

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 (2022)

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://doi.org/10.48081/WRIX7218>

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

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/XWWP8243>***А. Н. Новожилов¹, А. К. Садыкова², Т. А. Новожилов³**^{1,2}Торайгыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар;

³Омский государственный технический университет,

Российская Федерация, г. Омск

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА КОСВЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ТОКА ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В СЕТИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

Рассматривается вопрос, связанный с практической реализацией метода косвенного измерения тока однофазного замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью. Этот метод основан на использовании зависимости напряжения смещения нейтрали сети от емкости сети относительно земли при осуществлении однофазного замыкания с помощью шунта, в виде емкости заданной величины. Построение этой зависимости осуществляется с помощью разработанной для этой цели программного обеспечения в среде Turbo Basic. Распечатка этой программы приведена в приложении. Возможность осуществления экспериментального измерения напряжения смещения нейтрали проверялась на базе реально существующей распределительной подстанции, которая оснащена батареей статических конденсаторов. Для измерения этого напряжения при однофазном замыкании на землю через шунт, выполненный из элементов батареи статических конденсаторов, разработана схема для реконструкции этой батареи и инструкция по порядку проведения экспериментального его измерения.

Ключевые слова: сеть с изолированной нейтралью, напряжение смещения нейтрали, однофазное замыкание на землю, емкость шунта, распределительная подстанция, батарея статических конденсаторов.

Введение

Обычно для электроснабжения промышленных предприятий с напряжением 6 и 10кВ используются кабельные сети с изолированной нейтралью [1,2]. Характерной особенностью таких сетей является

зависимость тока однофазного замыкания на землю (ОЗЗ) [3] и величин временных перенапряжений от величины емкости жил кабеля этой сети относительно земли. В связи с этим выбор параметров средств для ограничения временных перенапряжений в сети и порога срабатывания устройств релейной защиты от ОЗЗ осуществляется по величине тока I_0 ОЗЗ, который, в свою очередь, определяется по величине емкости жил кабельной сети относительно земли. А так как длина кабелей в такой сети не всегда известна, то определение емкости жил ее кабелей, а, следовательно, тока I_0 не всегда возможны.

Материалы и методы

Наиболее просто определить величину тока ОЗЗ можно путем замыкания одной из фаз сети через амперметр на землю [4]. Однако, такой подход к измерению этого тока может вызвать срабатывание устройств релейной защиты от ОЗЗ и привести к нарушению рабочего цикла производства. А потому его реализация связана с известным риском.

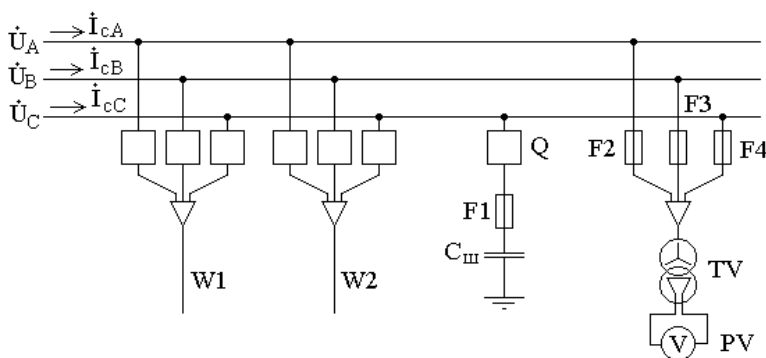


Рисунок 1 – Схема подключения шунта

Этого можно избежать, если осуществить замыкание фазы сети на землю через шунт [5–7] виде емкости величиной $C_{ш}$. А затем по измеренному напряжению смещения нейтрали $U_{0,из}$ и зависимости $U_0 = f(C_\phi)$, построенной для фиксированного значения $C_{ш}$, определяется емкость C_ϕ фазы кабельной сети относительно земли и ток ОЗЗ [3].

