

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт
Факультет «Механико-технологический»
Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»

Рецензент, _____
_____/_____/_____
« ____ » _____ 2018 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой БЖД
_____/А.И. Сидоров/
« ____ » _____ 2018 г.

Пожарная опасность коммунально-бытовых электропроводок

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР

Руководитель работы, профессор
_____/А.И. Сидоров/
« ____ » _____ 2018 г.

Автор работы
студент группы П–558
_____/Д.В. Журавлев/
« ____ » _____ 2018 г.

Нормоконтролер, доцент
_____/Г.А. Полунин/
« ____ » _____ 2018 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт
Факультет «Механико-технологический»
Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»
Специальность 20.05.01 «Пожарная безопасность»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой БЖД
_____ А.И./Сидоров _____/
« _____ » _____ 2018 г.

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу

Журавлева Данила Васильевича

(Ф. И.О. полностью)

Группа П-558

1. Тема работы: Пожарная опасность коммунально-бытовых электропроводок

утверждена приказом по университету от _____ 2018 г. № _____

2. Срок сдачи студентом законченной работы: 14.06.2018

3. Исходные данные к работе: материалы преддипломной практики.

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов):

ВВЕДЕНИЕ

Глава 1. Общие сведения о бытовых электросетях.

Глава 2. Оценка пожарной опасности бытовой электросети.

Глава 3. Анализ существующих экспериментальных установок и методик проведения экспериментов.

Глава 4. Разработка экспериментального стенда для исследования коротких замыканий в коммунально-бытовых сетях.

Глава 5. Разработка методики экспериментальных исследований для коротких замыканий в коммунально-бытовых сетях.

Глава 6. Анализ результатов.

Глава 7. Мероприятия по повышению пожарной безопасности коммунально-бытовых электропроводок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Дата выдачи задания _____ **06.03.2018** _____

Руководитель _____
(подпись) (И.О.Ф.)

Задание принял к исполнению _____
(подпись студента) (И.О.Ф.)

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении руководителя
Введение	16.03.2018	
Глава 1	23.03.2018	
Глава 2	10.04.2018	
Глава 3	23.04.2018	
Глава 4	5.05.2018	
Глава 5	15.05.2018	
Глава 6	23.05.2018	
Глава 7	28.05.2018	

Заключение	01.06.2018	
Графический материал	12.06.2018	

Заведующий кафедрой _____ /А.И. Сидоров/

Руководитель работы _____ / А.И. Сидоров /

Студент _____ / Д.В. Журавлев /

АННОТАЦИЯ

Журавлев Д.В. Пожарная опасность коммунально-бытовых электропроводок. – Челябинск: ЮУрГУ, 63 с., 12 ил., 8 табл., библиографический список – 40 наим.

Выпускная квалификационная работа выполнена с целью проведения анализа пожарной опасности коммунально-бытовых электропроводок.

В данной работе рассмотрены: принципиальные схемы электроснабжения жилых зданий, характеристики и виды применяемых электропроводок, устройства защиты в системах бытового электроснабжений и их характеристики, законодательная и нормативно-правовая база в области пожарной безопасности бытовых электросетей.

Проведен анализ статистических данных в России и странах ближнего зарубежья по пожарам, причиной которых явились бытовые электропроводки. Выявлены виды повреждений в ходе эксплуатации электропроводок и причины их возгорания.

Определена модель поведения аппаратов защиты при возникновении аварийного режима работы электросети, описана их времятоковая характеристика (ВТХ).

В данной работе был разработан электротехнический стенд для моделирования коротких замыканий (КЗ) и экспериментального исследования влияния времени отключения короткого замыкания в электрических проводниках на изменение их микроструктуры.

Представлена методика экспериментальных исследований КЗ на стенде, проведен анализ результатов. По результатам выполненной работы, выдвинуты предложения по повышению пожарной безопасности коммунально-бытовых электросетей.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
Разраб.	Журавлев Д.В.				Пожарная опасность коммунально-бытовых электропроводок	<i>Лит</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Пров.	Сидоров А.И.						3	
Н. контр.	Полунин Г.А.							
Утв.	Сидоров А.И.							
						ЮУрГУ Кафедра БЖД		

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О БЫТОВЫХ ЭЛЕКТРОСЕТЯХ.....	7
1.1 Принципиальные схемы электроснабжения жилых зданий	7
1.2 Виды применяемых электропроводок	16
1.3 Средства защиты бытовых электросетей.....	21
2 ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ БЫТОВОЙ ЭЛЕКТРОСЕТИ.....	25
2.1 Анализ статистических данных и причин пожаров.....	25
2.2 Основные виды механических повреждений кабелей в бытовой электросети	32
2.3 Поведение аппаратов защиты при возникновении пожара	33
3 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСТАНОВОК.....	37
И МЕТОДИК ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ	37
3.1 Анализ существующих методик исследования медных проводников на предмет наличия следов аварийных режимов работы	37
3.2 Анализ существующих экспериментальных разработок.....	42
4 РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА.....	47
4.1 Общая схема установки.....	47
4.2 Принцип работы экспериментальной установки.....	49
5 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В КОММУНАЛЬНО- БЫТОВЫХ ЭЛЕКТРОСЕТЯХ.....	51
5.1 Моделирование первичного короткого замыкания	51
5.2 Моделирование вторичного короткого замыкания	52
6 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	54
7 МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КОММУНАЛЬНО-БЫТОВЫХ ЭЛЕКТРОПРОВОДОК	55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	58
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	59

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

ВВЕДЕНИЕ

Во всем мире 20 – 40 % пожаров в зданиях связаны с аварийными режимами работы электросетей и электропотребителей. Один из наиболее распространенных пожароопасных режимов такого рода – короткое замыкание (КЗ).

Короткое замыкание – это режим, при котором токи в местах его возникновения резко возрастают, превышая наибольший допустимый ток продолжительного режима (всякое случайное или преднамеренное, не предусмотренное нормальным режимом работы электрическое соединение различных точек электроустановки между собой или с «землей»).

На строящихся и реконструируемых объектах КЗ возникает прежде всего во временных электросетях, проложенных на время проведения строительномонтажных работ – в местах скрутки проводов, изломов жил и т.д.

Возникновению же КЗ в бытовой электросети способствуют такие факторы, как: резкий скачок напряжения, старение изоляции, механические воздействия на проводники, перетираание изоляции в местах перегибов, поломки и неисправности в работе электрооборудования. Особую опасность КЗ несут при контакте со сгораемыми конструкционными и отделочными материалами.

При установлении причины пожара особое внимание уделяется исследованию электропроводки на предмет наличия следов протекания аварийных процессов. Это связано с её потенциальной пожарной опасностью, которая обусловлена сочетанием в электрических проводниках горючей среды (изоляция проводов, оболочка кабелей и т.п.) и источников зажигания (электрическая дуга, искры, нагретые электрическим током жилы и т. п.), возникающих при работе электрооборудования в аварийных режимах.

В ходе расследования пожара и обнаружении следов аварийной работы возникают трудности в определении причастности режима работы электрооборудования к возникновению возгорания. С одной стороны, короткое замыкание с образованием искр и разбрызгиванием расплавленных частиц металла может возникнуть,

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

например, в случае нарушения целостности изоляции, и, как следствие, привести к пожару.

С другой – уже возникший на месте пожар может привести к оплавлению изоляции и короткому замыканию проводников.

В обоих случаях оплавление проводников в результате термического воздействия может происходить как в среде с повышенным содержанием кислорода, так и наоборот, в среде с его дефицитом.

Экспертные методики, изучающие причастность режима работы электросети ориентированы на исследование проводов и кабелей, проложенных открыто либо в металлических трубах. В то же время, прокладка проводов и кабелей осуществляется в кабель-каналах, пластиковых короб-каналах, металлических коробах и лотках, пластиковых и металлических гофрированных трубах и т.д. Данные способы прокладки проводов и кабелей влияют на условия тепло- и газообмена с окружающей средой, в том числе при пожаре.

Для решения ряда задач, был разработан экспериментальный электротехнический стенд, позволяющий производить моделирование КЗ в бытовых электросетях с различными видами проводников.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О БЫТОВЫХ ЭЛЕКТРОСЕТЯХ

Коммунально-бытовая электрическая сеть относится к сетям низкого напряжения – $U_{ном.} < 1\text{кВ}$ и выполняет функции распределения электроэнергии внутри здания, между групповыми квартирными потребителями и, непосредственно, внутри квартиры. Внутренняя сеть многоквартирного дома включает в себя вводно-распределительное устройство (ВРУ), вертикальные и горизонтальные участки. Внутренняя электрическая сеть жилых зданий имеет несколько принципиальных схем построения.

1.1 Принципиальные схемы электроснабжения жилых зданий

На выбор схемы построения электрической сети влияет ряд факторов, основными из которых являются :

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

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

Напряжение сети. В коммунально-бытовых электросетях применяется напряжение 380/220 В с глухим заземлением нейтрали трансформаторов на питающей подстанции. Это напряжение является наиболее экономичным для жилых и общественных зданий. На это напряжение рассчитано большинство бытовых электроприборов. Крайне редко в крупных зданиях со встроенными магазинами, зрелищными и другими предприятиями применяется напряжение более высокого уровня.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Экономичность. Экономичность является важным фактором выбора схемы электроснабжения как по затратам денежных средств на монтаж и эксплуатацию, так и по расходу цветного металла кабельной продукции.

Надежность электроснабжения. Требования к надежности электроснабжения регламентированы Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) и Строительными нормами и правилами (СНИП) [6-8].

В жилых зданиях к первой категории надежности относятся пожарные насосы, устройства дымоудаления и другие противопожарные устройства, лифты, эвакуационное и аварийное освещение домов высотой 17 этажей и более. Остальные группы электроприемников в этих зданиях относятся ко второй категории. В домах высотой от 6 до 16 этажей с газовыми плитами, а также электроприемники в домах любой этажности с электроплитами и водонагревателями относятся ко второй категории.

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

Простота и удобство обслуживания. Должно уделяться достаточное внимание удобству эксплуатации и простоте схемы. Часто эти требования возвышаются над требованиями по экономичности. Следовательно, вытекает необходимость удобного расположения ВРУ, этажных и групповых квартирных электрощитов, обеспечивающих наиболее простой ввод питающих линий, прокладку внутриквартирной сети, а также безопасность ее обслуживания. Схема сети строится из соображения легкого обнаружения поврежденного участка сети и его замены с возможным отключением небольшого количества потребителей.

Конструктивные особенности здания оказывают прямое влияние на разработку схемы электроснабжения. Часто, сложность состоит в том, что в жилое здание встраиваются различные предприятия и учреждения, и схема сети усложняется в связи с необходимостью комплексного питания потребителей собственно здания и встроенных помещений. При этом она должна отвечать требованиям надежности снабжения всех потребителей. При построении схемы внутренних сетей очень важ-

но учитывать решения строительных конструкций зданий для осуществления электромонтажных работ.

Таким образом, построение рациональной схемы электрической сети должно учитывать данный комплекс факторов, определяющих ее параметры. Оценка и выбор схемы могут производиться только по совокупности всех показателей применительно к конкретным условиям зданий и помещений.

По принципу построения схемы электросети подразделяются на разомкнутые и замкнутые [18]. Разомкнутая сеть состоит из разветвленных линий к электроприемникам или их группам и получает питание с одной стороны. Пример разомкнутой схемы питающей сети квартир одной секции жилого дома представлен на рисунке 1.1. Основным недостатком разомкнутой сети заключается в том, что при аварии в любой точке сети прекращается питание всех потребителей, находящихся (подключенных) за аварийным участком.

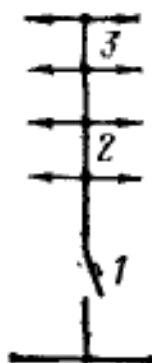


Рисунок 1.1 – Схема разомкнутой питающей сети секции жилого здания:
1-автоматический выключатель; 2-стояк; 3-ввод в квартиру

В разомкнутой сети в различное время суток поддержание необходимого уровня напряжения затруднительно. По этим причинам, несмотря на свою простоту, разомкнутые сети не всегда являются оптимальными, что особенно сказывается при высоком уровне нагрузок и большом числе электропотребителей.

Замкнутая сеть, как правило, имеет несколько источников питания, действующих одновременно. На рисунке 1.2 дан пример замкнутой сети одной секции

жилого дома. Преимущество замкнутой сети состоит в том, что токораспределение в ветвях, всегда является оптимальным и не зависит от изменения нагрузки.

