



Мониторинг состояния шлейфов силовой и осветительной электропроводки в помещении

Валерий Жижин

В статье рассматриваются методы реализации системы мониторинга состояния шлейфов электропроводок в помещении с целью своевременного обнаружения коротких замыканий и перегрузок в подключённых нагрузках с последующим быстродействующим обесточиванием аварийных шлейфов. Основная задача данной системы мониторинга – предотвращение возгорания электропроводки. В работе подробно рассмотрены аппаратные средства и алгоритмы решения данной задачи, позволяющие обнаруживать короткое замыкание на ранних фазах его возникновения и тем самым блокировать его последствия.

Введение

Одной из самых частых причин пожаров в квартирах и зданиях является возгорание электропроводки.

Возгорание электропроводки может возникать по нескольким причинам. Одни связаны с возрастом проводки и электроустановок, другие же — явные ошибки электриков или хозяев квартир. Как показывает статистика, наиболее частыми причинами возгорания являются следующие.

1. Старая электропроводка и автоматические выключатели.

В большинстве многоквартирных домов, построенных ещё в СССР, электропроводка и автоматические выключатели не менялись со времён постройки здания. С годами изоляция проводов теряет свои эксплуатационные свойства и начинает рассыпаться. Ещё чаще, чем из-за старой проводки, может происходить возгорание из-за старого вводного автомата выключения в электрощитке.

Автомат с годами теряет свои механические свойства и может не сработать на отключение, если на линии произошло короткое замыкание.

В результате короткого замыкания по кабелю электропроводки может протекать ток в сотни ампер. Длительное протекание тока такой величины обязательно приведёт к горению и оплавлению изоляции проводки.

2. Слабые контакты соединений.

Недостаточный (слабый) контакт соединений в распределительных коробках, розетках или автоматических выключателях может привести к их нагреву и, соответственно, возгоранию. Если контакты ослабли, то в месте соединения сопротивление растёт. Из-за этого провода (или монтажные пластины) начинают греться, а изоляция плавиться, что в результате приведёт к короткому замыканию проводников.

3. Длительная перегрузка в электросети или некачественное оборудование. Каждый кабель в шлейфах электросети имеет предельное значение по мощности подключённых нагрузок. При длительном превышении этого значения происходит нагрев проводов, и в конечном итоге возникает короткое замыкание в шлейфе.

Указанные деструктивные факторы могут привести к воспламенению про-

водов шлейфа даже после срабатывания автоматов защиты и УЗО.

Для раннего обнаружения ситуации короткого замыкания, возникающего в шлейфах электропроводки, и предотвращения её возгорания необходима быстродействующая система непрерывного мониторинга.

Техническое решение по мониторингу состояния электропроводки

Мониторинг состояния шлейфов электропроводок должен проводиться с целью своевременного обнаружения коротких замыканий и перегрузок в подключённых нагрузках, распределительных коробках, электрощитах и быстродействующем обесточивании аварийных шлейфов.

На первый взгляд, решение данной проблемы кажется достаточно тривиальным. Достаточно использовать схему с быстродействующим компаратором, который осуществляет сравнение сигнала датчика тока, установленного в шлейфе, с пороговой величиной напряжения, соответствующей току короткого замыкания (далее – КЗ), и выработывает сигнал дистанционного от-

ключения входного автомата. Но, как показал анализ технической литературы [1, 2], посвящённой электромагнитным процессам при коротком замыкании, эти процессы достаточно сложны и зависят от ряда факторов, таких как характер подключённых нагрузок (ёмкостный, индуктивный, резистивный), предусловие возникновения КЗ (в ранее подключённой нагрузке или в момент её включения), степени изношенности проводов шлейфа.

Рассмотрим основные выводы, представленные в [1, 2], существенные для разработки системы мониторинга электропроводки.

Как указано в работе [1] со ссылкой на стандарт МЭК 60050-195, термин «короткое замыкание» определяется как случайный или преднамеренно созданный проводящий путь между двумя или более проводящими частями, принуждающий различия потенциалов между этими частями становиться равными или близкими к нулю.

ГОСТ Р 51731 определяет термин «перегрузка» как «Условие возникновения сверхтока в электрически не повреждённой сети».

Типовая причина возникновения перегрузки – в какой-то момент времени сумма токов всех одновременно работающих электроприёмников превышает номинальный ток в шлейфе.

Наибольшую пожароопасность представляет короткое замыкание в шлейфе. Вероятность возгорания электропроводки из-за перегрузки значительно ниже, поскольку в современных электроустановках зданий для защиты от сверхтоков в обязательном порядке (Правила Устройства Электроустановок (ПУЭ), актуальная версия на 2024 год – глава 7.1) должны применяться устройства защиты от импульсных помех и перенапряжений (УЗИПы) и автоматы выключения.

Причины короткого замыкания состоят в следующем.

Короткое замыкание обычно возникает в условиях единичного или множественных повреждений изоляции каких-то проводящих частей, находящихся под разными электрическими потенциалами. Эти проводящие части замыкаются друг на друга, образуя между собой электрические контакты с ничтожно малыми переходными сопротивлениями.

