

В помощь
проектировщику
электрооборудования

УЧЕБНО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«ВЕКТОР ПРАКТИКИ»

Васильев А.Г., Иванов С.А.

ПОШАГОВАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТА ВНУТРЕННЕГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

ПРАКТИЧЕСКОЕ
ПОСОБИЕ
С ПРИМЕРАМИ

+ CD-ROM

Санкт-Петербург, 2015 г.

УДК 628.9
ББК 31.29-5
В 191

В 191 Васильев А.Г., Иванов С.А.

Пошаговая инструкция по разработке проекта внутреннего электроснабжения. – СПб.: ООО «Заневская площадь», 2015.-80с

ISBN 978-5-990545-18-2

Настоящее пособие представляет собой пошаговую инструкцию по разработке проекта внутреннего электроснабжения. В формате таблиц, иллюстраций и текстовых пояснений представлены практические рекомендации по проектированию.

Особенностью данного издания является сочетание теоретических основ, практических рекомендаций и определений основных понятий, относящихся к разработке проекта внутреннего электроснабжения.

Книга написана на основе практического опыта авторов в области проектирования систем электроснабжения промышленных, жилых и общественных зданий, а также преподавательской деятельности.

Предлагаемая книга рассматривает вопросы оформления рабочей документации и в основном предназначена служить практическим пособием для тех, кто только начал осваивать профессию инженера-проектировщика систем электроснабжения.

Данное пособие адресовано инженерно-техническим работникам, проектировщикам, производителям электромонтажных работ, студентам технических вузов.

УДК 628.9
ББК 31.29-5
В 191

© Васильев А.Г., Иванов С.А.
© Учебно-издательский Центр
«Вектор Практики»
© ООО «Заневская площадь», 2015

ISBN 978-5-990545-18-2

Содержание

Введение	2
1. Общие требования к рабочему проекту внутреннего электроснабжения	3
1.1. Цели и задачи разработки проекта. Стадии проектирования.	3
1.2. Разделы проекта. Сравнительная таблица разделов.....	4
1.3. Выбор системы заземления.....	6
1.4. Защитные меры электробезопасности	10
1.5. Перечень основных нормативных документов	11
2. Последовательность действий при разработке рабочего проекта.....	12
2.1. Исходные данные для проектирования	13
2.2. Классификация помещений по условиям окружающей среды	14
2.3. Основные виды маркировок и классификации изделий	16
2.4. Основные требования к размещению электрощитовой продукции.....	21
2.5. Светотехнические решения и расчеты	22
2.6. Условные обозначения и надписи на планах.....	28
2.7. Понятие питающей, распределительной и групповой сети.....	32
2.8. Выбор способа прокладки проводов и кабелей.....	33
2.9. Распределение потребителей по группам электроснабжения.....	34
2.10. Требования к принципиальным схемам.....	36
2.11. Электротехнические расчеты.....	37
2.12. Учет электроэнергии	51
2.13. Система уравнивания потенциалов	53
2.14. Расчет сопротивления заземляющего устройства	55
2.15. Молниезащита	59
2.16. Пояснительная записка	62
2.17. Спецификация	63
3. Справочная информация	64
3.1. Основные требования к оформлению проекта.....	64
3.2. Условные графические и буквенно-цифровые обозначения в электрических схемах.....	66
3.3. Виды защитных и коммутационных аппаратов.....	68
3.4. Категории электроприемников по надежности электроснабжения.....	74
3.5. Типовые схемы вводных устройств.....	74
Литература	77

Введение

Данное пособие представляет собой развернутый алгоритм по разработке проекта внутреннего электроснабжения, дополненное справочной информацией по стадиям проектирования, составу разделов проекта, основным нормативным документам, системам заземления. На примерах рассматриваются светотехнические и электротехнические расчеты. Уделено внимание оформлению пояснительной записки и спецификации. Освещены разделы проекта по молниезащите и заземлению. Вопросы проектирования рассматриваются с учетом требований нормативно-технической документации. В книге обобщается практический опыт по разработке и оформлению проектной документации в области электроснабжения.

На прилагаемом к книге компакт-диске содержится пример проекта внутреннего электроснабжения, подборка нормативно-технической документации.

Авторы надеются, что книга будет полезна начинающим проектировщикам, электромонтажникам, студентам технических вузов и всем желающим систематизировать свои знания для работы с проектной документацией.

Замечания и пожелания читателей будут с благодарностью приняты. Их следует направлять через форму обратной связи на сайте: www.esprospb.ru

Авторы

1. Общие требования к рабочему проекту внутреннего электроснабжения

1.1. Цели и задачи разработки проекта. Стадии проектирования.

Электротехническая рабочая документация разрабатывается для:

- производства электромонтажных работ и изготовления электромонтажных конструкций;
- определения сметной стоимости и потребности в электрооборудовании, электромонтажных изделиях и материалах;
- обеспечения надежности электроснабжения электроустановки, безопасности и удобства ее обслуживания.

Проектирование в общем случае ведется в две стадии:

- I стадия – «Проект» (с 2009 г. «Проектная документация»)
- II стадия - «Рабочий проект» (с 2009 г. «Рабочая документация»)

Состав проекта и объем выдаваемых чертежей по I стадии («Проектная документация») определен постановлением Правительства РФ от 16.02.2008 №87 "О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию".

Состав проекта и объем выдаваемых чертежей по II стадии («Рабочая документация») определяется соответствующими ГОСТами для различных разделов рабочего проекта.

Двухстадийное проектирование (с разработкой стадии «Проектная документация») применяется для больших объектов, с целью определения сметной стоимости строительства, прохождения государственной экспертизы на предмет принципиального разрешения строительства, а также для выработки общей концепции нового строительства и дальнейшей детализации при разработке «Рабочей документации».

В данной книге рассматриваются вопросы одностадийного проектирования (разработка «Рабочей документации» без «Проектной документации»), как наиболее часто встречающийся и более общий случай. В дальнейшем под понятием «проект» мы будем понимать комплект «рабочей документации». Так как курс ориентирован на специалистов инженеров - электриков, то под рабочей документацией мы будем понимать электротехническую рабочую документацию. В таблице 1.1.1 приведен состав рабочей документации.

Таблица 1.1.1

Состав рабочей документации

Основной комплект рабочих чертежей		
Рабочая документация	Рабочие чертежи	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Общие данные: Ведомость рабочих чертежей основного комплекта, ведомость ссылочных и прилагаемых документов, ведомость основных комплектов чертежей (в ведущей марки), общие указания, условные обозначения, не установленные государственными стандартами<input type="checkbox"/> Рабочие чертежи: схемы принципиальные, схемы и таблицы подключения, планы расположения электрооборудования, прокладки электрических сетей и сетей заземления, кабельный журнал, ведомость заполнения труб кабелями, разработанные для проектируемого объекта чертежи конструкций и деталей, изготавливаемых в монтажной зоне и т.п.
	Прилагаемые документы	
	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Повторно применяемые чертежи, схемы и т.п.<input type="checkbox"/> Рабочая документация задания МЭЗ: ведомость электромонтажных конструкций, ведомость материалов и изделий для изготовления электромонтажных конструкций, чертежи электромонтажных конструкций как разработанные для проектируемого объекта, так и повторно применяемые, трубозаготовительная ведомость.<input type="checkbox"/> Эскизные чертежи общего вида НКУ	

Система заземления TN-C представлена на рисунке 1.3.1. Нулевой рабочий и нулевой защитный проводники объединены по всей сети.