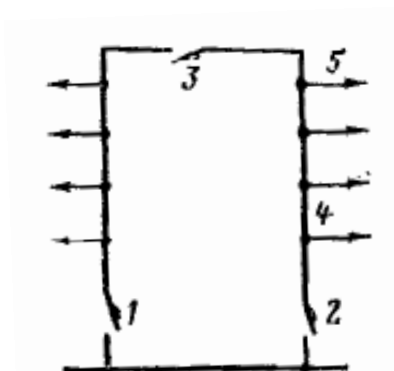


Рисунок 1.2 – Схема замкнутой питающей сети жилого дома:

1,2-автоматические выключатели;
3-автоматический выключатель (слабая связь);
4-стояк; 5-ввод в квартиру

Таким образом, в замкнутой сети идет непрерывный процесс выравнивания напряжения, позволяющий улучшить качество электроэнергии. В разомкнутой сети обычно не удастся достигнуть оптимума при тех же затратах. В замкнутой сети достигается уменьшение влияния асимметрии нагрузок в различных фазах благодаря автоматическому перемещению точки токораздела, что имеет немаловажное значение при случайном сочетании нагрузок. Следует отметить, что в замкнутой сети происходит некоторое снижение суммарного максимума нагрузок по сравнению с разомкнутой сетью.

В основном, схемы распределения электроэнергии внутри жилых зданий зависят от степени надежности электроснабжения, планировки здания, числа этажей, количества секций, наличия подвала и смежных учреждений (магазины, мастерские, ателье, парикмахерские и т. п.). Эти схемы имеют общий для всех принцип построения. В каждом многоквартирном здании на вводе линии устанавливается ВРУ для присоединения внутренней электросети здания к внешним линиям электроснабжения, а также для распределения электроэнергии внутри здания и защиты отходящих линий от коротких замыканий и перегрузок. Для электроснабжения квартир от ВРУ отходят питающие линии, состоящие из горизонтальных и вертикальных (стояков)

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

участков. К горизонтальному участку каждой линии присоединяются один или несколько стояков. Однако следует учитывать, что в случае короткого замыкания на одном из стояков сработает защита на ВРУ, и питающая линия отключится целиком, при этом без питания останутся все квартиры данной линии. В целях повышения надежности электропитания квартир и безопасности выполнения ремонтных работ на каждом ответвлении к стояку устанавливается аппарат защиты. Схема установки аппарата защиты представлена на рисунке 1.3.

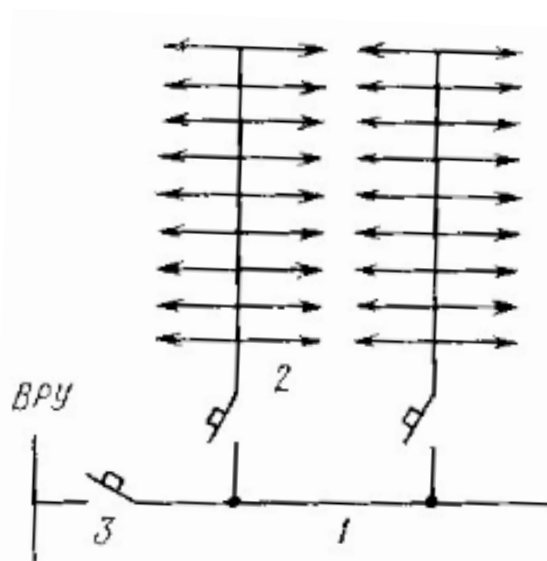


Рисунок 1.3 – Схема питающей линии в многосекционном здании:
1-питающая линия; 2-стояки; 3-аппарат защиты

Так же от ВРУ отходят внутридомовые линии, питающие освещение коридоров, подъездов, лестничных клеток, а также электродвигатели лифтов, насосов и вентиляторов системы дымоудаления и вентиляции [34]. Принципиальная схема электроснабжения 16-этажного односекционного жилого дома приведена на рисунке 1.4.

На схеме видно, что питание электропотребителей здания осуществляется двумя резервирующими друг друга кабелями, рассчитанными на питание (в аварийном режиме) всех его нагрузок. При отказе одного все электропотребители с помощью переключателей 2, установленных на ВРУ, подключаются к другому рабочему

кабелю. Для защиты ВРУ от короткого замыкания (КЗ) на вводах установлены плавкие предохранители 3.

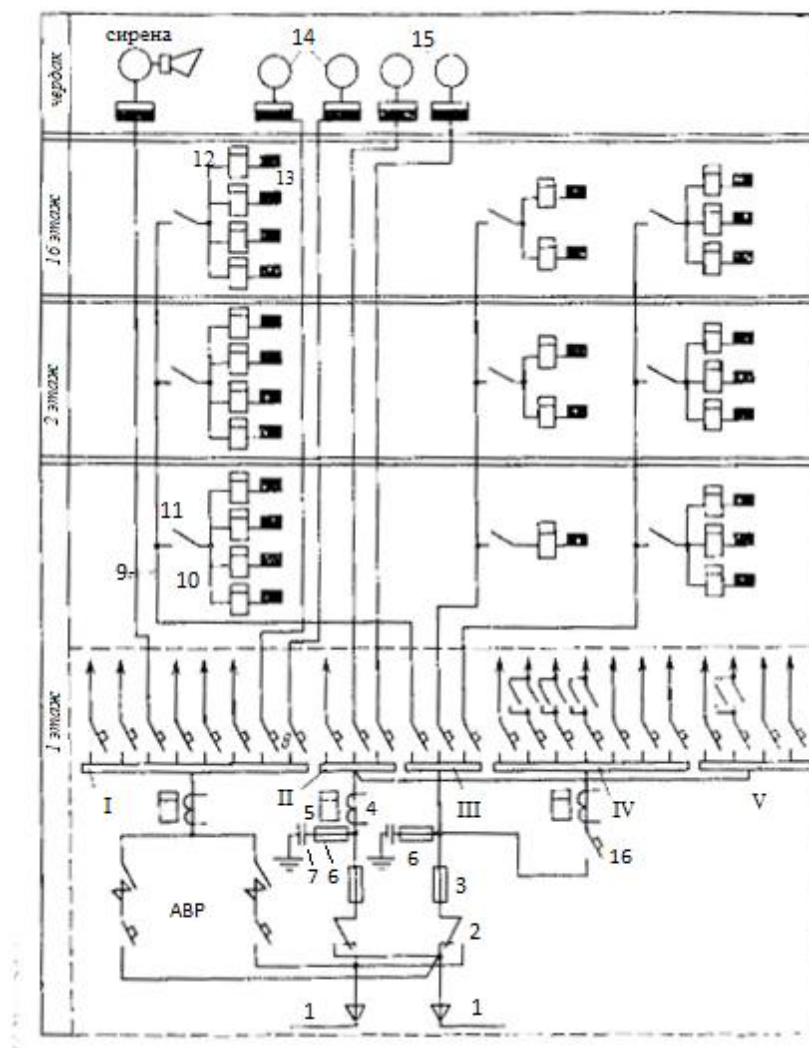


Рисунок 1.4 – Принципиальная схема электроснабжения 16-этажного I-секционного жилого дома

Для учета расхода электроэнергии общественного назначения (рабочее и аварийное освещение лестничных клеток, подвалов, чердачных помещений и лифтов) устанавливается трехфазный счетчик 5, подключенный через трансформаторы тока 4. В целях подавления шума и помех на каждой фазе вводов устанавливается по одному помехозащитному конденсатору типа КЗ-05 емкостью 0,5 мкф. Конденсаторы 7 заземлены и имеют предохранители 6. Отходящие от ВРУ линии защищены автоматическими выключателями 8. К стоякам 9 (секция III), питающим квартиры, подключены этажные квартирные щитки, установленные в электрошкафах 10, размещенных на лестничных клетках (ЛК). На каждую группу квартир устанавливается

один трехполюсный выключатель 11, который подключен к двум фазам и нулевому проводу стояка. Помимо этого, в электрошкафу устанавливают однофазные квартирные счетчики 12 и групповые щитки 18 с автоматическими выключателями для защиты групповых линий квартир. К специальной панели (секция I), на которой предусмотрено устройство АВР (автоматическое включение резерва), подключаются вентиляторы системы дымоудаления 14, щитки системы оповещения и управления эвакуацией. Подключением этой панели к двум вводам до переключателей 2 с помощью устройства АВР всегда обеспечивается ее бесперебойное электроснабжение. От секции II по питающим линиям запитаны лифтовые установки 15 и эвакуационное освещение. К секции III через автоматический выключатель 16 и приборы учета подключена секция IV, от которой питаются общедомовые помещения. От панели V питается аварийное освещение машинного отделения лифтов и электрощитовой.

В каждую квартиру с газовыми плитами, независимо от количества комнат, для питания осветительных и бытовых электроприборов проложены две однофазные группы проводов сечением 2,5 мм². Одна группа питает штепсельные розетки, другая – общее освещение. Допускается и смешанное питание, при этом штепсельные розетки, установленные в квартире, должны присоединяться к разным групповым линиям. Там, где есть кухонные электрические плиты, для их питания предусматривается третья групповая линия.

Нормами регламентировано количество штепсельных розеток, устанавливаемых в квартирах: в жилых комнатах и общежитиях – одна розетка на каждые 6 м² площади комнаты; в коридорах квартир - одна розетка на каждые 10 м² площади; в общей комнате квартир, оборудованных кондиционерами – дополнительная розетка на ток 10 А для подключения кондиционера. В кухнях квартир площадью до 8 м² – три штепсельные розетки на ток 6 А, а 8 м² и более – четыре для подключения холодильника, бытовых приборов и вытяжки. Одна штепсельная розетка с заземляющим контактом: на ток 10 А для подключения бытового прибора мощностью до 2,2 кВт, на ток 25 А для подключения бытового электроприбора

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

мощностью до 4 кВт или электроплиты мощностью до 5,8 кВт, на ток 40 А для подключения электроплиты мощностью от 5,9 до 8 кВт.

Штепсельные розетки требуется устанавливать на высоте 0,8 – 1 м от пола. При скрытой проводке розетки разрешается устанавливать на высоте 0,3 м от пола, а также непосредственно над плинтусом, но с защитными устройствами, закрывающими гнезда.

Горизонтальные линии, отходящие от ВРУ и питающие электроприемники квартир, лестничных клеток, лифтовых установок и т. д., могут выполняться проводами марок ВВГнг, ВВГ-Пнг и ПУВ(ПВ1), прокладываемых под полом технического этажа или в подвале открыто в тонкостенных металлических и виниловых трубах или в коробах и лотках. Характеристики данных марок проводов приведены на рисунке 1.5. При отсутствии в здании таких помещений эти линии принято прокладывать под полом первого этажа.

Вертикальные линии (стояки) выполняются проводами тех же марок, но прокладываются скрыто в каналах стен лестничных клеток или по поэтажным коридорам (карманам). В крупноблочных и крупнопанельных зданиях стояки прокладываются в каналах, выполненных на заводе в стеновых бетонных электропанелях или электроблоках.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

НАЗНАЧЕНИЕ	МАРКА	РАЗМЕР
Прокладка одиночных кабельных линий в помещениях и кабельных сооружениях	ВВГ на напряжение 0,66 кВ	от 1 до 5 жил сечением от 1,5 до 16 мм. кв.
	ВВГ-П (плоский) на напряжение 0,66 кВ	2 или 3 жилы сечением от 1,5 до 16 мм. кв.
Групповая прокладка кабельных линий в кабельных сооружениях наружных (открытых) электроустановок (кабельные эстакады, галереи)	ВВГнг(А) на напряжение 0,66 кВ	от 1 до 5 жил сечением от 1,5 до 16 мм. кв.
	ВВГ-Пнг(А) (плоский) на напряжение 0,66 кВ	от 1 до 5 жил сечением от 1,5 до 16 мм. кв.
Групповая прокладка кабельных линий в кабельных сооружениях и помещениях, для прокладки в жилых и общественных зданиях	ВВГнг(А)-LS на напряжение 0,66 кВ	от 1 до 5 жил сечением от 1,5 до 16 мм. кв.
	ВВГ-Пнг(А)-LS (плоский) на напряжение 0,66 кВ	2 или 3 жилы сечением от 1,5 до 16 мм. кв.
Электропроводка в офисных помещениях, образовательных учреждениях, больницах, спортивных сооружениях, метро	ППГнг(А)-HF на напряжение 0,66 кВ	от 1 до 5 жил сечением от 1,5 до 16 мм. кв.
Прокладка в стальных трубах, коробах, на лотках и др. для монтажа электроцепей	ПуВ(ПВ1) – провод одножильный с медной жилой, с изоляцией ПВХ, без оболочки на напряжение 450/750 В	1 жила сечением от 0,5 до 16 мм. кв.
То же для монтажа электроцепей, где требуется повышенная гибкость	ПуГВ(ПВз) – провод одножильный с гибкой медной жилой, с изоляцией из ПВХ, без оболочки на напряжение 450/750 В	1 жила сечением от 0,5 до 16 мм. кв.
Прокладка под штукатуркой, в бетоне, кирпичной кладке, в пустотах строительных конструкций, открыто по поверхности стен, потолков и др., для монтажа электрических цепей	ПуВВ (ПВВ) – провод одно-двух- и трехжильный, с медными жилами, с изоляцией и оболочкой из ПВХ пластика	1 жила сечением от 0,5 до 16 мм. кв. либо 2 или 3 жилы сечением от 0,5 до 4 мм. кв.
То же, для монтажа электрических цепей, где требуется повышенная гибкость	ПуГВВ – провод одножильный, с гибкой медной жилой, с изоляцией и оболочкой из ПВХ на напряжение 450/750 В	1 жила сечением от 0,5 до 16 мм. кв.
Прокладка в осветительных сетях, монтаж и присоединение приборов, бытового назначения, прокладки, под штукатуркой, в бетоне, кирпичной кладке, в пустотах, строительных конструкций, а также, открыто по поверхности стен, и потолков и др. конструкциях, для монтажа электрических цепей	КувВ – кабель с медными жилами, с изоляцией и оболочкой из ПВХ на напряжение 450/750 В	число жил от 2 до 5 сечением от 0,75 до 16 мм. кв.
То же, для монтажа электрических цепей, где требуется повышенная гибкость	КугВВ – кабель с гибкими медными жилами, с изоляцией и оболочкой из ПВХ на напряжение 450/750 В	число жил от 2 до 5 сечением от 0,75 до 16 мм. кв.

