



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015104807/07, 03.07.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
03.07.2013

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
13.07.2012 DE 10 2012 212 366.0

(43) Дата публикации заявки: 27.08.2016 Бюл. № 24

(45) Опубликовано: 20.12.2016 Бюл. № 35

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: WO 2011050807 A2, 05.05.2011. WO 2012089699 A2, 05.07.2012. US 2008303489 A1, 11.12.2008. DE 102008062356 A1, 08.07.2010. RU 41498 U1, 27.10.2004.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 13.02.2015

(86) Заявка РСТ:
EP 2013/064059 (03.07.2013)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2014/009223 (16.01.2014)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры"

(72) Автор(ы):

**ДИДРИХС Фолькер (DE),
БУСКЕР Кай (DE),
БЕЕКМАНН Альфред (DE)**

(73) Патентообладатель(и):

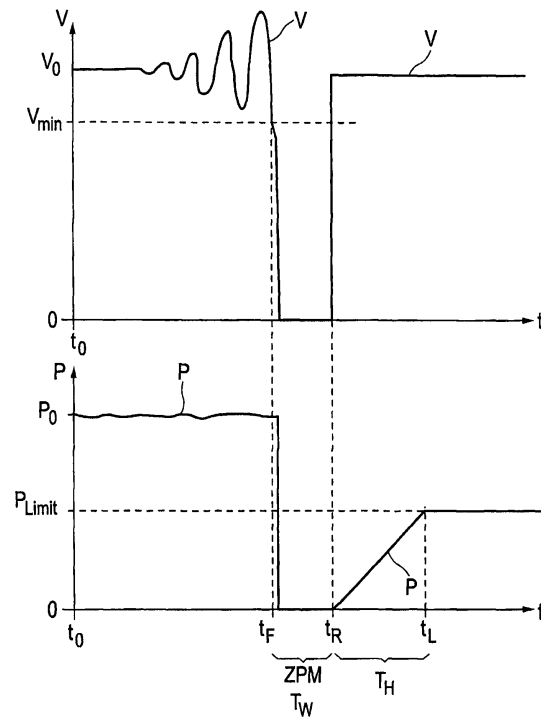
ВОББЕН ПРОПЕРТИЗ ГМБХ (DE)

(54) СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ГЕНЕРАТОРОМ

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу управления генератором электрической энергии, подключенным в точке сетевого подключения к электрической сети электроснабжения, содержащему этапы ввода электрической мощности в электрическую сеть электроснабжения, причем генератор работает в первой рабочей точке, прерывание ввода, так что мощность не вводится в электрическую сеть электроснабжения, когда имеет место или индицируется неисправность в электрической сети электроснабжения или неисправность ввода в электрическую сеть электроснабжения,

возобновление ввода, так что электрическая мощность вновь вводится в электрическую сеть электроснабжения, причем генератор предпринимает возобновление ввода во второй рабочей точке или соответственно переходит в эту вторую рабочую точку, и вторая рабочая точка по сравнению с первой рабочей точкой рассчитана таким образом, что ввод в сеть электроснабжения выполняется с более высоким запасом стабильности. Технический результат - нормализация и стабилизация условий в электрической сети электроснабжения. 13 з.п. ф-лы, 10 ил.



ФИГ. 10



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2015104807/07, 03.07.2013**

(24) Effective date for property rights:
03.07.2013

Priority:

(30) Convention priority:
13.07.2012 DE 10 2012 212 366.0

(43) Application published: **27.08.2016** Bull. № 24

(45) Date of publication: **20.12.2016** Bull. № 35

(85) Commencement of national phase: **13.02.2015**

(86) PCT application:
EP 2013/064059 (03.07.2013)

(87) PCT publication:
WO 2014/009223 (16.01.2014)

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, stroenie 3,
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**DIDRIKHS Folker (DE),
BUSKER Kaj (DE),
BEEKMANN Alfred (DE)**

(73) Proprietor(s):

VOBBEN PROPERTIZ GMBKH (DE)

(54) **METHOD OF ELECTRIC GENERATOR CONTROLLING**

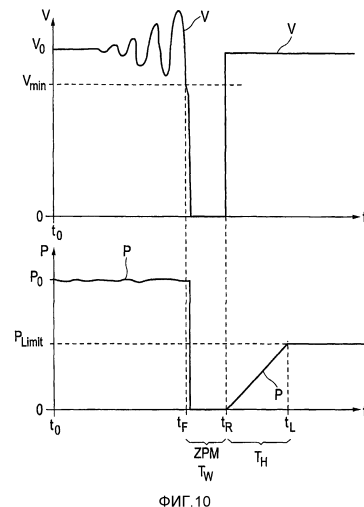
(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: invention relates to control over electric power generator, connected at the point of network connection to electric power supply network, comprising steps of electric power in electric power supply network input, wherein said generator operates in the first working point, input interruption so that power is not supplied into electric power supply network, when fault takes place or is displayed in electric power supply network or failure to electric power supply network input, continuation of input, so that electric power is supplied again into electric power supply network, wherein generator undertakes resumption of input in second operating point or accordingly changes into said operating point, and second operating point in comparison with first operating point is calculated so, that input into power supply network is carried out with higher stability margin.

EFFECT: conditions normalization and stabilization in electric power supply network.

14 cl, 10 dwg



ФИГ. 10

RU 2 605 083 C2

RU 2 605 083 C2

Настоящее изобретение относится к способу управления генератором электрической энергии, подключенным в точке сетевого подключения к электрической сети электроснабжения. Кроме того, настоящее изобретение также относится к генератору электрической энергии, подключенному к электрической сети электроснабжения.

5 Ввод электрической энергии в электрическую сеть электроснабжения, такую как, например, европейская объединенная энергосеть, или сеть электроснабжения США, является общеизвестным. При этом далее под электрической сетью электроснабжения понимается сеть переменного напряжения такой, как она осуществлена повсеместно. Это не исключает того, что в сети имеются участки постоянного напряжения. Также в
10 любом случае аспекты, которые являются частотно-независимыми, в принципе также могут относиться к сети постоянного напряжения. Исторически ввод энергии в электрическую сеть электроснабжения осуществляется с помощью крупной электростанции, которая из первичной энергии, как, например, угля, ядерной энергии или газа, приводит в действие синхронный генератор. В зависимости от количества пар
15 полюсов синхронного генератора и числа оборотов синхронного генератора, последний осуществляет ввод энергии с определенной частотой в сеть электроснабжения. Синхронный генератор может подвергаться воздействию посредством технических средств управления, чтобы, например, устанавливать мощность. Однако такой процесс регулирования может быть очень медленным.

20 При изменяющихся ситуациях в питаемой сети электроснабжения физическая реакция синхронного генератора часто влияет, во всяком случае кратковременно, на изменение сетевого состояния. Например, число оборотов синхронного генератора повышается, когда сеть электроснабжения не полностью может отбирать мощность, предоставляемую или соответственно которая может быть предоставлена синхронным генератором.
25 Таким образом, избыточная мощность ускоряет синхронный генератор, что проявляется в повышении частоты ввода энергии. Соответственно, частота в сети электроснабжения может повышаться.

При вводе энергии в сеть электроснабжения к тому же необходимо учитывать сетевую стабильность. Потеря сетевой стабильности, то есть потеря стабильности сети
30 электроснабжения, может привести к отключению питающего генератора. Такая потеря стабильности, которая в профессиональной терминологии обозначается как LOS (Loss of Stability - потеря стабильности), описывает процессы физического характера, которые не допускают дальнейшей эксплуатации и должны завершаться посредством отключений. В случае электростанций происходит прекращение их работы и тем самым возможна
35 эскалация так называемой дефицитной мощности. В наихудшем случае эта потеря стабильности приводит к полному отказу энергетической системы вследствие каскадирования неисправностей и накопления дефицита. Такие полные отказы чрезвычайно редки, но, например, произошли 24 сентября 2004 в Италии.

Под потерей сетевой стабильности, так называемой потерей стабильности (Loss of
40 Stability), следует понимать явление, при котором сначала возникает потеря угловой стабильности, что в итоге может приводить к потере стабильности напряжения.

В качестве критериев стабильности, в частности, устанавливаются достижимые
сверхтоки, которые должны обеспечиваться в случае наступления потери стабильности. Это предполагает соответствующее выполнение систем. Новая электростанция, в
45 частности, вновь сооружаемая электростанция, таким образом, согласуется с сетью электроснабжения, как она представляется в точке сетевого подключения, к которой должна подключаться электростанция.

Важным критерием при подключении крупных электростанций к электрической сети

электроснабжения является отношение тока короткого замыкания, обозначаемое в профессиональной терминологии как Scr (Short circuit ratio - коэффициент короткого замыкания). Это отношение тока короткого замыкания является отношением мощности короткого замыкания к мощности подключения. При этом под мощностью короткого замыкания понимается та мощность, которую может предоставлять соответствующая сеть электроснабжения в рассматриваемой точке сетевого подключения, к которой должна подключаться электростанция, если там возникает короткое замыкание. Мощность подключения представляет собой мощность подключения подключаемой электростанции, то есть, в частности, номинальную мощность подключаемого генератора.

Чтобы обеспечить надежный режим эксплуатации, чтобы, таким образом, в значительной степени исключить потерю стабильности, электростанции обычно рассчитываются для соответствующей точки сетевого подключения таким образом, что отношение тока короткого замыкания лежит выше значения 10, обычно даже выше значения 15. Сеть электроснабжения может в этом случае предоставлять относительно высокую мощность короткого замыкания в точке сетевого подключения. Это означает, что сеть имеет низкий сетевой импеданс и обозначается как сильная сеть.

В случае слабой сети, то есть, когда имеется высокий сетевой импеданс, может, соответственно, вводиться лишь малая мощность подключения, или соответственно может подключаться только электростанция с малой мощностью подключения. Это обычно приводит к тому, что либо к такой точке сетевого подключения не подключается новая электростанция, либо сеть должна быть изменена, в частности, посредством обеспечения дополнительных, более мощных проводов. Это также обозначается в общем как усиление сети.

Для ввода электрической энергии через децентрализованные генераторные блоки, в частности, ветроэнергетические установки, проблема потери стабильности сети, а именно, так называемая Loss of Stability (потеря стабильности), в принципе, неизвестна. Правда уже в конце 90-х годов впервые было предложено, использовать ветроэнергетические установки также для электрической поддержки сети, однако при этом не учитывается причина потери стабильности, в частности, то, что потеря стабильности вызывается вводом энергии в сеть электроснабжения.

Так, например, документ US 6891281 описывает способ, в котором ветроэнергетические установки в зависимости от сетевой частоты могут изменять свой ввод мощности, в частности, дросселировать. В документе US 7462946 предложено, что в случае сетевой неисправности, а именно, в частности в случае короткого замыкания, ветроэнергетическая установка ограничивает ток, который она вводит в сеть, вместо отсоединения от сети, чтобы и за счет этого реализовать поддержку сети. В документе US 6965174 для поддержки сети посредством ветроэнергетической установки описан способ, который в зависимости от сетевого напряжения устанавливает фазовый угол вводимого тока и тем самым вводит в сеть в зависимости от напряжения реактивную мощность, чтобы за счет этого осуществлять поддержку сети. Документ US 6984989 относится также к способу для поддержки сети посредством ветроэнергетической установки, в котором ветроэнергетическая установка, при необходимости в зависимости от сетевого напряжения, снижает вводимую в сеть мощность, чтобы за счет этого, в частности, избегать отсоединения от сети, чтобы также за счет этого реализовать поддержку сети посредством ветроэнергетической установки.

То, что такие децентрализованные генераторные блоки, такие как

ветроэнергетические установки, сами могут быть причиной для потери стабильности в сети, ранее не учитывалось. В статье “Loss of (Angle) Stability of Wind Power Plants”, V. Diedrichs et al., представленной на “10th International Workshop on Large-Scale Integration of Wind Power into Power Systems as well as on Transmission Networks for Offshore Wind Farms, Aarhus (Denmark), 25-26 October, 2011”, в принципе указывалось на проблему, что потеря стабильности в сети может в принципе возникнуть также для ветроэнергетических установок, подключенных к сети электроснабжения для ввода энергии. Эта статья представляет при этом по существу информационное освещение упомянутой проблемы. На эту статью в явном виде делается ссылка, и ее содержание, в частности ее технические пояснения, действительны и для настоящей заявки.