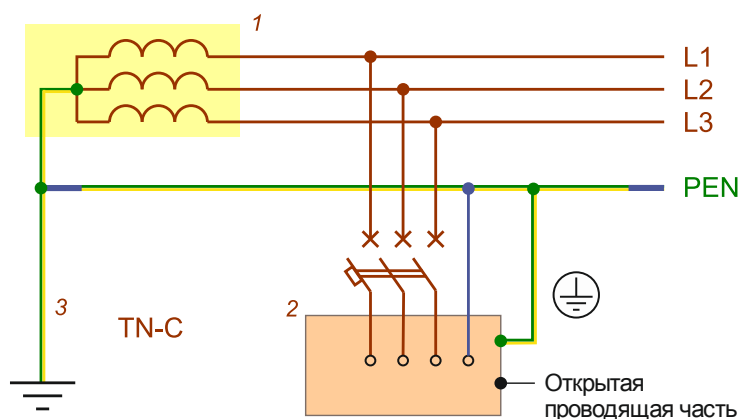


Рисунок 1.3.1. Система заземления TN-C:
1 – вторичная обмотка трансформатора, 2 – электроприемник,
3 – заземление источника питания.

Данная система заземления была распространена в России до последнего времени. Электробезопасность при косвенном прикосновении в сети TN-C – низкая, так как обеспечивается отключением токов однофазных замыканий на корпус автоматическими выключателями или предохранителями. Величины токов однофазных замыканий часто недостаточно для быстрого отключения защитных аппаратов. В сети TN-C при однофазном коротком замыкании на корпус происходит вынос потенциала на корпуса неповрежденного оборудования, что многократно увеличивает опасность поражения. Особо опасен в сети TN-C – обрыв нулевого провода, в этом случае все присоединенные к PEN шинам щитов за точкой обрыва металлические корпуса электрооборудования окажутся под напряжением, величина которого зависит от многих факторов. Согласно ПУЭ (пункт 1.7.80) не допускается применять УЗО, реагирующие на дифференциальный ток, в четырехпроводных трехфазных цепях (система TN-C). В случае необходимости применения УЗО для защиты отдельных электроприемников, получающих питание от системы TN-C, защитный PE-проводник электроприемника должен быть подключен к PEN-проводнику цепи, питающей электроприемник, до защитно-коммутационного аппарата.

Система заземления TN-S представлена на рисунке 1.3.2. В системе TN-S нулевой рабочий и нулевой защитный проводники работают раздельно. Все вышесказанное о сети TN-C справедливо и для сети TN-S, кроме того, что в сети TN-S, возможно применение УЗО, что выводит электробезопасность на допустимый уровень. Обрыв нулевого провода не влечет за собой появления опасного потенциала на корпусах электрооборудования. Следует отметить, что из-за наличия дополнительного защитного проводника сеть TN-S более дорога в исполнении, чем TN-C.

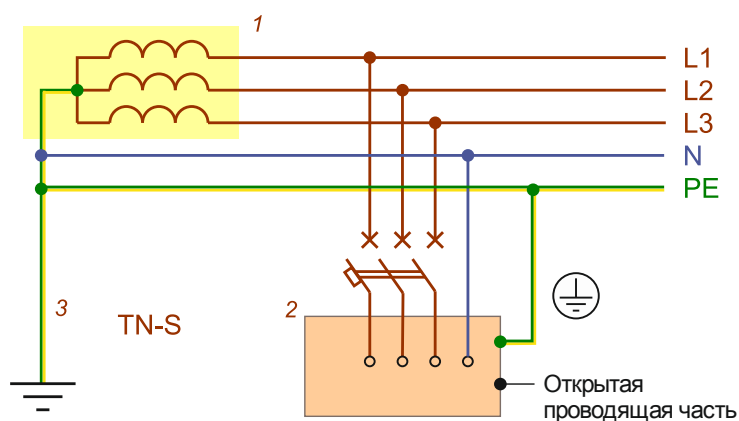


Рисунок 1.3.2. Система заземления TN-S:
1 – вторичная обмотка трансформатора, 2 – электроприемник,
3 – заземление источника питания.

Система заземления TN-C-S представлена на рисунке 1.3.3. В данной системе в части сети нулевой рабочий и нулевой защитный проводники объединены. Для этой сети будут справедливы выводы по системам TN-C и TN-S, в части касающейся “до” и “после” разделения.

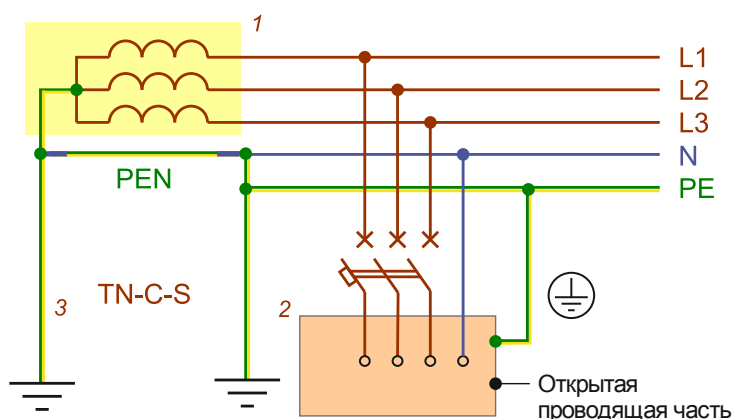


Рисунок 1.3.3. Система TN-C-S
1 – вторичная обмотка трансформатора, 2 – электроприемник,
3 – заземление источника питания.

Система заземления TT. Электробезопасность в сетях TT обеспечивается обязательным применением УЗО. Преимущество сетей TT, в том, что обязательное применение УЗО позволяет расширять электроустановку, не беспокоясь об увеличении длины проводников, и как следствие уменьшения токов короткого замыкания. Также отсутствует необходимость выполнения расчетов токов короткого замыкания или замера сопротивления петли фаза-ноль при очередном расширении электроустановки. Питающая сеть системы TT имеет точку, непосредственно связанную с землей, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к заземлителю, электрически независимому от заземлителя нейтрали источника питания. Система заземления TT представлена на рисунке 1.3.4.

