Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт
метрологической службы»
(ФГУП «ВНИИМС»)

Р Е К О М Е Н Д А Ц И Я

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

МОЩНОСТЬ НАГРУЗКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ БЕЗ ОТКЛЮЧЕНИЯ ЦЕПЕЙ

МИ 3195-2009

Москва
2009

gost.e-ecolog.ru

ПРЕДИСЛОВИЕ

1 **РАЗРАБОТАНА** ФГУП «ВНИИМС»

ИСПОЛНИТЕЛИ: Киселев В.В., к.т.н., Удовиченко Е.А.

РАЗРАБОТАНА ОАО «ВНИИЭ»

ИСПОЛНИТЕЛИ: Загорский Я.Т.

2 **УТВЕРЖДЕНА** ФГУП «ВНИИМС» 19 февраля 2009 г.

3 **ЗАРЕГИСТРИРОВАНА** ФГУП «ВНИИМС» 05 марта 2009 г.

4 **ВВЕДЕНА ВПЕРВЫЕ**

Настоящая рекомендация не может быть полностью или частично воспроизведена, тиражирована и (или) распространена без разрешения ФГУП «ВНИИМС».

РЕКОМЕНДАЦИЯ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

МИ 3195-2009

МОЩНОСТЬ НАГРУЗКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ БЕЗ ОТКЛЮЧЕНИЯ ЦЕПЕЙ

1 Область применения

Настоящая рекомендация устанавливает порядок измерения мощности нагрузки измерительных трансформаторов напряжения (далее – ТН) в условиях эксплуатации без отключения вторичных цепей.

2 Нормативные ссылки

В настоящей рекомендации использованы ссылки на следующие нормативные документы:

1) ГОСТ 12.2.007.0–75 ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности;

2) ГОСТ 12.2.007.3–75 ССБТ. Электротехнические устройства на напряжение свыше 1000 В. Требования безопасности;

3) ГОСТ 12.3.019–80 Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности;

4) ГОСТ Р 8.563–96 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений;

5) ГОСТ Р 1.5–2004 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения;

6) РМГ 29–99 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения;

7) ГОСТ 1983–2001 Трансформаторы напряжения. Общие технические условия;

8) МИ 1317–2004 Государственная система обеспечения единства измерений. Результаты измерений и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров;

9) МИ 2083-90 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей.

3 Общие положения

Разработка настоящей рекомендации обусловлена необходимостью получения легитимной измерительной информации о значении мощности нагрузки стационарных электромагнитных измерительных трансформаторов напряжения, изготовленных по ГОСТ 1983, при проведении:

– паспортизации измерительных комплексов учета электроэнергии (измерительных каналов – в составе автоматизированных информационно-измерительных систем учета электроэнергии или в составе автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии) в соответствии с [2];

– подготовки к ревизии и ревизии средств учета электроэнергии в части соответствия мощности нагрузки трансформаторов напряжения требованиям ГОСТ 1983 или технической документации на трансформаторы напряжения;

– энергетических обследований систем учета электроэнергии на энергообъектах.

При разработке настоящей рекомендации учтены требования ГОСТ Р 1.5 и ГОСТ Р 8.563.

4 Требования к погрешности измерений

Приписанная характеристика погрешности результата измерений мощности нагрузки ТН – доверительные границы допускаемой относительной погрешности результата измерений мощности нагрузки ТН при доверительной вероятности 0,95 по данной рекомендации не превышает:

± 11 % при выполнении измерений в нормальных условиях эксплуатации, указанных в разделе 9;

± 15 % при выполнении измерений в рабочих условиях эксплуатации, указанных в разделе 9.

5 Средства измерений

5.1 При выполнении измерений по данной рекомендации допускается применение СИ из числа зарегистрированных в Государственном реестре СИ с характеристиками не хуже указанных в таблице 1.

5.2 Применяемые СИ должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке.

