

УДК 621. 3. 042. 52/.53: 001. 891. 5

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ КОМБИНИРОВАННОГО ТРЁХФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА И МОДЕЛИРОВАНИЕ В СИСТЕМЕ «ЭЛТРАН»

Игольников Юрий Соломонович, Гурин Мансур Фяридович  
 ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева», г. Саранск,  
 тел.89513418386, E-mail: mansfar@yandex.ru

**Аннотация.** В статье приводятся результаты моделирования и экспериментальной проверки трехфазного комбинированного трансформатора, выполненного по патенту Мордовского государственного университета. Работа выполнена впервые. Трансформатор позволяет получить два вида вольтамперных характеристик: жесткую (в силовом режиме) и мягкую (в сварочном). Моделирование проводилось в системе «ЭЛТРАН». Экспериментальная проверка на изготовленном в лабораторных условиях трансформаторе. В статье приводятся основные электрические параметры и характеристики трансформатора.

**Ключевые слова:** трехфазный трансформатор; напряжение; ток; моделирование; ЭЛТРАН; схема трансформатора; вольтамперные характеристики.

Трёхфазный трансформатор (рис.1), позволяющий получить либо жёсткую, либо мягкую характеристику, был изготовлен в лабораторных условиях на мощность до 300 ВА (рис.2). Перед проведением испытаний было проведено его моделирование в программном комплексе ЭЛТРАН.

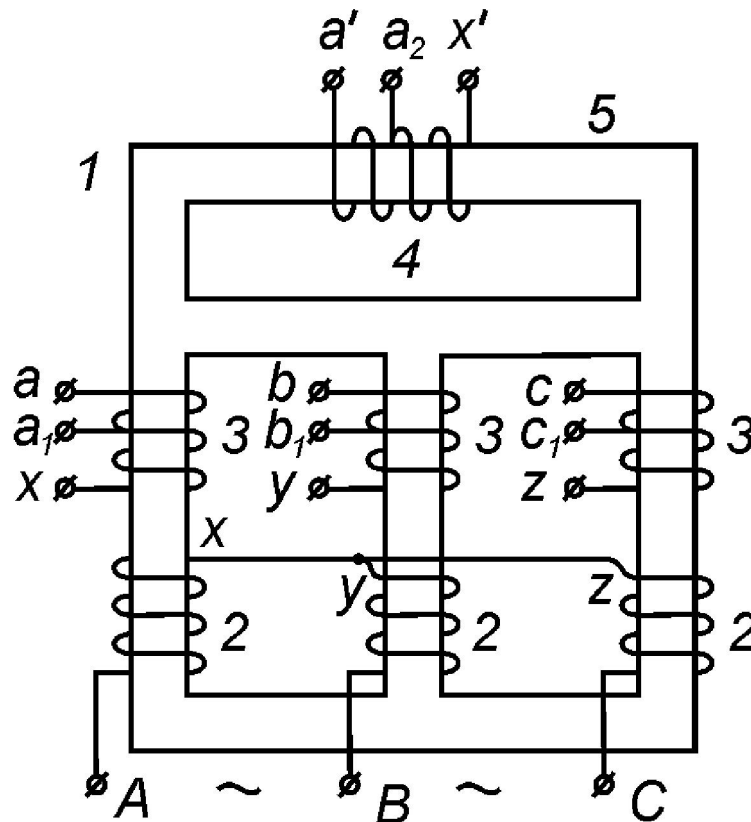


Рис. 1. Комбинированный трехфазный трансформатор.



Рис. 2. Вид экспериментального комбинированного трехфазного трансформатора

Перед построением математической модели трансформатора, определялись магнитные сопротивления сердечника трансформатора, сопротивление рассеивания и сопротивление намагничивания. Синтез теоретической модели включал в себя составление расчетных, электрических, магнитных и функциональных схем, подготовка и кодирование исходного описания модели на входном языке, отладка моделей.

Электрическая расчетная схема модели комбинированного трансформатора с дополнительной ветвью показана на рис.3 с индуктивно связанных ветвей LM.

