис­точников питания (генераторов, трансформаторов) защитное заземле­ние выполняется путем присоединения иетоковедущих частей электро­оборудования к заземленному нулевому проводу сети. Такая система называется занулением (рис. 25.1).

В этих установках (сетях) при замыкании одной фазы иа корпус в результате повреждения изоляции возникает однофазное КЗ (путь тока показан иа рис. 25.1), в результате которого поврежденная часть установки (или участок сети) отключается токовой защитой, чем и обес­печивается безопасность прикосновения.

Главой 1-7 ПУЭ установлено, что в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных электроустановках защитное заземление или зануление обязательно во всех случах при напряжении переменного тока выше 42 и постоянного тока выше ПО В. В помеще­ниях без повышенной опасности заземление требуется при напряжении 380 В и выше переменного тока и 440 В и выше постоянного тока.

Заземлению (занулению) подлежат все металлические корпуса электродвигателей, пусковой аппаратуры, электроинструмента, конст­рукции, каркасы и кожухи электротехнических устройств, а также ме­таллические части механизма с электроприводом, металлические трубы электропроводок, короба, лотки и т. д. Несмотря иа то что жилые до­ма относятся к помещениям без повышенной опасности, заземлению (занулению) подлежат корпуса кухонных стационарных электроприбо-

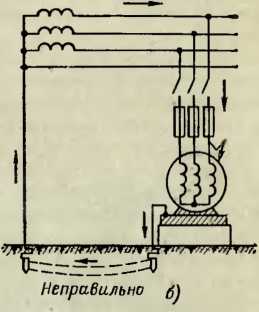
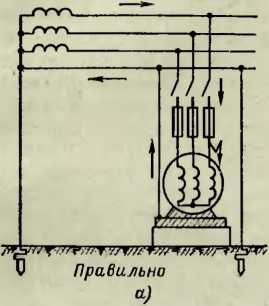


Рис. 25.1. Заземление в электроустановках до 1000 В с глухозаземлен- нои нейтралью:

***а —*** присоединение к нулевому проводу сети — зануление (правильно); б — при­менение заземлющего устройства (неправильно)

ров мощностью 1,3 кВт и выше, таких, как посудомоечные, автомати­ческие стиральные машины, а также корпуса щитов, щитков, светиль­ников и стальные трубы, короба, лотки электропроводок на лестничных клетках, в технических подпольях и на чердаках. Металлические обо­лочки и броня кабелей, как правило, должны быть заземлены в начале и конце трассы.

Не подлежат заземлению арматура изоляторов, оттяжки, крон­штейны и осветительная арматура при установке их на деревянных опорах, корпуса электроприемников с двойной изоляцией \*, съемные или открывающиеся двери на металлических заземленных шкафах. В жи­лых комнатах, а также в кухнях и уборных квартир металлические корпуса стационарно установленного осветительного электрооборудо­вания и переносных бытовых электроприборов и машин мощностью до 1,3 кВт (утюги, чайники, холодильники, швейные машины и т. д.) за-

1 Двойной называется электрическая изоляция, состоящая из ра­бочей и дополнительной изоляции.

землять (занулять) не требуется. В ванных комнатах могут применять­ся приборы и машины, имеющие двойную изоляцию, которые заземлять (занулять) ие требуется. При использовании в ванных комнатах ма­шин и приборов с одинарной изоляцией их металлические корпуса не­обходимо заземлять (занулять).

Корпуса стальных или чугунных ванн соединяются с помощью стальной полосы с трубами водопровода для выравнивания потенциа­лов, которые могут появиться на корпусе ванны при повреждении скрытых электропроводок, находящихся в конструкциях зданий.

В четырехпроводных сетях переменного тока с глухозаземленной нейтралью присоединение корпусов электроприемников и других частей электроустановок, подлежащих заземлению к заземлителям, без под­ключения к нулевому защитному проводу ие разрешается, ибо при этом не обеспечивается безопасность людей (см. рис. 25.1), поскольку при замыкании на корпус через два последовательных заземления ток однофазного КЗ может оказаться недостаточным для "срабатывания защиты.

Сопротивление заземляющего устройства нейтралей генераторов и трансформаторов должно быть в сетях 380/220 В не более 4 Ом[[32]](#footnote-33). По­скольку заземление на подстанциях является общим и для установок высокого напряжения, то в некоторых случаях, определенных ПУЭ, это сопротивление приходится принимать на основании специального расчета в зависимости от возможного значения тока замыкания на зем­лю в сети высшего напряжения.

Устройство заземления и зануления. В качестве заземлителей сле­дует в первую очередь использовать так называемые *естественные за­землители.* К ним относятся водопроводные и другие металлические трубопроводы без антикоррозионного покрытия, за исключением трубо­проводов с горючими жидкостями или горючими и взрывчатыми газа­ми, свинцовые оболочки кабелей, металлические конструкции и арма­тура железобетонных зданий и сооружений, имеющих соединение с землей, фундаменты, мета члические шпунты, обсадные трубы и т. д. Алюминиевые оболочки кабелей и голые алюминиевые проводники ис­пользовать в качестве заземлителей не разрешается.

В тех случаях, когда естественные заземлители отсутствуют или их сопротивление превышает требуемое значение, устраиваются ис­кусственные заземлители, состоящие из отрезков угловой стали (раз­мерами 50X50X4 мм) длиной 2,5—3 м, некондиционных стальных труб диаметром 50 мм той же длины с толщиной- стенки не менее 3,5 мм, отрезков круглой стали диаметром 12—14 мм, длиной до 5 м и более.Указанные отрезки (электроды) погружаются в грунт на расстоянии друг от друга примерно 3 м и соединяются между собой стальной по­лосой размером обычно 40X4 мм.

Верхние концы электродов должны быть на глубине 0,6—0,7 м от поверхности. Соединительная полоса прокладывается в траншее глуби­ной 0,6—0,7 м. Все соединения осуществляются сваркой.

Количество электродов зависит от их размеров, удельного сопро­тивления грунта, глубины промерзания и некоторых других факторов и определяется на основании специального расчета, который приводится в [49].

В качестве заземляющих и нулевых защитных проводников в элек­троустановках до 1000 В могут быть использованы металлические кон­струкции зданий (если обеспечивается надежное соединение звеньев всей цепи), стальные трубы электропроводок, алюминиевые оболочки кабелей, металлические трубопроводы (кроме трубопроводов с горючи­ми и взрывоопасными смесями, канализации, центрального отопления), металлические кожухи шинопроводов, металлические короба и лотки, нулевые рабочие провода электрической сети '. Не разрешается исполь­зовать в качестве заземляющих и нулевых защитных проводников тон­кие металлические оболочки трубчатых проводов и свинцовые оболочки кабелей (АТПРФ, АСРГ и т. д.).

В электроустановках до 1000 В с глухим заземлением нейтрали нулевые защитные проводники должны быть выбраны таким образом, чтобы при однофазном замыкании на корпус или на нулевой проводник происходило быстрое отключение защитой дефектного участка. Прави­ла устройства электроустановок требуют, чтобы при этом ток однофаз­ного КЗ в наиболее удаленной точке цепи превышал не менее чем в 3 раза номинальный ток плавкой вставки ближайшего предохранителя или номинальный ток комбинированного или теплового расцепителя автоматического выключателя.

В воздушных сетях переменного тока зануление осуществляется при помощи нулевого провода, проложенного на тех же опорах линии, что и фазные провода. На концах воздушных линий (или ответвлений) длиной более 200 м, а также на вводах в здания, электроустановки ко­торых подлежат занулению, должны выполняться повторные заземле­ния нулевого провода общим сопротивлением в сетях 380/220 В — не более 10 Ом, при этом сопротивление каждого из повторных заземле­ний должно быть не более 30 Ом.

Для повторного заземления следует в первую очередь использо­вать естественные заземлители. Повторные заземления повышают усло­вия безопасности, особенно при обрывах пулевого провода. В воздушныхлиниях длиной до 200 м и кабельных сетях любой длины повтор­ные заземления не требуются, так как в них обрыв нулевой жилы ма­ловероятен. В жилых домах с электроплитами в квартирах повторные заземления выполняются и при кабельных вводах.

