



Авторы:

к.т.н. Галкин И.А.,
к.т.н. Шаварин Н.И.,
Иванов А.Б.
ООО НПП «ЭКРА»,
г.Чебоксары

РЕЛЕ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ПОЛЮСОВ СЕТЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА ООО НПП «ЭКРА» типа РКИ-Э

Содержится анализ связи параметров сети оперативного постоянного тока и ложным срабатыванием устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики (РЗА). Приведена структурная схема реле контроля изоляции сетей постоянного тока ООО НПП «ЭКРА» типа РКИ-Э, позволяющего совместную работу со стандартной схемой контроля изоляции. Приведены основные технические данные реле РКИ-Э.

Ключевые слова:

сеть оперативного постоянного тока, устройства релейной защиты и противоаварийной автоматики, реле контроля сопротивлений изоляции.



Галкин Игорь Александрович – родился 23 июня 1952 года; в 1974 году окончил Чувашский государственный университет им. И.Н.Ульянова, кафедра Техники высоких напряжений; в 1988 году защитил кандидатскую диссертацию на тему «Индукторные системы для магнитно-импульсной обработки металлов» в Омском политехническом институте, кандидат технических наук; инженер-конструктор ООО НПП «ЭКРА», тел. 220-110, доб. 12-55, e-mail: galkin_ia@ekra.ru.

Для контроля уровней сопротивлений изоляции полюсов сети оперативного постоянного тока (СОПТ) в случаях, когда не требуется определять сопротивления изоляции отдельных присоединений, часто применяется стандартная схема контроля изоляции на основе Т-образного моста, два плеча которого составляют резисторы с сопротивлением 1 кОм и потенциометр П2ДС, а третье плечо – электромеханическое реле постоянного напряжения типа РН-51/32. Однако данная схема обладает малой чувствительностью и не позволяет определить в автоматическом режиме сопротивление при симметричном ухудшении изоляции [1]. Также нашли применения полупроводниковые устройства контроля изоляции УКИ-2, УКИ-3 и УКИ-М, а в последнее время микропроцессорные реле контроля изоляции IR125, IR145, IR425 (фирма «Bender»), РКИ-2-300 (группа компаний «Полигон»), РК-30 («Электросбыт») и т.д. Эти устройства позволяют определить в автоматическом режиме как несимметричное, так и симметричное ухудшения сопротивлений изоляции. Они отличаются по характеристикам и принципам измерения и обладают высокой чувствительностью. Диапазон уставок определений сопротивлений изоляций полюсов сети оперативного постоянного тока относительно «земли» составляет 10...200 кОм, что удовлетворяет современным требованиям. Внутреннее сопротивление полюсов этих реле относительно «земли» составляет 100...200 кОм.

Наличие схемы контроля изоляции может явиться источником ложной работы устройств релейной защиты [2], особенно в тех случаях, когда устройством контроля изоляции инжектирует в контролируемую сеть ток более 2 мА.

При использовании реле контроля изоляции, например «Bender», приходится исключать применение стандартной схемы контроля изоляции или других элементов, включенных между каждым полюсом СОПТ и «землей», например, выравнивающих резисторов или вольтметров, так как они для этого реле являются элементами с «поврежденной изоляцией». Исключение из СОПТ стандартной схемы контроля изоляции на основе Т-образного моста или низкоомных выравнивающих резисторов повышает вероятность ложного срабатывания устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики (РЗА). Данное утверждение основывается на проведенном анализе схемы замещения СОПТ (рис. 1), где $R_{д+}$ и $R_{д-}$ – сопротивление выравнивающих резисторов, $R_{изол+}$ и $R_{изол-}$ – сопротивление изоляции соответственно положительного и отрицательного полюса СОПТ относительно «земли», $C+$ и $C-$ – емкости полюсов соответственно положительного и отрицательного полюса СОПТ, $R_{вх}$ – сопротивление обмотки реле повторителя, например, газовой защиты или входа платы дискретных сигналов 2, 3 – сухие контакты.

