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

НОРМАЛИЗАЦИЯ НАГРУЗКИ ВТОРИЧНЫХ ЦЕПЕЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ

МИ 3023-2006

Москва
2007

gost.e-ecolog.ru

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» 19.12.2006 г.

5 ВВЕДЕНА ВПЕРВЫЕ

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ..... 1

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ 1

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 2

4 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НОРМАЛИЗАЦИИ НАГРУЗКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ..... 3

5 СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА..... 4

6 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА 5

7 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ..... 5

8 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ..... 6

9 ПРОВЕДЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ ПРИ НОРМАЛИЗАЦИИ НАГРУЗКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ..... 6

БИБЛИОГРАФИЯ..... 12

Р Е К О М Е Н Д А Ц И Я

Группа Т 85

Государственная система обеспечения единства измерений **НОРМАЛИЗАЦИЯ НАГРУЗКИ ВТОРИЧНЫХ ЦЕПЕЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ**	**МИ 3023- 2006**

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

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

В настоящей рекомендации приводятся мероприятия по нормализации нагрузки вторичных цепей измерительных трансформаторов напряжения.

Рекомендация распространяется на трансформаторы напряжения, изготовленные по ГОСТ 1983.

Решение о проведении мероприятий по разгрузке вторичных цепей измерительных трансформаторов напряжения или о подключении дополнительных нагрузок к вторичным обмоткам измерительных трансформаторов напряжения (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 1983-2001 «Трансформаторы напряжения. Общие технические условия»;

2) ГОСТ 8.216-88 «ГСИ. Трансформаторы напряжения. 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»;

7) ГОСТ 12.2.007.14-75 «ССБТ. Кабели и кабельная арматура. Требования безопасности»;

8) ГОСТ 22261-94 «Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия»

9) ГОСТ Р 51350-99 «Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования»

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В процессе измерения мощности нагрузки на измерительную обмотку трансформаторов напряжения определяется фактическая нагрузка измерительных трансформаторов напряжения.

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

В таких случаях для обеспечения заданного класса точности трансформатора напряжения более приемлемой является операция нормализации нагрузки его вторичной измерительной цепи.

Для увеличения фактической нагрузки трансформатора напряжения рекомендуется использовать специальные догрузочные резисторы. Догрузочный резистор(ы) должен выбираться таким образом, чтобы фактическая нагрузка трансформатора напряжения находилась в диапазоне (50±10) % от нормированного номинального значения. Установка догрузочных резисторов во вторичные цепи трансформаторов напряжения должна проводится по согласованному проекту.

Для уменьшения фактической нагрузки трансформаторов напряжения проводят мероприятия по разгрузке вторичных цепей. Проведение данных мероприятий должно обеспечить получение фактической нагрузки в диапазоне (50±10) % от нормированного номинального значения.

4 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НОРМАЛИЗАЦИИ НАГРУЗКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ

При проведении работ по нормализации нагрузки вторичных цепей трансформаторов напряжения 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 правильности переходных контактов трансформаторов напряжения	9.4
5. Определение значения мощности нагрузки трансформатора напряжения	9.5
6. Проведение мероприятий по догрузке вторичных цепей трансформаторов напряжения (если по результатам измерений мощность нагрузки трансформатора напряжения менее 25 %)	9.6
7. Проведение мероприятий по разгрузке вторичных цепей трансформаторов напряжения (если по результатам измерений мощность нагрузки трансформатора напряжения более 100 %)	9.7
8. Определение значения мощности нагрузки трансформатора напряжения после проведения мероприятий по нормализации нагрузки	9.8

5 СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

При проведении операций, направленных на проверку вторичных цепей трансформаторов напряжения, 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 тока и напряжения	Диапазон измерения напряжения (50-400) В Диапазон измерений силы переменного тока (0,001-5) А. Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения не более ± 1 %
2 Указатель фаз	Определение правильности включения фаз
3. Догрузочный резистор	Номинальная мощность (10-150) В·А. Диапазон напряжений (0,8-1,2) Uн. Диапазон температур (– 40…+60) °С. Относительная влажность до 90 %. Погрешность сопротивления ± 5 % .

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) Резисторы типа МР3021-Н-100/$\sqrt{3}$ В

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

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

6 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА

6.1 К проведению измерений мощности нагрузки вторичных цепей трансформаторов напряжения и их 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 напряжения 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 122.0073, 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 мощности нагрузки измерительной цепи трансформатора напряжения климатические условия должны соответствовать рабочим условиям используемых средств измерений.

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

8.2 Перед проведением измерений выполняют следующие подготовительные операции:

- определяют место, в котором имеется возможность подключения прибора для измерения мощности нагрузки вторичной цепи трансформатора напряжения;
- размещают и заземляют прибор для измерения мощности нагрузки.