Для реализации этого метода можно воспользоваться схемой приведенная на рисунке 1. По этой схеме к шине сети напряжением 6 или 10кВ шунт подключается с помощью резервного выключателя Q комплектного распределительного устройства подстанции. Напряжение смещения нейтрали измеряется с помощью вольтметра PV. Для защиты от короткого замыкания в

цепи емкости \tilde{N}_\emptyset используется предохранитель F. Измерение напряжения смещения нейтрали в сети осуществляется вольтметром с помощью трансформатора напряжения нулевой последовательности.

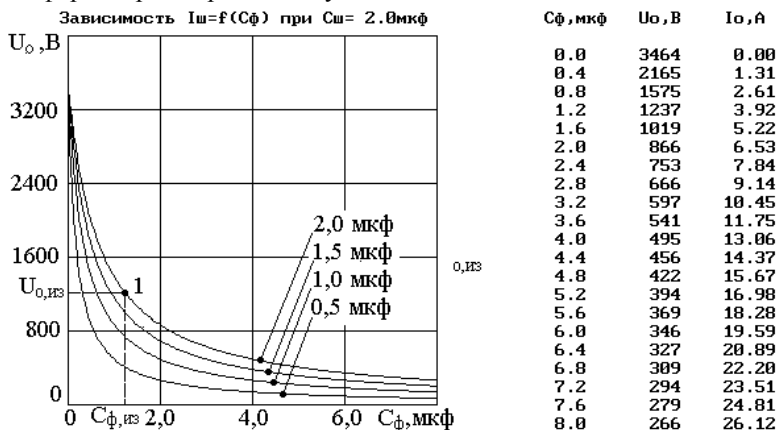


Рисунок 2 – Определение емкости фазы сети по расчетной зависимости $U_0 = f(C_\Phi)$ при линейном напряжении сети равном 6кВ

Построение зависимости $U_0 = f(C_\Phi)$ осуществляется с помощью программы Tok O33, написанной в среде Turbo Basic [8,9], распечатка которой приведена в приложении. Представленные на рисунке 2 зависимости $U_0 = f(C_\Phi)$ рассчитаны для линейного напряжения в сети 6кВ при емкости C_{III} шунта равной 0,5мкф, 1,0мкф, 1,5мкф и 2мкф. На этом же рисунке в виде ряда чисел приведены величины U_0 напряжения смещения нейтрали и I_0 тока ОЗЗ в зависимости от емкости C_Φ сети.

Определение емкости фазы сети по зависимости $U_0 = f(C_\Phi)$ и измеренному напряжению смещения нейтрали $U_{0,из}$ на рисунке 2 осуществляется в следующем порядке. Первоначально на оси U_0 откладывается величина напряжения смещения нейтрали $U_{0,из}$ и проводится горизонтальная линия до пересечения с зависимостью $U_0 = f(C_\Phi)$. Далее из точки 1 пересечения на ось C_Φ опускается перпендикуляр и определяется величина емкости $C_{0,из}$ сети, а по числовым значениям – ток ОЗЗ.

Анализ зависимостей $U_0 = f(C_\Phi)$ на рисунке 2 показывает, что чем больше емкость конденсатора шунта, тем выше точность измерения. В связи с этим важную роль при реализации этого метода играет правильный выбор величины емкости конденсатора этого шунта. С одной стороны величина емкости шунта при измерениях должна быть как можно меньше, чтобы не

вызвать срабатывания устройств релейной защиты от ОЗЗ. С другой стороны она должна быть достаточной для обеспечения приемлемой точности при определении емкости фазы сети относительно земли.

Как показали многочисленные расчеты для выполнения этих условий, например, на подстанции сети 6–10 кВ емкость шунта $C_{ш}$ должна составлять порядка $(0,2–0,3) C_{\phi}$.

