

УДК 621.314.001.01

UDC 621.314.001.01

**ИСПЫТАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА НА НАГРЕВ**

**HEAT TEST OF TRANSFORMER**

Медведько Юрий Алексеевич  
к. т. н., доцент

Medvedko Yriy Alekseevich  
Cand.Tech.Sci., associate professor

Медведько Алексей Юрьевич  
инженер  
*ФГОУ ВПО «Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия», г.Зерноград, Ростовская область, Россия*

Medvedko Aleksey Yrievich  
engineer  
*FSEI HPE «Azov-Black Sea State Agroengineering Academy», Zernograd, Rostov region, Russia*

Статья посвящается методике проведения эксперимента и результатам испытаний трансформатора на нагрев. Настоящий трансформатор предназначен для преобразования трехфазного напряжения в однофазное. Использование этого трансформатора позволяет преобразовать трехфазное напряжение в однофазное с минимальным снижением показателей качества напряжения со стороны питающей сети

The article deals with the method of experiment and results of heat tests of transformer. This transformer intends for transformation of single-phase voltage into three-phase one. Use of this transformer allows to transform three-phase voltage in single-phase with the minimum decrease in indicators of quality of voltage from a power line

Ключевые слова: ИСПЫТАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА НА НАГРЕВ, МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА, ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Keywords: HEAT TEST OF TRANSFORMER, METHOD OF EXPERIMENT, UNIT UNDER TEST, TEST RESULTS

Перед нами была поставлена цель эксперимента. В соответствии с ней необходимо было провести эксперимент, подтверждающий работоспособность, устройства преобразующего трехфазное напряжение в однофазное выполненное на базе разделительного трансформатора.

**Описание эксперимента.** Модельный эксперимент [1] был выполнен на базе модели силового трансформатора, данные обмера которого приведены в таблице 1. При проведении модельного эксперимента были использованы следующие приборы: трехфазный автотрансформатор, сертифицированный прибор К-505, для измерения выходного напряжения использовался вольтметр с классом точности 0,1, на напряжение 1000 В, термоэлектрические термометры (термопары), ЭДС которых измеряется милливольтметром класса точности не ниже 0,5.

Таблица 1 – Данные обмера магнитопровода трансформатора

С	L <sub>с</sub>	С <sub>ок</sub>	A <sub>1</sub>	a <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	В <sub>1</sub>	U <sub>1л</sub> =U <sub>2л</sub>
мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	кВ
82	95	42	40	50	41	50	0,4

где: С – расстояние между осями стержней магнитопровода;  
 L<sub>с</sub> – высота стержня или высота окна магнитопровода;  
 С<sub>ок</sub> – ширина окна магнитопровода или расстояние между стержнями магнитопровода;  
 A<sub>1</sub> – ширина пластин стержня магнитопровода;  
 a<sub>1</sub> – толщина пластин стержня магнитопровода;  
 B<sub>1</sub> – ширина пластин ярма магнитопровода;  
 В<sub>1</sub> – толщина пластин ярма магнитопровода.

**Испытания трансформатора на нагрев.** Испытания трансформатора на нагрев проводились в соответствии с [2]. Согласно этому ГОСТу испытания на нагрев проводят при номинальных условиях нагрузки трансформатора. За номинальные условия принимают такие условия, при которых потери в токоведущих частях и добавочные потери, обусловленные потоками рассеяния, равны установленным стандартами (техническими условиями) потерям короткого замыкания (КЗ), а потери в стали и соответствующие добавочные потери равны нормализованным стандартами потерям холостого хода (ХХ). Суммарные потери принимаются равными действительным измеренным потерям трансформатора, которые при правильном расчете и конструктивном исполнении трансформатора должны быть близкими к расчетным. Наибольшие превышения температуры над температурой окружающей среды при сколь угодно длительно поддерживаемых во время испытаний номинальных условиях нагрузки должны не превосходить следующих значений: для магнитопровода на его поверхности – 75°С; для обмотки с изоляцией класса А – 65°С [2].

Нагрев трансформаторов может быть произведен следующими методами [2]: непосредственной нагрузки; взаимной нагрузки; короткого замыкания и холостого хода. Испытания на нагрев обычно проводят при температуре окружающего воздуха не ниже +10°С и не выше + 40°С.

Объектом испытаний являлся трехфазный сухой трехобмоточный трансформатор (рисунок 1), мощностью 630 ВА с напряжением до 0,4 кВ, частота сети - 50 Гц.. Магнитопровод трансформатора собран в переплет из пластин холоднокатаной электротехнической стали и представляет собой плоскую несимметричную трехфазную стержневую магнитную систему с вертикально расположенными стержнями и горизонтальными ярмами. Все три обмотки трансформатора двухслойные, цилиндрические, расположены концентрически в следующем порядке от магнитопровода: низшего напряжения (НН), высшего напряжения (ВН). Обмотки характеризуются параметрами, приведенными в таблице 2.

