



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: **2007146302/07**, 17.12.2007(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.12.2007

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
20.12.2006 DE 102006060323.0(43) Дата публикации заявки: **27.06.2009** Бюл. № 18(45) Опубликовано: **20.12.2012** Бюл. № 35(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: **DE 10344392 A1**, 02.06.2005. **EP 1643122**
A2, 05.04.2006. **RU 2221165 C2**, 27.06.2003.
EP 1507331 A2, 16.02.2005.

Адрес для переписки:

**191186, Санкт-Петербург, а/я 230, "АРС-
ПАТЕНТ", пат.пов. М.В.Хмаре, рег. № 771**

(72) Автор(ы):

**ТУЛКЕ Маттиас (DE),
ШМИДТ Гуннар (DE),
ФРЕЗЕ Томас (DE),
ФОСС Эберхард д-р (DE)**

(73) Патентообладатель(и):

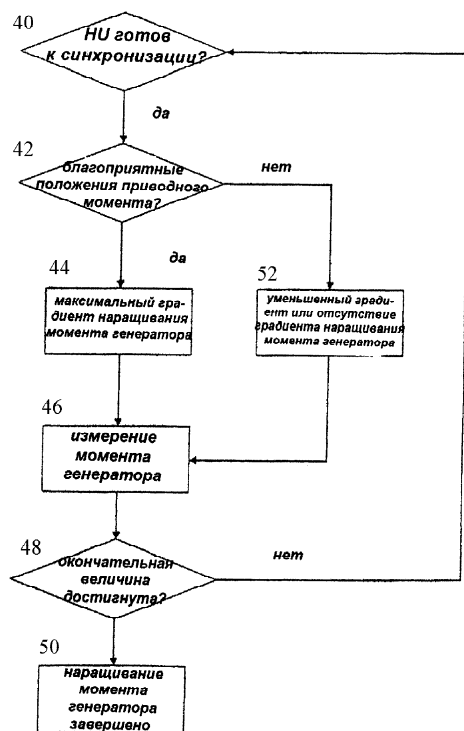
НОРДЕКС ЭНЕРДЖИ ГмбХ (DE)**(54) СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ПРИ СКАЧКАХ
НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ**

(57) Реферат:

Использование: в области электротехники.
Технический результат - уменьшение
механических нагрузок в компонентах
ветроэлектростанции, связанных со скачками
напряжения в электрической сети. Согласно
способу после скачка напряжения в
электрической сети момент генератора
регулируют в зависимости от фазового
положения крутильных колебаний
передаточного механизма; причем момент
генератора регулируют таким образом, что он
принимает минимальное значение после скачка
напряжения и увеличивается от минимального
значения, начиная с момента времени,
зависящего от фазового положения
крутильных колебаний передаточного
механизма. 13 з.п. ф-лы, 4 ил.

RU 2 470 182 C2

RU 2 470 182 C2



ФИГ. 3



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

F03D 7/00 (2006.01)*H02P 9/00* (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2007146302/07, 17.12.2007**(24) Effective date for property rights:
17.12.2007

Priority:

(30) Convention priority:
20.12.2006 DE 102006060323.0(43) Application published: **27.06.2009 Bull. 18**(45) Date of publication: **20.12.2012 Bull. 35**

Mail address:

191186, Sankt-Peterburg, a/ja 230, "ARS-PATENT", pat.pov. M.V.Khmare, reg. № 771

(72) Inventor(s):

**TULKE Mattias (DE),
ShMIDT Gunnar (DE),
FREZE Tomas (DE),
FOSS Ehberkhard d-r (DE)**

(73) Proprietor(s):

NORDEKS EhNERDZhI GmbKh (DE)**(54) METHOD OF WINDMILL OPERATION CONTROL AT SURGES IN ELECTRIC CIRCUIT**

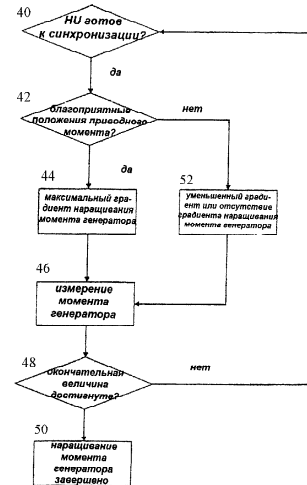
(57) Abstract:

FIELD: engines and pumps.

SUBSTANCE: invention relates to electrical engineering. After voltage surge in circuit, generator moment is adjusted subject to phase position of driving gear shifting jerks. Note here that said moment is adjusted so that it is minimum after voltage surged to increase to maximum starting from the moment depending upon phase position of driving gear shifting jerks.

