

УДК 621.311

РЕКЛАССИФИКАЦИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОТ ЕЁ НЕДОУЧЕТА

ГУСЕЙНОВ А.М., ЮСИФБЕЙЛИ Н.А., АХМЕДОВ Р.М, АГАСИЕВ И.А.

АзНИИ Э и ЭП - ЦДУ ОАО «Азербэнерго»

В общей структуре потерь электрической энергии в энергосистеме выделена составляющая, обусловленная недоучетом её в связи с погрешностями измерительной системы. Показана возможность при использовании современной технологии произвести реклассификацию трансформатора тока, снижающую погрешности измерения и позволяющую их дальнейшую эксплуатацию. Приведена принципиальная схема реклассификации, дано краткое описание элементов схемы и алгоритма коррекции.

В последние годы усилилось внимание к проблеме учета и снижения потерь электроэнергии. Обусловлено это целым рядом причин.

Переход на конкурентный рынок (электроэнергия-товар) делает основным бизнес-тезисом энергетических компаний - доставку потребителю электрической энергии с минимальными потерями. Послекризисный период, либерализация отрасли, интенсивный рост электропотребления, изменения его структуры делают режимы изменчивыми (слабо или сильно загруженными). Все это и другие причины увеличивают потери электрической энергии, структура которых достаточно сложна.

По [1] можно достаточно обосновано придерживаться следующей классификации:

- ✓ технические потери, куда входят нагрузочные потери, потери холостого хода;
- ✓ расходы на собственные нужды подстанций;
- ✓ недоучет электрической энергии;
- ✓ коммерческие потери.

Предметом данной статьи являются потери электроэнергии, вызванные недоучетом электрической энергии. Эти потери обусловлены погрешностью измерительных комплексов: трансформаторов тока (ТТ), трансформаторов напряжения (ТН) и счетчиков электрической энергии (СЭ).

Погрешности измерительных приборов имеют ряд составляющих:

1. Допускаемые погрешности в нормальных условиях (допускаемые метрологические потери), устанавливаемые на заводах-изготовителях.
2. Дополнительные потери, возникающие в ненормированных условиях. Обусловлены они изменчивостью режима, приводящей к недогрузке или перегрузке ТТ, ТН, влиянием магнитных и электромагнитных полей различной частоты, несимметрией измеряемого напряжения, сверхнормативной службой приборов и др.
3. Отрицательной погрешности ТТ способствует также тот факт, что они, как правило, с учетом перспективы выбираются с большим номиналом и длительное время работают в режиме недогрузки.

На заводах изготовителях допускаемая погрешность в соответствии с ГОСТ нормируется в трех точках токовой нагрузки – 5, 20, 100 % номинала токовой нагрузки.

По таблице 1 можно определить допускаемую погрешность в зависимости от токовой нагрузки и класса точности ($K_{ТТ}$) [1].

Таблица 1

$I / I_{НОМ}, \%$ $K_{ТТ}$	5	20	100
0,2 0,5 ÷ 1,0	$\pm 3,0 K_{ТТ}$ $\pm 3,75 K_{ТТ}$	$\pm 1,5 K_{ТТ}$ $\pm 1,75 K_{ТТ}$	$\pm K_{ТТ}$ $\pm K_{ТТ}$

Откуда видно, что в зависимости от токовой нагрузки (её уменьшения) погрешность ТТ может быть в 1,5 ÷ 3,75 раза выше класса точности. Данные таблицы 1 подтверждаются другими исследованиями. На рис.1 приведена зависимость отрицательной токовой погрешности трансформатора тока ТПЛМ10-200/5 класса точности 0,5.

