

В. С. Мельников

2019

Пожарная автоматика защитного отключения электроустановок

Монография



УДК 614:621:654
ББК 32.85:30н:4н
М 47

Мельников, Владимир Семёнович

М 47 Пожарная автоматика защитного отключения электроустановок. Монография – М.: Мир науки, 2019. – Режим доступа: <http://izd-mn.com/PDF/08MNNPM19.pdf> – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-6041426-5-3

Мельников Владимир Семёнович, инженер-испытатель, кандидат технических наук, автор многих исследований и десятков изобретений предлагает специальный курс об универсальной технологии электротехники и пожарной безопасности. Публикация предназначена разработчикам и монтажникам оборудования, проектировщикам и эксплуатирующему персоналу широкого круга объектов, от жилых домов до производства. Поскольку теоретические аспекты приведены к доступному виду с практическими решениями, содержание может быть полезно для развития бизнеса, обучения и творчества.

Электронная почта: melnikov@firecenter.ru

ISBN 978-5-6041426-5-3

© Мельников Владимир Семёнович
© ООО Издательство «Мир науки», 2019

Аннотация

Контроль электрических показателей традиционно обеспечивает безопасность электроустановок. Одновременно задачи пожарной (противоаварийной) безопасности повсеместно решаются средствами контроля неэлектрических показателей.

Увлекательная тема объединения двух подходов оказалась практически доступной благодаря расширению функций устройств дифференциального тока. Теперь самые обычные и распространённые выключатели (ВДТ, УЗО) и автоматические выключатели (АВДТ) дифференциального тока могут иметь двойное назначение. Они не только защищают от поражения электрическим током, но и управляются разнообразными датчиками с помощью нагрузки, имитирующей повреждение изоляции. При опасности пожара или аварии ток утечки используется для передачи сигнала на отключение, подобно сигналу при пробое на корпус повреждённого оборудования.

Объединением устройств дифференциального тока и средств пожарной (противоаварийной) автоматики образуется целый класс устройств и систем защитного отключения под общим названием пожарный сторож (УЗО ПС).

В настоящей монографии предлагаются конкретные решения с выбором комплектующих для защиты электросетей. Среди них есть автономные исполнения пожарного сторожа для обеспечения безопасности наиболее уязвимых объектов, а именно жилых многоквартирных домов. Важно, что их использование не требует изменений проектов новых электросетей и реконструкции существующих.

Применение пожарного сторожа также рекомендовано на объектах с автоматическими, автономными и другими установками пожаротушения независимо от степени их автоматизации.

Подробно прокомментированы возникающие вопросы относительно соответствия техническим регламентам, по тексту приведены ссылки на указания нормативных правовых актов и нормативных документов.

Для обоснования актуальности темы особое внимание уделено обзору известных технологий и конструкций: сенсоров, извещателей, приёмно-контрольных приборов и приборов управления, которые могут эффективно работать в составе пожарного сторожа. Приведены схемы проводного и беспроводного (радиоканального) управления устройствами дифференциального тока для простых комплектов бытового назначения и для систем промышленной автоматики.

Существенная часть работы содержит результаты натурных электротехнических и огневых испытаний, которые доказали эффективность контроля неэлектрических показателей и позволили наметить перспективы значительного повышения уровня безопасности.

Подчёркнуто, что применение универсальной технологии (пожарного сторожа) в разных ситуациях исключает условия образования источника зажигания, ограничивает распространение пожара, предотвращает повторное возгорание и поражение электрическим током людей, в том числе пожарных.

Ключевые слова: безопасность электроустановок, пожарный сторож, УЗО ПС, устройства дифференциального тока, УДТ, пожарная автоматика, противоаварийная автоматика, пожарная сигнализация, установки пожаротушения, safety of the electrical installations, fire guard, RCD FG, residual current device, RCD, fire automation, emergency automation, fire alarm, fire suppression units

Melnikov V. S.

Fire automation of electrical installations protective shutdown

Monograph - M.: Publishing company «World of science», LLC, 2019

Email: melnikov@firecenter.ru

Abstract

Control of electrical indicators traditionally provides safety of electrical installations. Simultaneously, objectives of fire (emergency) safety are generally provided by the means of control of nonelectrical indicators.

Captivating subject of integration of the two approaches turned out to be practically available thanks to the expansion of the functions of residual current devices. Now the most usual and common switches (RCS, RCD) and automatic switches (ARCS) can have dual purpose. They not only protect from electric shock but are controlled by various sensors with the help of a load, simulating an insulation failure.

In the event of fire or accident hazard leakage current is used to transmit shutdown signal similar to the signal of damaged equipment casing breakdown.

By the unification of residual current devices and means of fire (emergency) automation an entire class of devices and safety switch-off systems is formed under a general title of fire guard (RCD FG).

This monograph suggests specific solutions to select component parts for the protection of electric networks. There are autonomous versions of fire guard to provide safety of the most vulnerable facilities specifically apartment buildings. It is important that its use does not require design changes of new electric networks and retrofitting of the existing ones.

Use of fire guard is also recommended on sites with automatic, autonomous and other fire suppression systems independently of the degree of their automation.

Emerging issues related to the compliance of technical regulations were commented in details, there are references in the text regarding legal acts and normative documents.

In order to substantiate relevance of the subject considerable attention is paid to the known technologies and structures, sensors, detectors, receivers and control instruments, which may effectively operate within fire guard. Diagrams of wire and wireless (radio channel) control of residual current devices for ordinary household sets and industrial automation systems are shown.

Significant part of work contains results of environmental electrotechnical and fire tests which proved efficiency of the control of nonelectrical indicators and allowed to outline perspectives for the significant increase of safety level.

It has been emphasized that use of universal technology (fire guard) in various situations excludes conditions for the formation of ignition source, restricts spread of fire, prevents repeated ignition and electrical shock of humans including fire fighters.

Keywords: safety of the electrical installations, fire guard, RCD FG, residual current device, RCD, fire automation, emergency automation, fire alarm, fire suppression units

Оглавление

Сокращения и обозначения.....	7
Введение	8
Актуальность задачи.....	10
Право на публикуемые результаты	11
Раздел 1 Обзор публикаций, комментарии о технологиях и устройствах	12
1.1 Достигнутый технический уровень устройств отключения электроустановок.....	12
1.2 Пожаротушение электроустановок	26
1.3 Источники зажигания	29
1.4 Распространение горения и электрические показатели	36
1.5 Контроль неэлектрических показателей.....	43
1.6 Пожарные сигнализации	47
Раздел 2 Пожарный сторож, технология, устройства, конструкции и системы	49
2.1 Отличительные признаки технологии и конструкций	49
2.2 Примеры конструкций пожарного сторожа	52
Пример 1. Пожарный сторож с контролем температуры и защитой однофазной сети	52
Пример 2. Пожарный сторож с контролем температуры и защитой трёхфазной сети.....	56
Пример 3. Пожарный сторож с удалённым контролем температуры	57
Пример 4. Пожарный сторож с контролем содержания угарного газа, температуры и защитой однофазной сети	59
Пример 5. Пожарный сторож с контролем содержания угарного газа, температуры и защитой трёхфазной сети	63
Пример 6. Пожарный сторож с удалённым контролем содержания угарного газа и температуры	64
Пример 7. Радиоканальный пожарный сторож с контролем дыма, температуры и защитой трёхфазной сети	66
Пример 8. Радиоканальный пожарный сторож с контролем дыма, температуры и защитой однофазной сети	70
Пример 9. Радиоканальный пожарный сторож с контролем дыма, содержания угарного газа и температуры	72
Пример 10. Автономный радиоканальный пожарный сторож с оповещателем, контролем дыма и температуры	74
Пример 11. Пожарный сторож в составе установки пожарной сигнализации с размещением приборов управления в электрощите	79

Пример 12. Пожарный сторож в составе установки пожарной сигнализации с удалённым размещением приборов управления.....	86
2.3 Выбор нагрузки для управления УДТ	91
Раздел 3 Подтверждение соответствия, исследования и перспективы	101
3.1 Подтверждение соответствия	101
3.2 Исследование эффективности УЗО ПС	108
3.3 Перспективы средств автоматики на устройствах дифференциального тока	128
Список литературы	142
References	147

Сокращения и обозначения

В настоящей публикации используются следующие сокращения:

- АБС-пластик** – сополимер акрилонитрила с бутадиеном и стиролом, базовый материал, который используется с добавками для изготовления корпусов электротехнических устройств;
- АВДТ** – автоматический выключатель дифференциального тока (автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, со встроенной защитой от сверхтоков);
- АПВ** – автоматическое повторное включение;
- ВДТ** – выключатель дифференциального тока (автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, без встроенной защиты от сверхтоков);
- ИП** – извещатель пожарный;
- ПВХ** – поливинилхлорид (полихлорвинил); термопластичный полимер винилхлорида, базовый материал, который используется с добавками для изготовления изоляции проводников и оболочек кабелей;
- ППК** – прибор приёмно-контрольный;
- ППКП** – прибор приёмно-контрольный пожарный;
- ППКОП** – прибор приёмно-контрольный охранно-пожарный;
- УДТ** – устройство дифференциального тока (устройство, управляемое дифференциальным током, обобщённое сокращение наименований устройств защитного отключения дифференциального тока: АВДТ, ВДТ, реле дифференциального тока); англ. – RCD (residual current device);
- УЗДП** – устройство защиты при дуговом пробое (устройство обнаружения при дуговом пробое); англ. – AFDD (Arc fault detection devices); в США выключатели дугового пробоя (ВДП);
- УЗО** – устройство защитного отключения (обычно ВДТ);
- УЗО ПС** – устройство защитного отключения «Пожарный сторож», совмещающее функции УДТ и сигнализации; противопожарное и противоаварийное устройство, содержащее УДТ и датчики, которые при обнаружении опасности включают имитатор повреждения изоляции и инициируют ток утечки в качестве управляющего сигнала для УДТ.
- L, L_i, N, Pe** – проводники: фазные (*i* = без номера, 1, 2, 3), нейтральный, защитный

Введение

Активная защита электроустановок¹ от аварий и пожаров обычно осуществляется за счёт контроля состояния и своевременного реагирования на отклонения электрических и неэлектрических показателей.

«Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» содержит положение о том, что установки пожаротушения и пожарной сигнализации, в зависимости от разработанного при их проектировании алгоритма должны обеспечивать подачу управляющих сигналов на технические средства управления инженерным и технологическим оборудованием².

Электроустановки – один из самых распространённых видов инженерного и технологического оборудования, и их отключение при аварийных ситуациях или пожарах является обоснованным действием для своевременного предотвращения опасного развития событий.

В связи с этим достаточно давно предложены универсальный способ и устройства для реализации алгоритма, при котором обнаружение признаков опасности приводит к автоматическому отключению электроприборов или электросетей [1-3].

Отличительным признаком новации стало использование тока утечки в качестве управляющего сигнала, который формируется при срабатывании пожарных или аварийных извещателей. Данное решение обеспечивает отключение штатных устройств дифференциального тока (УДТ)³. Более конкретно (по стандартной классификации) имеются в виду автоматические выключатели, управляемые дифференциальным током (выключатели дифференциального тока и автоматические выключатели дифференциального тока), которые автоматически повторно не замыкаются при восстановлении напряжения сети⁴.

Важно, что применение УДТ во многих случаях предусмотрено нормативными документами, поскольку чувствительность УДТ по токам утечки на несколько порядков выше,

¹ - ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок. Издание 7, 1.1.3. Электроустановка — совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другие виды энергии.

² - Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ (в ред. от 29.07.2017) Статья 83 п.4.

³ - в нормативных правовых актах, нормативных документах и публикациях также используются следующие наименования и (или) модификации УДТ: устройства защитного отключения (УЗО), дифференциальные автоматы, выключатели дифференциального тока (ВДТ), автоматические выключатели дифференциального тока (АВДТ), реле дифференциального тока.

⁴ - ГОСТ Р 51326.1-99 (МЭК 61008-1-96), ГОСТ Р 51327.1-2010 (МЭК 61009-1-2006), ГОСТ ИЕК 61008-1-2012, ГОСТ ИЕК 61009-1-2014

чем у автоматов, ограничивающих максимальный ток, а эффективность защиты людей от поражения электрическим током (также оборудования от повреждений) сочетается с доступностью. В настоящее время широкое распространение УДТ является существенной причиной для придания им дополнительных функций.

Инновационное использование штатных устройств дифференциального тока не связано с применением каких-либо дополнительных аппаратов защиты, не требует изменений проектов существующих электроустановок, обосновано экономически и технически, соответствует нормативным правовым актам и нормативным документам.

Дополнение функций УДТ исключает условия образования источника зажигания, ограничивает распространение пожара, предотвращает повторное возгорание и поражение электрическим током людей, в том числе пожарных.

Устройства защитного отключения, построенные по указанному общему принципу, названы «Пожарный сторож» [3], сокращённо УЗО ПС. Они применяются в жилых домах, офисах, строительных бытовках, также для защиты отдельных электроприёмников (серверов и шкафов управления).

Далее сокращение УЗО ПС и упрощённое наименование (пожарный сторож) используются как синонимы.

Пожарный сторож сегодня имеет перспективные модификации в виде автономных устройств, групп устройств и частей систем безопасности, но, к сожалению, наблюдаются скромные итоги внедрения и недооценённый потенциал.

С учётом этого целью настоящей публикации стало содействие распространению общественно полезной технологии.

Актуальность задачи

Первоочередные рекомендации по использованию пожарного сторожа касаются усиления безопасности наибольшего числа слабо защищённых объектов, а именно многоквартирных жилых домов (Ф1.3)⁵. Для любых иных зданий и сооружений реализация предложения также будет способствовать снижению пожарного риска.

Электропроводка, электроприёмники, многочисленные щиты и электроприборы по факту являются местами концентрации горючих органических электроизоляционных материалов, которые располагаются вблизи потенциально опасных источников зажигания. Кроме того, все эти компоненты электроустановок часто находятся в непосредственном контакте с горючими строительными и декоративными материалами, деталями мебели и даже одеждой. В свою очередь источниками зажигания могут стать неисправные или перегруженные токопроводящие части, либо электронагревательные приборы.

Открытые сведения МЧС России⁶ о пожарах и их последствиях содержат количество пожаров по причине нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования и бытовых приборов: в 2016 году - 41374 случая, в 2017 году – 40581, в 2018 году – 41420, что составляет примерно 30% общего количества пожаров в стране, из которых 70% относятся к объектам жилого сектора.

Нарушение правил эксплуатации электрического оборудования названо и основной причиной гибели детей на пожарах (36,8% случаев в 2018 году)!

Тут в первую очередь необходимо отстаивать жизнь и здоровье, но есть возможность учесть и экономические показатели. Только прямой материальный ущерб от каждого пожара электросетей составил в среднем 132 и 136 тыс. руб. соответственно в 2016 и 2017 году.

Аварии и пожары можно избежать, если электрооборудование находится под постоянным контролем. Реально контроль осуществляется на крупных объектах, на производстве, для каждого из которых выполняются индивидуальные проекты и монтируются соответствующие интегрированные системы безопасности. Сложность и высокая стоимость такого подхода делает чрезвычайно уязвимыми объекты жилого сектора и предприятий малого бизнеса.

⁵ - Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ (в ред. от 29.07.2017), класс по функциональной пожарной опасности и обозначение, п. 1, 1), в) Статьи 32

⁶ Сайт МЧС России: <http://www.mchs.gov.ru/>

Актуальность задачи создания доступных технологий и устройств отключения электроустановок, таким образом, связана с необходимостью обеспечения безопасности практически каждого человека.

Право на публикуемые результаты

Первоначально данная публикация готовилась в виде журнальной статьи по теме исследования. Параллельно на популярном уровне были сняты любительские видеозаписи с демонстрацией опасных ситуаций и действий пожарного сторожа. Также на протяжении нескольких лет проходили многочисленные очные и заочные просмотры материала, обсуждения на встречах, семинарах, конференциях, при интернет-переписке и т.д. В итоге объём информации значительно увеличился. Для обоснования решений потребовалась детальная пошаговая синхронизация содержания с нормативными правовыми актами и нормативными документами по электротехнике, пожарной и противоаварийной автоматике. С целью усиления доказательной базы были проведены дополнительные эксперименты, рассмотрены сценарии развития чрезвычайных ситуаций, взаимодействия с установками пожаротушения и другие вопросы.

Вся работа выполнялась по личной инициативе на средства автора и не связана с выполнением какого-либо контракта, договора или соглашения.

Коммерческое применение результатов следует осуществлять в соответствии с законодательством РФ, в том числе с учётом патентного права.

Использование в образовательных и научных целях может быть поддержано практической помощью и консультациями.

Вопросы и предложения просьба направлять по электронному адресу:

melnikov@firecenter.ru

Мельникову Владимиру Семеновичу

Раздел 1 Обзор публикаций, комментарии о технологиях и устройствах

1.1 Достигнутый технический уровень устройств отключения электроустановок

1.1.1 Разнообразие устройств защиты, применяемых в современных электроустановках, создаёт некоторую иллюзию отсутствия проблем, поэтому, прежде чем перейти к основной части публикации, полезно рассмотреть область применения по сценариям аварий (пожаров) и некоторые альтернативные решения. Тут надо отметить, что предложенная тема находится на стыке двух практических областей. Первая из них - обеспечение безопасности электроустановок, вторая - пожарной и противоаварийной безопасности. К сожалению, соответствующие технические решения до сих пор остаются достаточно изолированными, т. е. массовое распространение эффективных технологий и изделий часто касается одного из направлений без учёта другого.

1.1.2 Правила устройства электроустановок (ПУЭ) предусматривают использование аппаратов защиты, автоматически отключающих защищаемую электрическую цепь при ненормальных режимах⁷, например, при увеличении тока в цепи до значения, которое равно или больше тока короткого замыкания, при перегрузке, когда ток в цепи превышает расчётный ток, а также при возникновении дифференциального тока (тока утечки), превышающем установленное номинальное значение. Соответственно в трёх практически самых распространённых вариантах для предотвращения неблагоприятного развития событий в качестве признака опасности предполагается контролировать электрический ток и никакой другой показатель. Кроме того, в ПУЭ есть разделы, посвящённые защите от грозовых перенапряжений, релейной защите, применению автоматики и телемеханики, но и здесь указывается только на возможность контроля электрических величин (тока, напряжения, частоты), по иным показателям конкретных указаний нет. Даже такой показатель, как температура, упомянут не для контроля, а только в расчёте и выборе сечений проводников, в Разделе 5⁸ тепловой контроль касается лишь электросиловых установок.

1.1.3. Поскольку следующий противоаварийный приём можно назвать аналогом более [общего правила противоаварийной и пожарной безопасности](#) о контроле неэлектрических параметров, приведём его полностью.

⁷ - ПУЭ 6 Правила устройства электроустановок. Издание 6, п. 3.1.2.

⁸ - ПУЭ-7. Правила устройства электроустановок. Издание 7

ПУЭ 7, п. 5.3.44. На электродвигателях, имеющих принудительную смазку подшипников, следует устанавливать защиту, действующую на сигнал и отключение электродвигателя при повышении температуры или прекращении действия смазки. На электродвигателях, имеющих принудительную вентиляцию, следует устанавливать защиту, действующую на сигнал и отключение электродвигателя при повышении температуры или прекращении действия вентиляции.

1.1.4. Нормативные документы по устройству электроустановок в других странах,⁹ помимо указанных, обязывают использовать защиту с контролем ещё некоторых показателей, например, защиту от дуги, т. е. предписывают применение устройств защиты при дуговом пробое (УЗДП)¹⁰.

Хотя в некоторых вариантах контроль дуги осуществляется с помощью оптических датчиков¹¹, доминирующее положение на практике занимают устройства контроля нелинейных искажений электрического тока и напряжения, т. е. вновь предлагается учитывать эффекты, внутренние по отношению к электрическим цепям.

1.1.5 Ещё более тонкая диагностика электроустановок в ходе эксплуатации предполагает контроль состояния изоляции по токам утечки [4]. Ожидается, что это позволит существенно уменьшить вероятность возникновения аварий и пожаров за счет заблаговременного обнаружения развивающихся дефектов. Продолжение этой темы следует рассматривать с учётом наличия серийных приборов непрерывного контроля изоляции однофазных и трёхфазных сетей, предлагаемых, например, в каталоге ABB (ABB CM-IWN-AC, ABB CM-IWN-DC и т. д.).

1.1.6 Контроль электрических цепей и их компонентов развивается по пути учёта и использования самых разнообразных электрических и электромагнитных эффектов [5, 6]. Для сетей переменного тока, благодаря разнообразию амплитудных и частотных показателей, это позволяет эффективно реагировать на отклонения от штатных режимов работы. Так, можно отключать электропитание с помощью реле защиты двигателей (**ABB CM-LWN**) путём контроля

⁹ - National Electrical Code (NEC), NFPA 70

¹⁰ - ГОСТ IEC 62606- 2016 Устройства защиты бытового и аналогичного назначения при дуговом пробое. Общие требования

¹¹ - Arc Guard System™ – TVOC-2 ABB

состояния нагрузки индуктивных потребителей по углу сдвига фаз между напряжением и током (φ), который ориентировочно обратно пропорционален отношению активной мощности к полной.

1.1.7 В целом подавляющее большинство выпускаемых устройств защиты реализуют именно контроль электрических показателей и производных электромагнитных эффектов. Примеры таких изделий¹² представлены фотографиями на рис. 1 - 3 с функциональными и однолинейными схемами подключения, а соответствующие характеристики серийных устройств приведены в табл. 1. Для пояснений здесь выбраны модели, которые обладают потенциалом расширения функций защиты, что будет показано в разделах 2 и 3.

1.1.8 Типичным многокритериальным устройством контроля являются реле напряжения. Они используются для больших (промышленных) нагрузок совместно с силовыми контакторами (см. рис. 1), а при номинальных токах до 63 А предлагаются в прямоточном исполнении. Применение указанных реле обеспечивает гарантированное электропитание нагрузки в допустимом предварительно установленном диапазоне напряжений, также исключает питание трёхфазной нагрузки при снижении к. п. д. (увеличении угла сдвига φ), обрыве, отключении фазных или нейтральных проводников (см. табл. 1). Это предотвращает аварии и пожары из-за работы электроприборов в нештатных условиях. Вместе с тем устройства такой релейной защиты часто выполняют весьма спорные приёмы реагирования на отклонения показателей электропитания, к дискуссионным относятся задержка включения и автоматическое повторное включение (АПВ). Практика показывает, что сеть с реле напряжения может быть склонна к ложным включениям. Так, при нормализации напряжения происходит автоматическое повторное включение без учёта последствий, добавление нагрузки определённой мощности нередко приводит к падению напряжения ниже допустимого, и, соответственно, электропитание вновь отключается. Связка линии питания, реле напряжения и нагрузки работает как триггер, возникает эффект качелей. Есть и другие варианты неустойчивости, например, связанные с перекосом фаз, обрывом нейтрального проводника, несовместимостью с импульсными блоками питания и т. д. Чередование ложных включений с последующими отключениями встречается и в сети с трёхфазными реле напряжения, и с несколькими однофазными.

¹² - модели выбраны по каталогам ABB, Legrand, GE, Eaton

Частое подключение и отключение может привести к повреждению нагрузки или контактора из-за больших пусковых токов. Например, компрессоры холодильных машин не должны подключаться под нагрузкой, а для сброса давления им требуется перерыв до 15 минут. Также частое включение-отключение может привести к выходу из строя компьютеров, других программируемых устройств. Указанную проблему решают установкой задержки включения, однако увеличение времени ожидания никак не исключает отключения (меняется только период). Сработка реле напряжения, таким образом, указывает на необходимость поиска и устранения причин, без этого безопасное продолжение эксплуатации электроустановки не гарантировано. Неисправности, которые обычно вызывают сработку реле напряжения, связаны с перегрузкой трансформаторной подстанции или воздушной линии электропередач, неправильным распределением нагрузок по фазам или увеличением сопротивления соединений. В некоторых ситуациях после отключения до устранения причин автоматическое повторное включение просто недопустимо, поскольку опасно для людей или может повлечь дальнейшее повреждение электроустановок. Сама задержка включения крайне неудобна, поскольку даже при первом включении и нормальном электропитании приходится длительное время ожидать включения нагрузки, в том числе освещения.

1.1.9 Контроль токов, в отличие от контроля напряжения, обычно не совмещают с автоматическим повторным включением. Отключения из-за перегрузки сети, короткого замыкания или тока утечки однозначно требуют устранения неисправностей до ручного включения.

На промышленных объектах (для больших токов) пожарная безопасность в основном обеспечивается применением автоматических выключателей. Характеристики этих устройств стараются улучшать различными способами. Например, используют выносную релейную защиту или расцепители с функцией защиты от однофазных коротких замыканий, также ограничивают токи короткого замыкания с помощью токоограничивающих устройств [7].

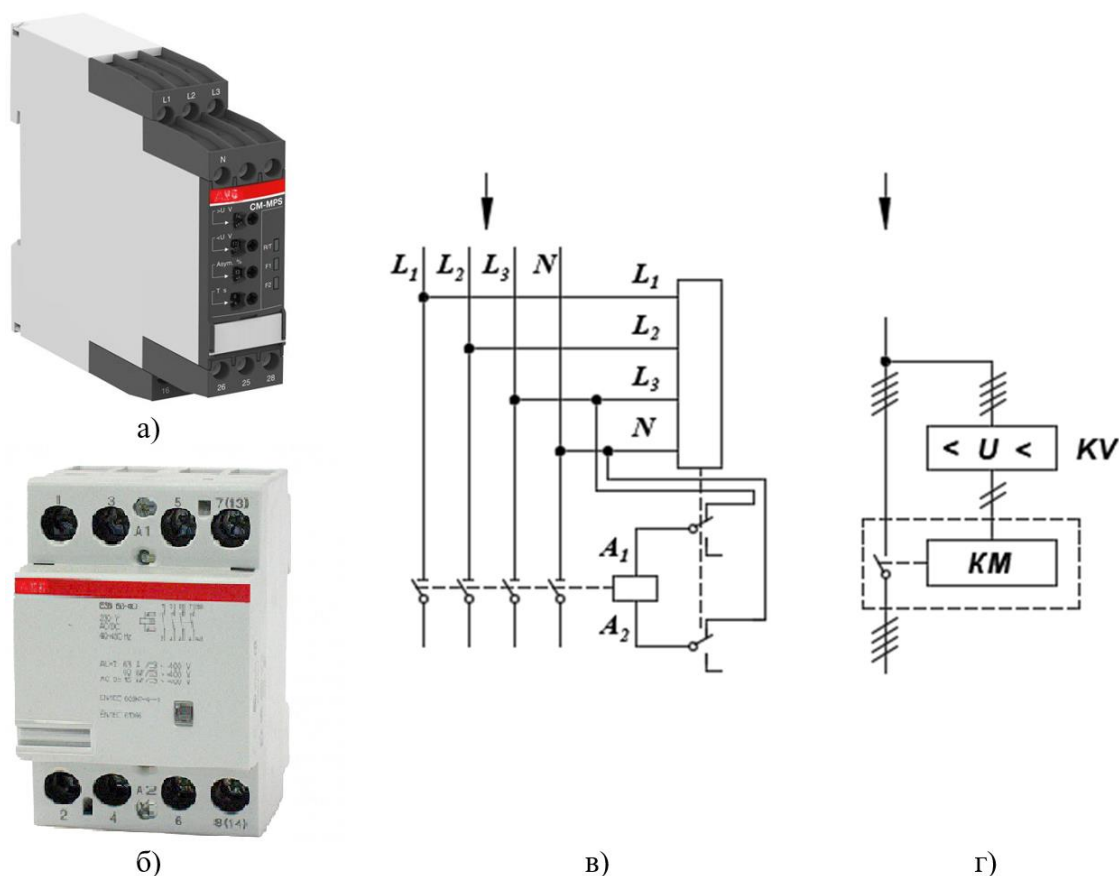


Рис. 1. Устройства контроля напряжения и отключения трёхфазной сети: а) реле напряжения **ABB CM-MPS.21S**, б) контактор **ABB ESB 63-40** в) функциональная схема, г) однолинейная схема, L_i – фазные проводники, $i = 1, 2, 3$, N – нейтральный проводник^{13, 14}, A_1, A_2 – проводники питания контактора, U – действующее напряжение, KV – реле напряжения, KM – контактор, стрелки указывают направление подключения от питающей сети (сверху).

1.1.10 Для достижения целей настоящей работы (упрощения средств автоматического отключения) сложно адаптировать устройства, реагирующие на сверхтоки (на перегрузки и короткие замыкания), поэтому далее будем рассматривать модели, которые контролируют малые дифференциальные токи (токи утечки).

Таблица 1

¹³ - Pe – нулевой защитный проводник, N – нулевой рабочий проводник, L – фазный проводник, см. п. 7.1.36 ПУЭ-7

¹⁴ - Pe – защитный проводник, N – нейтральный проводник, L – фазный проводник, см. п. 3.1.11, 3.1.24, 3.1.64 СП 256.1325800.2016 Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа (с Изменениями N 1, 2)

Характеристики устройств защиты

Модель	Реле напряжения + Модульный контактор	УЗО (ВДТ)	АВДТ	АВДТ	АВДТ + расцепитель	АВДТ с защитой от дуги (УЗДП)
	ABB CM- MPS.21S + ABB ESB 63-40	Legrand DX ³ -ID 63A 100 mA	Legrand DX ³ C16 30 mA	GE DMCE A60 B20/030	ABB DS204 A- B50/0.03 + ABB S2C-A2	EATON AFDD- 32/2/B/003-A
Количество полюсов	3P+N / 4P	3P+N	1P+N	1P+N	3P+N	2P
Номинальное напряжение, В	3x180...280 / 380	400	230	240	400/230	240
Номинальный рабочий ток, А	4 / 63	63	16	20	50	32
Температура окружающей среды, °С	-25...+60 / -25...+55	-25...+40	-25...+ 40	-5...+55	-25...+55	-25...+40
Механическая износостойкость (кол-во циклов)	30 000 000 / 1 000 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000
Электрическая износостойкость (кол-во циклов)	100 000	10 000	10 000	10 000	10 000	4 000
Период тестирования, месяцев*		1	1			6
отключение при перегрузке, А	-	-	> 16 Хар-ка С	> 20 Хар-ка В	> 50 Хар-ка В	> 32 Хар-ка В
отключение при токе утечки, мА	-	> 100 mA Тип АС	> 30 Тип АС	> 30 Тип А	> 30 Тип А	> 30 Тип А
отключение при напряжении, В	> 3x240...280 < 3x180...220	-	-	-	-	> 270
отключение при асимметрии фаз, %	> 2...25	-	-	-	-	-
отключение при смене порядка фаз, обрыве фазных или нейтрального проводников	+	-	-	-	-	-
отключение при температуре, °С	-	-	-	-	-	> 115
отключение при возникновении дуги	-	-	-	-	-	EN 62606**

Примечания к табл. 1.

Характеристика С - уставка электромагнитного расцепителя: 5...10 **In**, теплового – 1,13—1,45 **In**.

Характеристика В - уставка электромагнитного расцепителя: 3...5 **In**, теплового – 1,13—1,45 **In**.

Тип А – контролирует переменный и пульсирующий постоянный ток утечки, тип АС – переменный.

* - рекомендуемое изготовителем, но не реже 1 раза в квартал (ПТЭЭП прил. 3, табл. 28, п.28.7), производится путем нажатия на кнопку «Т» (тест) включенного в сеть устройства

** - в РФ применяется ГОСТ ИЕК 62606-2016 Устройства защиты бытового и аналогичного назначения при дуговом пробое. Общие требования.

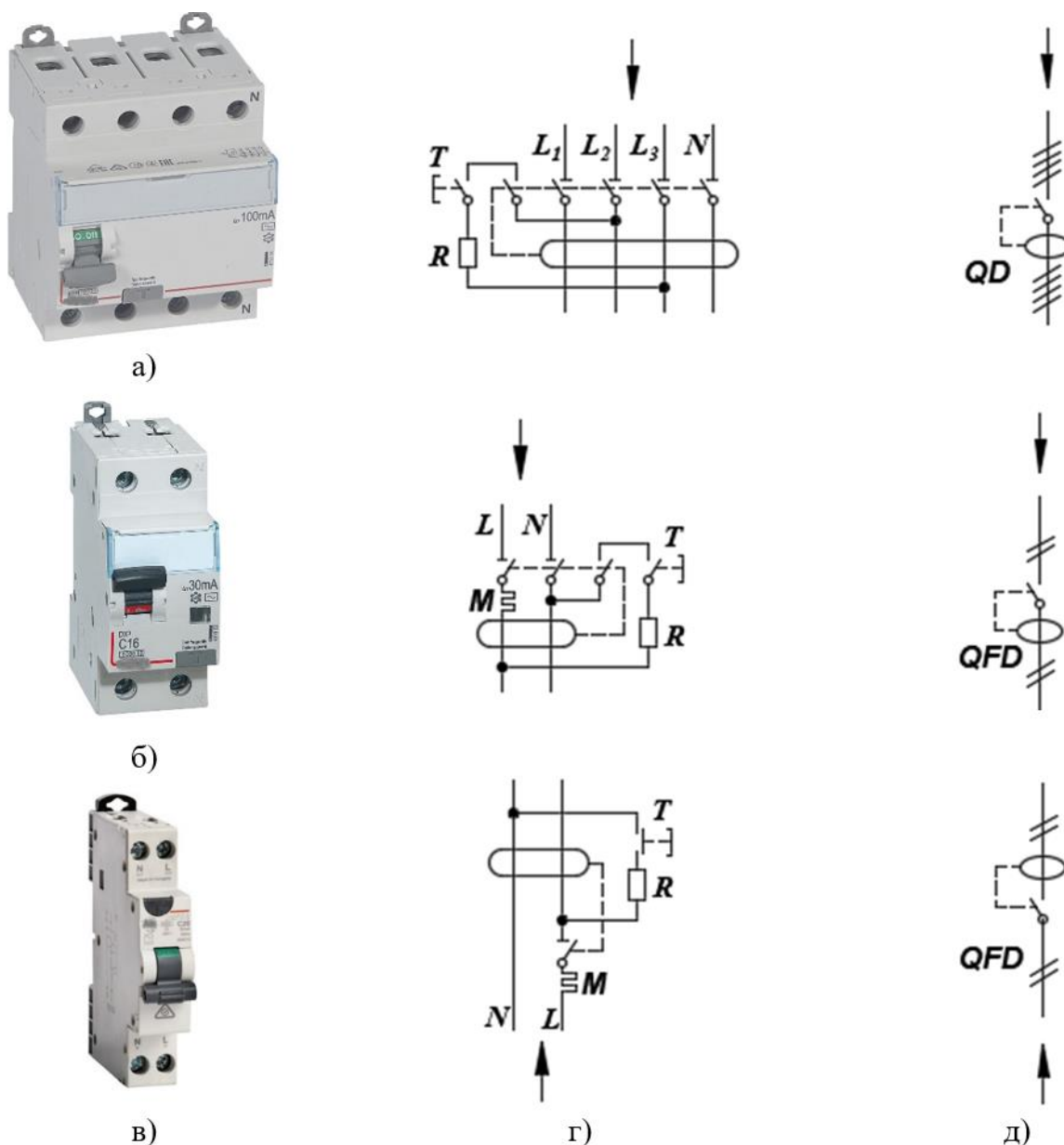


Рис. 2. Устройства защитного отключения трёхфазной сети и автоматические выключатели дифференциального тока однофазной сети: а) УЗО (ВДТ) **Legrand DX³-ID 63A 100 mA**, б) АВДТ **Legrand DX³ C16 30 mA**, в) АВДТ **GE DMCEA60B20/030**, г) функциональные схемы, д) однолинейные схемы; проводники: **L, Li** – фазные, $i = 1, 2, 3$, **N** – нейтральный; **R, T** – резистор и кнопка «тест» устройства эксплуатационного контроля, **M** – контролёр перегрузки, **QD** – ВДТ, **QFD** – АВДТ, стрелки указывают направление подключения от питающей сети.

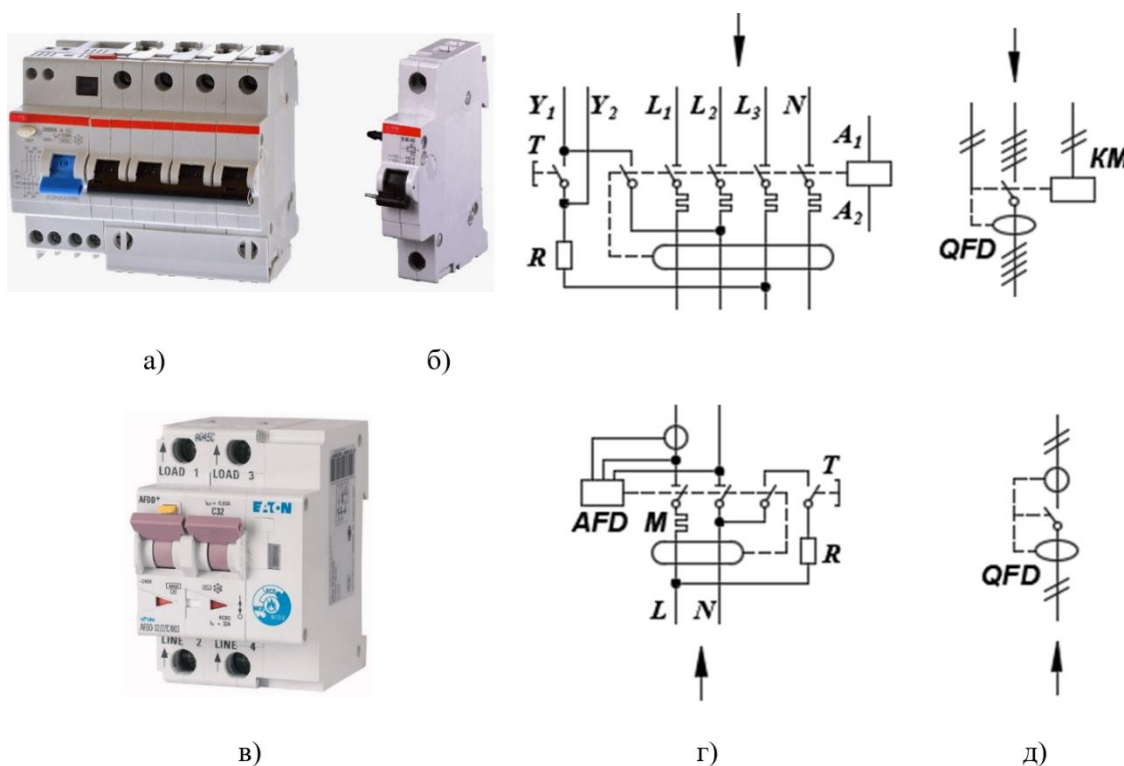


Рис. 3. Автоматические выключатели дифференциального тока: а) АВДТ **ABB DS204 A-B50/0.03**, б) дистанционный расцепитель **ABB S2C-A2**, в) АВДТ с защитой от дуги (УЗДП) **EATON AFDD-32/2/B/003-A**, г) функциональные схемы, д) однолинейные схемы; проводники: L , L_i – фазные, $i = 1, 2, 3$, N – нейтральный, Y_1 , Y_2 – для подключения резистора через внешний (удалённый) выключатель; R , T – резистор и кнопка «тест» устройства эксплуатационного контроля, QFD – АВДТ, M – контролёр перегрузки, AFD – контролёр (детектор) дуги, KM – дистанционный расцепитель. Стрелки указывают направление подключения от питающей сети.

1.1.11 Необходимо отметить обоснованность использования устройств дифференциального тока (УДТ)¹⁵, что отражено в нормативных правовых актах и нормативных документах. Даже в тех случаях, когда УДТ только рекомендуются, они применяются на практике. Заслуженная популярность обеспечена высокой эффективностью защиты, разнообразием параметров моделей, массовым выпуском на конкурентной основе многими изготовителями и доступной ценой.

¹⁵ - УДТ (устройство защитного отключения дифференциального тока) см. п. 3.1.62 СП 256.1325800.2016 Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа (с Изменением N 1, 2)

1.1.12 В качестве УДТ рассмотрим автоматические выключатели, управляемые дифференциальным током, без встроенной защиты от сверхтоков (ВДТ, УЗО) и автоматические выключатели, управляемые дифференциальным током, со встроенной защитой от сверхтока (АВДТ)¹⁶. Примеры моделей выбраны из числа распространённых и штатно используемых для трёхфазных и однофазных сетей (см. рис. 2, табл. 1). Основным параметром в рамках темы настоящей публикации будет номинальное значение отключающего дифференциального тока. При токе срабатывания (утечки), превышающем номинальное значение, устройство будет обеспечивать отключение нагрузки. Из стандартных значений номинального отключающего дифференциального тока чаще других используют 10, 30 и 100 мА, поскольку отключение при таких токах срабатывания обеспечивает защиту людей от поражения электрическим током (10 и 30 мА) и оборудования от необратимого повреждения.

1.1.13 Единственным, пожалуй, не всегда обоснованным конструктивным решением УДТ остаётся разрыв нейтрального проводника [8]. В некоторых случаях, особенно для трёхфазных устройств (см. рис. 2, а), при запаздывании, пригорании, окислении или ином повреждении контактов, нагрузка может оказаться подключённой к сети с обрывом нейтрального проводника. Если нагрузка фаз существенно отличается, этот перекося способен стать причиной аварии или пожара из-за недопустимо высоких напряжений в одной части сети и понижения в другой.

Указанный недостаток частично учтён и конструктивно компенсируется путём опережающего включения контакта нейтрального полюса, более позднего его отключения, также за счёт объединения привода всех контактов. Последнее нашло отражение в нормативных документах, где сказано, что расцепители в нулевых проводниках допускается устанавливать лишь при условии, что при их срабатывании отключаются от сети одновременно все проводники, находящиеся под напряжением¹⁷.

1.1.14 Полностью исключить опасный разрыв нейтрального проводника позволяют УДТ, в которых размыкают только цепи фазных проводников (см. рис. 2, в). Важно, что N-проводник тут, как и в других устройствах, проходит через дифференциальный контролёр (датчик, трансформатор). По классификации такие УДТ относятся к однополюсным с двумя токовыми

¹⁶ - определения по ГОСТ ИЕС 61009-1-2014 Выключатели автоматические, срабатывающие от остаточного тока, со встроенной защитой от тока перегрузки, бытовые и аналогичного назначения. Часть 1. Общие правила

¹⁷ - п. 3.1.18 ПУЭ-7

путями и к трёхполюсным с четырьмя токовыми путями¹⁸. Устройства с контролируемым, но не расцепляемым *N*-проводником, не следует путать с трёхфазными (3Р) и двухфазными (2Р) УДТ, которые не контролируют токи *N*-проводника и применяются для защиты нагрузки с изолированной нейтралью, например, электродвигателей или нагрузки без нейтрали (водонагревателей с ТЭНами на 380 (400) В, сварочных аппаратов на 380 (400) В и т. д.).

1.1.15 Помимо указанных часто применяемых устройств изготовители предлагают УДТ с совмещением функций. Хотя они выпускаются меньшими сериями и, соответственно, дороже, для оценки тенденций развития стоит рассмотреть и такие конструкции (см. рис. 3). Среди них есть устройства с внешним (удалённым) управлением, которые весьма полезны в системах автоматики (см. рис. 3, а), а также устройства комплексной защиты, обеспечивающие совмещение нескольких функций в моноблоке (см. рис. 3, в).

1.1.16 Само внешнее управление может обеспечиваться за счёт применения дистанционного расцепителя, либо за счёт удалённого включения устройства эксплуатационного контроля. Первый вариант удобен тем, что цепь дистанционного расцепителя гальванически не связана с цепями УДТ, т. е. может управляться любым внешним реле, включателем, по сигналу от разных датчиков и т. д., однако дистанционный расцепитель занимает дополнительное место в электрошите, а добавление механической связи с расцепителем снижает надёжность защиты.

1.1.17 Альтернативный приём находится в известном противоречии с указанием нормативных документов, где сказано, что устройство эксплуатационного контроля не должно быть единственным средством для выполнения операции размыкания и не предназначено для использования в этом качестве¹⁹.

Видимо, приведённая формулировка является перестраховкой и должна быть изъята из стандартов. Периодическая проверка УДТ по току утечки²⁰ проводится потому, что устройство эксплуатационного контроля есть во всех моделях, хотя такая проверка не предусмотрена по равнозначной (не менее важной) характеристике, по отключению при перегрузке или коротком замыкании (касается АВДТ). Можно сказать, что устройство эксплуатационного контроля

¹⁸ - п. 4.3 ГОСТ Р 51326.1-99 (МЭК 61008-1-96)

¹⁹ - п. 8.11 ГОСТ Р 51326.1-99 (МЭК 61008-1-96), ГОСТ Р 51327.1-2010 (МЭК 61009-1-2006), ГОСТ ИЕС 61008-1-2012, ГОСТ ИЕС 61009-1-2014

²⁰ - прил. 3, табл. 28, п.28.7 Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП)

появилось не из-за объективной необходимости проверки, а благодаря очень простой реализации. Так, работоспособность проверяется путём соединения одного из входных проводников УДТ с несовпадающим полюсом на выходе, что приводит к возникновению тока утечки мимо дифференциального датчика и к сработке исправного механизма. Для ограничения тока утечки до номинального изготовители лишь устанавливают в корпус малогабаритный резистор R , который показан во всех схемах на рис. 2 и 3. Подключение резистора осуществляется через дополнительный размыкатель с кнопкой управления «тест» - T . Чтобы в разомкнутом устройстве резистор не оказался под напряжением используется ещё один контакт, который разрывает цепь резистора при общем отключении. Повреждение (перегорание) резистора возможно, если длительное нажатие на кнопку «тест» не приводит к отключению устройства. С учётом этого, очевидно, что УДТ должно обладать повышенной надёжностью в исполнении, где оно выполнено с дополнительными клеммами Y_1 , Y_2 для подключения резистора через внешний (удалённый) выключатель (рис. 3, а). Такое требование обосновано и должно удовлетворяться изготовителем.

1.1.18 Моноблок комплексной защиты (рис. 3, в) выбран в качестве примера серийного изделия, конструкция которого преодолела рамки традиционного контроля показателей электрических цепей. К отключению по току утечки здесь добавлено не только отключение при перегрузке, как в обычном АВДТ, и при превышении максимально допустимого напряжения, как в реле напряжения, но также расцепление при перегреве самого устройства и автоматическое отключение при обнаружении дуги (дуговом пробое)²¹.

1.1.19 Некоторые результаты проверки эффективности комплексной защиты будут проанализированы в разделе 3, здесь лишь следует дополнить обзор упоминанием о том, что устройства защиты от дуги выпускаются в разных вариантах, как отдельно, так и в одном корпусе с разными автоматами, в том числе с реле напряжения.

1.1.20 Важными характеристиками устройств защиты являются износостойкость и диапазон температур эксплуатации (см. табл. 1). К сожалению, некоторые производители не указывают их в каталогах и в эксплуатационной документации, что, в принципе, исключает использование, особенно в качестве средств автоматики. Заметим, что число циклов безотказной

²¹ - ГОСТ ИЕС 62606-2016 Устройства защиты бытового и аналогичного назначения при дуговом пробое. Общие требования

работы разных моделей существенно отличается, но даже низкие значения, как правило, не являются препятствием для применения, поскольку не предполагается частая сработка.

