

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

№ 1 (2023)

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

<https://10.48081/BNAS6555>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.
к.т.н., профессор

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

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*
Алиферов А.И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Кошеков К.Т., *д.т.н., профессор*
Приходько Е.В., *к.т.н., профессор*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD*
Омарова А.Р., *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

© Торайгыров университет

***Д. М. Рахимбердинова¹, А. Н. Новожилов²,
Е. Н. Колесников³, Т. А. Новожилов⁴**

^{1,2,3}Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;

⁴Омский государственный технический университет, Россия, г. Омск

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЙ И ТОКОВ В КОРОТКОЙ СЕТИ ПРИ ДУГОВЫХ ЗАМЫКАНИЯХ

Короткая сеть на рудотермических производствах, осуществляющая передачу электрической энергии от печного трансформатора к электродам печи является одним из важнейших элементов. Одним из ее наиболее часто встречающихся электрических повреждений в ней являются дуговые замыкания, которые способны за очень короткое время осуществить полное разрушение весьма дорогостоящего шинного пакета. Определение токов в элементах шинного пакета при дуговых замыканиях сопряжено со значительными трудностями из-за сложной конфигурации короткой сети и больших токов в ней. В связи с этим предложена экспериментальная установка для определения сопротивлений элементов шинного пакета короткой сети, в которой обратный измерительный проводник размещают в геометрическом центре шинного пакета, а в качестве прямого провода используют ближайшую к нему трубошину. Это позволяет в значительной степени избавиться от ЭДС, индуцируемой в контурах измерительной схемы магнитными полями от токов в фазах короткой сети. Для упрощения определения токов и сопротивлений в элементах шинного пакета по полученным экспериментальным данным разработана программа «LINE 1» в среде Turbo Basic. Предложена методика определения токов в элементах шинного пакета в случае возникновения дугового замыкания между трубошинами одной из пар, которая базируется на использовании ее расчетных данных.

Ключевые слова: рудотермическое производство, печной трансформатор, короткая сеть, сопротивление шинного пакета, погрешности измерения, дуговое замыкание, внешнее магнитное поле.

Введение

Одним из важных элементов рудотермической печи является короткая сеть [1-3]. С ее помощью осуществляется передача электрической энергии от печных трансформаторов к электродам этой печи. В инженерном отношении конструкция короткой сети сложна. Обычно она состоит из неподвижных элементов в виде шинного пакета и подвижных элементов в виде компенсатора, гибких связей, системы башмаков и контактных щек [1,3]. Пример схемы короткой сети приведен на рисунке 1,а, где 1 – печной трансформатор; 2 – компенсатор; 3 – шинный пакет; 4 – электроды печи. Самой длинной частью короткой сети рудотермических электрических печей является шинный пакет [1-4]. В связи с этим именно на его долю приходится значительная часть дуговых замыканий (ДЗ) в короткой сети.

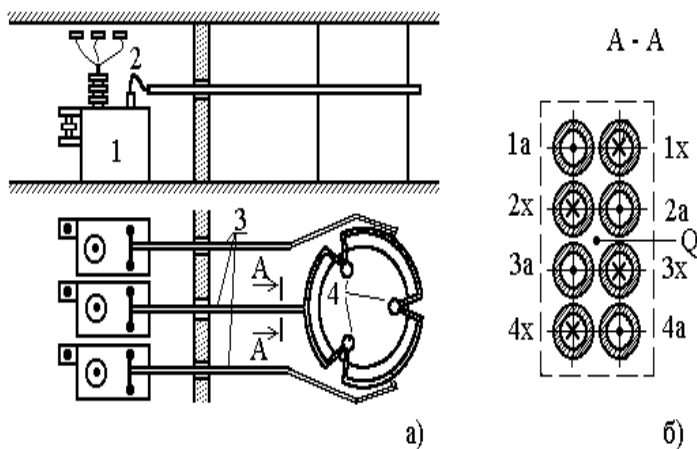


Рисунок 1 – Схема короткой сети (а) рудотермической печи и сечение (б) ее шинного пакета

Практически всегда напряжение в короткой сети равно 120-350 В [1,2]. При этом рабочие токи достигают величины 35-150 кА. Поэтому с целью сокращения потерь электроэнергии шинный пакет выполняют в виде набора медных трубошин, число пар которых равно числу расщеплений [5]. Пример размещения трубошин в шинном пакете при четырех расщеплениях

вторичной обмотки однофазного трансформатора приведен на рисунке 1,б. Направление тока в этих трубошинах на этом рисунке обозначено знаками (X) и (•). Такое расположение проводников с токами в шинном пакете называется бифилярным. Его используют для того, чтобы снизить величину магнитного поля от токов в шинном пакете, а, следовательно, уменьшить его индуктивное сопротивление и потери электроэнергии в нем [6-8].