EFFECT: reduced mechanical loads.

14 cl, 4 dwg



ФИГ. 3

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к способу работы ветроэлектростанции с ротором, передающим вращающий момент на генератор через передаточный механизм, причем генератор обеспечивает предварительно задаваемый момент генератора, действующий противоположно приводному моменту, и выполнен с возможностью подключения к электрической сети.

Уровень техники

Такие ветроэлектростанции обычно подключаются к электрической сети энергосистемы общего пользования и снабжают электрическую сеть электроэнергией. При этом ветроэлектростанции установки обеспечивают активную мощность и реактивную мощность и, возможно, могут способствовать стабилизации электрической сети.

Требования, которые энергосистемы общего пользования предъявляют к ветроэлектростанциям, указываются в детальных правилах подключения к электрической сети. В этом вопросе требования к поведению ветроэлектростанции при кратковременных падениях напряжения за последние годы сильно изменились. Если в прошлом при падении напряжения ветроэлектростанции необходимо было как можно скорее отсоединить от сети, то действующие правила подключения к электрической сети предписывают, что ветроэлектростанции при определенных падениях напряжения должны оставаться подключенными к электрической сети, чтобы поддерживать сеть посредством обеспечения реактивной мощности. Например, правила подключения к электрической сети могут предписывать, что ветроэлектростанция не должна отсоединяться от сети при падении напряжения, при котором напряжение, остающееся в электрической сети, превышает 15% номинального напряжения, и которое не продолжается дольше некоторого периода времени.

Однако чтобы избежать повреждения или разрушения электрических компонентов ветроэлектростанции при скачках напряжения в электрической сети в то время, когда ветроэлектростанция остается подсоединенной к сети, необходимы специальные меры защиты.

Система генератора с соответствующим защитным устройством и способ работы системы генератора известны из документа WO 2004/030199. Известная система генератора имеет трехфазный генератор двойного питания с подсоединяемой к электрической сети катушкой статора и по меньшей мере одной катушкой ротора. В известном способе электрический ток в цепи статора прерывается посредством активирования блока быстродействующего отключения после обнаружения скачка напряжения в электрической сети. После этого генератор снова синхронизируется с действующим напряжением в сети и снова допускается электрический ток между сетью и статором. Благодаря этой мере удастся избежать электрической перегрузки компонентов системы генератора.

Однако при использовании такой системы генератора в ветроэлектростанции необходимо принимать в расчет также и механические нагрузки, возникающие при изменении электрического напряжения. Например, наиболее заметные резкие изменения момента генератора возникают как следствие скачков напряжения, что приводит к большой механической нагрузке элементов передаточного механизма, например, в случае больших коэффициентов запаздывания подвижных частей ветроэлектростанции.

Раскрытие изобретения

Исходя из этого задача настоящего изобретения заключается в создании способа управления работой ветроэлектростанции, который позволил бы уменьшить те механические нагрузки в компонентах ветроэлектростанции, которые связаны со скачками напряжения в электрической сети.

Эта задача решается с помощью способа, имеющего признаки пункта 1 формулы изобретения.

В соответствии с настоящим изобретением предлагается способ управления работой ветроэлектростанции, имеющей ротор, передающий приводной момент на генератор при помощи передаточного механизма, причем генератор обеспечивает предварительно задаваемый момент генератора, действующий противоположно приводному моменту, и выполнен с возможностью подключения к электрической сети, при этом после скачка напряжения в электрической сети момент генератора регулируется в зависимости от фазового положения крутильных колебаний передаточного механизма.

Способ основан на том, что из-за скачка момента генератора, связанного со скачком напряжения, скачок напряжения в электрической сети может, в частности, привести к механическим колебаниям передаточного механизма ветроэлектростанции. В данном случае передаточный механизм может включать в себя вал ротора и вал генератора, а также связанный с ними редуктор. С другой стороны, в случае ветроэлектростанции без редуктора передаточный механизм, по существу, состоит из непрерывного вала, соединяющего генератор и ротор.

Приводной момент представляет собой крутящий момент, создаваемый ветром и приложенный ротором к валу ротора. Предварительно задаваемый момент генератора действует противоположно этому приводному моменту, что эквивалентно приведению генератора в движение от ротора. При этом определении моментов приводной момент, так же как и момент генератора, являются при нормальной эксплуатации положительными. Скачок напряжения в электрической сети может быть падением напряжения вследствие, например, сбоя в электрической сети или же по другой причине, когда сетевое напряжение снижается на значительную величину. Например, падение напряжения может составлять 30% от сетевого напряжения или более. Однако скачок напряжения может представлять собой также и скачкообразное увеличение напряжения в сети после устранения какого-либо дефекта, который до этого мог вызвать падение напряжения.

