



(51) МПК
H02J 3/12 (2006.01)
H02J 3/18 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H02J 3/18 (2025.08)

(21)(22) Заявка: 2025107543, 28.03.2025

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.03.2025

Дата регистрации:
03.12.2025

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.03.2025

(45) Опубликовано: 03.12.2025 Бюл. № 34

Адрес для переписки:

629309, Ямало-Ненецкий автономный округ,
г. Новый Уренгой, а/я 1130, ООО
"Севернефтегазпром", Легай Алексей
Александрович

(72) Автор(ы):

Ульянов Владислав Борисович (RU),
Гаевский Сергей Валериевич (RU),
Полтавский Сергей Викторович (RU),
Доронин Сергей Васильевич (RU),
Легай Алексей Александрович (RU),
Дмитрук Владимир Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью
"Севернефтегазпром" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2180982 C2, 27.03.2002. SU
1807545 A1, 07.04.1993. RU 2656372 C1,
05.06.2018. WO 1999009631A1, 25.02.1999. US
5905367 A1, 18.05.1999. US 6560128 B1,
06.05.2003.

(54) Способ повышения уровня остаточного напряжения в электрической сети локальных электроэнергетических систем

(57) Реферат:

Изобретение относится к области повышения надежности энергоснабжения локальных электроэнергетических систем газового промысла в аварийных условиях при коротких замыканиях в распределительных сетях 6-10 кВ. Технический результат - снижение провалов напряжения в локальной системе электроснабжения при аварийных ситуациях. В способе повышения уровня остаточного напряжения в электрической сети локальных электроэнергетических систем, содержащих закрытое распределительное устройство, к шинам которого подключены линии электроснабжения трансформаторных подстанций, питающих электродвигатели

аппаратов воздушного охлаждения газа, повышают индуктивное сопротивление воздушной линии (ВЛ) напряжением 10 кВ и тем самым снижают значение тока короткого замыкания при коротком замыкании на ВЛ путем установки разделительного трансформатора на кабельной линии питания ВЛ. На катушках магнитных пускателей схем управления электродвигателями аппаратов воздушного охлаждения газа в момент короткого замыкания на ВЛ сохраняют напряжение выше критического значения и поддерживают напряжение в узлах системы электроснабжения выше критического значения. 3 ил.