При таком расположении трубошин в шинном пакете ДЗ возможны только между трубошинами одного расщепления [3], то есть теми, которые лежат в одном горизонтальном ряду. В настоящее время для предотвращения ДЗ между трубошинами используют изоляцию [1,3]. Однако короткая сеть работает в условиях высоких температур, а также при наличии в окружающей среде большого количества угольной пыли и абразивных продуктов горения печи, которые перемещаются со значительной скоростью. В связи с этим под воздействием такой окружающей среды в процессе эксплуатации происходит интенсивное разрушение изоляции трубошин. В результате за счет возникновения проводящего мостика из угольной пыли между трубошинами одного расщепления может возникнуть ДЗ, которое за очень короткое время способно инициировать полное разрушение дорогостоящего шинного пакета. Этого можно избежать, если для защиты короткой сети использовать токовую защиту. Однако для реализации такой защиты необходимы величины токов в трубошинах как в нормальном режиме печи, так и при ДЗ. Определять эти токи предлагается следующим образом.

Материалы и методы

В основе предлагаемого метода определения сопротивлений и токов в шинном пакете короткой сети при дуговых замыканиях лежат экспериментальные исследования. Как известно [1-3, 9], существующие на сегодняшний день расчетные и экспериментальные методы по определению сопротивлений шинного пакета обладают существенными погрешностями. Эти погрешности вызваны сложной конфигурацией короткой сети, значительными внешними магнитными полями и наличием ферромагнитных элементов печи. Этого можно избежать, если для определения сопротивлений и токов в шинном пакете короткой сети при дуговых замыканиях воспользоваться графоаналитическим методом, который предложен в [10]. Однако в этом методе не указано, какие элементы шинного пакета и каким образом следует использовать для измерения падения напряжения на шинном пакете.

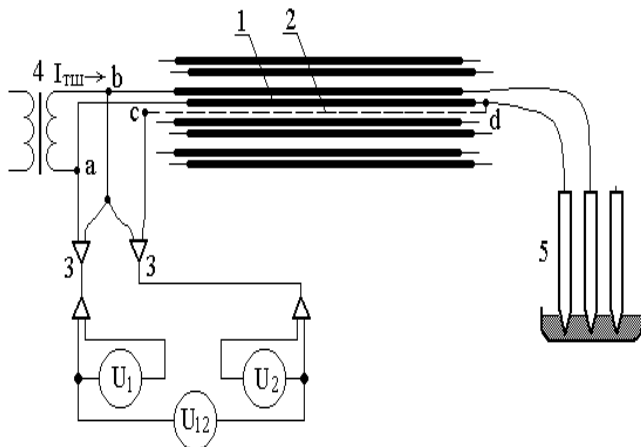


Рисунок 2 – Схема для измерения параметров короткой сети

Как показали многочисленные эксперименты наиболее перспективной схемой для измерения падения напряжения является схема, приведенной на рисунке 2, где 1 – трубошина шинного пакета короткой сети, которая используется при измерениях; 2 – обратный измерительный проводник,

3 – соединительные кабели; 4 – печной трансформатор; 5 – электроды печи; U_1 и U_2 – напряжение в начале и конце шинного пакета; U_{12} – падение напряжения на шинном пакете.

С учетом этой схемы полное сопротивление трубошины шинного пакета, присоединяемой к расщеплению вторичной обмотки печного трансформатора, определяется как

$$Z_{\text{ТШ}} = U_{12} / I_{\text{ТШ}} \quad (1)$$

где $I_{\text{ТШ}}$ – ток в паре трубошин.

Согласно [1-3, 9–10], при измерении величины падения напряжения U_{12} на результаты измерения оказывает сильное влияние ЭДС в контурах образованных соединительными проводами измерительных приборов и элементами шинного пакета, которая индуцируется магнитными полями токов в короткой сети. А поскольку эти токи имеют большую величину, то погрешность измерения U_{12} соизмерима с ее величиной.

