

при прохождении тренинга не всегда получается охватить все проблемы во время обучения, а доступ к дополнительным информационным материалам, позволит сотруднику самостоятельно изучить интересующую его проблему более углубленно.

Список литературы

1. Глабчастый А. И. Корпоративное обучение как форма профессионального образования / А. И. Глабчастый // СПО. –2009. — № 1. — С. 29–31.
2. Помилуйко В. Ю. Практика организации корпоративного обучения взрослых // Молодой ученый. – 2015. – №5. – С. 581-584. – URL <https://moluch.ru/archive/85/15897/> (дата обращения: 10.02.2018).
3. Сообщество менеджеров «Executive.ru» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.e-executive.ru/> (Дата обращения: 07.02.18).
4. Федулова К. А. Проектно-модульное непрерывное междисциплинарное обучение в профессионально-педагогическом вузе [Текст] / К. А. Федулова, Б. Н. Гузанов // Современная высшая школа: Инновационный аспект. – 2017. – №4. – Т 9. С.34-44.

УДК 371.64/.69

Шайхадарова Н. В.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТРАНСФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Шайхадарова Надежда Владимировна

nadezhda.shayhadarova@rsvpu.ru

ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», Россия, Екатеринбург

METHOD OF DETERMINATION OF TRANSFORMATION RATIO WITH THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGY

Shayhadarova Nadezhda Vladimirovna

Russian State Vocational Pedagogical University, Russia, Yekaterinburg

Аннотация. *Использование информационных технологий для определения линейного и фазного коэффициентов трансформации при испытании трехобмоточных трансформаторов и трансформаторов, имеющих расщепленную вторичную обмотку позволяют студентам более качественно представлять результаты своих экспериментов в виде протоколов испытаний.*

Abstract. *The use of information technology to define line and phase transformation ratio when testing three-winding transformers and transformers with split secondary windings allow students to more accurately present the results of their experiments in the form of test reports.*

Ключевые слова: *Трансформатор, коэффициент трансформации, протокол испытания, обмотка, напряжение.*

Keywords: *Transformer, transformation ratio, test report, winding, voltage.*

Одним из главных направлений повышения качества образования является использование информационных технологий, позволяющих усилить интеллектуальные возможности студентов, создавая условия для активизации их познавательной деятельности, например, при проведении технических экспериментов и обработке их результатов, в том числе при определении коэффициента трансформации.

Коэффициент трансформации в соответствии с ГОСТ 16110-82, принимают равным отношению напряжений на зажимах двух обмоток трансформатора в режиме холостого хода [1]. В трехфазном трансформаторе коэффициент трансформации для фазных и линейных напряжений может отличаться в корень из трех раз, поэтому из протокола испытаний должно однозначно

следовать, какие напряжения измерялись при определении коэффициента трансформации (фазные или линейные). Коэффициент трансформации определяется, как отношение значения большего напряжения к меньшему.

Трехобмоточный трансформатор имеет три разных коэффициента трансформации

$$\frac{U_{ВН}}{U_{НН}}; \frac{U_{ВН}}{U_{СН}}; \frac{U_{СН}}{U_{НН}},$$

где $U_{ВН}$; $U_{СН}$; $U_{НН}$ – напряжения в режимах холостого хода на зажимах соответствующих обмоток.

За расчетное значение коэффициента трансформации принимают отношение напряжений холостого хода соответствующих обмоток по данным расчетной записки. Измеренное значение коэффициента трансформации не должно отличаться от расчетного на основных ответвлениях обмотки более, чем на $\pm 0,5\%$, на неосновных ответвлениях – более $\pm 1\%$. Основные ответвления обмотки (соединяемые устройствами переключения ответвлений обмоток без возбуждения (ПБВ), регулирования трансформатора под нагрузкой (РПН), шинами и т.д.) предназначены для получения номинальных параметров трансформатора [2].

