

Торайғыров университетінің хабаршысы  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Вестник Торайғыров университета

---

# Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



## ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия  
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 4 (2020)

---

Павлодар

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**  
**Вестник Торайгыров университета**

**Энергетическая серия**  
выходит 4 раза в год

---

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

публикация материалов в области электроэнергетики,  
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и  
информационных систем, электромеханики и  
теплоэнергетики

**Подписной индекс – 76136**

---

**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.

*к.т.н., доцент*

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

**Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*  
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*  
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*  
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*  
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*  
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*  
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

---

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели  
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов  
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

<https://doi.org/10.48081/BQKM5775>

**А. Н. Новожилов<sup>1</sup>, Т. А. Новожилов<sup>2</sup>,  
Д. М. Рахимбердинова<sup>3</sup>, Е. Н. Колесников<sup>4</sup>, Е. М. Волгина<sup>5</sup>**

<sup>1,3,4,5</sup>Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;

<sup>2</sup>Омский государственный технический университет, Российская Федерация, г. Омск.

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТОКОВ В ОБМОТКАХ ТРАНСФОРМАТОРА ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ ЕГО В СЕТЬ**

*Включение трансформатора в сеть сопровождается переходным процессом, при котором ток в его обмотках резко возрастает из-за наличия насыщения магнитопровода и остаточного намагничивания сердечника. В настоящее время моделирование ток намагничивания в обмотке стержня рассчитывается вручную с использованием заданной графически кривой намагничивания стали стержне от тока в обмотке. Это трудоемкий процесс, основная погрешность моделирования тока в обмотке при котором возникает из-за того, что при этом не учитывается реальная зависимость магнитного потока в сердечнике и его остаточная намагниченность. В связи с этим целью исследования является разработка практических аспектов моделирования токов в обмотках трансформатора при включении его в сеть, которые позволят в значительной мере избавиться от этого. Для этого суммарный магнитный поток в стержне в процессе моделирования тока намагничивания определяется по зависимости магнитного потока от этого тока, получаемой экспериментально для этого магнитопровода, оценку величины магнитного потока осуществлять с учетом остаточной намагниченности магнитопровода. Для оценки адекватности предложенной расчетной модели в работе приведен сопоставительный анализ результатов моделирования и эксперимента зависимости  $I_0 = f(t)$  на однофазном экспериментальном трансформаторе, изготовленном на базе трехфазного трансформатора ТТ-6. Этот анализ показал, что погрешность моделирования составляет около 10%. Кроме того, выявлено, что кратность отношения наибольшего значения тока в*

*обмотке трансформатора к его установившемуся значению мало зависит от величины его нагрузки, а погрешность моделирования этой кратности составляет около 5 %. Это подтверждает то, что моделирование величины броска тока намагничивания должно осуществляться в режиме холостого хода трансформатора. Анализ погрешностей результатов моделирования показывает, что моделирование величины броска тока намагничивания должно осуществляться в режиме холостого хода трансформатора, а их величина при этом будет вполне удовлетворять требования релейной защиты.*

*Ключевые слова: трансформатор, математическая модель, моделирование токов, режим включения в сеть, магнитный поток, кривая намагничивания, бросок тока намагничивания.*

### **Введение**

Как известно [1, 2] включение трансформатора в сеть сопровождается переходным процессом, при котором ток в его обмотках резко возрастает. Этот процесс является следствием насыщения магнитопровода и его остаточного намагничивания сердечника, возникающего после отключения трансформатора от сети. В релейной защите этот процесс обычно называют броском тока намагничивания, который следует учитывать при определении тока срабатывания реагирующего органа и времени срабатывания задерживающего органа любой токовой защиты трансформатора [3, 4].

Традиционно математическое моделирование броска тока намагничивания трансформатора основано на моделировании магнитного потока в ферромагнитном стержне сердечника при включении обмотки трансформатора в сеть [2, 4]. При этом ток намагничивания в обмотке трансформатора определяется графически с использованием зависимости  $\Phi = f(I_0)$ , где  $\Phi$  – магнитный поток в стержне сердечника;  $I_0$  – ток холостого хода трансформатора.

