

Контроль повышенных напряжений в системах мониторинга трансформаторного оборудования

ВАЛУЙСКИХ А.О., КРАЯЧИЧ А.В., ЦФАСМАН Г.М.

Описан разработанный в ГУП ВЭИ специально для систем мониторинга микропроцессорный датчик токов, напряжений и мощностей типа ДТНМ, в который заложены алгоритмы контроля напряжений, соответствующие ГОСТ 1516.3-96.

The microprocessor sensor of currents, voltage and power for monitoring systems of type DTNM in which algorithms of the control of voltage are incorporated, corresponding State Standard GOST 1516.3-96 is developed in The State Unitary Enterprise "All-Russian Electrotechnical Institute named after V. Lenin" (GUP VEI) for using in the systems of monitoring.

В «Общих требованиях к системам мониторинга, управления и диагностики трансформаторов (автотрансформаторов) и шунтирующих реакторов (СМУиД)», утвержденных ФСК ЕЭС, оговаривается необходимость анализа и регистрации повышенных напряжений на обмотках трансформаторов и реакторов в соответствии с требованиями ГОСТ 1516.3-96. Для удовлетворения этих требований необходимо фиксировать превышения амплитудой напряжения целого ряда (до 10) пороговых уровней при длительностях повышения напряжения от 0,1 с до нескольких часов, причём для исключения ложной фиксации пере напряжений при наличии помех во входных сигналах датчиков требуется введение некоторых алгоритмов фильтрации измеренных значений.

Применяемые во многих системах мониторинга стандартные приборы контроля мощности и качества электроэнергии не обеспечивают требуемой гибкости построения алгоритмов контроля напряжения. К тому же эти приборы, предназначенные для коммерческого учёта электроэнергии, очень дороги. Учитывая, что относительно высокая стоимость систем мониторинга является одним из заметных факторов, сдерживающих оснащение такими системами парка трансформаторного оборудования в России, целесообразно применять специализированные устройства контроля напряжения.

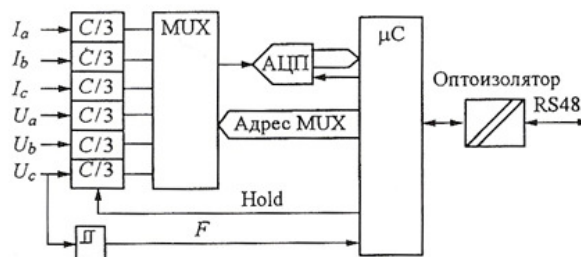
Датчик типа ДТНМ

В системах управления и мониторинга трансформаторного оборудования (СУМТО) разработки ГУП ВЭИ используется собственный микропроцессорный датчик токов, напряжений и мощностей типа ДТНМ со специализированным программным обеспечением, позволяющим реализовать алгоритмы контроля длительных повышений напряжения, полностью соответствующие ГОСТ 1516.3-96.

Аппаратно датчик выполнен по обычной для подобных устройств схеме (рисунок) – мгновенные значения сигналов, пропорциональных токам и напряжениям контролируемого трёхфазного присоединения, одновременно фиксируются в равноотстоящие моменты времени ячейками слежения/запоминания (С/З), затем через мультиплексор подаются на аналогово-цифровой преобразователь и оцифровываются. Дальнейшая обработка информации осуществляется высокопроизводительным микроконтроллером с функциями цифрового сигнального процессора.

Нормализация входных сигналов, поступающих от трансформаторов тока и напряжения, осуществляется с помощью промежуточных трансформаторов, выполненных с использованием высококачественных магнитопроводов из нанокристаллического магнитного материала ГМ501.

Один из входных сигналов напряжения поступает на компаратор, на выходе которого формируется импульсный сигнал с частотой, равной частоте сети. Этот сигнал используется микроконтроллером для измерения частоты в сети и для точного задания интервалов оцифровки входных сигналов. Для удобства реализации алгоритмов гармонического анализа сигналов в ДТНМ принято количество точек съёма информации на периоде сетевого напряжения, равное степени 2. В зависимости от сложности алгоритмов обработки



Функциональная схема ДТНМ

при конфигурировании могут задаваться 16, 32 или 64 точки на период.

В каждой точке на протяжении периода осуществляется запоминание данных для последующего гармонического анализа, накопление сумм квадратов токов и напряжений и сумм мгновенных значений мощностей по всем фазам. Для однофазных трансформаторов и реакторов в соответствии с требованиями ГОСТ 1516.3-96 фиксируются только фазные напряжения, для трёхфазных – также и линейные. Кроме этого, контролируются абсолютные значения напряжений для выявления их амплитуд на каждом полупериоде.

Для повышения точности измерений в программное обеспечение датчика ДТНМ включена возможность начальной полуавтоматической калибровки аналоговых каналов измерения. Калибровка осуществляется либо по эталонным сигналам, либо совместно с реальными ТТ и ТН подстанции - сравнением с информацией, получаемой от прецизионных средств измерения АСКУЭ.

Калибровка проводится как по амплитуде сигналов, так и по сдвигу фаз между токами и напряжениями, чтобы обеспечить точность измерения активной и реактивной мощности. Полученные по результатам калибровки настроечные параметры записываются в постоянную память датчика.

В паузах между измерениями микроконтроллер в фоновом режиме осуществляет обработку информации, накопленной на предыдущем периоде: расчёт действующих значений токов и напряжений, активной, полной и реактивной мощности и $\cos\phi$, определение крест-фактора. Если требуется по заданию, осуществляется Фурье-анализ кривых тока и напряжения.

Здесь же выполняется и алгоритм контроля повышенных напряжений.

ГОСТ 1516.3-96 и алгоритмы контроля повышенных напряжений

При реализации алгоритма контроля повышенных напряжений на соответствие требованиям ГОСТ 1516.3-96 возникает ряд вопросов, связанных с тем, что формулировки ГОСТ не ориентированы на автоматизированные системы контроля. Главный из них - что считать перерывом между повышениями напряжения соответствующего уровня. Например, если между двумя интервалами повышенного до уровня 1,05 напряжения длительностью по 25 мин был интервал в несколько периодов с нормальным напряжением: считать ли эту ситуацию как два повышения длительностью по 25 мин (формально по ГОСТ) или как одно повышение длительностью 50 мин (в соответствии со здравым смыслом)?

В первом случае нарушается требование ГОСТ (п.Б7), чтобы интервал между двумя такими повышениями был не менее 12 ч, и это нарушение должно быть в обязательном порядке зарегистрировано записью в журнал предупреждений и тревог. Кроме того, после таких двух повышений напряжение не должно повышаться в течение минимум 24 ч в нормальной ситуации и 4 ч в аварийной, о чём система мониторинга должна предупредить оператора.

Во втором случае имеет место однократное вполне допустимое повышение напряжения (его длительность допускается до 3 ч), и его следует только зарегистрировать, не отвлекая внимания оператора.

Далее, в стандарте оговорены дискретные значения допустимых уровней повышенного напряжения и соответствующие им дискретные значения допустимой длительности. При реальных промежуточных значениях напряжения возникают неясности. Например, при напряжении с уровнем от 1,075 до 1,100 относительно максимально допустимого рабочего напряжения для трансформаторов класса 500 кВ оговорено допустимое время 20 мин. Должен ли оператор немедленно отключить трансформатор, если уже истекли 20 мин, в течение которых длится повышенное до уровня 1,076 напряжение? По букве ГОСТ должен, ибо при времени более 20 мин допустимый уровень повышения должен приниматься, как для длительности 1 ч, т.е. 1,075. Но с точки зрения здравого смысла – можно не торопиться с отключением, так как при уровне 1,075 разрешалось бы работать ещё 40 мин, а разница между 1,076 и 1,075 (0,1%) лежит за пределами точности измерений. Какой совет должна дать оператору система мониторинга?

Ещё более запутанной выглядит реальная ситуация с нестационарным напряжением, уровень которого непрерывно меняется в некоторых пределах с неизвестным априорно распределением во времени.

Очевидно, что при решении непростой задачи формулирования жёстких требований стандарта его разработчики неявно подразумевали, что при контроле режимов оборудования оперативный персонал интуитивно осуществляет некую фильтрацию показаний приборов, а также использует свой инженерный опыт и понимание существа физических процессов в трансформаторе при повышенных напряжениях и степени их опасности. Формализация подобного рода интеллектуальной деятельности является наиболее сложным вопросом при построении автоматизированных систем контроля и управления.

Авторы считают, что при широком внедрении систем непрерывного контроля и мониторинга высоковольтного оборудования для правильной формулировки алгоритмов контроля напряжения и исключения неоднозначности их оценок ГОСТ 1516.3-96 нуждается в существенной доработке. Нам представляется целесообразным (возможно, специально для автоматизированных систем контроля) введение неких непрерывных интегральных зависимостей между уровнем повышенного напряжения и допустимым временем его существования, для которых задавались бы одна-две опорных точки в зависимости от класса изоляции и вида оборудования.

Контроль повышений напряжения в СУМТО ГУП ВЭИ

Контроль осуществляется с использованием амплитудных значений фазных и, если нужно, линейных напряжений, выявленных на каждом периоде частоты сети, приведённых к относительным единицам делением на амплитуду максимально допустимого рабочего напряжения. Для исключения рассмотренных выше коллизий при нестационарных напряжениях используется алгоритм нелинейной фильтрации относительных амплитуд напряжений: степень фильтрации тем больше, чем меньше уровень напряжения отличается от единицы.

Отфильтрованные таким образом напряжения сравниваются поочередно со всеми уровнями, для которых в таблицах Б.1 или Б.2 ГОСТ 1516.3-96 оговорены допустимые времена. Если какой-то уровень превышен, запускается отсчёт времени длительности превышения этого уровня. Таким образом, при повышенном напряжении одновременно подсчитывается время по всем фиксированным уровням, которые превышены. Накопленное по каждому уровню время сравнивается с допустимым для этого уровня значением. При достижении предельного времени выдается предупредительная информация оператору.

Когда напряжение вновь становится ниже ранее превышенного уровня, отсчёт соответствующего

этому уровню времени заканчивается, время фиксируется, наращиваются суточные, годовые и суммарные счётчики превышений данного уровня и суммарного времени таких превышений. Полученные результаты сравниваются с допустимыми, и при превышении также формируются предупредительные сообщения оператору.

СУМТО выполнена как многоуровневая иерархическая система, на верхнем уровне которой располагается компьютер автоматизированного рабочего места (АРМ) обслуживающего персонала. С целью упрощения и удешевления датчиков нижнего и среднего уровней долговременное хранение информации организовано на резервированных жёстких дисках этого компьютера. Там же формируются все предупредительные сигналы, и реализуется отображение информации оператору (кроме того, основная информация передается в АСУТП подстанции для отображения и архивирования её средствами АСУТП).

Поскольку сеансы связи между АРМ и аппаратурой среднего уровня могут осуществляться с интервалами до нескольких секунд, во избежание потери информации о кратковременных повышениях напряжения алгоритм контроля повышений напряжений разбит на два сегмента. Непосредственно в ДТНМ ведётся контроль значительных пере напряжений с допустимыми временами от 0,1 до 20 с, и по соответствующим уровням в АРМ передается уже обработанная информация. Более низкие уровни повышения напряжения, с допустимыми временами от 20 с до 8 ч, контролируются непосредственно в АРМ. Из ДТНМ для этого передаются отфильтрованные значения уровней напряжения.

В СУМТО предусмотрено интерактивное конфигурирование параметров алгоритмов контроля напряжений, токов и мощностей для конкретного оборудования: по типу (трансформатор или реактор), номинальному напряжению, коэффициентам трансформации ТТ.

СУМТО позволяет одновременно контролировать всё трансформаторное оборудование подстанции (до десятков единиц).