Влияние магнитных полей токов в короткой сети на результаты измерения можно значительно уменьшить, если для измерения U_{12}

использовать обратный измерительный проводник.. Этот проводник следует располагать в геометрическом центре шинного пакета. На рисунке 1,б место его расположения помечено точкой Q. При этом в качестве прямого проводника используется одна из близко расположенных к нему трубошин. Например, трубошина, которая на рисунке 1,б помечена как 2а. В результате ЭДС в измерительных цепях индуцируемая токами в проводниках короткой сети будет значительно меньше измеряемых величин напряжений U_1 , U_2 и U_{12}

При подключении измерительных вольтметров к шинному пкету точки подключения **а**, **б** и **с** следует располагать как можно ближе. Что приводит к снижению погрешности измерения U_{12} . Соединительные кабели 3 изготавливаются из бифилярных проводников с заземлением их экранирующей оплетки. У измерительных приборов класс точности может составлять порядка 0,5–1,0.

Метод определения сопротивлений и токов. В качестве примера в таблице 1 приведены результаты измерения напряжений U_1 , U_2 и U_{12} шинных пакетов печи № 4 Аксуского завода ферросплавов. Кроме того, в этой таблице приведены также величины коэффициента мощности $\cos \varphi$, которые определялись по стационарному фазометру, а также результаты расчета тока в трубошинах шинных пакетов в фазах в короткой сети. При этом ток в трубошинах определялся как

$$I_{\text{тш}} = I_1 k_1 / G, \quad (2)$$

где I_1 – ток в первичной обмотке печного трансформатора, определяемый по стационарному измерительному амперметру; k_1 – коэффициент трансформации по току печного трансформатора на момент измерения; G – число пар трубошин в шинном пакете.

Таблица 1 – Результаты измерений

Параметры	Фаза А		Фаза В		Фаза С	
	Замер №1	Замер №2	Замер №1	Замер №2	Замер №1	Замер №2
$U_{1,В}$	108	107	107	108	96	95
$U_{2,В}$	106	103	106	107	95	94
$U_{12,В}$	4,8	4,6	10,2	10,2	7	7,2
$\cos \varphi$	0,84	0,84	0,53	0,54	0,84	0,85
$I_{\text{тш}}, А$	4750	4750	5250	5250	5375	5375

Как видно из таблицы 1, результаты измерений в процессе измерений меняются незначительно. В связи с этим определение сопротивлений шинного пакета осуществлялось по данным замера №1.

Векторная диаграмма, по которой определяются β угол между векторами тока $I_{\text{ТШ}}$ падением напряжения U_{12} в шинном пакете фазы А, изображена на рисунке 3. Для построения диаграммы необходимо сначала горизонтально отложить вектор тока $I_{\text{ТШ}}$ [10]. Затем по с учетом величины коэффициента мощности $\cos \varphi$ откладывается вектор U_1 . Далее путем совмещения векторов U_2 и U_{12} определяется их положение на векторной диаграмме, при этом угол β определяется как угол между векторами I_A и U_{12} .

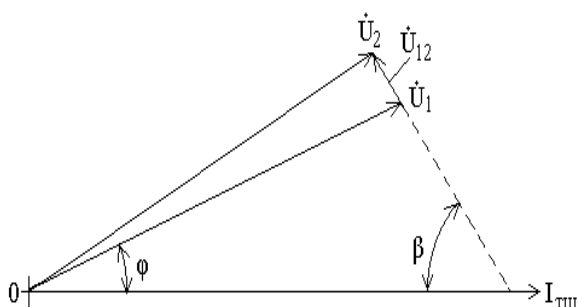


Рисунок 3 – Векторная диаграмма

Тогда с учетом рисунка 3 и [11] активное и индуктивное сопротивления пары трубошин шинного пакета короткой сети, присоединяемой к расщеплению вторичной обмотки можно определить, как

$$Z_{\text{ТШ}} = \frac{U_{12}}{I_{\text{ТШ}}}; R_{\text{ТШ}} = Z_{\text{ТШ}} \cos \beta; X_{\text{ТШ}} = Z_{\text{ТШ}} \sin \beta, \quad (3)$$

где $R_{\text{ТШ}}$ и $X_{\text{ТШ}}$ – активное и индуктивное сопротивления трубошины.

