

На основе расчетов можно сделать вывод, что коэффициент товарности биогазовой установки, выход биогаза и количество теплоты возрастают с увеличением числа голов скота. Таким образом, чем больше БГУ, тем выше ее рентабельность и короче сроки окупаемости.

Применение навоза с местных животноводческих ферм в качестве биологического топлива является эффективным решением многочисленных проблем, таких как: 1) утилизация навоза; 2) производство органических удобрений; 3) улучшение экологического состояния окружающей среды; 4) снижение транспортных расходов на передачу топлива; 5) сокращение доли энергетических затрат на изготовление сельскохозяйственной продукции; 6) занятость населения в сельской местности (создание новых рабочих мест).

Строительство биогазовой установки позволит компании не зависеть от повышения тарифов на электроэнергию и обеспечит доступ к недорогому электричеству и теплу.

1. Агрохолдинг АНК – Животноводство. – URL: <https://ank-agro.nethouse.ru/cattle>

2. Хоруженко, Е.С. Развитие рынка биотоплива в мире / Е.С. Хоруженко, В.К. Дорогов // Инновационная экономика: материалы IV Междунар. науч. конф. – Казань: Бук, 2017. – С. 27-31.

3. ГОСТ Р 53790-2010. Нетрадиционные технологии. Энергетика биоотходов. Общие технические требования к биогазовым установкам. Дата введения 2011-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2011. – 23 с.

УДК 681.5

А.Н. Козлов

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ТОКА ОБРАТНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ ЗАЩИТ

Предложены устройства, измеряющие асимметрию в трехфазных сетях и выявляющие такие аварийные режимы как обрыв фазы и неполнофазные короткие замыкания.

Ключевые слова: дифференцирующий измерительный преобразователь тока, пояс Роговского, фильтры тока и напряжения обратной последовательности.

REVERSE MEASURING CONVERTER SEQUENCE FOR DIGITAL PROTECTION

Devices are proposed that measure asymmetry in three-phase networks and detect such emergency conditions as phase failure and partial-phase short circuits.

Key words: differentiating measuring current transducer, Rogowski belt, current and voltage filters of the reverse sequence.

DOI: 10/22250/jasu.22

Нарушение нормального режима работы элементов симметричной трехфазной электрической сети (генераторов, трансформаторов, линий и т.п.) принято разделять на повреждения и на ненормальные режимы. И те и другие нарушения сопровождаются возрастанием тока и понижением напряжения – значительными при повреждениях и превышающими допустимые величины – в ненормальных режимах.

Выявление нарушений и их автоматическая ликвидация возлагаются на устройства релейной защиты. Длительное время фиксация изменений тока и напряжения осуществлялась измерительными электромеханическими реле, для срабатывания которых требовалась мощность порядка 5 ВА [1]. Работа этих реле обеспечивалась трансформаторами тока и напряжения традиционного исполнения, включающими первичные и вторичные обмотки и магнитопровод.

Миниатюризация устройств релейной защиты и перевод их на микропроцессорные (цифровые) технологии позволили практически на порядок уменьшить мощность, потребляемую цифровыми терминалами по вторичным цепям измерительных трансформаторов. В результате некоторые свойства, присущие этим трансформаторам, уже рассматриваются как недостатки. В частности, для трансформаторов тока традиционного исполнения таковыми являются:

погрешности измерения контролируемой величины, обусловленные насыщением сердечника, наличием остаточной намагниченности, аperiodической составляющей контролируемого тока;

большие размеры измерительных трансформаторов и, соответственно, большая масса. Оба параметра тем больше, чем выше номинальное напряжение электроустановки;

разрыв вторичных цепей трансформаторов тока, приводящий к появлению на зажимах вторичных обмоток опасных перенапряжений.

В качестве альтернативы при измерении больших токов для цифровых устройств защиты может быть предложен дифференцирующий индукционный преобразователь тока – ДИПТ [2]. ДИПТ представляет собой тороидальную катушку, выполненную без магнитного сердечника. Эта конструкция получила название катушки Роговского [3]. У такого преобразователя отсутствуют потери на гистерезис, насыщение и нелинейность [2]. Но, разумеется, есть и свои недостатки.

1. ДИПТ маломощны, поэтому не могут применяться для устройств защиты на электромеханических реле. Для цифровых защит уровень сигнала во вторичной цепи ДИПТ достаточен для срабатывания.

