

## **О преимуществах использования трансформаторов для коммерческого учета электроэнергии** (приведено с сокращениями)

Раскулов Р.Ф., главный конструктор  
отдела измерительных трансформаторов, к.т.н.,  
Игнатенко Е.В. инженер-конструктор  
отдела измерительных трансформаторов,  
ОАО "Свердловский завод трансформаторов тока".  
620043, Россия, г. Екатеринбург, ул. Черкасская, 25.  
Телефон(343) 234-31-05, факс 212-52-55,  
e-mail: design@cztt.ru

Трансформатор тока это, прежде всего, средство измерения. От качества измерения зависит количество учтенной и не учтенной электроэнергии, что отражается денежным эквивалентом для энергопотребляющих и энергопроизводящих предприятий.

Раньше, когда учету электроэнергии не уделялось должного внимания, не требовалось с большой точностью определять расход электроэнергии. Поэтому широкое применение имели трансформаторы тока классов точности 1, 3 и 5.

Сейчас, когда все считают свои затраты и прибыль, тема коммерческого учета наиболее актуальна.

Рассмотрим основные отличия класса точности 0,5 от 0,5S и 0,2 от 0,2S. Прежде всего, отличие состоит в том, что допускаемые пределы погрешностей в области малых первичных токов разные. Так для классов точности 0,5 и 0,2 токовая погрешность нормируется с 5 % первичного тока, а для классов точности 0,2S и 0,5S с 1 %. А при токах 5% и 20 % от номинального погрешности трансформаторов тока 0,5S и 0,2S меньше, чем у трансформаторов тока классов точности 0,5 и 0,2.

Ниже представлены результаты исследований, которые проводились на базе испытательного центра ОАО «СЗТТ».

Испытания проводились на серийно выпускаемых трансформаторах тока ТПОЛ-10 классов точности 0,5 и 0,5S на номинальный первичный ток 300/5А производства ОАО «СЗТТ».

Основной задачей исследований было определить влияние вторичной нагрузки на погрешности трансформаторов тока.

Вторичная нагрузка влияет на полное омическое сопротивление вторичных цепей измерения, что ведет к изменению значений токовых погрешностей. Согласно ГОСТ 7746-2001 вторичная нагрузка должна находиться в пределах 25-100 % от номинальной.

При снижении вторичной нагрузки трансформаторы класса точности 0,5 могут выходить за пределы допускаемых погрешностей при номинальных значениях первичного тока. Это доказано экспериментально и показано на рисунке 1.

У трансформаторов тока класса точности 0,5S картина несколько иная. При снижении вторичной нагрузки токовые погрешности этих трансформаторов стремятся к нулю при любых нормируемых значениях первичного тока. Как видно на представленных графиках

(рисунок 2) токовые погрешности трансформаторов тока класса 0,5S производства ОАО «СЗТТ»,находятся в областях значительно меньших, чем требует стандарт на трансформаторы тока.

Однако на угловые погрешности снижение вторичной нагрузки практически не влияет, это наглядно демонстрирует рисунок 3.

На угловые погрешности трансформаторов класса точности 0,5S снижение нагрузки также практически не оказывает влияния.