Защитное заземление и зануление не всегда обеспечивают необхо­димые условия безопасности людей, соприкасающихся с электроустанов­ками, так как даже при токе однофазного КЗ, превышающем в 3 раза номинальный ток, плавкой вставки предохранителя или расцепителя ав­томата, срабатывание защиты происходит с некоторой выдержкой вре­мени (иногда в несколько минут). В этих случаях целесообразно, осо­бенно в помещениях с повышенной опасностью, дополнительно к зану­лению применять *защитное отключение.*

Аппараты защитного отключения представляют собой автомати­ческие выключатели, снабженные устройствами, реагирующими на ток утечки. Основной частью устройства защитного отключения является дифференциальный трансформатор тока, первичной обмоткой которого служат провода защищаемой сети. Ко вторичной обмотке присоединя­ется схема, непосредственно воздействующая на механизм отключения выключателя.

Существует большое разнообразие видов устройств защитного от­ключения. Наиболее совершенными являются устройства высокой чувствительности, реагирующие не только на глухое, но и на неполное замыкание на землю. Такие устройства при правильно выбранных уставках токов утечки (около 30 мА) обладают большим быстродейст­вием и защищают человека даже при однополюсном прикосновении к токоведущим частям.

Функции устройств защитного отключения сводятся к следующе­му: а) защита от глухого замыкания на землю; б) защита от неполно­го замыкания на землю; в) автоматический постоянный контроль со­стояния изоляции сети и цепей заземления (зануления); г) самоконт­роль.

Наиболее простые аппараты защитного отключения срабатывают при замыкании на землю с временем отключения 0,1—0,2 с и обеспечи­вают безопасность только при прикосновении к заземленным нетокове­дущим частям, оказавшимся под напряжением.

Действие устройства защитного отключения основано на том, что через дифференциальный трансформатор тока пропускают все провода защищаемой линии, включая нулевой провод, благодаря чему геомет­рическая сумма токов равна пулю даже при несимметричной нагрузке фаз. При таком равновесии токов устройство не срабатывает. При за­мыкании одной фазы на корпус возникает ток утечки, не проходящий через дифференциальный трансформатор тока. Возникший при этом в дифференциальном трансформаторе ток небаланса вызывает срабаты­вание устройства защитного отключения.

Уставка на гок утечки должна быть больше естественных токов утечки электроприемников, присоединяемых к защищаемой сети, в противном случае могут возникать ложные отключения. Вместе с тем загрубление уставок токов утечки снижает надежность защиты от по­ражения электрическим током.

Применение устройств защитного отключения в электрических се­тях жилых и общественных зданий в нашей стране весьма перспектив­но. Их внедрение позволит резко сократить электротравматизм.

Из-за отсутствия опыта использования устройств защитного от­ключения в сетях жилых квартир пока затруднительно дать, исчерпы­вающие рекомендации по их установке.

По-видимому, наиболее целесообразно устанавливать аппарат за­щитного отключения на вводе в квартиру. В этом случае его следует выбирать по расчетному току нагрузки в зависимости от принятого в проекте уровня электрификации квартир. В каталогах на бытовые элект­роприборы отсутствуют данные о токах утечки в режиме нормальной работы, что затрудняет выбор реле утечки.

Применение разделяющих трансформаторов. Стремление к созда­нию наибольших удобств привело к установке в ванных комнатах квартир, гостиниц и общежитий штепсельных розеток для включения в них некоторых бытовых электроприемников, потребляющих неболь­шую мощность. К таким электроприемникам относятся электробритвы, вибрационные приборы для массажа и т. п. Однако установка штеп­сельной розетки в ванной комнате с присоединением ее непосредственно к сети квартиры представляет безусловную опасность для людей и ПУЭ запрещена. Дело в том, что в условиях ванной комнаты (обычно крайне тесное помещение, в котором имеются заземленные металли­ческие части — краны, трубы и ванна и т.п.) неисправность изоляции электроприемника или штепсельной розетки может привести к тяже­лым травмам. Штепсельная розетка в ванной комнате должна вклю­чаться только через разделяющий трансформатор, благодаря чему бы­товой электроприемник изолируется от общей сети квартиры, т. е. ис­ключаются условия, вызывающие повышенную опасность.

Вторичную обмотку разделяющего трансформатора и электропри­емник, питающийся от него, заземлять запрещено.

При отсутствии заземления прикосновение к частям, находящимся под напряжением, или к корпусу с поврежденной изоляцией не создает опасности, так как вторичная сеть резделяющего трансформатора ко­ротка и токи утечки в ней при исправной изоляции невелики. Если при этом возникает повреждение изоляции и на другой фазе вторичной цепи (двойное замыкание), то на корпусе электроприемника появится напряжение по отношению к земле, что в неблагоприятных случаях (например, проводящий пол в ванной комнате) может оказаться опас­ным. Чтобы уменьшить вероятность появления двойных замыканий, кразделяющему трансформатору не следует присоединять более одной розетки. Кроме того, сами разделяющие трансформаторы должны иметь высокий уровень изоляции, что достигается специальным исполнением.

Раздел восьмой

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Глава двадцать шестая

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Основными общими документами, которыми регламентируются требо­вания в области эксплуатации электроустановок любых зданий, явля­ются «Правила технической эксплуатации электроустановок потребите­лей» и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроуста­новок потребителей» [48], утвержденные Госэнергонадзором Министерства энергетики и электрификации СССР.

Эти правила являются общесоюзными и обязательны для всех потребителей электроэнергии независимо от их ведомственной принад­лежности. Вместе с тем рядом министерств н ведомств, прежде всего министерствами жилищного и коммунального хозяйства, изданы ин­струкции и указаниня, конкретизирующие требования в области эксплуа­тации различных установок, например электрического освещения, лиф­тов, вентиляции, кондиционирования, электросетей, электроплит, проти­вопожарных устройств и т. д.

В предыдущих разделах книги уже говорилось о широком и все увеличивающемся использовании электрических приборов в быту. Ин­тересно отметить, что в настоящее время получает распространение новое направление в оборудовании квартир блоками кухонной мебели со встроенными приборами, позволяющими размещать большое число приборов без увеличения площади кухни (по вертикали). Отдельные приборы (кондиционеры, плоские электроводонагреватели инфракрас­ные нагреватели в ванных комнатах и т. д.) могут встраиваться в строительные конструкции. Это способствует еще большему насыще­нию квартир бытовыми приборами.

Рост внутриквартирного потребления, оснащение инженерными службами, развитие общедомовых установок (домовые прачечные, гладильные, сушилки, системы пылеудаления в крупных зданиях) не­сомненно увеличивает объем ремонтных, профилактических и других работ, резко повышает требования к эксплуатации зданий. Особое вни­мание следует уделять постоянной готовности к работе всех видов про­тивопожарных устройств, требования к эксплуатации которых установ­лены специальными правилами.

Прогрессивной! формой эксплуатационного обслуживания инженер­ного оборудования жилищного хозяйства является ОДС, при которой повышаются технический уровень эксплуатации, надежность работы инженерного оборудования, сокращается численность эксплуатацион­ного персонала (см. гл. 23). В дальнейшем ОДС станет одним из эле­ментов общей системы АСУ, жилищно-коммунального хозяйства района, города или даже области. В настоящее время во всех типовых проектах электрооборудования зданий предусматривается подключение к пунктам ОДС.

Согласно разработкам АКХ пункты ОДС (диспетчер) могут непо­средственно управлять инженерными устройствами и руководить пер­соналом. Другая форма организации ОДС заключается в том, что диспетчерский пункт является только местом сбора информации и по мере надобности вызывает соответствующих специалистов из специали­зированных эксплуатационных служб. По мере накопления опыта бу­дут, по-видимому, выбраны наиболее рациональные формы организа­ции ОДС.