Однако построение зависимости  $i_0 = f(t)$  графическим способом в переходном процессе длительностью 0,5–15 с является достаточно трудоемким процессом.

### **Материалы и методы**

Моделирование невозможно осуществить без зависимости  $\Phi = f(I_0)$  для конкретного трансформатора, которая не всегда тождественна зависимости  $B = f(H)$  стали сердечника, где  $H$  и  $B$  – напряженность и индукция магнитного поля в стержне.

При моделировании  $i_0 = f(t)$  не учитывается остаточная намагниченность стержня магнитопровода.

В значительной мере избежать влияния этих факторов на процесс моделирования броска тока намагничивания для нужд релейной защиты можно, если моделирование осуществлять следующим образом.

### Результаты и обсуждения

В соответствии с [2, 4, 5] и схемой на рисунке 1, а переходной процесс в однофазном трансформаторе с отключенной нагрузкой при включении его сеть можно описать нелинейным дифференциальным уравнением

$$u_1 = i_0 R_1 + d\psi_1 / dt = i_0 R_1 + w_1 d\phi_1 / dt \quad (1)$$

где  $u_1$  – мгновенное значение напряжения на первичной обмотке;  $R_1$  – активное сопротивление первичной обмотки;  $\psi_1$  и  $\phi_1$  – потокосцепление и магнитный поток первичной обмотки;  $w_1$  – число витков первичной обмотки.

Мгновенное значение напряжения первичной обмотки определяются как

$$u_1 = U_{1m} \cos(\omega t + \alpha_1) \quad (2)$$

где  $U_{1m}$  – амплитудное значение напряжения в сети;  $\omega$  – угловая частота сети;  $\alpha_1$  – угол сдвига по фазе.

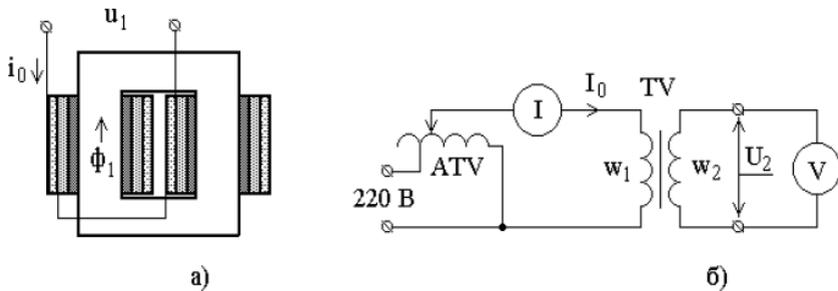


Рисунок 1 – Схемы трансформатора для построения зависимости  $i_0 = f(t)$

Если в соответствии с [2] допустить, что

$$i_0 = w_1 \phi_1 / L_0 \quad (2)$$

а член системы уравнений (1)  $d\psi_A / dt$  представить в виде  $w_1 d\phi_A / dt$  то тогда уравнение (1) преобразуется в линейное дифференциальное уравнение с постоянными коэффициентами, которое можно представить в виде

$$u_1 / w_1 = (R_1 / w_1) \phi_1 + d\phi_1 / dt \quad (3)$$

где  $L_0$  – индуктивность первичной обмотки трансформатора.

В соответствии с [1] решение линейного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами можно представить в виде

$$\phi_1 = \phi_{п1} + \phi_{а1} \quad (4)$$

где  $\phi_{п1}$  и  $\phi_{а1}$  – периодическая и аperiodическая составляющие магнитного потока первичной обмотки.

При этом мгновенное значение периодической и аperiodической составляющих магнитного потока определяются как

$$\phi_{п1} = \frac{U_1}{\omega w_1} \sin \omega t \text{ и } \phi_{а1} = -\phi_{а1m} e^{-(R_1 / L_0)t} \quad (5)$$

где  $\phi_{а1m}$  – величина аperiodической составляющей магнитного потока принимаемая равной периодической составляющей магнитного потока на момент включения трансформатора в сеть, но с отрицательным знаком.