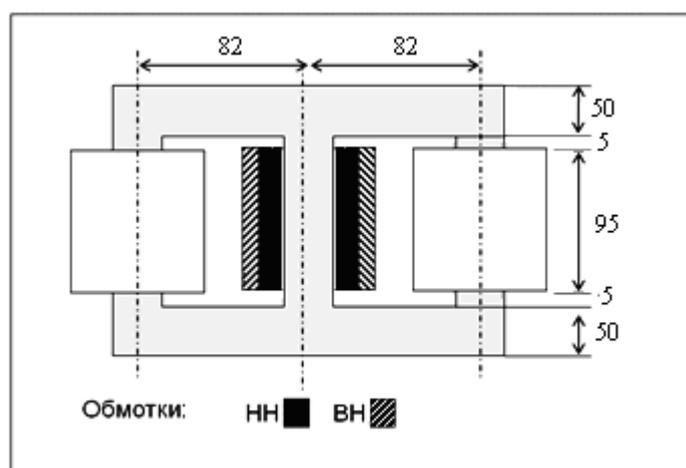


Рисунок 1 – Испытуемый трансформатор

Таблица 2 – Параметры обмоток трансформатора

Обмотка	Начала	Концы	Провод	$q$ , мм <sup>2</sup>	$W$ , вит	$S$ , кВА	$U$ , В	$I$ , А
ВН	А, В, С	Х, Y, Z	Сu, кругл.	0,322	450	0,63	380	0,9
НН	а, b, с	х, у, z	Сu, кругл.	0,322	450+3×45	0,63	380	0,9

Для возможности регулирования напряжения на вторичной обмотке предусмотрены отпайки, выполненные через 45 витков.

В соответствии с ГОСТом для испытания трансформаторов в лабораторных или заводских условиях мощностью до 10 кВА применяют метод непосредственной нагрузки [2]. В этом случае, к одной из обмоток подводят номинальное напряжение, а к другой подключают нагрузку, потребляющую номинальный ток. Для сухих трансформаторов режим испытания

ведут до установившегося превышения температур магнитной системы или кожуха (для системы охлаждения СГ) и обмоток.

Для измерений температур были использованы термоэлектрические термометры (термопары), ЭДС которых измерялось милливольтметром класса точности не ниже 0,5, ртутные и спиртовые термометры (для измерений температур масла и охлаждающей среды) с ценой деления 0,1 °С. Можно также применять другие термопреобразователи той же точности.

Среднюю температуру обмоток определяли по изменению их сопротивления постоянному току. Перед испытанием были измерены сопротивления обмоток в «холодном состоянии»  $R_x$  при известной температуре окружающей среды, за которую принимают для сухих трансформаторов температуру воздуха в помещении, где трансформатор находится не менее 16 ч (за это время он не должен подвергаться какому-либо нагреву). Температура воздуха в помещении определялась как средняя показаний двух термометров — у верхнего и нижнего краев поверхности одной из наружных обмоток. Измерение сопротивлений производится при помощи моста класса точности 0,1.

Для измерения сопротивления после нагрева трансформатор отключали от источника питания, после этого производились измерения. При этом делали по три измерения через равные промежутки времени. Сопротивление в момент отключения режима определяли путем экстраполяции полученной зависимости сопротивления от времени, прошедшего после отключения.

Места установки термопар для измерений температур магнитной системы, металлоконструкций и масла определяются разработчиком трансформатора [2], и они приведены на рисунке 2. В двух других фазах термопары установлены таким же образом.

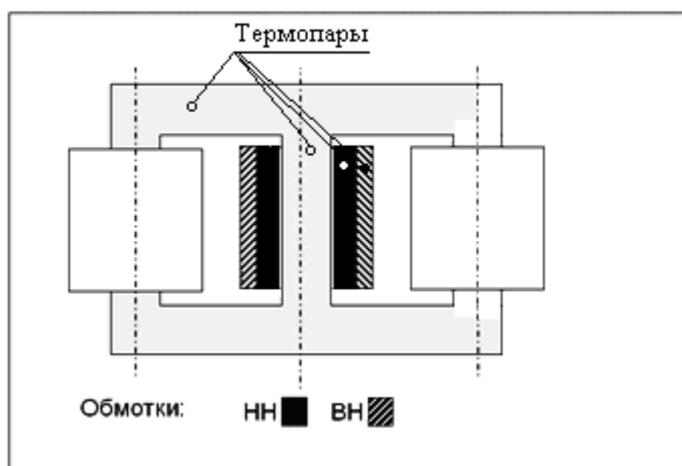


Рисунок 2 – Места установки термопар в трансформаторе

Схема испытания трансформатора на нагрев методом непосредственной нагрузки приведена на рисунке 3, а общий вид проведения эксперимента показан на рисунке 4.