Массовое внедрение электроплит потребовало создания специали­зированных хозрасчетных участков, организуемых по территориально­му признаку. Эти участки осуществляют регулярный контроль за рабо­той эксплуатируемых электроплит в квартирах, а также за монтируе­мыми вновь. Бригады специализированных участков, располагающие необходимым инструментом, материалами и запасными частями, осу­ществляют ремонтные работы в короткие сроки. Кроме эксплуатацион­ных участков в составе такого подразделения имеется ремонтный цех, который выполняет капитальный ремонт электроплит, а также спосо­бен изготовлять некоторые детали, восстанавливать конфорки и т. п. Персонал участков снабжается служебными инструкциями, которыми обязан руководствоваться в работе. Указанная форма организации обслуживания электроплит, используемая в Москве и других городах, вполне себя оправдывает.

Важнейшей областью эксплуатации является приемка смонтиро­ванного электрооборудования новых домов. Объем и нормы приемо­сдаточных испытаний установлены разделом 1-8 ПУЭ и СНиП III-33-76; кроме того, следует руководствоваться монтажными и заводскими ин­струкциями. Отметим наиболее важные вопросы, связанные с прием­кой в эксплуатацию. Прежде всего при приемке электрооборудования необходимо располагать протоколами и актами о результатах измере­ний и опробования всех систем, выполняемых монтажными и наладоч­ными организациями. Эксплуатационным организациям должны быть переданы чертежи однолинейных расчетных схем и планы электрическихсетей, которые должны храниться и при реконструкции уточняться. Обслуживающий персонал должен быть ознакомлен с этими схемами н руководствоваться ими в работе.

Сопротивление изоляции распределительных устройств, щитов и токопроводов до 1000 В, силовых и осветительных сетей, вторичных цепей управления, измеренное мегаомметром 1000 В, должно быть не менее 0,5 МОм. Особое внимание должно уделяться состоянию скры­тых электропроводок, в первую очередь замоноличенных в строитель­ные конструкции.

Необходимо тщательно проверить исправность работы расцепите­лей автоматических выключателей на многократные включения и от­ключения.

Собранные схемы управления и сигнализации опробуются на пра­вильность функционирования. Производится осмотр заземляющего устройства и зануляющих проводников доступных для осмотра. Выпол­няется проверка сопротивления петли фаза—нуль в соответствии с ПУЭ 1-7, либо путем непосредственного измерения сопротивления (ча­ще), либо измерением тока однофазного КЗ на корпус или нулевой провод специальными приборами (реже).

Проверка технического состояния электроплит производится по спе­циальной инструкции, в которую включается и инструктаж населения о рациональном пользовании с целью экономии энергии, а также о правилах техники безопасности.

**Текущий ремонт электрооборудования** осуществляется на основа­нии Технических указаний по организации и технологии текущего ре­монта жилых зданий, составленных Ленинградским отделением АКХ. В указаниях установлены перечень ремонтных работ и нормы времени на их выполнение. Наиболее важные из этих работ следующие:

замена отдельных участков электропроводки на вводах в квар­тиру;

перетяжка обвисшей открытой проводки и установка дополнитель­ных креплений;

замена выключателей, патронов, розеток в общедомовых помеще­ниях;

ремонт групповых и распределительных щитков;

проверка заземления и зануления, в том числе оболочек вводных кабелей;

замена приборов учета и аппаратов защиты электроустановок, на­ходящихся на балансе ЖЭК;

ремонт фотовыключателей лестничного освещения.

Осмотры зданий проводятся весной и осенью специальными комис­сиями.

Капитальный ремонт электроплит со сменой всех съемных деталей осуществляется через 10 лет эксплуатации. Сроки службы конфорок

значительно ниже, и их приходится заменять чаще. Так, в плитах «Луч», «Лысьва» ежегодно приходится заменять до 25 %, в плитах «Томь» еще больше. В настоящее время сроки службы конфорок зна­чительно увеличены за счет совершенствования технологии их изготов­ления.

У рубильников и переключателей во время текущего ремонта при­водят в нормальное состояние контактные поверхности, очищают их от грязи, окислов, копоти.

Сильному износу подвергаются в процессе работы контакты кон­такторов и автоматических выключателей за счет теплового воздейст­вия электрической дуги при включениях и отключениях, а также за счет эрозии (переноса материала с одного контакта на другой в процессе коммутации цепи).

Прн эксплуатации и текущем ремонте следует проверять соответст­вие раствора контактов контакторов, реле, магнитных пускателей паспортным данным (для общепромышленных контакторов 5—20, для малогабаритных аппаратов 2—3 мм). При малом растворе изменяются электромагнитные характеристики аппаратуры и мощность электромаг­нита, иногда возникает вибрация с выжиганием дугой материала кон­такта. Поэтому очистка и восстановление нормального состояния по­верхности контактов, а также дугогасительных камер и решеток име­ют важное значение и способствуют повышению износостойкости и сроков работы аппаратуры.

Следует также проверить и отрегулировать плотность и глубину ' входа ножей рубильников и переключателей в губки, обеспечивать од­новременность действия контактов двух- и трехполюсных аппаратов; для этого они должны быть надежно закреплены на общем валу. Це­лесообразно измерять динамометром контактные нажатия, которые должны соответствовать паспортным данным или приведенным в тех­нических справочниках.

Необходимо тщательно следить за гибкими связями (пакеты из медной фольги) электромагнитных аппаратов, соединяющих подвижный и неподвижный контакты. Постепенный выход из строя отдельных плас­тин вызывает уменьшение сечений и местный перегрев при прохожде­нии тока, даже не превышающего номинального, следовательно, эти гибкие связи при повреждении более 30 % пластин надо земенять.

Контакторы, работающие на переменном токе, снабжаются корот­козамкнутым витком на магнитопроводе из меди или латуни, предназ­наченным для уменьшения дребезжания магнитной системы, которая вызывает гул, недопустимый в жилом здании. Поэтому необходимо при текущем ремонте проверять целостность короткозамкнутого витка.

Необходимо следить за состоянием системы различных реле, маг­нитных пускателей и т. п. При возникновении чрезмерного шума отэтих аппаратов производить стягивание стальных пластин сердечни­ков. После ремонта аппаратура проверяется под напряжением.

Следует кратко отметить некоторые особенности эксплуатации лиф­товых установок. В современных зданиях применяются лифты с корот­козамкнутыми односкоростными электродвигателями, в последнее вре­мя — двухскоростными, что является предпочтительным, так как поз­воляет обеспечить меньший износ тормозных колодок, а главное более точную остановку кабины. В многоэтажных зданиях используются ско­ростные лифты с электродвигателями постоянного тока (последова­тельного или смешанного возбуждения), при которых легко осуществля­ется плавное регулирование скорости в широких пределах.

Тормозные электромагниты лифтов, как правило, имеют крутую тяговую характеристику, что очень важно для точного и экстренного останова кабины.

Техническое обслуживание лифтов, а также их монтаж и иаладка осуществляются на основании «Правил устройства и безопасной эк­сплуатации лифтов», утвержденных Госэнергонадзором СССР и сог­ласованных с ВЦСПС, а также «Положения по организациям техни­ческого обслуживания лифтов в городах РСФСР» (ЛенНИИ АКХ имени К. Д. Памфилова).

Этими документами определены необходимые требования к содер­жанию, ремонту, квалификации персонала. Каждый вводимый в дейст­вие лифт должен иметь акт технической готовности и приемки. Существуют и документы, определяющие порядок и сроки проведения планово-предупредительных и капитальных ремонтов.

Повышенные требования к лифтовому хозяйству легко объяснимы, поскольку оно при неправильном обслуживании может представлять серьезную опасность для людей. Обслуживание и ремонт лифтовых установок производятся, как правило, специализированными организа­циями жилищных управлений.

При работах по обслуживанию электроустановок должны строго соблюдаться требования правил технической эксплуатации и техники безопасности, устанавливающие, какие работы вести при полном от­ключении, при частичном отключении и без отключения напряжения. Особенно важно строго следить за обеспечением электроустановок необходимыми защитными средствами по установленным минимальным нормам, а также измерительными приборами. Из наиболее необходи­мых для обслуживания персонала приборов укажем мегаомметры — приборы для определения сопротивления заземления, сопротивления петли фаза—нуль, переносные амперметры (клещи), вольтампер- ваттметры, индикаторы напряжения.