До замыкания на «землю» входа платы дискретных сигналов напряжение на положительном полюсе сети относительно «земли»

$$U_+ = U_{АБ} \cdot (R_{изол+} // R_{д+}) / (R_{изол+} // R_{д+} + R_{изол-} // R_{д-}),$$
 напряжение на отрицательном полюсе сети относительно «земли»

$$U_- = U_{АБ} \cdot (R_{изол-} // R_{д-}) / (R_{изол+} // R_{д+} + R_{изол-} // R_{д-}),$$
 где $U_{АБ}$ – напряжение на аккумуляторной батарее. При этом напряжение на входе платы дискретных сигналов $U_{вх} = 0$. При сопротивлении изоляции, на-

пример, $R_{\text{изол}+}=100 \text{ кОм}$, $R_{\text{изол}} \geq 10 \text{ МОм}$ и сопротивлении выравнивающих резисторов $R_{\text{д}+}=R_{\text{д}-}=200 \text{ кОм}$ напряжения $U_+=55 \text{ В}$, $U_- = 165 \text{ В}$ при напряжении на аккумуляторной батарее $U_{\text{АБ}}=220 \text{ В}$.

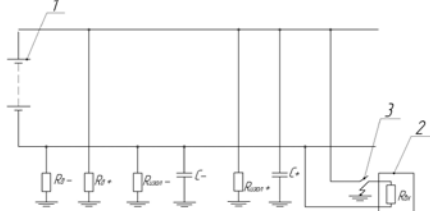


Рис. 1. Схема замещения сети оперативного постоянного тока, где 1- аккумуляторная батарея, 2- реле повторителя, например, газовой защиты или плата дискретных сигналов РЗА, 3- сухие контакты.

При замыкании на «землю» платы дискретных сигналов напряжение на входе платы в момент замыкания скачком увеличивается до значения 165 В, а затем с постоянной времени $t = 2 \cdot C \cdot (R_{\text{изол}+} // R_{\text{д}+} // R_{\text{изол}-} // R_{\text{д}-} // R_{\text{вх}})$ уменьшается до величины

$$U_{\text{вх}} = U_{\text{АБ}} \cdot (R_{\text{изол}-} // R_{\text{д}-} // R_{\text{вх}}) / (R_{\text{изол}+} // R_{\text{д}+} // R_{\text{изол}-} // R_{\text{д}-} // R_{\text{вх}}).$$

Например, при сопротивлении $R_{\text{вх}}=50 \text{ кОм}$ напряжение на входе платы после завершения переходного процесса составит $U_{\text{вх}}=82 \text{ В}$. При емкости сети $C=10 \text{ мкФ}$ постоянная времени составит $t=0.5$ секунды, что достаточно для ложного срабатывания РЗА. Очевидно, что чем меньше величина выравнивающего сопротивления, тем меньше величина напряжения на дискретном входе при замыкании его на «землю».

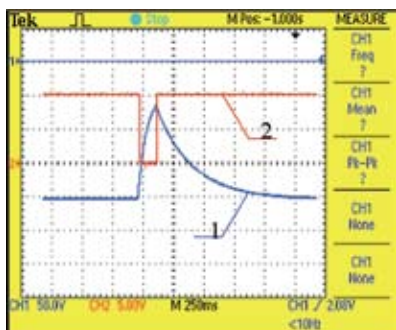


Рис.2. Осциллограмма напряжений на отрицательном полюсе сети (1) и выходе (2) платы дискретных сигналов при замыкании на «землю» при $R_{\text{изол}+}=100 \text{ кОм}$, $R_{\text{изол}} \geq 10 \text{ МОм}$, $R_{\text{д}+}=R_{\text{д}-}=200 \text{ кОм}$, $C=10 \text{ мкФ}$, $U_{\text{АБ}}=220 \text{ В}$.

На рис. 2 приведены осциллограммы напряжений на отрицательном полюсе сети (1) и выходе (2) платы дискретных сигналов при замыкании на землю входа платы для одного из случаев.

При сопротивлении выравнивающих резисторов $R_{\text{д}+}=R_{\text{д}-}=10 \text{ кОм}$ и тех же величин сопротивлений изоляции и напряжении аккумуляторной батареи напряжение на входе платы в момент замыкания составит 115 В, что недостаточно для ложного срабатывания платы дискретных сигналов.

Необходимо отметить, что стандартная схема контроля изоляции обладает малым (примерно 9 кОм) внутренним сопротивлением каждого полюса относительно «земли», поэтому ее применение снижает вероятность ложного срабатывания устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики РЗА в СОПТ.

