

Библиотека  
ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

С. А. Клюев

ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ  
ПОМЕЩЕНИЙ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

---

---

Выпуск 56

С. А. КЛЮЕВ

ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ  
ПОМЕЩЕНИЙ

БХГЭУ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МОСКВА 1961 ЛЕНИНГРАД

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:  
Васильев А. А., Долгов А. Н., Ежков В. В., Смирнов А. Д.,  
Устинов П. И.

---

ЭЭ-3-3

В брошюре приведены основные сведения по проектированию электротехнической части осветительных установок производственных помещений. В ней содержатся указания по выбору источников и схем питания электрического освещения, расчету и защите осветительных сетей, сведения о способах управления освещением, выборе трасс и способах прокладки сети и по устройству защитного заземления. Даются также примеры выполнения чертежей проектов электрического освещения производственных помещений и пояснения по пользованию ими.

Вместе с ранее изданной брошюрой «Как рассчитать электрическое освещение производственного помещения» данная брошюра охватывает основные вопросы проектирования электроосветительных установок производственных помещений.

Брошюра рассчитана на электромонтеров, бригадиров и производителей работ по электротехническим установкам.

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . .	5
1. Виды освещения . . . . .	6
2. Выбор напряжения для электроосветительной сети . . . . .	9
3. Источники питания электрического освещения . . . . .	14
4. Схемы питания электрического освещения . . . . .	17
5. Выбор мест установки групповых щитков и компоновка групповой сети . . . . .	27
6. Расчет электроосветительной сети . . . . .	31
7. Защита электроосветительной сети . . . . .	42
8. Способы прокладки электроосветительной сети . . . . .	45
9. Щитки, выключатели, штепсельные розетки и понизительные трансформаторы . . . . .	49
10. Управление электрическим освещением . . . . .	53
11. Заземление, заземляющие и нулевые провода . . . . .	57
12. Как читать чертежи проектов электрического освещения . . . . .	60
Литература . . . . .	70

---



## ВВЕДЕНИЕ

Для того чтобы электрическое освещение нормально работало, к светильникам от источников электроэнергии должны быть проложены электрические провода, в необходимых местах установлены различные сетевые устройства и аппараты для защиты электрической сети от коротких замыканий и для включения и отключения освещения, приняты меры для защиты людей от поражения электрическим током при случайных прикосновениях к светильникам, аппаратам и проводам.

Совокупность светильников, освещающих какое-либо здание или помещение, электрической сети, проложенной к светильникам от источников электроэнергии, и относящихся к ней сетевых аппаратов и устройств принято называть осветительной электроустановкой этого здания или помещения.

Каждая осветительная электроустановка довольно четко разделяется на две составные части — светотехническую и электротехническую. Светотехнической части осветительных электроустановок посвящен 22-й выпуск «Библиотеки электромонтера» [Л. 7]. В данной брошюре разбирается электротехническая часть таких установок.

Какая из указанных двух частей осветительных электроустановок является более важной, сказать невозможно, так как каждая из них немыслима без другой. Правильное и рациональное решение светотехнической части создает хорошие условия для работы — повышает производительность, снижает брак продукции, оздоровляет условия труда; такая установка экономно и наиболее рационально расходует электроэнергию. Но все эти положительные стороны хорошо выполненной светотехнической части окажутся напрасными, если не будет обеспечено надежное и бесперебойное питание светильников электроэнергией, если у источников света напряжение окажется слишком низким и лампы не будут давать достаточно света, или слишком высоким, что приведет к быстрому выходу ламп из строя, если

в осветительной сети происходят частые и большие колебания напряжения, вызывающие заметные для глаз мигания ламп и утомляющие зрение. Не менее важно сделать осветительную электроустановку безопасной для работающих в помещении и обслуживающих ее людей.

Так как в небольшой брошюре невозможно достаточно подробно ознакомить читателя со всеми вопросами, возникающими при устройстве электротехнической части осветительных электроустановок, в конце книги помещен список литературы, рекомендуемой читателям для более детального ознакомления с вопросами проектирования электрического освещения производственных помещений.

Мы также считаем необходимым предупредить читателей, что для некоторых из них встречающиеся в данной брошюре отдельные светотехнические термины и понятия могут оказаться недостаточно знакомыми. В таких случаях рекомендуем обращаться за разъяснениями к 22-му выпуску «Библиотеки электромонтера» [Л. 7].

## 1. ВИДЫ ОСВЕЩЕНИЯ

Решение вопросов электротехнической части осветительной электроустановки начинают с выбора источников электроэнергии для ее питания. Прежде чем приступить к изложению этого вопроса познакомим читателей с применяемыми в осветительных установках видами освещения.

Видами освещения называются различные по назначению части осветительной электроустановки. Различаются два вида освещения — рабочее и аварийное. Рабочее освещение создает требуемую по нормам величину освещенности [Л. 7] при нормальных условиях эксплуатации. При погасании по какой-либо причине рабочего освещения аварийное освещение должно давать возможность в одних помещениях продолжать работу при сниженной освещенности — аварийное освещение для продолжения работы, в других помещениях — безопасно выйти людям из помещений — эвакуационное аварийное освещение.

В каких помещениях предусматривается та или другая разновидность аварийного освещения и где аварийное освещение вовсе не требуется, определяется действующим в СССР «Правилами устройства электроустановок» (сокращенно — ПУЭ) [Л. 1].

Аварийное освещение для продолжения работы требуется в помещениях, где выключение освещения и связанное с этим нарушение нормальной работы персонала могут вызвать тяжелые последствия — пожар, взрыв, отравление, длительное нарушение нормальной работы таких важных объектов, как электрические и радиостанции, радиоузлы, телецентры и др.; оно необходимо также в операционных, пунктах неотложной помощи и приемных покоях лечебных учреждений.

Аварийное освещение для продолжения работы должно создавать в местах, требующих обслуживания, освещенность не менее 10% требуемой по нормам от общего освещения при освещении лампами накаливания. Поясним это примером. Требуется определить, какую освещенность должно создавать аварийное освещение для продолжения работы в машинном зале крупной насосной станции. В брошюре «Как рассчитать электрическое освещение производственного помещения» [Л. 7] находим табл. 3, в которой указано, что для машинных залов крупных насосных и компрессорных наименьшая освещенность должна быть 150 лк при освещении люминесцентными лампами и 50 лк при освещении лампами накаливания. Независимо от того, какими лампами — накаливания или люминесцентными — освещается машинный зал, освещенность от аварийного освещения в нем должна быть не меньше  $50 \cdot 0,1 = 5$  лк.

Аварийное освещение для продолжения работы устраивают в сравнительно небольшом числе помещений. Значительно чаще необходимо эвакуационное аварийное освещение; оно предусматривается в следующих случаях:

- а) в производственных помещениях с постоянно работающими в них людьми, если вследствие погасания рабочего освещения и продолжения при этом работы производственного оборудования может возникнуть опасность травматизма при выходе людей из помещений;
- б) в производственных помещениях в местах, опасных для прохода людей;
- в) в производственных помещениях с числом работающих более 50 чел. независимо от степени опасности травматизма в этих помещениях;
- г) в основных проходных помещениях и на лестницах, служащих для эвакуации людей из производственных и общественных зданий, где работает или находится более 50 чел.;
- д) в отдельных помещениях, где одновременно может

находиться более 100 чел. (большие аудитории, зрительные залы театров и кино, красные уголки и т. п.);

е) в детских домах, садах и яслях независимо от числа людей, находящихся в здании;

ж) на лестницах жилых зданий, имеющих более пяти этажей.

Эвакуационное аварийное освещение должно создавать в помещениях по основным проходам освещенность на полу не менее 0,3 лк. При такой хотя и небольшой освещенности человек в состоянии вполне свободно ориентироваться в помещении.

Нормальной работе аварийного освещения придается большое значение. Чтобы эксплуатационному персоналу было легче следить за исправностью светильников аварийного освещения, они должны отличаться от светильников рабочего освещения типом или размером или на них должны быть нанесены отличительные знаки (например, иная окраска корпуса).

Для аварийного освещения разрешается использовать светильники с лампами накаливания и с люминесцентными лампами. Так как люминесцентные лампы менее надежны в работе, чем лампы накаливания, в каждом люминесцентном светильнике аварийного освещения должно быть не менее двух ламп. Использовать для аварийного освещения ртутные лампы с исправленной цветностью (типа ДРЛ) не разрешается, ввиду того что даже при кратковременном прекращении питания их электрическим током повторное зажигание ламп происходит не сразу, а спустя несколько минут после того, как лампы остынут. Такой режим работы для аварийного освещения является недопустимым.

В практике находят применение два способа выполнения аварийного освещения. Первый заключается в том, что из найденного в результате светотехнического расчета общего количества светильников выделяется некоторая небольшая часть для аварийного освещения, а все остальные относятся к рабочему освещению.

При втором способе все найденные по светотехническому расчету светильники используются для рабочего освещения, а для аварийного освещения устанавливаются дополнительные светильники.

Первый способ выполнения аварийного освещения применяется наиболее часто в следующих случаях:

а) в помещениях, освещаемых люминесцентными лампами;

б) в помещениях, освещаемых лампами накаливания при одно- и двухсменной работе, если мощность ламп общего освещения не превышает 150 вт;

в) в помещениях, освещаемых лампами накаливания при круглосуточной (трехсменной) работе, при лампах любой мощности.

Произведенные многочисленные расчеты показывают, что в цехах с одно- и двухсменной работой, освещаемых лампами накаливания большой мощности (200—1 000 вт), становится неэкономным выделять для аварийного освещения (обычно оставляемого включенным в нерабочее вечернее и ночное время) такие мощные лампы. В таких случаях более целесообразно устанавливать дополнительные светильники с лампами небольшой мощности. Таким образом, аварийное освещение, выполненное по второму способу, т. е. с дополнительно установленными светильниками, рекомендуется предусматривать в цехах с одно- и двухсменной работой при установке для рабочего освещения ламп накаливания мощностью 200 и более ватт, а также при освещении ртутными лампами с исправленной цветностью (типа ДРЛ).

Определение количества, размещения и мощности светильников аварийного освещения обычно производится путем выполнения специальных светотехнических расчетов так называемым точечным методом [Л. 5 и 6].

Мощность эвакуационного аварийного освещения обычно бывает невелика — она не превышает 5—10% мощности рабочего освещения. Значительно больше мощность аварийного освещения для продолжения работы; иногда она достигает 25% мощности рабочего освещения, а в некоторых случаях, когда для аварийного освещения выделяются целые ряды светильников, мощность аварийного освещения повышается до 40%.

## 2. ВЫБОР НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРООСВЕТИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Для питания электрического освещения разрешается применять напряжение не выше 220 в по отношению к земле [Л. 1]. Более высокое напряжение в осветительной сети является опасным для жизни людей, соприкасающихся с осветительными электроустановками. Но далеко не во всех помещениях безопасно и указанное напряжение; имеется много случаев, когда освещение необходимо пис-

тать более низким или, как его называют, пониженным напряжением 36 и 12 в.

Чтобы уяснить себе, где и при каких условиях следует применять то или иное напряжение, необходимо познакомиться с принятой ПУЭ классификацией помещений. В разделе первом ПУЭ [Л. 2] указано, что помещения в зависимости от степени опасности поражения людей электрическим током делятся на следующие категории:

а) Помещения с повышенной опасностью, в которых имеется какое-либо одно из следующих условий, создающих повышенную опасность:

сырость или токопроводящая пыль;

токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные);

возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям здания, технологическим аппаратам, механизмам и т. п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования — с другой.

Подавляющее большинство производственных помещений имеет один из перечисленных признаков, и поэтому помещения с повышенной опасностью встречаются наиболее часто. К их числу относятся также некоторые бытовые помещения — ванные, умывальные, уборные и т. п.

б) Помещения особо опасные. Они характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

особой сырости;

химически активной среды;

высокой температуры;

одновременного наличия двух или более перечисленных в п. «а» условий повышенной опасности.

На производственных предприятиях имеется значительное количество особо опасных помещений, а на некоторых производствах такие помещения составляют большинство (химическая, металлургическая отрасли промышленности и др.).

в) Помещения без повышенной опасности. В них отсутствуют условия, создающие повышенную и особую опасность.

Большинство помещений в общественных зданиях — административных, учебных, лечебных, конторские помещения на производственных предприятиях, а также жилые являются помещениями без повышенной опасности.

Пользуясь перечисленной выше классификацией помещений, познакомимся с тем, в каких случаях для осветительных установок допускается та или иная величина напряжения.

Допустимое напряжение для светильников общего освещения. В помещениях без повышенной опасности напряжение 220 в разрешается применять для всех стационарно (неподвижно) установленных светильников общего освещения с лампами накаливания и с люминесцентными лампами независимо от высоты установки светильников.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных при высоте установки светильников с лампами накаливания более 2,5 м над полом также допускается напряжение 220 в. При высоте подвеса меньше 2,5 м, когда светильники становятся доступными для случайных или умышленных прикосновений к ним людей, не имеющих отношения к осветительной установке (например, для смены перегоревших ламп или протирки светильников), применяется напряжение не выше 36 в. Однако ПУЭ разрешают и в этом случае питать светильники напряжением 220 в, если их конструкция не дает возможности прикасаться к лампам без специальных приспособлений. К числу таких светильников относятся, например, светильники типов ПУ-100 и РН, лампы которых закрыты стеклянным колпаком; снять же колпак можно лишь с помощью специального ключа с трехгранной головкой (ПУ-100) или гаечного ключа (РН), а это должно выполняться только людьми, обслуживающими осветительную электроустановку.

Светильники с люминесцентными лампами, установленные на высоте меньше 2,5 м над полом в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных, допускается питать напряжением 127—220 в при условии недоступности их контактных частей для прикосновения; подавляющее большинство выпускаемых промышленностью люминесцентных светильников этому требованию удовлетворяет.

Сказанное можно пояснить следующим примером. Для общего освещения теплофикационного туннеля высотой 2,3 м (помещение особо опасное) можно применить светильники фарфоровые полугерметические (доступ к лампам этих светильников очень прост — для этого достаточно отвинтить руками защитное стекло) с лампами на напряжение 36 в или светильники типа ПУ с лампами 220 в.

Допустимое напряжение для светильни-

ков местного освещения. В помещениях без повышенной опасности светильники местного освещения могут питаться напряжением не выше 220 в, а в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных — не выше 36 в.

Светильники с люминесцентными лампами при напряжении 127—220 в разрешается применять для местного освещения, если их токоведущие части недоступны для случайных прикосновений. В помещениях сырых, особо сырых, жарких и с химически активной средой люминесцентные лампы местного освещения разрешается устанавливать только в арматуре специальной конструкции, одобренной для данных условий.

Допустимое напряжение для ручных светильников. Ручные переносные светильники, применяемые при ремонтных работах, а также для некоторых производственных операций, должны питаться в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных напряжением не выше 36 в. В помещениях без повышенной опасности ручные переносные светильники могут питаться напряжением 127—220 в.

При особо неблагоприятных условиях, когда опасность поражения током усугубляется теснотой, неудобным положением работающего, большими металлическими хорошо заземленными поверхностями (например, работа в котлах), питание ручных светильников должно производиться напряжением не выше 12 в.

Часто применяемые на производстве переносные напольные и настольные светильники при выборе напряжения для их питания должны приравниваться к светильникам местного освещения.

Познакомившись с общими соображениями по выбору напряжения для питания электрического освещения, можно перейти к рассмотрению применяемых на практике систем напряжения.

Для питания электрического освещения наиболее часто применяется система трехфазного тока с наглухо заземленной нейтралью напряжением 380/220 в. При этой системе напряжение по отношению к земле составляет 220 в, что, как было сказано раньше, допускается для осветительных установок. Источники света подключаются к сети между фазными и нулевыми проводами (рис. 1,а).

Реже, преимущественно в старых и реконструируемых электроустановках, встречаются трехфазная система напряжением 220/127 в с наглухо заземленной (рис. 1,б) или

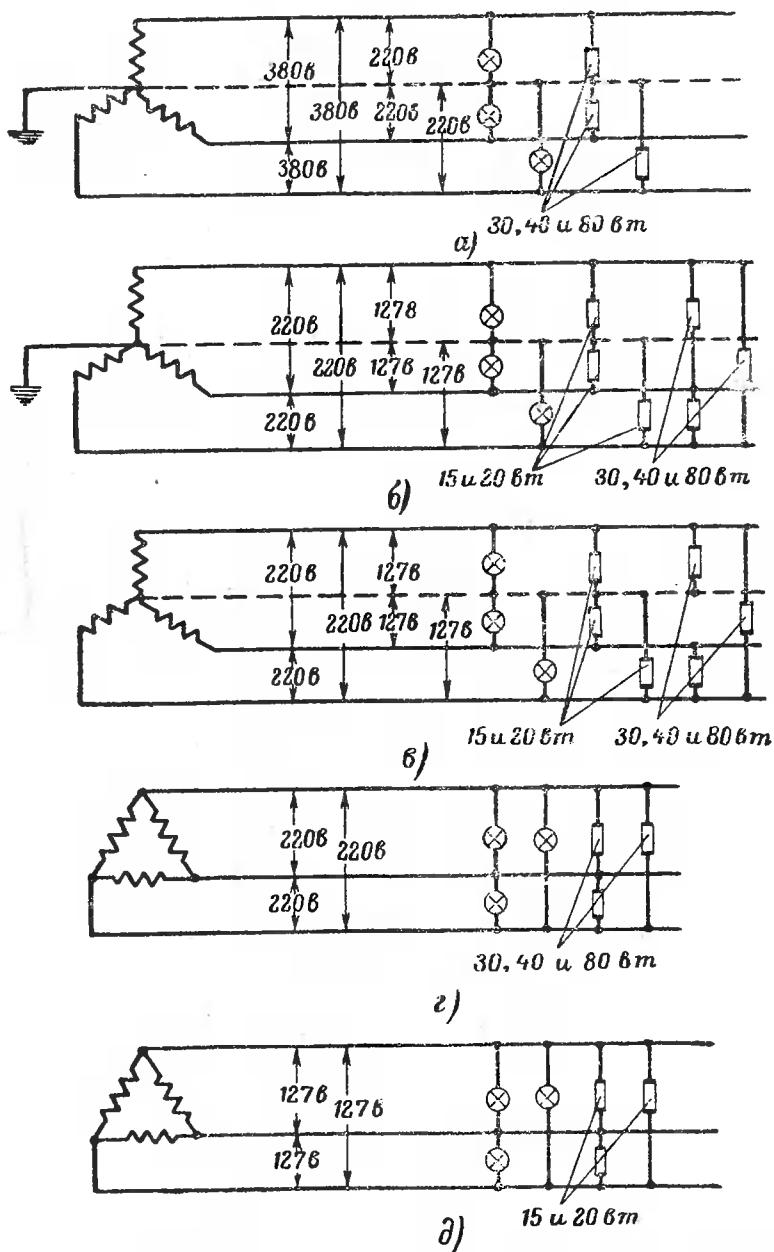


Рис. 1. Системы напряжения, применяемые для питания электрического освещения.

*а* — 380/220 в с наглухо заземленной нейтралью; *б* — 220/127 в с наглухо заземленной нейтралью; *в* — 220/127 в с изолированной нейтралью; *г* — 3×220 в без нейтрали; *д* — 3×127 в без нейтрали.

