



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

H02H 7/06 (2020.02); H02H 7/08 (2020.02); H02H 7/085 (2020.02)

(21)(22) Заявка: 2019125890, 15.08.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
15.08.2019Дата регистрации:  
04.06.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.08.2019

(45) Опубликовано: 04.06.2020 Бюл. № 16

Адрес для переписки:

630032, г. Новосибирск, ул. Планировочная, 18/  
1, оф. 314, 9, АО "Сибтехэнерго"

(72) Автор(ы):

Баракин Александр Константинович (RU),  
Баракин Константин Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Акционерное общество "Сибтехэнерго" -  
инженерная фирма по наладке,  
совершенствованию технологий и  
эксплуатации электро-энергооборудования  
предприятий и систем, АО "Сибтехэнерго"  
(RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2095908 C1, 10.11.1997. RU  
2156019 C2, 10.09.2000. SU 1073839 A, 15.02.1984.  
SU 1007155 A, 23.03.1983. SU 1101967 A,  
07.07.1984. FR 2086318 A7, 31.12.1871. DE  
1199866 B, 02.09.1965. EP 0386553 A2, 12.09.1990.  
CN 101431229 A, 13.05.2009.

## (54) СПОСОБ ЗАЩИТЫ СИНХРОННОЙ МАШИНЫ ОТ АСИНХРОННОГО РЕЖИМА (ВАРИАНТЫ)

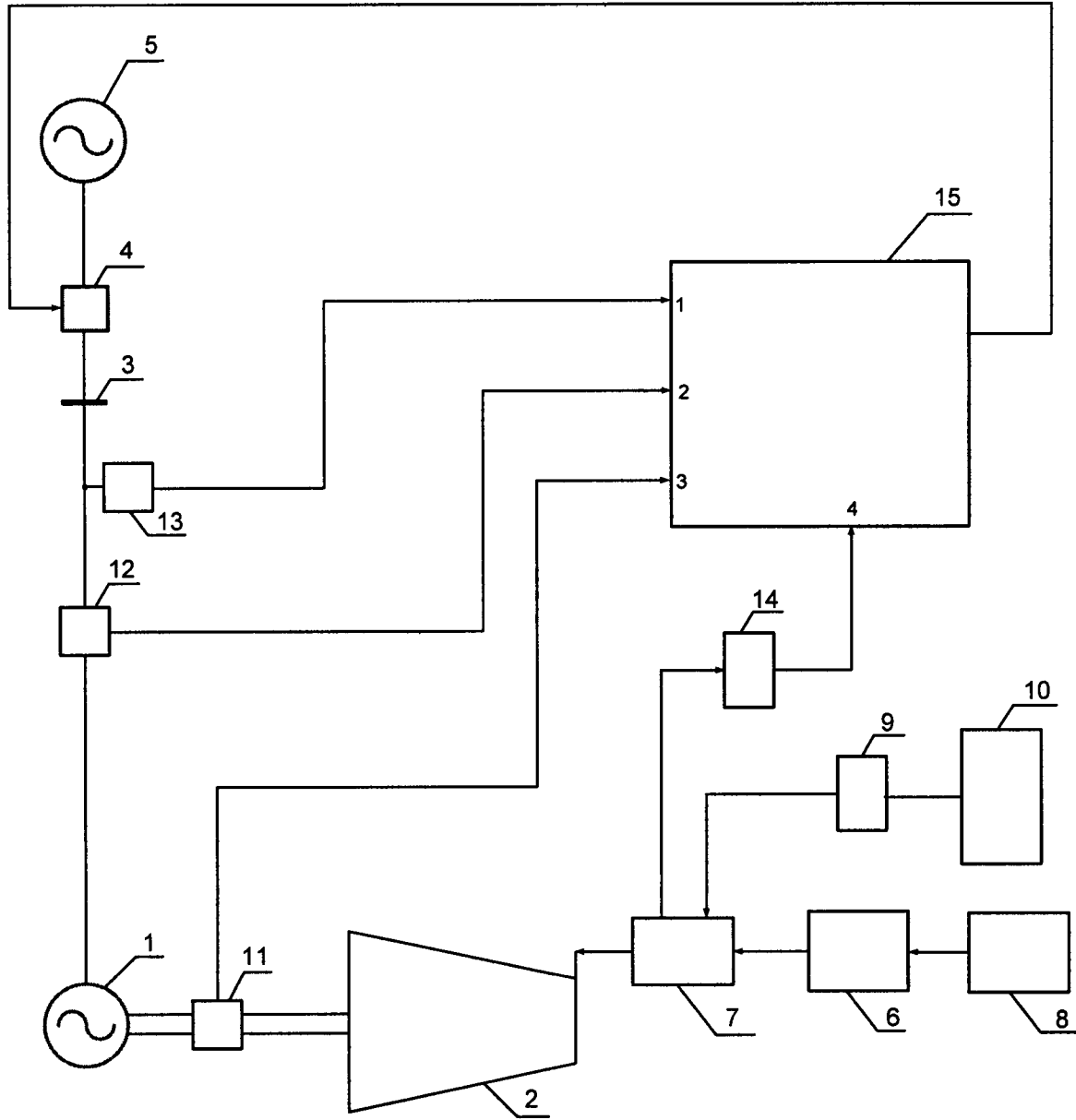
(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники и может быть использованы для защиты синхронных машин от асинхронного режима. Технический результат заключается в увеличении быстродействия срабатывания защиты синхронной машины от асинхронного режима. В способе защиты синхронной машины от асинхронного режима, который характеризуется признаками, указанными в ограничительной части независимого пункта формулы изобретения по первому варианту, дополнительно измеряют ток статора синхронной машины, по программе, записанной в блоке памяти контроллера, по зафиксированным значениям тока и напряжения статора синхронной машины вычисляют значение активной мощности (электромагнитного момента) синхронной машины, сравнивают это значение с зафиксированным значением момента вращения вала первичного двигателя, фиксируют

полученную в результате сравнения разность и формируют управляющий сигнал с учетом зафиксированной разности между зафиксированными значениями момента вращения вала первичного двигателя и активной мощности синхронной машины и программы, записанной в блоке памяти контроллера. Согласно второму варианту способа защиты синхронной машины от асинхронного режима подают сформированный управляющий сигнал на соответствующий вход системы управления первичным двигателем, снижают подачу энергоносителя, поступающего в первичный двигатель, путем быстродействующей разгрузки синхронной машины по активной мощности до допустимого уровня, защищая синхронную машину от недопустимых перегревов по температуре конструктивных элементов синхронной машины при ее работе в асинхронном режиме. Увеличение быстродействия

срабатывания защиты синхронной машины от асинхронного режима обусловлено тем, что срабатывание защиты происходит еще до наступления первого асинхронного проворота ротора синхронной машины, при этом исключается работа синхронных машин в асинхронном режиме со значительными колебаниями активной и реактивной мощности, скольжения ротора, тока и напряжения статора

и ротора, которые имеются при первом асинхронном провороте ротора синхронной машины (при величине угла между напряжением и внутренней ЭДС синхронной машины от 180-270 электрических градусов, когда эти колебания максимальны), и вследствие этого уменьшается вероятность особо тяжелых аварий с повреждением дорогостоящих синхронных машин. 2 н. и 6 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*H02H 7/06* (2006.01)  
*H02H 7/08* (2006.01)  
*H02H 7/085* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*H02H 7/06 (2020.02); H02H 7/08 (2020.02); H02H 7/085 (2020.02)*(21)(22) Application: **2019125890, 15.08.2019**(24) Effective date for property rights:  
**15.08.2019**Registration date:  
**04.06.2020**

Priority:

(22) Date of filing: **15.08.2019**(45) Date of publication: **04.06.2020** Bull. № 16

Mail address:

**630032, g. Novosibirsk, ul. Planirovochnaya, 18/1,  
of. 314, 9, AO "Sibtekhenergo"**

(72) Inventor(s):

**Barakin Aleksandr Konstantinovich (RU),  
Barakin Konstantin Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Aktsionernoe obshchestvo "Sibtekhenergo" -  
inzhenernaya firma po naladke,  
sovershenstvovaniyu tekhnologij i ekspluatatsii  
elektro-energooborudovaniya predpriyatij i  
sistem, AO "Sibtekhenergo" (RU)**(54) **METHOD FOR PROTECTION OF A SYNCHRONOUS MACHINE FROM AN ASYNCHRONOUS MODE (VERSIONS)**

(57) Abstract:

FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: invention relates to electrical engineering and can be used for protection of synchronous machines from asynchronous mode. In the method of protecting a synchronous machine from an asynchronous mode, which is characterized by features specified in the restrictive part of the independent claim of the first embodiment, additionally measuring the stator current of the synchronous machine, according to the program recorded in the controller memory unit, the synchronous machine current and voltage values fixed values are calculated for the synchronous machine active power (electromagnetic torque) value, comparing this value with the fixed value of the primary engine shaft torque value, fixing the difference obtained as a result of comparison and generating a control signal based on the fixed difference between the fixed values of the torque of the primary motor shaft and the active power of the synchronous machine and the program recorded in the controller memory unit. According to the second version of the method of protecting a synchronous machine from an asynchronous mode, the generated

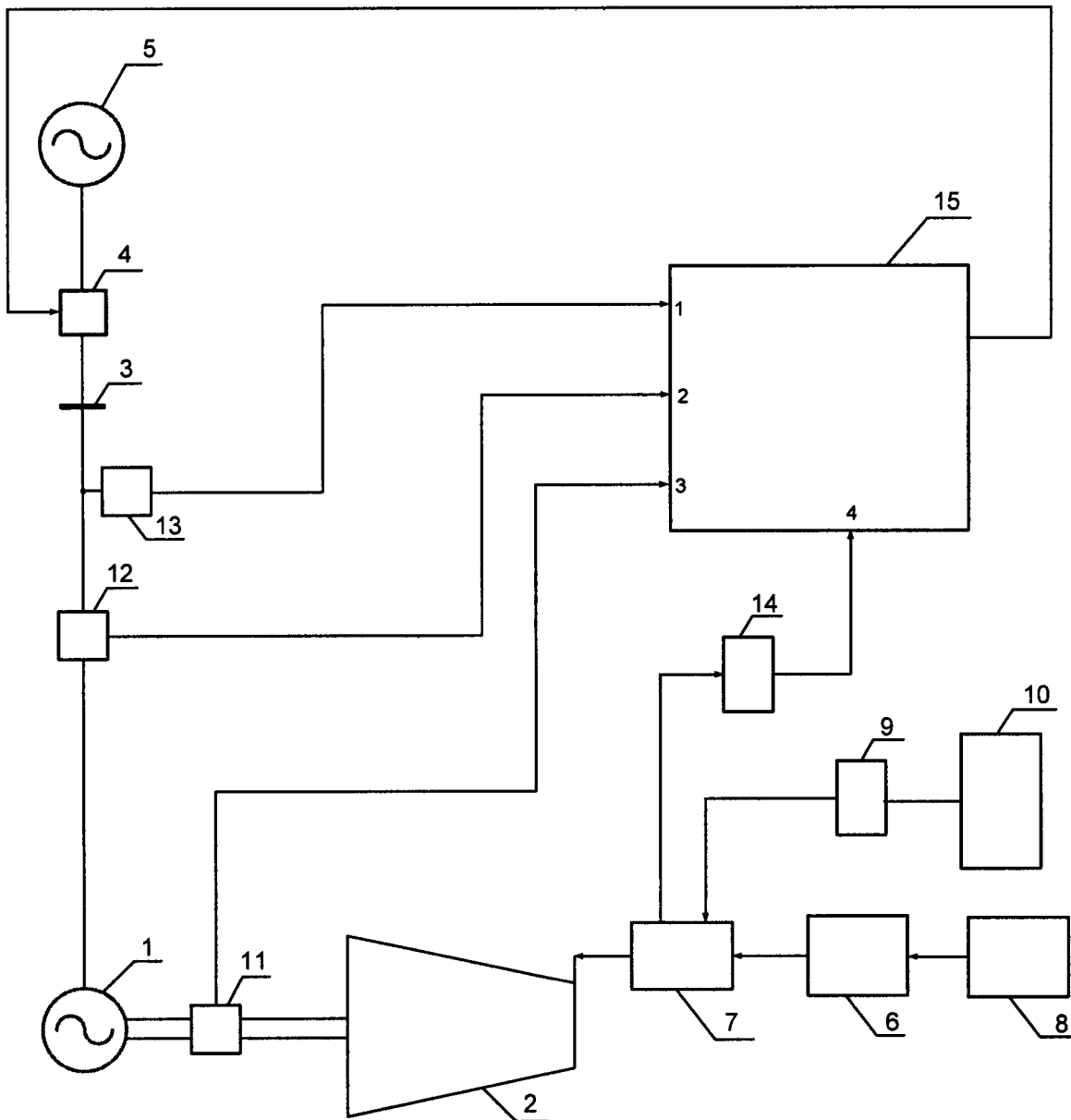
control signal is transmitted to the corresponding input of the control system of the primary motor, reducing the supply of energy carrier supplied to the primary engine by fast-acting unloading of the synchronous machine by active power to the permissible level, thus protecting the synchronous machine against unacceptable overheating by temperature of the structural elements of the synchronous machine during its operation in asynchronous mode. Increase in response time of protection of synchronous machine from asynchronous mode is due to the fact that operation of protection occurs before the onset of the first asynchronous rotation of rotor of synchronous machine, wherein operation of synchronous machines in asynchronous mode is eliminated with considerable oscillations of active and reactive power, rotor slip, current and voltage of stator and rotor, which are available at synchronous machine rotor first asynchronous rotation (at angle between voltage and internal EMF of synchronous machine from 180–270 electric degrees, when these oscillations are maximum), and as a result, probability of especially severe accidents with damage of expensive synchronous machines is

reduced.

EFFECT: technical result is faster operation of protection of synchronous machine from asynchronous

mode.

8 cl, 2 dwg



Фиг. 1

RU 2722918 C1

RU 2722918 C1

Предлагаемые технические решения относятся к области электротехники и могут быть использованы для создания защиты синхронных машин от асинхронного режима, обеспечивающих более высокое быстродействие, так как позволяет выявить неизбежный асинхронный режим синхронных машин еще до наступления первого асинхронного проворота ротора.

Аналогичные технические решения известны, см. например опубликованную информацию о защите синхронной машины от асинхронного режима, в журнале «Электрические станции», №5, 1975 г., стр. 82-83, которая содержит следующую совокупность существенных признаков, заключающуюся в том, что:

- измеряют напряжение статора синхронной машины;
- измеряют внутреннюю ЭДС синхронной машины (напряжение тахогенератора, установленного на валу синхронной машины);
- вычисляют угол между векторами напряжения статора и внутренней ЭДС синхронной машины;
- сравнивают вычисленное значение угла между векторами напряжения статора и внутренней ЭДС синхронной машины с заранее заданным значением угла между векторами напряжения статора и внутренней ЭДС синхронной машины;
- получают разность между вычисленными значением угла между векторами напряжения статора и внутренней ЭДС синхронной машины с заранее заданным значением угла между векторами напряжения статора и внутренней ЭДС синхронной машины;
- вычисляют величину среднего скольжения ротора синхронной машины;
- сравнивают величину среднего значения скольжения ротора синхронной машины с заранее заданной величиной среднего значения скольжения ротора (уставкой);
- получают разность между величиной среднего значения скольжения ротора синхронной машины с заранее заданной величиной среднего значения скольжения ротора (уставкой);
- формируют управляющие сигналы, обеспечивающие защиту синхронной машины от асинхронного режима при превышении среднего значения скольжения ротора синхронной машины над величиной уставки скольжения ротора синхронной машины и при превышении вычисленного значения угла между векторами измеренного напряжения статора синхронной машины и измеренной величиной внутренней ЭДС синхронной машины значения 180 электрических градусов,
- подают первый сформированный управляющий сигнал на отключение выключателя в цепи обмотки статора синхронной машины, отключающего ее от энергосистемы;
- отключают синхронную машину от энергосистемы, тем самым защищают ее от асинхронного режима.
- подают второй сформированный управляющий сигнал на соответствующий вход системы управления первичным двигателем, с помощью которого осуществляется разгрузка первичного двигателя снижением подачи энергоносителя, поступающего в первичный двигатель, и соответственно разгрузка синхронной машины до допустимых пределов по активной мощности.

Общими признаками предлагаемого к патентованию первого варианта технического решения и вышеохарактеризованного аналогичного технического решения являются все вышеперечисленные признаки, за исключением формирования второго управляющего сигнала, подача второго управляющего сигнала на соответствующий вход системы управления первичным двигателем, с помощью которого осуществляется

разгрузка первичного двигателя снижением подачи энергоносителя, поступающего в первичный двигатель, и соответственно разгрузка синхронной машины до допустимых пределов по активной мощности.

5 Общими признаками предлагаемого к патентованию второго варианта технического решения и вышеохарактеризованного аналогичного технического решения являются все вышеперечисленные признаки, за исключением формирования первого управляющего сигнала, подача сформированного управляющего сигнала на отключение выключателя в цепи обмотки статора, отключающего синхронную машину от энергосистемы, отключение синхронной машины от энергосистемы, тем самым  
10 обеспечивается защита синхронной машины от асинхронного режима.

