

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2467447

УСТРОЙСТВО ДИНАМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМОМ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ fuzzy-ЛОГИКИ

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный горный университет" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2011141241

Приоритет изобретения 11 октября 2011 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 20 ноября 2012 г.

Срок действия патента истекает 11 октября 2031 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Simonov", written over a white background.



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2467447**

(51) МПК
H02J3/12 (2006.01)

(13) **C1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2011141241/07, 11.10.2011**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента: **11.10.2011**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **11.10.2011**

(45) Опубликовано: **20.11.2012**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2416855 C1, 20.04.2011. RU 2188491 C1, 27.08.2002. RU 2055440 C1, 27.02.1996. CA 2410854 A1, 06.12.2001. JP 2005341668 A, 08.12.2005.**

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2, ФГБОУ ВПО "Санкт-Петербургский государственный горный университет", отдел интеллектуальной собственности и трансфера технологий (отдел ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Абрамович Борис Николаевич (RU), Сычев Юрий Анатольевич (RU), Устинов Денис Анатольевич (RU), Шевчук Антон Павлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный горный университет" (RU)

(54) **УСТРОЙСТВО ДИНАМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМОМ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ fuzzy-ЛОГИКИ**

(57) Реферат:

Использование: в области электротехники и электроэнергетики. Технический результат - увеличение быстродействия. Устройство содержит устройство регулирования под нагрузкой, сборные шины, измерительный трансформатор напряжения, регулятор, аналого-цифровой преобразователь, блок задания постоянных параметров нагрузки и соединений, модуль памяти, блок фаззификации, блок нечеткого логического вывода, блок хранения базы правил, блок дефаззификации и переключатель, измерительный трансформатор тока, тиристорный управляемый выпрямитель, первый и второй накопительные конденсаторы, управляемый инвертор, вольтодобавочный трансформатор, фильтр высших гармонических составляющих напряжения, защитное устройство, байпасный выключатель, первый, второй, третий и четвертый выключатели. 1 ил.

напряжения. Эти соединительные линии необходимы в связи с тем, что многочисленная информация, например о текущем положении переключателя ступеней обмоток трансформатора, о вращении и направлении вращения приводного вала и т.д., производится в электроприводе при помощи электрических и электромеханических средств, а обрабатывается только в находящемся на значительном удалении регуляторе напряжения. Также измерительный трансформатор и регулятор напряжения должны быть соединены друг с другом при помощи электрических линий.

Известен адаптивный регулятор напряжения (патент RU № 2055440, д.пр. 05.10.1992), содержащий привод устройства регулирования напряжения под нагрузкой с блоком формирования сигнала управления, трансформатор напряжения с измерительным преобразователем напряжения, микропроцессорное устройство, выключающее блок контроля и управления напряжением, блоки расчета числа переключений устройства регулирования напряжения под нагрузкой и дисперсии напряжения, блоки увеличения и уменьшения выдержки времени, блоки изменения зоны и изменения знака приращения зоны нечувствительности регулирования напряжения, блоки сравнения с выходами «Да» и «Нет» числа переключений устройства регулирования напряжения под нагрузкой за сутки с заданным значением и зоны нечувствительности с заданными значениями, блоки определения текущего положения переключателя устройства регулирования напряжения под нагрузкой, блок расчета эффективности регулирования и блок сравнения с выходами «Да» и «Нет» эффективности регулирования с заданным значением.

Недостатком является то, что поиск оптимальных параметров регулирования осуществляется направленным перебором различных сочетаний выдержек времени и зоны нечувствительности, сопровождающийся поиском оптимальных параметров регулирования, что в данном случае не позволяет охватить весь необходимый спектр факторов, влияющих на режим напряжения электроустановок, подключенных к силовому трансформатору, в том числе текущие мощности по присоединениям, состав работающей нагрузки, не оцениваются и не учитываются ущербы при работе электрооборудования в режиме, отличном от оптимального, и уровень потерь, возникающий в питающих нагрузку линиях электропередачи.

