



УДК 621.314-317  
ББК 31.261

## ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТОКА И ТОЧНОСТЬ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Е.Г. Зенина

Рассмотрены внешние факторы, влияющие на составляющие нормируемой погрешности трансформаторов тока. Предложены меры по уменьшению действительной погрешности измерительных преобразователей с целью повышения точности учета электроэнергии.

**Ключевые слова:** электромагнитные трансформаторы тока, погрешности трансформаторов тока и счетчиков электроэнергии, точность учета электроэнергии, аварийный режим, коэффициент трансформации.

Учет электроэнергии и потерь в электрических сетях, в том числе и коммерческий, – важнейший показатель эффективности энергосистемы в целом. Недоучет электроэнергии является существенной составляющей коммерческих потерь. Измерение количества электроэнергии в силовых цепях производится через измерительные преобразователи – трансформаторы тока и электросчетчики, погрешности которых и определяют суммарную погрешность измерения, а значит и точность учета электроэнергии.

Для повышения точности учета электроэнергии разработаны и эксплуатируются электронные счетчики с классами точности 2,0 и 1,0 или выше – 0,2S; 0,5S. Однако не следует забывать, что их погрешности нормируются только для номинальных условий эксплуатации и не учитывают изменения напряжения, нагрузки, частоты, несинусоидальность кривых тока и напряжения, колебания температур при эксплуатации и т. д. В результате действия различных факторов, не учтенных по нормативам, суммарная предельная погрешность счетчика может в 25–50 раз превысить номинал его класса точности при

обычном суммировании систематических погрешностей с одним знаком и в 5–6 раз – при квадратичном суммировании [4]. В результате получается, что прибор контроля работает с нормированным классом точности только в идеальном случае, а в реальных условиях эксплуатации погрешности приборов многократно выходят за стандартные величины.

Трансформаторы тока, с одной стороны, осуществляют преобразование токов в силовых цепях и гальваническую развязку сетей высокого и низкого напряжений с целью безопасного подключения приборов контроля электроэнергии и устройств защиты. С другой стороны, трансформаторы тока являются составляющей частью измерительной системы и вносят свой вклад в суммарную погрешность измерения тока, а значит и в общий учет электроэнергии. Характерной особенностью измерительных трансформаторов тока является зависимость их погрешностей не только от конструктивных особенностей преобразователя, но и от величин нагрузки сети и вторичной нагрузки. Существующие трансформаторы тока характеризуются токовыми погрешностями классов 0,2; 0,5; 0,2S; 0,5S для измерительных обмоток и 5P; 10P для обмоток, предназначенных для релейной защиты. Кроме того, нормируются и их угловые погрешности.

Нагрузка трансформаторов тока нормируется в пределах от 5 до 120 % для измерительных обмоток классов 0,2 и 0,5 и в преде-

лах от 1 до 120 % для измерительных обмоток классов 0,2S и 0,5S [1]. Реальная нагрузка сети может колебаться в довольно широких пределах и выход ее за пределы указанного диапазона не редкость. Типичным случаем является изменение нагрузки на железной дороге: наряду с интервалами минимальной загрузки каждого из участков, существуют пиковые интервалы, когда перегрузка значительна. В результате также значительно возрастают и токовые погрешности, выходя за нормируемые пределы.

Рассмотрим влияние различных факторов, возникающих в условиях эксплуатации, на погрешности измерительных трансформаторов тока. Прежде всего, хотелось бы отметить факторы, которые сильно влияют на качество электроэнергии, – это отклонение параметров и формы сигнала в силовых цепях от нормируемых. Их трудно учесть при определении погрешности измерения, поскольку эти отклонения часто связаны с неустойчивыми, переходными или аварийными процессами в энергосистеме.

Факторы, относящиеся к изменяющейся первичной или вторичной нагрузке измерительных преобразователей, можно прогнозировать или рассчитывать, а значит, при изменении вида и характера нагрузки можно учитывать ее как систематическую погрешность, введя поправочные коэффициенты к показаниям приборов учета. Например, для каждого участка энергосистемы можно определить как расчетным путем, так и экспериментально вероятные диапазоны токов нагрузки, которые возможны при эксплуатации, и их временные интервалы. Применение многодиапазонных трансформаторов тока в этом случае позволит в соответствии с графиком нагрузки оперативно изменять коэффициенты трансформации, добиваясь минимальных погрешностей в каждом диапазоне.

При рассмотрении влияния вторичной нагрузки трансформаторов тока на величину погрешности необходимо остановиться на двух основных факторах. В первую очередь надо отметить несоответствие электронных приборов учета и микропроцессорных средств защиты с высокими классами точности электромагнитным трансформаторам тока. С другой стороны, если обмотки та-

ких трансформаторов тока имеют одинаковый класс точности с прибором защиты или учета электроэнергии, но трансформатор тока находится в эксплуатации продолжительное время, то точность такого преобразователя снижена вплоть до выхода за установленные пределы. Это связано с неизбежным старением всех составляющих преобразователя и в первую очередь с изменением физических свойств магнитопровода, оказывающего значительное влияние на образование погрешностей трансформатора тока. Поскольку трансформаторы тока включаются непосредственно в первичную цепь, то возникающие в ней нестандартные и аварийные режимы напрямую влияют не только на первичные цепи и изоляцию, но и на магнитную систему, вызывая насыщение магнитопровода и выход, таким образом, за пределы нормального режима работы с установленными погрешностями.

### Выводы

1. На этапе изготовления измерительных преобразователей необходимы заводские испытания на возможные погрешности для конкретных приборов в расширенном диапазоне влияющих факторов, результаты которых должны быть включены в технические паспорта изделий, например, в виде диаграмм или зависимостей. Это позволит, во-первых, правильно подбирать измерительные преобразователи с учетом конкретных условий эксплуатации и, во-вторых, вводить систематическую поправку на результаты измерения при увеличении погрешности преобразователя относительно нормируемой.

2. Для действующих трансформаторов тока и электросчетчиков необходимо проведение периодических проверок для определения действительных токовых и угловых погрешностей в реальных условиях эксплуатации с целью выявления несоответствующих заявляемым классам точности и правильности подбора измерительных преобразователей.

3. Необходимо законодательно закрепить применение в эксплуатации трансформаторов тока систематических проверок с целью выявления их реальных погрешностей и возможности дальнейшей эксплуатации.

4. Поскольку отрицательные токовые погрешности приводят к недоучету электроэнергии и огромным потерям в масштабах отрасли, необходимо производить планомерный переход на многодиапазонные трансформаторы тока или трансформаторы тока с уменьшенными погрешностями, в том числе оптико-электронные.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. ГОСТ 7746-2001. Трансформаторы тока. Общие технические условия.— Минск : Госстандарт, 2001.
2. Гуртовцев, А. О метрологии электронных электросчетчиков / А. Гуртовцев // Энергорынок. — 2007. — № 5. — С. 22–28.

### **INFLUENCE OF EXTERNAL ON ERROR OF MEASURING TRANSFORMERS OF CURRENT ENVIRONMENTS AND EXACTNESS OF ACCOUNT OF ELECTRIC POWER**

*E.G. Zenina*

The external factors influencing components of the normalized error of transformers of a current are considered. Measures for reduction of actual error of measuring converters for the purpose of increase of exactness of account of electric power.

**Key words:** *electromagnetic transformers of current, error of transformers of current and watt-hourmeters, exactness of account of electric power, emergency operation, transformation coefficient.*