В заключение отметим крайне важное нововведение. Как известно, жильцы при въезде в квартиру занимаются различными поделками, связанными со сверлением стен. При скрытой проводке это крайне

опасно. Следует выдавать жильцам паспорт на квартиру, в котором должен быть специальный чертеж с точной наноской групповой элек­тросети, что позволит избежать неправильных действий жильцов. Боль­шую разъяснительную работу должны вести энергосбыты по ознаком­лению со всеми особенностями современного электрооборудования зданий, в том числе, конечно, и по экономному расходованию электро­энергии.

Глава двадцать седьмая

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

1. Эксплуатация осветительных установок

Осветительная установка не может оставаться эффективной, если не будет обеспечено надлежащее ее обслуживание. Для обеспечения пра­вильного и нормального функционирования осветительных установок необходимо:

а) организовать тщательную их приемку после монтажа и провер­ку соответствия проектным решениям, аналогичная приемка должна производится после капитального ремонта;

б) проводить регулярную (по графику) чистку светильников;

в) производить смену перегоревших или отработавших свой срок ламп;

г) осуществлять систематический осмотр и планово-предупреди­тельный ремонт светильников и электрической сети.

При приемке осветительной установки в эксплуатацию необходимо тщательно сверить исполнение в натуре с рабочими чертежами проек­та. Если в процессе монтажа имели место обоснованные отклонения от проекта, они должны быть отражены в исполнительных чертежах мон­тажной организации и согласованы с проектной организацией.

В процессе приемки комиссия обязана выполнить замеры напряже­ния на ближайших и наиболее удаленных от источника питания све­тильниках.

Следует произвести с помощью люксметра измерения освещенности в помещениях и на отдельных рабочих местах. Результаты измерений должны соответствовать проектным решениям (с учетом коэффициента запаса). К сожалению, пока еще не выпускаются приборы для провер­ки качественных показателен осветительных установок. Для этого пользуются расчетными методами, изложенными в технической литера­туре.

Должны быть проверены наличие и исправность приспособлений для доступа к светильникам. Отметим, что отсутствие условий длябыстрого и безопасного доступа к светильникам часто является причи­ной неудовлетворительного состояния осветительных установок во мно­гих общественных зданиях. Из наиболее важных вопросов приемки электрической части отметим необходимость проверки соответствия проектным решениям сечений проводов, токов плавких вставок предо­хранителей и расцепителей автоматических выключателей, поскольку ошибки монтажа могут привести к возгоранию проводов.

Своевременная замена ламп является важным звеном правильно поставленной эксплуатации освещения. Сроки службы ламп определя­ются данными завода-изготовителя, который гарантирует время, в те­чение которого их световой поток, а следовательно, и светоотдача близки к номинальным. У ламп накаливания срок службы и время до ее перегорания отличаются мало.

Кто касается газоразрядных источников света, то и после резкого снижения светового потока в результате старения они могут функцио­нировать еще довольно долго, но освещенности помещений при этом уже становятся значительно ниже нормируемых.

На практике, к сожалению, чаще применяется замена ламп после их перегорания. Такой способ называется индивидуальным. Более про­грессивным является индивидуально-групповой способ, когда лампы заменяются группами по истечениии 70—80 % нормированного числа часов горения. В этом случае исключается снижение освещенности, что очень важно для школ, профтехучилищ, ряда помещений лечебных зда­ний, инженерно-лабораторных корпусов, проектно-конструкторских ор­ганизаций, торговых залов магазинов и ряда других зданий. Снятые, ио еще не вышедшие из строя лампы в целях экономии могут быть ис­пользованы для освещения различных вспомогательных помещений и других мест, легкодоступных для смены перегоревших ламп.

Правильная постановка эксплуатации осветительной установки не­возможна без регулярной *чистки светильников.* Правила технической эксплуатации допускают обслуживание светильников со стремянок, приставных лестниц при высоте их размещения не более 5 м. Однако во многих случаях светильники приходится устанавливать на значи­тельно большей высоте — до 15 м. В этих случаях следует применять несамоходные и самоходные передвижные устройства, в том числе те­лескопические вышки, которые пока изготовляются в недостаточных количествах.

Во многих зданиях, например театрах, киноконцертных залах, крупных конференц-залах, устраиваются стационарные и выкатные мостики, позволяющие обеспечить легкий и простой доступ к светиль­никам для их чистки и смены ламп. Часто светильники крепятся к пе­рилам мостиков, и по этим же мостикам (чаще всего металлическим) прокладываются электрические сети, силовые и осветительные. Однако на изготовление мостиков расходуется много металла и они удорожа­

ют строительство, в связи с чем их применение требует специального разрешения министерства или ведомства, к которому относится данное строительство. Возможны и другие конструктивные решения, например обслуживание с различных площадок, балконов и т. п. Поэтому необ­ходимые меры для доступа к светильникам должны предусматриваться проектами.

Нормами проектирования установлены определенные коэффициенты запаса, вводимые при светотехнических расчетах, и сроки чистки све­тильников. Для рассматриваемых помещений и общественных зданий с нормальной средой чистки светильников должны производиться не ре же 1 раза в 3 мес.

В зависимости от количества обслуживаемых светильников, степе­ни загрязнения и других условий чистка светильников может произ­водится на месте их установки, однако во многих случаях это затруд­нительно, особенно на большой высоте, а иногда для чистки отража­телей и рассеивателей требуются специальные моющие средства, изготовляемые по специальным рецептам.

При большом числе светильников, особенно в крупных зданиях, целесообразно производить чистку не в местах их установки, а в спе­циально оборудованных мастерских. В настоящее время разработаны и изготовляются светильники, имеющие легко снимаемые отражатели и рассеиватели, которые и доставляются для очистки в эти мастерские. К сожалению, пока таких мастерских в городах еще очень мало, и это, конечно, усложняет и ухудшает эксплуатацию. Как правило, нет спе­циального обученного эксплуатационного персонала, что также явля­ется крупным недостатком. В упомянутых мастерских или в крайнем случае в кладовых надо иметь запас сменных деталей, ламп, электро- установочных изделий и т. д. Здесь же должны накапливаться вышед­шие из строя люминесцентные и другие газоразрядные лампы для последующего вывоза их в места извлечения и нейтрализации ртутн \*.

При серьезно поставленной и правильной организации эксплуата­ции осветительных установок необходимо осуществлять планово-преду­предительный осмотр, проверку и ремонт светильников и проводок. Сроки осмотров и ремонтов элементов осветительного оборудования устанавливаются на каждом предприятии и в здании на основании правил технической эксплуатации.

Можно рекомендовать [50] в помещениях с нормальной средой следующие сроки планово-предупредительных осмотров и ремонтов: светильники, щитки, выключатели, розетки рабочего освещения — 3 ра­за в год, аварийного и эвакуационного освещения — 4 раза в год, уст­ройства автоматического аварийного переключения — ежесуточно. Со-

1 Ни в коем случае не следует выбрасывать и разбивать газораз­рядные лампы в общие мусорные свалки во избежание заражения ок­ружающей среды.

ответственно в сырых, особо сырых, пожаре- и взрывоопасных помеще­ниях— 6 раз в год. Проводки скрытые должны проверяться не реже 2 раз в год, а в сырых помещениях — 4 раза в год. При этом, как уже упоминалось в гл. 26, в первую очередь измеряется сопротивление изо­ляции. Следует также поверить целостность заземляющих (зануляю­щих) проводников и конденсаторов в ПРА люминесцентных светиль­ников.

В заключение отметим необходимость соблюдения требований тех­ники безопасности при работах по монтажу и ремонту осветительных установок.

1. Основные положения по эксплуатации силового электрооборудования

Силовое электроборудование общественных зданий состоит из элек­тродвигателей и пускорегулирующей аппаратуры технологического, са­нитарно-технического, противопожарного оборудования, подъемно­транспортных установок, уборочных механизмов, а также электропри­емников теплового, учебного, лабораторного, лечебного оборудования и других аналогичных аппаратов и приборов и силовой электросети со всем комплексом проводников, распределительных устройств и электро­монтажных изделий.