Для расчета сопротивлений короткой сети по вышеописанному методу была разработана программа «LINE1» в TurboBasic, приведенная в приложении 1. Полученные результаты расчета, приведенные в таблице 2, сопоставимы с данными, описанными в [1, 3].

Таблица 2 – Результаты расчетов сопротивлений печи №4

Сопротивление	Фаза А	Фаза В	Фаза С
Z, Ом	$1,65 \times 10^{-4}$	$1,79 \times 10^{-4}$	$1,05 \times 10^{-4}$
R, Ом	$1,08 \times 10^{-4}$	$1,07 \times 10^{-4}$	$2,56 \times 10^{-5}$
X, Ом	$1,26 \times 10^{-4}$	$1,44 \times 10^{-4}$	$1,01 \times 10^{-4}$

Расчет токов. Очевидно, в нормальном режиме работы короткой сети токи во всех трубошинах равны по величине, а их направление соответствует тому, которое указано на рисунке 1,б. В случае возникновения дуги между произвольной парой трубошин для определения их величины и направления можно воспользоваться расчетной схемой на рисунке 4.

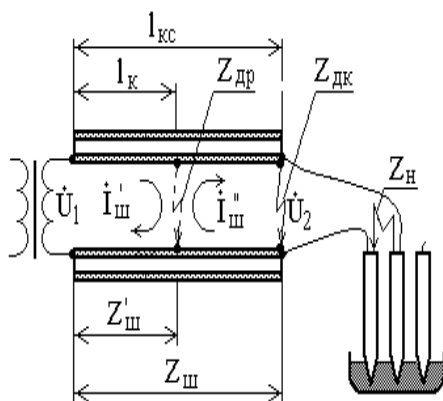


Рисунок 4 – Расчетная схема

Если в соответствии с рисунком 4 допустить, что точка ДЗ находится на расстоянии l_k от его начала шинного пакета при полной его длине равной $l_{кс}$, то тогда сопротивления частей этой пары трубошин можно приблизительно определить как

$$Z'_{ш} = Z_{ш} l_k / l_{кс} \text{ и } Z''_{ш} = Z_{ш} - Z'_{ш} \quad (4)$$

При этом токи в этих трубошинах до точки ДЗ и за ней приблизительно можно определить, как

$$\dot{i}'_{ш} = \frac{\dot{U}_1}{Z'_{ш} + Z_{др}} \text{ и } \dot{i}''_{ш} = \frac{\dot{U}_2}{Z''_{ш} + Z_{др}}, \quad (5)$$

где $Z_{др}$ – расчетное значение дуги при ДЗ между трубошинами.

Результаты и обсуждение

Сопротивление дуги в точке ДЗ зависит от множества различных факторов, например, таких как расстояние между трубошинами, тип изоляции трубошин, приложенное к трубошинам напряжение и температура окружающей среды. В связи с этим точное ее определение представляет сложную задачу. В тоже время с учетом схемы на рисунке 4 ориентировочно оценить величину сопротивления $Z_{др}$ дуги можно следующим образом. Если допустить, что сопротивление $Z_{дк}$ дуги в точке замыкания двух трубошин, расположенной в конце шинного пакета, равно сопротивлению $Z_{н}$ нагрузки пары трубошин в виде дуги между электродами печи, то тогда расчетное сопротивление дуги $Z_{др}$ в математических выражениях (4) можно определить как

$$Z_{др} = Z_{дк} Z_{н} / (Z_{дк} + Z_{н}) \text{ или } Z_{др} = Z_{дк} / 2. \quad (6)$$

Обычно [1] величина сопротивления $Z_{ш}$ составляет порядка 1,5 – 2,0% от сопротивления $Z_{н}$. Поэтому величину тока $I'_{ш}$ можно принимать равной удвоенному значению тока в паре трубошин до ДЗ. Так как напряжение U_2 формируемое токами всех трех фаз протекающими в системе электродов печи, примерно равно (0.95–0.97) U_1 , то есть все основания полагать, что ток $I''_{ш}$ будет незначительно отличаться от тока $I'_{ш}$.