9 ПРОВЕДЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ ПРИ НОРМАЛИЗАЦИИ НАГРУЗКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ

9.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие трансформатора следующим требованиям:

– выводы первичной и вторичной обмоток должны быть исправными и иметь маркировку, соответствующую ГОСТ 1983;

– трансформатор должен быть снабжён табличкой с маркировкой по ГОСТ 1983;

– заземляющий зажим (если он предусмотрен в НД на поверяемый трансформатор) должен быть подключен к заземлению и иметь соответствующее обозначение;

9.2 Проверка технической документации

Перед проведением работ должны быть проверены следующие документы:

- паспорт на трансформатор напряжения;
- наличие действующего свидетельства о поверке трансформатора напряжения.

9.3 Проверку правильности обозначений выводов и групп соединений обмоток трансформатора напряжения

Правильность включения обмоток трансформатора напряжения определяют с помощью прибора, имеющего сигнализацию неправильного включения фаз напряжения, например, с помощью указателя фаз «Потенциал ТВ-М2».

9.4 Проверка правильности переходных контактов трансформатора напряжения

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

9.5 Измерение мощности нагрузки трансформатора напряжения.

Перед проведением мероприятий по нормализации нагрузки вторичных цепей трансформатора напряжения измеряют фактическую мощность нагрузки трансформатора. Мощность определяют методом измерения напряжения и тока во вторичной цепи трансформатора напряжения по утвержденной в установленном порядке методике выполнения измерений.

Для трехфазных трансформаторов определяют мощность нагрузки каждой измерительной вторичной обмотки.

Для однофазных трехобмоточных трансформаторов определяют мощность нагрузки основной вторичной обмотки и дополнительной вторичной обмотки.

В соответствии с данными паспорта-протокола $\cos \varphi \geq 0{,}8$.

Значение фактической мощности нагрузки вторичной обмотки трансформатора, приведенной к номинальному напряжению рассчитывают по формуле

$$S_{изм2} = \frac{U_{ном}^2 \cdot I_2}{U_2}, \qquad (1)$$

где I_2 – ток в фазном проводе трансформатора напряжения;

U_2 – измеренное значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора напряжения;

$U_{ном}$ – значение номинального напряжения на вторичной обмотке.

Примечания:

1) В качестве мощности нагрузки трехфазных трансформаторов напряжения принимают суммарную мощность нагрузки на трансформатор, рассчитанную как сумма нагрузок на каждую обмотку трансформатора.

2) В качестве мощности нагрузки однофазных трехобмоточных трансформаторов принимают суммарную мощность нагрузки основной и дополнительной вторичной обмоток.

Если фактическая мощность нагрузки меньше 25 % от номинальной мощности трансформатора при наивысшем классе точности, проводятся мероприятия по догрузке вторичных цепей по пункту 9.5 настоящей рекомендации.

Если фактическая мощность нагрузки более 100 % от номинальной мощности трансформатора при наивысшем классе точности, проводят мероприятия по разгрузке вторичных цепей по пункту 9.6 настоящей рекомендации.

9.6 Проведение мероприятий по догрузке вторичных цепей трансформаторов напряжения.

Расчет догрузочных резисторов во вторичных цепях трансформаторов напряжения (ТН) проводится на основании известной фактической нагрузки трансформатора напряжения, его типа и схемы соединения вторичных обмоток.

Поскольку оптимальные значения метрологических характеристик трансформаторов напряжения находятся в диапазоне от 40 % до 60 % от номинального значения мощности нагрузки, то выполняем нормализацию мощности нагрузки трансформатора до уровня 50 %

$$S_{н2} = 0{,}5 S_{ном2}, \qquad (2)$$

где $S_{н2}$ - оптимальная мощность нагрузки трансформатора напряжения;

$S_{ном2}$ - номинальная мощность трансформатора напряжения в наивысшем классе точности.

Необходимое значение мощности, создаваемой догрузочными резисторами

$$S_{догр} = S_{н.мин2} - S_{изм2}, \qquad (3)$$

Значения сопротивлений догрузочных резисторов, включаемых в каждую фазу трехфазных трансформаторов напряжения, определяют

по следующему уравнению в предположении равномерной загрузки отдельных фаз ТН

$$R_{догр.A} = R_{догр.B} = R_{догр.C} = \frac{U^2_{ном}}{S_{догр}}, \quad (4)$$

где $U_{ном}$ - значение номинального напряжения.

В случае несимметричной нагрузки на трехфазный трансформатор напряжения резисторы выбираются таким образом, чтобы симметрировать загрузку фаз.

Значение сопротивления догрузочного резистора, включаемого во вторичную обмотку однофазного трансформатора напряжения, определяют по следующей формуле

$$R_{догр.} = \frac{U^2_{ном}}{S_{догр.}}. \quad (5)$$

Догрузочные резисторы могут включаться на фазное или междуфазное напряжение.