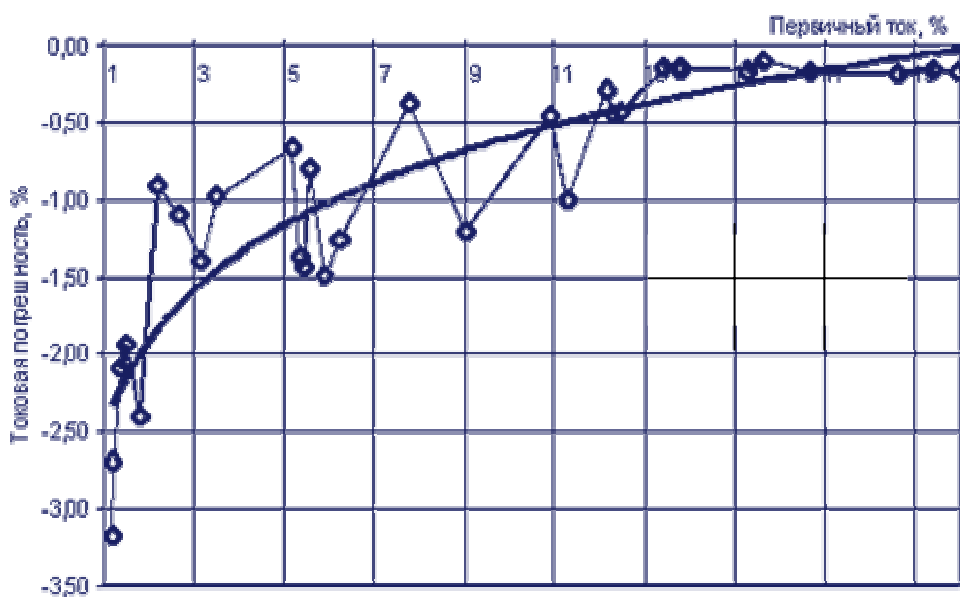


Рис.1. Зависимость токовой погрешности ТТ от первичного тока (ТПЛМ – 200/5, класс точности 0,5)

В таблице 2 даются предельные токовые и угловые погрешности ТТ при различных значениях нагрузки.

Таблица 2

Класс точности	Первичный ток, % от $I_{ном}$	Предельная погрешность		
		токовая	угловая	
			мин	град
0,2	5	$\pm 0,75$	± 30	$\pm 0,9$
	10	$\pm 0,5$	± 20	$\pm 0,6$
	20	$\pm 0,35$	± 15	$\pm 0,4$
	100÷200	$\pm 0,20$	± 10	$\pm 0,3$
0,5	5	$\pm 1,5$	± 90	$\pm 2,5$
	10	$\pm 1,0$	± 60	$\pm 1,7$
	20	$\pm 0,75$	± 45	$\pm 1,35$
	100÷200	$\pm 0,5$	± 30	$\pm 0,9$

При малых токовых нагрузках ($\leq 5\%$) имеют место достаточно значительные отрицательные погрешности, что приводит к недоучету потребляемой энергии. Росту потерь электроэнергии способствует снижение потребления электроэнергии промышленности.

В таблице 3 сопоставляется динамика снижения потребления электроэнергии промышленности и роста потерь электроэнергии.

Таблица 3

	1990	1995	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Доля электропотребления промышленностью в общем потреблении, %	48,3	29,6	17,6	16,3	22,7	18,9	22,2	26,4
Потери электрической энергии	13,2	20,1	15,3	15,0	12,2	17,4	17,6	18,1

Погрешности могут возрасти по причине использования ТТ как для измерения электроэнергии, так и для релейной защиты, т.е. с завышенным коэффициентом трансформации. Как известно, токи в нормальном и аварийном режимах сильно (в несколько десятков раз) различаются, а коэффициент трансформации один и тот же.

Другим источником погрешности в измерительной системе являются ТН. В последних погрешность обусловлена двумя составляющими: током нагрузки и током холостого хода. Основное влияние на погрешность ТН оказывает величина вторичной нагрузки, которую составляют большей частью измерительные приборы, в том числе

электромагнитные счетчики активной энергии. ТТ и ТН на объектах работают сверхнормативные сроки 15-30 лет без поверки, что способствует увеличению погрешности измерения.