Коэффициент трансформации определяют на всех ответвлениях обмоток и для всех фаз, причем на ответвлениях, не доступных для измерения после сборки, его определяют только до пайки отводов или до полной сборки трансформатора. При испытании трехобмоточных трансформаторов коэффициент трансформации достаточно проверить для двух пар обмоток, для которых напряжение короткого замыкания наименьшее [5]. При испытании трансформаторов, имеющих расщепленную вторичную обмотку, определяется коэффициент трансформации первичной обмотки с каждой из частей расщепленной обмотки. При этом для одной из частей расщепленной обмотки определяется коэффициент трансформации на всех ступенях РПН при одном из положений ПБВ, а также в одном из положений РПН в остальных положениях ПБВ. Для остальных частей расщепленной обмотки проверяется коэф-

коэффициент трансформации только в одном положении РПН и в одном положении ПБВ.

При приемосдаточных испытаниях для определения коэффициента трансформации используют метод двух вольтметров (см. рисунок 1).

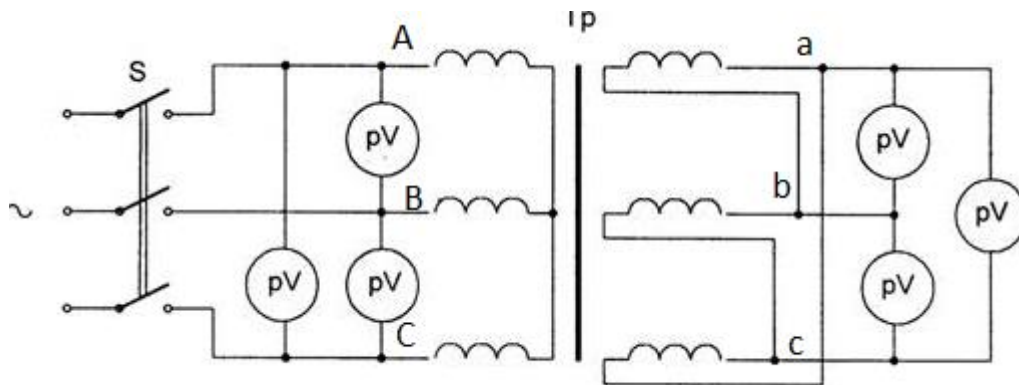


Рисунок 6 — Схема испытания трехфазного трансформатора методом двух вольтметров

Измерения проводятся следующим образом. К одной из обмоток трансформатора подводят напряжение и измеряют его одним из вольтметров. Одновременно другим вольтметром измеряют напряжение на другой обмотке трансформатора. Измерения производят вольтметрами класса точности не ниже 0,2. Вольтметр на стороне подводимого напряжения допускается присоединять к питающим проводам, если это практически не отразится на точности измерений (ввиду падения напряжения в питающих проводах). При измерении коэффициента трансформации сопротивление проводов в цепи измерения должно составлять не более 0,001 внутреннего сопротивления вольтметра. Величина подводимого к трансформатору напряжения выбирается из условий удобства измерений, но не выше номинального напряжения трансформатора и не менее 0,1% от номинального.

При испытании трехфазных трансформаторов одновременно измеряют линейные напряжения, соответствующие одноименным линейным зажимам обеих проверяемых обмоток. Если подводимое напряжение несимметрично, допускается определение коэффициента трансформации по фазным напряжениям при однофазном возбуждении трансформатора (см. рисунки 2 и 3).