Электрическое сопротивление цепи при коротком замыкании незначительно, поэтому в ней возникает боль-

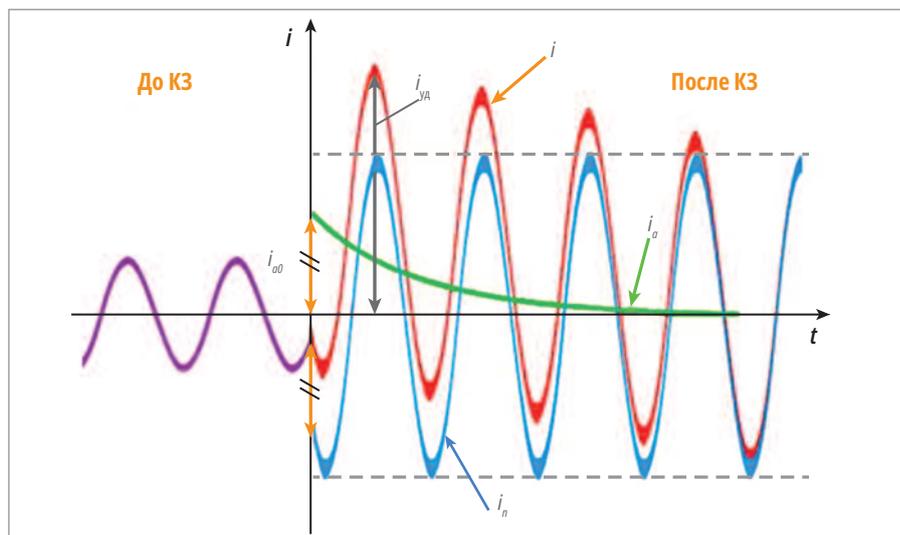


Рис. 1. График переходного процесса тока при КЗ

шая сила тока, провода при этом могут сильно нагреться и стать причиной пожара. Применение плавких вставок (предохранителей) в устройствах нагрузки далеко не всегда решает проблему, поскольку время их срабатывания сильно зависит от величины превышения тока в цепи относительно порога срабатывания предохранителя и может составлять от десятых долей секунды до несколько секунд.

Как показано в работе [2], КЗ сопровождается аperiodическим переходным процессом изменения тока в сети, форма которого может существенно отличаться от гармонического колебания частотой 50 Гц. При этом максимальное значение тока может на порядок и более превышать номинальное.

График типичного переходного процесса для тока при КЗ в электропроводке с индуктивно-резистивной нагрузкой показан на рис. 1.

Из представленного графика видно, что полный ток КЗ складывается из двух составляющих: вынужденной i_n , обусловленной действием напряжения источника, и свободной i , с максимальной амплитудой ударного тока $I_{уд}$, обусловленной изменением запаса энергии магнитного поля в индуктивности.

Вынужденная составляющая тока КЗ имеет периодический характер с частотой, равной частоте напряжения источника.

Свободная составляющая тока имеет аperiodический характер изменения, поэтому её называют аperiodической составляющей тока КЗ.

Быстрота затухания аperiodического тока зависит от соотношения между активным и индуктивным сопротивлениями цепи КЗ: чем больше актив-

ное сопротивление, тем затухание происходит интенсивней.

Максимальная величина мгновенного значения тока $I_{уд}$ наступает примерно через 0,01 с после начала процесса КЗ.

Таким образом, процесс КЗ является достаточно динамичным и быстропротекающим.

Математические и физические модели процессов КЗ при различных характерах нагрузки подробно рассмотрены в работе [2].

Современное подключаемое оборудование, как то: AC-DC модули светодиодных осветительных приборов, встроенные электродвигатели различных устройств, компьютерные бестрансформаторные блоки питания – обладает значительным реактивным импедансом нагрузки (ёмкостным или индуктивным), что приводит к искажению гармонической формы тока в шлейфе.

Электродвигатели свыше 1 кВт обладают значительным начальным пусковым током, порядка 30–35 А, и КЗ в момент запуска двигателя приводит к возникновению ударных токов свыше 100 А. Как следует из представленных факторов, рассмотренное техническое решение далеко не всегда обеспечивает быстрое обесточивание шлейфа при возникновении КЗ и может привести к возгоранию проводников.

Требования к алгоритму мониторинга

Алгоритм мониторинга состояния шлейфов электропроводок должен строиться с учётом электрофизических характеристик современного подключаемого оборудования.

В процессе мониторинга алгоритм тестирования должен обнаруживать

состояние КЗ как в нагрузке с постоянной амплитудой тока, так и в случае наличия нагрузки, обладающей значительным начальным пусковым током, порядка 30–50 А, т.е. должен дифференцироваться режим КЗ и перегрузки. При этом устройство, реализующее алгоритм мониторинга, не должно отключать электрические цепи при появлении в них кратковременных пусковых токов.

Крайне важно диагностировать КЗ и дистанционно отключать входной автомат на начальной стадии развития переходного процесса КЗ, до достижения током максимального значения.

В системе мониторинга необходимо использовать специальные алгоритмы анализа сигнала во временной и спектральной области, позволяющие однозначно дифференцировать характеристики переходных процессов при КЗ относительно других режимов.

Техническое решение

При разработке системы мониторинга был проведён анализ типовых схем

разводки электропроводки в квартирах, частных домах и складских помещениях с учётом требований документа «Правила Устройства Электроустановок (ПУЭ), актуальная версия на 2024 год» [3].