⊗ — лампы накаливания; □ — люминесцентные лампы.

изолированной от земли (рис. 1,*в*) нейтралью и трехфазная система 3×220 и 3×127 в без нейтрали (рис. 1,*г*,*д*).

В системе 220/127 в лампы накаливания и люминесцентные лампы мощностью 15 и 20 вт включаются между фазными и нулевым проводами на напряжение 127 в, лю-

минесцентные лампы мощностью 30, 40 и 80 вт и ртутные лампы типа ДРЛ — между фазными проводами на 220 в (рис. 1,*б* и *в*).

В системах  $3 \times 220$  и  $3 \times 127$  в источники света всех типов включаются между фазами на напряжение 220 или 127 в (рис. 1,*г* и *д*).

При питании люминесцентных ламп трехфазными групповыми линиями без нулевого провода (соединение ламп «в треугольник», рис. 1,*г* и *д*) необходимо учитывать особенность люминесцентных ламп, заключающуюся в том, что они гаснут или горят неустойчиво при значительном понижении напряжения, а это сокращает срок службы ламп. Если трехфазная групповая линия защищается предохранителями, перегорание одного из них приводит к понижению напряжения на части ламп, которые оказываются соединенными последовательно между собой и подключенными к оставшимся в работе двум другим фазам. Поэтому для защиты трехфазных групповых линий без нулевого провода применяют трехполюсные автоматы, одновременно отключающие все три фазы, а при защите предохранителями или однополюсными автоматами питают люминесцентные лампы только двухфазными двухпроводными линиями.

Для питания местного освещения и ручных переносных ламп применяются однофазная и — реже — трехфазная системы (без нулевого провода) напряжением 36 и 12 в.

### 3. ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

На большинстве промышленных предприятий, а также в административных и общественных зданиях питание электрического освещения и электросиловых потребителей производится от общих трансформаторов. Только в редких случаях для питания освещения используются самостоятельные трансформаторы. Применение для освещения силовых потребителей общих трансформаторов значительно упрощает и удешевляет электрохозяйство по сравнению с установкой раздельных трансформаторов.

На некоторых промышленных предприятиях (например, в химической промышленности) силовое оборудование питается трехфазным током напряжением 500 в. Так как использовать для питания освещения это напряжение не разрешается, на таких предприятиях часто применяется так называемая система промежуточной транс-

формации, которая заключается в установке в цехах небольших трехфазных трансформаторов мощностью от 5 до 30—50 ква напряжением 500/380/220 или 500/220/127 в, предназначенных для питания электрического освещения и небольших электродвигателей, не изготавляемых на напряжение 500 в.

Выбор той или иной системы питания осветительных установок производится с учетом различных факторов, особенностей электроустановок и местных условий предприятия. Иногда при этом сравнивается несколько вариантов и выполняются технико-экономические расчеты, в результате которых выбирается наиболее экономичный и целесообразный вариант. Решение этих вопросов не входит в объем проекта освещения, а следовательно, и в тему данной брошюры. Здесь будут даны только некоторые наиболее важные требования и рекомендации по выбору трансформаторов, используемых для питания освещения, для случаев, когда система питания уже определена.

Одним из наиболее важных требований, предъявляемых к источникам электроэнергии для питания электрического освещения, является постоянство напряжения на источниках света. На многих производственных предприятиях имеются различные мощные электросиловые потребители — электродвигатели, сварочные аппараты и др.,ключение которых вызывает большие броски тока, создающие колебания напряжения на зажимах трансформаторов. Иногда такие колебания бывают довольно частыми и достигают таких больших величин, что это приводит к заметным колебаниям светового потока ламп, утомляюще действующим на зрение. Поэтому на предприятиях, имеющих несколько трансформаторов, для питания рабочего освещения выбирают такие из них, на зажимах которых не наблюдаются значительных колебаний напряжения.

О том, какой величины и частоты колебания напряжения допускаются для осветительных сетей, имеются следующие указания: частота резких изменений напряжения у ламп рабочего освещения при изменениях до 1,5% может быть любой, при изменениях от 1,5 до 4% частота колебаний должна быть не больше 10 в час, а при изменениях более 4% — не более одного раза в час. Если, например, к трансформатору подключен мощный электродвигатель, пуск которого создает снижение (посадку) напряжения на зажимах трансформатора больше чем на 4%, но этот двигатель пускается редко (привод вентилятора,

насоса, компрессора и т. п.), к такому трансформатору можно присоединить рабочее освещение.

Для светильников аварийного освещения ограничений в отношении колебаний напряжения не делается, так как колебания светового потока этих светильников ввиду их малочисленности остаются почти незаметными. Также не ограничивается величина и частота колебаний напряжения на лампах местного освещения станков (обычно питаемых от силовой сети станка), если эти колебания вызываются работой электродвигателей станка.

Другое, не менее важное требование к источникам питания заключается в создании надежности и бесперебойности снабжения электроэнергией осветительных установок. Особеню высокие требования в этом отношении предъявляются к помещениям и зданиям, в которых необходимо аварийное освещение для продолжения работы. Так как в этих помещениях полное выключение освещения может вызвать тяжелые последствия, питание аварийного освещения для продолжения работы должно производиться от независимого источника электроэнергии или аварийное освещение должно автоматически переключаться на независимый источник электроэнергии в случае прекращения питания рабочего освещения.

Что же понимается под независимым источником? Им называется источник питания данного объекта (в нашем случае объектом является осветительная электроустановка, имеющая рабочее и аварийное освещение), на котором сохраняется напряжение при исчезновении его на других источниках. На производственных предприятиях независимыми источниками обычно являются трансформаторы, питаемые от двух электростанций, а также от отдельных секций шин одной электростанции или подстанции при условии, что каждая секция питается от независимого источника и что секции не связаны между собой или имеют связь, автоматически отключающуюся при нарушении нормальной работы одной секции.

Как видно из сказанного выше, питание аварийного освещения от независимого источника обеспечивает большую степень надежности и бесперебойности работы освещения.

При отсутствии на предприятии независимого источника энергии аварийное освещение для продолжения работы может питаться от аккумуляторной батареи, установленной для каких-либо других целей, или от специально устанав-

ливаемой для аварийного освещения аккумуляторной батареи.

Для эвакуационного аварийного освещения независимого источника энергии не требуется; оно должно питаться независимой от рабочего освещения сетью, начиная от шин подстанции, а для небольших зданий, имеющих только один ввод,— начиная от этого ввода. Иными словами, рабочее и эвакуационное аварийное освещения могут питаться от одного и того же трансформатора. Однако для больших цехов, потребители которых питаются от двух и более трансформаторов, рабочее и эвакуационное аварийное освещения рекомендуется питать от разных трансформаторов, что без значительных дополнительных затрат создает большую надежность питания.

Иногда для крупных цехов, не взирая на дополнительные расходы на более протяженную питающую сеть, бывает целесообразно питать все эвакуационное аварийное освещение от одного трансформатора, не используемого для рабочего освещения. Это позволяет в ночное нерабочее время и в праздничные дни сдавать включенным только один трансформатор для питания аварийного освещения, которое необходимо оставлять включенным для несения противопожарной и охранной службы в цехе.

При необходимости питания общего освещения пониженным напряжением, а также для местного освещения и штепсельной сети применяются сухие понизительные однофазные и трехфазные трансформаторы, питаемые от осветительной или силовой сети.

Эти трансформаторы обычно устанавливают вблизи групповых осветительных щитков, а при значительном удалении их от щитков трансформаторы приближают к светильникам.

#### **4. СХЕМЫ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ**

Осветительные сети, прокладываемые от источников питания (обычно трансформаторных подстанций) до светильников, четко разделяются на две составные части—групповую и питающую. Питающей сетью называются линии, прокладываемые от подстанций до групповых щитков, групповой сетью—линии, прокладываемые от групповых щитков до светильников и штепсельных розеток.

Существует много различных схем питания осветительных электроустановок. На выбор схемы питания оказы-

вает влияние много причин, среди которых такие, как наличие на предприятиях общих или раздельных трансформаторов для питания силовых и осветительных потребителей, схема низковольтной части подстанций, принятые для данного цеха или здания виды освещения, требования к управлению освещением, принятая система напряжения и мощность ламп в светильниках.

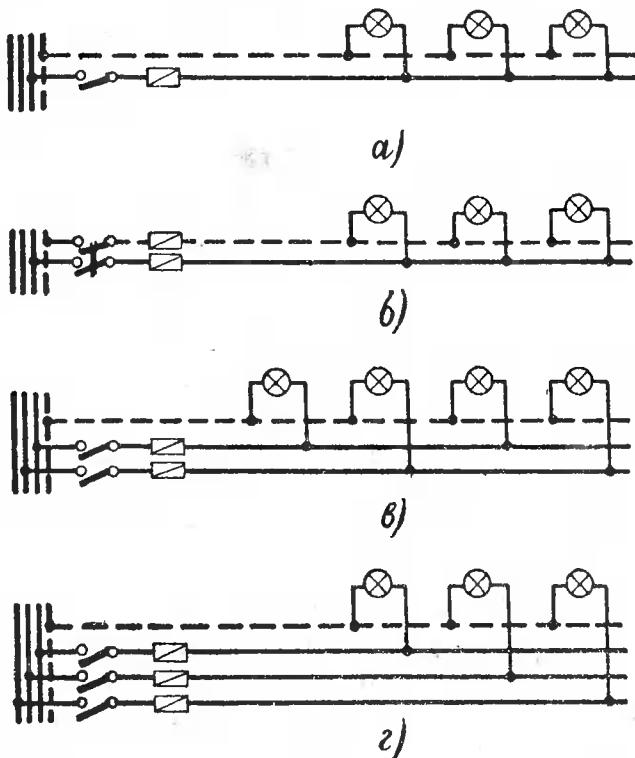


Рис. 2. Схемы групповых линий при трехфазных системах с нулевым проводом.

*a*—двуухпроводная (однофазная) при наглоухо заземленной нейтрали; *б*—двуухпроводная (однофазная) при изолированной нейтрали; *в*—трехпроводная (двухфазная) при заземленной и изолированной нейтрали; *г*—четырехпроводная (трехфазная) при заземленной и изолированной нейтрали.

**Схемы групповой сети.** На групповых осветительных щитках устанавливают аппараты защиты — предохранители или автоматические выключатели (автоматы), защищающие осветительную сеть от коротких замыканий, а иногда и от перегрузки.

Отходящие от щитков групповые линии в трехфазных системах с нулевым проводом могут выполняться двухпроводными (однофазными) (рис. 2,*а* и *б*), трехпроводными (двухфазными) (рис. 2,*в*) и четырехпроводными (трех-

фазными) (рис. 2,г). В двухпроводных линиях при системе с наглоухо заземленной нейтралью защитный и отключающий аппараты для сетей, прокладываемых в производственных помещениях, обычно устанавливают только в цепи фазного провода (рис. 2,а). В системах же с изолированной нейтралью, а также при заземленной нейтрали в сетях жилых, конторских и других помещений без повышенной опасности, обслуживаемых неквалифицированным персоналом, защитные аппараты устанавливают в фазном и нулевом проводах (рис. 2,б); наличие аппарата защиты в цепи нулевого провода в данном случае значительно повышает надежность защиты.

В двух- и трехфазных линиях с нулевым проводом предохранители и автоматы устанавливают только в фазных проводах (рис. 2,в и г) независимо от того, заземлена или изолирована нейтраль.

В трехфазных системах без нейтрали применяются двухпроводные (двухфазные) (рис. 3,а) и трехпроводные (трехфазные) (рис. 3,б) линии. Область применения различных схем групповых линий будет указана в разделе «Выбор мест установки групповых щитков и компоновка групповой сети», а вопросы защиты будут рассмотрены в разделе «Защита электроосвещительной сети».

**Схемы питающей сети.** Встречающиеся на практике схемы питающей сети отличаются значительно большим разнообразием, чем схемы групповой сети. Мы остановимся только на наиболее часто встречающихся случаях питания освещения и силовых потребителей от общих трансформаторов.

На производственных предприятиях распространены трансформаторные подстанции, сторона низшего напряжения которых выполнена по двум различным схемам: подстанции с распределительным щитом и без распределительного щита.

Питание от встроенной подстанции с распределительным щитом. Когда подстанция имеет

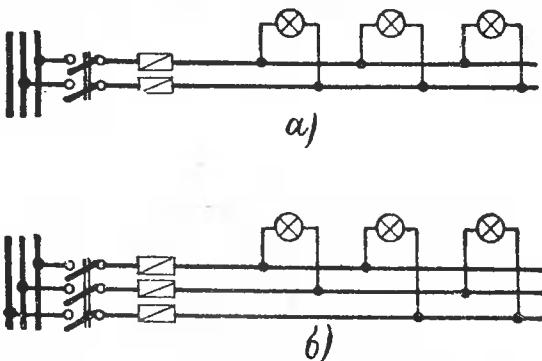


Рис. 3. Схемы групповых линий при трехфазных системах без нулевого провода.  
а — двухпроводная (двухфазная); б — трехпроводная (трехфазная).

распределительный щит, питание силовых и осветительных токоприемников производится радиальными линиями через коммутационные и защитные аппараты — рубильники и предохранители (или автоматы), установленные на щите. Для питания рабочего освещения на щите подстанции выделяются одна или несколько линий с комплектами коммутационных или защитных аппаратов. Каждая линия питает один или несколько групповых осветительных щитков (рис. 4,а).

Количество щитков, которые целесообразно питать одной линией, зависит от расположения и количества щитков в помещении или здании и от их мощности. Если питать каждый щиток самостоятельной линией, потребуется проложить к ним провода значительной протяженности, но сечения проводов будут невелики. Если же питать одной линией большое количество щитков, то сечения проводов окажутся чрезмерно большими. Кроме того, питание большого числа щитков одной линией вызывает неудобство в эксплуатации. Поэтому рекомендуется одной линией питать не более 4—5 щитков. Часто для выбора целесообразного построения схемы питания приходится делать технико-экономическое сравнение нескольких возможных вариантов и выбирать наилучший из них.

Рубильники и предохранители, установленные на распределительных щитах подстанций, обычно бывают рассчитаны на сравнительно большие нагрузки (200—400 а), а ток, протекающий по осветительным линиям, бывает значительно меньше, ввиду чего при большом количестве осветительных линий бывает неэкономичным использовать мощные линии для небольших нагрузок. Кроме того, предохранители и автоматы групповых щитков часто оказываются неустойчивыми к большим токам короткого замыкания, получающимся при питании от мощных линий. В таких случаях на подстанции или вблизи ее устанавливают так называемые магистральные щитки или шкафы, укомплектованные рубильниками и предохранителями (или автоматами) на токи, значительно меньшие, чем на щитах подстанций. От магистральных щитков отходят осветительные магистрали к групповым щиткам, а сам магистральный щиток питается от одной из линий щита подстанции (рис. 4,б).

Питание от отдельно стоящих подстанций. Питание освещения зданий, не имеющих встроенных подстанций, производится кабельными или воздушными ли-

нийями от ближайших подстанций. В здания с большой мощностью освещения вводятся одна или несколько линий, а при небольшой мощности освещения одной линией питаются освещение нескольких зданий (рис. 5).

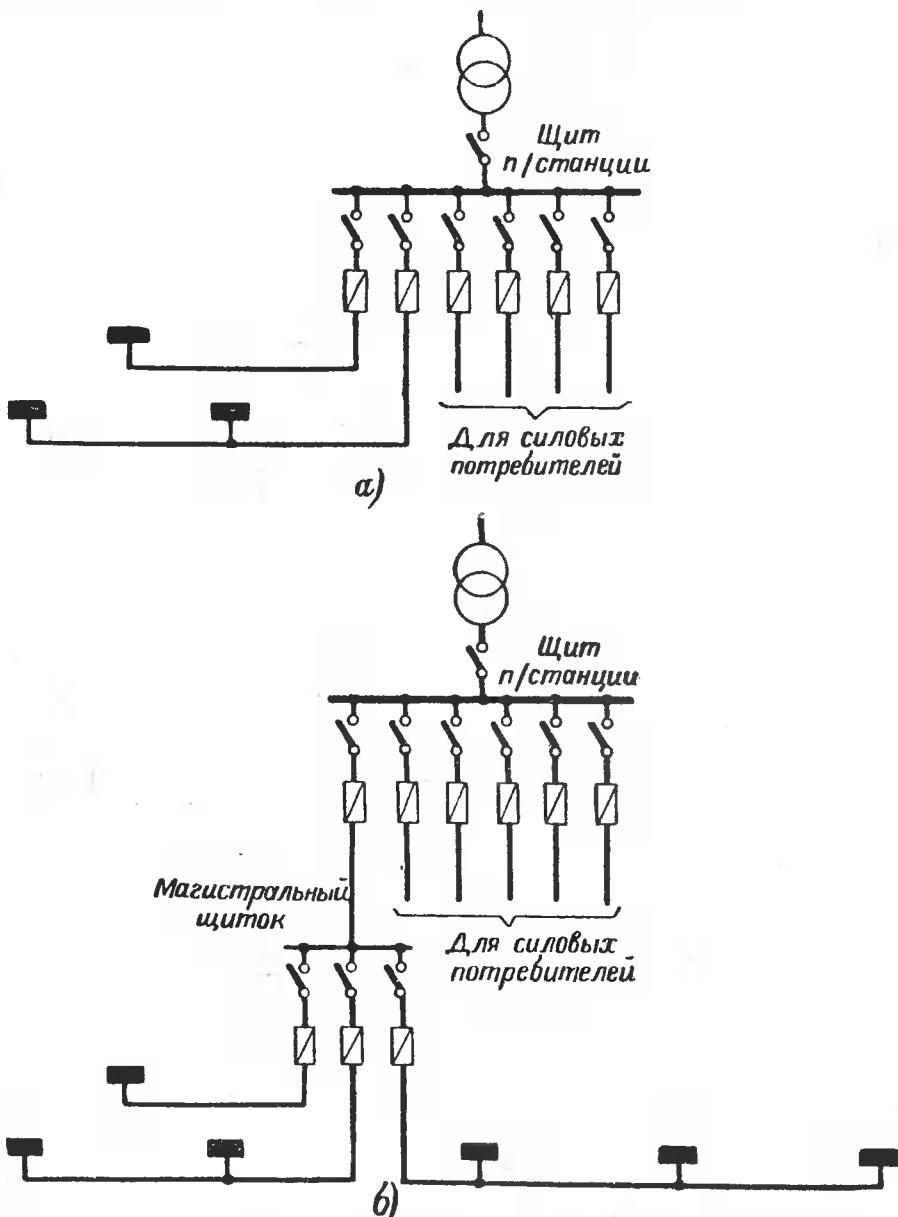


Рис. 4. Схема питания рабочего освещения от встроенной подстанции с распределительным щитом.  
а—непосредственно от щита; б—через магистральный щиток.

На вводе каждой линии в здание устанавливают вводное распределительное устройство, обычно состоящее из ящика с рубильником и предохранителями или с автоматом. Необходимость такого вводного устройства диктуется

соображениями как пожарной безопасности, так и создания удобств при эксплуатации. В нерабочее время, когда в здании отсутствуют люди, при таком устройстве осветительная сеть может быть отключена и опасность возникновения пожара от возможных замыканий в сети полностью исключается. Полное отключение осветительной сети часто требуется также для ремонтных работ и ревизии осветительной сети.

