

*Висновки*

1. Отримано рівняння енергетичного балансу тиристорного електроприводу постійного струму з урахуванням реактивної складової його повної потужності.

2. Одержано експериментальні залежності коефіцієнта потужності ТЕП з урахуванням пульсності випрямляча і кута керування тиристорами, що дозволяють розрахувати потужність компенсуючих конденсаторів і підвищити коефіцієнт потужності ТЕП. При цьому зменшуються втрати електроенергії в елементах електромереж, що сприяє поступовому вирішенню проблеми енергозбереження.

1.Справочник по преобразовательной технике / Под ред. И.М.Чиженко. – К.: Техніка, 1978.

2.Чиженко И.М., Руденко В.С., Сенько В.И. Основы преобразовательной техники. – М.: Высш. шк., 1974.

3.Минин Г.П. Несинусоидальные токи и их измерение. – М.: Энергия, 1979.

*Отримано 14.02.2003*

УДК 621.316

В.И.ЙОЩЕНКО, В.Ф.РОЙ, д-р физ.-матем. наук

*Харьковская государственная академия городского хозяйства*

**АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ  
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА  
ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ**

Рассматриваются системы учета электроэнергии на базе индукционных и электронных счетчиков электроэнергии, проведен анализ элементов этих систем, вносящих наибольшую погрешность в результаты измерений энергопотребления.

Одним из важнейших условий нормального функционирования и развития городов является надежное электроснабжение. Для обеспечения высокой надежности, а также уменьшения потерь при передаче электроэнергии нужно осуществлять постоянный контроль и точный учет энергопотребления.

Городские электрические сети являются сложнзамкнутыми, для расчета режимов их работы с целью минимизации потерь необходима своевременная и достоверная информация о нагрузках каждого узла.

Целью настоящей работы является анализ существующих соотношений для определения погрешности измерительных каналов систем учета энергопотребления. Для сбора информации об энергопотреблении крупных, распределенных в пространстве потребителей до недавнего времени использовали и продолжают использовать в настоящее время системы учета, основанные на применении индукцион-

ных счетчиков электроэнергии. Такие системы состоят из первичных датчиков тока и напряжения (измерительные трансформаторы тока (ТТ) и напряжения (ТН)), индукционных счетчиков с телеметрическим выходом и устройств сбора и обработки информации. Как показала практика, эти системы обладают рядом существенных недостатков. Так, применение индукционных счетчиков значительно снижает точность учета из-за увеличения погрешности измерения энергопотребления в режимах низких нагрузок. Недостаточно надежным является импульсный метод передачи данных от счетчиков до устройств сбора информации, поскольку при наличии электромагнитных полей эти данные могут быть искажены. В частности, при сбоях в линиях связи необходимо ручное согласование показаний счетчика и данных устройства сбора информации.

Для повышения точности учета в настоящее время внедряются системы, использующие в своем составе микропроцессорные счетчики электроэнергии. В структурной схеме современной автоматизированной системы контроля и учета энергопотребления (АСКУЭ) выделяют три общих уровня:

- первичные измерительные преобразователи (ПИП);
- устройства сбора данных (УСД);
- центральная станция (ЭВМ).

При этом все три уровня соединены между собою соответствующими линиями связи в зависимости от вида информации, которая через них передается.

Применение электронных счетчиков (СЧ) позволяет существенно повысить точность учета электроэнергии. При этом наличие в СЧ микропроцессора позволяет проводить обработку информации, а также осуществлять измерение дополнительных параметров энергопотребления (частоты сети, угла сдвига фаз и др.). Точность электронных счетчиков значительно выше индукционных во всем диапазоне изменения нагрузок [1]. Передача информации от СЧ до УСД осуществляется в цифровом виде с использованием специальных протоколов связи, которые позволяют проверять полученные данные. Поэтому наибольшая погрешность измерений, превышающая нормируемые значения, вносится первым уровнем. К этому уровню относят первичные измерительные преобразователи тока и напряжения, СЧ и линии, которые их соединяют, – все это представляет собой измерительный канал (ИК). В общем случае к ИК также относят линии связи информационных выходов СЧ с УСД.