Таблица 1 – Характеристики средств измерений

Наименование	Измеряемая величина	Метрологические характеристики
1. Измеритель с токовыми клещами	Действующее значение силы тока	Диапазон измерений: (0-10) А Пределы допускаемой относительной основной погрешности (δ_I): ± 7 %.
	Действующее значение напряжения	Диапазон измерений: (0,8- 1,15)·Uном Пределы допускаемой относительной основной погрешности (δ_U): ± 7 %
2. Термометр	Температура окружающего воздуха	Диапазон измерений: (0... +40) °С; цена деления шкалы 1 °С. Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности: ± 1 °С.
3. Психрометр	Относительная влажность воздуха	Диапазон измерения (3-95) % Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности: ± 5 %

5.3 Перечень рекомендуемых СИ:

для проведения измерений действующих значений силы тока и напряжения – мультиметр «Ресурс-ПЭ», вольтамперфазометр «Парма ВАФ-Т», прибор энергетика многофункциональный для измерения электроэнергетических величин «ПЭМ-02 И»;

для проведения измерений температуры и влажности – приборы комбинированные ТКА-ПКМ (модель 20).

6 Метод измерений

6.1 Измерение мощности нагрузки ТН выполняют измерителем с функциями измерения действующего значения силы тока и напряжения (далее - измеритель) методом «вольтметра-амперметра» без разрыва вторичных цепей ТН. При этом фактическая мощность нагрузки ТН характеризуется полной мощностью, потребляемой вторичной цепью ТН, выраженной в вольтамперах.

При расчете полной мощности ТН следует учитывать следующие особенности включения:

- для трехфазных трехобмоточных трансформаторов с основными и дополнительной вторичными обмотками равна сумме полных мощностей нагрузки вторичных основных и дополнительной обмоток;
- для однофазных трехобмоточных трансформаторов с основной и дополнительной вторичными обмотками фактическая мощность равна сумме полных мощностей нагрузки вторичной основной и дополнительной обмоток;
- для однофазных двухобмоточных трансформаторов с двумя основными вторичными обмотками фактическая мощность равна сумме полных мощностей нагрузки вторичной основной 1 и основной 2 обмоток.

6.2 На рисунке 1 представлена схема измерения действующих значений токов и напряжений для трехфазного трансформатора в трехфазной четырехпроводной сети.

6.3 На рисунке 2 представлена схема измерения действующих значений токов и напряжений для однофазных трансформаторов трехфазной группы.

6.4 На рисунке 3 представлена схема измерения действующих значений токов и напряжений для двух однофазных трансформаторов напряжения трехфазной группы, включенных на линейное напряжение по трехпроводной схеме.