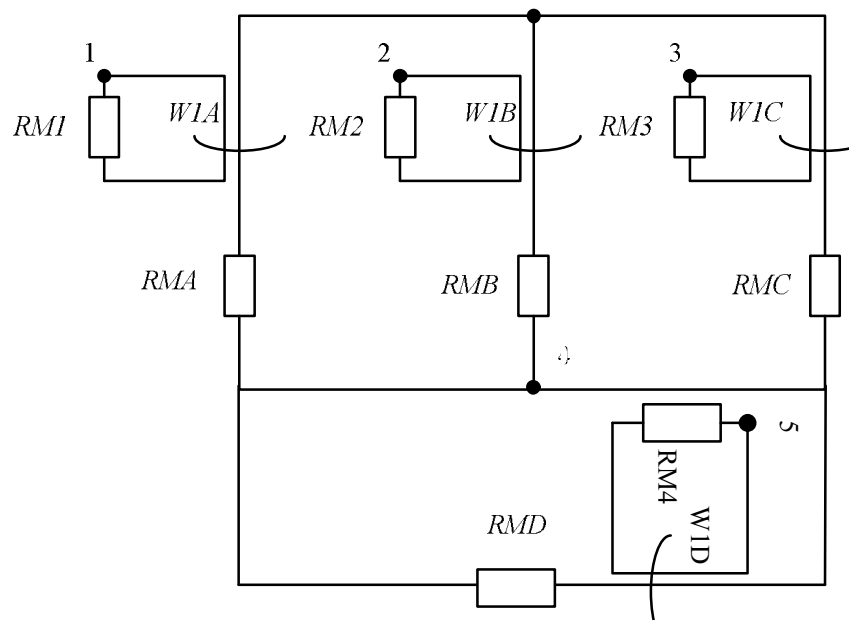


Рис. 3. Электрическая расчетная схема модели комбинированного трехфазного трансформатора с дополнительной ветвью.

На рисунке 4 представлена магнитная расчетная схема, на которой через  $RMA - RMD$  обозначены сопротивление намагничивания, через  $RMI - RMY$  – сопротивление рассеивания, а через  $WIA - WID$  – соответственно число витков первично и вторичной обмоток трансформатора. Цифрами как и на рисунке 3 обозначены начало и конец ветвей. По приведенной

схеме По приведенной схеме описывается каждый из элементов схемы: величина магнитного сопротивления, начальное значение магнитного потока, номер участка кусочно-линейной характеристики намагничивания, магнитной ветви, число витков обмоток, список ветвей охватываемых соответствующими обмотками. При составлении функциональной расчетной схемы описывались блоки, формирующие источники синусоидальной ЭДС.

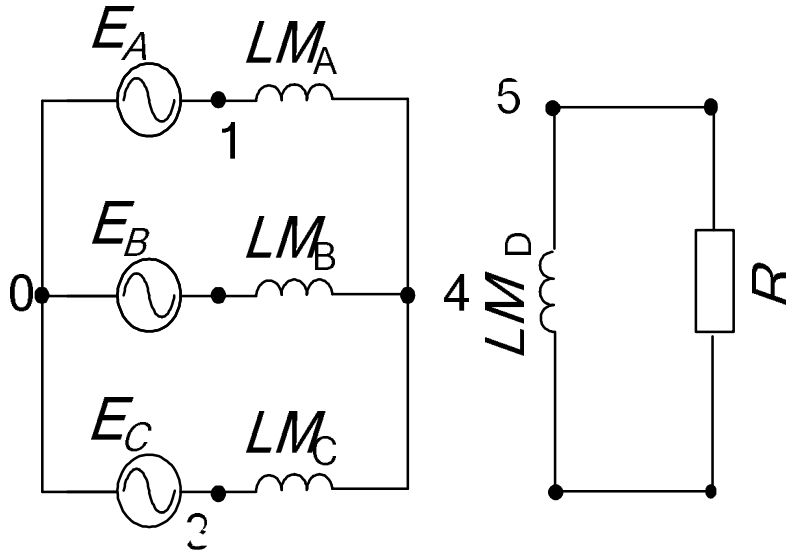


Рис. 4. Магнитная расчетная схема

Листинг параметров для режима работы обеспечивающей мягкую вольтамперную характеристику в соответствии с указанными электрической и магнитной схемами замещения, имеет вид:

Листинг 1. Мягкий режим комбинированного трансформатора

Масштаб тока-10.

Масштаб напряжения-100.

