

Системы непрерывного контроля изоляции

В статье рассматриваются существующие и нетрадиционные способы и структуры построения систем непрерывного контроля изоляции для ранней диагностики утечек тока в системах электроснабжения стационарных и транспортных объектов.

Станислав Резников,
д. т. н.
Денис Чув,
к. т. н.
Александр Савенков
Сергей Кузенный
Анна Бекетова
Александр Милославский

beketova@spetsremont.ru

В настоящее время для непрерывного контроля изоляции в электросистемах транспорта, промышленных и жилых помещений широко применяется только одно устройство — дифференциальный датчик тока (ДДТ), реагирующий на разность токов прямого и обратного проводов (точнее — на ненулевую алгебраическую сумму токов в системе из m -проводов). В системах питания переменного тока при наличии разветвленной системы хорошо заземленных на нулевой провод сети (в точке до датчика тока) экранов, кожухов, металлических конструкций и т. п. ДДТ эффективно распознает утечки токов на землю (в том числе и через человека). В этом случае, при переменном токе, в качестве ДДТ используется чувствительный трансформатор тока со взаимно-встречно включенными прямым и обратным проводами, способный зафиксировать даже емкостную цепь утечки порядка 30 мА. Однако даже и в этом случае ДДТ не способен зафиксировать пожароопасные нарушения в области последовательных контактов в цепи существенной нагрузки (в клеммном зажиме, в скрутке, в изношенных гнездах розетки, между контактами разомкнутого выключателя) или утечки и пробоя в последовательных полупроводниковых ключах.

В соответствии с ГОСТ Р 51628-2000 для распределительных щитов роль вышеуказанных заземлен-

ных экранов играют специальные нулевые защитные проводники, прокладываемые вблизи фазовых проводников, вплоть до розеток. Наличие нулевых защитных проводников может ослабить вышеуказанный недостаток, если их размещать также вблизи последовательных контактов. Кроме того, защитные проводники исключают опасную для человека весьма вероятную ситуацию: при плохом заземлении или вообще незаземлении какой-либо конструкции (труб, ванны, батареи отопления и т. п.) в точке до ДДТ вполне вероятно цепь случайного или искусственного ее заземления на провод нейтрали после ДДТ (например, при намокании канала скрытой проводки). В этом случае касание человеком фазового провода при одновременном непосредственном (или через влажный участок) касании указанной конструкции возникает ток поражения, не создающий в ДДТ разностного сигнала.

Рассмотрим возможные варианты модернизации систем непрерывного контроля изоляции (СНКИ) в схемах электропитания переменного тока. На рис. 1 показана однофазная схема электропитания с СНКИ на базе нулевого защитного провода и блока «провокации КЗ», позволяющего продублировать функцию дифференциального датчика тока (ДДТ). Система обеспечивает селективность диагностики утечки изоляции, исключая при этом информационную связь с централизованным или групповым автоматом защиты сети (АЗС). При появлении утечки тока между контактами выключателя (ВКЛ) или патрона лампы (Н) появляется напряжение между селективным защитным проводом (СЗП) и центральным защитным проводом (ЦЗП), то есть на шунте (R) и в цепи управления тиристора (VS). При включении тиристора сеть оказывается замкнутой накоротко, что вызывает срабатывание АЗС, перегорание предохранителя (Пр) и индикацию об аварии в месте ее возникновения. В этой же схеме предлагается усиление разностного входного сигнала ДДТ за счет витков, образуемых ЦЗП.

На рис. 2 и 3 приведены предложенные варианты СНКИ с изолированными (незаземленными) защитными проводами. В первом из них питание защитной цепи осуществляется от емкостного делителя (СД_{1,2}), а во втором — от трансформатора (Тр).

Для систем питания переменного тока с заземленной нейтралью наибольший интерес может представить СНКИ на базе относительно высокоча-

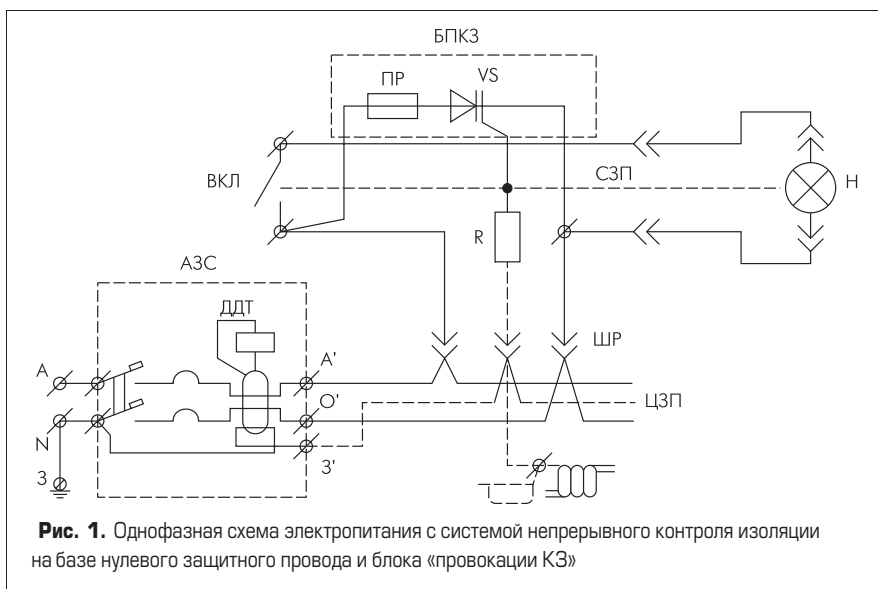


Рис. 1. Однофазная схема электропитания с системой непрерывного контроля изоляции на базе нулевого защитного провода и блока «провокации КЗ»

стотного зондирования изоляции с помощью генератора повышенной частоты (ГПЧ), показанная на рис. 4. ГПЧ подключен между нейтральным (N) и защитным (PE) проводами через трансформатор (Tr) и резонансный фильтр (Ф). Утечки тока в изоляции фиксируются селективно с помощью датчиков тока с индикацией (ДТ/И), воздействующих на соответствующие автоматические выключатели (ВА₁₋₄). Там же показаны вариант параллельного включения бестрансформаторного СНКИ, а также пробная перемычка с индикацией (ПП/И) для проверки цепей. Кроме того, в схеме применены расположения защитных проводов вблизи электродов выключателей (Вк) и ламповых патронов (Н), а также вспомогательные витки в ДДТ для повышения его чувствительности, ограниченной асимметрией расположения обмоток и паразитными емкостными утечками тока. К достоинствам схемы помимо чувствительности и селективности относится возможность диагностирования изоляции в обесточенном состоянии.

Перечень узлов и элементов к схеме группового распределительного щита (рис. 4):

- L — сетевые линии (A, B, C);
- N — нейтраль (возвратное заземление);
- PE — защитный провод (защитное заземление);
- АД — дифференциальный автоматический выключатель;
- ВА — автоматический выключатель (с тепловым и электромагнитным датчиками перегрузки);
- УЗО(ВД) — устройство защитного отключения (дифференциальный выключатель);
- ДДТ — дифференциальный датчик тока;
- ПП(R) — пробная перемычка;
- РУ_A, РУ_N, РУ_{PE} — распределительные устройства (суммирующие шины);
- СНКИ — система непрерывного контроля изоляции;

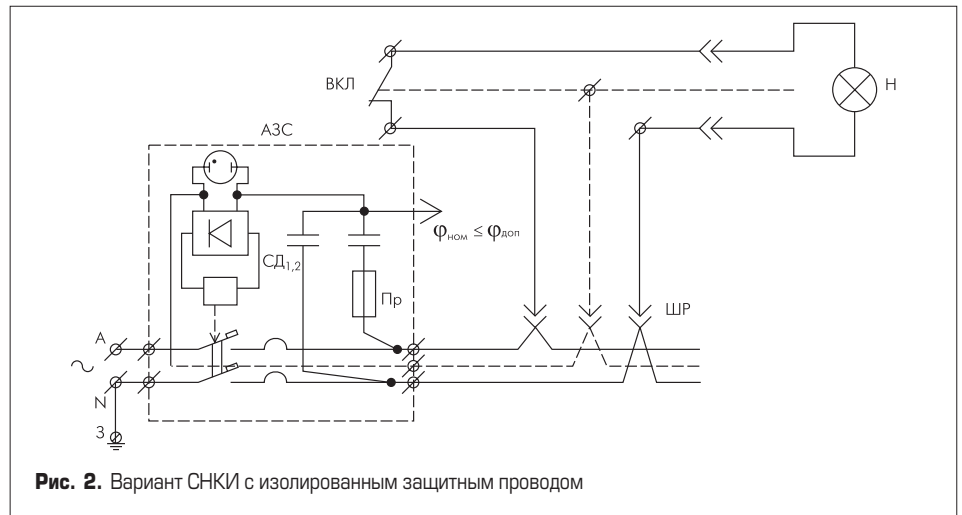


Рис. 2. Вариант СНКИ с изолированным защитным проводом

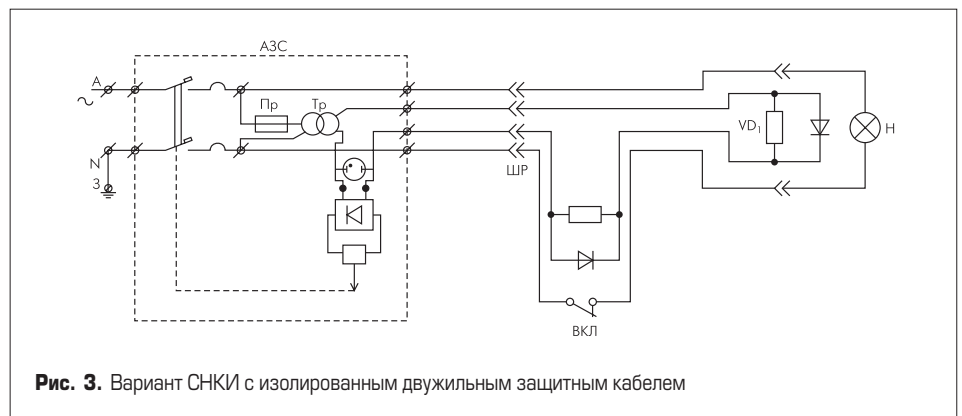
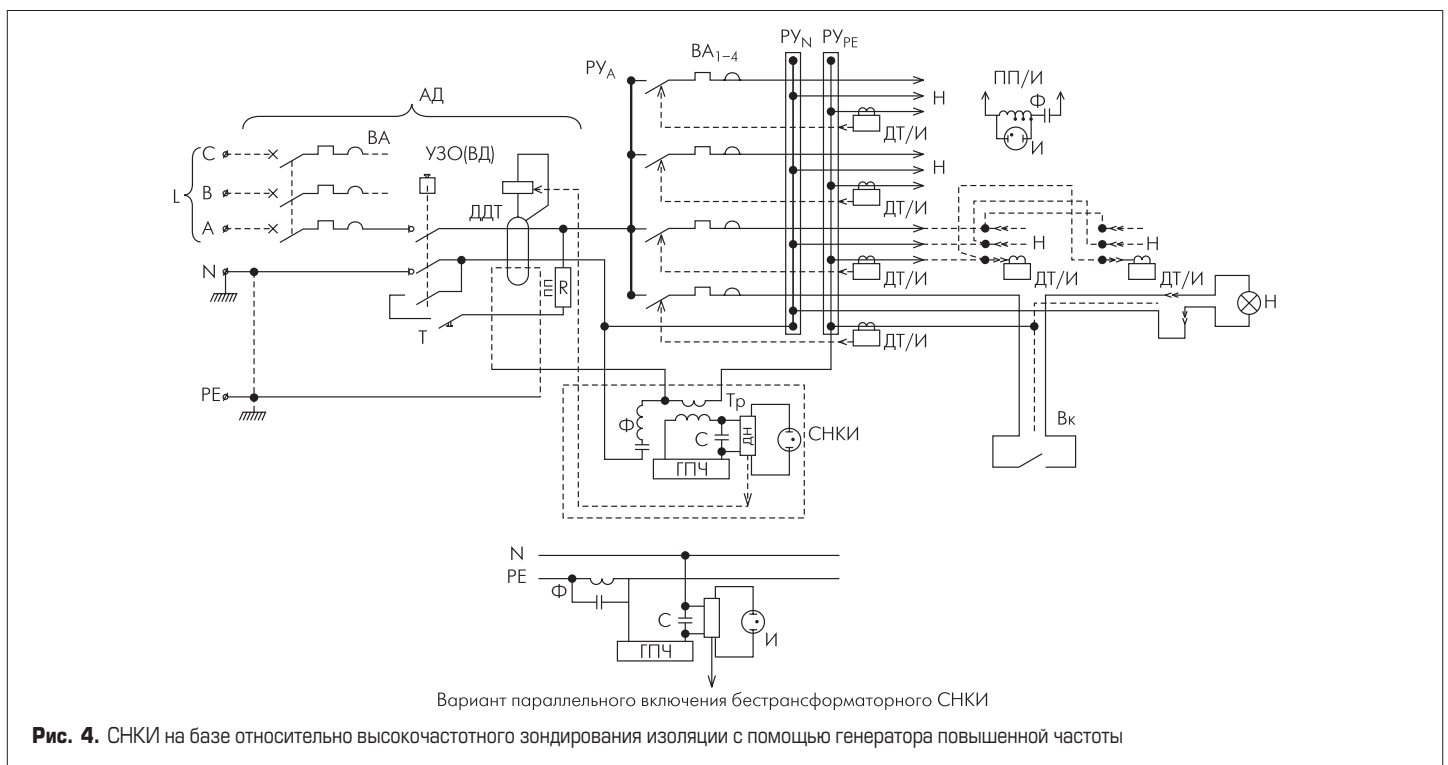