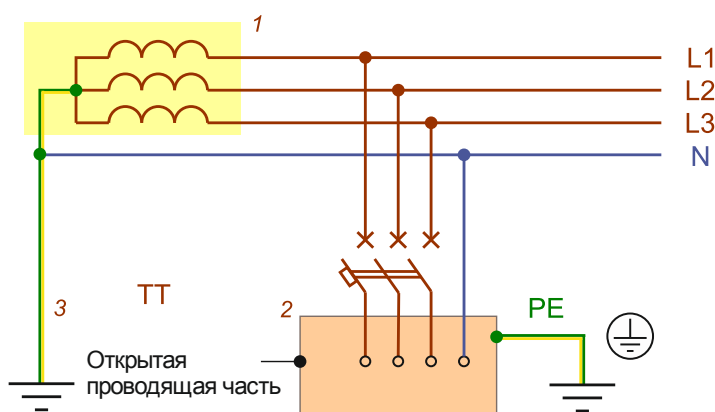
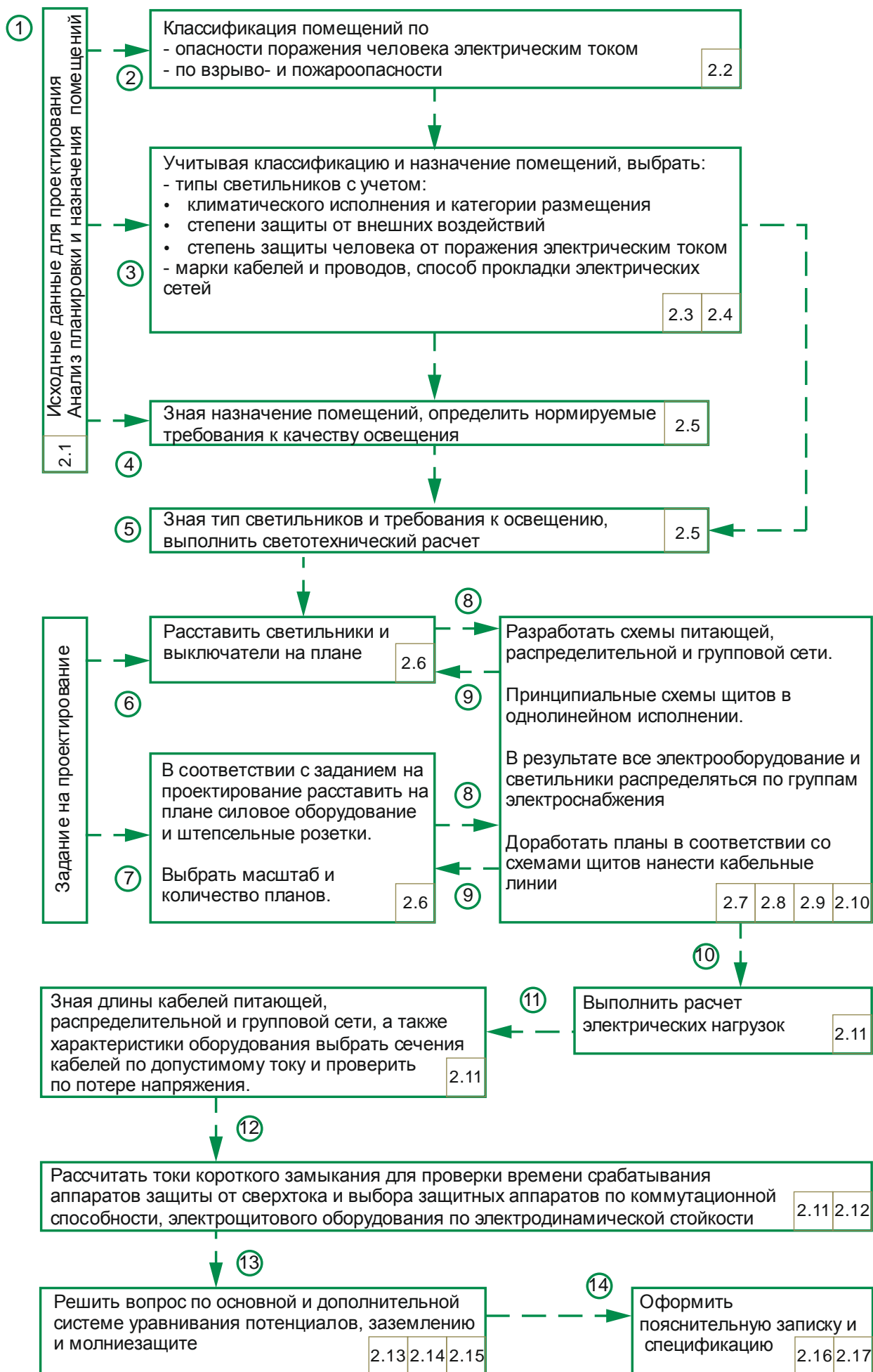


Рисунок 1.3.4. Система TT
1 – вторичная обмотка трансформатора, 2 – электроприемник,
3 – заземление источника питания.

2. Последовательность действий при разработке рабочего проекта



Пример расчета

Необходимо найти такое количество светильников в офисе со светлыми потолком, серыми стенами и темным напольным покрытием, которое обеспечит освещенность 300лк на уровне 0,8 м от пола.

Ширина – 6 м, длина – 8м, высота – 3,0 м.

Светильники ТМ «Световые технологии» – ARS/R 418.

В одном светильнике 4 люминесцентных лампы мощностью по 18 Вт.

Световой поток лампы – 1300 лм.

Выбираем коэффициент запаса равный 1,5.

Коэффициент отражения потолка – 50%, стен –30%, пола – 10%.

z - коэффициент неравномерности освещения для светильника с ЛЛ принимаем 1,1

Определим площадь помещения

$$S = a \cdot b = 6 \cdot 8 = 48 \text{ м}^2$$

Определим индекс помещения

$$i = \frac{S}{(h_1 - h_2) \cdot (a + b)} = \frac{48}{(3,0 - 0,8) \cdot (6 + 8)} = 1,55$$

Определим коэффициент использования

Зная коэффициенты отражения потолка, стен и пола, а также индекс помещения, по таблице находим коэффициент использования.

ARS 418								
Потолок	80	80	80	70	50	50	30	0
Стены	80	50	30	50	50	30	30	0
Пол	30	30	10	20	10	10	10	0
0,6	53	38	32	37	35	31	31	27
0,8	60	45	38	44	41	38	37	34
1	65	51	43	49	46	43	42	38
1,25	70	57	49	54	51	48	47	44
1,5	72	61	52	57	54	51	51	47
2	76	66	56	61	57	55	54	51
2,5	78	70	59	64	60	58	57	54
3	80	73	62	67	62	60	59	57

Коэффициент использования равен 51.

В таблицах значение коэффициентов использования указано в процентах. Соотношение процентов и десятичных дробей 51 % = 0,51.

Определяем требуемое количество светильников.

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K \cdot z}{U \cdot n \cdot F} = \frac{300 \cdot 48 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{0,51 \cdot 4 \cdot 1300} = 8,9$$

Для данного помещения требуется 9 светильников, равномерно распределенных по поверхности потолка.