Наблюдения и расчеты показали, что крутильные колебания передаточного механизма, инициированные скачком момента генератора, могут иметь значительную амплитуду, которая может достигать величины, близкой к номинальному моменту, передаваемому при нормальной эксплуатации. Вследствие этого приводной момент и момент генератора могут принимать высокие пиковые значения и даже отрицательные значения. Учет фазового положения этих крутильных колебаний может существенно уменьшить возникающую от момента суммарную нагрузку на передаточный механизм и соединенные с ним компоненты ветроэлектростанции.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления изобретения момент генератора принимает минимальное значение после скачка напряжения и увеличивается от минимального значения, начиная с момента времени, зависящего от фазового положения крутильных колебаний передаточного механизма. В этом варианте осуществления изобретения было установлено, что на механическую нагрузку можно влиять посредством выбора момента времени при увеличении момента генератора. Когда момент времени выбирается в соответствии с фазовым

положением крутильных колебаний передаточного механизма, нагрузка может быть целенаправленно уменьшена.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения указанный момент времени находится в пределах интервала времени, в течение которого приводной момент положителен и увеличивается. Увеличение является положительным, т.е. приводной момент имеет положительный градиент. Следовательно, увеличение момента генератора имеет место одновременно с увеличением приводного момента. Благодаря этому удастся достигнуть того, что увеличение момента генератора противодействует колебаниям передаточного механизма. Как следствие, колебания гасятся благодаря целенаправленному регулированию момента генератора. В этом случае приводной момент представляет собой крутящий момент, действующий на вал ротора, который также колеблется вследствие обратного действия крутильных колебаний передаточного механизма.

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления изобретения момент времени приблизительно совпадает с точкой перегиба зависимости от времени приводного момента. В этом случае момент генератора, противодействующий крутильным колебаниям, начинает влиять в то время, когда ускорение вращательного движения меняет свое направление на противоположное. Таким образом удастся достигнуть особенно эффективного гашения крутильных колебаний.

Предпочтительно, наращивание момента генератора уже по существу завершено в момент достижения максимума приводного момента, который следует за точкой перегиба. Однако возможная скорость наращивания момента ограничена, так что, в зависимости от обстоятельств, наращивание момента не может быть полностью завершено в пределах благоприятного интервала времени между точкой перегиба и последующим максимумом. Поэтому в предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения момент генератора увеличивается на протяжении нескольких интервалов времени с положительным и увеличивающимся приводным моментом, который следует за скачком напряжения и сохраняется приблизительно постоянным на протяжении интервалов времени с уменьшающимся или отрицательным приводным моментом. Таким образом, на протяжении интервалов времени с уменьшающимся или отрицательным приводным моментом увеличение момента генератора, по существу, прекращается с тем, чтобы избежать возбуждения любых крутильных колебаний передаточного механизма. Изменение момента генератора имеет место только в те интервалы времени, когда увеличение момента генератора противодействует крутильным колебаниям. Благодаря этому механическая нагрузка системы может быть минимизирована, а крутильные колебания максимально быстро уменьшены. В качестве варианта наращивание момента генератора может быть выполнено также и на протяжении всей "положительной полуволны" крутильных колебаний, т.е. до точки перегиба на нисходящем участке приводного момента. При ограниченной максимально возможной скорости наращивания момента благодаря этому можно нарастить момент за меньшее количество периодов колебаний, таким образом, за более короткое время.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения момент генератора увеличивается до тех пор, пока не будет достигнуто предварительно заданное значение. Предпочтительно, способ осуществляется до тех пор, пока ветроэлектростанция не будет снова нормально функционировать.

В принципе, увеличение момента генератора может иметь произвольную

зависимость от времени, например, линейную или экспоненциальную. В предпочтительном варианте осуществления изобретения увеличение момента генератора происходит с демпфированием (гашением), постоянная времени которого зависит от частоты колебаний передаточного механизма. Благодаря этому
5 достигается то, что скорость увеличения момента генератора соответствует скорости колебаний передаточного механизма. Поэтому колебания передаточного механизма гасятся особенно эффективно, и предотвращается возбуждение дополнительных видов колебаний.

