

А.П. Ковалев, М.А. Нагорный, С.В. Соленый, Г.В. Демченко

## ЗАЩИТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ШАХТНОЙ СЕТИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В ОТ ИСКРЕНИЯ В СИЛОВЫХ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ

*Устройство защиты шахтной электрической сети на напряжение до 1000 В, реагирующей на появление в электрооборудовании ослабленных и искрящих болтовых силовых контактных соединений.*

**Постановка проблемы.** Ослабленные силовые болтовые контактные соединения во вводных коробках взрывозащищенного электрооборудования приводят к образованию опасного в отношении взрывов и пожаров электрического источника (искрение, недопустимо повышенная температура контактного соединения).

Взрыв от ослабленного и искрящего болтового контактного соединения во вводной коробке электрооборудования происходит при совпадении в пространстве и времени трех случайных событий:

- а) повредилась взрывозащита вводной коробки электрооборудования (зазор между фланцами выше нормы);
- б) в выработке, где установлено электрооборудование, появилась взрывоопасная среда;
- в) появился ослабленный искрящий контакт в силовом соединении вводной коробки.

В результате «дыхания» оболочки взрывоопасная смесь попадает во вводную коробку, что приводит к взрыву внутри нее и передаче взрыва в выработку.

Ослабленное и опасно нагретое разборное контактное соединение во вводной коробке электрооборудования может привести к возгоранию изоляции жилы кабеля, т.е. к пожару. Такой аварийный режим может также разогреть вводную коробку электрооборудования до температуры воспламенения шахтной пыли, которая находится на поверхности вводной коробки, т.е. пожар в выработке в этом варианте может произойти при совпадении в пространстве и времени следующих случайных событий:

- а) появление ослабленного искрящего и опасно нагретого силового контактного соединения во вводной коробке электрооборудования;
- б) наличие горючего материала на ее поверхности (пыли, ветоши, масла и т.д.).

В энергетике под живучестью понимается свойство объекта противостоять возмущениям, не допуская их каскадного развития с массовым на-

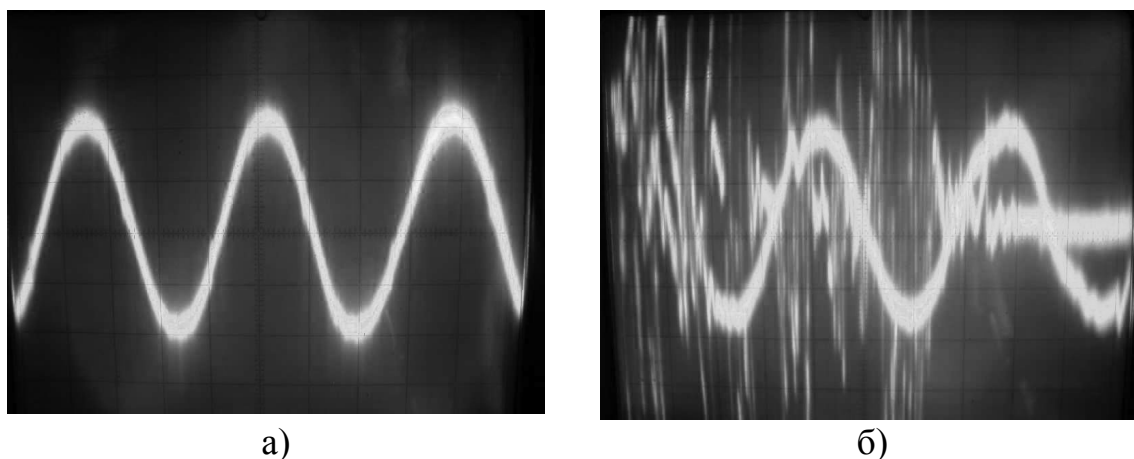
рушением питания потребителей [1]. Под живучестью силового соединения будем понимать способность средств его защиты и обслуживающего систему электроснабжения персонала не допускать ситуаций, которые могут приводить к недопустимому его перегреву и образованию дуги между контактными элементами.

**Анализ исследований и публикаций.** В настоящее время в шахтных сетях почти не используются средства защиты, реагирующие на появление во вводных коробках взрывозащищённого электрооборудования ослабленного и опасно искрящего разборного контактного соединения. Существующие защитные коммутационные аппараты не реагируют на такие аварийные режимы, как продолжительное интенсивное искрение и нагрев ослабленного силового контактного соединения защищаемой электрической сети, питающей потребителей электрической энергии.

