

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра электроэнергетики и электромеханики

АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

*Методические указания к курсовой работе
для студентов магистратуры направления 13.04.02*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021

УДК 621.382 (073)

АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ: Методические указания к курсовой работе / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. *В.Н. Костин., В.А. Сериков.* СПб, 2021. 36 с.

Курсовая работа закрепляет знания студентов в области проектирования систем электроснабжения объектов коммунально-бытовой сферы.

Предназначены для студентов магистратуры направления 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», направленность (профиль) «Системы электроснабжения».

Научный редактор проф. *В.А. Шпенст*

Рецензент д.т.н. *В.Ф. Минаков* (СПбГЭУ)

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания предназначены для студентов, обучающихся в магистратуре по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», специализация «Системы электроснабжения».

В соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС-2018) в рамках освоения программы магистратуры студенты должны готовиться к решению задач профессиональной деятельности, в том числе и в проектной области.

Из категории универсальных компетенций – разработка и реализация проектов студенты должны быть «способны управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла» (УК-2).

В связи с этим в процессе изучения дисциплины «Актуальные аспекты электроснабжения» студенты должны выполнить курсовую работу по проектированию системы электроснабжения объектов коммунально-бытовой сферы, к которой относятся жилые дома и различные учреждения, организации и сооружения.

Студенты-иностранцы и студенты, окончившие бакалавриат не по профилю электроснабжение, выполняют курсовую работу по теме «Электроснабжение промышленного предприятия» в соответствии с рекомендациями [6].

Кроме того, по согласованию с преподавателем, ведущим занятия, студенты могут взять и другую тему курсовой работы, но, естественно, из области электроэнергетики и электротехники.

В указаниях приведены алгоритм и необходимые справочные материалы для выполнения магистрами курсовой работы по проектированию системы электроснабжения объектов городской инфраструктуры – жилых домов, административных зданий и учреждений, предприятий общепита, торговли и пр.

Настоящие методические указания будут полезны и бакалаврам по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (профиль «Электроснабжение») при выполнении выпускных квалификационных работ проектного характера.

1. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКИ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Электроприемники жилых зданий следует подразделить на две группы:

- электроприемники квартир;
- электроприемники общедомового назначения.

К первым относятся осветительные и бытовые электроприборы; ко вторым – светильники лестничных клеток, технических подполий, чердаков, вестибюлей, холлов, служебных и других помещений, лифтовые установки, вентиляционные системы, различные противопожарные устройства, домофоны и т.п.

Электрическое освещение квартир осуществляется с помощью светильников с лампами накаливания и люминесцентными. К бытовым относятся следующие электроприборы: нагревательные, хозяйственные, культурно-бытовые, санитарно-гигиенические, бытовые кондиционеры воздуха, водонагреватели, приборы для отопления помещений.

Для освещения лестниц, вестибюлей, холлов, коридоров применяют лампы накаливания и люминесцентные. Последние имеют больший срок службы и менее чувствительны к колебаниям напряжения.

К силовым электроприемникам относятся асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором и другие электроприемники лифтовых установок. Для высотных зданий применяют лифты со специальным электроприводом, куда входит электромагнитный тормоз и аппаратура управления.

Кроме того, к силовым электроприемникам относятся электродвигатели вентиляторов и насосов, различные электромагниты для открывания клапанов и люков систем дымоудаления зданий высотой более девяти этажей, а также аппаратура связи и сигнализация.

Электроприемники общественных зданий. Общественными являются следующие здания и сооружения: различные учреждения и организации управления, финансирования, кредитования, страхования, просвещения, дошкольные, библиотеки, архивы, предприятия торговли, общепита, бытового обслуживания населения, гости-

ницы, лечебные учреждения, музеи, зрелищные предприятия и спортивные сооружения.

Все электроприемники общественных зданий условно можно разделить на две группы:

- осветительные;
- силовые.

В основных помещениях общественных зданий применяют светильники с люминесцентными лампами в исполнении, соответствующем условиям среды и выполняемой работы. Используют также металлогалогенные, натриевые, ксеноновые, светодиодные лампы для внутреннего и наружного освещения. Во вспомогательных помещениях (склады, кладовые) применяют лампы накаливания.

К силовым электроприемникам относятся электроприемники механического и теплового оборудования, холодильных машин, подъемно-транспортного оборудования, санитарно-технических установок, связи, сигнализации, противопожарных устройств и др.

Общественные здания имеют также приточно-вытяжные вентиляционные установки, широко применяются системы кондиционирования воздуха, насосы систем горячего и холодного водоснабжения. Большинство механизмов оборудовано асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором.

2. НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В соответствии с ПУЭ [3] все электроприемники по надежности электроснабжения делятся на три категории.

Электроприемники первой категории – электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, угрозу для безопасности государства, значительный материальный ущерб, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства, объектов связи и телевидения.

Из состава электроприемников первой категории выделяется особая группа электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов и пожаров.

Электроприемники второй категории – электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

Электроприемники третьей категории – все остальные электроприемники, не подпадающие под определения первой и второй категорий.

Электроприемники первой должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения допускается лишь на время автоматического восстановления питания. Для электроснабжения особой группы электроприемников первой категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого источника питания.

Электроприемники второй категории в нормальных режимах должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания. 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.

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.

Категории электроприемников по надежности электроснабжения жилых и общественных зданий отражены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Категории электроприемников по надежности электроснабжения

Дома, здания, сооружения	Категория
Жилые дома: противопожарные устройства (пожарные насосы, системы дымоудаления, пожарной сигнализации, лифты, аварийное освещение, огни светового ограждения)	I
жилые дома с электроплитами (кроме 1-8 кв. домов)	II
дома до 8 квартир с электроплитами	III
дома св. 5 этажей с газовыми плитами	II
дома до 5 этажей с газовыми плитами	III
Общезития до 50 чел. (св. 50 чел)	III (II)
Центральные тепловые пункты, электроприемники противопожарных устройств, охранной сигнализации	I
Здания с числом работающих св. 2000 чел. независимо от этажности, здания высотой более 16 этажей, а также здания учреждений областного, городского и районного значения с числом работающих св. 50 чел.	I
здания с числом работающих св. 50 чел., а также здания областного, городского и районного значения до 50 чел.	II
здания с числом работающих до 50 чел.	III
Здания лечебно-профилактических учреждений: электроприемники операционных и родильных блоков, отделений анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии, эвакуационного освещения и больничных лифтов	I
остальные электроприемники	II
Учреждения финансирования, кредитования и страхования	II
Библиотеки и архивы	II
Учреждения образования, воспитания и подготовки кадров:	II
Предприятия торговли	II
Предприятия общественного питания	II
Предприятия бытового обслуживания с числом рабочих мест св. 15	II
Гостиницы, дома отдыха, пансионаты и турбазы	II
Музеи и выставки: федерального значения	I
республиканского, краевого и областного значения	II
местного значения и краеведческие музеи	III

3. РАСЧЕТНЫЕ НАГРУЗКИ ЖИЛЫХ ДОМОВ

Нагрузки жилых зданий изменяются в течение суток, зависят от времени года и постоянно растут за счет увеличения числа и мощности приобретаемых электробытовых приборов. Правильное и обоснованное определение электрических нагрузок обеспечивает рациональный выбор числа и мощности трансформаторных подстанций, сечений проводов и кабелей, электрооборудования.