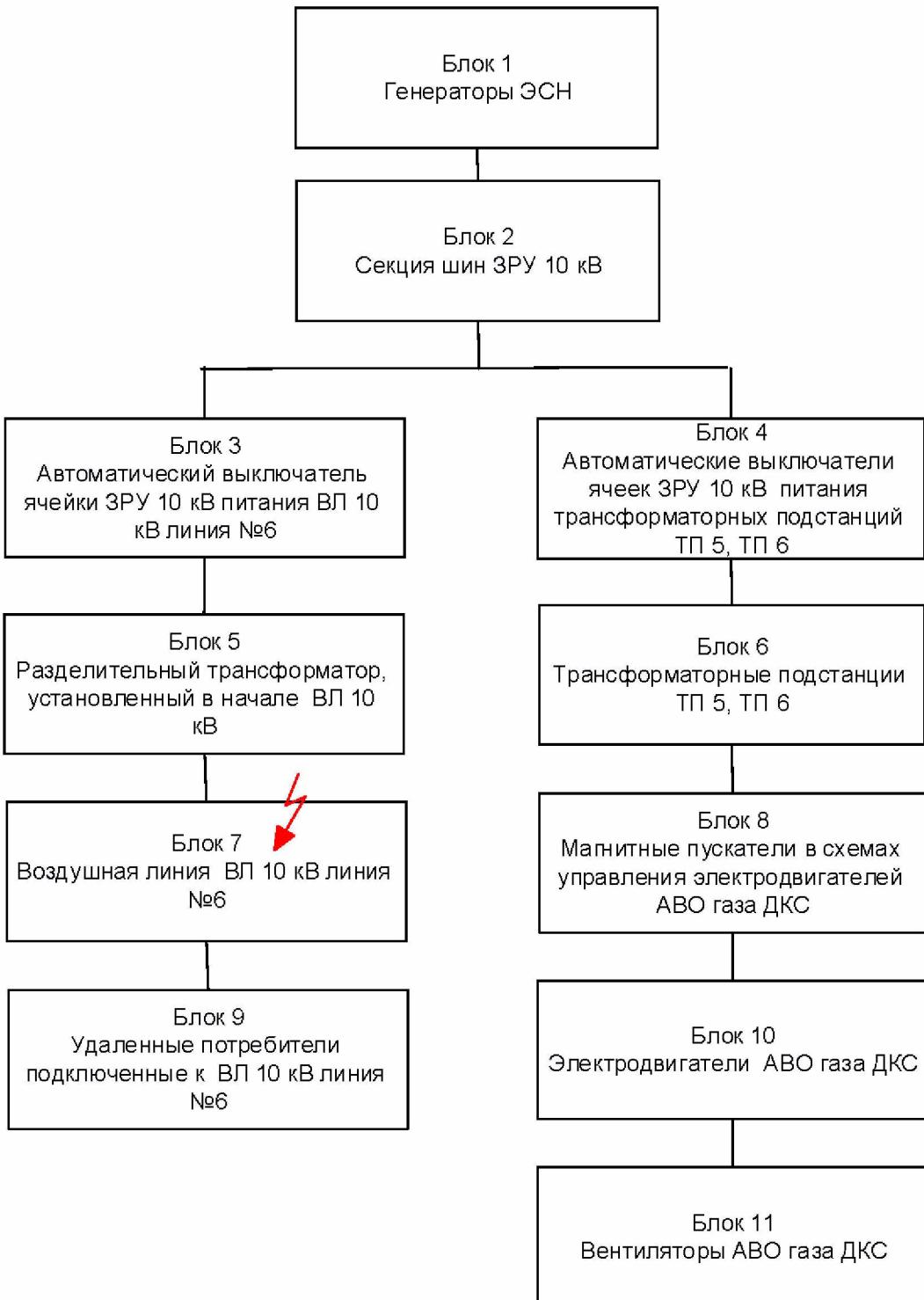
C1
2 8 5 2 1 4 3
RU

R U
2 8 5 2 1 4 3

C 1

R U 2 8 5 2 1 4 3 C 1

R U 2 8 5 2 1 4 3 C 1



Фиг. 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC
H02J 3/18 (2025.08)

(21)(22) Application: 2025107543, 28.03.2025

(24) Effective date for property rights:
28.03.2025

Registration date:
03.12.2025

Priority:

(22) Date of filing: 28.03.2025

(45) Date of publication: 03.12.2025 Bull. № 34

Mail address:

629309, Yamalo-Nenetskij avtonomnyj okrug, g.
Novyj Urengoj, a/ya 1130, OOO
"Severneftegazprom", Legaj Aleksej
Aleksandrovich

(72) Inventor(s):

Ulianov Vladislav Borisovich (RU),
Gaevskii Sergei Valerievich (RU),
Poltavskii Sergei Viktorovich (RU),
Doronin Sergei Vasilevich (RU),
Legai Aleksei Aleksandrovich (RU),
Dmitruk Vladimir Vladimirovich (RU)

(73) Proprietor(s):

"Severneftegazprom" Obshchestvo s
ogranichennoi otvetstvennostiu (RU)

(54) METHOD FOR INCREASING RESIDUAL VOLTAGE LEVEL IN ELECTRICAL NETWORK OF LOCAL ELECTRIC POWER SYSTEMS

(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: invention relates to improving the reliability of power supply to local gas field power systems in emergency conditions during short circuits in 6-10 kV distribution networks. In a method for increasing the residual voltage level in the electrical network of local power systems containing a closed switchgear, to whose busbars are connected the power supply lines of transformer substations supplying electric motors of gas air cooling devices, the inductive resistance of the 10 kV overhead line (OL) is increased,

thereby reducing the short-circuit current value in the event of a short circuit on the OL by installing an isolating transformer on the OL power cable line. At the moment of a short circuit on the overhead line, the coils of the magnetic starters of the electric motor control circuits of the gas air cooling units maintain the voltage above the critical value and keep the voltage in the power supply system nodes above the critical value.

EFFECT: reduction of voltage dips in the local power supply system during emergency situations.