1.1.21 Другая ситуация с диапазоном температур. Модели с нижним пределом -5°C однозначно необходимо устанавливать в отапливаемых помещениях, но и модели с нижним пределом -25°C можно монтировать в уличные щиты только в районах с мягким климатом, например, в Краснодарском крае²², также там можно использовать модели с верхним пределом $+40^{\circ}\text{C}$, но при условии, что на электрощит не попадают прямые солнечные лучи. Приборы с верхними пределами $+55$, $+60^{\circ}\text{C}$ подойдут для горячих цехов, а в некоторых районах и там, где на щит попадают прямые солнечные лучи.

1.1.22 По сравнению с представленными устройствами значительно меньше (в ограниченном количестве) выпускается изделий, управляющих электросетями с учётом неэлектрических показателей. Среди них следует указать реле контроля уровня жидкости, реле давления, интерфейсные реле сенсоров, реле блокировки и уже отмеченные контролеры температуры. К последней группе, например, в каталоге АВВ относятся реле термисторной защиты электродвигателей серии СМ, которые контролируют до 6 датчиков температуры, смонтированных в обмотках двигателя.

Также совместно с датчиками температуры (терморезисторами) действует устройство встроенной температурной защиты **УВТЗ-5М** [9]. Кроме использования нескольких точек контроля им можно защищать объект, установив датчики температуры с постепенным повышением значения классификационной температуры (105°C , 115°C , 160°C). Тогда, если контролируемые детали начинают нагреваться, будут постепенно загораться соответствующие индикаторы и при превышении последнего значения произойдет отключение или включится, например, звуковая сигнализация. Это оказывается полезным одновременно для диагностики состояния электрооборудования и своевременного реагирования.

1.1.23 Аналогично для предотвращения аварий и пожаров представляют интерес термостаты, т. е. реле, которые могут отключать электропитание при превышении определённой температуры. Такие устройства выпускаются в компактном и щитовом исполнении, прямого

²² - СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменениями N 1, 2)

действия (с встроенными термочувствительными элементами) и с выносными датчиками, аналоговые и цифровые (см. рис. 4).



Рис. 4. Термостаты: а) *Sang Mao B-1009NO*, б) *Honeywell 2455R*, в) *Finder 7T8100002303*, г) *Евроавтоматика F&F RT-820M-1* с датчиком температуры *RT-82*.

1.1.24 Выбранные термостаты используются с питанием от однофазной сети (230 В), и почти все они рассчитаны на работу с нагрузкой без промежуточного контактора (см. табл. 2).

1.1.25 Схема подключения термостатов самая простая, т. к. эти устройства обычно содержат всего один нормально замкнутый или нормально разомкнутый контакт. В зависимости от задачи можно выбрать модели с фиксированной температурой срабатывания (рис. 4, а, б), а также с возможностью менять контролируемый показатель (рис. 4, в, г).

Таблица 2

Характеристики термостатов

Модель	Sang Mao B-1009NO, 60°C, 2 А	Honeywell 2455R- 65/55°C, 10 А, 240 В	Finder 7T8100002303 T=0-60°C, 10А, 250 В	Евроавтоматика F&F RT-820M-1 с датчиком температуры RT-82
Температура срабатывания, °C	60±5	65±3	0...60 ± 4	- 25... +130± 1
Номинальное напряжение, В	250	240	250	230
Номинальный ток, А	2	15	10	10 (16)
Износостойкость или срок службы	10 000 циклов	100 000 часов	100 000 циклов	10 лет
Нормальное состояние размыкателя (при низкой температуре)	разомкнутый	замкнутый	разомкнутый	доступен выбор
Габариты, мм	4,9*5,8*17	Φ12,7	88,8*47,8*17,5	35*65*90

1.1.26 Термостаты имеют стабильные эксплуатационные характеристики, длительный срок службы, легко адаптируются для совместной работы с любыми средствами автоматики и силовыми устройствами.

1.1.27. Ограничение на применение термостатов может возникнуть только из-за медленного изменения такого неэлектрического показателя, как температура. Однако, во всех конструкциях, где правильно выбрано место размещения теплового сенсора, термостат обеспечивает требуемую точность и надёжность контроля.

1.2 Пожаротушение электроустановок

1.2.1 Пожарная техника для тушения электроустановок, как правило, применяется при появлении таких обычных факторов пожара, как повышение температуры, появление дыма или пламенного горения. Особенности касаются применяемых огнетушащих веществ и технологии их подачи.

1.2.2 Существенным недостатком является игнорирование требования о том, что автоматические установки пожаротушения и пожарной сигнализации должны обеспечивать подачу управляющих сигналов на технические средства управления электросетей.

Во время пожара бесперебойным электропитанием следует обеспечивать только выделенные линии, например, для систем предотвращения пожара или аварий, а остальные необходимо отключать.

К сожалению, соответствующие алгоритмы действий часто не разрабатываются, а аппаратура отсутствует или несовершенна. Положительные примеры касаются, в основном, программ и средств управления вентиляцией и лифтами.

1.2.3 В первую очередь, приведённое замечание касается автономных установок пожаротушения, популярность которых уже нашла отражение в нормативных документах [10].

Хотя автономные установки по классификации (по степени автоматизации) отличаются от автоматических²³, т. е. напрямую не попадают под указанное требование закона²⁴, понижение уровня автоматизации полезно обсудить на конкретных примерах.

1.2.4 Предварительно важно заметить, что необходимость отключения указана в общих положениях свода правил СП 5.13130.2009, независимо от типа установки пожаротушения²⁵, а относительно установок водяного и пенного пожаротушения, также независимо от степени автоматизации, сказано, что следует предусматривать автоматическое отключение электроэнергии до момента подачи огнетушащего вещества²⁶.

²³ - п.1 Статьи 45 Федерального закона от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ (в ред. от 29.07.2017)

²⁴ - п. 4 Статьи 83 Федерального закона от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ (в ред. от 29.07.2017)

²⁵ - п. 4.5 СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования с Изменением № 1, утв. Приказом МЧС России от 01.06.2011 г. № 274

²⁶ - п. 5.1.7 СП 5.13130.2009

1.2.5 Первым примером добавим к обсуждению признанное специалистами модульное оборудование для тушения пожара кухни **Rotarex FireDETEC**, которое отличается эффективными устройствами обнаружения и заполнения огнетушащим составом зоны возгорания [11]. В документации и рекламных материалах найти указаний на взаимодействие с работой электроприборов не удалось, но, если применять пожаротушение без отключения электропитания, возможны самые неблагоприятные последствия. Перечислим некоторые из них.

1.2.5.1 Действующее оборудование препятствует тушению пожара. Действительно, автоматика плиты будет увеличивать нагрев при охлаждении поверхности огнетушащим веществом.

1.2.5.2 Электропроводка и приборы остаются под напряжением. Люди могут попасть под напряжение из-за повреждения огнём изоляции после залива разными жидкостями, т. е. к опасным факторам (к огню и дыму) добавляется поражение электрическим током.

1.2.5.3 После расходования запаса огнетушащего вещества продолжает работать источник зажигания (нагретая плита, повреждённая электропроводка), поэтому не исключается повторное возгорание (воспламенение).

1.2.5.4 Повреждённые и деформированные компоненты остаются под напряжением, что вызывает замыкание и возгорание в отдалённой зоне, недоступной для действия установки пожаротушения.

Оказывается, имеется сразу несколько реальных вариантов полной дисквалификации замечательного оборудования пожаротушения.

1.2.6 Весьма похожий случай, возьмём из практики расследования пожара окрасочной камеры, где краскопульты продолжали подавать горючий краситель во время тушения. Этот пожар не удалось локализовать до полного выгорания и разрушения здания.

1.2.7 Другие примеры касаются применения автономных генераторов огнетушащего аэрозоля [12], а также газовых модулей [13, 14], и здесь легко доказать, что тушение оборудования без отключения электропитания является серьёзной ошибкой. Это замечание следует отнести и к известному модулю автономного газового пожаротушения марки **TITANUS RACK SENS 2U**²⁷, который применяется для противопожарной защиты серверных, телекоммуникационных шкафов, шкафов управления и слаботочных стоек с помощью огнетушащего вещества **Novec 1230**.

²⁷ - продукция WAGNER Group GmbH, <http://www.wagner-russia.com/>

1.2.8 Аналогично можно оценить эффективность средств, в которых огнетушащее вещество находится в микрокапсулах [15], либо выделяется при пиролизе и его ещё меньше, чем в предыдущем баллонном исполнении. Такие средства (пиростикеры, пирокорд, пирокраска, пластины, ленты²⁸ и другие) для тушения пожара рекомендуется размещать в электрощитах, кабельных каналах, в установочных коробках.

Вскрытие под действием температуры и выделение огнетушащего вещества здесь в принципе никак не связаны с отключением электропитания, поэтому ничем не ограничено повторное возгорание, не исключено поражение электрическим током и возможна трансляция (распространение) пожара на удалённые участки.

Сама инертная среда, которая формируется вокруг электрических частей из-за выделения огнетушащего вещества, подобна защитному газу при электросварке и может способствовать длительному горению дуги.

При неправильном подборе материалов и повторном возгорании возникает дополнительный риск участия в горении оставшейся основы носителя огнетушащего вещества, а также отравления людей продуктами его пиролиза. В результате предпринятое локальное тушение становится не просто бессмысленным, но может сопровождаться проявлением новых весьма опасных факторов.

1.2.9 Приведённые доводы исключают сомнения по поводу эффективности своевременного отключения электропитания. Следовательно, формирование сигнала управления можно рекомендовать независимо от степени автоматизации установок пожаротушения. В дальнейшем нормативные правовые акты и нормативные документы должны содержать такое указание в качестве обязательного.

²⁸ - продукция ООО «РУСИНТЕХ», АО «Фортис», ООО «НТА «ПИРОХИМИКА»

1.3 Источники зажигания

1.3.1 Понятия «причина пожара» и «источник зажигания» применительно к пожарам, возникающим в результате нарушения правил устройства и эксплуатации электроустановок, как правило вводят с учётом основных законов электротехники и опыта расследования пожаров [16].

1.3.2 В первую очередь, традиционно в качестве источников зажигания учитывается резистивный нагрев, т. е. нагрев проводников и соединений за счёт теплового действия электрического тока, который по закону Джоуля-Ленца оценивается формулой:

$$Q = I^2 R t = I U t , \quad (1)$$

где Q – количество теплоты, Дж, U – напряжение, В, I – ток, А, R – электрическое сопротивление проводника или соединения, Ом, t – время, сек.

1.3.3 Более тонкие термоэлектрические явления нагрева и охлаждения (эффекты Зеебека, Пельтье, Томсона, Колера) также имеют место [17], но учитываются, в основном, на стадии проектирования электроприборов.

1.3.4 Тепловое действие может быть существенным из-за перегрузки проводников, когда ток I превышает допустимое значение, и по причине локального повышения сопротивления R некачественных соединений (клемм, контактов и т. д.) [10, 18, 19].

1.3.5 Опасное увеличение температуры может происходить из-за контактной теплопередачи, а также в зоне теплового излучения или разлёта расплавленных капель и нагретых частей разрушенных приборов.

1.3.6 Непосредственному тепловому нагреву могут подвергаться проводники, их изоляция, корпуса электрических приборов и предметы, соприкасающиеся с электронагревательными приборами или лампами накаливания.

1.3.7 Нагрев проводника от места локального повышения температуры происходит за счёт одномерной теплопроводности и, согласно закону Фурье, выражается уравнением:

$$q = -\lambda s \frac{\partial T}{\partial l} , \quad (2)$$

где q – тепловой поток, Вт, λ – коэффициент теплопроводности проводника, Вт/м/°К, s – сечение проводника, м², $\frac{\partial T}{\partial l}$ – градиент температур, °К/м.

В тепловом балансе этот тепловой поток обычно значительно превышает другие составляющие рассеяния тепла из-за высокой теплопроводности проводников (коэффициента λ) относительно теплопроводности изоляционных материалов и окружающего воздуха:

$\lambda \approx 394$ Вт/м/°К - медь, 236 - алюминий, 0,15 - поливинилхлорид (ПВХ), 0,025 – воздух.

1.3.8 Высокая скорость нагрева окружающих материалов и воздуха может иметь место из-за теплового излучения, которое по закону Стефана-Больцмана пропорционально абсолютной температуре нагретого тела (T) в четвёртой степени:

$$q_u = \alpha \sigma T^4 , \quad (3)$$

где q_u – плотность теплового потока излучения, Вт/м², α - коэффициент теплового излучения (степень черноты), $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м²/К⁴ - постоянная Стефана-Больцмана.

Хотя имеется отличие степени черноты излучающих и поглощающих поверхностей, тепловое излучение оказывается опасным почти для всех материалов. Даже для металлов дистанционный нагрев приводит к повышению температуры, снижению механических характеристик, дальнейшей трансляции тепла согласно соотношению (2) за счёт значительной теплопроводности, причём часто в зону соприкосновения с горючими материалами. Кроме того, такой нагрев, в случае компонентов под напряжением, приводит к увеличению их сопротивления и сопротивления соединений, соответственно, к дополнительному резистивному нагреву (1). Горючие материалы могут воспламеняться непосредственно при превышении значения критической плотности теплового потока. Например, для резины расчётное значение критической плотности потока равно 14800 Вт/м², для ПВХ - 12000 Вт/м², для хлопкового волокна – 7500 Вт/м², но и в случае полимеров с антипиренами вместо воспламенения не исключено плавление и (или) ухудшение характеристик из-за старения.

1.3.9 Последствия нагрева тепловым излучением обычно наступают раньше реакций на нагрев из-за конвекции воздуха и за счёт теплопроводности материалов корпусов, крепежа проводников, других окружающих предметов. Разрушительное действие перечисленных процессов можно считать относительно медленным, но вполне способным накапливать опасный потенциал.

1.3.10 Практически наиболее непредсказуемыми являются локальные источники (см. рис. 5, 6). Температура и длительность их действия зависит от случайного контактного сопротивления, т. е. от состояния поверхности в месте контакта (окисления, загрязнения и т. д.), площади контакта, усилия соединения. Протяжённые источники (нагретые по длине проводники) более определённо возникают и зависят от мощности нагрузки, напряжения, материала и сечения проводников. При перегрузке локальные и протяжённые источники часто возникают одновременно.



Рис. 5. Пиролиз ПВХ изоляции из-за нагрева соединения при касании проводников сечением $2,5 \text{ мм}^2$, ток 25 А .

1.3.11 За счёт теплопроводности проводников может нагреваться и повреждаться изоляция на значительном расстоянии от источника (см. рис. 5). Даже при небольших токах (без перегрузки) могут возникать места локального перегрева, опасные для легковоспламеняющихся материалов (см. рис. 6).

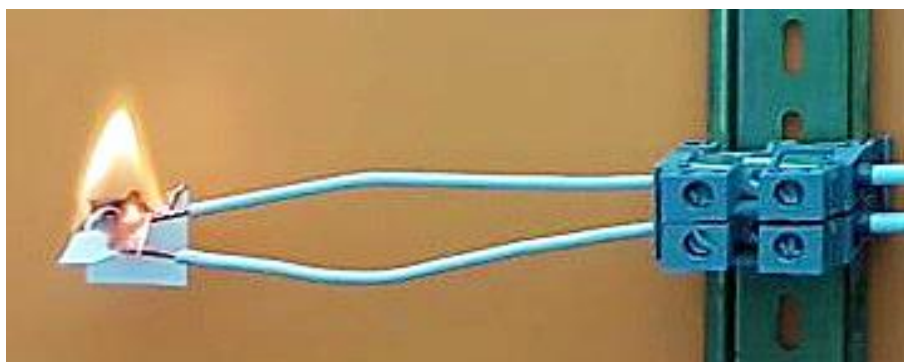


Рис. 6. Пламенное горение бумаги, воспламенившейся от локального источника зажигания, при касании проводников сечением $2,5 \text{ мм}^2$, ток 16 А .

1.3.12 Следует учитывать, что механизмы длительного нагрева (без воспламенения) могут оказаться более непредсказуемыми и не менее разрушительными. В результате такого воздействия, особенно периодического, проявляется ускоренное старение многих материалов, в том числе изоляции, уменьшается затяжка механических контактов, появляются трещины как в изоляторах, так и в проводниках. При повышенных температурах быстро окисляются металлы, повреждаются защитные покрытия, ухудшаются механические характеристики. Из-за нагрева проводников будет уменьшаться их проводимость, а нагрев изоляторов может привести к ухудшению диэлектрических характеристик. Перегрев электронных устройств исключит их нормальную (штатную) работу. Во время пиролиза многих материалов образуются химически активные вещества, например, при термическом разложении ПВХ изоляции образуются пары соляной кислоты, поэтому может существенно ускориться коррозия электрических и конструктивных компонентов. Всё это фактически нарушает предусмотренное проектом нормальное функционирование активной и пассивной защиты, делает электроустановки уязвимыми даже для незначительных источников зажигания, а также объясняет то, что развитие событий, приводящих к авариям и пожарам, имеет множество сценариев.

1.3.13 Среди причин возникновения источников зажигания особое место занимает действие дугового пробоя, который одновременно сопровождается тепловым эффектом, излучением и ионизацией, способен расплавлять проводники, нагревать и поджигать изоляционные материалы [20]. Первичное действие дуги, так же как и резистивный нагрев, дополняется опасностью разлёта нагретых частей, расплавленных или горящих капель.

1.3.14 Определённое отличие механизмов и скоростей развития опасных ситуаций имеют параллельный и последовательный дуговой пробой²⁹.

1.3.15 При параллельном дуговом пробое все опасные факторы проявляются скоротечно и отключение электропитания должно производиться как при коротком замыкании. Последнее само часто сопровождается дугой с расплавлением проводников и воспламенением изоляции.

1.3.16 Отличающийся последовательный процесс, как правило, проявляется постепенным разрушением контактов, проводников, окружающей изоляции и больше похож на локальный резистивный нагрев.

1.3.17 В свою очередь, как последовательный дуговой пробой, так и резистивный нагрев могут стать причиной параллельного дугового пробоя, а развитие последнего также способно вернуть незащищённую электросеть к замедленным, но разрушительным процессам.

1.3.18 Важно, что возникновению и поддержанию дуги способствуют внешние факторы. Так, влажность воздуха и проникновение воды в оболочку кабеля являются причиной образования паровоздушной среды, которая за счёт нагрева и инертности (снижения содержания кислорода) существенно увеличивает устойчивость и продлевает время дугового разряда, т. е. действует аналогично защитному газу или флюсу при сварке. Вместе с тем горение дуги в воде и влажном воздухе сопровождается некоторым сглаживанием импульсов тока и напряжения, что при малых токах незначительно затрудняет обнаружение дугового пробоя по электрическим показателям, соответственно, устройства защиты от дуги могут в этих условиях не отключаться. При больших токах этот эффект не заметен.

1.3.19 Дуговой пробой в замкнутом объёме также сопровождается быстрым выжиганием кислорода и ионизацией газовой среды. Поэтому в ряде случаев при одинаковых токах в замкнутых коробках, каналах и электрических шкафах дуга горит дольше, в результате выделяет больше тепла, чем на открытом пространстве, и увеличивается опасность развития пожара.

²⁹ - термины по п. 3.8, 3.9 ГОСТ ИЕС 62606—2016

1.3.20 С целью обоснования способов обнаружения³⁰ дугового пробоя выполнены многочисленные исследования, в том числе в работах [21, 22] методами математического моделирования, построены теплофизические модели процессов пробоя и при физическом моделировании установлено соответствие расчётных и фактических показателей.

1.3.21 К запатентованным относятся идеи аналогово-цифрового преобразования результатов контроля тока и напряжения с накоплением информации для вычисления по каждой фазе коэффициентов шума, по которым и формируют сигнал на отключение [23].

1.3.22 Нормативно-правовая база и технические решения для обнаружения дугового пробоя в основном имеют зарубежные корни [24]. Здесь следует указать, что, из-за различий параметров электропитания, нельзя однозначно признать полезным применение устройств обнаружения дугового пробоя.

Сомнения возникают потому, что параллельные дуговые пробои и так обнаруживаются устройствам защиты от сверхтоков (перегрузок и коротких замыканий). Отключение размыкателя тут, по сути, бывает просто запаздывающим дублирующим действием, поскольку расплавление проводника происходит быстрее и, подобно перегоранию предохранителя, практически само приводит к прекращению электропитания. Предвидеть и своевременно предотвратить кратковременный параллельный дуговой пробой предлагаемая защита пока не может. Длительную параллельную дугу способна прервать и защита от сверхтоков, и контактор с оптическим датчиком.

1.3.23 Защита от последовательных дуговых пробоев первоначально обосновано появилась в странах, где напряжение в сети 120 В, и при одинаковой мощности ток почти вдвое выше, чем при стандартном напряжении 230 В. Горение последовательной дуги при токах до 10...15 А протекает слишком кратковременно, и дуга не может быть надёжно идентифицирована по электрическим показателям, т.к. слишком похожа на штатные переходные процессы обычных выключателей и розеток. Последовательная дуга чаще всего не горит, а почти мгновенно сменяется замыканием или размыканием проводников.

³⁰ - термин по п. 3.5 ГОСТ ИЕС 62606—2016

1.3.24 При замыкании возникает локальное соединение (иногда точечная сварка)³¹ с большим локальным сопротивлением. Именно так образовались резистивные источники зажигания в приведённых примерах (см. рис. 5, 6).

1.3.25 Длительный последовательный дуговой пробой, если он всё же случился, легко спутать с искрением щёток при штатной работе коллекторных электродвигателей промышленного оборудования и бытовой техники, а также со стартерными устройствами газоразрядных ламп, устройствами поджога газовых плит и даже с некоторыми дверными звонками. Всякий прибор, который создаёт помехи (нелинейные искажения переменного тока) может быть идентифицирован датчиком дугового пробоя, как нарушение нормальной работы электросети. Получается, что для исключения ложных срабатываний требуется снижение чувствительности устройств контроля дуги к электрическим показателям, вплоть до токов перегрузки, при которых уже используются другие устройства защиты.

1.3.26 Кроме резистивного нагрева и дугового пробоя причина возникновения источника зажигания может быть внешней, не связанной с действием электрического тока. Механическое, тепловое, огневое воздействие на электроустановки и их компоненты способно приводить к быстрому или постепенному повреждению изоляции, соединений, электроники и т. д. Часто оболочки кабелей разрушаются даже светом, обычно на открытом воздухе из-за уязвимости в ультрафиолетовой части спектра. Старению изоляции и проводников способствуют влажность воздуха, осадки, сезонные и суточные колебания температуры, электрохимические реакции (особенно в приморских районах и при разных производственных процессах). Соответственно, электрический источник зажигания возникает после относительно длительно действующих неблагоприятных условий. При непосредственном развитии аварий и пожаров возможен цепной сценарий, т. е. быстрое чередование взаимозависимых электрических и неэлектрических воздействий, а также переменное проявление различных источников зажигания.

³¹ - см. Siemens AG, 2012 www.siemens.ru/lmv / Устройство определения дугового пробоя 5SM6
<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/public/1531307498.bc7882b0883d0e140e399488e16709c1cddcf213.afd-5sm6-ru1.pdf>

1.4 Распространение горения и электрические показатели

1.4.1 Если изучение и контроль внутренних источников зажигания, как правило, относятся к вопросам электротехники, то проблемы распространения горения – к пожарной безопасности, и здесь также имеется определённый междисциплинарный разрыв, который на практике проявляется в отсутствии простых серийно выпускаемых комбинированных устройств защиты. Задачи безопасности решаются, но только сложными системами и организационно.

1.4.2 По выбранной теме наибольшее число стандартов³² касается пожарно-технических испытаний изоляционных материалов, кабелей, приборов и т. д. Эти нормативные документы используются при сертификации, а характеристики горючести материалов, распространения пламени, стойкости к действию раскалённых элементов, работоспособности в условиях пожара входят в перечни обязательных для соответствующей продукции. Кроме того, имеются результаты специальных исследований, например, по тепловыделению при горении оболочек различных кабелей и проводов [25], а также по распространению горения от кабеля на строительные конструкции [26]. В совокупности это позволяет обосновывать решения, касающиеся пассивной защиты электроустановок, и отражено в нормативных документах [27], но недостаточно для организации активного предупреждения нештатных ситуаций и реагирования на их развитие.

1.4.3 Чаще других применяются такие устройства защиты, которые контролируют электрические показатели, напротив экспериментально выявлены в основном неэлектрические факторы распространения горения. В связи с этим ранее была выполнена проверка эффективности контроля токов утечки. Оказалось, что имеется уязвимость даже такого наиболее чувствительного из доступных способов [1]. Здесь кратко дополним тему иллюстрациями событий, зафиксированных во время экспериментов. (см. рис. 7 – 9, 11). Рассмотрим качественную картину нагрева кабеля, его повреждения и воспламенения оболочки от внутреннего и внешнего источников.

1.4.4 Нагрев кабеля при перегрузке проводника происходит по всей длине (см. рис. 7). Незначительная теплопроводность материала оболочки кабеля является причиной кумуляции

³² ГОСТ Р МЭК 60332-3-10-2005 ч.10,21-25, ГОСТ Р 53316-2009, ГОСТ Р 53313-2009, ГОСТ Р 53319-2009, и т.д.

тепла, что способствует существенному повышению температуры. Пиролиз материала оболочки с образованием газообразных продуктов начинается у поверхности проводника (под изоляцией), затем обычно через 10...20 секунд под действием давления оболочка вскрывается во многих местах, где виден выход дыма (рис. 7, а).

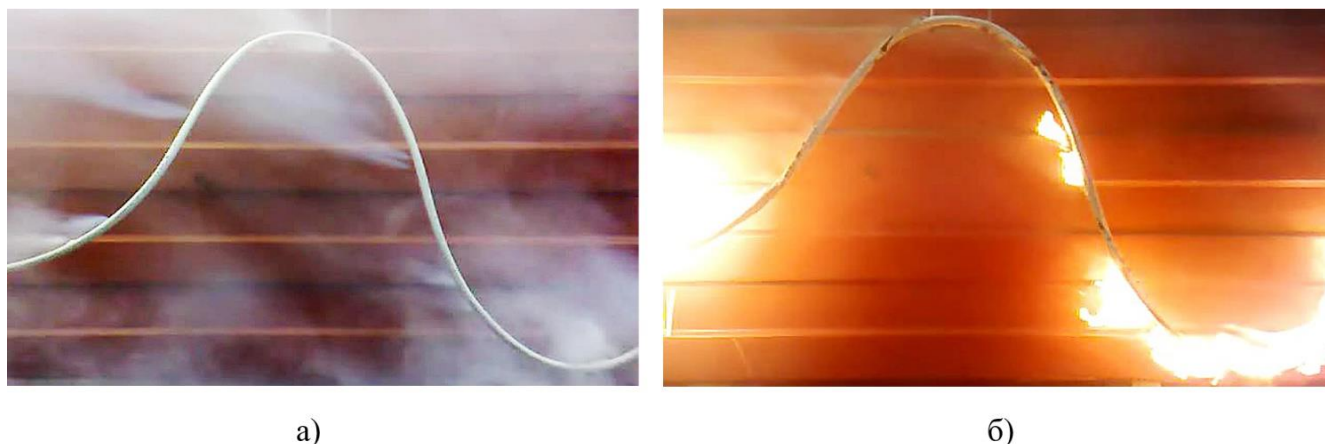


Рис. 7. Тепловое повреждение и пламенное горение кабеля NYM 3x2,5 при внутреннем нагреве током 100А за время от начала перегрузки: а) - 46 сек, б) - 79 сек.

1.4.5 Прогрев изоляции способствует её воспламенению одновременно по всей длине кабеля (рис. 7, б). Этот момент времени самый опасный, поскольку горение может начать распространение по любым горючим материалам, находящимся в зоне пламенного горения оболочки.

1.4.6 Некоторые современные кабели по классификации относят к изделиям, не распространяющим горение, и имеют оболочку с низким дымо- и газовыделением. Тем не менее при внутреннем нагреве объём продуктов пиролиза всё равно весьма заметный и по всей длине также образуются разрывы оболочки. Даже если изоляция не воспламеняется, появление открытого огня может наблюдаться при выбросе капель расплава изоляции и капель расплавленного проводника (рис. 8). Чем прочнее оболочка, тем выше развивается давление газов, кумулятивный эффект усиливается, и выброс становится очень опасен. Растёт вероятность распространения горения на окружающие горючие материалы.

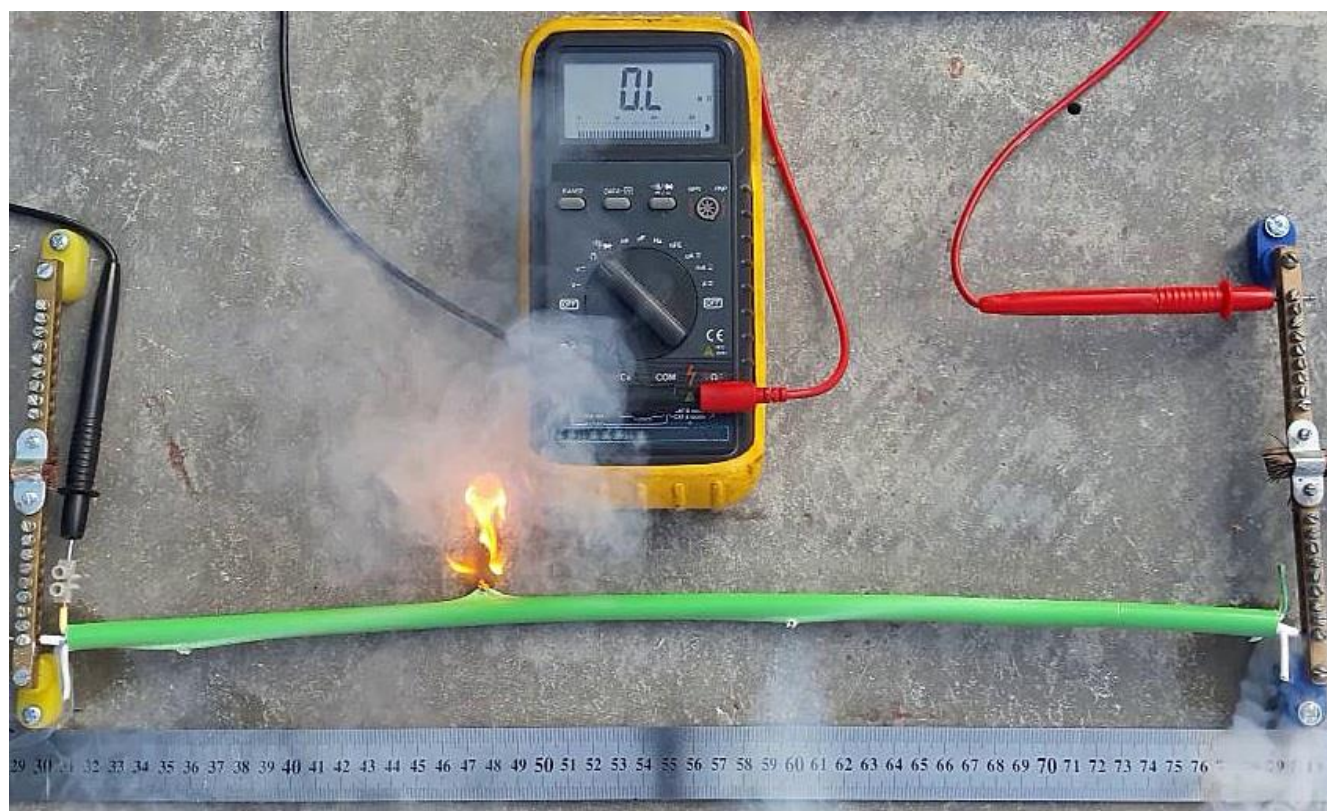


Рис. 8. Тепловое повреждение кабеля *ППГнз(А)-НФ 3х1.5ок(Н, Рс)-1* ГОСТ 31996-2012³³ при внутреннем нагреве током 100 А в момент выброса расплавленных капель проводника. Замыкание проводников и изменение сопротивления тестером не обнаружено.

1.4.7 Первичное повреждение изоляции (начало распространения горения) весьма сложно зафиксировать контролем электрических показателей. Тем не менее одним из способов является контроль сопротивления. В представленных опытах соответствующие измерения проводили тестером (рис. 8) и мегомметром (рис. 9 и 11). Такое прямое определение повреждений требует, чтобы жилы кабеля изначально не были гальванически связаны. Поэтому у двухпроводного кабеля проводники не соединяли, между ними выполняли измерения, а нагрев вели только одного из проводников. В трёхпроводном кабеле могли нагревать один проводник (рис. 8) или сразу два (рис. 9), а сопротивление измеряли относительно третьего.

1.4.8 Фактически при нормальной эксплуатации и глухозаземлённой нейтрали проводники *L* и *N* связаны через нагрузку, а *N* и *Рс* закорочены. Поэтому вместо сопротивления приходится

³³ - ГОСТ 31996-2012 Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение 0,66; 1 и 3 кВ. Общие технические условия

контролировать ток утечки. Напротив, в поставленных экспериментах ток утечки рассчитывался для напряжения 230 В по измеренному сопротивлению.



а)



б) 10 сек



в) 14 сек



г) 18 сек

Рис. 9. Тепловое повреждение провода ПВС 3х4 длиной 1,5 м при внутреннем нагреве фазного и нейтрального проводников: а) в момент расплавления проводника - 18,5 сек от начала нагрева, б-г) сопротивление изоляции между фазным и защитным проводниками - показания мегомметра **UNI-T UT502** (МОм) при напряжении 500 В в разные моменты времени от начала нагрева.

1.4.9 На рис. 10 показаны типичные графики изменений электрических показателей. Заметим, что сопротивление при нагреве существенно снижается, но способно оставаться весьма значительным (около 1 МОм). Перегрузка кабеля вплоть до расплавления жил, может не сопровождаться чувствительным для дифференциальных приборов током утечки: обычное значение из стандартного ряда 30 мА оказывается на два порядка выше.

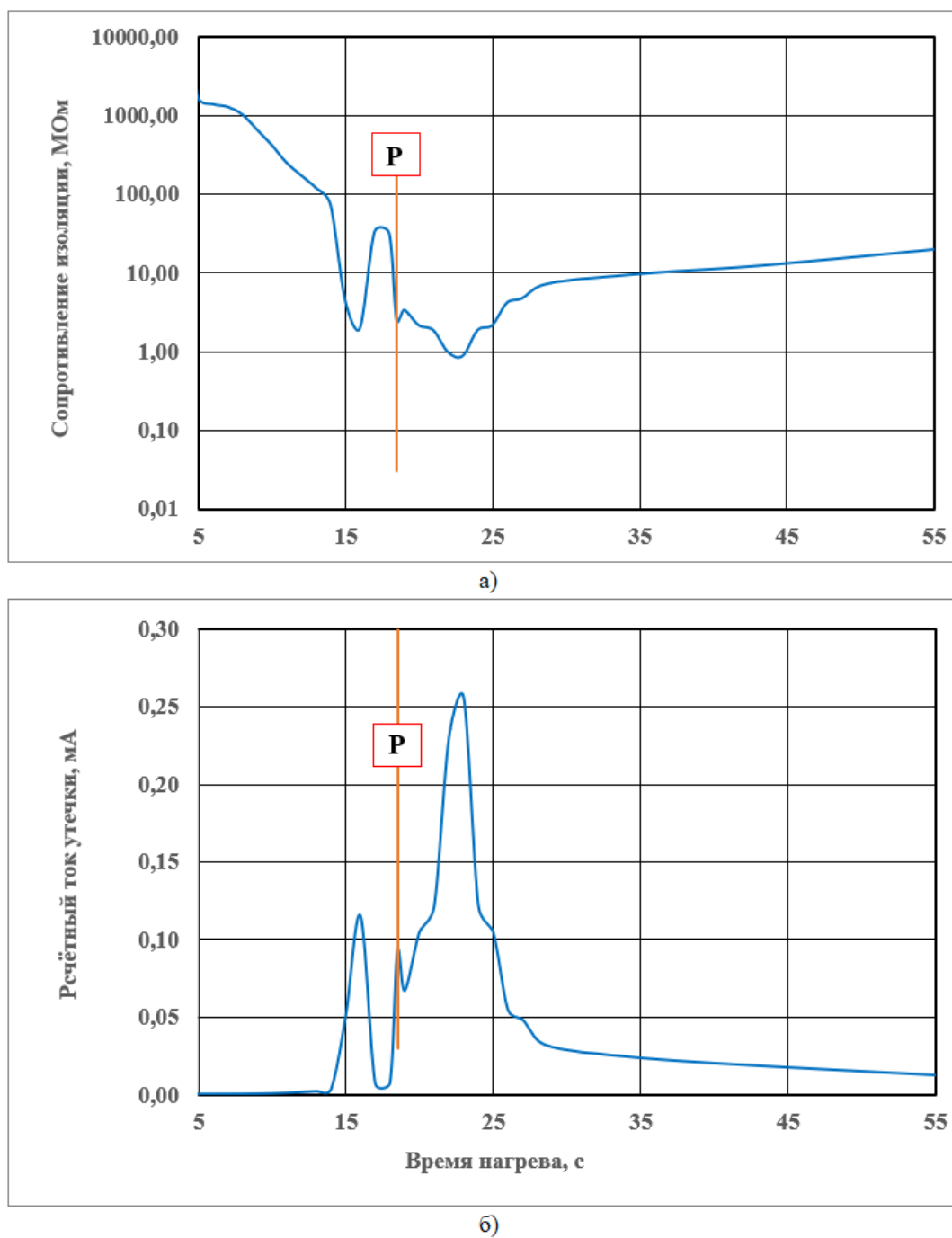


Рис. 10. Изменение сопротивления изоляции (а) и расчётного тока утечки (б) во время эксперимента с нагревом провода ПВС 3х4 (см. рис. 9). Р – момент расплавления проводника.

После расплавления жил в момент отмеченный на графиках вертикальной чертой (Р) нагрев прекращается и сопротивление изоляции постепенно растёт, соответственно ток утечки уменьшается.

1.4.10 В экспериментах с внешним нагревом (рис. 11) получены результаты, которые практически не отличаются от предыдущих. Выжигание изоляции не приводило ни к замыканию, ни к появлению существенного тока утечки.

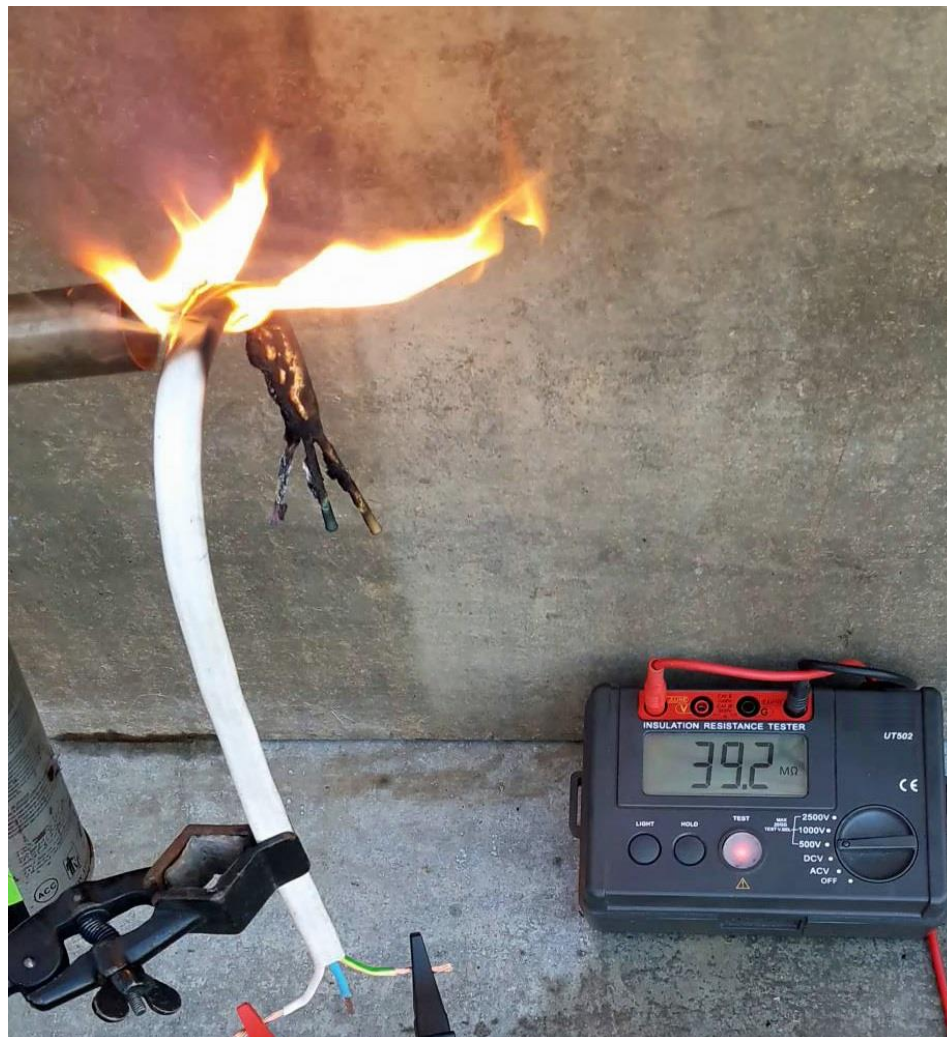


Рис. 11. Тепловое и огневое повреждение кабеля ВВГ 3х2,5 при внешнем нагреве газовой горелкой с измерением сопротивления между проводниками мегомметром **UNI-T UT502** под напряжением 500 В. В момент фиксации кадра сопротивление уменьшилось до 39,2 МОм.

По указанной причине аналогичные опыты с полностью подключенным кабелем, защищённым выключателем дифференциального тока, как правило, не приводили к отключению электропитания.

Повторим, что указанная уязвимость защиты подтверждена для кабельной продукции нескольких распространённых марок, их образцов различной формы и длины [1].

1.4.11 При тепловом и огневом воздействии для контроля повреждений и своевременного отключения электропитания необходим скорейший пробой изоляции, а её совершенствование напротив приводит к улучшению характеристик изделий, в том числе к обеспечению работоспособности в условиях пожара. Необходимые достижения производителей в этом смысле мешают простому контролю.

1.4.12 Поскольку значимый ток утечки, короткое замыкание или перегрузка во многих пожароопасных ситуациях отсутствуют, никакие из обычных устройств защиты нельзя однозначно называть противопожарными.

В связи с этим представляют интерес попытки повышения уровня контроля, но уже не простым измерением, а системой с пофидерным алгоритмом проверки состояния электросети [4]. Такой контроль может осуществляться и с помощью процессора, способного устанавливать период и время тестирования для блокировки питания в случае повреждения изоляции [28].

1.4.13 Другой вид контроля группы электрических и неэлектрических показателей учитывает передаточную функцию теоретической модели соединения, которое образуется, например, в результате аварийного сваривания контактов. Так, предложено сопровождать контроль температуры прогнозированием перегрева по результатам температурных измерений на ранней стадии [29]. Отсюда, помимо необходимости реализации на микропроцессорах следует второе ограничение, а именно невозможность использования этого способа для контроля цепей постоянно включённого оборудования.

1.5 Контроль неэлектрических показателей

1.5.1 Недостаточность технологий, разнообразие условий, конструкций и материалов приводят к необходимости организации контроля, исходя из самых общих представлений об источниках зажигания, распространении горения и факторах опасности.

1.5.2 Важно обратить особое внимание на то, что распространение горения от контакта горючих материалов с электронагревательными приборами и лампами накаливания вообще не сопровождается изменениями показателей работы электросети. Например, воспламенение ткани или масла от электроплиты происходит при полностью исправном оборудовании!

1.5.3 Почти также опасен перегрев множества бытовых приборов: адаптеров, блоков питания, телевизоров, компьютеров и т. д. Относительно большие токи сопровождают замыкания и утечки до электрических розеток. Сразу за точками подключения аварийный режим принципиально иной. Например, площадь сечения жил до розетки обычно составляет $2,5 \text{ мм}^2$, а в подключенном трансформаторе сечение провода обмотки может составлять порядка $0,01 \text{ мм}^2$. Даже когда ток не превышает несколько миллиампер, при межвитковом замыкании или перегрузке трансформатор греется, происходит его постепенное разрушение. Автомат защиты с номиналом 16 А такую нагрузку не защитит. Не сработает и УДТ просто потому, что внутри присоединённого прибора (в пластмассовый корпус) защитный проводник обычно не заводится. Горение в этой ситуации практически не фиксируется по изменению электрических показателей сети, а перегрев не всегда может предотвратить даже встроенная локальная защита. Само повышение температуры способствует воспламенению и горению многих материалов. В результате бесконтрольно возникает источник зажигания.

1.5.4 Однозначно опасно для человека дымообразование, которое также интенсивно происходит при контакте горючих материалов с полностью исправными приборами (плитами, обогревателями, утюгами, лампами накаливания). Такие события по определению невозможно контролировать по электрическим показателям.

Здесь следует учитывать, что состав дыма, содержание газов, паров и взвешенных частиц не имеет ограничений. В случаях с ПВХ изоляцией (рис. 7, 9) продукты пиролиза содержат пары соляной кислоты, но они не образуются при нагреве полимерной изоляции, не содержащей галогенов (рис. 8). Угарный газ обнаруживается всегда, но его концентрация существенно зависит

от состава горючего материалов, технологии изготовления, а также от интенсивности нагрева и воздухообмена.

1.5.5 Перечисленные опасные ситуации, сценарии и факторы, непосредственно не связанные с неисправностью электроустановок или малозаметные при электрических измерениях, будет полезно учитывать для обоснования необходимости контроля неэлектрических показателей.

1.5.6 В значительной мере предупредить чрезвычайные ситуации, связанные с тепловым действием электрического тока, позволяет диагностика электроустановок с помощью тепловизоров. Конечно, если соответствующее обследование выполняется периодически при техническом обслуживании [30]. Такое использование современных средств объективного контроля способствует оперативному перераспределению нагрузок, позволяет быстро выявить температурные аномалии по термограммам и указать наиболее уязвимые компоненты, которые подлежат ремонту, модернизации, либо замене на продукцию других изготовителей. К сожалению, о потенциальных возможностях применения термографов и тепловизоров не заслужено мало указаний в нормативных документах^{34,35}. Между тем, за появлением многоточечных оптических методов наблюдения³⁶ следует ожидать и распространения непрерывного тепловизионного контроля³⁷.

1.5.7 Другой способ визуализации перегрева изоляции кабелей реализуется с использованием термоиндикаторов [31]. При этом термочувствительные пигменты могут вноситься в поверхностный слой оболочки, входить в состав лаков или наклеек. Подбор веществ производят так, чтобы их цвет менялся в видимой части спектра при температуре начала деструкции изоляции. Понятно, что наблюдение за цветом пигмента будет производиться периодически и ничем не лучше контроля с использованием тепловизора. Единственным отличием будет фиксация места повреждения после остывания кабеля. Это возможно для

³⁴ - п. 3.6.30 Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП), 2003 г.

³⁵ - Приложение G (справочное) ГОСТ Р 50571.16-2007 (МЭК 60364-6:2006) Электроустановки низковольтные. Часть 6. Испытания.

³⁶ - Arc Guard System™ – TVOC-2 ABB

³⁷ - реализован в Тепловизионном индикаторе критических состояний - ТИКС «СНЕГИРЬ»

<http://www.ervist.ru/indikator-kriticheskikh-sostoyaniy/teplovizionnyy-indikator-kriticheskikh-sostoyaniy-tiks-snegir.html>

пигментов с необратимой реакцией на изменение температуры. Однако такой контроль потребует смены покрытия после каждой аварии и ремонта.