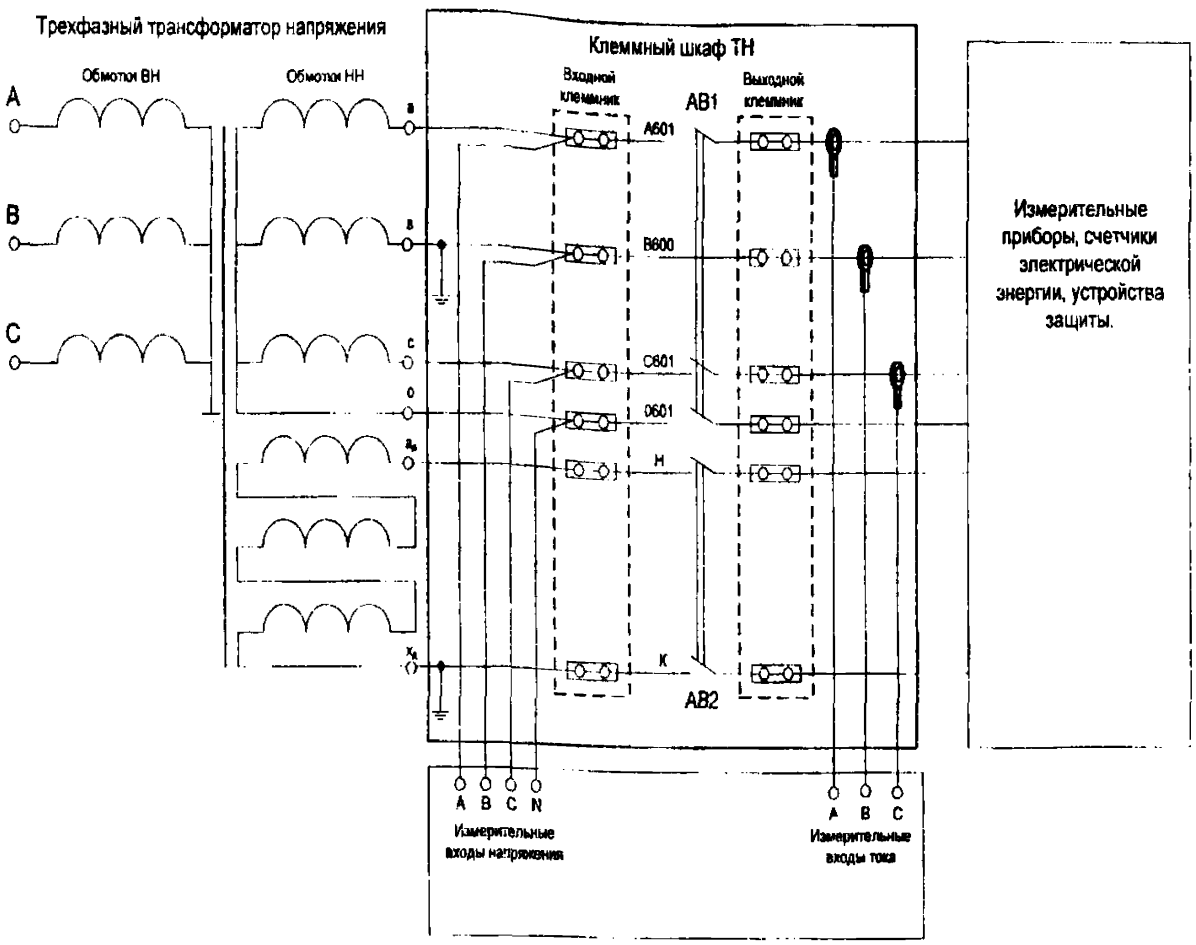


Рис. 1 Схема измерения токов и напряжений вторичной цепи трехфазного трансформатора.
AB1 - автоматический выключатель вторичных цепей основной измерительной обмотки (звезда);
AB2 - автоматический выключатель вторичных цепей дополнительной обмотки (разомкнутый треугольник);
A, B, C – высоковольтные выводы первичной обмотки ТН;
a, в, c, o – выводы основной измерительной вторичной обмотки;
$a_д$ – $x_д$ – выводы дополнительной вторичной обмотки;
A601, B600, C601, 0601; H, K – маркировка основных и дополнительных вторичных цепей ТН;