Силовое электрооборудование, как и осветительные установки, требует тщательной приемки в эксплуатацию, систематического над­зора, планово предупредительного и других видов ремонта. Обслужи­вающий персонал должен иметь необходимую подготовку и строго соблюдать требования техники безопасности, установленные правила­ми технической эксплуатации и техники безопасности, а также специ­альными инструкциями и указаниями. За последние годы в крупных городах создаются и функционируют специализированные организации, осуществляющие монтаж и эксплуатацию технологического (холодиль­ного и электромеханического) оборудования предприятий торговли и общественного питания, лифтов (об этом уже говорилось в гл. 26), противопожарных установок, центральных тепловых пунктов и насос­ных, что является весьма целесообразным как по техническим, так и по экономическим соображениям.

Ниже рассматриваются наиболее важные и характерные вопросы эксплуатации, имеющие общий характер.

При приемке в эксплуатацию должно быть проверено полное соот­ветствие проектным решениям и требованиям ПУЭ. Установленные электродвигатели, пускорегулирующая аппаратура, распределительные устройства, щиты, щитки должны иметь исполнение, соответствующее условиям окружающей среды.

В процессе монтажа часто возникают отступления от проекта в результате замены технологического оборудования. Эти отступлениядолжны быть согласованы с проектной организацией и не должны вы­зывать превышения пропускной способности всех элементов силовой сети.

Эксплуатационный персонал должен быть обеспечен рабочими чер­тежами и схемами, на которых указаны технические параметры сети (мощность, ток, сечение и т. д). Не следует допускать применения не­калиброванных плавких вставок предохранителей, а также автомати­ческих выключателей с расцепителями, уставки тока которых необосно­ванно завышены. Это же относится к замене аппаратов защиты при ремонтах.

Необходимые меры по надлежащему содержанию аппаратуры ана­логичны указанным в гл. 26. Электродвигатели резервных машин и механизмов должны быть постоянно готовы к запуску. Следует стро­го соблюдать требования гл. V-1-31 ПУЭ в отношении дистанционного или автоматического управления электродвигателем какого-либо меха­низма, например установок по сульфатации картофеля в столовых и ресторанах, транспортеров, а также пожарных и других насосов с дистанционным запуском. В частности, вблизи такого механизма дол­жен быть установлен аппарат аварийного отключения, исключающий возможность дистанционного или автоматического пуска электродвига­теля до принудительного возврата этого аппарата в исходное положе­ние.

Можно не устанавливать аппараты аварийного отключения у ме­ханизмов, расположенных в пределах видимости с места управления, у механизмов, доступных только квалифицированному обслуживающе­му персоналу (например, крышные вентиляторы, вентиляторы и насосы, устанавливаемые в отдельных помещениях), а также у механизмов, конструкция которых исключает возможность случайного прикоснове­ния к движущимся частям. Около таких механизмов должны вывеши­ваться предупредительные плакаты.

При наличии дистанционного или автоматического управления ме­ханизмами должна быть предусмотрена сигнализация или звуковое оповещение перед пуском. Должны строго соблюдаться габариты про­ходов и других расстояний, установленные ПУЭ и ПТЭ. Периодичность планово-предупредительных, текущих и капитальных ремонтов уста­навливается специальными графиками эксплуатирующих организаций.

Особое внимание должно быть уделено очистке и обдувке электро­двигателей, работающих в пыльных помещениях. Следует системати­чески контролировать напряжение в силовой электросети, имея в виду, что работа на пониженном напряжении может повлечь за собой пере­грузку электродвигателей, а при повышенном напряжении ухудшается коэффициент мощности установки и быстрее изнашивается изоляция.

Источниками травматизма зачастую являются нагревательные при­боры в мастерских по бытовому обслуживанию, в частности утюги.

поэтому ПТЭ требуют, чтобы при каждом гладильном столе в поме­щении с проводящими полами имелись напольные изолирующие насти­лы или подставки, жестко прикрепленные к полу. Возможно и приме­нение дорожек из непроводящего материала, приклеенных к полу. Ра­бочая поверхность гладильных столов должна быть из непроводящего материала (дерева, пластмассы), а крепежные болты, крепящие стол к станине, должны иметь утопленные головки. Шланговые провода пита­ния электроутюгов должны укрепляться на кронштейнах, расположен­ных над серединой гладильного стола таким образом, чтобы исключить возможность механических повреждений проводов. При перемещении утюга провода не должны касаться поверхности стола.

Электроутюги сушильно-гладильных цехов целесообразно подклю­чать к электросети через разделяющие трансформаторы, прикосновение к которым должно быть исключено.

Серьезную опасность для персонала и больных представляют элек­троаппараты лечебных заведений, в частности аппаратура физиотера­пии. Устройство, содержание и обслуживание этой аппаратуры регла­ментируются специальными указаниями.

Требования к эксплуатации распредустройств, противопожарных установок, электропроводок систем заземления аналогичны изложен­ным для жилых зданий.

Для организации эффективной эксплуатации электрооборудования зданий существенное значение имеет наличие соответствующего штата обслуживающего персонала.

Количество и состав обслуживающего персонала должны соответ­ствовать указанным в инструкциях по эксплуатации, ведомственных нормативных документах определяющих сроки и трудоемкость профи­лактических-^ ремонтных работ.

Постоянно возрастающее насыщение жилых и общественных зда­ний инженерными электрифицированными и автоматизированными уст­ройствами и оборудованием требует разработки и внедрения таких форм эксплуатации, при которых это оборудование использова­лось бы наиболее целесообразно. Такими формами эксплуатации явля­ются хозрасчетные специализированные организации, которые созданы во многих крупных городах и себя оправдали. К ним относятся орга­низации по монтажу и эксплуатации технологического и холодильного оборудования предприятий торговли и общественного питания, лифто­вого хозяйства, квартирных электроплит, противопожарной техники, устройств автоматики и т. п.

В сочетании с постоянным дежурным персоналом диспетчерских пунктов такая система обслуживания представляется наиболее совер­шенной и соответствующей современным задачам.

Список литературы

1. **Козлов В. А.** Городские распределительные электрические **се\*** ти. — Л.: Энергоиздат, 1982. — 224 с.
2. **Козлов В. А.** Электроснабжение городов. — М.: Энергия, 1964.— 242 с.
3. **Чукаев Д. С.** Электрификация городского хозяйства. — М.: Еыс- шая школа, 1974. — 212 с.
4. **Электрические** сети жилых зданий/Г. В. Мирер, И. К. Тульчии, Г. С. Гринберг и др. — М.: Энергия, 1974. — 264 с.
5. **Тарнижевский М. В., Афанасьева Е. И.** Эксплуатация электри­ческого оборудования жилых зданий. — М.: Стройиздат, 1979.— 152 с.
6. **Применение** электроэнергии для отопления жилых зданий. **Об­**зор ЛеиЗНИИЭП, составитель И. А. Казанцев. — М.: ЦНТИ по граж­данскому строительству и архитектуре, 1976. — 22 с.
7. **Гмошинский В. Г., Флиорент Г. И.** Теоретические основы ин­женерного прогнозирования. — М.: Наука, 1973. — 294 с.
8. **Саркисян С. А., Голованов Л. В.** Прогнозирование развития больших систем. — М.: Статистика, 1975. — 190 с.
9. **Журавлев В. П., Мнении М. Л.** Прогнозные расчеты электро­потребления, АН Молдавской ССР. — Кишинев: Штинада, 1972,— 252 **с.**
10. Лукомский Я. И. Теория корреляции и ее применение к ана­лизу производства. — М.: Госстатиздат, 1958. — 388 с.

**И. Некрасов А. М., Сербиновский Г. В., Штейнгауз Е. О. Об** электрификации коммунально-бытового хозяйства СССР. — Электри­ческие станции, 1970, Ns 7, с. 5—11.