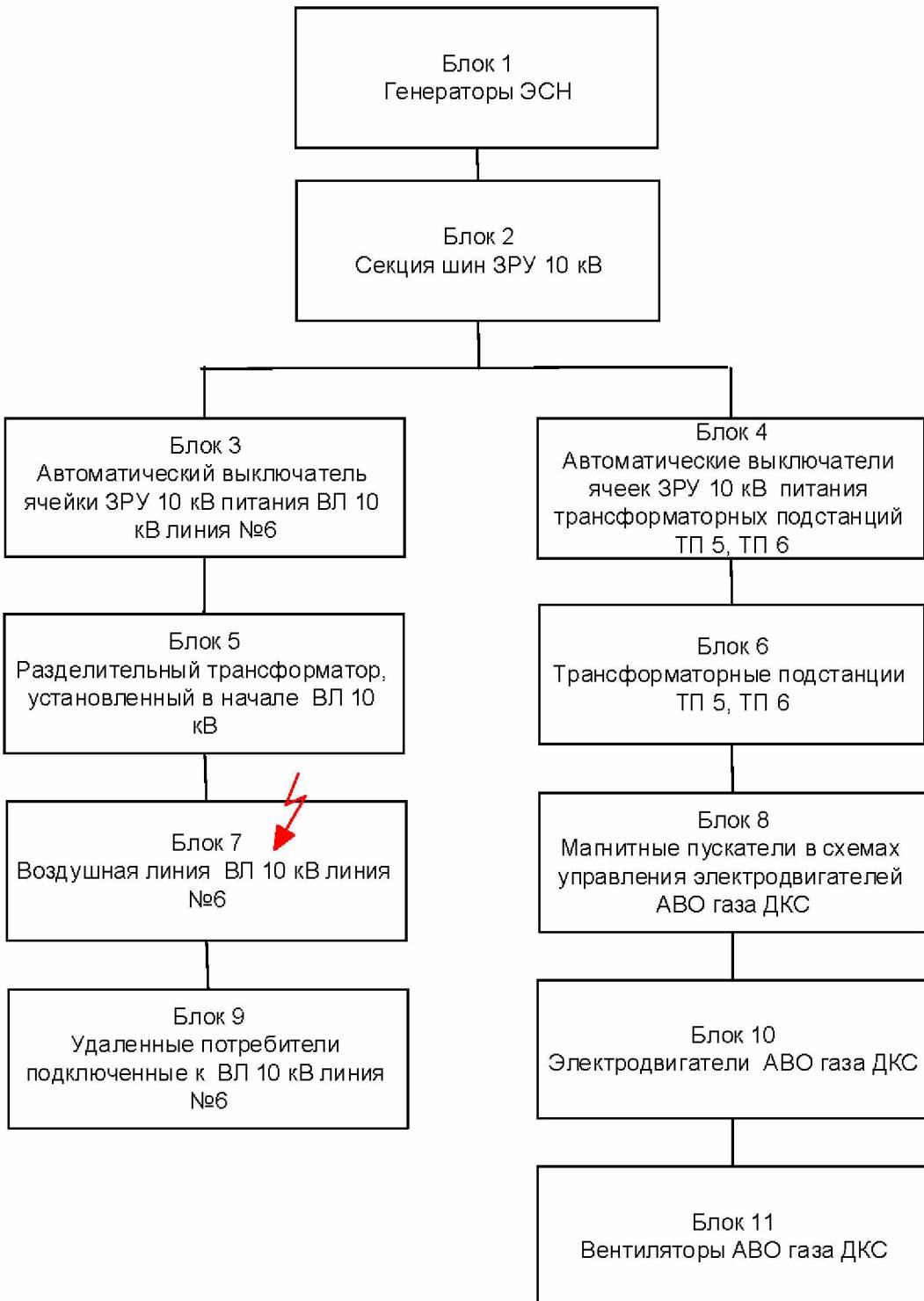
1 cl, 3 dwg

R U
2 8 5 2 1 4 3 C 1

R U
2 8 5 2 1 4 3 C 1

R U 2 8 5 2 1 4 3 C 1

R U 2 8 5 2 1 4 3 C 1



Фиг. 2

Изобретение относится к области повышения надежности электроснабжения локальных электроэнергетических систем газового промысла в аварийных условиях при коротких замыканиях в распределительных сетях 6-10 кВ.

В процессе короткого замыкания (КЗ) в распределительных сетях локальных 5 электроэнергетических систем резко снижается напряжение до $0,3U_H$ на шинах источника питания, из-за падения напряжения в цепи «источник питания - точка КЗ», обусловленное большими токами КЗ. При этом электродвигатели 0,4 кВ отключаются магнитными пускателями при провалах напряжения глубже $0,7U_H$, что приводит к потере 10 электродвигательной нагрузки более 2 МВт и к нарушению технологического процесса подготовки и компримирования газа на газовом промысле.