10 В соответствии с еще одним вариантом осуществления настоящего изобретения постоянная времени имеет такую величину, чтобы увеличение момента генератора по существу завершалось в пределах четверти периода крутильных колебаний передаточного механизма. Например, в течение этого промежутка времени может
15 быть произведено увеличение момента генератора до $\frac{3}{4}$ желаемой величины.

Вследствие этого существенная доля момента генератора достигается уже в первый период крутильного колебания, так что ветроэлектростанция снова работает с большим моментом генератора очень быстро, при этом без какого-либо дополнительного возбуждения крутильных колебаний.

20 В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения фазовое положение крутильных колебаний передаточного механизма определяется посредством постоянного непосредственного измерения приводного момента. Измерение может производиться с помощью тензометрической
25 полоски, размещенной, например, на вале ротора.

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения фазовое положение крутильных колебаний передаточного механизма определяется посредством постоянного измерения скорости вращения передаточного механизма или элемента передаточного механизма. Таким образом,
30 регулирование момента генератора может осуществляться на основании измеренных величин скорости вращения.

В еще одном предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения фазовое положение крутильных колебаний передаточного механизма определяется посредством постоянного измерения ускорения ротора или элемента передаточного
35 механизма.

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения определение фазового положения крутильных колебаний передаточного механизма осуществляется посредством анализа значений тока и/или
40 напряжения, постоянно измеряемых на генераторе. Например, момент генератора может быть определен исходя из значений тока и/или напряжения на генераторе. На момент генератора влияют крутильные колебания передаточного механизма. На основании подходящей математической модели исходя из этого можно рассчитать зависимость от времени и фазовое положение приводного момента.

45 В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения фазовое положение крутильных колебаний передаточного механизма определяется посредством экстраполяции постоянно измеряемой амплитуды. Таким образом, оптимальный момент времени для регулирования
50 момента генератора предсказывается на основании измеренных данных, что всегда включает в себя некоторую задержку, связанную с процессом измерения и анализом данных. Вследствие этого точность регулирования момента генератора можно увеличить.

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения измеряется или рассчитывается собственная частота крутильных колебаний передаточного механизма, и фазовое положение крутильных колебаний определяется на основании собственной частоты и момента времени, когда
 5 произошел скачок напряжения. В этом случае можно избежать дорогостоящего измерения фазового положения крутильных колебаний, а увеличение момента генератора вместо этого может быть предварительно задано на основании известных механических свойств передаточного механизма ветроэлектростанции.

В еще одном предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения момент генератора принимает приблизительно нулевое значение в течение интервала времени, следующего за скачком напряжения. Благодаря этому делается возможным особенно плавный запуск генератора.

Краткое описание чертежей

В дальнейшем настоящее изобретение объясняется более подробно с использованием двух примеров его осуществления, представленных на четырех
 15 чертежах.

Фиг.1 изображает зависимость от времени приводного момента и момента генератора в первом примере осуществления способа по настоящему изобретению;

Фиг.2 изображает блок-схему регулирования момента генератора для способа по фиг.1;

Фиг.3 изображает блок-схему регулирования момента генератора во втором примере осуществления способа по настоящему изобретению;

Фиг.4 изображает зависимость от времени приводного момента и момента генератора во втором примере осуществления с регулированием по фиг.2.

Осуществление изобретения

На фиг.1 представлена зависимость от времени приводного момента, т.е. момента
 30 вращения ветроэлектростанции, действующей от ветра, на вале ротора. На нижней схеме представлена зависимость от времени момента генератора.

Общая временная ось обеих схем на фиг.1 покрывает интервал времени, составляющий приблизительно одну секунду. Представленные зависимости моментов от времени получены из вычислительного моделирования.

В начале представленного промежутка времени ветроэлектростанция функционирует нормальным образом. Приводной момент 10 и момент 12 генератора
 40 нормированы на 1 в этот момент времени. В момент $t=20$ секунд в электрической сети происходит внезапное падение напряжения. Как следствие падения напряжения момент генератора сначала увеличивается, а затем падает до нуля за очень короткое время.

Как следствие резкого изменения момента 12 генератора, возбуждаются механические крутильные колебания передаточного механизма, которые
 45 противодействуют приводному моменту 10. Следовательно, приводной момент принимает сильно изменяющиеся значения в диапазоне от менее чем -0,5 до существенно больших, чем 1. Как можно видеть из схемы, частота развивающихся крутильных колебаний составляет приблизительно от 2 до 3 Гц.