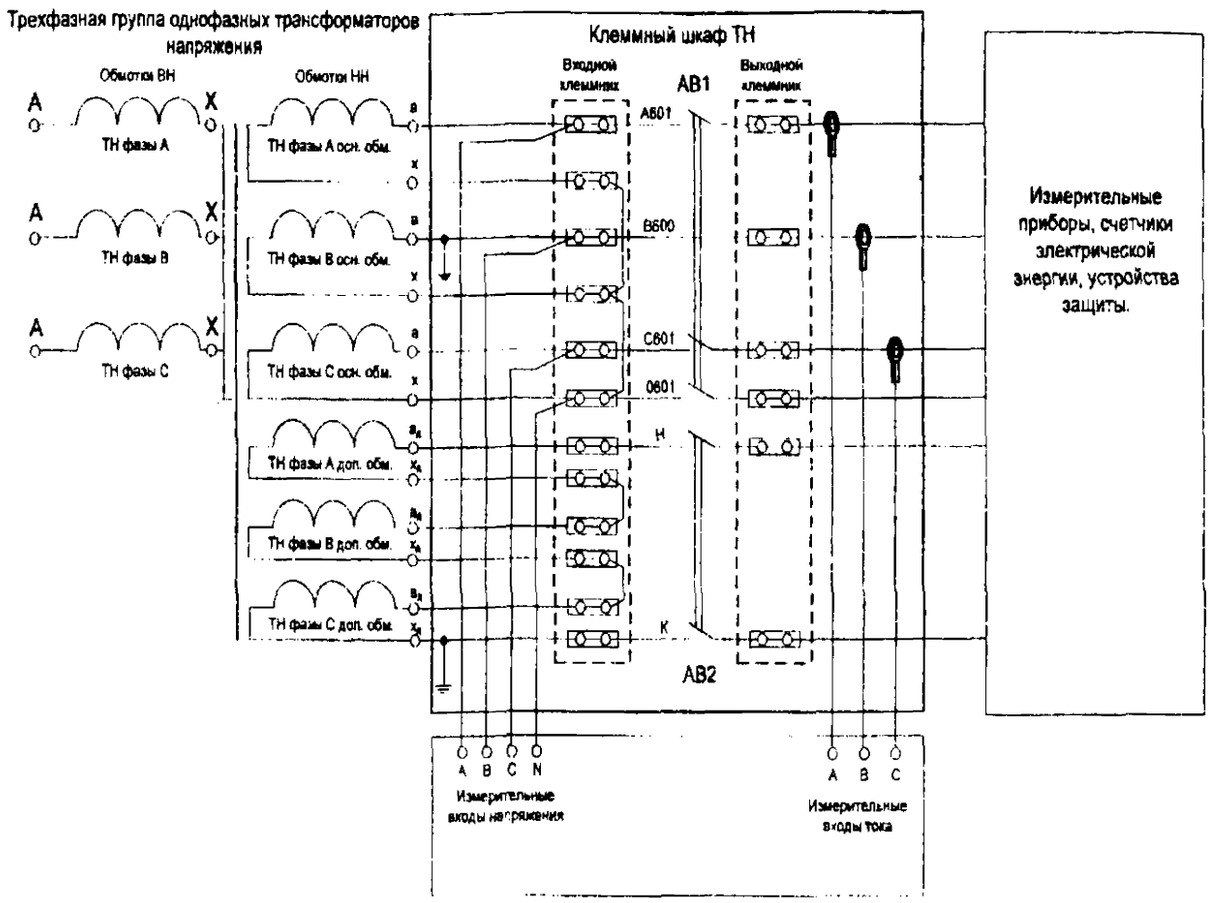


Рис. 2 Схема измерения токов и напряжений вторичной цепи однофазных трансформаторов трехфазной группы.
АВ1 - автоматический выключатель вторичных цепей основных измерительных обмоток;
АВ2 - автоматический выключатель вторичных цепей дополнительных обмоток;
А - Х – выводы первичной обмотки ТН;
а - х – выводы основных измерительных вторичных обмоток (звезда собрана на входном клеммнике);
$a_д$ – $x_д$ – выводы дополнительных вторичных обмоток (разомкнутый треугольник собран на входном клеммнике),
А601, В600, С601, 0601; Н, К – маркировка основных и дополнительных вторичных цепей ТН;