Для снижения провалов напряжения в локальных системах электроснабжения (СЭС) 15 при аварийных ситуациях применяют форсировку возбуждения генераторов электростанций, вольтодобавочные трансформаторы в электрической сети, динамическую компенсацию реактивной мощности, расщепление обмоток трансформаторов, установку токоограничивающих реакторов [1, 2].

Из области техники известны решения технической задачи повышение надежности 20 электроснабжения потребителей путем повышения уровня остаточного напряжения в ключевых узлах схемы при коротких замыканиях во внешних сетях. Известны способы и устройства для компенсации провалов напряжения [Патент РФ №201614, МПК H02J 3/12, опубликовано 23.12.2020, Патент РФ №2722215, МПК H02J 3/12, опубликовано 28.05.2020, Патент РФ №2656372, МПК H02J 3/12, опубликовано 05.06.2018].

Известные патенты основаны на использовании вольтодобавочных трансформаторов 25 и конденсаторов для повышения уровня напряжения в узлах СЭС, характеризуются относительно длительной реакцией на возмущение в системе (десятки миллисекунд) и слабыми накопителями энергии для обеспечения питания электродвигательной нагрузки более 2 МВт. Их использование не обеспечивает повышение надежности электроснабжения потребителей газового промысла при КЗ в распределительных воздушных линиях напряжением 10 кВ (ВЛ 10 кВ).

Наиболее близким техническим решением и выбранным в качестве ближайшего 30 аналога (прототип), является использование установки токоограничивающих реакторов на фидерах ВЛ-10 кВ. [Типовой проект 407-3-225 «Установка реакторов 6-10 кВ новой серии в закрытом помещении - Минэнерго СССР, 01.10.1975г.»,

<https://meganorm.ru/Index2/1/4293777/4293777504.htm>, <http://electricalschool.info/elstipod/1768-kak-ustroeny-reaktory.html>].

Такое решение является наиболее распространенным для решения указанной задачи. Расчеты на модели показали, что установка токоограничивающих реакторов на фидерах 35 ВЛ-10 кВ приводит к снижению провалов напряжения на 2-9% при КЗ на ВЛ-10 кВ.

Недостатками ближайшего аналога, является то, что при коротких замыканиях в 40 сети расположенных в непосредственной близости от источника электроснабжения - «ближних КЗ» и, соответственно, глубоких провалах напряжения (до $0,3U_H$) повышение остаточного напряжения на шинах источника питания на 9 % недостаточно для превышения критического значения $0,7U_H$. Использование установки ближайшего 45 аналога не способствует повышению надежности СЭС газового промысла при КЗ на ВЛ-10 кВ.

В предлагаемом изобретении решается задача повышения надежности электроснабжения наиболее ответственных электродвигателей газового промысла с целью обеспечения минимального уровня напряжения для удержания контакторов

магнитных пускателей: 0,73 Ун, при критическом допустимом напряжении 0,7 Ун, при возникновении коротких замыканий на ВЛ - 10 кВ, за счет ограничения токов КЗ и обеспечения минимального снижения уровня напряжения на шинах закрытого распределительного устройства (ЗРУ) 10 кВ к которым подключены линии

- 5 электроснабжения трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ от которых в свою очередь подключены схемы управления наиболее ответственными потребителями - электродвигателями аппаратов воздушного охлаждения газа.

Поставленная цель решается повышением индуктивного сопротивления ВЛ-10 кВ, при изменении параметров которого существенно снижается значение тока КЗ при коротком замыкании на ВЛ-10 кВ. Соответственно напряжение в узлах СЭС поддерживается выше критического значения, тем самым обеспечивается надежность электроснабжения наиболее ответственных потребителей.

- 10 На фиг. 1 приведена принципиальная схема электроснабжения газового промысла, на фиг. 2 - блок схема локальной электроэнергетической системы, на фиг. 3 - осциллограмма напряжения на секции шин ЗРУ 10 кВ при установке разделительного трансформатора на фидере ВЛ10 кВ при КЗ.

Предлагаемый способ реализуется следующим образом. В качестве источника электроснабжения применена электростанция собственных нужд общей установленной мощностью 14,4 МВт, выполненной на основе газотурбинных энергоблоков с генераторами G1...G8 мощностью 1,8 МВт каждый. Электрическая энергия, выработанная генераторами, подается на 1 и 2 секции шин ЗРУ 10 кВ, и далее к потребителям электрической энергии. В качестве потребителей выступают трансформаторные подстанции 10/0,4 кВ, при этом трансформаторные подстанции, расположенные на удалении до 2 км от ЗРУ 10 кВ подключены с помощью кабельных линий, а более удаленные подстанции подключены посредством воздушных линий электропередач напряжение 10 кВ (при этом питание указанных воздушных линий осуществляется с помощью кабельной линии от ЗРУ 10 кВ до первой опоры ВЛ).

- 20
 - 25
 - 30
 - 35
 - 40
 - 45
- От трансформаторных подстанций (ТП, КТП) обеспечивается электроснабжение электрооборудования участующего в осуществлении технологического процесса, электродвигателей, систем управления, систем электрообогрева, систем освещения и прочих технических объектов и систем.

Для обеспечения снижения токов короткого замыкания возникающих на воздушных линиях при межфазных замыканиях вследствие повреждений ВЛ, либо воздействиях прямых попаданий грозовых разрядов с последующими межфазными замыканиями предлагается установка разделительного трансформатора на кабельной линии питания ВЛ. При установке такого трансформатора, например, на линии питания ВЛ №6 создается гальваническая развязка между сборными шинами ЗРУ 10 кВ (от которых питаются все потребители электрической энергии газового промысла, в том числе наиболее ответственные электродвигатели и их системы управления) и воздушной линией, подверженной коротким замыканиям в результате повреждений.

Выбор разделительных трансформаторов, устанавливаемых на отходящих фидерах ВЛ- №1, 3, 6, 7, выполнен на основе того, что расчетная нагрузка на каждой из линий составляет порядка 600 кВА, соответственно предлагается установить разделительные трансформаторы масляные герметичные ТМГ-10/10,5 кВ мощностью 630 кВА, напряжением первичной обмотки $U_1 = 10$ кВ, и напряжением вторичной обмотки $U_2 = 10,5$ кВ;

Установка разделительных трансформаторов ТМГ-10/10,5 кВ в схему электроснабжения за счет отсутствия непосредственного электрического соединения

первичной и вторичной обмотки разделительного трансформатора позволит обеспечить значение индуктивного сопротивления любой из четырех отходящих воздушных линий не менее 8 Ом, что позволяет снизить за счет создания электрического разделения цепи, значения тока при КЗ в начале линии в три раза и повысить остаточное напряжение на шинах источника питания на 40%.

При этом напряжение в узлах СЭС в момент короткого замыкания на ВЛ-10 кВ остается выше критического значения.

На фиг. 2 приведена осциллограмма напряжения на секции шин ЗРУ 10 кВ СЭС при установке разделительного трансформатора на фидере ВЛ №6 при КЗ, полученными 10 в результате расчетов в программном комплексе «МУСТАНГ» предназначенном для оперативного выполнения на ЭВМ расчетов установившихся и переходных 15 электромеханических режимов энергосистем.

Осциллограмма демонстрируют, что расчетное значение остаточного напряжения на секции шин ЗРУ 10 кВ $U_{min} = 7,3 \text{ кВ}$ ($0,73U_H$) в момент погасания шунта КЗ. Это уже 15 выше критического напряжения для отпадания контакторов магнитных пускателей: $0,73 U_H >$ допустимого $0,7U_H$, [3,4].

Расчет динамической устойчивости СЭС газового промысла выполнен по методике, изложенной в монографии «Устойчивость энергосистем» [5]. При анализе переходных 20 процессов в автономной СЭС использованы материалы статьи «Повышение динамической устойчивости автономных энергосистем на основе данных мониторинга переходных режимов» [6].

Успешный самозапуск двигателей обеспечивается сохранением включенного 25 положения магнитных пускателей при кратковременных снижениях напряжения в питающей сети, вследствие которого при восстановлении заданного уровня напряжения в сети, электродвигатели продолжают свою работу в штатном режиме.

Новым в предлагаемом способе является: применение разделительного трансформатора для повышения индуктивного сопротивления линии электропередачи с целью поддержания напряжения на шинах источника питания выше критического 30 значения для обеспечения надежности СЭС при КЗ на ВЛ-10 кВ.

Совокупность существенных признаков в предлагаемом изобретении позволила 35 повысить индуктивное сопротивление ВЛ-10 кВ и тем самым существенно снизить значение тока КЗ при коротком замыкании на ВЛ-10 кВ. При этом напряжение в узлах СЭС поддерживается выше критического значения, что приводит к обеспечению надежности электроснабжения наиболее ответственных потребителей.