Рисунок 1.5 – Характеристики марок кабелей с алюминиевыми жилами

Питающие линии лифтов прокладываются либо в специальных каналах, либо в трубах в шахтах лифтов. Если несколько лифтов подключено к одной питающей линии, то для присоединения последующих прокладывается магистраль по чердаку или в кровле в трубах. Групповая квартирная сеть выполняется плоскими проводками. Прокладка данных проводов производится без труб в слое подготовки пола, под штукатуркой потолков и стен, в щелях и пустотах строительных конструкций, а также в каналах, образуемых при производстве гипсобетонных, железобетонных и других панелей на заводе.

Если создание каналов в строительных конструкциях затруднено, групповая квартирная сеть закладывается в толщу железобетонных, газобетонных и керамзитовых конструкций в процессе их изготовления на заводе. Такая проводка на практике называется «замоноличенная» так как является несменяемой. Применение данного вида проводки накладывает некоторые ограничения, в частности, их запреща-

ется закладывать в конструкции, в которых бетонные смеси имеют добавки, оказывающие разрушительное действующие на жилы и изоляцию проводов (алюминат натрия, поташ и т. п.).

В настоящее время применяется прокладка электропроводки в плинтусах, ее можно легко сменить, она удобна для монтажа, обслуживания и эксплуатации.

1.2 Виды применяемых электропроводок

Токопроводящие жилы кабелей могут выполняться из меди или алюминия. Внутренние электрические сети должны быть не распространяющими горение и выполняться кабелями и проводами с медными жилами в соответствии с требованиями 2.1 и 7.1 ПУЭ [6]. Питание отдельных электроприемников, относящихся к инженерному оборудованию зданий (насосы, калориферы, вентиляторы и т.п.), кроме оборудования противопожарных установок, допускается выполнять проводами и кабелями с алюминиевыми жилами сечением не менее $2,5 \text{ мм}^2$. По форме сечения жилы изготавливаются круглыми, секторными или сегментными. Для бытовой сети используются кабели с жилами круглого сечения. В зависимости от числа токопроводящих жил, кабели бывают одно-, двух-, трех- и четырехжильными. Стандартом в бытовой сети принято использовать кабели с сечением жил: 1,5; 2,5; 4 и 6 мм^2 .

Изолирующие оболочки кабелей служат для изоляции токоведущих жил друг от друга.

Защитные оболочки предназначены для защиты изоляционных оболочек от разрушения при попадании влаги и механических повреждений.

Внутри зданий электропроводка может быть выполнена двумя видами: открытая или скрытая. Открытая прокладывается по поверхности стен и потолков. Скрытая проводка прокладывается в толще стен, перекрытий и в полах. Вид проводки и марка проводов определяется архитектурными особенностями жилых помещений.

В основном, в общественных и жилых зданиях используют скрытую проводку, которая может выполняться либо сменяемой, т. е. которую можно будет заменить в ходе эксплуатации без нарушения целостности строительных конструкций,

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

либо несменяемой, когда провода заделаны под слоем штукатурки в конструкцию стен, полов и перекрытий. Главный недостаток несменяемой проводки это замена ее открытой в случае повреждения.

В случаях, когда необходима защита от механических повреждений и воздействия окружающей среды, электропроводка прокладывается в трубах. Электропроводки в стальных водогазопроводных трубах используют в сырых и особо сырых помещениях, например, при прокладке электропроводки в подвальных помещениях. Во всех помещениях (сухих, влажных, жарких, пыльных и пожароопасных) применяют стальные тонкостенные (электросварные) трубы, которые прокладываются как открыто по стенам и перекрытиям, в каналах и т. д., так и скрыто в полу, стенах и перекрытиях.

На сегодняшний день, промышленностью выпускается широкий ассортимент труб: полиэтиленовых, полипропиленовых и винилпластовых труб, применение которые более перспективно. Эти трубы применяются взамен металлических и могут быть проложены как открыто, так и скрытно во всех помещениях. Стальные трубы применяют только в тех случаях, когда использование пластмассовых запрещено.

В административных, общественных, а также в многоэтажных жилых зданиях проводку бытовой сети прокладывают скрытно, что улучшает архитектурный облик помещения. Скрытая проводка дешевле открытой, так как провода прокладываются по перекрытию или в подготовке пола по кратчайшему расстоянию, что приводит к сокращению метража провода. Скрытую проводку принято выполнять специальными плоскими проводами с полихлорвиниловой изоляцией без использования труб, непосредственно в слое подготовки пола, под штукатуркой потолков, стен, в нишах и пустотах элементов строительных конструкций.

Более практична скрытая сменяемая проводка – рисунок 1.6. Она прокладывается в каналах строительных конструкций, заложенных при производстве железобетонных панелей на заводах. В ходе производства стеновых панелей 2, панелей лестничных клеток и панелей перекрытий 3 изготавливаются ниши для соединения и прокладки проводов 1, установки щитка слаботочных устройств 5 и распределителей.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

тельного щитка б. Преимущество ее в том, что ее легко можно заменить при ремонте.

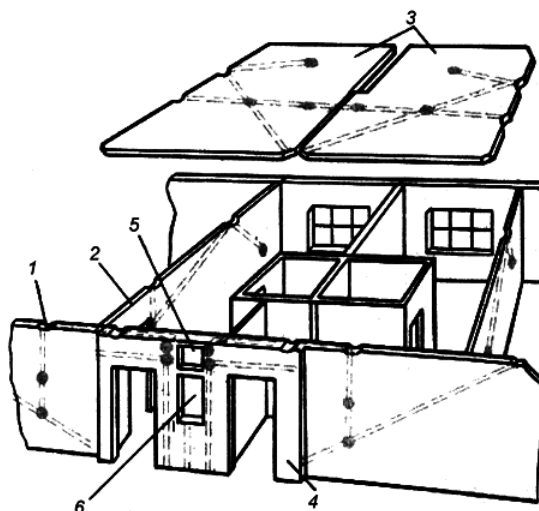
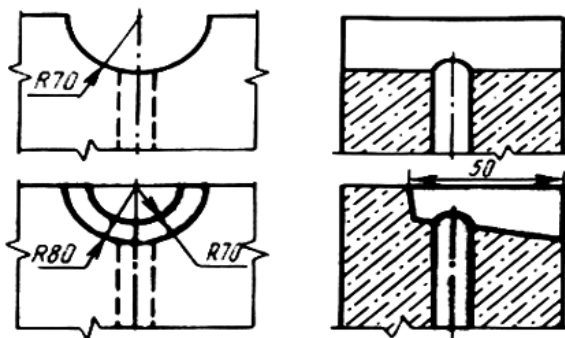


Рисунок 1.6 – Скрытые электропроводки в каналах

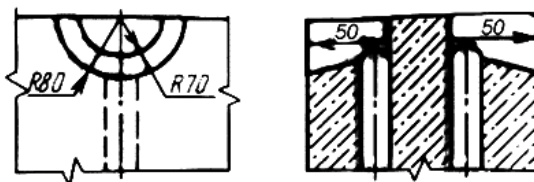
Для соединения проводки смежных помещений выполняются протяжные ниши в стеновых железобетонных межкомнатных и межквартирных панелях – рисунок 1.7.

Как правило, в таких каналах используются многожильные провода, так как одножильные кабели, особенно большого сечения, более жестки и часто ломаются при перегибах. Многожильные модели хорошо переносят скручивания, изгибы и повороты.

Однако при острой необходимости для проводки под штукатурку допускается применение одножильного медного изделия, поскольку отделочный материал обеспечивает дополнительную защиту.



Протяжные ниши в стеновых железобетонных межкомнатных панелях .



Протяжные ниши в стеновых железобетонных межквартирных панелях .

Рисунок 1.7 – Протяжные ниши в стеновых панелях

Так же стоит обращать внимание на сечение кабеля. Этот показатель, измеряемый в квадратных миллиметрах, отражает пропускную способность тока. У кабельного изделия из меди сечением в один мм^2 пропускная способность – 8-10 ампер, тогда как у алюминиевого кабеля того же сечения максимальный показатель равен только 8А.

Для обеспечения безопасной работы электросети, лучше подбирать проводники с большей пропускной способностью, благодаря чему жила не нагревается выше допустимой нормы согласно таблице 1.1 , что защищает изоляцию от расплавления [2]. Запас сечения также важен, поскольку скрытая под штукатуркой проводка слабо охлаждается.

В то же время не рекомендуется брать кабель, номинал которого намного выше расчетного (например, 4 вместо $2,5 \text{ мм}^2$), в этом случае необходимо применять рассчитанные на основе данного показателя аппараты защиты, то есть потребуются автоматы и УЗО большей мощности.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Таблица 1.1 – Допустимые температуры нагрева токопроводящих жил кабелей

Материал изоляции кабелей	Допустимая температура нагрева жил кабеля, °С			
	Длительно допустимая	В режиме перегрузки	Предельная при коротком замыкании	По условию невозгорания при коротком замыкании
Поливинилхлоридный пластикат	70	90	160/140*	350
Поливинилхлоридный пластикат пониженной пожароопасности				
Полимерная композиция, не содержащая галогенов				
Сшитый полиэтилен	90	130	250	400
Для кабелей с токопроводящими жилами сечением более 300 мм ² .				

При выборе сечения электрокабелей нужно руководствоваться ПУЭ 7.1.34 [6], при этом каждую линию проводки требуется рассчитывать отдельно, учитывая предполагаемую нагрузку.

Любой проводник, применяемый в многожильном либо одножильном кабеле, окружен изоляцией, для которой используется ПВХ или другие виды пластика (они могут быть обычными либо иметь пониженную горючесть и дымообразование). Толщина изоляции регулируется соответствующими ГОСТами [3-5]: для бытовых кабелей, рассчитанных на напряжение до 660 В, с сечением 1,5 и 2,5 квадратным миллиметром норматив предусматривает использование изоляционного слоя в 0,6 мм.

Внешняя оболочка формирует целостный кабель, фиксируя и оберегая находящиеся внутри изолированные проводники. Как и жильная изоляция, она обычно выполняется из различных видов пластика (ПВХ, сшитый полиэтилен, полимер с пониженной горючестью), но имеет большую толщину. По принятым правилам, слой защитной оболочки одножильных кабелей равен 1,4 миллиметрам, а многожильных – 1,8 мм, на практике толщина подобных изделий может незначительно варьироваться в меньшую сторону. Все компоненты квартирной проводки, даже если их предполагается использовать для участков с минимальной мощностью, должны быть сделаны из кабелей, имеющих защищенные провода и целостную обо-

лочку. Двойная изоляция позволяет максимально предохранить электросеть от повреждений и обеспечивает безопасность людей, помогая избежать поражения током.

1.3 Средства защиты бытовых электросетей

В качестве аппаратов защиты электросетей и электроустановок жилых зданий применяют автоматические выключатели или предохранители. Допускается при необходимости использование реле косвенного действия для обеспечения требований чувствительности, быстродействия или избирательности (селективности).

Если в качестве защиты используется реле косвенного действия, то в зависимости от режима работы и условий эксплуатации электроустановки релейную защиту выполняют с действием на сигнал или на отключение [15].

В целях удешевления электроустановок вместо автоматических выключателей и релейной защиты применяют плавкие предохранители, если они соответствуют следующим требованиям:

- а) могут быть выбраны по номинальному току и напряжению, номинальному току отключения и др.;
- б) обеспечивают требуемые избирательность и чувствительность;
- в) не препятствуют применению автоматики (АПВ, АПР и т.п.).

Если релейная защита имеет цепи напряжения, то необходимо предусмотреть устройства, автоматически выводящие защиту из действия при отключении автоматических выключателей, перегорании предохранителей, а также устройства, сигнализирующие о нарушении этих цепей.

Коэффициент чувствительности $k_{\text{ч}}$ релейной защиты, определяемый для максимальных токовых защит должен быть примерно равен 1,5 для основных защит и 1,2 для резервных.

Электрические сети жилых зданий должны иметь защиту от токов КЗ, обеспечивающую наименьшее время отключения и выполнение требований избирательности действия.

Аппараты защиты выбирают и размещают таким образом, чтобы их срабатывание происходило с выдержкой времени по мере их удаления в сторону источника

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

питания. Этим обеспечивается избирательность действия защиты, которая не всегда может быть достигнута в сетях до 1 кВ при применении автоматических воздушных выключателей и предохранителей [33]. Последнее объясняется разбросом характеристик аппаратов защиты, особенно предохранителей.