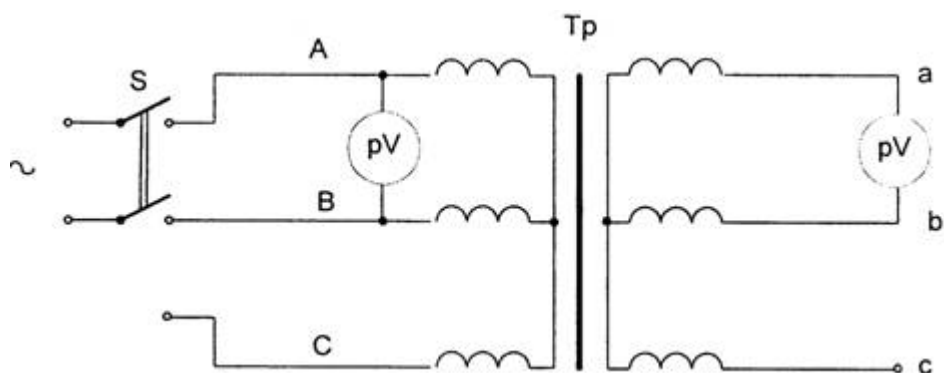


Рисунок 2 — Определение коэффициента трансформации пофазно с одинаковой схемой соединения обмоток

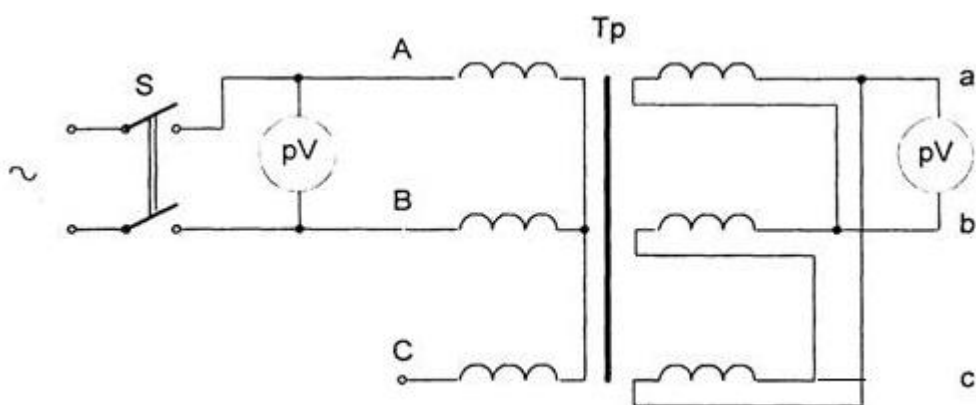


Рисунок 3 — Определение коэффициента трансформации пофазно с разной схемой соединения обмоток

При испытании трехфазных трансформаторов со схемой соединения обмоток Д/У или У/Д коэффициент трансформации определяют с поочередным закорачиванием отдельных фаз обмотки, соединенной в «треугольник» (например, обмотки, расположенной на стержне А). Для этого накоротко замыкают два соответствующих линейных зажима и при однофазном возбуждении определяют коэффициент трансформации оставшейся свободной пары фаз, который при данном методе должен быть равен $2K_{\phi}$ (для схемы Д/У при питании со стороны «звезды») или $K_{\phi}/2$ (для схемы У/Д при питании со стороны «треугольника»). Здесь K_{ϕ} – фазный коэффициент трансформации. Аналогично проводят измерения при коротком замыкании обмоток, расположенных на стержнях В и С.

Если «треугольник» собран А-Z, В-Х, С-У, тогда стержень А замыкают, закорачивая вводы АВ; стержень В – закорачивая вводы ВС; стержень С – закорачивая вводы АС. Если «треугольник» собран А-У, В-Z, С-Х, тогда стержень А замыкают, закорачивая вводы АС; стержень В – закорачивая вводы АВ; стержень С – закорачивая вводы ВС.

