

УДК 622.647.1

И.Б. Гуляева /к.т.н./, М.К. Маренич

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет» (Донецк)

УПРАВЛЕНИЕ КОММУТАЦИЕЙ В ЦЕПИ НЕЙТРАЛИ ВТОРИЧНОЙ ОБМОТКИ ТРАНСФОРМАТОРА ПОДСТАНЦИИ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ СЕТИ

Проанализирован способ выявления повышенной электрической проводимости с фазы на центральный провод шахтного кабеля на основе выделения информационного сигнала в RC-цепи, связывающей через диод этот провод с нейтралью вторичной обмотки трансформатора подстанции. Обоснован способ повышения эффективности защитного отключения электрической сети участка шахты управлением коммутацией в цепи нейтрали вторичной обмотки трансформатора подстанции.

Ключевые слова: рудничное электрооборудование, гибкий кабель, изоляция, повреждение, выявление, исследование, трансформатор подстанции, нейтраль вторичных обмоток, коммутация, управление, схема.

Постановка проблемы

Устройство шахтной участковой электрической сети предусматривает применение разветвлённой схемы гибких экранированных кабелей с центрально расположенными заземляющими и в обязательном порядке заземляемыми жилами. Такое техническое решение позволяет выявлять факт появления повышенной проводимости между фазой сети и землёй как в результате повреждения изоляции фазы, так и вследствие касания фазы (находящейся под электрическим потенциалом) человеком. Однако опасность электропоражения человека в этом случае обусловлена величинами активных и ёмкостных сопротивлений изоляции сети, которые с увеличением количества, протяжённости и сечений гибких кабелей имеют тенденцию к снижению.

С учётом перевода шахтных участковых электрических сетей технологических участков высокой потребляемой мощности на номинальное линейное напряжение более высокого уровня (1140 В), проблема обеспечения электробезопасности их эксплуатации приобретает особую остроту. Среди возможных вариантов её решения могут быть как совершенствование схемотехники применяемых защит, так и принципиальное изменение подходов к формированию структуры системы электроснабжения участка в контексте максимально возможного ограничения тока через человека при касании его к фазе сети, а также разработка и техническая реализация альтернативных способов выявления утечки тока (вследствие повреждения изоляции фазы) и защитного обесточивания кабельной электрической сети участка шахты.

Анализ последних исследований и публикаций

Многолетний опыт разработки, эксплуатации и совершенствования аппаратов защиты от утечек тока на землю свидетельствует о неизменности практики реализации одних и тех же принципиальных положений [1...4]:

- сравнение постоянного оперативного тока, подаваемого в контур «аппарат защиты – сеть – цепь утечки тока – земля – аппарат защиты» с т.н. «эталонным» током аппарата защиты и формирование команды на отключение автоматического выключателя трансформаторной подстанции участка при превышении оперативным током «эталонного»;

- статическая, либо автоматическая компенсация ёмкостного тока утечки с фазы сети на землю;

- выявление (в аппаратах защиты, предназначенных для работы в сетях линейного напряжения 1140 В) повреждённой фазы и её закорачивание через малое активное сопротивление на землю с одновременным блокированием такого закорачивания других фаз.

Эти функции реализовывались вне зависимости от схемных решений аппаратов защиты:

- схемы на дискретных электрических и электронных компонентах (АЗПБ; АЗУР-1; РУ-1140) [4];

- схемы на основе применения интегральных микросхем, аналоговой схемотехники (АЗУР-4) [5];

- схемы на основе применения микроконтроллеров (АЗУР-1М; АЗУР-4МК) [6].

Однако все технические решения, реализуемые в данных аппаратах защиты, строились и

строятся применительно к общей концепции обустройства системы электроснабжения технологического участка шахты, где обязательным является заземление центральных проводов гибких экранированных кабелей, т.е. априори создаются проводимости между фазами сети и землёй, что представляет потенциальную угрозу электропоражения человека. В указанных аппаратах защиты существенная составляющая их функций сводится к воздействию (в сторону снижения) на эти проводимости, а также на ускорение «отделения» человека от воздействия электрического тока, проходящего по контуру: «трансформатор подстанции – человек – земля – проводимости изоляции – трансформатор подстанции».

К проблемным вопросам в части реализации функций аппаратов защиты от утечек тока на землю могут быть отнесены следующие:

- инерционность перестройки автокомпенсатора ёмкости изоляции сети, функционирующего на основе изменения постоянного тока подмагничивания компенсирующего дросселя (в течение времени перестройки компенсатора сеть остаётся недокомпенсированной);

- отсутствие решения в области закорачивания фазы на землю через малое сопротивление в случае мгновенного (одновременного) повреждения изоляции двух или трёх фаз кабеля;

- инерционность формирования команды на защитное отключение и последующей отработки её автоматическим выключателем трансформаторной подстанции участка шахты.