Известно также аналогичное техническое решение, охарактеризованное в описании изобретения к авторскому свидетельству СССР №1073839, которое выбрано в качестве ближайшего аналога, прототипа и которое содержит следующую совокупность существенных признаков:

- 15 ● измеряют напряжение статора синхронной машины;
- фиксируют измеренное напряжение статора синхронной машины;
- измеряют внутреннюю ЭДС синхронной машины;
- фиксируют измеренную величину внутренней ЭДС синхронной машины;
- вычисляют угол между векторами зафиксированного напряжения статора  
20 синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины;
- фиксируют вычисленное значение угла между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины;
- 25 ● вычисляют среднее значения скольжения ротора синхронной машины;
- сравнивают вычисленное среднее значение скольжения ротора синхронной машины с заранее заданной величиной уставки скольжения ротора синхронной машины;
- получают разность между вычисленным средним значение скольжения ротора с  
30 заранее заданной величиной уставки скольжения ротора синхронной машины;
- фиксируют разность между вычисленным средним значение скольжения ротора с заранее заданной величиной уставки скольжения ротора синхронной машины;
- измеряют момент вращения вала первичного двигателя;
- фиксируют измеренный момент вращения вала первичного двигателя;
- 35 ● получают разность между измеренным моментом вращения вала первичного двигателя и заранее заданной уставкой;
- формируют управляющие сигналы при превышении среднего значения скольжения ротора синхронной машины над величиной уставки скольжения ротора синхронной машины и при превышении вычисленного значения угла между векторами  
40 зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины значения 270 электрических градусов, и зафиксированным моментом вращения вала первичного двигателя;
- подают первый сформированный управляющий сигнал на отключение выключателя в цепи обмотки статора синхронной машины, отключающего ее от  
45 энергосистемы;
- отключают синхронную машину от энергосистемы, тем самым защищают ее от асинхронного режима.
- подают второй сформированный управляющий сигнал на соответствующий вход

системы управления первичным двигателем, с помощью которого осуществляется разгрузка первичного двигателя снижением подачи энергоносителя, поступающего в первичный двигатель, и соответственно происходит разгрузка синхронной машины до допустимых пределов по активной мощности, тем самым защищают синхронную машину от превышения допустимой температурой крайних пакетов сердечника статора и металлических конструктивных элементов, расположенных в зоне лобовых соединений обмотки статора синхронной машины.

Общими признаками предлагаемого технического решения, согласно первому варианту способа защиты синхронной машины от асинхронного режима и прототипа, являются все признаки, входящие в состав прототипа, за исключением формирования второго управляющего сигнала, подача второго управляющего сигнала на соответствующий вход системы управления первичным двигателем, с помощью которого осуществляется разгрузка первичного двигателя снижением подачи энергоносителя, поступающего в первичный двигатель, и соответственно разгрузка синхронной машины до допустимых пределов по активной мощности, тем самым защищают синхронную машину от превышения допустимой температуры крайних пакетов сердечника статора и металлических конструктивных элементов, расположенных в зоне лобовых соединений обмотки статора синхронной машины.

Общими признаками предлагаемого технического решения, согласно второму варианту способа защиты синхронной машины от асинхронного режима и прототипа, являются все признаки, входящие в состав прототипа, за исключением формирования первого управляющего сигнала, подача первого управляющего сигнала на отключение выключателя в цепи обмотки статора, отключающего синхронную машину от энергосистемы, отключение синхронной машины от энергосистемы, тем самым защита синхронной машины от асинхронного режима.

Технический результат, который невозможно достичь вышеохарактеризованными аналогичными техническими решениями, заключается в создании быстродействующей защиты синхронной машины от асинхронного режима, а именно ее срабатывании еще до наступления первого неизбежного асинхронного проворота ротора синхронной машины во всех случаях (при потере возбуждения синхронной машины, когда возникают неисправности в системе возбуждения, или при переходе в асинхронный режим возбужденной синхронной машины, уровень возбуждения которой оказался недостаточным для удержания ее в синхронизме).

Причиной невозможности достижения вышеуказанного технического результата является то, что для получения более высокого быстродействия защиты синхронной машины от асинхронного режима в них не были учтены активная мощность (электромагнитный момент) синхронной машины.

Учитывая опасность асинхронного режима синхронных генераторов, характеристику и анализ известных аналогичных технических решений по его выявлению, можно сделать вывод о том, что задача по созданию быстродействующей защиты синхронных машин, выявляющей неизбежный асинхронный режим еще до наступления первого асинхронного проворота, является актуальной на сегодняшний день.

Технический результат, указанный выше для первого варианта предлагаемого к патентованию способа защиты синхронной машины от асинхронного режима заключается в том, что измеряют напряжение статора синхронной машины, фиксируют величину измеренного напряжения статора синхронной машины, измеряют внутреннюю ЭДС синхронной машины, фиксируют измеренную величину внутренней ЭДС синхронной машины, вычисляют угол между векторами зафиксированного напряжения

статора синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины, фиксируют вычисленное значение угла между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины, вычисляют среднее значения скольжения ротора синхронной  
5 машины, сравнивают вычисленное среднее значение скольжения ротора синхронной машины с заранее заданной величиной уставки скольжения ротора синхронной машины, получают разность между вычисленным средним значением скольжения ротора синхронной машины и заранее заданной величиной уставки скольжения ротора синхронной машины, фиксируют полученную разность между вычисленным средним  
10 значением скольжения ротора синхронной машины и заранее заданной величиной уставки скольжения ротора синхронной машины, измеряют момент вращения вала первичного двигателя, фиксируют измеренный момент вращения вала первичного двигателя, формируют управляющий сигнал при превышении среднего значения скольжения ротора синхронной машины над заранее заданной величиной уставки  
15 скольжения ротора синхронной машины, и при достижении вычисленного значения угла между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины значения 270 электрических градусов и с зафиксированным моментом вращения вала первичного двигателя и программой, записанной в блоке памяти контроллера, подают  
20 сформированный управляющий сигнал на отключение выключателя в цепи обмотки статора синхронной машины, отключающего синхронную машину от энергосистемы, отключают синхронную машину от энергосистемы, тем самым защищают ее от асинхронного режима, при этом дополнительно измеряют ток статора синхронной машины, по программе, записанной в блоке памяти контроллера по зафиксированным  
25 значениям тока и напряжения статора синхронной машины вычисляют мгновенное значение активной мощности (электромагнитного момента) синхронной машины, сравнивают зафиксированный момент вращения вала первичного двигателя с зафиксированным значением активной мощности синхронной машины, получают разность между зафиксированным моментом вращения вала первичного двигателя и  
30 зафиксированным значением активной мощности синхронной машины, фиксируют полученную разность между зафиксированным моментом вращения вала первичного двигателя и зафиксированным значением активной мощности синхронной машины, а также управляющий сигнал формируют с учетом зафиксированной полученной разности между зафиксированным моментом вращения вала первичного двигателя и  
35 зафиксированным значением активной мощностью синхронной машины и программы, записанной в блоке памяти контроллера таким образом, чтобы защита синхронной машины от асинхронного режима по предлагаемому способу сработала при превышении среднего значения скольжения ротора синхронной машины над заранее заданной величиной уставки при изменении угла между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной  
40 машины в диапазоне от 90 до 180 электрических градусов, и при достижении вычисленного значения угла между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины значения 150 электрических градусов, а также при превышении  
45 зафиксированного момента вращения вала первичного двигателя над зафиксированным значением активной мощности синхронной машины, подают сформированный управляющий сигнал на отключение выключателя в цепи обмотки статора синхронной машины, отключающего синхронную машину от энергосистемы, отключают



синхронную машину от энергосистемы тем самым защищают ее от асинхронного режима.

Дополнительное измерение тока статора синхронной машины, вычисление по программе, записанной в блоке памяти контроллера, значения активной мощности (электромагнитного момента) синхронной машины, фиксация значения активной мощности, сравнение зафиксированного значения момента вращения вала первичного двигателя с вычисленным значением активной мощности синхронной машины и фиксация превышения момента вращения вала первичного двигателя над активной мощностью синхронной машины при наличии скольжения ротора позволяют сформировать управляющий сигнал таким образом, что защита синхронной машины от асинхронного режима сработает раньше, чем наступает первый асинхронный проворот ротора синхронной машины, и принять уставку срабатывания защиты по углу между векторами напряжения статора и внутренней ЭДС синхронной машины значения, равного 150 электрических градусов, осуществить подачу сформированного управляющего сигнала на отключение выключателя в цепи обмотки статора, отключающего синхронную машину от энергосистемы, тем самым защитить синхронную машину от асинхронного режима.