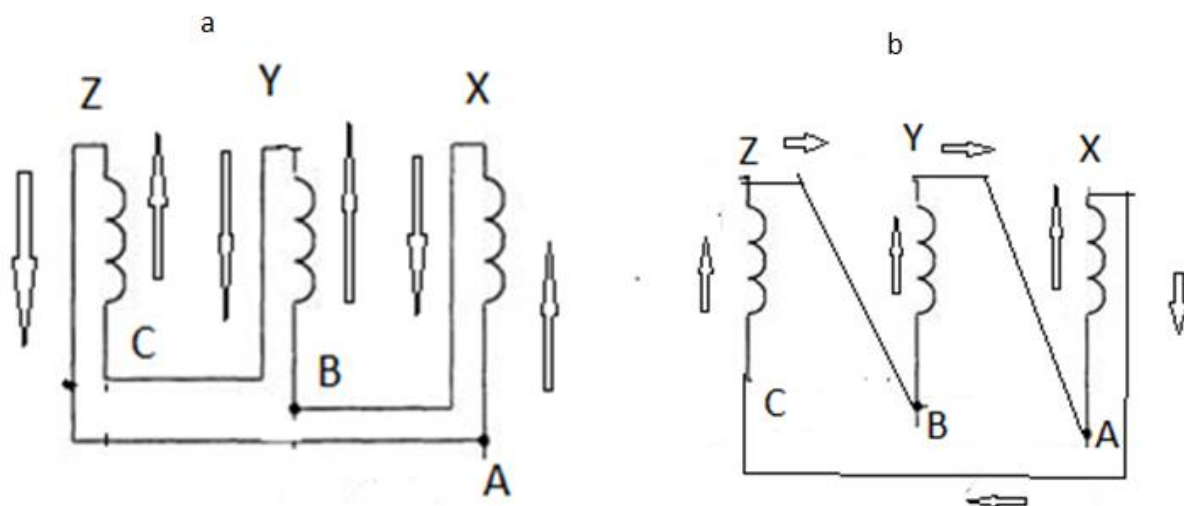


Рисунок 4 - Определение фазы в «треугольнике»

a: (А-Z, В-Х, С-У), b: (А-У, В-Z, С-Х)

Пример: определить линейный и фазный коэффициент трансформации для всех пар обмоток трансформатора ТДТНЖУ-40000/110УХЛ1.

Проанализируем расчетные данные: трансформатор трехобмоточный, трехфазный, на стороне ВН имеет устройство РПН, на стороне СН – устройство ПБВ. Исходя из этого, коэффициент трансформации пары ВН-НН определяется во всех положениях РПН, коэффициент трансформации пары СН-НН во всех положениях ПБВ, и как контрольный замер, определяют коэффициент трансформации пары ВН-СН в номинальном положении РПН и в номинальном положении ПБВ.

В учебных целях рассчитаем коэффициент трансформации для всех пар обмоток только в номинальных положениях РПН и ПБВ (для других положений коэффициент трансформации рассчитывается аналогично).

Определим линейный коэффициент трансформации для пары ВН-НН в номинальном положении РПН. Напряжение высокой стороны ($U_{ВН} = 115000$ В), напряжение низкой стороны ($U_{НН} = 27500$ В), тогда линейный коэффициент трансформации для пары обмоток ВН-НН будет [4]:

$$K_{\text{ТР}} = \frac{U_{\text{ВН}}}{U_{\text{НН}}} = \frac{115000}{27500} = 4,18,$$

следовательно, подавая на обмотку ВН трехфазное линейное напряжение 400 В, с обмотки НН снимаем напряжение

$$U_{\text{НН}} = \frac{U_{\text{ВН}}}{K_{\text{ТР}}} = \frac{400}{4,18} = 95,7\text{В}.$$

Определим линейный коэффициент трансформации для пары ВН-СН в номинальном положении РПН и в номинальном положении ПБВ. Напряжение высокой стороны ($U_{ВН}=115000$ В), напряжение средней стороны в номинальном положении ПБВ ($U_{СН}=38500$ В), тогда линейный коэффициент трансформации для пары обмоток ВН-СН будет:

$$K_{\text{ТР}} = \frac{U_{\text{ВН}}}{U_{\text{СН}}} = \frac{115000}{38500} = 2,99,$$