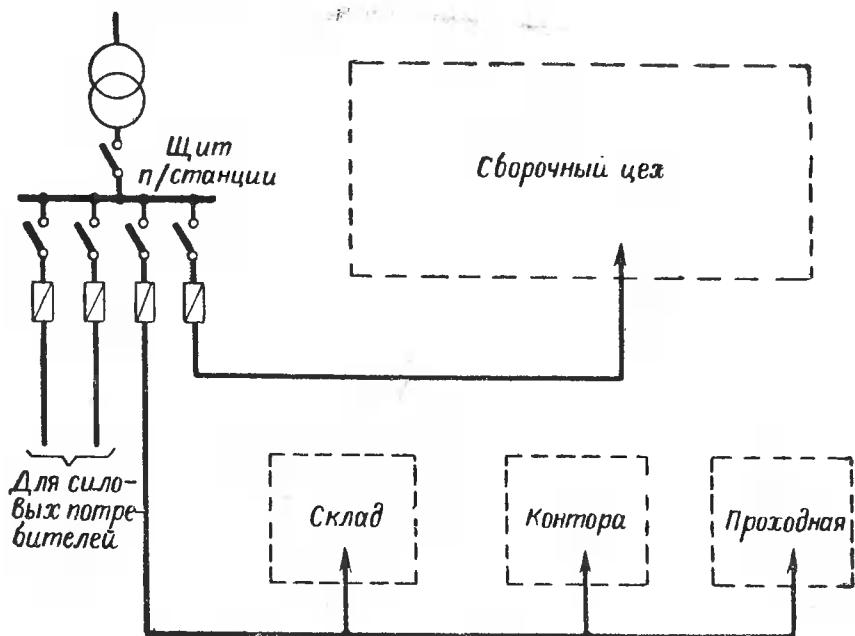


Рис. 5. Схема питания рабочего освещения от отдельно стоящей подстанции.

Схемы питающей сети, прокладываемой внутри здания от ввода, довольно разнообразны. Для небольших зданий, имеющих несколько светильников, групповые линии, питающие эти светильники, присоединяют к предохранителям ввода (рис. 6,а). При большой мощности освещения в здании устанавливаются один (рис. 6,б) или несколько (рис. 6,в) групповых щитков, питаемых одной магистралью от ввода, а если одной магистрали оказывается недостаточным, на вводе устанавливают магистральный щиток, питающий несколько магистралей (рис. 6,г).

Питание от подстанций без распределительных щитов. В цехах многих отраслей промышленности распространена магистральная система питания силовых потребителей от трансформаторных подстанций, не имеющих распределительных щитов. От за-

жимов низшего напряжения трансформатора через разъединитель или автомат, рассчитанный на полный рабочий ток трансформатора, отходит главная магистраль, выполняемая обычно в виде мощного открытого или закрытого шинопровода, закрепляемого на высоте нескольки-

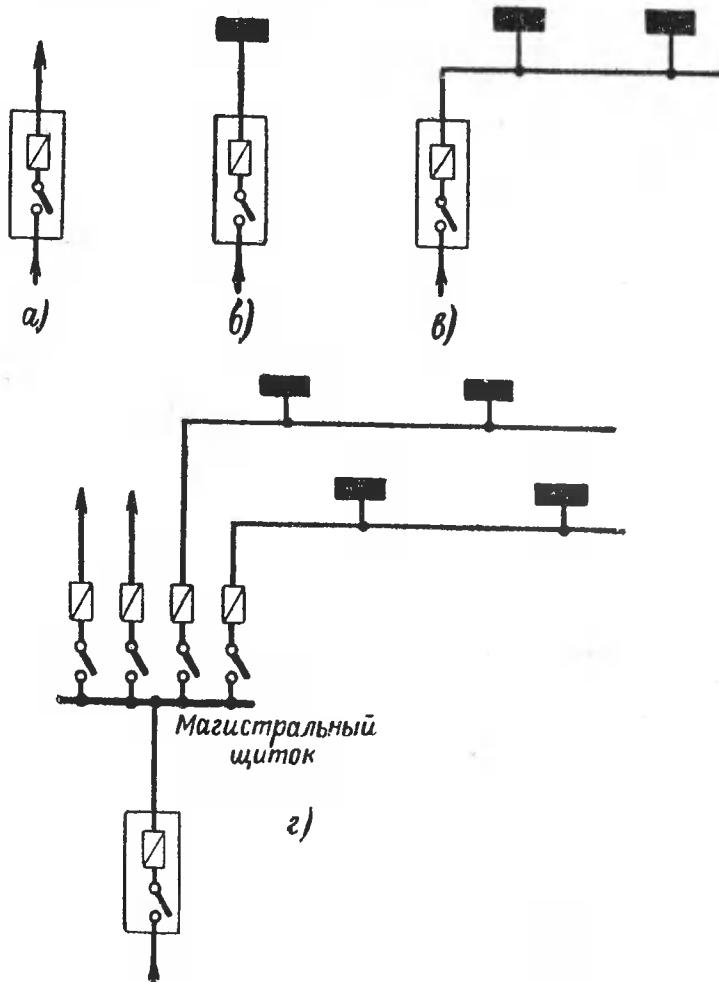


Рис. 6. Схемы вводов в здания

а—питание светильников непосредственно от вводного ящика; б—питание светильников от одного группового щитка; в—питание светильников от нескольких щитков; г—питание светильников через магистральный щиток.

ких метров от пола. Протяженность таких магистралей достигает нескольких десятков и даже сотен метров. Главная магистраль представляет собой в этом случае как бы вытянутые шины щита низкого напряжения. От главной магистрали в разных ее местах через ящики с рубильниками и предохранителями отходят менее мощные вторичные магистрали.

Главную и вторичные магистрали прокладывают вдоль и поперек пролетов цеха в местах, где расположены наиболее мощные токоприемники: станки, электронагревательные приборы и другое оборудование, требующее подачи электроэнергии.

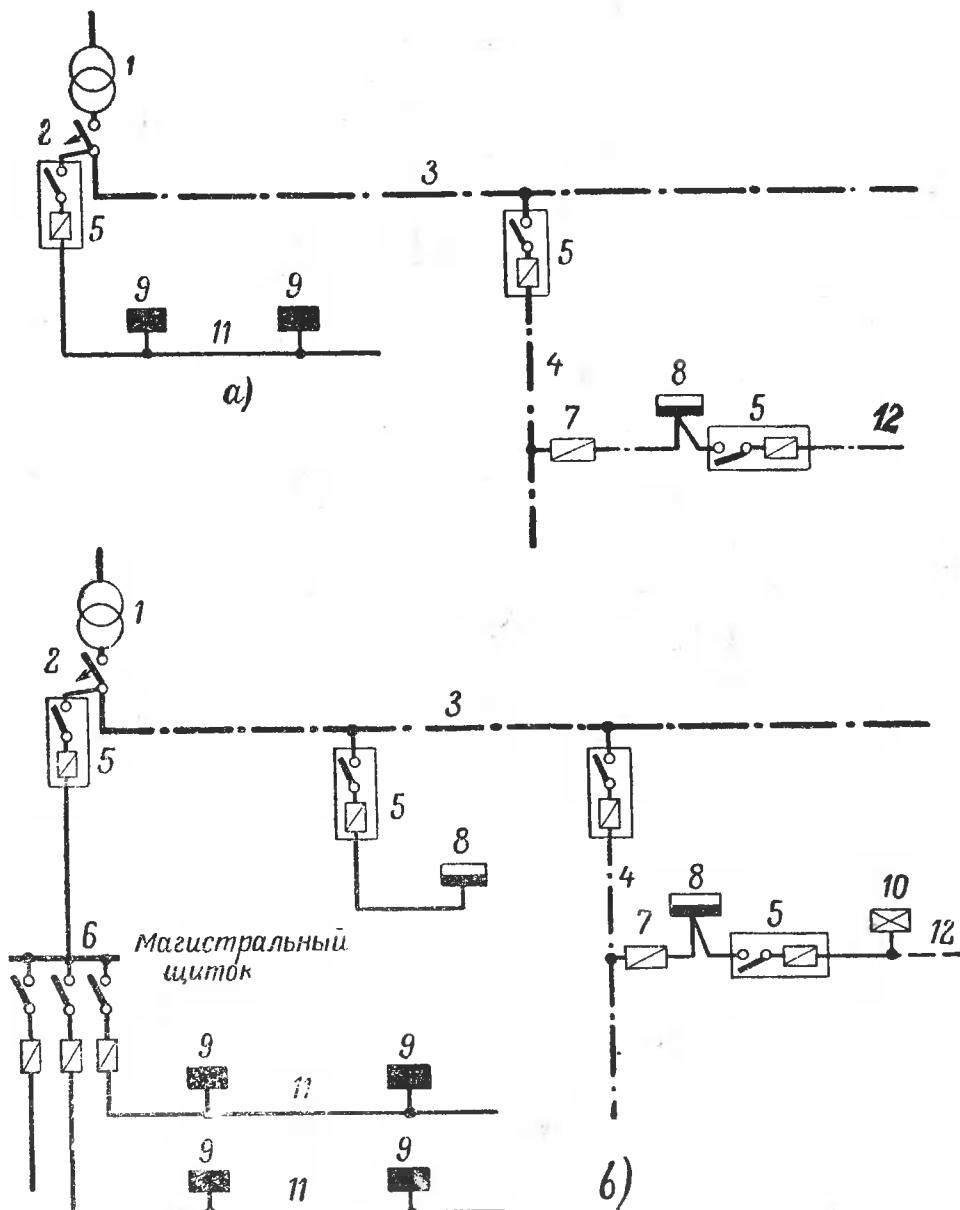


Рис. 7. Питание освещения при магистральной системе.

*a* — без магистральных щитков; *b* — через магистральный щиток.

1 — трансформатор; 2 — главный автомат; 3 — главная магистраль; 4 — вторичная магистраль; 5 — ответвительный ящик с рубильником и предохранителями; 6 — магистральный щиток; 7 — ответвительный ящик с предохранителями; 8 — силовой распределительный пункт; 9 — групповой щиток рабочего освещения; 10 — групповой щиток аварийного освещения; 11 — линия питающей сети рабочего освещения; 12 — линия питающей сети аварийного освещения.

Под главной и вторичными магистралями или на небольшом расстоянии от них устанавливают силовые распределительные пункты, предназначенные для присоединения силовых потребителей. Распределительные пункты питаются от магистралей через специальные ответвительные ящики с предохранителями (рис. 7).

Как питается электрическое освещение при магистральной системе? Для питания рабочего освещения сразу же после разъединителя главной магистрали делается ответвление

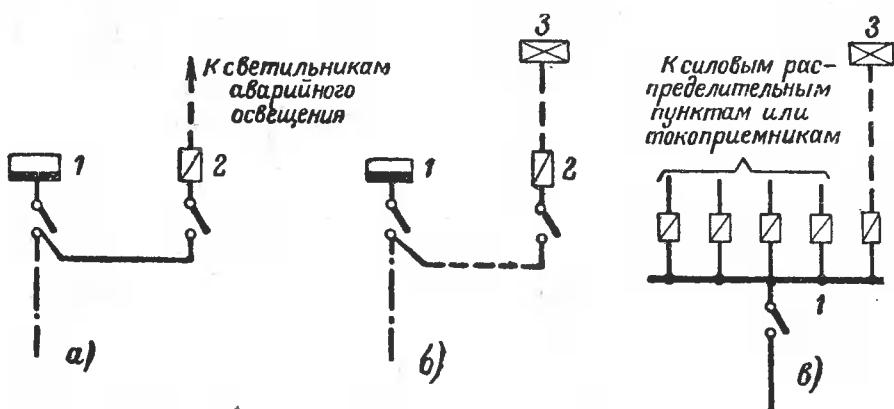


Рис. 8. Питание аварийного освещения от силовой сети.

*a* и *б* — ответвления от силовой сети; *в* — ответвление через силовой распределительный пункт.

1 — силовой распределительный пункт; 2 — ящик с предохранителями; 3 — щиток аварийного освещения.

ление к установленному на доступной высоте (1,5—1,8 м от пола) ящику с рубильником и предохранителями.

Если мощность освещения и число установленных щитков, питаемых от подстанции, невелико, то от ящика проходит одна магистраль, питающая все щитки (рис. 7,*а*). Когда же от подстанции питается большое количество осветительных щитков и при значительной мощности освещения после ответвительного ящика устанавливается магистральный щиток, от которого через рубильники и предохранители или автоматы отходит несколько магистралей к щиткам рабочего освещения (рис. 7,*б*).

Схемы питания аварийного освещения. Групповые щитки аварийного освещения могут питаться, как и щитки рабочего освещения, отдельными линиями от щитов трансформаторных подстанций (см. рис. 4,*а*), через магистральные щитки (рис. 4,*б*) и от вводов в здания (рис. 6). Однако часто бывает нецелесообразно прокладывать от подстанций питающие линии для аварийно-

го освещения, особенно когда мощность его невелика. В таких случаях щитки аварийного освещения питаются от силовой сети, что, создавая требуемое правилами разделение

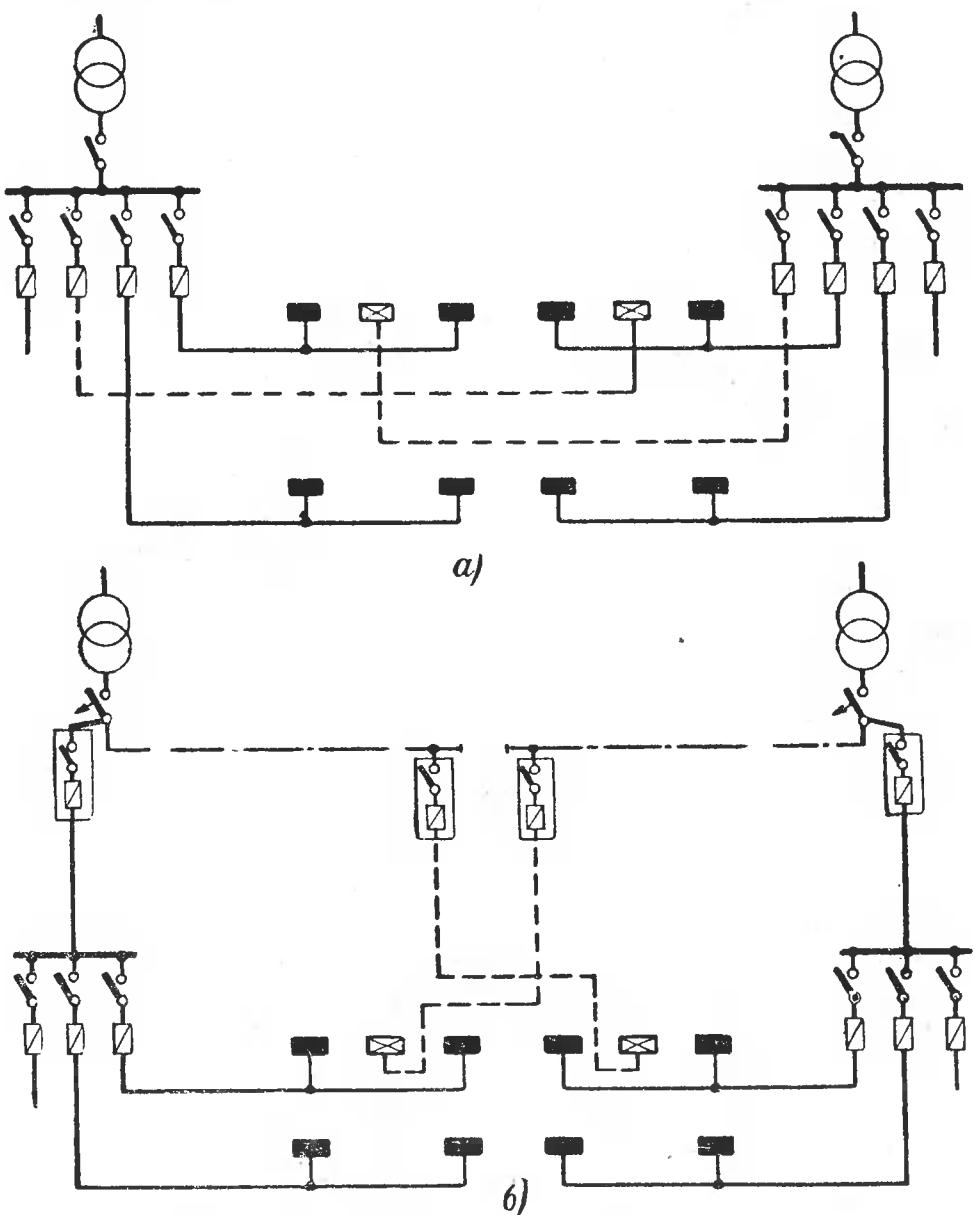


Рис. 9. Система перекрестного питания рабочего и аварийного освещения.  
а — от подстанций с распределительными щитами; б — от подстанций без распределительных щитов.

ние питания рабочего и аварийного освещения, в то же время сокращает протяженность и упрощает питающую сеть. Некоторые схемы питания аварийного освещения от силовой сети приведены на рис. 7 и 8.

Намечая схему питания аварийного освещения, следует помнить основные требования, предъявляемые к надежности и бесперебойности питания аварийного освещения для эвакуационного аварийного освещения и для продолжения работы.

Указанные на рис. 7 схемы питания могут быть применены только для эвакуационного аварийного освещения, так как рабочее и аварийное освещения в данном случае питаются от одного и того же трансформатора, что недопустимо при аварийном освещении для продолжения работы.

Если в цехе расположено несколько трансформаторных подстанций, питаемых от независимых источников энергии, аварийное освещение для продолжения работы может пытаться по перекрестной системе, при которой рабочее и аварийное освещения каждого участка цеха питаются от разных подстанций (рис. 9).

## 5. ВЫБОР МЕСТ УСТАНОВКИ ГРУППОВЫХ ЩИТКОВ И КОМПОНОВКА ГРУППОВОЙ СЕТИ

Ввиду большого разнообразия производств, зданий, цехов, помещений и различных местных особенностей освещаемых объектов невозможно дать конкретные рекомендации по выбору мест установки групповых щитков; можно привести только некоторые общие соображения и рекомендации, которыми следует руководствоваться при решении этого вопроса.

Прежде всего необходимо учитывать, что групповые щитки должны устанавливаться в местах, удобных для обслуживания. Нельзя устанавливать щитки в помещениях, которые часто бывают запертыми, а также в местах, где щитки могут быть легко повреждены. Рационально устанавливать щитки в коридорах, проходах и на лестничных клетках.

В зданиях, имеющих несколько этажей, щитки рабочего освещения обычно устанавливают на каждом этаже и обслуживают светильники, где они установлены. Аварийное освещение нескольких этажей может обслуживать один щиток.

Щитки, имеющие рубильники или выключатели, которыми включается освещение, устанавливают на доступной для обслуживания высоте; расстояние от пола до верха

щитка не должно быть больше 1,8—2 м. Щитки без выключателей для удобства обслуживания также размещают на доступной высоте, но если это почему-либо невозможно, высота установки не должна превышать 2,5—3 м.

