

# Как работают электросчетчики при низком качестве энергии

В.С. Соколов, зав. каф. ТОЭ МГОУ, к.т.н., проф.

Вопрос, содержащийся в заглавии статьи, ранее относился к категории научно-метрологических. Тем не менее, жизнь заставляет рассматривать этот вопрос с позиции энергосбережения, поскольку ошибки в определении активной энергии и мощности современными счетчиками в условиях пониженного качества электроэнергии, как будет показано ниже, составляют значительную величину и эти ошибки следует относить к коммерческим потерям. Рост указанных потерь очевиден, поскольку меняется характер потребителей электроэнергии, предпочитающих все больше импульсный отбор мощности (вторичные источники питания, управляемые электропривода, тяговые подстанции и т.п.), т.е. спектральный состав активных мощностей потребления неуклонно смещается в сторону высших гармонических.

Современные же счетчики, не говоря уже об устаревших конструкциях, к такой тенденции не готовы, поскольку традиционно ориентируются на измерение основной гармонической, к чему их понуждает к тому же действующая нормативная документация. Здесь следует отметить отсутствие в стране эффективного технического законодательства в области электромагнитной совместимости, что уже привело к импорту в страну многочисленного относительно дешевого оборудования, имеющего повышенные показатели по эмиссии гармонических. Косвенным подтверждением сказанного является очевидный рост числа конфликтных ситуаций, когда Поставщик и Покупатель электроэнергии, выполняя самостоятельно коммерческий учет электроэнергии разными типами счетчиков, получают существенно различные результаты.

В настоящей работе, в дополнение к [1], сделана попытка с одной стороны количественно оценить величину погрешности в измерениях активной мощности различными типами счетчиков в условиях низкого качества электроэнергии, а с другой – предложить систему мер, предотвращающих появление указанных коммерческих потерь и возникновение конфликтных ситуаций. По очевидным причинам типы счетчиков в работе не указаны, хотя выбраны для испытаний несколько современных широко распространенных однофазных и трехфазных счетчиков, обозначенных только номерами.

В качестве испытательного оборудования использовались следующие приборы:

- Генератор-калибратор трехфазной мощности (установка УППТ-1М);
- Анализатор мощностей ППКЭ-3-50;
- Прибор контроля качества электроэнергии ППКЭ-1-50М.

Несколько слов о первых двух приборах. Установка поверочная УППТ-1М (далее по тексту – установка) представляет собой калибратор сигналов регулируемой произвольным образом формы и предназначена для поверки, калибровки, градуировки, регулировки и настройки приборов, измеряющих показатели качества электрической энергии по ГОСТ13109-97, а также других измерительных приборов и датчиков, применяемых в энергетике, радиотехнике, электронике. Установка позволяет генерировать три напряжения произвольной формы в диапазоне 0-400В, а так же три тока произвольной формы в диапазоне 0-10А. Таким образом, установка УППТ-1М является удобным инструментом для организации измерений с целью определения влияния погрешности измерений испытуемым счетчиком путем прямой подачи калиброванного трехфазного сигнала на счетчик.

Прибор ППКЭ-3-50 (анализатор мощности) – последняя разработка ООО "НПФ "Солис-С" – обеспечивает дополнительный контроль заданных калибратором выходных параметров, включая мощности гармонических. В качестве примера на рис. 1 приведен гармонический анализ мощности, выполненный этим прибором на одной из тяговых подстанций, где приведены спектры токов, напряжений и соответствующих им активных мощностей, являющихся предметом для регистрации счетчиками.