Результаты и обсуждения

Возможность осуществления экспериментального измерения тока ОЗЗ проверялась на базе распределительной подстанции РП-250 ТОО «ПНХЗ», которая оснащена батареей статических конденсаторов (БСК) [10, 11]. Схема такой батареи приведена на рисунке 3. На этой схеме:

Q – выключатель БСК;

F01 – F03 – предохранители первой секции конденсаторов БСК;

F04 – F06 – предохранители второй секции конденсаторов БСК;

F07 – F09 – предохранители третьей секции конденсаторов БСК;

C01 – C03 – конденсаторы секций БСК;

L01 – L03 – реакторы второй секции конденсаторов БСК;

L04 – L06 – реакторы третьей секции конденсаторов БСК;

KM01 и KM02 – контактора второй и третьей секций БСК.

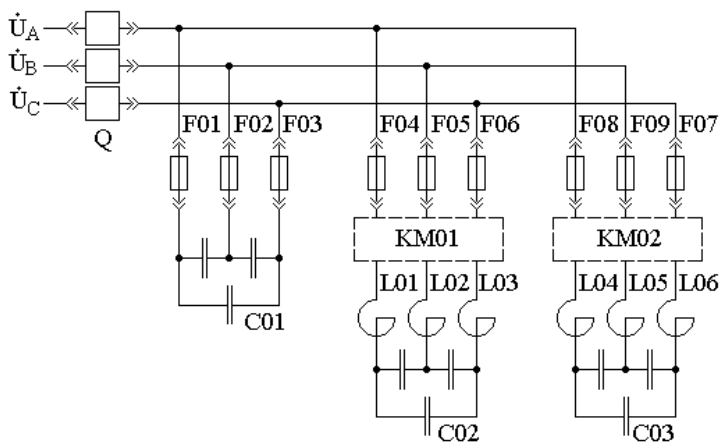


Рисунок 3 – Схема БСК подстанции РП-250

В связи с тем, что для емкостного шунта требуется только один конденсатор, а емкости батарей БСК соединены в треугольник, то для измерения тока ОЗЗ с минимальным нарушением режима работы сети

можно воспользоваться реконструируемой схемой БСК, которая приведена на рисунке 4.

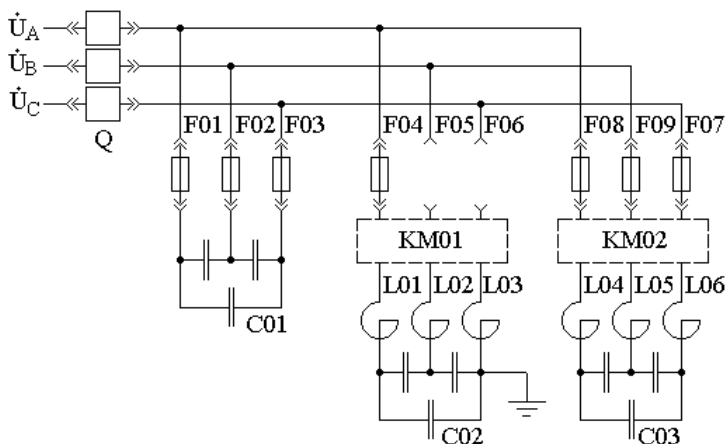


Рисунок 4 – Схема БСК после реконструкции

Как видно из этого рисунка для получения такой схемы предохранители F05 и F06 второй секции конденсаторов БСК вынимаются из гнезд, а свободный угол треугольника конденсаторов заземляется. Замер напряжения смещения нейтрали осуществляется щитовыми электронными с памятью измерительными приборами, которыми оснащаются современные ячейки КРУ.

Для экспериментального определения тока ОЗЗ при использовании батареи статических конденсаторов подстанции РП-250 ТОО «ПНХЗ» необходимо:

- 1 Отключить БСК от сети 6кВ. Проконтролировать возможность работы сети 6кВ без БСК. Выкатить выключатель из ячейки №10.
- 2 Сделать выдержку не менее 15 минут для разряда конденсаторов БСК с помощью встроенных резисторов.
- 3 Произвести все необходимые действия для получения безопасного доступа в сборные шкафы установки УКРМ56-6,3 БСК.
- 4 В шкафу ячейки мощностью 450 кВАр извлечь предохранители F01, F02, F03.
- 5 В шкафу первой ячейки мощностью 225 кВАр извлечь предохранители F04, F05, F06.
- 6 В шкафу второй ячейки мощностью 225 кВАр извлечь предохранители F07, F08.