Последнее обстоятельство подтверждается техническими характеристиками, в соответствии с которыми собственное время срабатывания аппарата защиты любого из вышеперечисленных типов в сети линейного напряжения 660 В при сопротивлении утечки на землю 1 кОм и ёмкости изоляции в диапазоне $0 \div 1,0$ мкФ/фазу составляет порядка 0,1 с (т.е. применение микропроцессора в схеме аппарата не приводит к улучшению его главной функции – к повышению быстродействия формирования команды на защитное отключение). В сети линейного напряжения 1140 В это время составляет 0,07 с, а время шунтирования повреждённой фазы достигает 0,17 с. [6]. Кроме этого, выполнение защитной функции будет идти с дополнительной задержкой минимум 0,08 с, обусловленной временем собственного срабатывания автоматического выключателя АЗ7ХХ трансформаторной подстанции.

Исследованиями [7] доказано наличие условий, определяемых величиной напряжения на участке, количеством, длинами, сечениями задействованных кабелей, параметрами сопротив-

ления их изоляции, когда вследствие такой задержки отработки защитной функции возрастает количество электричества в теле человека до значения, находящегося на уровне, либо превышающего предельно допустимую величину $q=50 \text{ mA}\cdot\text{с}$ [8]. Кроме этого, существует вероятность ложных срабатываний аппаратов защиты от утечек тока на землю вследствие воздействия коммутационных переходных процессов в шахтной участковой электрической сети, что освещено в исследовании [9].

В работе [10] раскрыта потенциальная возможность реализации принципиально иного способа выявления повреждения изоляции фазы шахтного гибкого кабеля путём создания R-C-VD – измерительной цепи между центральным проводом кабеля и нейтралью трёхфазной вторичной обмотки трансформатора участковой подстанции. Данный способ отличается простотой технической реализации и повышением эффективности защитной функции. Последнее выражается в том, что в соответствии с этим способом появляется возможность фиксации момента повреждения изоляции любого количества фаз кабеля и уже в этот момент – защитного обесточивания электрической сети.

Исходя из этого, актуально решение задачи ускорения обесточивания кабельного присоединения трансформаторной подстанции участка шахты при повреждении изоляции в нём на основе совершенствования способов управления коммутацией силовых электрических цепей.

Цель исследования

Целью настоящего исследования является обоснование технического решения, реализующего ускоренное обесточивание силового присоединения шахтной участковой трансформаторной подстанции при повреждении изоляции фазных проводников, адаптированного к применению измерительной цепи между центральным проводом кабельного присоединения и нейтралью трёхфазной вторичной обмотки трансформатора подстанции.

Основной материал исследования

Базовая концепция способа выявления повреждения изоляции фазных проводников кабеля, отходящего от трансформаторной подстанции, иллюстрируется рис. 1, где подключение измерительной R-C-VD – цепи между нейтралью трёхфазной вторичной обмотки трансформатора TV подстанции и центральным проводом (ЦП) кабеля не нарушает режим изолированной нейтрали сети (вследствие последовательного включения в измерительную цепь конденсатора С)

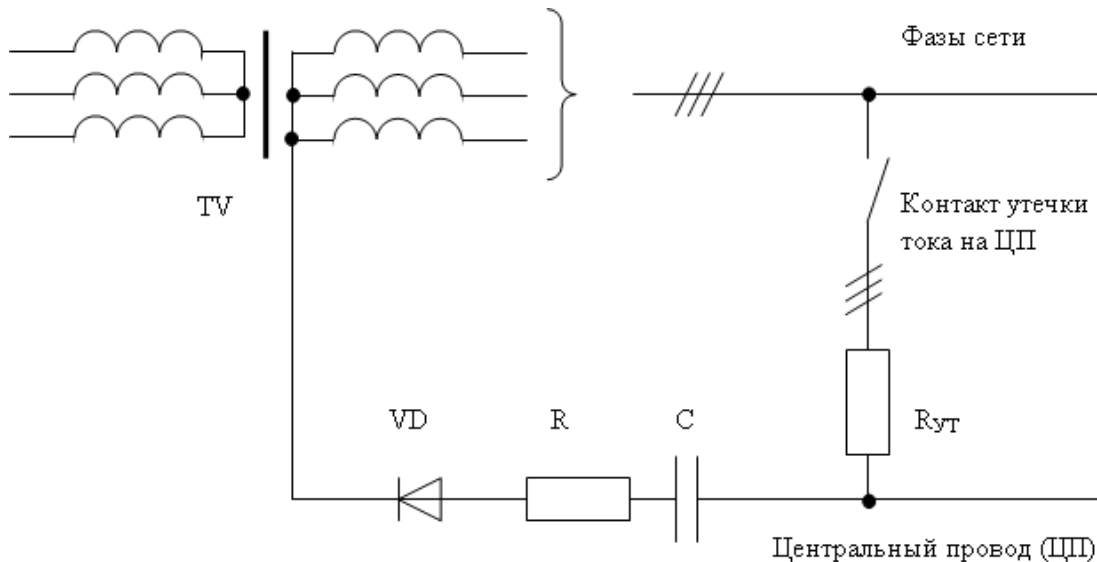


Рис.1. Схема, иллюстрирующая концепцию выявления повреждения изоляции любого числа фаз сети с созданием проводимости через $R_{ут}$ на центральный провод (ЦП) кабеля

и может быть использовано как в случае заземления ЦП (Состояние -1), так и в случае его изоляции от земли (Состояние -2).