Актуальной задачей, требующей решения для повышения точности АСКУЭ, является разработка алгоритма коррекции результатов

измерений, которую согласно [2] необходимо производить в УСД. При определении погрешности ИК рекомендуется [2] пользоваться уточненной формулой

$$\delta_{p1} = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{ТН}^2 + \delta_{ТТ}^2 + \delta_{СЧ}^2 + \delta_{\theta}^2 + \delta_{Л}^2 + \sum_{j=1}^L \delta_{Сj}^2}, \quad (1)$$

где  $\delta_{p1}$  – результирующая погрешность измерительного узла;  $\delta_{ТН}$  – относительная погрешность ТН;  $\delta_{ТТ}$  – относительная погрешность ТТ;  $\delta_{СЧ}$  – относительная погрешность СЧ;  $\delta_{Л}$  – относительные потери напряжения во вторичных цепях ТН;  $\delta_{\theta}$  – относительное значение составляющей суммарной погрешности, вызванной угловыми погрешностями ТТ и ТН;  $\delta_{Сj}$  – относительные значения дополнительных погрешностей СЧ, учитывающие рабочие условия применения.

Как отмечено в [3], по формуле (1) определяют не фактические, а допустимые погрешности, так как обычно в качестве  $\delta_{ТН}$ ,  $\delta_{ТТ}$ ,  $\delta_{С}$  используют классы точности приборов, а они определяют предельные значения погрешностей лишь в зонах нагрузок, близких к номинальным.

Основное влияние на величины погрешностей преобразователей тока (ТТ) оказывают их загрузка по току и величина сопротивления вторичной цепи. В условиях снижения потребления электроэнергии промышленными предприятиями загрузка трансформаторов тока часто не превышает 5-15%, что приводит к значительному увеличению погрешностей.

Результаты исследований погрешностей ТТ типа ТПЛМ10-200/5 класса точности 0,5 [4], приведены на рисунке. Тонкой линией показаны экспериментальные результаты, жирной – аппроксимирующая кривая. Из рисунка видно, что в районе нагрузок от 1 до 10% токовая погрешность действительно превышает погрешность, указанную в классе точности данного ТТ.

Другим существенным источником погрешности измерения электроэнергии является ТН. Основное влияние на погрешность ТН оказывает величина вторичной загрузки  $I_2$ . Зависимость погрешности ТН от коэффициента загрузки по мощности (отношение фактической нагрузки вторичной обмотки трансформатора напряжения к номинальной величине нагрузки) имеет вид [4]

$$\Delta U[\%] = -0,73 \cdot K_3 + 0,35, \quad (2)$$



1. Лапин Н.Г., Нестеренко А.В. Электронный счетчик электроэнергии и его функциональные возможности // Энергетика и электрификация. – 2000. – №2. – С. 31-32.
2. Концепция построения автоматизированных систем учета электроэнергии в условиях энергорынка. – К.: НКРЭ Украины, 2002.
3. Железко Ю.С. Оценка потерь электроэнергии, обусловленных инструментальными погрешностями измерения // Электрические станции. – 2001. – №8. – С. 19-24.
4. [www.nice.nnov.ru/Ru/literat/J1\\_99/Loskuto1/htm](http://www.nice.nnov.ru/Ru/literat/J1_99/Loskuto1/htm)
5. Методические указания по определению погрешности измерения активной электроэнергии при ее производстве и распределении. РД 34.11.325 - 90. – М.: СПО ОРГРЭС, 1991. – 21 с.

*Получено 14.02.2003*

УДК 621.316

А.Г.СОСКОВ, д-р техн. наук, П.Н.АЛАЕВ  
*Харьковская государственная академия городского хозяйства*  
И.А.СОСКОВА, канд. техн. наук  
*Украинская инженерно-педагогическая академия, г.Харьков*

### **РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА СИЛОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ С ПРИЖИМНЫМИ КОНТАКТАМИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ТОКОВЫХ ИМПУЛЬСОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ**

Выполнен аналитический расчет температуры полупроводниковой структуры силовых полупроводниковых приборов с прижимными контактами на основе несимметричной тепловой модели, учитывающей реальное распределение тепла в приборе при воздействии на него кратковременных (до 0,02 с) токовых импульсов произвольной формы.

В аппаратостроении при создании гибридных и бесконтактных электрических аппаратов широко используют такие силовые полупроводниковые приборы (СПП), как мощные тиристоры и диоды с прижимными контактами. При работе этих аппаратов как в нормальных, так и в аварийных режимах, СПП, обеспечивающие в них бездуговую коммутацию электрической цепи, подвергаются воздействию длительных и кратковременных токовых нагрузок, причем, в последнем случае токовый импульс может принимать произвольную форму [1]. Для расчета температурного режима СПП при длительном воздействии токов нагрузки (более 0,05 с) хорошо зарекомендовал себя традиционный графоаналитический метод, основанный на использовании переходного теплового сопротивления СПП, которое приведено в справочных материалах. В импульсном режиме из-за недостаточной точности значений для переходного теплового сопротивления СПП в диапазоне малых времен (менее 0,02 с) более приемлемым является аналитический расчет температуры полупроводниковой структуры на основе обоснованно упрощенной тепловой модели СПП [1].