

Система мониторинга вводов силовых трансформаторов на основе беспроводных интеллектуальных датчиков марки DB-2S

Для контроля высоковольтных вводов силовых трансформаторов используются достаточно сложные и дорогие системы мониторинга. Монтаж таких систем является непростой задачей, особенно на уже эксплуатируемых трансформаторах.



Рис. 1. Внешний вид беспроводного датчика DB-2S для контроля токов проводимости с переходником для вводов фирмы «Масса»

Этих недостатков максимально лишена система мониторинга, созданная на основе беспроводных интеллектуальных датчиков марки DB-2S, предназначенных для контроля токов проводимости изоляции ввода. Эти датчики имеют меньшую стоимость и легко монтируются на трансформаторе, как только что выпущенном с завода, так и на уже находящемся в эксплуатации.

Беспроводные датчики марки DB-2S являются интеллектуальными, поскольку все процессы регистрации сигналов, обработки и оценки технического состояния вводов производятся во внутреннем программном обеспечении. Выходной информацией датчика DB-2S являются не просто токовые сигналы, а итоговая экспертная информация о текущем техническом состоянии контролируемого высоковольтного ввода.

По этой причине, а также благодаря простоте их монтажа и демонтажа, беспроводные датчики марки DB-2S являются оптимальным и дешевым средством мониторинга, предназначенным для диагностики и оценки состояния вводов.

Технические особенности датчиков DB-2S

Датчики марки DB-2S предназначены для контроля технического состояния высоковольтных вводов всех типов и классов рабочих напряжений, оснащенных измерительным выводом.

Основной особенностью конструкции датчика DB-2S является его полностью беспроводное исполнение. Встроенная электроника датчика питается от тока проводимости контролируемого ввода, а выходную информацию о его техническом состоянии датчик передает по беспроводному интерфейсу.

Достоинства датчика DB-2S:

- Компактное защищенное исполнение, благодаря которому датчик может быть оперативно смонтирован на вводе и включен в режим

мониторинга за время короткого вывода трансформатора из эксплуатации.

- Беспроводная работа датчика, когда его питание осуществляется от тока проводимости ввода.
- Контроль двух технических параметров состояния ввода: тока проводимости, на основании которого рассчитывается величина емкости ввода C_1 , а также текущей температуры ввода.
- Передача информации о состоянии ввода в систему АСУ-ТП при помощи беспроводного интерфейса LoRa ONE на дальность до 1 км.
- Использование двойного шифрования выходной информации о состоянии ввода, передаваемой по беспроводному интерфейсу. Это обеспечивает высокую информационную безопасность системы мониторинга состояния вводов.

Параметры и пороги технического состояния ввода

Определение технического состояния ввода и оценка возможности его дальнейшей эксплуатации в датчике DB-2S производятся встроенной экспертной системой по нескольким параметрам.

Основным дефектным признаком, определяющим ухудшение состояния ввода, является увеличение емкости C_1 в процессе эксплуатации. Величина этой емкости определяется как суммарная емкость последовательно включенных изолирующих обкладок, служащих для выравнивания распределения электрического поля внутри ввода. Пробой (замыкание) диэлектрика на одном или нескольких изоляционных промежутках приводит к повышению суммарной емкости ввода C_1 .

Количество изоляционных промежутков во вводе зависит от его рабочего напряжения. Оно варьируется от 10 для вводов с рабочим напряжением 110 кВ, примерно до 50 для вводов с рабочим напряжением 500 кВ. В соответствии с этим при замыкании одного изоляционного промежутка величина тока проводимости и емкости C_1 ввода, увеличатся от 2 до 10% для вводов с рабочим напряжением 500 и 110 кВ соответственно. При замыкании двух изоляционных промежутков процент увеличения емкости и тока проводимости будет в два раза больше.

Замыкание одного изоляционного промежутка во вводе ухудшает условия работы оставшихся изоляционных слоев. Это обусловлено тем, что на оставшихся изоляционных промежутках возрастает приложенное напряжение, так как неизменное напряжение питающей сети распределится во вводе на меньшее количество изоляционных промежутков.

Если условно принять, что номинальное (расчетное фазное) напряжение на каждом изоляционном промежутке ввода составляет 6 кВ, то после замыкания одного промежутка напряжения на оставшихся возрастут на величину от 120 до 600 В. Это количественное увеличение справедливо для вводов с рабочим напряжением 500 и 110 кВ соответственно.

На основании того, как возрастет напряжение, приложенное на рабочие изоляционные промежутки после аварийного замыкания одного дефектного, формируются пороги технического состояния ввода. Количественные значения порогов зависят от количества замкнутых промежутков для вводов разных классов рабочих напряжений.