Достоинствами плавких предохранителей являются простота устройства, относительно малая стоимость, быстрое отключение цепи при КЗ (меньше одного периода), способность предохранителей типа ПК ограничивать ток в цепи при КЗ.

К недостаткам плавких предохранителей относятся следующие:

а) предохранители срабатывают при токе, значительно превышающем номинальный ток плавкой вставки, и поэтому избирательность отключения не обеспечивает безопасность отдельных участков сети;

б) отключение сети плавкими предохранителями связано обычно с перенапряжением;

в) возможны однофазное отключение и последующая аномальная работа установок;

г) одноразовость срабатывания предохранителя и, как следствие, значительное время на замену предохранителя.

Наиболее распространенными предохранителями, применяемыми для защиты установок напряжением до 1 кВ, являются.

ПР – предохранитель разборный;

НПН – предохранитель насыпной неразборный;

ПНР – предохранитель насыпной разборный.

Шкала номинальных токов предохранителей 15 – 1000 А.

Для жилых и общественных зданий основной характеристикой защиты является быстрота действия.

От перегрузки защищают сети внутри зданий, а именно:

- осветительные сети жилых зданий, включая сети для бытовых и переносных электроприемников (утюгов, чайников, комнатных холодильников, стиральных машин и т.п.);

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

- силовые сети жилых зданий, в случаях, когда по режиму работы сети может возникать длительная перегрузка проводников.

Обычно в жилых и общественных зданиях в силовых сетях таких режимов не существует, поэтому они защищаются только от КЗ. Исключение составляют электрические сети к лифтам, противопожарным устройствам и т.п., относящиеся к I категории надежности питания, при установке устройств АВР (например, на ВРУ). Такие сети защищаются и от перегрузки.

К основным преимуществам автоматических выключателей можно отнести:

- отключают все три фазы при КЗ или перегрузке, тем самым исключается работа электроустановок в неполнофазных режимах;
- готовы к работе вскоре после срабатывания;
- имеют более точные времятоковые характеристики;
- совмещают функции защиты и коммутации.

Но стоит отметить, что ошибка автоматических выключателей превышает 50% для переменного тока [38].

При пробое изоляции соленоида, его чувствительность резко падает и при расчетной величине тока КЗ автоматический выключатель не сработает. Малейший заусенец, неровность, подделка – и защелка не сработает, а кабель становится «бикфордовым шнуром», сила горения которого будет зависеть только от присоединенной мощности.

Что касается мест установки аппаратов защиты, то их выбирают, руководствуясь следующими указаниями ПУЭ.

Аппараты защиты должны располагаться в доступных для обслуживания местах таким образом, чтобы исключить возможность их механических повреждений и опасность для обслуживающего персонала.

Аппараты защиты следует устанавливать в местах сети, где сечение проводника уменьшается (по направлению к месту потребления электроэнергии) или где это необходимо для обеспечения чувствительности и избирательности защиты.

При защите сети автоматическими выключателями и предохранителями они должны устанавливаться на всех нормально незаземленных фазах. Установка аппаратов в нулевых проводах исключается [26].

На квартирных групповых щитках предохранители и автоматические выключатели должны устанавливаться только в фазных проводах. Перед счетчиком устанавливают двухполюсный выключатель, отключающий фазный и рабочий нулевой провод ввода в квартиру.

Допускается не устанавливать аппараты защиты:

а) в месте снижения сечения питающей линии по ее длине и на ответвлении от нее, если защита предыдущего участка линии защищает участок со сниженным сечением или если незащищенный участок линии или ответвления от нее выполнен проводниками с сечениями, составляющими не менее половины сечений защищенных участков;

б) на ответвлениях от питающей линии проводников цепей измерения, управления и сигнализации (пожарная автоматика);

в) на ответвлениях проводников от шин щита к аппаратам, установленным на том же щите; при этом проводники должны выбираться по расчетному току цепи.

Выбор аппаратов защиты производится по их защитным характеристикам.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

2 ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ БЫТОВОЙ ЭЛЕКТРОСЕТИ

Использование электрической энергии связано с опасностью пожаров. Обеспечение пожарной безопасности электроустановок регламентируется нормативно-техническими документами, соблюдение которых является обязательным на всех этапах проектирования, монтажа и эксплуатации. Но, не смотря на это, не только в России, но и во всем мире ежедневно происходит большое количество пожаров, причиной которых является электропроводка.

2.1 Анализ статистических данных и причин пожаров

В большинстве экономически развитых стран из-за нарушения правил устройства и эксплуатации электроустановок ежегодно происходит порядка 20–25 % пожаров от их общего количества [35]. Анализ статистики пожаров в Российской Федерации в период с 1999 по 2005 годы показывает, что по видам электротехнических изделий в статистике пожаров от нарушения правил устройства и эксплуатации электроустановок из 18 официально фиксируемых наименований первое место занимают электрические провода и кабели (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Статистика пожаров от нарушения правил устройства и эксплуатации электроустановок за 1999 – 2005 гг.

Годы	Пожары		Ущерб		Человеческие потери	
	Количество	% от общего кол-ва	Млн. рублей	% от общего ущерба	Погибло	% от общего кол-ва
1999	53256	20,5	491	27,7	2435	16,3
2000	50978	20,7	549	29,7	2554	15,7
2001	50412	20,5	803	30,6	2785	15,2
2002	50220	19,3	983	28,3	2018	13,9
2003	47810	20,1	1404	33,7	2742	14,2
2004	44398	19,1	1292	22,1	2434	13,1
2005	43203	18,8	1391	20,8	2211	12,1

Так, в 2005 году количество пожаров от электрических проводов и кабелей составило 26 954 (64 %).

По данным статистики, наибольшее количество таких пожаров возникает в процессе эксплуатации электротехнических устройств от таких пожароопасных яв-

лений, как короткие замыкания, токовые перегрузки и большие переходные сопротивления в местах соединений, ответвлений и подключений к клеммным устройствам электропотребителей.

Согласно статистическим данным, с 2005 г. по 2013 г. в России ежегодное количество пожаров только от электропроводок составляет в среднем 28 220 пожаров или 65,2 % от общего числа пожаров из-за неисправного электрооборудования [24, 25]. С 2005 года количество пожаров от электропроводок в общем объеме пожаров от электрооборудования увеличилось с 64 % до 71,2 % в 2013 году (табл. 2.2).

Таблица 2.2 – Статистика пожаров от электропроводок за 2005 – 2013 гг.

Год	Количество пожаров	% от общего количества пожаров из-за неисправного электрооборудования
2005	26 954	64,2
2006	26657	62,4
2007	26475	63,6
2008	25712	64,2
2009	27925	63,1
2010	29799	65,6
2011	29209	66,2
2012	30429	67,9
2013	30816	71,2

Основной причиной электропожаров (до 45% от их общего числа) являются короткие замыкания и развивающиеся токи утечки через изоляцию электропроводок. При этом наиболее пожароопасным видом электротехнических изделий являются электропроводки, на долю которых за 2005 – 2013 гг. приходилось до 70 % пожаров.

Согласно источникам [14], в 2015 г. от всех видов электрических изделий произошло 44 339 пожаров (30,4 % от общего числа пожаров в стране), ущерб составил 60,9 млрд р. (32,4 %), а число людей, погибших при пожарах – 1874 чел. (20 %). Первенство по количеству пожаров и их последствиям в 2015 г., как и в предыдущие годы, занимают электропроводки: количество пожаров 32 219 (72,67 % от числа пожаров от электроустановок), ущерб – 48,6 млрд р. (79,85 %), погибло 1096 чел. (58,48 %).

Наибольшее число пожаров от электропроводок и кабельных линий в 2015 г., как следует из данных таблицы 2.3, произошло на объектах жилого сектора, что почти в 15 раз превышает число пожаров на промышленных предприятиях и в 3,5 раза – на всех других объектах.

Таблица 2.3 – Данные о пожарах от электропроводок по объектам за 2015г.

Объекты пожара	Количество пожаров	
	абсолютное значение	% от общего количества
Промышленные предприятия	1595	4,9
Сельхозобъекты	149	0,73
Объекты торговли	929	2,88
Жилой сектор	23788	73,8
Административно-общественные объекты	866	2,68
Строящиеся и неэксплуатируемые здания	447	1,38
Транспортные средства	4246	13,17
Прочие объекты	80	0,46

В 2016 году произошло 41 151 пожар по причине нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования, из них порядка 27 145 (66%) по причине неисправности электропроводки.

В 2017 г. в Российской Федерации ежедневно происходило 579 пожаров, при которых погибали 44 человека и 37 человек получали травмы. Ежедневно прямой материальный ущерб составляет 23,4 млн. руб [21]. На города пришлось 65,4% от общего количества пожаров, 55% число погибших, а также 60,3% материального ущерба. Больше всего пожаров в 2017 г., как и в предыдущие годы, было зарегистрировано в жилом секторе. Их доля от общего числа пожаров по России составила 71%, а материального ущерба – 49, 6%. Каждый пятый пожар произошел по электрическим причинам, а доля ущерба от них составила 25%.

По оценке специалистов службы пожарной безопасности России электрические кабели и провода по основным составляющим пожарной опасности, таких как количество пожаров, размер материального ущерба и число погибших, занимают первое место в ранге пожарной опасности среди электротехнических изделий (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Ранг пожарной опасности электротехнических изделий

Изделие	Ранг (место) по числу пожаров	Ранг (место) по размеру ущерба	Ранг (место) по числу погибших	Сумма рангов (мест)	Коэффициент значимости/пожарной опасности	Ранг пожарной опасности изделия
Автовыключатель	12	12	13	37	0,11	11
Трансформатор	9	8	8	25	0,16	8
Холодильник	7	6	9	22	0,18	7
Вводный щит	4	3	5	12	0,33	4
Выключатель	5	5	6	16	0,25	5
Кабель, провод	1	1	2	4	1,02	1
Кондиционер	15	16	16	47	0,085	14
Магнитофон, приемник	10	11	10	31	0,13	9
Электроплитка	6	9	3	18	0,22	6
Телевизор	3	4	4	11	0,36	3
Электрокамин	2	2	1	5	0,8	2
Электродвигатель	11	13	12	36	0,11	10
Электросветильник	8	10	7	25	0,16	8
Электроутюг	14	14	14	42	0,095	12
Электробытовая машина	13	7	11	31	0,13	9
ЭВМ	16	15	15	46	0,087	13

Таким образом, электропроводки являются наиболее уязвимыми, с точки зрения пожарной опасности.

При сопоставлении пожарной обстановки России с развитыми странами установлено, что доля материального ущерба от пожаров в России по отношению к ВВП в 4,3 и 7,3 раза выше, чем соответственно в США и Японии. При этом доля затрат на обеспечение пожарной безопасности в этих странах в 3,5 и 2,7 раза выше, чем в России; причем затраты в этих странах сопоставимы с материальными потерями от пожаров [21]. Так, в США затраты на обеспечение пожарной безопасности составляют 39 млрд. долл., что почти в два раза превышает ежегодный ущерб от пожаров (около 20 млрд. долл.). Аналогичное соотношение соблюдается и в Японии. В России эти затраты почти в 12 раз меньше потерь от пожаров.

Анализ причин загорания электропроводок показывает, что в большинстве случаев процессу короткого замыкания, приводящему к воспламенению изоляции, предшествует локальное протекание токов утечки на землю. Появление токов утечки обуславливается рядом факторов, таких как механическое повреждение изоля-

ции, ее старение, заводские дефекты и т.д. Предшествуя короткому замыканию, они могут существовать длительное время, локально разогревая поврежденный участок сети и тем самым усугубляя процесс пожароопасного развития ситуации.

Оценить вероятность развития пожароопасного режима работы в электрооборудовании по внешним признакам сложно, так как большинство развивающихся аварийных процессов протекает без видимых проявлений. Проявление нарушения нормальной работы электрической сети выражается в повышении температуры проводников. Не предусмотренный штатным режимом нагрев проводов до высоких температур приводит к химической деструкции и преждевременному старению изоляции, что, в конечном счете, приводит к возникновению короткого замыкания и вероятному пожару. При этом в течение длительного времени происходит снижение сопротивления изоляции и потеря изолирующих свойств, что тоже негативно сказывается на температурном режиме проводки.

Изоляция электротехнических изделий и электропроводок, выполненная из различных материалов, способна самовоспламенятся при аварийных пожароопасных режимах [20, 22, 23]. Температура самовоспламенения электротехнических материалов, используемых для изоляции электропроводок, представлена в табл. 2.5.

Таблица 2.5 – Температура самовоспламенения электротехнических материалов, используемых для изоляции электропроводок

Материал	Температура самовоспламенения, °С
Полиэтилен	349-422
Полистирол	371-496
Поливинилхлорид	454-495
Фторопласт	610
Гетинакс	480
Текстолит	491-500
Каучук натуральный	375
Резина	350

Значительное влияние на распределение температуры в рассматриваемой системе оказывает тип материала, из которого изготовлена перегородка в зоне контакта, разделяющая помещения, через которые проходит кабельная линия. Чем ниже

теплопроводность этого материала, тем быстрее достигаются температуры поверхности изоляции кабеля, при которых возможно его воспламенение [12].

