

## СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ НИЗКОВОЛЬТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

**Черевко Е.А., аспирант; Зайцев В.С., проф., д.т.н.**

(ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, Украина)

**Постановка проблемы.** В условиях постоянного роста потребления электроэнергии (ЭЭ) в промышленности и в быту и усиления государственной политики энергосбережения большое значение приобретает снижение так называемых коммерческих потерь электроэнергии в электрических сетях.

Значительную часть коммерческих потерь составляют хищения электроэнергии, приобретающие в последние годы угрожающие масштабы.

Наибольшее число хищений и наибольшие объемы похищаемой ЭЭ имеют место в бытовом секторе. Причинами этого являются, с одной стороны, постоянный рост тарифов на электроэнергию при одновременном возрастании объема ее потребления и снижении платежеспособности населения, а с другой стороны – относительная доступность и простота осуществления того или иного способа хищения электроэнергии, несовершенство конструкций приборов учета и схем их коммутации, неудовлетворительное техническое состояние измерительных трансформаторов тока (ТТ) и трансформаторов напряжения (ТН), отсутствие правовой базы для привлечения к ответственности расхитителей электроэнергии и т.д. Подробная информация о способах хищений ЭЭ и способах борьбы с этими хищениями содержится в [1].

Достаточно подробно эта ситуация изложена в [2], где предложены способ и система защиты электрических сетей при хищениях ЭЭ путём наброса на провода, отходящие к потребителю до приборов учёта (точка А на рисунке 1), а также при набросе проводов на провода общей линии (точка В). Данное техническое решение основано на использовании датчиков тока, которые располагаются определенным способом на линии электропередачи.

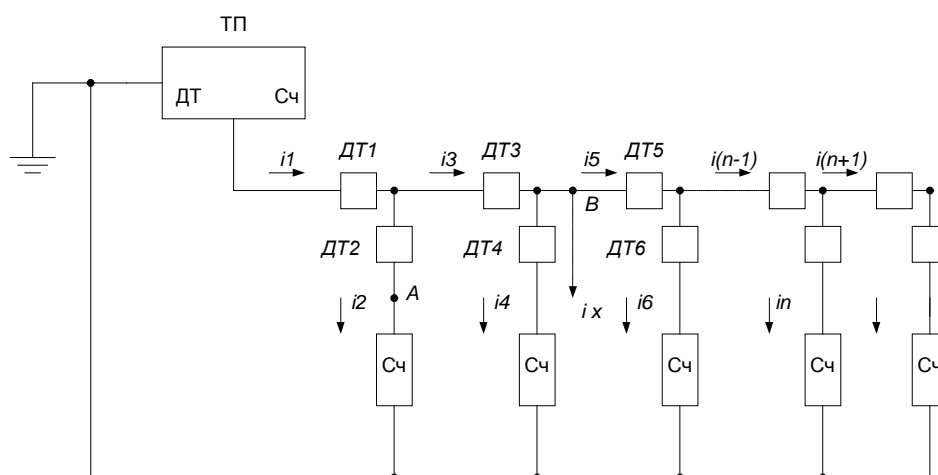


Рисунок 1 – Структурная схема определения мест несанкционированного отбора электроэнергии: ТП – трансформаторная подстанция; ДТ – датчик тока; Сч – счетчик электроэнергии

При несанкционированном отборе мощности на участке между датчиком тока и счетчиком признаком отбора (увеличения нагрузки) является дисбаланс между величинами токов (максимальным, зафиксированным ранее, и фактическим), при этом показания счётчика не изменяются, либо уменьшаются.

При подключении к проводам общей линии признаком наличия несанкционированного

отбора является разница в суммарных расходах ЭЭ, т.е. нарушение баланса между показаниями счетчиков, установленных у индивидуальных потребителей, и показаниями счетчика, установленного на ТП и измеряющего ЭЭ, подаваемую в рассматриваемую линию.

Для удобства сбора информации с датчиков тока и счётчиков у потребителей предлагается использовать радиосистему считывания данных со счетчиков и датчиков, имеющих соответствующий выход.

**Цель статьи** – разработка усовершенствованного датчика переменного тока для определения, преобразования в цифровую форму и передачи по радиоканалу величины тока в контролируемых участках линии электропередачи с использованием современных электронных компонентов и систем.

Анализ существующих датчиков тока показывает, что:

1. ДТ не должен иметь первичную обмотку, включаемую последовательно в силовую цепь, поскольку реализация способа контроля в соответствии с [2] представляется весьма громоздкой при врезке датчиков тока в силовые цепи в местах подключения потребителей. Кроме того, наличие большого количества соединений снижает надёжность работы системы и усложняет обслуживание распределительных сетей.

2. Необходимо решить задачу получения, обработки и передачи информации в цифровой форме о величине тока на обрабатывающий центр (сервер).

3. Необходимо выбрать вид интерфейса датчика для двухсторонней связи с центральным управляющим устройством (УУ), располагаемым обычно на диспетчерском пункте.

На первом этапе работы был выполнен анализ способов связи ДТ с УУ. Для анализа и сравнения были выбраны две технологии передачи данных: технология передачи данных по электросетям и беспроводная технология.

Учитывая, что протяжённость поселковых распределительных электрических сетей обычно превышает 200 метров, а проходимость радиосигналов в СВЧ-диапазонах практически не ограничена различными экранирующими сооружениями, авторами был сделан выбор в пользу радиоинтерфейса для ДТ. Кроме того, отпадает необходимость в дополнительных источниках питания электронной схемы ДТ, поскольку необходимая энергия может быть обеспечена путём отбора от контролируемой сети.