В принципе, сведения, опыт и другие знания о подключении и режиме эксплуатации крупных электростанций в электрической сети электроснабжения не могут переноситься на ветроэнергетические установки, включая большие ветроэнергоцентры с множеством ветроэнергетических установок, которые подключаются к сети электроснабжения для ввода энергии. Специалист, ответственный за подключение электростанции к сети электроснабжения и пуска ее в эксплуатацию, является иным, чем специалист, который подключает ветроэнергетическую установку к сети электроснабжения и осуществляет пуска ее в эксплуатацию. Ветроэнергетические установки - и многое из описанного далее справедливо также для других децентрализованных генераторных блоков - зависят от ветра и должны, таким образом, учитывать источники непостоянной энергии; они обычно не вводят энергию с помощью непосредственно связанного с сетью синхронного генератора в сеть электроснабжения, а применяют основанный на напряжении инвертор; они имеют иной порядок величины, чем крупные электростанции, причем их номинальная мощность обычно лежит примерно на 3 десятичных порядка ниже таковой у крупных электростанций; они подлежат регулированию обычно другими политическими законами, которые зачастую обеспечивают съем мощности операторами электрических сетей электроснабжения; они обычно устанавливаются децентрализованным образом; они вводят энергию обычно в сеть среднего напряжения, в то время как крупные электростанции обычно осуществляют ввод в сеть наивысшего напряжения.

Проблематичной также является ситуация, в которой несмотря на все меры предосторожности, все же возникает потеря стабильности, которую следует избегать. Если такая потеря стабильности возникает, то генератор электрической энергии для соответствующей точки сетевого подключения должен быть отключен. Такое отключение инициируется по заданным критериям, и соответствующий генератор контролирует эти критерии и отключается, если он распознает, что эти критерии имеют место. Но тем самым немедленно изменяется вводимая в сеть мощность и, следовательно, имеющаяся в сети мощность. Потеря этой мощности этого генератора может привести к тому, что другие точки сетевого подключения вблизи обнаруживают критерии для отключения и соответственно отключают другие генераторы, что, в свою очередь, может повлечь за собой отключение последующих генераторов, вплоть до полного временного отключения электричества.

Немецкое ведомство по патентам и товарным знакам в результате поиска в отношении приоритетной заявки для настоящей заявки выявило следующие источники предшествующего уровня техники: DE 10 2009027981 B4, DE 10 2008062356 A1, WO 2011/050807 A2 и DE 10 2008045938 A1.

Таким образом, в основе настоящего изобретения лежит задача, направленная на решение по меньшей мере одной из вышеуказанных проблем. В частности, должно

быть предложено решение, чтобы в случае описанной потери стабильности в сети электроснабжения или по меньшей мере грозящей потери стабильности поддерживать грозящий ущерб по возможности малым.

5 В соответствии с изобретением предложен способ управления генератором электрической энергии, подключенным в точке сетевого подключения к электрической сети электроснабжения, согласно пункту 1 формулы изобретения. В соответствии с этим вводят электрическую мощность в электрическую сеть электроснабжения, причем генератор эксплуатируется в первой рабочей точке. Такая рабочая точка может, например, определяться через введенную действительную мощность и, при
10 необходимости, введенную реактивную мощность. Примером для рабочей точки, был бы ввод действительной мощности на уровне номинальной мощности генератора и ввод реактивной мощности на уровне 10% от введенной действительной мощности, что упоминается только в качестве примера.

Во время эксплуатации генератора в этой первой рабочей точке осуществляется прерывание ввода энергии, так что мощность не вводится в сеть электроснабжения, если имеется или индицируется неисправность в электрической сети электроснабжения или неисправность ввода в электрическую сеть электроснабжения. Таким образом, такая неисправность контролируется, и если она распознается, то инициируется прерывание ввода энергии в электрическую сеть электроснабжения. Это прерывание
20 осуществляется не при любых минимальных неисправностях, а только при неисправностях, которые должны вызвать такое прерывание. Для этого могут устанавливаться соответствующие критерии, как, например, слишком сильное падение напряжения или слишком сильный градиент падения напряжения в точке сетевого подключения, что указывается лишь в качестве двух примеров, которые также могут
25 объединяться.

В качестве следующего этапа снова возобновляется ввод энергии, так что электрическая мощность снова вводится в электрическую сеть электроснабжения. Такое возобновление ввода энергии должно осуществляться по возможности быстро. При этом оно предполагает, что соответствующий ввод энергии вообще допустим. Но также
30 могут, в частности, возникать случаи, при которых либо неисправность устранена, либо при которых критерий неисправности может выводиться только на основании способа ввода, осуществляемого генератором. Например, рабочая точка генератора может неожиданным и нежелательным образом сдвинуться в диапазон, который для этого конкретного генератора при вводе энергии в соответствующей точке сетевого
35 подключения приводит к нестабильности. Таким образом, можно только благодаря тому факту, что соответствующий генератор больше не вводит энергию в сеть, устранить потерю стабильности, связанную с предшествующим вводом энергии от этого генератора, так что генератор, по меньшей мере теоретически, может непосредственно при подключении вновь осуществлять ввод энергии.

40 Также предлагается, что генератор при возобновлении ввода энергии, предпринимает ввод энергии во второй рабочей точке, или переходит во вторую рабочую точку, особенно если скачкообразный пуск во второй рабочей точке физически невозможен. Соответственно, переход в эту вторую рабочую точку может также происходить очень быстро.

45 Эта вторая рабочая точка по сравнению с первой рабочей точкой рассчитывается таким образом, что ввод энергии в сеть электроснабжения выполняется с более высоким запасом стабильности. Первая рабочая точка, в которой работали перед неисправностью, и которая предпочтительно может также быть обычной рабочей

точкой этого генератора, является также стабильной, то есть имеет также обычно достаточный запас стабильности. Однако теперь предлагается выбрать вторую рабочую точку, которая по сравнению с первой рабочей точкой имеет более высокий запас стабильности.

5 С таким более высоким запасом стабильности может часто быть связано то, что генератор осуществляет ввод энергии в сеть с меньшей эффективностью, в частности, вводит меньше мощности. Это принимается во внимание, чтобы по возможности быстро заставить генератор снова вводить мощность в сеть и, тем самым, потерю вводимой
10 мощности этого генератора при прерывании ввода по возможности быстро по меньшей мере частично реверсировать. Тем самым максимально быстро вновь предоставляется мощность, чтобы, в частности, предотвратить каскадное отключение, которое в наихудшем случае заканчивается полным временным отключением электричества.

Предпочтительным образом, генератор является децентрализованным генератором, ветроэнергетической установкой или ветроэнергоцентром, содержащим несколько
15 ветроэнергетических установок.

Децентрализованный генератор, по отношению к сети, в которую он осуществляет ввод энергии, размещен или подключен децентрализованным образом. Сеть, таким образом, ориентирована не на него, и он, напротив, расположен децентрализованно по отношению к центру производительности электрической сети электроснабжения. К
20 тому же децентрализованный генератор обычно имеет сравнительно малую мощность, которая обычно составляет лишь 10 МВт или меньше. Ветроэнергетическая установка обычно является децентрализованным генератором.

Ветроэнергоцентр, содержащий несколько ветроэнергетических установок, имеет более высокую мощность подключения, чем у отдельных ветроэнергетических
25 установок, которые объединены в него. Однако он может предусматриваться как децентрализованный генератор, особенно если он имеет размер, который по меньшей мере заметно меньше такового крупной электростанции. Ветроэнергетическая установка и/или ветроэнергоцентр зачастую в отношении своей управляемости могут управляться по меньшей мере быстрее, чем крупная электростанция. В частности, ввод в
30 электрическую сеть электроснабжения может в современной ветроэнергетической установке или в ветроэнергоцентре с несколькими ветроэнергетическими установками изменяться существенно более быстро и более гибко, чем это обычно имеет место в крупной электростанции, при условии, что имеется достаточный ветер.

Предпочтительным образом применяется ввод энергии на основе напряжения. В
35 соответствии с этим генератор в принципе выполнен как управляемый источник напряжения и поэтому обладает соответствующей гибкостью при вводе энергии в сеть электроснабжения. Также современные ветроэнергетические установки часто выполнены как основанные на напряжении генераторы. В каждом случае можно говорить об основанном на напряжении генераторе или основанном на напряжении вводе, если
40 генератор, в частности ветроэнергетическая установка имеет основанный на напряжении инвертор для ввода энергии.

Согласно одному варианту выполнения, предложено, что генератор во второй рабочей точке вводит в сеть электроснабжения меньше действительной мощности и/или реактивной мощности, чем в первой рабочей точке. Предпочтительно при этом
45 для действительной мощности второй рабочей точки предлагается значение на по меньшей мере 10% меньше, в частности, на по меньшей мере 20% меньше, чем значение первой рабочей точки. Для реактивной мощности второй рабочей точки предложено снижение относительно реактивной мощности первой рабочей точки на по меньшей

мере 10%, в частности, на по меньшей мере 20%. Во второй рабочей точке может вводиться меньше действительной мощности и меньше реактивной мощности, чтобы тем самым достичь более стабильной рабочей точки, или достичь рабочей точки, которая дальше удалена от границы стабильности. При этом под большей удаленностью
5 понимается более высокое разностное значение действительной или соответственно реактивной мощности. Оказалось, что часто целесообразно снижение действительной мощности, а реактивную мощность не требуется снижать, или реактивную мощность требуется снижать только на меньшее значение по отношению к первой рабочей точке. Тем самым предлагается, что после прерывания ввода ветроэнергетическая установка
10 сначала работает с пониженной действительной мощностью до тех пор, пока соотношения, в частности, соотношения в электрической сети электроснабжения не будут нормализованы и/или стабилизированы.

Предпочтительным образом способ отличается тем, что возобновление ввода энергии происходит таким образом, что вводимая реактивная мощность изменяется быстрее,
15 в частности, повышается, чем вводимая действительная мощность, так что значение реактивной мощности второй рабочей точки достигается быстрее, чем значение действительной мощности второй рабочей точки, и/или так что значение реактивной мощности первой рабочей точки достигается быстрее, чем значение действительной мощности первой рабочей точки. Было установлено, что стабильность ввода и/или
20 сети при повторном запуске может быть повышена, если сначала вводится больше реактивной мощности, чем действительной мощности, или даже вводится только реактивная мощность. При этом за основу берется соответствующее конечное значение, которое может быть различным между реактивной мощностью и действительной мощностью.

Таким образом, предложено при возобновлении ввода за счет соответствующей доли реактивной мощности достигать по возможности стабильной рабочей точки. Так можно, например, посредством ввода реактивной мощности повышать сетевое
25 напряжение в точке подключения, что может приводить к стабилизации. Для этого может быть предпочтительным сначала вводить или отбирать только реактивную
30 мощность.

Если реактивная мощность по отношению к первой рабочей точке устанавливается быстрее, чем действительная мощность, это означает, что вторая рабочая точка, например, устанавливается тогда, при известных условиях лишь на короткое время, когда реактивная мощность достигла значения первой рабочей точки. В этом случае
35 действительная мощность второй рабочей точки по отношению к действительной мощности первой рабочей точки была бы сниженной.

Также предпочтительным является способ, который отличается тем, что сначала устанавливается реактивная мощность, в частности, на значение первой или второй рабочей точки, чтобы тем самым достичь поддержки сети, и затем устанавливается
40 действительная мощность, в частности, повышается, и/или что реактивная мощность и действительная мощность соответственно устанавливаются посредством временной линейно возрастающей функции, и линейно возрастающая функция выбирается таким образом, что значение реактивной мощности второй рабочей точки достигается раньше, чем значение действительной мощности второй рабочей точки, и/или что значение
45 реактивной мощности первой рабочей точки достигается раньше, чем значение действительной мощности первой рабочей точки.

Таким образом, предлагается целенаправленно устанавливать только реактивную мощность, чтобы достичь стабилизации. При этом вторая рабочая точка может

характеризоваться высокой компонентой реактивной мощности, но малой компонентой действительной мощности. В частности, компонента действительной мощности может в данном случае равняться нулю.

5 Альтернативно или в комбинации изменение реактивной мощности осуществляется согласно более крутой линейно возрастающей функции, чем резкое увеличение действительной мощности. Крутизна соответствующей линейно возрастающей функции относится к соответствующему конечному значению реактивной мощности или действительной мощности, в особенности, к значениям первой и второй рабочей точки.

10 Способ согласно другому варианту выполнения отличается тем, что при возобновлении ввода вводимая действительная мощность повышается с заданной характеристикой изменения, в частности, в линейно возрастающей форму, и при этом вводимая реактивная мощность сопутствующим образом управляется так, что она действует для стабилизации напряжения, причем реактивная мощность управляется, в частности, на основе зарегистрированной перед этим сетевой характеристики

15 электрической сети электроснабжения. Тем самым действительная мощность резко увеличивается, в частности, вдоль линейно возрастающей характеристики, чтобы по возможности быстро, но при достаточном времени, чтобы не угрожать стабильности, вводить мощность в электрическую сеть электроснабжения. Перед реактивной мощностью при этом ставится задача стабилизирующим образом сопутствовать резкому

20 увеличению действительной мощности. При этом реактивная мощность может изменяться существенно динамичнее, чтобы достичь стабилизации.