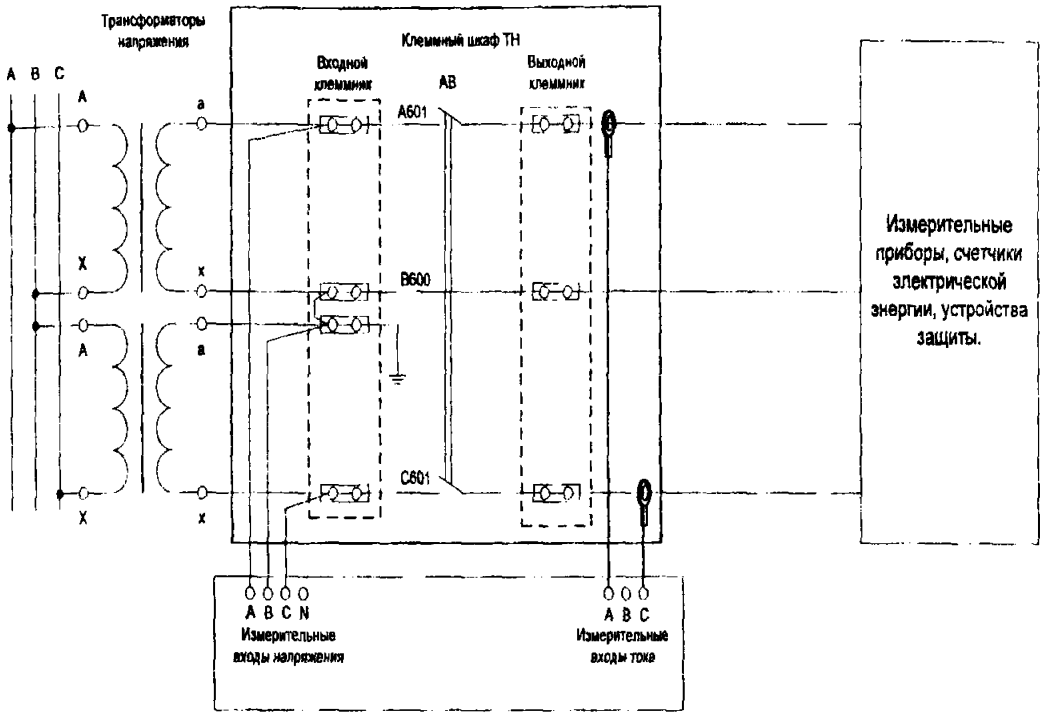


Рис. 3 Схема измерения токов и напряжений вторичной цепи двух однофазных трансформаторов трехфазной группы, включенных на линейное напряжение по трехпроводной схеме.
AB - автоматический выключатель вторичных цепей;
A-X – выводы первичных обмоток;
a-x – выводы вторичных обмоток (средняя точка собрана на клеммнике);
A601, B600, C601 – маркировка вторичных цепей ТН;

7 Требования безопасности

7.1 При выполнении измерений мощности нагрузки ТН соблюдают требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.2.007.3, ГОСТ 12.3.019, РД 34.20.501, [4], эксплуатационными документами на ТН и СИ.

7.2 Корпуса измерительных приборов должны быть заземлены.

8 Требования к квалификации операторов

8.1 К выполнению измерений и обработке их результатов допускают лиц, подготовленных в соответствии с требованиями пункта 7.1, имеющих группу по электробезопасности не ниже III и обученных выполнению измерений мощности нагрузки ТН. В электроустановках до и выше 1000 В работы проводит бригада в составе не менее двух человек.

8.2 В состав бригады должен быть включен представитель службы релейной защиты и автоматики организации, на территории которой проводятся измерения по настоящей рекомендации.

8.3 К выполнению измерений допускаются лица, изучившие руководство по эксплуатации измерителя и освоившие технику работы с ним.

8.4 К обработке результатов измерений допускают лиц с образованием не ниже среднего специального.

9 Условия выполнения измерений

При выполнении измерений соблюдают условия, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Условия выполнения измерений

Наименование измеряемой величины	Наименование влияющей величины	Значение влияющей величины	
		номинальное (нормальное)	допускаемое (рабочее)
1. Действующее значение силы тока	Температура окружающего воздуха	(20±5) ^{0}C	(0...40) ^{0}C
2. Действующее значение напряжения	Относительная влажность воздуха	(30-80) %	90 % при 30 ^{0}C

10 Подготовка к выполнению измерений

10.1 При подготовке к выполнению измерений проводят следующие работы:

- подготавливают перечень проверяемых ТН в соответствии с протоколом, приведенным в приложении А, принципиальные и монтажные схемы включения ТН и их вторичных цепей;
- проверяют наличие или отсутствие документов, подтверждающих положительные результаты плановых проверок состояния ТН и их вторичных цепей в соответствии с [2] (паспорт-протокол, инструкция по обслуживанию ТН и их вторичных цепей и др.);
- проверяют целостность пломб на конструкциях решеток и дверей камер, в которых установлены предохранители на стороне высокого напряжения ТН, и на рукоятках приводов разъединителей ТН, используемых для расчетного (коммерческого) учета электроэнергии;
- проверяют комплектность ТН и вторичных цепей на месте эксплуатации, а также соответствие данных, указанных на табличке ТН, требованиям ГОСТ 1983, характеристикам в его эксплуатационной документации;
- визуально проверяют состояние и целостность изоляции, маркировку и состояние выводов обмоток ТН, вторичных цепей; затяжку и состояние контактных (резьбовых) соединений, наличие необходимых пломб, клейм, этикеток; надежность заземлений выводов обмоток, вторичных цепей; отсутствие влаги и масла на выводах вторичных обмоток ТН в соответствии с ГОСТ 1983.