Информация о финансировании

Это исследование было профинансировано Министерством Науки и Высшего Образования Республики Казахстан (ИРН АР14972775).

Выводы

1 Совершенствование метода заключается в определении элементов шинного пакета, с помощью которых получают данные для определения сопротивления и токов в короткой сети при дуговом замыкании.

2 Совершенствование метода определения сопротивлений в шинном пакете позволяет в значительной степени избежать погрешностей измерений, вызванных магнитными полями от токов в фазах короткой сети.

3 Предложенный способ определения сопротивлений дуги позволяет достаточно точно рассчитывать токи в паре трубок при возникновении дугового замыкания.

4 Предложенная программа для определения угла между током в паре трубок и падением напряжения в них позволяет значительно сократить время его определения, и не требует высококвалифицированного персонала.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Расчет сопротивлений короткой сети рудотермических печей по экспериментальным данным

screen 9

kk=0.71: pi=3.1415926: mU=5.0

‘-----’

U1=107.0: U2=106.0: dU=6.0: kfi=0.87: Ic=39000:

данные измерений-----’

locate 2,4: print»+j Векторная диаграмма экспериментально замере

locate 19,1: print”сопртивление, Ом:”;

locate 20,1: print”Zc=”;

locate 21,1: print”Rc=”;

locate 22,1: print”Xc=”;

locate 19,30: print» зеленый U1- напряжение в начале сети»;

locate 20,30: print» синий U2- напряжение в конце сети»;

locate 21,30: print» серый U12- падение напряжения в сети»;

locate 22,30: print» красный – U12x- реактивная составляющая U12»;

dU12=dU/2+(U1-U2): dU12r=(dU12^2-U2^2+U1^2)/(2*U1)

dU12x=sqr(dU12^2-dU12r^2):

Zc=dU12/Ic: Rc=dU12r/Ic: Xc=dU12x/Ic

fi=atn((sqr(1-kfi^2))/kfi): U1x=U1*cos(fi): U1y=U1*sin(fi):

locate 20,10: print using”#.##### “;Zc

locate 21,10: print using”#.##### “;Rc

locate 22,10: print using”#.##### “;Xc

U1x=U1*cos(fi)*mU: U1y=U1*sin(fi)*mU*kk:

a1x=(U1-dU12r)*cos(fi)*mU: a1y=(U1-dU12r)*sin(fi)*mU*kk:

alf=atn(dU12x/(U1-dU12r)):

U2x=U2*cos(fi-alf)*mU: U2y=U2*sin(fi-alf)*mU*kk:

locate 18,63: print «Ic +1»;;: gosub 1

500 stop

1x0=50: y0=250: xg=530: yg=220:

```
line(x0,y0)-(x0+xg,y0),3: line(x0,y0)-(x0+xg-60,y0),15:  
line(x0,y0)-(x0,y0-yg),3:  
line(x0,y0)-(x0+U1x,y0-U1y),2: line(x0,y0)-(x0+U2x,y0-U2y),1:  
line(x0+U1x,y0-U1y)-(x0+U2x,y0-U2y),8:  
line(x0+a1x,y0-a1y)-(x0+U2x,y0-U2y),12: return
```

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Данцис, Я.Б., Кацевич, Л.С., Жилов, Г.М.** Короткие сети и электрические параметры дуговых электропечей. – Москва : Изд-во Металлургия, 1987. – 320 с.

2 **Смелянский, М.Я., Бортничук, Н.И.** Короткие сети электрических печей. – Ленинград : Изд-во Госэнергоиздат, 1962. – 96 с.

3 **Данцис, Я. Б.** Методы электротехнических расчетов руднотермических печей. – Ленинград : Изд-во Энергия, 1973. – 188 с.

4 **Семчинов, А.М.** Токопроводы промышленных предприятий / А.М. Семчинов. – Энергоиздат, 1982. – 208 с.

5 **Novozhilov, A.N., Kolesnikov, E.N., Novozhilov, T.A.** Coil Shorting Simulation in the Winding Transformer // Russian electrical Engineering. – 2020. – 91(12). – P. 737–741.

6 **Ярымбаш, Д. С., Ярымбаш, С. Т., Килимник, И. М.** Идентификация электрических параметров шихтованных шинных пакетов мощных коротких сетей // Электротехника та електроенергетика. – 2012. – №2. – С. 55–61.