Световые указатели «Выход» следует устанавливать:

- у выходов из помещений обеденных и актовых залов, аудиторий, конференц-залов и других помещений, в которых могут одновременно находиться более 100 чел.;
- у выходов из коридоров, к которым примыкают помещения с общей численностью постоянно пребывающих в них более 50 человек;
- у выходов с эстрад конференц-залов и актовых залов;
- вдоль коридоров длиной более 25 м и в общежитиях коридорного типа вместимостью более 50 чел. на этаже. При этом световые указатели должны устанавливаться на расстоянии не более 25 м друг от друга, а также в местах поворотов коридоров;
- у выходов для покупателей во всех магазинах из торговых залов общей площадью 180 м² и более и в магазинах типа супермаркетов - 110 м² и более.

Согласно СП 31-110-2003 световые указатели «Выход» должны быть присоединены к сети аварийного освещения. При наличии в указателях автономных источников питания они могут питаться от осветительной сети любого вида и устанавливаться на высоте не менее 2 метров.

В таблице 2.5.5 представлены требования нормативно-технической документации, предъявляемые к системам аварийного освещения.

Таблица 2.5.5

Требования нормативно-технической документации, предъявляемые к системам аварийного освещения	
ПУЭ Правила Устройства Электроустановок	<input type="checkbox"/> Требования к подключению аварийных светильников <input type="checkbox"/> Требования к аккумуляторным установкам
СП 52.13330-2011 Естественное и искусственное освещение.	<input type="checkbox"/> Классификация аварийного освещения <input type="checkbox"/> Правила расстановки светильников <input type="checkbox"/> Нормируемые характеристики для светильников аварийного освещения и световых указателей <input type="checkbox"/> Требование к маркировке светильников аварийного освещения буквой «А» красного цвета (п.7.113) <input type="checkbox"/> Требования освещенности <input type="checkbox"/> Определение расстояния распознавания для световых указателей (приложение В)
СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий.	<input type="checkbox"/> Проектирование освещения <input type="checkbox"/> Управление аварийным освещением
ПТЭЭП Правила Технической эксплуатации электроустановок потребителей.	<input type="checkbox"/> Требования эксплуатации аварийного освещения <input type="checkbox"/> Требования периодичности проверки системы аварийного освещения
ФЗ РФ №123. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.	<input type="checkbox"/> Требование к обеспечению автономных светильников аварийного освещения устройствами проверки их работоспособности при имитации отключения основного источника питания.
ГОСТ Р 50571.29-2009. Электрические установки зданий. Часть 5-55. Выбор и монтаж электрооборудования. Прочее оборудование.	<input type="checkbox"/> Цепи аварийного освещения
ГОСТ Р МЭК 60598-2-22-1999 Светильники для аварийного освещения	<input type="checkbox"/> Термины, используемые в аварийном освещении

2.6. Условные обозначения и надписи на планах

В соответствии со светотехническим расчетом и заданием на проектирование расставить светильники и выключатели на плане. Расставить на плане силовое электрооборудование, штепсельные розетки.

Планы размещения оборудования сети освещения наносят на строительные чертежи. При этом строительную часть вычерчивают в масштабах 1:50, 1:100, 1:200, 1:400. План расположения электроосвещения выполняется с учетом требований ГОСТ 21.608-2014.

На планы расположения сети освещения наносят и указывают:

- строительные конструкции в виде упрощенных контуров сплошными линиями;
- экспликацию помещений;
- нормируемую освещенность для каждого помещения;
- классы взрывоопасных и пожароопасных зон;
- тип, мощность, высоту подвеса и расположение светильников;
- выключатели;
- групповые щитки и их обозначения;
- линии групповой сети и сети управления освещением, их обозначения, сечения, марку и способ прокладки;
- понижающие трансформаторы;
- перечень оборудования, относящегося к электрическому освещению;
- штепсельные розетки.

Условные сокращения и надписи на планах

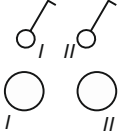
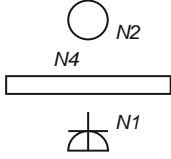
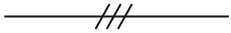
При необходимости в пояснении, рядом с графическим обозначением приводят надписи, придерживаясь определенной системы. Ряд надписей и способ их расположения установлены стандартом. Так, например, у линий указывают способ прокладки, вблизи изображения на плане устройств и электроприемников указывают номер по плану и номинальные мощности.

Порядок записи условных обозначений на планах расположения электрического оборудования внутреннего освещения приведен в ГОСТ 21.608-2014 (приложение А). Примеры распространенных обозначений на планах представлены в таблице 2.6.1.

Таблица 2.6.1

Условные сокращения и надписи на планах

Наименование	Обозначение
1. Нормируемая освещенность от общего освещения	300 лк
2. Обозначение классов взрыво- и пожароопасных зон:	
а) класс взрывоопасной зоны	
б) класс пожароопасной зоны	
3. Сведения о светильниках	
а) количество - тип $\frac{\text{количество ламп} \times \text{мощность, Вт}}{\text{высота установки, м}}$	30 - ЛПО 02 $\frac{2 \times 40}{3,5}$
б) количество - тип светильников в линии	10 - ЛПО 02 2x40
Примечание. Допускается не указывать: количество светильников при небольшом их числе в помещении; количество ламп для одноламповых светильников; высоту установки для потолочных светильников.	

Наименование	Обозначение
4. Соответствие выключателей с управляемыми ими светильниками	
5. Номер и цифры у светильников и штепсельных розеток, указывающие номера групп, к которым присоединяются светильники, линии светильников или штепсельные розетки	
6. Количество проводов в линии (например, три). Примечание. На двухпроводных линиях засечки не показываются	
7. Обозначение способов прокладки, марок проводников и сечений групповой сети в помещении указывают (через дефис) в следующем порядке: марка проводников – сечение, мм ² – способ прокладки	ВВГнг-LS –1(3x2,5) –т20
8. Надписи на линиях питающей сети и распределительной сети указывают в следующем порядке: номер линии – марка, количество и сечение проводников – способ прокладки	н1–ВВГнг –1(5x10) –т40
9. Надписи на линиях групповой сети указывают в следующем порядке: номер групп – марка, количество и сечение проводников – способ прокладки Примечание к пунктам 7-9 – На отдельных участках линий допускается указывать не все, а только необходимые данные.	N1–ВВГнг –1(3x2,5) –т20

Надписи могут быть упрощены, если в спецификации или в пояснениях на плане даны необходимые сведения.

Примеры оформления планов расположения электрического оборудования и прокладки электрических сетей представлены в ГОСТ 21.608-2014 (приложение Б).










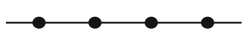

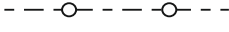
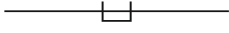
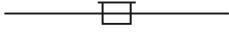


Условные графические изображения электрооборудования и проводок на планах представлены в ГОСТ 21.210-2014.

Примеры распространенных условных графических изображений на планах согласно ГОСТ 21.210-2014 представлены в таблице 2.6.2.