Рис. 3. Вариант СНКИ с изолированным двухжильным защитным кабелем

- ГПЧ — генератор повышенной частоты;
- ДН/И — датчик напряжения с индикацией;
- Tr — трансформатор тока;
- Ф — фильтр;
- ДТ/И — датчик тока с индикацией;
- ПП/И — пробная перемычка с индикацией;
- ВКЛ — выключатель;
- Н — нагрузка.

В энергосистемах переменного тока с незаземленной нейтралью, например, в борто-

вой сети железнодорожного транспорта, можно использовать известный простой способ контроля изоляции фазных проводов: поочередного высокоомного заземления проводов с контролем тока заземления. Если, например, есть утечка на землю (корпус) тока от фазного провода фазы А, то при искусственном заземлении фазы В или С в цепи заземления течет ток, тогда как при заземлении фазы А ток отсутствует. Однако



Вариант параллельного включения бестрансформаторного СНКИ

Рис. 4. СНКИ на базе относительно высокочастотного зондирования изоляции с помощью генератора повышенной частоты

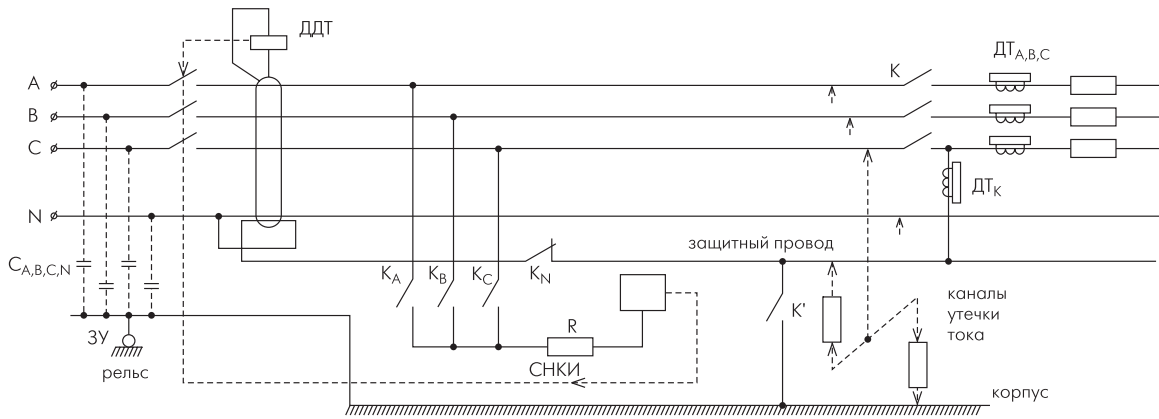


Рис. 5. Трехфазная схема электропитания с незаземленной нейтралью и СНКИ на базе поочередного высокоомного «квазизаземления» фаз (и селективной защиты от невыключения)

применительно к транспорту такой способ обладает следующими недостатками:

- невозможность использования ДДТ (незаземленность нейтрали);
- необходимость загрубления чувствительности порогового реле из-за существенных частичных емкостей между фазными обмотками питающего генератора и землей (корпусом), шунтирующих канал измеряемой утечки изоляции;
- регулярное заземление каждой из фаз сводит на нет преимущества незаземления нейтрали: удвоение результирующей прочности изоляции и электробезопасность при касании человеком одной из фаз;
- отсутствие защиты от невыключения цепей нагрузок (от утечки между контактами при выключении).

