

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ  
(ФГУП «ВНИИМС»)

РЕКОМЕНДАЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

**НОРМАЛИЗАЦИЯ НАГРУЗКИ ВТОРИЧНЫХ ЦЕПЕЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ  
ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА**

**МИ 3022-2006**

Группа Т 85

**ПРЕДИСЛОВИЕ**

1 РАЗРАБОТАНА Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы» (ФГУП «ВНИИМС»)

ИСПОЛНИТЕЛИ:

Киселев В.В., нач. отдела, к.т.н. (руководитель темы), Боярин Н.А., ст. научный сотрудник

2 УТВЕРЖДЕНА ФГУП «ВНИИМС» 7 декабря 2006 г.

3 СОГЛАСОВАНА ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»,  
ФГУП «УНИИМ»  
ФГУП «СНИИМ»  
ОАО «ВНИИЭ»  
НП «АТС»

4 ЗАРЕГИСТРИРОВАНА ФГУП «ВНИИМС» 19 декабря 2006 г.

5 ВВЕДЕНА ВПЕРВЫЕ

**1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

Настоящая рекомендация устанавливает порядок расчета, выбора и способа включения догрузочных резисторов во вторичную цепь трансформаторов тока.

В настоящей рекомендации приведены возможные мероприятия, проведение которых направлено для приведения нагрузки трансформаторов тока в соответствие с требованиями ГОСТ 7746.

Рекомендация распространяется на трансформаторы тока, изготовленные по ГОСТ 7746.

Решение о проведении мероприятий по разгрузке вторичных цепей измерительных трансформаторов тока или о подключении дополнительных нагрузок к вторичным обмоткам измерительных трансформаторов тока (догрузке) принимается по результатам соответствующих измерений мощности вторичной нагрузки на месте их установки и эксплуатации.

**2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ**

В настоящей рекомендации использованы ссылки на следующие нормативные документы:

- 1) ГОСТ 7746-2001 «Трансформаторы тока. Общие технические условия»;
- 2) ГОСТ 8.217-2003 «ГСИ. Трансформаторы тока. Методика поверки»;
- 3) ГОСТ 12.2.003-91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности»;
- 4) ГОСТ 12.2.007.0-75 - «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности»;
- 5) ГОСТ 12.2.007.3-75 - «ССБТ. Электротехнические устройства на напряжение свыше 1000 В. Требования безопасности»;

- 6) ГОСТ 12.2.007.14-75 «ССБТ. Кабели и кабельная арматура. Требования безопасности»;  
 7) ГОСТ 22261-94 «Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия»  
 8) ГОСТ Р 51350-99 «Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования»

### 3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Фактическая нагрузка измерительных трансформаторов тока определяется в процессе измерения вторичной нагрузки (сопротивления) трансформаторов тока.

В реальных условиях эксплуатации возможны ситуации, когда фактическая нагрузка трансформатора тока имеет значение менее 25 % или более 100 % от ее нормированного номинального значения. Замена трансформатора тока на более подходящий представляется экономически нецелесообразной.

Для увеличения фактической нагрузки трансформатора тока рекомендуется использовать специальные резисторы, предназначенные для включения во вторичную цепь измерительных трансформаторов тока в соответствии с согласованным в установленном порядке проектом. В настоящей инструкции приведена методика расчета сопротивлений догрузочных резисторов во вторичных цепях трансформаторов тока, даны примеры таких расчетов, а также рекомендации по их установке.

Для уменьшения фактической нагрузки проводят мероприятия по разгрузке вторичных цепей трансформаторов тока.

Нормализация нагрузки трансформаторов тока должна обеспечить получение фактической нагрузки в диапазоне  $(50 \pm 10)$  % от нормированного номинального значения.