Нормативные документы [3] делят электрические сети питания жилых и общественных зданий на групповые и питающие.

Групповая сеть – это сеть от распределительных щитков, пунктов и главного распределительного щита до светильников, розеток и других электроприемников.

Питающая сеть – это сеть от распределительного устройства ТП до вводного устройства, вводно-распределительного устройства, главного распределительного щита.

Расчетную нагрузку групповых сетей освещения общедомовых помещений жилых зданий (лестничных клеток, вестибюлей, технических этажей и подполий, подвалов, чердаков и т.д.), а также жилых помещений общежитий следует определять по светотехническому расчету [8] с коэффициентом спроса, равным 1.

Расчетная нагрузка питающих линий от электроприемников квартир, определяется по формуле

$$P_{\text{кв}} = P_{\text{кв,уд}} n, \text{ кВт}, \quad (3.1)$$

где $P_{\text{кв,уд}}$ – удельная нагрузка электроприемников квартир, принимаемая по табл. 3.1 в зависимости от числа квартир, присоединенных к линии (ТП), и типа кухонных плит, кВт/квартиру.

n – число квартир, присоединенных к линии (ТП).

Таблица 3.1

Удельная расчетная электрическая нагрузка квартир, кВт/квартиру

Плиты	Количество квартир										
	1-5	6	12	18	24	40	60	100	200	500	1000
Газовые	4,5	2,8	2	1,6	1,4	1,2	1,05	0,85	0,77	0,7	0,67
Электрические	10	5,1	3,2	2,6	2,2	2	1,7	1,5	1,4	1,25	1,2

Примечания 1. Здесь и далее параметры, не указанные в таблицах, определяются путем интерполяции.

2. Удельные расчетные нагрузки квартир учитывают нагрузку освещения общедомовых помещений (лестничных клеток, подполий, технических этажей, чердаков и т.д.).

3. Удельные расчетные нагрузки приведены для типовых квартир без повышенной комфортности площадью от 35 до 90 м².

4. Расчетную нагрузку для квартир с повышенной комфортностью следует определять в соответствии с заявленной мощностью и коэффициентами спроса и одновременности (табл. 3.2 и 3.3).

Таблица 3.2

Коэффициенты спроса K_c для квартир повышенной комфортности

Заявленная мощность, кВт	До 14	20	30	40	50	60	≥ 70
Коэффициент спроса	0,8	0,65	0,6	0,55	0,5	0,48	0,45

Таблица 3.3

Коэффициенты одновременности K_o для квартир повышенной комфортности

Коэффициент K_o при числе квартир n с электроплитами										
1-5	6	12	18	24	40	60	100	200	400	≥ 600
1	0,5	0,32	0,26	0,24	0,2	0,18	0,16	0,14	0,13	0,11

Расчетная нагрузка электроприемников квартир повышенной комфортности определяется по формуле

$$P_{p\text{ кв}} = P_{\text{кв}} n K_o, \quad (3.2)$$

где $P_{\text{кв}}$ – нагрузка электроприемников квартир повышенной комфортности, определяемая по данным табл. 3.2.

Расчетная нагрузка линии питания лифтовых установок определяется по формуле

$$P_{\text{пл}} = K_{\text{сл}} \sum_1^{n_{\text{л}}} P_{ni}, \quad (3.3)$$

где $K_{\text{сл}}$ – коэффициент спроса, определяемый по табл. 4.4 в зависимости от числа лифтовых установок и этажности зданий;

$n_{\text{л}}$ – число лифтовых установок, питаемых линией;

P_{ni} – установленная мощность электродвигателя i -го лифта.

Таблица 3.4

Коэффициенты спроса $K_{сл}$ лифтовых установок

Число лифтов	$K_{сл}$ для домов этажностью	
	до 12	12 и выше
2-3	0,8	0,9
4-5	0,7	0,8
6	0,65	0,75
10	0,5	0,6

Расчетная нагрузка линий питания электродвигателей санитарно-технических устройств определяется по их установленной мощности с учетом коэффициента спроса, принимаемого по табл. 3.5 в зависимости от доли D , % установленной мощности работающего сантехнического и холодильного оборудования, включая системы кондиционирования воздуха в общей установленной мощности силовых электроприемников.

Таблица 3.5

Коэффициенты спроса

D , %	K_c при числе электроприемников						
	2	5	10	20	50	100	>100
100-85	1	0,8	0,7	0,65	0,55	0,55	0,5
84-75	-	0,75	0,65	0,6	0,55	0,55	0,5
74-50	-	0,7	0,65	0,6	0,5	0,5	0,45
49-25	-	0,65	0,6	0,5	0,5	0,45	0,45
24 <	-	0,6	0,55	0,5	0,45	0,45	0,4

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

$$P_{р.ж.д.} = P_{кв} + 0,9P_c, \quad (3.4)$$

где $P_{кв}$ – расчетная нагрузка электроприемников квартир, кВт;

P_c – расчетная нагрузка силовых электроприемников, кВт.

Коэффициенты мощности потребителей и электроприемников жилых домов приведены в табл. 3.6.

Таблица 3.6

Коэффициенты мощности $\cos\varphi$

Потребители и электроприемники	$\cos\varphi$
Квартиры с электрическими плитами	0,98
То же с бытовыми кондиционерами воздуха	0,93
Квартиры с газовыми плитами	0,96
То же с бытовыми кондиционерами воздуха	0,92
Общее освещение	0,95
Насосы, вентиляция и др.	0,8
Лифты	0,65

Общезития. Расчетную нагрузку общего освещения общежитий коридорного типа определяют с учетом коэффициента спроса K_c , принимаемого в зависимости от установленной мощности светильников P_y (табл. 3.7).

Таблица 3.7

Коэффициенты спроса

Установленная мощность, кВт	K_c
До 5	1
От 5 до 10	0,9
От 10 до 15	0,85
От 15 до 25	0,8
От 25 до 50	0,7
От 50 до 100	0,65
Свыше 100	0,6

Расчетную нагрузку линий от электроприемников, подключаемых к розеткам в общежитиях коридорного типа, определяют по формуле, кВт:

$$P_{pp} = P_{уд} n_p K_{op}, \quad (3.5)$$

где $P_{уд}$ – удельная мощность на одну розетку, при числе розеток до 100 принимаемая 0,1 кВт; свыше 100 – 0,06 кВт;

n_p – число розеток;

K_{op} – коэффициент одновременности для сети розеток, определяемый в зависимости от числа розеток (табл. 3.8).

Таблица 3.8

Коэффициенты одновременности

Количество розеток	$K_{ор}$
До 10	1
От 10 до 20	0,9
От 20 до 50	0,8
От 50 до 100	0,7
От 100 до 200	0,6
От 200 до 400	0,5
От 400 до 600	0,4
Свыше 600	0,35

Расчетную нагрузку питающих линий, вводов и на шинах РУ 0,4 кВ ТП от бытовых напольных электрических плит общежитий коридорного типа определяют по формуле, кВт:

$$P_{р.пл} = P_{пл} n_{пл} K_{с.пл}, \quad (3.6)$$

где $P_{пл}$ — установленная мощность электроплиты, кВт;

$n_{пл}$ — число электроплит;

$K_{с.пл}$ — коэффициент спроса, определяемый в зависимости от числа присоединенных плит (табл. 3.9).

Таблица 3.9

Коэффициенты спроса

Количество плит	$K_{с.пл}$
1	1
2	0,9
20	0,4
100	0,2
200	0,15

Расчетную нагрузку линий при смешанном питании от них общего освещения, розеток, кухонных электрических плит и помещений общего пользования в общежитиях коридорного типа определяют как сумму расчетных нагрузок, умноженную на 0,75.

4. РАСЧЕТНЫЕ НАГРУЗКИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Подробно расчет нагрузок общественных зданий приводится в [1, 2]. В курсовой работе допускается эти расчеты выполнять по укрупненным удельным нагрузкам, приведенным в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Укрупненные удельные электрические нагрузки и коэффициенты мощности

Характеристика здания		Единица измерения	Удельная нагрузка	cosφ
Предприятия общественного питания				
	С числом посадочных мест	кВт/место		0,95-0,98
1	до 400		1,04	
2	от 400 до 1000		0,86	
3	свыше 1000		0,75	
Продовольственные магазины				
4	Без кондиционирования воздуха	кВт/м ² торгового зала	0,23	0,85
5	С кондиционированием воздуха		0,25	
Промтоварные магазины				
6	Без кондиционирования воздуха	кВт/м ² торгового зала	0,14	0,85
7	С кондиционированием воздуха		0,16	
Образовательные учреждения				
8	Общеобразовательные школы	кВт/1 учащийся	0,25	0,95
9	Профессионально-технические училища		0,46	
10	Детские сады и ясли	кВт/место	0,46	0,96
Кинотеатры и киноконцертные залы				
11	Без кондиционирования воздуха	кВт/место	0,12	0,95
12	С кондиционированием воздуха		0,14	
13	Клубы		0,46	
Учреждения управления, проектных и конструкторских организаций				
14	Без кондиционирования воздуха	кВт/м ² общей площади	0,043	0,85
15	С кондиционированием воздуха		0,054	
Гостиницы				
16	Без кондиционирования воздуха	кВт/место	0,34	0,85-0,9
17	С кондиционированием воздуха		0,46	
18	Дома отдыха, пансионаты		0,36	
Прочие объекты				
19	Парикмахерские	кВт/рабочее место	1,5	0,97
20	Химчистки	кВт/кг вещей	0,075	0,75
21	Прачечные			

Примечания: Расчетные данные, приведенные в таблице, могут корректироваться для конкретных случаев с учетом местных условий.

Значение коэффициента мощности для потребителей общественных зданий рекомендуется принимать по табл. 4.1 и 4.2.

Таблица 4.2

Коэффициенты мощности для потребителей общественных зданий

Название объекта	cosφ
Холодильное оборудование предприятий торговли и общественного питания, насосов, вентиляторов и кондиционеров воздуха	0,65-0,85
Лифты и другое подъемное оборудование	0,65
Вычислительные центры	0,65
Освещение с люминесцентными лампами	0,92
Освещение с лампами накаливания	1,0
Рекламные установки	0,4

Если от ТП питаются несколько объектов городской инфраструктуры, то расчетную нагрузку при таком смешанном питании потребителей различного назначения (жилых домов и общественных зданий) определяют по формуле

$$P_p = P_{зд.макс} + K_1 P_{зд1} + K_2 P_{зд2} + \dots + K_n P_{зд.n}, \quad (4.1)$$

где $P_{зд.макс}$ – максимальная из нагрузок зданий, питаемых линией (трансформаторной подстанцией);

$P_{зд1}, P_{зд2}, \dots, P_{зд.n}$ – расчетные электрические нагрузки всех зданий, кроме здания с наибольшей нагрузкой, питаемых линией (трансформаторной подстанцией);

K_1, K_2, \dots, K_n – коэффициенты, учитывающие долю электрических нагрузок общественных зданий и жилых домов в наибольшей расчетной нагрузке, принимаемые по [1, 2].

Для потребителей жилых и общественных зданий компенсация реактивной мощности, как правило, не требуется.

Для местных и центральных тепловых пунктов, насосных, котельных и других потребителей, предназначенных для обслуживания жилых и общественных зданий, расположенных в микрорайонах (школы, детские ясли-сады, предприятия торговли и общественного питания и другие потребители), компенсация реактивной

нагрузки, как правило, не требуется, если в нормальном режиме работы расчетная мощность компенсирующего устройства на каждом рабочем вводе не превышает 50 кВАр.

5. ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Внутреннее электроснабжение объектов коммунально-бытового назначения осуществляется на напряжении 0,4 кВ, а внешнее электроснабжение – от городской распределительной сети 6-10 кВ. Поэтому все объекты, как правило, получают питание от ТП-10/0,4 кВ. В зависимости от мощности объекта эти ТП могут быть собственные и сторонние. В последнем случае объект небольшой мощности подключается к ТП, осуществляющей электроснабжение другого более крупного объекта.

В курсовой работе в качестве источника питания принимается ближайшая к объекту районная трансформаторная подстанция (РТП), обеспечивающая на первичной стороне собственной (сторонней) ТП мощность КЗ и уровень напряжения, указанные в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Характеристики РТП

Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Скз, МВА	100	100	105	105	110	110	115	115	120	120
U, кВ	10,3	6,1	10,4	6,2	10,2	6,2	10,4	6,1	10,2	6,2

Количество трансформаторов в ТП определяется категорией надежности электроснабжения объекта. При наличии на объекте электроприемников I и II категорий количество трансформаторов в ТП принимается не менее двух.

Мощность трансформаторов ТП рассчитывается по условию сохранения электроснабжения объекта при аварийном или плановом отключении одного из трансформаторов. При этом перегрузка оставшегося в работе трансформатора не должна превышать 40 %.

В общественных зданиях разрешается размещать встроенные и пристроенные ТП, при условии соблюдения требований санитарных и противопожарных норм. В спальнях корпусах различных уч-

реждений, в учебных заведениях не допускается сооружение встроенных и пристроенных подстанций.

В жилых зданиях в исключительных случаях допускается размещение встроенных и пристроенных подстанций с применением сухих трансформаторов по согласованию с органами государственного надзора, при этом, в полном объеме должны быть выполнены санитарные требования по ограничению уровня шума и вибрации.

Главные распределительные щиты (ГРЩ) при применении встроенных ТП должны размещаться, как правило, в смежном с трансформаторами помещении.

Расположение и компоновка ТП должны предусматривать возможность круглосуточного беспрепятственного доступа в них персонала эксплуатирующей организации. На встроенных ТП следует устанавливать не более двух масляных или заполненных негорючим экологически безопасным жидким диэлектриком трансформаторов мощностью до 1250 кВ·А каждый. Число сухих трансформаторов не ограничивается, а мощность каждого из них свыше 1250 кВ·А не рекомендуется.

ТП с масляными трансформаторами, как правило, должны размещаться на первом этаже или в цокольной части здания (выше уровня планировочной отметки земли). Двери камер трансформаторов должны располагаться на одном из фасадов здания.

Подстанции с сухими трансформаторами допускается размещать в подвалах при условии исключения возможности их затопления грунтовыми и паводковыми водами, а также при авариях систем водоснабжения, отопления и канализации.

При наличии технико-экономических обоснований допускается установка подстанций на верхних этажах здания, если обеспечивается возможность транспортирования трансформаторов.

В ТП, как правило, следует устанавливать силовые трансформаторы с глухозаземленной нейтралью со схемами соединения обмоток Y/Y_0 при мощности до 250 кВ·А и Δ/Y_0 при мощности 400 кВ·А и более. Мощность трансформаторов ТП выбирается по расчетной нагрузке объекта.

Типовые схемы городских ТП-6-10/0,4 кВ приведены в [4]. Справочные данные трансформаторов, используемых в городских сетях, приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Характеристики трансформаторов

$S_{нз}$, кВА	$U_{вн}$, кВ	$U_{вн}$, кВ	$U_{к}$, %	$\Delta P_{к}$, кВт	$X_{т}$, МОм	$R_{т}$, МОм
160	6, 10	0,4	4,5	2,6	45	16
250	6, 10	0,4	4,5	3,7	29	9,5
400	6, 10	0,4	4,5	5,5	18	5,5
630	6, 10	0,4	5,5	7,6	14	3
1000	6, 10	0,4	5,5	12,0	9	2
1250	6, 10	0,4	5,5	15,0	7	1,5

Примечание. 1. Сопротивления трансформаторов приведены к напряжению 0,4 кВ.
2. Сопротивления масляных и сухих трансформаторов практически не отличаются.

6. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Схемы электрических сетей должны строиться исходя из требований, предъявляемых к электробезопасности и надежности электроснабжения электроприемников зданий. Схемы, как с ручным управлением, так и с автоматическим (АВР), должны быть двухсекционными с межсекционным выключателем.

Число вводно-распределительных устройств или главных распределительных щитов (ВРУ, ГРЩ), предназначенных для приема электроэнергии от городской сети и распределения ее по потребителям зданий, выбирается по соображениям обеспечения надежности электроснабжения с учетом конструкции здания и по построению схемы внешнего электроснабжения.

В жилых домах ВРУ рекомендуется размещать в средних секциях. В общественных зданиях ГРЩ или ВРУ должны располагаться у основного абонента независимо от числа предприятий, учреждений и организаций, расположенных в здании.

У каждого из абонентов, расположенных в здании, должно устанавливаться самостоятельное ВРУ, питающееся от общего ВРУ или ГРЩ здания.

Нагрузка каждой питающей линии, отходящей от главного (общего) ВРУ, не должна превышать 250 А. В случае необходимости питания нагрузки свыше 250 А, должны применяться самостоятельные ГРЩ или РЩ.

При наличии в здании электроприемников первой категории по надежности электроснабжения рекомендуется выполнять питание всего здания от двух независимых источников с устройством АВР независимо от требуемой степени обеспечения надежности электроснабжения других электроприемников.

Питание аварийного освещения (эвакуационного и резервного) должно быть независимым от питания рабочего освещения и в нормальном режиме обеспечиваться электроэнергией от ввода, который не применяется для питания рабочего освещения. В частности, при двухтрансформаторной ТП рабочее и аварийное освещение присоединяются к разным трансформаторам.

Силовые электроприемники общедомовых потребителей жилых зданий (лифты, насосы, вентиляторы и т.п.), как правило, должны получать питание от самостоятельной силовой сети, начиная от ВРУ.

В общественных зданиях питающие линии силовых и осветительных сетей следует выполнять раздельными. Как в жилых, так и общественных зданиях, на вводах питающих сетей устанавливают ВРУ с аппаратами защиты, управления, учета электроэнергии.

Электроустановки торговых предприятий, учреждений бытового обслуживания населения, административно-конторских и других помещений общественного назначения, встроенных в жилые дома, следует питать отдельными линиями от ВРУ (ГРЩ) дома. При этом у каждого потребителя должно устанавливаться самостоятельное ВРУ.

Питающие линии холодильных установок предприятий торговли и общественного питания должны быть проложены от ВРУ или ГРЩ этих предприятий.

Электроприемники центральных тепловых пунктов (ЦТП) должны питаться не менее чем двумя отдельными линиями от ТП.

По одной линии следует питать не более четырех лифтов, расположенных в разных, не связанных между собой лестничных клетках и холлах. При наличии в лестничных клетках или в лифтовых холлах двух или более лифтов одного назначения они должны питаться от двух линий, присоединяемых каждая непосредственно к ВРУ или ГРЩ; при этом число лифтов, присоединяемых к одной линии, не ограничивается.

Распределение электроэнергии к силовым распределительным щитам, пунктам и групповым щиткам сети электрического освещения следует, как правило, осуществлять по магистральной схеме. Радиальные схемы следует, как правило, выполнять для присоединения мощных электродвигателей, групп электроприемников общего технологического назначения (например, встроенных пищеблоков, помещений вычислительных центров и т.п.), потребителей I категории по надежности электроснабжения.

В нормальных условиях работы сетей рекомендуется поддерживать напряжение в точке питания потребителя с отклонением от номинального значения не более $\pm 10\%$.

Суммарные потери напряжения от шин 0,4 кВ ТП до наиболее удаленного осветительного прибора общего освещения в жилых и общественных зданиях не должны, как правило, превышать 7,5%. При этом потери напряжения от ВРУ здания до наиболее удаленных светильников должны быть не более 3%, а до прочих потребителей – не более 4%.

Для потребителей жилых и общественных зданий компенсация реактивной мощности, как правило, не требуется.

Для местных и центральных тепловых пунктов, насосных, котельных и других потребителей, предназначенных для обслуживания жилых и общественных зданий, расположенных в микрорайонах (школы, детские яслисады, предприятия торговли и общественного питания и другие потребители), компенсация реактивной нагрузки, как правило, не требуется, если в нормальном режиме работы расчетная мощность компенсирующего устройства на каждом рабочем вводе не превышает 50 кВАр.

7. РАСЧЕТ ТОКОВ КЗ

Электроустановки жилых и общественных зданий напряжением до 1 кВ обычно получают питание от ТП с трансформаторами мощностью до 1250 кВА. В таких установках мощность КЗ на стороне высшего напряжения ТП в 25 и более раз превышает мощность трансформаторов. В этом случае можно считать, что на высшем напряжении ТП будет система бесконечной мощности и, следовательно, периодическая составляющая тока КЗ будет неизменной в течение всего времени существования КЗ.

При расчетах токов КЗ в установках напряжением до 1 кВ необходимо учитывать не только индуктивные, но и активные сопротивления всех элементов цепи КЗ: проводов, кабелей и шин, токовых катушек расцепителей автоматических выключателей; первичных обмоток трансформаторов тока, контактов коммутационных аппаратов.

Обычно рассчитывают ток трехфазного $I_{КЗ}^{(3)}$ и однофазного $I_{КЗ}^{(1)}$ КЗ. Ток наиболее тяжелого трехфазного КЗ необходим для проверки выбранного по напряжению установки и длительному току электрооборудования. Ток однофазного КЗ рассчитывается для выбора уставок тока срабатывания расцепителя автоматического выключателя на головном участке при КЗ в конце защищаемого участка сети.

Расчетная точка трехфазного КЗ – непосредственно за автоматическим выключателем трансформатора. Расчетная точка однофазного КЗ – конечная точка линии, защищаемой выключателем трансформатора.

Расчет параметров цепи и токов КЗ в установках напряжением до 1 кВ ведется в именованных единицах. Сопротивления цепи КЗ удобно рассчитывать в мОм. Сопротивления силовых трансформаторов, рассчитанные по известным формулам [6, 7], приведены в табл. 5.2. Сопротивления шин (или кабеля) от трансформатора до вводного автоматического выключателя ориентировочно принимаются $R_{ш} = 0,5$ мОм; $X_{ш} = 2,25$ мОм [7]. В табл. 7.1... 7.3 приведены ориентировочные значения сопротивлений катушек расцепителей максимального тока автоматических выключателей, активных переходных

сопротивлений контактов, сопротивлений первичных обмоток трансформаторов тока [7].

Таблица 7.1

Примерные значения сопротивлений катушек расцепителей максимального тока автоматических выключателей

Ном. ток расцепителя, А	100	200	400	600
X_a , мОм	0,9	0,3	0,1	0,1
R_a , мОм	1,8	0,35	0,15	0,12

Таблица 7.2

Примерные значения активных сопротивлений контактов аппаратов

Ном. ток аппарата, А	100	200	400	600
R_k , мОм	0,75	0,6	0,4	0,25

Таблица 7.3

Сопротивления первичных обмоток трансформаторов тока

Коэффициент трансформации	100/5	150/5	200/5	300/5	400/5	500/5
$X_{ТТ}$, мОм	2,7	1,2	0,67	0,3	0,17	0,07
$R_{ТТ}$, мОм	1,7	0,75	0,4	0,2	0,17	0,05

При трехфазном КЗ за автоматическим выключателем трансформатора суммарные сопротивления составят:

$$R_{\Sigma}^{(3)} = R_T + R_{ш} + R_a + R_k + R_{ТТ}; \quad (7.1)$$

$$X_{\Sigma}^{(3)} = X_T + X_{ш} + X_a + X_k + X_{ТТ}. \quad (7.2)$$

$$Z_{\Sigma}^{(3)} = R_{\Sigma}^{(3)} + jX_{\Sigma}^{(3)}. \quad (7.3)$$

Если требуется определить ток КЗ в другой точке сети, то в указанные (6-8) суммарные сопротивления следует добавить сопротивление проводов, кабелей и шинопроводов до рассматриваемой точки КЗ.

Действующее значение $I_{КЗ}^{(3)}$ периодической слагающей тока трехфазного КЗ рассчитывается по закону Ома

$$I_{КЗ}^{(3)} = 0,4 / \sqrt{3} Z_{\Sigma}^{(3)}. \quad (7.4)$$

Ударный ток трехфазного КЗ

$$i_{y.c}^{(3)} = \sqrt{2} K_y I_{КЗ}^{(3)}, \quad (7.5)$$

где K_y – ударный коэффициент.

Значение ударного коэффициента следует принимать [1, 2]:

- 1,1 – на шинах РУ-0,4 кВ ТП;
- 1,0 – в остальных точках сети.

Токи подпитки КЗ от асинхронных двигателей, присоединенных непосредственно к месту КЗ, учитываются только при определении ударного тока КЗ [7]:

$$\Sigma i_{y.d} \approx 6,5 \Sigma I_{\text{ном д}}, \quad (7.6)$$

где $\Sigma I_{\text{ном д}}$ – суммарный номинальный ток одновременно работающих двигателей.

Номинальный ток двигателя определяется через его паспортные данные

$$I_{\text{ном д}} = P_{\text{ном д}} / (\sqrt{3} U_{\text{ном}} \eta \cos \varphi), \quad (7.7)$$

где $P_{\text{ном д}}$, $U_{\text{ном}}$, η , $\cos \varphi$ – номинальные мощность, напряжение, КПД и коэффициент мощности двигателя.

Суммарный ударный ток

$$i_{y\Sigma}^{(3)} = i_{y.c}^{(3)} + \Sigma i_{y.d}. \quad (7.8)$$

Для ориентирования правильности выполнения расчетов величин тока трехфазного КЗ в табл. 7.4 приведены значения $I_{\text{кз}}^{(3)}$ непосредственно за выключателем 0,4 кВ трансформатора ТП и на расстоянии 50 м от ТП в кабельной линии с различными сечениями алюминиевых жил.

Таблица 7.4

Токи $I_{\text{кз}}^{(3)}$ в цепи 0,4 кВ за силовым трансформатором (кА)

Мощность трансформатора, кВА	Длина кабеля, м			
	0	50		
		Сечение алюминиевой жилы, мм ²		
		150	95	50
400	10	7,3	7	5
630	15	10	8	5,5
1000	22,5	12	9	6
1250	33	14	10	6,6

Известно, что при расчете тока однофазного КЗ $I_{\text{КЗ}}^{(1)}$ необходимо учитывать сопротивления как прямой, так и обратной и нулевой последовательностей. Для удобства этих расчетов в табл. 7.5 приведены результирующие сопротивления элементов $R^{(1)}$ и $X^{(1)}$, уже включающие в себя сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательности. Результирующие сопротивления $R^{(1)}$ и $X^{(1)}$ указаны по отношению к сопротивлениям R_1 и X_1 прямой последовательности.

Ток однофазного КЗ определяется по формулам

$$I_{\text{КЗ}}^{(1)} = \sqrt{3} U_{\text{ном}} / Z_{\Sigma}^{(1)}; \quad Z_{\Sigma}^{(1)} = R_{\Sigma}^{(1)} + jX_{\Sigma}^{(1)}. \quad (7.9)$$

Таблица 7.5

Сопротивления элементов при однофазном КЗ

Элемент	Активное сопротивление	Реактивное сопротивление
Трансформатор Y/Yo	$R_{\text{T}}^{(1)} = (12 \dots 18)R_{1\text{T}}$	$X_{\text{T}}^{(1)} = (7 \dots 8)X_{1\text{T}}$
Трансформатор Δ/Yo	$R_{\text{T}}^{(1)} = 3R_{1\text{T}}$	$X_{\text{T}}^{(1)} = 3X_{1\text{T}}$
Кабель 4-х жильный	$R_{\text{КБ}}^{(1)} = 3R_{1\text{КБ}}$	$X_{\text{КБ}}^{(1)} = 4,5X_{1\text{КБ}}$
Шины	$R_{\text{Ш}}^{(1)} = 3R_{1\text{Ш}}$	$X_{\text{КБ}}^{(1)} = 4X_{1\text{Ш}}$
Автоматические выключатели	$R_{\text{а}}^{(1)} = 3R_{1\text{а}}$	$X_{\text{а}}^{(1)} = 4X_{1\text{а}}$
Контакты	$R_{\text{к}}^{(1)} = 3R_{1\text{к}}$	-

8. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И СЕЧЕНИЙ ПРОВОДНИКОВ

В качестве аппаратов коммутации и защиты в электроустановках жилых и общественных зданий применяют, как правило, автоматические выключатели, практически вытеснившие из этих электроустановок плавкие предохранители. Автоматические выключатели имеют электромагнитный и тепловой расцепители. Первый позволяет отключать токи КЗ, второй – токи перегрузки.

Выбор автоматических выключателей выполняется по следующим условиям:

- по номинальному напряжению

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{уст ном}}; \quad (8.1)$$

- номинальному току расцепителя

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{раб max}}; \quad (8.2)$$

- отключающей способности

$$I_{\text{откл}} \geq I_{\text{кз}}^{(3)}; \quad (8.3)$$

- динамической стойкости

$$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{у}\Sigma}^{(3)}, \quad (8.4)$$

где $U_{\text{ном}}$ и $U_{\text{уст ном}}$ – номинальные напряжения автоматического выключателя и установки;

$I_{\text{ном}}$ и $I_{\text{раб max}}$ – номинальный ток расцепителя и максимальный рабочий ток линии;

$I_{\text{откл}}$ – предельный ток, отключаемый выключателем;

$i_{\text{дин}}$ – ток электродинамической стойкости выключателя.

Значения $U_{\text{ном}}$, $I_{\text{ном}}$, $I_{\text{откл}}$, $i_{\text{дин}}$ принимаются по справочным данным автоматических выключателей.

Сечение проводов и кабелей напряжением до 1 кВ выбираются по условию нагрева максимальным рабочим током

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{раб max}}, \quad (8.5)$$

где $I_{\text{доп}}$ – допустимый длительный ток проводника, определяемый по справочным данным с учетом условий его прокладки.

Сечение проводов и кабелей должны соответствовать выбранному аппарату токовой защиты [3].

Внутренние электрические сети жилых и общественных зданий должны иметь изоляцию не распространяющую горение и выполняться кабелями и проводами с жилами из меди или алюминиевых сплавов.

В жилых домах с квартирами, оборудованными электрическими плитами, должна быть предусмотрена отдельная групповая линия для питания однофазных электроплит, которую следует выполнять проводами или кабелями с медными жилами сечением не менее 6 мм^2 или жилами из алюминиевых сплавов сечением не менее 10 мм^2 .

Трехфазные линии в жилых домах должны иметь сечение нулевых проводников, равное сечению фазных проводников, если фазные проводники имеют сечение до 25 мм^2 , а при больших сечениях – не менее 50 % сечения фазных проводников. Сечения нуле-

вых рабочих и нулевых защитных проводников в трехпроводных линиях должны быть не менее сечения фазных проводников.

9. УЧЕТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Расчетным учетом электроэнергии называется учет отпущенной потребителям электроэнергии для денежного расчета за нее. Счетчики, устанавливаемые для расчетного учета, называются расчетными счетчиками.

Техническим (контрольным) учетом электроэнергии называется учет для контроля расхода электроэнергии внутри предприятий, зданиях и т. п. Счетчики, устанавливаемые для технического учета, называются счетчиками технического учета.

Допустимый класс точности расчетных счетчиков активной электроэнергии для жилых и общественных зданий должен быть не более 2,0. Класс точности трансформаторов тока и напряжение для присоединения расчетных счетчиков электроэнергии должен быть не более 1,0.

Расчетные счетчики электрической энергии следует устанавливать на границе балансового разграничения: на ВРУ, ГРЩ или на вводах низшего напряжения силовых трансформаторов ТП, в которых щит низшего напряжения обслуживается эксплуатационным персоналом абонента, на вводах в квартиры жилых домов.

При питании от общего ввода нескольких потребителей, обособленных в административно-хозяйственном отношении, расчетные счетчики должны быть предусмотрены для каждого потребителя (субабонента).

Для потребителей помещений общественного назначения, встроенных в жилые дома или пристроенных к ним, расчетные счетчики следует устанавливать на вводах каждого из них.

В жилых домах следует устанавливать, как правило, один однофазный или трехфазный счетчик на каждую квартиру или многоквартирный дом.

В общежитиях квартирного типа, кроме общего учета, следует предусматривать счетчики контрольного учета

электроэнергии, потребляемой каждой квартирой. На вводах предприятий и организаций общественного назначения, встраиваемых в общежития, должны устанавливаться контрольные счетчики для расчетов с основным абонентом (дирекцией общежития).

На ВРУ жилых домов должны устанавливаться счетчики для учета потребления электроэнергии общедомовым освещением, силовыми электроприемниками, встроенными помещениями и т.п. Число счетчиков определяется схемой вводных устройств и числом тарификационных групп, к которым относятся электроприемники.

Счетчики для квартир рекомендуется размещать совместно с аппаратами защиты. При установке квартирных щитков в прихожих квартир счетчики могут устанавливаться на этих щитках, допускается их установка в этажных щитках. Вопрос о месте установки счетчика должен быть согласован с местным энергосбытом с учетом типа здания и планировочных решений.