Кривая 14, представленная пунктирной линией, выражает зависимость от времени
 50 приводного момента для случая, в котором момент генератора не наращивается снова, а остается нулевым. Таким образом, кривая 14 представляет собой изображение свойств механических колебаний передаточного механизма. Обнаруживается, что амплитуда крутильных колебаний остается почти постоянной в пределах

представленного интервала времени, на основании чего можно сделать вывод о незначительном внутреннем демпфировании механической системы.

Зависимость от времени приводного момента, обозначенная 16, представляет собой зависимость от времени крутильных колебаний после увеличения момента генератора в соответствии с настоящим изобретением в момент 18 времени. В данном способе фазовое положение приводного момента постоянно измеряется. В момент времени, обозначенный 18, приводной момент 10 увеличивается и непрерывен. Кроме того, он как раз проходит через точку перегиба, т.е. угловая скорость крутильных колебаний как раз начинает уменьшаться от своего максимального значения. В этот момент 18 времени момент 22 генератора непрерывно увеличивается до желаемой величины с зависимостью типа РТ1 в данном примере. Благодаря этому наращиваемый момент генератора приводит к демпфированию крутильных колебаний на интервале времени, обозначенном 20. Быстрое уменьшение амплитуды приводного момента 16 вследствие демпфирования может быть отчетливо видно на верхней схеме фигуры 1. В то же время желаемая величина момента генератора уже, по существу, достигнута благодаря быстрому наращиванию момента генератора в пределах интервала. Следовательно, за непродолжительное время существенная часть поставленной в качестве цели мощности направляется обратно в электрическую сеть.

На протяжении времени, следующим за интервалом 20 времени, момент генератора все еще увеличивается, только медленно, так чтобы, по мере возможности, избежать дополнительного возбуждения крутильных колебаний.

Блок-схема регулирования момента генератора, представленная на фиг.2, начинается с ромба 30 (НУ (главный преобразователь) готов к синхронизации?) с проверкой того, готов ли снова главный преобразователь к синхронизации генератора с электрической сетью после падения напряжения. Если так, фазовое положение крутильных колебаний анализируется в ромбе (благоприятные положения приводного момента?), обозначенном 32. С этой целью производится, например, постоянное измерение приводного момента. Здесь такое фазовое положение благоприятно для наращивания момента генератора, при котором нарастающий момент генератора демпфирует крутильные колебания. Как описано выше, это имеет место в тот благоприятный интервал времени, когда приводной момент положителен и принимает увеличивающиеся значения. Это соответствует интервалу времени, обозначенному на фиг.1 как 20, когда вращательное движение передаточного механизма только-только стало замедляться вследствие колебаний. Говоря точнее, интервал начинается с точки перегиба на участке зависимости от времени приводного момента.

Когда проверка в ромбе 32 не дает в результате благоприятного в указанном смысле фазового положения приводного момента, то момент генератора не наращивается. Это показано с помощью прямоугольника 34 (наращивание не начинается).

С другой стороны, когда проверка в ромбе 32 дает в результате благоприятное фазовое положение приводного момента, то в прямоугольнике 36 (старт наращивания момента генератора с предварительно заданной зависимостью от времени) начинается наращивание момента генератора. С этой целью главный преобразователь получает пусковой сигнал, по которому увеличивает предварительно заданный момент генератора с предварительно заданной зависимостью от времени. Этот процесс может следовать зависимости от времени момента 22 генератора, инициированной в момент 18 времени 18 на фиг.1.

Альтернативный вариант осуществления настоящего изобретения обеспечивает

регулирование наращивания момента генератора. В блок-схеме, представленной на фиг.3, этот способ регулирования также начинается с проверки того, готов ли главный преобразователь (НУ) к синхронизации (ромб 40, НУ готов к синхронизации?), и непрерывно продолжается до тех пор, пока момент генератора не достигнет окончательного значения.

В данном случае в ромбе 42 (благоприятное фазовое положение приводного момента) начинается анализ непрерывного измерения приводного момента. Когда анализ дает в результате благоприятное фазовое положение приводного момента (см. пояснения к фиг.2), то в прямоугольнике 44 (максимальный градиент наращивания момента генератора) выполняется увеличение момента генератора с предварительно заданной максимальной скоростью, т.е. с предварительно заданным максимальным градиентом. При этом момент генератора измеряется в прямоугольнике 46 (измерение момента генератора). Это измерение анализируется в ромбе 48 (окончательная величина достигнута?). Когда момент генератора достигает предварительно заданной окончательной величины, наращивание момента генератора завершается (прямоугольник 50, наращивание момента генератора завершено).