Исключить указанные недостатки предлагается следующим образом (рис. 5). Вместо заземления применено поочередное «квазизаземление» фаз на специально введенный защитный провод (через резистор R и пороговое реле). В схему введен дифференциальный датчик тока. Защитный провод постоянно соединен с нейтральным проводом в точке до ДДТ, но отсоединяется от него с помощью дополнительного реле K_N пе-

ред каждым включением ключей $K_{A,B,C}$. Для усиления чувствительности ДДТ защитный провод образует дополнительные витки в сердечнике ДДТ. Для селективной защиты от невыключения в контакторах вблизи их контактов также располагаются ответвления от защитного провода, которые вместе с цепями нагрузок контролируются датчиками тока $2ДТ_K$ и $ДТ_{A,B,C}$. Для проверки незаземленности защитного провода может быть применен вспомогательный ключ K.

Наибольшую сложность для реализации СНКИ представляют высоковольтные тяговые схемы постоянного тока с заземленным минусовым проводом. Для диагностики изоляции в таких схемах помимо известного дифференциального датчика постоянного тока представляется рациональным использование СНКИ на базе высокочастотного зондирования (рис. 6). Диагностируемый участок тяговой схемы может быть выделен с помощью разделительных резонансных фильтров — пробок (ФП_{1,2,3}), формируемых последовательно с силовыми кабелями, а также шунтирующими фильтровыми конденсаторами $C_{Ф1,2}$. Линейные контакторы (ЛК) могут быть зашунтированы резонансными фильтрами-шунтами (ФШ) для непре-

рывности процесса контроля изоляции при выключении ЛК. При этом контроль невыключения ЛК может осуществляться датчиком постоянного тока в его цепи (ДПТ). При наличии относительно малых утечек тока, не входящих в диапазон чувствительности ДДТ, появится сигнал на выходе частотного датчика тока (ДТ), позволяющий отключить линейный контактор (ЛК₁) для устранения утечки и предотвращения ее перерастания в КЗ.

Среди рассмотренных способов и структур систем непрерывного контроля изоляции наибольшей эффективностью обладают две:

- 1) на базе поочередного высокоомного заземления (или «квазизаземления») фазовых проводов;
- 2) на базе высокочастотного зондирования изоляции.

В совокупности с использованием дифференциальных датчиков тока применение предлагаемых систем позволяет обеспечить раннюю диагностику утечек тока, предупредить короткие замыкания, перегрузки и пожароопасные аварии в системах электропитания стационарных и транспортных объектов.

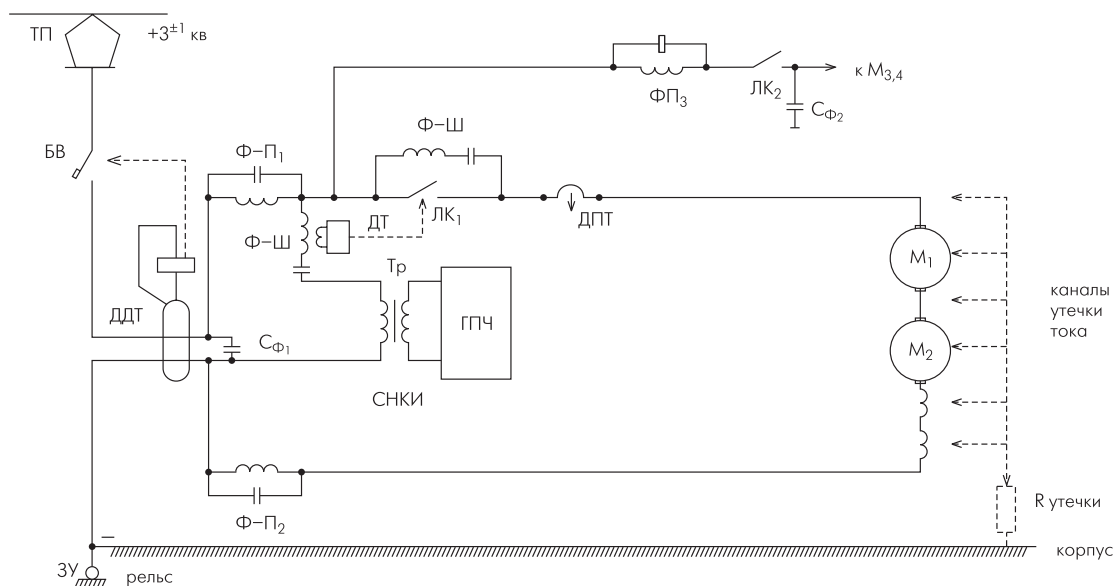


Рис. 6. СНКИ на базе высокочастотного зондирования