

### Библиографический список

1. Патент РФ на изобретение № 2294585 Способ определения линии с замыканием на землю в электрических сетях с изолированной нейтралью / Васильев В.Г., Чернышов В.А. опубл. 27.02.2007, бюл. № 6.
2. Патент РФ на изобретение № 2644626 Способ и устройство контроля изоляции системы электроснабжения с изолированной нейтралью / Моисеенко А. Б., Шульгин А. Н опубл. 13.02.2018, бюл. № 5.
3. Тройников, И.А., Сети телемеханики напряжением более 4 кВ / И.А. Тройников И.А., Н.П. Кондратьева // Современному АПК - эффективные технологии. материалы МНПК, посвященной 90-летию доктора сельскохозяйственных наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ, почетного работника высшего профессионального образования РФ Валентины Михайловны Макаровой. – 2019. – С. 143-149.
4. Кондратьева, Н.П. Выбор кабельных линий 0,4 кВ для тепличных комбинатов / Н.П. Кондратьева, Д.А. Филатов, П.В. Терентьев // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2019. – № 2 (35). – С. 17-25.
5. Kondrateva, N. The effect of greenhouse irradiators on the load facyor of step-down transformers / N. Kondrateva, P. Terentyev, D. Filatov, I. Maksimov, N. Kirillov, S. Ovchukova, L. Rybakov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International AgroScience Conference, AgroScience. – 2019. 2020. – С. 012051.

УДК 631.171

### АНАЛИЗ ДАТЧИКОВ ТОКА ДЛЯ РЕЛЕЙНЫХ ЗАЩИТ И РЕЖИМОВ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ 6-10 кВ

*Цедяков Андрей Александрович, старший преподаватель кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация.* Проведен анализ датчиков тока применяемых для устройств защиты и сигнализации замыканий на землю сельских распределительных сетей 6-10 кВ.

*Ключевые слова:* датчик тока, трансформатор тока, сердечник, защита, сигнализация.

Для питания токовых цепей защит с малым потреблением мощности, в частности полупроводниковых и микропроцессорных принципиально могут быть использованы следующие измерительные устройства:

- обычный трансформатор тока (ТТ) с промежуточным согласующим трансформатором;

- обычный ТТ с линейным шунтом на его зажимах;
- ТТ с воздушным зазором в сердечнике;
- ТТ без стального сердечника;
- ТТ с малым объемом стали, рассчитанный на параметры полупроводниковых устройств.

Схемы устройств защиты и автоматики, выполняемые с промежуточными согласующими трансформаторами [1], обладают широкими возможностями, так как могут применяться не только для согласования вторичных цепей измерительных ТТ со входными цепями защит, но и работать в режиме создания вторичных токов и напряжений, пропорциональных первичным токам, в режиме трансреактора, пик-трансформатора и т.д.

Основной недостаток выполнения защит с промежуточными трансформаторами состоит в том, что последние значительно усложняют и загромождают схемы. В связи с необходимостью обеспечения требуемого диапазона регулирования уставок срабатывания защит, количество согласующих трансформаторов возрастает, что приводит, при конструктивном оформлении устройств, к появлению специальных блоков согласующих трансформаторов, а это снижает экономичность устройств защиты и надежность их работы.

Питание устройств защиты от обычного трансформатора тока может быть принципиально осуществлено, если на зажимы трансформатора тока подключить линейный шунт, который снижает токовую погрешность ТТ при значительных кратностях первичного тока [2].

Практическая реализация этого способа, при согласовании ТТ и устройств защиты с малым потреблением мощности, связана с существенными трудностями. Ввиду малых токов, потребляемых защитами, шунты следует выполнять на полный вторичный ток ТТ, при этом они должны быть не только термически устойчивы при максимальных кратностях вторичного тока (100 и более ампер), но и обладать в этих условиях стабильными характеристиками.

В рассмотренных выше вариантах токовых измерителей используются классические трансформаторы тока. Однако, неудовлетворительная работа их в переходных режимах при коротких замыканиях, а также большая стоимость для высоких напряжений, привели к появлению новых конструкций токовых измерителей, которые, в результате качественного различия их характеристик и поведения в переходных режимах, лишь условно могут считаться трансформаторами тока.

В релейной защите находят применение трансформаторы тока, с немагнитным зазором в сердечнике, отличающиеся от обычных отсутствием влияния остаточного намагничивания и более линейными характеристиками [3].