В свете вышеизложенного, мероприятия по учету и снижению потерь от недоучета электроэнергии должны содержать меры по проверке приборов и контролю их технических характеристик.

Анализ существующих подходов в решении этой задачи привел к весьма эффективному способу проверки и контроля ТТ, основанном на последних достижениях измерительной техники и предложенному компанией «Power Measurement» (Канада) [12]. Речь идет о реклассификации ТТ в процесс его работы в реальных условиях. Истинная погрешность действующего ТТ неизвестна, но реклассификация позволяет, не выводя ТТ из работы, осуществлять контроль его погрешности и при необходимости осуществлять её коррекцию, сохраняя таким образом ТТ для дальнейшей длительной работы с высокой точностью.

Принципиальная схема реклассификации ТТ представлена на рис 2. Основу схемы составляет высокоточный референсный сенсор тока – первичный сенсор. Три первичных сенсора устанавливаются на трех фазах питающей сети.

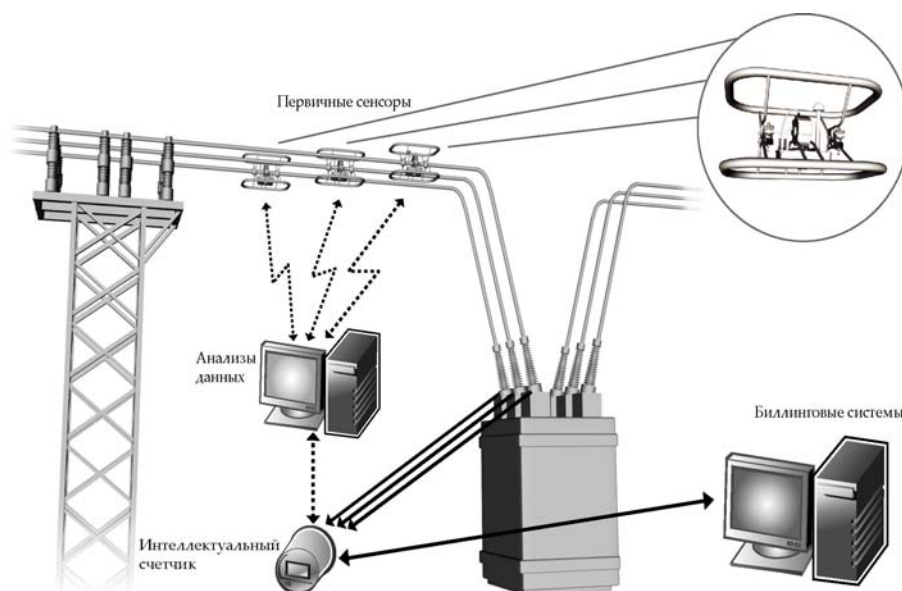


Рис.2 Принципиальная схема по реклассификации ТТ

Другим важным элементом схемы является интеллектуальный счетчик – вторичный сенсор, связанный со вторичной обмоткой реклассифицируемого ТТ. Программное обеспечение персонального компьютера (ПК), установленного на подстанции, имеет беспроводную связь со всеми 3-мя сенсорами и проводную с интеллектуальным счетчиком.

Данные, собираемые программным обеспечением с обоих сенсоров, синхронизированы во времени системой GPS (Global Positioning System) и подвергаются сравнению и коррекции. Поправочные коэффициенты и ошибки угла фаз реклассифицируемого ТТ поступают в интеллектуальный счетчик. После чего первичный сенсор может быть отключен, а интеллектуальный счетчик будет выполнять свои функции.

В качестве вторичного сенсора используется высокоинтеллектуальный многофункциональный счетчик из серии подобных счетчиков компании «Power Measurement» – ION-8500 [2]. Счетчики ION проводят высокоточные трехфазные измерения и учет для коммерческих расчетов, измерения и анализ показателей качества

электроэнергии, регистрацию данных, контроль состава нагрузки и коэффициента мощности, а также поддерживают одновременную связь по нескольким коммуникационным портам, включая Internet; способен осуществлять мониторинг и контроль трансформаторов, генераторов и т.д. На базе счетчиков могут быть построены системы АСКУЭ, АСУТП.