Таким образом, предложенный способ защиты синхронной машины от асинхронного режима позволяет с более высоким быстродействием выявить неизбежный асинхронный режим еще до наступления первого асинхронного проворота ротора - при достижении угла между векторами напряжения статора и внутренней ЭДС синхронной машины, равном 150 электрических градусов и при превышении момента вращения вала первичного двигателя над активной мощностью синхронной машины и при наличии скольжения ротора позволяют выдать команду на мгновенное отключение синхронной машины от энергосистемы еще до наступления первого асинхронного проворота, по сравнению с известными аналогичными техническими решениями. В чем и проявляется достижение вышеуказанного технического результата.

Техническая сущность предлагаемого к патентованию способа защиты синхронной машины от асинхронного режима, согласно первому варианту, заключается в следующем:

- измеряют напряжение статора синхронной машины;
- фиксируют величину измеренного напряжения статора синхронной машины;
- измеряют внутреннюю ЭДС синхронной машины;
- фиксируют измеренную величину внутренней ЭДС синхронной машины;
- вычисляют угол между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной измеренной величиной внутренней ЭДС синхронной машины;
- фиксируют вычисленное значение угла между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной измеренной величиной внутренней ЭДС синхронной машины;
- вычисляют среднее значение скольжения ротора синхронной машины;
- сравнивают вычисленное значение среднего скольжения ротора синхронной машины с заранее заданной величиной уставки скольжения ротора синхронной машины;
- получают разность между вычисленным средним значением скольжения ротора синхронной машины;
- фиксируют полученную разность между вычисленным средним значением скольжения ротора синхронной машины и заранее заданной величиной уставки скольжения ротора синхронной машины;

- измеряют момента вращения вала первичного двигателя;
  - фиксируют измеренный момент вращения вала первичного двигателя;
  - дополнительно измеряют ток статора синхронной машины;
  - по программе, записанной в блоке памяти контроллера по измеренным значениям тока и напряжения статора вычисляют активную мощность (электромагнитный момент) синхронной машины;
  - сравнивают зафиксированный момент вращения вала первичного двигателя с зафиксированным значением активной мощности (электромагнитным моментом) синхронной машины;
  - получают разность между зафиксированным моментом вращения вала первичного двигателя с зафиксированным значением активной мощности (электромагнитного момента) синхронной машины;
  - фиксируют полученную разность между зафиксированным моментом вращения вала первичного двигателя и зафиксированным значением активной мощности (электромагнитного момента) синхронной машины;
  - по программе, записанной в блоке памяти контроллера, формируют управляющий сигнал при превышении среднего значения скольжения ротора синхронной машины над заранее заданной величиной уставки при изменении угла между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины в диапазоне от 90 до 180 электрических градусов, и при достижении вычисленного значения угла между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины значения 150 электрических градусов, а также при превышении зафиксированного момента вращения вала первичного двигателя над зафиксированным значением активной мощности синхронной машины;
  - подают сформированный управляющий сигнал на отключение выключателя в цепи обмотки статора, отключающего синхронную машину от энергосистемы;
  - отключают синхронную машину от энергосистемы, тем самым защищают ее от асинхронного режима.
- Предлагаемый способ защиты синхронной машины от асинхронного режима, согласно первому варианту, поясняется нижеследующем описанием и чертежом (см. фиг. 1), на котором представлена функциональная схема устройства, поясняющая способ защиты от асинхронного режима синхронной машины, которая содержит следующую совокупность существенных признаков:
- синхронную машину 1, соединенную одним из концов своего вала с концом вала первичного двигателя 2 и выдающей вырабатываемую ею активную мощность через шины генераторного напряжения 3, генераторный выключатель 4 в энергосистему 5;
  - источник 6 энергоносителя, подсоединенный своим выходом через регулирующие клапана 7 к соответствующему входу первичного двигателя 2 и своим входом к выходу схемы 8 управления подачей энергоносителя;
  - привод 9 регулирующих клапанов 7 первичного двигателя 2, предназначенный для регулирования количества энергоносителя, поступающего от источника 6 энергоносителя в первичный двигатель 2, подсоединенный своим входом к выходу системы управления 10 первичного двигателя 2, а своим выходом к входам управления регулирующими клапанами 7 первичного двигателя 2;
  - узел 11 измерения внутренней ЭДС синхронной машины 1, установленный на соответствующем участке вала первичного двигателя 2 (вспомогательный генератор);

- узел 12 измерения тока статора синхронной машины 1 (трансформатор тока в цепи обмотки статора для измерения тока статора синхронной машины 1);
- узел 13 измерения напряжения статора синхронной машины 1 (трансформатор напряжения для измерения напряжения обмотки статора синхронной машины 1);

5 ● узел 14 измерения момента вращения вала первичного двигателя 2, подсоединенного своим входом к соответствующему выходу, как минимум одного из регулирующих клапанов 7 первичного двигателя 2;

● контроллер 15, подсоединенный своим первым входом к выходу узла 13 измерения напряжения статора синхронной машины 1, своим вторым входом к выходу узла 12 измерения тока статора синхронной машины 1, своим третьим входом к выходу узла 11 измерения внутренней ЭДС синхронной машины 1, своим четвертым входом к выходу узла 14 измерения момента вращения вала первичного двигателя 2, и своим выходом с действием на отключение выключателя 4.

15 При этом в качестве контроллера 14 может быть использован промышленный компьютер российской компании «Fastwel», описание которого приведено на сайте Fastwel.ru.

Предлагаемый способ защиты синхронной машины от асинхронного режима, согласно первому варианту, можно пояснить, рассмотрев работу функциональной схемы, представленной на фиг. 1.

20 При работе синхронной машины 1 с первичным двигателем 2 вырабатываемая ею активная мощность зависит от количества энергоносителя, определяемого схемой 8 управления количеством энергоносителя (пар, вода), и поступающего от источника 6 энергоносителя через регулирующие клапана 7 в первичный двигатель 2. При вращении первичного двигателя 2 и подаче от системы возбуждения тока в обмотку ротора  
25 возникает электромагнитный момент синхронной машины 1, который передается с ротора на обмотку статора вращающейся синхронной машины 1, который равен активной мощности, вырабатываемой синхронной машиной 1. При этом активная мощность, вырабатываемая синхронной машиной 1 через шины 3 генераторного напряжения, выключатель 4 в цепи обмотки статора синхронной машины 1 передается  
30 в энергосистему 5, частота в которой равна или близка к номинальной (50 Гц).

Посредством узла 11 измерения внутренней ЭДС синхронной машины 1 с его выхода на третий вход контроллера 15 поступает измеренная величина внутренней ЭДС синхронной машины 1 и фиксируется в блоке памяти контроллера 15 для последующего использования. Взамен узла 11 измерения внутренней ЭДС синхронной машины  
35 (вспомогательного генератора, установленного на соответствующем участке вала первичного двигателя) может быть использован измеритель скорости вращения ротора синхронной машины, характеристика которого включает в себя определение числа элементов, расположенных на валу первичного двигателя.

Посредством узла 12 измерения тока статора синхронной машины 1 с его выхода на второй вход контроллера 15 поступает измеренная величина тока в цепи обмотки статора синхронной машины 1 и фиксируется в блоке памяти контроллера 15.

Посредством узла 13 измерения напряжения статора синхронной машины 1 с его выхода на первый вход контроллера 15 поступает измеренная величина напряжения обмотки статора синхронной машины 1 и фиксируется в блоке памяти контроллера 15  
45 для последующего использования.

Посредством узла 14 измерения момента вращения вала первичного двигателя 2, подключенного своим входом к соответствующему выходу, как минимум, одного регулирующего клапана 7, измеряют момент вращения вала первичного двигателя 1,

который поступает на четвертый вход контроллера 15 и фиксируется, для дальнейшего использования в блоке памяти контроллера 15, подсоединенного своим выходом к выключателю 4, через который вырабатываемая синхронной машиной 1 активная мощность передается в энергосистему 5.

5 В соответствии с зафиксированными в блоке памяти контроллера 15 значениями измерения внутренней ЭДС синхронной машины 1, напряжения статора синхронной машины 1, измерения и фиксация тока статора синхронной машины 1, а также измерений и фиксации момента вращения вала первичного двигателя 1 и программой, записанной в блоке памяти контроллера 15, осуществляют вычисление по зафиксированным  
10 величинам тока и напряжения статора синхронной машины 1 активной мощности синхронной машины 1, вычисление угла между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины 1 и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины 1, вычисления величины среднего значения скольжения ротора синхронной машины 1 при изменении угла между векторами измеренного  
15 напряжения статора синхронной машины 1 и измеренной величиной внутренней ЭДС синхронной машины 1 в диапазоне от 90 до 180 электрических градусов, сравнения величины этого среднего значения скольжения ротора с заранее заданной величиной (уставкой), сравнения момента вращения вала первичного двигателя с активной мощностью синхронной машины.