Стоит отметить, что высокую пожарную опасность во внутренних электропроводках представляют дуговые КЗ. При КЗ электрическая дуга может воспламенить изоляцию или другие горючие материалы, что вместе с действием искр и расплавленных частиц металла приводит к развитию пожара.

Существующие причины, по которым осуществляется классификация загораний, – «нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования» фактически только отражают обстоятельства, способствующие возникновению пожара. Для специалистов, занимающихся обеспечением пожарной безопасности электротехнических изделий и сетей, большую ценность имели бы данные об аварийных режимах, а также физико-химических явлениях, приведших к возгоранию электроустановок (таблица 2.6). Но такие данные в статистике МЧС РФ отсутствуют.

Таблица 2.6 – Причины пожаров и характерные источники зажигания

Причины пожаров	Источники зажигания
Короткое замыкание	Дуговой, искровой и другие виды электрических разрядов (далее – электрические разряды); раскаленные частицы и капли металла при разрушении в аварийных режимах токопроводящих жил проводов (кабелей), аппаратов защиты, защитных оболочек труб, корпусов и т.п. (далее – частицы металла); нагретые выше допустимой температуры поверхности проводов, кабелей (нагретые поверхности)
Перегрузка	Нагретые выше допустимой температуры поверхности электрорадиоэлементов, проводов аппаратов (нагретые поверхности)
Переходное сопротивление	Нагретые поверхности
Снижение эффективности теплоотвода	Нагретые поверхности; электрические разряды; коммутационные искры и дуги

Так, возникновение загораний с последующим переходом в пожар может быть вызвано следующими причинами:

1) Перегрев от короткого замыкания в результате:

- пробоя изоляции в месте образования микротрещин – заводского дефекта;
- пробоя изоляции в месте механического повреждения при эксплуатации;
- пробоя изоляции в месте локального внешнего или внутреннего перегрева;

– пробоя изоляции в месте локального повышения влажности или агрессивности среды;

– случайного или умышленного замыкания токопроводящих жил кабелей и проводов между собой.

2) Перегрев от токовой перегрузки в результате:

– подключения потребителя завышенной мощности;

– появления значительных токов утечки между токоведущими проводами, токоведущими проводами и землей (корпусом), в том числе на распределительных устройствах за счет снижения сопротивления изоляции;

– увеличения окружающей температуры на участке или в одном месте, ухудшения теплоотвода, вентиляции.

– увеличение нагрузки на силовой агрегат в (например, электропривод вентиляции);

3) Перегрев мест переходных соединений в результате:

– ослабления контактного давления в месте существующего соединения двух или более токопроводящих жил, приводящего к значительному увеличению переходного сопротивления;

– окисления в месте существующего соединения двух и более проводников, приводящего к значительному увеличению переходного сопротивления.

Анализ этих причин показывает, что, например, короткое замыкание в электропроводниках при правильно выбранной защите не является первопричиной возгораний, тем более пожаров. Оно является следствием первичных физических явлений, приводящих к мгновенному снижению сопротивления изоляции между токопроводящими жилами разных потенциалов. Эти явления следует считать первичными причинами пожара, исследование которых представляет интерес.

Таким образом, на основе выполненного анализа статистических данных было установлено следующее:

– наиболее опасный вид электроустановок – электропроводки и кабельные линии;

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

– объекты, которые чаще всего подвергаются пожарам от электроустановок и, в частности, от загорания электропроводок, – жилые дома, склады, базы, предприятия торговли и общественного питания;

– самые опасные виды аварийных режимов электросетей, создающие наибольшую вероятность возникновения пожаров – КЗ и перегрузки.

2.2 Основные виды механических повреждений кабелей в бытовой электросети

Если рассматривать появление КЗ в бытовой электросети, то оно, как правило, появляется в результате следующих механических повреждений по причинам:

1. Повреждение кабеля в стене при вбивании гвоздя или же сверлении отверстий. В такой ситуации велика вероятность попадания гвоздя или сверла между фазной и нулевой жилами. Причем, прокладывание проводки в так называемой «гофре», например за гипсоволокнистым листом (ГВЛ), не обеспечивает достаточного уровня защиты в данной ситуации. Гвоздь или сверло выступает своеобразным мостиком между фазным и нулевым проводом – происходит короткое замыкание с последующим нагревом данного участка (рисунок 2.1). Очень сложно обнаружить данное повреждение, если этот участок сети обесточен, как в случае положения выключателя освещения на «Выкл».

2. Передавливание изоляции металлическими элементами. Такой случай возможен при протягивании проводки внутри металлических труб при прокладке под полом или при монтаже металлических распределительных коробок скрытого типа в стене. Острые необработанные грани распределительной коробки или металлической трубы передавливают изоляцию провода, тем самым нарушая целостность оболочки и выступая в роли проводника между жилами, как на рисунке 2.2.

3. Схлестывание оголенных участков провода. Например, выдергивание вилки из розетки влечет за собой ситуацию, когда розетка выпадает из стены. При неоднократном повторении данной ситуации клеммное соединение разбалтывается, и оголенный провод выпадает из посадочного гнезда, соприкасаясь оголенным участком соседнего провода (рисунок 2.3). Происходит короткое замыкание и последующий нагрев данного участка.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

4. Перетирание изоляции при вибрации. Такой случай возможен на участке вхождения провода в корпус электроустановки, подверженной вибрации (стиральные машины, компрессоры холодильников, различные электродвигатели и бытовые насосы).

5. Перегиб изоляции и снижение полезной толщины оболочки. В местах перегиба изоляция испытывает растягивание, тем самым увеличивая свой линейный размер и уменьшая толщину, появляются микротрещины. В местах перегиба кабеля происходит снижение сопротивления изоляции, вследствие чего, происходит ее пробой. Могут возникнуть токи утечки или короткое замыкание с последующим нагревом данного участка.

2.3 Поведение аппаратов защиты при возникновении пожара

В седьмом издании ПУЭ [6] регламентирована проверка чувствительности защиты по времени срабатывания, вместо принятой ранее кратности по отношению к токам КЗ. Однако задаваемое время (не более 0,4 с, а в ряде случаев допускаемое до 5 с) не гарантирует исключение пожарной опасности КЗ из-за существенно более высокой скорости протекания пожароопасных процессов. Тем самым допускается возможность электропожара еще на этапе проектирования защиты [30]. При разработке мероприятий по снижению пожарной опасности КЗ не обходимо учитывать время срабатывания аппаратов защиты и особенности процессов в месте КЗ.

В качестве основного аппарата электрической защиты в зданиях в большинстве случаев используются автоматические выключатели. Это объясняется их быстродействием и возможностью многократного использования по сравнению с предохранителями. Быстродействие автоматических выключателей обеспечивается электромагнитным расцепителем. При малых токах КЗ, на которые реагирует только тепловой расцепитель, предохранители могут иметь существенные преимущества.

При протекании тока по проводнику вследствие нагрева токопроводящей жилы происходит тепловое старение изоляции. В результате этого, через определенный период времени с начала эксплуатации электрического кабеля или провода возникает ток утечки, приводящий к замыканию между жилами через локальный

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

участок состарившейся изоляции. Отметим, что традиционно применяемая в настоящее время электрическая защита (плавные вставки предохранителей и автоматические выключатели) обладая низкой чувствительностью, не реагируют на утечки тока. Если же величина их превышает 100 мА, то под влиянием термического воздействия возникает воспламенение изоляции и последующее возгорание электроустановки.

Все чаще в настоящее время для защиты внутренних электрических сетей используются автоматические выключатели серии ВА с номинальным током 16; 25; 31,5; 40; 50; 63 А. Наибольшее распространение в стране получили выключатели с характеристикой типа С, у которых ЭР срабатывает в диапазоне (от 5 до 10) по отношению к номинальному току (I_n). Использование более чувствительных выключателей с характеристикой типа В (от 3 I_n до 5 I_n) достаточно ограничено из-за возможности ложных срабатываний, которые могут произойти вследствие ошибочного проектирования установки и непрофессиональной эксплуатации

Необходимо отметить, что плоская конструкция кабелей по отношению к круглым кабелям дает значительно больше шансов для превентивного определения повреждения изоляции в кабеле. Расположение провода РЕ между фазным и нулевым проводами существенно повышает вероятность срабатывания автоматического выключателя при повреждении кабеля.

В плоском кабеле сопротивление изоляции между фазным и нулевым проводниками более чем вдвое больше сопротивления круглого кабеля. Это дополняется тем, что при повреждении наиболее вероятна утечка электроэнергии на провод РЕ, которая сразу определяется в УЗО.

В случае повреждения изоляции, которая могла быть сдавлена, прокушена, ободрана и т. д., обычно возникает дифференциальный ток, приводящий к срабатыванию УЗО. Если говорить о кабеле, то такие функции УЗО работоспособны только при наличии защитного проводника РЕ, поэтому электропроводка должна быть трехпроводной, включая удлинители и тройники [38].

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

Но устройства защитного отключения (УЗО) в настоящее время являются самым эффективным средством, применяемым для защиты, как от пожаров, так и от поражения людей электрическим током.

УЗО обеспечивает высокий уровень электрической и пожарной безопасности как в жилых и общественных зданиях, так и в производственных электроустановках. Благодаря этим качествам УЗО нашли широкое применение во всех развитых странах уже в середине прошлого столетия. В настоящее время в этих странах на каждого жителя приходится в среднем 35 единиц электротехнической аппаратуры. В России за четверть века установлено не более одного миллиона УЗО отечественного и зарубежного производства, что составляет около 2% от номинальной потребности. Так, для региона Сибири с населением около 25 млн. человек минимальная потребность УЗО составляет 4,8 млн. шт. (из расчета одно УЗО на 5 человек). Основной причиной слабого использования УЗО в настоящее время в России является высокая, по сравнению с автоматическими выключателями, стоимость. Кроме того, действует еще и человеческий фактор – недоверие и скептическое отношение у потребителей к принципиально новому товару на рынке [21].

Пожарная опасность дуговых КЗ обусловлена явлением пережога проводников. Температура в месте действия дуги достигает нескольких тысяч градусов, что аналогично воздействию на проводник электросварки. Пережог проводника сопровождается растягиванием электрической дуги, оплавлением и испарением металла проводников, разбрызгиванием раскаленных частиц. Провода могут пережигаться быстрее, чем сработает защита, что эквивалентно ее отсутствию и неконтролируемому протеканию пожароопасных процессов, связанных с развитием электрической дуги, искрообразованием, воспламенением изоляции и других горючих материалов. Степень пожарной опасности дуговых КЗ можно характеризовать возможностью пережога проводов электрической сети до срабатывания защиты.

Статья 142 [1] устанавливает требования пожарной безопасности к электротехнической продукции. Основные требования предъявляются к стойкости элементов конструкции, используемые в электротехнической продукции к воздействию

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

пламени, накаливаемых элементов, электрической дуги, нагреву в контактных соединениях и токопроводящих мостиков. Также электротехническая продукция должна быть стойкой к возникновению и распространению горения при аварийных режимах работы (короткое замыкание, перегрузки и большие переходные сопротивления). Аппараты защиты должны отключать участок электрической цепи от источника электрической энергии при возникновении аварийных режимов работы до возникновения загорания.

Таким образом, требования пожарной безопасности носят характер предупреждения на этапе предпожарной ситуации, когда температура электропроводки достигает критических значений, что приводит к срабатыванию аппаратов защиты от токов короткого замыкания, больших переходных сопротивлений.

Подводя итог, можно сказать, что не всегда аппараты защиты, выбранные только на основании [6], обеспечивают пожарную безопасность кабельных изделий. Иногда время достижения критической температуры нагрева кабеля меньше, чем время срабатывания автомата защиты. Анализ современного состояния средств защиты от пожароопасных режимов в электроустановках при аварийных режимах их работы показывает, что существующие аппараты защиты от токов утечки имеют недостаточную чувствительность из-за наличия сигнала помехи и, кроме того, имеют ограниченные мощностные показатели.

Это свидетельствует о недостаточности изложенных требований с точки зрения предотвращения пожароопасного действия электрического тока в кабельных изделиях.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

3 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСТАНОВОК И МЕТОДИК ПРОВЕДЕНИЯ ЭКПЕРИМЕНТОВ

Как известно, основными аварийными режимами в электросетях, приводящими к пожару, являются короткие замыкания (КЗ), перегрузки по току и напряжению, а также тепловыделения в зонах больших переходных сопротивлений (БПС). Наиболее изученным электрическим пожароопасным режимом как с пожарно-профилактической, так и экспертно-криминалистической точек зрения, является КЗ.