Счетчики следует выбирать с учетом их допустимой перегрузочной способности. В щитках жилых зданий должны применяться счетчики активной электроэнергии класса точности не ниже 2,0 непосредственного включения, максимальный ток которых должен быть не менее номинального тока вводного аппарата квартиры. В щитках общественных и производственных зданий, а также на ВРУ в блоках учета следует применять счетчики активной электроэнергии прямого или трансформаторного включения класса точности не ниже 2,0 для счетчиков технического учета, а для расчетных счетчиков – в соответствии с техническими нормативными правовыми актами. Максимальный ток счетчиков электроэнергии и номинальный ток трансформаторов тока должен удовлетворять номинальному току аппарата соответствующей цепи, если иное не оговорено потребителем.

Перед счетчиком, непосредственно включенным в сеть, на расстоянии не более 10 м по длине проводки для безопасной замены счетчика должен быть установлен коммутационный аппарат, позволяющий снять напряжение со всех фаз, присоединенных к счетчику.

После счетчика, включенного непосредственно в питающую сеть, должен быть установлен аппарат защиты возможно ближе к

счетчику, но не далее чем на расстоянии 3 м по длине электропроводки. Если после счетчика отходят несколько линий, снабженных аппаратами защиты, установка общего аппарата защиты не требуется.

10. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ В ЖИЛЫХ ДОМАХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ

В зависимости от опасности поражения человека электрическим током принята следующая классификация помещений, в которых размещаются электрооборудование и электроустановки [3]:

а) помещения без повышенной опасности – сухие нежаркие с непроводящими ток полами, без металлоконструкций, токопроводящей пыли; например, жилые, административные и другие общественные здания с деревянными, линолеумными и подобными полами;

б) помещения с повышенной опасностью – влажные (относительная влажность более 75 %), жаркие (температура выше 30 °С) с токопроводящими полами (железобетонными, металлическими, земляными), помещения, в которых имеется опасность одновременного прикосновения к металлическим конструкциям зданий и металлическим корпусам электрооборудования;

в) помещения особо опасные – особо сырые помещения, в которых полы, стены и потолок покрыты влагой (бани, прачечные и др.), в которых относительная влажность воздуха близка к 100 %; помещения с химически активной средой, воздействующей на изоляцию. Кроме того, к особо опасным относятся и такие помещения, в которых существуют одновременно два и более признаков повышенной опасности.

Система электробезопасности должна обеспечивать защиту человека в жилых и общественных зданиях как при прямом прикосновении к токоведущим частям электроустановки, так и при косвенном прикосновении, т.е. при прикосновении с проводящими частями, оказавшимися под напряжением при повреждении изоляции.

Для предотвращения прямого прикосновения применяются по отдельности или в сочетании следующие меры защиты [3]:

- основная изоляция токоведущих частей;

- ограждения токоведущих частей;
- размещение токоведущих частей вне зоны досягаемости.

Для дополнительной защиты от прямого прикосновения в электроустановках напряжением до 1 кВ, следует применять устройства защитного отключения (УЗО).

Для защиты от поражения электрическим током в случае косвенного прикосновения должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты [3]:

- защитное заземление;
- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;
- изолирующие (непроводящие) помещения, полы и пр.

Защитное заземление осуществляется посредством металлических электродов (труб, стержней, уголков, полос), располагаемых в земле и имеющих назначение создать электрическое соединение с землей. Эти электроды называют заземлителями, их соединение с заземляемыми частями электроустановки осуществляется с помощью заземляющих проводников. Совокупность заземлителей и заземляющих проводников представляет собой заземляющее устройство.

Для выполнения **автоматического отключения** питания в электроустановках напряжением до 1 кВ все открытые проводящие части, нормально не находящиеся под напряжением, должны быть присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания – трансформатора ТП. Наличие заземленной нейтрали при пробое изоляции создаст контур КЗ, отключаемого защитой (автоматическим выключателем).

Устройства защитного отключения (УЗО) постоянно сравнивают ток, протекающий к электроприбору с током, протекающим от электроприбора (по нейтрали) и распознает утечку из электросети по появлению разницы между входящим и выходящим токами. Когда разность токов достигает опасного для жизни человека значения (обычно это 30 мА), то УЗО отключает напряжение.

Таким образом, ток утечки, текущий через поврежденную изоляцию или через тело человека, не успевают причинить вреда, т.к. время срабатывания УЗО очень мало.

Принципиальная схема включения УЗО показана на рис. 1.



Рис. 1. Схема подключения УЗО

Основная система уравнивания потенциалов в электроустановках до 1 кВ должна соединять между собой следующие проводящие части (рис. 2) [3]:

- 1) нулевой защитный РЕ- или PEN-проводник питающей линии в системе TN;
- 2) заземляющий проводник, присоединенный к заземляющему устройству электроустановки, в системах IT и TT;
- 3) заземляющий проводник, присоединенный к заземлителю повторного заземления на вводе в здание (если есть заземлитель);
- 4) металлические трубы коммуникаций, входящих в здание: горячего и холодного водоснабжения, канализации, отопления, газоснабжения и т.п.;
- 5) металлические части каркаса здания;
- 6) металлические части централизованных систем вентиляции и кондиционирования;
- 7) заземляющее устройство системы молниезащиты;
- 8) заземляющий проводник функционального (рабочего) заземления, если такое имеется и отсутствуют ограничения на присоединение сети рабочего заземления к заземляющему устройству защитного заземления;
- 9) металлические оболочки телекоммуникационных кабелей.