Стабилизация относится, в частности, к напряжению в точке сетевого подключения, которое должно поддерживаться по возможности постоянным и/или в заданном диапазоне допусков. Предпочтительным образом для этого предлагается взять за

25 основу зарегистрированные перед этим сетевые характеристики подключенной сети электроснабжения. Тем самым также поведение сети электроснабжения в точке сетевого подключения может быть по меньшей мере частично известным, и реакция сети электроснабжения в точке сетевого подключения, особенно реакция напряжения в

30 точке сетевого подключения на запланированное резкое увеличение действительной мощности, является предсказуемой. Тем самым реактивная мощность, при знании предварительно запланированного повышения ввода действительной мощности может управляться целенаправленным образом. Например, реактивная мощность может управляться на основе запланированного ввода действительной мощности и предварительно известной сетевой характеристики. Дополнительно может применяться

35 регулирование.

При этом реактивная мощность может, в частности, управляться таким образом, что при резком увеличении выдерживается граница стабильности. В зависимости от выбранной границы стабильности, за счет этого также вторая рабочая точка управляется с более высоким запасом стабильности, чем первая рабочая точка.

40 Если при запуске ветроэнергетическая установка сначала работает с пониженной мощностью, она может способствовать вводу мощности в сеть электроснабжения и тем самым поддерживать сеть, но к тому же она находится в сравнительно стабильной рабочей точке.

Предпочтительным образом возобновление ввода осуществляется в пределах

45 предопределенного времени возобновления после прерывания, причем предпочтительно выбирается время возобновления, которое меньше, чем 10 секунд. Предпочтительно при возобновлении в пределах предопределенного времени резкого увеличения, происходит переход во вторую рабочую точку. Чтобы иметь возможность достижения

сетевой поддержки, установка должна была бы по возможности скоро осуществлять ввод в сеть, причем посредством выбора второй рабочей точки, несмотря на это быстрое возобновление ввода, он может осуществляться стабильным образом, и установка не переходит сразу же в нестабильное состояние ввода, которое перед этим уже привело к прерыванию ввода. Таким образом, при этом предлагается быстрое повторное включение и поддержка сети при одновременном обеспечении стабильности.

Согласно одному выполнению, предложено, что запас стабильности является наименьшей разностью между введенной реактивной мощностью и реактивной мощностью границы стабильности. Введенная реактивная мощность является конкретным значением, а граница стабильности, напротив, является характеристикой изменения. Таким образом, из значения введенной реактивной мощности по отношению к границе стабильности, то есть характеристики изменения такой границы, получаются различные разности. Наименьшая из этих разностей образует, согласно этому предложению, запас стабильности. Иными словами, запас стабильности, образно говоря, является наименьшим расстоянием до границы стабильности.

Согласно другому варианту выполнения, предложено, что наименьшая разность между введенной действительной мощностью и действительной мощностью границы стабильности является запасом стабильности.

Согласно другому варианту выполнения, предложено, что наименьшая разность между напряжением в точке сетевого подключения и напряжением границы стабильности является запасом стабильности.

Предпочтительным образом запас стабильности может состояться из этих разностей. Предпочтительным образом в качестве границы стабильности за основу берется взаимосвязь между вводимой действительной мощностью и вводимой реактивной мощностью, как, например, характеристикой изменения действительной мощности в зависимости от реактивной мощности. В качестве запаса стабильности рабочей точки, которая в этом отношении описывается своей долей действительной мощности и реактивной мощности, может применяться наименьшее расстояние до определенной таким образом границы стабильности. Математически это может вычисляться по методу наименьших квадратов. Наименьшее расстояние до границы стабильности получается для точки на границе стабильности, при которой корень из суммы квадрата разности реактивной мощности и квадрата разности действительной мощности является наименьшим.

Предпочтительным образом граница стабильности может быть функцией сетевого напряжения в точке сетевого подключения в зависимости от введенной реактивной мощности или в зависимости от введенной действительной мощности или в зависимости от обеих, причем функция, образно говоря, может быть поверхностью, в частности, изогнутой поверхностью. Эта изогнутая поверхность была бы тогда сетевым напряжением в точке сетевого подключения в зависимости от введенной реактивной мощности и введенной действительной мощности. Таким образом получалась бы изогнутая поверхность в пространстве, которое охватывается сетевым напряжением в точке сетевого подключения, введенной реактивной мощностью и введенной действительной мощностью, в частности, в смысле пространства в прямоугольной системе координат.

Согласно другому выполнению, предложено, что прерывание ввода энергии осуществляется, если в точке сетевого подключения возникает или индицируется потеря стабильности сети электроснабжения и/или ввода в сеть электроснабжения. В этом отношении, таким образом, возникает случай, которого по возможности следует

избегать, а именно, потеря стабильности. С точки зрения регулирования для этого предпочтительно оценивается сигнал, который сигнализирует, что возникает такая потеря стабильности сети электроснабжения или ввода энергии.

5 Прерывание может также или альтернативно инициироваться сверхтоком в сети электроснабжения и/или в точке сетевого подключения. Кроме того, или альтернативно может возникать неисправность в сети электроснабжения, в частности, короткое замыкание, которое было зарегистрировано и, таким образом, приводит к прерыванию ввода энергии.

10 Дополнительно или альтернативно, также спадание напряжения в сети электроснабжения и/или в точке сетевого подключения может вести к прерыванию. В частности, спадание напряжения, когда оно спадает ниже предопределенного значения, является, таким образом, указателем серьезной проблемы в сети. В принципе, также повышение напряжения может указывать на проблему в сети и предусматривать необходимость прерывания. В случае ненамеренного повышения напряжения могло бы также быть целесообразным, прежде всего не допускать повторного ввода дополнительной мощности в сеть посредством генератора. При известных условиях, ввод отрицательной реактивной мощности мог бы противодействовать сетевому напряжению.

20 Дополнительно или альтернативно, коммутация в сети и/или секционирование трансформаторов в сети электроснабжения может приводить к прерыванию, в особенности, если такая коммутация или секционирование трансформаторов, то есть, в частности, переключение ступенчатых трансформаторов превышает обычный порог.

Также возникновение шквалистых порывов ветра может привести к прерыванию ввода энергии.

25 Согласно одному варианту выполнения, предложено, что при регистрации потери стабильности, грозящей в точке сетевого подключения, и/или при возобновлении ввода питания осуществляется переключение с нормального управления на управление стабилизацией, которое управляет генератором с более высокой стабильностью по сравнению с нормальным управлением. Тем самым можно препятствовать тому, что
30 возникнет грозящая потеря стабильности или что возобновление ввода энергии приведет к новой проблеме, в частности, к потере стабильности и, в частности, к прерыванию ввода энергии.

Предпочтительным образом при описанной грозящей потере стабильности или при возобновлении ввода энергии предлагается, вводимую действительную мощность
35 генератора ограничивать на значении меньшем, чем максимальное значение генератора, в частности, на значении, которое меньше, чем номинальная мощность генератора. В частности, за счет такого снижения действительной мощности до меньшего значения, чем максимальное значение, обеспечиваются, с одной стороны, запасы стабильности, а с другой стороны, запасы регулирования для генератора, в частности, для
40 ветроэнергетической установки, когда она образует генератор.

Согласно другому варианту выполнения предлагается, что при грозящей потере стабильности или при возобновлении ввода питания в случае, когда генератор представляет собой ветроэнергоцентр с несколькими ветроэнергетическими установками, осуществляется переключение с нормального управления на центральное управление
45 ветроэнергоцентром. Таким образом, в случае такой проблемы ветроэнергетическим установкам больше не предоставляется управление по отдельности, а предлагается централизованная координация ветроэнергетических установок, в частности, в отношении ввода энергии, чтобы тем самым противодействовать потере стабильности.

Предпочтительным образом переключение на управление стабилизацией, ограничение действительной мощности и/или применение централизованного управления ветроэнергоцентром поддерживается до тех пор, пока не будет зарегистрировано, что потеря стабильности больше не угрожает. При этом на переднем плане находится управление ветроэнергетической установкой, ветроэнергоцентром или другим генератором сначала в отношении стабильности, при этом принимая во внимание уменьшение ввода действительной мощности. Иными словами, стабилизация находится на переднем плане, и даже следует считаться с тем, что, в случае применения ветроэнергетической установки или ветроэнергоцентра, энергия, содержащаяся в ветре, в этом случае будет расходоваться впустую.

Переключение на управление стабилизацией соответствует переключению с первой рабочей точки на вторую рабочую точку. Эксплуатация во второй рабочей точке может обозначаться как управление стабилизацией.

Согласно предпочтительному варианту выполнения предложено, что после регистрации потери стабильности, грозящей в точке сетевого подключения, и/или после возобновления ввода энергии посредством внешнего сигнала от управления стабилизацией управление генератором возвращается в нормальное управление, и/или ограничение вводимой действительной мощности отменяется. Таким образом, предлагается, что возвращение в принципе в нормальное состояние, за основу которого не берется повышенная стабилизация, осуществляется в зависимости от внешнего сигнала. Например, устройство оценки может генерировать такой внешний сигнал, или оператор электрической сети электроснабжения может предоставлять такой сигнал. За счет оценки такого внешнего сигнала может выполняться более надежное и, в частности, также производимое лучшим образом возвращение в нормальный режим эксплуатации. Тем самым минимизируется риск того, что возвращение в нормальный режим эксплуатации происходит слишком рано, а именно, прежде чем предварительно распознанная или грозящая проблема стабильности не будет действительно устранена.

Согласно варианту выполнения предложено, что предусмотрен ветроэнергоцентр с несколькими ветроэнергетическими установками, причем каждая ветроэнергетическая установка образует генератор. После прерывания ввода энергии одной или нескольких ветроэнергетических установок, она или соответственно они индивидуально вновь восстанавливают ввод энергии. В частности, каждая ветроэнергетическая установка переключается из нормального управления на управление стабилизацией, которое управляет соответствующей ветроэнергетической установкой с повышенной стабильностью по сравнению с нормальным управлением. В частности, это касается случая, при котором прерывание ввода затрагивает не ветроэнергоцентр в целом, а только некоторые ветроэнергетические установки. Для этого могут иметься различные причины, например, то, что одна или несколько ветроэнергетических установок прервали ввод питания из-за сильного шквалистого ветра. Также неточности измерения могут вести к тому, что некоторые ветроэнергетические установки исходят из случая, который делает необходимым прерывание, в то время как другие не должны выполнять прерывание. Кроме того, удаленное расположение может привести к различным предпосылкам между ветроэнергетическими установками в ветроэнергоцентре, которые достаточны для того, чтобы установки также по-разному реагировали. Кроме того, могут иметься различные типы установок, которые принимают различные критерии за основу прерывания ввода питания.

Во всяком случае, для этого предлагается, что ветроэнергетические установки, которые прервали свой ввод энергии, по возможности быстро вновь включаются, а

именно, в стабильном состоянии, чтобы противодействовать каскадному эффекту. Таким образом, должно предотвращаться то, что ветроэнергетические установки, которые еще не обнаружили критерия для прерывания, не должны также прерывать ввод энергии из-за прерывания других ветроэнергетических установок. Поэтому предлагается, ветроэнергетические установки, которые прервали ввод энергии, как можно более быстро вновь допустить к вводу энергии, но по возможности в стабильной рабочей точке.

Предпочтительным образом, для одной или более ветроэнергетических установок, которые прервали ввод питания, возобновление ввода осуществляется еще прежде, чем лежащая в основе неисправность устранена, по меньшей мере прежде, чем лежащая в основе неисправность полностью устранена. В принципе, при прерывании ввода питания ввиду неисправности, ввод питания может осуществляться вновь, когда этой неисправности больше нет. На основе предложенного ввода питания с измененной рабочей точкой, однако, возможно, несмотря на имеющуюся неисправность, вновь возобновлять ввод питания. Это касается в особенности случая, в котором прерывание произошло так быстро, что не возможно было бы переключиться в более стабильную рабочую точку, чтобы избежать прерывания.

Описанное далее вычисление потока нагрузки применяется для анализа стационарных рабочих состояний сетей энергоснабжения. Основу при этом составляет отображение соответствующей сети через ее импедансы Z или адмитансы Y (комплексные значения проводимости), которое показаны на фиг. 9.