7 **Kotsur, M., Yarymbash, D., Bezverkhnia, Y., Kotsur I.** Comparative analysis of a different geometric shapes of a busbar's trolley parameters in the higher harmonic current condition // Proceedings-16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (IEEE TCSET). – 2022. – P. 87-92.

8 **Kotsur, M. I., Yarymbash, D. S., Bezverkhnya, I. M., Kotsur, Yu. S.** Accuracy improvement for the determination of parameters and voltage drops in busbars, considering the networks power factor // Problems of the Regional Energetics. – 2021. – №3. – P. 37–52.

9 **Миронова, А. Н.** Анализ методов определения сопротивлений токоподводов дуговых сталеплавильных печей // Вестник Чувашского университета. Электротехника и энергетика. – 2017. – № 1. – С. 137–144.

10 **Новожилов, А. Н., Новожилов, Т. А., Рахимбердинова, Д. М.** Моделирование токов в шинном пакете короткой сети // Вестник Машиностроения. – 2020. – №9. – С. 40-43.

11 **Бессонов, Л. А.** Теоретические основы электротехники. – Москва : Изд-во Высшая школа, 1967. – 775 с.

REFERENCES

1 **Dancis, YA.B., Kacevich, L.S., ZHilov, G.M.** Korotkie seti i elektricheskie parametry dugovyh elektropеchej [Short networks and electrical parameters of electric arc furnaces]. – Moskva : Izd-vo Metallurgiya, 1987. – 320 p.

2 **Smelyanskij, M.YA., Bortnichuk, N.I.** Korotkie seti elektricheskikh pechej [Short networks of electric ovens]. – Leningrad : Izd-vo Gosenergoizdat, 1962. – 96 p.

3 **Dancis, YA.B.** Metody elektrotekhnicheskikh raschetov rudnotermicheskikh pechej [Methods for electrical calculations of ore-thermal furnaces]. – Leningrad : Izd-vo Energiya, 1973. – 188 p.

4 **Semchinov, A. M.** Tokoprovody promyshlennyh predpriyatij [Conductors of industrial enterprises] / A.M. Semchinov. – Energoizdat, 1982. – 208 p.

5 **Novozhilov, A. N., Kolesnikov, E. N., Novozhilov, T. A.** Coil Shorting Simulation in the Winding Transformer // Russian electrical Engineering. – 2020. – 91(12). – P. 737–741.

6 **Yarymbash, D. S., Yarymbash, S. T., Kilimnik, I. M.** Identifikaciya elektricheskikh parametrov shihtovannyh shinnyh paketov moshchnykh korotkikh setej [Identification of electrical parameters of laminated busbar packages of high-power short networks] // Elektrotehnika ta elektroenergetika. – 2012. – №2. – P. 55–61.

7 **Kotsur, M., Yarymbash, D., Bezverkhnia, Y., Kotsur I.** Comparative analysis of a different geometric shapes of a busbar's trolley parameters in the higher harmonic current condition // Proceedings-16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (IEEE TCSET). – 2022. – P. 87–92.

8 **Kotsur, M. I., Yarymbash, D. S., Bezverkhnya, I. M., Kotsur, Yu. S.** Accuracy improvement for the determination of parameters and voltage drops in busbars, considering the networks power factor // Problems of the Regional Energetics. – 2021. – №3. – P. 37–52.

9 **Mironova, A. N.** Analiz metodov opredeleniya soprotivlenij tokopodvodov dugovyh staleplavil'nyh pechej [Analysis of methods for determining the resistance of current leads of arc steel-smelting furnaces] // Vestnik CHuvashskogo universiteta. Elektrotehnika i energetika. – 2017. – № 1. – P. 137–144.

10 **Novozhilov, A. N., Novozhilov, T. A., Rahimberdinova, D. M.** Modelirovanie tokov v shinnom pakete korotkoj seti [Simulation of currents in a short network bus package] // Vestnik Mashinostroeniya. – 2020. – №9. – P. 40–43.

11 **Bessonov, L. A.** Teoreticheskie osnovy elektrotekhnik [Theoretical foundations of electrical engineering]. – Moskva : Izd-vo Vysshaya shkola, 1967. – 775 p.