И наоборот, когда проверка в ромбе 48 в результате показывает, что предварительно заданная окончательная величина момента генератора еще не достигнута, блок-схема прогоняется вновь, начиная с ромба 40. Когда анализ фазового положения приводного момента, выполняемый в ромбе 42, дает в результате неблагоприятное фазовое положение, т.е. фазовое положение, при котором дальнейшее увеличение момента генератора будет дополнительно возбуждать крутильные колебания передаточного механизма, дальнейшее наращивание момента генератора останавливается или продолжается, только с уменьшенной скоростью в прямоугольнике 52 (соответственно, уменьшенный градиент или отсутствие градиента наращивания момента генератора). Посредством этого момент генератора сохраняется по существу постоянным при неблагоприятном фазовом положении крутильных колебаний передаточного механизма. После этого в прямоугольнике 46 производится измерение момента генератора, а в ромбе 48 - проверка того, достигнута ли предварительно заданная окончательная величина. После выяснения ситуации цикл прогоняется вновь.

При осуществлении способа регулирования момента генератора, представленного на блок-схеме фиг.3, получаются зависимости от времени приводного момента 60 и момента 62 генератора, представленные на фиг.4.

Вплоть до конца интервала 64 времени зависимость моментов от времени не отличается от примера осуществления, представленного на фиг.1. Однако в отличие от первого варианта осуществления в момент 66 времени наращивание момента генератора в области, обозначенной 70, останавливается с концом восходящего участка зависимости от времени приводного момента в момент 68 времени. При проверке фазового положения приводного момента было обнаружено неблагоприятное фазовое положение в момент 66 времени. Чтобы избежать ненужного возбуждения крутильных колебаний, момент генератора далее не увеличивается.

В момент времени, обозначенный 72, благоприятное фазовое положение обнаружено вновь, и в интервале времени, обозначенном 74, увеличение момента генератора начинается заново.

Таким образом, наращивание момента генератора ограничено теми интервалами времени, когда крутильные колебания демпфируются увеличением момента

генератора. В альтернативном варианте увеличение момента генератора может быть также выполнено и между этими интервалами времени. Однако это увеличение происходит со значительно меньшей скоростью.

Вместо зависимости от времени типа РТ1, представленной на фиг.1 и 4, может также выполняться линейное увеличение или ослабление колебаний момента генератора более высокого порядка.

Формула изобретения

1. Способ управления работой ветроэлектростанции, имеющей ротор, передающий приводной момент на генератор посредством передаточного механизма, причем генератор обеспечивает предварительно задаваемый момент генератора, действующий противоположно приводному моменту, и выполнен с возможностью подключения к электрической сети, отличающийся тем, что после скачка напряжения в электрической сети момент генератора регулируют в зависимости от фазового положения крутильных колебаний передаточного механизма; причем момент генератора регулируют таким образом, что он принимает минимальное значение после скачка напряжения и увеличивается от минимального значения, начиная с момента времени, зависящего от фазового положения крутильных колебаний передаточного механизма.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что указанный момент времени находится в пределах интервала времени, в течение которого приводной момент положителен и увеличивается.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что момент времени, по существу, совпадает с точкой перегиба зависимости приводного момента от времени.

4. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что момент генератора регулируют таким образом, что он увеличивается на протяжении нескольких интервалов времени с положительным и увеличивающимся приводным моментом, который следует за скачком напряжения, и сохраняется, по существу, постоянным на протяжении интервалов времени с уменьшающимся или отрицательным приводным моментом.

5. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что момент генератора регулируют таким образом, что он увеличивается до тех пор, пока не будет достигнуто предварительно заданное значение.

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что увеличение момента генератора происходит с демпфированием, постоянная времени которого зависит от частоты колебаний передаточного механизма.

7. Способ по п.6, отличающийся тем, что постоянная времени имеет такую величину, чтобы увеличение момента генератора, по существу, завершалось в пределах четверти периода крутильных колебаний передаточного механизма.

8. Способ по п.1, отличающийся тем, что фазовое положение крутильных колебаний передаточного механизма определяют путем постоянного непосредственного измерения приводного момента.

9. Способ по п.1, отличающийся тем, что фазовое положение крутильных колебаний передаточного механизма определяют посредством постоянного измерения скорости вращения передаточного механизма или элемента передаточного механизма.

10. Способ по п.1, отличающийся тем, что фазовое положение крутильных колебаний передаточного механизма определяют посредством постоянного измерения ускорения ротора или элемента передаточного механизма.