В классическом сетевом анализе сеть определялась бы через закон Ома со следующей линейной системой уравнений в матричной форме записи, которая описывает взаимосвязь для n узлов:

$$\begin{bmatrix} \underline{Y}_{11} & \cdots & \underline{Y}_{12} & \underline{Y}_{1i} & \cdots & \underline{Y}_{1n} \\ \underline{Y}_{21} & \cdots & \underline{Y}_{22} & \underline{Y}_{2i} & \cdots & \underline{Y}_{2n} \\ \cdot & & \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot & \cdot & & \cdot \\ \underline{Y}_{n1} & \cdots & \underline{Y}_{n2} & \underline{Y}_{ni} & \cdots & \underline{Y}_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{U}_1 \\ \underline{U}_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \underline{U}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{I}_1 \\ \underline{I}_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \underline{I}_n \end{bmatrix}$$

или кратко: $\underline{Y} \cdot \underline{U} = \underline{I}$ (линейная система уравнений).

При этом необходимо найти напряжения в каждом из n сетевых узлов (-> поддержание постоянного напряжения).

Но так как токи в сетях неизвестны, а (планируемые) вводы или соответственно отборы энергии известны, то токи выражаются через мощности:

$$\underline{I}_{ii} = \frac{\underline{S}_i^*}{\underline{U}_i^*} = \frac{P_i - jQ_i}{\underline{U}_i^*}$$

Путем представления сетевых уравнений через мощности получаем нелинейную систему уравнений.

$$\underline{S}_i^* = P_i - jQ_i = \underline{Y}_{i1}\underline{U}_1\underline{U}_i^* + \underline{Y}_{i2}\underline{U}_2\underline{U}_i^* \cdots = \underline{U}_i^* \sum_{k=1}^n \underline{Y}_{ik}\underline{U}_k$$

Эта нелинейная система уравнений решается численным методом (чаще всего методом Ньютона). В рамках численного решения системы уравнений она должна быть линеаризована. Линеаризация осуществляется через частные производные элементов матрицы по неизвестным, а именно, в данном случае по амплитуде ($U_2 \dots U_n$) и углу

($\delta_1 \dots \delta_n$) узловых напряжений.

Матрица с частными производными называется матрицей Якоби. Для решения системы уравнений она должна быть инвертируемой, то есть регулярной.

$$\begin{matrix} 5 \\ 10 \\ 15 \end{matrix}
 \begin{bmatrix} \Delta P_2^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta P_n^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta Q_2^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta Q_n^{(0)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left(\frac{\partial P_2}{\partial \delta_2}\right)^{(0)} & \dots & \left(\frac{\partial P_2}{\partial \delta_n}\right)^{(0)} & \left(\frac{\partial P_2}{\partial U_2}\right)^{(0)} & \dots & \left(\frac{\partial P_2}{\partial U_n}\right)^{(0)} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \left(\frac{\partial P_n}{\partial \delta_2}\right)^{(0)} & \dots & \left(\frac{\partial P_n}{\partial \delta_n}\right)^{(0)} & \left(\frac{\partial P_n}{\partial U_2}\right)^{(0)} & \dots & \left(\frac{\partial P_n}{\partial U_n}\right)^{(0)} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \left(\frac{\partial Q_2}{\partial \delta_2}\right)^{(0)} & \dots & \left(\frac{\partial Q_2}{\partial \delta_n}\right)^{(0)} & \left(\frac{\partial Q_2}{\partial U_2}\right)^{(0)} & \dots & \left(\frac{\partial Q_2}{\partial U_n}\right)^{(0)} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \left(\frac{\partial Q_n}{\partial \delta_2}\right)^{(0)} & \dots & \left(\frac{\partial Q_n}{\partial \delta_n}\right)^{(0)} & \left(\frac{\partial Q_n}{\partial U_2}\right)^{(0)} & \dots & \left(\frac{\partial Q_n}{\partial U_n}\right)^{(0)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_2^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta \delta_n^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta U_2^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta U_n^{(0)} \end{bmatrix}$$

Матрица Якоби

Далее изобретение поясняется более подробно в качестве примера на основе примеров выполнения со ссылками на приложенные чертежи, на которых показано:

Фиг. 1 - ветроэнергетическая установка в пространственном изображении.

Фиг. 2 - схематично подключенная к сети ветроэнергетическая установка, основанная на системе управления напряжением, которая обозначена как VCS (Voltage Control System).

Фиг. 3 - схематично схемное устройство управляемого по напряжению ввода энергии ветроэнергетической установки в сеть переменного напряжения.

Фиг. 4 - схематично две ветроэнергетические установки, подключенные к сети через общую точку сетевого подключения.

Фиг. 5 - параметры влияния, которые могут влиять на чувствительность ветроэнергетической установки, подключенной к сети.

Фиг. 6 - диаграмма в качестве оценки поведения сети в точке сетевого подключения как характеристики напряжения в зависимости от введенной реактивной мощности и введенной действительной мощности.

Фиг. 7 - чувствительность как вызванное изменениями действительной мощности изменение напряжения в зависимости от введенной и нормированной реактивной мощности и действительной мощности.

Фиг. 8 - чувствительность как вызванное изменением реактивной мощности изменение напряжения в зависимости от нормированной реактивной мощности и действительной мощности.

Фиг. 9 - обобщенное изображение сети.

Фиг. 10 - диаграмма, которая иллюстрирует потерю стабильности с возобновлением ввода энергии в измененной рабочей точке.

Далее идентичные ссылочные позиции могут предусматриваться для подобных, но не идентичных элементов, или они могут также предусматриваться для элементов, которые представлены лишь схематично или символически и могут различаться в деталях, которые не существенны для соответствующих объяснений.

На фиг. 1 показана ветроэнергетическая установка 100 с башней 102 и гондолой 104. На гондоле 104 размещен ротор 106 с тремя роторными лопастями 108 и обтекатель 110. Ротор 106 во время эксплуатации приводится ветром во вращательное движение и тем самым приводит в действие генератор в гондоле 104.

На Фиг. 2 схематично показана ветроэнергетическая установка 1, которая через точку 2 сетевого подключения подключена к электрической сети 4 электроснабжения.

Электрическая сеть 4 электроснабжения далее упрощенно обозначается как сеть 4, причем эти понятия следует рассматривать как синонимы.

Ветроэнергетическая установка 1 имеет генератор 6, который приводится в действие ветром и за счет этого вырабатывает электрическую энергию. Генератор 6 в одном варианте выполнения выполнен как электрически возбуждаемый многофазный синхронный генератор 6 с двумя трехфазными системами, соединенными соответственно по схеме соединения звездой, что иллюстрируется обоими символами звезды в генераторе 6 на фиг. 2. Выработанный таким образом переменный ток, а именно, в упомянутом примере 6-фазный переменный ток, выпрямляется выпрямителем 8 и как постоянный ток через соответствующий провод 10 постоянного тока, который может содержать несколько отдельных проводников, передается от гондолы 12 вниз по башне 14 к инвертору 16. Инвертор 16 вырабатывает из постоянного тока переменный ток, а именно, в показанном примере 3-фазный переменный ток для ввода в сеть 4. Для этого выработанное инвертором 16 переменное напряжение повышается трансформированием посредством трансформатора 18, чтобы затем вводиться в сеть 4 в точке 2 сетевого подключения. Показанный трансформатор 18 применяет схему соединения «звезда-треугольник», а именно, на первичной стороне схему соединения звездой, а на вторичной стороне схему соединения треугольником, что в данном случае представлено лишь как пример варианта выполнения. Ввод энергии в сеть 4 может, наряду с вводом действительной мощности P , также включать в себя ввод реактивной мощности Q , что наглядно показано посредством стрелки 20. Для конкретного ввода энергии инвертор 16 управляется соответствующим блоком 22 управления, причем блок 22 управления также может быть конструктивно объединен с инвертором 16. Вообще фиг. 2 иллюстрирует принципиальную функциональную структуру, и конкретное расположение отдельных элементов может выбираться иначе, чем представлено. Например, трансформатор 18 может быть предусмотрен вне башни 14.

Блок 22 управления управляет инвертором 16, в частности, таким образом, что управляется способ ввода в сеть 4. При этом выполняются задачи, каким образом вводимый ток согласовать с ситуацией в сети 4, в особенности, частотой, фазой и амплитудой напряжения в сети 4. Кроме того, блок 22 управления предусмотрен для того, чтобы управлять долей действительной мощности P и реактивной мощности Q текущей вводимой в сеть 4 мощности. В данном случае осуществляются измерения в сети 4, в частности в точке 2 сетевого подключения, которые соответственно оцениваются. В числе прочего, также измеряется текущее напряжение в сети 4, особенно в форме текущего эффективного значения напряжения, и сравнивается с заданным значением для напряжения, а именно, заданным значением V_{SET} .

Соответственно, представленная система и, в частности, инвертор 16 с блоком 22 управления представляет собой систему управления напряжением, которая обозначена как VCS (Voltage Control System).

Для управления генератором ветроэнергетической установки в области гондолы предусмотрены блок 24 управления мощностью и блок 26 оценки мощности. Блок 24 управления мощностью управляет, в частности, возбуждением, а именно, током возбуждения синхронного генератора с независимым возбуждением в показанном примере выполнения. Блок 26 оценки мощности оценивает подаваемую на выпрямитель 8 мощность и сравнивает ее с мощностью, отдаваемой от выпрямителя 8 через провода 10 постоянного тока к инвертору 16. Результат этой оценки выдается далее на блок 24 управления мощностью.

Фиг. 2 также иллюстрирует, что для соответствующего интеллектуального ввода

энергии показанная система должна быть снабжена системой управления напряжением, чтобы эксплуатировать ветроэнергетическую установку при вводе по возможности стабильно, особенно вблизи границы стабильности.

Фиг. 3 иллюстрирует подключение ветроэнергетической установки 1' к так называемой «слабой сети 4». Под слабой сетью в данном случае следует понимать сеть с высоким импедансом. Это показано на фиг. 3 посредством последовательного импеданса 5'. Кроме того, такой последовательный импеданс 5' предусмотрен в тестовой структуре, которая соответствует структуре по фиг. 3, и с помощью которой исследовалось поведение ветроэнергетической установки 1' в слабой сети 4'.

Структура на фиг. 3 исходит из генератора 6', который приводится в действие ветром и предусмотрен как синхронный генератор. Выработанная электрическая мощность генератора 6' выпрямляется в выпрямителе 8' и предоставляется инвертору 16' на стороне входа на промежуточном контуре постоянного напряжения с конденсатором 28' промежуточного контура. Показанная структура отождествляет провод 10' постоянного напряжения с входным промежуточным контуром постоянного напряжения инвертора 16', чтобы упростить изображение. Фактически входной провод постоянного тока может быть электрически идентичен промежуточному контуру, или на стороне входа еще предусматривается повышающий регулятор, что здесь детально не представлено. Также выпрямитель 1' и инвертор 16' могут быть пространственно отделены друг от друга, как это было уже пояснено со ссылкой на фиг. 2 по отношению к выпрямителю 8 и инвертору 16.

Наконец, предусмотрено управление 24' возбуждением, которое может запрашиваться энергией промежуточного контура постоянного напряжения, который представлен конденсатором 28' промежуточного контура. Это управление 24' возбуждением управляет током возбуждения генератора 6' с независимым возбуждением и соответствует в принципе блоку 24 управления мощностью по фиг. 2.

Инвертор 16' может вводить действительную мощность P и реактивную мощность Q. При этом на фиг. 3 приведено напряжение на выходе инвертора 16' как напряжение ветроэнергетической установки V_{WEC} . Для ввода оно еще преобразуется с повышением посредством трансформатора 18' и вводится в сеть 4' в точке 2' сетевого подключения. Сеть 4' в данном случае также содержит дополнительный трансформатор 30'. Собственно сеть, которая начинается после сетевого трансформатора 30', обозначена ссылкой позицией 4''. Напряжение в точке 2' сетевого подключения обозначено как сетевое напряжение V_{Grid} .

Для иллюстрации слабой сети перед точкой 2' сетевого подключения обозначен последовательный импеданс 5'. Этот последовательный импеданс 5' имеется только в этой тестовой структуре или в пояснительной структуре и указывает сетевой импеданс. Поэтому точка, обозначенная непосредственно рядом с трансформатором 18', может рассматриваться как точка 2'' сетевого подключения. Разница между обеими точками 2' и 2'' сетевого подключения возникает только из-за этого применения последовательного импеданса 5' и в реальных сетях, таким образом, не обнаруживается.