2. Выходное напряжение ДИПТ пропорционально не самому измеряемому току, а его производной. Поэтому для восстановления формы измеряемого тока к выходным зажимам ДИПТ подключают интегрирующий фильтр [2].

Большая часть повреждений в трехфазной электрической сети сопровождается нарушением ее симметрии [1]. При этом в полных фазных токах и напряжениях, наряду с током и напряжением прямой последовательности, появляются соответствующие составляющие обратной и нулевой (при замыканиях на землю) последовательностей. Для выделения данных составляющих из полных фазных токов и напряжений используют специальные устройства – фильтры токов и напряжений обратной или нулевой последовательности [1]. В результате удается выполнить защиту, имеющую достаточно высокую чувствительность, так как ее пусковые органы не нужно отстраивать от параметров нормального режима (токов нагрузки и напряжений в контролируемых точках).

Для цифровых защит предлагается измерительный преобразователь тока обратной последовательности – ИПТОП [4], позволяющий измерить асимметрию в трехфазных сетях и выявить обрывы и короткие замыкания. Схема предлагаемого преобразователя на базе двух одинаковых ДИПТ приведена на рис. 1.

С помощью данного устройства, содержащего малогабаритный фильтр напряжения обратной последовательности и малогабаритные измерительные преобразователи, преобразующие токи трехфазной трехпроводной цепи в напряжения, измеряется составляющая тока обратной последовательности; к выходу устройства подключается нагрузка с высоким входным сопротивлением, – например, вход аналого-цифрового преобразователя – АЦП [4].

Если отказаться от унификации ДИПТ и выполнить взаимную индуктивность катушки ДИПТ-2 с токопроводом фазы В в два раза меньше, чем взаимную индуктивность катушки ДИПТ-1 с токопроводом фазы А, то можно упростить схему ФНОП, исключив из схемы конденсатор C_2 и резисторы R_2 и R_3 (рис. 2) [5].

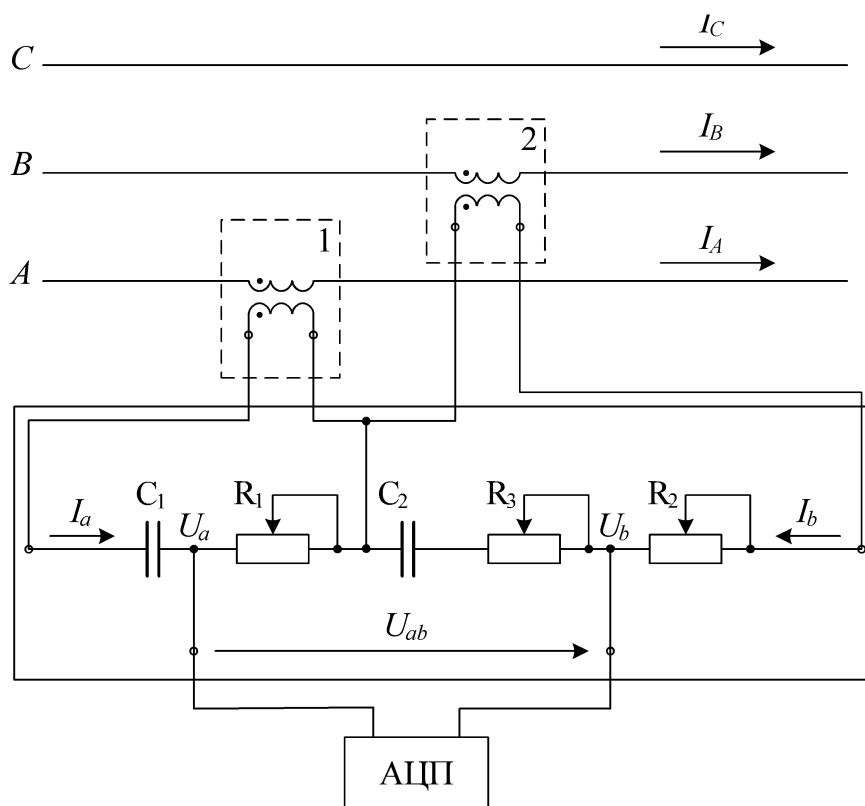


Рис. 1. Измерительный преобразователь тока обратной последовательности [4].