Согласно [2] расчет индуктивности и индуктивного сопротивления первичной обмотки можно определить из опыта холостого хода. Допустив, что трансформатор работает в ненасыщенном режиме

$$Z_0 = \dot{U}_1 / \dot{I}_0, X_0 = \sqrt{Z_0^2 - R_1^2} \text{ и } L_0 = X_0 / \omega \quad (6)$$

где  $Z_0$  – в соответствии с [2] сопротивление взаимной индукции;  $U_1$  – действующее напряжение первичной обмотки;  $X_0$  – реактивная составляющая сопротивления взаимной индукции [2].

Активное сопротивление  $R_1$  обмотки трансформатора можно рассчитать по общеизвестным формулам. Однако значительно проще и точнее его можно получить непосредственно путем замера с помощью моста постоянного тока.

Зависимость  $\Phi = f(I_0)$  в известной степени определена кривой намагничивания  $B = f(H)$  марки стали, из которой изготовлен магнитопровод трансформатора, а также его размерами и конструкцией. Однако в связи со сложностью расчета по этим данным зависимости  $\Phi = f(I_0)$  строить ее предлагается экспериментальным путем.

Для построения зависимости  $\Phi = f(I_0)$  можно воспользоваться экспериментальной установкой, схема которой приведена на рисунке 1,б, где ATV – автотрансформатор; TV – исследуемый однофазный трансформатор;  $w_2$  – число витков измерительной обмотки.

На этой установке ток в первичной обмотке исследуемого трансформатора задается автотрансформатором ATV. Магнитный поток в магнитопроводе определяется из уравнения

$$\Phi = U_2 / (4,44fw_2) \quad (7)$$

где  $U_2$  и  $w_2$  – напряжение и число витков измерительной обмотки, в качестве которой может использоваться любая вторичная обмотка.

Для экспериментальных исследований использовался экспериментальный однофазный трансформатор, изготовленный на базе трансформатора ТТ-6 мощностью 6,0кВА. Параметры этого трансформатора приведены в таблице

1. Полученная экспериментально на нем зависимость  $\Phi = f(I_0)$  для максимального значения  $I_0 = 0,3$  А приведена на рисунке 2. При больших значениях тока  $I_0$  с учетом геометрических построений на рисунке 3 расчетное значение магнитного потока определяют путем использования аналитического выражения

$$\Phi_p = \Phi_k + (\Phi_k - \Phi_H)(I_p - 0,3) / 0,3 \quad (8)$$

где  $I_p$  – принимаемая величина тока в обмотке трансформатора;  $\Phi_p$  – рассчитанное значение магнитного потока в стержне;

$$\Phi_k = 0,00515 \text{ тл}; \quad \Phi_H = 0,00465 \text{ тл}$$

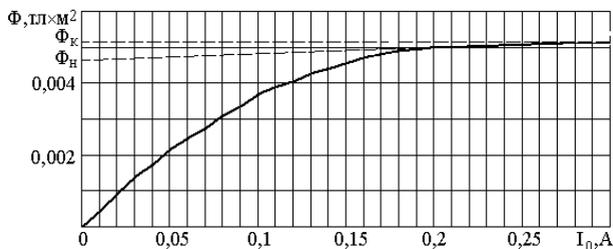


Рисунок 2 – Экспериментальная зависимость  $\Phi = f(I_0)$  для экспериментального трансформатора

Таблица 1 – Параметры экспериментального трансформатора

Параметры трансформатора	Обозначение	Величина
Напряжение питания, В	$U_1$	220
Ток холостого хода трансформатора, А	$I_0$	0,095
Число витков в первичной обмотке, вит.	$w_1$	$2 \times 146$
Активное сопротивление первичной обмотки, Ом	$R_1$	0,8

Для моделирования тока в первичной обмотке однофазного трансформатора с помощью «Турбо – Бейсика» докторантами Колесниковым Е. Н. и Рахимбердиновой Д. М. под руководством д.т.н., профессором Новожиловым А. Н. была разработана программа, позволяющая моделировать эти токи на произвольном трансформаторе.