Для уменьшения протяженности и сечения проводов групповой сети щитки устанавливают по возможности в центрах осветительной нагрузки.

В зданиях и помещениях значительной площади и протяженности (площадь — несколько тысяч квадратных метров, протяженность — сотни метров) большое значение приобретает вопрос выбора количества щитков и расстояния между ними. В большом цехе можно установить много щитков на сравнительно небольшом расстоянии один от другого или, наоборот, число щитков сократить, увеличив интервал между ними.

Очевидно, чрезмерное увеличение и уменьшение числа щитков не может быть правильным и рациональным решением. Как же наиболее целесообразно и экономично решить эту задачу? Многочисленными расчетами подтверждено, что щитки надо размещать на расстоянии 30—60 м один от другого при однофазных групповых линиях и до 100 м — при трехфазных. В каждом конкретном случае это расстояние выявляется с учетом выбора возможных и удобных мест установки щитков, а также целесообразных сечений и протяженности отходящих от щитков групповых линий. Теперь познакомимся с основными положениями по компоновке групповой сети.

Каждая групповая линия, отходящая от щитка, защищается установленными на щитке предохранителями или автоматами. Групповые линии могут быть как однофазными, так и трехфазными (см. рис. 2 и 3). Количество и мощность светильников, присоединяемых к одной линии, ограничиваются ПУЭ.

Первое ограничение заключается в том, что групповые линии внутреннего освещения должны быть защищены плавкими вставками или автоматами на ток не больше 20 а. Что это означает? Здесь ограничивается общая мощность питаемых групповой линией светильников. В табл. I указана предельная мощность однофазных и трехфазных групп для разных систем напряжения. Как видно из этой таблицы, общая мощность светильников, которые разрешается питать одной групповой линией, довольно велика. Так, например, к двухпроводной однофазной группе при напряжении 380/220 в могут быть присоединены светильники

ники общей мощностью 4 400 вт. Если мощность ламп, установленных в каждом светильнике, равна 150 вт, то количество светильников, питаемых такой группой, будет равно  $4\ 400 : 150 = 29$ .

Присоединение к групповой линии большого числа светильников вызывает значительные неудобства при эксплуатации: находить места и устранять короткие замыкания

Таблица 1

**Наибольшая допустимая мощность групповых линий при защите предохранителями или автоматами на ток 20 а**

Система групповой линии	№ рисунка схемы групповой линии	Система напряжения осветительной сети, в			
		380/220	220/127	3×220	3×127
		Наибольшая допустимая мощность групповой линии, вт			
Двухпроводная (одна фаза и нуль) . . .	2, а	4 400	2 540	—	—
То же . . . . .	2, б	—	2 540	—	—
Трехпроводная (две фазы и нуль) . . .	2, в	8 800	5 030	—	—
Четырехпроводная (три фазы и нуль)	2, г	13 200	7 620	—	—
Двухпроводная (двухфазная) . . . .	3, а	—	—	4 400	2 540
Трехпроводная (трехфазная) . . . .	3, б	—	—	7 620	4 400

в сети, которые наиболее часто происходят при вводе проводов в светильники, будет тем труднее, чем больше светильников питается групповой линией. Здесь ПУЭ делают второе ограничение, заключающееся в том, что в групповых линиях, как правило, должно присоединяться на каждую фазу не более 20 светильников с лампами накаливания, ртутными лампами типа ДРЛ или штепсельных розеток, а при люминесцентном освещении — не более 50 ламп. В табл. 2 указано, какое количество светильников и люминесцентных ламп допускается присоединять к групповым линиям, выполненным по различным системам.

Можно привести некоторые общие рекомендации по компоновке групповой сети. Однофазные групповые линии целесообразно прокладывать для помещений небольшой площади, а также для средних и крупных помещений, освещаемых не слишком часто установленными светильниками с лампами накаливания небольшой мощности (до 150—200 вт) и люминесцентными светильниками.

Таблица 2

**Наибольшее допустимое количество световых точек  
в групповых линиях**

Система напряжения осветительной сети, в	Система групповой линии	№ рисунка схемы групповой линии	Наибольшее допустимое количество световых точек	
			Светильников с лампами накаливания, ртутными лампами ДРЛ и газоразрядных розеток	Люминесцентных ламп
380/220 и 220/127	Двухпроводная. Одна фаза и нуль	2, а и 2, б	20	50
То же	Трехпроводная. Две фазы и нуль	2, в	40	100
То же	Четырехпроводная. Три фазы и нуль	2, г	60	150
3×220 и 3×127	Двухпроводная. Двухфазная	3, а	20	50
То же	Трехпроводная. Трехфазная	3, б	40	100

Трехфазные групповые линии экономичны в больших помещениях, освещаемых мощными светильниками с лампами накаливания (500—1 000 вт), ртутными лампами типа ДРЛ, а также при люминесцентных светильниках, размещаемых непрерывными рядами. Лампы накаливания мощностью 300 вт в системах 380/220 в можно питать однофазными группами, а при 220/127 в более рациональными являются трехфазные линии. Двухфазные трехпроводные линии на практике применяют сравнительно редко. Систему и протяженность групповых линий определяют не только указанные выше два условия — предельная мощность и количество световых точек. Не менее важным фактором, влияющим на длину группы, а следовательно, и на расстояние между групповыми щитками, являются сечения проводов групповой сети. Этот вопрос большой и сложный и его нельзя решать применительно только к групповым линиям, не касаясь при этом питающей сети. Иначе говоря, необходимо знакомство с расчетом всей осветительной сети в целом. Эта важная тема разбирается в следующем разделе.

## 6. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРООСВЕТИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

О выборе сечений проводов и кабелей для электрических сетей подробно рассказывается в брошюре Ф. Ф. Карпова «Как выбрать сечение проводов и кабелей» [Л. 4]. В данной брошюре мы остановимся на наиболее важных вопросах расчета осветительной сети, имеющего специфические особенности.

Сечения проводов питающей и групповой осветительных сетей выбирают с учетом основных требований:

а) Провода должны допускать протекание по ним тока осветительной нагрузки, не нагреваясь свыше допустимой температуры, — расчет по току нагрузки.

б) Напряжение на источниках света (лампах) должно быть не ниже определенных величин — расчет по потере напряжения.

в) Механическая прочность проводов должна быть достаточной для данного вида электропроводки — выбор сечений проводов по механической прочности.

Остановимся в отдельности на каждом из этих требований.

Выбор сечений проводов по току нагрузки. Электрический ток, протекая по проводам и кабелям, вызывает их нагрев. Об этом достаточно подробно рассказано в брошюре Д. С. Лившица «Нагрев проводников и защита предохранителями в электрических сетях до 1 000 вольт» [Л. 8].

В ПУЭ, а также в электротехнических и светотехнических справочниках приведены наибольшие допустимые токовые нагрузки для проводов и кабелей различных сечений и марок в зависимости от условий прокладки сети.

Чтобы правильно выбрать по таблицам сечение проводов, не допустив их перегрева, необходимо для каждого участка осветительной сети знать величину расчетного тока. Как же определяется этот ток?

Для подсчета тока осветительной нагрузки надо знать величину расчетной нагрузки, т. е. мощность всех светильников, ток которых протекает по рассчитываемому участку сети. В зависимости от характера производства, цеха, здания или помещения в них могут одновременно включаться все установленные светильники или только часть их.

Расчетная осветительная нагрузка определяется умножением полной мощности всех установленных светильни-

ков, или, как ее называют, установленной мощности  $P_y$  в киловаттах (квт), найденной в результате светотехнического расчета [Л. 7], на так называемый коэффициент спроса  $k_c$ , различный для разных зданий и помещений.

Ниже указаны значения коэффициента спроса, применяемые при расчете питающей осветительной сети.

Мелкие производственные здания и торговые помещения . . . . .	1
Производственные здания, состоящие из крупных цехов . . . . .	0,95
Административные здания, помещения общественного питания . . . . .	0,9
Производственные здания, состоящие из помещений средних размеров . . . . .	0,85
Лечебные, детские, учебные учреждения, конторско-бытовые и лабораторные здания . . . . .	0,8
Складские здания, электрические подстанции . . . . .	0,6

Для групповой сети коэффициент спроса принимается равным единице.

Величина тока  $I$  в амперах ( $a$ ), протекающего по какому-либо участку осветительной сети, определяется по формуле

$$I = P_y k_c K, \quad (1)$$

где  $K$  — коэффициент, зависящий от системы напряжения, системы рассчитываемого участка сети (количество фаз и проводов) и от характера источников света (для люминесцентных ламп учитывается коэффициент мощности, равный 0,9, для ламп ДРЛ — 0,5); значения коэффициента  $K$  указаны в табл. 3.

При определении величины установленной мощности  $P_y$  установок с люминесцентными лампами и ртутными лампами типа ДРЛ необходимо к мощности самих ламп прибавлять потери электроэнергии в пускорегулирующих устройствах, применяемых для включения этих ламп в сеть [Л. 7]. Суммарная установленная мощность с учетом потерь может быть определена путем умножения общей мощности ламп на величину 1,25 для люминесцентных ламп и 1,12 для ламп ДРЛ.

Поясним сказанное о подсчете тока следующим примером. Необходимо определить ток в линии, питающей рабочее освещение ткацкого цеха, выполненное люминесцентными лампами, если известно, что установленная мощность составляет 56 квт, система напряжения 380/220 в, а питающая магистраль выполнена по четырехпроводной системе (три фазы и нуль).

Таблица 3

**Величины коэффициента  $K$  для определения тока осветительной сети**

Напряжение сети, в	Система сети	$K$		
		Лампы накаливания	Люминесцентные лампы	Ртутные лампы типа ДРЛ
380/220	Четырехпроводная (три фазы и нуль)	1,52	1,68	3,04
	Трехпроводная (две фазы и нуль)	2,27	2,53	4,55
	Двухпроводная (одна фаза и нуль)	4,55	5,1	9,1
220/127	Четырехпроводная (три фазы и нуль)	2,64	2,94	—
	Трехпроводная (две фазы и нуль)	3,95	4,4	—
	Двухпроводная (одна фаза и нуль)	7,9	8,7	—
3×220	Трехпроводная (трехфазная)	2,64	2,94	5,3
	Двухпроводная (двухфазная)	4,55	5,1	9,1
3×127	Трехпроводная (трехфазная)	4,55	5,1	—
	Двухпроводная (двухфазная)	7,9	8,7	—
3×36	Трехпроводная (трехфазная)	16,1	—	—
2×36	Двухпроводная (двухфазная)	28	—	—
3×12	Трехпроводная (трехфазная)	48	—	—
2×12	Двухпроводная (двухфазная)	83	—	—

**П р и м е ч а н и е.** Указанные в таблице значения  $K$  для ламп ДРЛ относятся к случаю установки ламп без конденсаторов для улучшения коэффициента мощности. При наличии конденсаторов значение  $K$  для участков сети от источника питания до места установки конденсаторов принимается как для люминесцентных ламп.

Ткацкий цех представляет собой одно большое помещение, следовательно коэффициент спроса должен быть принят равным 0,95. Коэффициент  $K$  по табл. 3 для четырехпроводной трехфазной системы 380/220 в при люминесцентном освещении берем 1,68. Тогда расчетный ток в линии будет равен:

$$I = 56 \cdot 0,95 \cdot 1,68 = 89 \text{ а.}$$

**Расчет потерь на напряжение.** Для того чтобы электрические лампы горели нормально — излучали достаточно количество света и не перегорали раньше установленного для них срока службы, напряжение на лампах не должно заметно отклоняться от номинального, т. е. от того, на которое лампы рассчитаны.

Особенно заметное влияние оказывают отклонения напряжения на режим работы ламп накаливания. Так, например, при понижении напряжения на лампе на 6% ее световой поток уменьшается на 19%, при снижении напря-

жения на 10% снижение светового потока достигает уже 30%, а при уменьшении напряжения на 20% световой поток снижается больше чем вдвое.

Недоказан ламп наносит большой вред производству — освещенность в помещениях резко снижается, а это приводит к ухудшению условий работы, снижению производительности труда, увеличению брака продукции. Электроэнергия при этом расходуется крайне непроизводительно.

Также вредно для ламп накаливания и повышение напряжения — срок службы их при этом сильно сокращается. При повышении напряжения на 5% лампы горят вдвое меньше, чем при нормальном напряжении.

На люминесцентных и ртутных лампах отклонения напряжения сказываются в несколько меньшей степени.

Известно, что провода электрической сети обладают определенным сопротивлением для электрического тока. Это сопротивление будет тем большим, чем протяженнее линия и чем меньше сечение проводов. При прохождении тока по проводам в них теряется часть приложенного к началу линии напряжения, т. е. в сети происходит потеря напряжения. В этом легко убедиться, если измерить вольтметром напряжение в начале и в конце линии, по которой протекает ток какой-нибудь нагрузки. Если ток значителен, линия достаточно длинная, а сечение проводов не слишком велико, то разница в показаниях вольтметра может оказаться довольно значительной.

Чтобы световой поток ламп в осветительных установках не падал ниже определенной величины, правилами установлено, на какую величину допускается снижать напряжение на источниках света.

Согласно ПУЭ снижение напряжения у наиболее удаленных ламп должно быть:

а) для ламп внутреннего рабочего освещения промышленных предприятий и общественных зданий, а также прожекторных установок наружного освещения — не более 2,5% номинального напряжения ламп;

б) для ламп освещения жилых зданий, аварийного освещения и наружного освещения, выполненного светильниками, — не более 5% номинального напряжения ламп.

Означает ли это, что потеря напряжения в осветительной сети не должна быть больше 2,5 или 5%? Нет, это не так. Между допустимой величиной снижения напряжения на источниках света и допустимой потерей напряжения

В осветительной сети имеется существенная разница, в чем мы сейчас убедимся.

Возьмем для примера лампу на напряжение 220 в, установленную для рабочего освещения в цехе завода. Как было указано выше, в этих условиях напряжение на лампе не должно снижаться больше чем на 2,5% номинального, т. е. от 220 в. Таким образом, допустимое снижение напряжения равно:

$$\frac{220 \cdot 2,5}{100} = 5,5 \text{ в.}$$

Следовательно, напряжение на лампе не должно быть меньше

$$220 - 5,5 = 214,5 \text{ в.}$$

Если номинальное напряжение сети равно 380/220 в, то на подстанциях устанавливаются трансформаторы с номинальным напряжением при холостом ходе (без нагрузки) 400/230 в; следовательно, напряжение между фазными и нулевым проводами на шинах подстанции при холостом ходе трансформатора равно 230 в.

Таким образом, разница между напряжениями на шинах подстанции и на наиболее удаленной лампе окажется равной  $230 - 214,5 = 15,5 \text{ в}$ , или  $\frac{15,5 \cdot 100}{220} = 7\%$ .

Когда трансформатор нагружается, по его обмоткам протекает электрический ток, вызывающий некоторую потерю напряжения, величина которой зависит от мощности трансформатора, степени его загрузки, коэффициента мощности питаемых потребителей и от некоторых других причин. В табл. 4 указаны допустимые потери напряжения в осветительной сети при питании от трансформаторов различной мощности.

В сетях 12 и 36 в допускается потеря напряжения до 10%, считая от выводов низкого напряжения понизительных трансформаторов, независимо от их мощности.

Как же выполняется расчет осветительной сети по потере напряжения? Прежде всего определяют по табл. 4, какая потеря напряжения в осветительной сети может быть допущена. Так как осветительная сеть от трансформаторной подстанции до светильников состоит обычно из двух отдельных звеньев — питающей и групповой, необходимо решить, какая часть общей допустимой потери напряжения, взятой из табл. 4, должна быть отнесена к питающей сети и какая — к групповой.

Таблица 4

**Допустимая потеря напряжения в осветительных сетях  
(при коэффициенте загрузки трансформатора 0,9)**

Мощность трансформаторов, ква	Осветительные трансформаторы	Трансформаторы общие для силовых и осветительных потребителей при коэффициенте мощности			
		0,9	0,8	0,7	0,6
5	4%	2,5%			
10					
20	4,5%		2,5%		
30		3%			
50				2,5%	
75	5%				
100					2,5%
135		3,5%	3%		
180	5,5%				
240					
320					
420					
560 и более	6%	4%	3,5%	3%	

**Приложение.** Указанные допустимые потери напряжения в осветительных сетях даны для случая снижения напряжения у ламп на 2,5% номинального. При снижении напряжения у ламп до 5% допустимая потеря напряжения в осветительной сети увеличивается против указанной на 2,5%.

Наивыгоднейшее распределение потери напряжения между этими звеньями может быть определено в каждом конкретном случае путем выполнения специальных, довольно громоздких расчетов. Подробное описание этого вопроса имеется в руководствах по проектированию освещения [Л. 5, 6 и 10]. Укажем только, что чем большую протяженность имеет питающая сеть, тем большую часть общей допустимой потери напряжения целесообразно к ней относить. Во многих случаях бывает достаточно экономичным

принимать потерю напряжения в групповой сети, равную 1,5—2%, а остальную часть терять в питающей сети.

Определив допустимую потерю напряжения в сети, дальнейший расчет ведут двумя путями:

а) по заданной потере напряжения определяют сечение проводов;

б) задавшись заранее сечением проводов (на практике часто бывает необходимо использовать существующие сети или имеющиеся в наличии провода и кабели определенного сечения), подсчитывают потерю напряжения в сети и, сравнив ее с допустимой, решают, возможно ли сохранить провода заданного сечения.

Как в первом, так и во втором случаях необходимо знать расчетную нагрузку  $P$  (в киловаттах), ток от которой протекает по рассчитываемому участку сети (иногда расчетную нагрузку называют потребляемой мощностью). Кроме того, должны быть известны длина рассчитываемого участка  $L$  (в метрах), напряжение и система осветительной сети.

Расчетная нагрузка, как было указано ранее, определяется умножением установленной мощности светильников  $P_y$  (в киловаттах) на коэффициент спроса  $k_c$ , а для люминесцентных ламп и ртутных ламп типа ДРЛ — еще на величину соответственно 1,25 или 1,12, учитывающую потерю мощности в пускорегулирующих устройствах.

Для ламп накаливания

$$P = P_y k_c.$$

Для люминесцентных ламп

$$P = 1,25 P_y k_c.$$

Для ртутных ламп типа ДРЛ

$$P = 1,12 P_y k_c.$$

Сечение проводов осветительной сети определяется по формуле

$$s = \frac{PL}{c\varepsilon}, \quad (2)$$

где  $c$  — коэффициент, определяемый по табл. 5 в зависимости от системы и напряжения сети и материала проводов.

При пользовании формулой (2) необходимо помнить, что сечение  $s$  выражается в квадратных миллиметрах, мощность

$P$  — в киловаттах, длина  $L$  — в метрах, потеря напряжения  $\epsilon$  — в процентах.