20 Изменением тока в обмотке возбуждения синхронной машины 1 автоматическим регулятором возбуждения (АРВ), входящим в состав системы возбуждения синхронной машины 1 поддерживается необходимый уровень напряжения на шинах 3 генераторного напряжения 7, связанных с энергосистемой 5.

При номинальной нагрузке синхронной машины 1 угол между векторами напряжения статора и внутренней ЭДС синхронной машины 1 (внутренний угол синхронной  
25 машины), как правило, составляет 30-50 электрических градусов.

Как правило, максимальный угол между вектором напряжения статора и внутренней ЭДС (внутренний угол) синхронной машины в зоне искусственной устойчивости (при работе автоматического регулятора возбуждения (АРВ) в составе системы возбуждения  
30 может составлять 115-120 электрических градусов.

При авариях в энергосистеме 5 (коротких замыканиях и качаниях активной мощности после отключения КЗ, сбросах и набросах нагрузки угол между вектором напряжения статора и внутренней ЭДС (внутренний угол) синхронной машины 1 может  
кратковременно достигать значения 150 электрических градусов.

35 При неисправностях в системе возбуждения синхронной машины 1 (потере возбуждения) или снижении тока в обмотке возбуждения ниже уровня, необходимого для удержания синхронной машины 1 в синхронизме, активная мощность синхронной машины 1 снижается ниже момента вращения вала первичного двигателя 2, при этом из-за превышения момента вращения вала первичного двигателя 2 над активной  
40 мощностью синхронной машины 1 ротор синхронной машины начинает вращаться с большей частотой вращения, чем частота напряжения статора синхронной машины 1, то есть появляется скольжение ротора относительно вращающего поля статора синхронной машины 1 (частота которого определяется частотой в энергосистеме), при этом угол между векторами напряжения статора и внутренней ЭДС синхронной машины  
45 1 будет увеличиваться за счет превышения момента турбины над активной мощностью синхронной машины, и при достижении угла между векторами напряжения статора и внутренней ЭДС синхронной машины 1 значения 180 электрических градусов произойдет неизбежный первый асинхронный проворот ротора относительно вращающего поля

статора синхронной машины, то есть синхронная машина 1 переходит в асинхронный режим,

При переходе синхронной машины 1 в асинхронный режим в контроллере 15 формируется управляющий сигнал при превышении моментом вращения вала первичного двигателя 2 активной мощности синхронной машины, и при превышении среднего значения скольжения ротора синхронной машины 1 над заранее заданной величиной уставки скольжения ротора синхронной машины 1, а также при достижении вычисленного значения угла между векторами зафиксированного напряжения статора и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины 1 значения 150 электрических градусов, и при соблюдении вышеперечисленных условий с выхода контроллера 15 выдается управляющий сигнал на отключение выключателя 4 в цепи обмотки статора, отключающего синхронную машину 1 от энергосистемы 5, при этом синхронная машина 1 отключается от энергосистемы 5 еще до наступления первого асинхронного проворота ротора синхронной машины, тем самым защищают ее от асинхронного режима.

Таким образом, предлагаемый способ защиты синхронной машины от асинхронного режима, согласно первому варианту, за счет измерения тока статора синхронной машины 1, вычисления активной мощности синхронной машины 1 по программе, записанной в блоке памяти контроллера 15 и сравнении ее с моментом вращения вала первичного двигателя 2 позволяет выявить неизбежный асинхронный режим синхронной машины 1 при превышении вычисленного значения угла между векторами напряжения статора и внутренней ЭДС синхронной машины величины 150 эл. град, и при превышении среднего значения скольжения ротора заранее заданной уставки, а также при превышении моментом первичного двигателя 2 активной мощности синхронной машины 1 и обеспечивает отключение синхронной машины 1 от энергосистемы 5 еще до возникновения первого асинхронного проворота, и тем самым предотвратит повреждение дорогостоящих синхронных машин 1 при их переходе в асинхронный режим.

Технический результат, указанный выше для второго варианта предлагаемого к патентованию способа защиты синхронной машины от асинхронного режима заключается в том, что измеряют напряжение статора синхронной машины, фиксируют величину измеренного напряжения статора синхронной машины, измеряют внутреннюю ЭДС синхронной машины, фиксируют измеренную величину внутренней ЭДС синхронной машины, вычисляют угол между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины, фиксируют вычисленное значение угла между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины, вычисляют среднее значения скольжения ротора синхронной машины, сравнивают вычисленное среднее значение скольжения ротора синхронной машины с заранее заданной величиной уставки скольжения ротора синхронной машины, получают разность между вычисленным средним значением скольжения ротора синхронной машины и заранее заданной величиной уставки скольжения ротора синхронной машины, фиксируют полученную разность между вычисленным средним значением скольжения ротора синхронной машины и заранее заданной величиной уставки скольжения ротора синхронной машины, измеряют момент вращения вала первичного двигателя, фиксируют измеренный момент вращения вала первичного двигателя, формируют управляющий сигнал при превышении среднего значения скольжения ротора синхронной машины над заранее заданной величиной уставки

скольжения ротора синхронной машины, и при достижении вычисленного значения угла между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины значения 270 электрических градусов и с зафиксированным моментом вращения вала первичного двигателя и программой, записанной в блоке памяти контроллера, подают сформированный управляющий сигнал на соответствующий вход системы управления первичным двигателем, с помощью которой осуществляется быстросействующая разгрузка первичного двигателя и синхронной машины по активной мощности снижением количества энергоносителя, поступающего в первичный двигатель синхронной машины, до допустимых пределов, защищают синхронную машину, работающую в асинхронном режиме со сниженной нагрузкой, от превышения допустимой температуры крайних пакетов сердечника статора и металлических конструктивных элементов, расположенных в зоне лобовых соединений обмотки статора синхронной машины, при этом дополнительно измеряют ток статора синхронной машины, по программе, записанной в блоке памяти контроллера по зафиксированным значениям тока и напряжения статора синхронной машины вычисляют мгновенное значение активной мощности (электромагнитного момента) синхронной машины, сравнивают зафиксированный момент вращения вала первичного двигателя с зафиксированным значением активной мощности синхронной машины, получают разность между зафиксированным моментом вращения вала первичного двигателя и зафиксированным значением активной мощности синхронной машины, фиксируют полученную разность между зафиксированным моментом вращения вала первичного двигателя и зафиксированным значением активной мощности синхронной машины, а также управляющий сигнал формируют с учетом зафиксированной полученной разности между зафиксированным моментом вращения вала первичного двигателя и зафиксированным значением активной мощностью синхронной машины и программы, записанной в блоке памяти контроллера таким образом, чтобы защита синхронной машины от асинхронного режима по предлагаемому способу сработала при превышении среднего значения скольжения ротора синхронной машины над заранее заданной величиной уставки при изменении угла между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины в диапазоне от 90 до 180 электрических градусов, и при достижении вычисленного значения угла между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины значения 150 электрических градусов, а также при превышении зафиксированного момента вращения вала первичного двигателя над зафиксированным значением активной мощности синхронной машины, подают сформированный управляющий сигнал на соответствующий вход системы управления первичным двигателем, с помощью которого осуществляется быстросействующая разгрузка первичного двигателя и синхронной машины по активной мощности снижением количества энергоносителя, поступающего в первичный двигатель синхронной машины, до допустимых пределов, защищают синхронную машину, работающую в асинхронном режиме со сниженной нагрузкой, от превышения допустимой температуры крайних пакетов сердечника статора и металлических конструктивных элементов, расположенных в зоне лобовых соединений обмотки статора синхронной машины

Дополнительное измерение тока статора синхронной машины, вычисление по программе, записанной в блоке памяти контроллера, мгновенного значения активной

мощности (электромагнитного момента) синхронной машины, фиксация мгновенного значения активной мощности, сравнение измеренного и зафиксированного значения момента вращения вала первичного двигателя с вычисленным мгновенным значением активной мощности синхронной машины и фиксация превышения момента вращения вала первичного двигателя над активной мощностью синхронной машины при наличии скольжения ротора позволяют сформировать управляющий сигнал таким образом, что защита синхронной машины от асинхронного режима сработает раньше, чем наступает первый асинхронный проворот ротора синхронной машины, и принять уставку срабатывания защиты по углу между векторами напряжения статора и внутренней ЭДС синхронной машины значения, равного 150 электрических градусов, осуществить подачу сформированного управляющего сигнала на соответствующий вход системы управления первичного двигателя, через которую может быть выполнена быстродействующая разгрузка синхронной машины по активной мощности до допустимых пределов, тем самым защитить синхронную машину, работающую в асинхронном режиме со сниженной нагрузкой, от превышения допустимой температуры крайних пакетов сердечника статора и металлических конструктивных элементов, расположенных в зоне лобовых соединений обмотки статора синхронной машины..

Таким образом, предложенный способ защиты синхронной машины от асинхронного режима позволяет с более высоким быстродействием выявить неизбежный асинхронный режим еще до наступления первого асинхронного проворота ротора - при достижении угла между векторами напряжения статора и внутренней ЭДС синхронной машины, равном 150 электрических градусов и при превышении момента вращения вала первичного двигателя над активной мощностью синхронной машины и при наличии скольжения ротора позволяет выдать команду на быстродействующую разгрузку синхронной машины по активной мощности до допустимых пределов еще до наступления первого асинхронного проворота, по сравнению с известными аналогичными техническими решениями. В чем и проявляется достижение вышеуказанного технического результата.

Техническая сущность предлагаемого к патентованию способа защиты синхронной машины от асинхронного режима, согласно второму варианту, заключается в следующем:

- измеряют напряжение статора синхронной машины;
- фиксируют величину измеренного напряжения статора синхронной машины;
- измеряют внутреннюю ЭДС синхронной машины;
- фиксируют измеренную величину внутренней ЭДС синхронной машины;
- вычисляют угол между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной измеренной величиной внутренней ЭДС синхронной машины;
- фиксируют вычисленное значение угла между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной измеренной величиной внутренней ЭДС синхронной машины;
- вычисляют среднее значение скольжения ротора синхронной машины;
- сравнивают вычисленное значение среднего скольжения ротора синхронной машины с заранее заданной величиной уставки скольжения ротора синхронной машины;
- получают разность между вычисленным средним значением скольжения ротора синхронной машины;
- фиксируют полученную разность между вычисленным средним значением скольжения ротора синхронной машины и заранее заданной величиной уставки

скольжения ротора синхронной машины,

- измеряют момента вращения вала первичного двигателя;
- фиксируют измеренный момент вращения вала первичного двигателя;
- дополнительно измеряют ток статора синхронной машины;

5 ● по программе, записанной в блоке памяти контроллера по измеренным значениям тока и напряжения статора вычисляют активную мощность (электромагнитный момент) синхронной машины;

- сравнивают зафиксированный момент вращения вала первичного двигателя с зафиксированным значением активной мощности (электромагнитным моментом)

10 синхронной машины;

- получают разность между зафиксированным моментом вращения вала первичного двигателя с зафиксированным значением активной мощности (электромагнитного момента) синхронной машины;

15 ● фиксируют полученную разность между зафиксированным моментом вращения вала первичного двигателя и зафиксированным значением активной мощности (электромагнитного момента) синхронной машины;

20 ● по программе, записанной в блоке памяти контроллера, формируют управляющий сигнал при превышении среднего значения скольжения ротора синхронной машины над заранее заданной величиной уставки при изменении угла между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины в диапазоне от 90 до 180 электрических градусов, и при достижении вычисленного значения угла между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины значения 150 электрических градусов, а также при превышении зафиксированного момента вращения вала первичного двигателя над зафиксированным значением активной мощности синхронной машины;

25 ● подают сформированный управляющий сигнал на соответствующий вход системы управления первичного двигателя;

30 ● снижают подачу энергоносителя, поступающего в первичный двигатель, тем самым снижают момент вращения первичного двигателя, и снижают соответственно при этом активную мощность синхронной машины, работающей в асинхронном режиме, и выдаваемую в энергосистему, до допустимых пределов;

35 ● защищают синхронную машину, работающую в асинхронном режиме со сниженной нагрузкой, от превышения допустимой температуры крайних пакетов сердечника статора и металлических конструктивных элементов, расположенных в зоне лобовых соединений обмотки статора синхронной машины.

40 Предлагаемый способ защиты синхронной машины от асинхронного режима, согласно второму варианту технического решения, поясняется нижеследующем описанием и чертежом (см. Фиг. 2), на котором представлена функциональная схема устройства, поясняющая способ защиты от асинхронного режима синхронной машины, которая содержит следующую совокупность существенных признаков:

45 ● синхронную машину 1, соединенную одним из концов своего вала с концом вала первичного двигателя 2 и выдающей вырабатываемую ею активную мощность через шины генераторного напряжения 3 в энергосистему 4;

- источник 5 энергоносителя, подсоединенный своим выходом через регулирующие клапана 6 к соответствующему входу первичного двигателя 2 и своим входом к выходу схемы 7 управления подачей энергоносителя;



● привод 8 регулирующих клапанов 6 первичного двигателя 2, предназначенный для регулирования количества энергоносителя, поступающего от источника 5 энергоносителя в первичный двигатель 2, подсоединенный своим входом к выходу системы управления 9 первичного двигателя 2, а своим выходом к входам управления 5 регулируемыми клапанами 6 первичного двигателя 2;

● узел 10 измерения внутренней ЭДС синхронной машины 1, установленный на соответствующем участке вала первичного двигателя 2 (вспомогательный генератор);

● узел 11 измерения тока статора синхронной машины 1 (трансформатор тока в цепи обмотки статора для измерения тока статора синхронной машины 1);

● узел 12 измерения напряжения статора синхронной машины 1 (трансформатор напряжения для измерения напряжения обмотки статора синхронной машины 1);

● узел 13 измерения момента вращения вала первичного двигателя 2, подсоединенного своим входом к соответствующему выходу, как минимум одного из 15 регулирующих клапанов 6 первичного двигателя 2;

● контроллер 14, подсоединенный своим первым входом к выходу узла 12 измерения напряжения статора синхронной машины 1, своим вторым входом к выходу узла 11 измерения тока статора синхронной машины 1, своим третьим входом к выходу узла 10 измерения внутренней ЭДС синхронной машины 1, своим четвертым входом к выходу 20 узла 13 измерения момента вращения вала первичного двигателя 2, и своим выходом к соответствующему входу схемы 9 управления первичным двигателем 2.

При этом в качестве контроллера 14 может быть использован промышленный компьютер российской компании «Fastwel», описание которого приведено на сайте Fastwel.ru.

25 Предлагаемый способ защиты синхронной машины от асинхронного режима, согласно второму варианту, можно пояснить, рассмотрев работу функциональной схемы, представленной на фиг. 2.

При работе синхронной машины 1 с первичным двигателем 2 вырабатываемая ею активная мощность зависит от количества энергоносителя, определяемого схемой 7 30 управления количеством энергоносителя (пар, вода), и поступающего от источника 5 энергоносителя через регулирующие клапана 6 в первичный двигатель 2. При вращении первичного двигателя 2 и подаче от системы возбуждения тока в обмотку ротора возникает электромагнитный момент синхронной машины 1, который передается с ротора на обмотку статора вращающейся синхронной машины 1, который равен 35 активной мощности, вырабатываемой синхронной машиной 1. При этом активная мощность, вырабатываемая синхронной машиной 1 через шины 3 генераторного напряжения синхронной машины 1 передается в энергосистему 4, частота в которой равна или близка к номинальной (50 Гц).

Посредством узла 10 измерения внутренней ЭДС синхронной машины 1 с его выхода 40 на третий вход контроллера 14 поступает измеренная величина внутренней ЭДС синхронной машины 1 и фиксируется в блоке памяти контроллера 14 для последующего использования. Взамен узла 10 измерения внутренней ЭДС синхронной машины (вспомогательного генератора, установленного на соответствующем участке вала первичного двигателя) может быть использован измеритель скорости вращения ротора 45 синхронной машины, характеристика которого включает в себя определение числа элементов, расположенных на валу первичного двигателя.

Посредством узла 11 измерения тока статора синхронной машины 1 с его выхода на второй вход контроллера 14 поступает измеренная величина тока в цепи обмотки

статора синхронной машины 1 и фиксируется в блоке памяти контроллера 14.

Посредством узла 12 измерения напряжения статора синхронной машины 1 с его выхода на первый вход контроллера 14 поступает измеренная величина напряжения обмотки статора синхронной машины 1 и фиксируется в блоке памяти контроллера 14 для последующего использования.