10.2 При подготовке рабочего места для выполнения измерений проводят следующие работы:

- проверяют меры безопасности, указанные в эксплуатационной документации на СИ, ТН и по пункту 7.1;
- подготавливают формы протоколов измерений мощности нагрузки ТН, приведенные в приложении А, заполняют вводную часть и пункты 1, 2 протокола;
- проводят подготовку и настройку режимов работы СИ согласно их эксплуатационной документации;
- в местах выполнения измерений определяют значения влияющих величин;
- проводят мероприятия по обеспечению требуемых условий выполнения измерений при превышении влияющими величинами допускаемых значений по рекомендации;

- записывают в протокол результаты измерений влияющих величин в границах, допускаемых рекомендацией (приложении А).

11 Выполнение измерений

11.1 При выполнении измерений мощности нагрузки ТН по настоящей рекомендации проводят следующие операции:

- определяют схему соединения обмоток ТН и подлежащие измерениям токи и напряжения;
- подключают СИ тока и напряжения согласно рисунку 1 (2, 3);
- измеряют токи фаз у шкафа зажимов ТН без разрыва вторичной цепи ТН с помощью токовых клещей, входящих в комплект измерителя;
- измеряют фазные или междуфазные напряжения с помощью измерителя у шкафа зажимов ТН;
- записывают в протокол полученные значения тока и напряжения.

11.2 Операции по измерению тока и напряжения производят однократно и одновременно в соответствии с инструкцией на измеритель.

12 Обработка (вычисление) результатов измерений

12.1 Обработку результатов измерений мощности нагрузки ТН выполняют в следующей последовательности:

- вычисляют фактическую мощность нагрузки каждой фазы ТН в соответствии с формулами, приведенными в приложении Б;
- записывают в протокол вычисленные значения мощности нагрузки фаз Sa, Sb, Sc .

12.2 Если измеренные (рабочие) значения вторичного напряжения отличаются от номинального значения Uн, указанного в паспорте ТН, то производят пересчет рассчитанной мощности S на номинальное напряжение по формуле приведенной мощности Sпр

$$S_{пр_a(b,c)} = S_{a(b,c)} \cdot \left(\frac{U_н}{U_{a(b,c)}} \right)^2 \qquad (12.1)$$

Вычисленные по формуле (12.1) значения мощности нагрузки ТН записывают в протокол.

12.3 Результаты вычислений округляют до сотых долей вольт-ампер.

12.4 Фактическую мощность нагрузки ТН сопоставляют с номинальной. В соответствии с ГОСТ 1983 фактическая мощность нагрузки ТН должна находиться в диапазоне (25–100) % от номинальной, если иного не указано в технической документации на ТН конкретного типа.

12.5 Заключение о соответствии (или несоответствии) фактической мощности нагрузки ТН требованию ГОСТ 1983 отражают в протоколе.

12.6 В случае проведения измерений в нормальных условиях допускаемые доверительные границы основной относительной погрешности измерения мощности нагрузки ТН при доверительной вероятности 0,95 рассчитывают по формуле

$$\delta_S = 1{,}1 \cdot \sqrt{\delta_I^2 + \delta_U^2}\,, \qquad (12.2)$$

где δ_U – предел допускаемой основной относительной погрешности измерения действующего значения напряжения;

δ_I – предел допускаемой основной относительной погрешности измерения действующего значения силы тока.

12.7 В случае проведения измерений в рабочих условиях допускаемые доверительные границы относительной погрешности измерения мощности нагрузки ТН при доверительной вероятности 0,95 рассчитывают по формуле

$$\delta_S = 1{,}1 \cdot \sqrt{(\delta_I + \delta_{It})^2 + (\delta_U + \delta_{Ut})^2}\,, \qquad (12.3)$$

где δ_{Ut} - дополнительная погрешность от температуры при измерении напряжения, %;

δ_{It} – дополнительная погрешность от температуры при измерении тока, %.

12.8 При расчете погрешности измерений суммарной полной мощности нагрузки на вторичные обмотки трехфазных трехобмоточных ТН, однофазных трехобмоточных ТН, однофазных двухобмоточных ТН вычисления проводят следующим образом:

12.8.1 Вычисляют относительную погрешность измерения мощности нагрузки (Sпр_i) на каждую i-ую вторичную обмотку ТН (δ_{Si}) в соответствии с указаниями п.п.12.5 или 12.6;

12.8.2 Вычисляют погрешность измерения суммарной полной мощности нагрузки на вторичные обмотки ТН

$$\delta(S_{2TH}) = \frac{\sum_i (\delta_{Si} \cdot S_{пр_i})}{\sum_i S_{пр_i}} \qquad (12.4)$$

13 Периодичность измерений

13.1 Основной целью периодического контроля мощности нагрузки ТН является проверка правильности и соблюдения условий эксплуатации ТН, регламентированных в ГОСТ 1983.