Счетчики ION-8500 осуществляют интеллектуальный учет и измерение, могут быть объединены с программным обеспечением (в частности ION Enterprise), системой SCADA. Возможна настройка функций измерений и анализа с рабочей станцией без необходимости выезда на место установки прибора. Класс точности – 0,2.

Первичный сенсор отражен на рис 2. Особенностью первичного сенсора является применение в нем активно компенсированного магнитного потока ТТ с расщепленным сердечником (основной и детекторный), в силу чего такой ТТ имеет более высокую предельную точность по более широкому диапазону тока, чем обычные ТТ. Оба сердечника магнитным способом связаны с питающей линией. Встроенная GPS обеспечивает разметку времени с высокой точностью, что позволяет достаточно точно (до 100 наносекунд) по времени совмещать результаты данных первичного сенсора и интеллектуального счетчика. Угловая точность составляет ± 5 мин. или $\pm 0,083$ градуса.

Первичный сенсор использует беспроводную технологию Bluetooth связи на 2,5 Гц радио частоте расширенного спектра и прямой видимости до 300 м.

На рис 3 приведена упрощенная электрическая схема включения сенсоров.

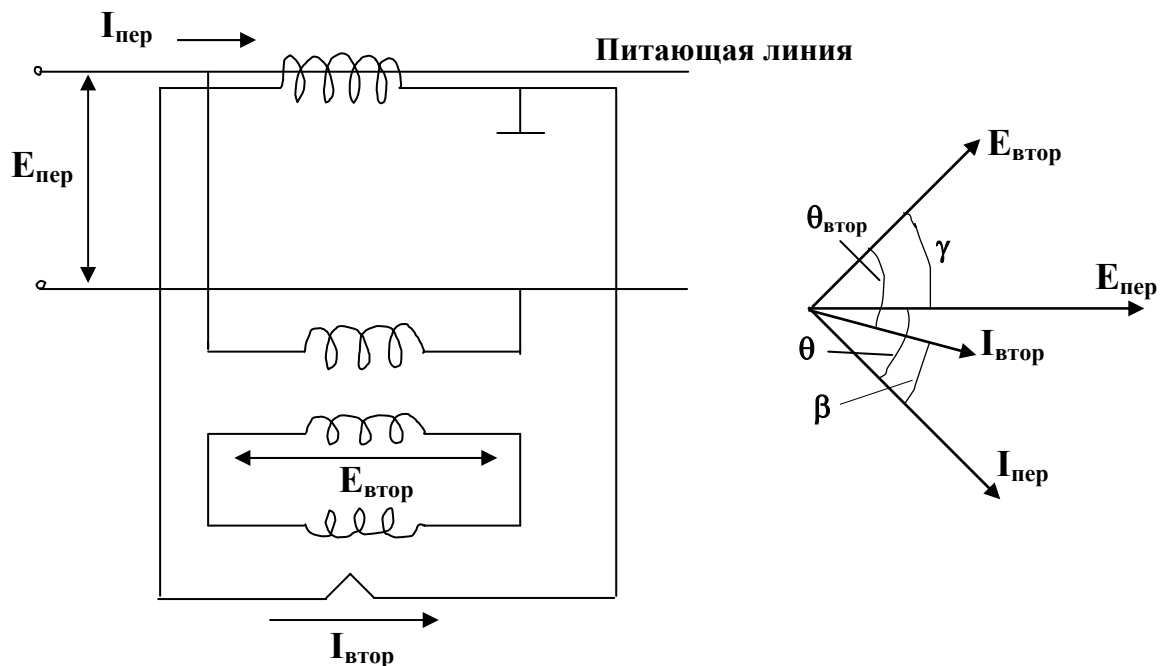


Рис3 . Электрическая схема включения сенсоров

$E_{пер}$, $I_{пер}$ - напряжение и токи первичного сенсора (питающей линии);

$E_{втор}$, $I_{втор}$ - напряжение и токи, измеренные реклассифицируемым ТТ (вторичный сенсор);

β - угол сдвига фаз тока;

γ - угол сдвига фаз напряжения;

θ и $\theta_{втор}$ - фазовый сдвиг напряжения и тока в первичном и вторичном сенсорах.