1.5.8 Определённым усовершенствованием индикаторного метода является его реализация совместно с каким-либо датчиком, например, с газовым [32, 33]. Использование индикатора с датчиком позволяет перейти от периодического контроля к непрерывному. Термочувствительное вещество в этом случае находится в капсулах (микрокапсулах), наносится на кабель при помощи клея или клейкой ленты, и при контролируемой температуре должно выделять такие пары или газообразные продукты пиролиза, которые эффективно определяются сенсором. Поскольку заранее неизвестно место повреждения, индикаторное вещество необходимо наносить не только на критические места, а на весь кабель, возможно, с помощью краскопульта. Смена покрытия после каждой аварии и ремонта здесь также необходима. Электронагревательные приборы, в том числе горячие контакты и проводники вблизи ТЭНов, которые в штатном режиме имеют высокую температуру, таким способом контролировать невозможно. А главным недостатком здесь следует считать отсутствие обоснования для применения индикатора, поскольку эмиссия различных газов (CO , CO_2 , HCl др.) и так имеет место при нагревании всех горючих и даже многих негорючих материалов, из которых изготавливают оболочки, корпуса, их покрытия и электронные компоненты.

1.5.9 Непрерывный контроль содержания газов считается перспективным, на том основании, что распространение в воздухе угарного газа происходит быстрее, чем распространение дыма [34], но необходимость контроля эмиссии одновременно нескольких веществ и малый срок службы чувствительных элементов пока существенно ограничивают применение газоанализаторов. Например, удовлетворительные характеристики и срок службы - 6 лет имеют полупроводниковые электрохимические детекторы угарного газа **DD-Scientific S+4 2ECO** (Великобритания), также **Sixth Sense ECO-SURE (2E)** (Китай). Они чувствительны к деструкции натуральной ткани, при которой доминирует выход угарного газа, однако эти сенсоры недостаточно эффективны при пиролизе ПВХ изоляции и образовании в основном паров соляной кислоты. Для регистрации последних необходимы другие менее доступные модели, такие как **3E-HCl** ООО «Информаналитика» (Россия), срок службы которых всего 2 года.

1.5.10 Определённые надежды газового контроля связывают с сенсорами следующего поколения [35]. В частности, предполагается, что такие устройства будут эффективно

реагировать даже на запах начинающей плавиться полимерной изоляции электрических кабелей. Впрочем, идея искусственного обоняния в технологиях безопасности давно остаётся без существенных достижений, а её потенциал, судя по второстепенному значению в природе (относительно зрения), невысок, уступая в быстродействии и информативности. Видимо, при построении комплексной защиты идентификация запахов будет полезна в качестве дополнения других методов.

1.5.11 В настоящее время среди стандартных технических средств формирования сигнала о пожаре наиболее распространёнными остаются оптико-электронные и тепловые пожарные извещатели, а также комбинированные³⁸, сочетающие их функции. Выпуск таких устройств освоен многими производителями, и цена сформировалась на конкурентной основе. Далее в разделах 2 и 3 приведём примеры конкретных моделей. И на данном этапе среди способов учёта неэлектрических показателей, как наиболее доступный, будем рассматривать именно контроль поглощения-рассеивания света продуктами пиролиза и горения.

1.5.12 Следует добавить, что оптический датчик может быть ключевым в комплексном приборе обнаружения опасности по сигналам разной физической природы [36]. В этом случае, например, обнаружение электрической дуги предлагается выполнять путём выработки сигнала от трёх детекторов: оптического, радиочастотного электромагнитного и акустического. Так, для повышения надёжности контроль внутреннего электрического эффекта (электромагнитного излучения) дублируется контролем сразу двух неэлектрических показателей.

³⁸ - определения по ГОСТ Р 53325-2012 Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний (с изменением № 1 на 01.03.2015 г.).

1.6 Пожарные сигнализации

1.6.1 Как уже было отмечено, автоматическая выдача команд на технологическое и инженерное оборудование необходима для обеспечения безопасности. Во многих случаях наиболее обоснованной будет своевременная команда на отключение электропитания: это часто может предотвратить развитие пожаров за счёт самозатухания даже при отсутствии активного пожаротушения [37].

1.6.2 Установки пожарной сигнализации, реализующие указанную функцию, предложены в патентах [38-40]. Они предназначены для слежения за работой бытовых приборов, компьютерной или развлекательной техники, содержат датчики, логический процессор, контролируют состояние окружающей среды и отключают электропитание по сигналу одного или нескольких сенсоров температуры, дыма, содержания окиси углерода. Процессор может учитывать показание одного датчика, сравнивать показание нескольких датчиков, а также скорости изменений показаний. Отключение сопровождается звуковым оповещением. В дополнительных случаях процессоры имеют возможность самообучения. Практически сигнализация состоит из радиоканальных пожарных извещателей и приёмников-процессоров с однофазными или трёхфазными контакторами, которые размещают в вилке-розетке или коробке для присоединения электрооборудования. Такие комплекты поставляют во многие страны компания «Innohome Oy» (Финляндия)³⁹.

1.6.3 В будущем технические средства мониторинга электросетей для прогнозирования и предупреждения пожарной опасности предлагается выполнять с более детальным моделированием состояния и процессов по разным показаниям [41, 42]. Можно предполагать, что такие пожарные сигнализации смогут значительно раньше предупреждать аварийные режимы и отключать нагрузку. Эффективные средства защиты с компьютерным управлением, осуществляющие автоматическое отключение и непосредственно реагирующие на недопустимое отклонение от нормальных рабочих параметров, тем не менее, на практике пока можно реализовывать только для крупных объектов (на производстве, в деловых центрах и т.д.), а их адаптация в жилом секторе маловероятна.

³⁹ <http://www.innohome.com>

1.6.4 Определённое упрощение и ускорение внедрения, напротив, хорошо согласуется с применением радиоканальных устройств [43]. Важно, что такие приборы позволят быстро оборудовать эксплуатируемые многоквартирные жилые дома, поскольку, как минимум, установка пожарных извещателей не потребует прокладки шлейфов связи.

1.6.5. Задачу дистанционного отключения электропотребителей по радиосигналу решают комплекты, которые поставляют для оборудования умного дома несколько компаний, в том числе упомянутая «Innohome Oy», также ООО "РУБЕТЕК РУС"⁴⁰ и другие. Далее разделы 2 и 3 частично развивают идею совершенствования такого подхода. Здесь лишь следует заметить, что в схемах управления изготовители используют контакторы и силовые реле, которые требуют дополнения схем электроустановок. Это можно сделать при проектировании новых объектов, но затруднительно для повышения безопасности действующих. Кроме того, плохо сочетаются целесообразность существенных (неотъемлемых) изменений и быстрая смена поколений средств автоматизации (3...5 лет).

⁴⁰ - <https://rubetek.com/>

Раздел 2 Пожарный сторож, технология, устройства, конструкции и системы

2.1 Отличительные признаки технологии и конструкций

2.1.1 Ориентировочно с 2010 года по настоящее время представленные в обзоре технологии, системы и средства безопасности предлагается оптимизировать так, чтобы добиться компактного исполнения комплектующих, простой и надёжной эксплуатации, возможности применения на любых объектах, согласования с автоматическими установками пожаротушения и пожарной сигнализации. Достижение указанных целей принято связывать с использованием сертифицированных серийных изделий.

Базовое решение с учётом этого было сформулировано, как универсальный способ предотвращения развития пожара электроустановки [2]. Кроме того, варианты реализации предложено выполнять на основании патента на полезную модель [3].

2.1.2 **Наименование** «Устройство защитного отключения пожарный сторож» (сокращённо УЗО ПС или пожарный сторож) выбрано в качестве общего как для автономных изделий, так и для частей систем, реализующих отключение электроустановок.

2.1.3 **По назначению** УЗО ПС обеспечивает автоматическое отключение электропитания в случае появления признаков пожара или аварии. За счёт отключения в зависимости от ситуации пожарный сторож исключает образование источника зажигания, ограничивает распространение пожара, защищает людей (в том числе пожарных) от поражения электрическим током, а также предотвращает повторное возгорание от электрического источника.

2.1.3 **Конструкция** (схема) любого пожарного сторожа содержит устройство дифференциального тока (УДТ) и один или несколько датчиков (детекторов, сенсоров, анализаторов, извещателей) для контроля каких-либо электрических или неэлектрических показателей работы электроустановки. Никаких специфических требований к УДТ для пожарного сторожа нет, т. е. выбор модели осуществляется в обычном порядке в зависимости от параметров линии и нагрузки. Аналогично нет дополнительных ограничений на применение

датчиков, в том числе пожарных извещателей всех известных типов⁴¹. Разные схемы объединения датчиков с любыми УДТ всегда реализуют универсальный способ управления с помощью имитатора повреждения изоляции [2]. Далее указанный синтез рассмотрен в конкретных примерах (см. п. 2.2).

2.1.4 По принципу действия УЗО ПС – противопожарное и противоаварийное устройство, совмещающее функции сигнализации и устройств дифференциального тока – УДТ (УЗО, ВДТ, АВДТ, реле дифференциального тока).

Датчики УЗО ПС при обнаружении любой опасности подключают имитатор повреждения изоляции и этим инициируют ток утечки для управления УДТ.

Таким способом реализована упомянутая в обзоре технология отключения ([см. п.1.1.3 и ПУЭ 7, п. 5.3.44](#)) с принципиальным обобщением перечня нештатных ситуаций.

2.1.5 Параметры защиты зависят от выбора датчиков, поэтому соответствующие модификации пожарного сторожа способны контролировать как электрические, так и неэлектрические показатели: перегрев, избыточное давление, дым, пар, огонь, плавление, пиролиз с образованием газообразных продуктов, изменение содержания газов в воздухе, свечение, излучение, электромагнитные помехи, вибрацию, шум, смещение, уровень, гидравлические удары, механические напряжения в конструкциях, в том числе связанные с природными явлениями (при землетрясении, урагане, наводнении), а также с технологическими сбоями. По сути, данный перечень ничем не ограничен.

2.1.6 Модификации УЗО ПС могут быть выполнены в виде отдельного устройства, состоять из нескольких устройств, либо входить в состав (быть составной частью) сигнализаций, а также систем, осуществляющих отключение электрических сетей. Применение УЗО ПС в составе сигнализаций позволяет использовать для контроля самый широкий арсенал сенсоров. Соответствующие модификации пожарного сторожа могут быть и составной частью установок пожаротушения.

⁴¹ - СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования с Изменениями № 1, утв. Приказом МЧС России от 01.06.2011 г. № 274

2.1.7 По классификации УЗО ПС является средством пожарной (по ГОСТ Р 53325-2012)⁴² и противоаварийной (по ГОСТ Р 55105-2012)⁴³ автоматики.

⁴² - ГОСТ Р 53325-2012 Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний (с изменением № 1 на 01.03.2015 г.)

⁴³ - ГОСТ Р 55105-2012 Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Оперативно-диспетчерское управление. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Противоаварийная автоматика энергосистем. Нормы и требования

2.2 Примеры конструкций пожарного сторожа

Далее рассмотрим примеры нескольких модификаций УЗО ПС. Информацию о предлагаемой защите подробно раскроем для первого варианта, а пояснения для остальных аналогичных решений будут сокращёнными.

Пример 1. Пожарный сторож с контролем температуры и защитой однофазной сети

Компоненты одного из самых простых комплектов пожарного сторожа показаны в составе защиты электропитания однофазной нагрузки на рис. 12. Сфотографированный макет (рис. 12, а) специально собран некомпактно с жёсткими проводниками, чтобы было видно порядок соединения. Тем не менее эта сборка вполне работоспособна, и такой комплект устройств реально может устанавливаться внутри приборных стоек, серверов, шкафов управления.

В рассматриваемой сети, как и во всех последующих, принимаем обязательное наличие штатного устройства дифференциального тока (УДТ).

Конкретно здесь выбрана доступная модель автоматического выключателя дифференциального тока (АВДТ) **Legrand RX³ C25 30 mA** (на фото вверху справа).

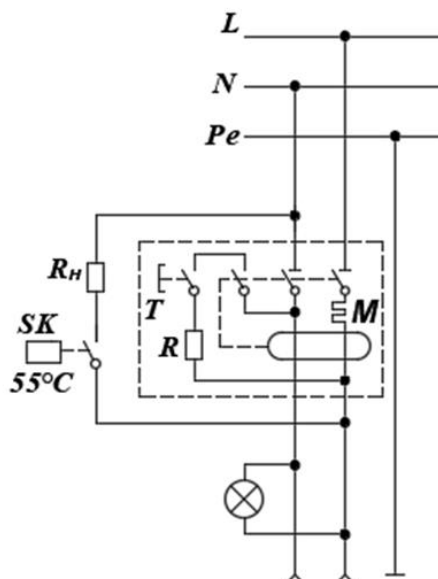
Это УДТ управляется датчиком контроля температуры воздуха. Соответствующую функцию имеет термостат **Finder 7T8100002303** (на фото вверху слева), который уже упоминался (см. рис. 4, в) и имеет характеристики, указанные в табл. 2.

В общем случае схемы управления УДТ зависят от устройства датчиков, параметров их питания и выходного сигнала, места установки и условий эксплуатации, но выбранный термостат интересен тем, что не требует электропитания и может формировать сигнал управления просто с помощью нормально разомкнутых контактов.

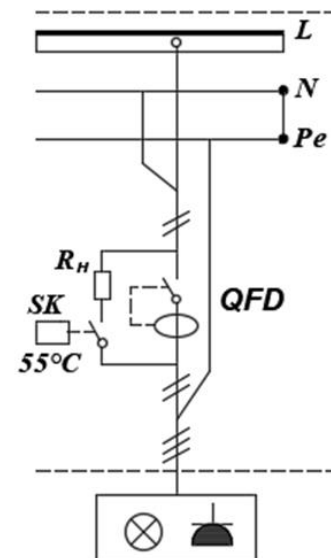
Последнее упрощает подключение. Так, по двухпроводной схеме нейтральный проводник **N** на входе УДТ и фазный проводник **L** на выходе соединены с термостатом через резистор **R_н** (рис. 12, б). Регулировкой термостата можно установить температуру его срабатывания (замыкания контактов), например, 50°C, 55°C и более.



а)



б)



в)

Рис. 12. Однофазная электрическая сеть с защитой пожарным сторожем, состоящим из термостата **Finder 7T810002303** (на фотоверху слева) и автоматического выключателя дифференциального тока **Legrand RX³ C25 30 mA** (на фотоверху справа): а) фото сборки в электрощите с индикатором питания, розеткой и подключённой нагрузкой, б) функциональная схема, в) однолинейная схема, **SK** – термостат, **55°C** – установленная температура срабатывания термостата, **R_H** – резистор (внешняя нагрузка – имитатор повреждения изоляции), **Pe** – защитный проводник (шина заземления), остальные обозначения см. рис. 1 - 3.

Работает защита следующим образом. В предусмотренных ситуациях, а именно при перегрузке, коротком замыкании или возникновении тока утечки, штатно срабатывает АВДТ. При повышении температуры выше установленного значения контакты термостата замыкаются,

в цепи резистора возникает ток утечки с проводника L выхода УДТ на проводник N входа УДТ, что также вызывает отключение.

Резистор R_H , как и внутренний резистор R , по сути, при подключении имитирует повреждение изоляции на стороне полезной нагрузки потребителя. Понятно, что ток через эти резисторы при рабочем напряжении должен быть не меньше тока срабатывания. Вместо резистора R_H могут использоваться другие нагрузки (имитаторы повреждения изоляции) [3], и они будут рассмотрены отдельно. Заметим, что широко распространённые тестеры УЗО устроены аналогично и они также включают в цепь между проводниками L и Pe , N имитатор повреждения изоляции.

Важно, что соединение резистора R_H выполнено именно с проводником N на входе УДТ. При замыкании контактов термостата и соответствующем отключении УДТ потенциалы проводников L на выходе и N на входе выравниваются, обеспечивается безопасность при заземлённой нейтрали. Хотя эффект отключения обеспечивается и при обратном присоединении (к L на входе и N на выходе УДТ), следует исключать такой вариант из-за возможности поражения электрическим током после отключения сети. Соответствующее требование технического регламента⁴⁴ будет актуально как для рассматриваемой схемы, так и для всех следующих примеров.

Конечно, с точки зрения электробезопасности лучшим решением будет присоединение не к нейтральному проводнику на входе УДТ, а непосредственно к шине заземления (защитному проводнику), но это может оказаться неудобным или невыполнимым из-за конструктивных особенностей электроустановки.

В нашем примере незадействованным осталось устройство эксплуатационного контроля АВДТ, т. е. выполняется упомянутое требование стандарта⁴⁵. Однако, что уже было обосновано, для УДТ, снабжённых клеммами удалённого подключения резистора R , автор считает возможным использовать этот внутренний резистор и в некоторых вариантах исполнения отказаться от дополнительной внешней нагрузки R_H .

Контроль работоспособности полученного пожарного сторожа проще всего осуществлять с помощью фена, направляя горячий воздух на термостат. Если при этом измерять температуру воздуха, дополнительно можно убедиться в корректности срабатывания защиты при

⁴⁴ - п. 6 Статьи 103 Федерального закона N 123-ФЗ от 22.07.2008 (ред. от 29.07.2017) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"

⁴⁵ - п. 8.11 ГОСТ ИЕС 61009-1-2014

определённой температуре. Кроме того, с помощью регулятора термостата легко проверить срабатывание путём уменьшения установленного значения температуры ниже температуры окружающего воздуха. Внутреннее устройство эксплуатационного контроля будет использоваться в обычном порядке только для периодической проверки УДТ в соответствии с указаниями изготовителя и нормативных документов.

Поскольку ток срабатывания УДТ незначительный (в нашем примере всего лишь 30 мА), то и ток через контакты термостата будет незначительным, что в общем случае (во всех примерах) существенно упрощает схему соединения и согласование совместной работы УДТ как с термостатами, так и с другими средствами автоматики (датчиками и сигнализациями). Присоединение датчиков можно выполнять проводом с сечением 0,5...0,75 мм².

Наличие термостата никак не меняет схему электропитания и защиты сети, ведь термостат подключается параллельно УДТ. Этот выгодный приём (параллельного подключения), исключающий всякое изменение основной части электросети, также будет использоваться в любых вариантах пожарного сторожа.

Важно, что в сети может быть установлено любое количество термостатов для отключения одного УДТ. Таким образом, увеличивая число параллельно подключенных датчиков, можно обеспечить защиту оборудования на любых площадях или объёмах.

По схеме макета видно, что размыкание УДТ всегда приводит к отключению электропитания: розетка обесточивается и гаснет индикатор, работающий параллельно с розеткой.

Итак, за счёт использования термостата получена дополнительная функция защиты. Посмотрим, в чём она будет полезна на практике. Возьмём приборную стойку, сервер или другое оборудование, которое имеет принудительное охлаждение. Допустим, вентиляция включается при температуре 40°C, но не справляется из-за высокой температуры окружающего воздуха или какой-либо неисправности (мотора, реле, регулятора, перегрузки и т. д.). Тогда при достижении температуры 55°C благодаря новой функции произойдёт полное отключение. Т. е. пожарный сторож предотвратит дальнейшее повышение температуры, возможное тепловое повреждение электронных компонентов и возгорание. Даже когда повышение температуры не связано с неисправностями, отключение привлечёт внимание персонала к нештатному режиму и исключит поражение электрическим током.

По принципу действия термостаты аналогичны с пожарными тепловыми извещателями и могут срабатывать при температурах, установленных для обнаружения пожарной опасности. Однако существенным отличием термостатов является отсутствие нормирования времени

срабатывания в зависимости от скорости повышения температуры⁴⁶. Поэтому для полноценного применения термостата в качестве средства пожарной автоматики требуется проведение дополнительных сертификационных испытаний.

Заметим, что без изменения схем в этом и следующих примерах возможна простая замена термостата на тепловой пожарный извещатель. Для этого последний должен иметь нормально разомкнутые контакты, подключаться по двухпроводной схеме и выдерживать рабочее напряжение сети (230В) при токе срабатывания УДТ (10, 30, 100, ... мА).

Строго в соответствии с нормативными документами устройства с термостатами без дополнительной сертификации следует относить к средствам противоаварийной автоматики, а аналогичный пожарный сторож с тепловым пожарным извещателем – к средствам пожарной автоматики.

Пример 2. Пожарный сторож с контролем температуры и защитой трёхфазной сети

Пожарный сторож с термостатом из предыдущего примера и схемы для трёхфазной сети показаны на рис. 13. Такой комплект устройств рекомендуется для установки в щите (в корпусе) вместе с защищаемым оборудованием электроустановки.

В качестве УДТ здесь выбрано УЗО (ВДТ) **Legrand DX³-ID 63A 100 mA**, которое уже упоминалось (см. рис. 2, а) и имеет характеристики, приведённые в табл.1.

Простым повторением всех основных приёмов предыдущего варианта получаем дополнительную функцию защиты по температуре.

Заметим, что термостат и здесь (см. рис. 13) подключается между проводниками **L₃** на выходе и **N** на входе УДТ, этим внешняя цепь резистора **R_Н** отличается от внутренней цепи резистора **R**. Следовательно, независимо от состояния контактов термостата исключается появление напряжения фазы на выходе после отключения УДТ.

Контроль работоспособности данного пожарного сторожа осуществляют с помощью фена, так же как было указано в предыдущем примере.

⁴⁶ - ГОСТ Р 53325-2012 Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний (с изменением № 1 на 01.03.2015 г.)

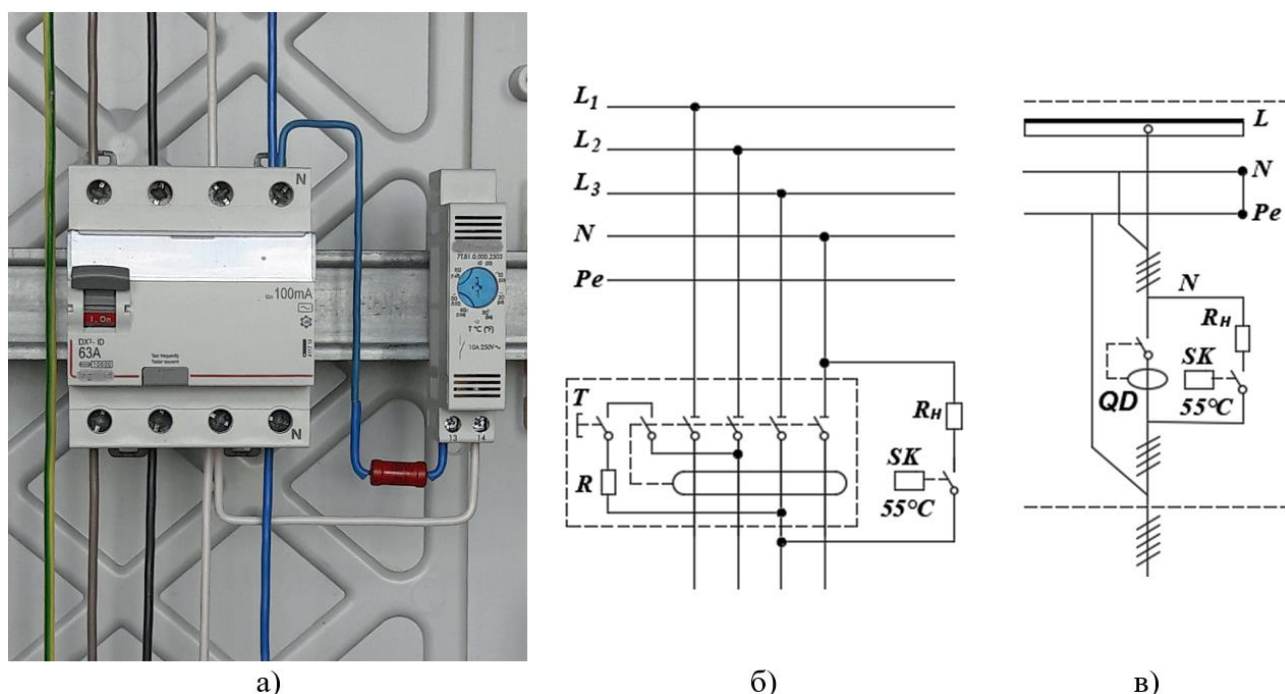


Рис. 13. Трёхфазная электрическая сеть с защитой пожарным сторожем, состоящим из термостата **Finder 7T8100002303** (на фото справа) и УЗО (ВДТ) **Legrand DX³-ID 63A 100 mA** (на фото слева): а) сборка в электрощите, б) функциональная схема, в) однолинейная схема. Обозначения см. рис. 12.

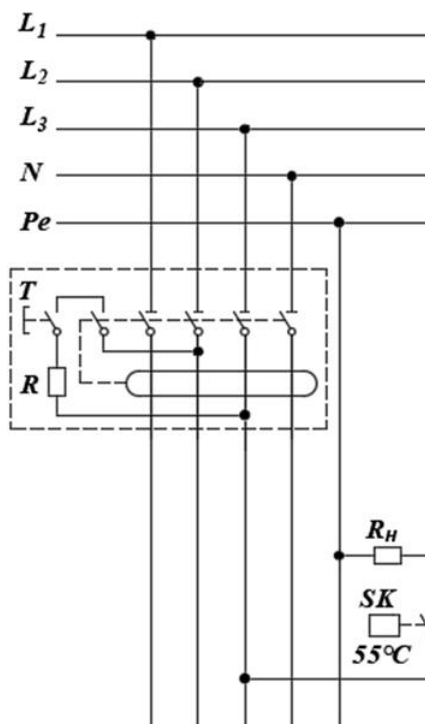
Пример 3. Пожарный сторож с удалённым контролем температуры

Часто эксплуатируемая часть электроустановки, которая требует защиты с помощью пожарного сторожа, расположена отдельно от устройств защитного отключения (в отдельном помещении, в отдельном корпусе). Допустим, все такие УДТ сгруппированы в распределительном щите, а компьютеры или серверный шкаф подключены через кабель и розетки на любом расстоянии от щита. В этом случае термостат или другой датчик необходимо размещать вместе с защищаемым оборудованием (в корпусе компьютера, в серверном шкафу) и при недопустимом повышении температуры следует удалённо (дистанционно) отключать УДТ.

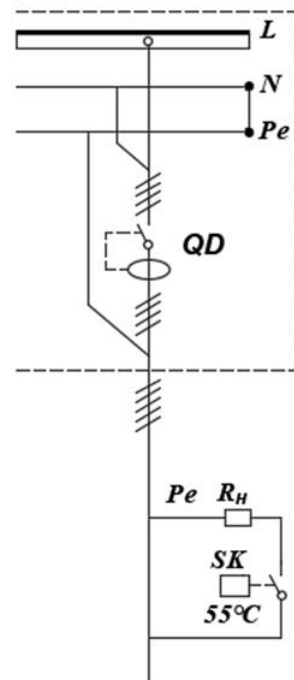
Макет электроустановки с отдельно размещенными устройствами показан на рис. 14. Удалённое (дистанционное) отключение УДТ обеспечивается подключением термостата между проводниками **Pe** и **L₃**. Здесь при аварийном и противопожарном срабатывании сигнал управления — ток утечки возникает непосредственно с фазы на землю, в результате электропитание отключается.



а)



б)



в)

Рис. 14. Трёхфазная электрическая сеть с защитой пожарным сторожем, состоящим из удалённо расположенного термостата **Finder 7T8100002303** (на фото снизу слева) и УЗО (ВДТ) **Legrand DX³-ID 63A 100 mA** (на фото сверху): а) сборка, б) функциональная схема, в) однолинейная схема. Обозначения см. рис. 12.

Очевидно, что и в данном варианте никакого изменения основной части схемы электропитания не требуется, т. к. термостат подключён параллельно с остальным оборудованием электроустановки.

Практически полезно отметить, что в выбранной схеме можно использовать любую модель термостата (см. рис. 4), в том числе для пожарного (противоаварийного) сторожа насосов, компрессоров и других установок с электроприводом.

Пример 4. Пожарный сторож с контролем содержания угарного газа, температуры и защитой однофазной сети

Пожарный сторож, обеспечивающий контроль температуры и содержание угарного газа (CO) в воздухе, а также схемы для защиты однофазной сети показаны на рис. 15.

В данном варианте предлагается вместе с штатным УДТ использовать комбинированный (газово-тепловой) пожарный извещатель **ИП101/435-3-Р-Д «Эксперт Щит»** (Россия)⁴⁷, который сконструирован с учётом патентов [2, 3] и предназначен для защиты электрощитов или электронного оборудования в коммуникационных шкафах.

Как и обычный пожарный извещатель, рассматриваемая модель позволяет обнаруживать факторы пожара и формировать сигнал о пожаре для последующей обработки приёмно-контрольным прибором. **ИП101/435-3-Р-Д** имеет соответствующие выходы (клеммы) для подключения к шлейфу проводной сигнализации по двухпроводной схеме.

Кроме этого, этот извещатель формирует и отдельный сигнал управления, который может непосредственно использоваться для отключения УДТ.

Характеристики извещателя приведены в табл. 3. Редкой его особенностью является исполнение в корпусе для монтажа на *din*-рейку. Другим полезным качеством будет сохранение работоспособности при высокой запылённости. В отношении контроля роста температуры обеспечено выполнение требований стандарта⁴⁸, соответствующие характеристики проверяются при сертификации, что даёт преимущество перед термостатами.

⁴⁷ - Изготовитель ООО "ЭТРА-спецавтоматика", www.etra.ru

⁴⁸ - ГОСТ Р 53325-2012 Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний (с изменением № 1 на 01.03.2015 г.)

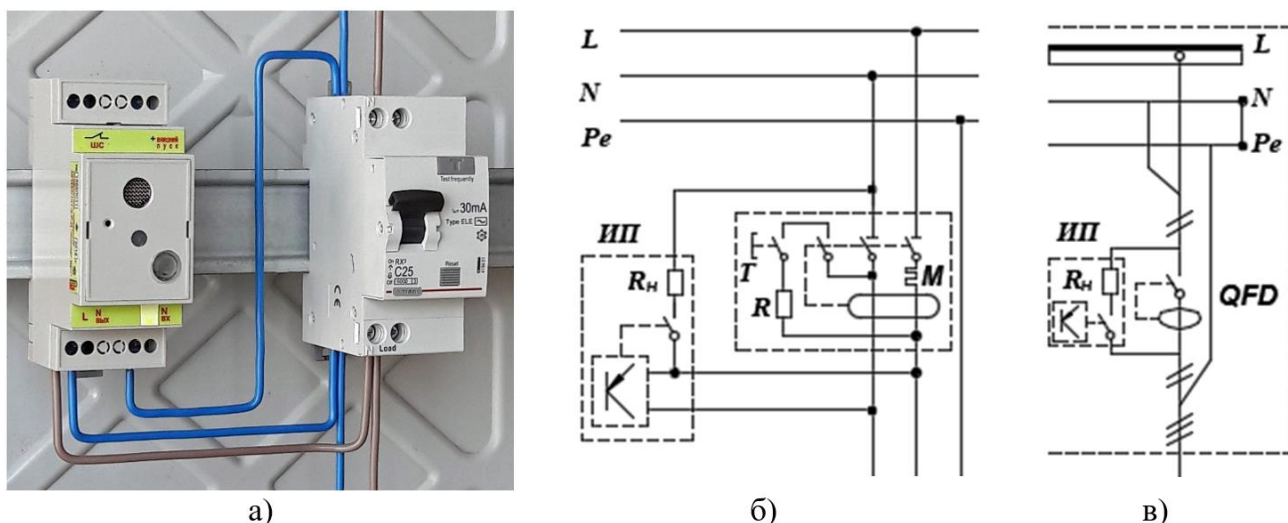


Рис. 15. Однофазная электрическая сеть с защитой пожарным сторожем, состоящим из пожарного извещателя **ИП101/435-3-Р-Д** (на фото слева) и автоматического выключателя дифференциального тока **Legrand RX³ C25 30 mA** (на фото справа): а) сборка, б) функциональная схема, в) однолинейная схема, **ИП** – извещатель пожарный, остальные обозначения см. рис. 12.

Таблица 3

Извещатель пожарный ИП101/435-3-Р-Д «Эксперт Щит» для защиты электрощитов

Наименования параметров	Значения
Рекомендуемый объём электрощита на 1 извещатель*, не более, м ³	0,5
Напряжение питания, В	165... 250
Температурный класс сработки по ГОСТ Р 53325-2012 (выбирается переключателем конфигурации)	A2 (54...70°C) B (69...85°C)
Концентрация СО, при которой срабатывает ИП, ppm (выбирается переключателем конфигурации)	от 25 или от 50
Номиналы УДТ, для которых формируется сигнал управления, mA	10, 30, 100
Время воздействия сигнала управления на УДТ, сек	4...5
Диапазон рабочих температур, °C	от -10 до +55
Относительная влажность (без конденсации влаги на сенсоре), %	от 15 до 90
Задымление среды дымами и парами, дБ/м (не содержащими СО в уровнях, достаточных для сработки)	неограниченно
Уровень запылённости, кг/м ³	до 3,5

* - данные автора

К ограничениям относится то, что определение концентрации *СО* основано на измерении тока, вырабатываемого упомянутым электрохимическим сенсором (**DD-Scientific S+4 2ECO** или **Sixth Sense ECO-SURE (2E)**), поэтому лимиты по срокам службы и селективности в определённой мере сужают область применения.

Нагрузка R_H , как показано на схемах (рис. 15, б, в), расположена в корпусе пожарного извещателя, благодаря этому подключение к проводнику N входа УДТ выполнено напрямую. Это существенно упрощает монтаж в данном варианте по сравнению с предыдущими. Другое отличие заключается в том, что микроконтроллер сенсора и цифровой термометр используют питание от сети (220 В), поэтому на выходе УДТ требуется соединение не только с фазным проводником L , но и с нейтральным - N . Необходимое трёхпроводное подключение датчика, тем не менее, по-прежнему является параллельным и никак не меняет основную часть схемы электросети.

Защитное действие пожарного сторожа с пожарным извещателем осуществляется при достижении температуры воздуха или концентрации угарного газа предельных значений, а также при превышении допустимых скоростей изменения этих показателей. Соответствующей реакцией на такие отклонения от нормальных условий эксплуатации будет подключение цепи с нагрузкой R_H между проводниками L на выходе УДТ и N на его входе, что приведёт к возникновению тока утечки и отключению УДТ.

Проверка работоспособности имитатора тока утечки и срабатывания УДТ может осуществляться с помощью кнопки «Тест», предусмотренной в конструкции извещателя.

Испытания пожарного сторожа с газовым и тепловым контролем были проведены в дымокамере и на натурных образцах электрощитов. Они подтвердили возможность своевременного отключения УДТ при обнаружении повышения температуры воздуха, а также тления и пиролиза горючих материалов. Однако в сравнительных тестах в случае повреждения кабельных изделий с ПВХ изоляцией чувствительность оказалась ниже, чем у дымовых оптико-электронных извещателей (см. Раздел 3).

В связи с этим рекомендуется ограничивать объём контролируемого электрощита или другого контролируемого прибора. Для обеспечения безопасности более объёмных шкафов (более 0,5 м³) следует пропорционально увеличивать число извещателей. Понятно, что в сети, защищённой хотя бы одним УДТ, благодаря принципу параллельной работы может быть установлено любое количество пожарных извещателей *ИП101/435-3-Р-Д*.

Важно отметить, что применение схем подключения (рис. 15 б, в) обеспечивает извещатель бесперебойным электропитанием на время выполнения функций по отключению УДТ и по передаче синхронного сигнала внешнему приёмно-контрольному прибору. Этим выполняется требование технического регламента⁴⁹. Вместе с тем если пожарной сигнализации

⁴⁹ - п. 4 Статьи 103 Федерального закона N 123-ФЗ от 22.07.2008 (ред. от 29.07.2017) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"

необходимо получать сигнал об опасности при выключенном УДТ, то предлагаемую схему необходимо изменить так, как показано на рис. 16, а, б.

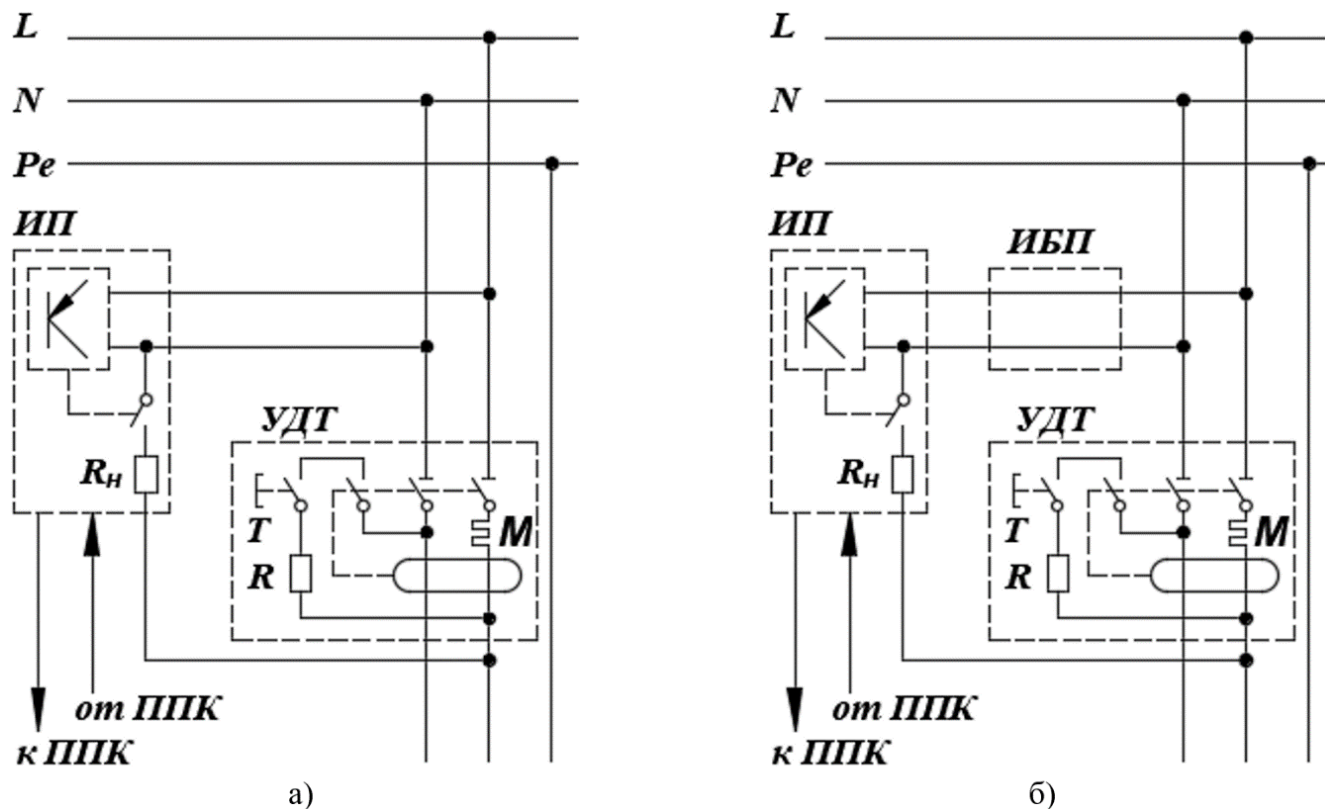


Рис. 16. Схемы пожарного сторожа с независимым электропитанием извещателя **ИП101/435-З-Р-Д**: а) подключение до УДТ, б) подключение через источник бесперебойного электропитания (**ИБП**), **ППК** - прибор приемно-контрольный пожарный или охранно-пожарный, остальные обозначения см. рис. 12, 15.

Эти модификации независимо от состояния УДТ обеспечивают передачу сигналов о недопустимых изменениях температуры или содержания угарного газа для приёмно-контрольного прибора, а также приём внешнего сигнала на отключение УДТ. В последнем случае **ИП101/435-З-Р-Д** будет выполнять функции пожарного прибора управления. Кроме того,

модификация с питанием извещателя через источник бесперебойного электропитания (рис. 16, б) соответствует указаниям как технического регламента⁵⁰, так и свода правил⁵¹.

Реализация проводного подключения пожарного извещателя до УДТ ещё раз будет рассмотрена в связи с испытаниями пожарного сторожа (см. Раздел 3, п. 3.2.2).

Для обоснования схем подключения также необходимо правильно понимать указание о запрете установки в цепях питания устройств защитного отключения или выключателей, управляемых дифференциальным (остаточным) током. Этот запрет касается электроприёмников, предназначенных для преобразования электрической энергии в другой вид энергии⁵², например, пожарных насосов. Пожарный сторож не является преобразователем энергии, и с этой точки зрения схемы зависимого и независимого электропитания (рис. 15, 16) одинаково соответствуют требованиям нормативных документов.

Пример 5. Пожарный сторож с контролем содержания угарного газа, температуры и защитой трёхфазной сети

Пожарный сторож, обеспечивающий контроль температуры и содержание угарного газа (CO) в воздухе, а также схемы для защиты трёхфазной сети показаны на рис. 17.

Этот вариант отличается от предыдущего только выбором модели УДТ. В остальном все особенности и результаты тестирования защиты пожарным сторожем с газовым и тепловым извещателем для однофазной и трёхфазной сетей полностью совпадают.

⁵⁰ - п. 2 Статья 91 Федерального закона N 123-ФЗ от 22.07.2008 (ред. от 29.07.2017) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"

⁵¹ - п. 15.3 СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования

⁵² - п. 3.2, 4.13 СП 6.13130.2013 Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности

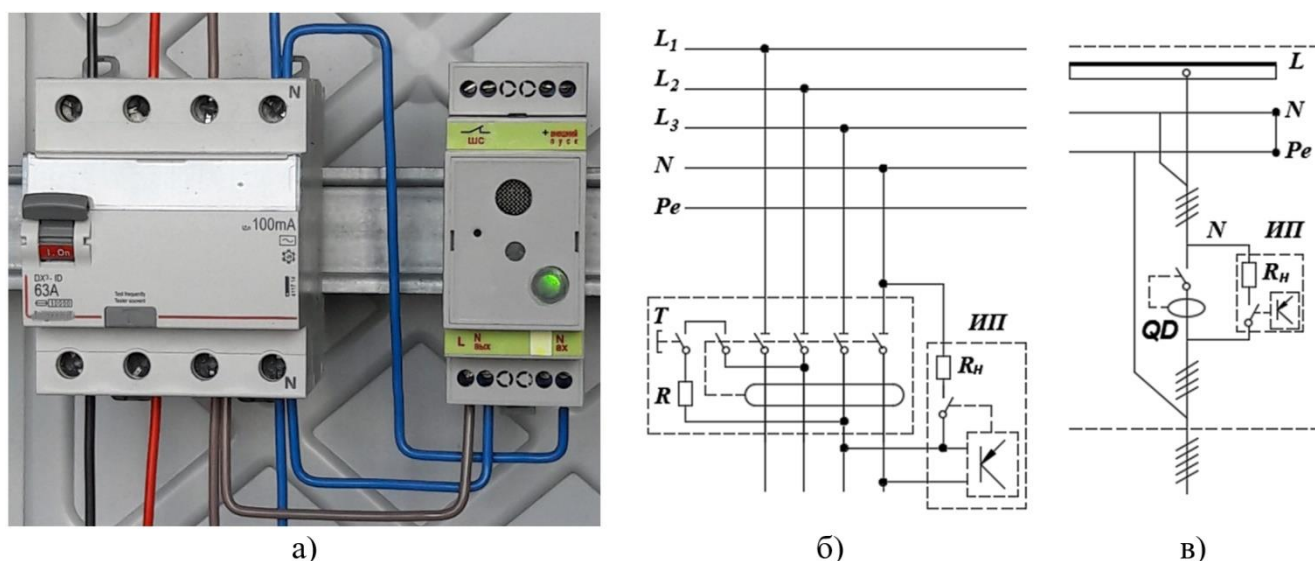


Рис. 17. Трёхфазная электрическая сеть с защитой пожарным сторожем, состоящим из пожарного извещателя **ИП101/435-3-Р-Д** (на фото справа) и УЗО (ВДТ) **Legrand DX³-ID 63A 100 mA** (на фото слева): а) сборка, б) функциональная схема, в) однолинейная схема. Обозначения см. рис. 12, 15.

Пример 6. Пожарный сторож с удалённым контролем содержания угарного газа и температуры

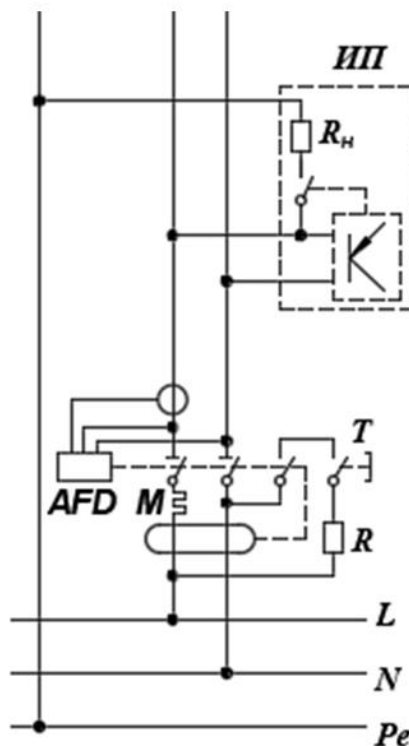
Решение задачи удалённого отключения УДТ с помощью газового и теплового пожарного извещателя показано на макете и схемах (см. рис. 18). Для рассматриваемого примера в качестве УДТ выбрано АВДТ с защитой от дуги (УЗДП). Аналогичная модель уже была представлена (см. рис. 3, в) и имеет характеристики, приведённые в табл. 1. Единственным отличием модификации **AFDD-32/2/B/003-Li/A** является задержка срабатывания.

На макете (рис. 18, а) пожарный извещатель и УДТ (УЗДП) разнесены, но находятся достаточно близко. В реальности они могут находиться в корпусах разных приборов, например, в серверном шкафу и в распределительном электрощите, а также в разных помещениях.

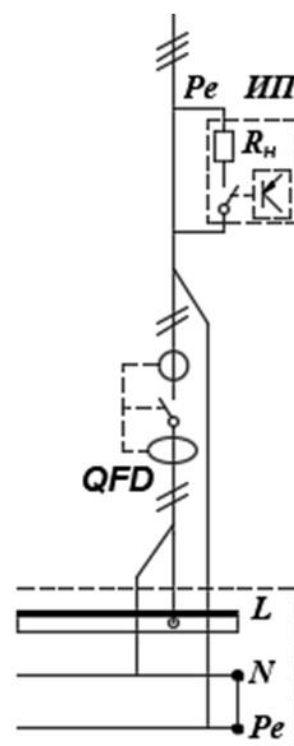
Удалённое (дистанционное) отключение УДТ (УЗДП) здесь вновь обеспечено подключением к проводнику **Pe**, поэтому при срабатывании извещателя непосредственно на землю возникает ток утечки с фазного проводника **L** через нагрузку **R_H** (см. рис. 18, б).



а)



б)



в)

Рис. 18. Однофазная электрическая сеть с защитой пожарным сторожем, состоящим из пожарного извещателя **ИП101/435-3-Р-Д** (на фото вверху справа) и АВДТ с защитой от дуги **EATON AFDD-32/2/B/003-Li/A** (на фото внизу): а) сборка, б) функциональная схема, в) однолинейная схема. Обозначения см. рис. 3, 12, 15.

Благодаря принципу параллельного подключения так же, как в других примерах, не меняется схема основной части электросети и имеется возможность использовать любое количество извещателей для отключения одного общего УДТ. Этим способом данный пожарный сторож с несколькими извещателями способен одновременно защищать приборы,

расположенные в разных корпусах, плюс кабели электропитания за подвесным потолком, фальшполом и т.д.