Изобретение является новым, так как из уровня техники по доступным источникам информации не выявлено аналогов с подобной совокупностью признаков.

Изобретение является промышленно применимым, так как может быть использовано во всех локальных системах электроснабжения, где возникают аварийные режимы работы при частых КЗ на ВЛ, приводя к снижению надежности электроснабжения 40 промышленных потребителей.

Источники информации.

1. Кудрин Б.И. Электроснабжение: учебник для студ. Учреждений высш. проф. образования / Б.И. Кудрин, - І.: изд. центр «Академия», 2012. - 2-е изд., С. 274, 281-285.
2. Электромагнитная совместимость потребителей: моногр. / И.В. Жежеленко, А.К. Шидловский, Г.Г. Пивняк и др. - М.: Машиностроение, 2012, С. 231-237.
3. ГОСТ IEC 60947-4-1-2015. Электромеханические контакторы и пускатели электродвигателей.
4. ГОСТ IEC 60947-1-2014. Аппаратура распределения и управления низковольтная.

Часть 1. Общие правила.

5. Мелешкин Г.А., Меркурьев Г.В. Устойчивость энергосистем. В 2-х кн.: моногр. СПб.: Центр подготовки кадров энергетики. Кн. 1. 369 с.

5 6. Стогов А.Ю., Беляев А.Н. Повышение динамической устойчивости автономных энергосистем на основе данных мониторинга переходных режимов. // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2015. №1 (214) С. 47-58.

(57) Формула изобретения

Способ повышения уровня остаточного напряжения в электрической сети локальных 10 электроэнергетических систем, содержащих закрытое распределительное устройство, к шинам которого подключены линии электроснабжения трансформаторных подстанций, питающих электродвигатели аппаратов воздушного охлаждения газа, при котором повышают индуктивное сопротивление воздушной линии (ВЛ) напряжением 10 кВ и тем самым снижают значение тока короткого замыкания при коротком 15 замыкании на ВЛ путем установки разделительного трансформатора на кабельной линии питания ВЛ, сохраняя напряжение на катушках магнитных пускателей схем управления электродвигателями аппаратов воздушного охлаждения газа в момент короткого замыкания на ВЛ выше критического значения и поддерживая напряжение в узлах системы электроснабжения выше критического значения.