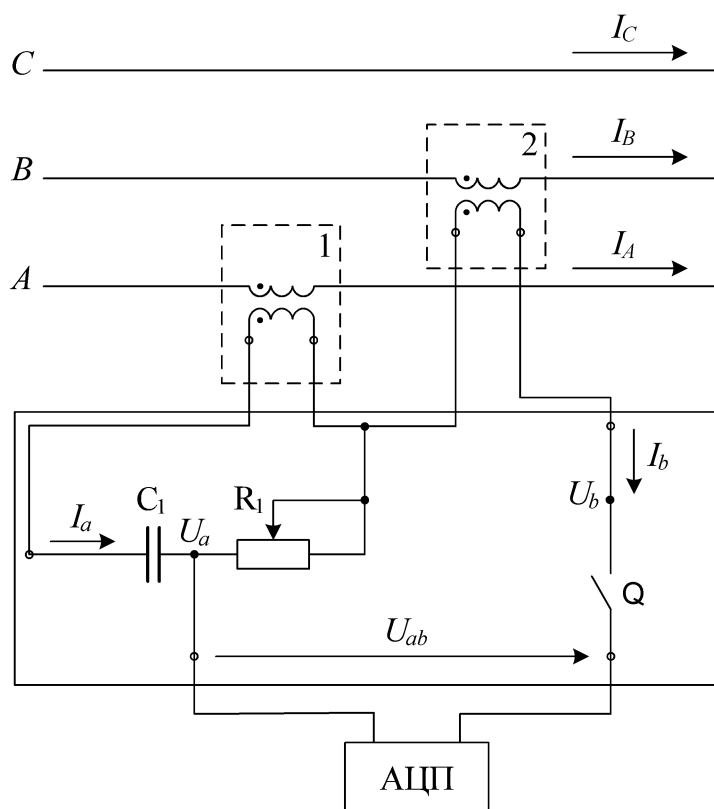


Рис. 2. Трехэлементная схема ИПТОП (Q – выключатель) [5].

Устройство включает в себя два дифференцирующих индукционных преобразователя и фильтр напряжения обратной последовательности, в состав которого входят три элемента: конденсатор C_1 , резистор R_1 и выключатель Q [5]. Напряжение на выходе фильтра появляется не сразу после включения нагрузки, а спустя время, в течение которого затухают преходящие составляющие токов и напряжений включаемой нагрузки и элементов фильтра, что исключает ложное срабатывание защиты при подключении симметричной нагрузки к источнику с симметричной системой напряжений прямой последовательности [5].

Устройство предлагается использовать для защиты трехфазных асинхронных двигателей (АД) от обрыва одной фазы, т.е. от работы в неполнофазном режиме. В установившемся режиме АД представляет собой симметричную нагрузку, для которой выходное напряжение измерительного преобразователя тока обратной последовательности равно нулю, и защита не действует. При обрыве фазы на выходных зажимах измерительного преобразователя тока обратной последовательности появится напряжение, начальный максимум которого составляет 6,5 В, что достаточно, чтобы привести в действие цифровую защиту от обрыва фазы АД [5].

1. Андреев, В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. Учебник для вузов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2006. – 639 с.

2. Патент RU 2396661. Измерительное устройство дифференциальной токовой защиты шин. // Г.Е. Кувшинов, Ю.В. Мясоедов, А.С. Нагорных (Зинкеева), И.А. Богодайко. Оpubл. 10.08.2010.

3. Кожович, Л.А., Бишоп, М.Т. (*Cooper Power Systems*, США). Современная релейная защита с датчиками тока на базе катушки Роговского // Современные направления развития систем релейной защиты и автоматике энергосистем. Сборник докладов Междунар. науч.-техн. конф. (Москва, 7-10 сентября 2009). – М.: Научно-инженерное информационное агентство, 2009. – С. 39-48.

4. Патент РФ № 2426138. Измерительный преобразователь тока обратной последовательности. // А.Н. Козлов, Г. Е. Кувшинов, А.М. Ханнанов. Оpub. 10.08.2011.

5. Патент РФ № 2536784. Измерительный преобразователь тока обратной последовательности для трехфазной трехпроводной цепи. // И.К. Астафоров, А.Н. Козлов, Г. Е. Кувшинов, А.М. Ханнанов. Оpub. 27.12.2014.