На рис. 2 представлены диаграммы формирования информационного сигнала – импульса напряжения на резисторе R (рис. 1) в момент появления проводимости $g=1/R_{ут}$ фазы (фаз) на центральный провод, полученные моделированием. При этом были введены допущения:

- $R=10$ кОм; $C=1,5$ мкФ;
- $R_{ут}=1,0$ кОм;

– исходные параметры изоляции каждой силовой (фазной) жилы кабеля $R_{из}=100$ кОм; $СИЗ=0,5$ мкФ/фазу.

Из анализа рис.2 следует, что присоединение R-C-VD – цепи позволяет выявить факт появления повышенной проводимости $g=1/R_{ут}$ на центральный провод (в частности при $R_{ут}=1$ кОм, что соответствует сопротивлению тела человека [8]) как одной фазы (рис. 2а), так и одновременно двух фаз (рис. 2б). При этом амплитуды импульсов напряжения на резисторе R данной цепи – достаточны для приведения в действие исполнительного устройства защиты.

Появление цепей утечки тока с абсолютно одинаковыми проводимостями мгновенно с трёх фаз на ЦП схемой (рис. 1) выявлено не будет в виду формирования нулевого потенциала в точке соединения $R_{ут}$ с ЦП при нулевом потенциале нейтрали соединения в «звезду» вторичных обмоток трансформатора подстанции. Однако, это крайне маловероятное состояние. В то же время, схема (рис. 1) позволяет выявить появление цепей утечки тока трёх фаз на центральный провод в предельно малом диапазоне интервалов времени появления этих цепей утеч-

ки (рис. 2в, рис. 2г). Схема (рис. 1) также позволяет выявить мгновенную (синхронную) утечку с трёх фаз на центральный проовод, если имеет место даже незначительная разница в величинах сопротивлений утечки разных фаз (рис. 2д).

Соответствующая схеме (рис. 1) концепция выявления повреждения изоляции кабеля (создания повышенной проводимости фазы на центральный провод) позволяет, в принципе, отказаться от принципов защиты от утечек тока на землю, заложенных в функции и схемы применяемых аппаратов защитного отключения (АЗУР и т.п.). При этом изоляция от земли центрального провода кабеля позволила бы:

- перераспределить функцию защиты от утечек тока с централизованного уровня (защитное устройство размещено в трансформаторной подстанции участка шахты, контролирует всю электрическую сеть участка и отключает её в случае утечки тока в любом из силовых присоединений) на локальные уровни (устройства защиты располагаются в трансформаторной подстанции и в магнитных пускателях, но контролируют появление утечки тока (и производят защитное отключение) исключительно в соответствующих силовых присоединениях);

- обеспечить селективность защитной функции методом выявления утечки и отключения только кабельного присоединения с повреждённой изоляцией фазного проводника (фазных проводников);

- существенно увеличить комплексное сопротивление изоляции кабельной сети относительно земли и этим существенно улучшить исходные условия в соответствии с критериями обеспечения электробезопасности её эксплуатации;