### 4 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НОРМАЛИЗАЦИИ НАГРУЗКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

При проведении работ по нормализации нагрузки трансформаторов тока на месте их установки и эксплуатации следует выполнять операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 - Перечень операций

Наименование операции	Номер пункта
1. Внешний осмотр вторичных цепей трансформатора	9.1
2. Проверка технической документации	9.2
3. Проверка правильности обозначения выводов и групп соединений обмоток вторичных цепей трансформатора	9.3
4. Проверка переходных контактов трансформаторов тока	9.4
5. Измерение нагрузки (сопротивления) вторичной цепи трансформатора тока	9.5
6. Расчет и выбор догрузочных резисторов (если по результатам измерений вторичная нагрузка трансформатора тока составляет менее 25 % от номинального значения)	9.6
7. Указания по монтажу догрузочного резистора	9.7
8. Проведение мероприятий по разгрузке вторичных цепей (если по результатам измерений вторичная нагрузка трансформатора тока составляет более 100 % от номинального значения)	9.8
9. Определение значения вторичной нагрузки трансформатора тока после проведения мероприятий по нормализации нагрузки	9.9

### 5 СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

При проведении операций по нормализации нагрузки вторичных цепей трансформаторов тока должны быть применены средства измерений и вспомогательные устройства, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 - Средства измерений и вспомогательные устройства

Средства измерений и вспомогательное оборудование	Требуемые метрологические и технические характеристики
---	--

1. Прибор для измерения напряжения и тока вторичных цепей	Диапазон измерения напряжения (0,1-5) В. Диапазон измерений силы переменного тока (0,01-6) А. Погрешность измерения не более $\pm 1\%$
2. Измеритель комплексных сопротивлений	Диапазон измерения комплексного сопротивления (0,05-5) Ом. Погрешность измерения не более $\pm 4\%$ .
3 Указатель фаз	Определение начала и конца обмоток трансформаторов тока
4. Догрузочный резистор	Номинальные значения сопротивлений нагрузки (вторичной нагрузки): (0,04-0,16) Ом (от 1 В·А до 4 В·А). Номинальный ток 5 А. Максимальный ток 1,01 Ин. Перегрузка 60 Ин в течение 1 сек. Рабочая температура (-40 ... +60) °С. Относительная влажность до 90 %. Погрешность сопротивления $\pm 10\%$

Перечень рекомендуемых средств измерений и вспомогательного оборудования:

- 1) Прибор измерения тока и напряжения - «РЕСУРС-UF2М», «Энергомонитор 3.3 Т»
- 2) Указатель фаз - «Потенциал - ТВ-М2»
- 3) Измеритель комплексных сопротивлений - «Вымпел»
- 4) Резисторы типа МР3021-Т-5А

Все средства измерений должны быть внесены в Госреестр СИ и иметь действующие свидетельства о поверке.

Примечание - Допускается применение основных и вспомогательных средств измерений других типов с метрологическими характеристиками не хуже приведенных в таблице 2.

## **6 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА**

6.1 К проведению измерений вторичной нагрузки трансформаторов тока и ее нормализации допускаются лица, имеющие стаж работы по данному виду измерений не менее 1 года, изучившие настоящую методику и прошедшие обучение по проведению работ в соответствии с указанной рекомендацией.

6.2 Работы должны проводиться с участием не менее двух специалистов, один из которых должен иметь удостоверение, подтверждающее право работы на установках до и свыше 1000 В с группой по электробезопасности не ниже IV.

6.3 При проведении работ должны присутствовать специалисты организации, на балансе которой находится измерительный трансформатор тока и его вторичные цепи, имеющие опыт работы и право (в случае необходимости) на подключение и отключение догружаемого трансформатора.

## **7 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ**

7.1 При проведении работ должны быть соблюдены требования [1], а также требования безопасности на средства измерений, изложенные в их руководствах по эксплуатации.

7.2 Персоналом должны быть соблюдены меры изложенные в [3].

7.3 Средства измерений, вспомогательные средства и оборудование должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.2.007.3, ГОСТ 12.2.007.14, ГОСТ 22261 и ГОСТ Р 51350.