Посредством узла 13 измерения момента вращения вала первичного двигателя 2, подключенного своим входом к соответствующему выходу, как минимум, одного регулирующего клапана 6, измеряют момент вращения вала первичного двигателя 2, который поступает на четвертый вход контроллера 14 и фиксируется, для дальнейшего использования в блоке памяти контроллера 14, подсоединенного своим выходом к одному из соответствующих входов системы управления 9 первичного двигателя 2, через которую осуществляется быстродействующая разгрузка первичного двигателя 2, и соответственно синхронной машины 1 по активной мощности до допустимых пределов.

В соответствие с зафиксированными в блоке памяти контроллера 14 значениями измерения внутренней ЭДС синхронной машины 1, напряжения статора синхронной машины 1, измерения и фиксации тока статора синхронной машины 1, а также измерений и фиксации момента вращения вала первичного двигателя 1 и программой, записанной в блоке памяти контроллера 14, осуществляют вычисление по зафиксированным величинам тока и напряжения статора синхронной машины 1 активной мощности (электромагнитного момента) синхронной машины 1, вычисление угла между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины 1 и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины 1, вычисления величины среднего значения скольжения ротора синхронной машины 1 при изменении угла между векторами измеренного напряжения статора синхронной машины 1 и измеренной величиной внутренней ЭДС синхронной машины 1 в диапазоне от 90 до 180 электрических градусов, сравнения величины этого среднего значения скольжения ротора с заранее заданной величиной (уставкой), сравнения момента вращения вала первичного двигателя с активной мощностью синхронной машины.

При неисправностях в системе возбуждения синхронной машины 1 (потере возбуждения) или снижении тока в обмотке возбуждения ниже уровня, необходимого для удержания синхронной машины 1 в синхронизме, активная мощность синхронной машины 1 снижается ниже момента вращения вала первичного двигателя 2, при этом из-за превышения момента вращения вала первичного двигателя 2 над активной мощностью синхронной машины 1 ротор синхронной машины начинает вращаться с большей частотой вращения, чем частота напряжения статора синхронной машины 1, то есть появляется скольжение ротора относительно вращающего поля статора синхронной машины 1 (частота которого определяется частотой в энергосистеме), при этом угол между векторами напряжения статора и внутренней ЭДС синхронной машины 1 будет увеличиваться за счет превышения момента турбины над активной мощностью синхронной машины, и при достижении угла между векторами напряжения статора и внутренней ЭДС синхронной машины 1 значения 180 электрических градусов произойдет неизбежный первый асинхронный проворот ротора относительно вращающего поля статора синхронной машины, то есть синхронная машина 1 переходит в асинхронный режим,

При переходе синхронной машины 1 в асинхронный режим в контроллере 14 формируется управляющий сигнал при превышении моментом вращения вала первичного двигателя 2 активной мощности синхронной машины, и при превышении

среднего значения скольжения ротора синхронной машины 1 над заранее заданной величиной уставки скольжения ротора синхронной машины 1, а также при достижении вычисленного значения угла между векторами зафиксированного напряжения статора и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины 1 значения 150  
 5 электрических градусов, и при соблюдении вышеперечисленных условий с выхода контроллера 14 выдается управляющий сигнал на один из соответствующих входов системы 9 управления первичного двигателя 2, действующей через свой выход в схему привода 8 регулирующих клапанов 6 первичного двигателя 2, через которую  
 10 осуществляется быстродействующая разгрузка синхронной машины 1 по активной мощности до допустимых пределов, определяемых допустимой температурой крайних пакетов сердечника статора и металлических конструктивных элементов, расположенных в зоне лобовых соединений обмотки статора синхронной машины, тем самым защищают синхронную машину от перегрева ее элементов при работе в асинхронном режиме со сниженной нагрузкой.

15 Таким образом, предлагаемый способ защиты синхронной машины от асинхронного режима, согласно второму варианту, за счет измерения тока статора синхронной машины 1, вычисления активной мощности синхронной машины 1 по программе, записанной в блоке памяти контроллера 14 и сравнении ее с моментом вращения вала первичного двигателя 2 позволяет выявить неизбежный асинхронный режим синхронной  
 20 машины 1 при превышении вычисленного значения угла между векторами напряжения статора и внутренней ЭДС синхронной машины величины 150 эл. градусов и при превышении среднего значения скольжения ротора заранее заданной уставки, а также при превышении моментом первичного двигателя 2 активной мощности синхронной машины 1, то есть до возникновения первого асинхронного проворота, и обеспечивает  
 25 быстродействующую разгрузку синхронной машины по активной мощности до допустимых пределов через систему управления первичного двигателя снижением количества энергоносителя, и тем самым позволяет предотвратить повреждение дорогостоящих синхронных машин при их работе в асинхронном режиме с недопустимой нагрузкой.

30 Проведенный анализ известных технических решений показал, что ни одно из них не содержит как всей совокупности существенных признаков предлагаемых к патентованию способов защиты синхронной машины от асинхронного режима, так и отличительных признаков, что позволило сделать вывод о его «новизне» и «изобретательском уровне».

35 Использование изобретений исключает работу синхронных машин в асинхронном режиме со значительными колебаниями активной и реактивной мощности, скольжения ротора, тока и напряжения статора и ротора (максимальных при первом асинхронном провороте), и вследствие этого уменьшает вероятность возникновения особо тяжелых аварий с повреждением дорогостоящих синхронных машин.

40

#### (57) Формула изобретения

1. Способ защиты синхронной машины от асинхронного режима, заключающийся в том, что измеряют напряжение статора синхронной машины, фиксируют величину измеренного напряжения статора синхронной машины, измеряют внутреннюю ЭДС синхронной машины, фиксируют измеренную величину внутренней ЭДС синхронной  
 45 машины, вычисляют угол между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины, фиксируют вычисленное значение угла между векторами зафиксированного

напряжения статора синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины, вычисляют среднее значение скольжения ротора синхронной машины, сравнивают вычисленное среднее значение скольжения ротора синхронной машины с заранее заданной величиной уставки скольжения ротора синхронной машины, получают разность между вычисленным средним значением скольжения ротора синхронной машины и заранее заданной величиной уставки скольжения ротора синхронной машины, фиксируют полученную разность между вычисленным средним значением скольжения ротора синхронной машины и заранее заданной величиной уставки скольжения ротора синхронной машины, измеряют момент вращения вала первичного двигателя, фиксируют измеренный момент вращения вала первичного двигателя, формируют управляющий сигнал при превышении среднего значения скольжения ротора синхронной машины над заранее заданной величиной уставки скольжения ротора синхронной машины и при достижении вычисленного значения угла между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины значения 270 электрических градусов и с зафиксированным измеренным моментом вращения вала первичного двигателя и программой, записанной в блоке памяти контроллера, подают сформированный управляющий сигнал на отключение выключателя, отключающего синхронную машину от энергосистемы, отключают синхронную машину от энергосистемы и защищают ее от асинхронного режима, отличающийся тем, что дополнительно измеряют ток статора синхронной машины, по программе, записанной в блоке памяти контроллера, по зафиксированным значениям тока и напряжения статора синхронной машины вычисляют значение активной мощности (электромагнитного момента) синхронной машины, сравнивают зафиксированный момент вращения вала первичного двигателя с зафиксированным значением активной мощности синхронной машины, получают разность между зафиксированным моментом вращения вала первичного двигателя и зафиксированным значением активной мощности синхронной машины, фиксируют полученную разность между зафиксированным моментом вращения вала первичного двигателя и зафиксированным значением активной мощности синхронной машины, при этом формируют управляющий сигнал с учетом зафиксированной полученной разности между зафиксированным моментом вращения вала первичного двигателя и зафиксированным значением активной мощности синхронной машины и программы, записанной в блоке памяти контроллера.

2. Способ защиты синхронной машины от асинхронного режима по п. 1, отличающийся тем, что управляющий сигнал формируют при превышении среднего значения скольжения ротора синхронной машины над заранее заданной величиной уставки при изменении угла между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины в диапазоне от 90 до 180 электрических градусов.

3. Способ защиты синхронной машины от асинхронного режима по п. 1, отличающийся тем, что управляющий сигнал формируют при достижении вычисленного значения угла между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины значения 150 электрических градусов.

4. Способ защиты синхронной машины от асинхронного режима по п. 1, отличающийся тем, что управляющий сигнал формируют при превышении зафиксированного момента вращения вала первичного двигателя над зафиксированным значением активной мощности синхронной машины.