Пороги технического состояния вводов, реализованные в датчике DB-2S для разных классов по напряжению, приведены в таблице 1. В скобках, рядом с процентами изменения емкости C_1 ввода, приведены количества замкнутых изоляционных промежутков.

Рабочее напряжение ввода, кВ	Порог тревожного состояния, %	Порог предаварийного состояния, %
110	-	8 (1)
220	6 (1)	8 (2)
330	4 (1)	6 (2)
500	2 (1)	5 (2)
750	1,5 (1)	4 (2)

Различие величины пороговых значений для вводов разных классов рабочих напряжений определяется разным количеством изоляционных промежутков.

Для вводов с напряжением 110 кВ отсутствует порог тревожного состояния, так как замыкание даже одного изоляционного промежутка приводит к увеличению тока проводимости и емкости C_1 сразу на 10%.

При установке датчика DB-2S на вводе задаются значения емкости ввода C_1 и величина номинального напряжения. Это достаточно для начала мониторинга состояния ввода. Если величина емкости неизвестна, то мониторинг будет производиться относительно значения тока, зафиксированного в момент монтажа датчика.

Влияние колебаний напряжения на датчик

Особенностью работы датчиков DB-2S является то, что они контролируют величину тока проводимости ввода, и по этому параметру рассчитывают емкость ввода C_1 . Возможные изменения напряжения в сети при этом не учитываются, в расчетах оно принимается постоянным, равным номинальному значению.

В реальных условиях напряжение в системе может меняться. Это происходит при изменении нагрузки или при изменении конфигурации системы, подключении или отключении потребителей, линий, генераторов.

В сложных системах мониторинга силовых трансформаторов для учета колебания напряжений сети в расчетах емкости C_1 используются напряжения от измерительных ТН. Это повышает точность, но усложняет систему, а применительно к использованию беспроводных датчиков требует установки дополнительных устройств контроля напряжений ТН.

Технически это возможно сделать, но на самом деле отсутствие системы оперативного контроля напряжений сети не является критическим условием для мониторинга технического состояния высоковольтных вводов трансформаторов.

Все часто происходящие колебания напряжения сети носят достаточно ограниченный характер. По имеющейся у нас информации об условиях эксплуатации более чем 8000 систем мониторинга вводов колебания напряжения системы более чем на

2% наблюдались на менее чем одном проценте подстанций, да и то только для трансформаторов с рабочим напряжением 110 кВ.

На таких подстанциях 110 кВ колебания напряжения сети в 2% при пороговом значении в 8% не могут оказать существенного воздействия на работу системы мониторинга высоковольтных вводов.

Для силовых трансформаторов с высоким рабочим напряжением системы на основе датчиков DB-2S будут работать еще более устойчиво по двум причинам:

- Колебания напряжения в системе будут меньше 2%, а эта величина меньше порогового значения тревожного уровня, тем более предаварийного, по которому оценивается состояние ввода.
- Силовые трансформаторы таких классов напряжений обычно оснащаются системами контроля параметров, в число которых входят напряжения. Знание этих напряжений позволит, при необходимости, интегрально уточнить реальное значение текущей емкости ввода C_1 .

Обеспечение безопасной работы ввода

Основными требованиями к датчику контроля высоковольтных вводов, наряду с обеспечением необходимой точности измерений тока проводимости, является обеспечение безопасности работа ввода во всех режимах, включая переходные.

В беспроводный датчик марки DB-2S встроена дублированная защита ввода от внешних перенапряжений в питающей сети. Она ограничивает возможные импульсные броски напряжения. Основной причиной появления таких перенапряжений являются грозовые и коммутационные импульсы.

Практическое применение датчиков DB-2S

При включении трансформатора в работу через емкость C_1 начинает протекать ток проводимости, и электроника датчика начинает работать, определяется текущее техническое состояние ввода.

Вся информация о состоянии ввода доступна обслуживающему персоналу в двух вариантах:

- Визуальный контроль во время проведения периодических осмотров оборудования. На торцевой крышке датчика расположены два ярких светодиода, работающие в импульсном режиме. Зеленый светодиод информирует о нормальной работе датчика. Если дополнительно мигает красный светодиод, то это говорит о наличии проблем в изоляции ввода и превышении тревожного порога. Мигание только одного красного светодиода сигнализирует о превышении предаварийного порога состояния ввода.
- Удаленный мониторинг технического состояния вводов. Независимо от мигания светодиодов и просмотра информации на смартфоне датчик DB-2S периодически пересылает информацию о состоянии ввода по стандартному беспроводному интерфейсу LoRa ONE, действующему в условиях подстанции на расстоянии до 1 км. Стандартный приемник системы LoRa ONE располагается в помещении подстанции и подключен к системе АСУ-ТП. Он может собирать информацию от всех датчиков DB-2S, установленных на подстанции.