Масштаб времени-0.02

Имя КТ-КТ1

BLOCK E1;

'Описание электрической схемы замещения'

'Описание источников ЭДС'

EA NY=1,0 BX1=1,SINA,I1;

EB NY=2,0 BX1=1,SINB,I1;

EC NY=3,0 BX1=1,SINC,I1;

'Описание обмоток трансформатора в электрической схеме замещения'

LM1A NY=1,4;

LM1B NY=2,4;

LM1C NY=3,4;

LM1D NY=5,6;

'Описание цепи нагрузки'

R R=5.7 NY=5,6;

END E1;

'Описание магнитной цепи замещения'

BLOCK M1;

'Описание стержней трансформатора'

RMA RM=67812.0 NY=1,4 S=1;

```

RMB RM=67812.0 NY=1,4 S=1;
RMC RM=67812.0 NY=1,4 S=1;
RMD RM=1166.6 NY=5,6 S=1;
RM1 RM=25200000.0 NY=1,1 S=1;
RM2 RM=25200000.0 NY=2,2 S=1;
RM3 RM=25200000.0 NY=3,3 S=1;
RM4 RM=25200000.0 NY=5,5 S=1;
'Описание обмоток трансформатора в магнитной схеме замещения'
W1A W=388.0 WRM=1*RMA,1*RMA_1,1*RM1 BX1=1,LM1A,E1;
W1B W=388.0 WRM=1*RMB,1*RM2 BX1=1,LM1B,E1;
W1C W=388.0 WRM=1*RMC,1*RMC_1,1*RM3 BX1=1,LM1C,E1;
W1D W=21.0 WRM=1*RMD,1*RM4 BX1=1,LM1D,E1;END M1;
'Описание функций, задающих форму, частоту и амплитуду напряжения питающей сети'
BLOCK I1;
SINA-1 K1=3.8 TF=0.0 TP=0.02;
SINB-1 K1=3.8 TF=-6.66666E-3 TP=0.02;
SINC-1 K1=3.8 TF=6.66667E-3 TP=0.02;
END I1;

```

Расчет электромагнитных процессов в схеме осуществлялся в подсистеме «Дифур» и в подсистеме «Анализ». Полученные данные для режима, обеспечивающего жесткую и мягкую характеристики, приведены в соответствующих таблицах 1 и 2. Соответствующие вольтамперные характеристики представлены на рис. 5.

Таблица 1. Режим жесткой характеристики

<b>U(B)</b>	20	18,9	17,72	16,2	13,8	12,45
<b>I(A)</b>	0,7	1,69	2,45	3,89	5,3	6,03

Таблица 2. Режим мягкой характеристики.

<b>U(B)</b>	20,3	19,23	18	17	16	14,25	10	7	3,07
<b>I(A)</b>	0,74	1,39	1,76	2,1	2,17	2,55	2,97	3,12	3,27

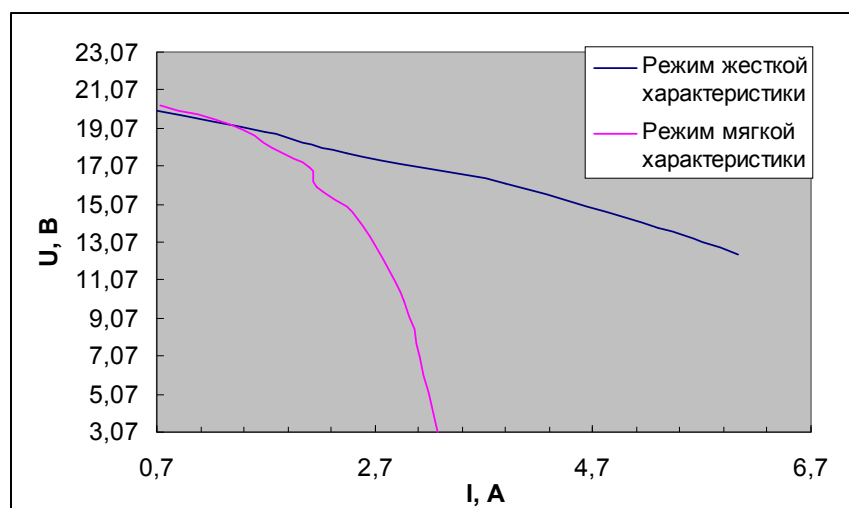


Рис. 5. Вольтамперные характеристики модели комбинированного трехфазного трансформатора.

Комбинированный трансформатор представленный на рисунке 2, был собран в лабораторных условиях на базе имеющегося трехфазного трансформатора, рассчитанного на напряжение 380 В сети, при вторичном фазном напряжении 22 В. Дополнительная магнитная ветвь получена путем соединения тигтовых пластин с крайними стержнями магнитопровода. На эту дополнительную ветвь была намотана обмотка, обеспечивающая на холостом ходу напряжение равное 21 В. Вольтамперные характеристики, сняты в «мягком режиме» и «жестком» (для средней обмотки) приведены на рисунке 6. Сравнительно низкое значение тока короткого замыкания связано с технологическими трудностями при сборке трансформатора.