1. **Перспективы** электрификации быта. Обзор ЦНТИ Госграждан- строя СССР. М., 1975. — 56 с.
2. **СССР** в цифрах в 1977 году. — М.: Статистика, 1978. — 238 с.
3. **Энергетика СССР** в 1979 году и задачи на завершающий год пятилетки. — Электрические станции, 1980, Ns 1, с. 12—14.
4. **Померанцев В. В.** Практическая методика корреляционного анализа. — М.: Экономиздат, **1963. — 94 с.**
5. Длин А. М. Математическая статистика в технике.—М.: Со­ветская наука, 1958. — 468 с.
6. Методические указания по модернизации внутридомовых элек­трических сетей при различных уровнях электрификации быта.— М.: АКХ, 1978. — 46 с.
7. **Методические** указания по оценке несимметрии и несинусои- дальности в городских распределительных электрических сетях на­пряжением до 1000 В. — М.: АКХ, 1979. — 36 с.
8. Электроснабжение и электрооборудование жилых и граждан­ских зданий Москвы. — В кн.: Сборник научных статей/Под ред. **И.** К- Тульчина, А. А. Тушиной. М: МНИИТЭП ГОСИНТИ, 1971.— 158 с.
9. Правила устройства электроустановок (ПУЭ-76). — М.: Атом- издат, 1976.
10. Инструкция по проектированию электрооборудования жилых зданий: СН 544-82. — М.: Стройиздат, 1982.
11. Инструкция йо проектированию электрооборудования общест­венных зданий массового строительства: СН 543-82. — М.: Стройиз­дат, 1982. — 58 с.
12. Лифшиц Д. С. Нагрев проводников и защита предохрани­телями в электросетях до 1000 В. — М.: Энергия, 1967. — 72 с.
13. Указания по проектированию силового и осветительного электрооборудования промышленных предприятий: СН 357-77. — М.: Стройиздат, 1977. — 94 с.
14. Глазунов **А. А.,** Глазунов **А. А.** Электрические сети и сис­темы.— М.: Госэнергоиздат, 1960. — 368 с.
15. **Мирер Г. В.,** Тульчин **И. К.** К расчету четырехпроводных се­тей с газоразрядными лампами. — Промышленная энергетика, 1964, № 6. — с. 30—32.
16. **Мирер Г. В., Тульчин И. К.** Еще раз о расчете четырехпровод­ных сетей электрического освещения с газоразрядными лампами. — Светотехника, 1968, № 2. — с. 24—26.
17. Справочная книга для проектирования электрического осве- щения/Г. М. Кнорринг, Ю. Б. Оболенцев, Р. И. Верим и др. — Л.: Энергия, 1976. — 384 с
18. **ГОСТ 13109—67\*.** Электрическая энергия. Нормы качества электрической энергии у ее приемников, присоединенных к электричес­ким сетям общего назначения.
19. Решения светотехнической секции научно-технического совета ВНИПИ Тяжпромэлектропроект. — Светотехника, 1980. № 9, с. 23— 26.
20. Райцельский Л. А. Справочник по осветительным сетям,— М.: Энергия, 1977, — 288 с.
21. Мирер Г. В., Тульчин И. К. Упрошенное определение токов короткого замыкания в сетях переменного тока напряжением до 1000 В. — Промышленная энергетика, 1966. № 8, с. 37—38.
22. Кузнецов Р. С. Аппараты распределения электрической энер­гии иа напряжение до 1000 В. — М.: Энергия, 1970. — 544 с.
23. Мирер Г. В., Тульчин И. К. Упрошенное определение токов однофазного короткого замыкания в осветительных сетях. — Свето­техника, 1969, № 10, с. 19—21.
24. Найфельд М. Р., Спеваков П. И. Сопротивление трансфор­маторов в режиме однофазного замыкания в сетях напряжением до 1000 В. — Промышленная энергетика, 1968, № 11, с. 34—38.
25. Нудлер Г. И., Тульчин И. К. Основы автоматизации произ­водства.— М.: Высшая школа, 1976.— 180 с.
26. Нудлер Г. И., Тульчин И. К. Электротехника и электрообору­дование зданий. — М.: Высшая школа, 1978. — 256 с.
27. Элементы авгоматики/С. П. Колосов, И. В. Калмыков. В. И. Нефедова и др. — М.: Машиностроение, 1970. — 392 с.
28. Рябов М. С., Циперман Л. А. Электрическая часть осветитель­ных установок. — М.: Энергия, 1966. — 360 с.
29. Указания по проектированию городских электрических сетей: ВСН 97—75 Минэнерго СССР. — М.: Информэнерго, 1976. — 60 с.
30. Клюев С. А. Освещение производственных помещений. — М.: Энергия, 1979.— 150 с.
31. Цигельмаи И. Е., Тульчин И. К. Электроснабжение, электри­ческие сети н освещение. — М.: Высшая школа, 1970. — 486 с.
32. Типовая методика определения экономической эффективнос­ти капитальных вложений. — М.: Госплан, 1969. — 79 с.
33. Городничев А. В., Тульчин И. К. Проектирование групповых электрических сетей квартир жилых зданий. — Светотехника, 1978, № 10, с. 19—20.
34. Равдоник В. С., Иванов И. И., Пятницкий Н. А. Применение кольцевых схем питания розеточных линий для увеличения допусти­мых нагрузок. — Бытовая электротехника, 1978, вып. 6 (49), с. 1—4.
35. Тульчин И. К. О расчете сети на минимум приведенных зат­рат.— Светотехника, 1975, Ns 7 с. 18—20.
36. **СНиП** 111-33-76: Правила производства н приемки работ. Элек­тротехнические устройства. С изменением согласно постановлению Госстроя СССР Ns 126 от 22 августа 1977 г. — М.: Стройиздат, 1977.— 196 с.
37. Правила технической эксплуатации электроустановок пот­ребителей. Правила техники безопасности электроустановок потре­бителей.— М.: Атомиздат, 1971. — 352 с.
38. Найфельд М. Р. Заземление и защитные меры электробезолас- ности.— М.: Энергия, 1971. — 312 с.
39. **Лурье М. Г., Райцельский Л. А., Циперман Л. А.** Устройство, монтаж и эксплуатация осветительных установок. — М.: Энергия,
40. — 258 с.
41. **Тульчин И. К., Тушина А. А.** Оптимальные электрические на­грузки общественных зданий. — Городское хозяйство Москвы, 1967, № 2, с. 40—42.
42. Городничев А. В., Тульчин И. К., Тушина А. А. Выбор на ЭЦВМ оптимальных схем электрооборудования жилых домов повышенной этажности. — М.: МНИИТЭП, 1969.—120 с.
43. Определение оптимальных параметров электрических сетей жилых домов повышенной этажности с учетом ежегодного роста нагрузок. Обзорная ипформация/И. К- Тульчин, А. В. Городничев, В. И. Рыбасов и др.—М.: МНИИТЭП, 1969. с. 3—13.
44. Ревякин А. И., Кашелкин Б. И. Электробезопасиость и про­тивопожарная защита в электроустановках. — М.: Энергия, 1980.— 160 с.
45. **Городничев А. В., Тульчин И. К.** Выбор энергоносителей и оптимальных параметров электрических сетей городского района при различных уровнях электрификации быта. — Бытовая электротехника,
46. № 1, с. 1—4.
47. **Городничев А. В., Тульчин И. К.** Развитие электрификации быта и перспективные электрические нагрузки квартир. — Бытовая электротехника, 1977, № 2, с. 1—4.
48. **Рекомендации** по эксплуатации осветительных установок про­мышленных предприятий. — Светотехника, 1978, №2, с. 14—20.
49. **Нудлер Г. И., Тульчин И. К.** Автоматизация управления **ос­**вещением — важный резерв экономии электроэнергии. — Светотехника, 1980, № 3, с. 23—24
50. **Методика** (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. — М.: Экономика, 1977. — 47 с.
51. **Некрасов А. М., Стеклов В. Ю.** Ленинский план электрифика­ции в действии. — Промышленная энергетика, 1980, № 12, с. 2—6.
52. **Борисов Е. И.** Электроэнергетика СССР от плана ГОЭЛРО до наших дней. — Электричество, 1980, № 12, с. 3—8.
53. **Гордиевский И. Г., Лордкипанидзе В. Д.** Оптимизация пара­метров электрических сетей. — М.: Энергия, 1978. — 145 с.
54. Тарнижевский М. В., Афанасьева Е. И. Пути экономии элект­роэнергии в жилищно-коммунальном хозяйстве. — М.: Стройиздат, 1980.—240 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Введение 5