7 Перемычку между демпфером фазы С и конденсатором С03 отсоединить с обеих сторон.

8 Перемычку подключенной от КМ02 фазы С к демпферу фазы С к контакту Z отсоединить со стороны демпфера и присоединить к фазе С (со стороны лицевой стороны) конденсатора С03.

9 Перемычку подключенной от КМ02 фазы В к демпферу фазы В к контакту Y отсоединить с обеих сторон.

10 Перемычку между демпфером фазы В и конденсатором С03 фазы В (средний контакт) отсоединить с обеих сторон.

11 Перемычку, отключенную в п.9 использовать для соединения фазы В (средний контакт) конденсатора С03 с заземляющим болтом в этом же шкафу.

12 Необходимо закрыть все двери установки УКРМ56-6,3 БСК.

13 Произвести обратные действия из пункта 3.

14 Необходимо вкатить выключатель в ячейке №10 2СШ в РП-250.

15 С помощью прибора Easergy Sapam Schneider Electric, который установлен на лицевой стороне ячейки №10 2СШ РП-250 осуществить запись показаний напряжения смещения нейтрали в виде $3U_0$.

16 Включить выключатель ячейки №10 2СШ в РП-250.

17 На приборе Easergy Sapam Schneider Electric зарегистрировать визуально и осуществить запись изменения показаний $3U_0$.

18 Отключить БСК на 2СШ в РП-250 от сети 6кВ и выкатить выключателя ячейки №10.

19 Сделать выдержку не менее 15 минут для разряда конденсаторов БСК с помощью встроенных резисторов.

20 Восстановить первоначальную схему установки конденсаторной УКРМ56-6,3 БСК и ввести его в работу.

В результате проведения эксперимента выявлено, что при величине подключаемого шунта в виде батареи БСК емкостью 9,2мкф величина $3U_0$ составила 1780В, а ток в шунте всех присоединений этой подстанции измеренный в ячейке БСК - порядка 8,8А. При этом величина напряжения смещения нейтрали $U_0 = 3U_0 / 3 = 1780 / 3 = 593.3В$.

Результаты расчета зависимости $U_0 = f(C_\phi)$ и $U_0 = f(I_0)$ при емкости шунта равной 9,2мкф полученные с помощью программы Ток ОЗЗ приведены на рисунке 5. В соответствии с этим рисунком при $U_0 = 593.3В$ емкость сети относительно земли составит порядка 16,1мкф, а ток замыкания на землю будет равен 55,72А.

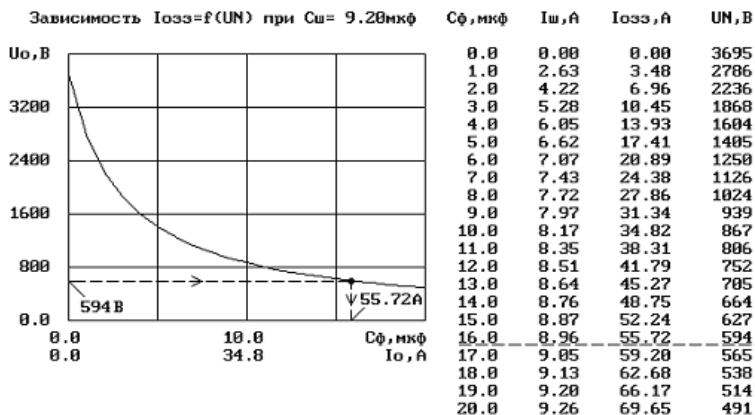


Рисунок 5 – Зависимости $U_{00}=f(C_{\phi})$ и $U_{00}=f(I_{033})$ для определения емкости фазы подстанции и тока ОЗЗ

Выводы

Таким образом, предлагаемая практическая реализация метода косвенного измерения емкости фазы сети относительно земли и тока однофазного замыкания на землю проста и легко реализуется на той материально технической базе, которой располагает значительная часть современных подстанций. При этом есть все основания полагать, что в этом случае погрешность измерения емкости фазы и тока ОЗЗ практически не зависит от естественной несимметрии сети и не превышает 5 %.