Пример 7. Радиоканальный пожарный сторож с контролем дыма, температуры и защитой трёхфазной сети

Наиболее удачное решение пожарного сторожа с радиоканальными извещателями⁵³ представлено на рис. 19. Обычно обмен информации с такими извещателями осуществляют приёмно-контрольные приборы⁵⁴. Вместе с тем некоторые изготовители выпускают компактные устройства, которые в усечённом объёме совмещают функции приёмно-контрольного прибора и прибора управления⁵⁵. В рассматриваемой конструкции УЗО ПС таким устройством является радиореле.

Характеристики оборудования для этого и нескольких следующих примеров приведены в табл. 4.

Как видно на макете (рис. 19, а), присоединение выбранного радиореле **РР** к электросети осуществляется по трёхпроводной схеме параллельно УДТ. Схемы (рис. 19, б, в) отличаются от рассмотренных в Примерах 4, 5 только тем, что нагрузка **Р_Н** становится внешней, поскольку в корпусе радиореле она не предусмотрена.

Благодаря параллельному подключению основная часть схемы электропитания вновь не меняется, а количество параллельно подключённых радиореле не ограничено. В свою очередь каждое подключенное радиореле может получать сигнал управления от большого числа извещателей (до 64 шт. см. табл. 4). Это будет полезно, если групповое УДТ защищает несколько потребителей в разных помещениях, в отдельных стойках с приборами и т. д.

Понятно, что никаких дополнительных линий связи не требуется: радиореле занимает мало места в электрощите, а расстановка пожарных извещателей производится только с учётом сценариев развития чрезвычайных ситуаций, что существенно упрощает дизайнерские решения, в том числе тогда, когда пожарный сторож устанавливают после проведения отделки помещений.

⁵³ - извещатель пожарный радиоканальный, определение по ГОСТ Р 53325-2012 п. 3.20

⁵⁴ - прибор приемно-контрольный пожарный, определение по ГОСТ Р 53325-2012 п. 3.47

⁵⁵ - прибор управления пожарный, определение по ГОСТ Р 53325-2012 п. 3.48

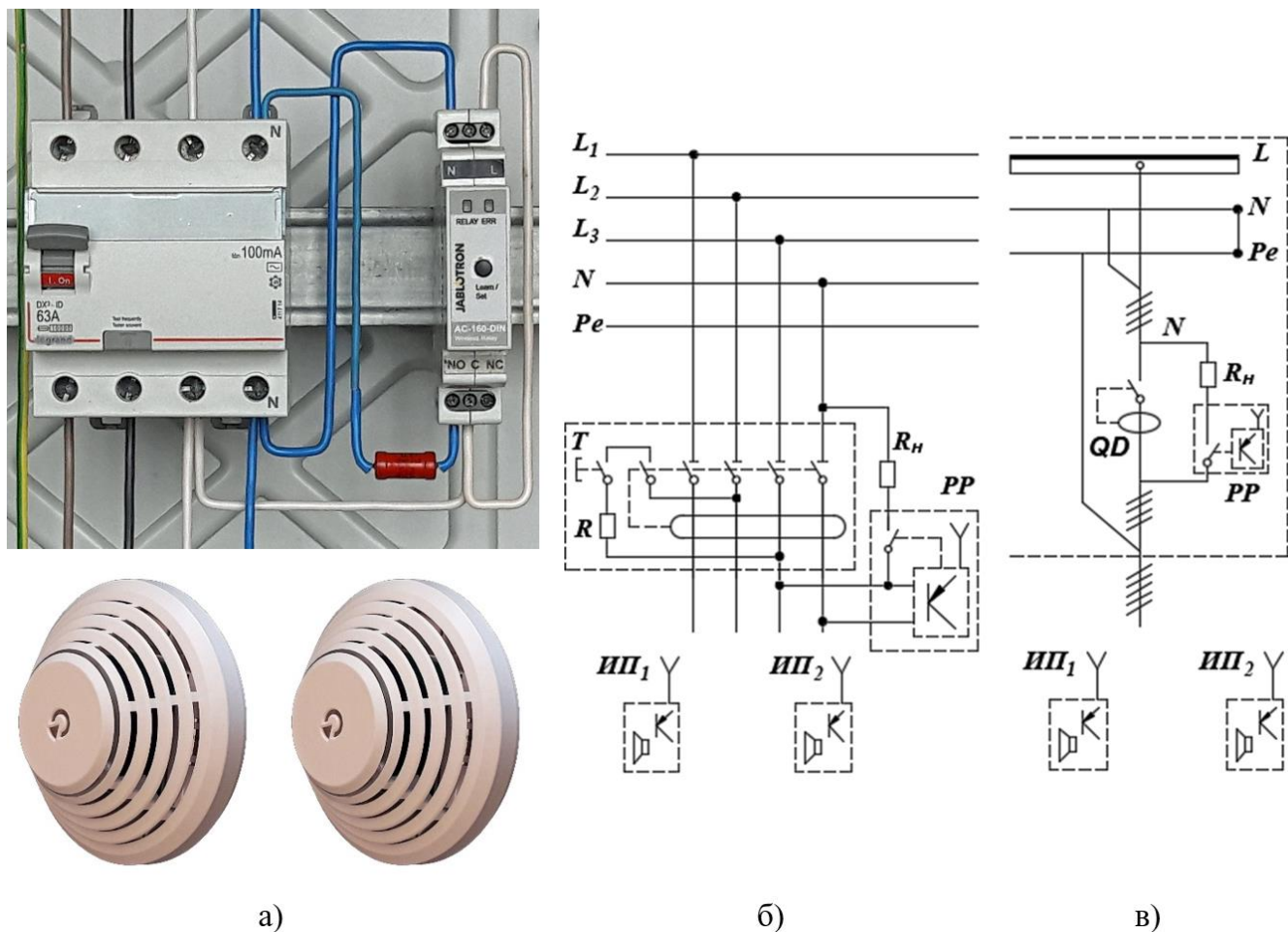


Рис. 19. Трёхфазная электрическая сеть с защитой пожарным сторожем, состоящим из двух радиоканальных комбинированных пожарных извещателей *JA-151ST* (на фото снизу), радиореле *AC-160-DIN* (на фото вверху справа) и УДТ (УЗО) *Legrand DX³-ID 63A 100 mA* (на фото вверху слева): а) сборка и извещатели, б) функциональная схема, в) однолинейная схема, *ИП₁*, *ИП₂* – пожарные извещатели, *PP* – радиореле, остальные обозначения см. рис. 12.

УЗО ПС с радиоканальными извещателями (рис. 19) работает следующим образом. Допустим, хотя бы один пожарный извещатель (*ИП₁* или *ИП₂*) обнаруживает признаки опасности (повышение температуры или задымление). В этом случае он одновременно передаёт соответствующий радиосигнал, звуковое и световое оповещение (включается яркая мигающая светодиодная индикация-подсветка извещателя). Радиосигнал принимается и обрабатывается радиореле *PP*, на выходе которого замыкаются контакты цепи нагрузки R_H , возникает ток утечки между проводниками L_3 на выходе УДТ и N на его входе, УДТ срабатывает и электропитание прекращается.

Таблица 4

Радиоканальное оборудование компании Jablotron *

Наименования и характеристики	Радиоканальные извещатели		Радиореле	
	JA-151ST	Ei208DW + JA-150G-CO	AC-160-DIN	AC-160-C
Класс	Адресный, тепловой и дымовой оптико-электронный	Адресный, газовый	Адресный прибор управления	
Контролируемый параметр и чувствительность	Дым с удельной оптической плотностью 0,11... 0,13 дБ/м Температура срабатывания +60...+65°C	Концентрация СО	Радиосигнал об обнаружении опасности, отсутствие связи, неисправность извещателя	
		(43...80) /10 ⁶ через 60...90 мин		
		(80...150)/ 10 ⁶ через 10...40 мин		
		>150/10 ⁶ через 0,7...2 мин		
Контролируемое помещение, м ²	< 30	<10 (данные автора)	Ограничено расстоянием связи	
Выход	Радиосигнал и звуковое оповещение 85 дБ на 3 м		Переключающие контакты	Замыкающие контакты
			250 В, 16 (8) А	
Режим выхода	длительный		постоянный или импульс продолжительностью 1 сек	
Индикация	Светодиод	Цифровая	Светодиод	
Частота связи, МГц	868,1			
Число связанных устройств	Не ограничено		до 64 извещателей	
Расстояние связи	300 м на открытом пространстве			
Электропитание, срок замены батарей	батареи 3 x AA 1,5 В 3 года	батарея 7...10 лет	≈ 230 В	≈ 100...230 В
Диапазон рабочих температур, °C	-10...+70	-10 ... + 40		
Диапазон влажности, %	-	15...95	-	
Срок службы, лет	10	7	10	10

* - Jablotron Alarms a.s. (Чехия), <https://www.jablotron.com/ru/>

Радиореле **PP** после отключения также оказывается обесточенным, но извещатели питаются от собственных батарей и продолжают оповещение об опасности.

В случае отсутствия связи, падения напряжения батарей или неисправности, хотя бы одного извещателя, на реле загорается предупреждающий жёлтый индикатор.

Эксплуатационный контроль данного пожарного сторожа возможен с помощью кнопки «Тест» УДТ, также с помощью кнопки «Leap» радиореле. В результате УДТ должно срабатывать за счёт токов утечки через нагрузки R и R_H соответственно. Кроме того, каждый извещатель проверяется нажатием на корпус, после чего загорится индикатор подсветки и через некоторое время должен прозвучать одинарный сигнал звукового оповещения, но радиореле и УДТ не срабатывают.

Полная проверка работоспособности проводится по температуре срабатывания пожарного сторожа с помощью фена, при этом горячим воздухом тестируют реакцию каждого извещателя и отключение УДТ. Реакцию на дым также для каждого извещателя проверяют с помощью имитирующего источника.

Единственной особенностью конструкции является необходимость отсоединения нагрузки R_H во время настройки связи между извещателями и радиореле. Это объясняется тем, что кнопка «Leap» радиореле используется не только при тестировании, но также для выбора параметров связи. Если нагрузка R_H не будет отключена, то при каждом нажатии на кнопку настройки будет происходить отключение УДТ.

После отключения нагрузки R_H связь настраивается в соответствии с инструкцией по эксплуатации радиореле. При настройке рекомендуется выбирать импульсный режим реакции радиореле на сигнал извещателей, тогда во время тревоги контакты реле будут замыкаться на 1 сек, этого времени вполне достаточно для отключения УДТ. Постоянное (не импульсное) замыкание контактов в некоторых случаях может привести к повреждению нагрузки R_H .

Независимое электропитание радиореле (до УДТ) также возможно (оно будет аналогично электропитанию по схемам на рис. 16), но с практической точки зрения не вызывает интереса, поскольку после отключения УДТ радиореле задействовать не потребуется.

Испытания радиоканального УЗО ПС были проведены как в дымокамере, так и в натурных условиях (см. Раздел 3). Во всех случаях получены положительные результаты. Так, обеспечивалось своевременное отключение и прекращение тления горючих материалов при их соприкосновении с электронагревательными приборами, исключалось пламенное горение. Пиролиз изоляции при нагреве проводников останавливался на начальной стадии. Отказ извещателей и ложные срабатывания не зафиксированы.

Подтверждены значения площадей, указанные производителем для защищаемых помещений, а также уверенная радиосвязь, причём не только на больших расстояниях, но и через

армированные строительные конструкции (железобетонные стены, перекрытия, перегородки с каркасом из стального профиля).

Выявленный недостаток касается только невозможности эксплуатации при температурах ниже -10°C . Во всём остальном контроль появления дыма и повышения температуры является удовлетворительным для предотвращения пожаров и аварий электроустановок.

Радиоканальные извещатели с радиореле обеспечивают преимущества пожарного сторожа благодаря компактности, простоте адаптации, удобству эксплуатации, возможности расширения функций и увеличения площади защищаемого объекта. В сравнении с централизованными установками пожарной сигнализации соответствующие комплекты УЗО ПС обладают автономностью и могут входить в состав надёжных эшелонированных децентрализованных систем с распределёнными ресурсами. Рекомендации по применению, таким образом, охватывают самый широкий диапазон объектов защиты (от многоквартирных и многоквартирных домов до технологических установок промышленных предприятий).

Далее вопросы прикладных исследований, которые привели к перечисленным результатам ещё раз будут рассмотрены в Разделе 3.

Пример 8. Радиоканальный пожарный сторож с контролем дыма, температуры и защитой однофазной сети

Продолжая тему применения пожарного сторожа с радиоканальными извещателями, представляем варианты для однофазной сети. Так, на рис. 20 показаны фотографии извещателя внутри напольного телекоммуникационного шкафа (**19" 33U**), радиореле в электрощите и все необходимые компоненты на функциональной и однолинейной схемах.

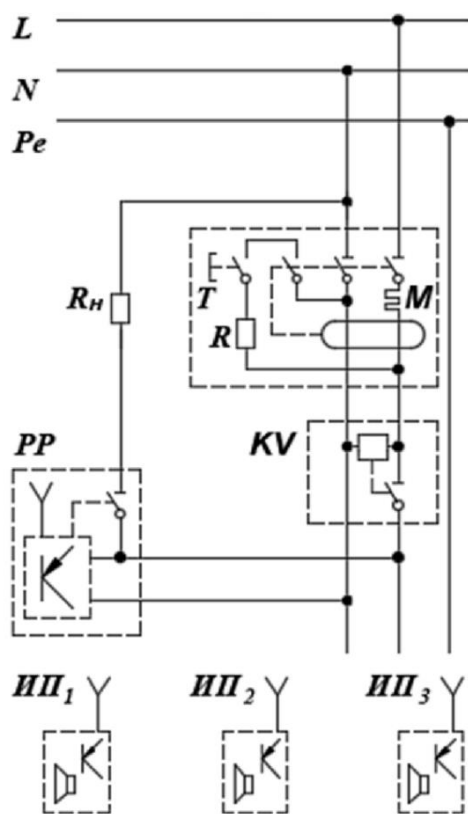
Выбранный для контроля температуры и появления дыма радиоканальный извещатель **JA-150ST** по характеристикам не отличается от предыдущего (см. Пример 7, табл. 4), но не имеет встроенного устройства звукового оповещения.



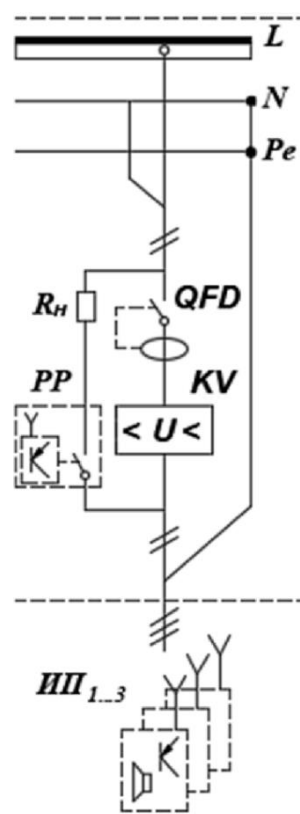
а)



б)



в)



г)

Рис. 20. Радиоканальный пожарный сторож однофазной сети: а) размещение радиоканального извещателя **JA-150ST** внутри телекоммуникационного шкафа (19" 33U, ВхШхГ-1625х600х600 мм), б) размещение радиореле **AC-160-DIN** в электрощите вместе с УДТ(АВДТ) **Legrand C20 30 mA**, автоматическими выключателями и реле напряжения **УЗМ-50Ц**, в) функциональная схема, г) однолинейная схема. Обозначения см. рис. 1, 12, 19.

Поскольку световое и звуковое оповещение требуется даже в помещениях с временным пребыванием людей⁵⁶, с этими извещателями необходимо использовать отдельные пожарные оповещатели, а их включение следует обеспечить либо напрямую по сигналу извещателя, либо через приёмно-контрольный прибор пожарной сигнализации.

Понятно, что электрощит с радиореле и радиоканальные извещатели будут размещаться удалённо (в одном или разных помещениях), а сработка любого из связанных извещателей в случае опасности обеспечит отключение УДТ и прекращение электропитания приборов телекоммуникационного шкафа.

Схемы подключения пожарного сторожа в однофазных и трёхфазных сетях принципиально не отличаются, однако в данном примере специально продемонстрирована возможность включения дополнительных устройств между УДТ и радиореле. В частности, такими устройствами могут быть расцепители, контакторы или прямоточные реле напряжения, например, модель **УЗМ-50Ц**, показанная на фотографии (рис. 20, б).

На схемах (рис. 20, в, г) видно, что в рабочем положении (при замкнутых контактах этого реле напряжения) цепь нагрузки **R_н** не нарушается и УДТ будет отключаться при замыкании контактов радиореле **РР**.

Вместо радиореле в предлагаемой схеме может стоять любой проводной датчик, таким способом для пожарного сторожа наравне с другими потребителями обеспечивается защита от перенапряжения сетевого питания.

Пример 9. Радиоканальный пожарный сторож с контролем дыма, содержания угарного газа и температуры

На практике простые электрощиты с радиореле из предыдущего Примера 8 (рис. 20, б) рекомендуется устанавливать в строительных бытовках и подобных помещениях. Источник зажигания здесь часто образуется из-за контакта горючих материалов и электронагревательных или осветительных приборов (батарей, плит, ламп). Все эти риски возникновения пожара хорошо известны.

⁵⁶ - Статья 84, п.1, 1) Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 29.07.2017)



а)

б)



в)

Рис. 21. Извещатели пожарного сторожа строительной бытовки и модельный очаг пожара во время натурных испытаний: а) – извещатель газовый *Ei208DW* + *JA-150G-CO*, б) извещатель комбинированный *JA-151ST*, в) тление ткани на электроплите.

Нагрев вызывает тление тканей (одежды, штор, обивки) или облицовки конструкций. В этих условиях выделяется большое количество угарного газа (СО), поэтому имеет смысл контролировать состав воздуха. На рис. 21 показан соответствующий комплект извещателей пожарного сторожа в момент сработки от модельного очага пожара (электроплиты и тлеющей ткани).

Характеристики извещателей приведены в табл. 4. Газовый извещатель, как и комбинированный, передаёт радиосигнал, который сопровождается индикацией и звуковым оповещением людей. Одно радиореле способно срабатывать от газового и (или) от комбинированного извещателя, а пожарный сторож может содержать как минимум одно УДТ и несколько радиореле. Количество зависит от структуры объекта и расчётного сценария, а схемы не отличаются от приведённых в Примерах 7, 8 (рис. 19, 20).

Натурные испытания, во время которых был сделан снимок (рис. 21), доказывают, что отключение электроприборов по сигналу извещателей на начальной стадии предотвращает развитие пожара, обеспечивает самостоятельное затухание и тление не переходит в пламенное горение.

Надо сказать, что оптический сенсор обычно срабатывает раньше, чем газовый (последнее замечание касается выбранной модели). Однако добавление газового извещателя повышает надёжность и функциональность, например, при использовании неэлектрических отопительных приборов, когда повышение концентрации угарного газа может быть следствием недостаточной вентиляции или режима горения топлива.

Пример 10. Автономный радиоканальный пожарный сторож с оповещателем, контролем дыма и температуры

Особый интерес представляют радиореле, которые для удалённого (дистанционного) управления УДТ можно подключать через розетки (см. рис. 22, 23). Применение этих устройств полностью исключает какое-либо вмешательство в действующие электросети и максимально упрощает использование пожарного сторожа для потребителя.

Первый набор устройств состоит из пожарного извещателя и приемника в виде вилки-приёмника (рис. 22, а). Этот прибор устанавливается в розетку, запитанную через штатное УДТ. В корпусе вилки имеется радиореле **РР** и нагрузка, которая подключается между проводниками **L** и **Pe** по обычной схеме (см. рис. 22 б, в). Электропитание радиореле выполнено через предохранители. Кроме того, выбрана нагрузка в виде **R_HC_H** цепи, что обеспечивает безопасность

при размещении комплектующих в пластмассовом корпусе. Характеристики радиореле приведены в табл. 4, а характеристики нагрузки будут рассмотрены отдельно (см. п. 2.3).

Реакция на опасность не отличается от действий в других рассмотренных вариантах. При обнаружении факторов пожара (дыма или повышения температуры) пожарный извещатель посылает сигналы тревоги и радиосигнал, а вилка - приёмник обеспечивает подключение к сети нагрузки, соответствующей режиму отключения УДТ. В результате электросеть при пожаре обесточивается.

Настройку связи выполняют в соответствии с инструкцией по эксплуатации радиореле при питании вилки-приёмника через розетку без заземления или в сети без УДТ.

После настройки тестирование пожарного сторожа производится так, как указано в примере 7, т. е. с помощью кнопки «Тест» УДТ, кнопки «Learn» радиореле, нажатием на корпус извещателя, а также по температуре срабатывания с использованием фена и по реакции на дым имитирующего источника.

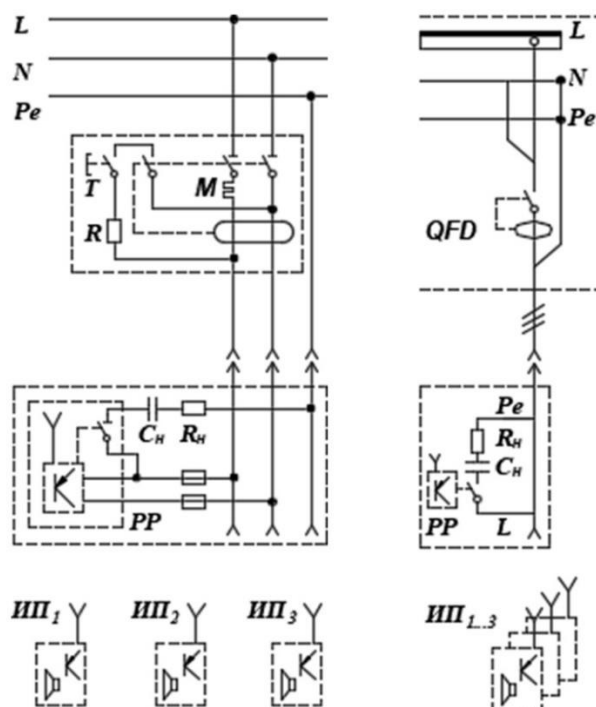
Вилка-приёмник имеет проходную конструкцию с собственной розеткой, поэтому имеющиеся точки подключения можно свободно использовать для питания других электроприборов (см. рис. 22, г). Важное отличие от изделий упомянутой компании «Innohome Oy» (п.1.6.2) заключается в том, что обеспечивается защита не только нагрузки, подключенной через определённую вилку-приёмник, но и всех других нагрузок сети, т. к. при срабатывании извещателя отключается общее УДТ.

Если комплекты извещателей с вилками-розетками применяются для помещений кухни, то извещатели необходимо устанавливать вне источников пара. На фотографии (рис. 22, г) видно, что извещатель находится справа от плиты и достаточно высоко на стенке шкафа, а чайник - с другой стороны и подключён через вилку-приёмник. Такое расположение исключает ложные срабатывания. Впрочем, правила установки извещателей имеются в инструкциях по эксплуатации и известны для любых объектов.

Пожарный сторож с вилкой-приёмником может содержать несколько извещателей, а каждый извещатель способен связываться с несколькими приёмниками. Структура связей устанавливается при программировании. Независимость действия каждого компонента обеспечивает надёжность. При отказе любой части, остальные будут полностью работоспособны.



а)



б)

в)



г)

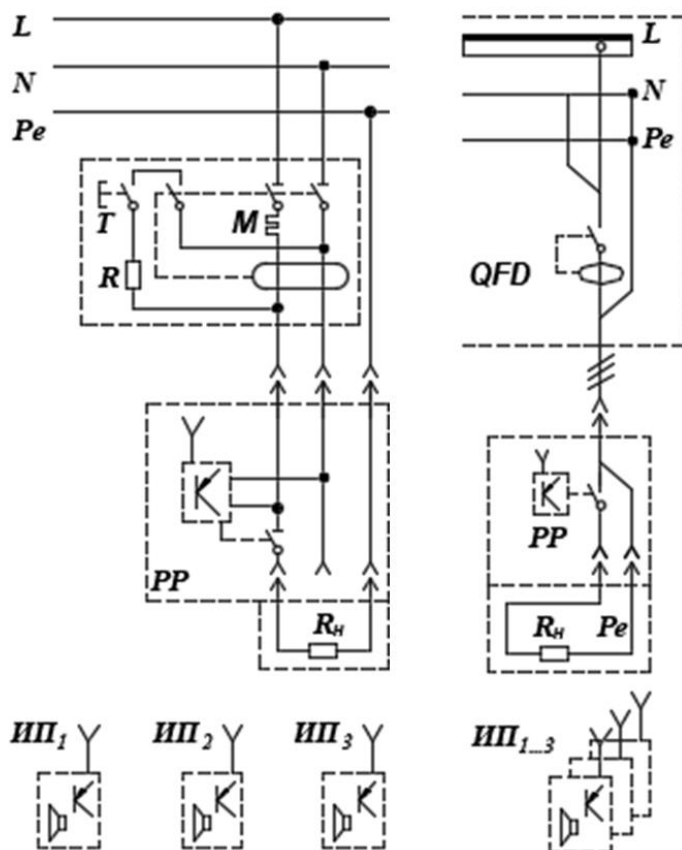
Рис. 22. Радиоканальный пожарный сторож с вилкой-приёмником (вариант 1): а) вилка-приёмник с радиореле *AC-160-C* и извещатель *JA-151ST*, б) функциональная схема, в) однолинейная схема, г) размещение компонентов в помещении кухни. Обозначения см. рис. 19.

Так в зависимости от конфигурации объекта можно выбрать структуру аварийной или пожарной сигнализации с распределёнными ресурсами и даже с несколькими эшелонами защиты без ограничений области применения.

Второй набор пожарного сторожа (см. рис. 23) с вилкой-приёмником построен на серийных устройствах умного дома Rubetek (характеристики приведены в таб. 5).



а)



б)

в)

Рис. 23. Радиоканальный пожарный сторож с вилкой-приёмником (вариант 2): а) вилка-приёмник **RE-3301** с вилкой-нагрузкой **R_н** и извещатель **KR-SD02**, б) функциональная схема, в) однолинейная схема. Обозначения см. рис. 19.

Эта упрощённая версия имеет ограничения почти по всем показателям в сравнении с предыдущим вариантом, однако, позволяет контролировать ситуацию через смартфон. Если обеспечена внешняя IP связь, о сработке извещателя или разряде его батареи можно узнать дистанционно. Также с помощью смартфона легко произвести и отключение. Вилка-приёмник здесь применена без изменения конструкции, и она лишь замыкает контакт, через который подаётся напряжение фазы (см. рис. 23, б, в).

Таблица 5

Радиоканальное оборудование компании Rubetek *

Наименования и характеристики	Радиоканальный извещатель (датчик дыма)	Вилка-приёмник (умная Wi-Fi розетка)
	<i>KR-SD02</i>	<i>RE-3301</i>
Класс	Адресный, дымовой оптико-электронный	Адресный прибор управления
Контролируемый параметр и чувствительность	Дым с удельной оптической плотностью 0,5...4 % на 30 см	Радиосигнал об обнаружении опасности
Контролируемое помещение, м ²	< 20	Ограничено расстоянием связи
Выход	Радиосигнал, <i>push</i> - и <i>sms</i> -уведомления на смартфон, сигнал о низком заряде батареи на смартфон, звуковое оповещение 85 дБ	Программируемый замыкающий / размыкающий контакт одного проводника (фазного или нейтрального)
Режим выхода	Длительный	Программируемый
Индикация	Светодиод	Светодиодная подсветка
Частота связи, МГц	433	
Число связанных устройств	Не ограничено	-
Расстояние связи, м	< 30	
Электропитание, срок замены батарей	Батарея 6F22 9В, 1 год	230 В
Диапазон рабочих температур, °C	-10...+50	0...40
Диапазон влажности, %	< 80	-
Срок службы, лет	3	

* - ООО "РУБЕТЕК РУС", <https://rubetek.com/>, изготовители: Shenzhen Kerui Smart Technology Co., Ltd (Китай); SHENZHEN ZHIQU Technology Limited (Китай)

Программирование устройств осуществляется в сети *Wi-Fi* и замыкание контакта розетки по сигналу извещателя задаётся в настройках. Чтобы при этом между проводниками *L* и *Pe* возникал ток утечки использована вилка-нагрузка *R_H*.

Сработка дымового извещателя сопровождается звуковым оповещением, светодиодной индикацией и передачей радиосигнала для непосредственного включения вилки-приёмника. В результате к сети подключается нагрузка *R_H*, имитирующая повреждение изоляции, и УДТ отключается.

Для эксплуатационного контроля рассматриваемого пожарного сторожа используются кнопка «Тест» УДТ, кнопка «Включения» на корпусе вилки-приёмника и кнопка «Тест» извещателя. Они при нажатии подключают нагрузки (*R* или *R_H*), и УДТ отключается. С учётом этого комплект пожарного сторожа имеет двойное назначение, поскольку сам может применяться в качестве пробника (тестера) работоспособности УДТ.

Проверка извещателя по реакции на дым производится с имитирующим источником.

При необходимости вилка-приёмник может быть подключена через тройник, что позволит подключать в используемую розетку другие электроприборы.

Рекомендации по применению охватывают все помещения жилых многоквартирных и многоквартирных домов, а также строительные бытовки.

Пожарный сторож данной комплектации, как и предыдущий, может содержать несколько извещателей, а каждый извещатель способен связываться с несколькими вилками-приёмниками и отключать несколько УДТ. Структура связей устанавливается при программировании.

Пример 11. Пожарный сторож в составе установки пожарной сигнализации с размещением приборов управления в электрощите

Предыдущие примеры показывали защиту электросетей с помощью отдельных независимых (автономных) устройств. Наравне с ними возможно применение пожарного сторожа в составе охранно-пожарной сигнализации умного дома, офиса, склада или производственного здания.

Соответствующий макет (см. рис. 24) содержит электрощит (1), шлейф (2) для параллельного соединения компонентов сигнализации по четырёхпроводной схеме, контрольную панель (3), адресные комбинированные извещатели (4), модуль доступа (5), электроплиту (6), розетки (7) для сетевого питания и электропроводку (8). Более детально конструкции

электрощита и контрольной панели показаны на фотографии (рис. 25), а соединение компонентов – на схеме (рис. 26).

Представленный набор оборудования предназначен для демонстрации взаимодействия пожарной автоматики и защитных устройств электроустановки при возникновении источника зажигания из-за контакта горючих материалов и электронагревательного прибора.

Аналогичный пожарный сторож может контролировать появление дыма и повышение температуры на реальном объекте, например, в обычных помещениях или вблизи потенциально опасных плит, стиральных машин, обогревателей и т. д.

При программировании за каждым извещателем (4, рис. 24) закреплена определённая зона контроля, в которой необходимо отключать электропитание при обнаружении опасности.

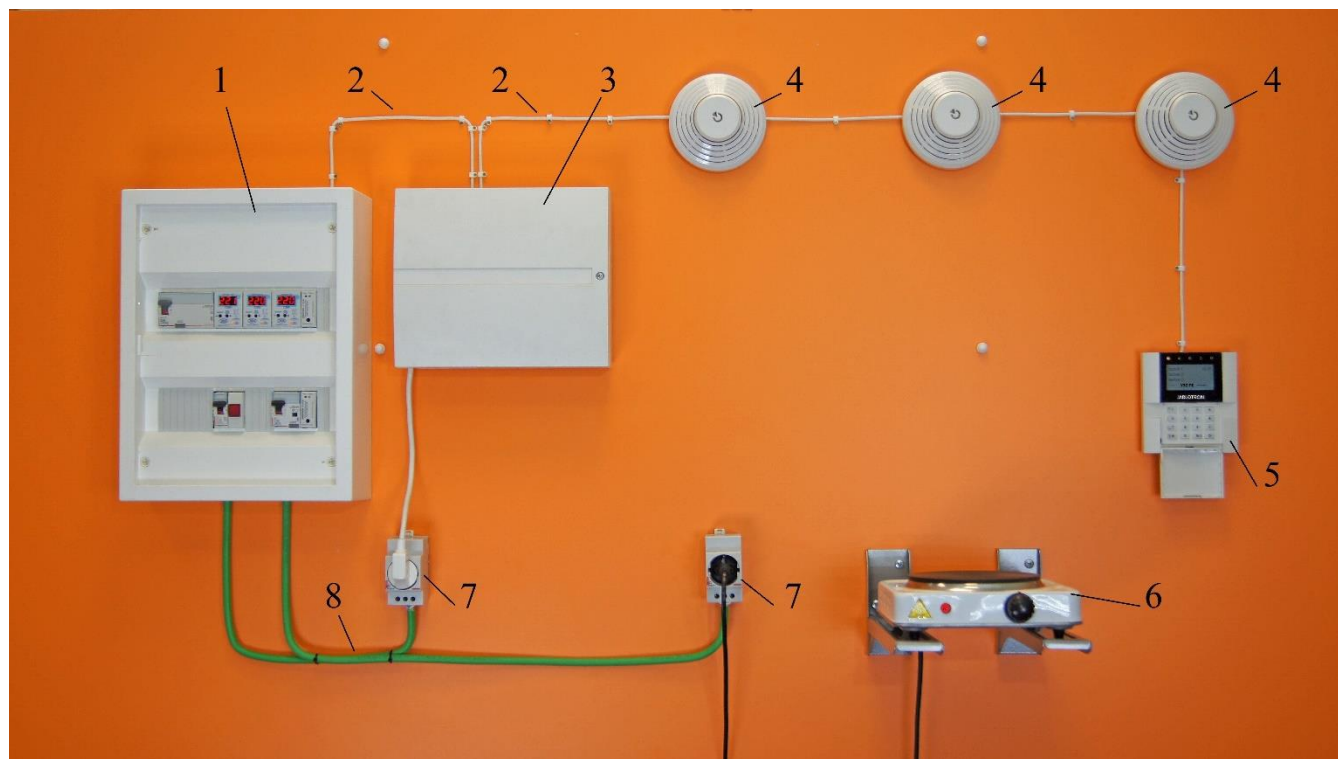


Рис. 24. Макет электросети с пожарным сторожем в составе установки пожарной сигнализации: 1 – электрощит, 2 – шлейф, 3 – контрольная панель **JA-100K** в корпусе, 4 – извещатели **JA-111ST-A**, 5 – модуль доступа **JA-110E**, 6 – электроплита, 7 – розетки, 8 – электропроводка.

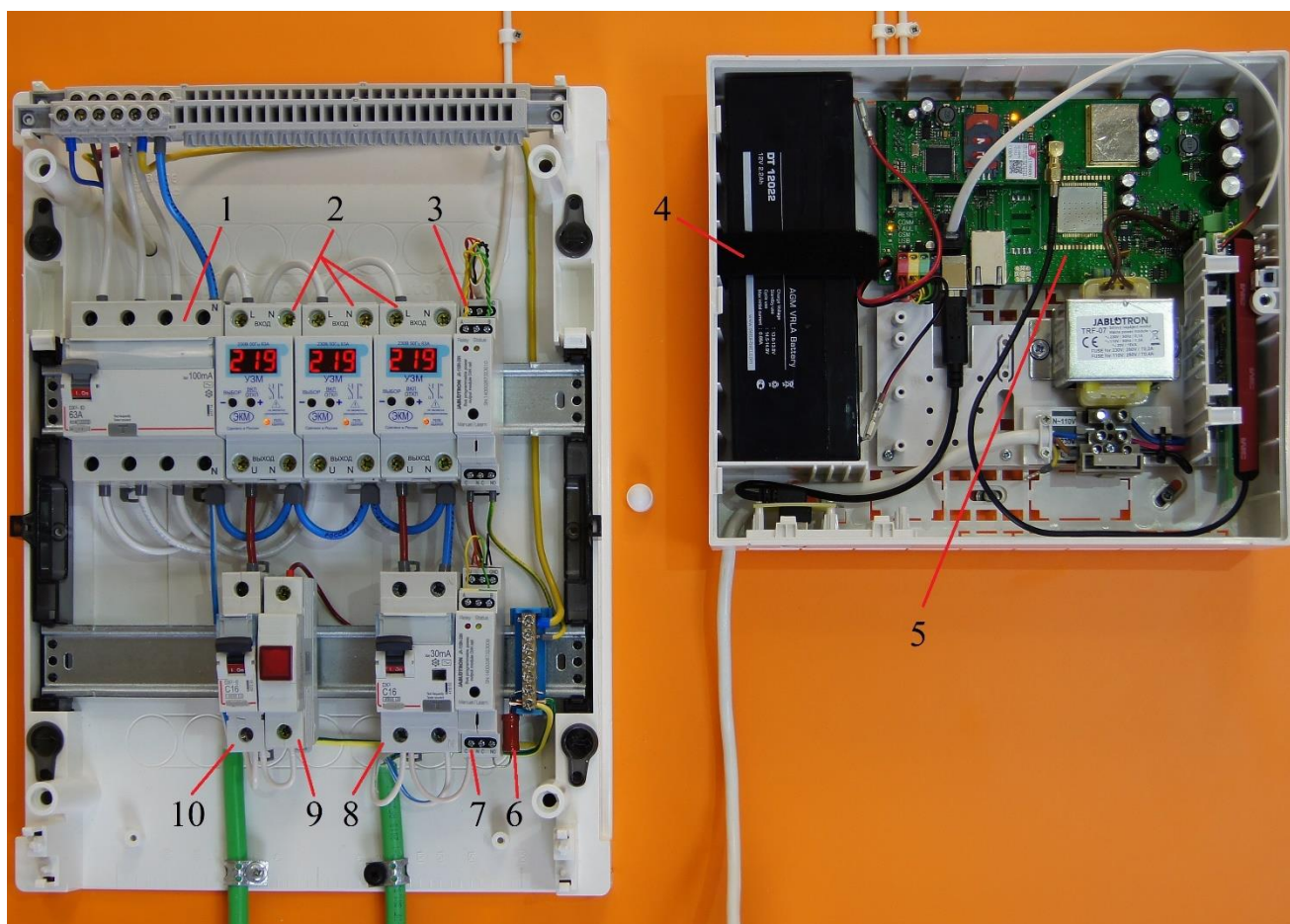


Рис. 25. Устройства защиты, приёмно-контрольный прибор и приборы управления (к макету на рис. 24): 1 – УДТ (УЗО) **Legrand DX³-ID 63A 100 mA**, 2 – реле напряжения **УЗМ-50Ц**, 3 – реле **JA-110N-DIN**, 4 – аккумулятор, 5 – контрольная панель **JA-100K**, 6 – нагрузка R_{H2} , 7 – реле **JA-110N-DIN**, 8 – УДТ (АВДТ) **Legrand DX³ C16 30 mA**, 9 – нагрузка $C_H R_{H1}$, совмещённая со световым индикатором, 10 – автоматический выключатель **Legrand DX³-E C16**.

Выбранные извещатели не только передают сигнал об опасном изменении состояния среды, но также сами осуществляют звуковое и световое оповещение. Значимые характеристики тестируемого оборудования приведены в табл. 6.

Сетевое электропитание распределено по фазам электросети (см. рис. 25), защищенной трёхфазным УЗО (1), реле напряжения (2), автоматическим выключателем (10) и УДТ (8). В качестве резервного источника питания контрольной панели (5) используется аккумулятор (4),

который подзаряжается в режиме питания от сети, что соответствует требованиям нормативного документа⁵⁷.

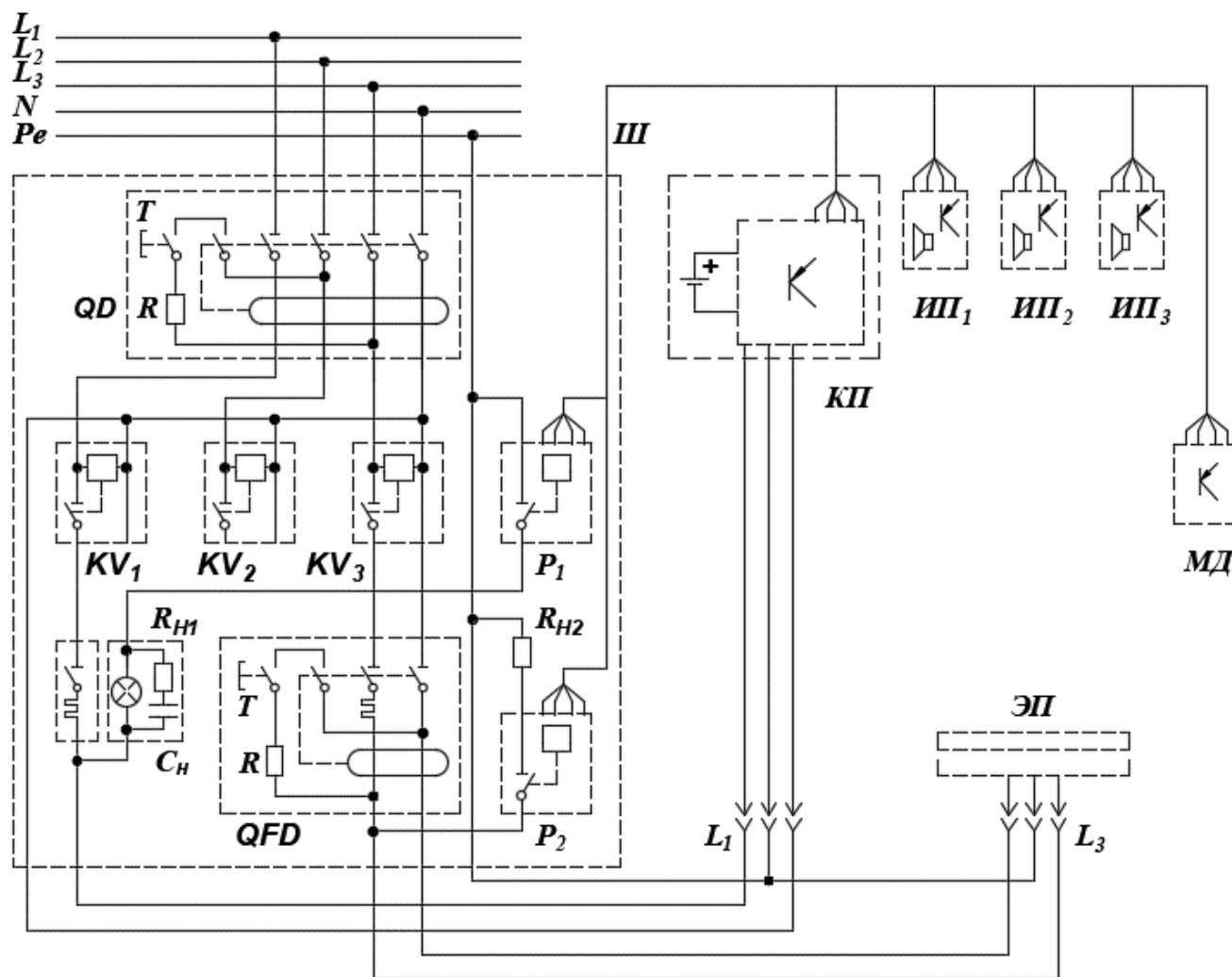


Рис. 26. Схема трёхфазной сети электропитания с пожарным сторожем в составе установки пожарной сигнализации (к макету на рис. 24, 25): **QD** - УДТ (УЗО) **Legrand DX³-ID 63A 100 mA**, **QFD** - УДТ (АВДТ) **Legrand DX³ C16 30 mA**, **KV₁...KV₃** – реле напряжения **УЗМ-50Ц**, **P1, P2** – реле **JA-110N-DIN**, **KП** – ППКОП **JA-100K**, **ИП₁...ИП₃** – извещатели **JA-111ST-A**, **МД** – модуль доступа **JA-110E**, **ЭП** – электроплита, **Ш** – шлейф четырёхпроводной линии связи, **R_нС_н** – активно-ёмкостная нагрузка с индикатором, **R_{н2}** – активная нагрузка; проводники: **L₁...L₃** – фазные, **N** – нейтральный, **Pe** – защитный; **T, R** – кнопка тест и резистор эксплуатационного контроля УДТ.

⁵⁷ - п. 15.3, 15.10 СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования с Изменением № 1, утв. Приказом МЧС России от 01.06.2011 г. № 274

Таблица 6

Оборудование пожарной сигнализации компании Jablotron*

Наименования и характеристики	Комбинированный извещатель	Реле		Контрольная панель	Модуль доступа
	JA-111ST-A	JA-110N-DIN	JA-110N	JA-100K	JA-110E
Класс	Адресный, тепловой и дымовой оптико-электронный	Адресный прибор управления (модуль выхода)		Прибор приёмно-контрольный охранно-пожарный	Прибор управления (модуль входа)
Контролируемый параметр и чувствительность	Дым с удельной оптической плотностью 0,11... 0,13 дБ/м Температура, срабатывания +60...+65°C	Цифровой адресный сигнал			
Контролируемое помещение, м²	< 30	1 зона		до 4 зон квартира, офис, склад	
Выход	цифровой, световое и звуковое оповещение 85 дБ на 3 м	переключающие контакты 250 В, 16 (8) А		до 4 реле	на 1 ППКОП
Режим выхода	длительный	программируется, постоянный или импульс			цифровой
Индикация	светодиодная				цифровая
Схема связи	Параллельное подключение к четырёхпроводному шлейфу				
Число связанных устройств	1 ППКОП			до 32	1 ППКОП
Расстояние связи	до 500 м				
Электропитание, срок замены батарей	От контрольной панели и батареи 3 х AA 1,5 В 3 года	От контрольной панели 9...15 В		195...250 В и аккумулятор 12 В, 2,6 А*ч	От контрольной панели 9...15 В
Диапазон рабочих температур, °C	-10...+70	-10...+40			
Диапазон влажности, %	-			< 75%	
Срок службы, лет	10				

* - Jablotron Alarms a.s. (Чехия), <https://www.jablotron.com/ru/>

Электропитание всех остальных слаботочных компонентов осуществляется от контрольной панели, а извещатели ещё имеют собственные встроенные батареи.

На схеме (см. рис. 26) видно, что контрольная панель (*КП*) и электроплита (*ЭП*) подключены через розетки к разным фазам (*L₁* и *L₃*). В цепи электропитания контрольной панели

имеется одно УДТ (трёхфазное групповое УЗО), а в цепи питания электроплиты – последовательно тоже самое УЗО и однофазный автоматический выключатель дифференциального тока (АВДТ). Групповое УЗО и АВДТ не имеют задержки по времени (селективности), но различаются по току срабатывания (**100** и **30 мА** соответственно).

Контрольная панель запрограммирована так, чтобы при срабатывании извещателя **ИП₂** замыкались контакты реле **P₂**, а при срабатывании извещателей **ИП₁** и **ИП₃** – контакты реле **P₁**. Режим выхода выбран импульсный, и длительность замыкания контактов реле составляет всего 1 сек.

Параллельно групповому УЗО через контакты реле **P₁** может подключаться нагрузка из конденсатора **C_H** и резистора **R_{H1}**. Особенность такой нагрузки здесь заключается в дополнении её световым индикатором. Нагрузка **C_H R_{H1}** выбрана так, чтобы с фазы на землю через неё шёл ток более **100 мА** при минимально допустимом напряжении в сети.

Ток утечки (**≈ 100 мА**) через нагрузку **C_H R_{H1}** обеспечивает срабатывание группового УЗО, в результате трёхфазное питание отключается полностью.

Параллельно АВДТ через контакты реле **P₂** может подключаться нагрузка **R_{H2}**, которая выбрана по току утечки **30 мА**.

Ток утечки (**≈ 30 мА**) через нагрузку **R_{H2}** обеспечивает срабатывание АВДТ, в результате отключается электропечь. Этот ток существенно меньше номинального значения **100 мА** и групповое УЗО остаётся включенным.