Результаты моделирования и эксперимента зависимости  $i_0 = f(t)$  трансформатора ТТ-6 приведены на рисунках 3 и 4, где на рисунках 3,а и 4,а показаны зависимости  $i_0 = f(t)$  длительностью 13 секунд, а на рисунках 3,б (4,б) и 3,в (4,в) начало (конец) этих зависимостей. Из этих рисунков видно, что затухания тока в обмотках в зависимости от времени полеченное экспериментально и расчетным путем в течение 13 секунд происходит практически одинаково.

Кроме этого из рисунков 3,б и 4,б, а также рисунков 3,в и 4,в видно, что расчетное и экспериментальное значение токов  $i_0$  в начале и конце указанного периода времени различается не более чем на 10 %.

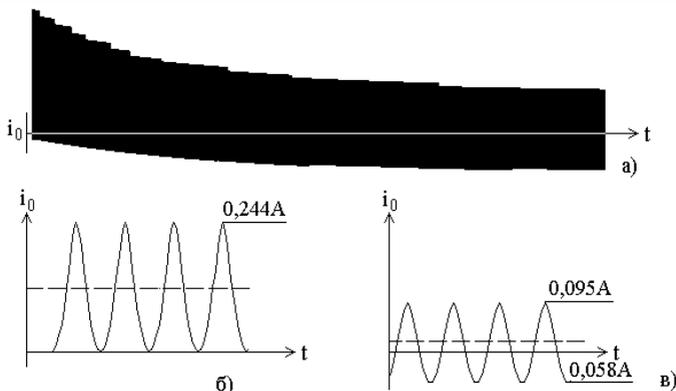


Рисунок 3 – Полученный расчетным путем процесс затухания тока в обмотке при включении экспериментального трансформатора в сеть без учета остаточной намагниченности стержня

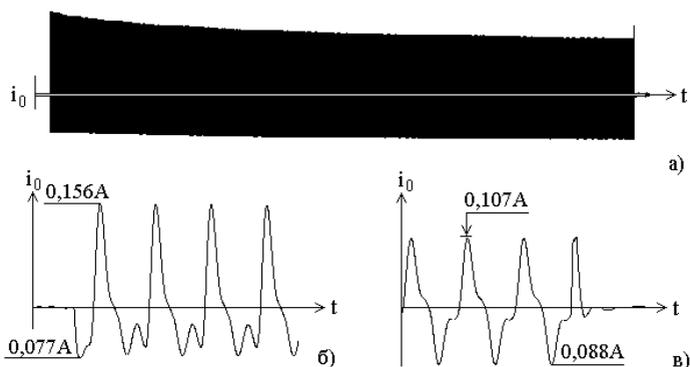


Рисунок 4 – Осциллограмма процесс затухания тока в обмотке при включении экспериментального трансформатора в сеть

В соответствии с начальными условиями при решении дифференциального уравнения (3) магнитный поток в стержне и ток в первичной обмотке трансформатора на момент его включения в сеть должны равняться нулю. Что и показано на рисунках 3,а и 3,б. В связи с этим ток  $I_0$  в начальный период переходного процесса является либо только положительным, либо только отрицательным (рисунок 3,б). Однако из осциллограмм на рисунках 4,а и 4,б видно, что в реальном процессе ток  $I_0$  может принимать как положительное, так и отрицательное значение. Такое возможно только в случае, когда

магнитный поток  $\Phi_1$  в стержне на момент включения трансформатора равен не нулю, а магнитному потоку  $\Phi_{o1}$  от остаточной индукции в стержне сердечника. В конкретном случае он составляет примерно 30 % от периодической составляющей магнитного потока.