13.2 Периодический контроль мощности нагрузки ТН проводят один раз в четыре года или через интервалы времени, установленные согласно местным инструкциям энергообъекта.

13.3 Периодический (внеочередной) контроль мощности нагрузки ТН также проводят при:

– изменении схемы вторичных цепей ТН;

– замене дополнительных СИ напряжения, тока во вторичных цепях на СИ других типов;

– замене ТН или после его ремонта;

– изменении условий выполнения измерений.

14 Оформление результатов измерений

14.1 Результаты измерений мощности нагрузки ТН оформляют протоколом, форма которого приведена в Приложении А. При этом в протоколе делают заключение о соответствии (или несоответствии) фактической мощности нагрузки ТН требованию ГОСТ 1983.

14.2 Результаты измерений оформляются документально. Протокол измерений удостоверяет лицо, проводившее измерения от уполномоченной организации, а также административно ответственное лицо от организации-заказчика (руководитель, главный инженер, главный метролог предприятия, начальник цеха, участка или другое лицо).

Протокол измерения используется для заполнения паспорта-протокола в соответствии [2] или иным нормативным документом.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)
Протокол измерений мощности нагрузки ТН

Организация, проводящая работы _____ (наименование)

Организация-Заказчик _____ (наименование)

Протокол № _____ от ___ _____ 20__ г.

1. Наименование присоединения

_____

2. Трансформатор напряжения

_____ (тип, год выпуска, зав. номер)

Обозначение фазы	Заводской номер	Класс точности	Номинальная мощность, $S_{ном}$, В·А	Схема соединения вторичных обмоток и нагрузок
A (AB)				
B (BC)				
C (AC)				

3. Метод измерений в соответствии

_____

4. Результаты измерений:

Обозначение фазы	Измеренное значение		Фактическая мощность нагрузки фаз S, В·А		Погрешность измерений, δ_S, %
	U, В	I, А	рассчитанная	приведенная	
A (AB)					
B (BC)					
C (AC)					

5. Средства измерений:

Тип _____, № _____, св-во о поверке № _____
действ. до _____

Тип _____, № _____, св-во о поверке № _____
действ. до _____

6 Условия выполнения измерений
Температура окружающего воздуха: _____
Влажность воздуха: _____

7 Заключение
Фактическая мощность нагрузки _____
(соответствует, не соответствует ГОСТ 1983;

_____
ТН перегружен, недогружен (указать фазы))

Измерения выполнили: _____ ( )
_____ ( )

Протокол проверил _____ ( )

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(справочное)
Определение мощности нагрузки ТН

Таблица Б

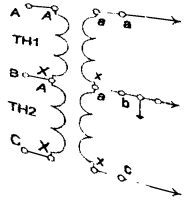
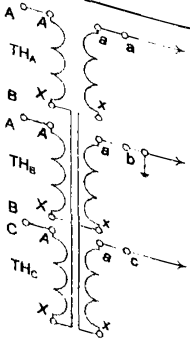
Схема соединения обмоток ТН	Наименование ТН и схемы включения	Измеряемая величина	Расчетная формула
	Два однофазных двухобмоточных ТН (НОС, НОМ, НОЛ) по схеме открытого треугольника	I_a; U_{ab} I_c; U_{ac}	$S_{TH1}=I_a \cdot U_{ab}$ $S_{TH2}=I_c \cdot U_{ac}$
	Три однофазных двухобмоточных ТН (НОС, НОМ, НОЛ) по схеме звезды	I_a; U_{ab} I_b; U_{bc} I_c; U_{ca}	$S_{THA}=I_a \cdot U_{ab}/\sqrt{3}$ $S_{THB}=I_b \cdot U_{bc}/\sqrt{3}$ $S_{THC}=I_c \cdot U_{ca}/\sqrt{3}$