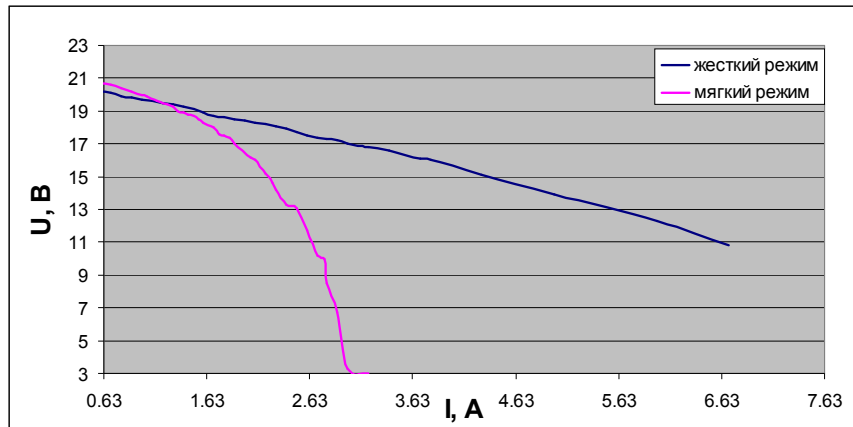


Рис. 6. Вольтамперные характеристики экспериментального комбинированного трансформатора, собранного в лабораторных условиях.

Изменение хода характеристики, направленное на увеличение тока К.З., было получено путем соединения дополнительной обмотки, с одной, двумя и тремя вторичными фазными обмотками, расположенными на основных стержнях 6-8. При соединении с одной обмоткой использовалась вторичная обмотка, расположенная на среднем стержне, при двух обмотках – линейное напряжение двух вторичных обмоток, при трёх – обмотки соединялись в «неправильный треугольник», дающий в сумме двойное фазное напряжение.

Представляет определенный интерес и соединение части дополнительной обмотки с одной или несколькими основными вторичными обмотками. В этом случае дополнительная обмотка, главным образом, играет роль индуктивного сопротивления, меньшего значения по сравнению с целой обмоткой, что приводит к увеличению тока короткого замыкания и изменению вида характеристики  $Y=f(U)$

Таким образом, комбинированный трансформатор обеспечивает получение мягкой вольтамперной характеристики наряду с жесткой, с возможностью её изменения в необходимых пределах. Было бы целесообразно изготовить такой трансформатор в заводских условиях на большую мощность и провести его дальнейшее исследование с целью последующего внедрения.

#### Список использованной литературы

1. Патент РФ № 2001115457/09, 20.08.2003. Ю. С. Игольников. Трехфазный трансформатор // Патент России №2210827. 2001. Бюл. №23
2. Федотов Ю.Б. Математическое моделирование вентильных преобразователей. – Саранск.: МГУ имени Н.П. Огарева, 1994. – 92 с.

3. Игольников Ю.С. Комбинированный трехфазный трансформатор // Наука и инновации в Республике Мордовия: материалы V Республиканской научь-практ. конф. - Саранск, 2006. – С.105-108.
4. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. 10-е изд., стереотип. М.: Гардарики, 2002. 638 с.
5. Мустафа Г.М., Шаранов И.М., Тингаев В.Н. Система программ для моделирования устройств преобразовательной техники // Электротехника №6. – Москва, 1978. – С. 6-10.

## PILOT MODEL OF THE COMBINED THREE-PHASE TRANSFORMER AND MODELING IN SYSTEM "ELTRAN"

Yury Igochnikov, Mansur Gurin  
Mordovian N. P. Ogarev State University, Saransk, ph. 89513418386,  
E-mail: mansfar@yandex.ru

**Annotation.** In article results of modeling and the experimental check of the three-phase combined transformer fulfilled under the patent of the Mordovian state university are resulted: RU 2210827 7H 01F29/02 20. 08. 2003 Bul. №23. Operation is fulfilled for the first time. The transformer allows to receive two types of current voltage characteristics: rigid (in a force mode) and soft (in welding). Modeling was led in system "ELTRAN". The experimental check on the transformer made in vitro. In article the main electrical parameters and transformer characteristics are resulted.

**Key words:** the three-phase transformer; pressure; a current; modelling; ELTRAN; the transformer circuit; current voltage characteristics.