

# О ПОТЕРЯХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

	<i>Эткинд Л.Л., канд. техн. наук, главный конструктор ОАО "Свердловский завод трансформаторов тока"</i>
--	---

В измерительных трансформаторах (ИТ) тока (ТТ) и напряжения (ТН), как и в любом электротехническом оборудовании - силовых трансформаторах, электрических машинах и аппаратах, имеют место потери электрической энергии. Потери электрической энергии в электромагнитных ИТ неизбежны. Знать их уровень, хотя бы примерный, необходимо, чтобы учитывать при определении технических потерь электрической энергии как у поставщика, так и у потребителя.

С этой целью по просьбе специалистов АО "Всероссийский научно-исследовательский институт энергетики" (АО "ВНИИЭ"), занимающихся вопросами нормирования потерь электрической энергии, в ОАО "Свердловский завод трансформаторов тока" (ОАО "СЗТТ") были определены расчётным путём ориентировочные значения потерь электрической энергии для наиболее характерных типопредставителей ИТ производства ОАО "СЗТТ".

При проведении расчетов были сделаны допущения, не учитывающие ряд факторов, от которых зависят потери электрической энергии. В частности, расчеты были произведены только для условий работы ИТ в номинальных режимах. Для ТТ не учитывались потери электрической энергии в первичных обмотках и магнитных системах.

Таким образом, в результате расчетов получены значения потерь, в некоторой степени заниженные по сравнению с фактическими значениями, имеющими место в реальных условиях эксплуатации.

В таблице 1 приведены расчетные значения потерь электрической энергии в одном трансформаторе при его непрерывной работе в течении года.

**Таблица 1**

Расчетные значения потерь электрической энергии в ТТ и ТН производства ОАО "СЗТТ"

<b>Типоисполнение трансформатора</b>	<b>Потери электрической энергии в одном ИТ в течении года,</b>
1. ТТ	
1.1. ТОЛ 10-I-100/5/5	~150
1.2. ТОЛ 10-I-1000/5/5	~250
1.3. ТОЛ 35-III-500/5/5/5	~400
1.4. ТОЛ 35-III-2000/5/5/5	~700
1.5. ТОЛ 35-III-3000/5/5/5	~1100
2. ТН	
2.1.	~100
2.2.	~150
2.3.	~200

Анализ потерь электрической энергии в трансформаторах тока ТОЛ 10-I и ТОЛ 35-III показывает, что потери для каждого из типов трансформатора носят линейный характер в зависимости от ампер-витков, поскольку сопротивление обмоток прямопропорционально ампер-виткам.

Анализ потерь электрической энергии в трансформаторах напряжения ЗНОЛ показывает, что потери в трансформаторах напряжения имеют характер, близкий к линейному и учитывая, что удельный вес потерь холостого хода в общих потерях электрической энергии в трансформаторах напряжения значителен, потери электрической энергии в трансформаторах напряжения при номинальных режимах в высших классах точности (0,2 и 0,5) близки значению потерь холостого хода.

Значения потерь электрической энергии такого же порядка следует ожидать в электромагнитных ИТ любого типа. При этом также следует ожидать, что с увеличением номинального напряжения ТТ и ТН, а также номинального первичного тока ТТ значения потерь электрической энергии в ИТ будут возрастать. На рис.1 для более наглядной оценки потерь электрической энергии в ИТ приведена упрощенная принципиальная электрическая схема одного трехфазного фидера питания электрической энергией потребителей на напряжения 6-35 кВ. На этой схеме показаны только ИТ, предназначенные для учета электрической энергии. Однако, в реальных условиях эксплуатации у поставщика и потребителей электрической энергии в схемах фидеров используются ИТ, предназначенные и для других целей, например, для контроля изоляции сети, питания защиты и др., то есть количество включенных в схемах фидеров ИТ значительно больше.

*Рис.1 Принципиальная электрическая схема трехфазного фидера питания электрической энергией*

- поставщик электроэнергии
- потребитель электроэнергии
- линия

ТН1 и ТН2 - трансформаторы напряжения;

ТТ1 и ТТ2 - трансформаторы тока

Потери электрической энергии на участке аб "поставщик - потребитель" можно выразить следующим образом:

$$W_{ab} = W_{л} + W_{ит}, (1)$$

где

$W_{ab}$  - потери электрической энергии на участке аб;

$W_{л}$  - потери электрической энергии в линии;

$W_{ит}$  - потери электроэнергии в ИТ

Потери электрической энергии в ИТ равны:

$$W_{ит} = W_{тн} + W_{тт}, (2)$$

где

$W_{тн} = W_{тн1} + W_{тн2}$  - потери электроэнергии в трансформаторах напряжения поставщика и потребителя;

$W_{тт} = W_{тт1} + W_{тт2}$  - потери электроэнергии в трансформаторах тока поставщика и потребителя.

В таблице 2 приведены результаты расчёта потерь электрической энергии за один год в ИТ типов исполнений, указанных в таблице 1, для трехфазного фидера питания согласно рис.1. При этом было принято, что учет электрической энергии на фидерах 6-35 кВ производится по схеме двух ваттметров, а также то, что у поставщика и потребителя в схеме учёта электрической энергии используются ТН и ТТ одинаковых типов исполнений.

## **Таблица 2**

Расчётные значения потерь электрической энергии ИТ на фидерах 6-35 кВ за один год в зависимости от номинального напряжения и тока фидера

Правильней было бы в таблицах 1 и 2 вместо знака "~" ставить знак ">" и даже ">>", поскольку при расчетах не были учтены многие факторы.

Возможные пути снижения потерь электрической энергии в ИТ:

- переход в ТТ на вторичный ток 1 А;
- применение в ТТ аморфных магнитных материалов с высокой магнитной проницаемостью позволит одновременно со снижением потерь электрической энергии в трансформаторах значительно повысить точность учёта электрической энергии, так при этом обеспечиваются классы точности 0,2S и 0,5S;
- повышение класса точности измерительных обмоток ТН до 0,1 или 0,2 приведёт, из-за необходимости снижения плотности тока, к увеличению сечения проводов в обмотках трансформатора и, соответственно, к снижению потерь электрической энергии в ТН наряду с повышением точности её учёта.

#### ***Какие можно сделать выводы?***

1. Потери электрической энергии в ИТ сетей 6-35 кВ значительны, и их необходимо учитывать при определении технических потерь.
2. Для сетей 110 кВ и выше потери электрической энергии в ИТ будут еще выше, поскольку в этих сетях учет электрической энергии производится по схеме трех ваттметров, то есть для учета используется большее количество ИТ по сравнению с сетями 6-35 кВ.
3. Для уменьшения небаланса при учете электрической энергии на одном и том же фидере поставщику и потребителю целесообразно использовать ТТ и ТН одинаковых типоразмеров, т.е. ИТ с близкими электромагнитными характеристиками.
4. При невозможности использования поставщиком и потребителем электрической энергии одинаковых типоразмеров ТТ и ТН энергии на одном и том же фидере разницу технических потерь в ИТ необходимо учитывать при взаиморасчетах.
5. Целесообразно в ТТ переходить на номинальный вторичный ток 1 А.
6. Целесообразно в ТТ применение магнитопроводов из аморфных магнитных материалов с высокой магнитной проницаемостью.
7. Повышение классов точности ИТ позволит уменьшить потери электрической энергии в них.