Примечание. При отсутствии в стандарте какого-либо обозначения его составляют, исходя из принципа работы элемента по аналогии с существующими обозначениями, поясняя обозначение на чертеже или в общих данных по рабочим чертежам.

Изображения коробок, щитков и линий проводок согласно ГОСТ 21.210-2014 представлены в таблице 2.6.3.

Таблица 2.6.3

Наименование	Изображение
1. Коробка ответвительная	
2. Коробка вводная	
3. Шкаф распределительный	
4. Щиток групповой рабочего освещения	
5. Щиток групповой аварийного освещения	
6. Щиток лабораторный	
7. Ящик с аппаратурой	
8. Линия проводки общее изображение	
9. Линия сети аварийного эвакуационного и охранного освещения	
10. Линия напряжения 36 В и ниже	
11. Линия заземления и зануления	
12. Заземлители	
13. Проводка в лотке	
14. Проводка в коробе	
15. Проводка уходит на более высокую отметку или приходит с более высокой отметки	
16. Проводка уходит на более низкую отметку или приходит с более низкой отметки	

Значения коэффициента с

Номинальное напряжение сети, В	Система сети и род тока	Коэффициент с	
		для медных проводов	для алюминиевых проводов
380/220	Трёхфазная с нулевым проводом	77	46
220	Двухпроводная переменного или постоянного тока	12,8	7,7

Суммарные потери напряжения составят:

$$\Delta U = \sum \Delta U_i, \% ,$$

где ΔU_i – потеря напряжения на i -м участке.

Согласно СП 31-110-2003 (пункт 7.23) с учетом регламентированных отклонений от номинального значения суммарные потери напряжения от шин 0,4 кВ ТП до наиболее удаленной лампы общего освещения в жилых и общественных зданиях не должны, как правило, превышать 7,5 %.

Пример расчета

Расстояние от ТП до ГРЩ офисного здания составляет 100м. По длительно допустимому току выбран кабель АПвБШп 4х95. Расчетная активная мощность $P_p=100,0$ кВт, коэффициент мощности $\cos\varphi=0,85$.

Требуется выполнить проверку сечения выбранного кабеля по потере напряжения.

Потерю напряжения находим по формуле:

$$\Delta U \% = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{10 \cdot U_n^2},$$

Определим реактивную мощность потребителя:

$$Q = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 100,0 \cdot 0,62 = 62,0 \text{ кВАр}$$

Активное сопротивление кабеля $R=0,411$ Ом/км

Индуктивное сопротивление кабеля $X=0,076$ Ом/км

Номинальное напряжение электроустановки $U_n=0,4$ кВ.

Потеря напряжения для кабеля АПвБШп 4х95 составит:

$$\Delta U \% = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{10 \cdot U_n^2} = \frac{100,0 \text{ кВт} \cdot 0,411 \text{ Ом/км} \cdot 0,1 \text{ км} + 62,0 \text{ кВАр} \cdot 0,076 \text{ Ом/км} \cdot 0,1 \text{ км}}{10 \cdot 0,4 \text{ кВ}^2} = 2,86\%$$

Потеря напряжения для кабеля АПвБШп 4х120 составит:

$$\Delta U \% = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{10 \cdot U_n^2} = \frac{100,0 \text{ кВт} \cdot 0,325 \text{ Ом/км} \cdot 0,1 \text{ км} + 62,0 \text{ кВАр} \cdot 0,077 \text{ Ом/км} \cdot 0,1 \text{ км}}{10 \cdot 0,4 \text{ кВ}^2} = 2,33\%$$

Таким образом, после проверки сечения выбранного кабеля по потере напряжения, принимаем кабель электроснабжения офисного здания АПвБШп 4х120.

Примечание. Обращаем внимание на разность понятий падения и потери напряжения. Падением напряжения будет разница между векторами напряжения в начале и конце линии. Вычисление падения напряжения для инженерных расчетов достаточно сложная задача. На практике вычисляют алгебраическую разницу между величиной напряжения в начале и конце линии, пренебрегая углом между векторами напряжения в начале и конце линии.

Правило выбора расчетных точек для расчета токов короткого замыкания

На участках, где требуется проверка (или выбор) электропитового оборудования на электродинамическую стойкость необходимо рассчитывать трехфазный ток короткого замыкания (максимальное значение) и использовать это значение для расчета ударного тока.

На тех участках, где необходимо проверить время срабатывания автоматического выключателя при однофазном коротком замыкании (ПУЭ п. 1.7.79) выполняется расчет однофазного тока короткого замыкания (минимальное значение).

Методика проведения расчета тока короткого замыкания:

- составляется расчетная схема части электроустановки;
- на основе расчетной схемы составляется схема замещения (или данные по различным элементам схемы сводятся в таблицу);
- определяются сопротивления (активные и реактивные) всех элементов схемы;
- по результирующему сопротивлению рассчитывается ток короткого замыкания.

Пример расчета тока короткого замыкания

Расчетная схема:

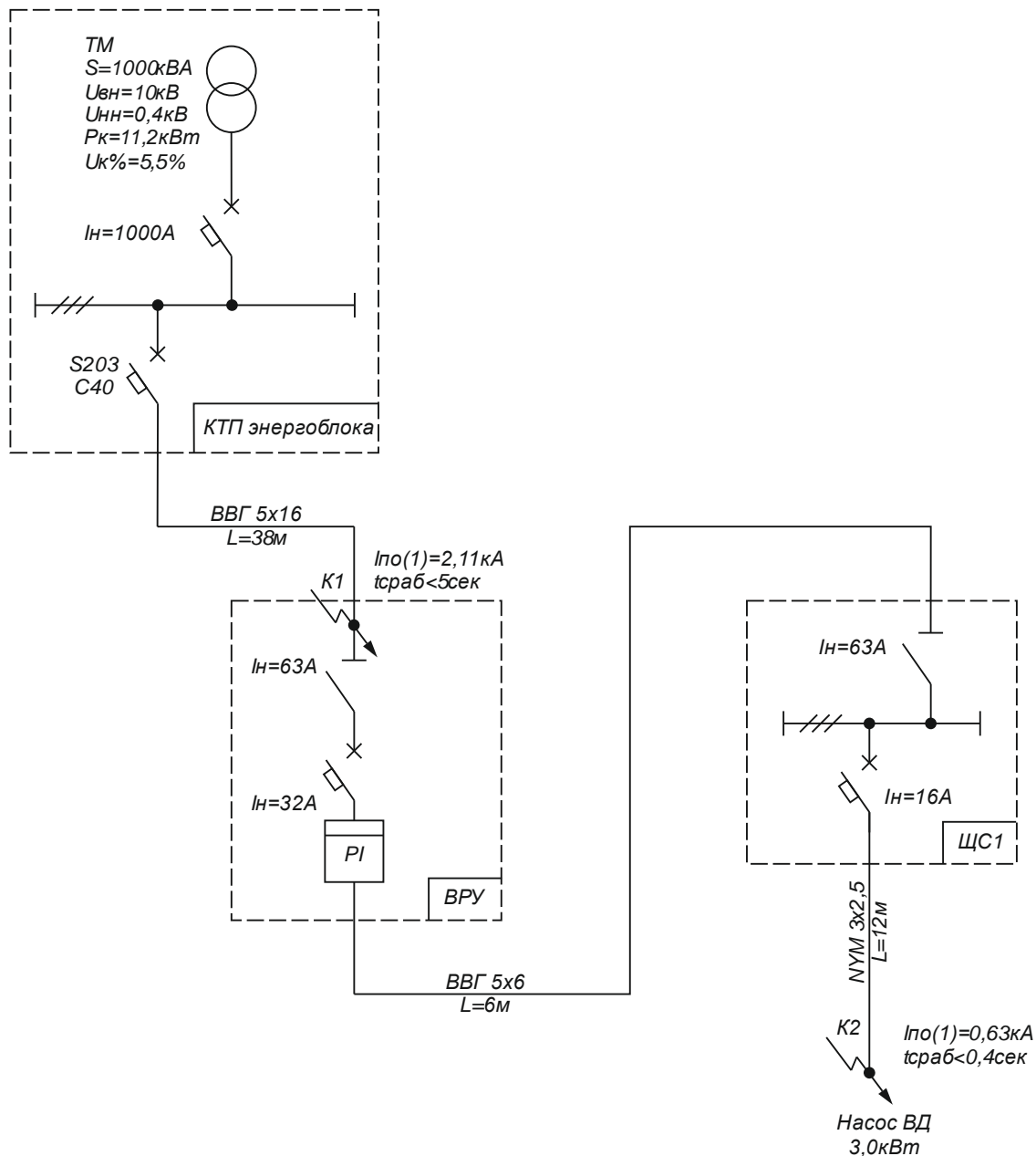


Таблица 2.11.5

Сопrotивления элементов электроустановки

№ п/п	Элемент схемы	Номинальные параметры	Сопrotивления прямой последовательности		Сопrotивления нулевой последовательности	
			X, мОм	R, мОм	X, мОм	R, мОм
1	Система	S _{к(3)} =500МВА	0,32			
2	Трансформатор	S=1000кВА U _{вн} =10кВ; U _{нн} =0,4кВ P _к =11,2кВт U _к =5,5%	8,62	1,79	8,62	1,79
3	Выключатель	I _н =1000А	0,1	0,25		
4	Выключатель	I _н =40А	4,5	7,0		
5	Кабель	ВВГ 5x16; L=38м	3,42	50,54	13,68	202,16
6	Рубильник	I _н =63А		0,5		
7	Выключатель	I _н =32А	4,5	7,0		
8	Кабель	ВВГ 5x6; L=6м	0,6	21,24	2,4	84,96
9	Рубильник	I _н =63А		0,5		
10	Выключатель	I _н =16А	4,5	7,0		
11	Кабель	ВВГ 5x6; L=6м	1,32	102,24	5,28	408,96
12	Контактные соединения кабелей	ВВГ 5x16 ВВГ 5x6 NYM 3x2,5		0,234		0,234

Точка КЗ	Сопrotивление прямой последовательности		Сопrotивление нулевой последовательности	
	X, мОм	R, мОм	X, мОм	R, мОм
К1	16,96	59,58	22,3	203,95
К2	27,88	198,294	29,98	698,104

Действующее значение периодической составляющей трехфазного тока короткого замыкания определяется по формуле:

$$I_{\text{ПО}} = \frac{U_{\text{ср.нн}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{r_{1\Sigma}^2 + x_{1\Sigma}^2}},$$

где $U_{\text{ср.нн}}$ – среднее номинальное напряжение сети, в которой произошло короткое замыкание, В; $r_{1\Sigma}$, $x_{1\Sigma}$ – соответственно суммарное активное и суммарное индуктивное сопротивление прямой последовательности цепи КЗ, мОм.

В таблице 2.11.9 представлена форма и пример заполнения таблицы расчетных электрических нагрузок

Таблица 2.11.9

Таблица расчета нагрузок

N	Наименование потребителя	P_y , кВт	K_c	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА	I_p , А
1	Внутреннее освещение	7,024	1,00	0,92	0,43	7,02	2,99	7,63	
2	Наружное освещение	2,000	1,00	0,92	0,43	2,00	0,85	2,17	
3	Гладильный аппарат	3,000	0,60	1,00	0,00	1,80	0,00	1,80	
4	Сушильные машины	8,600	0,80	1,00	0,00	6,88	0,00	6,88	
5	Стиральные машины	6,500	0,65	0,85	0,62	4,23	2,62	4,97	
6	Парогенератор	24,000	0,75	0,97	0,25	18,00	4,51	18,56	
7	Электрокаменка	9,000	0,80	1,00	0,00	7,20	0,00	7,20	
8	Тепловая завеса	3,000	0,60	1,00	0,00	1,80	0,00	1,80	
9	Розетки и бытовые приборы	10,820	0,60	0,96	0,29	6,49	1,89	6,76	
10	Щит котельной и насосы	1,150	0,80	0,80	0,75	0,92	0,69	1,15	
11	Холодильники	5,300	0,60	0,80	0,75	3,18	2,39	3,98	
12	Посудомоечная машина	3,500	0,60	0,92	0,43	2,10	0,89	2,28	
13	Духовой шкаф	6,000	0,80	1,00	0,00	4,80	0,00	4,80	
14	Вентиляция	13,200	0,90	0,85	0,62	11,88	7,36	13,98	
15	Прибор ОПС	0,100	1,00	0,80	0,75	0,10	0,08	0,13	
16	Итого	103,194	0,76	0,96	0,3	78,40	24,27	82,07	124,4
	Порядок расчета	1	6	7		2	3	4	5

$$1. P_y = \sum_{i=1}^n P_{yi}$$

$$2. P_p = \sum_{i=1}^n P_{pi}$$

$$3. Q_p = \sum_{i=1}^n Q_{pi}$$

$$4. S = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$$

$$5. I_{p_{3\phi}} = \frac{S}{3 \cdot U_\phi} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{л}} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot \cos\varphi}$$

$$I_{p_{1\phi}} = \frac{S}{U_\phi} = \frac{P_p}{U_\phi \cdot \cos\varphi}$$

$$6. K_c = P_p / P_y$$

$$7. \cos\varphi = P_p / S$$

Расчет суммарного значения тока утечки сети

При проектировании необходимо рассчитать возможную величину тока утечки в цепи при отсутствии повреждения.

Согласно ПУЭ (пункт 7.1.83), номинальный отключающий предельный ток $I_{\Delta n}$ должен быть в три раза больше суммарного тока утечки защищаемой цепи:

$$I_{\Delta n} \geq 3 \cdot I_{\Delta} ,$$

где I_{Δ} – суммарный ток утечки защищаемой цепи электроустановки, мА.