**Цель статьи.** Разработка защиты участковой шахтной сети напряжением до 1000 В, реагирующей на появление ослабленных искрящих силовых контактных соединений.

**Результаты исследований.** В ДонНТУ разработан принцип построения защит, реагирующих на ослабленные и искрящие силовые контактные соединения [2-4].

При коммутациях в шахтной электрической сети появляются высокочастотные колебания силы тока нагрузки. Искрение ослабленного силового контактного соединения можно также отнести к такому виду коммутаций.

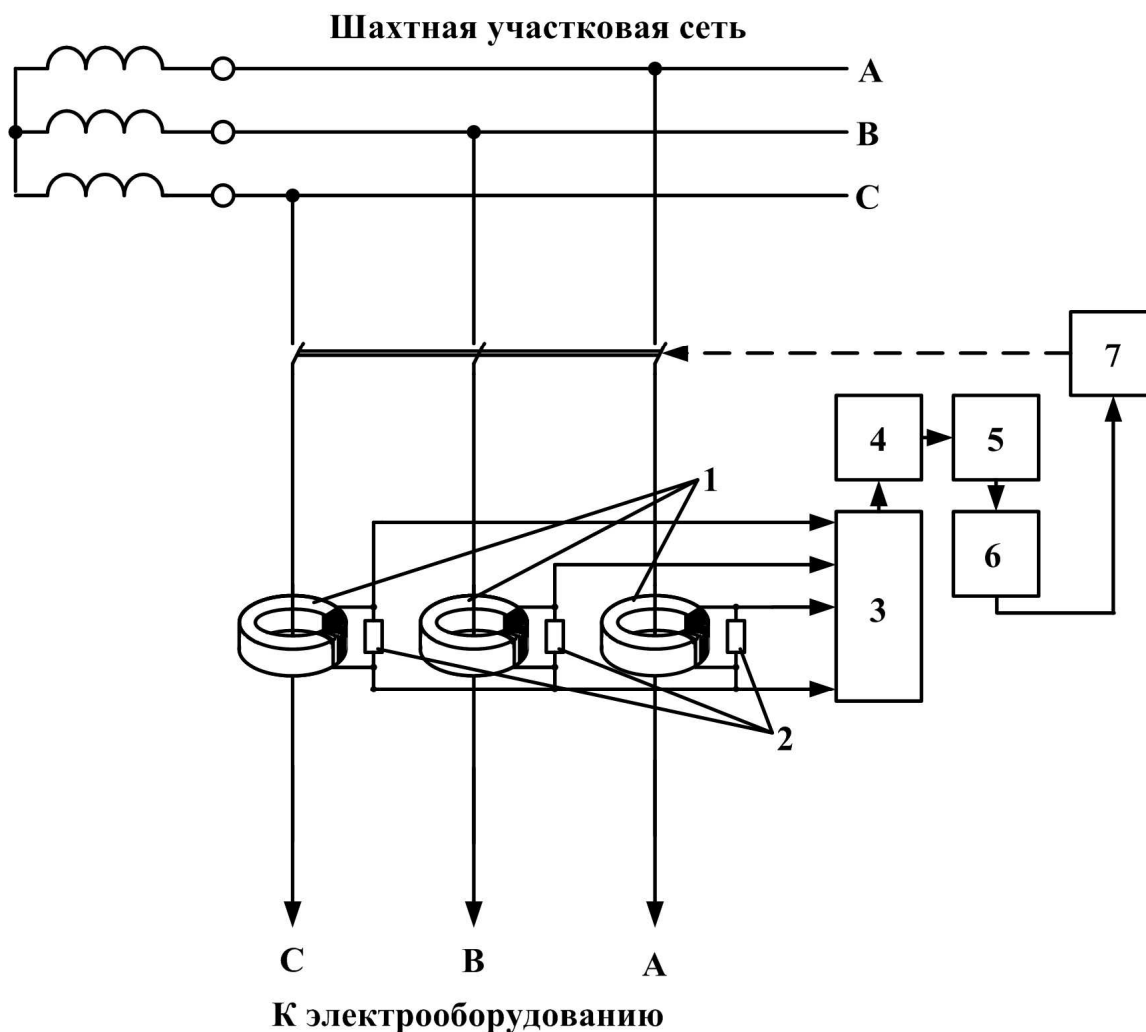


*Рисунок 1 – Осциллограммы силы тока частотой 50 Гц (5 В/дел, 5 мс/дел, делитель 1:30) при: а) хорошем контактном соединении, б) ослабленном опасно искрящемся силовом контактном соединении (сигнал снят после высокочастотного фильтра «минус 60 Дб»)*