Приложение

ТОК ОЗЗ. Разработчик Новожилов А.Н.

Моделирование тока напряжения U_{00} смещения нейтрали в линии с линейным напряжением $U_l=6300\text{В}$ и при шунтировании ее емкостью $C_{ш}=2.0\text{мкф}$ в зависимости от величины емкости C_f ее фазы

```
screen 9: Cfm=4: Ihm=0.6: nm=20: Uhm=4000:
pi=3.1415926: fs=50: omg=2*pi*fs: aa=0: ab=2*pi/3: ac=4*pi/3:
nr=2: ul=6300: uf=ul/(sqr(3)): Ch=0.5/10^6: Xch=1/(omg*Ch):
dCf=Cfm/10^6/nm:
dim a(nr,nr),b(nr),c(nr,nr),g(nr),x(nr)
dim aj(nr,nr),bj(nr),cj(nr,nr),gj(nr),xj(nr): gosub 1
```

```
for nt=0 to nm: Cf=dCf*nt: if Cf=0 then Cf=1/10^10
Ccs=Cf+Ch: Xcs=1/(omg*Ccs): Xcf=1/(omg*Cf):
gosub 540: gosub 550:
iAr=x(1): iBr=x(2)-x(1): iCr=-x(2):
```

iAx=xj(1): iBx=xj(2)-xj(1): iCx=-xj(2):

iA=sqr(iAr^2+iAx^2):

iB=sqr(iBr^2+iBx^2):

iC=sqr(iCr^2+iCx^2):

ic0=iC*Xch/(Xcf+Xch): ih=iC*Xcf/(Xcf+Xch):

Upd=iC*Xcs: Uoo=Uf-Upd: Ioo=3*omg*uf*Cf: gosub 2

locate 3+nt,48: print using"###.## ##.### ##.## #####."; Cf*10^6,Ih,

next nt

500 stop

1 x0=70: x1=350: y0=245: y1=210: x0a=x0: y0a=y0: doy=6: doz=5

for i=1 to doy: i1=i-1: ay=y1/((doy-1)/2)*i1/2

line(x0,y0-ay)-(x1,y0-ay),8: next i

for i=1 to doz: i1=i-1: az=(x1-x0)/(doz-1)*i1

line(x0+az,y0-y1)-(x0+az,y0),8: next i

mx=(x1-x0)/nm: my=y1/Uhm:

locate 1,8: print using" Зависимость Iш=f(Cф) при Cш=##.#мкф"; Ch*10^6

locate 1,47: print "Cф,мкф Iш,А Io,А Uo,В";

locate 3,4 : print "Uo,В " ;

locate 6,2: print using" #####. "; 4*Uhm/5

locate 9,2: print using" #####. "; 3*Uhm/5

locate 12,2: print using" #####. "; 2*Uhm/5

locate 15,2: print using" #####. "; 1*Uhm/5

locate 18,4: print using" #.# "; 0

locate 19,7 : print using"###.## ##.## Cф мкф";0,Cf

return

2 line(x0a,y0a)-(x0+(nt)*mx,y0-Uoo*my),15: y0a=y0-Uoo*my:

x0a=x0+(nt)*mx: return

540 for i=1 to nr: for j=1 to nr: a(i,j)=0: aj(i,j)=0: next j:

b(i)=0: bj(i)=0: next i:

a(1,1)=0: a(1,2)=0:

a(2,1)=0: a(2,2)=0:

aj(1,1)=Xcf+Xcf: aj(1,2)=-Xcf:

aj(2,1)=-Xcf: aj(2,2)=Xcf+Xcs:

```

b(1)=U1*(cos(omg*t-aa)+cos(omg*t-ab)):
bj(1)=U1*(sin(omg*t-aa)+sin(omg*t-ab)):
b(2)=U1*(cos(omg*t-ab)+cos(omg*t-ac)):
bj(2)=U1*(sin(omg*t-ab)+sin(omg*t-ac)):
gosub 10: goto 500
return

550   n=nr: n1=n-1:
for k=1 to n1: r=sqr(a(k,k)^2+aj(k,k)^2): if r<>0 goto 1010
k1=k+1:
for m=k1 to n: r=sqr(a(m,k)^2+aj(m,k)^2): if r=0 goto 1020
for l=1 to n: v=a(k,l): a(k,l)=a(m,l): a(m,l)=v:
vj=aj(k,l): aj(k,l)=aj(m,l): aj(m,l)=vj: next l
1020   next m
v=b(k): b(k)=b(m): b(m)=v: vj=bj(k): bj(k)=bj(m): bj(m)=vj
D:ТОК04.BAS   Line 96   Col 1   Insert Indent Tab
g(k)=(b(k)*a(k,k)+bj(k)*aj(k,k))/(a(k,k)^2+aj(k,k)^2):
gj(k)=(bj(k)*a(k,k)-b(k)*aj(k,k))/(a(k,k)^2+aj(k,k)^2): k1=k+1

for i=k1 to n: b(i)=b(i)-(a(i,k)*g(k)-aj(i,k)*gj(k))
bj(i)=bj(i)-(a(i,k)*gj(k)+aj(i,k)*g(k)):
for j1=k to n: j=n-j1+1+k:
c(k,j)=(a(k,j)*a(k,k)+aj(k,j)*aj(k,k))/(a(k,k)^2+aj(k,k)^2)
cj(k,j)=(aj(k,j)*a(k,k)-a(k,j)*aj(k,k))/(a(k,k)^2+aj(k,k)^2)
r=(a(i,k)*c(k,j)-aj(i,k)*cj(k,j)): rj=(a(i,k)*cj(k,j)+aj(i,k)*c(k,j))
a(i,j)=a(i,j)-r: aj(i,j)=aj(i,j)-rj
next j1: next i: next k: m=n: if a(m,m)=0 then a(m,m)=1/10^10
if aj(m,m)=0 then aj(m,m)=1/10^10
x(m)=(b(m)*a(m,m)+bj(m)*aj(m,m))/(a(m,m)^2+aj(m,m)^2)
xj(m)=(bj(m)*a(m,m)-b(m)*aj(m,m))/(a(m,m)^2+aj(m,m)^2)
1030   m=m-1: sc=0: scj=0
for l=m to n1: sc=sc+(c(m,l+1)*x(l+1)-cj(m,l+1)*xj(l+1))
scj=scj+(c(m,l+1)*xj(l+1)+cj(m,l+1)*x(l+1)): next l
x(m)=g(m)-sc: xj(m)=gj(m)-scj: if m>1 goto 1030
return

```

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Ермилов, А. А.** Основы электроснабжения промышленных предприятий. –М-Л. : Госэнергоиздат. –1963. – 344 с.

2 **Идельчик, В. И.** Электрические системы и сети: – М.: Энергоатомиздат, 1989 – 592 с.

3 **Корогодский, В. И., Кужеков, С. Л., Паперно, Л. Б.** Релейная защита электродвигателей напряжением выше 1 кВ. – М.: Энергоатомиздат, 1987 – 243 с.

4 **Гладилин, Л. В., Щуцкий, В. И., Бацежев, Ю. Г., Чеботаев, Н. И.** Электробезопасность в горнодобывающей промышленности. – М., «Недра», 1977. – 327 с.

5 **Александров, Г. Н.** Ограничение перенапряжений в электрических сетях. Учебное пособие.: – Санкт-Петербург: изд. центром подготовки кадров, 2003 – 292 с.

6 **Новожилов, А. Н., Исабеков Ж. Б., Новожилов Т. А.** Моделирование токов однофазного замыкания в кабельной сети с изолированной нейтралью с помощью Electronics Workbench // Вестник ПГУ, серия Энергетическая. – 2017. – № 3. – С. 102–107.