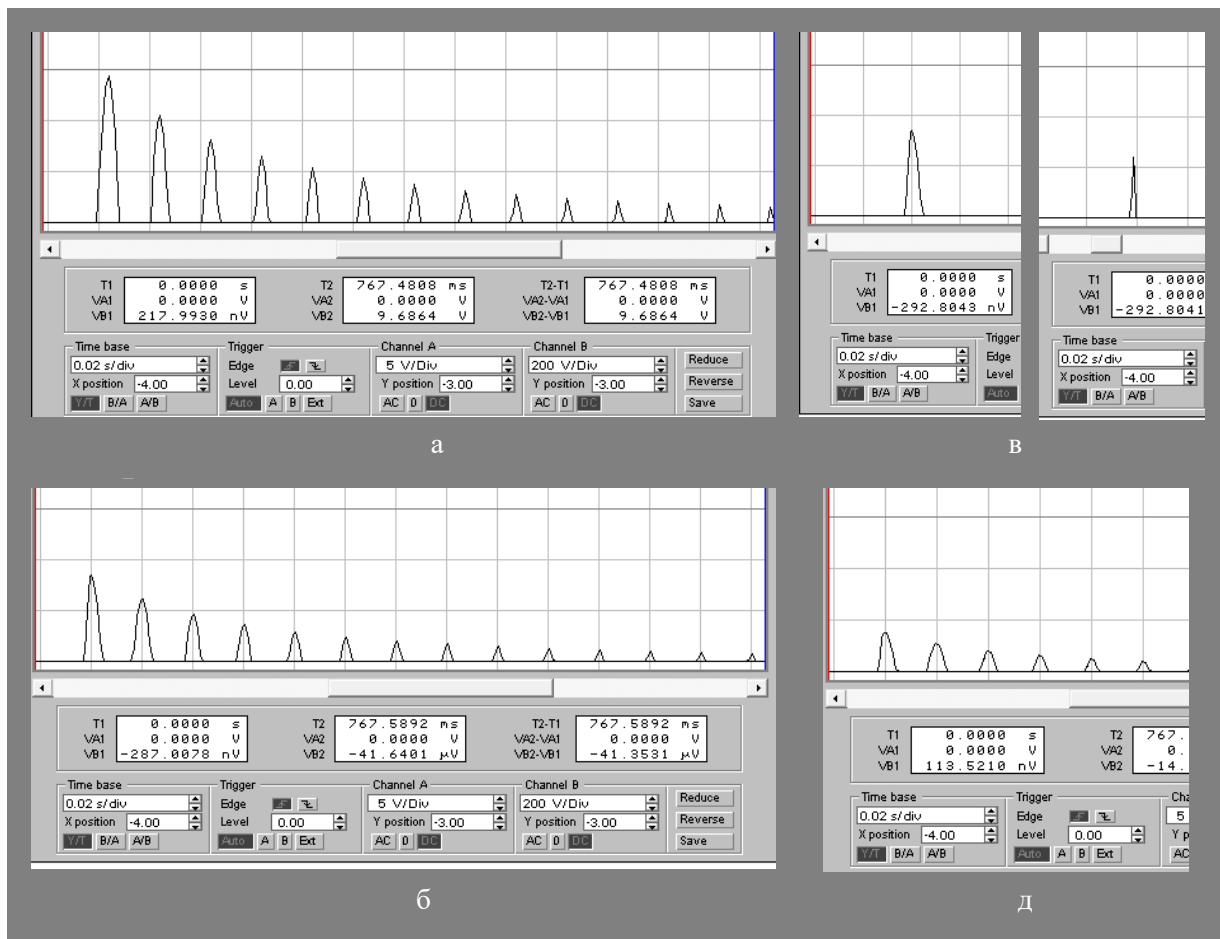


Рис. 2. Осциллограммы импульсов напряжения на резисторе измерительной R-C-VD – цепи (по рис. 1):

- a* – возникновение утечки тока на центральный провод (ЦП) с одной фазы ($R_{VT}=1$ кОм);
- б* – одновременное возникновение утечки с двух фаз на ЦП ($R_{VT}=1$ кОм);
- в, г* – одновременное возникновение утечки с двух фаз на ЦП ($R_{VT}=1$ кОм) и спустя 0,01 с. (*в*); 0,001 с. (*г*) – возникновение утечки ($R_{VT}=1$ кОм) на ЦП с третьей фазы;
- д* – одновременное возникновение утечки на ЦП с двух фаз при $R_{VT}=1$ кОм и с третьей фазы при $R_{VT}=2$ кОм

– исключить воздействие на формирование информационного сигнала на резисторе R измерительной цепи (рис. 1) со стороны коммутационных переходных процессов при включении или отключении силовых кабельных присоединений электропотребителей участка шахты.

Применительно к «Состоянию -2» распространение защитной функции на схемотехнику магнитных пускателей может быть осуществлено подключением центрального провода отходящего от пускателя кабеля через измерительную R-C-VD – цепь (аналогично рис. 1) с присоединением катода диода VD к сети на выходе магнитного пускателя через трёхфазный дроссель (аналогично вторичной обмотке трансформатора TV на рис. 1).

«Состояние -2», таким образом, предполагает сохранение функции аккумуляции центральным проводником кабеля токов утечки с фазных проводников. Однако следствием такого

решения является необходимость применения в структуре кабеля дополнительного заземляющего проводника, удалённого от силовых жил и предназначенного для создания цепи заземления нестационарного электрооборудования (через цепи заземления силовых коммутационных аппаратов).

Прекращение протекания тока утечки с фазы (фаз) в случае повреждения изоляции – на центральный провод кабеля может быть достигнуто отключением автоматического выключателя трансформаторной подстанции. Однако, регламентированные техническими условиями время собственного срабатывания автоматического выключателя типового ряда АЗ7ХХ (0,08 с) обуславливает целесообразность поиска альтернативных технических решений, отличающихся большим быстродействием (при условии их применения совместно со штатными исполнительными средствами защитного отключения).