На рисунке 1а, приведена осциллограмма силы тока нагрузки частотой 50 Гц при хорошем контактном соединении, а на рисунке 1б – при ослабленном и опасно искрящем силовом контактном соединении. Эти высоко-

частотные колебания могут быть сигналом для срабатывания предлагаемой защиты.

Разработанное устройство (рисунок 2) работает следующим образом. При появлении высокочастотных колебаний силы тока, инициированных искрением ослабленных разборных силовых контактных соединений, сигнал тока частотой 50 Гц с входящим в него высокочастотным сигналом снимается со вторичной обмотки 1 трансформаторов тока (ТТ). Магнитопроводы ТТ охватывают фазные проводники А, В, С. Вторичные обмотки ТТ замкнуты на резисторы 2.



*Рисунок 2 – Блок-схема устройства для защитного отключения участковой шахтной электрической сети от опасно искрящих разборных силовых контактных соединений*

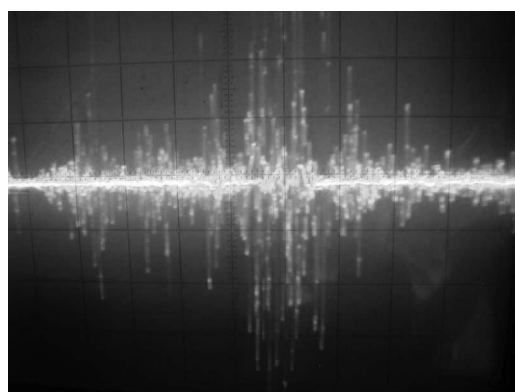
С резисторов 2 снимается сигнал тока частотой 50 Гц с входящими в него высокочастотными составляющими колебаний силы тока (рисунок 3). Значение сопротивления резисторов 2 по отношению к сопротивлению

вторичной обмотки ТТ выбирается так, чтобы реализовывать режим короткого замыкания вторичных обмоток ТТ, что исключает насыщение их магнитопроводов.

Выделенный на резисторах 2 сигнал силы тока частотой 50 Гц и помеха в виде высокочастотных колебаний подается на усилитель 3. Затем усиленный сигнал поступает на высокочастотный фильтр 4 с коэффициентом передачи минус 60 Дб для тока частотой 50 Гц, что позволяет эффективно отстроиться от воздействия на исполнительные органы устройства тока нагрузки частотой 50 Гц. Отфильтрованные высокочастотные колебания (рисунок 4) подаются на усилитель 5.

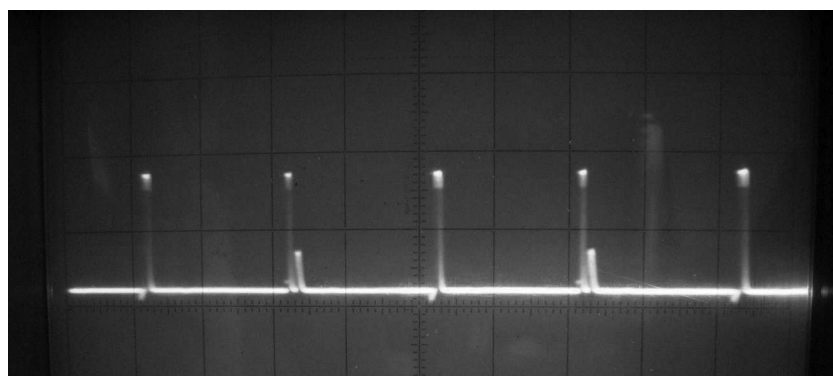


*Рисунок 3 – Высокочастотные составляющие колебаний силы тока промышленной частоты, выделенные на резисторах 2 (0,001 В/дел, 5 мс/дел)*



*Рисунок 4 – Высокочастотные составляющие колебаний силы тока промышленной частоты после высокочастотного фильтра 4 (0,01 В/дел, 5 мс/дел)*

Усиленный высокочастотный сигнал поступает на детекторно-селекторное устройство 6, где формируются единичные дискретные логические сигналы (рисунок 5), поступающие на систему автоматического отключения 7, что приводит к отключению защищаемой электрической сети.