7 **Новожилов, А. Н., Новожилов, Т. А., Садыкова, А. К.** Измерение токов однофазного замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью косвенным методом // Вестник ПГУ, серия Энергетическая. – 2021. – № 4. – С. 67–73.

8 **Бороденко, В. А.** Программирование в среде Turbo Basic. (учебное пособие). – Павлодар : Кереку, 2003. – 81 с.

9 **Ellis, W.** Structured Programming Using Turbo BASIC / W. Ellis, Jr., E. Lodi. – Academic Press inc. (London) ltd, 1988. – P. 337

10 **Рожкова, Л. Д., Козулин, В. С.** Электрооборудование станции и подстанций: Учебник для техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.: ил.

11 **Чунихин, А. А.** Электрические аппараты – М.: Энергия, 1975. – 647 с.

REFERENCES

1 **Ermilov A. A.** Osnovy elektrosnabzheniya promyshlennyh predpriyatij [Fundamentals of power supply of industrial enterprises] -M-L.: Gosenergoizdat, – 1963 – P. 344.

2 **Idel'chik, V. I.** Elektricheskie sistemy i seti: [Electrical systems and networks] – М.: Energoatomizdat, 1989 – P. 592.

3 **Korogodskij, V. I., Kuzhekov, S. L., Paperno, L. B.** Relejnaya zashchita elektrodvigatelej napryazheniem vyshe 1 kV [Relay protection of electric motors with voltage above 1 kV] – М.: Energoatomizdat, 1987 – P. 243.

4 **Gladilin, L. V., Shchutskiy, V. I., Batsezhev, YU. G., Chebotayev N. I.** Elektrobezopasnost' v gornodobyvayushchey promyshlennosti. [Electrical safety in the mining industry]. – М. : «Nedra», 1977. – P. 327.

5 **Aleksandrov G. N.** Ogranichenie perenapryazhenij v elektricheskikh setyah : Uchebnoe posobie. [Limitation of overvoltages in electrical networks. Textbook] – St. Petersburg : Publishing house of the personnel training Center, 2003 – P. 292.

6 **Novozhilov, A. N., Isabekov, ZH. B., Novozhilov, T. A.** Modelirovanie tokov odnofaznogo zamykaniya v kabel'noj seti s izolirovannoj nejtral'yu s pomoshch'yu Electronics Workbench [Modeling of single-phase short circuit currents in a cable network with an isolated neutral using Electronics Workbench]// Vestnik PGU, seriya Energeticheskaya [Bulletin of PSU, Energy series] – 2017. – № 3. – P. 102–107.

7 **Novozhilov, A. N., Novozhilov, T. A., Sadykova, A. K.** Izmerenie tokov odnofaznogo zamykaniya na zemlyu v setyah s izolirovannoy neitraliy kosvennym metodom [Measurement of single-phase earth fault currents in networks with isolated neutral by indirect method] // Vestnik Toraigyrov Universiteta (Energeticheskaya seriya). [Bulletin of Toraigyrov University (Energy Series)] – Pavlodar, 2021. – № 4. – P. 67–73.

8 **Borodenko, V. A.** Programirovaniye v srede Turbo Basic (uchebnoye posobiye). [Programming in the Turbo Basic environment (tutorial)] – Pavlodar : Kereku, 2003. – P. 81.

9 **Ellis, W.** Structured Programming Using Turbo BASIC / W. Ellis, Jr., E. Lodi. – Academic Press inc. (London) Ltd, 1988. – P. 337.

10 **Rozhkova, L. D., Kozulin, V. S.** Elektrooborudovanie stancii i podstancij : Uchebnik dlya tekhnikumov [Electrical stations and substations : a Textbook for colleges] – 3rd ed., Rev. and additional. – М. : Energoatomizdat, 1987. – P. 648.: il.

11 **CHunihin, A. A.** Elektricheskie apparaty [Electric apparatuses] – М. : Energia, 1975. – P. 647.