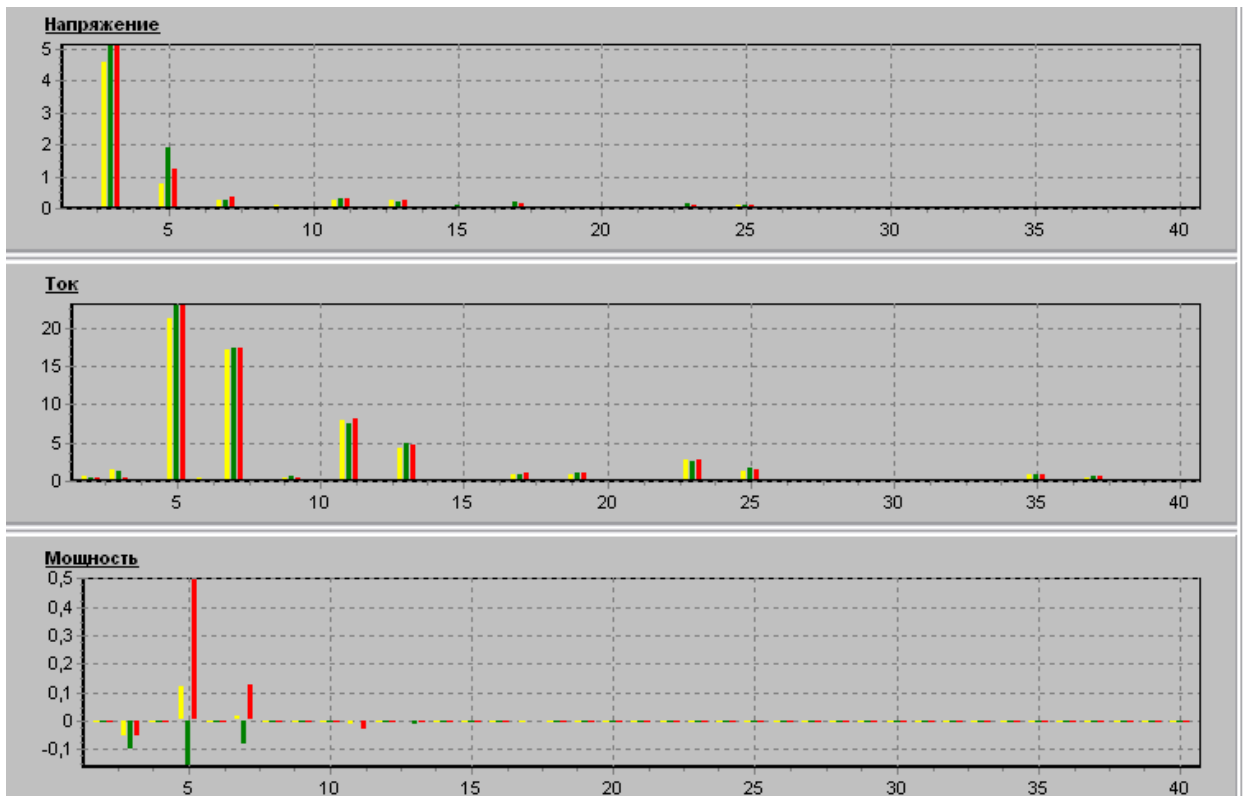


Рис. 1

Анализ трехфазной активной мощности тяговой подстанции (усреднение-1минута).  
Спектры напряжений, токов, активных мощностей.

При испытаниях счетчиков в качестве выходного параметра принята погрешность измерения активной энергии испытуемым счетчиком. В качестве варьируемых параметров выбраны:

- коэффициент мощности в диапазоне  $-0,1 - 1,0$ ;
- отклонение напряжения  $+10\% - -40\%$ ;
- коэффициенты несимметрии по обратной и нулевой последовательностям  $0 - 10,0\%$ ;
- коэффициент искажения кривых тока и напряжения  $- 0 - 25\%$ ;
- коэффициенты гармонических для нечетных кратных трем  $- 0 - 12\%$ ;
- коэффициенты гармонических для нечетных некратных трем  $- 0 - 12\%$ ;
- коэффициенты гармонических для четных кратных трем  $- 0 - 12\%$ ;
- коэффициенты гармонических для нечетных некратных трем  $- 0 - 12\%$ .

Кроме того, варьировались и различные сочетания перечисленных параметров. В качестве примера ниже приводятся некоторые результаты испытаний. На рис. 2 представлена зависимость погрешности измерений активной мощности (энергии) пятью различными типами счетчиков одного класса в зависимости от коэффициента мощности нагрузки и наличия нечетных и некратных трем гармонических составляющих в спектрах напряжений и токов. Здесь и далее отрицательная погрешность соответствует недоучету энергии. Следует отметить, что измерения проводились с использованием разработанной и утвержденной Методикой выполнения измерений «Счетчики активной электрической энергии. Оценка влияния ПКЭ на погрешности измерений» МВИ (аттестована ФГУ «Ростест-Москва»).