Когда расчет ведется по заданному сечению проводов, потеря напряжения подсчитывается по формуле

$$\epsilon = \frac{PL}{cs} \cdot 100\% \quad (3)$$

Произведение  $PL$  называется моментом нагрузки и обозначается  $M$ . Пользуясь этим обозначением, формулы (2) и (3) принимают вид:

$$s = \frac{M}{ce} \text{ и } \epsilon = \frac{M}{cs}.$$

Несколько сложнее обстоит дело, когда рассчитываемая линия состоит не из одного участка, а к ней вдоль линии присоединяется несколько потребителей, например групповых щитков, как это показано на рис. 10. Через  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$  на нем обозначены расчетные нагрузки щитков;  $L_1$ ,

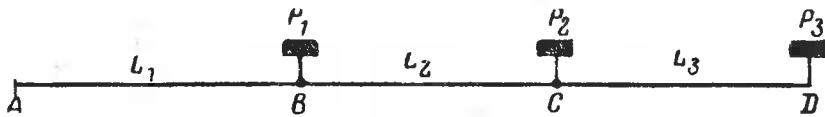


Рис. 10. К расчету питающих линий с несколькими щитками.

$L_2$  и  $L_3$  — длины участков сети. Будем считать, что сечение проводов на всех участках одинаково и равно  $s$ . Как определить потерю напряжения на каждом участке и во всей линии?

По участку  $CD$ , имеющему длину  $L_3$ , протекает ток от нагрузки  $P_3$ . Следовательно, потеря напряжения на этом участке будет равна:

$$\epsilon_3 = \frac{P_3 L_3}{c s},$$

или, обозначив  $P_3 L_3 = M_3$ , получим:  $\epsilon_3 = \frac{M_3}{c s}$ .

По участку  $BC$ , имеющему длину  $L_2$ , течет ток от нагрузок  $P_2$  и  $P_3$ . Потеря напряжения на участке  $BC$  равна:

$$\epsilon_2 = \frac{(P_2 + P_3) L_2}{c s}, \text{ или } \epsilon_2 = \frac{M_2}{c s}.$$

Аналогично определяем потерю напряжения на участке  $AB$ :

$$\epsilon_1 = \frac{(P_1 + P_2 + P_3) L_1}{c s}, \text{ или } \epsilon_1 = \frac{M_1}{c s}.$$

Зная потерю напряжения на отдельных участках, определяем общую потерю напряжения во всей линии сложением отдельных потерь:

$$\epsilon = \epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3.$$

Если не требуется знать потерю напряжения на каждом участке, а сразу во всей линии, арифметические подсчеты можно упростить, пользуясь следующей формулой:

$$\epsilon = \frac{\Sigma M}{cs}, \quad (4)$$

где  $\Sigma M$  — сумма моментов нагрузки для всех участков рассчитываемой линии.

Когда по заданной потере напряжения  $\epsilon$  требуется определить сечение  $s$ , расчет ведется по формуле

$$s = \frac{\Sigma M}{c\epsilon}. \quad (5)$$

Часто в результате расчета сечение проводов получается нестандартным. Тогда для прокладки выбирается ближайшее большее или меньшее стандартное сечение, а действительная потеря напряжения  $\epsilon_d$  определяется по формуле

$$\epsilon_d = \epsilon \frac{s_{\text{расч}}}{s_{\text{станд}}}, \quad (6)$$

где  $s_{\text{расч}}$  — сечение проводов, полученное по расчету;

$s_{\text{станд}}$  — принятое стандартное сечение проводов.

Для лучшего усвоения порядка расчета осветительной сети произведем расчет для следующего примера.

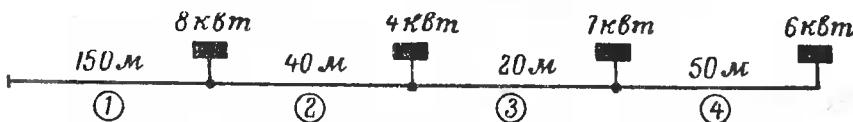


Рис. 11. К примеру расчета питающей сети.

Требуется определить сечение алюминиевых проводов трехфазной четырехпроводной питающей линии, изображенной на рис. 11. Напряжение сети 380/220 в, потеря напряжения в линии не должна быть больше 2,3%. На рис. 11 у щитков указаны величины расчетных нагрузок, а на участках сети — длина в метрах и в кружках номера участков.

Воспользуемся для расчета формулой (5). Прежде

всего определим моменты нагрузки на каждом из участков. Подсчеты удобнее начать с конца линии:

$$\begin{aligned} \text{участок 4: } M_4 &= 6 \cdot 50 = 300; \\ \text{участок 3: } M_3 &= (6+7) \cdot 20 = 260; \\ \text{участок 2: } M_2 &= (6+7+4) \cdot 40 = 680; \\ \text{участок 1: } M_1 &= (6+7+4+8) \cdot 150 = 3750. \end{aligned}$$

Принимая по табл. 5 величину коэффициента  $c$  для трехфазной четырехпроводной линии, выполненной алюминиевыми проводами при напряжении 380/220 в равной 50, получаем:

$$s = \frac{300 + 260 + 680 + 3750}{50 \cdot 2,3} = 43,3 \text{ мм}^2.$$

Таблица 5

Значения коэффициента  $c$  для расчета осветительной сети

Напряже- ние сети, в	Система осветительной сети	Коэффициент $c$	
		Алюмини- евые про- вода	Медные проводы
380/220	Четырехпроводная (три фазы и нуль)	50	83
380/220	Трехпроводная (две фазы и нуль)	22	37
380/220	Двухпроводная (одна фаза и нуль)	8,3	14
220/127	Четырехпроводная (три фазы и нуль)	16,5	28
220/127	Трехпроводная (две фазы и нуль)	7,3	12,2
220/127	Двухпроводная (одна фаза и нуль)	2,8	4,6
3×220	Трехпроводная (трехфазная)	16,5	28
3×220	Двухпроводная (двухфазная)	8,3	14
3×127	Трехпроводная (трехфазная)	5,6	9,2
3×127	Двухпроводная (двухфазная)	2,8	4,6
3×36	Трехпроводная (трехфазная)	0,44	0,74
36	Двухпроводная (двухфазная)	0,22	0,37
3×12	Трехпроводная (трехфазная)	0,025	0,082
12	Двухпроводная (двухфазная)	0,0125	0,041

Известно, что проводов сечением 43,3  $\text{мм}^2$  не изготавливается, поэтому выбираем ближайшее стандартное сечение 50  $\text{мм}^2$ . Действительная потеря напряжения в линии подсчитывается по формуле (6):

$$\epsilon_d = 2,3 \frac{43,3}{50} = 1,9\%.$$

Расчет групповых осветительных сетей может быть значительно упрощен, когда светильники одинаковой мощности присоединены к линии с одинаковыми интервалами (рис. 12). В этом случае отпадает необходимость опреде-

лять моменты нагрузки для каждого участка линии. Суммарный момент для такой линии определяется умножением суммарной мощности всех светильников на длину линии от ее начала до среднего светильника.

Изложенные способы расчета осветительной сети дают правильные величины потери напряжения в многофазных линиях (трехфазная четырехпроводная, двухфазная трехпроводная, трехфазная без нулевого провода) только при условии, что осветительная нагрузка равномерно распределена между фазами. Если же к разным фазам подключены различные по величине нагрузки, потеря напряжения воз-

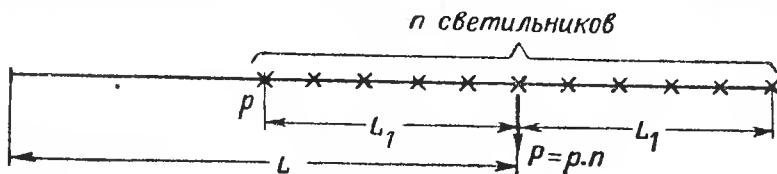


Рис. 12. Упрощенный расчет групповой сети.

растает в проводах более нагруженной фазы и уменьшается для менее нагруженной. Описание способов расчета осветительной сети с неравномерной нагрузкой фаз имеется в справочниках и других руководящих материалах по проектированию электрического освещения [Л. 5, 6 и 10]. При проектировании и монтаже осветительных сетей стремятся к возможно более равномерному распределению нагрузки по фазам.

Описанный выше расчет осветительной сети по формулам требует довольно много времени. Существуют упрощенные способы расчета, например с помощью таблиц моментов, помещенных с соответствующими пояснениями в светотехнических справочниках [Л. 5]. Этими таблицами целесообразно пользоваться в случаях, когда необходимо выполнить значительное количество расчетов.

**Выбор сечения проводов по механической прочности.** Провода и кабели, прокладываемые в электрических сетях, должны обладать необходимой механической прочностью, противостоять повреждениям, возможным при эксплуатации, и тем самым обеспечивать надежность работы электропроводок и электрического освещения.

В зависимости от вида электропроводки и места прокладки разрешается применять провода и кабели только определенных сечений (табл. 6).

Таблица 6

**Наименьшие сечения проводов и кабелей по условиям механической прочности**

Наименование проводников и способы их прокладки	Наименьшее сечение, $\text{мм}^2$	
	Алюминий	Медь
Зарядка осветительных арматур:		
общего освещения внутри зданий	Применение алюминия не допускается	0,5
вне зданий	—	1
неподвижных и подвижных светильников		
местного освещения		0,5
ручных переносных ламп		0,75
Скрученные двухжильные провода (шинуры) с многощипковыми жилами для неподвижной прокладки на роликах	—	1
Кабели и защищенные провода (АСРГ, СРГ, АВРГ, ВРГ, АНРГ, НРГ, АТПРФ, ТПРФ и др.)	2,5	1
Изолированные провода (АПРТО, ПРТО, АПР, ПР, АПВ, ПВ и др.) в трубах и металлических рукавах	2,5	1
Изолированные провода (АПР, ПР) в помещениях		
на роликах	2,5	1
на изоляторах	4	1,5
На изоляторах—перекидки между фермами и колоннами при расстоянии между изоляторами:		
до 6 м	4	2,5
“ 12 м	10	4
свыше 12 м	16	6
Изолированные провода (АПР, ПР) в наружных электропроводках:		
под навесами на роликах	2,5	1,5
по стенам на изолятёрах	4	2,5
Голые провода в зданиях	4	2,5
Заземляющие проводники:		
голые при открытой прокладке	6	4
изолированные	2,5	1,5
заземляющие жилы кабелей или многожильных проводов в общей оболочке с фазными жилами	1,5	1

## 7. ЗАЩИТА ЭЛЕКТРООСВЕТИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Вопросы защиты электрических сетей напряжением до 1 000 в, к которым относятся и осветительные сети, подробно разобраны в [Л. 8]. Остановимся на основных особенностях защиты сетей освещения.

Все осветительные сети должны иметь защиту от токов короткого замыкания, которые при отсутствии защиты

могут недопустимо нагревать провода и кабели и тем самым вызывать пожары, ожоги и поражения током людей и другие тяжелые последствия.

Во многих случаях, помимо защиты от коротких замыканий, осветительные сети должны защищаться от перегрузки.

Защита осветительных сетей осуществляется плавкими предохранителями или автоматическими выключателями, установленными на щитах трансформаторных подстанций, в местах ответвлений от главных и вторичных магистралей, на магистральных и групповых осветительных щитках. Основой надежной защиты сети является правильный выбор номинальных токов указанных аппаратов защиты. Что же это означает?

В осветительных сетях номинальные токи плавких вставок предохранителей и расцепителей автоматов должны выбираться по возможности минимальными — по расчетному току защищаемых участков сети. Если, например, расчетный ток магистрали равен 55 а, то для ее защиты должна использоваться ближайшая большая стандартная плавкая вставка на 60 а. Увеличение тока плавкой вставки до 80 или 100 а ухудшит условия защиты.

Но бывают случаи, когда приходится идти на некоторое повышение токов защитных аппаратов. Это имеет место в сетях, где вдоль линии устанавливается несколько ступеней защиты, например защита на щите подстанции, на магистральном и групповом щитках. Если ток плавкой вставки на каждой следующей ступени защиты не будет отличаться от тока на предыдущей или отличаться незначительно, может получиться так, что при коротком замыкании в групповой линии перегорит плавкая вставка не на групповом щитке, а на магистральном или даже на щите подстанции и отключится не одна группа, а магистраль, питающая несколько щитков.

Для того чтобы при коротких замыканиях срабатывал ближайший к месту повреждения защитный аппарат, а не следующие за ним, т. е. чтобы обеспечивалась селективность (избирательность) защиты, токи плавких вставок предохранителей или расцепителей автоматов, установленных в одной цепи, должны отличаться по возможности не менее чем на две ступени. Поясним это примером: если на групповом щитке установлены предохранители с плавкой вставкой 15 а, то на магистральном щитке плавкая вставка

не должна быть меньше  $25\text{ а}$  ( $20\text{ а}$  не годится), а на щите подстанции —  $60\text{ а}$  ( $а$  не  $35\text{ а}$ ).

Для зданий и помещений, где необходимо создать более надежную и безопасную работу осветительных сетей или где может отсутствовать квалифицированное обслуживание, помимо защиты от коротких замыканий, требуется еще защита сетей от возможных перегрузок. Такую защиту должны иметь сети внутри помещений, выполненные открытыми изолированными проводами с горючей оболочкой (например, проводами марок АПР и ПР на роликах и изоляторах), а также осветительные сети (независимо от рода проводки) в жилых и общественных зданиях, торговых помещениях, в служебно-бытовых помещениях промышленных предприятий, в пожаро- и взрывобезопасных помещениях.

Чем же различается защита сетей, требующих и не требующих защиты от перегрузки? Различие заключается только в выборе токов плавких вставок и сечений проводов для этих сетей.

Для сетей, не защищаемых от перегрузки, токи плавких вставок хотя и рекомендуется выбирать по току нагрузки, но при необходимости их разрешается довольно значительно повышать, что требуется, например, для получения селективности защиты или чтобы аппараты защиты не отключали сеть при кратковременных перегрузках (пусковые токи электродвигателей и др.). Токи плавких вставок в сетях, не защищенных от перегрузки, могут в 3 раза превышать допустимую нагрузку защищаемых ими проводов. Если, например, проложенные в стальных трубах провода марки АПР сечением  $25\text{ мм}^2$  допускают при трех проводах в трубе ток  $70\text{ а}$  в сетях, не защищаемых от перегрузки, наибольшая допустимая плавкая вставка для такой линии может быть  $70 \cdot 3 = 210\text{ а}$ , или, принимая стандартные значения плавких вставок,  $200\text{ а}$ .

В сетях, защищаемых от перегрузки, пропускная способность проводов должна быть не менее чем в 1,25 раза больше тока плавкой вставки. Но здесь правила допускают некоторое послабление, заключающееся в том, что, если определенная таким образом токовая нагрузка не совпадает с данными таблиц допустимых нагрузок на провода, разрешается применять провода ближайшего меньшего сечения. Поясним сказанное примером. Имеется трехпроводная линия, выполненная проводами марки АПР в стальных трубах. Расчетный ток линии равен  $65\text{ а}$ . Такая

линия должна защищаться ближайшей большей, чем ток нагрузки, плавкой вставкой на 80 а. Следовательно, пропускная способность проводов линии должна быть  $80 \cdot 1,25 = 100$  а. По таблицам допустимых длительных токовых нагрузок на провода находим, что при прокладке в трубах трех проводов АПР допустимая нагрузка составляет для сечения 35  $\text{мм}^2$  85 а, а для 50  $\text{мм}^2$  115 а. Пользуясь разрешением правил применять провода ближайшего меньшего сечения, берем для нашей линии провода сечением 35  $\text{мм}^2$ .

## 8. СПОСОБЫ ПРОКЛАДКИ ЭЛЕКТРООСВЕТИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Для осветительных сетей, как правило, применяют провода и кабели с алюминиевыми жилами; с медными жилами их применяют только во взрывоопасных помещениях классов В-1 и В-1а, где опасность взрыва вызывается наличием газов и паров, образующих с воздухом взрывчатую смесь, а также для зарядки осветительных арматур и переносных светильников.

Для осветительных сетей применяют различные виды электропроводок. В производственных помещениях большое распространение имеет открытая электропроводка незащищенными изолированными проводами, прокладываемыми на роликах и изоляторах (провод марок АПР и ПРД). Разрешается также прокладка на изоляторах неизолированных (голых) проводов. Открытая электропроводка, обладая некоторыми достоинствами (простота, наглядность, небольшая стоимость), имеет и крупные недостатки — она легко повреждается, быстро стареет, имеет плохой внешний вид. В связи с этим все больше и больше начинает применяться проводка защищенными изолированными проводами и кабелями, производство которых значительно расширяется (провод марки ТПРФ, кабели АНРГ, АВРГ, АСРГ). Во многих производственных помещениях осветительные сети выполняют в стальных тонкостенных или водогазопроводных трубах.

В общественных и жилых зданиях применяется как открытая, так и скрытая электропроводка. Для открытой электропроводки используют провода марки АТПРФ, шнур марки ПРД. При открытой электропроводке широкое применение находят провода с оболочкой и изоляцией из различных синтетических материалов (полихлорвинаила,

полиэтилена и др.), которые разрешается прокладывать без труб под слоем штукатурки, в полу, внутри каналов и пустот строительных конструкций зданий (проводы марок АППВ, АПВ, АПН). Скрытая электропроводка без труб вытесняет очень распространенную ранее скрытую электропроводку изолированными проводами в резиновых полутвердых (эбонитовых), стальных и других трубах.

При выборе способа прокладки осветительной сети для каждого здания и помещения руководствуются следующими общими соображениями и рекомендациями.

Прежде всего учитывают условия окружающей среды в помещении: наличие паров, газов, пыли и т. п., вредно действующих на провода или опасных в отношении возникновения пожара или взрыва. Не во всех помещениях разрешается применять любые виды электропроводки; так, например, в сырьих и особо сырьих помещениях нельзя выполнять электропроводку изолированными проводами на роликах, так как в этих условиях изоляция сети очень скоро нарушается и электропроводка приходит в негодность.

При выборе рода электропроводки необходимо также учитывать, что она должна быть надежной и безопасной, по возможности простой в монтаже и позволять выполнять монтаж ее индустриальными методами, удобной для обслуживания, иметь приемлемый для данного помещения внешний вид и, наконец, стоимость электропроводки и затраты на нее дефицитных материалов должны быть минимальными.

Рекомендуемые виды электропроводок для некоторых категорий помещений с различными условиями среды приведены в табл. 7.

Одним из важных условий для правильного размещения электропроводок в помещениях является соблюдение минимальной высоты прокладки проводов. Так, изолированные провода на роликах и изоляторах разрешается прокладывать в помещениях без повышенной опасности на высоте не менее 2 м, а в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных — не ниже чем 2,5 м от пола. Это требование не распространяется на спуски к выключателям и штепсельным розеткам. Прокладка голых проводов разрешается по высоте не ниже 3,5 м от пола.

Производя выбор вида электропроводки, необходимо, помимо перечисленных выше общих соображений, также считаться со строительными особенностями здания или помещения, которые часто оказывают решающее влияние на

выбор вида электропроводки, наиболее удобного из нескольких рекомендуемых для данного случая. Если, например, помещение имеет железобетонные или стальные фермы,

Таблица 7

**Выбор вида электропроводки для некоторых помещений в зависимости от условий среды**

Род электропроводки	Марка провода и способ прокладки	Характеристика помещения						
		Сухое		Влажное	Сырое	Очень сырое	Пыльное	С химически активной средой
		административно-бытовые	производственные					
Открыто на изолирующих опорах	ПРД (шнур) на роликах АПР на роликах АПР на изоляторах Голые провода на изоляторах	—	—	—	—	—	—	—
Открыто по стенам и потолкам прикреплением скобками	АТПРФ АВРГ АНГГ АППВ, АПН АПРТО, АПР в стальных трубах АПР в изоляционных трубках с металлической оболочкой	+	+	—	—	—	—	—
Скрыто	АПРТО в стальных трубах АППВ, АПН, АПВ под штукатуркой или в строительных конструкциях АПР в изоляционных трубках АПР в изоляционных трубках с металлической оболочкой	—	—	—	—	—	+	—

Обозначения: + рекомендуется; × допускается, если это целесообразно по местным условиям; — запрещается или применение не имеет смысла.