В связи с этим магнитный поток в стержне следует определять как

$$\Phi_1 = \Phi_{п1} + \Phi_{a1} + \Phi_{o1} \quad (9)$$

где  $\Phi_{o1}$  – остаточная составляющая магнитного потока.

Анализ рисунков 3,а и 4,а показывает, что магнитный поток от остаточной индукции должен затухать аналогично аperiodической составляющей магнитного потока. В связи с этим

$$\Phi_{o1} = -\Phi_{o1m} e^{-(R_1/L_m)t} \quad (10)$$

где  $\Phi_{o1m}$  – величина аperiodической составляющей магнитного потока от остаточной индукции в стержне на момент включения трансформатора в сеть, но с отрицательным знаком. Ее следует определять по зависимости

$\Phi = f(I_0)$  и величине тока в обмотке на момент отключения трансформатора от сети.

В связи с этим наибольшей величины магнитный поток в стержне может достигнуть в случае, когда  $\Phi_{o1}$  будет совпадать по знаку с потоком  $\Phi_{a1}$ , а включение трансформатора произойдет при достижении периодической составляющей тока своего максимума. В этом случае результате  $\Phi_1$  может величины близкой к  $2,5U_1 / \omega w_1$ . В связи с этим максимальное значение тока в обмотке трансформатора при включении его в сеть с учетом (8) и рисунка 2 при  $\Phi_K = 0,00515$  Тл и  $\Phi_H = 0,00465$  Тл определяется как

$$I_0 = 0,3[1 + (2,5U_1 / \omega w_1 - \Phi_H) / (\Phi_K - \Phi_H)] = 1,107 \text{ А} \quad (11)$$

То есть при включении трансформатора в сеть ток в обмотке трансформатора может превышать его установившееся значение примерно в 10,3 раза.

Поверить правильность этого утверждения можно по рисунку 5, где приведена осциллограмма многократного включения экспериментального трансформатора в сеть в режиме холостого хода. В соответствии с

Этим рисунком максимальное значение тока в обмотке при включении трансформатора в сеть в этих режимах превышает установившееся значение этого тока примерно в 9,8 раз. То есть расхождение результатов расчета и эксперимента составляет около 5 %.

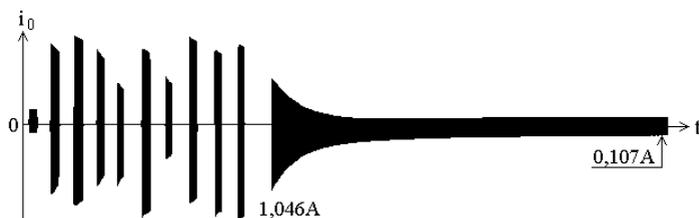


Рисунок 5 – Осциллограмма многократного включения экспериментального трансформатора в сеть в режиме холостого хода



Рисунок 6 – Осциллограмма многократного включения экспериментального трансформатора в сеть в режиме нагрузки

Осциллограмма многократного включения экспериментального трансформатора в сеть в режиме нагрузки приведены на рисунке 6. Из нее видно, что максимальное значение тока в обмотке при включении трансформатора в сеть в этом режиме превышает аналогичное значение тока в режиме холостого хода в 1,2 раза, а установившееся значение этого тока в режиме нагрузки 2,57 раза. Что подтверждает мнение о достаточности моделирования этого переходного процесса в режиме холостого хода.

### Выводы

1 Предложен экспериментальный метод и установка для определения зависимости тока холостого хода от магнитного потока в стержне магнитопровода с неизвестными параметрами, а также математическая модель по расчету тока в обмотке трансформатора с учетом остаточной намагниченности магнитопровода при включении его в сеть.

2 Осуществлена проверка адекватности предложенной модели по расчету тока в обмотке трансформатора при включении его в сеть. Проверка осуществлялась путем сопоставления результатов моделирования и эксперимента на однофазном трансформаторе ТТ-6. Проверка показала, что погрешность моделирования составляет около 10 %, что вполне удовлетворяет требованиям релейной защиты.