В ООО НПП «ЭКРА» разработан способ определения сопротивлений изоляций сети постоянного тока с изолированной нейтралью и устройство для определения присоединений с поврежденной изоляцией [3], на основе которого разработано реле контроля изоляции РКИ-Э. Реле предназначено для контроля уровня сопротивлений изоляций полюсов сети оперативного постоянного тока относительно «земли», определения полярности поврежденного полюса и выдачи выходного сигнала при снижении сопротивления изоляции ниже допустимого значения и позволяет совместную работу со стандартной схемой контроля сопротивлений изоляции СОПТ.

Структурная схема реле контроля изоляций сетей постоянного тока РКИ-Э, включенного в сеть оперативного тока со стандартной схемой контроля изоляции, представлена на рис. 3. На рисунке: 1, 2 – делители напряжения; 3 – усилители; 4 – микроконтроллер; 5 – датчик тока; 6 – преобразователь напряжения; 7 – электромагнитное выходное реле; 8, 9, 10 – управляемые ключи; 11 – переключатель; 12, 13 – светодиоды; R1, R2, R3 и К – стандартная схема контроля изоляции.

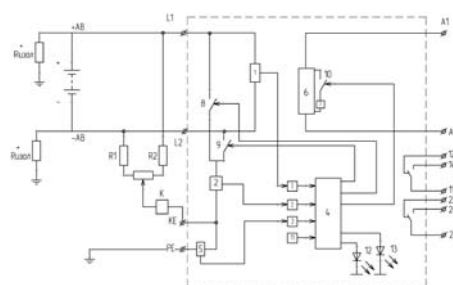


Рис.3. Структурная схема реле контроля изоляций сетей постоянного тока РКИ-Э, включенного в сеть оперативного тока со стандартной схемой контроля изоляции.

Работа реле РКИ-Э основана на измерении напряжений на положительном U_+ и отрицательном U_- полюсах сети постоянного тока относительно «земли» при поочередном подключении к полюсам сети делителя напряжения 2 с помощью управляемых ключей 8 и 9. Одновременно с помощью датчика тока 5 производится измерение токов I_+ и I_- через проводник изолированной нейтралью и устройство для определения присоединений с поврежденной изоляцией [3], на основе которого разработано реле контроля изоляции РКИ-Э. Реле предназначено для контроля уровня сопротивлений изоляций полюсов сети оперативного постоянного тока относительно «земли», определения полярности поврежденного полюса и выдачи выходного сигнала при снижении сопротивления изоляции ниже допустимого значения и позволяет совместную работу со стандартной схемой контроля сопротивлений изоляции СОПТ.

Микроконтроллер производит определение знака поврежденного полюса сети постоянного тока, а также вычисление на основе измеренных значений U_{+r} , U_- , I_{+r} , I_- и U_0 полного сопротивления изоляции $R_{\text{экв}}$ по формуле

$$R_{\text{экв}} = (U_0 - U_+ - U_-) / |I_+ - I_-|.$$

При снижении сопротивления изоляции менее величины уставки, задаваемой переключателем 11, микроконтроллер подает сигнал на замыкание контактов выходного электромагнитного реле (замыкание клемм 11–14 и 21–24). Одновременно загорается светодиод на лицевой панели реле, указывающий полярность поврежденного полюса сети. Питание реле осуществляется от клемм А1 и А2.

Отличительной особенностью реле РКИ-Э является то, что элементы подключенные к клемме «КЕ» не являются для реле элементами с «поврежденной» изоляцией.



Шаварин Николай Иванович — родился 20 июня 1949 года; в 1977 году окончил Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова, кафедра Электропривода и автоматизации промышленных установок и технологических комплексов; в 1987 году защитил кандидатскую диссертацию на тему «Разработка цифровой системы управления тиристорным преобразователем» в Московском энергетическом институте, кандидат технических наук; заведующий отделом НКУ ООО НПП «ЭКРА», тел. 220–110, доб. 11–30, e-mail: shavarin_ni@ekra.ru.



Иванов Алексей Борисович — родился 14 июня 1985 года; в 2007 году окончил Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова, кафедра Вычислительные машины, комплексы, системы и сети; инженер-программист ООО НПП «ЭКРА», тел. 220–110, доб. 12–55, e-mail: ivanov_a@ekra.ru.