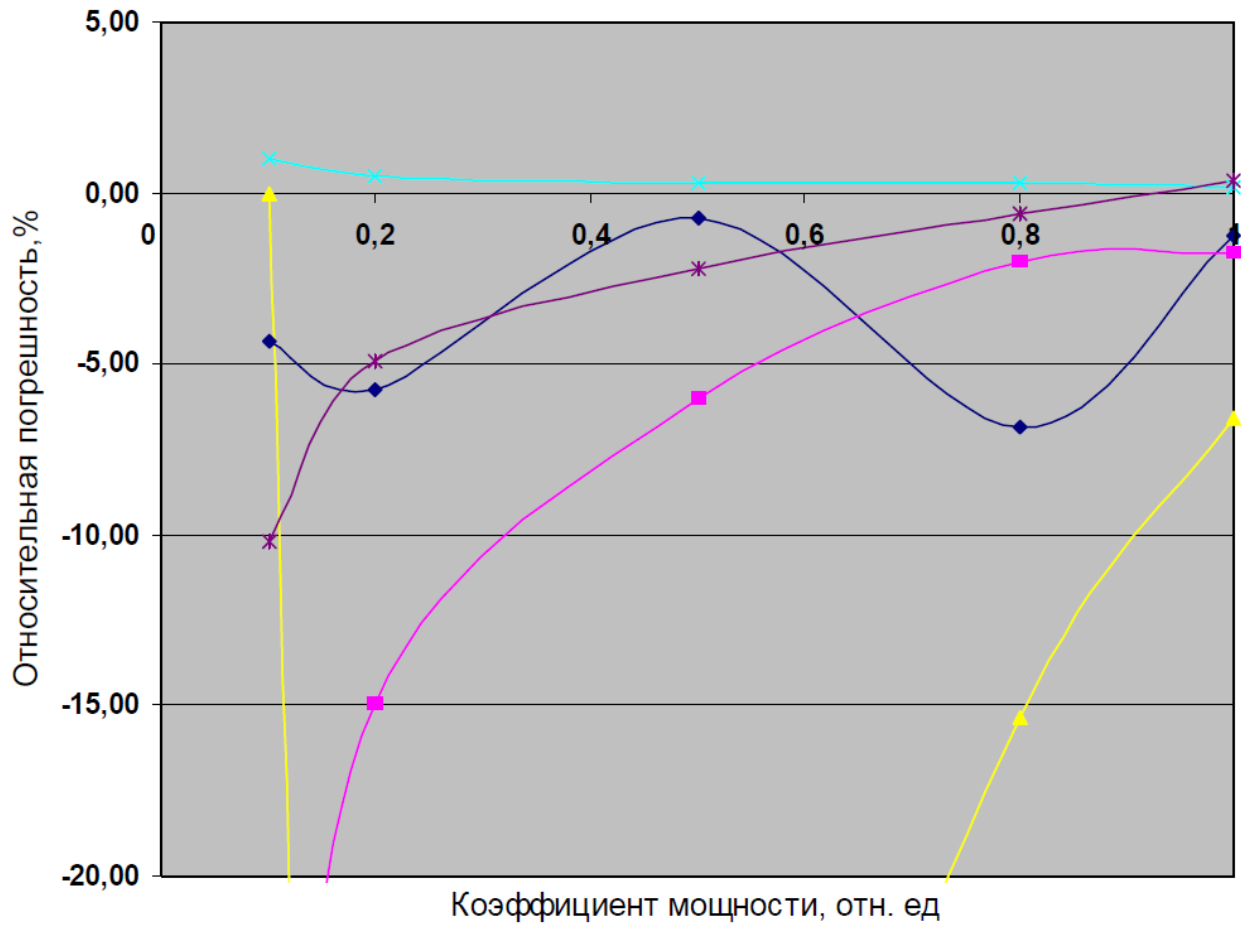


Рис. 2.

Зависимость погрешности измерения активной мощности от коэффициента мощности нагрузки 5-ти типов счетчиков при наличии нечетных и некратных трех гармонических составляющих напряжения и тока.