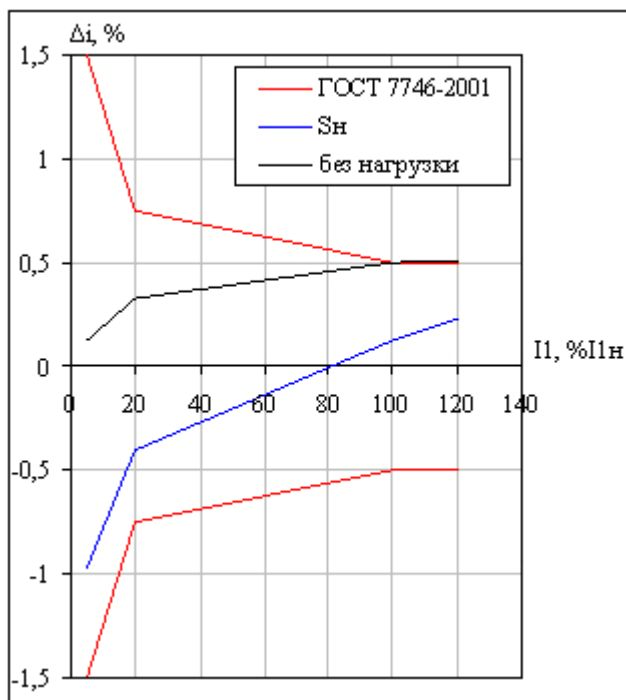


Рис.1 Токовые погрешности трансформаторов ТПОЛ-10-300/5 класса точности 0,5

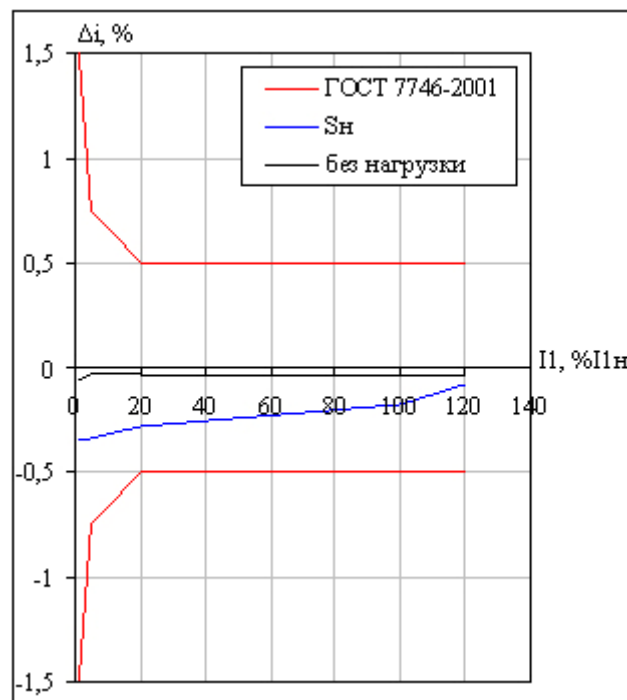


Рис.2 Токовые погрешности трансформаторов ТПОЛ-10-300/5 класса точности 0,5S

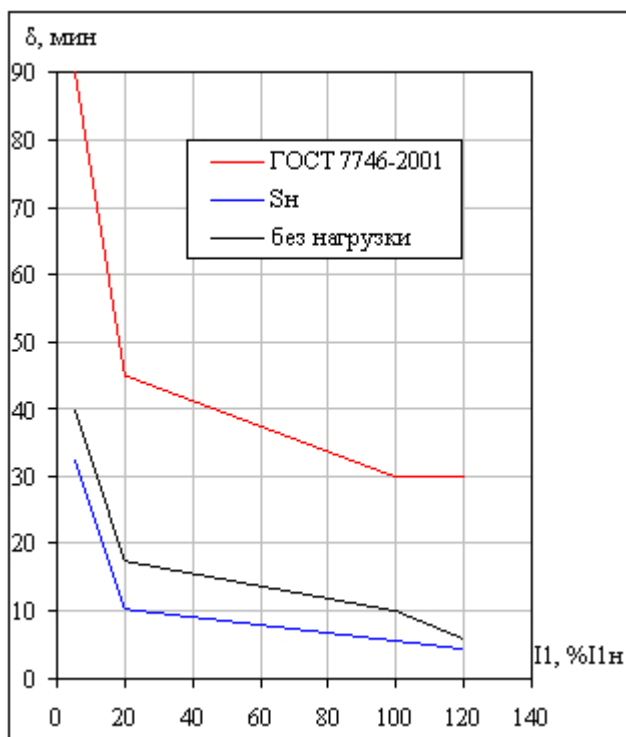


Рис.3 Угловые погрешности трансформаторов ТПОЛ-10-300/5 класса точности 0,5

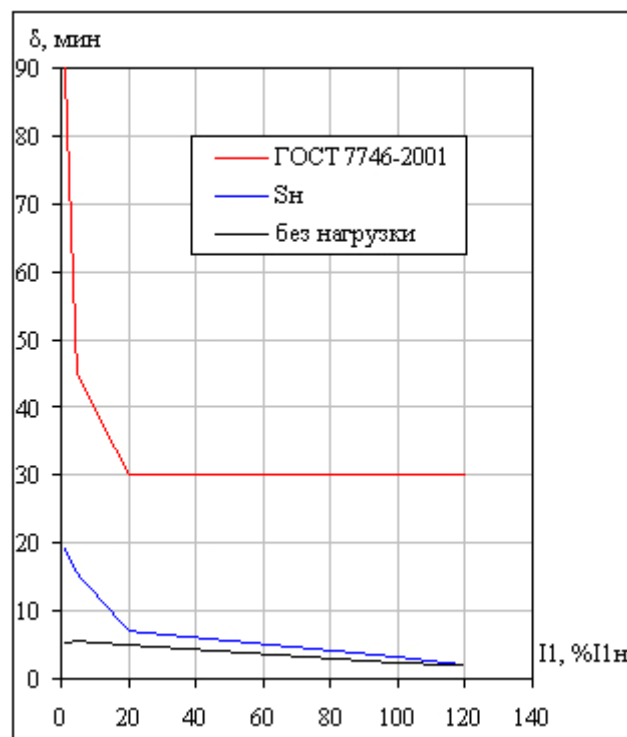


Рис.4 Угловые погрешности трансформаторов ТПОЛ-10-300/5 класса точности 0,5

На практике снижение вторичной нагрузки обусловлено тем, что в эксплуатации широкое применение находят электронные счетчики, у которых собственное омическое сопротивление в несколько раз меньше их индукционных предшественников.