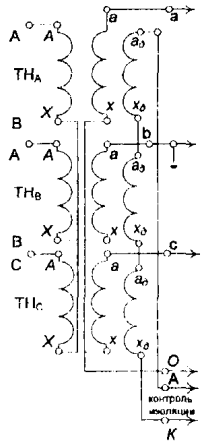
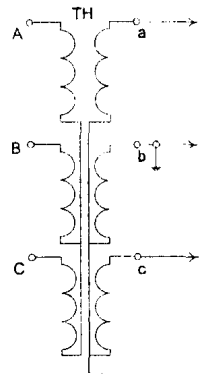
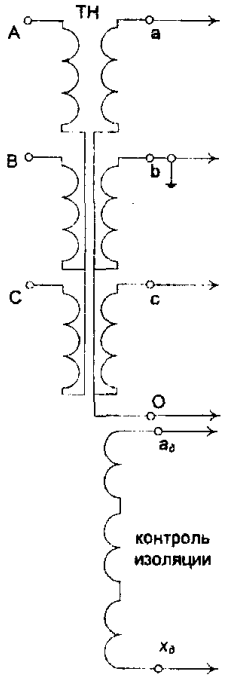
Схема соединения обмоток ТН	Наименование ТН и схемы включения	Измеряемая величина	Расчетная формула
	Три однофазных трехобмоточных ТН (ЗНОМ, ЗНОЛ, НКФ, НДЕ) по схеме звезды с выведенной нейтралью	I_a; U_{ab} I_b; U_{bc} I_c; U_{ca} или I_a; U_{a0} I_b; U_{b0} I_c; U_{c0}	$S_{THA}=I_a \cdot U_{ab}/\sqrt{3}+S_{доп}$ $S_{THB}=I_b \cdot U_{bc}/\sqrt{3}+S_{доп}$ $S_{THC}=I_c \cdot U_{ca}/\sqrt{3}+S_{доп}$ $S_{THA}=I_a \cdot U_{a0}+S_{доп}$ $S_{THB}=I_b \cdot U_{b0}+S_{доп}$ $S_{THC}=I_c \cdot U_{c0}+S_{доп}$
	Трехфазный двухобмоточный ТН (НТМК)	I_a; U_{ab} I_b; U_{bc} I_c; U_{ca}	$S_a=I_a \cdot U_{ab}/\sqrt{3}$ $S_b=I_b \cdot U_{bc}/\sqrt{3}$ $S_c=I_c \cdot U_{ca}/\sqrt{3}$ $S_{TH}=S_a+S_b+S_c$

Схема соединения обмоток ТН	Наименование ТН и схемы включения	Измеряемая величина	Расчетная формула
	Трезфазный трехобмоточный ТН (НТМИ)	I_a; U_{ab} I_b; U_{bc} I_c; U_{ca} или I_a; U_{a0} I_b; U_{b0} I_c; U_{c0}	$S_a=I_a \cdot U_{ab}/\sqrt{3}$ $S_b=I_b \cdot U_{bc}/\sqrt{3}$ $S_c=I_c \cdot U_{ca}/\sqrt{3}$ $S_a=I_a \cdot U_{a0}$ $S_b=I_b \cdot U_{b0}$ $S_c=I_c \cdot U_{c0}$ $S_{ТН}=S_a+S_b+S_c+S_{доп}$

БИБЛИОГРАФИЯ

1. РД 153-34.0-11.209-99. Рекомендации. Автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии и мощности. Типовая методика выполнения измерений электроэнергии и мощности;
2. РД 34.09.101-94. Типовая инструкция по учету электроэнергии при ее производстве, передаче и распределении;
3. РД 34.20.501–95 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ.
4. РД 153–34.0–03.150–00 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. ПОТ РМ–016–2001.
5. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Седьмое издание. – М.: НЦ ЭНАС, 2007;
6. Автоматизированные информационно-измерительные системы коммерческого учета электрической энергии (мощности) субъекта ОРЭ. Технические требования (Приложение № 11.1 к Договору о присоединении к торговой системе оптового рынка);
7. Вавин В.Н. Трансформаторы напряжения и их вторичные цепи. Москва, «Энергия», 1977;
8. Техническое обслуживание измерительных трансформаторов тока и напряжения. Сост. Ф.Д. Кузнецов; под ред. Б.А. Алексеева. Москва, Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.

gost.e-ecolog.ru