Суммарный ток утечки цепи вычисляется по формуле

$$I_{\Delta} \geq 0,4 \cdot I_n + 0,01 \cdot L$$

В результате получим

$$I_{\Delta n} \geq 3 \cdot (0,4 \cdot I_n + 0,01 \cdot L) ,$$

где I_n – номинальный ток электроустановки, А; L – длина фазного проводника от места установки УЗО до клемм потребителя, м.

Пример расчета суммарного значения тока утечки сети

Необходимо выбрать УЗО для защиты водонагревателя мощностью 2300Вт. Номинальное напряжение сети 220В. Длина линии 30м.

Определяем расчетный ток линии:

$$I_{1\phi} = \frac{S}{U_{\phi}} = \frac{P}{U_{\phi} \cdot \cos \varphi} = \frac{2300}{220 \cdot 1} = 10,45 \text{ А}$$

Для защиты линии выбираем автоматический выключатель с номинальным током 16А.

Номинальный ток УЗО выбираем на ступень выше 25А, таким образом, при перегрузке в сети, до срабатывания тепловой защиты автомата УЗО не будет перегружено проходящим через него током.

По числу полюсов выбираем двухполюсное (однофазное) устройство.

Определяем суммарный ток утечки, обусловленный утечкой в электроприемнике и питающем кабеле:

$$I_{\Delta n} \geq 3 \cdot (0,4 \cdot I_n + 0,01 \cdot L) = 3 \cdot (0,4 \cdot 10,45 + 0,01 \cdot 30) = 13,44 \text{ мА}$$

Выбираем УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током 30мА.

$$30 \text{ мА} > 13,44 \text{ мА}$$

Заземление. Молниезащита. В данном разделе указывается категория молниезащиты, к которой отнесен проектируемый объект. Приводится информация о заземляющем устройстве электроустановки и предусмотренных проектом молниезащитных мероприятиях.

Организация эксплуатации электроустановки. В разделе приводится информация о границах раздела балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности сети и потребителя. Даются указания и рекомендации об организации эксплуатации электроустановки, при необходимости расчет количества эксплуатационного персонала.

Расчет электрических нагрузок. В данном разделе приводится таблица расчета электрических нагрузок по объекту.

2.17. Спецификация

Спецификация оборудования, изделий и материалов - текстовый проектный документ, определяющий состав оборудования, изделий и материалов, предназначенный для комплектования, подготовки и осуществления строительства, проще говоря, перечень оборудования, материалов и изделий, необходимых для монтажа электроустановки по данному проекту.

Требования к оформлению спецификации оборудования изделия и материалов определены в ГОСТ 21.110-2013.

На практике спецификация оформляется в качестве прилагаемого документа на листах формата А4 или А3.

3. Справочная информация

3.1. Основные требования к оформлению проекта

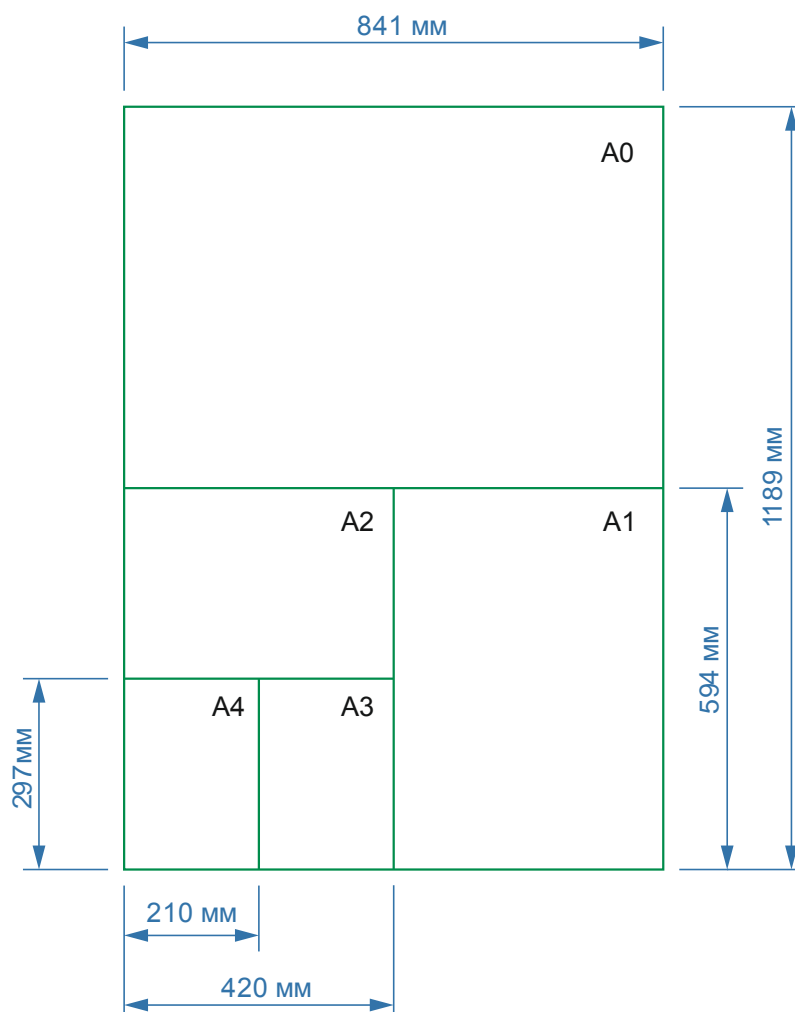
Форматы

- Рабочие чертежи, входящие в состав проекта разрабатываются на листах;
- Форматы листов принимаются в соответствии с требованиями ГОСТ 2.301-68;
- Форматы листов определяются размерами внешней рамки;
- Формат с размерами сторон 1189x841мм, площадь которого равна 1м², и другие форматы, полученные путем последовательного деления его на две равные части параллельно меньшей стороне соответствующего формата, принимаются за основные.

Обозначения и размеры сторон основных форматов указаны в таблице 3.1.1.

Таблица 3.1.1

Обозначение формата	Размеры сторон формата, мм
A0	841x1189
A1	594x841
A2	420x594
A3	297x420
A4	210x297



Допускается применение дополнительных форматов, образуемых увеличением коротких сторон основных форматов на величину, кратную их размерам.

Размеры производных форматов, как правило, следует выбирать по таблице 3.1.2.