20

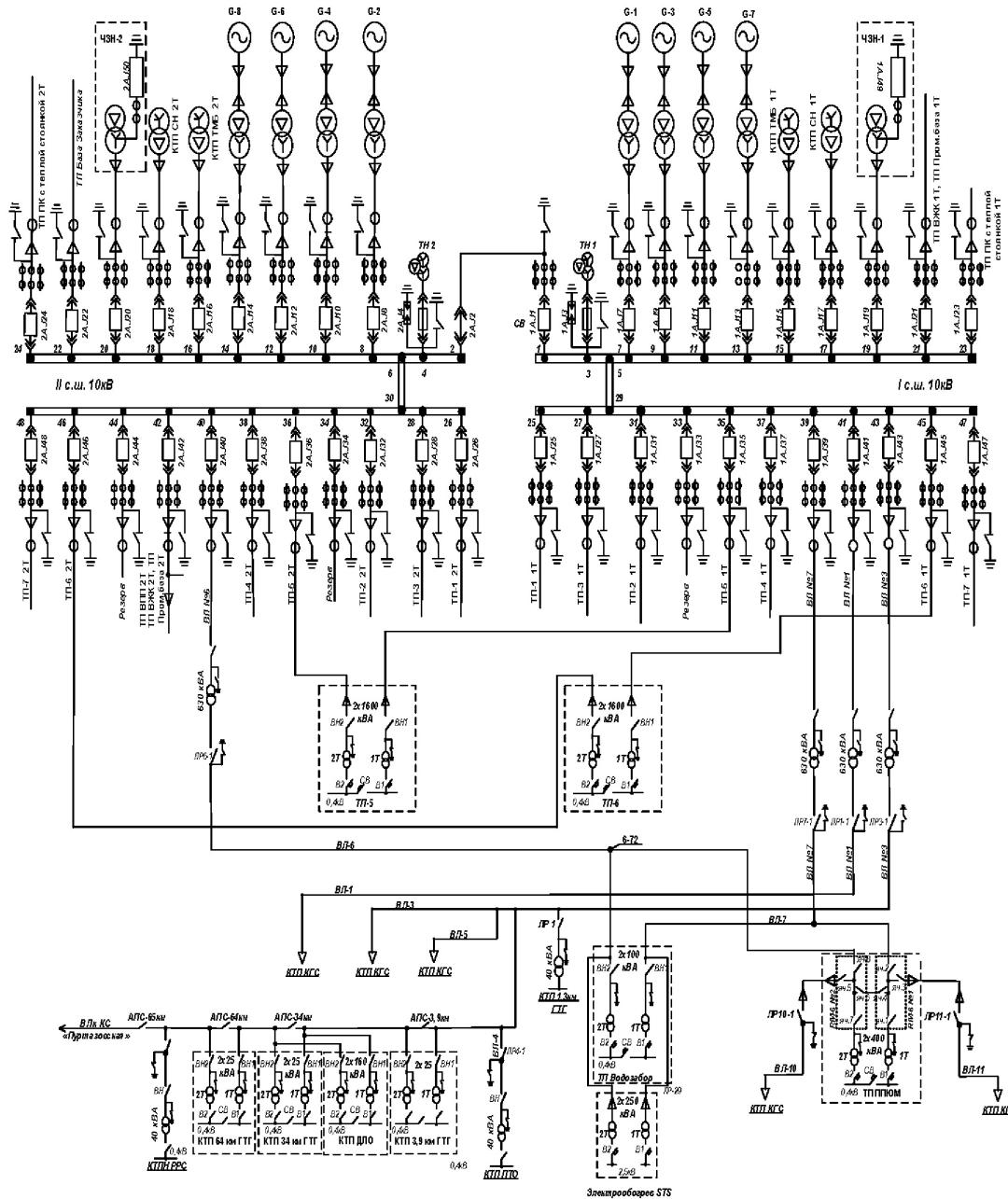
25

30

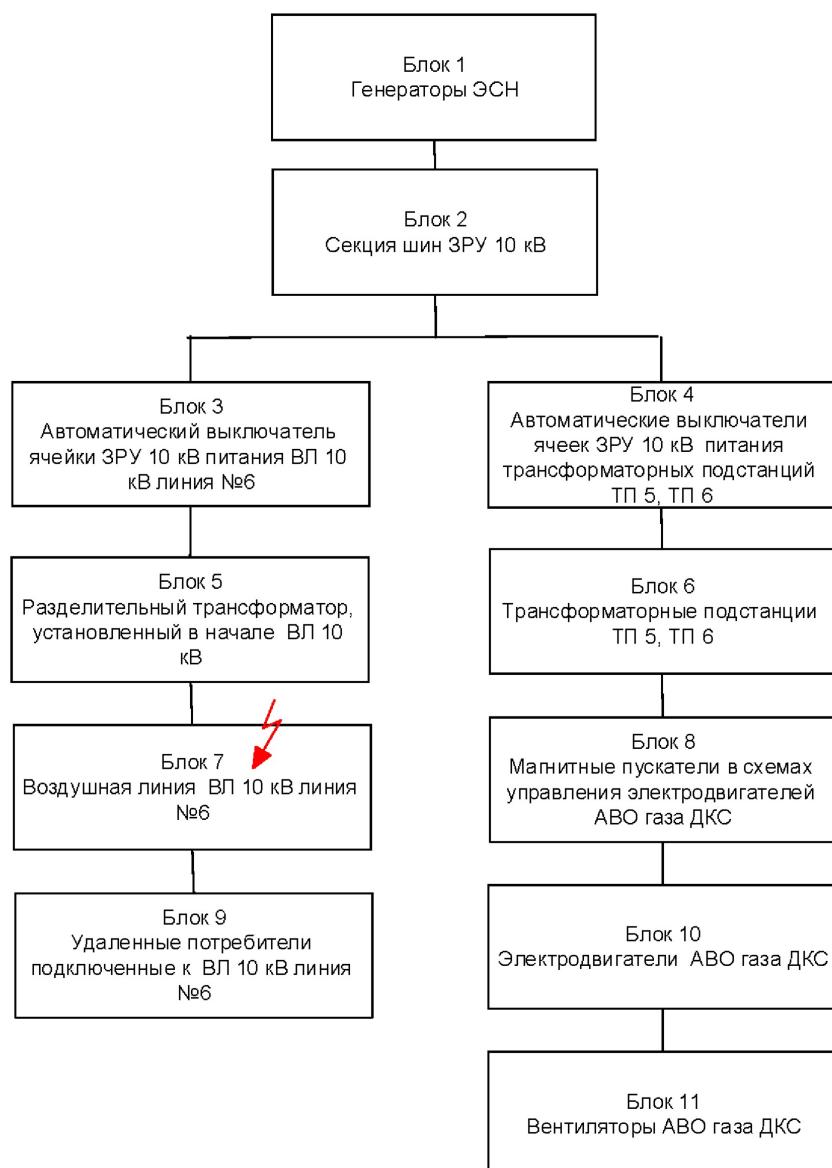
35

40

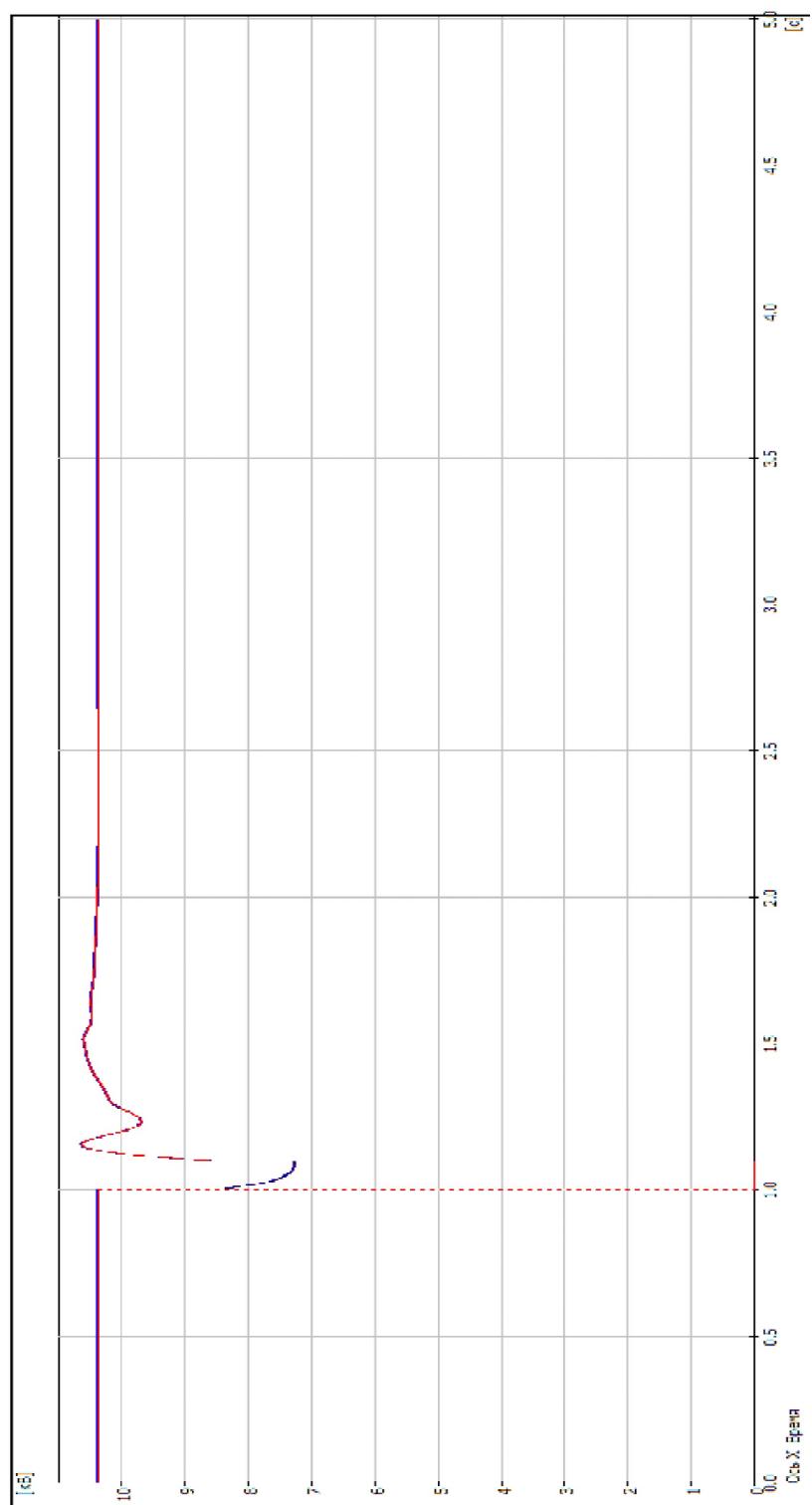
45



ФИГ. 1



Фиг. 2



Фиг. 3