По стандарту на электронные счетчики, мощность, потребляемая параллельной цепью (напряжения) электронных счетчиков активной энергии не должна превышать 10 ВА, а последовательной (токовой) – 1 ВА [7].

В действительности мощность счетчиков может быть еще меньше.

Наиболее распространенные типы ТТ класса напряжения 10 кВ рассчитаны на номинальную мощность вторичной нагрузки 10 ВА.

Мощность токовой цепи электронного счетчика в 1 ВА намного ниже нижнего предела мощности вторичной нагрузки, которая согласно [2] составляет 2,5 ВА.

Причина такого различного поведения трансформаторов класса 0,5 и 0,5S при снижении вторичной нагрузки заключается в используемых материалах при изготовлении вторичных обмоток для измерения. Магнитопровода измерительных обмоток ТТ класса точности 0,5 изготавливаются из электротехнической стали, а сердечники обмоток для измерения классов точности 0,5S производства ОАО «СЗТТ», изготавливаются из аморфных или нанокристаллических сплавов. Поскольку эти сплавы обладают более высокими магнитными свойствами, такими как начальная магнитная проницаемость, линейность характеристик намагничивания, узкая петля гистерезиса, то именно благодаря им обеспечивается устойчивость метрологических характеристик.

## **Выводы:**

Для повышения точности измерения электроэнергии наиболее эффективным действием является замена измерительных ТТ класса точности 0,5 и менее точных на трансформаторы классов точности 0,5S и 0,2S.

На трансформаторах для коммерческого учета электроэнергии классов точности 0,2S и 0,5S при замене индукционных счетчиков на цифровые нецелесообразно применять дополнительные устройства для увеличения мощности вторичной нагрузки (так называемые «догрузочные сопротивления»), так как они приводят к увеличению погрешностей.

При замене ТТ с магнитопроводами из электротехнической стали на ТТ классов точности 0,5S и 0,2S с магнитопроводами из аморфных сплавов погрешность измерения электроэнергии уменьшается в несколько раз и практически не зависит от влияния первичного тока и токов КЗ в первичной цепи;

## **Литература**

- 1 Афанасьев В.В. и др. Трансформаторы тока. - Л.: Энергия, Ленинградское отделение, 1989.-344 с., ил.
- 2 ГОСТ 7746-2001 Трансформаторы тока. Общие технические условия.
- 3 Раскулов Р.Ф., Эткинд Л.Л. Влияние воздействующих факторов на метрологические характеристики ТТ и ТН с литой эпоксидной изоляцией/ Метрология электрических измерений в электроэнергетике.: Доклады науч.-техн. семинаров и конф. 1998-2001 гг. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС.– 2001.– С. 317-327.
- 4 Раскулов Р.Ф., Смирнов А.С. Влияние температуры окружающего воздуха на погрешности измерительных трансформаторов/Метрология электрических измерений в электроэнергетике.: Доклады третьей науч.-практ. конференции. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС.– 2003.– Доклад 22.–С.1-23.
- 5 Раскулов Р.Ф., Смирнов А.С. Влияние коэффициента мощности вторичной нагрузки на погрешности измерительных трансформаторов/ Метрология электрических измерений в электроэнергетике.: Доклады третьей науч.-практ. конференции. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС.– 2003.– Доклад 23.– С.1–21.
- 6 Раскулов Р.Ф. Влияние вторичной нагрузки на погрешности трансформаторов тока// Электрические станции.– 2003.–№7. – С. 43-45.
- 7 ГОСТ 30206-94 Статические счетчики Ватт-часов активной энергии переменного тока (классы точности 0,2S и 0,5S).
- 8 Раскулов Р.Ф., Влияние угловых погрешностей измерительных трансформаторов на точность определения коэффициента мощности нагрузки/ Метрология электрических измерений в электроэнергетике.: Доклады четвертой науч.-практ. конференции.– М.: Изд-во НЦ ЭНАС.–2004.–Доклад 25.–С.1–11.
- 9 Раскулов Р.Ф. Погрешности трансформаторов тока. Влияние токов короткого замыкания //Новости электротехники. – 2005.–№2 (32).–С.114-116.
- 10 Раскулов Р.Ф. О превышении мощности вторичной нагрузки для трансформаторов тока классов точности 0,2S и 0,5S // Электрические станции.– 2003.–№8.–С. 59-62.