3.1 Анализ существующих методик исследования медных проводников на предмет наличия следов аварийных режимов работы

Исследованию медной электропроводки на предмет наличия следов пожароопасных аварийных процессов, протекающих в ней, традиционно уделяется особое внимание при проведении судебной пожарно-технической экспертизы. Кабельно-проводниковые изделия являются одними из наиболее пожароопасных видов продукции, поскольку в них сочетается горючая среда (электроизоляция, оболочки кабелей и т.п.) и источники зажигания (искры, дуги, нагретые электрическим током детали и т.п.), появляющиеся при работе электрооборудования в аварийных режимах. Установление факта аварийного режима работы прибора или устройства и причастности этого режима к возникновению пожара крайне важно для решения вопроса о непосредственной (технической) причине пожара [31].

При исследовании кабелей и проводников со следами аварийного режима работы используют следующие основные методы исследования [36]:

- 1) Визуальное исследование;
- 2) Микроскопическое (морфологическое) исследование;
- 3) Рентгенодифракционный (рентгено-фазовый) анализ;
- 4) Металлографический анализ.

В процессе визуального исследования определяются длина проводников, количество токоведущих жил в проводнике, количество проволок в жиле (если жила многопроволочная), а также размер поперечного сечения проволок и жил. Фиксируются цвет изоляции (если она сохранилась) и ее маркировка. Все представляемые

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

на экспертизу объекты фотографируются целиком (вместе или по отдельности) с использованием масштабной линейки.

Целью микроскопического исследования является выявление следов протекания электрических аварийных режимов работы электросети, а также фиксация идентификационных признаков объектов, представленных на исследование. Исследование объектов может проводиться с помощью оптического микроскопа или растрового электронного микроскопа.

Метод рентгенофазового анализа применяется для дифференциации электродуговых оплавлений, возникших в условиях «до пожара» и в ходе пожара. Методика основана на взаимодействии меди с кислородом воздуха при различных температурах и газовом составе окружающей среды.

Металлографический анализ является основным методом определения условий окружающей среды, при которых происходило повреждение медного проводника электрическим током. Метод основан на исследовании микроструктуры металла в месте оплавления проводника [9, 10, 16, 32].

При экспертном исследовании пожаров ключевой является задача установления причины его возникновения. Решается эта задача путем выдвижения и анализа отдельных экспертных версий, среди которых – так называемая «электрическая версия» – версия о причастности к возникновению пожара аварийных пожароопасных режимов в электросетях, электроприборах и электрооборудовании. Она отрабатывается практически на каждом электрифицированном объекте. Для этого на месте пожара изымаются и в дальнейшем исследуются следы протекания процессов: короткого замыкания (КЗ), перегрузки, больших переходных сопротивлений и др.

Как известно, КЗ может быть «первичным», то есть произойти до пожара и, возможно, быть его причиной, и «вторичным», то есть произошедшим в ходе пожара. Дифференциация «первичности-вторичности» КЗ относится к числу наиболее востребованных инструментальных методик судебной пожарно-технической экспертизы. Первые публикации, указывающие на возможность решения задачи уста-

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

новления момента КЗ, были предложены А. Шонтагом и В. Хагемайером и появились в 50-х гг. прошлого века [39, 40].

В СССР первая отечественная методика дифференциации первичного и вторичного КЗ была разработана в 70-х гг. прошлого столетия во Всесоюзном научно-исследовательском институте противопожарной обороны (ВНИИПО). По сути, была разработана не просто частная методика, а сформулированы научные основы (методология) решения вопроса о причастности к возникновению пожара аварийных режимов в электрооборудовании [27-29].

В 80-х гг. на её основе во ВНИИ МВД экспертно-криминалистическом центре (ЭКЦ) МВД была разработана новая методика [13, 17, 37], которая до сих пор, в основном, и используется в экспертно-криминалистических подразделениях МВД и судебно-экспертных учреждениях федеральной противопожарной службы (ФПС) МЧС России.

За прошедшие годы, однако, существенно изменилась номенклатура кабельных изделий, а также аналитические возможности экспертной техники.

В то же время многолетнее практическое использование методики, естественно, привело к накоплению у экспертов вопросов. В частности, это касалось трактовки и использования полученных с помощью методики результатов. Так, в отдельных случаях возникали ситуации, когда:

- результаты инструментальных исследований не согласовывались с прочими известными данными по пожару;
- на месте пожара в разных зонах обнаруживались оплавления с признаками «первичного» КЗ (ПКЗ);
- дифференцирующие признаки ПКЗ – «вторичного» КЗ (ВКЗ), выявляемые методом металлографии, противоречили друг другу;
- дифференцирующие признаки ПКЗ–ВКЗ, выявляемые методами рентгеноструктурного анализа и металлографии, противоречили друг другу;
- оплавления, характерные по визуальным признакам для теплового воздействия пожара, имели признаки ПКЗ;

– возникали сложности в трактовке природы оплавлений при комплексном воздействии на проводник аварийных режимов (больших переходных сопротивлений, КЗ, перегрузки, отжига в ходе пожара).

Разработчики методик неоднократно акцентировали внимание на том, что аварийные процессы, протекающие на пожаре, чрезвычайно сложны, многофакторны и окончательные выводы о природе оплавлений можно делать только по результатам анализа всего комплекса сведений по пожару, в том числе, его электрической сети.

Тем не менее, очевидной стала необходимость доработки методики на базе современных возможностей науки и техники. В настоящее время постановка такой задачи, безусловно, актуальна и своевременна.

Для ее решения необходимы два основных компонента:

– экспериментальная установка, позволяющая моделировать электрические аварийные процессы с максимальной степенью приближения к реальным пожароопасным ситуациям;

– современная приборная база, позволяющая исследовать материальные следы протекания этих аварийных процессов.

Со времени разработки предыдущих редакций методик аналитические возможности инструментальных методов анализа существенно изменились.

Рентгенофазовый анализ

В настоящее время появилась возможность полностью уйти от фотометода (съемке рентгенограмм по методу Дебая-Шерера) к более простой, экспрессной рентгеновской дифрактометрии. Соответствующая техника (миниdifрактометры) имеются в судебно-экспертных учреждениях ФПС МЧС и ЭКЦ МВД.

Рентгеновская интроскопия

Современное оборудование для рентгеновской интроскопии позволяет исследовать «на просвет» неразборное или не подлежащее разборке электрооборудование. Делается это как в лаборатории, так и непосредственно на месте пожара. Появилась возможность исследования неразрушающим методом обугленных и

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

сплавленных агломератов, в которые превращаются на пожаре полимерные материалы и изделия, исследовать «внутренности» электропроводки в трубах и гофроруковах, автоматические выключатели и т.д.

Металлографический анализ

Развитие металлографического анализа связано с появлением нового оборудования и материалов для пробоподготовки, а также компьютерных программ, позволяющих получать панорамные снимки микроструктур и создавать фотографии образцов с неплоской поверхностью. Это особенно важно при анализе всей площади микрошлифа оплавлений проводников.

Электронная микроскопия в сочетании с элементным анализом

Электронная микроскопия позволяет проводить морфологические исследования поверхности оплавлений проводников и других объектов, выявлять следы микродуг, эрозивных зон при увеличении до 20 000х. Дополнительные аналитические возможности электронной микроскопии обеспечивает энергодисперсионный анализ элементного состава образца, который можно проводить на выбранных микроучастках поверхности, строить карты распределения химических элементов. В частности, это позволяет выявлять следы массопереноса, происходящего при КЗ.

Есть основания предполагать, что проблемы методики исследования оплавлений электрических проводников тока в значительной степени обусловлены недостатками технологии моделирования аварийных процессов на стадии разработки методики.

Известно, что эксперименты, выполненные Шонтагом и Хагемайером, проводились на тонких проводниках диаметром около 1 мм, без изоляции. Пережигание проводников осуществлялось небольшим током, поэтому длительность КЗ составляла несколько секунд. В реальных условиях процессы более скоротечны – срабатывает автоматическая защита электросети.

В ЭКЦ МВД разработка своего варианта методики также базировалась на моделировании полного (металлического) КЗ, то есть замыкании между собой оголенных проводников, что не в полной мере отражает наиболее распространенные

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

реальные ситуации. Система энергоснабжения не позволяла обеспечить переменные токи КЗ до 500–600 А, необходимые для моделирования КЗ в обычных электросетях 220 В переменного тока.

Во ВНИИПО экспериментальная установка в основном имела необходимые рабочие параметры, однако возможности экспертного исследования оплавлений были (с современных позиций) достаточно скромные.

3.2 Анализ существующих экспериментальных разработок

А.Ю. Мокряком и И.Д. Чешко, проводились эксперименты [19] с медными многопроволочными и однопроволочными проводниками типа ВВГ, ПВС, ШВВП, МГШВ, НУМ в ПВХ-изоляции площадью сечения 0,5, 0,75, 1,5 и 2,5 мм² на специальном электротехническом стенде при следующих условиях:

- напряжение переменного тока – 220 В;
- температура окружающей среды – 20 °С;
- нормальная атмосфера.

Закрепленный к электрическим контактам образец проводника длиной 40–100 см в изоляции поддерживался снизу подложкой из асбеста. При этих условиях через проводник пропускали токи перегрузки различной кратности – от 2 до 20 крат с шагом в 1 крат. Так, например, для медного проводника площадью сечения 2,5 мм² предельно допустимым значением тока является ток порядка 30 А [6]. Соответственно, в ходе эксперимента проводник данного сечения подвергали токам перегрузки от 60 до 600 А. При каждом значении кратности перегрузки эксперимент повторяли трижды. В ходе эксперимента секундомером фиксировали время от момента подачи тока на образец до разрушения (разрыва) проводника. Полученные образцы изучали визуально, отмечая характерные повреждения проводников при различных кратностях тока перегрузки. Далее проводили металлографический анализ оплавлений, образовавшихся при каждом значении кратности тока перегрузки.

Протекание по проводам сверхтоков, вызванных токовой перегрузкой, приводило к перегреву проводников практически по всей трассе прохождения сверхто-

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

ков. Возникающие при этом термические поражения жил по внешнему виду схожи с последствиями внешнего теплового воздействия (протяженные зоны оплавления, изменения сечения и формы проводника). В конечном счете, при определенной кратности и длительности воздействия процесс токовой перегрузки приводил к разрыву проводника. Разрыв происходил в локальной зоне или нескольких точках, при этом на концах разорванного провода образовывались оплавления, которые имели самые разнообразные формы: шарообразную, конусообразную, вид косого среза, вид поперечного среза, кратерообразную (рисунок 3.1). Необходимо отметить, что морфология таких оплавлений сходна с последствиями воздействия на проводник электрической дуги КЗ.



а)



б)



в)

Рисунок 3.1 – Локальные оплавления медного проводника различной формы, образовавшиеся в результате воздействия сверхтока: а) шарообразное оплавление, б) оплавление в виде «косого среза», в) оплавление в виде «поперечного среза»

Недостатком данного эксперимента можно считать то, что не учитывалось влияние времени отключения участка автоматическим выключателем или плавким

предохранителем. Исследование влияния времени отключения короткого замыкания на изменение микроструктуры оплавлений в нем также не было предусмотрено.

К.Л. Кузнецовым, А.А. Шековым в работе [16] для проведения исследования использовали медные одножильные проводники в поливинилхлоридной изоляции сечением 0,5 мм², 0,75 мм², 1 мм². Перегрузку электрической сети имитировали в нормальных условиях окружающей среды с помощью нагрузочного трансформатора электросварочного аппарата «BestWeld PR300» при силе тока 65А, 80А, 150А, 200А, 300А. Проводники длиной 30 см закреплялись на весу зажимами электросварочного аппарата.

При проведении данного эксперимента исследование влияния времени отключения короткого замыкания на изменение микроструктуры оплавлений также не проводилось.

Также из уровня техники известна экспериментальная установка, позволяющая моделировать КЗ с целью установления природы оплавлений электрических проводников тока. Она содержит трансформатор, к которому через кабели подключены электроды, подсоединенные к испытательным образцам, размещенным внутри камеры, устройство контроля температуры, панель управления, устройство контроля значения тока в испытательной цепи, источник внешнего тепла. Наличие защитных устройств (автоматических выключателей и плавких предохранителей) в данной установке, так же не предусмотрено, следовательно, на этой установке нет возможности оценить влияние времени отключения короткого замыкания на изменение микроструктуры оплавлений.

В настоящее время для создания усовершенствованной методики установления природы оплавлений электрических проводников тока специалистами Исследовательского центра экспертизы пожаров Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России при консультативной помощи специалистов ВНИИПО МЧС России разработана и смонтирована экспериментальная установка (электротехнический стенд), обеспечивающая моделирование КЗ, сверхтоков и комбинацию этих режимов (рисунок 3.2).

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44



Рисунок 3.2 – Внешний вид электротехнического стенда

Принципиальная схема установки экспериментального электротехнического стенда приведена на рисунке 3.3.