Материал поступил в редакцию 28.02.22.

**А. Н. Новожилов¹, А. К. Садыкова², Т. А. Новожилов³*

^{1,2}Торайгыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

³Омбы мемлекеттік техникалық университеті,

Ресей Федерациясы, Омбы қ.

Материал 28.02.22 баспаға түсті.

ОҚШАУЛАНҒАН БЕЙТАРАБЫ ҚОСЫЛУМЕН ЖЕЛІЛЕРДЕГІ БІР ФАЗАЛЫҚ ЖЕРГЕ ТҰЙЫҚТАЛУ ТОКТАРЫН ЖАНАМА ӘДІСІН ІС ЖҮЗІНДЕ ЖҮЗЕГЕ АСЫРУ

Оқшауланған бейтарабы бар желіде жерге бір фазалы тұйықталу тогын жанама өлшеу әдісін іс жүзінде жүзеге асырумен байланысты мәселе қарастырылуда. Бұл әдіс берілген шаманың сыйымдылығы түрінде шунт көмегімен бір фазалы тұйықталуды жүзеге асыру кезінде желінің бейтарап ығысу кернеуінің жерге қатысты желінің сыйымдылығына тәуелділігін пайдалануға негізделген. Бұл тәуелділікті құру Turbo Basic ортасында осы мақсат үшін жасалған бағдарламалық жасақтама арқылы жүзеге асырылады. Бұл бағдарламаны басып шығару қосымшада келтірілген. Бейтарап ығысу кернеуін эксперименттік өлшеу мүмкіндігі статикалық конденсаторлардың батареясымен жабдықталған нақты қолданыстағы тарату қосалқы станциясының негізінде тексерілді. Статикалық конденсаторлардың батарея элементтерінен жасалған шунт арқылы жерге бір фазалы тұйықталу кезінде осы кернеуді өлшеу үшін осы батареяны қайта құру схемасы және оны эксперименттік өлшеу тәртібі туралы нұсқаулық жасалды.

Кілтті сөздер: оқшауланған бейтарап желі, бейтарап ығысу кернеуі, бір фазалы жерге тұйықталу, шунт сыйымдылығы, қосалқы станция, статикалық конденсаторлардың батареялары.

*A. N. Novozhilov¹, A. K. Sadykova², T. A. Novozhilov³

^{1,2}Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

³Omsk State Technical University,

Russian Federation, Omsk.

Material received on 28.02.22.

PRACTICAL IMPLEMENTATION OF THE METHOD OF INDIRECT MEASUREMENT OF SINGLE-PHASE EARTH FAULT CURRENT IN A NETWORK WITH AN ISOLATED NEUTRAL

The issue related to the practical implementation of the method of indirect measurement of the single-phase earth fault current in a network with an isolated neutral is considered. This method is based on the use of the dependence of the offset voltage of the neutral of the network on the capacity of the network relative to the ground when performing a single-

phase short circuit using a shunt, in the form of a capacity of a given value. The construction of this dependency is carried out using software developed for this purpose in the Turbo Basic environment. A printout of this program is provided in the appendix. The possibility of carrying out an experimental measurement of the neutral offset voltage was tested on the basis of a real-life distribution substation, which is equipped with a battery of static capacitors. To measure this voltage during a single-phase earth fault through a shunt made of elements of a battery of static capacitors, a scheme has been developed for the reconstruction of this battery and instructions on how to conduct its experimental measurement.

Keywords: network with isolated neutral, neutral offset voltage, single-phase earth fault, shunt capacity, distribution substation, static capacitor banks.

Теруге 28.02.2022 ж. жіберілді. Басуға 18.03.2022 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

3,77 Мб RAM

Шартты баспа табағы 13,12. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: З. С. Исакова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3883

Сдано в набор 28.02.2022 г. Подписано в печать 18.03.2022 г.

Электронное издание

3,77 Мб RAM

Усл. печ. л. 13,12. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: З. С. Исакова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3883

«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

www.vestnik-energy.tou.edu.kz