Раздел первый. **ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ БЫТА И ЭЛЕК­ТРОПРИЕМНИКИ** 9

Глава первая. ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКИ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТ­

ВЕННЫХ ЗДАНИЙ 9

1. Электроприемиики жилых зданий 9
2. Электроприемники общественных зданий 22

Глава вторая. РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ БЫТА В СССР 26

* 1. Методика прогнозирования 26
  2. Насыщение квартир бытовыми электроприемниками . 29
  3. Уровни электропотребления 31
  4. Развитие коммунально-бытового электропотребления . 33

Раздел второй. **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ...** 39

Глава третья. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ 39

1. Постановка вопроса 39
2. Исследование и формирование электрических нагрузок

жилых зданий 40

1. Нормирование электрических нагрузок и их прогнози­рование 46
2. Оценка асимметрии нагрузок 49
3. Расчеты электрических нагрузок 51
4. Зависимость между расчетной нагрузкой, электропотреб­

лением и годовым числом часов использования максиму­ма нагрузки 56

Глава четвертая. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУ­

ЗОК ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ 58

1. Общие положения 58
2. Нагрузки осветительных сетей 60
3. Нагрузки силовых сетей 62
4. Коэффициенты, учитывающие несовпадение максимумов

силовых и осветительных нагрузок и общих нагрузок зда­ний, подключаемых к одному ТП 70

Глава пятая. ГРАФИКИ НАГРУЗОК 76

Раздел третий. **СХЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРО­ЭНЕРГИИ** 83

Глава шестая. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ СЕТЕЙ 83

1. Принципы построения схем электрических сетей зданий 83

6 2. Классификация сетей 89

Глава седьмая. СХЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕР­ГИИ В ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ 93

1. Схемы наружных (внутриквартальных) питающих линий 93
2. Размещение трансформаторных подстанций .... 97
3. Схемы вводно-распределительных устройств .... 98
4. Схемы питающих линий внутри зданий 100
5. Схемы групповой квартирной сети 103
6. Типовые комплексные схемы распределения электроэнер­гии в жилых зданиях 105

Глава восьмая. СХЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕР­

ГИИ В ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ 109

1. Электроснабжение 109
2. Питающие сети 111
3. Силовые распределительные сети 113
4. Групповые осветительные сети 114
5. Примеры комплексных схем распределения электроэнер­гии в общественных зданиях 117

Раздел четвертый. **РАСЧЕТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ** 121

Глава девятая. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ. НАГРЕВАНИЕ

ПРОВОДНИКОВ 121

1. Задачи расчета электрической сети 121
2. Нагревание проводников 122
3. Длительно допустимые нагрузки проводников . . . 125
4. Старение изоляции 130

Глава десятая. ЗАЩИТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ . . . 133

1. Виды защиты электрической сети 133
2. Аппараты защиты 136
3. Выбор и размещение аппаратов защиты .... 146

Глава одиннадцатая. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПО

ОТКЛОНЕНИЯМ И ПОТЕРЯМ НАПРЯЖЕНИЯ . . 152

1. Отклонения напряжения 152
2. Регулирование напряжения 153
3. Допустимая (располагаемая) потеря напряжения . . 155
4. Активное и индуктивное сопротивление проводов . . 157
5. Определение потери напряжения с учетом активного и

индуктивного сопротивления проводов 158

1. Определение потери напряжения без учета индуктивного

сопротивления проводов 162

1. Расчет сети по потерям напряжения при неравномерной

нагрузке фаз 164

1. Расчет проводов по наименьшему расходу цветного ме­талла 165
2. Расчет простой замкнутой сети 166
3. Особенности трехфазных четырехпроводных сетей осве­щения с газоразрядными лампами 167

Глава двенадцатая. РАСЧЕТ СЕТЕЙ ПО УСЛОВИЯМ ПУСКА КОРОТКОЗАМКНУТЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ 175

Глава тринадцатая. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ И ЭНЕРГИИ 182

Глава четырнадцатая. ВЫБОР СЕЧЕНИЙ ПРОВОДНИКОВ ПО МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ 186

Глава пятнадцатая. УПРОЩЕННЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ТО­

КОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СЕТЯХ ДО 1000 В 188

1. Определения и расчет токов короткого замыкания . . 188
2. Особенности расчета токов короткого замыкания в уста­новках до 1000 В 190
3. Упрощенное определение тока трехфазного короткого за­мыкания 192
4. Выбор электрических аппаратов и проводников по усло­

виям короткого замыкания 195

1. Упрощенное определение токов однофазного короткого

замыкания 197

Глава шестнадцатая. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ 201

1. Методология технико-экономического сравнения вариан­тов 201
2. Выбор оптимальных схем питающих и групповых элек­тросетей жилых зданий 203
3. Элементы технико-экономических расчетов электроуста­

новок общественных зданий 208

Раздел пятый. **КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ** 212

Глава семнадцатая. КОМПЛЕКТНЫЕ УСТРОЙСТВА ... 213

1. Вводно-распределительиые устройства 213
2. Распределительные пункты и щитки 218

Глава восемнадцатая. ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ 222

1. Установочные провода 222
2. Прокладка питающих и распределительных сетей . . 225
3. Электроустановочпые устройства и электромонтажные

изделия 241

Раздел шестой. **АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНО- ВОК ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ . . 244**

Глава девятнадцатая. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ АВТОМАТИЗАЦИИ 244

Глава двадцатая. АВТОМАТИЗАЦИЯ ОСВЕЩЕНИЯ . • • 248

1. Задачи управления освещением 248
2. Управление освещением в жилых зданиях .... 248
3. Управление освещением в общественных зданиях . . 253

Глава двадцать первая. АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ВОДО­

СНАБЖЕНИЯ И ОТОПЛЕНИЯ 255

1. Автоматизация хозяйственных насосов \* 255
2. Автоматизация пожарных насосов 257
3. Автоматизация системы горячего водоснабжения , . 258
4. Автоматизация систем отопления 259

Глава двадцать вторая. АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ДЫМО- ЗАЩИТЫ 261

Глава двадцать третья. ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНО­ГО ОБОРУДОВАНИЯ 269

Раздел седьмой. **ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ . . .** 274

Глава двадцать четвертая. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ЭЛЕКТРО­БЕЗОПАСНОСТИ 274

1. Условия поражения человека электрическим током . . 274
2. Общие меры безопасности 278

Глава двадцать пятая. ЗАЗЕМЛЕНИЕ, ЗАНУЛЕНИЕ И ЗА­ЩИТНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ 280

Раздел восьмой. **ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДО­ВАНИЯ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ . .** 286

Глава двадцать шестая. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУ­

ДОВАНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ 286

Глава двадцать седьмая. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУ­

ДОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ .... 291

1. Эксплуатация осветительных установок 291
2. Основные положения по эксплуатации силового элек­трооборудования 291

[Список литературы 297](#bookmark323)

Иосиф Константинович Тульчин

Григорий Исаакович Нудлер

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ

ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Редактор Л. Л. Ципермаи

Редактор издательства Л. Л. Жданова

Переплет художника В. Н. Забайрова Технический редактор О. Н. А д а с к и н а Корректор И. А. Володяева

И Б № 3030

Сдаио в набор 17.06.82. Подписано в печать 05.01.83- T-028I7. Формат 84Х108'/з2. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 15,96. Усл. кр.-отт. 15,96. Уч.-изд. л. 17,85. Тираж 40 000 экз. Заказ № 155. Цена I р. 20 к.