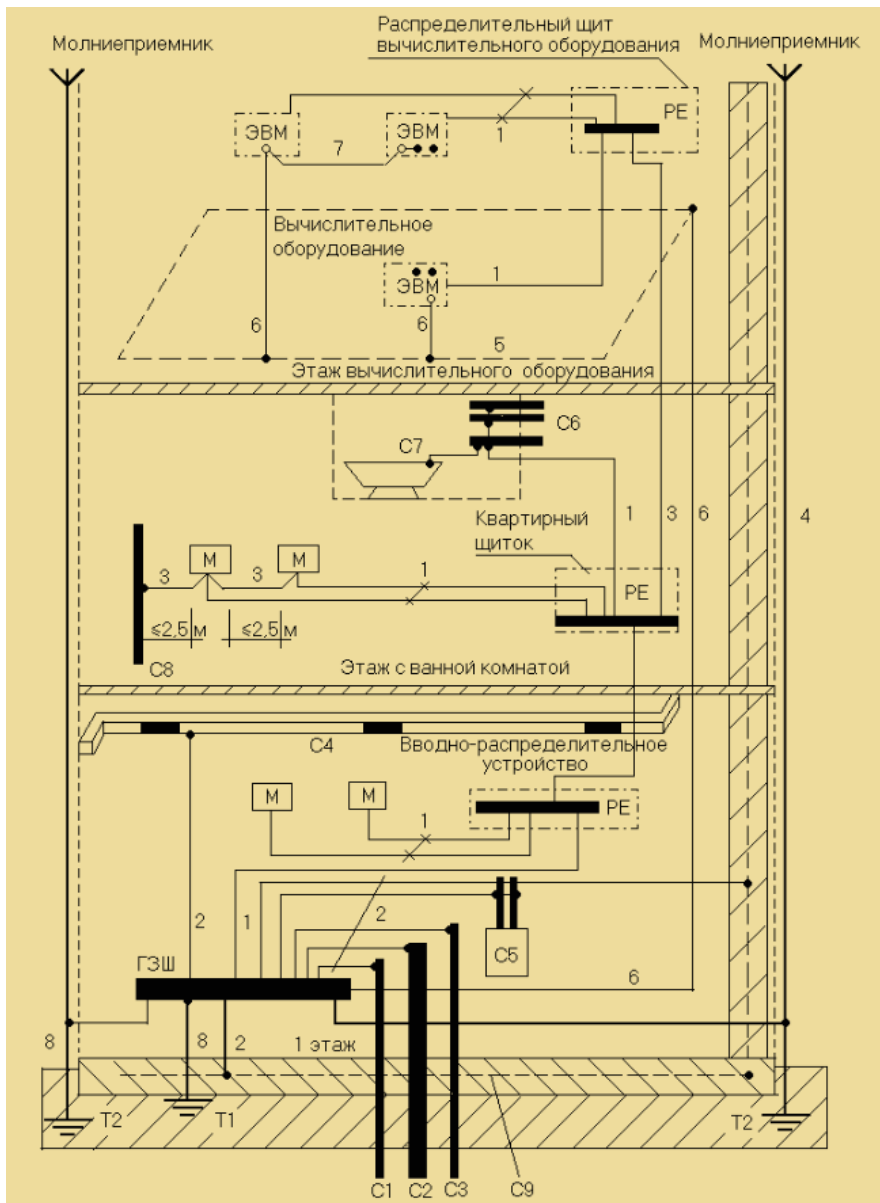


Рис. 2. Система уравнивания потенциалов в здании:

На рис. 2 обозначено:

- C1 – металлические трубы водопровода, входящие в здание;
- C2 – металлические трубы канализации, входящие в здание;
- C3 – металлические трубы газоснабжения с изолирующей вставкой на вводе, входящие в здание;
- C4 – воздухопроводы вентиляции и кондиционирования;
- C5 – система отопления;
- C6 – металлические водопроводные трубы в ванной комнате;
- C7 – металлическая ванна;
- C8 – сторонняя проводящая часть в пределах досягаемости от открытых проводящих частей;
- C9 – арматура железобетонных конструкций;
- ГЗШ – главная заземляющая шина;
- T1 и T2 – естественный заземлитель и заземлитель молниезащиты;
- 1 – нулевой защитный проводник;
- 2 – проводник основной системы уравнивания потенциалов;
- 3 – проводник дополнительной системы уравнивания потенциалов;
- 4 – токоотвод системы молниезащиты;
- 5 – контур (магистраль) рабочего заземления в помещении информационного вычислительного оборудования;
- 6 – проводник рабочего (функционального) заземления;
- 7 – проводник уравнивания потенциалов в системе рабочего (функционального) заземления;
- 8 – заземляющий проводник.

Проводящие части, входящие в здание извне, должны быть соединены как можно ближе к точке их ввода в здание.

Для соединения с основной системой уравнивания потенциалов все указанные части должны быть присоединены к главной заземляющей шине при помощи проводников системы уравнивания потенциалов.

Система дополнительного уравнивания потенциалов должна соединять между собой все одновременно доступные прикосновению открытые проводящие части стационарного электрооборудования и сторонние проводящие части, включая доступные прикосновению металлические части строительных конструкций здания, а также нулевые защитные проводники в системе TN и за-

щитные заземляющие проводники в системах IT и TT, включая защитные проводники штепсельных розеток [3].

Необходимость системы дополнительного уравнивания потенциалов обусловлена следующим. Стояки горячей и холодной воды, стояки отопления, все эти части в прошлом были сделаны из металла и опасный потенциал, случайно оказавшись на металлической части, стекал в землю. Как известно, на смену металлу пришел пластик, который такой возможности не дает – опасному потенциалу стекать некуда. Взявшись за трубу, на которой скопился опасный потенциал одной рукой, а другой за стояк, который заземлен, человек может оказаться под опасным для жизни напряжением.

Система дополнительного уравнивания потенциалов выполняется в зонах с опасной окружающей средой. В частности, эта система обязательна для ванных комнат. Однако, уравнивание потенциалов выполняется при схемах заземления TN-C-S или TN-S. В схеме заземления TN-C (отсутствует заземляющий проводник PE) в ванной комнате уравнивание потенциалов категорически запрещено.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий.
2. СП 256.1325800.2016. Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа.
3. Правила устройства электроустановок: 7-е изд. – СПб.: ДЕАН, 2004.
4. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник: учебное пособие. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2008. – 480 с.
5. Киреева Э.А., Цырук С.А. Электроснабжение жилых и общественных зданий. — М.: НТФ «Энергопрогресс», 2005. – 96 с.
6. Божков М.И., Костин В.Н. Электроснабжение: Учебно-методический комплекс / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». СПб, 2013 – 158 с.
7. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов: учеб. пособие / Е.А. Конюхова. – М.: Мастерство, 2002. – 320 с.
8. Божков М.И., Костин В.Н. Установки электрического освещения: Учебно-методический комплекс / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». СПб, 2016 – 120 с.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Справочные материалы по проводам и кабелям

<http://www.ruscable.ru/>

Справочные материалы по трансформаторам

<http://leg.co.ua/info/transformatory/>

Электронная библиотека

<http://www.twirpx.com/>

Система Online Electric

<http://www.online-electric.ru/>

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Основные электроприемники жилых и общественных зданий	4
2. Надежность электроснабжения	5
3. Расчетные нагрузки жилых домов	8
4. Расчетные нагрузки общественных зданий	13
5. Источники питания	15
6. Электрические сети жилых и общественных зданий	18
7. Расчет токов КЗ	20
8. Выбор оборудования и сечений проводников	23
9. Учет электроэнергии	25
10. Электробезопасность в жилых домах и общественных зданиях	27
Библиографический список	33

АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

*Методические указания к курсовой работе
для студентов магистратуры направления 13.04.02*

Сост.: *В.Н. Костин, В.А. Сериков*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
электроэнергетики и электромеханики

Ответственный за выпуск *В.Н. Костин*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 24.05.2021. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 2,1. Усл.кр.-отг. 2,1. Уч.-изд.л. 1,8. Тираж 75 экз. Заказ 444.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2