Предлагаемое техническое решение основано на оценке величин электрических токов и напряжений в шлейфах электропроводок в двух режимах:

- нормальный рабочий режим – на шлейфы подано электропитание 220 В, 50 Гц;
- режим мониторинга при обесточенных шлейфах.

Последний режим мониторинга активируется в нерабочее время в производственных помещениях или в жилых помещениях (квартиры, коттеджи) при их длительном обесточивании в период консервации.

Аппаратная часть

Функциональная схема системы мониторинга электропроводки представлена на рис. 2.

Мониторинг состояния шлейфов осуществляет устройство – Блок монито-

ринга электросети (далее – БМЭ), размещаемое в распределительном электрощитке.

Базовая версия БМЭ рассчитана на обслуживание до 4 шлейфов.

Мониторинг в нормальном рабочем режиме

При мониторинге в этом режиме производятся измерения величин токов в шлейфах.

Токи измеряются бесконтактными токовыми сенсорами (сенсор 1...4), закреплёнными непосредственно на кабелях шлейфов.

Выходы сигналов с токовых сенсоров подключены к буферным усилителям X2...X5 и далее к каналам АЦП микроконтроллера БМЭ.

Буферные усилители также осуществляют аналоговую низкочастотную фильтрацию 1 порядка.

При возникновении аварийных ситуаций (короткое замыкание, длительное импульсное перенапряжение) происходит резкое повышение величин токов относительно номинальных при текущих нагрузках в шлейфах.

ПО микроконтроллера в реальном времени производит анализ поступающих сигналов с датчиков тока по специальным алгоритмам во временной и спектральной области, и на основе полученных результатов принимает решение о наличии/отсутствии короткого замыкания в каждом контролируемом шлейфе.

В случае обнаружения короткого замыкания в каком-либо шлейфе ПО микроконтроллера вырабатывает на шине управления сигнал выключения соответствующего автомата выключения электропитания, осуществляет фиксацию и индикацию номера повреждённого шлейфа, даты в формате «месяц-день-час-минута», а также формирует СМС-сообщение, отправляемое через GSM-модуль указанным в списке абонентам.

Время отклика системы при обнаружении короткого замыкания не превышает 4 мс, что на порядок быстрее времени реакции на это событие автоматов выключения электропитания и УЗО.

Описание основных положений алгоритма анализа сигналов представлено в разделе «Программное обеспечение».

Мониторинг обесточенных шлейфов

Алгоритм мониторинга в данном режиме состоит в следующем.

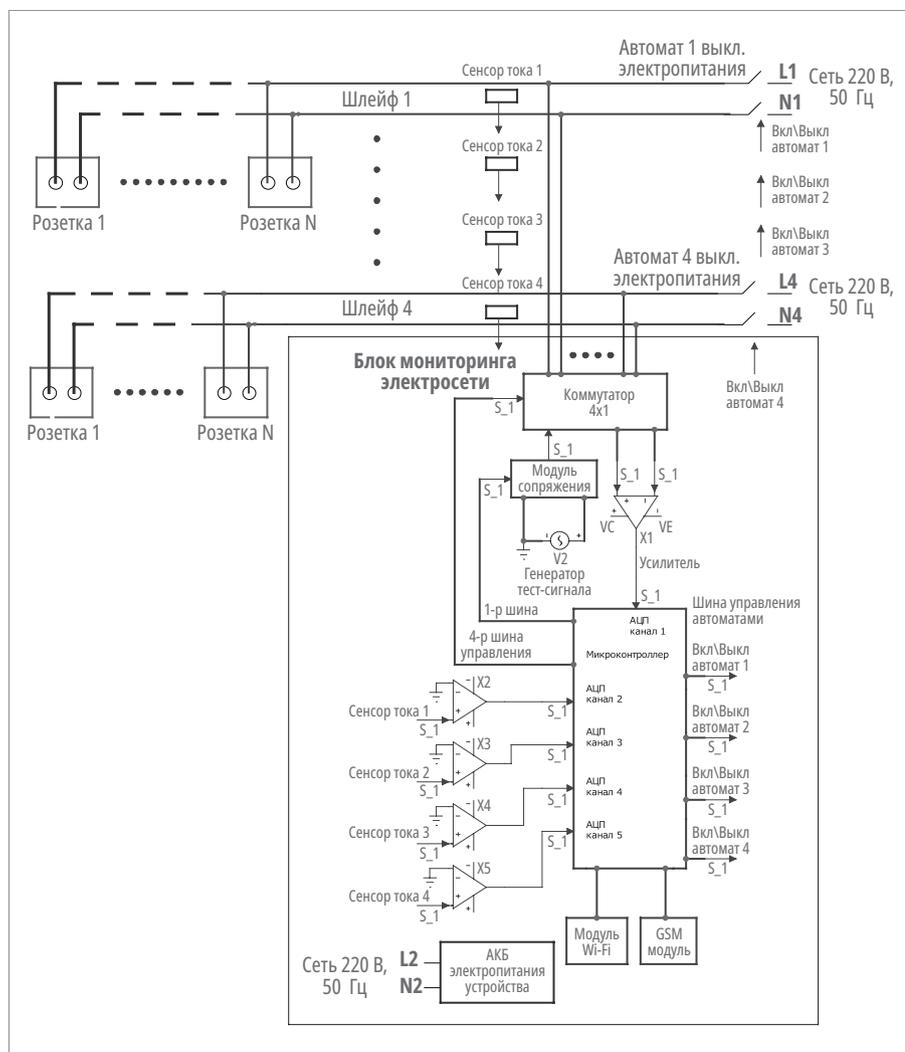


Рис. 2. Функциональная схема мониторинга электропроводки

Шаг 1.

ПО микроконтроллера запускает генератор тест-сигнала и управляет работой двунаправленного коммутатора 4×1. Таким образом, тест-сигнал подключается к каждому шлейфу в своём временном слоте. Тест-сигнал имеет длительность 1 секунду и частоту 100 Гц. Длительность каждого временного слота составляет 250 мс.

Подключение генератора к каждому шлейфу осуществляется следующим образом: тест-сигнал вводится в фазный провод, а общая шина БСЭ присоединяется к проводу «нейтраль» шлейфа.

Общий выход коммутатора подключается к каналу 1 АЦП микроконтроллера через буферный усилитель X1. Таким образом осуществляется контроль напряжения между фазным проводом и проводом «нейтраль» каждого шлейфа.

Шаг 2.

Через интервал времени, составляющий порядка 25% от длительности временного слота, ПО микроконтроллера включает АЦП канал 1 и считывает данные до момента окончания времен-

ного слота. Одновременно считываются данные с канала АЦП, подключённого к сенсору тока тестируемого в данный момент шлейфа.

Шаг 3.

После завершения процедуры генерации тест-сигнала ПО микроконтроллера по специальному алгоритму обрабатывает поступающие с каждого шлейфа сигналы во временной и спектральной области, производит их анализ и на основе результатов принимает решение о наличии/отсутствии аварийных ситуаций «Короткое замыкание», «Обрыв» в каждом контролируемом шлейфе.

В случае обнаружения аварийной ситуации ПО микроконтроллера осуществляет фиксацию и индикацию вида аварии, номера шлейфа, даты в формате «месяц-день-час-минута», а также формирует СМС-сообщение, отправляемое через GSM-модуль указанным в списке абонентам.

Графики во временной и спектральной области для обесточенного шлейфа с типичной реактивной нагрузкой

1 Генри, 50 мкФ, резистивной нагрузкой 300 Ом в безаварийном режиме и режиме КЗ представлены на рис. 3 и 4 соответственно.

Алгоритм анализа представлен в разделе «Программное обеспечение».

Электропитание БМЭ

При мониторинге в нормальном рабочем режиме электропитание осуществляется от сети переменного тока 220 В, 50 Гц (модуль питания подключается к одному из шлейфов). При пропаже сетевого электропитания аппаратура БМЭ автоматически переходит на работу от встроенной АКБ. Модуль питания содержит встроенную схему подзарядки АКБ.

В режиме мониторинга при обесточенных шлейфах электропитание блока БМЭ осуществляется от встроенной АКБ.

При длительности цикла тест-сигнала 1 с и скважности работы 2 раза в сутки период эксплуатации БМЭ в этом режиме составляет не менее 5 лет.

Нагрузочная способность генератора тест-сигнала по току должна составлять не менее 12 А.

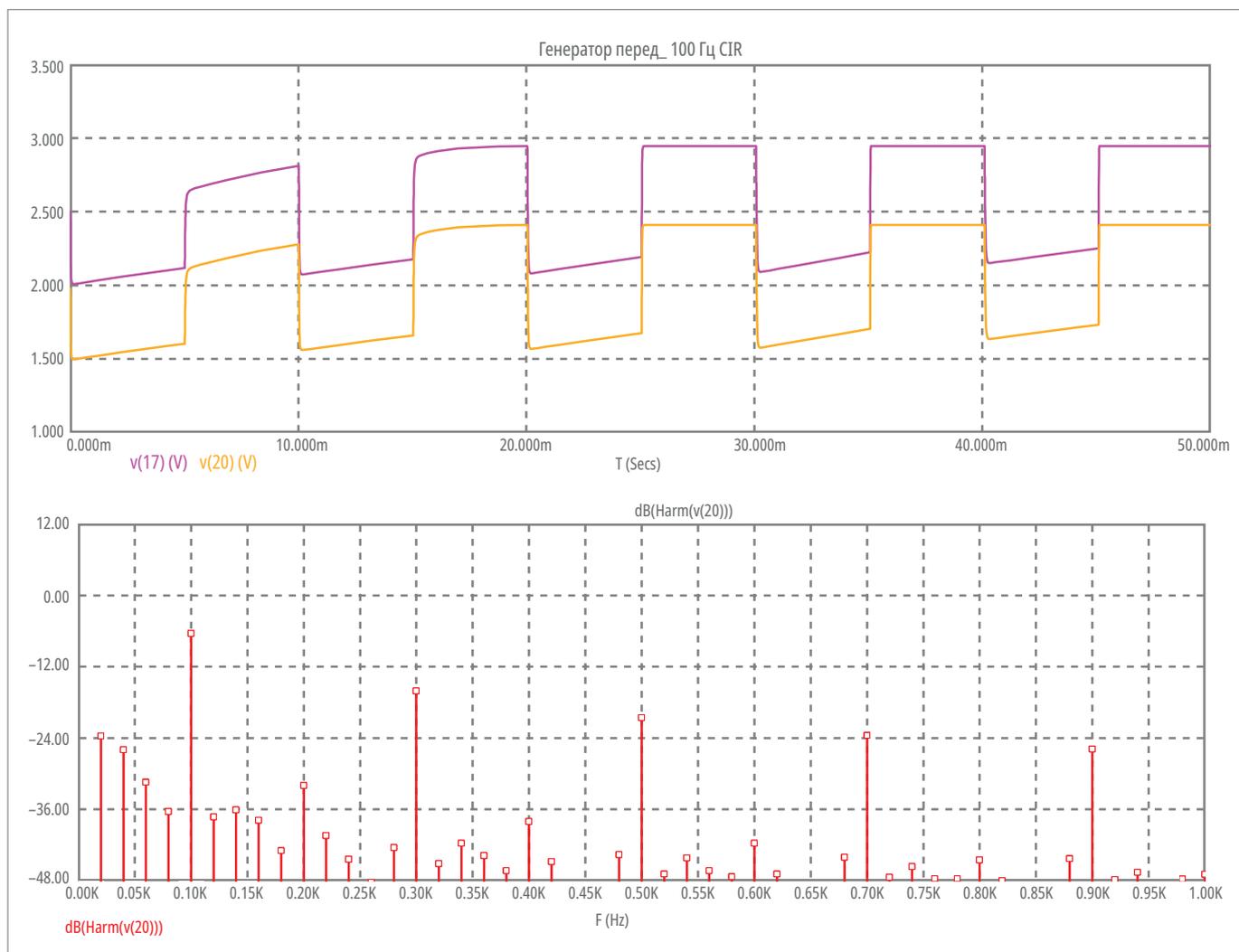


Рис. 3. Безаварийный режим работы

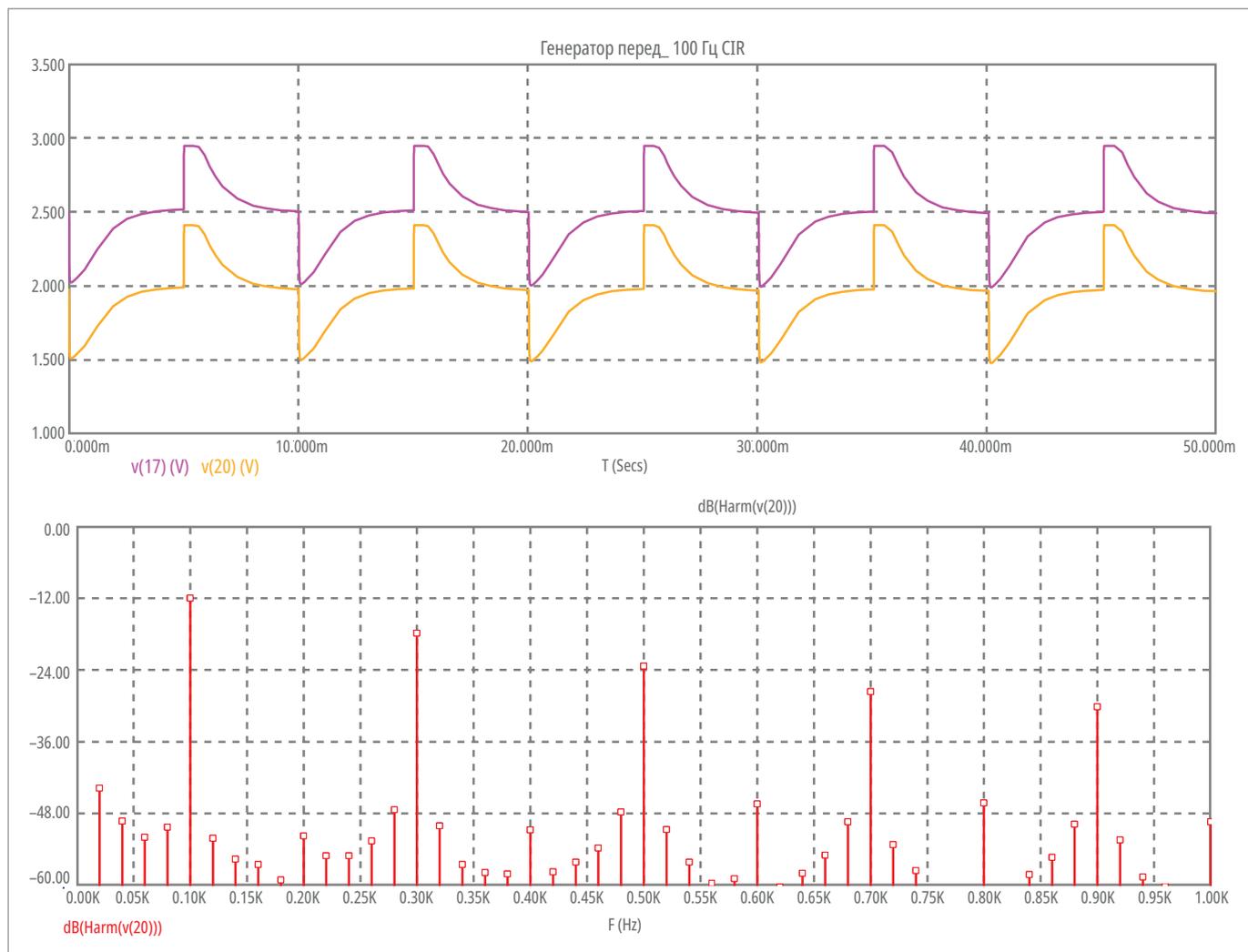


Рис. 4. Режим КЗ в шлейфе

Основные технические требования к узлам и компонентам БСЭ

1. Требования к сенсорам тока:

- бесконтактный метод измерения;
- диапазон измерения, не менее, 0–60 А;
- чувствительность, не менее, 40 мВ/А;
- полоса частот, не менее, 50 кГц;
- нелинейность передаточной характеристики, не более, 1%.

Указанным требованиям удовлетворяют недорогие бесконтактные датчики тока фирмы Saures (Китай).

2. Требования к усилителям:

- динамический диапазон, не менее, 86 дБ;
- полоса единичного усиления, не менее, 100 кГц;
- режим работы – микропотребление.

Данным требованиям соответствуют, например, счетверённые, недорогие корпус SO-14, микроомощные Rail-to-Rail операционные усилители ввода-вывода MAX4044 компании Maxim.

3. Требования к АЦП микроконтроллера:

- разрядность, не менее, 12;
- нелинейность передаточной характеристики, не более, 0,5%.

4. Требования к микроконтроллеру:

- тактовая частота, не менее, 80 МГц;
- разрядность, 32 бита;
- наличие многоканального АЦП;
- наличие SPI-интерфейсов, не менее, 2;
- потребление в режиме «сон», не более, 1 мкА.

Указанным выше требованиям 3, 4 соответствуют микроконтроллеры из модельного ряда STM32F303xxx компании ST Microelectronics.

5. Требования к АКБ:

- рабочее напряжение 12 В;
- отсутствие «эффекта памяти», что даёт возможность подзаряжать аккумулятор по мере необходимости;
- высокая удельная ёмкость;
- низкий уровень саморазряда – не более 3...5% в месяц;
- общая ёмкость, не менее, 5 А·ч;
- рабочий температурный диапазон –40...+50°С.

Указанным требованиям соответствуют литий-полимерные АКБ производства компании EEMB с индексом LC в конце наименования. Они сохраняют работоспособность при отрицательных температурах до –40°С. При этом значение ёмкости остаётся на уровне 70% от номинальной.

Программное обеспечение

Программное определение нештатной ситуации основано на сравнении характеристик колебаний тока или напряжения, снимаемых в процессе мониторинга, с характеристиками колебаний тока или напряжения, служащими эталоном и соответствующими нормальному режиму функционирования контролируемого оборудования. Эталонные значения колебаний формируются в результате обучения системы. Таким образом, в каждом из двух режимов работы БМЭ – нормальном рабочем режиме и в режиме мониторинга при обесточенных шлейфах – различаются два режима программного функционирования устройства: режим обучения и

режим мониторинга. На этапе обучения происходит накопление и систематизация полученных данных.

При разработке ПО микроконтроллера учитывалось несколько важных требований.

Быстродействие системы

Определение аварийной ситуации и её предупреждение должны выполняться за минимальный интервал времени. Для этого в данной разработке применяются решения, позволяющие использовать возможности аппаратного ускорения операций, а также решения, гарантированно дающие нужный результат при возможности высокой оптимизации.

Автономность изделия

Система должна самостоятельно и без участия оператора выполнять весь цикл мониторинга. Для выполнения этого требования связь с клиентом поддерживается исходя из следующих принципов:

- запуск режима обучения происходит автоматически при подключении оборудования к устройству. Скваж-

ность режима обучения по отношению к режиму мониторинга уточняется в процессе опытной эксплуатации системы;

- мониторинг осуществляется на основе вырабатываемых внутренних критериев;
- обмен данными с клиентом выполняется только по инициативе клиента;
- информационные сигналы посылаются клиенту только при его подключении к изделию.

Универсальность решения

Программное обеспечение должно адаптироваться к широкому кругу задач автоматического контроля. Это достигается применением модульной архитектуры и созданием многофункциональных компонентов.

Алгоритм работы комплекса в части приёма и обработки сигналов приведён на рис. 5.

Функционирование системы представляет собой бесконечный цикл. Каждая итерация состоит из трёх этапов.

На первом этапе сигнал считывается и обрабатывается для последующего анализа.

На втором этапе выполняется сам анализ сигнала.

Третий этап включает в себя действия системы в зависимости от результатов анализа. Действия, выполняемые на третьем этапе, различаются в зависимости от программного режима функционирования (обучение или мониторинг).

При нормальном рабочем режиме считывание сигнала с датчика тока осуществляется в течение периода колебания в электросети 20 мс с дискретом 0,5 мс. Данные с датчика поступают в виде последовательности мгновенных значений напряжений, соответствующих мгновенным значениям тока в диагностируемом шлейфе.

Внешний тест-сигнал не используется.

В режиме мониторинга при обесточенных шлейфах считывание сигнала с датчика напряжения осуществляется в каждом временном слоте длительностью 250 мс с дискретом 0,5 мс в период действия внешнего тест-сигнала (меандр частотой 100 Гц и длительностью 1 секунда). Данные с датчика поступают в виде последовательности



Преимущества:

- Специально разработанные изделия
- Интеграция с MasterSCADA
- Готовые конфигурации IS-MSCADA – на 1000 тегов, 60000 тегов и распределенные архитектуры с ОС Linux, БД PostgreSQL







РОССИЙСКИЙ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ И ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

От разработчиков отечественных средств автоматизации – Advantix и МПС Софт





ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636
INFO@PROSOFT.RU

WWW.PROSOFT.RU

Реклама

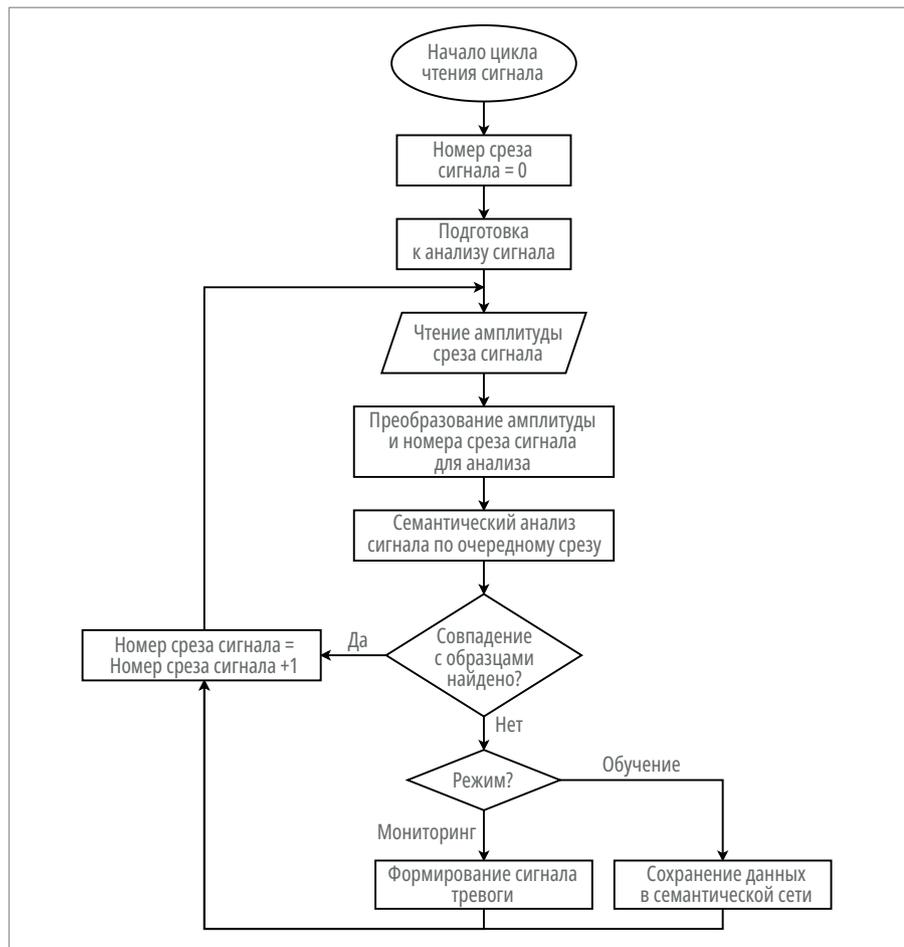


Рис. 5. Алгоритм приёма и обработки сигналов

мгновенных значений напряжений, соответствующих характеристикам нагрузок в диагностируемом шлейфе.

Реализовано два различных метода анализа тока и напряжения: спектральный и амплитудный. Каждый метод использует свой алгоритм подготовки данных для анализа.

Спектральный анализ основан на разложении колебаний тока в ряд Фурье. Значению амплитуды каждого среза A сопоставляется свой порядковый номер j .

Расчёт немасштабированной амплитуды ДПФ для каждого значения частоты f выполняется по формуле

$$F(f) = \sum_{j=0}^N A_j \left(\cos \frac{2\pi jf}{N} - i \sin \frac{2\pi jf}{N} \right),$$

где $F(f)$ – значение комплексной немасштабированной амплитуды разложения Фурье для частоты f ;

N – количество срезов, на которые разделён сигнал.

Из полученных пар значений частота/амплитуда отбираются данные с амплитудными максимумами и подаются на вход анализатора.

Преимущества данного метода:

- полное описание сигнала вне зависимости от его формы;

- независимость от начальной фазы сканирования сигнала.

Недостатки:

- времяёмкие вычисления, необходимые для ДПФ.

В амплитудном анализе используются амплитуды самих импульсов тока или напряжений. Для выравнивания импульсов по фазе отыскивается максимум значения тока в импульсе, и все срезы нумеруются от найденного максимума до конца и от начала до максимума исключительно. В каждой точке вычисляется производная сигнала по времени.

Пары значений номер/производная подаются на вход анализатора.

Преимущества данного метода:

- отсутствие вычислений;
- независимость от начальной фазы сканирования сигнала при известной форме сигнала.

Недостатки:

- определённые требования к форме импульсов.