На Фиг. 4 показано другое пояснительное и схематичное представление, согласно которому две ветроэнергетические установки 1 подключены к сети 4 электроснабжения. Каждая из ветроэнергетических установок 1 построена в принципе так, как пояснено со ссылкой на фиг. 2, а именно, с генератором 6, выпрямителем 8 и проводом 10 постоянного тока, который в действительности имеет по меньшей мере два отдельных проводника, а именно, для положительного и отрицательного тока, что соответственно справедливо также для провода 10 постоянного тока по фиг. 2. Кроме того,

ветроэнергетическая установка 1 содержит инвертор 16 и трансформатор 18. От каждой из ветроэнергетических установок 1 проходит тогда соединительный провод 32 к точке 2' сетевого подключения на стороне ветроэнергетической установки. Таким образом, эти обе показанные в качестве примера ветроэнергетические установки 1, которые также могут быть представительными для ветроэнергетического центра с намного большим, чем ветроэнергетические установки, совместно вводят свою выработанную мощность в этой точке 2' сетевого подключения на стороне ветроэнергетической установки. Введенная мощность P и введенная реактивная мощность Q , если имеются, подаются тогда в точку 2' сетевого подключения и вводятся в электрическую сеть 4 электроснабжения.

Соединение между точкой 2' сетевого подключения стороны ветроэнергетической установки и точкой 2'' подключения сетевой стороны не является пренебрежимо малым, и соответственно в точке 2' сетевого подключения стороны ветроэнергетической установки устанавливается напряжение V_{WP} стороны ветроэнергетической установки, в то время как в точке 2'' подключения сетевой стороны устанавливается напряжение V_{Grid} .

Для управления напряжение V_{WP} стороны ветроэнергетической установки регистрируется и оценивается в блоке 34 оценки. Оценка осуществляется сначала так, что измеренные значения принимаются блоком 36 измерения. Результаты измерения подаются в том числе на блок 38 управления стабилизацией, который также может обозначаться как SVCS-блок, причем SVCS является сокращением англоязычного термина "Stability Voltage Control System" (система управления напряжением стабильности). Блок 38 управления стабилизацией вычисляет предписанную величину для предоставляемой реактивной мощности Q_{Set} . Эта устанавливаемая реактивная мощность в качестве соответствующей предписанной величины будет передаваться на обе ветроэнергетические установки 1 и передавалась бы соответственно на все ветроэнергетические установки в одной сумме. Эта предписанная величина может передаваться как абсолютное значение, в частности, тогда, когда ветроэнергетические установки имеют одинаковый размер и подвергаются воздействию одного и того же ветра. Но также в качестве предписанной величины может выдаваться процентное значение, которое относится к свойствам соответствующей ветроэнергетической установки, как, например, номинальная мощность соответствующей ветроэнергетической установки.

Кроме того, блок 36 измерения также выдает значения на блок 40 наблюдателя, который из определенных измеренных значений определяет дополнительные состояния, как, например, введенная действительная мощность или введенная реактивная мощность, и далее передает свои результаты на блок 42 модели системы. Блок 40 наблюдателя может, при необходимости, также определять или выводить информации о потребности в мощности.

Модель системы блока 42 модели системы применяется для того, чтобы определять максимальную вводимую действительную мощность P_{max} и подводить ее к ветроэнергетической установке 1. Также эта максимальная вводимая действительная мощность может выдаваться как абсолютное значение или относительное значение. Следует отметить, что наглядное представление блока 34 оценки должно пояснять структуру. В принципе, не требуется, чтобы блок 34 физически был выполнен как самостоятельное устройство.

Заданная реактивная мощность Q_{Set} и максимальная действительная мощность P_{max}

выдаются тогда на FACTS-блок 44 управления каждой ветроэнергетической установки 1. Обозначение «FACTS» является сокращением от англоязычного термина «Flexible AC Transmission System» (гибкая система передачи переменного тока). FACTS-блок 44 управления преобразует предписанные значения и соответственно управляет инвертором 16, причем для этого он может учитывать также измеренные значения от состояний из ветроэнергетической установки.

В частности, но не только, релевантные для стабильности предписанные величины для стабильного ввода питания в сеть 4 могут быть реализованы посредством блока 34 оценки. В частности, может задаваться рабочая точка, которая является благоприятной по отношению к вводимому количеству энергии или величины мощности и стабильности. В частности, рабочая точка может при этом задаваться с запасом стабильности. Запас стабильности относительно вводимой реактивной мощности блок 38 управления стабильностью может при этом реализовывать посредством соответствующего задания реактивной мощности Q_{set} .

Фиг. 5 иллюстрирует чувствительность подключенной к сети ветроэнергетической установки и параметры влияния на нее. Характерным для поведения сети, а именно, в точке сетевого подключения является сетевой блок 50 согласно фиг. 5. Сетевой блок 50 наглядно показывает, что сеть может реагировать на влияния посредством изменения напряжения. В качестве влияний в данном случае представлены изменения действительной мощности ΔP и изменение реактивной мощности ΔQ . Влияние изменений мощности учитывает блок 52 действительной мощности, и влияние изменений реактивной мощности учитывает блок 54 реактивной мощности. Блок 52 действительной мощности показывает частную производную напряжения по действительной мощности, и соответственно блок 54 реактивной мощности показывает частную производную напряжения по реактивной мощности. В этом состоит возможность учитывать любую динамику поведения сети, то есть чувствительность сети, а именно, реакции на изменения действительной мощности и реактивной мощности через соответствующие частные производные, результат которых суммируется в блоке 56 суммирования. Сетевой блок 50 вместе с блоком 56 суммирования учитывает, таким образом, зависимость напряжения сети в точке сетевого подключения от двух параметров, а именно от действительной мощности и реактивной мощности. Зависимость в данном случае учитывается по обоим частным производным.

Изменения действительной мощности получаются, в частности, из изменений скорости ветра ΔVW , которая воздействует на блок 58 ветроэнергетической установки. Этот блок 58 ветроэнергетической установки показывает влияние изменения скорости ветра ΔVW на изменение действительной мощности ΔP , причем также должно учитываться управление ветроэнергетической установкой и учитывается с этим блоком 58.

Изменение реактивной мощности ΔQ , хотя и может зависеть от ветроэнергетической установки, по меньшей мере от управления ветроэнергетической установкой, но следует другим, по существу независимым от скорости ветра взаимосвязям. Ее изменение показывается посредством блока 60 управления. Этот блок 60 управления для пояснения разделен на блок 62 задания реактивной мощности и FACTS-блок 64. Блок 60 управления и, тем самым, блок 62 задания реактивной мощности прежде всего зависят от отклонения ΔV напряжения, а именно, в точке сетевого подключения, за вычетом заданного отклонения ΔV_{SET} напряжения. Исходя из этого результирующего отклонения напряжения, блок 62 задания реактивной мощности определяет вводимую реактивную мощность или в зависимости от изменения напряжения заданное изменение вводимой реактивной мощности. Оно передается на FACTS-блок 64, который соответственно

реализует преобразование ввода реактивной мощности или изменения ввода реактивной мощности.

Блок 58 ветроэнергетической установки и блок 60 управления могут также пониматься как передаточная функция соответствующей входной величины, или блок 62 задания реактивной мощности и FACTS-блок 64 могут, соответственно, пониматься как передаточные функции, которые сочленены в блоке 60 управления.

На Фиг. 6 показано для одного варианта выполнения зависимость напряжения в точке сетевого подключения в зависимости от введенной реактивной мощности Q и введенной действительной мощности P . Реактивная мощность Q нормирована по мощности S_{SC} короткого замыкания сети в исследуемой точке сетевого подключения и нанесена по оси абсцисс. Мощность P также нормирована по мощности S_{SC} короткого замыкания сети в той же точке сетевого подключения и нанесена по оси ординат. Напряжение V_{PCC} является напряжением в точке сетевого подключения, нормированным номинальным напряжением V_N . Это нормированное напряжение в точке сетевого подключения нанесено для различных значений, соответственно, как график в зависимости от нормированной реактивной мощности Q и нормированной действительной мощности P . Соответственно, график или характеристика со значением 1 является той характеристикой, которая представляет, при каких значениях для реактивной мощности и действительной мощности устанавливается номинальное напряжение.

Например, номинальное напряжение устанавливается, если по отношению к мощности S_{SC} короткого замыкания вводится 10% реактивной мощности Q и 50% действительной мощности P .

График на фиг. 6 показывает свойства точки сетевого подключения сети с высоким импедансом, во всяком случае по отношению к этой точке сетевого подключения.

Обычно для представленной точки сетевого подключения приведенной для примера сети ввод осуществлялся бы примерно в стандартной рабочей области 200. Таким образом, осуществлялся бы ввод энергии с действительной мощностью P , равной примерно 10% мощности S_{SC} короткого замыкания с вводом энергии примерно 5% реактивной мощности Q от мощности S_{SC} короткого замыкания. При идеализированном предположении, что введенная действительная мощность P соответствует номинальной мощности или мощности подключения генератора или сумме подключенных к точке сетевого подключения генераторов, ввод 10% мощности S_{SC} короткого замыкания означал бы то же самое с тем, что мощность подключения P_{Gen} составляет 10% мощности S_{SC} короткого замыкания. Таким образом, имеет место отношение тока короткого замыкания $Scr = S_{SC} / P_{Gen}$ примерно равное 10. Это соответствует примерно средней точке представленной стандартной рабочей области 200. На фиг. 6 для ориентации показаны дополнительные отношения токов короткого замыкания Scr как короткие штрихи, а именно, для значений Scr равных 10; 6; 4; 2 и 1,5.

Однако в соответствии с изобретением предлагается вводить заметно больше действительной мощности P , а именно, в диапазоне от 60 до 70% мощности S_{SC} короткого замыкания. Соответственно, для этого необходимо предусмотреть ввод от 20 до 30% реактивной мощности Q относительно мощности S_{SC} короткого замыкания, чтобы напряжение в точке сетевого подключения поддерживать в диапазоне от 100 до 110% номинального напряжения. При этом следует отметить, что ввод 110%

номинального напряжения в точке сетевого подключения не означает, что на потребителе может измеряться повышенное напряжение порядка 110%. С одной стороны, обычно имеется не являющийся пренебрежимо малым сетевой участок между точкой сетевого подключения и первым релевантным потребителем, с другой стороны, в сети также могут быть предусмотрены ступенчатые трансформаторы, которые в известных границах могут предпринимать компенсацию. На таких мероприятиях, которые очень индивидуально зависят от сети, включая потребителей и производителей (генераторы) и различные другие краевые условия, в рамках этой заявки нет необходимости останавливаться. Необходимые мероприятия в принципе известны специалисту в данной области техники.

Этот предложенный диапазон показан на фиг. 6 как увеличенный рабочий диапазон 210. При этом увеличенном рабочем диапазоне имеет место отношение Scr тока короткого замыкания равное 1,5. При таком отношении тока короткого замыкания до сих пор никакой достойный упоминания генератор не подключался к сети.

Представление с фиг. 6 является результатом сетевого анализа взятой за основу сети по отношению к рассматриваемой точке сетевого подключения. Для этого, как пояснялось выше, предпринимался анализ релевантных элементов в сети и определение посредством решения матрицы Якоби. При этом получается предложенное представление с фиг. 6, в соответствии с которым, выражаясь упрощенно, характеристики воспроизводят вправо, таким образом, с более высокой введенной реактивной мощностью Q также возрастающие напряжения в точке сетевого подключения. При снижении реактивной мощности Q , то есть влево, напряжение в точке сетевого подключения уменьшается. При этом реактивная мощность Q не может уменьшаться произвольно, и при слишком малой (уже отрицательной) реактивной мощности Q , в зависимости от соответствующей действительной мощности P , матрица Якоби становится сингулярной, то есть в математическом смысле нерешаемой. Сингулярная матрица Якоби означает, что имеет место нестабильное состояние. Соответственно, получается граница 202 стабильности, которая соответственно указана на левой стороне представления на фиг. 6. Область, которая лежит слева от границы 202 стабильности, то есть имеет соответственно более высокую действительную мощность P и/или более низкую реактивную мощность Q , является нестабильной областью 204. Чисто предостережительно следует отметить, что граница 202 стабильности не совпадает с отдельной характеристикой значения напряжения в точке сетевого подключения, а должна представляться пересекающей семейство характеристик. Фактически семейство характеристик не может пересекаться, потому что с той стороны границы 202 стабильности не имеется никаких значений и, тем самым, также семейства характеристик.