11. Способ по п.1, отличающийся тем, что фазовое положение крутильных колебаний передаточного механизма определяют посредством анализа значений тока и/или напряжения, постоянно измеряемых на генераторе.

5 12. Способ по любому из пп.8-11, отличающийся тем, что фазовое положение крутильных колебаний передаточного механизма определяют посредством экстраполяции постоянно измеряемой амплитуды.

13. Способ по п.1, отличающийся тем, что измеряют или рассчитывают собственную частоту крутильных колебаний передаточного механизма, а фазовое
10 положение крутильных колебаний определяют на основании собственной частоты и момента времени, в который произошел скачок напряжения.

14. Способ по п.1, отличающийся тем, что момент генератора регулируют таким образом, что он принимает, по существу, нулевое значение в течение интервала
15 времени, следующего за скачком напряжения.

20

25

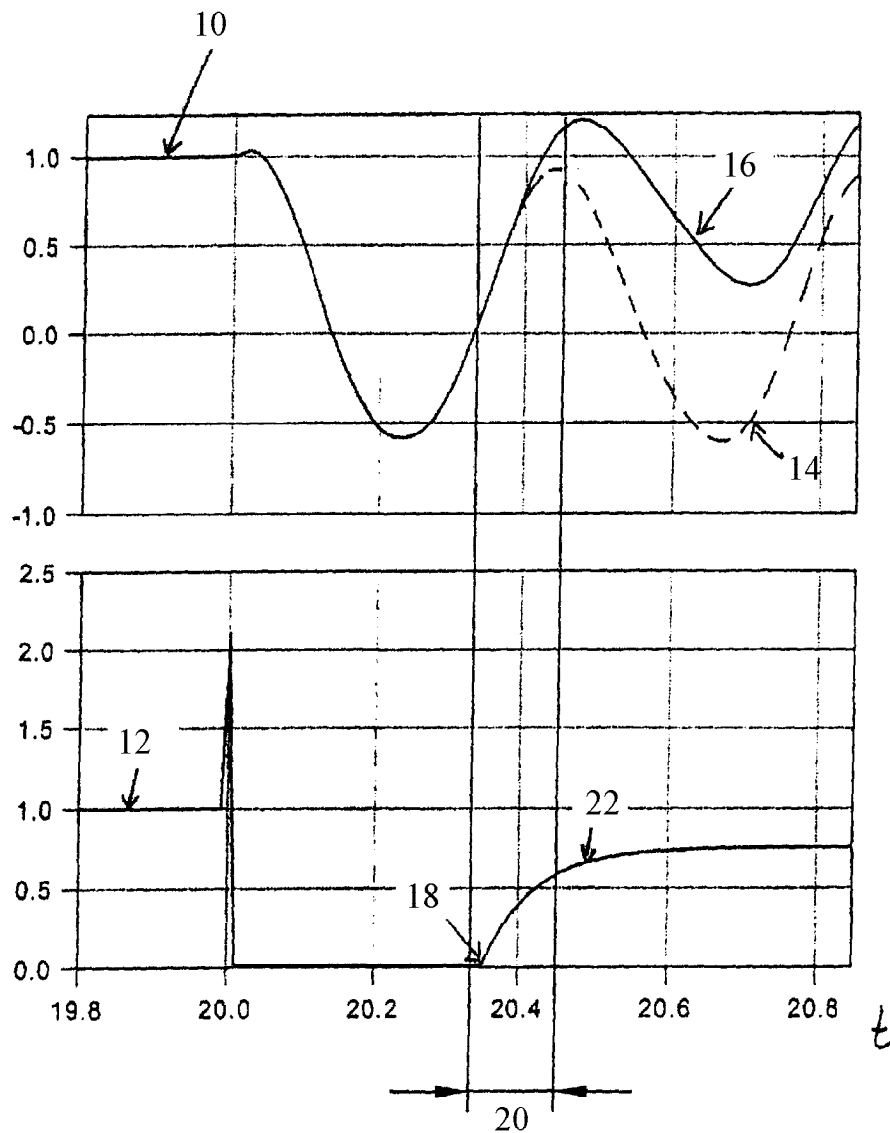
30

35

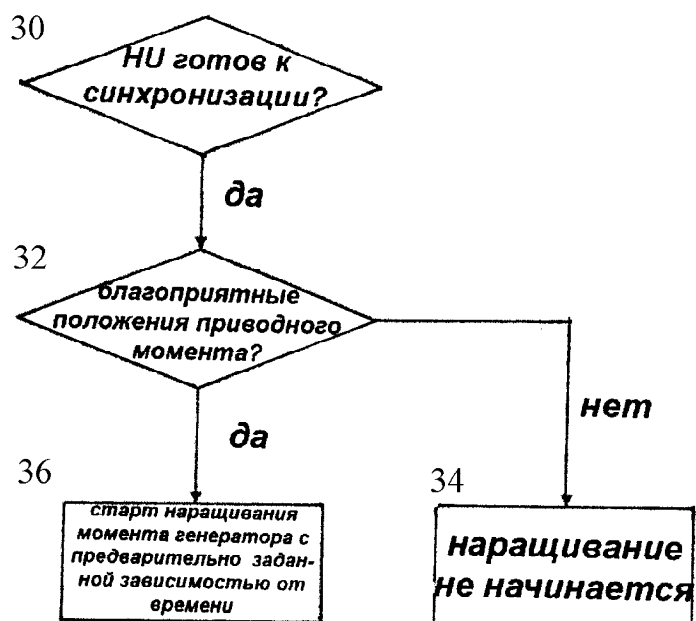
40

45

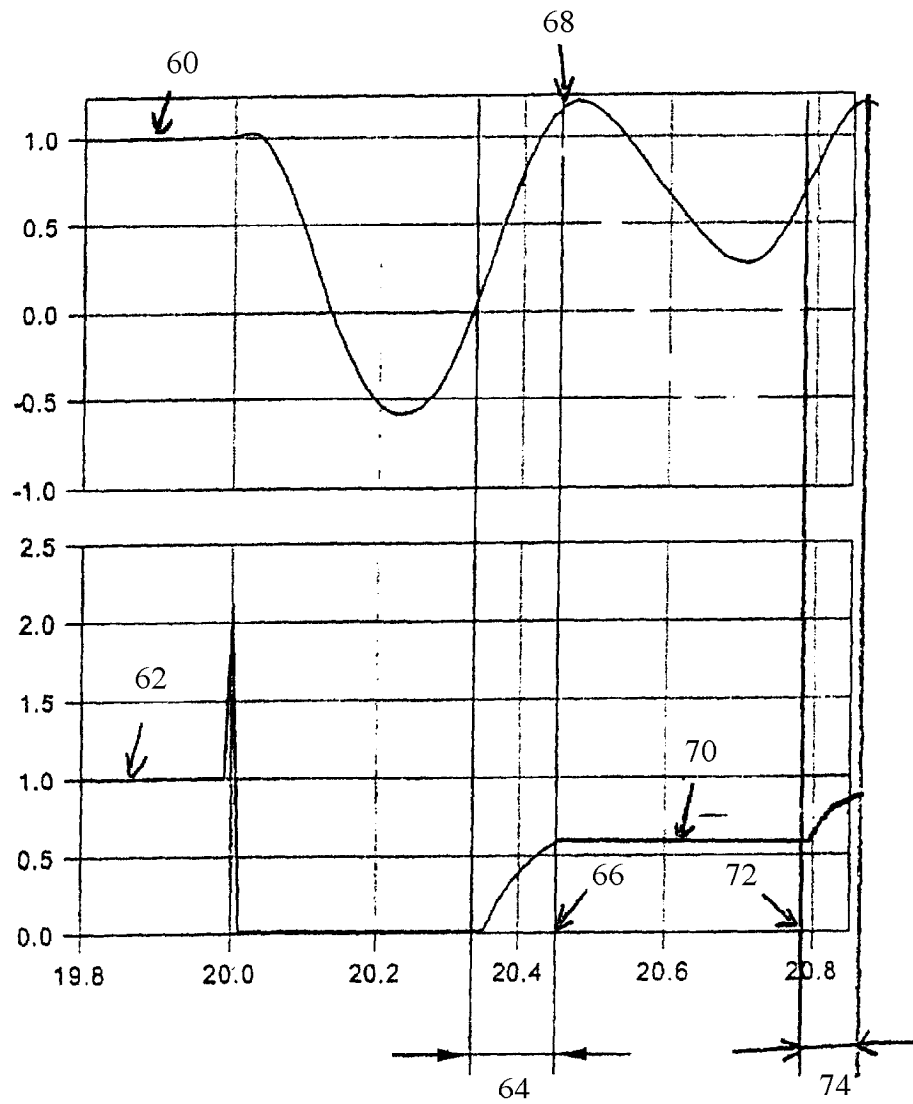
50



ФИГ. 1



ФИГ. 2



ФИГ. 4