3 Выявлено, что кратность отношения наибольшего значения тока в обмотке трансформатора к его установившемуся значению мало зависит от величины нагрузки, а погрешность моделирования этой кратности составляет около 5 %.

### Список использованных источников

1 **Бессонов, Л. А.** Теоретические основы электротехники / Бессонов Л. А. – М. : Высшая школа, – 1967. – 775 с.

2 **Иванов-Смоленский А. В.** Электрические машины. – М. : Энергия, 1980. – 909 с.

3 **Беркович, М. А., Молчанов, В. В., Семенов, В. А.** Основы техники релейных защит. – М. : Энергоатомиздат 1984. – 232 с.

4 **Чернобровов Н. В.** Релейная защита. – 4-е издание. – М. : Энергия, 1974. – 680 с.

5 **Новожилов, А. Н., Новожилов, Т. А.** Релейная защита однофазного трансформатора на магнитных трансформаторах тока / Новожилов А. Н. – Павлодар: Кереку, 2017. – 116 с.

### References

1 **Bessonov, L. A.** Teoreticheskie osnovy elektrotekhniki [Bessonov L. A. Theoretical Foundations of Electrical Engineering]. – М. : Vysshaya shkola, – 1967. – 775 s.

2 **Ivanov-Smolenskij A. V.** Elektricheskie mashiny [Ivanov-Smolenskij A. V. Electric Cars]. – М. : Energiya, 1980. – 909 s.

3 **Berkovich, M. A.** Osnovy tekhniki relejnyh zashchit. [Berkovich M. A. Fundamentals of Relay Protection Technology]. – М. : Energoatomizdat, 1984. – P. 232.

4 **Chernobrovov, N. V.** Relejnaya zashchita [Chernobrovov N. V. Relay Protection]. – 4-e izdanie. – М. : Energiya, 1974. – 680 s.

5 **Novozhilov, A. N., Novozhilov, T. A.** Relejnaya zashchita odnofaznogo transformatora na magnitnyh transformatorah toka [Novozhilov A. N. Relay protection of a single-phase transformer on magnetic current transformers]. – Pavlodar : Kereku, 2017. – 116 s.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

*А. Н. Новожилов<sup>1</sup>, Т. А. Новожилов<sup>2</sup>, Д. М. Рахимбердинова<sup>3</sup>,  
Е. Н. Колесников<sup>4</sup>, Е. М. Волгина<sup>5</sup>*

### **Трансформатордың орамаларында оны желіге қосу кезіндегі токтарды модельдеудің практикалық аспектілері**

<sup>1,3,4,5</sup>Торайғыров университеті,  
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ;  
<sup>2</sup>Омбы мемлекеттік техникалық университеті,  
Ресей Федерациясы, Омбы қ.  
Материал баспаға 11.12.20 түсті.

*A. N. Novozhilov<sup>1</sup>, T. A. Novozhilov<sup>2</sup>, D. M. Rakhimberdinova<sup>3</sup>,  
E. N. Kolesnikov<sup>4</sup>, E. M. Volgina<sup>5</sup>*

### **Practical aspects of modeling currents in windings of a transformer when connecting it to the network**

<sup>1,3,4,5</sup>Toraighyrov University,  
Republic of Kazakhstan, Pavlodar;  
<sup>2</sup>Omsk State Technical University,  
Russia Federation, Omsk.  
Material received on 11.12.20.