Предпочтительный рабочий диапазон, а именно, увеличенный рабочий диапазон 210, имеет, прежде всего, меньшее расстояние до границы 202 стабильности, чем стандартный рабочий диапазон 200. При этом следует учитывать, что до сих пор конкретные рассуждения и анализ относительно сетевых свойств, как их воспроизводит фиг. 6, не производились. В частности, не было известно, или по меньшей мере не в показанном на фиг. 6 качестве и количестве, расстояние до границы стабильности, как она представлена на фиг. 6 в качестве границы 202 стабильности. Кроме того, при установке крупных электростанций ориентируются на критерий отношения тока короткого замыкания, и оно выбирается по возможности большим, предпочтительно выше или даже заметно выше, чем 10. Небольшие генераторы, такие как ветроэнергетические установки, до сих пор, как правило, не подключались к сильным

сетям, которые без труда выдерживали бы подключение дополнительной ветроэнергетической установки. В результате осуществлялось бы подключение, намеренно или ненамеренно, с высоким отношением S_{SC} тока короткого замыкания.

Предложенное решение сначала точно анализирует сеть в отношении
5 предусмотренной точки сетевого подключения, в частности тем, что количественно регистрируются взаимосвязи, такие как представленные на фиг. 6 и предпочтительно на поясняемых ниже фиг. 7 и 8. В частности, такой анализ осуществляется при повторном составлении и решении матрицы Якоби для различных точек. На основе такого сетевого анализа может тогда устанавливаться граница стабильности согласно границе 202
10 стабильности и выбираться желательный рабочий диапазон согласно увеличенному рабочему диапазону 210 по фиг. 6.

Дополнительно, предлагается, что регулирование ветроэнергетической установки выполняется в смысле замкнутого контура регулирования, как он представлен, например, на фиг. 2 или также на фиг. 4. На фиг. 2 контур регулирования состоит по
15 существу из инвертора 16, трансформатора 18 и блока 22 управления, который учитывает измеренные значения в точке 2 сетевого подключения и управляет инвертором 16, чтобы тем самым устанавливать вводимую действительную мощность P и реактивную мощность Q согласно стрелке 20. Хотя регулирование может иметь воздействие на управление ветроэнергетической установки в области генератора 6, однако прежде
20 всего описанный контур регулирования из инвертора 16, трансформатора 18 и блока 22 управления обходится без механических элементов и может реагировать очень быстро. Для этого знание сетевых свойств в точке сетевого подключения, то есть в точке 2 сетевого подключения по фиг. 2, может совместно учитываться, в частности, совместно учитываться в блоке 22 управления. Тем самым может быть реализовано
25 быстрое регулирование, которому при этом известно поведение сети в точке сетевого подключения, в частности, границу стабильности. Тем самым обеспечивается возможность эксплуатации ветроэнергетической установки или ветроэнергетического центра - при необходимости также другие генераторы - в желательном рабочем диапазоне, таком как увеличенный рабочий диапазон 210 по фиг. 6, и тем самым одновременно
30 обеспечивать высокую стабильность и надежность.

На Фиг. 7 и 8 показаны чувствительность напряжения в зависимости от реактивной мощности Q и действительной мощности P . На обеих фиг. 7 и 8 применяют, таким образом, одинаковые значения по абсциссе и ординате, а именно, нормированная реактивная мощность по абсциссе или нормированная действительная мощность по
35 ординате.

Показанная чувствительность напряжения является изменением напряжения при изменении действительной мощности согласно фиг. 7 или соответственно изменением напряжения при изменении реактивной мощности согласно фиг. 8. Иными словами, представлена частная производная напряжения в точке сетевого подключения по
40 действительной мощности на фиг. 7 и частная производная напряжения по реактивной мощности на фиг. 8. Таким образом, на фиг. 7 показано поведение блока 52 действительной мощности с фиг. 5. На Фиг. 8 показано поведение блока 54 реактивной мощности с фиг. 5, причем в обоих случаях представление изображено в зависимости от рабочих точек, которые определяются посредством соответственно текущей
45 введенной реактивной мощности Q и введенной действительной мощности P . Значения соответствующих характеристик относятся к точке сетевого подключения с мощностью S_{SC} короткого замыкания равной 3,73 МВА на приведенных для примера двух ветроэнергетических установках с соответствующей номинальной мощностью 2 МВт.

Таким образом, с помощью этого тестового устройства могли бы выполняться тесты при отношении тока короткого замыкания несколько меньше, чем 1. Но для проведенных тестов применялась соответственно текущая мощность тестового ветроэнергоцентра в качестве основы и устанавливалась как мощность подключения

5 целевого ветроэнергоцентра, то есть (фиктивного) исследуемого ветроэнергоцентра.
В отношении предложенного варианта выполнения, то есть примерной конфигурации, соответственно, описывается изменение нормированного напряжения относительно изменения мощности P в МВт или изменение реактивной мощности Q в Мвар. На фиг. 7 и 8 кроме того изображен желательный, то есть увеличенный рабочий диапазон 210.
10 В соответствии с этим чувствительность напряжения по отношению к изменениям действительной мощности согласно фиг. 7 составляет примерно от минус 0,2 до минус 0,4. Чувствительность напряжения в увеличенном рабочем диапазоне 210 по отношению к изменениям реактивной мощности согласно фиг. 8 составляет примерно от 0,3 до 0,5. Таким образом, предложено, для выполнения подключаемой к конкретной точке
15 сетевого подключения ветроэнергетической установки, эту чувствительность напряжения в отношении изменений действительной мощности, как показано для примера на фиг. 7, и/или в отношении изменений реактивной мощности, как показано для примера на фиг. 8, регистрировать и учитывать при управлении. В частности, эти значения должны также учитываться при управлении и предпочтительно также при расчете управления.
20 Предпочтительным образом, усиление регулятора выбирается в зависимости от чувствительности, в частности, чувствительности напряжения.

В частности, предложено, эти значения учитывать в замкнутом контуре регулирования, как он схематично осуществлен посредством показанных на фиг. 2 элементов: инвертора 16, трансформатора 18 и блока 22 управления. При этом
25 трансформатору 18 не придается особого значения, однако он зачастую должен иметься и может быть необходимым, чтобы уже в точке 2 сетевого подключения иметь возможность вводить соответственно высокое напряжение. В частности, учитываются сведения о чувствительности напряжения в блоке 22 управления. Таким образом, при знании этих значений может рассчитываться и реализовываться соразмерное управление
30 или регулирование для конкретной точки сетевого подключения. Тем самым возможно, от нынешних больших значений отношения тока короткого замыкания порядка 10 и еще выше перейти к меньшим значениям, например, предусмотреть значение 1,5 для отношения тока короткого замыкания, и тем самым эксплуатировать ветроэнергетическую установку в увеличенном рабочем диапазоне 210, который для
35 наглядности показан на фиг. 6-8.

Изобретение предлагает, таким образом, в частности, ветроэнергетическую установку и, в конечном итоге, также ветроэнергоцентр больше не подключать по прежнему
принципу параллельного режима работы сети, в случае, если емкость сети достаточна, а напротив, целенаправленно оценивать точку подключения и эти сведения уже заранее
40 учитывать и затем подключать к ней соразмерную ветроэнергетическую установку или парк ветроэнергетических установок. При этом предпочтительно также управление или регулирование, а также выбираемый рабочий диапазон, в особенности в отношении вводимой реактивной мощности Q и вводимой действительной мощности P располагать соразмерно и ближе к границе стабильности, чем это осуществлялось до сих пор в
45 данной области техники. При этом целенаправленно используются преимущества ветроэнергетической установки, а именно, возможность быстро и целенаправленно реагировать на изменения, в частности, изменения состояний сети. Тем самым в любом случае для подключения ветроэнергетических установок избегают расчета с избыточным

запасом сети, в особенности, конкретной точки сетевого подключения. Точно так же стабильность может поддерживаться или даже улучшаться, если управление или регулирование очень точно знает свойства точки сетевого подключения или сети в отношении точки сетевого подключения и наблюдает состояния в сети.

5 Чисто предусмотрительно следует еще отметить, что под регулированием в принципе понимается замкнутый контур регулирования с обратной связью, причем управление в принципе обозначает открытый «контур регулирования», то есть ситуацию без обратной связи. Аналогично, блок управления, который в свою очередь реализует способ управления, может использоваться в контуре регулирования. Для примера на 10 фиг. 2 это означает, что блок 22 управления является управлением постольку, поскольку он имеет определенную функцию управления или передаточную функцию, которая также может быть нелинейной и/или ступенчатой и/или может относиться к нескольким параметрам. Этот блок управления используется в контуре регулирования, который 15 представлен на фиг. 2 и по существу наряду с блоком 22 управления содержит инвертор 16, трансформатор 18 и, наконец, блок измерения в точке 2 сетевого подключения с блоком 23 сравнения. Блок 22 управления управляет, таким образом, инвертором и для этого связан с замкнутым контуром регулирования и, тем самым, является частью регулирования.

На Фиг. 10 схематично показана на верхней диаграмме характеристика изменения 20 напряжения в точке ввода энергии в зависимости от времени. На нижней диаграмме показана соответственно характеристикой изменения вводимой действительной мощности P для того же времени. В соответствии с этим в момент времени t_0 имеет место напряжение V со значением V_0 . Это напряжение V_0 является нормальным 25 напряжением и может быть, например, номинальным напряжением в соответствующем месте. Одновременно вводится мощность P , которая соответствует примерно желательному значению P_0 , что, например, может быть номинальным напряжением соответствующей ветроэнергетической установки, если имеется достаточный ветер. Вводимая мощность P может иметь незначительные колебания, на чем в данном случае 30 нет необходимости останавливаться. В принципе, взятая за основу ветроэнергетическая установка - также может приниматься во внимание ветроэнергетический центр - эксплуатируется в рабочей точке, в которой эта действительная мощность P вводится примерно со значением P_0 .

Если возникают проблемы стабильности, то, например, напряжение V может начать 35 колебаться и становиться нестабильным. На Фиг. 10 показана для этого на верхней диаграмме для примера нарастание напряжения, пока напряжение V наконец не снизится ниже предельного значения V_{\min} . Это спадание может также возникать, например, и без предшествующего нарастания. Во всяком случае, напряжение V к моменту t_f падает 40 ниже этого предельного значения V_{\min} напряжения. После этого ввод энергии прерывается, и напряжение V падает до значения, равного 0. Одновременно вводимая мощность падает до 0.

Теперь пытаются как можно быстрее возобновить ввод энергии. В этом смысле к 45 моменту времени t_R ввод энергии снова возобновляется, и вводимая действительная мощность P как можно наиболее скоро и как можно более быстро повышается. Соответственно, также повышается напряжение V к моменту времени t_R . В идеальном случае напряжение V при вводе первой действительной мощности P скачкообразно повышается на номинальное значение V_0 . Эта идеализированным образом

представленная характеристика изменения может, однако, проходить и по-другому.

Для того чтобы как можно более быстро иметь возможность снова возобновлять ввод действительной мощности P , ветроэнергетическая установка остается по возможности также непосредственно после возникновения неисправности к моменту времени t_F связанной с сетью, так что во время от t_F до t_R , хотя мощность P и не вводится, однако установка остается соединенной с сетью. Такое состояние в данной заявке обозначается как режим нулевой мощности или как так называемый ZPM (Zero Power Mode - режим нулевой мощности).

Таким образом, обеспечивается возможность максимально быстрого возобновления ввода мощности в сеть и повышения вводимой действительной мощности P . Но теперь предлагается эту вводимую действительную мощность P повышать только до меньшей ограниченной, то есть лимитированной, действительной мощности P_{Limit} . В этом отношении ветроэнергетическая установка до момента времени t_L эксплуатируется в ограниченной рабочей точке. Эта ограниченная рабочая точка в данном случае, в частности, представлена сниженной вводимой действительной мощностью P . Ветроэнергетическая установка имеет, таким образом, измененную, стабилизированную рабочую точку, которая в частности, имеет более высокий запас стабильности, также обозначаемый как запас стабильности, по отношению к границе стабильности. Таким образом, ветроэнергетическая установка может способствовать поддержке сети, что осуществляется за счет меньшей вводимой действительной мощности P .

Рабочая точка, которая в данном случае по существу достигается к моменту времени t_L , отличается от рабочей точки, в которой ветроэнергетическая установка эксплуатируется перед моментом времени t_F , из-за измененной действительной мощности. Но рабочие точки могут также дополнительно или вместо этого отличаться другими параметрами, в частности, введенной реактивной мощностью.

Время от момента времени t_F потери стабильности до возобновления ввода энергии к моменту времени t_R обозначается как время T_W возобновления. Таким образом, справедливо $T_W = t_R - t_F$. Время от возобновления к моменту времени t_R до достижения ограниченного значения мощности к моменту времени t_L обозначается как время T_H увеличения. Таким образом справедливо $T_H = t_L - t_R$.