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

*Д. М. Рахимбердинова¹, А. Н. Новожилов²,

Е. Н. Колесников³, Т. А. Новожилов⁴

^{1,2,3}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;

⁴Омбы мемлекеттік техникалық университеті, Ресей, Омбы қ.

Материал баспаға 13.03.23 түсті.

ДОҒАЛЫҚ ТҰЙЫҚТАЛУ КЕЗІНДЕ ҚЫСҚА ЖЕЛІДЕГІ КЕДЕРГІЛЕР МЕН ТОКТАРДЫ АНЫҚТАУ ӘДІСІН ЖЕТІЛДІРУ

Электр энергиясын пеш трансформаторынан пештің электродтарына беруді жүзеге асыратын кен термиялық өндірістердегі қысқа желі маңызды элементтердің бірі болып табылады. Оның жиі кездесетін электрлік зақымдануларының бірі – өте қысқа уақыт ішінде өте қымбат Шина пакетін толығымен бұзуға қабілетті доғалық тұйықталу. Доғалық тұйықталу кезінде Шина пакетінің элементтеріндегі токтарды анықтау қысқа желінің күрделі конфигурациясына және ондағы үлкен токтарға байланысты айтарлықтай қиындықтарды тудырады. Осыған байланысты қысқа желінің Шина пакеті элементтерінің кедергісін анықтау үшін эксперименттік қондырғы ұсынылады, онда кері өлшеу өткізгіші Шина пакетінің геометриялық ортасына орналастырылады және тікелей сым ретінде оған ең жақын құбыр шинасы қолданылады. Бұл қысқа желі фазаларындағы токтардан магнит өрістерімен өлшеу тізбегінің тізбектерінде индукцияланған ЭҚК-дан айтарлықтай арылуға мүмкіндік береді. Алынған эксперименттік мәліметтер бойынша Шина пакетінің элементтеріндегі Токтар мен кедергілерді анықтауды жеңілдету үшін Turbo Basic ортасында «LINE 1» бағдарламасы жасалды. Шина пакетінің элементтеріндегі токтарды анықтау әдістемесі оның есептік деректерін пайдалануға негізделген жұптардың бірінің құбырлары арасында доғалық тұйықталу пайда болған жағдайда ұсынылады.

Кілтті сөздер: рудотермиялық өндіріс, пеш трансформаторы, қысқа желі, Шина пакетінің кедергісі, өлшеу қателіктері, доғалық тұйықталу, сыртқы магнит өрісі.

*D. M. Rakhimberdinova¹, A. N. Novozhilov², E. N. Kolesnikov³,

²T. A. Novozhilov⁴

¹Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

²Omsk State Technical University, Russia, Omsk

Material received on 13.03.23

IMPROVEMENT OF THE METHOD FOR DETERMINING RESISTANCES AND CURRENTS IN A SHORT NETWORK DURING ARC CLOSURES

A short network in the ore-thermal industries, which transfers electrical energy from the furnace transformer to the furnace electrodes, is one of the most important elements. One of its most common electrical damages in it are arc circuits, which are capable of completely destroying a very expensive tire package in a very short time. Determining the currents in the elements of the bus package during arc closures is associated with significant difficulties due to the complex configuration of a short network and high currents in it. In this regard, an experimental setup has been proposed to determine the resistances of the elements of a short network bus package, in which the reverse measuring conductor is placed in the geometric center of the bus package, and the pipe closest to it is used as a direct wire. This makes it possible to largely get rid of the EMF induced in the circuits of the measuring circuit by magnetic fields from currents in the phases of a short network. To simplify the determination of currents and resistances in the elements of the bus package according to the experimental data obtained, the program «LINE 1» in the Turbo Basic environment has been developed. A method is proposed for determining currents in the elements of a bus package in the event of an arc closure between the pipes of one of the pairs, which is based on the use of its calculated data.

Keywords: ore-thermal production, furnace transformer, short network, bus package resistance, measurement errors, arc closure, external magnetic field.

Теруге 13.03.2023 ж. жіберілді. Басуға 31.03.2023 ж. кол қойылды.

Электронды баспа

3,44 Мб RAM

Шартты баспа табағы 23.59. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 4039

Сдано в набор 13.03.2023 г. Подписано в печать 31.03.2023 г.

Электронное издание

3,44 Мб RAM

Усл. печ. л. 23.59. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4039

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

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

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

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

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz