



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2009139688/07, 27.10.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.10.2009

(45) Опубликовано: 10.12.2010 Бюл. № 34

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: АНДРЕЕВ В.А. Релейная защита и
автоматика систем электроснабжения. - М.:
Высшая школа, 2006, с.69-70, 155-157. RU
2076419 C1, 27.03.1993. SU 1793489 A1,
07.02.1993. US 7479817 B2, 20.01.2009. US
6714396 B2, 30.03.2004.

Адрес для переписки:

355028, г.Ставрополь, пр-кт Кулакова, 2,
СевКавГТУ

(72) Автор(ы):

Мамаев Виктор Александрович (RU),
Кононова Надежда Николаевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

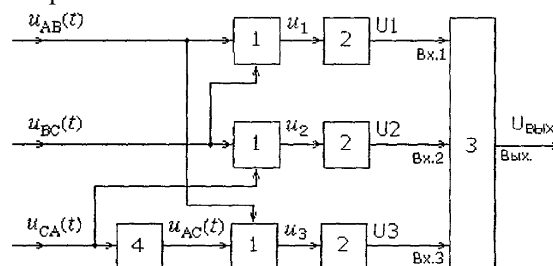
Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования "Северо-Кавказский
государственный технический университет"
(RU)

(54) СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН, ПОДВОДИМЫХ К МИНИ-СЕЛЕКТОРУ ТРЕХФАЗНОГО УСТРОЙСТВА МИНИМАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

(57) Реферат:

Использование: в области электротехники. Технический результат заключается в повышении чувствительности. Устройство содержит мини-селектор с тремя входами, к которым подводят три напряжения постоянного тока, посредством которых выявляют минимальное из трех отклонений модулей междуфазных напряжений в условиях нормального и аварийного функционирования трехфазной системы электроснабжения, при этом первое подводимое к мини-селектору напряжение постоянного тока, выделяют из несинусоидального напряжения, которое получают в результате перемножения первого синусоидального междуфазного напряжения на отстающее от первого второе синусоидальное междуфазное напряжение, второе подводимое напряжение получают из несинусоидального напряжения, получаемого в результате

перемножения второго синусоидального междуфазного напряжения на третье синусоидальное междуфазное напряжение, опережающее первое опорное синусоидальное напряжение, третье напряжение получают из несинусоидального напряжения, получаемого в результате перемножения первого опорного синусоидального междуфазного напряжения на инверсное третье синусоидальное междуфазное напряжение. 4 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

H01H 83/16 (2006.01)*H02H 3/24* (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2009139688/07, 27.10.2009**(24) Effective date for property rights:
27.10.2009(45) Date of publication: **10.12.2010 Bull. 34**

Mail address:

**355028, g.Stavropol', pr-kt Kulakova, 2,
SevKavGTU**

(72) Inventor(s):

**Mamaev Viktor Aleksandrovich (RU),
Kononova Nadezhda Nikolaevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie
vysshego professional'nogo obrazovaniya "Severo-
Kavkazskij gosudarstvennyj tekhnicheskij
universitet" (RU)****(54) METHOD TO GENERATE ELECTRIC VALUES FOR MINISELECTOR IN THREE-PHASE DEVICE OF MINIMUM VOLTAGE**

(57) Abstract:

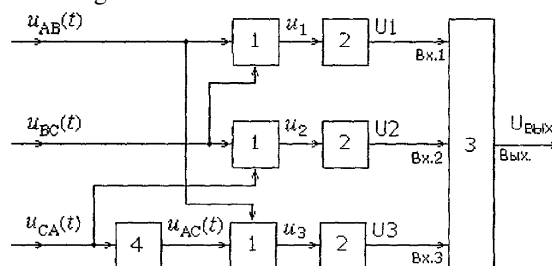
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: device includes miniselector with three inputs supplied with three sources of d.c.voltage used for detecting minimum out of three deflections of inter-phase voltage modules under normal and emergency conditions of three-phase power supply system operation. In addition, the first d.c. voltage supplied to miniselector is taken from non-sinusoidal voltage produced as a result of multiplication of the first sinusoidal inter-phase voltage by falling behind the first the second sinusoidal inter-phase voltage. The second supplied voltage is taken from non-sinusoidal voltage produced as a result of multiplication of the second

sinusoidal voltage by the third sinusoidal inter-phase voltage generated as a result of multiplication of the first reference sinusoidal inter-phase voltage by the third inverse sinusoidal inter-phase voltage.

EFFECT: increased sensibility.

4 dwg



Фиг. 1

Способ формирования электрических величин, подводимых к мини-селектору трехфазного устройства минимального напряжения, относится к электротехнике, а именно к выполненному на электронной базе устройству релейной защиты и противоаварийной автоматики, задачей которого является выявление в сравнении с принятым за расчетное напряжение изменений междуфазных напряжений в системе трехфазного электроснабжения переменного тока промышленной частоты $f_{пр}$, например, обусловленных изменениями модулей U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} векторов междуфазных напряжений $\underline{U}_{AB}$, $\underline{U}_{BC}$, $\underline{U}_{CA}$ как в условиях нормального функционирования трехфазной системы электроснабжения, так и в аварийных условиях.

Известно трехфазное минимальное реле напряжения на индукционной системе, используемое в схеме максимальной токовой защиты в качестве пускового органа минимального напряжения, причем реле конструктивно выполнено таким образом, что оно реагирует на уменьшение площади треугольника междуфазных напряжений. Недостатком трехфазного минимального реле напряжения на индукционной системе является сложная конструкция, которая требует больших трудозатрат при производстве реле, в процессе его наладки, выполнении периодических профилактических работ в условиях эксплуатации; реле имеет и другие недостатки, которые свойственны индукционному реле (большие потребление, габариты, масса и т.д.), кроме того, реле посредством контактной системы формируют только дискретный выходной сигнал [Алексеев В.С. Реле защиты. М.: «Энергия», 1976. с.125-126, 138-142, 178-180].

Известен способ выделения минимального напряжения на основе использования мини-селектора в устройствах релейной защиты и противоаварийной автоматики, например, в односистемной дистанционной защите, при этом мини-селектор при подаче на его три входа соответствующих электрических величин, функционально связанных с текущими значениями модулей U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} векторов междуфазных напряжений $\underline{U}_{AB}$, $\underline{U}_{BC}$, $\underline{U}_{CA}$, обеспечивает на своем выходе получение аналогового электрического напряжения, определяемого наименьшим модулем из подводимых к мини-селектору трех модулей междуфазных напряжений U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} [Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебники для вузов. / В.А.Андреев. - 4-е изд. перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 2006. С.69, 70; 155-157], причем способ выделения посредством мини-селектора минимального модуля из трех модулей междуфазных напряжений, используемый в односистемной дистанционной защите, может быть применен для реализации статического трехфазного устройства минимального напряжения.

Технический результат, достигаемый при использовании предлагаемого способа формирования электрических величин, подводимых к мини-селектору, состоит в возможности получения устройства минимального напряжения, обладающего большей чувствительностью к изменению модулей междуфазных напряжений трехфазной системы переменного тока, чем известный способ выделения минимального напряжения, рассматриваемого в качестве прототипа к предлагаемому способу по изобретению.

Предлагаемый способ формирования подводимых к мини-селектору трех однополярных электрических величин U_1 , U_2 , U_3 в трехфазной системе переменного тока с междуфазными синусоидальными напряжениями $u_{AV}(t)$, $u_{BC}(t)$, $u_{CA}(t)$ в условиях симметричного или несимметричного изменения векторов междуфазных напряжений $\underline{U}_{AB}$, $\underline{U}_{BC}$, $\underline{U}_{CA}$ с большей чувствительностью обеспечивает косвенный контроль за

изменениями модулей U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} соответствующих векторов междуфазных напряжений, при этом повышение чувствительности обусловлено нелинейной зависимостью электрических величин U_1 , U_2 и U_3 от изменений модулей междуфазных напряжений, причем это связано с особенностью формирования этих электрических величин, которое заключается в том, что каждую из электрических величин U_1 , U_2 и U_3 получают в результате последовательного перемножения одного модуля соответствующего вектора междуфазного напряжения на проекцию модуля другого вектора междуфазного напряжения на направление, определяемое вектором первого междуфазного напряжения, при этом мини-селектор из трех подведенных к нему сформированных таким образом однополярных электрических величин U_1 , U_2 и U_3 выделяет минимальное.

Возможность реализации способа следует из структуры выражений для трех мгновенных несинусоидальных электрических напряжений $u_1(t)$, $u_2(t)$ и $u_3(t)$, при этом первое несинусоидальное напряжение $u_1(t)$ получают в результате перемножения мгновенных значений, например опорного первого междуфазного напряжения $u_{AB}(t)$ и отстающего от первого междуфазного напряжения второго мгновенного междуфазного напряжения $u_{BC}(t)$, второе несинусоидальное напряжение $u_2(t)$ получают в результате перемножения мгновенных значений второго междуфазного напряжений $u_{BC}(t)$ и третьего междуфазного напряжения $u_{CA}(t)$, опережающего первое междуфазное напряжение $u_{AB}(t)$, а третье мгновенное несинусоидальное напряжение $u_3(t)$ получают перемножением первого опорного междуфазного напряжения $u_{AB}(t)$ на инверсное напряжение третьего междуфазного напряжения $u_{CA}(t)$, т.е. на

$u_{AC}(t) = -u_{CA}(t)$, причем для получения электрических напряжений $u_1(t)$, $u_2(t)$ и $u_3(t)$ используют свой перемножитель двух электрических сигналов, при этом каждое из мгновенных несинусоидальных электрических напряжений $u_1(t)$, $u_2(t)$ и $u_3(t)$ в своей структуре содержит соответствующие составляющую напряжения постоянного тока $U_{пос}$ и гармоническую составляющую с удвоенной относительно частоты $f_{пр}$ угловой частотой, равной $2\omega = 4\pi f_{пр}$, т.е.:

$$u_1(t) = k \cdot u_{AB}(t) \cdot k \cdot u_{BC}(t) = 2k^2 \cdot U_{AB} \cdot U_{BC} \cdot \cos\varphi_B + 2k^2 \cdot U_{AB} \cdot U_{BC} \cdot \cos(2\omega t + \varphi_B) = U_{имс} + u_{имп}(t) \quad (1)$$

$$u_2(t) = k \cdot u_{BC}(t) \cdot k \cdot u_{CA}(t) = -2k^2 \cdot U_{BC} \cdot U_{CA} \cdot \cos\varphi_C + 2k^2 \cdot U_{BC} \cdot U_{CA} \cdot \cos(2\omega t + 2\varphi_B + \varphi_C) = U_{2пос} + u_{2пер}(t) \quad (2)$$

$$u_3(t) = k \cdot u_{AB}(t) \cdot k \cdot u_{AC}(t) = k^2 \cdot u_{AB}(t) \cdot (-u_{CA}(t)) = -2k^2 \cdot U_{AB} \cdot U_{CA} \cdot \cos(\varphi_B + \varphi_C) + \dots \\ \dots + 2k^2 \cdot U_{CA} \cdot U_{AB} \cdot \cos(2\omega t + \varphi_B + \varphi_C) = U_{3пос} + u_{3пер}(t) \quad (3)$$

В выражениях (1), (2) и (3) мгновенные значения междуфазных напряжений $u_{AB}(t)$, $u_{BC}(t)$, $u_{CA}(t)$ представлены в виде:

$$u_{AB}(t) = k \cdot \sqrt{2} \cdot U_{AB} \sin \omega t; \quad u_{BC}(t) = k \cdot \sqrt{2} \cdot U_{BC} \sin(\omega t + \pi + \varphi_B); \\ u_{CA}(t) = k \cdot \sqrt{2} \cdot U_{CA} \sin(\varphi_B + \varphi_C); \quad u_{AC}(t) = -k \cdot u_{CA}(t) = k \cdot \sqrt{2} \cdot U_{CA} \sin(\omega t + \pi + \varphi_B + \varphi_C), \quad (4)$$

где φ_B и φ_C - соответственно внутренние углы при вершинах В и С треугольника АВС, сторонами которого являются модули междуфазных напряжений U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} трехфазной системы напряжения переменного тока в месте их измерения устройством со способом формирования электрических величин, подводимых к мини-селектору трехфазного реле минимального напряжения, согласно предлагаемому изобретению; k - постоянный коэффициент передачи, связывающий междуфазные напряжения на шинах, на которых контролируется изменение междуфазных напряжений, с напряжениями, непосредственного подводимыми к перемножителю двух электрических сигналов. Выбранные варианты перемножения

соответствующих междуфазных напряжений по (1), (2) и (3) в структуре мгновенных электрических несинусоидальных напряжений $u_1(t)$, $u_2(t)$ и $u_3(t)$, генерируемых на выходе соответствующих перемножителей, позволяет получить составляющие напряжений постоянного тока одной полярности, связанных с изменениями модулей междуфазных напряжений U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} .

Согласно изобретению из мгновенных электрических несинусоидальных напряжений $u_1(t)$, $u_2(t)$ и $u_3(t)$ со структурой согласно выражениям (1), (2) и (3) выделяют составляющие, определяемые напряжениями постоянного тока соответственно $U_{1\text{пос}}$, $U_{2\text{пос}}$, $U_{3\text{пос}}$, на основе которых формируют подводимые к мини-селектору однополярные электрические величины $U1$, $U2$, $U3$, т.е.

$$U1 = |U_{1\text{пос}}| = |2k^2 \cdot U_{AB} \cdot U_{BC} \cdot \cos(\pi + \varphi_B)|, \quad (5)$$

$$U2 = |U_{2\text{пос}}| = |2k^2 \cdot U_{BC} \cdot U_{CA} \cdot \cos(\pi - \varphi_C)|, \quad (6)$$

$$U3 = |U_{3\text{пос}}| = |2k^2 \cdot U_{CA} \cdot U_{AB} \cdot \cos(\varphi_B + \varphi_C)|. \quad (7)$$

Из выражений (5), (6) и (7) следует, что значение каждого из однополярных электрических величин $U1$, $U2$ и $U3$ зависит от произведения текущего значения модуля вектора одного междуфазного напряжения на модуль проекции вектора другого междуфазного напряжения на направление первого вектора. Это обуславливает нелинейную зависимость электрических величин $U1$, $U2$ и $U3$ от изменения модулей междуфазных напряжений трехфазной системы переменного тока, что и определяет большую чувствительность к изменению модулей междуфазных напряжений по предлагаемому способу в сравнении с техническим решением по прототипу, при этом в месте подключения трехфазного устройства минимального напряжения со способом формирования подводимых к его мини-селектору электрических величин согласно изобретению при металлическом коротком замыкании в одной точке и при условии симметрии эквивалентного источника, питающего место короткого замыкания.

Согласно изобретению к мини-селектору трехфазного реле минимального напряжения подводят три однополярные электрические величины $U1$, $U2$, $U3$, например напряжения постоянного тока, имеющие согласно выражениям (5), (6) и (7) функциональную связь как с модулями соответствующих междуфазных напряжений, так и с соответствующими угловыми сдвигами векторов напряжений, определяющих их модули, причем каждую из однополярных электрических величин $U1$, $U2$, $U3$ получают путем формирования абсолютных значений из постоянных составляющих, входящих в структуру мгновенных значений несинусоидальных напряжений $u_1(t)$, $u_2(t)$ и $u_3(t)$, определяемых соответственно по (1), (2), (3) и сформированных на основе попарного перемножения соответствующих мгновенных значений, связанных с подводимыми к трехфазному устройству минимального напряжения междуфазными синусоидальными напряжениями $u_{AB}(t)$, $u_{BC}(t)$ и $u_{CA}(t)$ трехфазной системы переменного тока, при этом мини-селектор выделяет минимальную электрическую величину из трех подводимых к нему однополярных электрических величин $U1$, $U2$, $U3$, которую используют в логике функционирования трехфазного устройства минимального напряжения, например путем сопоставления выделенной из трех $U1$, $U2$, $U3$ минимальной электрической величины с уставкой срабатывания по напряжению трехфазного устройства минимального напряжения. С целью упрощения структуры трехфазного устройства минимального напряжения допустим вариант формирования всего двух, подводимых к мини-селектору напряжений постоянного тока, например $U1$ и $U2$. Трехфазное устройство минимального напряжения со

способом формирования подводимых к его мини-селектору электрических величин по предлагаемому изобретению может быть переведено в режим для использования в однофазной сети переменного тока или на основе способа по изобретению реализовано однофазное устройство минимального напряжения с повышенной чувствительностью к изменению модуля подводимого к нему переменного напряжения.

На фиг.1 приведена структурная схема формирования электрических величин, подводимых к мини-селектору трехфазного устройства минимального напряжения по предлагаемому изобретению в варианте, когда из трех мгновенных синусоидальных междофазных напряжений $u_{AB}(t)$, $u_{BC}(t)$ и $u_{CA}(t)$ формируют три подводимых к мини-селектору электрические величины U_1 , U_2 и U_3 постоянного тока, при этом использованы обозначения: 1 - перемножители двух соответствующих синусоидальных напряжений; 2 - схемы выделения однополярных электрических величин U_1 , U_2 и U_3 из соответствующих мгновенных значений несинусоидальных напряжений $u_1(t)$, $u_2(t)$ и $u_3(t)$; 3 - мини-селектор трехфазного устройства минимального напряжения с тремя входами V_{x1} , V_{x2} и V_{x3} , на которые соответственно поданы однополярные электрические величины U_1 , U_2 и U_3 , и одним выходом V_{yx} , на котором формируют аналоговое выходное напряжение $U_{вых}$, равное минимальной электрической величине из трех подведенных к мини-селектору электрических величин U_1 , U_2 и U_3 , при этом выходное напряжение $U_{вых}$ далее используют в логике функционирования трехфазного устройства минимального напряжения; 4 - схема инвертирования напряжения $u_{CA}(t)$ в напряжение $u_{AC}(t)$.

На фиг.2 приведена схема трехфазного электроснабжения с источником питания с внутренними э.д.с. E_c и комплексным сопротивлением $Z_c = z_c \angle \varphi_c$ и шины с междофазным напряжением $\underline{U}_{ш}$, к которым присоединены отходящая от шин линия W и трехфазный трансформатор напряжения TV , являющийся источником информации о мгновенных значениях синусоидальных междофазных напряжений $u_{AB}(t)$, $u_{BC}(t)$, $u_{CA}(t)$ на шинах. Место условного металлического двухфазного короткого замыкания между фазами B и C на линии W обозначено точкой $K_{BC}^{(2)}$, $Z_{кз} = z_{кз} \angle \varphi_{кз}$ комплексное

сопротивление линии до места короткого замыкания, причем аргументы комплексных сопротивлений Z_c и $Z_{кз}$ приняты равными, т.е. $\varphi_c = \varphi_{кз}$. На фиг.3 приведены треугольники ΔABC и $\Delta AB'C'$, сторонами которых являются модули трех междофазных напряжений на шинах, соответствующие расчетному симметричному режиму по напряжению (равносторонний треугольник ΔABC со сторонами, равными модулям $U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = U_{рас}$), и некоторому аварийному режиму (равнобедренный треугольник $\Delta AB'C'$ с равными сторонами, определяемыми модулями $U_{AB'}$ и $U_{C'A}$), соответствующему, например, двухфазному короткому замыканию $K_{BC}^{(2)}$ при удалении места короткого замыкания, равного сопротивлению $Z_{кз}$, при этом углы при вершинах A , B' и C' соответствующего треугольника $\Delta AB'C'$ обозначены как φ_A , φ_B , и φ_C .

На фиг.3 применительно к условию по фиг.2 в качестве иллюстрации приведены графики: 1 - относительного изменения напряжений U^*1 и U^*2 , т.е.

$U^*1 = F_1(U_1/(0,5 \cdot U_{рас}^2))$ и $U^*2 = F_2(U_2/(0,5 \cdot U_{рас}^2))$; 2 - относительное изменение

напряжения U^*3 , т.е. $U^*3 = F_3(U_3/(0,5 \cdot U_{рас}^2))$; 3 - относительное изменение U^* модуля междофазного напряжения U_{BC} к расчетному напряжению $U_{рас}$ способа по прототипу, т.е. $U^* = F(U_{BC}/U_{рас})$, при этом по оси абсцисс отложены относительные изменения значения междофазного напряжения между фазами B и C , т.е. $U^* = U_{BC}/U_{рас}$

при перемещении точки короткого замыкания $K^{(2)}_{BC}$ вдоль линии W (фиг.2).

Представленные на фиг.4 графики показывают, что нелинейность зависимости графика 1 в сравнении с графиком 3 обеспечивает большую чувствительность к появлению несимметрии в системе междуфазных напряжений, что обуславливает

получение большей чувствительности к изменению модулей междуфазных напряжений у предлагаемого способа формирования подводимых к мини-селектору электрических величин, чем у прототипа. Так, относительное уменьшение модуля линейного напряжения U_{BC}^* до 0,95 приводит к изменению минимального напряжения,

подводимого к мини-селектору прототипа, на величину $\Delta U^*=0,05$, в то время как такое же уменьшение модуля линейного напряжения U_{BC}^* у предлагаемого способа формирования подводимых к мини-селектору электрических величин приводит к относительному изменению напряжений U^*1 и U^*2 на величину $\Delta U^*=0,09$.

Характеристику чувствительности к изменению междуфазных напряжений трехфазного устройства минимального напряжения со способом формирования подводимых к мини-селектору электрических величин по предлагаемому изобретению можно изменить, например, осуществив поворот векторов $\underline{U}_{BC}$ и $\underline{U}_{CA}$ (4) на дополнительные фазовые углы предусмотренными в конкретной схеме устройства соответствующими фазоповоротными схемами.

Предлагаемое изобретение при аналоговом выполнении может быть реализовано на основе известных в технике построения измерительных органов защиты и противоаварийной автоматики схемотехнических решений, в частности используемых при обработке аналоговых электрических сигналов, например выполняемых перемножителем двух электрических сигналов, схемой выделения постоянной составляющей $U_{\text{пос}}$ из несинусоидального электрического сигнала, схемой выделения абсолютного значения напряжения, при этом мини-селектор может быть выполнен по известным схемотехническим решениям.

Формула изобретения

Способ формирования электрических величин, подводимых к мини-селектору трехфазного устройства минимального напряжения, к которому в условии симметричного режима подводятся три междуфазных синусоидальных напряжения трехфазной системы переменного тока, и содержащий мини-селектор, имеющий три входа, на каждый из которых подают свои электрические величины постоянного тока, и один выход, при этом выделенную в условии подводимых несимметричных напряжений на выходе мини-селектора минимальную из трех подводимых к мини-селектору электрических величин постоянного тока используют в логике функционирования трехфазного устройства минимального напряжения для определения отклонения междуфазных напряжений от расчетного значения, определяемого заданной уставкой срабатывания трехфазного устройства минимального напряжения, отличающийся тем, что на первый вход мини-селектора подают первую электрическую величину постоянного тока, которую выделяют из мгновенного значения первого несинусоидального электрического напряжения, причем это напряжение получают путем перемножения первого опорного междуфазного синусоидального напряжения на второе отстающее от первого междуфазное синусоидальное напряжение, на второй вход мини-селектора подают вторую электрическую величину постоянного тока, которую выделяют из мгновенного значения второго несинусоидального электрического напряжения,

причем это напряжение получают путем перемножения второго отстающего
междуфазного синусоидального напряжения на третье междуфазное синусоидальное
напряжение, опережающее первое опорное междуфазное синусоидальное напряжение,
на третий вход мини-селектора подают третью электрическую величину постоянного
5 тока, которую выделяют из мгновенного значения третьего несинусоидального
электрического напряжения, причем это напряжение получают путем перемножения
первого опорного междуфазного синусоидального напряжения на инверсное третье
междуфазное синусоидальное напряжение, при этом подводимые к входам мини-
10 селектора три электрических напряжения постоянного тока однополярны.

15

20

25

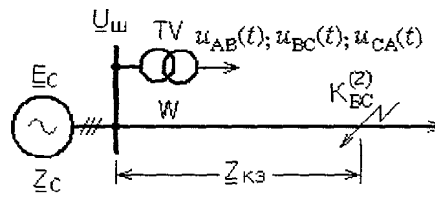
30

35

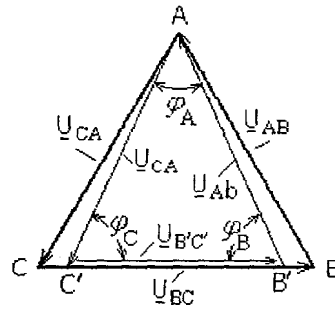
40

45

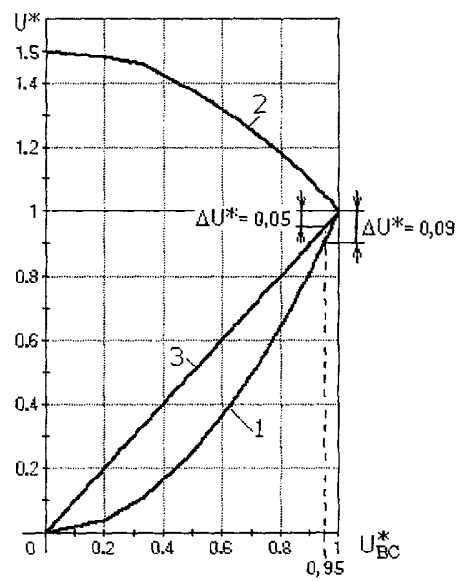
50



Фиг.2



Фиг.3



Фиг.4