Формула изобретения

1. Способ управления генератором (1) электрической энергии, подключенным в точке (2) сетевого подключения к электрической сети (4) электроснабжения, содержащий этапы:

- ввод электрической мощности в электрическую сеть (4) электроснабжения, причем генератор работает в первой рабочей точке,
- прерывание ввода, так что мощность не вводится в электрическую сеть (4) электроснабжения, когда имеет место или индицируется неисправность в электрической сети (4) электроснабжения или неисправность ввода в электрическую сеть (4) электроснабжения,
- возобновление ввода, так что электрическая мощность вновь вводится в электрическую сеть (4) электроснабжения,

причем генератор (1) предпринимает возобновление ввода во второй рабочей точке или соответственно переходит в эту вторую рабочую точку, и вторая рабочая точка по сравнению с первой рабочей точкой рассчитана таким образом, что ввод в сеть (4)

электроснабжения выполняется с более высоким запасом стабильности.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что

генератор (1) является децентрализованным генератором (1) и/или ветроэнергетической установкой (1) или ветроэнергоцентром, содержащим несколько ветроэнергетических установок (1), и/или что генератор (1) для ввода применяет ввод на основе напряжения (VSC), и/или что генератор (1) при прерывании ввода остается соединенным с сетью (4) электроснабжения и/или остается в режиме работы.

3. Способ по п. 1 или 2, отличающийся тем, что

генератор (1) во второй рабочей точке вводит в сеть (4) электроснабжения меньше действительной мощности и/или меньше реактивной мощности, чем в первой рабочей точке, причем предпочтительно

- действительная мощность снижается на по меньшей мере 10%, в частности, на по меньшей мере 20%, или

- реактивная мощность снижается на по меньшей мере 10%, в частности, на по меньшей мере 20%.

4. Способ по п. 3, отличающийся тем, что

возобновление ввода осуществляют таким образом, что вводимая реактивная мощность изменяется быстрее, в частности повышается, чем вводимая действительная мощность, так что значение реактивной мощности второй рабочей точки достигается быстрее, чем значение действительной мощности второй рабочей точки, и/или так что значение реактивной мощности первой рабочей точки достигается быстрее, чем значение действительной мощности первой рабочей точки.

5. Способ по п. 3, отличающийся тем, что

сначала устанавливают реактивную мощность, в частности, на значение первой или второй рабочей точки, чтобы тем самым достичь сетевой поддержки, и затем устанавливают действительную мощность, в частности повышают, и/или что реактивную мощность и действительную мощность соответственно устанавливают или повышают посредством временной линейно возрастающей функции, и линейно возрастающую функцию выбирают таким образом, что значение реактивной мощности второй рабочей точки достигается раньше, чем значение действительной мощности второй рабочей точки, и/или что значение реактивной мощности первой рабочей точки достигается раньше, чем значение действительной мощности первой рабочей точки.

6. Способ по п. 3, отличающийся тем, что

при возобновлении ввода вводимую действительную мощность устанавливают, в частности повышают, с заданной характеристикой изменения, в частности в линейно возрастающей форме, и при этом вводимую реактивную мощность сопутствующим образом направляют так, что она действует со стабилизацией напряжения, причем реактивной мощностью управляют, в частности, на основе зарегистрированной перед этим сетевой характеристики электрической сети электроснабжения.

7. Способ по п. 1, отличающийся тем, что

- возобновление (T_W) ввода осуществляют в пределах predetermined времени возобновления после прерывания, и предпочтительно выбирают время (T_W) возобновления меньше чем 10 секунд, и/или что

- при возобновлении в пределах predetermined времени (T_H) увеличения осуществляют переход во вторую рабочую точку.

8. Способ по п. 3, отличающийся тем, что

запас стабильности является

- наименьшей разностью между введенной реактивной мощностью и реактивной мощностью границы (202) стабильности,

- наименьшей разностью между введенной действительной мощностью и действительной мощностью границы (202) стабильности, или

5 - наименьшей разностью между напряжением в точке (2) сетевого подключения и напряжением границы (202) стабильности,

или вычисляется в зависимости от по меньшей мере одной из этих разностей, в частности вычисляется из по меньшей мере одной из этих разностей, причем

10 - граница (202) стабильности, в частности, является функцией сетевого напряжения в точке (2) сетевого подключения в зависимости от введенной реактивной мощности и/или в зависимости от введенной действительной мощности, и/или

- граница (202) стабильности задается как изогнутая поверхность в пространстве, охватываемом сетевым напряжением в точке (2) сетевого подключения, введенной реактивной мощностью и введенной действительной мощностью, и/или

15 - граница (202) стабильности является функцией введенной действительной мощности в зависимости от введенной реактивной мощности, или наоборот.

9. Способ по п. 8, отличающийся тем, что

прерывание ввода осуществляют, если

20 - в точке (2) сетевого подключения возникает или индицируется потеря стабильности сети (4) электроснабжения и/или ввода в сеть (4) электроснабжения,

- был зарегистрирован сверхток в сети (4) электроснабжения и/или в точке (2) сетевого подключения,

- была зарегистрирована неисправность, в частности короткое замыкание, в сети (4) электроснабжения,

25 - было зарегистрировано спадание напряжения в сети (4) электроснабжения и/или в точке (2) сетевого подключения,

- были предприняты переключение сети и/или секционирование трансформаторов в сети электроснабжения,

- возникают шквалистые порывы ветра.

30 10. Способ по п. 9, отличающийся тем, что

при регистрации потери стабильности, грозящей в точке (2) сетевого подключения, и/или при возобновлении ввода

35 - осуществляют переключение с нормального управления на управление стабилизацией, которое управляет генератором с более высокой стабильностью по сравнению с нормальным управлением,

- вводимую действительную мощность генератора (1) ограничивают значением, меньшим, чем максимальное значение генератора (1), в частности, значением, меньшим, чем номинальная мощность генератора (1), и/или

40 - в качестве генератора (1) предусматривается ветроэнергоцентр с несколькими ветроэнергетическими установками (1) и осуществляется переключение с нормального управления на централизованное управление ветроэнергоцентром, которое координированным образом управляет ветроэнергетическими установками (1) в ветроэнергоцентре, чтобы тем самым противодействовать потере стабильности.

11. Способ по п. 10, отличающийся тем, что

45 переключение на управление стабилизацией, ограничение действительной мощности и/или применение централизованного управления ветроэнергоцентром поддерживается до тех пор, пока не будет зарегистрировано, что потеря стабильности больше не угрожает.

12. Способ по п. 9, отличающийся тем, что
после регистрации потери стабильности, грозящей в точке (2) сетевого подключения,
и/или после возобновления ввода посредством внешнего сигнала от управления
стабилизацией управление генератором возвращается в нормальное управление и/или
5 прекращается ограничение вводимой действительной мощности.

13. Способ по п. 10, отличающийся тем, что
предусмотрен ветроэнергоцентр с несколькими
ветроэнергетическими установками (1), причем каждая ветроэнергетическая
установка (1) образует генератор (1), и после прерывания ввода одной или нескольких
10 ветроэнергетических установок (1), они индивидуально возобновляют ввод и, в
частности, переключаются из нормального управления на управление стабилизацией,
которое управляет соответствующей ветроэнергетической установкой с повышенной
стабильностью по сравнению с нормальным управлением.

14. Способ по п. 1, отличающийся тем, что
15 возобновление ввода осуществляют, когда неисправность устранена полностью
или частично.