Конструктивное исполнение DB-2S

Комплект поставки беспроводной системы мониторинга вводов силовых трансформаторов включает универсальные датчики марки DB-2S и дополнительные переходные втулки, предназначенные для монтажа датчика на измерительных выводах вводов различных производителей.

Вся электроника датчика смонтирована в герметичном защищенном металлическом корпусе с радиопрозрачным окном для антенны беспроводной связи. Она состоит из блока питания от тока проводимости ввода, датчиков тока и температуры, измерительной схемы и беспроводного передатчика.

Конструкция и электронная часть беспроводного датчика DB-2S является универсальной, она может быть использована для контроля вводов любого класса рабочего напряжения.

Пороги технического состояния контролируемого ввода в датчике формируются дистанционно, на основании величины емкости и напряжения ввода. При необходимости пороги можно скорректировать по радиоканалу при помощи специальной программы настройки системы контроля вводов.

Режим передачи информации по беспроводному интерфейсу имеет особенность для вводов 110 кВ. В связи с тем, что ток проводимости таких вводов невелик и составляет примерно 5 мА, энергии для постоянной работы передатчиков, потребляющих достаточно много, не хватает.

Для компенсации малой мощности источника питания в схеме предусмотрен накопитель энергии. В постоянном режиме производится только регистрация тока проводимости, а весь избыток энергии накапливается. При достижении определенного уровня заряда, не более чем через 5 минут, дается разрешение на измерение и работу передатчика.

Чем больше ток проводимости ввода, тем короче паузы, в течение которых производится накопление энергии. При токах проводимости вводов от 15 мА передатчик может работать постоянно.

Монтаж DB-2S на измерительном выводе

Каждый из отечественных и зарубежных производителей высоковольтных вводов использует свою конструкцию узла подключения, герметизации и заземления измерительного вывода. Поэтому оптимальной для системы контроля высоковольтных вводов трансформаторов является конструкция, состоящая из универсального датчика и переходной крепежной втулки, уникальной для каждого типа высоковольтного ввода.

Перечень часто встречающихся вводов и размеры посадочных мест для датчиков приведен в таблице.

Фирмой ДИМРУС производятся 12 видов переходников для всех типоразмеров измерительных выводов вводов, приведенных в таблице. При помощи этих переходников на измерительных выводах монтируются устройства присоединения марки DB-2, которые используются для всех «проводных» систем

мониторинга и сертифицированы для применения в ПАО РОССЕТИ.

ПИН	Фирма	Марка вводов
UHF 2,25"	ABB, TRENCH	ОТА, СОТ, ЕТА, ГОЕ
M16x1,5	ABB, TRENCH	ОТА, СОТ, ЕТА, ЕТГ
TP 3/4"	ABB	BRIT, RTXF, RTKF
M24x1,5	HSP	SETFL, ETFT, STARIP
M30x2	ABB	GSA, GSB
M30x1,5	HSP, MGC	EKTO, TRAVESCA
M42x1,5	Мацца	ГКТ
M39x2	Мацца	
D56	Мацца	ГБМТ, ГМТ, ГТТ, ГМР

Переходники, применяемые для монтажа устройств присоединения, можно использовать для монтажа беспроводных датчиков марки DB-2S на вводах различных производителей. Это возможно потому, что



Рис. 2. Переходники для установки датчиков DB-2 и DB-2S на различных типах вводов.

и датчики марки DB-2S, и устройства присоединения марки DB-2 имеют одинаковые посадочные размеры.

Технические параметры датчика DB-2S

Ток проводимости вводов, мА	5 ÷ 70
Погрешность измерения тока, %	0,5
Рабочее напряжение вводов, кВ	до 700
Диапазон рабочих температур, град	-40 ÷ +80
Размеры датчика (L*D), мм	70 * 60
Вес датчика, не более, кг	0,5

Заключение:

1. Система мониторинга на основе беспроводных датчиков DB-2S является дешевым и эффективным средством контроля состояния вводов, особенно находящихся в критическом состоянии.

2. Передача информации о текущем состоянии вводов при помощи беспроводного интерфейса обеспечивает гибкость и оперативность работы системы мониторинга.

3. Использование в интерфейсе LoRa ONE двойного шифрования передаваемой информации обеспечивает необходимую информационную безопасность работы системы контроля высоковольтных вводов.