мы, на которых устанавливают светильники, а ниже фермы расположены подкрановые пути для мостового крана, наиболее целесообразной является электропроводка вдоль проходов цеха проводом АПР на изоляторах, укрепленных

на фермах (конечно, если условия среды позволяют применить открытую электропроводку); подъемы от групповых щитков вдоль колонн и электропроводку вдоль ферм в этом случае целесообразно выполнить проводом марки АПРТО в стальных трубах или кабелем АНРГ.

В зданиях, имеющих несколько этажей, для установки групповых щитков на этажах следует выбирать такие места, по которым было бы удобно прокладывать вертикальные участки питающих магистралей — стояки (например, лестничные клетки, капитальные стены здания, колонны и т. п.).

В заключение можно привести некоторые общие рекомендации по выбору способов прокладки осветительной сети для помещений различного назначения.

Открытая электропроводка проводами марок АПР и ПРД на роликах является устаревшей и ее, как правило, следует избегать, допуская только для мелких вспомогательных зданий и временных сооружений.

Следует наиболее широко применять прокладку защищенных проводов и кабелей марки АТПРФ для производственных помещений с нормальными условиями среды, конторских и бытовых помещений и АНРГ, АВРГ, АСРГ для производственных помещений с более тяжелыми условиями среды. В производственных помещениях с наличием масла следует избегать АНРГ, а применять АВРГ и АСРГ.

Электропроводку в стальных трубах необходимо применять только в тех случаях, когда по условиям среды или месту прокладки иная проводка недопустима.

Проводку голыми проводами можно применять только в случаях, когда обеспечены достаточные расстояния от проводов до мест обслуживания оборудования и различных коммуникаций, прокладываемых в помещении.

В цехах с фермами электропроводку вдоль пролетов рекомендуется выполнять в виде перекидок провода марки АПР на изоляторах между фермами.

В жилых, административных и общественных зданиях необходимо, как правило, применять скрытую электропроводку, используя для нее провода АПВ и АПН, прокладываемые под штукатуркой или в строительных конструкциях без применения изоляционных трубок. В лечебных и учебных учреждениях, а также в парадных помещениях применение скрытой проводки особенно желательно.

## 9. ЩИТКИ, ВЫКЛЮЧАТЕЛИ, ШТЕПСЕЛЬНЫЕ РОЗЕТКИ И ПОНИЗИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Существует много разнообразных конструкций магистральных и групповых осветительных щитков, изготавляемых различными предприятиями электротехнической промышленности, электромонтажными и другими организациями. Но установившихся и в массовом порядке выпускающихся типов щитков, к сожалению, еще не имеется, что не позволяет дать конкретные рекомендации по выбору типов щитков.

Мы уже указывали раньше, что на магистральных и групповых щитках в качестве аппаратов защиты применяют плавкие предохранители или автоматы. Автоматы более совершенны, чем предохранители; они работают надежно и четко, удобнее предохранителей в эксплуатации, могут использоваться не только как защитные, но и как отключающие аппараты, т. е. они заменяют выключатели или рубильники в случаях, когда освещение должно управляться со щитков. Перечисленные положительные качества автоматов заставляют отдавать им предпочтение перед предохранителями. Однако дефицитность автоматов сильно ограничивает область их применения.

Для защиты осветительных сетей применяют так называемые установочные автоматы [Л. 11]. Харьковский электромеханический завод изготавливает силовые распределительные пункты и осветительные групповые щитки серий СУ и ПР, снабженные этими автоматами. Силовые распределительные пункты с трехполюсными автоматами на ток 15—100 или 100—200 а часто используют в качестве осветительных магистральных щитков. Осветительные групповые щитки этих серий имеют однополюсные или трехполюсные автоматы на ток 15—50 а.

В последнее время электропромышленность начала выпуск однополюсных автоматов типа АБ-25 на ток 10—25 а, которыми укомплектовывают групповые осветительные щитки, выпускаемые некоторыми организациями.

При защите осветительных сетей плавкими предохранителями для магистральных щитков часто используют силовые распределительные пункты, рассчитанные на присоединение нескольких трехфазных групп и имеющие рубильник на вводе.

Предохранители для групповых щитков применяют глав-

ным образом пробочные с резьбой Р-27 на ток до 20 а, реже — трубчатые на ток до 20 а. Некоторые типы групповых щитков с предохранителями имеют одно- и трехполюсные выключатели для каждой отходящей групповой линии.

Исполнение и конструкция щитков должны соответствовать условиям среды помещений, в которых они устанавливаются. В непыльных и несырых помещениях могут устанавливаться щитки в защищенном исполнении, т. е. имеющие защиту от случайных прикосновений к токоведущим частям; в пыльных помещениях должны применяться щитки в закрытом исполнении; в помещениях, где на щитки могут попасть капли и брызги, — капле- или брызгонепроницаемые.

Так как для установки щитков обычно можно выбрать помещение с достаточно благоприятными условиями среды, наибольшее распространение имеют щитки в защищенном и — реже — в закрытом исполнениях.

Наиболее часто применяемые схемы групповых щитков для трехфазной системы с наглухо заземленнойнейтралью приведены на рис. 13. На рис. 13,а—в приведены схемы щитков для однофазных групповых линий, на рис. 13,г—е для трехфазных. При защите автоматами каждая трехфазная группа может защищаться тремя однополюсными автоматами, как указано на рис. 13,е, или одним трехполюсным. Защита однополюсными автоматами более удобна в эксплуатации, так как при трехполюсном автомате короткое замыкание между одной из фаз и нулем приведет к одновременному отключению всех трех фаз группы, что значительно расширит район отключения освещения и затруднит нахождение места неисправности по сравнению с защитой однополюсными автоматами, когда отключается только одна фаза.

Выключатели и штепсельные розетки, применяемые в осветительных сетях, имеют защищенное или герметическое исполнение. Защищенные выключатели и штепсельные розетки изготавливают для открытой и утопленной установки; последние применяют для скрытой электропроводки. В помещениях с нормальными условиями среды применяют выключатели и штепсельные розетки в защищенном исполнении, в помещениях сырых, пыльных и с химически активной средой — герметические.

В осветительных сетях устанавливают главным образом однополюсные выключатели на ток до 6 а; двух- и трехполюсные выключатели применяют иногда для двух- и трех-

фазных линий. При установке выключателей следят за тем, чтобы ток отключаемых ими светильников не был больше тока, на который рассчитан выключатель.

В осветительных установках применяют штепсельные розетки двухполюсные и двухполюсные с третьим заземляющим контактом на токи до 6 и 10 а. Двухполюсные розетки используют в сетях 127—220 в в помещениях без по-

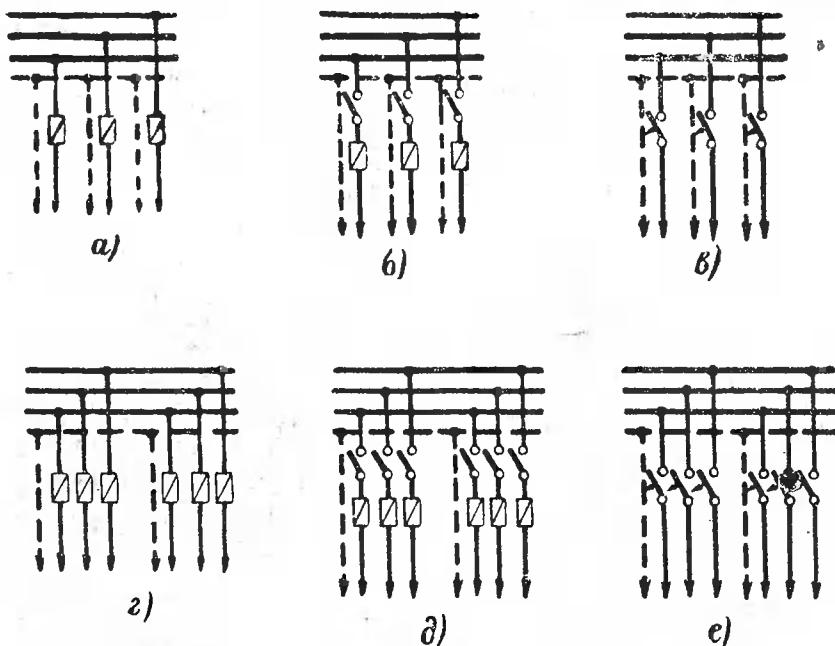


Рис. 13. Схемы групповых щитков для систем трехфазного тока с наглухо заземленной нейтралью.

*a*—однофазные группы с предохранителями; *б*—однофазные группы с предохранителями и выключателями; *в*—однофазные группы с однополюсными автоматами; *г*—трехфазные группы с предохранителями; *д*—трехфазные группы с предохранителями и выключателями; *е*—трехфазные группы с однополюсными автоматами.

вышенной опасности, а также при напряжении 12—36 в в помещениях всех категорий. В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных при напряжении 127—220 в должны устанавливаться двухполюсные штепсельные розетки с третьим заземляющим контактом, так как корпуса питаемых через них токоприемников (переносные понизительные трансформаторы, электроинструмент и т. п.) обязательно должны заземляться.

Как было указано раньше, для осветительных электроподстанций производственных помещений применяется пониженное напряжение 36 и 12 в (общее освещение при высоте установки светильников меньше 2,5 м, местное освещение, штепсельные розетки для переносных ламп). Мощ-

ность светильников и штепсельных сетей, питаемых низким напряжением, обычно не бывает велика, поэтому для их питания используют однофазные и трехфазные сухие трансформаторы небольшой мощности. Однофазные трансформаторы имеют мощность 100, 250 и 500 ва, а трехфазные — 1,5 и 2,5 ква.

Понизительные трансформаторы обычно питаются от групповых осветительных щитков, вблизи которых они

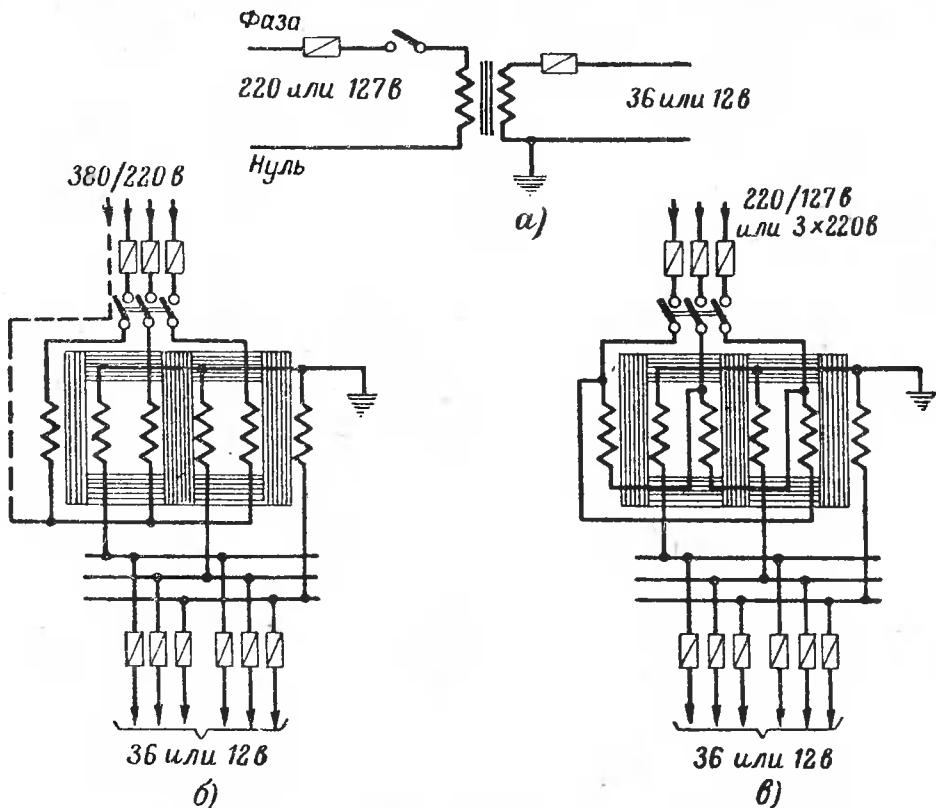


Рис. 14. Схемы питания освещения через понизительные трансформаторы.

*а*—однофазный трансформатор; *б*—трехфазный трансформатор с обмоткой 380/220 в при питании от сети 380 в; *в*—трехфазный трансформатор с обмоткой 380/220 в при питании от сети 220/127 в.

устанавливаются. Предохранителями или автоматами щитка осуществляется защита трансформатора со стороны высшего напряжения. Отходящие от понизительных трансформаторов линии защищаются плавкими предохранителями или автоматами (рис. 14).

Однофазные понизительные трансформаторы изготавливаются с обмотками высшего напряжения, рассчитанными на 127, 220 и реже на 380 и 500 в, трехфазные — на 220/127, 380/220 и 500 в. Трехфазный трансформатор с обмоткой на

380/220 в может питаться от сети трехфазного тока напряжением либо 380 в (обмотки соединяют в звезду, рис. 14,б), либо 220 в (обмотки соединяют в треугольник, рис. 14,в). Аналогично трансформатор с обмоткой на 220/127 в может питаться от трехфазной сети 220 или 127 в.

Когда понизительный трансформатор не несет нагрузки (освещение отключено), его рекомендуется отключать от сети; для этого перед трансформаторами устанавливают выключатели — однополюсные для однофазных трансформаторов и трехполюсные для трехфазных. При питании трансформаторов от щитков с автоматами выключателей можно не устанавливать, а отключение трансформатора производить автоматами со щитка.

Если в понизительном трансформаторе произойдет пробой между обмотками высшего и низшего напряжений, это может привести к опасности поражения людей электрическим током. Для устранения этой опасности один из зажимов обмотки низшего напряжения заземляют (рис. 14).

Однофазные понизительные трансформаторы, предохранители или автоматы на стороне низшего напряжения и выключатель для стороны высшего напряжения удобно размещать в одном стальном шкафу или ящике.

## 10. УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ОСВЕЩЕНИЕМ

Проектируя осветительную сеть какого-либо здания или помещения, решают еще два довольно важных вопроса: откуда будет управляться, т. е. включаться и отключаться, освещение и как разбить светильники на самостоятельно управляемые группы. Разберем эти вопросы.

Необходимо помнить, что освещение должно управляться из мест, удобных для эксплуатации. Для помещений разного назначения и различных размеров эти места также различны. В небольших помещениях, где устанавливается несколько светильников, управлять освещением удобно выключателями, установленными в самом помещении или у входа в него, у входной двери. Вне помещений выключатели устанавливают в тех случаях, когда условия среды в освещаемом помещении более тяжелые, чем снаружи, например для душевых, а также для помещений, часто находящихся запертыми (кладовые, склады, вентиляционные камеры и др.). При установке выключателей у дверей (как внутри освещаемого помещения, так и вне его) они должны размещаться с той стороны двери,

которая ближе к дверной ручке (т. е. со стороны, противоположной дверным петлям).

В помещениях средних размеров (площадь — несколько десятков квадратных метров) выключатели иногда бывает удобно размещать не только у входов, но и в других местах — на стенах или колоннах, что сокращает протяженность сети благодаря приближению выключателей к светильникам.

Освещение больших по площади помещений (несколько сотен или тысяч квадратных метров) целесообразно включать и отключать со щитков автоматами или выключателями, установленными на щитках, а при установке на щитках только предохранителей — выключателями, установленными вблизи щитков.

Если в больших помещениях по условиям производственного процесса не требуется управления освещением по частям, для включения и отключения освещения могут использоваться рубильники (или автоматы), устанавливаемые на питающей магистрали перед каждым групповым щитком. Возможно также управление освещением с магистральных щитков рубильниками или автоматами, разымающими цепь каждой магистрали, отходящей к групповым щиткам.

Для очень крупных производственных корпусов (площадью в несколько десятков тысяч квадратных метров) в некоторых случаях устраивается централизованное дистанционное управление освещением из ограниченного числа мест (одно — два места, например диспетчерский пункт, подстанция с постоянным дежурством персонала и т. п.). При дистанционном управлении на питающих осветительных магистралях устанавливают магнитные контакторы, а в пунктах управления — ключи управления и сигнальные лампы, обозначающие включенное или отключенное состояние освещения в корпусе.

Освещение узких и длинных помещений, имеющих два и более входа, например кабельных и теплофикационных туннелей, галерей для транспортеров и др., бывает необходимо включать из нескольких мест. При сравнительно небольших протяженности и числе светильников и когда количество мест включения равно двум для управления освещением могут использоваться специальные переключатели (рис. 15), а при больших мощности и числе мест включения применяются специальные схемы с магнитными контакторами и пускателями.

Перейдем теперь ко второму вопросу — какими группами следует включать светильники. От того, как решен этот вопрос, в значительной степени зависят размеры расходов на эксплуатацию осветительной установки. В самом деле, если, например, в помещении, имеющем достаточно интенсивное естественное освещение вблизи окон и слабое в глубине помещения, все светильники включают и отключают одновременно, будут иметь место перерасход электроэнергии и повышенные расходы на замену перегоревших ламп, установленных в местах, имеющих хорошее естественное

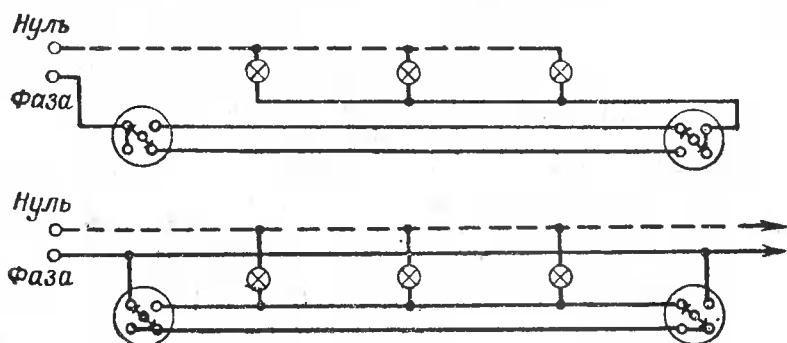


Рис. 15. Схемы управления освещения из двух мест.

освещение, так как эти светильники окажутся включеными в дневное время, когда надобность в искусственном освещении отсутствует.

Чтобы не допускать излишних расходов, необходимо предусматривать возможность включения освещения частями. Так, в помещениях с естественным освещением светильники надо включать рядами, параллельными окнам. Даже в небольших помещениях, имеющих только два ряда светильников, необходимо раздельно включать светильники, установленные у окон и удаленные от них.

Однако не следует допускать и слишком большого дробления включений, например нельзя оставлять включеными только 1—2 светильника, установленные над каким-либо рабочим местом, так как требуемая по нормам освещенность создается совместным действием большого количества светильников, а при значительном их сокращении освещенность на рабочем месте недопустимо снизится.