Следует отметить, что закорачивание на центральный провод повреждённой фазы предполагает существенное усложнение устройства защиты (что нерационально) и не может быть использовано при одновременном повреждении изоляции (создании повышенной проводимости на ЦП) двух или более фаз.

В то же время, положительный эффект может быть достигнут размыканием нейтрали соединённых в «звезду» вторичных фазных обмоток трансформатора подстанции быстродействующими вакуумными контакторами КМ1, КМ2 (рис. 3). В этом случае с целью ограничения, либо исключения перенапряжений в момент отключения контакторов в схему соединения вторичных обмоток трансформатора могут быть введены активные сопротивления R1; R2; R3, величины которых должны соответствовать критерию не превышения тока в цепи утечки R_{UT} длительно безопасного уровня – 25 мА и создавать напряжение на выходе вторичной обмотки трансформатора подстанции и, соответственно, на трансформаторе, питающем схемы её распределительного устройства низкого напряжения, недостаточное для поддержания во включенном состоянии расцепитель минимального напряжения автоматического выключателя (SA) подстанции.

Таким образом, условием функционирования трансформаторной подстанции будет включенное состояние контакторов КМ1 и КМ2 (рис. 3). Их отключение должно быть предусмотрено только по команде защиты от утечки тока с фазы на центральный провод, либо в случае обесточивания (отключения напряжения 6 кВ со входа) силового трансформатора подстанции.

В соответствии с техническими условиями эксплуатации вакуумного контактора типа SPVC, его включение осуществляется с использованием эффекта форсировки перемещения подвижных компонентов электромагнита [11]. С этой целью в схеме (рис. 4) предусматривается функциональный узел, состоящий из обмотки

W2 напряжения 220 В трансформатора TV1, выпрямителя VC1 и сдвоенной кнопки «ПУСК» S1.1-S1.2 (применительно к одному однополюсному контактору). После включения контактора его замыкающий контакт SQ2 создаёт путь тока удержания электромагнитной системы – от выпрямителя VC2. Эффект возникновения утечки тока на ЦП кабеля сопровождается формированием импульса тока в измерительной R-C-VD – цепи и, следовательно, импульса напряжения на её резисторе (рис. 1), что может быть использовано в качестве управляющего сигнала, приводящего к срабатыванию исполнительного реле (KS) защиты.

Применение реле в данном случае принципиально важно, поскольку защитное действие будет сопровождаться механическим разрывом цепи тока коммутации катушки YA вакуумного контактора К (контакт KS1), что является фактором обеспечения надёжности отработки защитной функции. Принципиально выжым является то, что размыкающий контакт KS1 реле KS будет находиться в цепи коммутации относительно невысокого тока удержания вакуумного контактора (цепи его катушки YA), что расширяет диапазон типов доступных к применению быстродействующих промежуточных реле. Одним из возможных технических решений является применение (при подключении к измерительной R-C-VD – цепи по рис.1) промежуточного реле типа РП-21-020-УХЛ4А [12], содержащего два размыкающих контакта. Это позволит одним реле одновременно воздействовать на отключение обоих вакуумных контакторов (КМ1 и КМ2 по рис.4) в цепи нейтрали коммутации фазных вторичных обмоток трансформатора подстанции. Согласно техническим характеристикам, коммутируемый ток контактов этого реле (6 А при напряжении 36 В постоянного тока и 2,5 А при напряжении 220 В постоянного тока), согласуется с параметрами коммутации цепи катушки YA контактора типа SPVC.

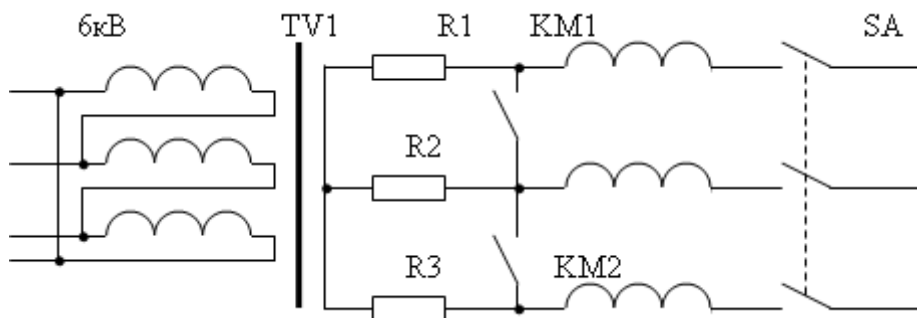


Рис. 3. Схема контакторной (КМ1 – КМ2) коммутации нейтрали вторичных фазных обмоток трансформатора подстанции участка шахты

Нормируемое время срабатывания реле РП-21 в вариантах применения замыкающих, либо переключающих контактов не превышает 0,03 с. Следует полагать, что разъединение размыкающих контактов этого реле будет начинаться в момент подачи тока в его катушку, т.е. совпадать с моментом формирования (переднего фронта) импульса напряжения на резисторе R-C-VD – измерительной цепи (рис. 1), что соответствует моменту повреждения изоляции кабеля – моменту создания повышенной прооходимости с фазы на его центральный провод. В целом, допуская некоторую инерционность срабатывания реле РП-21, возможно предположить, что с учётом собственного времени отключения вакуумного контактора SPVC, составляющего $0,007 \pm 0,002$ с [11]), общая продолжительность размыкания нейтрали соединения в «звезду» фазных вторичных обмоток трансформатора подстанции будет находиться в пределах $0,010 \div 0,012$ с.