Впрочем, селективность по току в данном примере реализована только для демонстрации одной из схем подключения. Если нагрузку **R_{H2}** подключить не к шине заземления, а к **N** проводнику на входе АВДТ, то последовательно включенные УДТ будут полностью независимы.

Также для демонстрации возможных модификаций нагрузка **C_H R_{H1}** подключается не прямо к УДТ, а через автоматический выключатель и реле напряжения.

Работает пожарный сторож следующим образом. Повышение температуры или задымление извещателя **ИП₂** приводит к его срабатыванию, световому и звуковому оповещению, передаче сигнала на контрольную панель и замыканию контактов реле **P₂**. Соответственно отключается только электроплита.

Повышение температуры или задымление извещателей **ИП₁** или **ИП₃** также приводит к их срабатыванию, световому и звуковому оповещению, передаче сигнала на контрольную панель. Далее замыкаются контакты реле **P₁** и возникает ток утечки через нагрузку **C_H R_{H1}**. В результате отключается групповое УДТ и общее электропитание. Контрольная панель и все слаботочные компоненты переходят на питание от аккумулятора.

На макете можно демонстрировать отключение отдельных электроприборов при сработке извещателей в опасных зонах. Например, при тлении ткани на электроплите. Задымление иных помещений свидетельствует о более серьёзной опасности и тут лучше организовывать полное отключение. Соответствующая ситуация имитируется нагреванием воздуха феном около извещателей *ИП₁* или *ИП₃*.

Световой индикатор, соединённый с нагрузкой *C_H R_{Н1}*, кратковременно включается при штатном отключении УЗО, но в случае отказа он будет гореть постоянно и станет световым оповещением о неисправности (см. рис. 27).

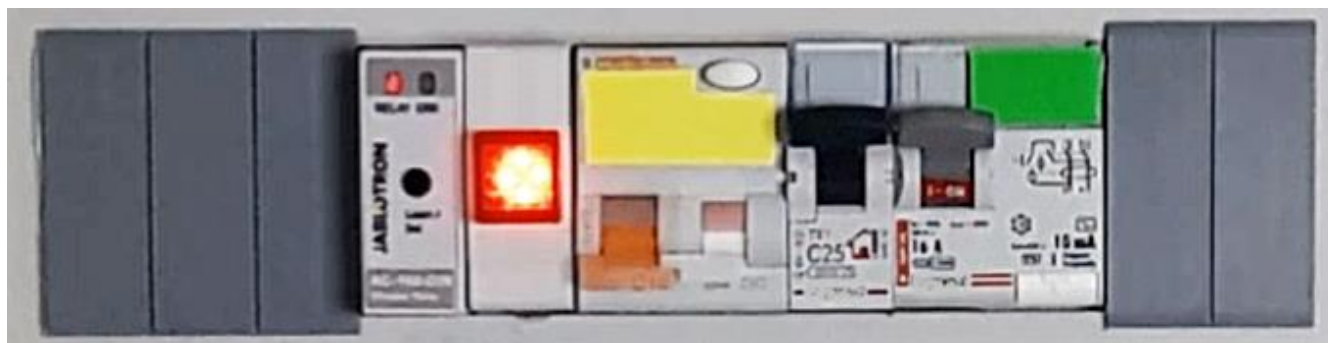


Рис. 27. Оповещение о неисправности - включён красный индикатор нагрузки *C_H R_{Н1}*. Изображение сборки выбрано только для примера и не является частью фотографии (рис. 25).

Эксплуатационный контроль УДТ и связи контрольной панели с реле удобно проводить из программы настройки сигнализации или через модуль доступа. Полный контроль, как в предыдущих примерах, рекомендуется выполнять с имитаторами теплового и дымового воздействия.

Испытания представленной модификации пожарного сторожа были проведены с несколькими модельными очагами. Для нагрева воздуха кроме фена использовались тепловые пушки. Также проверено воздействие водяного пара и газообразных продуктов пиролиза ткани, древесины, бумаги, подтёков масла, изоляции кабеля разных марок.

Своевременное отключение электропитания (до начала пламенного горения) и последующее самостоятельное затухание подтверждено для локализации отдельного источника (электроприбора). Также получена адекватная реакция в виде оповещения и отключения всей сети при общем воздействии нескольких опасных факторов пожара.

Уязвимость централизованной пожарной сигнализации была проверена путём отключения от шлейфа отдельных извещателей и реле. Понятно, что критическим является отказ

контрольной панели, но даже в этом случае извещатели переходили в автономный режим работы, как минимум, обеспечивая световое и звуковое оповещение.

В сравнении с ограниченным комплектом представленного набора реальная сигнализация может содержать другие устройства для расширения функций управления объектом, передачи информации и приёма внешних команд. Вместе с тем замену проводных извещателей на радиоканальные рекомендуется выполнять путём непосредственной связи с радиореле, как было показано в Примерах 7-10. Взаимодействие извещателей через панель управления можно сохранить, но для других устройств. Такая параллельная связь (извещателей с радиореле и с контрольной панелью) значительно повысит надёжность пожарного сторожа. Контрольная панель, независимо связанная с радиореле, позволит удалённо отключать УДТ отправкой команд со смартфона и аналогично осуществлять эксплуатационный контроль.

Пример 12. Пожарный сторож в составе установки пожарной сигнализации с удалённым размещением приборов управления

Пожарный сторож в составе сигнализации может быть выполнен с раздельным размещением силовых и слаботочных устройств (см. рис. 28, 29).

Это упрощает монтаж оборудования, поскольку передача сигналов управления осуществляется через электрическую розетку питания контрольной панели, следовательно, никаких изменений и дополнений в действующую электросеть вносить не требуется. Кроме того, контрольную панель будет удобно монтировать удалённо от электрощита.

Вид макета (рис. 28) отличается от предыдущего (рис. 24). В новом отсутствует слаботочный шлейф между электрощитом (1) и корпусом контрольной панели (3), кроме того, электропитание сигнализации и электроплиты (6) не разнесено по фазам.

На снимке устройств (рис. 29) видно, что нагрузки (4, 5) и реле (7, 8) теперь находятся в корпусе контрольной панели. Для такого переноса выбрана альтернативная модель приборов управления, т. е. реле **JA-110N** вместо **JA-110N-DIN**, которые монтировались на *din*-рейку. Ещё одно отличие заключается в программировании связи реле и контрольной панели. Для корпусной модели идентификация прописывается при программировании, а для **JA-110N** физически устанавливается переключателями. Во всём остальном характеристики этих приборов совпадают (см. табл. 6).



Рис. 28. Макет электросети с пожарным сторожем в составе установки пожарной сигнализации при разделении силовых и слаботочных устройств: 1 – электрощит, 2 – шлейф, 3 – контрольная панель JA-100K в корпусе, 4 – извещатели JA-111ST-A, 5 – модуль доступа JA-110E, 6 – электроплита, 7 – розетки, 8 – электропроводка.

Разделение силовой и слаботочной части существенно упрощает и функциональную схему (рис. 30). Перенос нагрузок оставляет единственный вариант их подключения через проводник Pe . При минимально допустимом напряжении в сети ток через нагрузку R_{H1} по-прежнему должен быть не менее номинального значения отключающего дифференциального тока группового (трёхфазного) УДТ, а ток через нагрузку R_{H2} – не менее номинального для УДТ однофазной линии электропитания розеток.

Селективность по току срабатывания становится единственным вариантом управления для двух последовательно соединённых УДТ. Одновременно можно допустить только обратную нормальной селективности по времени, т. е. время отключения группового УДТ должно быть меньше времени отключения УДТ присоединённой линии.

Критика рассматриваемой схемы в этом плане будет справедлива, поскольку стандартные значения времени отключения при одинаковом токе утечки, наоборот, больше для группового УДТ.

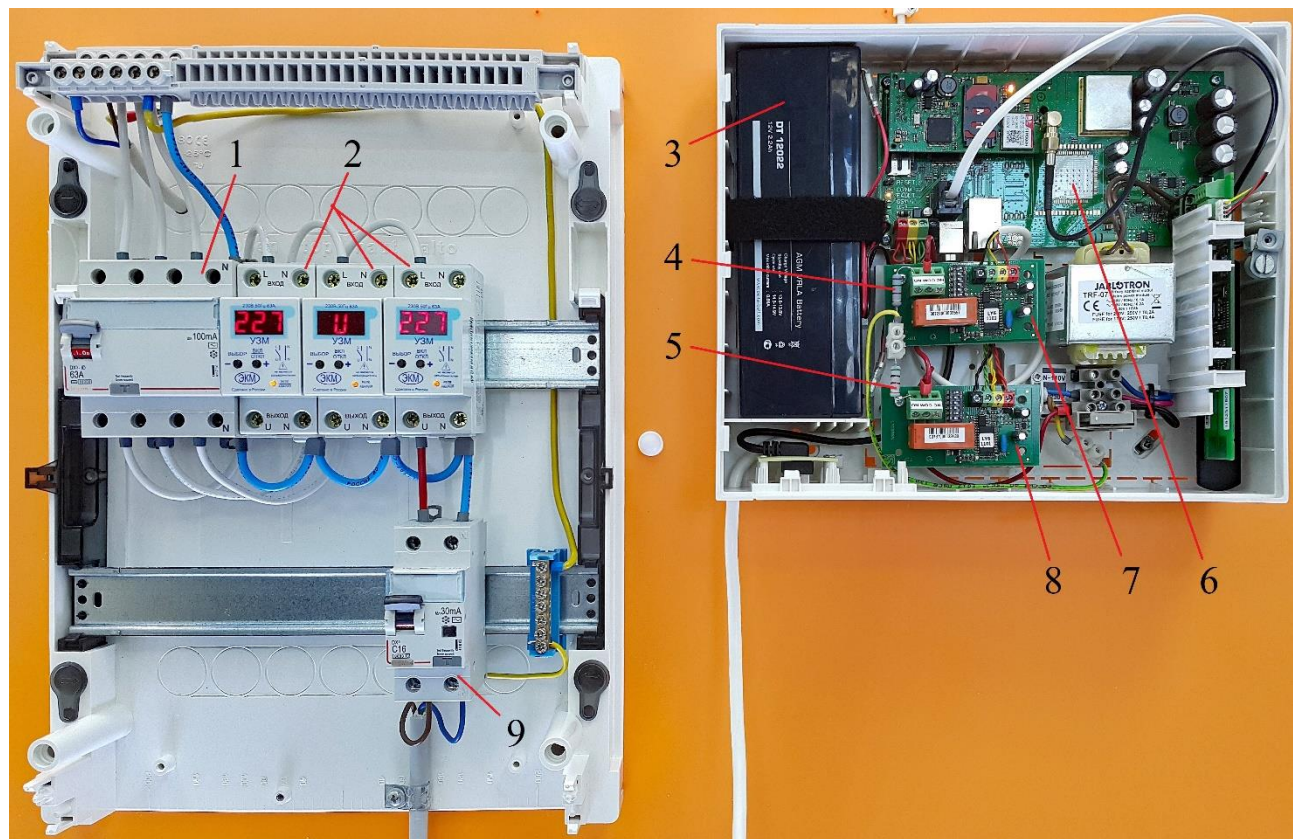


Рис. 29. Устройства защиты, приёмно-контрольный прибор и приборы управления (к макету на рис. 28): 1 – УДТ (УЗО) **Legrand DX³-ID 63A 100 mA**, 2 – реле напряжения **УЗМ-50Ц**, 3 – аккумулятор, 4 – нагрузка R_{H1} , 5 – нагрузка R_{H2} , 6 – контрольная панель **JA-100K**, 7, 8 – реле **JA-110N**, 9 – УДТ (АВДТ) **Legrand DX³ C16 30 mA**.

Программирование контрольной панели реализует алгоритм из предыдущего примера, т. е. при срабатывании извещателя **ИП₂** будут замыкаться контакты реле **P₂**, а при срабатывании извещателей **ИП₁** и **ИП₃** – контакты реле **P₁**. Режим выхода выбран импульсный, и длительность замыкания контактов реле составляет всего 1 сек.

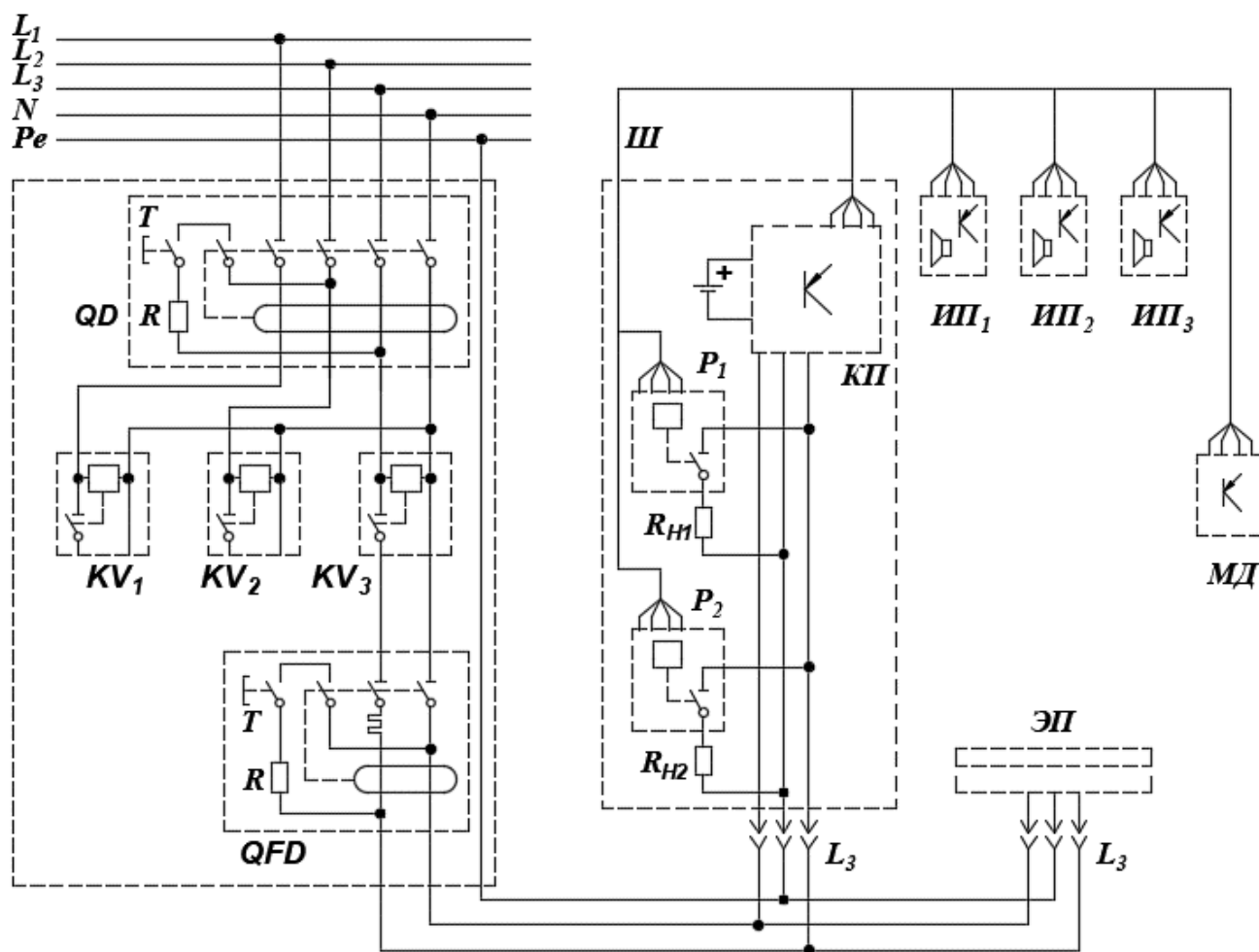


Рис. 30. Схема трёхфазной сети электропитания с пожарным сторожем в составе установки пожарной сигнализации при разделении силовых и слаботочных устройств (к макету на рис. 28, 29): **QD** - УДТ (УЗО) *Legrand DX³-ID 63A 100 mA*, **QFD** - УДТ (АВДТ) *Legrand DX³ C16 30 mA*, **KV₁...KV₃** – реле напряжения *УЗМ-50Ц*, **P₁, P₂** – реле *JA-110N-DIN*, **КП** – ППКОП *JA-100K*, **ИП₁...ИП₃** – извещатели *JA-111ST-A*, **МД** – модуль доступа *JA-110E*, **ЭП** – электроплита, **Ш** – шлейф четырёхпроводной линии связи, **R_{H1}** и **R_{H2}** – резисторы (активные нагрузки); проводники: **L₁...L₃** – фазные, **N** – нейтральный, **Pe** – защитный; **T, R** – кнопка тест и резистор эксплуатационного контроля УДТ.

Пожарный сторож с отдельным размещением силовых и слаботочных устройств работает следующим образом. Повышение температуры или задымление извещателя **ИП₂** приводит к его срабатыванию, световому и звуковому оповещению, передаче сигнала на контрольную панель и замыканию контактов реле **P₂**. Благодаря селективности по току утечки присоединение нагрузки

R_{H2} вызывает отключение только УДТ (QFD) в линии электропитания розеток. При небольшом токе утечки (≈ 30 мА) групповое УДТ (QD) остаётся включенным.

Повышение температуры или задымление извещателей $ИП_1$ или $ИП_3$ также приводит к их срабатыванию, световому и звуковому оповещению, передаче сигнала на контрольную панель.

Далее замыкаются контакты реле P_1 и возникает ток утечки через нагрузку R_{H1} . В результате действия большого тока утечки (≈ 100 мА) отключается групповое УДТ (QD) и общее электропитание.

Как в предыдущем примере, при отсутствии сетевого питания контрольная панель и все слаботочные компоненты переходят на электропитание от аккумулятора, а извещатели с оповещателями одновременно могут питаться от встроенных батарей.

Если условия селективности по времени срабатывания и току утечки не выполнены, присоединение нагрузки R_{H1} будет приводить к отключению электропитания однофазной линии, а групповое УДТ может остаться включенным. Эту проблему раздельного размещения силовых и слаботочных устройств можно устранить путём подбора УДТ, что подтверждено на практике.

Альтернативным решением является прокладка дополнительной силовой электропроводки в корпус контрольной панели. Так, прокладка фазного проводника с выхода группового УДТ (QD) обеспечивает непосредственное подключение к нему нагрузки R_{H1} . Так же прокладка нейтрального проводника от входа линейного УДТ (QFD) обеспечивает подключение к нему нагрузки R_{H2} вместо подключения к Pe проводнику. Такое независимое управление позволяет добавить в схему ещё несколько реле и УДТ, но существенно усложняет монтаж сигнализации. Кроме того, для безопасности дополнительную электропроводку следует подключать через предохранители или другие устройства защиты, а это усложнит конструкцию электрощита.

Удалённое размещение приборов управления, таким образом, возможно, но рекомендуется с учетом названных особенностей. Многим потребителям рассмотренный вариант подойдёт для отключения только одного из УДТ, например, группового. В этом случае выигрыш в упрощении и надёжности становится очевидным.

По содержанию тем эксплуатационного контроля, тестирования и испытаний примеры 11 и 12 совпадают.

2.3 Выбор нагрузки для управления УДТ

2.3.1 Подключение внешней нагрузки должно обеспечивать надёжное управление устройствами дифференциального тока. Это достигается за счёт передачи достаточных слаботочных сигналов управления, исключения перегрузок сетей и компонентов, соблюдения требований электро- и пожарной безопасности.

Основные приёмы такого управления известны и изложены в стандартных методах испытаний на работоспособность при инициировании тока утечки через различные цепи⁵⁸. Для имитации реальных условий эксплуатации в составе таких цепей используют постоянные и переменные резисторы, конденсаторы, диоды, тиристоры, аккумуляторы.

Патенты [2, 3] также указывают на применение в цепях внешнего управления резисторов, конденсаторов и диодов. Схемы их подключения могут быть прямыми, мостовыми и полумостовыми.

В первом случае нагрузка подключается между проводниками L на выходе УДТ и Pe , либо N на входе УДТ (см. примеры 1-12). Мостовые и полумостовые схемы применяются для удобства подключения приборов управления и нагрузок через розетки (см. рис. 31, 32).

Например, перевероту вилки-приёмника может мешать крышка розетки (рис. 31, а), бывают и другие ограничения. Даже при их отсутствии будет удобнее не задумываться о правильном подключении.

Соответствующий эффект получается за счёт дублирования $R_H C_H$ нагрузки (рис. 31, б). По схеме видно, что при смене положений штекеров L и N меняется подключаемая ветвь полумоста, в результате УДТ одинаково отключает электропитание при любом положении вилки-приёмника.

Аналогично возможно применение других полумостовых схем, в частности с $R_H D_H$ нагрузкой, которая размещается внутри вилки-вставки (см. рис. 32). Правда, вместо двух диодов здесь предлагается использовать диодный мост, поскольку он более компактно размещается внутри корпуса. На схеме (рис. 32, в) так же видно, что переверот вилки-вставки приводит лишь к смене дублирующих частей нагрузки и не влияет на работу прибора управления.

Важно указать, что ток утечки через $R_H D_H$ нагрузку будет постоянным пульсирующим и такую нагрузку можно применять только для отключения УДТ типа А.

В обобщённом виде рекомендуемые схемы и их компоненты нагрузки представлены в табл. 7.

⁵⁸ - ГОСТ Р 51326.1-99 (МЭК 61008-1-96), ГОСТ Р 51327.1-2010 (МЭК 61009-1-2006), ГОСТ ИЭК 61008-1-2012, ГОСТ ИЭК 61009-1-2014

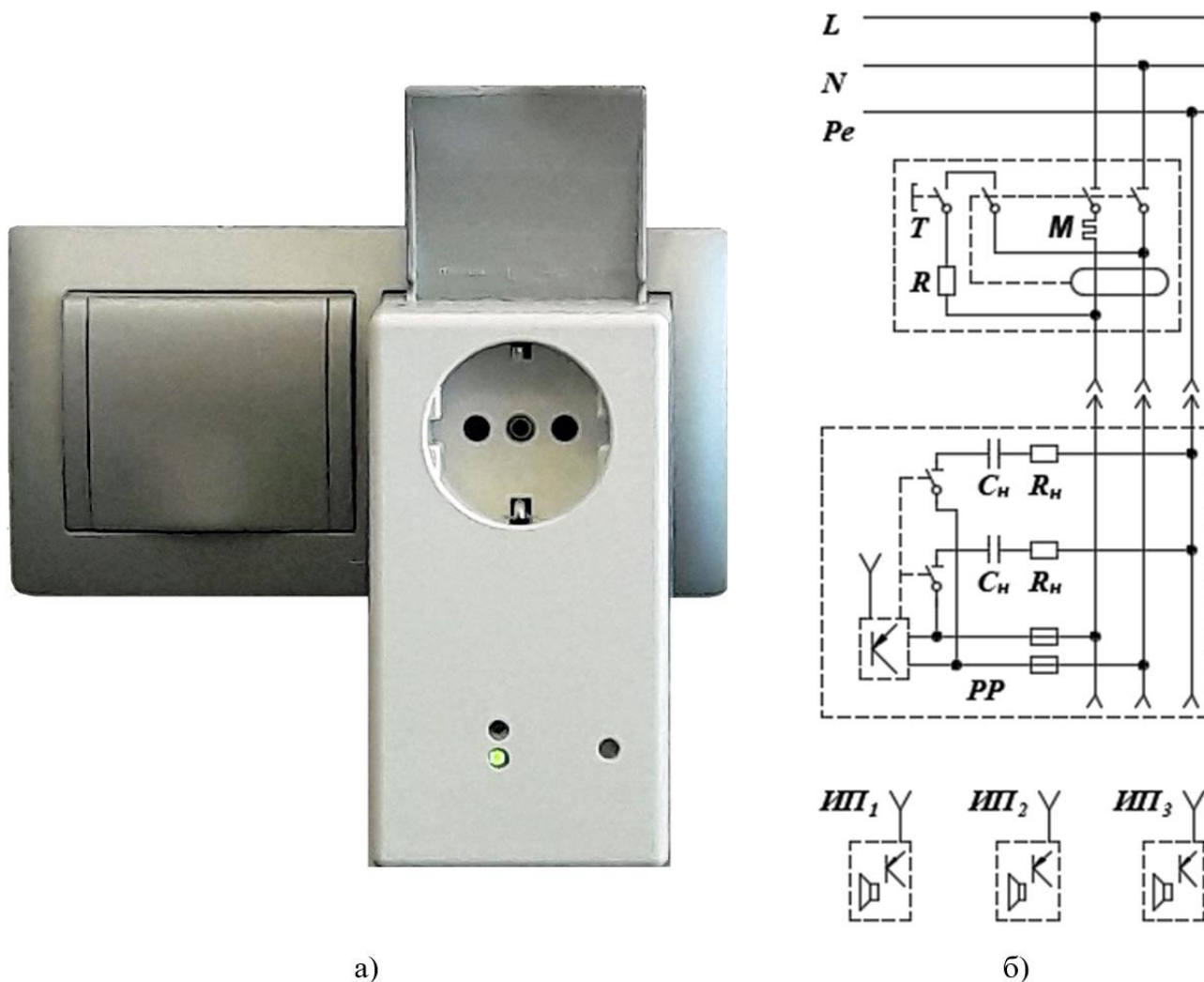


Рис. 31. Пожарный сторож с полумостовой $R_n C_n$ нагрузкой: а) размещение вилки-приёмника с радиореле **АС-160-С** в розетке, б) функциональная схема, $ИП_1...ИП_3$ – пожарные извещатели, PP – радиореле, R_n , C_n – резистор и конденсатор (внешняя нагрузка), L – фазный проводник, N – нейтральный проводник, Pe – защитный проводник, R , T – резистор и кнопка «тест» устройства эксплуатационного контроля, M – контролёр перегрузки.

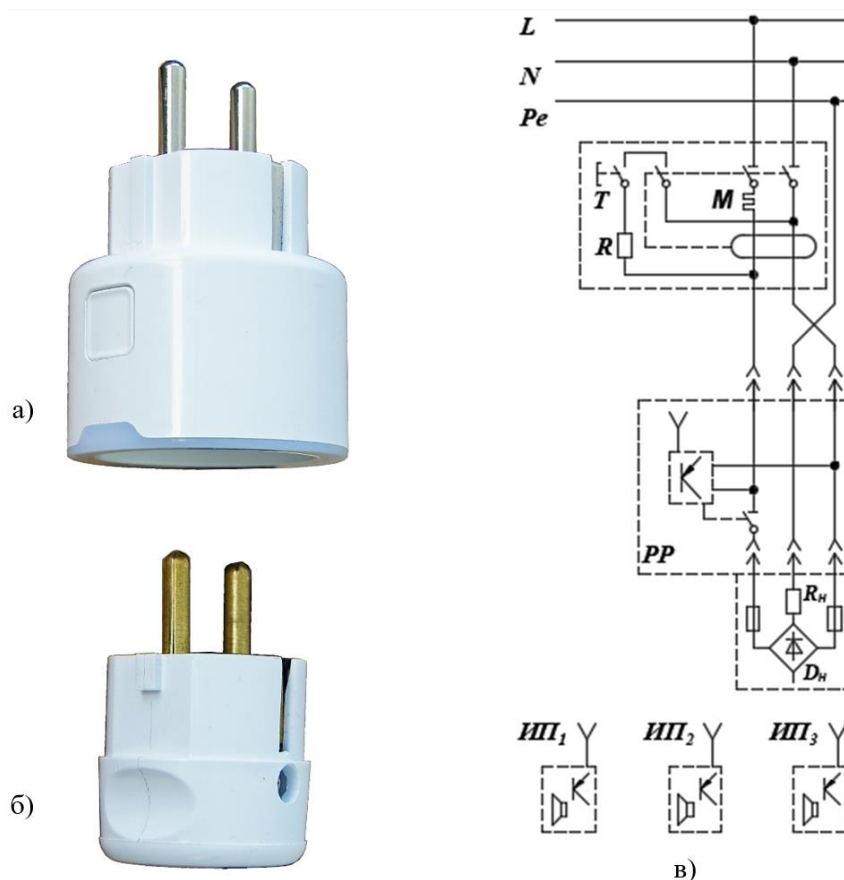


Рис. 32. Пожарный сторож с полумостовой $R_n D_n$ нагрузкой: а) вилка-приёмник **RE-3301**, б) вилка-вставка, в) функциональная схема. Обозначения см. рис. 31.

2.3.2 Выбор конкретных характеристик зависит от номинального значения отключающего дифференциального тока. Для упрощения выбора из стандартного ряда выделены 2 группы. В первую объединены УДТ на 10 мА и 30 мА, а во второй оставлены УДТ на 100 мА. Другие номиналы не рассматриваются.

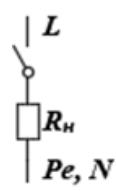
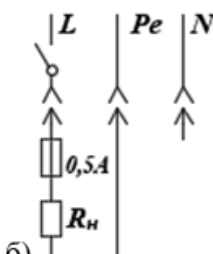
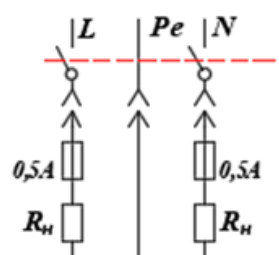
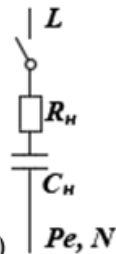
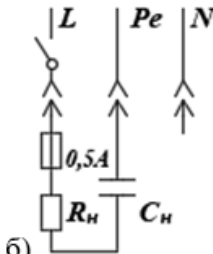
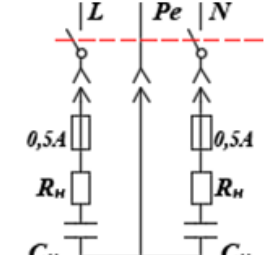
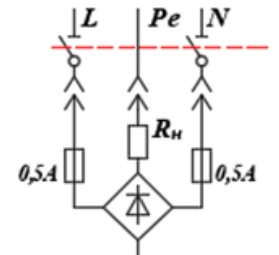
Поскольку УДТ должны срабатывать при предельных значениях номинального напряжения ($0,85 \cdot 230 \dots 1,1 \cdot 230 = 195 \dots 253 \text{ В}$)⁵⁹ или ($198 \dots 253 \text{ В}$)⁶⁰, сопротивления резисторов и ёмкости конденсаторов подобраны так, чтобы с достаточным запасом обеспечить срабатывание УДТ при напряжении 195 В.

⁵⁹ - п. 8.12 ГОСТ Р 51326.1-99 (МЭК 61008-1-96), ГОСТ Р 51327.1-2010 (МЭК 61009-1-2006), ГОСТ ИЕК 61008-1-2012, ГОСТ ИЕК 61009-1-2014

⁶⁰ - Таблица А.1 ГОСТ 29322-2014 (ИЕС 60038:2009) Напряжения стандартные

Таблица 7

Компоненты нагрузки для внешнего управления УДТ

№	Схемы подключения	Номинал, тип УДТ	Характеристики R_H , C_H , D_H	ДП*
1	 	Тип А, Тип АС 10, 30 мА	5,1 кОм, 2 Вт	II
		100 мА	1,5 кОм, 5 Вт	II
2		Тип А, Тип АС 10, 30 мА	5,1 кОм, 2 Вт	II
		100 мА	1,5 кОм, 5 Вт	II
3	 	Тип А, Тип АС 10, 30 мА	27 Ом, 5 Вт 1 мкФ, 250 V AC, 630 V DC	Д
		100 мА	27 Ом, 10 Вт 2,2 мкФ, 250 V AC, 630 V DC	Д
4		Тип А, Тип АС 10, 30 мА	27 Ом, 5 Вт 1 мкФ, 250 V AC, 630 V DC	Д
		100 мА	27 Ом, 10 Вт 2,2 мкФ, 250 V AC, 630 V DC	Д
5		Тип А 10, 30 мА	2,2 кОм, 2 Вт 2КВР10М-Е4/51 Диодный мост 2А 1000В	II
		100 мА	1 кОм, 5 Вт 2КВР10М-Е4/51 Диодный мост 2А 1000В	II

* - ДП – допустимое время подключения: II (импульс) – 1 сек, Д – без ограничения

2.3.3 Основная тема настоящей публикации в значительной мере связана с обеспечением безопасности электроустановок, и на уровне компонентов необходимо исключить несоответствия и неисправности нагрузки, чтобы они сами не стали причиной пожаров или аварий. В связи с этим цепи нагрузки рекомендуется защищать предохранителями, особенно при размещении в отдельных пластмассовых корпусах (вилках-приёмниках, вилках-вставках).

Нагрев компонентов следует ограничить за счёт уменьшения теплового эффекта (1). Это достигается одним или одновременно несколькими способами.

Во-первых, можно ограничить длительность подключения нагрузки. Так, за время подключения 1 сек резисторы с активным сопротивлением 1...5 кОм и мощностью 2 Вт не нагреваются более чем на 10°C. Однако такой приём требует последующего охлаждения, повторять подключение допускается через 1...3 мин после отключения.

Металлооксидные модели резисторов мощностью 2 Вт с номиналом 1,5 кОм при напряжении 230 В перегорают через 8...14 сек, а с сопротивлением 5,1 кОм – через 45...60 сек.

Получается, что такая нагрузка достаточна для защитного отключения УДТ с кратковременным (импульсным) управлением, но не соответствует условиям работы дифференциальных реле в системах автоматики.

Кратковременное (импульсное) подключение на практике будет самым распространённым приёмом защиты нагрузки от перегрева, т. к. его обеспечивают большинство приборов управления. Кроме того, стандартные значения времени отключения⁶¹ УДТ обычно не превышают 0,5 сек, а после отключения ток утечки через нагрузку не течёт.

Во-вторых, может быть обеспечено и длительное подключение, если в качестве нагрузки использовать мощные проволочные резисторы (на 10...40 Вт). Такие резисторы несложно заменить лампами накаливания, но и то, и другое занимает слишком много места.

Третий приём связан с уменьшением активного сопротивления нагрузки при последовательном включении резистора и конденсатора. Цепь $R_H C_H$ является наиболее компактной нагрузкой, которая выдерживает длительное подключение, но даже для этой цепи на ток утечки 30 мА и 100 мА рекомендуется выбирать проволочные резисторы мощностью 5 и 10 Вт соответственно.

Полностью исключить резистор (оставить только конденсатор) можно в случае применения мощного контактора для замыкания цепи нагрузки, однако реально допустимый ток

⁶¹ - п. 5.3.12 ГОСТ Р 51326.1-99 (МЭК 61008-1-96), п. 5.3.8 ГОСТ Р 51327.1-2010 (МЭК 61009-1-2006), п. 5.3.12 ГОСТ ИЭК 61008-1-2012, п. 5.3.8 ГОСТ ИЭК 61009-1-2014

приборов управления не превышает 8...10 А (см. табл. 2, табл. 4), и резистор (27 Ом) всегда рекомендуется использовать с конденсаторами для уменьшения пускового тока. Это необходимо для защиты контактов реле приборов управления.

2.3.4 Максимальное значение напряжения имеет отношение к выбору конденсаторов, которые должны выдерживать переменное напряжение 253 В. При определении последней характеристики часто встречаются ошибки, поэтому в табл. 7 приведены tandemные значения: 250 V AC и 630 V DC, обычные для металлоплёночных моделей. Важно, что в нештатной ситуации пробой конденсаторов должен сопровождаться перегоранием предохранителя.

2.3.5 Минимизируя выбор, для прямого подключения нагрузки рекомендуются схемы 1 и 3. Для полумостового подключения – схемы 2, 4, 5.

Повторим, что для управления УДТ типа А при реализации схемы 5 удобно использовать диодный мост вместо полумоста из диодов.

2.3.6 Не ограничивая представленный перечень, можно предложить и другие варианты.

На практике, например, стояла задача дистанционного отключения УДТ при отсутствии сетевого электропитания. Понятно, что такая возможность имеется, если УДТ функционально не зависит от напряжения сети. Опыт применения таких независимых устройств доказывает возможность защиты от поражения электрическим током, в том числе при обрыве нейтрального проводника.

Как хорошо известно, необходимое отключение реализуется подключением к входу и выходу любого полюса УДТ дополнительного источника питания, который обеспечивает ток в образованной замкнутой цепи не меньше тока срабатывания. Однозначное отключение УДТ типа А обеспечивает источник постоянного тока, которым может быть аккумулятор. Часто так возможно отключать и УДТ типа АС, но с определённым направлением присоединения полюсов. Боле надёжно будет использовать дополнительный источник переменного тока, например, **DC/AC** – инвертор, запитанный от аккумулятора.

2.3.7 Покажем, как реализовать предлагаемые приёмы путём модификаций схемы из Примера 12. По-прежнему будем рассматривать вариант раздельного размещения силового и

слаботочного оборудования (отдельно в корпусе электрощита и в корпусе контрольной панели охранно-пожарной сигнализации) (см. рис. 33).

2.3.8 Для силовой части уточним тип группового УДТ. Если оно имеет типа А, тогда необходимые модификации будем производить в соответствии со схемой на рис. 33, а. Если используется УДТ типа АС, то потребуются дополнения по схеме на рис. 33, б. И там, и там, по сути, изменена цепь нагрузки, которую подключает реле P_1 .

Новые нагрузки $R_{НЗ}$ и $R_{Н4}$ через контакты реле P_1 образуют последовательную цепь с дополнительным источником питания (аккумулятором B или DC/AC -инвертором) между проводниками Pe и N сетевого питания сигнализации.

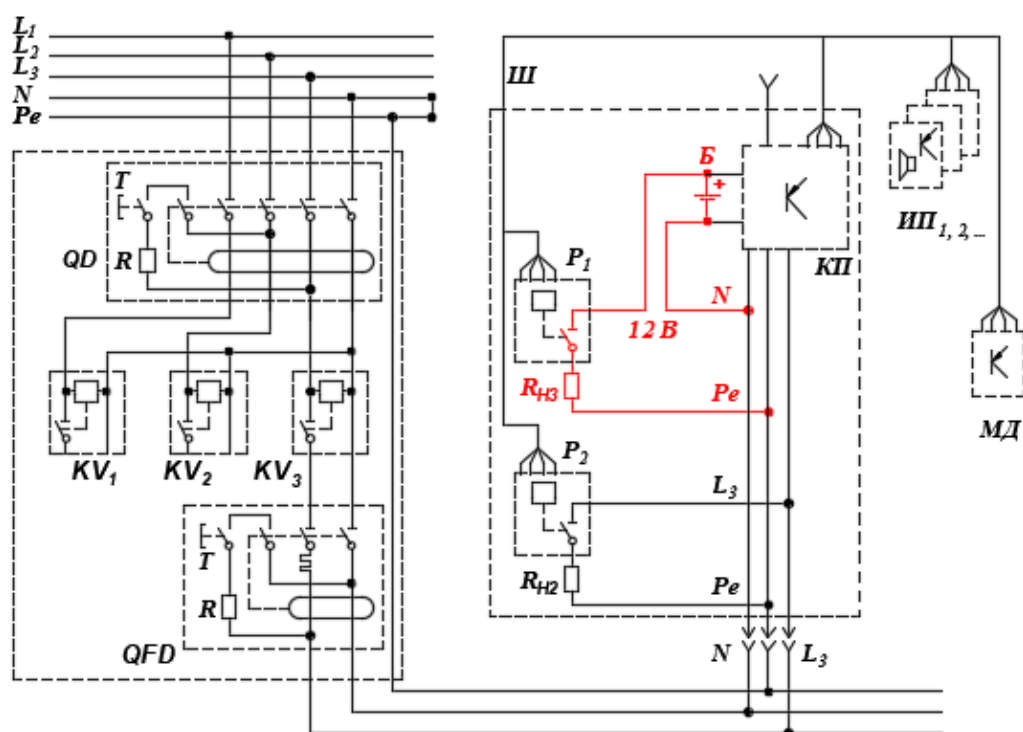
2.3.9 Модифицированное управление осуществляется следующим образом.

Реле P_2 , как в исходном примере, будет подключать нагрузку $R_{Н2}$ между проводниками L_3 и Pe . Ток утечки через эту нагрузку меньше тока срабатывания группового УДТ (QD), поэтому произойдёт отключение только защиты линии (QFD). Здесь реализуется селективность по току утечки.

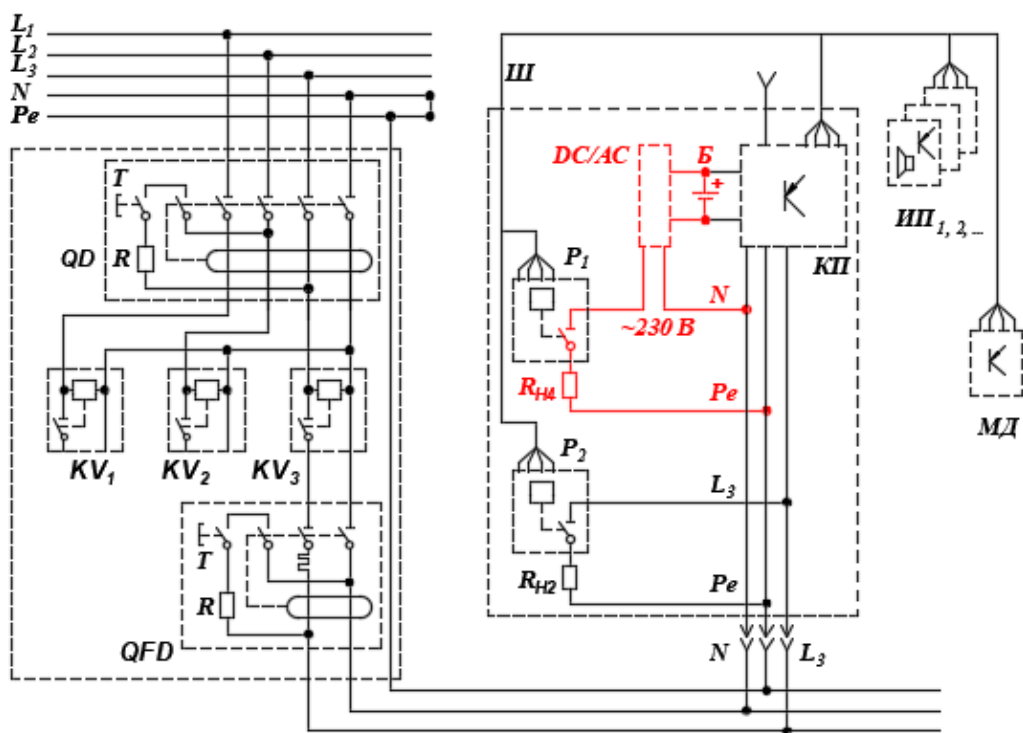
При обнаружении общей опасности реле P_1 будет подключать нагрузку $R_{НЗ}$ или $R_{Н4}$, и в сети с глухозаземлённой нейтралью возникнет дополнительный ток через полюсы N всех УДТ. Очевидно, что этот ток зависит от напряжения дополнительного источника и сопротивления подключаемой нагрузки, поэтому несложно обеспечить значение этого тока, достаточное для отключения группового УДТ (QD).

Окончательно правильное отключение станет возможным, если в электрощите по первой схеме (рис. 33, а) для защиты линии использовано УДТ, которое не реагирует на пульсирующий постоянный ток. Так используется селективность по виду управляющего тока.

Работоспособность второй схемы (рис. 33, б) можно обеспечить только за счёт аномальной селективности по времени. Ещё раз заметим, что стандартные значения времени отключения при одинаковом токе утечки обычно больше для группового УДТ, но доступность выбора устройств с необходимыми характеристиками была подтверждена на практике.



a)



6)

Рис. 33. Схемы электрощитов и сигнализаций с аккумуляторными нагрузками для внешнего управления: а) УДТ **QD** типа А, б) УДТ **QD** типа АС, **Б** – аккумулятор, **DC/AC** – инвертор, **R_{H3}**, **R_{H4}** – дополнительные резисторы. Остальные обозначения см. рис. 30.

2.3.10 Если ограничения характеристик не позволяют реализовать рассмотренные схемы, можно обеспечить независимое отключение каждого УДТ переносом реле и подачи питания от аккумулятора в электрощит, как было показано в Примере 11.

2.3.11 Поскольку двухступенчатая схема (с последовательно установленными УДТ) приведена для иллюстрации более общего случая, все упрощения, такие как исключение реле напряжения или исключение одного из УДТ, однозначно можно будет реализовать для организации отключения.

2.3.12 Вернёмся к поставленной задаче и посмотрим, каким образом произойдёт отключение группового УДТ при отсутствии общего электропитания. В предложенной ситуации сигнализация будет запитана от резервного источника питания (того же аккумулятора **Б**), а извещатели **ИП**_{1, 2, ...}, кроме того, смогут питаться от собственных батарей. Поэтому обнаружение опасности произойдёт в штатном режиме. Через контакты реле **P**₁ будет подано напряжение, и возникнет ток, необходимый для отключения группового УДТ.

Кроме отключения по тревоге окажется возможным и дистанционное (удалённое) отключение, если сигнализация снабжена GSM-модулем, например, по команде смартфона. Это исключит возможность автоматического повторного включения.

Эффективность дополнительной функции умного дома, таким образом, проявляется при длительном прекращении электропитания, аварийной или неопределённой ситуации.

2.3.13 В завершении ещё раз отметим, что конструктивное исполнение нагрузки возможно в виде отдельных компонентов, установленных в электрощите, как показано в Примерах 1, 2, 3, 7 - (рис. 12, 13, 14, 19), в корпусе извещателя (Примеры 4, 5, 6 рис. 15, 17, 18), в корпусе прибора управления на плате (пример 10, рис. 22), в модуле для установки на *din*-рейку (пример 11, рис. 25, 27).

2.3.14 Первоначально предполагалось размещать нагрузку только в корпусе вместе с сенсорами и (или) реле, что было актуально для щитового извещателя, аналогично в корпусе с радиореле. Действительно, потребителю удобнее использовать одно устройство и не заниматься соединениями, которые могут привести к ошибкам. Моноблочное исполнение, по этой причине следует рекомендовать, как устройство автоматики жилых домов.

Вместе с тем для разработчиков новых приборов и проектировщиков определённой гибкостью обладает предложение нагрузок в виде отдельных изделий (компонентов, групп компонентов в собственных корпусах и т. п.). Параметры таких нагрузок легко согласовать с характеристиками разных УДТ и выбирать из универсального ограниченного ряда, например, по табл. 7.

Окончательно требования к конструктивному исполнению нагрузки могут быть сформулированы только после существенного расширения спроса, при массовом применении для защитного отключения электроустановок.

Раздел 3 Подтверждение соответствия, исследования и перспективы

3.1 Подтверждение соответствия

3.1.1 Серийно выпускаемая продукция, которая может применяться в качестве компонентов пожарного сторожа, обычно подлежит сертификации в соответствии с несколькими нормативными правовыми актами.

«Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» указывает на необходимость применения схем сертификации для средств пожарной автоматики и аппаратов защиты электрических цепей⁶².

При этом средства пожарной автоматики подразделяются на⁶³:

- 1) извещатели пожарные;
- 2) приборы приемно-контрольные пожарные;
- 3) приборы управления пожарные;
- 4) технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные;
- 5) системы передачи извещений о пожаре;
- 6) другие приборы и оборудование для построения систем пожарной автоматики.

Технический регламент Таможенного союза «О безопасности низковольтного оборудования» устанавливает, что подтверждению соответствия в форме сертификации подлежат выключатели автоматические, устройства защитного отключения и аппараты электрические для управления электротехническими установками⁶⁴.

Технический регламент Таможенного союза «Электромагнитная совместимость технических средств» также включает в перечень технических средств, подлежащих подтверждению в форме сертификации, устройства защитного отключения с электронным управлением⁶⁵.