Но при питании устройств защиты и автоматики от трансформатора тока с зазором, на режим работы последнего будут сильно влиять

переходные процессы от внешних магнитных полей (при большом зазоре) и гармонических составляющих первичного тока.

Наиболее подходящими для устройств релейной защиты с точки зрения линейности характеристик «вход-выход» при любых значениях первичных токов и вторичных нагрузок являются трансформаторы тока без стального сердечника [4].

Обладая такими преимуществами, как абсолютная идентичность характеристик, малая постоянная времени вторичной цепи, отсутствие импульсных перенапряжений на вторичной обмотке, трансформаторы тока с воздушным сердечником, однако, имеют малую выходную мощность и поэтому их применение целесообразно лишь при весьма больших первичных токах. При малых кратностях токов короткого замыкания в сельских сетях 6-10 кВ, трансформаторы с воздушным сердечником будут иметь неконструктивно большие размеры или потребуется усложнение схем релейной защиты. Следует также отметить, что эти трансформаторы сильно подвержены влиянию внешних магнитных полей, что вносит определенные трудности при выполнении устройств защиты.

Одним из наиболее перспективных токовых измерителей для питания устройств защиты и автоматики являются трансформаторы тока с малым объемом стали накладного типа [5], называемые в дальнейшем трансформаторными датчиками тока (ДТ), которые выполняются на параметры подключаемых к ним полупроводниковых или микропроцессорных устройств.

В отличие от трансформаторов тока с воздушным сердечником, трансформаторные датчики имеют сердечник с малым сечением стали, который организует магнитное поле, тем самым ограничивая влияние магнитных полей соседних токопроводов. Это же позволяет иметь на выходе датчиков мощности, достаточные для срабатывания релейных устройств без дополнительных усилительных звеньев.

Уменьшение сечения стального сердечника упрощает конструктивное исполнение и установку датчиков тока на проходных изоляторах в распределительных устройствах 6-10 кВ и приводит не только к снижению амплитуды вторичной электродвижущей силы, при разомкнутой вторичной обмотке, но уменьшает межвитковое напряжение и улучшает тепловой режим сердечника. Вследствие этого такие токовые измерители допускают работу на холостом ходу, а в трехфазных схемах возможно включение их в открытый треугольник, на баланс напряжений для дифференциальной защиты и т.д.

Использование накладных датчиков тока в сельских распределительных сетях 6-10 кВ целесообразно для целого ряда защит и устройств автоматики, в частности, селективной сигнализации замыканий на землю в комплектных распределительных устройствах наружной установки с воздушным выводом отходящих высоковольтных линий.

Проведенный анализ показал, что для подстанционных защит наиболее подходят трансформаторные датчики тока с малым объемом стали накладного типа, которые мало подвержены влиянию внешних магнитных полей и имеют достаточные выходные мощности для срабатывания реле с малым потреблением.

Простота исполнения и монтажа на проходные изоляторы распределительного устройства без реконструкции схемы первичной коммутации, незначительная стоимость за счет комплексного использования высоковольтной изоляции, позволяет широко рекомендовать датчики тока накладного типа для выполнения релейных защит и режимов замыканий на землю сельских распределительных сетей 6-10 кВ.

### **Библиографический список**

1. Согласующий трансформатор. [Электронный ресурс].URL: <http://ofaze.ru>.
2. Линейные шунты: сайт практическая электроника. [Электронный ресурс].URL: <http://ruselectronic.ru>.
3. Трансформаторы тока с воздушным зазором. [Электронный ресурс].URL: <http://cyberleninka.ru>.
4. Трансформаторы тока без сердечника. [Электронный ресурс].URL: <http://zen.yandex.ru>.
5. Трансформаторный датчик тока. [Электронный ресурс].URL: <http://electro.mashinform.ru>.

УДК 631.363

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ МОДЕЛИ ОСЕВОЙ ГИДРОТУРБИНЫ НА ЛАБОРАТОРНОМ КОМПЛЕКСЕ ГСТГ-010-10ЛР**

*Кожевникова Наталья Георгиевна, доцент кафедры теплотехники гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Дмитриева Арина Сергеевна, помощник менеджера отдела продаж промышленного оборудования ООО «Системэир»*

**Аннотация.** Произведено исследование работы модели осевой гидротурбины на лабораторном комплексе ГСТГ-010-10ЛР. По результатам эксперимента определены оптимальные параметры работы модели осевой гидротурбины. Также произведена проверка полученных данных методом расчета планирования двухфакторного эксперимента.

**Ключевые слова:** осевая турбина, гидроэнергетика, теория эксперимента, гидротурбины.