*Рисунок 5 – Единичные дискретные логические сигналы после детекторно-селекторного устройства (0,5 В/дел, 5 мс/дел)*

В участковой шахтной сети существуют две проблемы при использовании следующих потребителей электрической энергии:

а) асинхронные двигатели (АД) различной мощности (привод комбайнов, подъемных установок, насосов и т.д.) создают высокочастотные колебания силы тока в течение времени своего пуска (100...1000 мс). Данные колебания предлагаемая защита воспримет как искрящее разборное силовое контактное соединение и ложно сработает;

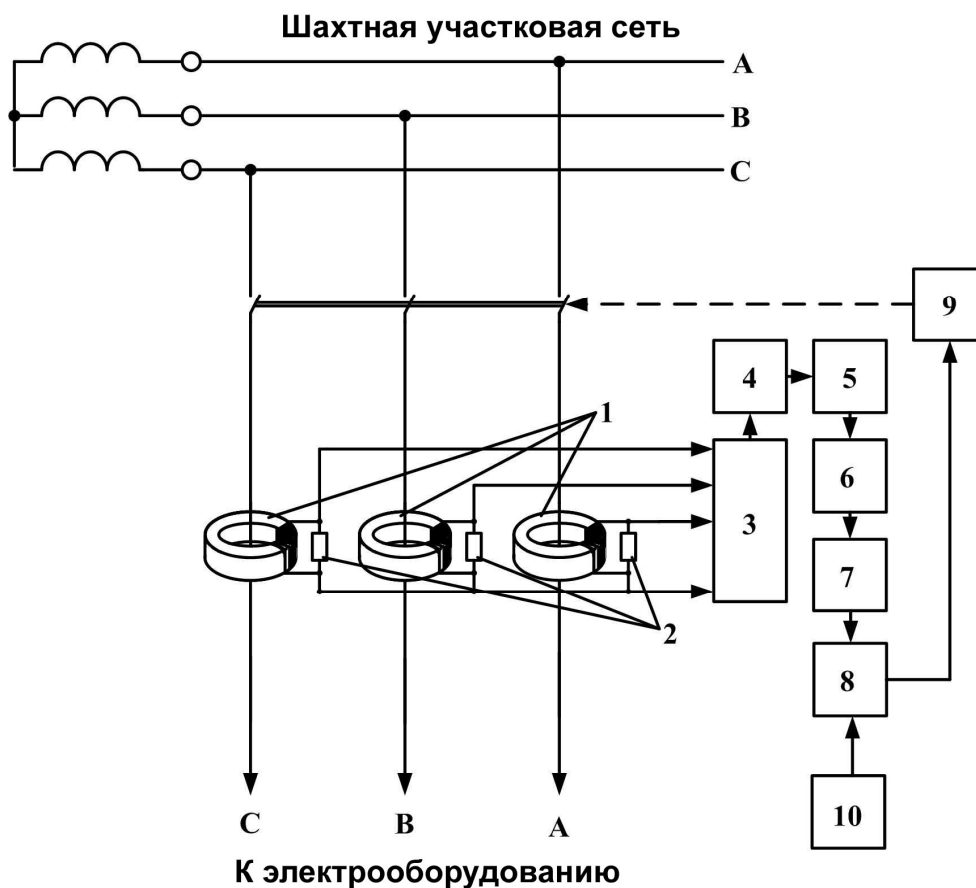
б) при работе АД через преобразователь частоты, например, Altivar и другие в питающей электрической сети появляются гармонические искажения по току THD(I) (Current Total Harmonic Distortion). Такие гармонические искажения также могут привести к ложному срабатыванию предлагаемой нами защиты.