7.4 Все оперативные отключения и включения должны проводиться руководителем работ в соответствии с программой проведения работ, утвержденной в установленном порядке.

## **8 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ**

8.1 При проведении измерений вторичной нагрузки измерительной цепи трансформатора тока климатические условия должны соответствовать рабочим условиям используемых средств измерений.

Условия применения в части механических воздействий должны соответствовать рабочим условиям средства измерений вторичной нагрузки трансформатора тока.

8.2 Перед проведением измерений выполняют следующие подготовительные операции:

- определяется место, в котором имеется возможность подключения прибора для измерения вторичной нагрузки трансформатора тока;
- размещают и заземляют прибор для измерения вторичной нагрузки.

## 9 ПРОВЕДЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ ПРИ НОРМАЛИЗАЦИИ НАГРУЗКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

### 9.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие трансформатора тока следующим требованиям:

- выводы первичной и вторичной обмоток должны быть исправными и иметь маркировку, соответствующую ГОСТ 7746;
- трансформатор должен быть снабжен табличкой с маркировкой по ГОСТ 7746;
- заземляющий зажим (если он предусмотрен) должен быть подключен к заземлению и иметь соответствующее обозначение.

### 9.2 Проверка технической документации

Перед проведением работ должно быть проверено наличие следующих документов:

- паспорт на трансформатор тока;
- действующее свидетельство о поверке трансформатора тока.

### 9.3 Проверку правильности обозначений выводов и групп соединений обмоток трансформатора

Правильность включения обмоток трансформатора тока определяют с помощью прибора, например «Потенциал-ТВ-М2», имеющего возможность определения начала и конца обмоток трансформаторов тока.

### 9.4 Проверка переходных контактов трансформатора тока

Перед проведением работ по нормализации нагрузки трансформаторов тока переходные контакты должны быть зачищены и протянуты.

### 9.5 Измерение нагрузки (сопротивления) вторичной цепи трансформатора тока

Перед проведением мероприятий по нормализации нагрузки трансформатора тока измеряют фактическую нагрузку (сопротивление) вторичной цепи.

Нагрузку (сопротивление) вторичной цепи (с отключением вторичной цепи трансформатора тока) измеряют по утвержденной в установленном порядке методике выполнения измерений нагрузки (комплексного сопротивления) вторичной цепи трансформатора тока.

В соответствии с данными паспорта-протокола  $\cos \varphi$  нагрузки больше или равен 0,8. В этом случае принимаем, что вторичная нагрузка трансформатора тока чисто активная, тогда:

$$Z_{изм2} = R_{изм2}.$$

Фактическая вторичная нагрузка, приведенная к значению номинального тока, рассчитывается по формуле

$$S_{факт2} = I_{ном2}^2 \times R_{изм2}, \quad (1)$$

где  $R_{изм2}$  - сопротивление нагрузки вторичной цепи, определенное в соответствии с аттестованной в установленном порядке методикой выполнения измерений;

$I_{ном2}$  - номинальный ток вторичной цепи.

Нагрузку (сопротивление) вторичной цепи (без отключения вторичной цепи трансформатора тока) измеряют по утвержденной в установленном порядке методике выполнения измерений. Текущее значение вторичной нагрузки определяют методом амперметра-вольтметра.

Значение сопротивления вторичной цепи рассчитывают по формуле

$$R_{изм2} = U_{изм2} / I_{ном2}. \quad (2)$$

Рассчитанное значение сопротивления подставляют в формулу (1).

Согласно ГОСТ 7746 фактическая нагрузка (сопротивление) вторичной цепи составляет значение от 25% до 100% от номинального значения сопротивления (нагрузки) вторичной цепи трансформатора тока

Согласно ГОСТ 7746 на трансформаторы тока с номинальной вторичной нагрузкой до 10 В·А нижний предел вторичных нагрузок установлен в соответствии с таблицей 3:

Таблица 3

$S_{н, ном}$ (В·А)	1	2	2,5	3	5	10
$S_{н, мин}$ (В·А)	0,8	1,25	1,5	1,75	3,75	3,75

Если нагрузка (сопротивление) вторичной цепи трансформатора тока менее 25% от номинального значения или менее значений, установленных в таблице 1, то проводятся мероприятия по выбору догрузочного резистора в соответствии с пунктом 9.6 настоящей

рекомендации.