Эффективность предлагаемого способа защитного отключения сети коммутацией нейтрали вторичной обмотки трансформатора подстанции подтверждается результатами моделирования (рис. 5), где в основу расчётной схемы положена структура (рис. 3) с параметрами трансформатора подстанции ВСТП-1000 при фазном/линейном напряжении выхода, соответственно, 660/1140 В. Величины сопротивлений резисторов $R1=R2=R3=3$ кОм; сеть участка – в «Состоянии -1», т.е., центральный провод кабеля

заземлён; сопротивление утечки $R_{YT}=1$ кОм; активное сопротивление изоляции кабеля (между фазным проводником и землёй) $R_{ИЗ}=60$ кОм; отключение контакторов КМ1 и КМ1 – синхронное в момент времени t_1 . Исследование выполнено для кабелей марки КГЭШ с сечениями рабочих жил 25 мм^2 ; 35 мм^2 ; 50 мм^2 ; 70 мм^2 при длинах кабелей 200 м. Анализ результатов моделирования позволяет сделать вывод о влиянии ёмкости изоляции кабеля на величину тока в цепи утечки, что косвенно иллюстрируется увеличением падения напряжения на R1 вариантах моделирования с повышением сечения рабочих жил кабеля, а также о свойстве ограничения тока в цепи утечки вследствие управляемой коммутации нейтрали трансформатора подстанции (в момент времени t_1), что также иллюстрируется параметром напряжения на R1 и свидетельствует о возможности сохранения электропоражающего параметра (количества электричества через человека) на безопасном уровне $q \leq 50 \text{ мА} \cdot \text{с}$ при комбинировании защитного отключения подстанции с ускоренной коммутацией нейтрали её трансформатора даже в условиях относительно низких активных и ёмкостных сопротивлений между фазами сети и землёй (центральный провод кабеля заземлён). В случае изменения назначения ЦП и изоляции его от земли параметр q будет ожидаемо снижаться в связи с увеличением сопротивлений между фазами сети и землёй.