Но не только наличие или отсутствие естественного освещения необходимо учитывать при разбивке светильников на отдельно включаемые группы: когда в освещаемом помещении работа может производиться на различных уча-

стках в разное время, освещение этих участков должно управляться также раздельно.

При установке в групповых линиях выключателей необходимо обращать особое внимание на количество проводов, прокладываемых на каждом участке сети. Здесь легко допустить ошибки, которые будут приводить к неправильной работе освещения.

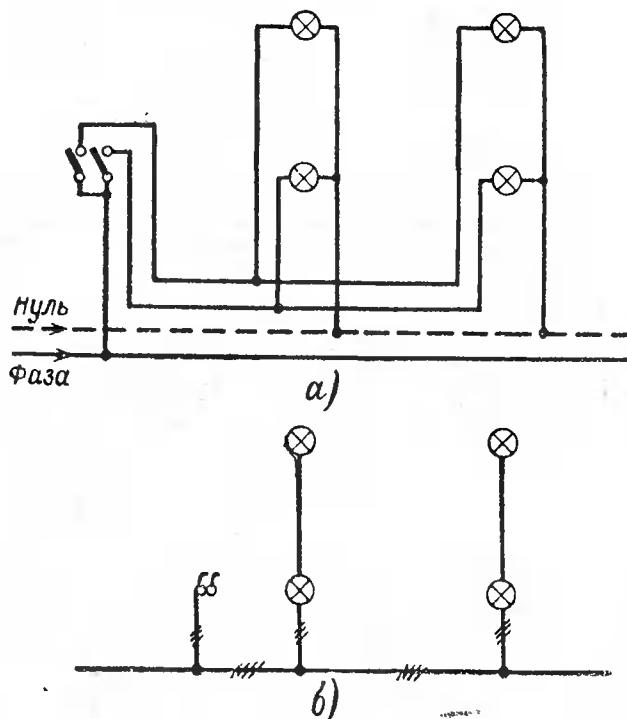


Рис. 16. Выявление количества проводов на участках групповой сети.  
а — развернутая схема; б — упрощенная схема.

Для выявления количества проводов необходимо ясно представлять себе схему питания светильников, что может иногда потребовать составления подробных развернутых схем. В качестве примера на рис. 16,а приведена развернутая схема включения четырех светильников двумя выключателями. Из этой схемы ясно видно количество проводов, которое прокладывается на каждом участке, а также как должны соединяться провода в местах ответвлений. На рис. 16,б схема представлена в упрощенном виде, как это изображается на чертежах планов в проектах освещения. Количество проводов на каждом участке обозначается черточками, число которых соответствует числу проводов; при двух проводах на линии черточки не наются,

## 11. ЗАЗЕМЛЕНИЕ, ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ И НУЛЕВЫЕ ПРОВОДА

Различные части осветительных установок — выключатели, штепсельные розетки, осветительная сеть, а иногда и светильники — доступны для прикосновения большому числу людей, работающих или находящихся в помещении. Это обстоятельство требует выполнять осветительные установки безопасными при прикосновении к их нетоковедущим частям. Такая защита достигается применением светильников, выключателей, штепсельных розеток, щитков и других изделий в исполнении (защищенном, герметическом и др.), правильным выбором вида электропроводки, а также поддержанием эксплуатационным персоналом осветительной электроустановки в надлежащем состоянии (профилактика, своевременный ремонт).

При эксплуатации осветительных электроустановок в различных их частях могут возникнуть неисправности — пробой или повреждение изоляции, короткие замыкания, замыкания на корпус, вследствие которых металлические нетоковедущие части (корпуса светильников, щитков, выключателей, оболочки кабелей, стальные трубы проводки и т. п.) могут оказаться под напряжением. Прикосновение к таким частям, особенно в производственных помещениях, является опасным для здоровья и даже жизни людей. Для предотвращения этой опасности принимают специальные меры.

Основной и наиболее действенной мерой по обеспечению безопасности при касании к нетоковедущим частям электротехнических и в том числе осветительных электроустановок является устройство защитного заземления этих частей. О сущности защитного заземления и его устройстве сказано в брошюре М. Р. Найфельда «Что такое защитное заземление и как его выполнять» [Л. 2]. Мы рассмотрим основные особенности и требования по устройству защитного заземления в осветительных электроустановках.

В каких помещениях требуется устройство защитного заземления? В осветительных сетях напряжением выше 36 в заземление должно выполняться во всех помещениях, за исключением сухих с плохо проводящими ток полами (деревянные, асфальтовые), без токопроводящей пыли, т. е. помещений без повышенной опасности, в которых при этом невозможно одновременное прикосновение людей

к электрооборудованию и к другим заземленным предметам. Если, например, в сухом отапливаемом помещении буфета, имеющем паркетный пол, установлена электроплита, а вблизи нее имеется водопроводный кран, такая плита обязательно должна быть заземлена; если же водопроводного крана не будет, плиту можно не заземлять.

В жилых, общественных и административных зданиях заземление, как правило, необходимо только в подвалах, на лестницах, чердаках и в технических помещениях (котельных, насосных, вентиляционных, машинных помещениях лифтов и т. п.).

Как же практически выполняется защитное заземление в осветительных сетях? В системах с заземленной нейтралью нулевая точка обмоток низшего напряжения трансформаторов наглоо соединена с землей; нулевые рабочие провода магистральной и групповой сетей, в цепи которых не устанавливают рубильников и предохранителей, также оказываются соединенными с землей. Эти провода и используют для заземления металлических нетоковедущих частей осветительных электроустановок, нормально не находящихся под напряжением, но могущих оказаться под ним вследствие нарушения изоляции, короткого замыкания, механического повреждения.

Во взрывоопасных помещениях класса В-1 не разрешается использовать рабочие нулевые провода для заземления; в них прокладывают дополнительные заземляющие провода.

В сетях с изолированной нейтралью и без нейтрали в качестве сети заземления разрешается использовать стальные трубы электропроводки, заземленные конструкции зданий (фермы, колонны, подкрановые пути), а при отсутствии этих частей прокладывают специальные заземляющие провода.

При проектировании осветительных электроустановок часто возникает вопрос: какое сечение должны иметь нулевые и заземляющие провода? Начнем с нулевых проводов. В трехфазной осветительной сети с нулевым проводом при одинаковой, равномерной нагрузке в каждой из трех фаз по нулевому проводу ток не течет. Но стоит только увеличить или уменьшить нагрузку одной из фаз, как по нулевому проводу потечет ток, вызывающий нагревание нулевого провода и создающий потерю напряжения в нем. Этот ток будет возрастать с увеличением неравномерности; если от одной из фаз нагрузка будет вовсе отключена, по нуле-

вому проводу потечёт ток, равный току фазных проводов.

Несмотря на то, что осветительную нагрузку стремятся равномерно распределять по всем трем фазам, все же на практике равномерность нарушается и по нулевому проводу течет ток. Поэтому сечение нулевого провода трехфазных линий принимается близким к половине сечения фазных проводов. Если, например, фазные провода имеют сечение  $35 \text{ mm}^2$ , нулевой провод берется  $16 \text{ mm}^2$ .

Несколько иные требования предъявляются к сечению проводов в установках с заземленной нейтралью, если нулевой провод используется для заземления: сечение нулевых проводов в этом случае должно быть не меньше половины сечения фазных. Так, при сечении фазных проводов  $35 \text{ mm}^2$  сечение нулевого провода  $16 \text{ mm}^2$  оказывается уже недостаточным и должно быть повышенено до  $25 \text{ mm}^2$ .

В трехфазных групповых линиях с пофазным отключением сечение нулевого провода берется таким же, как и сечение фазных проводов. В одно- и двухфазных линиях по нулевому и фазному проводам протекает ток одинаковой величины, и для этих линий сечение нулевых и фазных проводов берется одинаковым.

В целях экономии проводов в групповой сети производственных помещений с нормальными условиями среды разрешается использовать в качестве нулевого и заземляющего провода при системе с заземленной нейтралью стальные трубы электропроводки и металлические конструкции здания. При этом должны быть выполнены надежные контакты в местах присоединения к этим конструкциям.

В системах с изолированной нейтралью и без нейтрали пропускная способность<sup>1</sup> заземляющих магистралей должна быть не меньше половины пропускной способности фазных проводов, а пропускная способность ответвлений от заземляющих магистралей к отдельным токоприемникам — не меньше  $\frac{1}{3}$  пропускной способности фазных проводов.

Однако в прокладке заземляющих проводов слишком больших сечений нет необходимости, даже если это получается по расчету. Предельное сечение для линий заземления установлено: для медных проводов —  $25 \text{ mm}^2$ , для алюминиевых —  $35 \text{ mm}^2$  и для стальных —  $100 \text{ mm}^2$ . Для того чтобы сеть заземления была надежной и прочной, сечение заземляющих проводов не должно быть меньше следую-

<sup>1</sup> Пропускной способностью провода называется наибольший допустимый для него ток при данных условиях прокладки, установленный ПУЭ.

щих величин: изолированные медные провода —  $1,5 \text{ мм}^2$ , алюминиевые —  $2,5 \text{ мм}^2$ ; заземляющие жилы кабелей или проводов в общей оболочке медные —  $1 \text{ мм}^2$ , алюминиевые —  $1,5 \text{ мм}^2$ ; голые медные провода —  $4 \text{ мм}^2$ , алюминиевые —  $6 \text{ мм}^2$ ; круглые стальные провода — диаметром  $5 \text{ мм}$ , а при использовании для заземления стальных труб толщина их стенок должна быть не меньше  $2,5 \text{ мм}$ .

## 12. КАК ЧИТАТЬ ЧЕРТЕЖИ ПРОЕКТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Для того чтобы смонтировать электрическое освещение какого-либо здания или помещения, необходимо иметь проект освещения, главной составной частью которого являются чертежи. Из чертежей должно быть видно, какие светильники, где и на какой высоте надо установить, откуда взять питание, где и какие щитки смонтировать, какими проводами, по каким схемам и трассам выполнить электропроводку и ряд других подробностей.

Чтобы чертежи проекта освещения в полной мере отвечали предъявляемым к ним требованиям, их выполняют достаточно подробно и снабжают необходимыми пояснениями. Для зданий и помещений, имеющих несложную строительную часть, основными чертежами проекта освещения являются планы освещаемых помещений (выполняемые обычно в масштабе  $1 : 100$  или  $1 : 200$ ), на которых нанесены светильники, щитки, выключатели и штепсельные розетки, питающая и групповая осветительная сеть и многие другие подробности.

Когда освещаемое здание имеет сложную строительную часть, дополнительно даются чертежи разрезов по характерным или наиболее сложным местам здания, на которых наносятся светильники и места прокладки осветительной сети.

В некоторых случаях, например для больших цехов или многоэтажных зданий, бывает неудобно изображать на одном чертеже питающую и групповую сети, и тогда составляются чертежи (обычно в мелком масштабе —  $1 : 200$ ,  $1 : 400$ ,  $1 : 500$ ) только одной питающей сети и размещения магистральных и групповых щитков.

Для крупных цехов и зданий, где осветительные электроустановки имеют большое количество магистралей и групповых щитков, составляют схемы питающей сети с необходимыми расчетными данными, которые дают нагляд-

ное представление о системе питания электрического освещения.

Таким образом, основными чертежами проектов электрического освещения являются планы освещаемых помещений, иногда разрезы и схема питающей сети. Но, имея указанный набор чертежей, не всегда можно правильно смонтировать осветительную электроустановку. На этих чертежах невозможно изобразить отдельные узлы и детали электропроводок, установки светильников, щитков и т. п.; иногда такие узлы бывают довольно сложными и смонтировать их без более детальных конструктивных чертежей оказывается затруднительным или даже невозможным. Кроме того, отсутствие чертежей узлов не позволяет организовать монтаж индустриальным способом, при котором большинство деталей электропроводки, установки светильников, щитков и пр. должно изготавляться в электромонтажных мастерских или на монтажно-заготовительных участках, а на месте монтажа производится только их сборка.

Хорошо и подробно разработанный проект должен содержать набор рабочих конструктивных чертежей узлов и деталей; большинство этих чертежей не разрабатываются специально для каждого цеха или здания, а являются типовыми и берутся из альбомов. Только немногие узлы и детали, учитывающие индивидуальные особенности проектируемой установки, разрабатывают для наиболее сложных помещений и зданий.

В чертежах проектов электрического освещения имеется много особенностей и условностей, и чтобы правильно и быстро разбираться в этих чертежах, необходимо знать их особенности и, конечно, должны быть известная привычка и навык. Мы постараемся познакомить читателей с особенностями чертежей проектов освещения, что лучше всего сделать на разборе некоторых характерных чертежей.

Прежде чем перейти к рассмотрению чертежей, необходимо рассказать о применяемых в проектах освещения условных обозначениях. При составлении чертежей планов светильники, щитки, выключатели, штепсельные розетки, осветительные сети и другие подробности изображают различными условными знаками, предусмотренными ГОСТ 7621-55 [Л. 12].

Так как со времени выхода ГОСТ на условные обозначения прошло более 5 лет, в течение которых начали выпускаться новые типы светильников, не охваченные стандартом, при разработке проектов часто оказывается необхо-

димым делать некоторые добавления и отступления от обозначений, предусмотренных ГОСТ.

Ввиду того что запомнить все обозначения, содержащиеся в ГОСТ, невозможно, а также учитывая наличие дополнительных обозначений, в каждом проекте освещения дается расшифровка принятых в нем условных обозначений. Эта расшифровка помещается на чертежах планов или дается на отдельном чертеже.

Знакомство с проектом освещения электроустановки надо начинать со строительной части освещаемого здания или помещения. По чертежу плана (рис. 17 — см. вклейку в конце книги) можно составить себе представление о размерах здания, характере производства и назначении отдельных помещений. Для удобства ориентировки в материалах проекта и в самом здании при монтаже, на плане обозначены названия помещений. Рассмотрев план корпуса, мы еще не можем ясно себе представить его строительные особенности — высоту, характер перекрытий и т. п., поэтому обычно в проекте дается также характерный разрез здания (рис. 18).

Уяснив из чертежей основные строительные особенности здания и назначения помещений, познакомимся со способами освещения, типами и расположением светильников в каждом помещении.

На плане каждого помещения кружками с различным заполнением изображены светильники. Пользуясь условными обозначениями, приведенными в табл. 8, можно определить, какого типа светильники должны быть установлены в помещениях. Кроме светильников в каждом помещении, в кружке указано число (в сборочном отделении — 50, в механическом — 30 и т. д.), обозначающее нормируемую освещенность (в люксах) от светильников общего освещения.

Для каждого помещения указаны также мощность ламп, устанавливаемых в светильниках, и высота подвеса светильников над полом (в метрах); эти данные обозначены в виде двух чисел, расположенных над и под чертой. Так, для сборочного цеха указано 500/9; это говорит о том, что мощность ламп в светильниках равна 500 вт и светильники установлены на высоте 9 м от пола.

Чтобы на монтаже можно было произвести правильную расстановку светильников, в проекте для некоторых помещений указывают расстояния между светильниками и

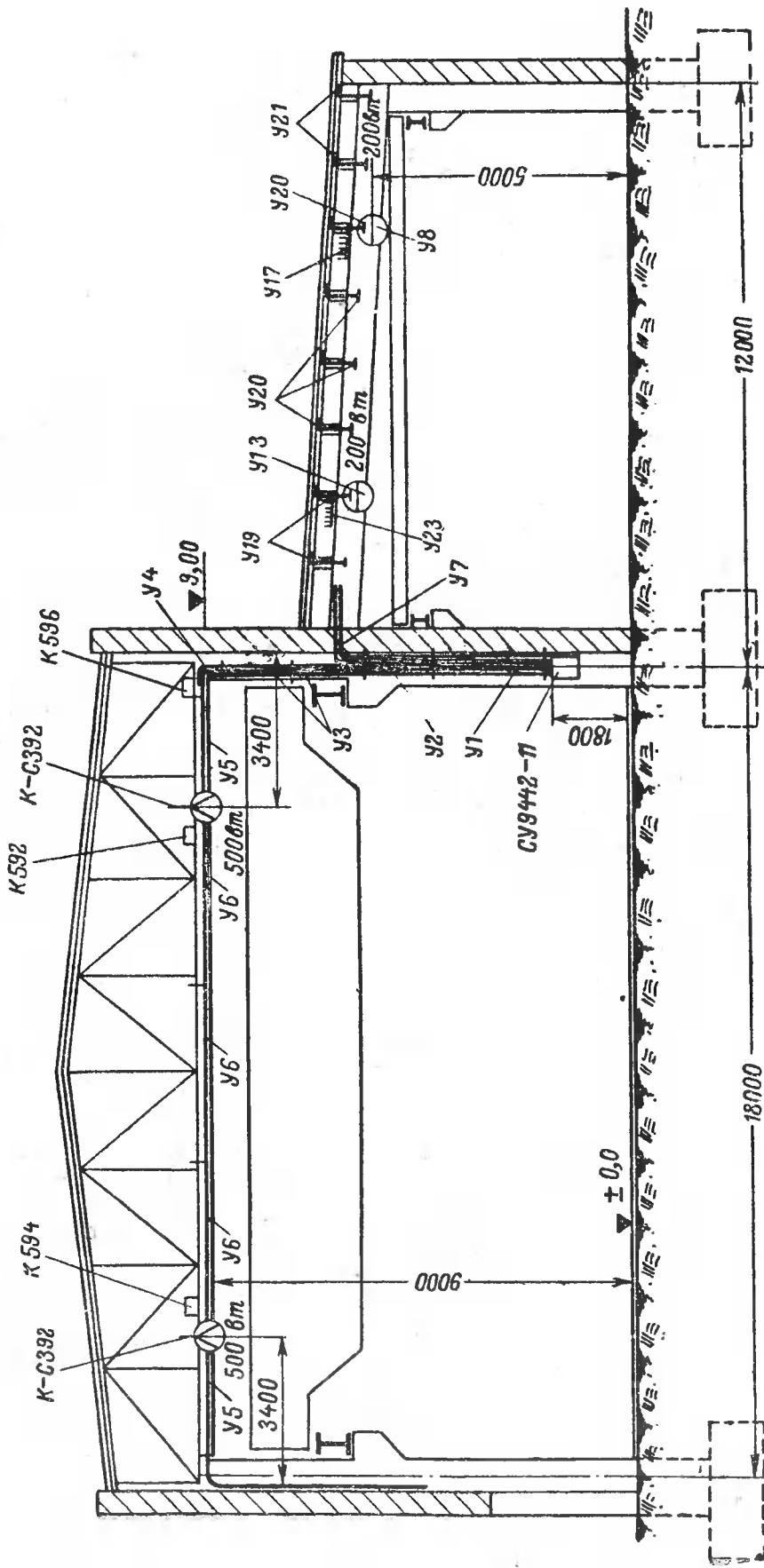


Рис. 18. Пример чертежа разреза из проекта освещения производственного здания.

от рядов светильников до стен или строительных осей помещения. На рис. 17 для сборочного и механического отделений дано расстояние от рядов светильников до стен, что позволяет размещать светильники в поперечном направлении. Вдоль цеха светильники устанавливают на фермах (сборочное отделение) и по осям оконных проемов (механическое отделение), поэтому координации в продольном направлении не приведены.