следовательно, подавая на обмотку ВН трехфазное линейное напряжение 400 В, с обмотки СН снимаем напряжение

$$U_{\text{СН}} = \frac{U_{\text{ВН}}}{K_{\text{ТР}}} = \frac{400}{2,99} = 133,8\text{В}.$$

Определим линейный коэффициент трансформации для пары СН-НН в номинальном положении ПБВ. Напряжение средней стороны ($U_{СН} = 38500$ В), напряжение низкой стороны ($U_{НН} = 27500$ В), тогда линейный коэффициент трансформации для пары обмоток СН-НН будет:

$$K_{\text{ТР}} = \frac{U_{\text{СН}}}{U_{\text{НН}}} = \frac{38500}{27500} = 1,4,$$

следовательно, подавая на обмотку СН трехфазное линейное напряжение 400В, с обмотки НН снимаем напряжение

$$U_{\text{нн}} = \frac{U_{\text{сн}}}{K_{\text{тр}}} = \frac{400}{1,4} = 285,7\text{В.}$$

Фазный коэффициент трансформации для пар обмоток, собранных в «звезду» и «звезду», или «треугольник» и «треугольник», равен линейному коэффициенту трансформации. Фазный коэффициент трансформации для пар обмоток, собранных в «звезду» и «треугольник», или «треугольник» и «звезду» определяется при выкорачивании свободной фазы обмотки, собранной в «треугольник». При этом расчетное напряжение обмотки, собранной в «треугольник», соответствует линейному напряжению. Расчетное напряжение для обмотки, собранной в «звезду», определяется по формуле:

$$U_o = U \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}, \quad (1)$$

где U – напряжение обмотки, собранной в «звезду»;

U_o – расчетное напряжение обмотки, собранной в «звезду», при определении фазного коэффициента трансформации.

Определим фазный коэффициент трансформации для пары ВН-НН в номинальном положении РПН. Обмотка ВН соединена в «звезду» с выведенным нулевым выводом (соединены отводы X-Y-Z-N). Обмотка НН соединена в «треугольник» (соединены отводы a-y, b-z, c-x). Для определения коэффициента трансформации пофазно необходимо расчетное напряжение для обмотки, собранной в «звезду», пересчитать по формуле (1):

$$U_{\text{внo}} = U_{\text{вн}} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} = 115000 \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} = 132790,5\text{В.}$$

Исходя из этого, рассчитаем фазный коэффициент трансформации для пары ВН-НН в номинальном положении РПН:

$$K_{\text{тр}} = \frac{U_{\text{внo}}}{U_{\text{нн}}} = \frac{132790,5}{27500} = 4,83.$$

Подавая поочередно на вводы обмотки ВН напряжение 400 В, с вводов обмотки НН поочередно снимаем напряжение:

$$U_{\text{НН}} = \frac{U_{\text{ВН}}}{K_{\text{ТР}}} = \frac{400}{4,83} = 82,8\text{В.}$$

Опыт проводят в три этапа (см. рисунок 3):

1. Выкорачивают вводы обмотки НН bc (стержень С). Подают напряжение на вводы обмотки ВН АВ и при этом снимают напряжение со вводов обмотки НН ab.

2. Выкорачивают вводы обмотки НН ac (стержень А). Подают напряжение на вводы обмотки ВН ВС и при этом снимают напряжение со вводов обмотки НН bc.

3. Выкорачивают вводы обмотки НН ab (стержень В). Подают напряжение на вводы обмотки ВН АС и при этом снимают напряжение со вводов обмотки НН ac.