Первую проблему целесообразно решать путем использования автоселективной защиты, способной не реагировать на высокочастотные колебания силы тока, возникающие при пуске АД [5]. Для этого в схему, представленную на рисунке 2, добавляется дополнительный блок, который будет осуществлять автоселекцию (рисунок 6), т.е. защита будет отстраиваться от силы пускового тока АД. Блок автоселекции работает следующим образом: при появлении высокочастотных колебаний, созданных пуском АД или искрением ослабленного разборного силового контактного соединения, взводится и будет находиться во взведенном состоянии в течение 9,0...9,9 мс триггер, после чего будет проходить его сброс. Также триггер будет взводиться, если высокочастотные колебания будут приходить в интервале от 0 до 9,9 мс. Таким образом, если ослабленное опасно искрящееся контактное соединение искрит более заданной выдержки времени 100...1000 мс, что соответствует 5...50 периодам силы тока, защита будет срабатывать. При отсутствии высокочастотных колебаний от ослабленных опасно искрящихся силовых контактных соединений триггер будет сбрасываться каждые 9,0...9,9 мс, т.е. защита не будет реагировать на пуски АД.

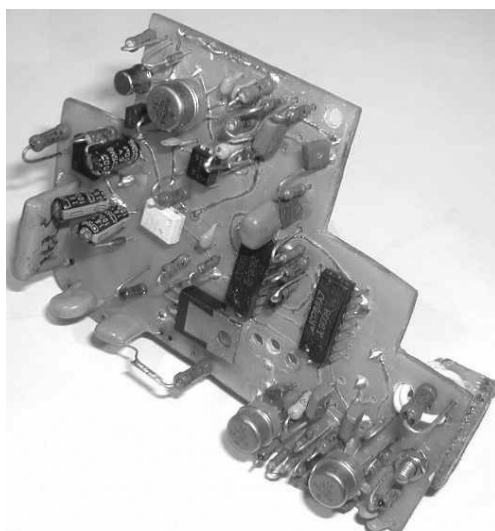
Вторую проблему возможно решить путем использования фильтров электромагнитной совместимости ЭМС и с использованием систем управления преобразователями частоты с меньшим гармоническим выделением в питающую электрическую сеть.

Для расширения возможностей защиты предлагается встраивать ее в шахтное реле утечки (РУ), что позволит расширить его возможности по обеспечению пожарной безопасности шахтной участковой электрической сети (рисунок 6).

На рисунке 7 представлен опытный образец защиты с блоком автоселекции; ее габаритные размеры: длина – 150 мм, высота – 100 мм, ширина – 25 мм.



*Рисунок 6 – Блок-схема защиты с блоком автоселекции, встраиваемая в шахтное реле утечки: 1, 2 – ТТ, замкнутые на резисторы (датчики тока); 3, 5 – усилители сигналов; 4 – высокочастотный фильтр; 6 – детекторно-селекторное устройство; 7 – блок автоселекции; 8 – элемент ИЛИ; 9 – система автоматического отключения; 10 – шахтное реле утечки*



*Рисунок 7 – Защита, реагирующая на ослабленные искрящие разборные силовые контактные соединения, с блоком автоселекции*

## **Вывод.**

Предложен один из возможных вариантов защиты, реагирующей на появление ослабленного искрящегося и опасно нагретого разборного силового контактного соединения во вводных коробках электрооборудования шахтной участковой электрической сети.

## Список литературы

1. Надежность систем энергетики: терминология. – М.: Наука, 2002.– 81с.
2. Патент № 2172050 Россия. Устройство для защитного отключения электрических сетей /Васин А.А., Нагорный М.А., Белоусенко И.В., Ершов М.С., Дубровский Д.И., Кавицкий С.И., Ковалев А.П., Муха В.П., Шевченко О.А.-№ 2000101435/09; заявл. 21.01.00; опубл. 10.08.01, Бюл. № 22.
3. Ковалев А.П. Разработка рекомендаций по повышению пожарной безопасности сетей 380-220 В жилых квартир / А.П.Ковалев, С.В.Соленый // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Електротехніка і енергетика».- Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2007.– Вып. 7(128).-С.229-232.
4. Пат. на Корисну модель 30720 Украина, МПК(2006) H02H 3/16. Пристрій для захисного відключення електричної мережі / С.В.Сольоний, О.П.Ковальов, О.Я.Сольона; власник Донецький національний технічний університет. – № u 2007 12197; заявл. 05.11.07; опубл. 11.03.08, Бюл. № 5.
5. Предотвращение возгорания изоляции в сетях 380-220 В из-за появления ослабленных контактных соединений / Соленый С.В., Шевченко О.А., Якимишина В.В., Демченко Г.В. // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Електротехніка і енергетика».-Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2009.– Вып. 9 (158).– С.128-131.