Если фактическая нагрузка (сопротивление) вторичной цепи составляет значение более 100% от номинального значения, то проводятся мероприятия по разгрузке вторичных цепей в соответствии с пунктом 9.8 настоящей рекомендации.

### 9.6 Расчет и выбор догрузочных резисторов

Расчет догрузочных резисторов вторичных цепей трансформаторов тока проводится на основании фактической нагрузки, типа трансформатора тока и схемы соединения вторичных обмоток трансформаторов тока.

Поскольку оптимальные значения метрологических характеристик трансформаторов тока находятся в диапазоне от 40 % до 60 % от номинального значения вторичной нагрузки, то выполняем нормализацию вторичной нагрузки трансформатора тока до уровня 50 %. Сопротивление догрузочного резистора определяется по формуле

$$R_{дг} = \frac{0,5S_{н2} - S_{ф2}}{I_{н2}^2}, \quad (3)$$

где  $S_{н2}$  - номинальная вторичная нагрузка трансформатора.

### 9.7 Указания по монтажу догрузочного резистора

Догрузочные резисторы включаются в каждую фазу вторичной цепи. В несимметричной схеме соединения вторичных обмоток трансформаторов тока, например, «неполная звезда» догрузочный резистор может быть включен в нулевой провод вторичной цепи.

Догрузочные резисторы могут устанавливаться в распределительный шкаф на DIN-рейку. Шкаф должен иметь возможность опломбирования от несанкционированного доступа.

Догрузочные резисторы могут устанавливаться с использованием штатных кабельных связей в клеммной колодке. Клеммная колодка должна иметь возможность опломбирования от несанкционированного доступа.

Догрузочные резисторы могут устанавливаться вне распределительных шкафов и клеммных колодок с использованием специального бокса, предусматривающего возможность опломбирования от несанкционированного доступа.

Примеры расчета.

Пример № 1

Выбрать догрузочные резисторы во вторичных цепях трансформаторов тока типа Т-0,66-УЗ, установленных на стороне 0,4 кВ трансформатора собственных нужд подстанции.

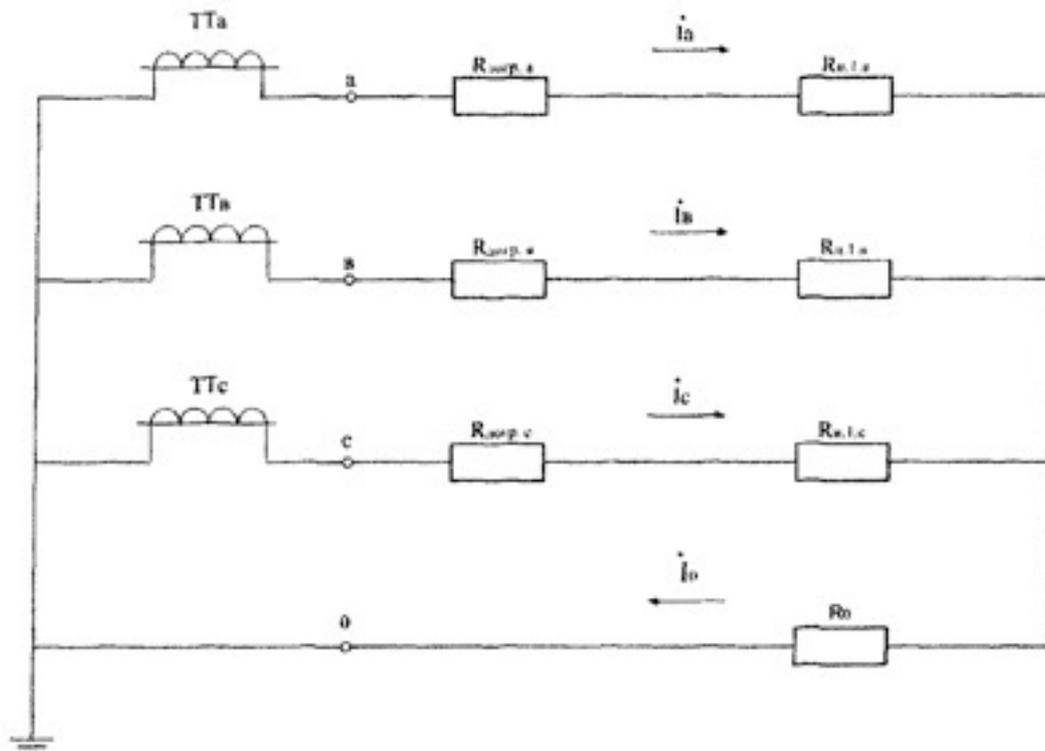
Коэффициент трансформации - 300/5;