Энергоатомиздат, 113114, Москва, М-114,

Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография «Союзполиграфпрома» при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли

600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

**ЗАМЕЧЕНЫ ОПЕЧАТКИ**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Страница** | **Строка** | **Напечатано** | **Должно быть** |
| Стр. 14 | 15 строка снизу | провалов графиков энергосистемы да­ет возможность не | увеличивать рас­ходы на устройст­во внутридомовой и на- |

*3 = £г (а* + tej) 4 1 4-

S1

, г, 3/? pL т</ • 10—3

*+ Ех £2 (а* 4- *bs2)* 4- - .

s2

Известно, что

Si = *Р,* £1( (CAt/,); s2 = *Р2L2/(CAU2) = Р2 L2l'[C (AU -* АС/J];

Л == *Pl* • Ю3/(/3 l/HoM cos <p); *I2 = P2* • 103/(/3 *U„0M* cos <p).

1. *Р* **SycT** *— W/(P***уст Т) » (3.1)** [↑](#footnote-ref-2)
2. Вероятностью называется мера объективной возможности данно­го события. Событием в теории вероятностей называется всякое явле­ние, которое произошло, но могло и не произойти.' [↑](#footnote-ref-3)
3. \* Согласно таблице интегралов вероятностей [16] при /а=2 *Рг(т,* и) = 0,95. [↑](#footnote-ref-4)
4. для домов с газовыми плитами при п->оо 7'тОж=2500 ч;

   *гр*  2300 *п* /о о 1 ч [↑](#footnote-ref-5)
5. *max* 73Z » v'-'-'\*\* [↑](#footnote-ref-6)
6. 0,4 *V п + 4,3*

   для домов с электроплитами при n-^-oo Ттох=5400 ч.

   Отметим, что рассмотренные методы, как правило, ба­зировались на статистических данных. Однако при высоких темпах развития производства приборов в перспективе воз­можно появление приборов, по которым эксплуатационных данных нет.

   Пользуясь изложенной методикой, вполне возможно оценить нагрузку от этих приборов. Так, например, пред­ставляет интерес оценить нагрузку от новой электроплиты мощностью 8 кВт, освоенной промышленностью.

   Пример 3.5. Определить расчетную нагрузку на вводе в квартиру от электроплиты мощностью 8 кВт, [↑](#footnote-ref-7)
7. В настоящее время утверждена новая редакция указанного до­кумента (СН 543—82). [↑](#footnote-ref-8)
8. ПУЭ разрешается присоединять к одной фазе групповых линий лестничного освещения, освещения холлов, технических подполий, чер­даков до 60 ламп люминесцентных или накаливания мощностью до 65 Вт. [↑](#footnote-ref-9)
9. Установка одного выключателя на группу квартир данного эта­жа допускается, однако это несколько увеличивает неравномерность нагрузки по фазам. Более целесообразна установка двухполюсного вы­ключателя перед счетчиком на каждую квартиру. [↑](#footnote-ref-10)
10. Могут иметь два исполнения: в пластмассовом корпусе или с до­полнительным (по заказу) металлическим корпусом (степень защиты IP54). [↑](#footnote-ref-11)
11. Для проводников всех марок. [↑](#footnote-ref-12)
12. Для кабелей с бумажной изоляцией и с изоляцией из вулканизированно­го полиэтилена. [↑](#footnote-ref-13)
13. Приведенные отклонения напряжения могут быть увеличены в зависимо­сти от начального момента приводимого механизма, пускового и максимального моментов электродвигателей (приводятся в каталогах), если это подтверждается специальным расчетом (см. гл. 12).

    1. **Регулирование напряжения**

    В электрических системах согласно действующим ПУЭ должно осуществляться встречное регулирование напря­жения на шинах питающих подстанций 35 кВ и выше в пределах 0—5 % номинального напряжения. Применяются также достаточно широко силовые трансформаторы с авто­матическим регулированием напряжения под нагрузкой со значительным диапазоном регулирования в пределах 15— 20%- Однако в большинстве случаев процесс регулирова­ния осуществляется в соответствии с графиком нагрузки энергосистем, отличающимся вследствие высокого удельно­го веса промышленных, транспортных и других потреби­телей от графика коммунально-бытовых нагрузок. [↑](#footnote-ref-14)
14. At/д = ]/37nyci((rcos<pn + xsincpn), (12.1) [↑](#footnote-ref-15)
15. Сеть эвакуационного и аварийного освещения присоединяется к силовой сети независимо от значения размахов изменений напряжения. 176 [↑](#footnote-ref-16)
16. Как упоминалось в гл. 3, *ТтПх* имеет различные значения на раз­ных участках сети. Поэтому потери энергии определяются для каж­дого участка сети отдельно, а затем суммируются. [↑](#footnote-ref-17)
17. Согласно методике определения экономической эффективности ис­пользования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и ра­ционализаторских предложений [59] £„=0,15, а Еп=0,1. [↑](#footnote-ref-18)
18. *Ер*—0,035; Ек,р=0,029; £3=0,04. При £„=0,12 £х= 0,224. Приве­денные данные рекомендуются Указаниями по проектированию город­ских электрических сетей ВСН 97—75 Минэнерго СССР. [↑](#footnote-ref-19)
19. Индексы к значениям коэффициентов отчислений аналогичны ин­дексам к значениям издержек, указанных в формуле (16.4). [↑](#footnote-ref-20)
20. распределить допустимую потерю напряжения A*U* в раз­ветвленной линии исходя из минимума расчетных затрат.

    Пусть токи на участках равномерно нагруженной трех­фазной четырехпроводной линии будут *Ц* и /2, A; *Pt* и *Р%—* мощности на этих же участках, кВт; ДбЛ и А1/2 потери на­пряжения; Sj и s2 — сечения проводов, мм2; и £2—длины участков, м; р — удельное сопротивление, Ом-мм2/м; *а—* постоянная составляющая стоимости проводов и монтаж­ных работ, руб/м; *b —* переменная составляющая, завися­щая от сечения, руб/мм2. Остальные обозначения указаны выше. Запишем выражения расчетных затрат для обоих участков:

    „ . . 3/?рЦ [↑](#footnote-ref-21)
21. Разработаны и организуется производство алюминиевых прово­дов сечением 2, 3, 5, 8 мм2. [↑](#footnote-ref-22)
22. Открытая прокладка винипластовых труб в зданиях высотой 10 этажей и более запрещается. [↑](#footnote-ref-23)
23. Прокладка на лотках незащищенных изолированных проводов в техподпольях разрешается при отсутствии в них газопроводов, отно­сительной влажности не более 65 % и в тех случаях, когда в под­полья имеет доступ только обученный персонал. Высота прокладки проводов в этом случае не нормируется. [↑](#footnote-ref-24)
24. Подкладка из несгораемых материалов должна выступать с каждой стороны провода, кабеля, трубы или короба ие меиее [↑](#footnote-ref-25)
25. раСТ?°з1ш ^кат^ривание^ру^ы^существл^яется сплошным слоем штукатурки или алебастра толщиной не менее 10 мм над трубой. [↑](#footnote-ref-26)
26. ЧеМ ^Сплошным слоем несгораемого материала вокруг трубы (короба) может быть слой штукатурки алебастрового, цементного [↑](#footnote-ref-27)
27. Устройство каналов в строительных конструкциях для общест­венных зданий ограничено необходимостью изготовления большого ко­личества марок железобетонных изделий. [↑](#footnote-ref-28)
28. Бойлер — труба, в которой протекает горячая вода из городской теплофикационной сети. Внутри этой трубы встроено несколько трубок из теплопроводного материала, по которым протекает нагреваемая вода. [↑](#footnote-ref-29)
29. В системах противопожарной автоматики принято линию, в ко­торую включены датчики, называть лучом. [↑](#footnote-ref-30)
30. На схеме показаны 1-й и 28-й лучи. [↑](#footnote-ref-31)
31. 1 Эта схема, так же как и описанная, формируется на одну сек­цию жилого дома. [↑](#footnote-ref-32)
32. Это сопротивление должно быть обеспечено с учетом использо­вания естественных заземлителей (см. далее). Однако во всех случаях сопротивление искусственного заземлителя должно быть при том же напряжении не более 30 Ом.

    1 Нулевые провода линий запрещается использовать для заземле­ния электрооборудования, питающегося по другим линиям, так как они могут быть отключены для ремонта. [↑](#footnote-ref-33)