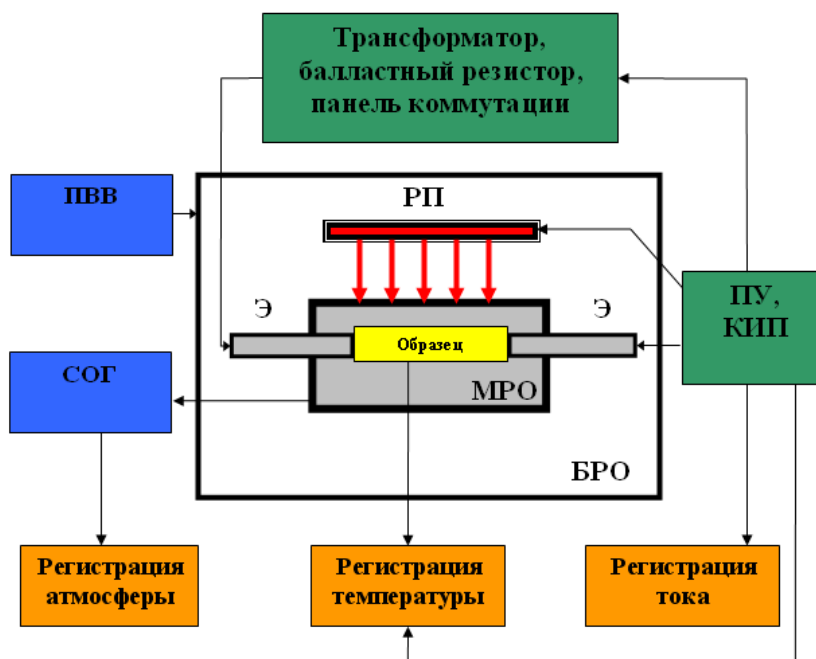


Рисунок 3.3 – Принципиальная схема электротехнического стенда:
 ПВВ – приточно-вытяжная вентиляция; Э – электроды с зажимными контактами; МРО – малый рабочий объём; БРО – большой рабочий объём; ПУ – панель управления; КИП – контрольно-измерительные приборы; СОГ – система отбора газов

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Сконструированный электротехнический стенд дает возможность генерировать токовые перегрузки до 750 А в электросетях переменного тока напряжением 220 В. Недостатком данного стенда можно считать то, что не учитывается влияние времени отключения участка автоматическим выключателем или плавким предохранителем. Исследование влияния времени отключения короткого замыкания на изменение микроструктуры оплавлений в нем также не было предусмотрено.

Кроме того, анализ экспертных методик, показывает, что они ориентированы на исследование проводов и кабелей, проложенных открыто либо в металлических трубах. В то же время, прокладка проводов и кабелей осуществляется в кабель-каналах, пластиковых короб-каналах, металлических коробах и лотках, пластиковых и металлических гофрированных трубах, гладких трубах из жесткого поливинилхлорида, кембриках. Данные способы прокладки проводов и кабелей могут влиять на условия тепло- и газообмена с окружающей средой, в том числе при пожаре, что соответственно, исследуется при проведении экспертизы [11]. Исследования по влиянию данных способов прокладки на формирование признаков аварийных режимов работы электрической сети не проводились.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

4 РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА

4.1 Общая схема установки

На основании проанализированных данных и рассмотренных стендов, была разработана собственная модель экспериментального стенда. В качестве прототипа была взята установка Смелкова Г.И. и Чешко И.Д. Она содержит трансформатор, к которому через кабели подключены электроды, подсоединенные к испытательным образцам, размещенным внутри камеры, устройство контроля температуры, панель управления, устройство контроля значения тока в испытательной цепи, источник внешнего тепла.

Недостатком прототипа является отсутствие блока защиты от короткого замыкания с набором предохранителей и автоматических выключателей, что не позволяет исследовать влияние времени отключения короткого замыкания на изменение микроструктуры участков проводов в месте короткого замыкания.

Технический результат заявляемой модели заключается в обеспечении исследования влияния времени отключения короткого замыкания во внутренней электропроводке на изменения микроструктуры оплавленных участков испытуемых образцов.

Технический результат достигается за счет того, что экспериментальный стенд, содержащий силовой трансформатор, первичная обмотка которого подключена к автоматическому выключателю стенда, а вторичная обмотка – к блоку регулирования напряжения, первый выход которого через трансформатор тока, вторичная обмотка которого соединена с амперметром, подключен к губкам первого и второго ключей, при этом подвижный контакт первого ключа подключен ко второму выходу блока регулирования напряжения, а подвижный контакт второго ключа подключен к первому проводнику, размещенному в испытательном коробе, при этом под нижней частью испытательного короба может быть расположен источник открытого пламени, а к его верхней части подсоединен контактный термометр, модель дополнительно содержит второй проводник, соединенный с первым проводником, электрический секундомер, подключенный одним входом к подвижному контакту

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

первого ключа, а вторым – к подвижному контакту второго ключа, блок защиты от короткого замыкания с набором плавких вставок и, параллельно подключенных к ним, автоматических выключателей, вход которого подключен ко второму проводнику, а выход – ко второму выходу блока регулирования напряжения.

Применение блока защиты от короткого замыкания с набором предохранителей с плавкими вставками и автоматических выключателей позволит определить влияние времени отключения короткого замыкания во внутренней электропроводке на изменения микроструктуры оплавленных участков.

Использование второго проводника, соединенного с первым проводником в испытательном коробе (например, внахлест и т.п.) позволит смоделировать однофазное короткое замыкание, возникающее во внутренней электропроводке электрической сети 0,4 кВ.

Использование электрического секундомер позволит зафиксировать время срабатывания предохранителя или автоматического выключателя в блоке защиты (т.е. время отключения КЗ) при возникновении короткого замыкания.

Применение источника открытого пламени позволит смоделировать вторичное короткое замыкание, возникающее в результате теплового воздействия пожара на электрические проводники.

Использование контактного термометра позволит фиксировать температуру проводников до, во время и после короткого замыкания.

Экспериментальный стенд (рисунок 4.1) содержит автоматический выключатель 1, который служит для защиты экспериментального стенда, силовой трансформатор 2, блок регулирования напряжения 3 на вторичной обмотке силового трансформатора 2, трансформатор тока 4, амперметр 5, первый и второй ключи 6 и 7, при этом первый ключ 6 служит для настройки стенда на определенную величину тока замыкания, а второй ключ 7 – для отключения остальной части стенда на время настройки, испытательный короб 8, в котором размещаются проводники различного сечения (на рисунке не обозначены) и из различного материала (медь, алюминий), контактный термометр 9, источник открытого пламени 10, блок защиты от коротко-

го замыкания 11 с набором предохранителей (плавких вставок) и автоматических выключателей, электрический секундомер 12 для фиксации времени срабатывания либо соответствующего предохранителя, либо автоматического выключателя.

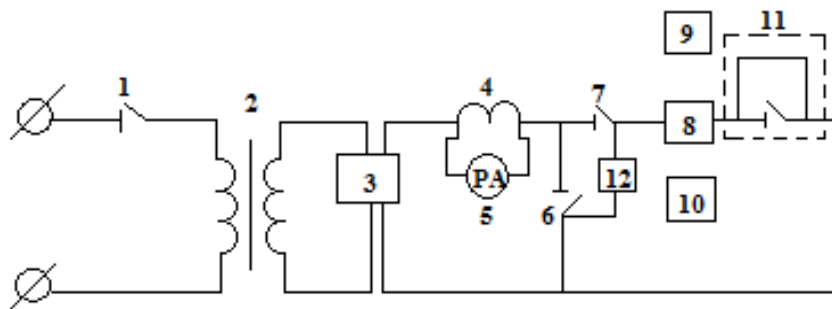


Рисунок 4.1 – Схема экспериментального стенда

4.2 Принцип работы экспериментальной установки

Для проведения исследований проводники размещают в испытательном корпусе 8 (например, в корпусе могут быть уложены проводники, соединенные скруткой и зачищенные от изоляции в месте соединения; проводники, уложенные друг на друга внахлест и также зачищенные от изоляции в месте соединения и т.п.).

До включения автоматического выключателя 1 с помощью ключа 7 отключается часть экспериментального стенда.

При включении автоматического выключателя 1 на первичную обмотку силового трансформатора 2 подается переменное напряжение. Предварительно с помощью блока регулирования напряжения 3 на вторичной обмотке трансформатора 2 устанавливается минимальное напряжение. Замыкается ключ 6. Постепенно увеличивая напряжение на вторичной обмотке силового трансформатора 2, устанавливаем ток короткого замыкания (контролируем по амперметру 5), превышающий в 3 раза ток плавкой вставки предохранителя, установленного в блоке защиты 11 от короткого замыкания (или в 1,4 раза, если в блоке защиты 11 от короткого замыкания установлен автоматический выключатель). Затем размыкается ключ 6 и замыкается ключ 7, включается электрический секундомер 12. Проводники, размещенные в корпусе 8, обеспечивают короткое замыкание. Ток короткого замыкания, протекая через предохранитель (или автоматический выключатель) в блоке защиты 11, вызыва-

ет его срабатывание. После разрыва цепи замыкания останавливается электрический секундомер 12, фиксируя время срабатывания предохранителя (автоматического выключателя). Далее с помощью автоматического выключателя 1 отключают стенд и получают образец для исследования изменения микроструктуры проводника в месте короткого замыкания.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

5 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В КОММУНАЛЬНО-БЫТОВЫХ ЭЛЕКТРОСЕТЯХ

5.1 Моделирование первичного короткого замыкания

Для проведения исследований подготавливают образцы проводников - отрезок кабеля длиной 15-20 см. В зависимости от проектируемого вида короткого замыкания образцы закрепляют на стенде в под защитным колпаком несколькими способами:

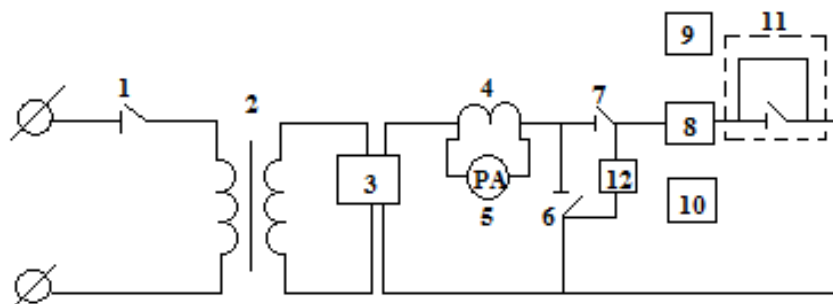
1) Жестко на подставке из горючего материала, фиксируя саморезом, вкрученным между токопроводящих жил, тем самым имитируя пробой проводки попаданием гвоздя или сверла между фазной и нулевой жилами.

2) Жестко на подставке из горючего материала закрепляется проводник, сверху устанавливается отрезок металлической трубы. Изоляция в месте «передавливания» предварительно надрезается до токопроводящих жил.

3) Жилы проводника соединяются методом холодной скрутки и закрепляются на горючем основании.

После закрепления проводников выбранным способом в защитном блоке поочередно подключаются либо автоматические выключатели, либо плавкие вставки. Номинальные токи автоматических выключателей – 16, 25, 40 А, такие наиболее часто устанавливаются в бытовых электросетях. Номинальные токи плавких вставок 8, 16, 32, 40 А.

До включения автоматического выключателя 1 с помощью ключа 7 отключается часть экспериментального стенда (рисунок 5.1). В зависимости от выбранного устройства защиты настраивается ток.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР

Лист

51

Рисунок 5.1 – Схема экспериментального стенда

При включении автоматического выключателя 1 на первичную обмотку силового трансформатора 2 подается переменное напряжение. Предварительно с помощью блока регулирования напряжения 3 на вторичной обмотке трансформатора 2 устанавливается минимальное напряжение. Замыкается ключ 6. Постепенно увеличивая ток на вторичной обмотке силового трансформатора 2, устанавливаем ток короткого замыкания из расчета 3-е кратного превышения номинала выбранной плавкой вставки предохранителя или в 1,4 раза номинала автоматического выключателя в блоке защиты 11. Показания тока короткого замыкания контролируем по амперметру 5.

При установке выбранного значения тока короткого замыкания размыкается выключатель 6 и замыкается выключатель 7, одновременно включается секундомер 12. Происходит короткое замыкание проводников.

Через короткое время происходит срабатывание автоматического выключателя или перегорание плавкой вставки предохранителя в блоке защиты 11. Секундомер 12 отключается, фиксируя время с момента подачи напряжения на экспериментальную часть установки и до срабатывания устройства защиты (длительность короткого замыкания). Время фиксируется в журнале. Образцы проводника изымаются из стенда для дальнейшего исследования.

5.2 Моделирование вторичного короткого замыкания

Для проведения исследований подготавливают образцы проводников - отрезок кабеля длиной 15-20 см.

Образец подключается к клеммам в испытательном коробе 8 и закрепляется на штативе.

После закрепления проводников выбранным способом в защитном блоке поочередно подключаются либо автоматические выключатели, либо плавкие вставки. Номинальные токи автоматических выключателей – 16, 25, 40 А, такие наиболее часто устанавливаются в бытовых электросетях. Номинальные токи плавких вставок 8, 16, 32, 40 А.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

До включения автоматического выключателя 1 с помощью ключа 7 отключается часть экспериментального стенда. В зависимости от выбранного устройства защиты настраивается ток.