Догрузочные резисторы рекомендуется подключать с помощью отдельных кабельных связей, чтобы не увеличивать падение напряжения в соединении трансформатора напряжения с счетчиком электроэнергии.

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, находящейся в непосредственной близости к трансформатору напряжения, с тем, чтобы не увеличивать загрузку кабельных связей выше допускаемой и избежать увеличения потерь напряжения выше допускаемой. Клееммная 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.

Примечание - Если трансформатор напряжения включен по схеме «неполная звезда», то в этом случае догрузочный резистор в фазу В не устанавливают.

Пример расчета

Ниже приведен пример расчета значений сопротивлений догрузочных резисторов для трехфазного трансформатора при включении вторичных обмоток ТН по схеме «полная звезда», рис. 1.

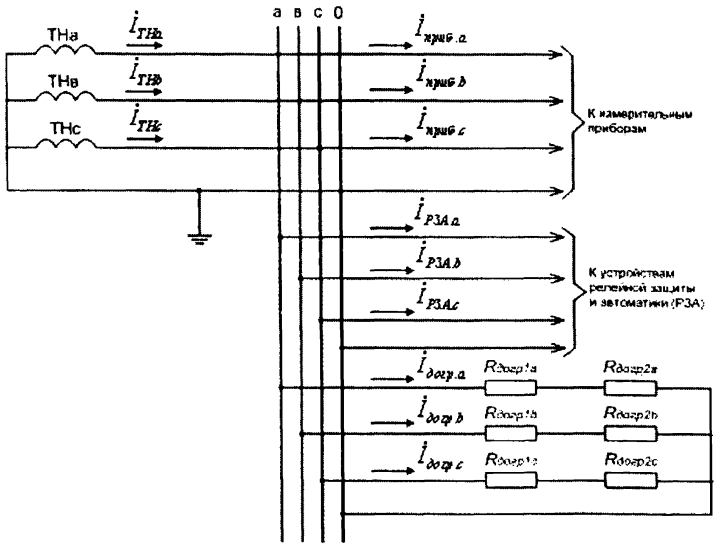


Рис. 1.
Схема включения догрузочных резисторов во вторичных цепях трехфазного трансформатора напряжения

Необходимо выбрать догрузочные резисторы во вторичных цепях трансформатора напряжения типа НТМИ-6.

Коэффициент трансформации – 6000/100;

Класс точности – 0,5;

Номинальная мощность – 75 *В·А*;

Схема соединения вторичных обмоток ТН - «полная звезда» (рис. 1).

Значение измеренной нагрузки:

- для фазы А – 5,15 *В·А;*
- для фазы В – 5,15 *В·А*;
- для фазы С – 5,15 *В·А*

В соответствии с требованием раздела 9.5 настоящих рекомендаций мощность нагрузки составляет

$$S_{ТН.мин} = S_{ТН2} = 0{,}5 S_{ТН.ном} = 0{,}5 \cdot 75 = 37{,}5 \ \ В{\cdot}А$$

Соответственно, для каждой фазы $S_{А,В,С\ мин} = 12{,}5\ В{\cdot}А$

Мощность догрузочных резисторов определяется по формуле (3)

$$S_{догр} = S_{А,В,Смин} - S_{изм2} = 12{,}5 - 5{,}15 = 7{,}35\ . \ В{\cdot}А$$

Значения сопротивлений догрузочных резисторов определяются по следующей формуле

$$R_{догр.А} = R_{догр.В} = R_{догр.С} = \frac{U^2_{ном}}{S_{догр}} = \frac{57{,}8^2}{7{,}35} = 455 \ \text{Ом}$$

Для получения требуемого значения сопротивления используются два последовательно включаемых резистора

$R_{догр.1} = 340$ Ом типа МР 3021-Н-100 В-10 В·А;

$R_{догр.2} = 67$ Ом типа МР 3021-Н-100/√3 В-50 В·А.

9.7 Проведение мероприятий по разгрузке вторичных цепей.

При нормализации нагрузки вторичных цепей трансформаторов напряжения посредством их разгрузки возможно проведение следующих мероприятий:

1. Оптимизация цепей защиты;
2. Замена аналоговых приборов на цифровые, имеющие меньшее входное сопротивление;
3. Установка специальных преобразователей.

9.8 Определение значения мощности нагрузки трансформатора напряжения после проведения мероприятий по нормализации нагрузки

После проведением мероприятий по нормализации нагрузки трансформатора напряжения измеряют его фактическую мощность. Мощность определяют методом измерения напряжения и тока во вторичной цепи трансформатора напряжения по утвержденной в установленном порядке методике выполнения измерений.

Значение фактической мощности нагрузки трансформатора напряжения должно находиться в диапазоне (50±10) % от номинальной мощности.

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;

gost.e-ecolog.ru