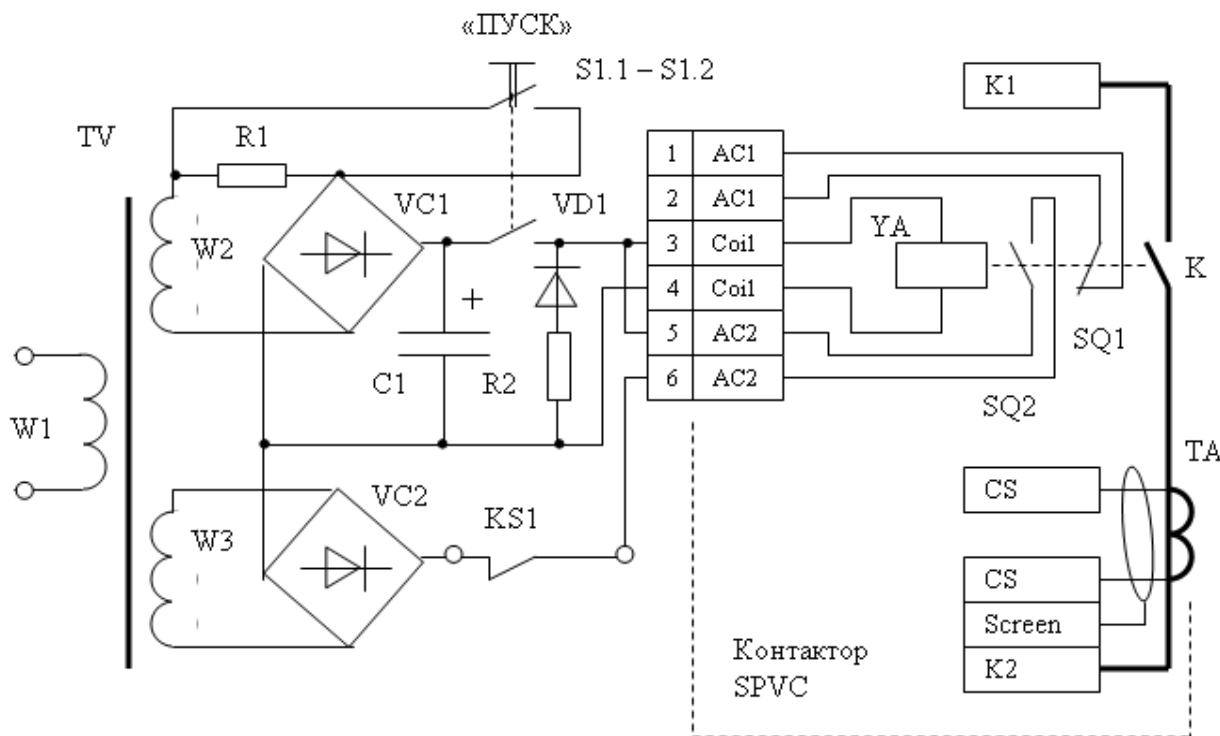


Рис. 4. Схема узла управления вакуумным контактором коммутации нейтрали вторичных фазных обмоток трансформатора подстанции участка шахты

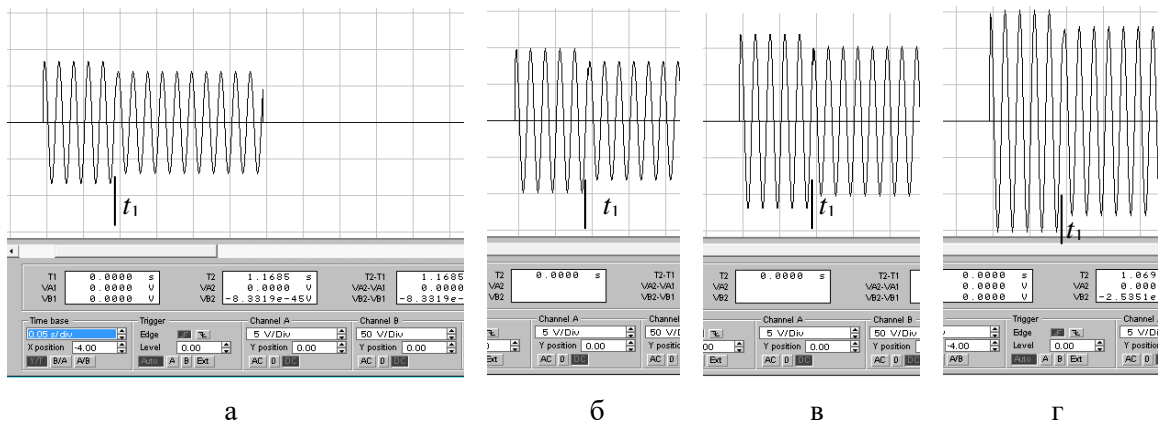


Рис. 5. Осциллограммы моделирования напряжения на сопротивлении утечки ($R_{VT}=1$ кОм) с фазы на ЦП кабеля (длиной 200 м) при отключении в момент времени t_1 контакторов КМ1 и КМ2 (рис. 3) при активном сопротивлении изоляции кабеля 60 кОм:
 а – кабель КГЭШ 3×25, ёмкость изоляции 0,0848 мкФ;
 б – кабель КГЭШ 3×35, ёмкость изоляции 0,104 мкФ;
 в – кабель КГЭШ 3×50, ёмкость изоляции 0,134 мкФ;
 г – кабель КГЭШ 3×70, ёмкость изоляции 0,174 мкФ, линейное напряжение сети – 1140 В, $R_1=R_2=R_3=3$ кОм (по рис. 3); параметры времени и напряжения – на шкале настройки виртуального осциллографа

Выводы

Исследованиями установлена принципиальная возможность выявления возникновения утечки тока с фазного проводника кабеля на основе создания измерительной цепи между центральным проводом кабеля и нейтралью трансформатора подстанции. Доказана возможность повышения эффективности защитного отключения электрической сети участка шахты посредством управления коммутацией цепи нейтрали вторичной обмотки трансформатора подстанции на основе применения вакуумных контакторов с одновременным вводом в силовую цепь резисторов высокого сопротивления, предложена схема управляющего устройства.

Список литературы

1. Дзюбан В.С. Аппараты защиты от токов утечки в шахтных электрических сетях / В.С. Дзюбан. – М.: Недра, 1982. – 152 с.
2. Ягудаев Б.М. Защита от электропоражения в горной промышленности / Б.М. Ягудаев, Н.Ф. Шишкин, В.В. Назаров. – М.: Недра, 1982. – 152 с.
3. Вареник Є.О. Обмеження та захист від витоків струму у рудникових електроустановках напругою 1200 В: дис. ... канд. техн. наук: 05.09.03 / Вареник Євген Олександрович. – Днепропетровск, 2004. – 191 с.
4. Белошистов А.И. Модернизация аппаратов защиты от токов утечки АЗУР-1 / А.И. Белошистов, А.В. Савицкий, В.Н. Савицкий // Взрывозащищённое электрооборудование

№1(52) ГУ НИИВЭ, Донецк, 2017. – С. 45-57.