На втором этапе пришедшие данные подготавливаются и анализируются на предмет совпадения с уже накопленной информацией. Анализатор построен на системе искусственного ин-

теллекта, выполняющей классификацию входных импульсов. За основу такой системы взята семантическая сеть.

Семантическая сеть – это одна из форм хранения, представления и использования знаний, необходимых для решения поставленной задачи. Предметная область образована связанными между собой сущностями. Каждая сущность является узлом сети, а в роли нитей выступают связи между узлами. Принцип действия семантической сети основывается на агрегировании сущностей, сопутствующих друг другу. При этом решаются задачи синонимичности и значимости. Процесс группирования сущностей посредством связей называется обучением. Последующее распознавание предлагаемых объектов строится на поиске сохранённых сущностей с целью нахождения агрегации, наиболее близкой к распознаваемой. Такая структура данных имеет ряд недостатков, главными из которых являются отсутствие различий между сущностями и невозможность проведения аналитического анализа строящейся структуры.

Решение этих проблем заключается в присвоении сущностям ролей в группе. Для этого каждая связь между узлами сети наделяется своим смыслом (типом связи). Семантические сети с типизированными связями называются концептуальными графами [4]. Связи могут быть как логическими (в математическом понимании), так и онтологическими (смысловыми). Такие связи определяют отношения между сущностями [5].

Результатами обращения к системе, построенной на семантической сети, могут быть статусы завершения операций распознавания или выделение сущностей, соответствующих некоторым необходимым к выполнению командам.

Выбор в пользу семантической сети обусловлен следующими критериями:

- наглядностью представления хранимой информации;
- масштабируемостью под встраиваемые системы;
- возможностью оптимизации при небольшом количестве сущностей;
- контролируемостью процесса обучения.

Семантическая сеть, применённая в данном изделии, использует такие сущности, как «импульс», «срез» и их численные характеристики. Каждое отношение между узлами взаимно и

представлено двунаправленной связью, описывающей характер данного отношения. Для оптимизации распознавания связи между сущностями носят иерархический характер.

Семантический анализатор получает входную порцию данных и выполняет её сопоставление с хранящейся информацией. Результат сопоставления возвращается в виде условного кода.

Код возврата обрабатывается в соответствии с режимом «обучение/мониторинг».

На этапе обучения решаются вопросы идентификации импульсов: синонимичность сущностей и незначительность сущности для анализа. На этапе мониторинга определяется степень совпадения характеристик пришедшего сигнала с характеристиками, сохранёнными в сети.

Затем цикл повторяется.

Связь через Wi-Fi предполагается для получения сигнала на принудительное переключение режимов и отправку по запросу отчётной и диагностической информации, а также сообщений о возникновении нестандартных ситуаций.

Выводы

Отличия предлагаемой системы мониторинга от существующих заключаются в следующем:

- мониторинг возникновения аварийных ситуаций в шлейфах электропроводки без каких-либо технологических доработок электророзеток или распределительных коробок и без встраивания температурных сенсоров;
- осуществляется непрерывный мониторинг шлейфов электропроводки как в рабочем, так и в обесточенном режиме при временной консервации;
- время отклика системы мониторинга при обнаружении короткого замыкания не превышает 4 мс, что на порядок быстрее времени реакции на это событие автоматов выключения электропитания и УЗО. Тем самым предотвращается развитие аварийной ситуации, приводящей к возгоранию электропроводки и помещения в целом;
- система мониторинга может быть интегрирована как в уже существующие на объектах схемы электроснабжения, так и в процессе их капитального ремонта;

- предлагаемая система может быть интегрирована в уже имеющуюся на объекте систему «умный дом» и использовать её компоненты. ●

Литература

1. Харченко Ю.В. Краткий терминологический словарь по низковольтным электроустановкам. Ч. 4 // Приложение к журналу «Библиотека инженера по охране труда». 2015. № 6. С. 50–51.
2. Татарникова А.Н., Парфенова Н.А. Переходные процессы в электроэнергетических системах. Ч. 1: Электромагнитные переходные процессы. Рубцовск, 2016. С. 26–30.
3. Правила Устройства Электроустановок (ПУЭ), актуальная версия на 2024 год // URL: <https://en-res.ru/stati/puje-aktualnost.html>.
4. Дальберг И. Организация знаний: её сфера и возможности // Организация знаний: проблемы и тенденции: программа и тез. докл. конф. Москва, 10–14 мая 1993 г.
5. Бабкин Э.А., Козырев О.Р., Куркина И.В. Принципы и алгоритмы искусственного интеллекта: монография. Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т, 2006.

Автор – сотрудник фирмы ПРОСОФТ

Телефон: (495) 234-0636

E-mail: info@prosoft.ru



МОДУЛИ НОРМАЛИЗАЦИИ И ИЗОЛЯЦИИ СИГНАЛОВ

- ▶ Высокий класс точности
- ▶ Трехсторонняя изоляция
- ▶ Широкий диапазон напряжений питания
- ▶ Более 300 модулей с широким выбором сигналов
- ▶ Рабочая температура –40...+80°C
- ▶ Соответствие сертификации CE и ATEX
- ▶ (Class I, Division 2, Groups A, B, C, D)



PROSOFT®

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636
INFO@PROSOFT.RU

WWW.PROSOFT.RU