Известно устройство автоматического воздействия на электросети и электропривод для такого устройства (патент RU № 2280316, д.пр. 26.03.2002), которое состоит из устройства для создания фактического значения напряжения, установленного непосредственно на трансформаторе, из электронного электропривода, содержащего дополнительно также электрические и электронные средства регулирования напряжения для воздействия на электросети, расположенного также непосредственно на трансформаторе и соединенного, в свою очередь, механически непосредственно при помощи обычного приводного вала с переключателем ступеней обмоток трансформатора на или в трансформаторе. Все узлы данного устройства размещены непосредственно на трансформаторе. В устройстве предусмотрен преобразователь напряжения в виде измерительного трансформатора, установленного на трансформаторе со ступенчатым регулированием. Измерительный трансформатор регистрирует соответственно действительное значение регулируемого напряжения и через единственную электрическую измерительную линию передает его на электропривод, в котором предусмотрены средства для сравнения этого действительного значения с установленным заданным значением и для вырабатывания в зависимости от результата сравнения исполнительной команды.

Недостатком являются заложенные в регуляторы напряжения «жесткие» алгоритмы управления, которые не способны учитывать стохастический характер изменения нагрузки, и аналоговые выходные сигналы регуляторов, при передаче которых возможно их искажение, тогда как цифровая информация может быть передана без потерь качества.

Известно устройство управления режимом напряжения в электрической сети с применением fuzzy-логики (патент RU № 2416855, д.пр. 13.04.2010), принятое за прототип, состоящее из блока аналогово-цифровых преобразователей, блока фаззификации, модуля памяти контроллера системы управления, блока нечеткого вывода, блока хранения базы правил, блока дефаззификации, переключателя, быстродействующего автоматического регулятора, блока регулирования под нагрузкой, трансформатора с регулированием напряжения под нагрузкой, присоединенных линий, измерительных трансформаторов тока, измерительных трансформаторов напряжения, блока задания постоянных параметров нагрузки и присоединений, контроллера системы управления.

Недостатком прототипа является недостаточное быстродействие управления режимом напряжения при наличии динамических линейных и нелинейных нагрузок.

Технический результат изобретения заключается в увеличении быстродействия приближения уровня напряжения сети к рациональному путем группового автоматического динамического регулирования коэффициента трансформации силового трансформатора на основе данных о параметрах и электропотреблении определяющего присоединения, минимизации уровня искажения напряжения, потерь электрической энергии.

Технический результат изобретения достигается тем, что устройство динамического управления режимом напряжения в электрической сети с применением fuzzy-логики, содержащее устройство регулирования под нагрузкой, сборные шины, измерительный трансформатор напряжения, регулятор, причем выход регулятора соединен с входом устройства регулирования под нагрузкой, выход устройства регулирования под нагрузкой соединен с первичной обмоткой силового трансформатора, к сборным шинам подключен измерительный трансформатор напряжения, причем вторичная обмотка измерительного трансформатора напряжения соединена с входом регулятора, аналого-цифровой преобразователь, блок задания постоянных параметров нагрузки и присоединений, модуль памяти, блок фаззификации, блок нечеткого

логического вывода, блок хранения базы правил, блок дефаззификации и переключатель, измерительные трансформаторы тока, причем измерительные трансформаторы тока подключены к присоединенным к сборным шинам, входы аналого-цифрового преобразователя соединены со вторичными обмотками измерительных трансформаторов тока и напряжения, входы блока фаззификации связаны с выходами аналого-цифрового преобразователя и выходом модуля памяти, вход модуля памяти соединен с блоком задания постоянных параметров нагрузки и присоединений, входы блока нечеткого вывода соединены с выходами блока фаззификации и выходами блока хранения базы правил, выход блока нечеткого вывода соединен с входом блока дефаззификации, входы переключателя соединены с выходом блока дефаззификации и выходами аналого-цифрового преобразователя, выход переключателя соединен с входом быстродействующего автоматического регулятора, согласно изобретению, снабжено тиристорным управляемым выпрямителем, первым и вторым накопительными конденсаторами, управляемым инвертором, вольтодобавочным трансформатором, фильтром высших гармонических составляющих напряжения, защитным устройством, байпасным выключателем, первым, вторым, третьим и четвертым выключателями, при этом вторичная обмотка силового трансформатора соединена с входом тиристорного управляемого выпрямителя, к выходу которого подключены первый и второй накопительные конденсаторы, которые подключены к входу управляемого инвертора, выход которого соединен с первичной обмоткой вольтодобавочного трансформатора, начало первичной обмотки которого подключено к выходу первого выключателя и входу фильтра высших гармонических составляющих напряжения, а ее конец - к входу второго выключателя и выходу фильтра высших гармонических составляющих напряжения, при этом вход фильтра высших гармонических составляющих напряжения подключен к входу защитного устройства, а выход фильтра - к выходу защитного устройства, при этом вход первого выключателя соединен с входом байпасного выключателя и выходом третьего выключателя, а выход второго выключателя соединен с выходом байпасного выключателя и входом четвертого выключателя, выход которого соединен со сборными шинами, вход третьего выключателя соединен с питающей сетью.