5. Устройство и принцип работы АЗУР-4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://sinref.ru/000_uchebniki/01791shahtnoe_oborudov/084_apparat_zashiti_tokov_utechki_azur_4/004.htm. – Загл с экрана.
6. Апарат защиты от токов утечки унифицированный рудничный АЗУР-4МК. Руководство по эксплуатации / ИТЭП 28648513.004.РЭ. – Донецк, 2013. – 28 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: url: <https://itep.com.ua>. – Загл. с экрана.
7. Дубинка Е.С. Обеспечение безопасных режимов работы шахтных электрических сетей на основе управления параметрами обратных ЭДС электропотребителей: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01 / Дубинка Екатерина Сергеевна. – Донецк, 2020. – 155 с.
8. Аппараты защиты от токов утечки рудничные для сетей напряжением 1200 В. Общие технические условия: ГОСТ 22929-78. С изменениями согласно ИУС 11-80, 7-81Ю 11-83. Соответствует СТ СЭВ 2309-80 – [Вступил в силу 01.01.79]. – М.: Издательство стандартов, 1978. – 13 с.
9. Руссиян С.А. Обмеження впливу комутаційних процесів на функціонування засобів захисту від витоків струму на землю в електротехнічному комплексі шахтної дільниці: дис. ... канд. техн. наук: 05.09.03 / Руссиян Станіслав Анатолійович. – Донецк, 2012. – 185 с.
10. Гуляева И.Б. Адаптация петлевого метода

определения места повреждения кабеля к условиям применения в структуре рудничного электротехнического комплекса / И.Б. Гуляева, М.К. Маренич, Л.А. Муфель // Вестник Донецкого национального технического университета. – Донецк, ГОУВПО «ДОННТУ», 2021. – Вып. 1(23). – С. 35 – 41.

11. Контактор однофазный вакуумный серии SPVC. Техническое описание: Контактор се-

рии SPVC, завод «Таврида», Севастополь: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.masters.donntu.org/2008/fema/tarasenko/library/5.htm> – Загл. с экрана.

12. Реле промежуточные серии РП-21 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://electro.mashinform.ru/rele-promezhutochnye-ukazatelnye/rele-promezhutochnoe-serii-rp21-obj663.html>. – Загл. с экрана.

I.B. Guliaeva /Cand. Sci. (Eng.)/, M.K. Marenich
Donetsk National Technical University (Donetsk)

CONTROL OF SWITCHING IN THE SECONDARY WINDING CIRCUIT OF THE SUBSTATION TRANSFORMER AS A WAY TO INCREASE THE EFFICIENCY OF THE SAFETY DISCONNECTION OF THE MAINS

Background. *Modern means of protecting a person from electric shock are adapted to mine electrical networks, the arrangement of which is characterized by the presence of active and capacitive cable insulation conductivities. However, such conductivities are a risk factor for electrical contamination. It is relevant to consider alternative technical solutions in the field of improving the efficiency of the protective shutdown of the mine district electrical network.*

Materials and/or methods. *The expediency of using an additional switching process for protective disconnection of the outgoing connections of the substation transformer of the mine section based on controlled switching of its secondary phase windings by means of vacuum contactors with simultaneous insertion of high-resistance resistors into the power circuit is proved.*

Results. *Studies have established the fundamental possibility of detecting the occurrence of leakage of current from the phase conductor of the cable based on the creation of a measuring circuit between the central conductor of the cable and the neutral of the transformer substation. The possibility of increasing the efficiency of the protective shutdown of the electrical network of the mine section by controlling the switching of the neutral circuit of the secondary winding of the transformer substation is proved, the scheme of the control device is proposed.*

Conclusion. *The method of detecting increased electrical conductivity from the phase to the central wire of the shaft cable is analyzed based on the isolation of an information signal in an RC circuit connecting this wire through a diode with the neutral of the secondary winding of the substation transformer. The method of increasing the efficiency of the protective shutdown of the electrical network of the mine section by switching control in the neutral circuit of the secondary winding of the transformer substation is substantiated*

Keywords: *mining electrical equipment, flexible cable, insulation, damage, detection, investigation, substation transformer, neutral secondary windings, switching, control, circuit.*

Сведения об авторах

И.Б. Гуляева

Телефон: +380 (71) 332-75-75
 Эл. почта: iraguliaeva@gmail.com

М.К. Маренич

Телефон: +380 (71) 328-05-79
 Эл. почта: marenichmk@gmail.com

*Статья поступила 02.06.2021 г.
 © И.Б. Гуляева, М.К. Маренич, 2021
 Рецензент д.т.н., проф. А.П. Ковалёв*