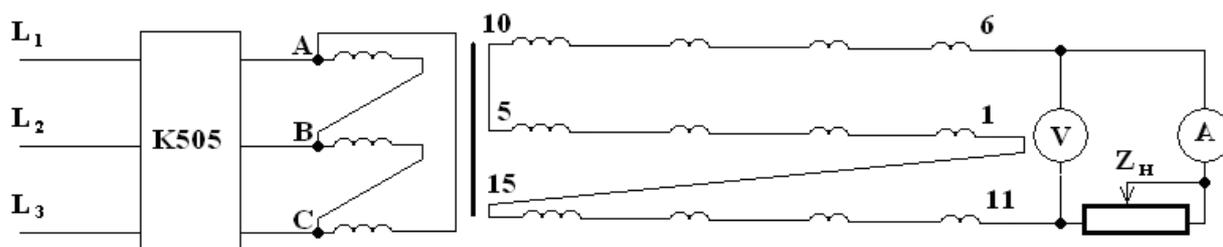


Рисунок 3 – Схема испытания трансформатора на нагрев

Результаты испытаний трансформатора на нагрев приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты испытаний трансформатора на нагрев

t	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
$\tau$	18	26	31	36	39	43	45	48	49	51	52	54
$\tau_{м.пр.}$	18	30	35	40	43	47	49	52	53	55	56	58

120	130	140	150	160	170	180	190	200
55	55	56	57	57	58	58	58	59
59	59	60	61	61	62	62	62	63

где t – время испытаний в минутах;  
 $\tau$  – температура обмотки трансформатора в наиболее нагретой части, °C;  
 $\tau_{м.пр}$  – температура магнитопровода трансформатора, °C.



Рисунок 4 – Общий вид проведения эксперимента

По данным, приведенным в таблице 3.3, построен график изменения температуры (см. рисунок 5).

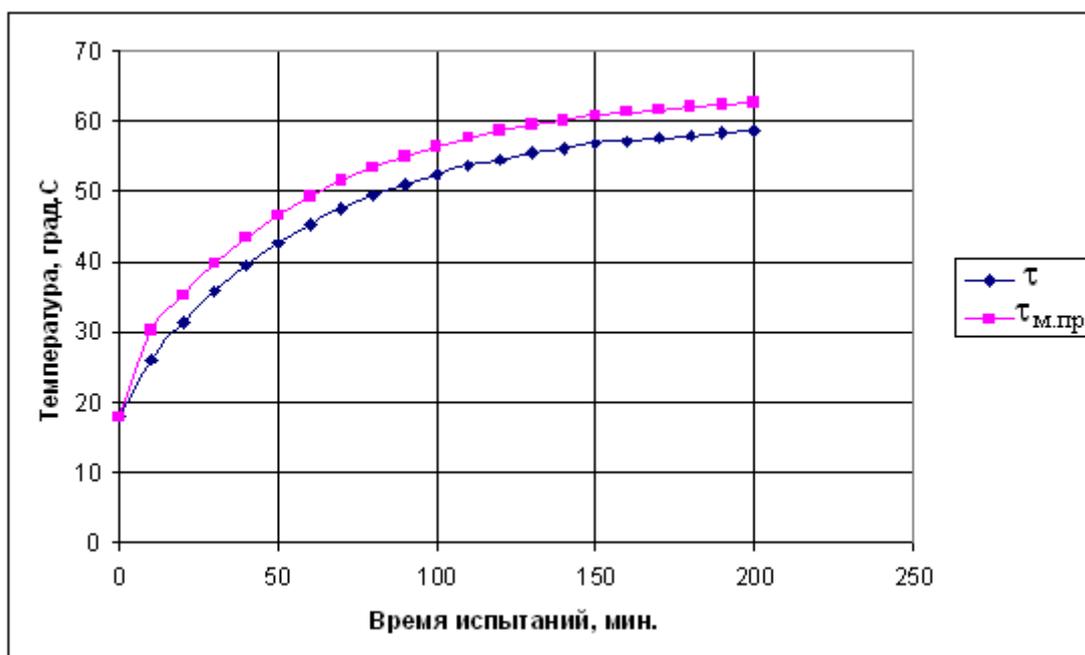


Рисунок 5 – Результаты испытания трансформатора на нагрев

**Общий вывод:** проведенные испытания трансформатора на нагрев показали, что нагрев трансформатора не превышает предельно допусти-

мых значений, как для магнитопровода, так и для обмоток трансформатора.

#### **Литература**

1. Медведько Ю.А. Принципы инженерного творчества и научные исследования: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений по направлениям подготовки дипломированных специалистов 650800 "Теплоэнергетика", 650900 "Электроэнергетика", 660300 "Агроинженерия"[Текст]/ Ю.А. Медведько, А.Ю. Медведько; - Зерноград, ФГОУ ВПО АЧГАА, 2010, - 133 с.
2. ГОСТ 3484.2-88. Трансформаторы силовые. Испытания на нагрев. — Взамен ГОСТ 3484—77 в части испытаний на нагрев; введ. 01.01.90. – М.: [Электронный ресурс] : База данных ГОСТ. – Режим доступа <http://libt.ru/gost/download/gost-3484.2-88.html>