Устройство поясняется чертежом, представленным на фиг.1, где показана структура устройства. На фиг.1: 1 - блок аналогово-цифровых преобразователей; 2 - блок фаззификации; 3 - модуль памяти контроллера системы управления; 4 - блок нечеткого вывода; 5 - блок хранения базы правил; 6 - блок дефаззификации; 7 - переключатель; 8 - быстродействующий автоматический регулятор; 9 - блок регулирования напряжения под нагрузкой; 10 - силовой трансформатор с регулированием напряжения под нагрузкой; 11 - присоединенные линии Л1-Лп; 12 - измерительные трансформаторы тока ТТ1-ТТп; 13 - измерительный трансформатор напряжения ТН; 14 - блок задания постоянных параметров нагрузки и присоединений; 15 - контроллер системы управления; 16 - тиристорный управляемый выпрямитель; 17, 18 - накопительные конденсаторы; 19 - управляемый инвертор; 20 - вольтодобавочный трансформатор; 21 - фильтр высших гармонических составляющих напряжения; 22 - защитное устройство; 23 - байпасный выключатель; 24 - первый выключатель; 25 - второй выключатель; 26 - третий выключатель; 27 - четвертый выключатель; 28 - сборные шины; 29 - питающая сеть; U_1 - измеренное напряжение присоединенных линий; I_1-I_n - измеренный ток присоединенных линий; $\mu(S_i)$ - функция принадлежности мощности линии; $\mu(L_i)$ - функция принадлежности длины линии; $\mu(R(L_i))$ - функция принадлежности распределения нагрузки вдоль линии; $\mu(P(L_i))$ - функция принадлежности регулирующего эффекта; $\mu(K_i)$ - функция принадлежности категоричности объекта по ущербу; Nл - номер линии.

К питающей сети 29 подключен силовой трансформатор 10 с устройством регулирования напряжения под нагрузкой на первичной обмотке, ко вторичной обмотке силового трансформатора 10 подключен тиристорный управляемый выпрямитель 16, к которому подключены конденсаторы 17, 18, соединенные с управляемым инвертором 19, который подключен ко вторичной обмотке вольтодобавочного трансформатора 20. Начало первичной обмотки вольтодобавочного трансформатора 20 подключено к выходу первого выключателя 24 и входу фильтра высших гармонических составляющих напряжения 21, а ее конец - к входу второго выключателя 25 и выходу фильтра высших гармонических составляющих напряжения 21, вход фильтра высших гармонических составляющих напряжения 21 подключен к входу защитного устройства 22, а выход фильтра 21 - к выходу защитного устройства 22, вход первого выключателя 24 соединен с входом байпасного выключателя 23 и выходом третьего выключателя 26, выход второго выключателя 25 соединен с выходом байпасного выключателя 23 и входом четвертого выключателя 27, выход которого соединен со сборными шинами 28, вход третьего выключателя 26 соединен с питающей сетью 29. К блоку аналогово-цифровых преобразователей 1 контроллера 15 системы управления подключены вторичные обмотки измерительных трансформаторов тока и напряжения 12 и 13. Выходные сигналы с блока аналогово-цифровых преобразователей 1 контроллера 15 системы управления поступают на вход блока фаззификации 2 и переключатель 7. Сигнал с блока задания постоянных параметров нагрузки и присоединений 14 поступает в модуль 3 памяти контроллера системы управления 15. Сигналы с модуля 3 памяти контроллера 15 системы управления синхронизировано с выходными сигналами блока аналогово-цифровых преобразователей 1 поступают на вход блока фаззификации 2. Выходные сигналы блока фаззификации 2, также сигналы с блока хранения базы правил 5 синхронизировано поступают на входы блока нечеткого вывода 4. Выходной сигнал с блока нечеткого вывода 4 поступают на вход блока дефаззификации 6. Выходной сигнал с блока дефаззификации 6 поступает на вход переключателя 7. Выходной сигнал с переключателя 7 и сигнал с измерительного трансформатора напряжения 13 поступает на вход быстродействующего автоматического регулятора 8. Выходной сигнал с быстродействующего автоматического регулятора 8 поступает на вход блока

регулирования напряжения под нагрузкой 9, выход которого подключен к первичной обмотке силового трансформатора 10 с регулированием напряжения под нагрузкой.