В итоге все комплектующие, применённые для реализации схем в Примерах 1-12, должны поставляться с сертификатами соответствия.

⁶² - п. 7, п.п. 8) и 9) Статьи 146 Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 29.07.2017)

⁶³ - Статья 46 Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 29.07.2017)

⁶⁴ - п. 7, 9 Приложения ТР ТС 004/2011 (с изменениями на 9 декабря 2011 года)

⁶⁵ - п. 1 Приложения 3 ТР ТС 020/2011

3.1.2 Практическое значение имеют характеристики, которые для УДТ подтверждают при испытаниях по ГОСТ Р 51326.1-99 (МЭК 61008-1-96), ГОСТ Р 51327.1-2010 (МЭК 61009-1-2006) и для защитных устройств обнаружения дугового пробоя (УЗДП) - по ГОСТ ИЕС 62606-2016.

Важные в рамках рассматриваемой темы положения названных стандартов упомянуты в других разделах. Дополнительно по поводу подтверждения соответствия следует обратить внимание на критерий срабатывания УЗДП.

Наиболее распространённые детекторы (не оптические) определяют присутствие тока дугового пробоя по электрическим показателям, т. е. по искажению синусоидальных показателей тока и напряжения в цепи. При переменном токе каждая искажённая полуволна является сигналом о потенциальной опасности. Однако стандарт обязывает реагировать лишь на определённое количество искажений, иначе ложные срабатывания защиты случались бы даже при включении света или бытовой техники.

Для лучшего понимания переведём стандартное максимальное время срабатывания в число полуволн переменного тока, т.е. определим допустимое количество пропусков сигналов об опасности (см. табл. 8). Заметим, что в самом востребованном диапазоне (до 10...16 А) жёстких требований практически нет.

Таблица 8

Допустимое число полуволн дуги в течение 0,5 сек для УЗДП на 230 В⁶⁶

Испытательный ток дуги, А (действительное значение)	2,5	5,0	10,0	16,0	32,0	63,0
Число полуволн при номинальной частоте 50 Гц	50	25	12,5	7,5	6	6

Однако и повреждения в электросети практически не сопровождаются приведённым числом сигналов. При токах 2,5 или 5 А для организации дуги в 50 или 25 полуволн требуются условия, которые очень редко самостоятельно возникают в реальных электросетях. Во время испытаний их обеспечивают искусственными инициаторами дуги (графитовыми электродами, разрядниками, полупроводниковыми триггерами).

К указанной проблеме далее вернёмся при оценке экспериментальных данных, здесь лишь добавим, что источник зажигания и при токе в 2,5 А может стать причиной пожара, поскольку

⁶⁶ - преобразованная Таблица 1 п. 5.3.7.1 ГОСТ ИЕС 62606-2016

соответствующей мощности (более 500 Вт) вполне достаточно для опасного теплового излучения, резистивного нагрева, деструкции изоляции, электроэрозии проводников или механического разрушения приборов.

3.1.3 Также выделим и приведём необходимую информацию, касающуюся испытаний средств автоматики по ГОСТ Р 53325-2012⁶⁷.

Важно заметить, что пожарные извещатели в зависимости от контролируемых факторов пожара должны обеспечивать выполнение требований по обнаружению тестовых очагов пожара ТП-1, ТП-2, ..., ТП-9⁶⁸, а именно открытого горения древесины, пиролиза при тлении древесины, тления хлопка со свечением и без свечения, горения полимерных материалов и легковоспламеняющихся жидкостей. Такие тестовые очаги устанавливают в центре камеры с размерами 10 x 7 x 4 м, а точечные извещатели монтируют на расстоянии 3 м от центра.

Перечисленных испытаний, видимо, достаточно для извещателей систем обеспечения пожарной безопасности общего назначения. Однако специфика электроустановок заключается в разнообразии электроизоляционных полимерных композиций, а в стандартных очагах их нет, т. е. никогда не применяются современные материалы оболочек кабелей и корпусов электрических приборов. Для имитации горения полимеров выбран только один пенополиуретан плотностью 20 кг/м³ (тестовый очаг пожара ТП-4) и один вариант его пламенного горения.

3.1.4 В реальных условиях реакции электроизоляционных материалов на тепловые и огневые воздействия зависят от состава, конструктивных особенностей, а ход химической деструкции - от интенсивности, длительности и воздухообмена [44]. Получается, что результаты стандартных испытаний лишь формально подтверждают работоспособность извещателей для пожарной автоматики электроустановок.

3.1.5 Более полная информация содержится в прикладных исследованиях. Например, работы [34, 45] расширяют понимание возможностей применения газовых сенсоров. Становится понятно, что обеспечение безопасности возможно при контроле содержания в воздухе одновременно нескольких газов (пожарных маркеров).

⁶⁷ - ГОСТ Р 53325-2012 Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний (с изменением № 1 на 01.03.2015 г.)

⁶⁸ - п. 4.2.1.4 и Приложение А ГОСТ Р 53325-2012

3.1.6 Наряду с несоответствием материалов конструкции тестовых очагов также отличаются от реальных источников зажигания и потенциально опасных изделий, которые могут участвовать в распространении горения. Более полная информация о них приведена в Разделе 1.

3.1.7 Для подготовки собственных исследований среди стандартного оборудования для формирования тестовых очагов пожара (ТП-2, ТП-2А, ТП2Б) полезно выделить электроплиты мощностью не менее 1,5 кВт, с диаметром рабочей поверхности (220 ± 10) мм, на которых располагают горючие материалы. Мощность, подаваемая на такую плиту, должна обеспечивать скорость роста температуры, позволяющую осуществлять нагрев поверхности плиты до 500°C и 600°C за время не более 660 с. Контроль температуры на поверхности плиты осуществляют термопарой.

Применение аналогичных плит позволит моделировать пожароопасные ситуации как с бытовыми, так и с промышленными электронагревательными приборами.

3.1.8 Как прототип представляет интерес и нагревательный элемент тестового очага пожара ТП-9, выполненный в виде двухметрового отрезка проволоки с погонным сопротивлением 4 Ом/м, который располагают между слоями горючего материала. Электропитание нагревательного элемента осуществляется при помощи источника питания напряжением 20 В и током не менее 5 А.

3.1.9 Поскольку во многих исполнениях пожарного сторожа в качестве чувствительного элемента используется датчик температуры, следует учесть требования к времени его срабатывания. Так, при стандартном режиме для тепловых точечных извещателей температурного класса А2 в зависимости от скорости нагрева воздуха, начиная с условно нормальной температуры 25°C , время срабатывания должно находиться в определённых пределах⁶⁹, некоторые значения которых приведены в табл. 9.

Соответствующие условия испытаний обеспечиваются на стенде «Дымовой канал» с помощью электронагревателя мощностью 6 кВт, при скорости воздушного потока $(0,80\pm 0,04)$ м/с.

⁶⁹ - Таблица 4.2 ГОСТ Р 53325-2012

Таблица 9

Критерии оценки тепловых точечных извещателей температурного класса А2

Скорость повышения температуры, °С/мин	Допустимый диапазон времени срабатывания, с
3	580...960
10	174...329
20	87...192
30	58...144

3.1.10 Действие раскалённой проволоки используется в других стандартных испытаниях и, как показано в Разделе 1, адекватно моделирует повреждение кабельной продукции.

Так, этот метод применяют к твердым изоляционным материалам для определения времени воспламенения испытуемого образца⁷⁰. В качестве нагревателя используют нихромовую проволоку (80 % никеля и 20 % хрома) диаметром 0,5+0,02 мм и длиной не менее 250 мм.

В другом варианте используют проволоку с наружным диаметром $(4,00 \pm 0,04)$ мм, состоящую из сплава никеля и хрома (80/20)⁷¹. Нагрев петли из такой проволоки до температуры 960 °С осуществляют током от 120 до 150 А, а время соприкосновения с образцом устанавливают 30 ± 1 с.

3.1.11 Для изоляционных материалов, находящихся в соприкосновении с токонесущими частями, а также кожухов и крышек температуру стандартного испытания (от 650 до 960 °С) выбирают исходя из оценки риска неисправности, возникающей в результате неадекватной реакции на чрезмерный нагрев, воспламенение и распространение огня⁷².

3.1.12 По содержанию нормативных документов для оценки соответствия пожарного сторожа, как совокупности совместно действующих устройств, наиболее правильно выбрать требования к приемно-контрольным приборам и приборам управления⁷³. Здесь мы найдём

⁷⁰ ГОСТ Р 54019-2010 (IEC/TS 60695-2-20:2004) Испытания на пожароопасность. Часть 2-20. Основные методы испытаний раскаленной проволокой. Испытание на воспламеняемость от спирально намотанной проволоки. Испытательное оборудование, методы и руководство проведения испытания.

⁷¹ ГОСТ Р 54103-2010 (IEC 60695-2-10:2000) Испытания на пожароопасность. Методы испытаний. Испытания нагретой проволокой

⁷² ГОСТ IEC 60695-2-11-2013 Испытания на пожароопасность. Часть 2-11. Основные методы испытаний раскаленной проволокой. Испытание раскаленной проволокой на воспламеняемость конечной продукции.

⁷³ - п. 7 ГОСТ Р 533-2012 Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний (с изменением № 1 на 01.03.2015 г.)

указание о том, что объем и методы приемо-сдаточных и периодических испытаний определяются предприятием-изготовителем⁷⁴. Поэтому оценку эффективности защиты электроустановок при обилии стандартных подходов всё же рекомендуется выполнять по индивидуальной программе.

Для пожарного сторожа целью выполнения программы будет получение достоверных данных о работоспособности в условиях моделирования реальных ситуаций.

Несомненно, должно быть проверено и соответствие требованиям нормативных документов, но важнее всего подтвердить адекватность расширения функций УДТ с помощью средств пожарной или противоаварийной автоматики.

Так, отключения предлагается считать условно успешными по пятибалльной шкале согласно табл. 10.

Таблица 10

Оценка эффективности отключения электроустановки при обнаружении опасности

Цель	Выполнение				
Исключение поражения людей электрическим током, в том числе пожарных, а также предотвращение повторного возгорания (воспламенения) из-за неисправности электросети	+	+	+	+	+
Сохранение работоспособности всех компонентов кроме первично повреждённых		+	+	+	+
Предотвращение пламенного горения			+	+	+
Предотвращение распространения плавления, пиролиза, тления				+	+
Предотвращение существенного выхода газообразных продуктов					+
Итого, баллов:	1	2	3	4	5

3.1.13 Понятно, что указанное отключение в любом случае должно обеспечить безопасность людей, а обесточивание электросети - исключить повторное возгорание из-за возникшей неисправности. За этим с разной вероятностью возможно достижение следующих из перечисленных в табл. 10 результатов. Если отключение обеспечило своевременное охлаждение первично испорченных деталей, проводников, клемм, кабелей, можно считать повреждения локальными. Предотвращение пламенного горения свидетельствует о том, что температуры и тепловые потоки не успели увеличиться до критических значений. Сложнее остановить тление, из-за которого длительное время сохраняется возможность развития пожара. И реакция

⁷⁴ - п. 7.15.2 ГОСТ Р 533-2012

пожарного сторожа станет наиболее успешной, если остаётся незаметным даже выход газообразных продуктов деструкции повреждённых материалов.

3.1.14 Наравне с экспертной оценкой эффективности в программе испытаний пожарного сторожа будет полезно, а в некоторых случаях и более корректно, использовать средства объективного контроля и (или) прямые измерения.

Например, можно тем или иным способом оценивать повреждение проводников, которое обычно сопровождается плавлением, горением и разрывом изоляции. Аналогичный подход подойдёт и к оценке повреждений, несвязанных с неисправностью электрооборудования, например, из-за касаний электронагревательных приборов или ламп накаливания.

За величину повреждения в перечисленных случаях можно принять размер (длину) повреждённого участка материала (изоляции) или сокращение массы.

Заметим, что подобные измерения часто используются в нормативных правовых актах и нормативных документах (в качестве критериев пожарной опасности строительных конструкций, горючести материалов, распространения пламени по проводам, пучкам кабелей).

3.1.15 Другим часто используемым и просто измеряемым показателем будет время срабатывания. Такой критерий обычно устанавливается для тепловых извещателей в упомянутых условиях стандартных испытаний, но может быть применён и в натурных экспериментах для сравнения эффективности устройств.

3.1.16 Программа испытаний также должна учитывать параметры эксплуатации электроустановок в зависимости от их назначения. Соответственно должны выбираться тестовые очаги пожара и режимы их работы.

Например, если ориентировать использование пожарного сторожа на обеспечение безопасности помещений кухни, в качестве исходных данных следует принимать максимальные температуры поверхностей электронагревательных приборов:

550°C – для автоматических конфорок и эспресс-конфорок⁷⁵,

330°C – для жарочных электрошкафов⁷⁶.

⁷⁵ - п. 2.6 ГОСТ 14163-88 Электроконфорки. Технические условия (с Изменениями N 1, 2)

⁷⁶ - п. 3.26 ГОСТ 14919-83 Электроплиты, электроплитки и жарочные электрошкафы бытовые. Общие технические условия (с Изменениями N 1-7)

3.2 Исследование эффективности УЗО ПС

3.2.1 С учётом известных результатов и методов стандартных испытаний, а также дополнительных исследований для целей настоящей работы практический интерес представляли эксперименты, приближенные к реальным ситуациям, при которых признаки опасности не могут быть определены по электрическим показателям, защита не обеспечивается обычными устройствами, а источником зажигания оказывается один из следующего перечня:

- проводник заниженного сечения,
- некачественное соединение,
- электронагревательный прибор.

Соответствующие тесты должны были показать возможность своевременного отключения электроустановок с помощью пожарного сторожа. Поэтому указанные натурные условия моделировались в ходе исследований в электрощитах и приборной стойке, дымокамере и в обычных помещениях.

3.2.2 Пример электрощита для одного из опытов зафиксирован на фотографиях (см. рис. 34). На первом снимке (рис. 34, а) видно размещение устройств: сверху находятся газовые пожарные извещатели, на второй снизу *din*-рейке – два УДТ, а внизу трансформаторы, к которым подключают спирали из нихрома с горючим материалом.

В данном щите смонтированы два не связанных друг с другом комплекта (*ИП₁*, *УДТ₁*), (*ИП₂*, *УДТ₂*) по схеме из примера 4 (рис. 16, а). Т. е. проводные извещатели работали независимо от состояний УДТ. Соответственно в режиме ожидания горят зелёные индикаторы (см. сверху рис. 34, а), хотя УДТ выключены.

Извещатель первого пожарного сторожа размещали слева сверху щита, а справа внизу закрепляли отключаемое им УДТ с нагревателем модельного очага. Компоненты второго пожарного сторожа располагали перекрёстно относительно первых. Так пожарные извещатели и модельные очаги пожара оказывались максимально разнесены по диагоналям щита. Перед испытанием щит заполняли разными неиспользуемыми компонентами, чтобы по возможности уменьшить воздухообмен и усложнить обнаружение дыма (см. рис. 34, б).

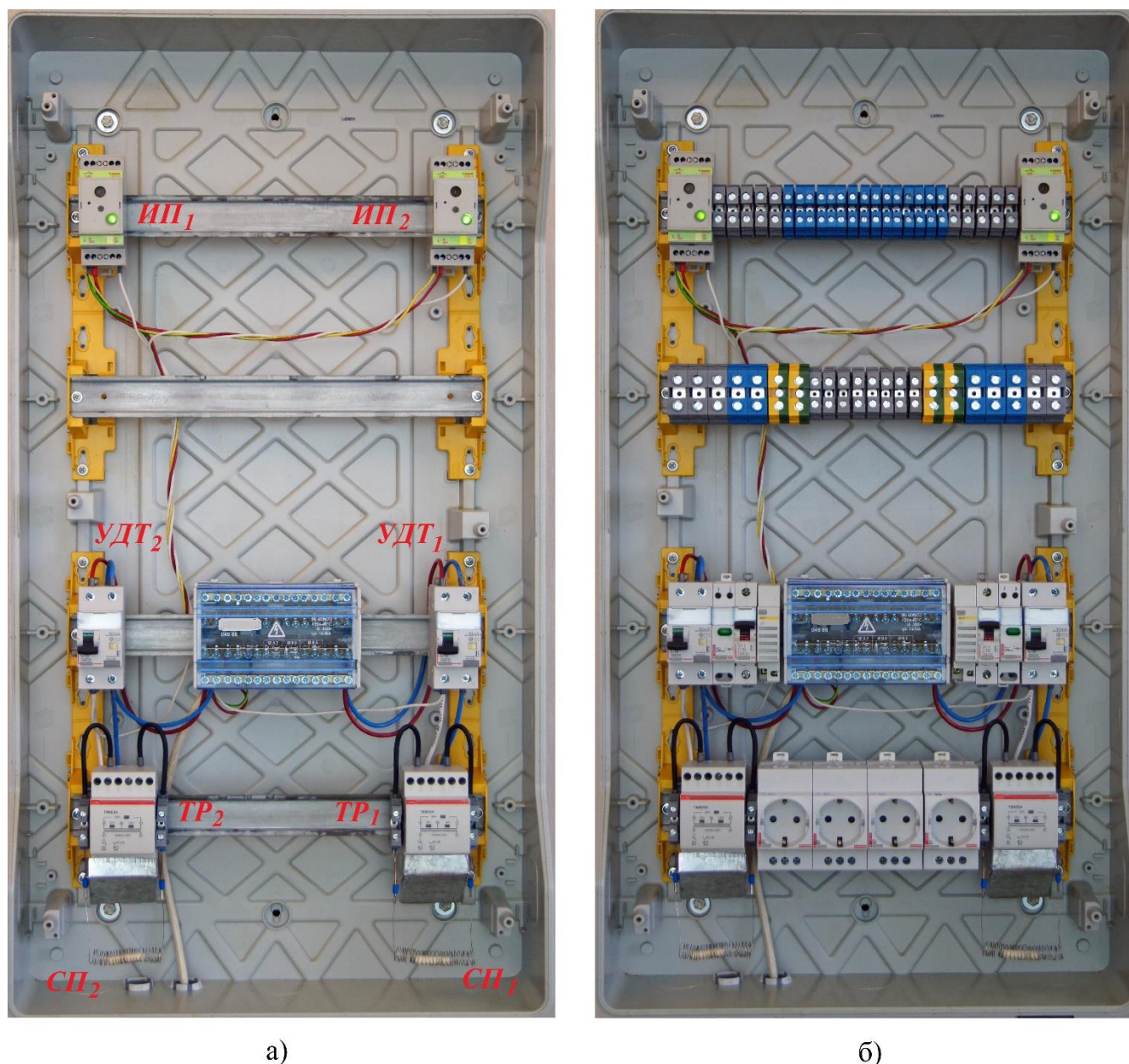


Рис. 34. Электрощит (*Legrand Plexo 72mod IP65* 0,82x0,45x0,16 м) до испытаний: а) размещение устройств на *din*-рейках, б) то же с заполнением свободных мест; *ИП₁*, *УДТ₁*, *ИП₂*, *УДТ₂* – компоненты 1-го и 2-го пожарного сторожа; *ТР₁*, *ТР₂* – трансформаторы 230/24 В, *СП₁*, *СП₂* – спирали с горючим материалом; *ИП₁*, *ИП₂* - *ИП101/435-3-Р-Д*; *УДТ₁*, *УДТ₂* - *Legrand DX³ C16 30 mA*.

3.2.3 Для моделирования пожароопасной ситуации были выбраны два способа.

В первом, условно названном «перегрузка», как в стандартном методе, использовали спирали *СП₁* и *СП₂* из нихрома, которые подключали через УДТ, и понижающие трансформаторы *ТР₁*, *ТР₂*.

Нагреву подвергали различные горючие материалы, оболочки кабеля и провода, образцы из пластмассовых корпусов, натуральную ткань и бумагу. В зависимости от формы их размещали внутри спиралей, либо на проволоке, как изоляцию.

Во втором способе, условно названном «контактный», нагрев осуществляли от соединений проводников, показанных на рис. 5, 6, 35. Эти проводники подключали последовательно с балластной нагрузкой к источнику питания через УДТ. Горючим материалом была либо заводская изоляция проводников (рис. 5), либо накладка (рис. 6). Ценность контактного способа состояла в том, что удалось добиться повторяемости значения контактного сопротивления, и поэтому нагрев устанавливали достаточно точно путём изменения балластной нагрузки и регулировки напряжения. Предложенным соединением (рис. 35) стало возможно моделировать возникающую из-за плохих контактов пожароопасную ситуацию, которую обычно сложно воспроизвести (повторить) из-за большой нестабильности сопротивления.

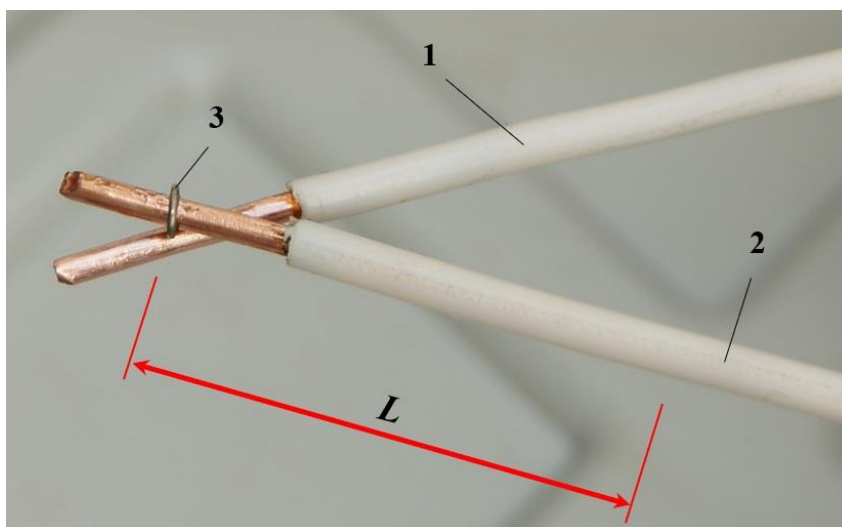


Рис. 35. Соединение проводников при моделировании нагрева из-за плохого контакта: 1, 2 – медные проводники с повреждаемой изоляцией, подключенные последовательно с балластной нагрузкой к источнику питания через УДТ, 3 – кольцо из нихрома, L – измерение длины повреждения изоляции от места нагрева контакта.

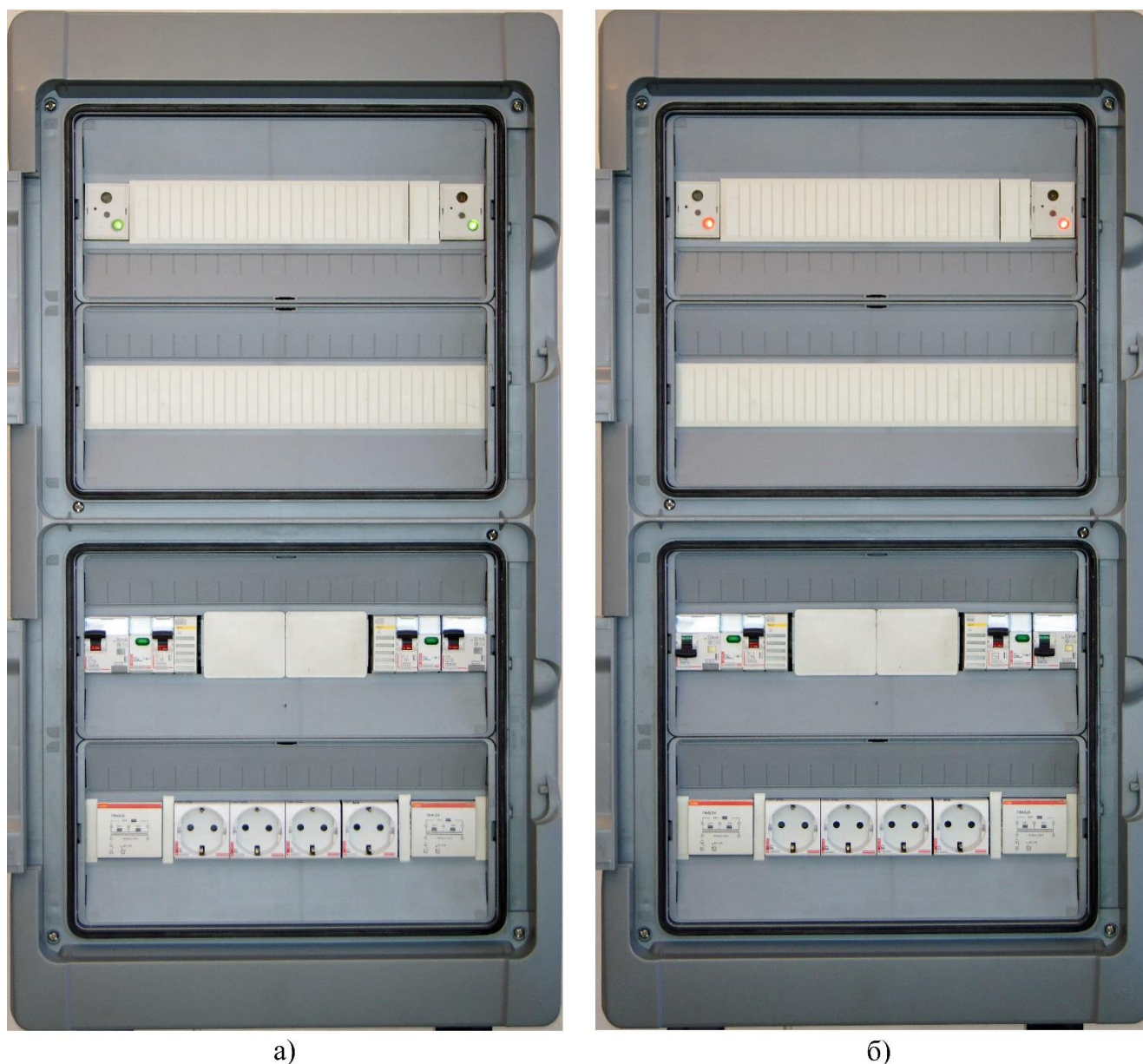


Рис. 36. Электрощит (**Legrand Plexo 72mod IP65** 0,82x0,45x0,16 м): а) в ходе тестирования, б) после сработки извещателей и отключения УДТ. На фотографиях прозрачные дверки секций открыты.

3.2.4 Испытания проводили следующим образом.

Горючий материал мог находиться с одной или двух сторон внизу электрощита. Симметричная схема использовалась для проверки синхронности защиты, а несимметричная - для оценки задержки наиболее удалённого извещателя. На щит монтировалась передняя панель с заглушками на всех местах, незанятых устройствами (рис. 36, а). Затем включали УДТ и сразу закрывали дверки передней панели. Нагрев обеспечивал тепловое воздействие на горючий

материал. При обнаружении угарного газа извещатели переключались в режим тревоги, загорались красные индикаторы (см. рис. 36, б), по сигналу извещателей срабатывали УДТ, отключалось электропитание, и нагрев прекращался.

3.2.5 Испытание сопровождали видеорегистрацией для определения времени нагрева, отключения и фиксации видимости дыма. Состояние горючего материала до и после испытания также учитывали для оценки повреждений и эффективности работы защиты (см. рис. 37).

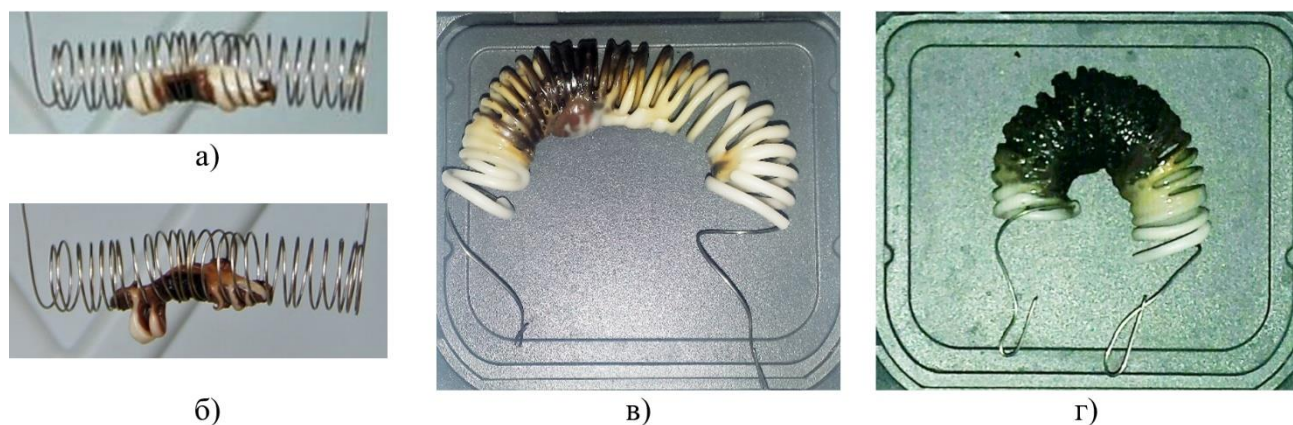


Рис. 37. Повреждённые образцы изоляции на нагревательном элементе с потерей массы при разном времени отключения: а) 0,12 г - 103 сек, б) 0,19 г - 199 сек, в) 0,21 г - 212 сек, г) 0,29 г - 330 сек; а, б) ПВХ оболочка провода ПВС 3х1,5, в, г) ПВХ трубка.

3.2.6 Другие электрощиты для испытаний выбирались со следующими габаритами:

- 0,22 x 0,3 x 0,12 м (*IEK ЩРн-9з IP31*)

- 0,71 x 0,6 x 0,13 м (*IEK ЩРн-2х48з-0 36 УХЛ3 IP31 PRO*)

В первом и втором устанавливали пожарный сторож с одним газово-тепловым извещателем *ИП101/435-3-Р-Д*, а также радиореле *АС-160-DIN*, в том числе для проверки связи с комбинированными извещателями *JA-150ST* через стальной корпус (см. рис. 20, б). Аналогично поступали с оптико-электронным извещателем *KR-SD02* с вилкой-приёмником *RE-3301* и вилкой-нагрузкой по схеме на рис. 23, б.

Внутри щитов было достаточно места для размещения не только щитовых извещателей, поэтому кроме варианта с внешним размещением проверяли и вариант с внутренним монтажом извещателей *JA-150ST* и *KR-SD02*.

3.2.7 Приборную стойку (телекоммуникационный шкаф **19" 33U**, ВхШхГ-1625х600х600 мм) для испытаний комплектовали одним извещателем **JA-150ST**, как показано на рис. 20, а.

3.2.8 В дымокамере (рис. 38, 39) попарно монтировали различные варианты пожарного сторожа, что позволило провести сравнительные исследования, в которых для нагрева изоляции проводов и кабелей образцы перегружали, как показано на рис. 7 - 9, также использовали контактный способ (рис. 5, 6, 35), а для нагрева натуральных тканей применяли электроплиту (рис. 21, в).

3.2.9 В помещениях одновременно размещали несколько извещателей, как показано на рис. 21 а, б. Кроме ткани для моделирования дымообразования на плите применяли розлив растительного масла, а для моделирования теплового воздействия осуществляли нагрев воздуха с помощью одной или двух электронагревательных пушек мощностью по 3 кВт. Их подключали через УДТ. При срабатывании пожарного сторожа из-за превышения допустимой температуры пушки автоматически отключались. Измерение температур вели с записью показаний хромель-копелевых термопар цифровым регистратором **PMT 59M**. Точки измерения имелись около каждого извещателя.

3.2.10 Дополнительные эксперименты были проведены для синхронизации оценки пожарного сторожа (УЗО ПС) и защитных устройств обнаружения дугового пробоя (УЗДП), т. е. с целью уточнения конкурентоспособности двух способов контроля показателей (неэлектрических и электрических), а также для повторного информирования о различиях, поскольку многие потребители не отличают УЗО ПС и УЗДП (путают их функции).

В части опытов УЗДП применяли в составе пожарного сторожа согласно схеме, разобранной в Примере 6 (см. рис. 18).

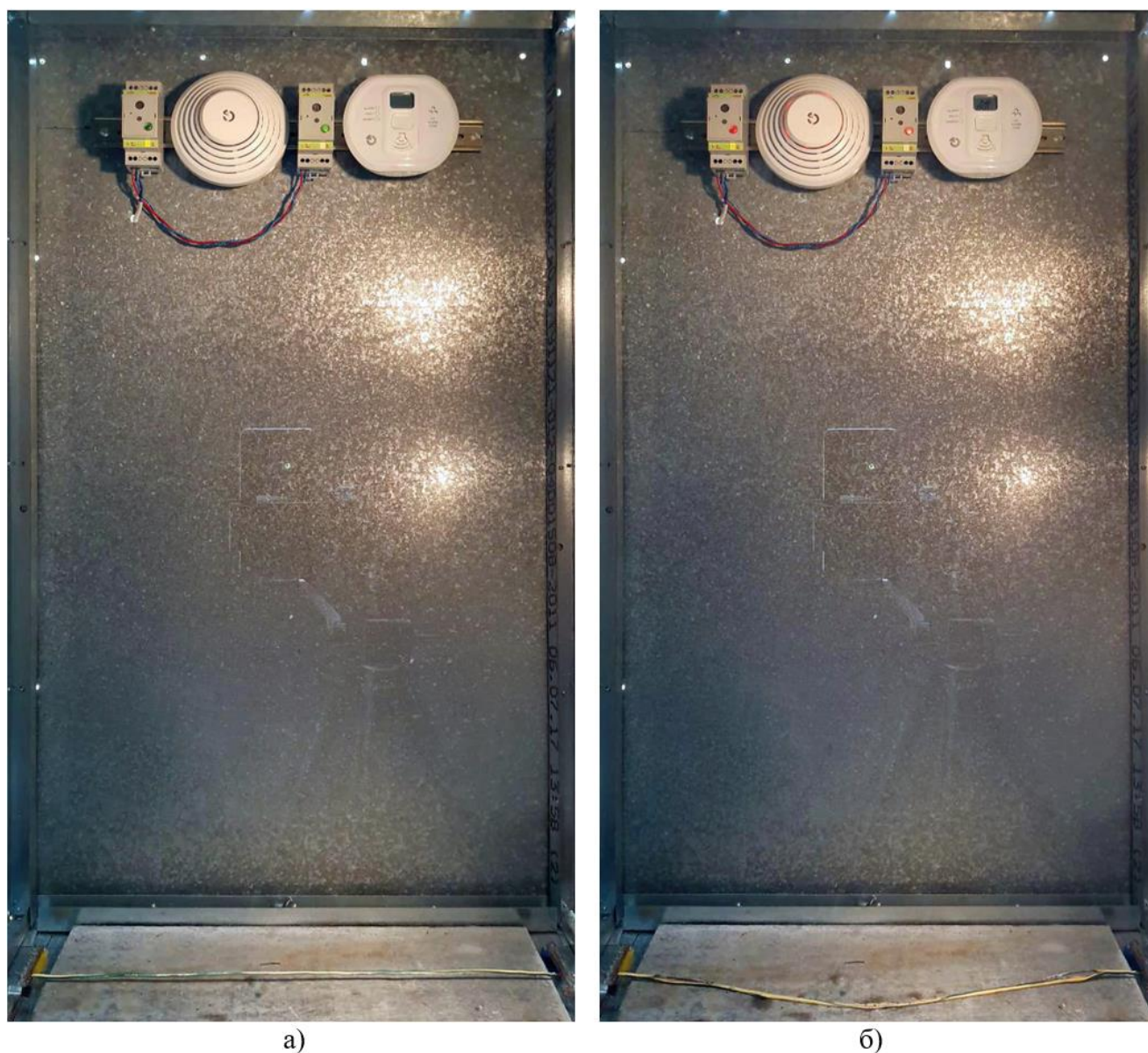


Рис. 38. Дымокамера 1x0,6x0,6 м до испытания (а) и в ходе испытания (б) при моделировании дымообразования из-за перегрузки одинарного проводника с полимерной изоляцией, не содержащей галогенов. Передняя стенка прозрачная. Извещатели пожарного сторожа слева направо: № 1 и 3 - ИП101/435-3-Р-Д, № 2- JA-151ST, № 4-й - Ei208DW + JA-150G-CO.

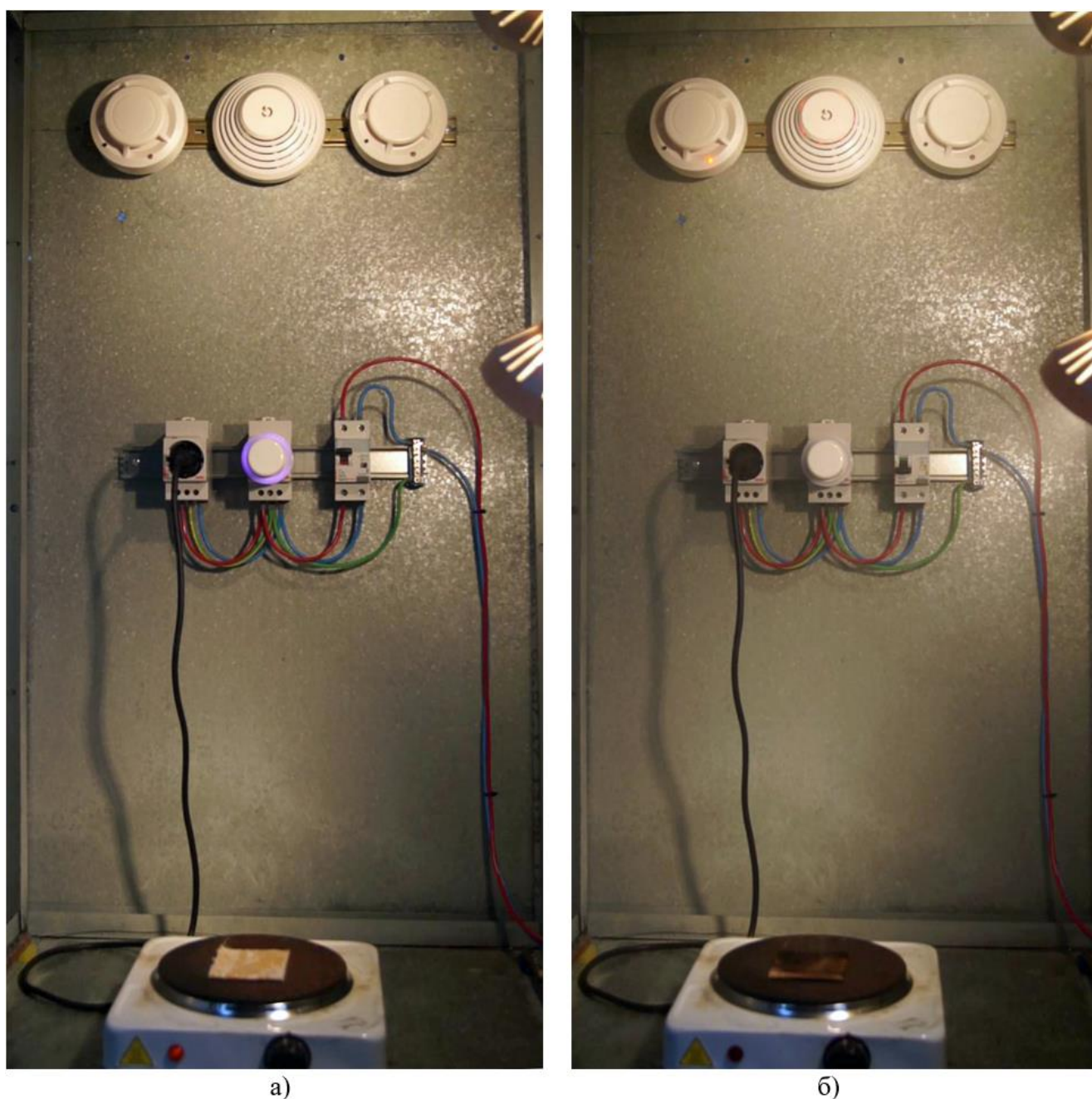


Рис. 39. Дымокамера 1х0,6х0,6 м до испытания (а) и в ходе испытания (б) при моделировании дымообразования из-за тления ткани на электроплите. Передняя стенка прозрачная. Извещатели пожарного сторожа слева направо: № 1 и 3 - *KR-SD02*, № 2 - *JA-151ST*.

Вместо стандартных для УЗДП проведены натурные испытания с целью определения вероятности срабатывания при различных условиях образования дуги, в том числе между медными проводниками в открытом разрыве, при разрыве медных проводников в оболочке,

между медными проводниками и ослабленными винтовыми клеммами. Диапазоны токов дугового пробоя выбирались согласно табл. 8 в пределах 2,5...63А.

3.2.11 Выборочно результаты экспериментов представлены на рис. 40-45.

Для оценки чувствительности было удобно сопоставить время срабатывания пожарного сторожа с различными извещателями при перегрузке проводников (рис. 40). Полученные диаграммы показывают уверенную реакцию всех использованных комплектов устройств при повреждении кабелей и проводов с ПВХ изоляцией (рис. 40 а, б) и с изоляций, не содержащей галогенов (рис. 40 в, г).

Хотя дымообразование последних считается ограниченным, фактически деструкция полимеров, не содержащих галогенов, приводит к более заметному выходу угарного газа. Поэтому газовые сенсоры (датчики СО) в некоторых опытах даже превосходили оптоэлектронные, но по совокупности данных оценка обратная. Особо для ПВХ изоляции контролировать выход угарного газа будет явно недостаточно.

Отмеченный недостаток также выявляют графики зависимости времени срабатывания от длины повреждённой изоляции и от длительности теплового воздействия (рис. 41, 42). Здесь в области малых повреждений работоспособными оставались только комплекты с комбинированными извещателями (**JA-151ST**).

3.2.12 Примерно одинаковым оказалось время срабатывания УЗО ПС с газовыми щитовыми и комбинированными извещателями при повреждении материалов корпусов электротехнических устройств (рис. 43).

Опыты в помещениях вновь показали преимущества оптоэлектронного сенсора перед газовым (рис. 44). В этом случае важно отметить, что при расстоянии по вертикали 1,2 м, по горизонтали до 1 м и максимальной стандартной температуре конфорок (550°С) использование комбинированных извещателей обеспечивает отключение электроплиты до момента возгорания (начала пламенного горения) хлопчатобумажной ткани. Имеет место и самостоятельное затухание тления.

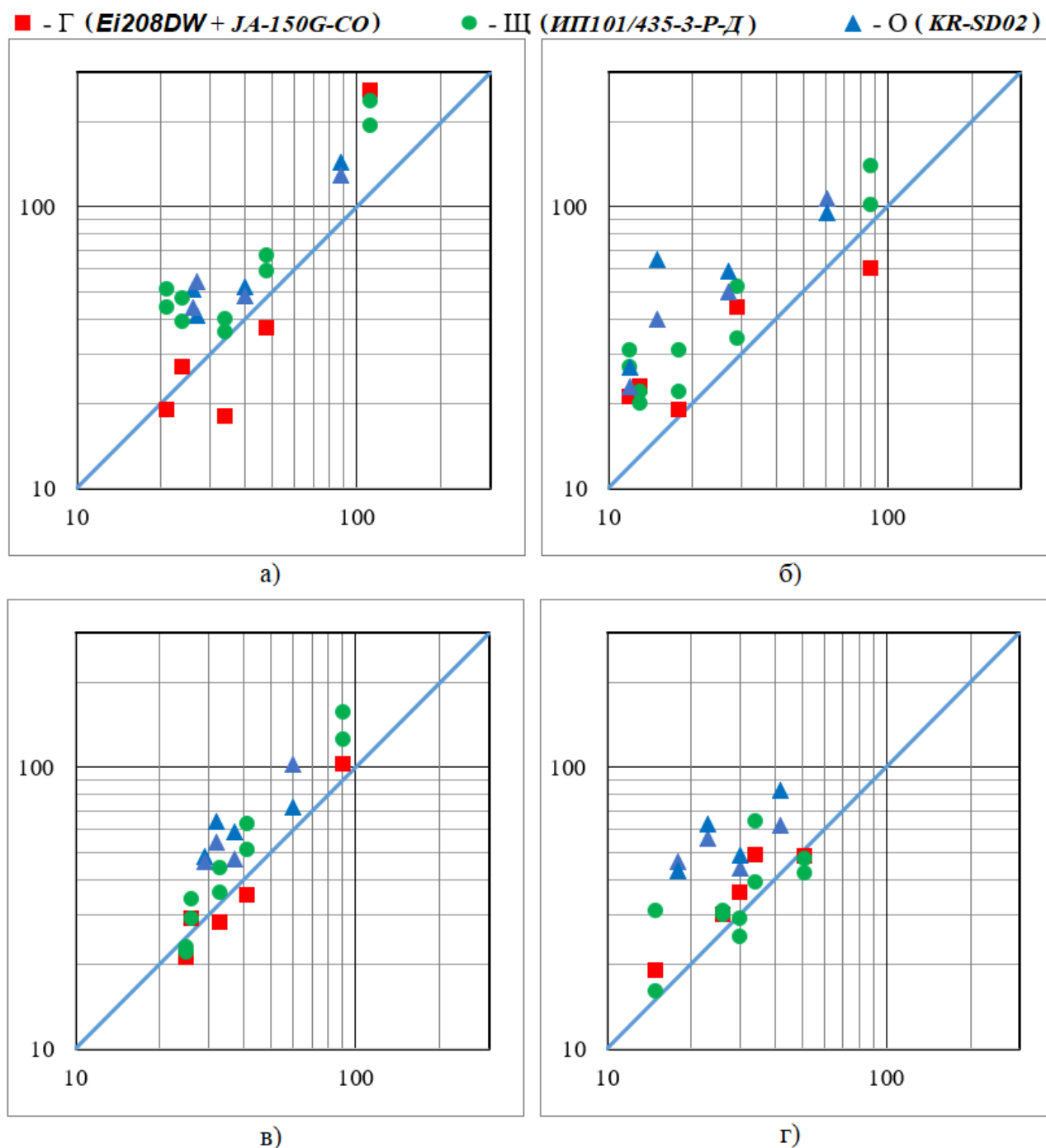


Рис. 40. Сравнение времени срабатывания (сек) в дымокамере при перегрузке медных жил и повреждении: а) ПВХ изоляции провода *ПуВ 1х2,5*, б) ПВХ изоляции и заполнителя кабеля *НУМ-Ж 3х2,5*, в) оболочки не содержащей галогенов провода *1х1,5*, г) оболочки, не содержащей галогенов, кабеля *ППГнг(А)-HF 3х1.5ок(Н, Рe)-1*. Горизонтальная ось – для УЗО ПС с комбинированным извещателем *JA-151ST*. Вертикальная ось – данные для УЗО ПС с газовым (Г), с щитовым (Щ) и с оптическим (О) извещателями.