Определим фазный коэффициент трансформации для пары СН-НН в номинальном положении ПБВ. Обмотка СН соединена в «звезду» с выведенным нулевым выводом (соединены отводы X_m - Y_m - Z_m - N_m). Обмотка НН соединена в «треугольник» (соединены отводы a-y, b-z, c-x). Для определения коэффициента трансформации пофазно необходимо расчетное напряжение из таблицы регулирования для обмотки, собранной в «звезду», пересчитать по формуле (1):

$$U_{\text{СНО}} = U_{\text{СН}} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} = 38500 \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} = 44456\text{ В.}$$

Исходя из этого, рассчитаем фазный коэффициент трансформации для пары СН-НН в номинальном положении ПБВ.

$$K_{\text{ТР}} = \frac{U_{\text{СНО}}}{U_{\text{НН}}} = \frac{44456}{27500} = 1,6.$$

Подавая поочередно на вводы обмотки СН напряжение 400 В, с вводов обмотки НН поочередно снимаем напряжение:

$$U_{\text{НН}} = \frac{U_{\text{СН}}}{K_{\text{ТР}}} = \frac{400}{1,6} = 250\text{В.}$$

Опыт проводят в три этапа (см. рисунок 3):

1. Выкорачивают вводы обмотки НН bc (стержень С). Подают напряжение на вводы обмотки СН $A_m V_m$ и при этом снимают напряжение со вводов обмотки НН ab.

2. Выкорачивают вводы обмотки НН ac (стержень А). Подают напряжение на вводы обмотки СН $V_m C_m$ и при этом снимают напряжение со вводов обмотки НН bc.

3. Выкорачивают вводы обмотки НН ab (стержень В). Подают напряжение на вводы обмотки СН $A_m C_m$ и при этом снимают напряжение со вводов обмотки НН ac.

Определим фазный коэффициент трансформации для пары ВН – СН в номинальном положении РПН и номинальном положении ПБВ. Так как обмотки ВН и СН собраны в «звезду», то фазный коэффициент трансформации равен линейному коэффициенту трансформации:

$$K_{\text{ТР}} = \frac{U_{\text{ВН}}}{U_{\text{СН}}} = \frac{115000}{38500} = 2,99.$$

Подавая поочередно на вводы обмотки ВН напряжение 400 В, с вводов обмотки СН поочередно снимаем напряжение:

$$U_{\text{СН}} = \frac{U_{\text{ВН}}}{K_{\text{ТР}}} = \frac{400}{2,99} = 133,8\text{В}.$$

Опыт проводится в три этапа (см. рисунок 2):

1. Подаем напряжение на вводы обмотки ВН АВ и снимаем напряжение со вводов обмотки СН $A_m V_m$.

2. Подаем напряжение на вводы обмотки ВН ВС и снимаем напряжение с вводов обмотки СН $V_m C_m$.

3. Подаем напряжение на вводы обмотки ВН АС и снимаем напряжение со вводов обмотки СН $A_m C_m$.

Данная методика позволяет значительно ускорить, а самое главное, сделать более качественным процесс обучения студентов, а также может быть использована в производственном процессе предприятий, выпускаю-

щих силовые трансформаторы, монтажных организациях, электроизмерительных лабораториях.

Список литературы

1. Государственный стандарт Союза ССР. Трансформаторы силовые. Термины определения: ГОСТ 16110-82. – Москва: Изд-во стандартов, 1982. – 40 с.
2. Государственный стандарт Союза ССР. Устройства регулирования напряжения силовых трансформаторов под нагрузкой. Общие технические условия: ГОСТ 24126-80. – Москва: Изд-во стандартов, 1981. – 31 с.
3. Правила устройства электроустановок [седьмое издание]. – Москва: ВНИИЭ, 2016. – 222 с.
4. Шеховцов В. П. / Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению – Москва: Форум. 2011 – 137 с.
5. Школа электрика [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://electricalschool.info/>.

УДК 711.4.011:004

Шакуто З. Н., Шакуто Е. А.

ИНФОРМАЦИОННО КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Злата Николаевна Шакуто

Магистр

3304925@mail.ru

*«Уральский государственный архитектурно-художественный
университет», Россия, Екатеринбург*