Класс точности - 0,5;

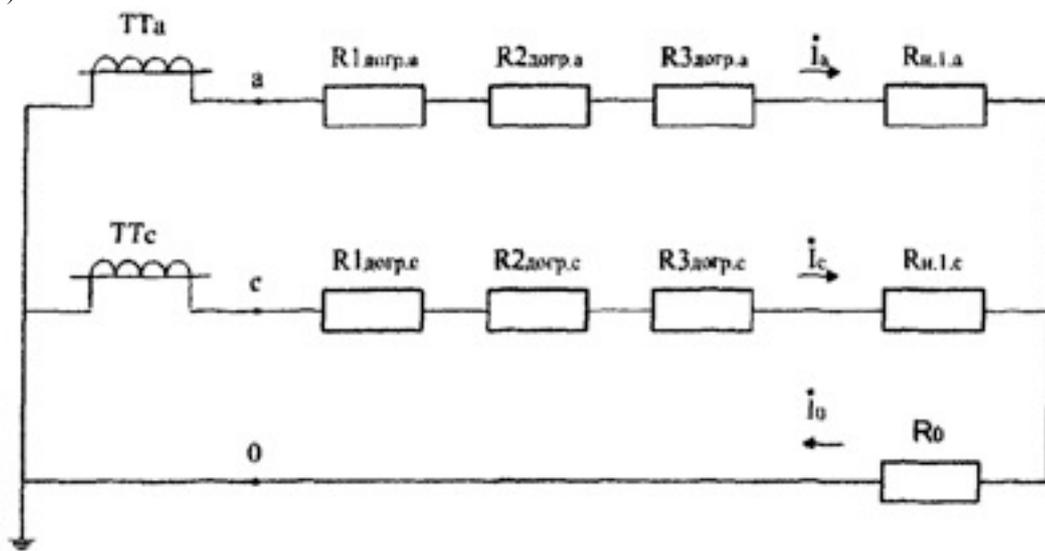
Номинальная мощность - 5 В·А;

Фактическая мощность нагрузки – 1 В·А;

Схема соединения вторичных обмоток - «полная звезда», рис. 1.1, а



а)



б)

Рис. 1.1. Схема соединения вторичных обмоток трансформатора тока с догрузочными резисторами: «полная звезда» (а) и «неполная звезда» (б)

Примечание - На схеме приведены следующие условные обозначения:  
 $R_{н.1.a}$ ,  $R_{н.1.b}$ ,  $R_{н.1.c}$  - фактическая нагрузка трансформатора тока фаз  $a$ ,  $b$ ,  $c$  без учета догрузочных резисторов.