В заявляемом устройстве более высокое быстродействие при приближении уровня напряжения сети к рациональному, минимизации уровня искажения напряжения и потерь электрической энергии достигается за счет динамического компенсатора искажения напряжения, который состоит из тиристорного управляемого выпрямителя 16, накопительных конденсаторов 17 и 18, управляемого инвертора 19, вольтодобавочного трансформатора 20, фильтра 21 высших гармонических составляющих напряжения, защитного устройства 22, байпасного выключателя 23 и выключателей 24, 25, 26, 27.

Устройство работает следующим образом. Напряжение питающей сети 29 через силовой трансформатор 10 подается на управляемый выпрямитель 16, конденсаторы 17, 18 и управляемый инвертор 19. Во вторичной обмотке вольтодобавочного трансформатора 20, включенной последовательно с нагрузкой, наводится напряжение, компенсирующее провал напряжения в системе электроснабжения. При возникновении провала напряжения в питающей сети остаточное напряжение прямой последовательности более чем в 90% случаев составляет более 50% номинального. Таким образом, сохраняется питание от системы электроснабжения и полностью в течение 1-2 с компенсируется провал напряжения на нагрузке за счет напряжения вольтодобавочного трансформатора 20. Управление инвертором 19 осуществляется пофазно, поэтому при несимметричных провалах напряжения компенсация провала вольтодобавочным трансформатором 20 будет также несимметричной, но такой, чтобы напряжение было симметричным и равным (близким) номинальному в течение длительности провала. Напряжение первичной обмотки силового трансформатора 10 регулируется с помощью контроллера 15, порядок работы которого основан на положениях теории нечеткой логики и изложен в прототипе.

Таким образом, совместная работа динамического компенсатора искажения напряжения и контроллера, выявляющего определяющее присоединение на основе положений теории нечеткой логики, позволяет предлагаемому устройству достичь технического результата.

Формула изобретения

Устройство динамического управления режимом напряжения в электрической сети с применением fuzzy-логики, содержащее устройство регулирования под нагрузкой, сборные шины, измерительный трансформатор напряжения, регулятор, причем выход регулятора соединен с входом устройства регулирования под нагрузкой, выход устройства регулирования под нагрузкой соединен с первичной обмоткой силового трансформатора, к сборным шинам подключен измерительный трансформатор напряжения, причем вторичная обмотка измерительного трансформатора напряжения соединена с входом регулятора, аналого-цифровой преобразователь, блок задания постоянных параметров нагрузки и присоединений, модуль памяти, блок фаззификации, блок нечеткого логического вывода, блок хранения базы правил, блок дефаззификации и переключатель, измерительные трансформаторы тока, причем измерительные трансформаторы тока подключены к присоединенным к сборным шинам, входы аналого-цифрового преобразователя соединены со вторичными обмотками измерительных трансформаторов тока и напряжения, входы блока фаззификации связаны с выходами аналого-цифрового преобразователя и выходом модуля памяти, вход модуля памяти соединен с блоком задания постоянных параметров нагрузки и присоединений, входы блока нечеткого вывода соединены с выходами блока фаззификации и выходами блока хранения базы правил, выход блока нечеткого вывода соединен с входом блока дефаззификации, входы переключателя соединены с выходом блока дефаззификации и выходами аналого-цифрового преобразователя, выход переключателя соединен с входом быстродействующего автоматического регулятора, отличающееся тем, что оно снабжено тиристорным управляемым выпрямителем, первым и вторым накопительными конденсаторами, управляемым инвертором, вольтодобавочным трансформатором, фильтром высших гармонических составляющих напряжения, защитным устройством, байпасным выключателем, первым, вторым, третьим и четвертым выключателями, при этом вторичная обмотка силового трансформатора соединена с входом тиристорного управляемого выпрямителя, к выходу которого подключены первый и второй накопительные конденсаторы, которые подключены к входу управляемого инвертора, выход которого соединен с первичной обмоткой вольтодобавочного трансформатора, начало первичной обмотки которого подключено к выходу первого выключателя и входу фильтра высших гармонических составляющих напряжения, а ее конец - ко входу второго выключателя и выходу фильтра высших гармонических составляющих напряжения, при этом вход фильтра высших гармонических составляющих напряжения подключен к входу защитного устройства, а выход фильтра - к выходу защитного устройства, при этом вход первого выключателя соединен с входом байпасного выключателя и выходом третьего выключателя, а выход второго выключателя соединен с выходом байпасного выключателя и входом четвертого выключателя, выход которого соединен со сборными шинами, вход третьего выключателя соединен с питающей сетью.