5. Способ защиты синхронной машины от асинхронного режима, заключающийся в том, что измеряют напряжение статора синхронной машины, фиксируют величину измеренного напряжения статора синхронной машины, измеряют внутреннюю ЭДС синхронной машины, фиксируют измеренную величину внутренней ЭДС синхронной машины, вычисляют угол между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины, фиксируют вычисленное значение угла между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины, вычисляют среднее значения скольжения ротора синхронной машины, сравнивают вычисленное среднее значение скольжения ротора синхронной машины с заранее заданной величиной уставки скольжения ротора синхронной машины, получают разность между вычисленным средним значением скольжения ротора синхронной машины и заранее заданной величиной уставки скольжения ротора синхронной машины, фиксируют полученную разность между вычисленным средним значением скольжения ротора синхронной машины и заранее заданной величиной уставки скольжения ротора синхронной машины, измеряют момент вращения вала первичного двигателя, фиксируют измеренный момент вращения вала первичного двигателя, формируют управляющий сигнал при превышении среднего значения скольжения ротора синхронной машины над заранее заданной величиной уставки скольжения ротора синхронной машины и при достижении вычисленного значения угла между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины значения 270 электрических градусов и с зафиксированным моментом вращения вала первичного двигателя и программой, записанной в блоке памяти контроллера, подают сформированный управляющий сигнал на соответствующий вход системы управления первичным двигателем, снижают подачу энергоносителя, поступающего в первичный двигатель, путем быстродействующей разгрузки синхронной машины по активной мощности до допустимого уровня, тем самым защищают синхронную машину от недопустимых перегревов по температуре конструктивных элементов синхронной машины при ее работе в асинхронном режиме, отличающийся тем, что дополнительно измеряют ток статора синхронной машины, по программе, записанной в блоке памяти контроллера, по зафиксированным значениям тока и напряжения статора синхронной машины вычисляют значение активной мощности (электромагнитного момента) синхронной машины, сравнивают зафиксированный момент вращения вала первичного двигателя с зафиксированным значением активной мощности синхронной машины, получают разность между дополнительно измеренным и зафиксированным моментом вращения вала первичного двигателя с вычисленным и зафиксированным мгновенным значением активной мощности синхронной машины, фиксируют полученную разность между зафиксированным моментом вращения вала первичного двигателя и зафиксированным значением активной мощности синхронной машины, при этом формируют управляющий сигнал с учетом зафиксированной полученной разности между зафиксированным моментом вращения вала первичного двигателя и зафиксированным мгновенным значением активной мощности синхронной машины и программы, записанной в блоке памяти контроллера.
6. Способ защиты синхронной машины от асинхронного режима по п. 5, отличающийся тем, что управляющий сигнал формируют при превышении среднего значения скольжения ротора синхронной машины над заранее заданной величиной уставки при изменении угла между векторами зафиксированного напряжения статора

синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины в диапазоне от 90 до 180 электрических градусов.

7. Способ защиты синхронной машины от асинхронного режима по п. 5, отличающийся тем, что управляющийся сигнал формируют при достижении  
5 вычисленного значения угла между векторами зафиксированного напряжения статора синхронной машины и зафиксированной величиной внутренней ЭДС синхронной машины значения 150 электрических градусов.

8. Способ защиты синхронной машины от асинхронного режима по п. 5, отличающийся тем, что управляющий сигнал формируют при превышении  
10 зафиксированного момента вращения вала первичного двигателя над зафиксированным значением активной мощности синхронной машины.

15

20

25

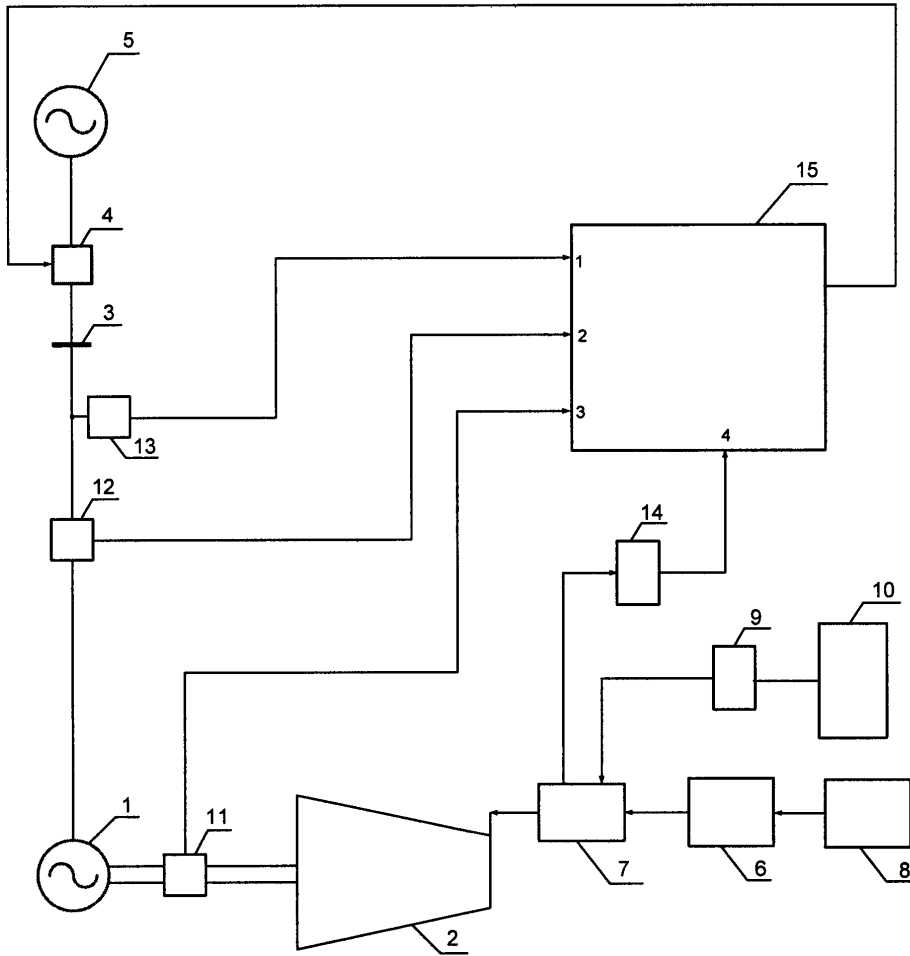
30

35

40

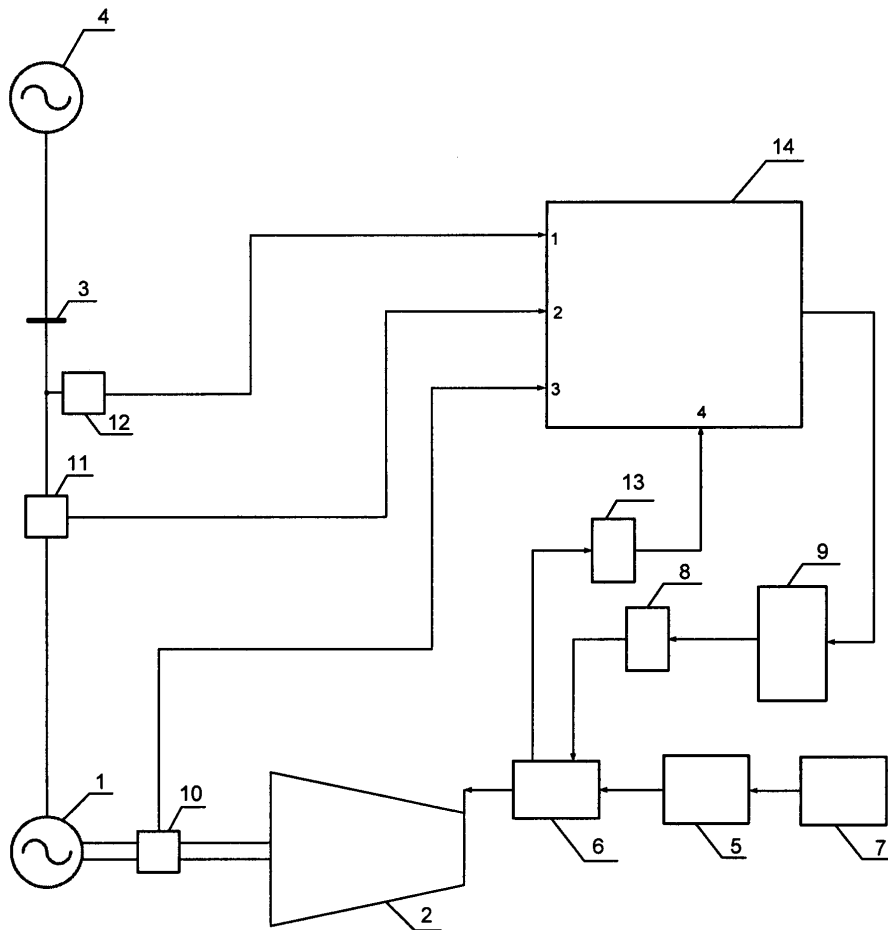
45

1



Фиг. 1

2



Фиг. 2