При включении автоматического выключателя 1 на первичную обмотку силового трансформатора 2 подается переменное напряжение. Предварительно с помощью блока регулирования напряжения 3 на вторичной обмотке трансформатора 2 устанавливается минимальное напряжение. Замыкается ключ 6. Постепенно увеличивая ток на вторичной обмотке силового трансформатора 2, устанавливаем ток короткого замыкания из расчета 3-е кратного превышения номинала выбранной плавкой вставки предохранителя или в 1,4 раза номинала автоматического выключателя в блоке защиты 11. Показания тока короткого замыкания контролируем по амперметру 5.

При установке выбранного значения тока короткого замыкания размыкается выключатель 6 и замыкается выключатель 7, вносится спиртовка под исследуемый образец и одновременно включается секундомер 12.

Под действием высокой температуры снижается сопротивление изоляции и происходит ее пробивание (короткое замыкание). Срабатывает устройство защиты в блоке 11, секундомер 12 выключается.

Показания секундомера 12 заносятся в журнал, образцы из стенда извлекаются для дальнейшего исследования.

6 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

7 МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КОММУНАЛЬНО-БЫТОВЫХ ЭЛЕКТРОПРОВОДОК

Пожарная безопасность электропроводок обеспечивается соблюдением следующих основных требований:

- 1) правильным выбором вида электропроводки и способа ее прокладки;
- 2) соответствием вида электропроводки и характеристик используемых проводов, кабелей и труб допустимым способам прокладки по поддерживающим основаниям и конструкциям;
- 3) правильным выбором электрозащиты.

Для обеспечения пожарной безопасности электропроводки следует соблюдать общие пожарно-профилактические требования:

- 1) Электропроводки должны удовлетворять всем требованиям окружающих условий (например, жаркое и пыльное помещение).
- 2) Удобная прокладка кабелей, которая способствует быстрой локализации очага пожара.
- 3) Снижает пожарную опасность пропитка кабельных покровов после укладки кабелей на кронштейны цементным молоком, смешанным с 5% бихромата калия.
- 4) При открытой прокладке труб и коробов из трудногораемых материалов по негораемым и трудногораемым основаниям и конструкциям воздушный зазор между трубой (коробом) и близлежащей поверхностью конструкции из горючих материалов должен составлять не менее 100 мм. Если нельзя обеспечить указанную величину воздушного зазора, трубу (короб) следует защищать со всех сторон сплошным слоем негорючего материала. Такую же обработку проводников следует выполнять при скрытой прокладке труб и коробов из трудногораемых материалов.
- 5) При пересечениях электропроводки с элементами строительных конструкций из горючих материалов эти участки должны быть выполнены с соблюдением всех требований пунктов 2 и 3.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

6) В местах с температурой, отличающейся от расчетной температуры окружающей среды (+25°C), провода и кабели должны иметь теплостойкую изоляцию, либо токовые нагрузки на них должны быть соответственно снижены.

7) Снижение пожарной опасности контактных соединений в местах присоединения проводов к приборам и аппаратам достигается правильным выбором размера винтовых зажимов в зависимости от сечения проводников.

8) Отверстия в полу и стенах (через которые проходит кабель) должны быть плотно заделаны негоряемым материалом.

9) В целях быстрой ликвидации пожароопасного аварийного режима, сети электропроводки должны иметь защиту от короткого замыкания и перегрузки с минимально возможным временем отключения.

При открытой прокладке защищенных проводов (кабелей) с оболочкой из горючих и незащищенных проводов воздушный зазор между проводом (кабелем) и поверхностью близлежащих оснований, конструкций и деталей из горючих материалов должен составлять не менее 10 мм. Допускается отделять провод (кабель) от указанной поверхности слоем негорючего материала, выступающим с каждой стороны провода (кабеля) не менее чем 10 мм.

При скрытой прокладке защищенных проводов (кабелей) с оболочками из горючих материалов и незащищенных проводов воздушный зазор между проводом (кабелем) и близлежащей поверхностью конструкции из горючих материалов должен составлять не менее 100 мм. Если нельзя обеспечить указанную величину зазора, провод (кабель) следует защищать со всех сторон сплошным слоем негорючего материала (например, листового асбеста толщиной не менее 3 мм; штукатурного, алебастрового или цементного раствора толщиной не менее 10 мм).

Что касается устройств защиты, то согласно [1], линии электроснабжения помещений зданий и сооружений должны иметь устройства защитного отключения (УЗО), предотвращающие возникновение пожара. Стоит отметить, что УЗО не имеет защиты от сверхтоков (токи короткого замыкания, перегруз) и поэтому его следует всегда защищать автоматическим выключателем. Автомат защиты следует выби-

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

рять на ступень выше, так как АВ пропускает ток до $1,13 I_n$ бесконечно долго, а в интервале от $1,13-1,45 I_n$ в течение 1 часа. Если выбрать УЗО и АВ одного номинала (I_n), то, в течение целого часа УЗО, которое рассчитано на I_n будет пропускать ток величиной $1,45 I_n$ и с высокой вероятностью сгорит.

По выдержке времени срабатывания УЗО разделяют на несколько типов:

УЗО без выдержки времени, применяется для защиты человека от поражения током и от возгораний вследствие неисправностей электропроводки. УЗО без выдержки времени устанавливают на линии электроприемников. И являются первой ступенью защиты.

УЗО типа S (селективное), также его называют противопожарным. Данное УЗО типа S срабатывает с задержкой ($0,2-0,5$ сек), поэтому человека оно не защищает, а лишь защищает от возникновения пожаров. Противопожарное УЗО устанавливается в начале линии после вводного автомата и защищает вводной кабель и подключение автоматике в щитке, а также является второй ступенью диф. защиты всего дома от пожара.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе рассмотрены: принципиальные схемы электроснабжения жилых зданий, характеристики и виды применяемых электропроводок, устройства защиты в системах бытового электроснабжений и их характеристики, законодательная и нормативно-правовая база в области пожарной безопасности бытовых электросетей.

Проведен анализ статистических данных по пожарам бытовых электропроводок в России и странах ближнего зарубежья. Выявлены виды повреждений в ходе эксплуатации электропроводок и причины их возгорания.

Определена модель поведения аппаратов защиты при возникновении аварийного режима работы электросети, описана их времятоковая характеристика (ВТХ).

В данной работе был разработан электротехнический стенд для моделирования коротких замыканий (КЗ) и экспериментального исследования влияния времени отключения короткого замыкания в электрических проводниках на изменение их микроструктуры.

Представлена методика экспериментальных исследований КЗ на стенде, проведен анализ результатов. По результатам выполненной работы, выдвинуты предложения по повышению пожарной безопасности коммунально-бытовых электросетей.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
2. ГОСТ 31565-2012 Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности.
3. ГОСТ Р 52373-2005 Провода самонесущие изолированные и защищенные для воздушных линий электропередач.
4. ГОСТ Р 53768-2010 Провода и кабели для электрических установок на номинальное напряжение до 450 В.
5. ГОСТ Р 53769-2010 Кабели силовые с пластмассовой изоляцией.
6. Правила устройства электроустановок (7-е издание).
7. Инструкция по проектированию электрооборудования общественных зданий массового строительства: СН 543-82. — М.: Стройиздат, 1982. — 58 с.
8. Инструкция по проектированию электрооборудования жилых зданий: СН 544-82. — М.: Стройиздат, 1982.
9. Богатищев А.И., Довбня А.В., Зернов С.И. и др. Исследование причин возгорания автотранспортных средств. — М.: ГУ ЭКЦ МВД России, 2003. — 80 с.
10. Граненков Н.М., Дюбаров Г.А. Исследование медных проводов в зонах короткого замыкания однопроводной электросети / Пожаровзрывобезопасность. 1993. № 4. С. 25-27.
11. Грибунов О. П., Трубкина О. В. Назначение судебных экспертиз: учебное пособие. — Иркутск, 2014.
12. Григорьева М.М., Кузнецов Г.В. Оценка пожарной опасности режимов перегрузки кабельных линий на основе анализа температурных полей / Пожаровзрывобезопасность. 2017. № 4. С. 25-27.
13. Исследование медных и алюминиевых проводников в зонах короткого замыкания и термического воздействия: метод. рекомендации / Л.С. Митричев. М.: ВНИИ МВД СССР, 1986. 44 с.
14. Каменский М.К., Смелков Г.И., Пехотиков В.А., Назаров А.А. Разработка требований пожарной безопасности к применению кабельных изделий с токопроводящими жилами из сплавов алюминия / Пожарная безопасность. 2016. № 3. С. 58-60.
15. Киреева Э. Л., Юнее Т., Айюби М. Автоматизация и экономия электроэнергии в системах промышленного электроснабжения: Справочные материалы и примеры расчетов. М.: Энергоатомиздат, 1998.
16. Кузнецов К.Л., Шеков А.А. Влияние токов перегрузки на формирование структуры металла в зонах разрушений медных проводников / Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. 2016. № 1 (76). С. 97-105.
17. Маковкин А.В., Кабанов В.Н., Струков В.М. Проведение экспертных исследований по установлению причинно-следственной связи аварийных процессов в электросети с возникновением пожара. М.: ВНКЦ МВД СССР, 1990. 64с.
18. Маньков В.Д. Основы проектирования систем электроснабжения. Справочное пособие. — СПб: НОУ ДПО «УМИТЦ «ЭлектроСервис», 2010 — 664с.
19. Мокряк А.Ю., Чешко И.Д., Пеньков В.В. Морфологический анализ медных проводников, подвергшихся воздействию токовой перегрузки, при экспертизе пожа-

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

ров. Изд.: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России (Санкт-Петербург) 2014 С.: 41-49.

20. Никифоров А.Л., Булгаков В.В., Салихова А.Х. Применение современных материалов для снижения пожарной опасности электропроводок / Пожаровзрывобезопасность. 2016. № 2. С. 18-19.

21. Никольский О.К., Ерёмина Т.В., Концепция электрической и пожарной безопасности электроустановок / Пожарная безопасность. 2017. № 3. С. 125-127.

22. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средств тушения: справ. изд.: в 2-х книгах; кн.1 / Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н. и др. М.: Химия, 1990. 496 с.

23. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средств тушения: справ. изд.: в 2-х книгах; кн.2 / Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н. и др. М.: Химия, 1990. 384 с.

24. Пожары и пожарная безопасность в 2009 году: статистический сборник / Под общей редакцией Копылова Н.П. М.: ВНИИПО МЧС России, 2010. 135 с.

25. Пожары и пожарная безопасность в 2013 году: статистический сборник / Под общей редакцией Климкина В.И. М.: ВНИИПО МЧС России, 2014. 137 с.

26. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных и гражданских зданий: учеб. для студ.сред.проф.образования – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 368с.

27. Смелков Г.И., Александров А.А., Пехотиков В.А. Методы определения причастности к пожарам аварийных режимов в электротехнических устройствах. М.: Стройиздат, 1980. 59 с.

28. Смелков Г.И. Пожарная безопасность электропроводок. М.: ООО «КАБЕЛЬ», 2009. 328 с.

29. Смелков Г.И., Фетисов П.А. Возникновение пожаров при коротком замыкании в электропроводах. М.: Стройиздат, 1973. 78 с.

30. Сошников С.А. Снижение пожарной опасности коротких замыканий в электроустановках объектов агропромышленного комплекса: дис. канд. техн. наук: 05.20.02. – Барнаул, 2008. – 132 с.

31. Терентьева Т.В. О развитии методики исследования медных проводников после пожар: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных. 2017. С. 201-204.

32. Типовые экспертные методики исследования вещественных доказательств / Под ред. А. Ю. Семенова; общ. ред. В. В. Мартынова. - М.: ЭКЦ МВД России, 2012 - Ч. 2. - 798 с.

33. Тульчин И.К., Нудлер Г.И. Электрические сети жилых и общественных зданий. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 304с.

34. Цигельман И.Е., Тульчин И.К. Электроснабжение, электрические сети и освещение. Изд. 3-е, переработ. и доп. Учебник для электромехан.техникумов. М.: «Высшая школа»,1988 – 320с.

35. Черкасов В. Н., Петренко А. Н., Ильин А. В. Методы снижения пожарной опасности электроустановок с учетом современной проектно-эксплуатационной и нормативной практики / Пожарная безопасность. 2015. № 3. С. 117-120.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

36. Чешко И. Д., Лебедев К. Б., Мокряк А. Ю. Экспертное исследование после пожара контактных узлов электрооборудования в целях выявления признаков больших переходных сопротивлений. – М.: ВНИИПО, 2008. – 60 с.
37. Экспертное исследование металлических изделий (по делам о пожарах): учеб. пособие / под ред. А.И. Колмакова. М.: ЭКЦ МВД России, 1993. 104 с.
38. Электроснабжение – основа безопасности, Кукушкин Н.В., с.62-66, журнал Алгоритм безопасности, №1, 2016.
39. Schontag A. Archiv fur Kriminologie, 115 Bd., Munchen, 1956. S. 66.
40. Hagemuer W. Die metallographische Untersuchung von Kupferleitern als Method zur Untercheidung zwischen primaren und sekundaren Kurzschlussen // Schriftenreihe der Deutsch Volkspolizei. 1963. № 7–12. S. 1 160–1 170.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61