Минимальная допустимая нагрузка трансформаторов тока составляет:

$$S_{н.мин} = 3,75 \text{ В} \cdot \text{А}.$$

Сопротивления догрузочных резисторов определяем по формуле

$$R_{догр.а} + R_0 = R_{догр.в} + R_0 = R_{догр.с} + R_0 = (S_{н.мин} - S_{факт2}) / I_{i1i2}^2 = (3,75 - 1) / 25 = 0,11 \text{ Ом} \quad (4)$$

Из номенклатуры догрузочных резисторов, выпускаемых предприятием ООО «ЗИП-Научприбор», г. Краснодар, выбираем догрузочный резистор типа МР 3021-Т-5А-4 В·А,

$$R_{догр.ном} = 0,16 \text{ Ом}$$

### Пример № 2

Выбрать догрузочные резисторы во вторичных цепях трансформаторов тока (ТТ) типа ТПШЛ-10, установленных на вводе 6 кВ силового трансформатора подстанции.

Коэффициент трансформации - 2000/5;

Класс точности - 0,5;

Номинальное значение сопротивления - 1,2 Ом;

Схема соединения вторичных обмоток - «неполная звезда», рис. 1.1, б);

Фактическое значение сопротивления нагрузки - 0,12 Ом.

Значение сопротивления догрузочных резисторов определяем по формуле (3)

$$R_{догр.А} + R_0 = R_{догр.С} + R_0 = 0,5 R_{ном2} - R_{факт2} = 0,5 \cdot 0,6 - 0,12 = 0,18 \text{ Ом}$$

Из номенклатуры догрузочных резисторов, выпускаемых предприятием ООО «ЗИП-Научприбор», г. Краснодар, выбираем три догрузочных резистора типа МР 3021-Т-5А-4 В·А, номиналом по 0,16 Ом

$$R_{догр.ном} = 0,16 \text{ Ом}$$

### 9.8 Проведение мероприятия по разгрузке вторичных цепей

Возможны следующие мероприятия по разгрузке вторичных цепей:

1. Замена аналоговых приборов во вторичных цепях на цифровые, имеющие меньшее входное сопротивление;
2. Оптимизация цепей защиты;
3. Уменьшение сопротивления кабеля;
4. Использование специальных преобразователей.

### 9.9 Определение значения вторичной нагрузки трансформатора тока после проведения мероприятий по нормализации нагрузки

После проведения мероприятий по нормализации нагрузки трансформатора тока измеряют фактическое значение нагрузки (сопротивления) вторичной цепи. Значение нагрузки (сопротивления) вторичной цепи определяют в соответствии с п. 9.5.

Значение фактической вторичной нагрузки трансформатора тока должно находиться в диапазоне (50±10) % от нормированной номинальной нагрузки.

## БИБЛИОГРАФИЯ

1. ПОТ РМ-016-2001 «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок»;
2. РД 153-34.0-11.209-99. Рекомендации. Автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии и мощности. Типовая методика выполнения измерений электроэнергии и мощности;
3. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Шестое издание. Дополненное с исправлениями. - Москва, ЗАО «Энергосервис», 2005 - 440 стр.;
4. 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);
5. РД 34.09.101-94. Типовая инструкция по учету электроэнергии при ее производстве, передаче и распределении;
6. Вавин В.Н. Трансформаторы напряжения и их вторичные цепи. Москва, «Энергия», 1977 - 104 стр.;
7. Техническое обслуживание измерительных трансформаторов тока и напряжения. Сост. Ф.Д. Кузнецов; под ред. Б.А. Алексеева. Москва, Изд-во НЦ ЭНАС, 2004 - 96 стр.

## СОДЕРЖАНИЕ

- 1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ
- 2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ
- 3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
- 4 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НОРМАЛИЗАЦИИ НАГРУЗКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА
- 5 СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА
- 6 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА
- 7 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
- 8 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

9 ПРОВЕДЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ ПРИ НОРМАЛИЗАЦИИ НАГРУЗКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ  
ТОКА  
БИБЛИОГРАФИЯ