Таблица 3.1.2

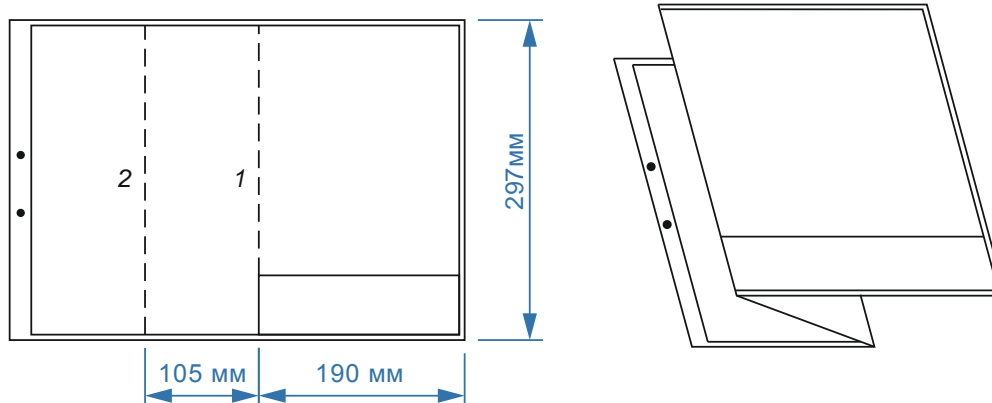
мм

Кратность	Формат				
	A0	A1	A2	A3	A4
2	1189x1682	-	-	-	-
3	1189x2523	841x783	594x1261	420x891	297x630
4	-	841x2378	594x1682	420x1189	297x841
5	-	-	594x2102	420x1486	297x1051
6	-	-	-	420x1783	297x1261
7	-	-	-	420x2080	297x1471
8	-	-	-	-	297x1682
9	-	-	-	-	297x1892

Правила складывания чертежей

Правила складывания чертежей определены ГОСТ 2.501-2013 Правила учета и хранения. Приложение Г. Рекомендуемое.

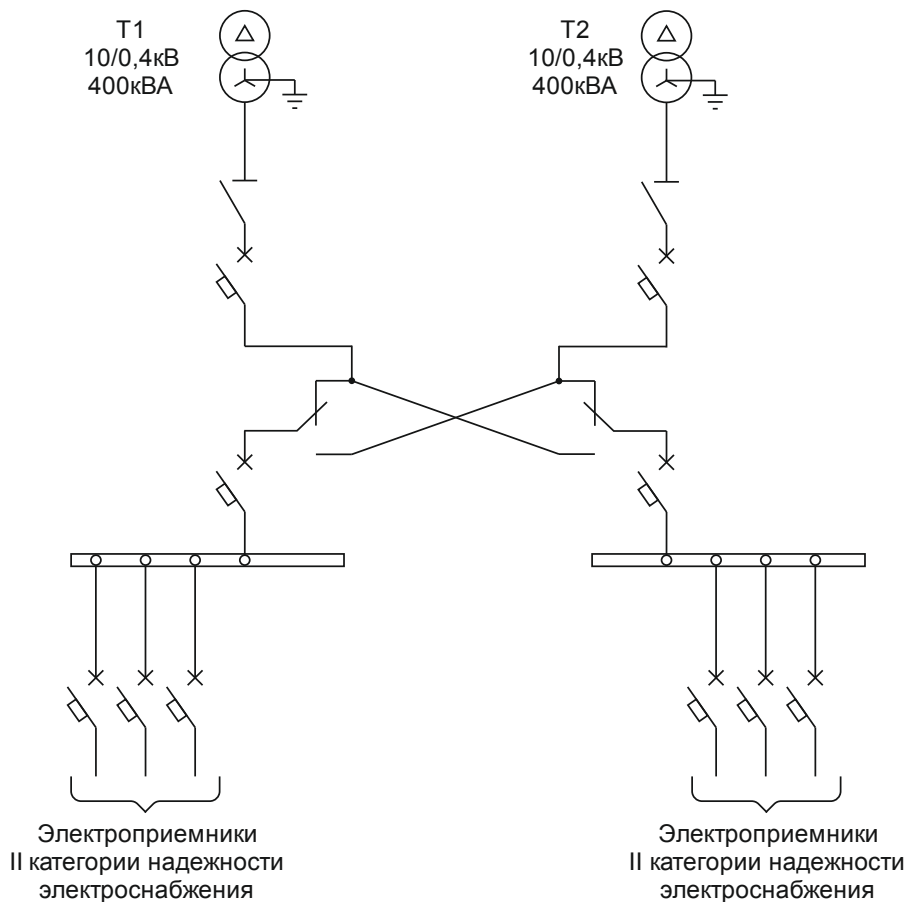
Ниже приведен пример складывания листа формата A3 (297x420) для непосредственного брошюрования.



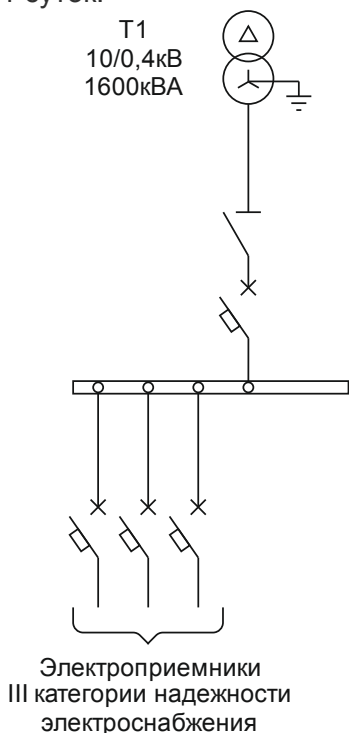
Листы чертежей после складывания должны иметь основную надпись на лицевой стороне сложенного листа.

Согласно ПУЭ (пункт 1.2.19) электроприемники **второй категории** в нормальных режимах должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания.

Для электроприемников второй категории при нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.



Согласно ПУЭ (пункт 1.2.19) для электроприемников **третьей категории** электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают 1 суток.



Литература

1. Справочная книга по светотехнике / Под общ. ред. проф. Ю. Б. Айзенберга. – 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Знак, 2007.
2. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г. М. Кнорринг, И. М. Фадин, В. Н. Сидоров - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Энергоатомиздат. 1992. - 448 с.
3. Правила устройства электроустановок. Изд.7.
4. СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий.
5. ГОСТ Р 21.1101-2013 Основные требования к проектной и рабочей документации.
6. ГОСТ 21.608-2014 Правила выполнения рабочей документации внутреннего электрического освещения.
7. ГОСТ 21.613-2014 Правила выполнения рабочей документации силового электрооборудования.
8. ГОСТ 21.210-2014 Условные графические изображения электрооборудования и проводок на планах.
9. ГОСТ 21.607-2014 Правила выполнения рабочей документации наружного электрического освещения.
10. ГОСТ 21.110-2013 Спецификация оборудования, изделий и материалов.
11. СНиП 3.05.06-85 Электротехнические устройства.
12. ГОСТ Р 50571.5.51-2013 Электроустановки низковольтные. Часть 5-51. Выбор и монтаж электрооборудования. Общие требования.
13. ГОСТ Р 50571.3-2009 Электроустановки низковольтные. Часть 4-41. Требования для обеспечения безопасности. Защита от поражения электрическим током.
14. СП 52.13330.2011 (Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*) Естественное и искусственное освещение.
15. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
16. Изменения и дополнение № 1 к СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585-10.
17. СО 153-34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций.
18. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений.
19. ГОСТ 2.755-87 Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения.
20. ГОСТ 2.710-81 Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.
21. ГОСТ 2.301-68 Форматы.
22. ГОСТ 2.302-68 Масштабы.
23. ГОСТ 2.303-68 Линии.
24. ГОСТ 2.304-81 Шрифты чертежные.