Упрощенный алгоритм коррекции измерений мощности представляется как:

$$W_{II} = W_B \cdot K_E K_I K_E K_I \left[\frac{\cos(\theta_B + \beta - \gamma)}{\cos \theta_B} \right]$$

где $W_{\Pi} = E_{\Pi} I_{\Pi} \cos \theta$

$W_{B} = E_{B} I_{B} \cos \theta_{B}$

K_E, K_I - номинальные коэффициенты трансформации по напряжению и току

K_E, K_I - поправочные коэффициенты трансформации по напряжению и току, вычисляемые программой.

Вышеописанная система реклассификации была протестирована в компании «Power Measurement» и прошла испытания в сервисной лаборатории Национальной энергосети США.

В настоящее время уже в 12-ти точках Азербайджанской энергосистемы установлены высокоточные счетчики компании «Power Measurement», что позволяет осуществить снижение потерь электроэнергии от её недоучета и избежать дорогостоящих мероприятий по защите ТТ.

Заклучение

В настоящее время целый ряд факторов, связанных с развитием, реструктуризацией и эксплуатацией энергосистем в новых условиях, стимулируют рост потерь электрической энергией, одна из составляющих которой обусловлена ростом погрешности измерительных приборов. Это, в свою очередь, обуславливает недоучет электрической энергии. Одним из эффективных способов снижения погрешности измерительных приборов, в частности, трансформаторов тока, является их реклассификации в режиме работы, что повышает их точность и продолжительность работы.

Способ может быть рекомендован для снижения фактора недоучета электрической энергии в Азербайджанской энергосистеме.

1. *Ю.С. Железко, А.В. Артемьев, О.В.Савченко.* Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях. М.- Изд-во НИЦ ЭНАС, 2003, 276с.
2. *P. Doing, C. Hahn, L. Derant, C. Barns, M. Cochrane.* Reclassification of the relay - class of current transformers used on the commercial account// On materials of conference IEEE T*D PES, IEEE, 2005.

TAM UÇOTA ALINMAMASI SƏBƏBİNDƏN ELEKTRİK ENERJİSİ İTKİLƏRİNİ AZALTMAQ MƏQSƏDİ İLƏ CƏRƏYAN TRANSFORMATORLARININ YENİDƏN TƏSNİFATI (REKLASSİFİKASİYASI)

HÜSEYNOV A.M., YUSİFBƏYLİ N.A., ƏHMƏDOVR.M., AĞASİYEV İ.Ə.

Enerjisistemin elektrik enerjisi itkilərinin ümumi strukturunda ölçü cihazlarının xətası ilə bağlı elektrik enerjisinin tam qeydiyyatına alınmaması səbəbindən əmələ gələn itkilər öz əksini tapmışdır. Məqalədə ölçü sistemlərinin xətasını azaltmağa və gələcəkdə də onların istismarda olmasına imkan yaradan müasir texnologiyadan istifadə etməklə cərəyan transformatorlarının yenidən təsnifatının mümkünlüyü göstərilir.

CURRENT TRANSFORMER'S RECLASSIFICATION FOR DEDUCTION OF ENERGY LOSSES IN CASE OF INCOMPLETE RECORDING

GUSEINOV A.M., YUSİFBEYLİ N.A., AHMEDOV R.M., AGASİYEV İ.A.

Because of incomplete recording of energy losses due to measuring devices' rough accuracy, created figure is participated in whole pie of energy losses. In this article is observed possibilities of deduction measuring system accuracy and implementing of new technologies serving for long-term operation of existing measuring system and current transformer's reclassification.