Авторами разработан съёмный датчик тока [3], который легко монтируется и демонтируется на токопроводящем проводе в любом месте.

Проводник 1 с измеряемым током  $J$  (рис. 2, а) охватывается магнитопроводом, состоящим из двух ферритовых полуколец 2. На верхнем полукольце располагаются две обмотки, одна из которых  $W1$  обеспечивает работу выпрямителя, а вторая  $W2$  является измерительной. Выпрямитель обеспечивает питание всей схемы датчика напряжением от 2,5 до 5 В.

В состав ДТ входят приёмно-передающая антенна, приёмник управляющего сигнала, блок питания датчика, первичный преобразователь, ключ, операционный усилитель, выпрямитель, АЦП, микроконтроллер с радиопередатчиком.

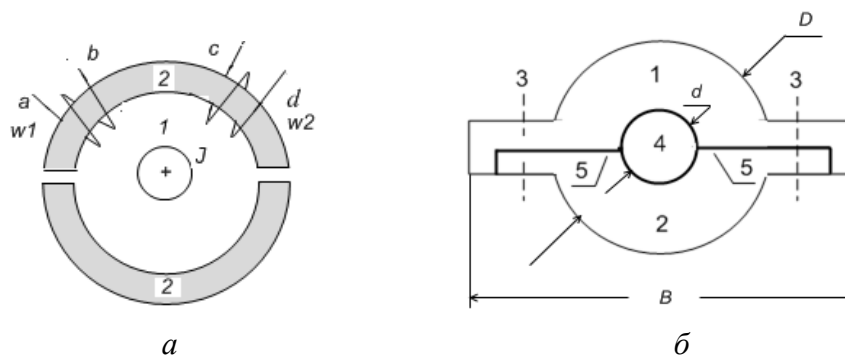


Рисунок 2 – Датчик тока: а – преобразователь величины тока в напряжение; б – вид датчика тока с торца

В состав УУ входят приёмо-передающая антенна, блок управления датчиком, включающий в себя микроконтроллер с радиопередатчиком, усилитель мощности в области сверхвысоких частот УМ СВЧ, приёмник информации, передаваемой датчиком.

При подаче команды управления начинает работать радиопередатчик УУ, излучая электромагнитные колебания в диапазоне нелицензируемых частот, которые усиливаются УМ СВЧ. Эти колебания электромагнитного поля воспринимаются полосковой антенной датчика и после обработки подаются на высокоомный вход ключа. После его срабатывания происходит подача питания на входы остальных блоков, входящих в состав датчика тока. Аналоговый сигнал, поступающий с измерительной обмотки преобразователя, выпрямляется, усиливается, преобразуется в цифровую форму и поступает на вход радиопередатчика и передаётся на приёмник УУ также на нелицензируемой частоте. Расчеты и эксперименты на модели датчика показали, что класс точности ДТ не хуже 1 %.

Разъёмный корпус датчика (рис. 2, б) должен изготавливаться из диэлектрического, немагнитного материала. На рисунке 2, б приняты обозначения: 1 – верхняя часть составного корпуса; 2 – нижняя часть составного корпуса; 3 – отверстия для крепёжных деталей; 4 – отверстия для проводника с током; 5 – герметизирующая прокладка между верхней и нижней частями корпуса.

Вся электронная часть датчика располагается в верхней части составного корпуса. В нижней части располагается только нижнее полукольцо тороидального магнитопровода. Геометрические размеры датчика тока:  $D$  – от 60 мм до 80 мм,  $d$  – в зависимости от сечения провода линии электропередачи,  $B$  – от 90 до 110 мм. Длина датчика – до 120 мм. Количество крепёжных отверстий – 4.

В датчике могут быть использованы любые встраиваемые микроконтроллеры, АЦП, приёмопередающие и другие ИМС с подходящими характеристиками.

Информация, получаемая от датчиков тока и счетчиков расхода ЭЭ, позволяет успешно решать все задачи, связанные с автоматическим контролем системы электропитания.

На основании этой информации разработан пакет прикладных программ, позволяющий решать следующие задачи:

1. Контроль распределения токов в передающей линии и у потребителей;
2. Контроль уровней напряжения у потребителей;
3. Проверка баланса мощностей в системе (с учётом потребляемой мощности и мощности технологических потерь);
4. Контроль потоков активных и реактивных мощностей;
5. Определение мест несанкционированного отбора мощностей;
6. Определение эффективности параметрической оптимизации системы электропередачи;
7. Определение входных сопротивлений при разных вариантах включения потребителей и при разных сопротивлениях нагрузок.

Применение системы автоматического контроля режимов работы распределительных электрических сетей на базе разработанного датчика позволит снизить потери и повысить качество электроэнергии у потребителей.

#### Перечень ссылок

1. Красник В.В. 101 способ хищения электроэнергии / В.В. Красник. – М.: Ростехэнергонадзор, 2009. – 107 с.
2. Пат. 09592 Україна, МПК G 02 J 13/00. Структурна схема визначення місць несанкціонованого підключення до лінії електропередачі / Л.О. Добровольська, О.О. Черевко // № 47879; заявл. 18.09.2009; опубл. 25.02.2010. – бюл. № 4. – 4 с.
3. Зайцев В.С., Черевко О.О., Добровольська Л.О. Пат. 01184 Україна, МПК H02J 13/00. Пристрій для автоматичного контролю режимів розподілу струмів в низьковольтних електричних мережах // № 102026; заявл. 06.02.2012; опубл. 27.05.2013. – бюл. № 10. – 5 с.