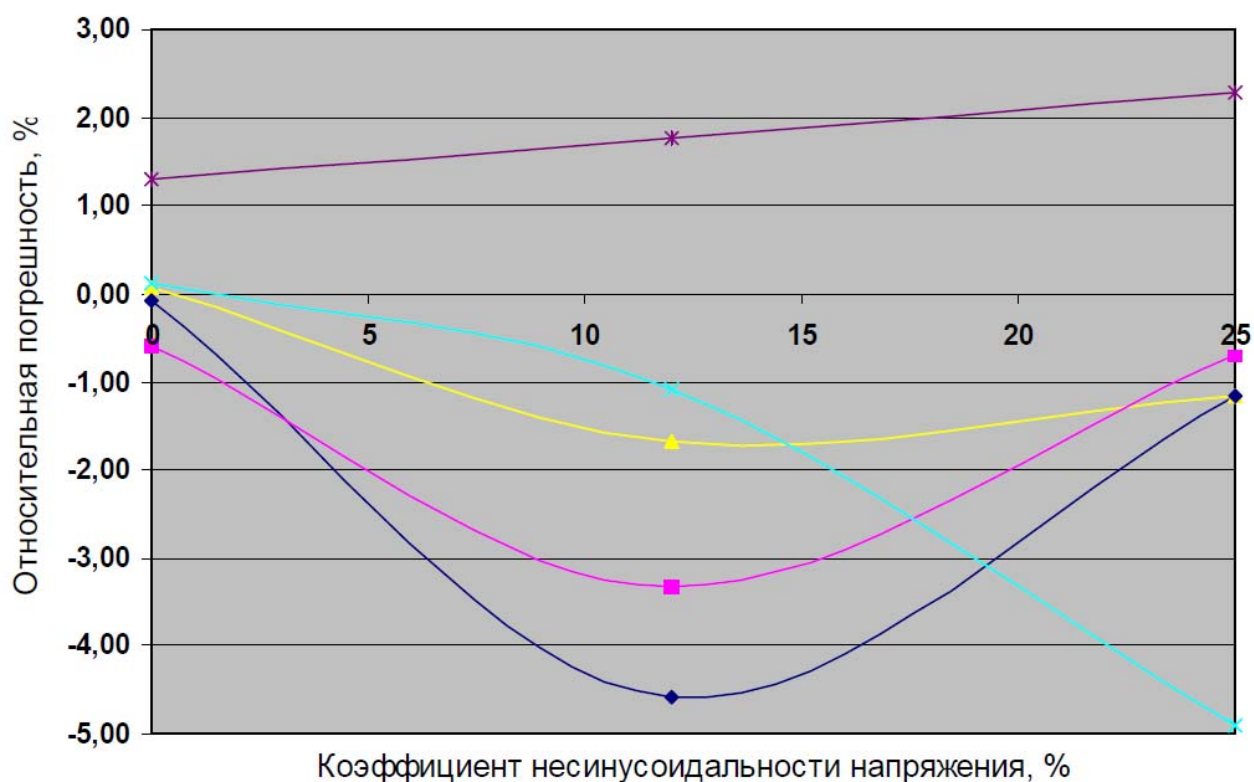


Рис. 3.

Зависимость погрешности учета активной мощности и энергии в зависимости от величины коэффициентов несинусоидальности напряжения и тока в случае наличия в составе нечетных, кратных трем гармоник различными типами счетчиков.

На рис. 3 представлены погрешности учета активной мощности и энергии в зависимости от величины коэффициентов несинусоидальности напряжения и тока в случае наличия в составе нечетных, кратных трем гармоник различными типами счетчиков.

Влияние уровня напряжения прямой последовательности на работу тех же типов счетчиков иллюстрирует рис. 4, где добавлен еще один фактор – нечетные кратные трем гармонические составляющие фазных напряжений и токов (12%).