В тех случаях, когда существующая схема контроля изоляции отсутствует, между каждым полюсом сети оперативного тока и клеммой «КЕ» необходимо включить резисторы сопротивлением 10 кОм С 5–35 В-50 Вт. Схема подключения реле в этом случае приведена на рис. 4.

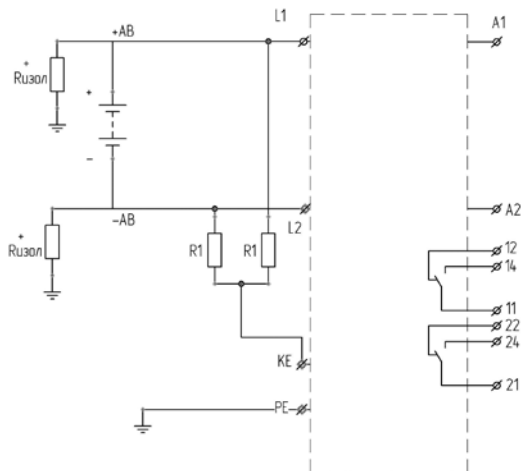


Рис.4. Схема подключения реле РКИ-Э в случае отсутствия стандартной схемы контроля изоляции.

Диаграмма работы реле РКИ-Э представлена на рис.5. Временная задержка на включение сигнализации при ухудшении изоляции составляет 5 секунд.

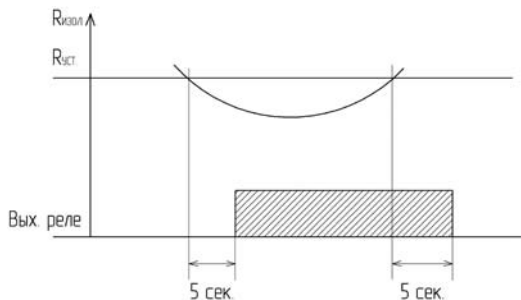


Рис.5. Диаграмма работы реле РКИ-Э.

Основные технические данные реле типа РКИ-Э

Напряжение питания 170...250 В пост. тока
 Напряжение контролируемой сети постоянного тока 170...250 В
 Диапазон уставок сопротивлений изоляции полюсов сети относительно «земли»10...200 кОм
 Погрешность уставки срабатывания, не более 10%
 Потребляемая мощность по цепи питания 1 Вт

Максимальное время цикла измерений 10 сек.
 Внутреннее сопротивление реле между зажимами каждого полюса и «землей» не более 30 кОм
 Максимальная емкость полюсов относительно «земли» не более 100 мкФ
 Определение знака полюса с пониженной изоляцией есть
 Количество и тип контактов выходного реле 2 переключающих
 Максимально коммутируемое напряжение 250 В AC
 Максимальный коммутируемый ток при активной нагрузке 5 А
 Степень защиты реле:
 • по корпусу IP40
 • по клеммам IP20
 Диапазон рабочих температур 0° ÷ +55°С
 Температура хранения -40° ÷ +60°С
 Относительная влажность, не более 80% при 25°С
 Максимальное напряжение между цепями питания и контактами реле при частоте напряжения 50 Гц в течение 1 мин 2 кВ
 Режим работы круглосуточный
 Габаритные размеры 100×115×45 мм
 Масса 0,5 кг



Реле выпускается в унифицированном пластмассовом корпусе с передним присоединением проводников. Крепление осуществляется на монтажную рейку

DIN EN 50022. Конструкция клемм обеспечивает надежный зажим проводов сечением до 2,5 мм². На лицевой панели реле расположены переключатель для задания уставки сопротивления изоляции полюсов, индикаторы работы реле и полярности поврежденного полюса сети.

Литература:

1. М. А. Беркович, В. А. Семенов. Основы техники и эксплуатации релейной защиты. 3-е изд., доп. – М.: Госэнергоизд, 1960.- 480 с.: ил.
2. Гельфанд Я. С. Релейная защита распределительных сетей.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Энергоатомиздат, 1987.- 368 с.: ил.
3. Патент РФ № 2381516. МПК G01 R27/18. Способ определения сопротивлений изоляции присоединений в сети постоянного тока с изолированной нейтралью, устройство для его осуществления и дифференциальный датчик для его устройства/Алимов Ю. Н., Галкин И. А., Шаварин Н. И. опубликовано 10.02.2010 (приоритет от 16.07.2008).