*Трансформатордың желіге қосылуы өтпелі үдеріспен қатар жүреді, онда оның орамындағы ток магнит өткізгіштің қанығуы және өзекшенің қалдық магниттелуі болуына байланысты күрт артады. Қазіргі уақытта өзек орамасында магниттелу тогын модельдеу өзекшенің орамасында токтан болатын графиктік қисық магниттелу арқылы қолмен есептеледі. Бұл көп еңбекті қажет ететін процесс, орамадағы токтың үлгілеуінің негізгі қателігі, бұл жағдайда өзекшедегі магнит ағынының нақты тәуелділігі және оның қалдық магниттілігі ескерілмейді. Осыған байланысты, зерттеудің мақсаты трансформатордың орамаларындағы токтарды модельдеудің практикалық аспектілерін жасау, оны желіге қосу, ол осыдан едәуір құтылуға мүмкіндік береді. Әдістері. Бұл үшін магниттелу тогын модельдеу процесінде өзекшедегі қосынды магнит ағыны осы магнит өткізгіш үшін алынған осы токтан магнит ағынының тәуелділігімен анықталады, магнит ағынының мөлшерін бағалауды магнит өткізгіштің қалдық магниттелуін есепке ала отырып жүзеге асыру. Нәтижелер. Берілген есептеу моделінің адекваттығын бағалау үшін жұмыста тт-6 үшфазалы трансформатордың базасында жасалған бірфазалы эксперименталдық трансформаторда модельдеу және тәуелділік эксперимент нәтижелерінің салыстырмалы талдауы келтірілген.*

*Бұл талдау модельдеу қателігі шамамен 10 % екенін көрсетті. Сонымен қатар, трансформатордың орамындағы тоқтың ең үлкен мәнінің оның белгіленген мәніне қатынасы еселігі оның жүктемесінің көлеміне аз тәуелді емес, ал осы еселікті модельдеу қателігі шамамен 5 % құрайды. Бұл магниттелу тогының лақтыру шамасын модельдеу трансформатордың бос жүріс режимінде жүзеге асырылуы тиіс екенін растайды. Талдау нәтижелерінің қателіктерін модельдеу көрсеткендей, модельдеу шамасын лақтыру магниттеу тогы жүзеге асырылуы тиіс бос жүріс режиміндегі трансформатордың, ал олардың шамасы бұл әбден қанағаттандыруы тиіс талаптар ретілік қорғау.*

*Кілтті сөздер: трансформатор, өткізгіш, қосылу режимі, магнит ағыны, магниттеу қисығы, магниттейтін ток күші*

*Current relay protection of transformers from short circuits in windings, as a rule, is detached from the through currents that occur during short-circuit on the low side and inrush currents of magnetization. In this case, the mathematical simulation of the inrush of the magnetization current in the transformer windings is based on modeling the magnetic flux in the ferromagnetic core core when its winding is connected to the network. However, at present this is a laborious graphoanalytical process in which the remanent magnetization of the rod is not taken into account, and the calculation is made using the dependence of the steel of the magnetic circuit. This leads to significant errors in the simulation of current in the winding. To avoid this, it is proposed to use the dependence obtained experimentally for the magnetic circuit, to estimate the magnitude of the magnetic flux on the residual magnetization of the rod and, taking this into account, calculate the total magnetic flux in the rod during the simulation of the magnetization current surge. To assess the adequacy of the constructed computational model, a comparative analysis of the simulation results and the dependence experiment on a single-phase experimental transformer made on the basis of the TT-6 three-phase transformer is given in the work. This analysis showed that the modeling error is about 10 %. It was also revealed that the ratio of the ratio of the highest current value in the transformer winding to its steady-state value depends little on its load, and the modeling error of this ratio is about 5 %. This confirms that the simulation of the magnitude of the magnetization current surge should be carried out in the idle mode of the transformer.*

*Keywords: transformer, mathematical model, simulation of currents, switching on mode, magnetic flux, magnetizing curve, magnetizing current inrush.*

Теруге 11.12.2020 ж. жіберілді. Басуға 17.12.2020 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

3,99 Мб RAM

Шартты баспа табағы 26,6. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Шукурбаева

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3715

Сдано в набор 11.12.2020 г. Подписано в печать 17.12.2020 г.

Электронное издание

3,99 Мб RAM

Усл. печ. л. 26,6. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Шукурбаева

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3715

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

8 (7182) 67-36-69

e-mail: [kereku@tou.edu.kz](mailto:kereku@tou.edu.kz)

[www.vestnik.tou.edu.kz](http://www.vestnik.tou.edu.kz)