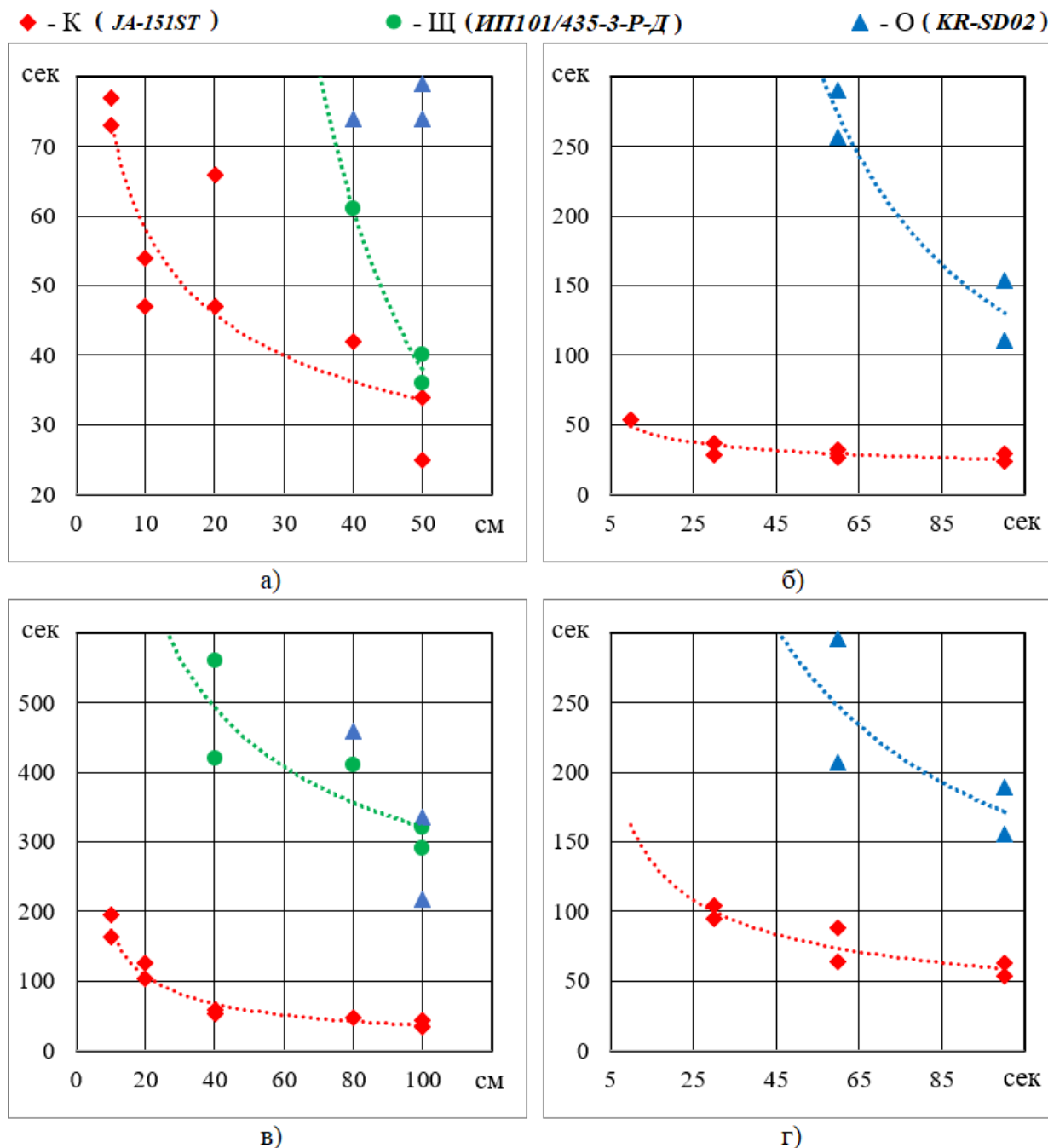


Рис. 41. Время срабатывания (сек) пожарного сторожа в зависимости от: а, в) длины повреждённой ПВХ-трубки на спирали (см) и б, г) длительности нагрева контакта проводников с ПВХ изоляцией (сек); а, б) данные опытов в дымокамере, в, г) данные опытов в пластмассовом щите (см. рис.34, 36). Ординаты К – для УЗО ПС с комбинированным извещателем, Щ – щитовым, О – оптическим.

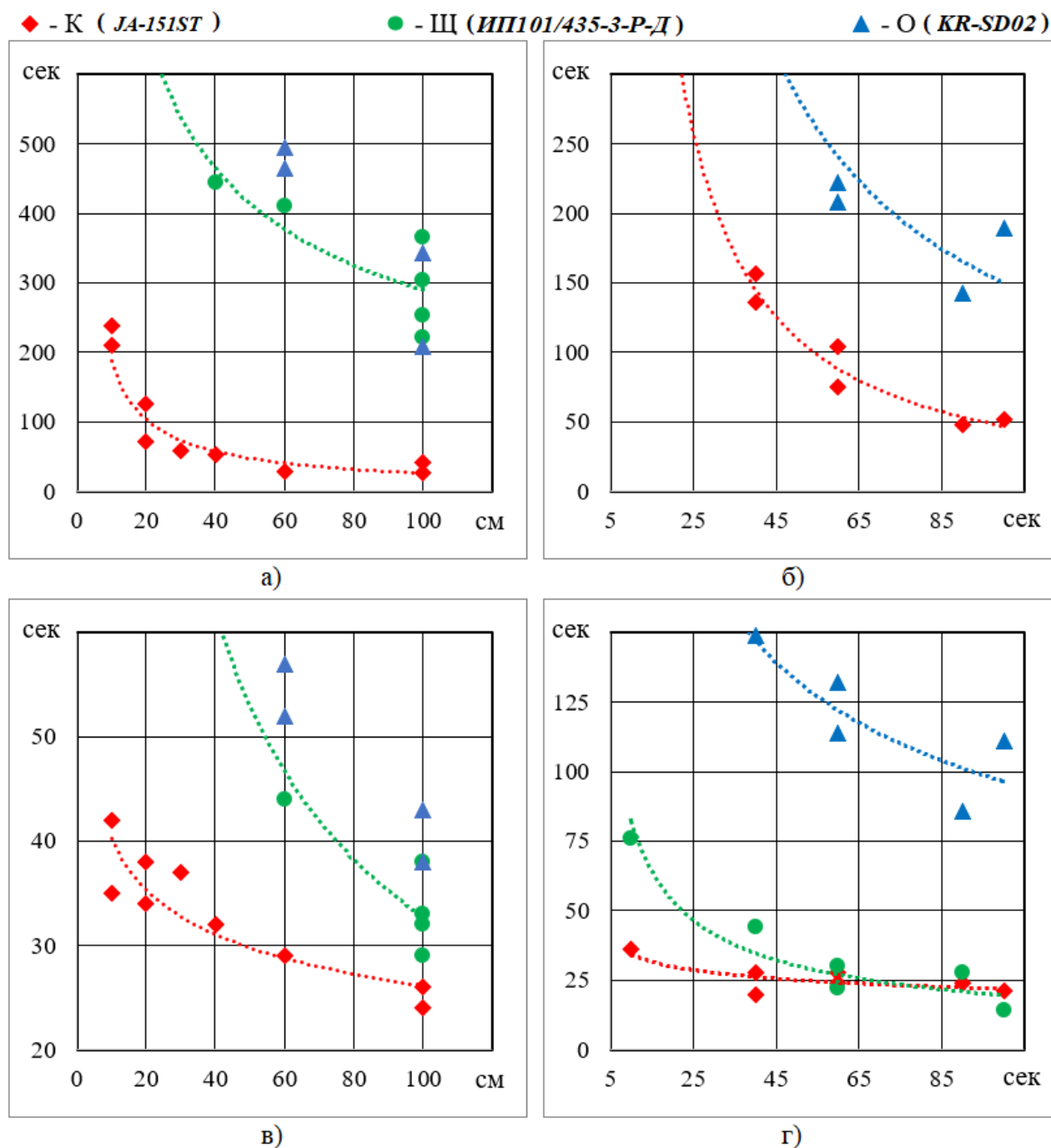


Рис. 42. Время срабатывания (сек) пожарного сторожа в зависимости от: а, в) длины повреждённой ПВХ-трубки на спирали (см) и б, г) длительности нагрева контакта проводников с ПВХ изоляцией (сек); а, б) данные опытов в электрощите 0,71 x 0,6 x 0,13 м (**IEK ЩРН-2х48з-0 36 УХЛЗ IP31 PRO**), в, г) данные опытов в электрощите 0,22 x 0,3 x 0,12 м (**IEK ЩРН-9з IP31**). Ординаты К – для УЗО ПС с комбинированным извещателем, Щ – с щитовым, О – с оптическим.

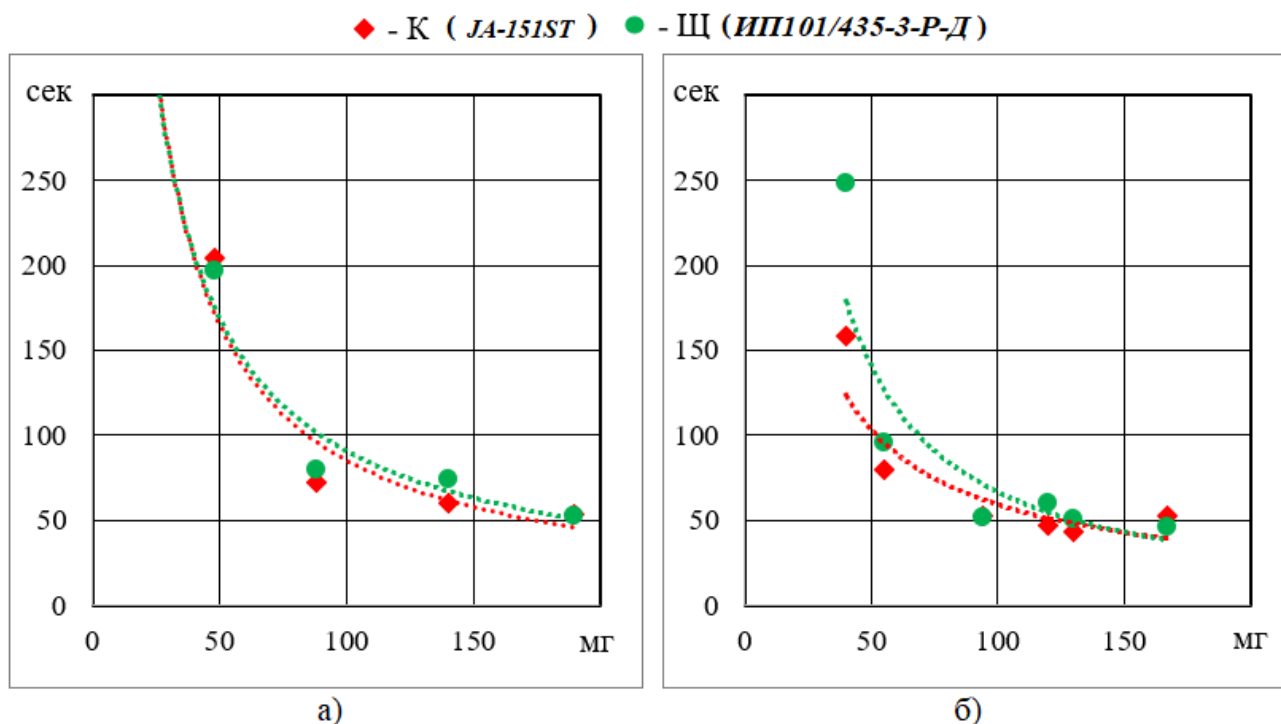


Рис. 43. Время срабатывания (сек) пожарного сторожа в зависимости от массы (мг) повреждений на спирали образцов: а) полиэтилена, б) АБС-пластика. К – для УЗО ПС с комбинированным извещателем, Щ – с щитовым. Данные опытов в пластмассовом щите (см. рис.34, 36, 37 а, б).

3.2.13 Также для практики представляют интерес результаты изучения реакции на пролив растительного масла (рис. 44, б). Процессы дымообразования (деструкция, испарение) при температуре 550°C здесь проходили быстрее, чем в опытах с тканью (рис. 44, а). Возгорания масла в выполненных опытах не было.

3.2.14 Соответственно сразу к нормативным указаниям⁷⁷ можно добавит рекомендацию по размещению извещателей (на расстоянии до 1,2 м по вертикали и до 1 м по горизонтали от потенциально опасной поверхности). При такой дистанции применение пожарного сторожа будет особо полезно в разных помещениях с электронагревательными приборами (в лабораториях, кухнях, гладильнях).

⁷⁷ - п. 13.3 СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования. С Изменением № 1, утв. Приказом МЧС России от 01.06.2011 г. № 274

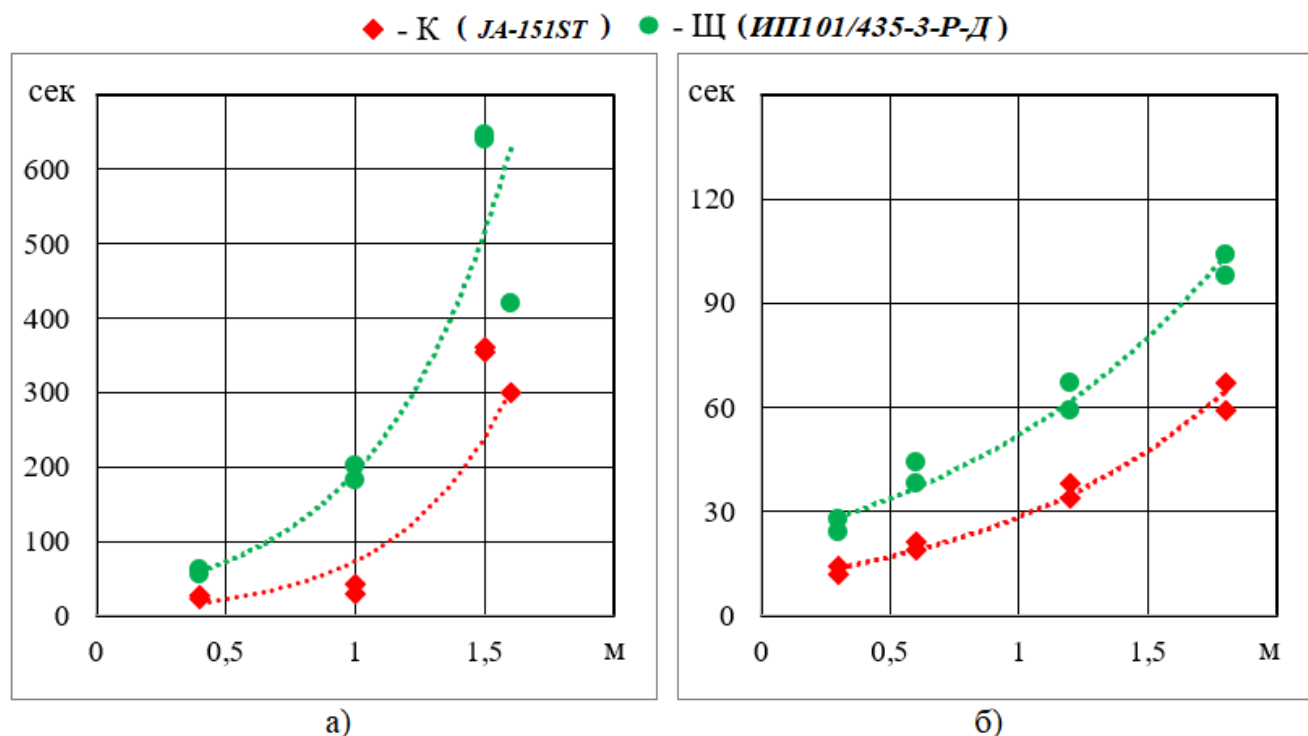


Рис. 44. Время срабатывания (сек) пожарного сторожа в зависимости от расстояния (м) по горизонтали между извещателями и электроплитой: а) при тлении и горении ткани, б) при деструкции растительного масла. Ординаты К – для УЗО ПС с комбинированным извещателем, Щ – щитовым. Расстояние по вертикали в опытах составляло 1,2 м.

3.2.15 Тестирование тепловых сенсоров пожарных извещателей и термостата в составе пожарного сторожа показало хорошую реакцию на повышение температуры всех комплектов (рис. 45). Для них была осуществлена фиксация скорости нагрева воздуха и соответствующего времени срабатывания. Хотя условия испытаний отличались от стандартных, к результатам добавлен требуемый коридор значений (стандартные линии тренда). Оказалось, что время срабатывания ближе к минимальному. Неожиданно пожарный сторож с термостатом показал даже лучшее время, чем ожидаемое для УЗО ПС с пожарными извещателями. Впрочем, термостат может выигрывать из-за настройки на заведомо меньшую температуру.

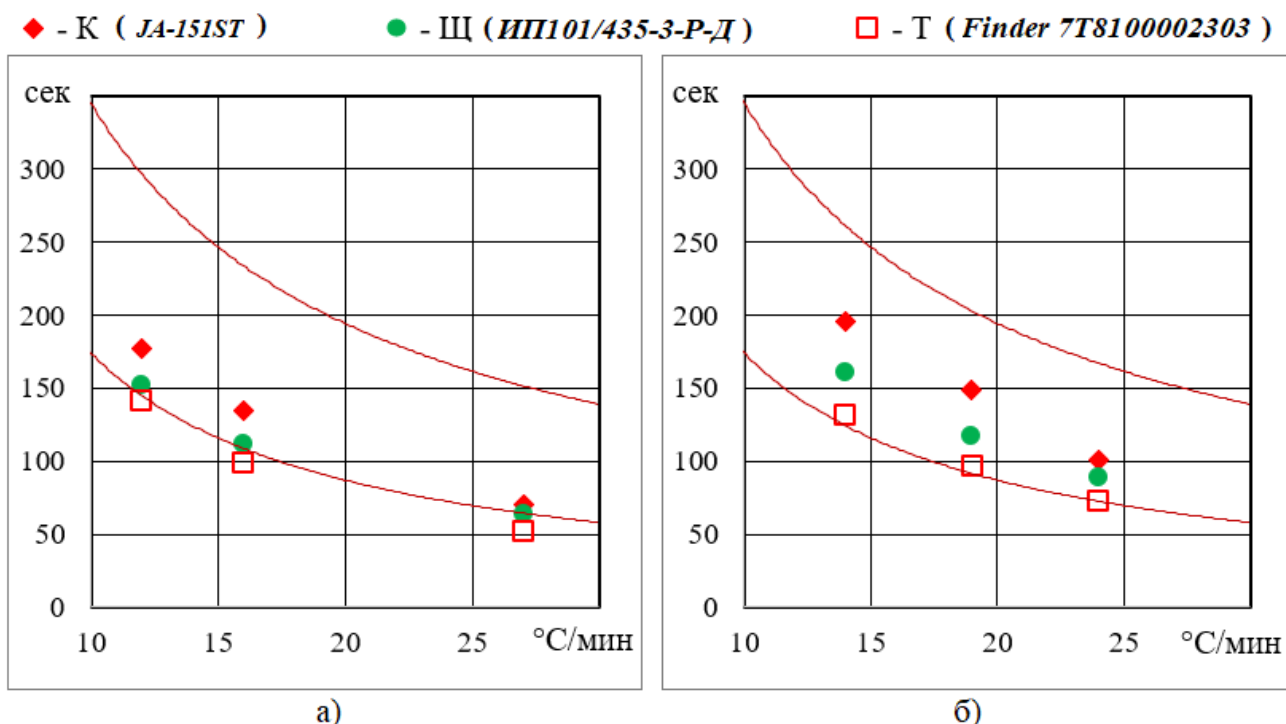


Рис. 45. Время срабатывания (сек) пожарного сторожа в зависимости от скорости нагрева воздуха ($^{\circ}\text{C}/\text{мин}$) при размещении извещателей: а) на стене помещения, б) на потолке. Сплошные линии тренда ограничивают стандартные значения максимального и минимального времени срабатывания извещателей температурного класса А2. Ординаты К – для УЗО ПС с комбинированным извещателем, Щ – с щитовым, Т – с термостатом, настроенным на температуру 50°C .

3.2.16 Положительный итог теплового теста позволяет уверенно рекомендовать и пожарные извещатели, и термостат для контроля в камерных условиях (в электрощитах, в приборных и телекоммуникационных стойках, серверных шкафах и т. д.). Предотвращение опасного перегрева оборудования, таким образом, будет исключать пожар и ограничивать развитие повреждений.

3.2.17 С одной стороны, представленное исследование лишь подтверждает заранее понятную зависимость эффективности пожарного сторожа от выбора датчиков, с другой стороны, показывает возможность предотвращения пожаров и аварий, что до испытаний не являлось очевидным.

3.2.18 Наблюдения основных и дополнительных экспериментов также поясним с помощью ориентированных графов, которые построены в соответствии с пособием ВНИИПО⁷⁸ и методикой [46] (см. рис. 46). Первичные причины и сценарии пожароопасных ситуаций здесь выбраны из обычного перечня: вершины показывают появление электрических и неэлектрических показателей нештатной работы электроустановок, а рёбра – процессы, протекающие в электрических цепях, и сопровождающие тепловые эффекты.

Важно отметить, что при любом сценарии маршрут графа проходит через проявление таких обычных признаков опасности, как плавление, пиролиз, тление, дым, пламенное горение, которые во многих случаях предшествуют появлению дугового пробоя или сверхтоков. Поэтому быстрое действие защитных устройств по электрическим показателям не реализуется. Так, прежде чем возникает дуговой пробой, могут пройти недели или месяцы, и нагрев соединения остаётся опережающим признаком неисправности.

Даже при первичном появлении дугового пробоя, токов утечки или сверхтоков в опытах чаще всего фиксировалось одновременное или последующее достаточное для срабатывания пожарных извещателей повышение температуры или появление дыма.

3.2.19 Защитные действия в опытах с УЗДП, а также с УЗО ПС, содержащим это устройство, отражены в табл. 11. Частота событий определена для стандартных диапазонов токов нагрузки (см. п. 3.1.2) с ограничением по номиналу УЗДП - 32 А. Полученные экспериментальные данные дополнены вероятностями срабатывания защиты при сверхтоках и токах утечки, которые устанавливаются сертификационными испытаниями.

К событиям с вторичными повреждениями относили самостоятельное горение изоляции и образование капель и (или) выбросов капель расплава материалов (металла проводников и изоляции) как горящих, так и не горящих. Эти признаки выбраны по аналогии с критерием для групп горючих материалов⁷⁹.

⁷⁸ Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов, изд. 2, М.: ВНИИПО, 2015, 230 с.

⁷⁹ - п. 6 Статьи 13 Федерального закона от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ (в ред. от 29.07.2017)

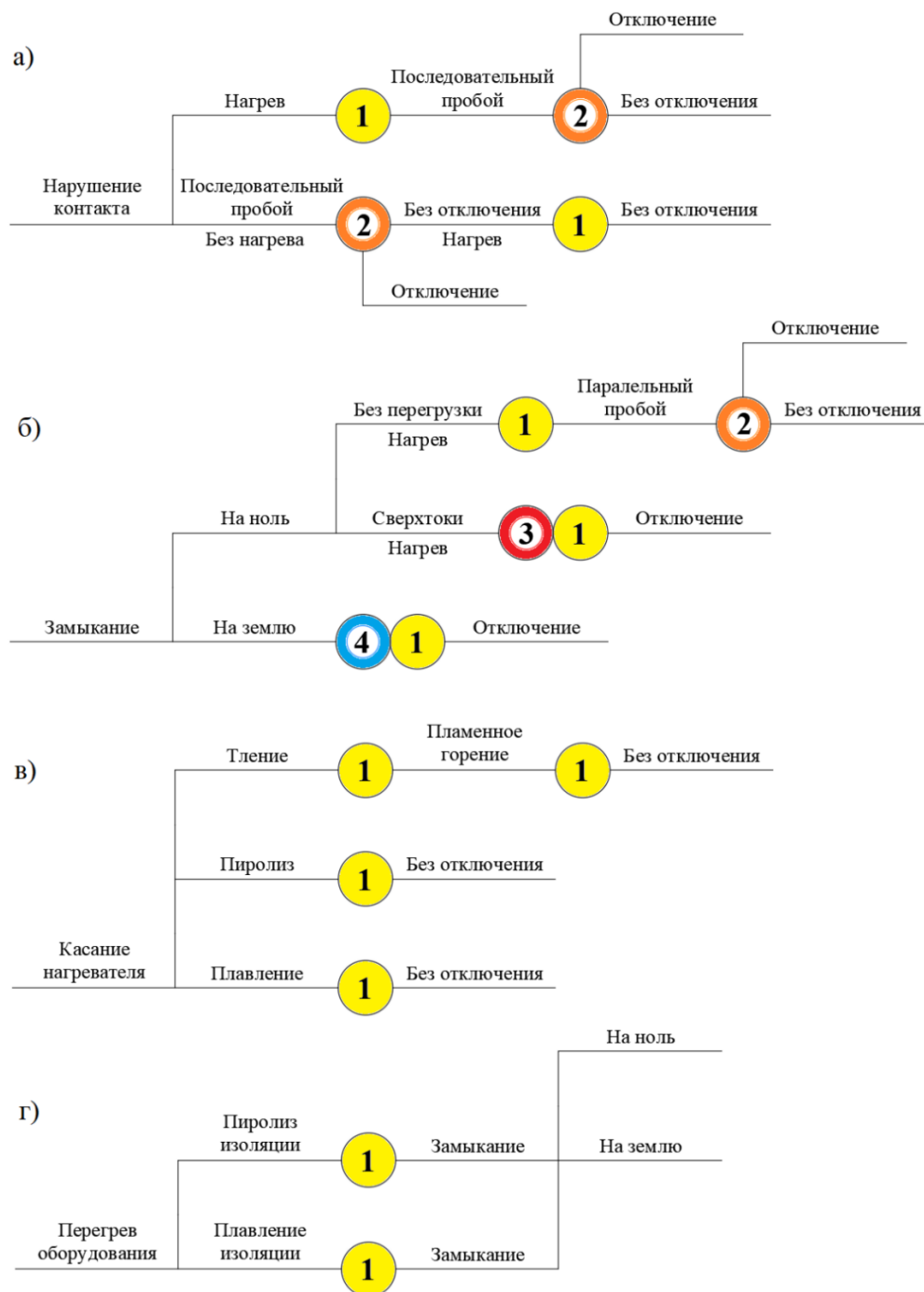


Рис. 46. Упрощенные типовые логические деревья событий при возникновении и развитии пожароопасных ситуаций электроустановок: а) при нарушении контакта, б) при замыкании, в) при касании горючих материалов и электронагревательных приборов или ламп накаливания, г) при перегреве оборудования, 1 – проявление неэлектрических показателей нештатной работы, 2 – появление электрических показателей дугового пробоя, 3 – появление сверхтоков, 4 – появление токов утечки. Дерево (б) может быть независимым или продолжением графа (г).

Затуханием тления считалось как полное отсутствие тления материалов, так и затухание тления ткани на электронагревателе.

Отсутствие дыма принималось в экспериментах, в которых второй извещатель не срабатывал в 2 раза дольше первого извещателя. В случае закрытых электрощитов второй извещатель находился сверху снаружи. В случае помещения второй извещатель располагался дальше первого на 0,5 м от источника зажигания.

В диапазоне сверхтоков защиту от дуги не тестировали, а для оценки эффективности пожарного сторожа выполнялись опыты с образцами кабеля и провода при перегрузке и коротком замыкании цепи.

По полученным данным о частотах событий можно отметить исключительно высокую эффективность пожарного сторожа в камерных условиях (при повреждениях в электрощитах), хорошую реакцию на опасные неэлектрические показатели работы электронагревательных приборов и практически 100% отключение из-за дымообразования во всех экспериментах.

Таблица 11

Частота событий, % от числа опытов в диапазоне токов нагрузки

Ток нагрузки, А	0,5...5*		5...10	10...16	16...32	36...46	96...160
Реакция защиты от сверхтоков**	0					100	
Реакция защиты от дуги ***	0		12	16	38	-	-
Реакция УДТ**	100						
Реакция УЗО ПС****	99	97	100	98	99	100	100
Отсутствие вторичных повреждений	99	97	89	80	74	79	80
Отсутствие пламенного горения	99	97	72	71	70	54	59
Затухание тления	99	97	57	44	48	29	37
Отсутствие дыма	76	7	0	0	0	0	0

* - левая колонка диапазона - для закрытых шкафов, правая - для открытых электронагревателей.

** - значения вероятности 0 и 1 подтверждают сертификационными испытаниями.

*** - УЗДП (модель **EATON AFDD-32/2/B/003-A**, характеристики см. табл. 1).

**** - УЗДП с радиореле и комбинированным извещателем **JA-151ST**.

3.2.20 С учётом представленных статистических данных и последовательностей событий можно обосновано судить о диапазонах полезного действия, которые намечены и проиллюстрированы диаграммами на рис. 47.

Для сравнения устройств примем бальную систему, упомянутую в п. 3.1.12.

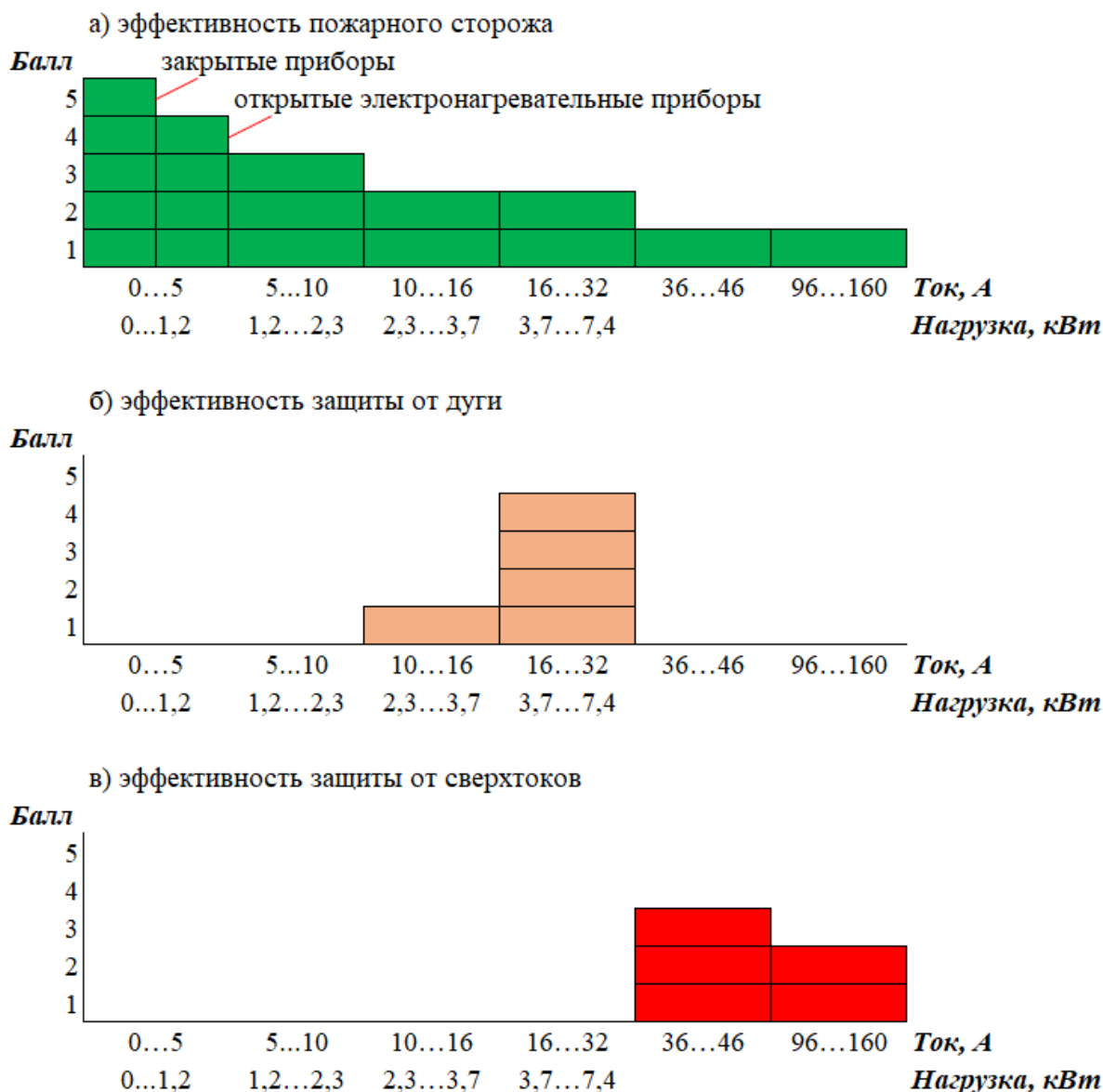


Рис. 47. Экспертно-статистическая оценка эффективности защиты электроустановок в зависимости от мощности (тока) нагрузки. Номинальный рабочий ток - 32А.

В отношении эффективности пожарного сторожа высокая оценка может быть дана в основном диапазоне самых распространённых нагрузок (жилого сектора, офисов, предприятий).

При любых токах нагрузки применение пожарного сторожа обеспечивает отключение электропитания, защиту от поражения электрическим током людей, в том числе пожарных, а также исключает повторное возгорание от электрического источника зажигания.

3.2.21 Работоспособность защитных устройств обнаружения дугового пробоя (УЗДП) на основании проведённых экспериментов можно положительно оценить в области, ближайшей к токам перегрузки. Это не означает, что детекторы дуги не работают в других диапазонах. Повторим, что при меньших токах дуга либо не образуется, либо не вносит искажений, отличных от электрических показателей работы исправных электроприборов. Проблема заключается не в устройствах обнаружения, а в самом процессе (в механическом, физическом и химическом взаимодействии проводников и среды). Следовательно, устройства пожарного сторожа и защиты от дуги могут логично дополнять друг друга, например, в случае эксплуатации любых нагревателей бытового назначения.

3.2.22 Обязательные устройства защиты от сверхтоков всегда могут быть дополнены устройствами пожарного сторожа, что однозначно повысит эффективность совместного полезного действия.

3.2.23 В случае организации производства все представленные результаты следует считать предварительными. Для каждой серийной конструкции пожарного сторожа рекомендуется проверка. Кроме того, в зависимости от условий эксплуатации желательно обосновывать режим испытаний (программу испытаний), а также разработать дополнительные стандартные методы и тестовые очаги.

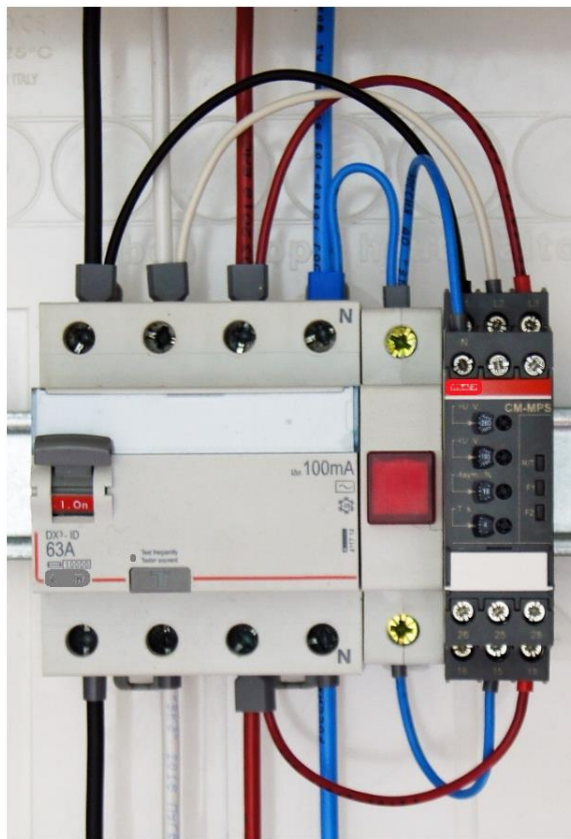
3.3 Перспективы средств автоматики на устройствах дифференциального тока

3.3.1 Принцип построения пожарного сторожа появился в результате эволюции устройств эксплуатационного контроля и тестеров (пробников) УДТ. Новое решение получено путём лаконичного соединения силовых и слаботочных компонентов. В рамках этого подхода тема предотвращения пожаров и аварий электроустановок средствами пожарной автоматики имеет неограниченный потенциал модернизации представленных вариантов. Одновременно возможно расширение области применения специализированных изделий, сочетающих функции УДТ и датчиков в одном приборе, либо систем, интегрирующих управление с контролем электрических и неэлектрических показателей.

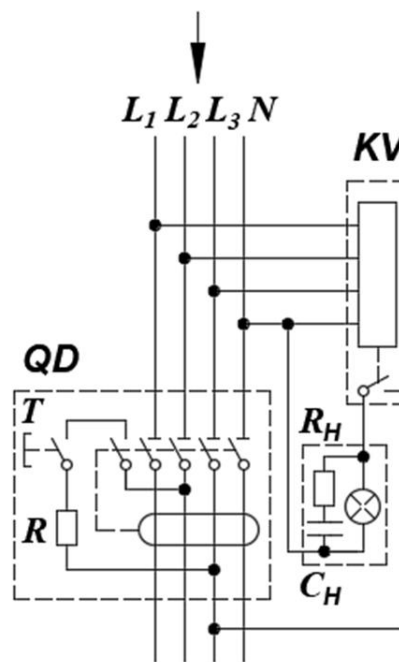
3.3.2 Пояснить перспективы можно на примере практически полезной модели аварийного выключателя, исключающего автоматическое повторное включение (см. рис. 48). Он содержит активно-ёмкостную нагрузку R_H, C_H с индикатором, а также параллельно подключенные к трёхфазной сети УДТ – QD и реле напряжения KV . При этом нормально разомкнутые контакты реле напряжения могут подключать нагрузку R_H, C_H между проводниками L_3 на выходе УДТ и N на его входе. Использование приёма построения пожарного сторожа здесь очевидно.

Работает выключатель следующим образом. Когда показатели электропитания и нагрузки находятся в допустимых пределах, контакт реле напряжения разомкнут, ток утечки в цепи нагрузки R_H, C_H отсутствует и контакты УДТ замкнуты. Электропитание подаётся потребителям. При токе утечке более 100 мА на стороне потребителя УДТ срабатывает в штатном режиме и электропитание отключается. При недопустимом отклонении показателей электропитания (напряжений и угла сдвига φ) или обрыве фазных или нейтрального проводников контакт реле напряжения замыкается, в цепи R_H, C_H возникает ток утечки, УДТ также срабатывает и электропитание отключается.

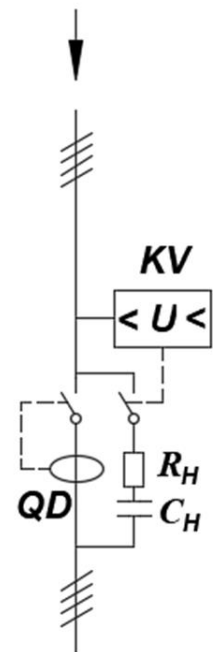
Такой выключатель рекомендуется в случае повышенной ответственности, когда перед включением требуется обязательное обследование и устранение неисправностей, а автоматическое повторное включение может привести к аварии или нарушает условия электробезопасности.



a)



6)



B)

Рис. 48. Контролёр электропитания трёхфазного сети с функцией защитного отключения:
а) макет, б) функциональная схема, в) однолинейная схема, **QD** – УДТ (УЗО, ВДТ) **Legrand DX³-ID 63A 100 mA, KV** – реле напряжения **ABB CM-MPS.21S**, **R_H**, **C_H** – активная и ёмкостная имитирующие нагрузки в корпусе с индикатором. Остальные обозначения см. рис. 1, 2.

3.3.3 По аналогии с представленным могут быть выполнены выключатели с релейной защитой по другим электрическим и неэлектрическим показателям. Везде, где применяются контакторы или расцепители, отключение без автоматического повторного включения несложно осуществлять с помощью УДТ. Так, противоаварийное отключение насосных установок можно обеспечить соединением УДТ с реле давления, уровня жидкости или датчиками-реле протечки. Соединением фотореле и УДТ легко получить защиту электрошита от дугового пробоя. Датчики-реле движения будут полезны в сочетании с УДТ в системах доступа. Концевые механические, ультразвуковые, лазерные дальномеры, выключатели или датчики-реле деформаций имеет смысл использовать с УДТ в грузоподъемных машинах, станках и другом технологическом оборудовании.

Для согласования работы датчиков с УДТ во многих вариантах рекомендуются серийные модули **ABB CM-SIS**, которые обеспечивают питание и анализ показаний сенсоров. Известен и доступный аналог – блок питания **ЭКМ БПУ-2 АС230В** с встроенным усилителем и реле.

Важно, что перечисленные комплекты будут сочетать функции защиты от токов утечки и противоаварийных или противопожарных выключателей, занимая меньше места (используя меньше устройств), чем альтернативные конструкции с контакторами или расцепителями.

3.3.4 Особые условия эксплуатации, например, в сейсмически опасных зонах, зонах возможного затопления или воздействия других природных явлений безусловно требуют противоаварийного отключения электроустановок. Во всех этих практических приложениях могут применяться обычные комплекты пожарного сторожа, но для раннего реагирования представляет интерес дистанционное управление УДТ с удалённой установкой специализированных сенсоров. Так, использование сейсмодатчиков на местности и в узлах конструкций позволит обеспечить отключение при превышении допустимых значений виброускорений, виброскоростей и виброперемещений.

Во время прохода фронта природных явлений всегда нарастает опасность поражения электрическим током, появления источников зажигания, развития повреждений оборудования, поэтому актуальным становится отключение с помощью пожарного (противоаварийного) сторожа в составе специализированной сигнализации.

3.3.5 Отдельная тема должна быть посвящена защитному отключению электроустановок газифицированных объектов. Поскольку в случае достижения взрывоопасных концентраций включение электропитания часто инициирует взрыв, будет полезно незамедлительное отключение УДТ по сигналу газового извещателя. В свою очередь, даже исправные газовые вводы и приборы увеличивают риск трансляции горения и взрыва, поэтому подачу газа необходимо прекращать при аварии электрооборудования и при пожаре.

Модификацию пожарного сторожа с функцией газового контроля можно назвать газовым сторожем и применять для одновременного отключения газа с помощью клапана и электропитания с помощью УДТ.

Следует учитывать, что отдельное перекрытие газа может оказаться недостаточным, поскольку неизвестно место утечки. Так, повреждение газового ввода может находиться и до клапана. Получается, что своевременное одновременное отключение газа и электропитания необходимо до выяснения и устранения причин нештатной ситуации.

Конкретно для конструирования газового сторожа возможна простая модернизация вилки приёмника (рис. 22), которая по сигналу не только пожарного, но и газового извещателя будет удалённо подключать нагрузку R_{HCH} и одновременно подавать электропитание на катушку газового клапана. Дополнительно вилку-приёмник можно запрограммировать для работы с ручным радиоканальным извещателем, ретранслятором, GSM-модулем и т. д., чтобы безопасно дистанционно инициировать отключение.

Компоненты предлагаемого газового сторожа будет полезно встроить в газовую плиту или водонагреватель, например, в них можно смонтировать приёмник, нагрузку R_{HCH} , клапан. Такое исполнение упростит эксплуатацию газового оборудования.

Техническое задание на современный газовый сторож должно содержать требование к обеспечению самоконтроля исправности и самопроверки контролируемого объёма. Это позволит противостоять действиям, совершаемым по неосторожности или намеренно. Указанную функцию следует сопровождать защищённой передачей сигналов в диспетчерскую службу, световым и звуковым оповещением, командами на закрытие клапана подачи газа и на отключение электропитания с помощью УДТ.

Газовый и пожарный сторож газифицированных объектов должен иметь взрывозащищённое исполнение. Соответствующее решение существенно упрощается за счёт удалённого отключения УДТ, например, при реализации схем из примеров Раздела 2.

Важно повторить, что совмещение функций обеспечит одновременное отключение и газа, и электропитания как при опасности пожара, так и при опасности взрыва. Особо полезным такое объединение будет в жилых многоквартирных домах.

3.3.6 Применение УДТ совместно с датчиками протечки воды может показаться излишним. По основному назначению УДТ и так отключает электропитание в случае соединения фазного проводника и заземления. Однако вода имеет довольно большое электрическое сопротивление, поэтому контакт через неё не всегда приводит к срабатыванию УДТ. Так, удельное сопротивление может иметь значения⁸⁰ для бутилированной воды – 89...99 Ом*м, для водопроводной – 21...25 Ом*м и даже для солёной – 2,2...2,4 Ом*м, что остаётся на 8 порядков выше, чем у меди ($\approx 1,8 \cdot 10^{-8}$ Ом*м).

Опасность протечек и затоплений для электроустановок легко проанализировать.

⁸⁰ - для конкретных проб воды, отобранных в рамках данного исследования

Например, с помощью графика зависимости тока утечки от влажности образца ткани (рис. 49) можно определить ток утечки через мокрую одежду человека.

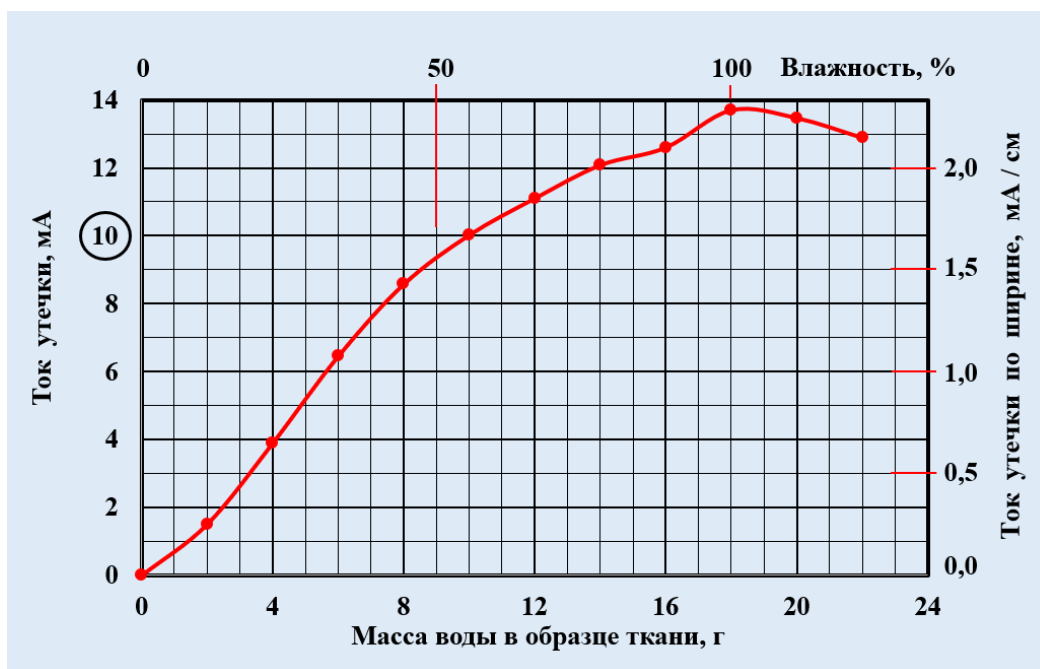


Рис. 49 Зависимость тока утечки через влажную ткань (одежду) от массы водопроводной воды в образце или от его относительной влажности⁸¹ при напряжении 230 В, расстоянии между электродами 0,1 м и ширине образца 0,06 м.

Этот ток часто окажется меньше минимального стандартного значения тока срабатывания – 10 мА, т. е. ожидаемого отключения электропитания не будет. Касание с проводниками само не приведёт к серьёзному поражению электрическим током, но вызовет неприятное ощущение, неконтролируемую реакцию, неожиданное падение, ушиб и т. п. Последствия могут оказаться со значительной степенью тяжести вреда, причиненного здоровью.

Аналогичный неблагоприятный сценарий следует предусматривать и в отношении повреждений электрооборудования, для которого незначительные токи утечки по цепочке неблагоприятных событий способны привести как к аварии, так и к пожару.

Получается, что датчик протечки необходимо предусматривать не только для перекрытия водопроводных кранов, но одновременно для отключения УДТ.

⁸¹ - по ГОСТ 3816-81. Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств (с Изменениями N 1-4)

В простейшем исполнении работоспособный сенсор протечки получается из двух электродов, между которыми выбирается достаточно маленькое расстояние (1...20 мм), тогда ток при напряжении 230В будет заведомо превышать ток срабатывания УДТ (10, 30 и даже 100 мА).

Более безопасный прибор должен содержать гальваническую развязку, допустим, трансформатор, который обеспечит напряжение на электродах 3...24 В.