На планах нанесены также в необходимых местах выключатели, понизительные трансформаторы и штепсельные розетки.

Закончив знакомство со светотехнической частью проекта, рассмотрим электротехническую часть. Из п. 2 и 3 пояснений на рис. 17 видно, что для общего освещения применяется система напряжения 380/220 в, для местного и переносного — 36 в.

Посмотрим, откуда и как производится питание рабочего и аварийного освещения. На рис. 17 нетрудно найти в правой части цеха место ввода рабочего освещения. Там указано, что питание подается от подстанции № 4 одной магистралью, выполненной кабелем марки ААБ сечением  $3 \times 10 + 1 \times 6 \text{ mm}^2$ , проложенным в траншее. Магистраль подводится к вводному ящику типа ЯСБ-100 (ящик с рубильником и тремя предохранителями). Там же обозначено, что в вводном ящике установлена плавкая вставка 35 а. От вводного ящика питание подается к щитку рабочего освещения № 2, а от него четырехпроводная магистраль проводом АПР сечением  $3(1 \times 10) + 1 \times 6 \text{ mm}^2$ , проложенным на изоляторах, подается к щитку № 1.

На рис. 17 можно заметить, что на линиях питающей сети имеются еще какие-то цифровые обозначения, например на кабельной линии указано: 15—23—80; что же обозначают эти цифры? Обратимся опять к условным обозначениям (табл. 8). Там указано, что цифры на питающих линиях являются расчетными данными — расчетная нагрузка, расчетный ток и длина участка линии. В данном случае установленная мощность составляет 15 квт, расчетный ток 23 а и длина линии 80 м.

У каждого группового щитка на плане имеются надписи, значения которых расшифровываются в условных обозначениях. Так, надпись  $1 \frac{13,3}{2,9}$  СУ-9442-11 обозначает: 1 — щиток № 1, 13,3 — установленная мощность освещения, питаемого от щитка (квт); 2,9 — потеря напряжения в питаю-

Таблица 8

Условные обозначения к рис. 17 и 18

	Светильник „Альфа“
	Светильник „Глубокоизлучатель“ эмалированный
	Светильник „Универсал“ без затенителя
	Светильник „Люцетта“ цельного молочного стекла
	Светильник фар форовый полугерметический с матовым стеклом
	Светильник фарфоровый полугерметический с прозрачным стеклом
	Светильник местного освещения
	Светильник с люминесцентными лампами
K-C233	Кронштейн типа С233 для установки светильника
	Розетка штепсельная двухполюсная в нормальном исполнении
	Выключатель однополюсный в нормальном исполнении
	Выключатель однополюсный в герметическом исполнении
	Групповой щиток рабочего освещения
	Групповой щиток аварийного освещения
A $\frac{B}{\nu}$ Г	Маркировка щитков освещения: А—номер по плану; Б—установленная мощность, квт; В—потеря напряжения, %; Г—тип щитка
	Ящик с рубильником и предохранителями
	Трансформатор комплектно с предохранителями и выключателем
	Линия сети рабочего освещения
	Линия сети аварийного освещения
	Линия сети 36 в
	Линия сети рабочего освещения, подвешенная к тросу
	Нормируемая минимальная освещенность от общего освещения, лк

*Продолжение табл. 8*

a  
b  
 $H_{tp} - 3,5$

*a*—мощность ламп, установленных в светильнике, вт  
*b*—высота подвеса светильника над полом, м  
 Высота подвеса троса, над полом, м

*a - b - в*

Надписи на линиях питающей сети: *a*—расчетная нагрузка, квт; *b*—расчетный ток, а; *в*—длина участка линии, м

*a-b*

*a*—номер групповой линии; *b*—сечение провода,  $\text{мм}^2$

**АПРЗ(1x10)+1x6-и,р**

Четыре одножильных провода марки АПР, из которых три сечением  $10 \text{ мм}^2$  и один сечением  $6 \text{ мм}^2$ , прокладываемые на изоляторах

**АПРТО 2(1x2,5)-Т 3/4"**

Два одножильных провода марки АПРТО, прокладываемые в стальной трубе диаметром  $3\frac{3}{4}$ "

щей сети (%) на участке от шин подстанции до щитка; СУ-9442-11 — тип щитка (щиток завода ХЭМЗ с 12 однополюсными автоматами).

В п. 9 пояснений к рис. 17 указаны величины токов установок автоматов и плавких вставок предохранителей на групповых щитках.

На выноске от питающей линии, подходящей к щитку аварийного освещения, указано, что аварийное освещение питается от силового пункта № ПП-1. Здесь же указаны сечение, марка провода и способ прокладки линии, питающей щиток аварийного освещения.

Перейдем теперь к групповой сети. Разбивка светильников на группы и трасса прокладки групповых линий хорошо видны на плане и особых пояснений не требуют. Необходимо только подробнее остановиться на многочисленных обозначениях и надписях, относящихся к групповой сети.

Прежде всего поясним, что количество проводов групповой линии обозначается черточками, пересекающими групповую линию: при одной черточке линия имеет один провод, при трех — три провода, при четырех — четыре. Если линия имеет два провода, черточки не наносятся. Не обязательно также наносить черточки на каждом участке линии, если на одном из промежуточных участков черточки имеются, а на всех остальных участках до самого конца линии количество проводов не изменяется. На рис. 17 групповая линия

па № 2 щитка № 1, питающая пять светильников в сборочном отделении, имеет одну засечку на участке между вторым и третьим светильниками (слева); на всех остальных участках этой линии до последнего светильника также прокладывается один провод, несмотря на то, что засечек на этих участках не имеется.

От всех групповых линий на рис. 17 сделаны выноски с такими, например, надписями: 3—2,5 или 6—4. Первая цифра здесь указывает номер групповой линии, а вторая — сечение провода. На некоторых группах имеются более сложные надписи (рис. 19).

Надпись на рис. 19, а обозначает, что три однофазные групповые линии проложены в одной стальной трубе; для них в качестве нулевого провода используется труба. Сечение провода для группы № 6 и 8—4  $\text{мм}^2$ , для группы 10—2,5  $\text{мм}^2$ .

Надпись на рис. 19, б показывает, что прокладываются четыре самостоятельные однофазные двухпроводные групповые линии: № 3, 5, 7 и 9, каждая сечением  $2 \times 2,5 \text{ мм}^2$ .

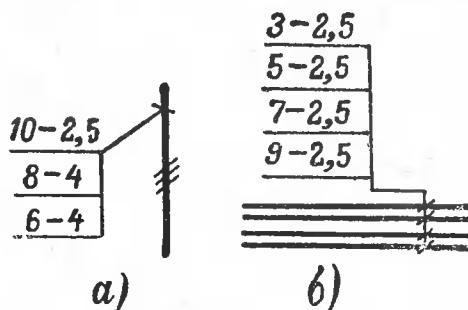


Рис. 19. Условные надписи на групповых линиях.

а — три провода проложены в одной трубе; б — провода проложены в четырех трубах (в верхней — три провода сечением  $2,5 \text{ мм}^2$  и т. д.).

К верхней по чертежу групповой линии относится верхняя надпись, т. е. группа № 3, ко второй сверху — следующая — группа № 5 и т. д..

Способы прокладки групповой сети обозначаются на плане или в пояснениях к чертежу, а иногда и на планах и в пояснениях. Если род электропроводки во всех помещениях одинаков, об этом делают указание в пояснениях; если же электропроводка разнохарактерна, то обозначения видов ее дают на планах и, если это необходимо, в пояснениях даются дополнительные указания. Именно так сде-

лано на рис. 17; способы электропроводки и места прокладки проводов для производственных помещений указаны на плане, а в пояснениях (см. п. 4а и 4б) приводятся дополнительные указания, которые было неудобно поместить на плане. Для конторских и бытовых помещений (в осях 10—11), где проводка однотипна, об этом указано только в пояснениях (см. п. 5).

Мы уже отмечали раньше, что хорошо разработанный проект электрического освещения должен содержать набор конструктивных рабочих чертежей узлов и деталей, позволяющих выполнять монтажные работы индустриальными методами. Но недостаточно иметь только одни такие чертежи, надо знать, в каких местах монтируемого цеха каждая деталь или узел должны быть установлены. Для этого на чертежах планов проекта освещения должно быть указано размещение этих узлов и деталей, а в отдельной спецификации, передаваемой в мастерскую или на монтажно-заготовительный участок, указывается потребное количество деталей и по каким чертежам необходимо их изготовить.

На рис. 17 и 18 для многих участков групповой сети имеются обозначения номеров индустриальных узлов прокладки сети и крепления электрооборудования, обозначенные У1, У2, У3 и т. д. Но не все детали, требующиеся для монтажа, надо изготавливать в монтажных мастерских; многие из таких изделий выпускаются в больших количествах на специализированных заводах и доставляются на монтаж в готовом виде. К таким деталям относятся, например, скобы для прокладки проводов на изоляторах, кронштейны для светильников, протяжные ящики для трубных прокладок и др. На чертежах планов и разрезов должно быть указано, в каких местах такие детали необходимо установить. На рис. 17 и 18 эти указания также имеются: здесь применены скобы для изоляторов типов К592-К596 (в сборочном отделении) и кронштейны для светильников типов С232 и С233.

Проекты электрического освещения в СССР разрабатывают многочисленные проектные организации, а также проектные отделы производственных предприятий, ввиду чего в оформлении проектных материалов, естественно, не удается пока достичь полного единобразия. Оформление чертежей проектов, выполненных различными организациями, может в большей или меньшей степени отличаться от примеров, представленных на рис. 17 и 18.

Автор надеется, что данная брошюра поможет электро-

монтажникам правильно и быстро ориентироваться в проектах освещения и самостоятельно разрешать затруднения и вопросы, возникающие при монтаже осветительных электроустановок.

Для читателей, желающих более детально ознакомиться с проектированием электрического освещения, рекомендуем следующие книги: М. С. Рябов «Электрическая часть осветительных установок» [Л. 10], Г. М. Кнорринг «Проектирование осветительных установок» [Л. 6] и Н. В. Волоцкой, Д. А. Зильбер и Г. М. Кнорринг «Люминесцентное освещение» [Л. 3].

---

## ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок, разд. VI, Электрическое освещение, Госэнергоиздат, 1959.
2. Правила устройства электроустановок, разд. I и III, гл. VII-3 и VII-4, Госэнергоиздат, 1957.
3. Волоцкой Н. В., Зильбер Д. А., Киоринг Г. М., Люминесцентное освещение, Госэнергоиздат, 1955.
4. Карпов Ф. Ф., Как выбрать сечение проводов и кабелей, «Библиотека электромонтера», 1959.
5. Киоринг Г. М., Справочник для проектирования электрического освещения, Госэнергоиздат, 1960.
6. Киоринг Г. М., Проектирование осветительных установок, Госэнергоиздат, 1958.
7. Клюев С. А., Как рассчитать электрическое освещение производственного помещения, «Библиотека электромонтера», Госэнергоиздат, 1960.
8. Лившиц Д. С., Нагрев проводников и защита предохранителями в электросетях до 1 000 в, «Библиотека электромонтера», Госэнергоиздат, 1959.
9. Найфельд М. Р., Что такое защитное заземление и как его выполнять, «Библиотека электромонтера», Госэнергоиздат, 1959.
10. Рябов М. С., Электрическая часть осветительных установок, Госэнергоиздат, 1951.
11. Технические материалы по автоматическим выключателям и предохранителям, Госэнергоиздат, 1956.
12. ГОСТ 7621-55. Обозначения условные графические электротехнического оборудования и проводок на планах, 1956.

6П2.19 Клюев Сергей Александрович  
К 52        Осветительные сети производственных помещений  
М. — Л., Госэнергоиздат, 1961.  
72 с. с черт. (Б-ка электромонтера. Вып 56).

6П2.19

\* \* \*

Редактор П. Ф. Соловьев

Техн. редактор Г. Е. Ларченов

Сдано в набор 15/VI 1961 г.

Подписано к печати 8/VIII 1961 г.

Бумага 84×108<sup>1/32</sup>

3,69 п. л. + 1 вклейка

Уч.-изд. л. 4,2

Т-09926

Тираж 32 000 экз.

Цена 15 коп.

Зак. 330

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

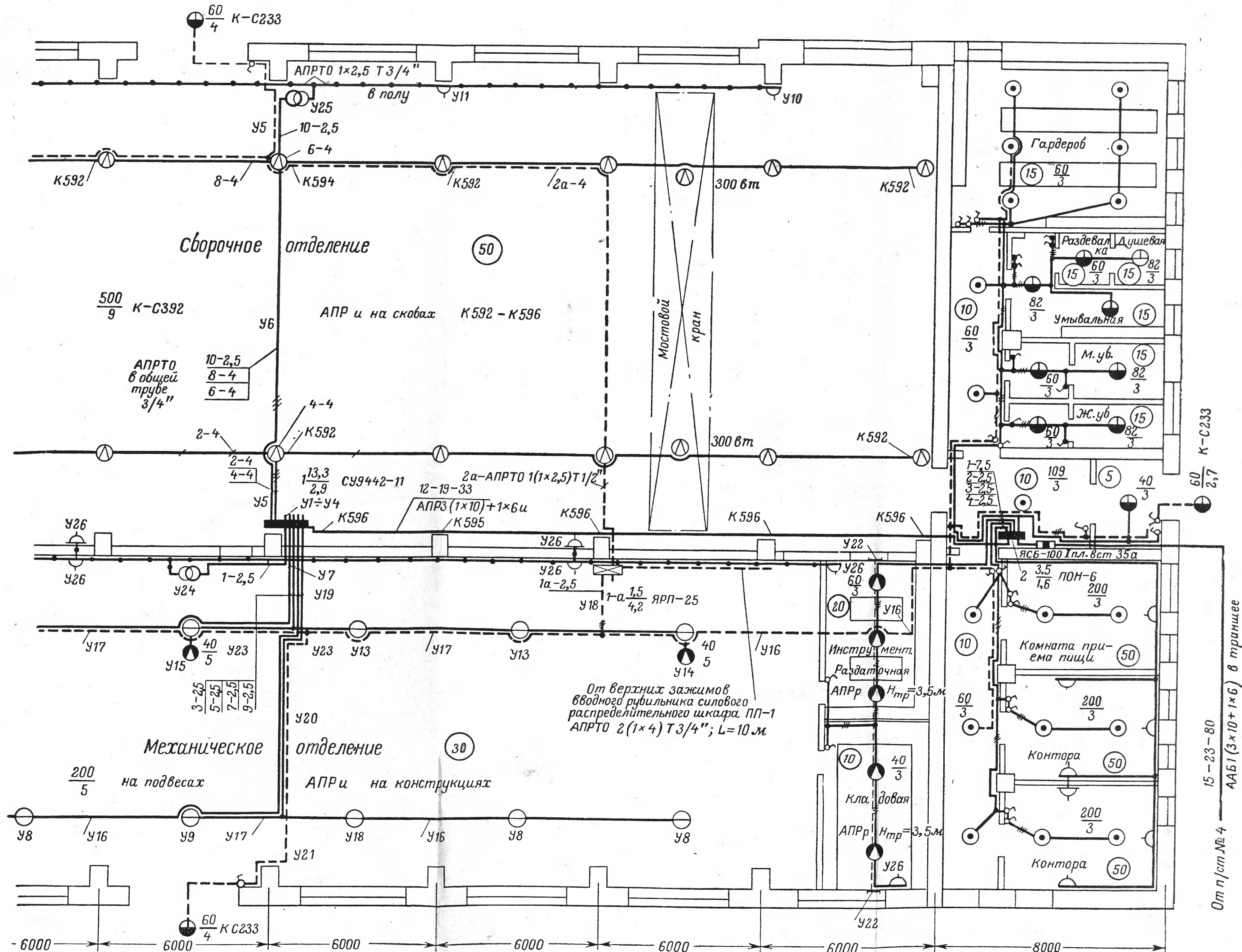


Рис. 17. Пример чертежа плана осветительной сети производственного здания.

1—условные обозначения (см. табл. 8); 2—напряжение сети общего освещения 380/220 в; 3—напряжение сети местного освещения верстаков и переносного освещения 36 в; 4—сети в производственных помещениях выполняются согласно указаний на плане; кроме того: а—всю электропроводку на высоте до 2 м защитить уголком из листовой стали; б—в качестве нулевых рабочих проводов в групповой сети использовать металлические конструкции ферм и стальные трубы электропроводки; б—групповую сеть в конторских и бытовых помещениях выполнить проводом марки АПВ скрыто: а—по стенам и перегородкам—под штукатуркой; б—поверх плит перекрытия—с заливкой провода по всей длине слоем бетона; б—номера индустриальных узлов прокладки сети и крепления электрооборудования (например, У16) соответствуют номерам узлов по спецификации изделий монтажно-заготовительного участка; 7—светильники аварийного освещения должны иметь знак, отличающий их от светильников рабочего освещения; 8—при питании групповых линий от щитка № 1 номер группы соответствует номеру автомата на щитке; 9—расцепители автоматов на щитке № 1—15 а; плавкие вставки светильников рабочего освещения; 10—при питании групповых линий от щитка № 1 номер группы соответствует номеру автомата на щитке № 1—15 а; плавкие вставки на стороне НН трансформатора—10 а, на стороне ВН—6 а.

# БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

## ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ

- Карпов Ф. Ф., Козлов В. Н., Лоодус О. Г., Автоматизация насосных установок (выпуск 39)
- Авиновицкий И. Я., Соединения кабелей (выпуск 40)
- Якобсон И. А., Опрессование контактных соединений проводов и троек (выпуск 41)
- Булавин Н. П., Селеновые выпрямители (выпуск 42)
- Ермолаев И. Н., Магнитные пускатели переменного тока (выпуск 43)
- Каминский Е. А., Звезда и треугольник (выпуск 44)
- Киселев П. Л., Вибрация электрических двигателей и методы ее устранения (выпуск 45)
- Гринберг Г. С. и Дейч Р. С., Электромонтажные изделия (выпуск 46)
- Чернев К. К., Обслуживание распределительных устройств высокого напряжения (выпуск 47)
- Плетнев Л. Ф., Реле прямого действия, их наладка и проверка (выпуск 48)
- Слонский В. В., Электродуговая сварка алюминиевых шинопроводов переменным током (выпуск 49)
- Белов Г. В., Монтаж токопроводов из шин коробчатого сечения (выпуск 50) \*
- Жуков Е. П., Монтаж проводов вторичной коммутации (выпуск 51)
- Иевлев В. И. и Рябцев Ю. И., Монтаж трансформаторов напряжением 500 кв (выпуск 52)
- Гуреев И. А., Комплектные шинопроводы цеховых электрических сетей (выпуск 53)
- Севастьянов М. И., Прокладка кабелей в промышленных и гражданских зданиях напряжением до 35 кв (выпуск 54)
- Шувалов К. И., Простейшие схемы автоматического управления электроприводами (выпуск 55)

## ГОТОВЯТСЯ К ПЕЧАТИ

- Фридкин И. А., Прокладка кабельных линий
- Гомберг А. Е., Измеритель заземления
- Демчев В. И. и Царьков В. М., Прожекторное освещение

**Цена 15 коп.**