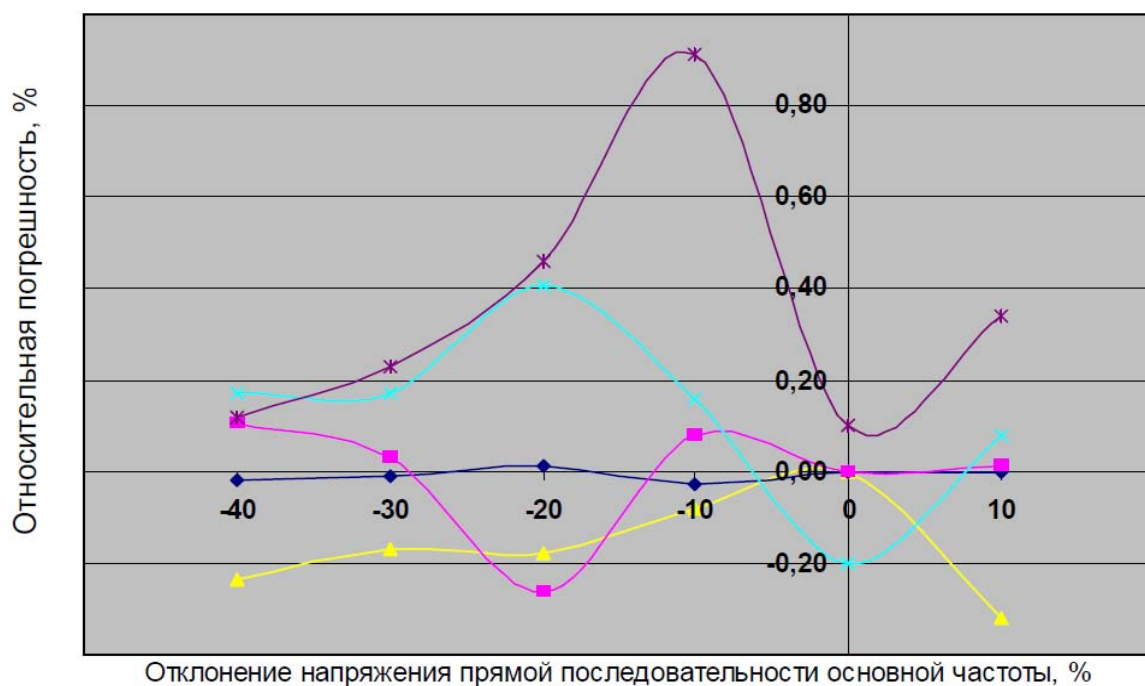


Рис. 4.

Зависимость погрешности от отклонения напряжения прямой последовательности основной частоты.

Приведенная в виде графиков небольшая часть результатов испытаний счетчиков свидетельствует о существенной зависимости погрешности измерений активной энергии от качества энергии и коэффициента мощности нагрузки. Более того, при некоторых сочетаниях параметров качества имеют место отказы в работе некоторых счетчиков. Однако проведенные испытания не позволяют однозначно ответить на вопрос о выборе того или иного счетчика в зависимости от качества электроэнергии, поскольку необходимо располагать информацией об анализе мощности в выбранной точке учета (рис. 1).

Таким образом, можно предложить следующий алгоритм выбора того или иного типа счетчика дополнительно к предложениям [2, 3]. В первую очередь необходимо решить главный коммерческий вопрос по поводу критерия выбора (здесь и далее речь идет о счетчиках, входящих в государственный реестр РФ):

- Выбрать счетчик, который точно учитывает все гармонические составляющие активной мощности;
- Выбрать счетчик, который считает “в пользу” организации устанавливающей его.

После выбора критерия необходимо в точках предполагаемой установки счетчика провести (желательно недельные) измерения с помощью анализатора мощности и выявить величину и направление гармонических составляющих мощностей. Только после этого, располагая характеристиками работы того или иного счетчика в условиях нелинейной и знакопеременной нагрузки, можно окончательно остановиться на типе счетчика. Если характеристики отсутствуют, можно заказать подобные исследования на установке УППТ-1М. Предложенный алгоритм особенно важен для тяговых подстанций, где к тому же имеет место режим рекуперации энергии.

Автор выражает признательность участникам настоящей работы доц. Созыкину А.А., проф. Алексееву А.А., инженерам Коровкину Р.В., Иванову Г.Е., Чернышовой Н. В., Магидсон, а также инженерам Мешману Ю.Г. и Давыдкину С.И. за высказанные в ходе

работ ценные замечания.

#### Основные выводы:

1. Проведенные исследования показали, что погрешность счетчиков электроэнергии существенно зависит от качества измеряемой энергии и реального коэффициента мощности нагрузки. При этом ошибки могут достигать не только значений 10-20%, как правило, в сторону недоучета, но и приводить к отказам в работе счетчиков.
2. Для оптимального выбора счетчика кроме сведений о работе конкретного типа счетчика в условиях низкого качества энергии и низкого коэффициента нагрузки необходимо располагать информацией о качестве энергии в точке коммерческого учета.

#### Литература

1. Метрологическое обеспечение измерений для электроэнергетики. Насущная или ничтожная проблема, профессор Загорский Я. Т., журнал Новости электротехники, №21, 2003 г.,
2. Контроль, мониторинг и управление качеством электрической энергии, Соколов В.С., ООО “НПФ “Солис-С”, Электро №5 2003
3. Проблемы мониторинга качества электроэнергии, Соколов В.С., ООО “НПФ “Солис-С”, Промышленная энергетика, №1, 2004

источник <http://www.ppke.ru/>