Среди серийных изделий для управления УДТ доступен широкий выбор датчиков протечки с собственными приборами управления от различных изготовителей, также реле контроля уровня, например, **ABB CM-ENE** и т. д.

Поскольку при затоплении сетевое электропитание будет отключаться, важно предусматривать резервный источник (аккумулятор) для привода кранов.

Несложно указать и рекомендуемые места для установки предлагаемых средств автоматики. В первую очередь это будут помещения со стиральными, посудомоечными машинами, насосные, бойлерные, дренажные водоприёмники кондиционеров, системы орошения растений.

Для технической и экономической оценки предложения полезно то, что устройство дополнительной защиты от протечек и пожарный сторож во всех вариантах могут отключать общие УДТ путём параллельного присоединения любого количества различных датчиков.

3.3.7 Не ограничивая возможности наращивания функций, одновременно следует отметить постоянное обновление моделей самих УДТ. С точки зрения удобства внешнего управления уже отмечались конструкции, где предусмотрено удалённое включение внутренней нагрузки (эксплуатационного контроля). Представляется полезным и дополнение внутренней нагрузки сменным модулем, в том числе независимым от устройства эксплуатационного контроля, для подбора параметров (R_H , C_H) в зависимости от контролируемых показателей.

Другим известным направлением является встраивание УДТ в электроприборы, а также объединение нескольких УДТ, блокировка УДТ с розетками, вилками, коробками, удлинителями для переноса к точкам подключения. Очевидно, что во всех перечисленных случаях возможно отключение по универсальной технологии пожарного сторожа.

Особый интерес представляет исполнение приборов контроля в корпусах для монтажа на *din*-рейку. В настоящей публикации отмечена полезность такого конструктивного решения для термостатов и пока единственного пожарного извещателя **ИП101/435-3-Р-Д**. Предложения таких новых устройств, например, содержащих датчики дыма или других неэлектрических показателей позволит существенно расширить практику применения пожарного сторожа. Не исключая

аналогичного исполнения известных и новых детекторов электрических показателей, можно будет существенно повысить безопасность электрощитов, шкафов управления, серверов, другого корпусного оборудования.

3.3.8 Поскольку для автоматизации некоторых электроустановок необходимо обеспечить автоматическое повторное включение, следующей полезной модификацией УДТ может оказаться контактор⁸² с реле дифференциального тока⁸³.

Обратная задача, относительно рассмотренной, действительно существует, а управление с помощью токов утечки увеличивает выбор схем и упрощает совместное использование с датчиками.

Контактор с реле дифференциального тока может состоять из двух устройств или быть моноблочным (дифференциальным контактором).

Среди устройств автоматики наборы из датчиков с реле дифференциального тока окажутся вполне конкурентоспособными. Они найдут применение даже в высоковольтных установках, где дифференциальный контактор по сигналу датчика протечки воды способен включать привод высоковольтного расцепителя, например, при затоплении трансформаторной подстанции во время наводнения.

Включение и отключении подобных устройств будет обеспечиваться подключением (отключением) нагрузки $R_H C_H$ так же просто, как при управлении выключателем дифференциального тока. Следует ещё раз отметить, что особенно комплекты с удалённым (дистанционным) управлением будут содержать меньше компонентов и линий связи, чем аналогичные по функциям приборы с обычными контакторами.

3.3.9 Как уже отмечалось, УЗО ПС целесообразно применять благодаря широкому распространению УДТ (УЗО, ВДТ, АВДТ) для повышения безопасности, уменьшения числа устройств автоматики, экономии места в электрощитах и сокращения расходов на организацию противопожарной и противоаварийной защиты. Использование пожарного сторожа практически не требует изменения проектов и переделки существующих электросетей.

⁸² - п. 3.3.1 ГОСТ Р 50030.4.1-2012 (МЭК 60947-4-1:2009) Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 4. Контакторы и пускатели. Раздел 1. Электромеханические контакторы и пускатели

⁸³ - п. Н.2.1 ГОСТ Р 50030.4.1-2012 (МЭК 60947-4-1:2009)

Для иллюстрации всех преимуществ будут полезны схемы, по которым может быть реализовано отключение электроустановок (см. рис. 50).

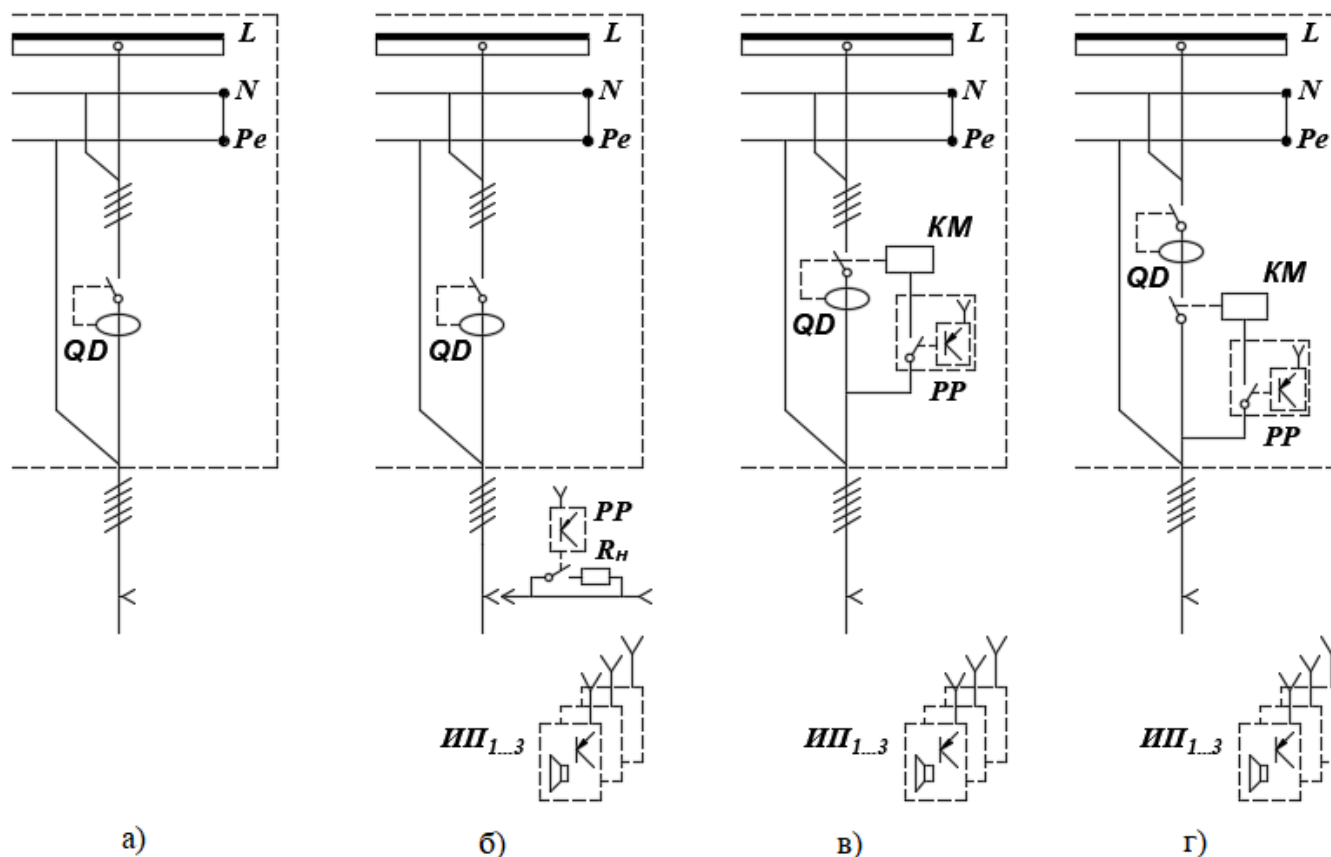


Рис. 50 Однолинейные схемы защитного отключения: а) исходная, б) с УЗО ПС, в) с размыкателем, г) с контактором, *QD* – штатное УДТ, *PP* – радиореле, *ИП_{1...3}* – извещатели.

Исходная схема (рис. 50, а) здесь содержит обязательное штатное УДТ (предусмотренное нормативными документами). Дополнение пожарным сторожем (рис. 50, б) и альтернативные решения с размыкателем (рис. 50, в) или с контактором (рис. 50, г) в зависимости от выбора извещателей позволяют контролировать любые неэлектрические показатели и обеспечить защитное отключение в случае обнаружения признаков опасности.

Сравнение схем сразу выявляет свободу использования пожарного сторожа и необходимость непростой адаптации альтернативных решений.

Полный перечень преимуществ и недостатков удобно представить в табличном виде с учётом вопросов проектирования, монтажа, эксплуатации и перспектив развития (см. табл. 12).

Таблица 12

Сравнение автоматики защитного отключения электроустановки по сигналу пожарных извещателей или противоаварийных датчиков

Условия сравнения	Используемые приборы управления с реле или радиореле		
	УЗО ПС	Размыкатель	Контактор
Подключение в сети с штатным УДТ	параллельное	электро-механическое	последовательное
Варианты и ситуации	Возможности		
Применение без изменения проекта	Да	Нет	Нет
Не требует выделения места в электрощите	Да	Нет	Нет
Подключение потребителем через розетку	Да	Нет	Нет
Удалённое размещение и отключение	Да	Нет	Нет
Независимая диагностика неисправностей	Да	Нет	Нет
Замена (ремонт) без отключения электросети	Да	Нет	Нет
Модернизация без реконструкции электросети	Да	Нет	Нет

На основе технических различий в конкретных проектах следует выполнять и экономическое обоснование. Очевидно, что стоимостные оценки решений с пожарным сторожем окажутся более выгодными.

3.3.10 Применение пожарного сторожа имеет несомненные перспективы в составе установок пожаротушения. И здесь необходимое объединение можно выполнить с сокращением общего количества компонентов. Как минимум, доступны общие извещатели, оповещатели и приборы управления. Также можно учитывать экономический эффект от объединения, но главное всё же заключается в повышении эффективности пожаротушения. Во-первых, возникает возможность своевременно отключить электрический источник зажигания, во-вторых, пожарный сторож исключит дополнительные риски при неблагоприятном развитии событий.

В будущем пожарный сторож, видимо, должен стать неотъемлемым компонентом автономных и аналогичных установок пожаротушения с ограниченным запасом огнетушащего вещества, поскольку именно они нуждаются в максимально рациональном применении и содействии других средств активной и пассивной защиты.

3.3.11 Интегрированные технологии, как и простейшие средства автоматики, могут быть реализованы с расширением функций УДТ. Одно из таких решений предлагается для технологической линии вакуумной формовки пластмасс (см. рис. 51).

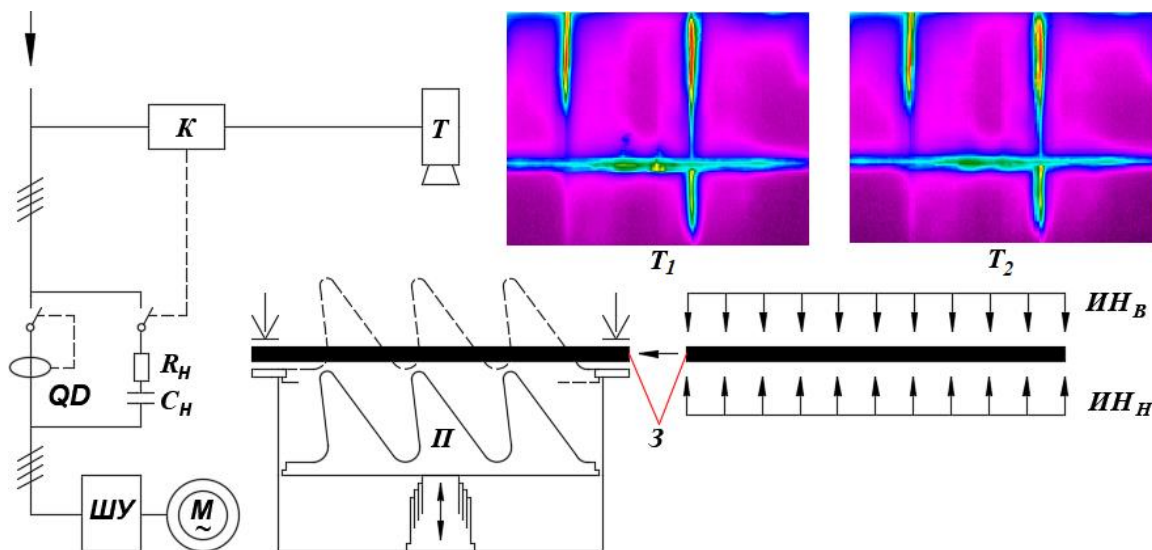


Рис. 51. Схема тепловизионного контроля и отключения линии формовки пластмасс: T_1 – термограмма эталона, T_2 – термограмма заготовки, T – термограф *ИРТИС 2000*⁸⁴, K – реле-компьютер, R_H , C_H – активная и ёмкостная имитирующие нагрузки, QD – УДТ, $ШУ$ – шкаф управления, M – электропривод, Π – пуансон, $З$ – заготовка, $ИИВ$, $ИИН$ – верхний и нижний инфракрасные сотовые нагреватели.

Контрольно-отключающая часть этой линии содержит термограф T , связанный с реле-компьютером K , нагрузку R_H , C_H и устройство дифференциального тока QD .

На упрощённой схеме к технологическому оборудованию относятся инфракрасные нагреватели $ИИВ$, $ИИН$, вакуумный стол с поднимающимся пуансоном Π , электропривод M и шкаф управления $ШУ$.

Работает линия следующим образом. Листовая заготовка размещается между верхним $ИИВ$ и нижним $ИИН$ нагревателями, которые состоят из отдельных сот и в общем случае запрограммированы на определённую неравномерную картину нагрева, поскольку для пуансона Π сложной формы температуры в разных точках заготовки должны отличаться. После нагрева заготовка перемещается и прижимается к столу с пуансоном Π .

В этот момент термограф фиксирует термограмму заготовки T_2 . Другая (эталонная) термограмма T_1 имеется в памяти компьютера. Она записывается при настройке линии. Если

⁸⁴ - изготовитель ООО «ИРТИС/IRTIS», <http://www.irtis.ru/>

отличие термограмм во всех точках поля зрения не превышает 5°C , то пуансон поднимается с помощью электропривода *М*, далее из стола откачивается воздух и происходит вакуумное формование заготовки на пуансоне. Конечная форма изделия условно показана пунктирной линией.

Если возникают недопустимые температурные аномалии, в цепи нагрузки *R_н*, *C_н* реле компьютера замыкает контакты, возникает ток утечки, срабатывает УДТ и электропитание шкафа управления *ШУ* отключается. Соответственно формовка не происходит пока персонал не произведёт необходимую корректировку настроек.

Данный метод исключает какую-либо задержку по сравнению с измерением температур датчиками и одновременно охватывает всю контролируемую поверхность [47], что полностью соответствует требованиям к высокопроизводительному технологическому процессу.

3.3.12 Вторым примером противоаварийного отключения с тепловизионным контролем может быть автоматизация процесса огнезащиты стыков строительных конструкций [48], где непрерывный прогрев терморасширяющегося уплотнителя должен быть прекращён при возникновении температурной аномалии, и поэтому приборная часть схемы практически совпадает с рассмотренной (рис. 51).

3.3.13 Периодические технологические процессы также можно сопровождать тепловизионным контролем. Поскольку температуры будут меняться во времени, вместо эталонных термограмм для сравнения потребуются эталонные термофильмы, а приборная часть схемы останется прежней.

Важно, что записи термофильмов содержат больше информации, чем записи обычного видеонаблюдения, и более полезны для расследований аварий и пожаров. С помощью такой технологии контроля можно не только своевременно отключать УДТ, но и устанавливать причины недопустимых отклонений.

3.3.14 Наравне с процессорами-анализаторами теплового (инфракрасного) излучения совместно с УДТ могут использоваться микропроцессорные спектрофотометры. Так, контролёром биореактора может стать многоточечный прибор для анализа жидкой фазы газожидкостного слоя, где устойчивые отражения получают с помощью насадок с рёбрами на оптико-волоконных световодах [49]. Непрерывное сравнение текущих и эталонных спектров позволит исключить технологические ошибки, а в критических ситуациях приостановить подачу

реагентов. Понятно, что для периодических технологий эталонные спектры следует снимать с учётом динамики процессов. Приборная часть схемы отключения электропитания и здесь повторяет рассмотренную (рис. 51).

3.3.15 Как известно, в настоящее время значительные успехи достигнуты в распознавании образов на основе зрительной, слуховой, тактильной и др. информации. Точность технологий идентификации в этой области по надёжности уже достигает и в ряде случаев перекрывает уровень традиционных физических и физико-химических методов. Для электроустановок представляют интерес интеллектуальные устройства анализа изображения и звука, поскольку соответствующие образы могут восприниматься практически без задержки. Именно с такими анализаторами наиболее целесообразно осуществить построение новых пожарных и противоаварийных систем автоматики на УДТ.

3.3.16 Распознавание звуковых образов эхолокации при подводных работах аналогично можно рекомендовать для применения в приборах автоматики на УДТ для «затопленных» технологических процессов. Следует заметить, что использование звуковых датчиков предлагалось ещё в патенте [2]. Звуковой и вне звуковой диапазоны передачи сигналов управления практически интересны в средах и ситуациях, препятствующих использованию других технологий. Также применение акустических приборов обосновано, если соответствующий сигнал формируется как первичный. Например, при ударе, хлопке, сработке sireны, управлении голосом и т.п. можно не преобразовывать звук в радиосигнал, а непосредственно принимать прибором управления для отключения УДТ. На коротких дистанциях это известное упрощение обеспечит технический и экономический эффект.

3.3.17 Критические ситуации, в которых требуется незамедлительное отключение или изменение программы действий, могут иметь место при эксплуатации роботов промышленного и бытового назначения, а также роботизированных производственных линий. В связи с этим расширение функций УДТ в робототехнике представляется логичным для реализации противоаварийных и противопожарных алгоритмов. На начальном уровне аналогичные контролёры будут полезны и для обеспечения обычной электробезопасности. Первичные сигналы для соответствующих приборов управления могут снимать самые различные датчики: от простейших концевых выключателей и антистатических браслетов до сенсоров биотоков (по электрическим показателям), детекторов звука, вибрации и т.д. (по неэлектрическим

показателям). Таким способом любое оборудование может переводиться в сервисный режим при намеренном или случайном вмешательстве человека.

3.3.18 УДТ в интегрированных системах могут показаться малозначительными (не стоящими внимания) вариантами оконечных устройств. Однако приёмно-аналитические приборы, по мере освоения их массового выпуска уже сейчас становятся доступными для применения даже в быту. Постепенно и камеры с встроенной тепловой, спектральной, образной аналитикой можно будет использовать наравне с обычными датчиками. Для доказательства в истории уже достаточно соответствующих примеров. Одним из первых следует назвать распространение разнообразных дешёвых сенсоров биометрического контроля. С учётом экономической оценки и технической эффективности, можно предполагать, что рассмотренный принцип дополнения функций УДТ останется в фокусе внимания разработчиков.

3.3.19 Основным преимуществом контроля электрических показателей пока является непревзойдённое быстродействие, которое, впрочем, часто обесценивается из-за того, что перегрузки и пробой возникают после длительного периода предварительных незамеченных повреждений. На современном этапе понимание последовательности событий уже позволяет дать расширенные рекомендации по применению пожарного сторожа. Оставшиеся сложные ситуации всё же требуют уменьшения времени срабатывания.

3.3.20 Прототип быстродействующего пожарного сторожа несложно разработать объединением УДТ и существующих извещателей пламени, работающих в разных частях спектра излучения источников зажигания. Важно, что накоплен большой опыт повышения интеллектуальной составляющей подобных систем управления, в том числе при построении роботизированных установок пожаротушения⁸⁵. Следовательно, переход на камеры и отказ от инерционных (тепловых, газовых, оптико-электронных) сенсоров – дело времени, и в ближайшем будущем позволит подняться на принципиально новый уровень безопасности.

3.3.21 Объективно потенциал возможностей контролёров неэлектрических показателей оказывается значительно выше, чем у электрических детекторов. Для доказательства представляется полезной теорема о том, что при определённых условиях информация о

⁸⁵ - см. изделия ООО "Инженерный центр пожарной робототехники "ЭФЭР" <http://www.firerobots.ru/>

внутренних явлениях будет ограниченным множеством по отношению к неограниченному внешнему. Необходимые и достаточные условия синтезируются в соответствии с содержанием предметов электротехники и пожарной безопасности.

В целом намечаются достойные и конкретные перспективы. Это и послужило поводом сформулировать темы будущих исследований и разработок.

Список литературы

1. Мельников В.С., Мельников М.В. / Пожарная безопасность электросетей, объединение функций устройств защитного отключения и компонентов пожарной сигнализации / Актуальные проблемы пожарной безопасности: тез. докл. XXX Междунар. науч.-практ. конф. М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2018., с. 314-317.
2. Мельников В.С., Молчанов М.В. Способ предотвращения развития пожара электроустановки // Патент на изобретение RU 2454258, Опубликовано: 27.06.2012 Бюл. № 18. http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=3574&DocNumber=2454258&TypeFile=html
3. Мельников В.С. Пожарный сторож - имитатор повреждения изоляции противопожарного устройства защитного отключения электроустановки // Патент на полезную модель RU 133746, Опубликовано: 27.10.2013 Бюл. № 30. http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPM&rn=8597&DocNumber=133746&TypeFile=html
4. Аверьянов Г.В., Колесник И.В., ТИШКОВ А.А. / Система контроля состояния электрической изоляции в сетях напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью // Электроэнергетика глазами молодежи – 2017, Материалы VIII Международной научно-технической конференции. Самарский государственный технический университет (Самара), с. 231-234 https://elibrary.ru/download/elibrary_30109351_55544869.pdf
5. Чекмарев А. / Датчики тока и напряжения АВВ - от печатной платы до преобразователей-гигантов // Силовая электроника, 2006, т. 3 № 9, с. 56-57 https://elibrary.ru/download/elibrary_15248382_92204873.pdf
6. Ланге Э. / Датчики тока компенсационного типа // Силовая Электроника, 2014, т. 3 № 48, с. 44-46 https://elibrary.ru/download/elibrary_21618393_30001656.pdf
7. Буре И.Г., Хевсуриани И.М. / Особенности построения защиты от токов однофазного короткого замыкания в распределительных сетях до 1 кв. // Вестник московского энергетического института, 2010, №5, с.48-53 https://elibrary.ru/download/elibrary_15515778_68165414.pdf
8. Коренев Н.П., Дыбленко И.И. / Защита от утечек тока с помощью узо и реле утечки в трехфазных электрических сетях // Вестник АГТА № 5, 2011, с.54-58
9. Оськин С.В., Мирошников А.В., Суханов Д.А., Халачян А.Ж. / Энергоэффективные комбинированные устройства защиты от аварийных режимов работы электроустановок // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность, 2017 № 31 (3) с. 66-72 https://elibrary.ru/download/elibrary_30296067_79357736.pdf
10. Корнилов А.А., Бородин А.А., Мосяков М.В. / О необходимости применения автономных установок пожаротушения для защиты электрических шкафов // Проблемы

обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, 2017, т.1, с.368-373 https://elibrary.ru/download/elibrary_34886451_58247506.pdf

11. Chen Ji, / Kitchen fire extinguishing systems // Rotarex valves shanghai co ltd, Patent CN206979894 (U) - 2018-02-09

12. Бородин А.А., Корнилов А.А., Зыков П.И., Булатова В.В. / Испытания автономных аэрозольных установок пожаротушения для защиты электрических шкафов // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, 2017, т.1, с.340-342 https://elibrary.ru/download/elibrary_34886440_22717721.pdf

13. Груздев А.Г., Кайдалов В.В., Кучин Д.В., Неверов К.А., Шейтельман Г.Ю., Осипков В.Н. / Генераторы газового пожаротушения "ТУНГУС" - новое техническое решение в области газового пожаротушения // Территория нефтегаз, 2012, №4, с.40-42 https://elibrary.ru/download/elibrary_17727836_90573403.pdf

14. Пушкин В.А. / Применение автономных установок газового пожаротушения для противопожарной защиты приборных и электротехнических шкафов // Территория нефтегаз, 2006, № 11, с.38-43 https://elibrary.ru/download/elibrary_15175242_69665048.pdf

15. Корнилов А.А., Бородин А.А., Зыков П.И., Лазарев И.С., Булатова В.В. / Испытания автономных установок пожаротушения с микрокапсулированным огнетушащим веществом для защиты электрических шкафов // Техносферная безопасность, 2017, №4(17), с.15-23 <http://uigps.ru/sites/default/files/jurnal/%D0%A2%D0%91%2017/3.pdf>

16. Смелков Г. И., Рябиков А. И., Дмитриева Т. М. / Электрические источники зажигания и причины пожаров // Пожарная безопасность, 2016, №3, с.145-149 <https://elibrary.ru/item.asp?id=26731716>

17. Грачева Е.И., Лазаревич А.С. / Исследование теплофизических процессов в замкнутых контактах низковольтных коммутационных аппаратов // Проблемы энергетики, 2004, № 5-6, с. 102-106 https://elibrary.ru/download/elibrary_20225640_50786416.pdf

18. Черкасов В.Н., Костарев Н.П. / Пожарная безопасность электроустановок // Изд. 4-е, М.: Академия ГПС МЧС России, 2002, 377с.

19. Верёвкин В., Смелков Г., Пехотиков В. / К вопросу об оценке пожарной опасности контактных соединений в электрических цепях // Электроэнергия. Передача и распределение, 2016, №1(34), с. 82-85 https://elibrary.ru/download/elibrary_25738956_83737161.pdf

20. Jian-Hua Du, Ran Tu, Yi Zeng, Leng Pan, Ren-Cheng Zhang / An experimental study on the thermal characteristics and heating effect of arc-fault from Cu core in residential electrical wiring fires // PLOS, Published: August 10, 2017, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182811>

21. Монаков В.К., Кудрявцев Д.Ю., Смирнов В.В. / Расчет времятоковой характеристики устройства защиты от дугового замыкания/пробоя на основе модели последовательного дугового замыкания при обрыве проводника кабеля // Пожаровзрывобезопасность // 2016, т. 25 № 11 с. 45-50 <https://www.fire-smi.ru/jour/article/view/616/384>

22. Згарбул А.В., Бершадский И.А., Ковалёв А.П. / Пожарная опасность раскаленных частиц алюминиевых токопроводящих жил при коротких замыканиях в электропроводках // Вестник Института гражданской защиты Донбасса, 2016, т. 2 (6), с. 21-30. <https://elibrary.ru/item.asp?id=32670218>
23. Кривов Ю.Н., Тонкий Л.В., Царев А.Б. / Способ предупреждения пожара от искрения в электрической сети или электроустановке и устройство для его осуществления // Патент RU 2374691, Опубликовано: 27.11.2009, Бюл. № 33
24. Королев И.В., Кондратьева О.Е., Валуев П.В., Локтионов О.А. / Анализ целесообразности применения устройств обнаружения дугового пробоя для комплексной защиты от пожаров, вызванных неисправностями электрооборудования // Электроэнергия. Передача и распределение, 2018 т. 2(47) с.128-131. <https://elibrary.ru/item.asp?id=32777415>
25. Барботько С.Л., Вольный О.С. Оценка тепловыделения при горении электрических кабелей / Пожаровзрывобезопасность // 2016, т. 25 № 11 с. 35-44. <https://www.fire-smi.ru/jour/article/view/615/383>
26. Смелков Г.И., Рябиков А.И., Назаров А.А., Варламкин А.А., Грузинова О.И. / Оценка и обеспечение пожарной безопасности электропроводок в деревянных жилых домах // XXIX международная научно-практическая конференция, посвященная 80-ЛЕТИЮ ФГБУ ВНИИПО МЧС РОССИИ, Материалы конференции, 2017, с. 79-82 https://elibrary.ru/download/elibrary_29942745_50693032.pdf
27. Смелков Г.И., Рябиков А.И., Дмитриева Т.М. / Новое в нормировании требований пожарной безопасности электропроводок // Актуальные проблемы пожарной безопасности. Материалы XXVII Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию МЧС, М. ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2015, с.336-342 https://elibrary.ru/download/elibrary_23683947_79088570.pdf
28. Shengli Ren, Wengui Liu, Yue Jiang / Intelligent fire-fighting polling device // Patent CN201042573 (Y), 2008-04-02
29. Бельчикова О.Г., Болтенков А.А., Сарсенбаев Е.А., Шерышев В.П. / Передаточная функция интеллектуального датчика температуры контактной поверхности электрического контакта // Вестник алтайского государственного аграрного университета, 2017, №1(147), с.161-168 https://elibrary.ru/download/elibrary_28162617_50316750.pdf
30. Пехотиков В.А., Назаров А. А., Горбачев А. В., Деревянко А.В. / Обеспечение пожарной безопасности электроустановок жилых и общественных зданий с применением методов тепловизионного контроля // Пожарная безопасность, 2011, №1, с.118-123 <https://elibrary.ru/item.asp?id=15608223>
31. Леонов А.П., Болгова В.А. / Визуализация мест локального перегрева изоляции кабелей // Наукоедение, 2014, №2(21), 8 с. https://elibrary.ru/download/elibrary_21807403_98912026.pdf

32. Лесив А.В. / Система для сигнализации о предпожарной ситуации // Патент RU 2596953 Опубликовано: 10.09.2016 Бюл. № 25
33. Лесив А.В. / Способ обнаружения предпожарных ситуаций, возникающих из-за неисправностей в электрической цепи // Патент RU 2596954 Опубликовано: 10.09.2016 Бюл. № 25
34. Сайдулин Е.Г., Соколов А.В., Васильев А.А., Лукьянченко А.А. / Извещатели пожарные газовые. Принципы работы // Новосибирск, Москва, 2015 г., 60 с.
35. Сазонов С.Ю., Титенко Е.А., Фролов С.Н., Ефремова О.В. / Система сверхраннего обнаружения пожаров на основе регистратора наночастиц // Физика и технология наноматериалов и структур. Материалы Международной научно-практической конференции. Юго-Западный государственный университет. Курск, 2013, с. 72-75
https://elibrary.ru/download/elibrary_22865545_61916940.pdf
36. Васин Е.Н., Серов Д.А. / Датчик электрической дуги // Патент на полезную модель RU 172284, опубликован 04.07.2017, Бюл. 19
http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPM&rn=8221&DocNumber=172284&TypeFile=html
37. Малина Е.А. / Пожарная безопасность космических аппаратов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики, 2013 № 9, с. 248
https://elibrary.ru/download/elibrary_22602317_83478982.pdf
38. Myllymaeki Matti / Accessory controlling and tracking the operation of household appliances and entertainment equipment // Patent FI20050285 (A) — 2006-09-18, FI20050000285 – 2005-03-17, FI117526 (B) – 2006-11-15
39. Myllymaeki Matti / Alarm device for kitchen range has identification electronics to effect activation of alarm or control relay as rates of change in temperatures and/or temperature difference, and/or temperature difference exceeds given value // Patent FI117878 (B) - 2007-03-30, FI20060000053 - 2006-01-20
40. Myllymaeki Matti / Method and device for monitoring the safe use of a cooker // Patent FI125053 (B) - 2015-05-15, FI20140005016 - 2014-01-10
41. Устройство диагностики и мониторинга состояния пожароопасности электрических сетей энергоснабжения объектов, Полезная модель RU 126876, опубликовано 10.04.2011, бюллетень № 10
http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPM&rn=4698&DocNumber=126876&TypeFile=html
42. Фролов С.Н. / Метод, модель и алгоритмы анализа и оценки рисков возникновения пожароопасных ситуаций в электросетях на основе многоагентного подхода // Диссертация ... кандидата технических наук. Юго-Зап. гос. ун-т, Курск, 2014. - 178 с.
<https://dlib.rsl.ru/viewer/01005556440#?page=19>

43. Левчук С.А., Левчук М.С., Кокшин В.В., Павлов А.М./ Пожаротушение без проводов экономика и надежность // XIX международная научно-практическая конференция, посвященная 80-летию ФГБУ ВНИИПО МЧС РОССИИ, Материалы конференции, 2017, с. 358-361 https://elibrary.ru/download/elibrary_29942834_42461526.pdf
44. Мельников В.С., Кириллов С.В., Мельников М.В., Васильев В.Г., Ванин С.А., Потемкин С.А. / Пожарно-структурная экспертиза повреждений теплоизоляционных материалов из минеральной ваты и пенополиизоцианурата // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №3 (2016), 52 с. <http://naukovedenie.ru/PDF/96TVN316.pdf>
45. Филаретов М., Сайдулин Е., Соколов А. / Газовые пожарные извещатели в проекте новой редакции СП5.13130 // ОПС-2014, с. 42-45 <http://www.etra.ru/docs/IPG%20kOPS2014.pdf>
46. Никольский О.К., Мартко Е.О., Овечкина Ю.А. / Принципы оценки и управления пожарными рисками в электроустановках производственных объектов // Безопасность жизнедеятельности, № 6(210), 2018, с. 31-40 <https://elibrary.ru/item.asp?id=35153790>
47. Мельников В.С., Хасанов И.Р., Кириллов С.В., Васильев В.Г., Ванин С.А., Щербаков М.И., Гарсков Р.В. / Термографирование при огневых испытаниях фрагментов зданий и строительных конструкций // Пожарная безопасность. 2015. №3. С. 83-90. <http://elibrary.ru/item.asp?id=24278239>
48. Мельников В.С., Васильев В.Г., Ванин С.А. Способ огнезащиты стыков строительных конструкций // Патент на изобретение RU 2562301, Опубликовано: 10.09.2015 Бюл. № 25 http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=7540&DocNumber=2562301&TypeFile=html
49. Мельников В.С., Глейкин С.Е., Мельникова О.В., Фролов М.П., Круглов С.А., Молоканов Ю.К. Колориметр для оптического анализа жидкой фазы в газожидкостных потоках // Авторское свидетельство СССР № 819592, опубликовано 07.04.81. Бюллетень М 13, <http://www.findpatent.ru/patent/81/819592.html>

References

1. Melnikov V.S., Melnikov M.V. / Fire safety of electrical networks, combining the functions of residual current devices and fire alarm components // Actual problems of fire safety: mes. report XXX Intern. scientific-practical conf. M.: FGBU VNIPO EMERCOM of Russia, 2018., p. 314-317.
2. Melnikov V.S., Molchanov M.V. / Method to prevent development of electric plant fire // Patent RU 2454258, Date of publication: 27.06.2012 Bull. 18. http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=3574&DocNumber=2454258&TypeFile=html
3. Melnikov V.S. / Fire guard - simulator damage to the insulation of a fireproof protective device off electrical installation // Patent RU 133746, Date of publication: 27.10.2013 Bull. 30. http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPM&rn=8597&DocNumber=133746&TypeFile=html
4. Aver'janov G., Kolesnik I., Tishkov A. / System of electrical insulation state control in networks with voltages up to 1000 volts with dead-earthed neutral // Electric power industry through the eyes of youth - 2017, Materials of the VIII International Scientific and Technical Conference. Samara State Technical University (Samara), p. 231-234 <https://elibrary.ru/item.asp?id=30109351>
5. Chekmarev A. ABB current and voltage sensors - from the printed circuit board to giant converters // Power Electronics, 2006, v.3, No. 9, p. 56-57 <https://elibrary.ru/item.asp?id=15248382>
6. Lange Erik / Compensation-type current sensors // Power Electronics, 2014, v. 3, No. 48, p. 44-46 <https://elibrary.ru/item.asp?id=21618393&>
7. Bure I.G., Chevsuriani I.M. / Peculiarities of protection arrange against the short-circuit single-phase currents in distribution network up to 1000 V // Bulletin of the Moscow Energy Institute, 2010, N5, p.48-53 <https://elibrary.ru/item.asp?id=26731716>
8. Korenev NP, Dyblenko I.I. / Protection against current leaks using an ouzo and leakage relay in three-phase electrical networks // Bulletin of the AGTA No. 5, 2011, p.54-58
9. Oskin S.V., Miroshnikov A.V., Sukhanov D.A., Khalachyan A.Zh. / Energy efficient combined protection devices against emergency operation of electrical installations // Emergencies: Industrial and Environmental Safety, 2017 № 31 (3) p. 66-72 <https://elibrary.ru/item.asp?id=30296067&>
10. Kornilov A.A., Borodin A.A., Mosyakov M.V. / About necessity of application of autonomous fire extinguishing units for protection of electric cabinets // Problems of security in the aftermath of emergencies, 2017, v.1, p.368-373 <https://elibrary.ru/item.asp?id=34886451>
11. Chen Ji, / Kitchen fire extinguishing systems // Rotarex valves shanghai co ltd, Patent CN206979894 (U) - 2018-02-09

12. Borodin A.A., Kornilov A.A., Zikov P.I., Lazarev I.S., Bulatova V.V. / Test standalone aerosol fire extinguishing systems for protection of electrical cabinets // Problems of security in the aftermath of emergencies, 2017, v.1, p.340-342 <https://elibrary.ru/item.asp?id=34886440>
13. Gruzdev A.G., Kaydalov V.V., Kuchin D.V., Neverov K.A., Sheitelman G.Yu., Osipkov V.N. / Generators of gas fire extinguishing "TUNGUS" - a new technical solution in the field of gas fire extinguishing // Territory neftegaz, 2012, №4, p.40-42 <https://elibrary.ru/item.asp?id=17727836>
14. Pushkin V.A. / Application of autonomous gas extinguishing installations for fire protection of instrument and electrical cabinets // Territory of oil and gas, 2006, No. 11, p.38-43 <https://elibrary.ru/item.asp?id=15175242>
15. Kornilov A., Borodin A., Zikov P., Lazarev I., Bulatova V. / Testing autonomous fire extinguishing systems with microencapsulated extinguishing agent to protect electrical cabinets // Technosphere safety, 2017, N4(17), p.15-23 <https://elibrary.ru/item.asp?id=30776132&>
16. Smelkov G.I., Ryabikov A.I., Dmitrieva T.M. / Electric ignition sources and causes of fires // Fire safety, 2016, N3, p.145-149 <https://elibrary.ru/item.asp?id=26731716>
17. Grachova E.I., Lazarevich A.S. / Dedication of warmth physical processes in lockable low-voltage switch apparatus contacts // Energy issues, 2004, N 5-6, p. 102-106 <https://elibrary.ru/item.asp?id=20225640>
18. Cherkasov V.N., Kostarev N.P. / Fire safety of electrical installations // Ed. 4th, M.: Academy of the State fire service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2002, 377 p.
19. Verevkin V., Smelkov G., Pekhotikov V. / On the issue of assessing the fire hazard of contact connections in electrical circuits // Electricity. Transmission and distribution, 2016, N1(34), p. 82-85 <https://elibrary.ru/item.asp?id=25738956&>
20. Jian-Hua Du, Ran Tu, Yi Zeng, Leng Pan, Ren-Cheng Zhang / An experimental study on the thermal characteristics and heating effect of arc-fault from Cu core in residential electrical wiring fires // PLOS, Published: August 10, 2017, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182811>
21. Monakov V. K., Kudryavtsev D.Yu., Smirnov V.V. / Calculation of the time-current characteristics of an arc fault detection device based on the model of serial arc fault caused by fracture of cable conductor // Pozharovzryvobezopasnost - Fire and Explosion Safety, 2016, vol. 25, no. 11, p. 45-50. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.11.45-50 <https://doi.org/10.18322/PVB.2016.25.11.45-50>
22. Zgarbul A.V., Bershadsky I.A., Kovalyov A.P. / Fire risk of the incandescent particles of aluminum current carrying conductors during short circuits in electric wiring // Donetsk National Technical University, 2016, v.2 (6). p.21-30 <https://elibrary.ru/item.asp?id=32670218>
23. Krivov J.N., Tonkij L.V., Tsarev A.B. / Method of preventing fire caused by sparking in electrical network or electrical installation and device for its implementation // Patent RU 2374691, 27.11.2009. N 33

24. Korolev I.V., Kondratieva O.E., Valuev P.V., Loktionov O.A. / Analysis of advisability of arc breakdown detectors for integrated protection from fires caused by failures of electrical equipment // *Electricity. Transmission and distribution*, 2018 v.2(47), p. 128-131
25. Barbotko S.L., Volnyy O.S. Heat release assessment at burning electric cables / *Fire and Explosion Safety* // 2016 v. 25(11) p.35-44 <https://doi.org/10.18322/PVB.2016.25.11.35-44>
26. Smelkov G.I., Ryabikov A.I., Nazarov A.A. Varlamkin A.A.. Gruzina O.I. / Evaluation and provision of fire safety of electrical wiring in wooden houses // XXIX International Scientific and Practical Conference dedicated to the 80th anniversary of the EMERCOM of Russia, Conference materials, 2017, p. 79-82 <https://elibrary.ru/item.asp?id=29942745>
27. Smelkov G.I., Ryabikov A.I., Dmitrieva T.M. / New in the regulation of fire safety requirements of electrical wiring // Actual problems of fire safety. Materials of the XXVII International Scientific and Practical Conference dedicated to the 25th anniversary of the Ministry of Emergency Situations, M. FSBI VNIPO EMERCOM of Russia, 2015, p.336-342 <https://elibrary.ru/item.asp?id=23683947>
28. Shengli Ren, Wengui Liu, Yue Jiang / Intelligent fire-fighting polling device // Patent CN201042573 (Y), 2008-04-02
29. Belchikova O.G., Boltenev A.A., Sarsenbayev Y.A., Sheryshev V.P. / Transfer function of smart sensor of electrical contact surface temperature // *Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 2017, N1(147), p.161-168 <https://elibrary.ru/item.asp?id=28162617>
30. Pekhotikov V.A., Nazarov A.A., Gorbachov A.V., Derevyanko A. V. / Fire safety of electrical installations for residential and public buildings using the methods of thermal imaging control // *Fire safety*, 2011, N1, p.118-123
31. Leonov A., Bolgova V. / The visualization of local overheating places in the cable insulation // *Naukovedenie*, 2014, 2(21) 8 p. <https://elibrary.ru/item.asp?id=21807403&>
32. Lesiv A.V. / System for signaling a fire situation // Patent RU 2596953 Published: 09/10/2016 Byul. Number 25
33. Lesiv A.V. / Method of detection of fire situations arising from faults in the electrical circuit // Patent RU 2596954 Published: 09/10/2016 Bull. Number 25
34. Saidulin, E.G., Sokolov A.V., Vasilyev A.A., Lukyanchenko A.A. / Fire gas detectors. Principles of work // Novosibirsk, Moscow, 2015, 60 p.
35. Sazonov S.Yu., Titenko E.A., Frolov S.N., Efremova O.V. / System of ultra early fire detection based on a nanoparticle recorder // Physics and technology of nanomaterials and structures. Materials of the International scientific-practical conference. Southwest State University. Kursk, 2013, p. 72-75 <https://elibrary.ru/item.asp?id=22865545>
36. Vasin E.N., Serov D.A. / Electric arc sensor // Patent RU 172284, Date of publication 04.07.2017, Bull. 19

http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPM&rn=8221&DocNumber=172284&TypeFile=html

37. Malina E. A. / Fire safety of spacecraft // Actual problems of aviation and cosmonautics, 2013 N 9, p. 248 <https://elibrary.ru/item.asp?id=22602317>

38. Myllymaeki Matti / Accessory controlling and tracking the operation of household appliances and entertainment equipment // Patent FI20050285 (A) — 2006-09-18, FI20050000285 – 2005-03-17, FI117526 (B) – 2006-11-15

39. Myllymaeki Matti / Alarm device for kitchen range has identification electronics to effect activation of alarm or control relay as rates of change in temperatures and/or temperature difference, and/or temperature difference exceeds given value // Patent FI117878 (B) - 2007-03-30, FI20060000053 - 2006-01-20

40. Myllymaeki Matti / Method and device for monitoring the safe use of a cooker // Patent FI125053 (B) - 2015-05-15, FI20140005016 - 2014-01-10

41. Device for diagnostics and monitoring of the state of fire danger of electrical networks of power supply for facilities, Utility Model RU 126876, published 04/10/2011, Bulletin No. 10
http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPM&rn=4698&DocNumber=126876&TypeFile=html

42. Frolov S.N. / Method, model and algorithms for analyzing and assessing the risks of fire situations in electrical networks based on a multi-agent approach // Thesis ... candidate of technical sciences. South-Zap. state Univ., Kursk, 2014. - 178 p. <https://dlib.rsl.ru/viewer/01005556440#?page=19>

43. Levchuk S.A., Levchuk M.S., Kokshin V.V., Pavlov A.M. / Firefighting Without Wires Economy and Reliability // XXIX International Scientific and Practical Conference dedicated to the 80th anniversary of Federal State Budgetary Institution VNIPO EMERCOM of Russia, Conference proceedings, 2017, p. 358-361 <https://elibrary.ru/item.asp?id=29942834&>

44. Melnikov V. S., Kirillov S.V., Melnikov M.V., Vasilev V.G., Vanin S.A., Potemkin S.A. / Fire-structural examination of damages of thermal insulation materials from mineral wool and isocyanurate foam // Online Journal «Naukovedenie», v.8, N3 (2016), 52 p. <http://elibrary.ru/download/85107705.pdf>

45. Filaretov M., Saidulin E., Sokolov A. / Gas fire detectors in the draft of the new version of SP5.13130 // OPS-2014, p. 42-45 <http://www.etra.ru/docs/IPG%20kOPS2014.pdf>

46. Nikolskiy O.K., Martko E.O., Ovechkina Ju. A. / Methods of Fire Risk Assessment and Management of Electric Installations of Production Facilities // Life Safety, N 6 (210), 2018, p. 31-40 <https://elibrary.ru/item.asp?id=35153790>

47. Melnikov V.S., Khasanov I.R., Kirillov S.V., Vasilyev V.G., Vanin S.A., Shcherbakov M.I., Garskov R.V. / Thermography of building elements and building structures during fire tests // Fire safety, 2015. N3. p. 83-90. <http://elibrary.ru/item.asp?id=24278239>

48. Melnikov V.S, Vasilyev V.G, Vanin S.A / Method of fireproofing of building structures joints // Patent RU 2562301, publication: 10.09.2015 Bull. № 25

http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=7540&DocNumber=2562301&TypeFile=html

49. Melnikov V.S., Gleikin S.E., Melnikova O.V., Frolov M.P., Kruglov S.A., Molokanov Yu.K. Colorimeter for optical analysis of the liquid phase in gas-liquid flows // Copyright certificate of the USSR No. 819592, published 07.04.81. Bulletin M 13

<http://www.findpatent.ru/patent/81/819592.html>

Мельников Владимир Семёнович

Пожарная автоматика защитного отключения электроустановок.

Монография издана в авторской редакции

Главный редактор – Кирсанов К.А.

Вёрстка – Кирсанов К.К.

Ответственный за выпуск – Алимова Н.К.

Научное издание

Системные требования:

Системные требования: IBM PC с процессором Pentium 2; ОЗУ 128 Мб; операц. система Windows XP; программа Adobe PDF Reader; CD-ROM дисковод, мышь.

Режим доступа: <http://izd-mn.com/PDF/08MNNPM19.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

ООО «Издательство «Мир науки»

«Publishing company «World of science», LLC

Адрес:

Юридический адрес — 127055, г. Москва, пер. Порядковый, д. 21, офис 401.

Почтовый адрес — 127055, г. Москва, пер. Порядковый, д. 21, офис 401.

<http://izd-mn.com>

**ДАННОЕ ИЗДАНИЕ ПРЕДНАЗНАЧЕНО ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ НА
ЭЛЕКТРОННЫХ НОСИТЕЛЯХ**