20

25

30

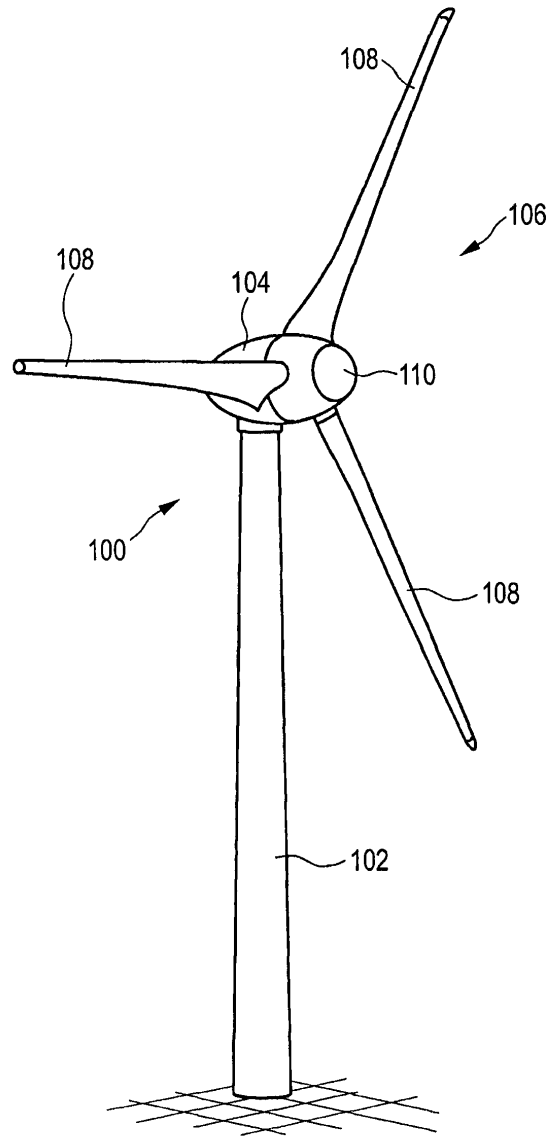
35

40

45

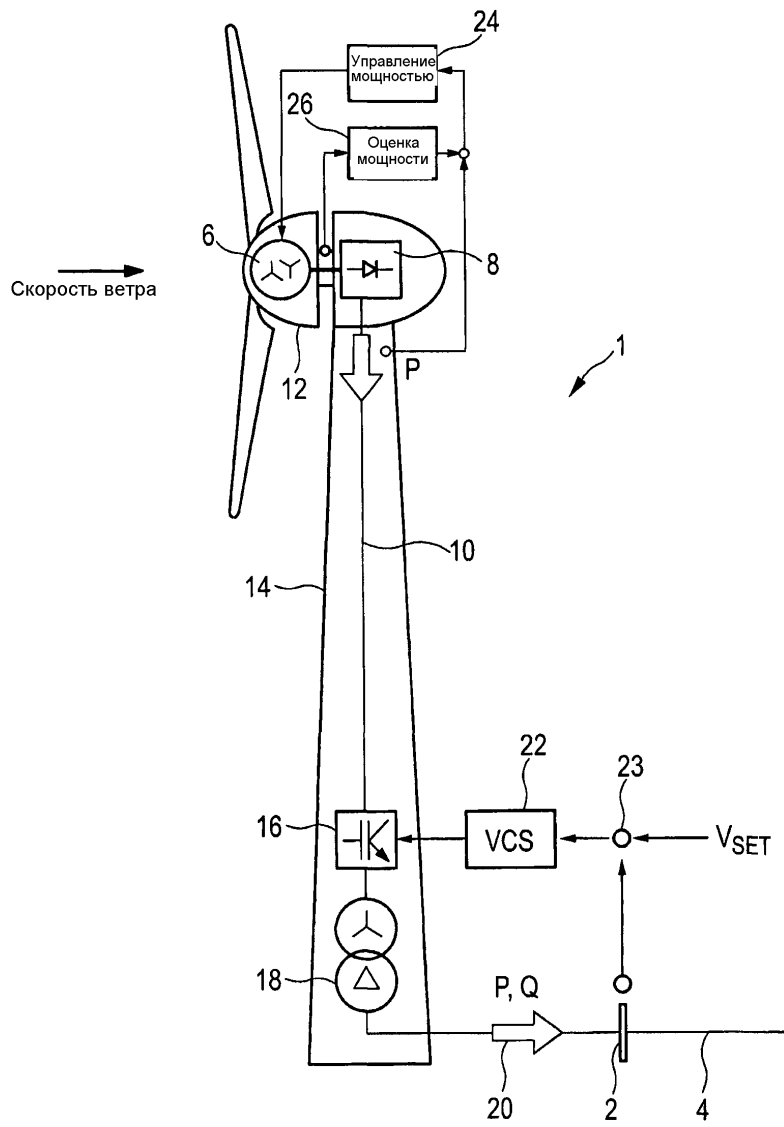
521999

1/8



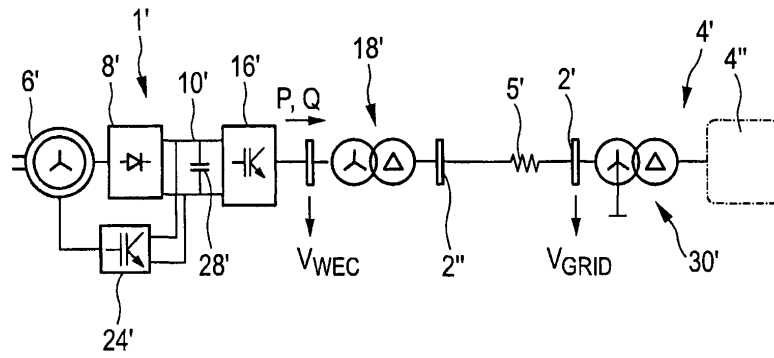
ФИГ. 1

2/8

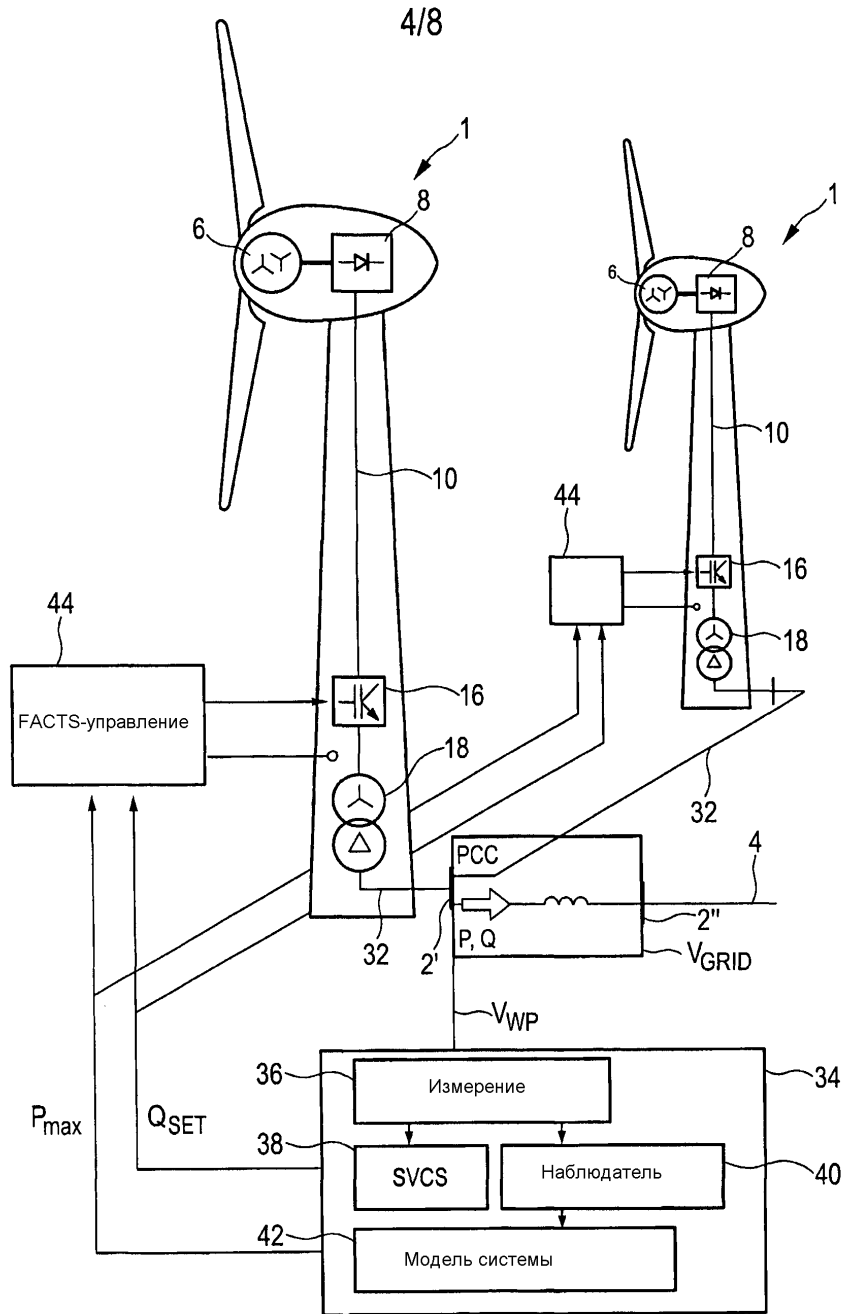


ФИГ.2

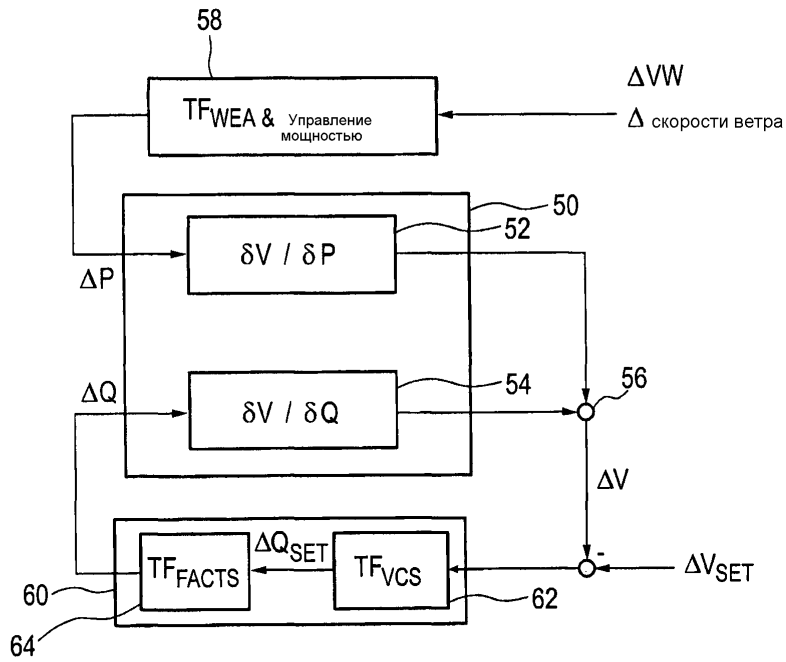
3/8



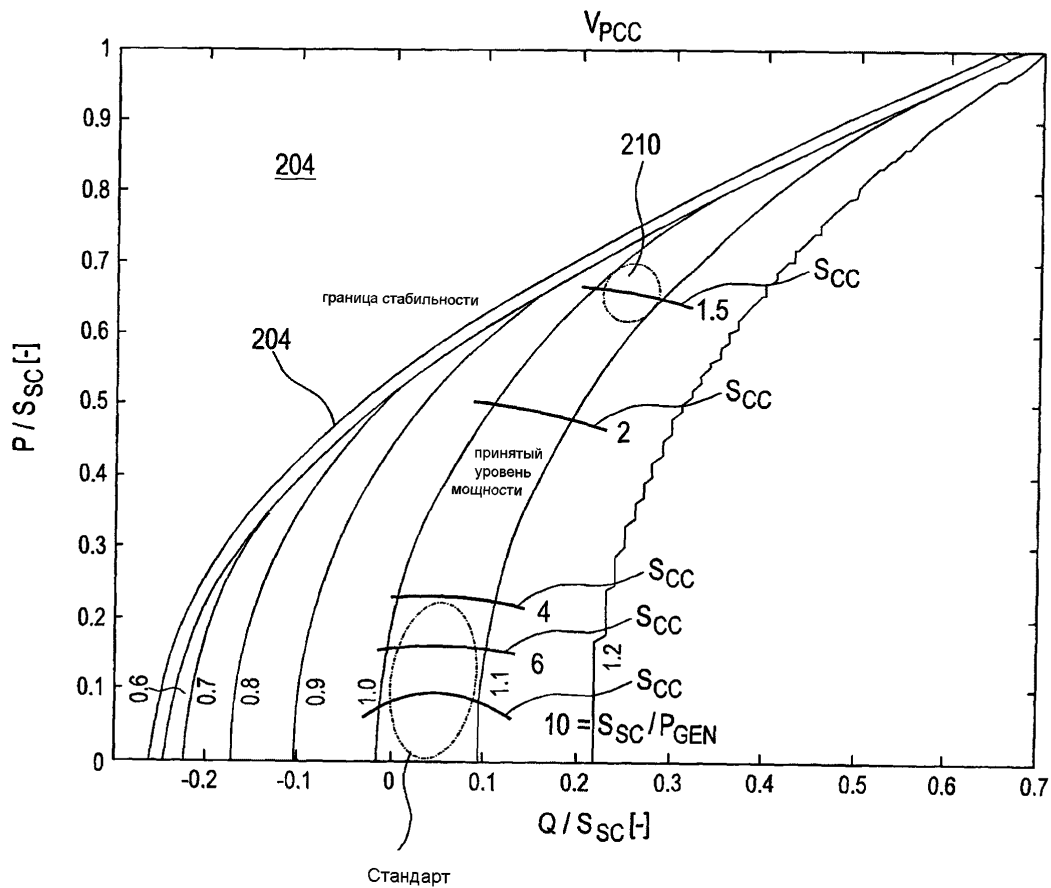
ФИГ.3



ФИГ.4

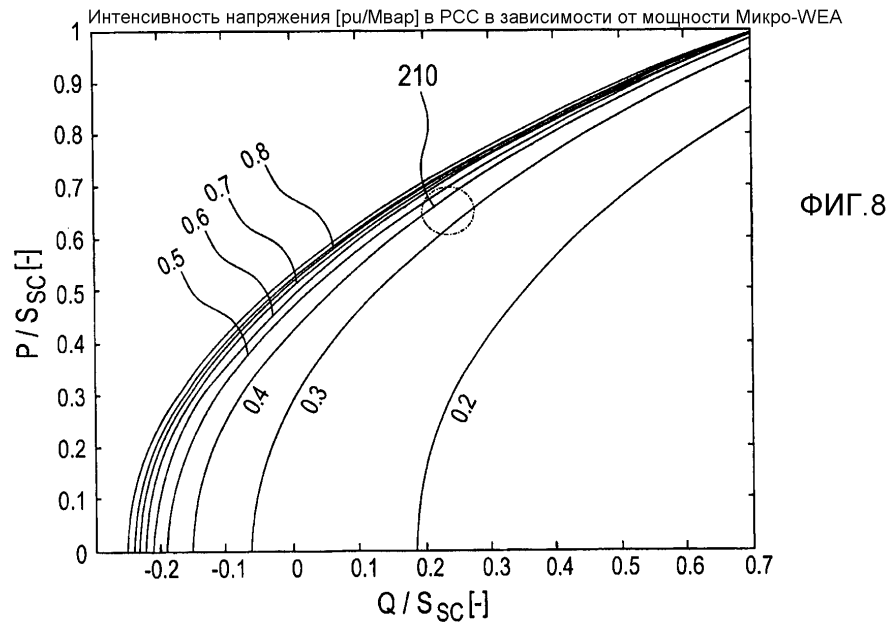
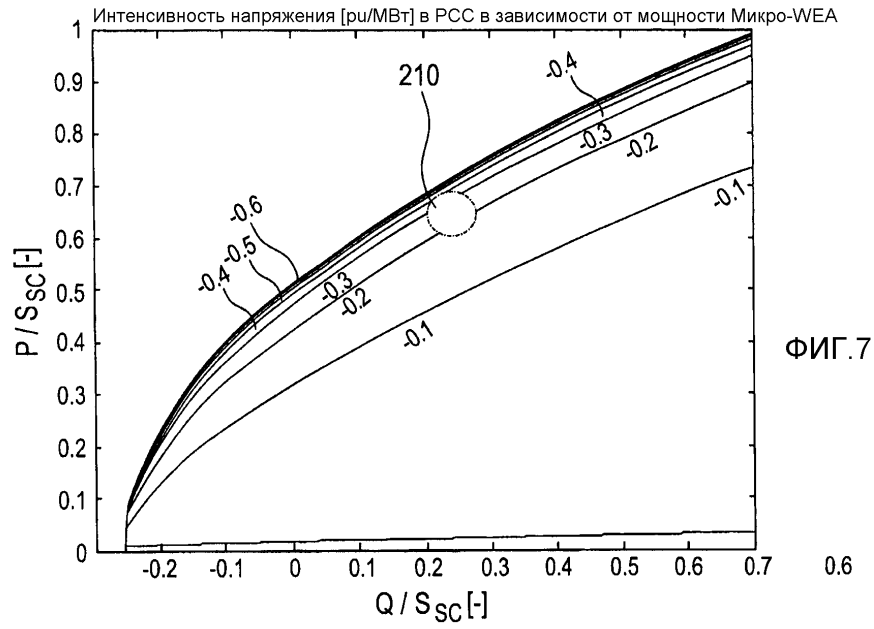


ФИГ. 5

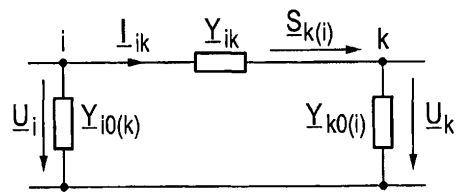


ФИГ. 6

6/8

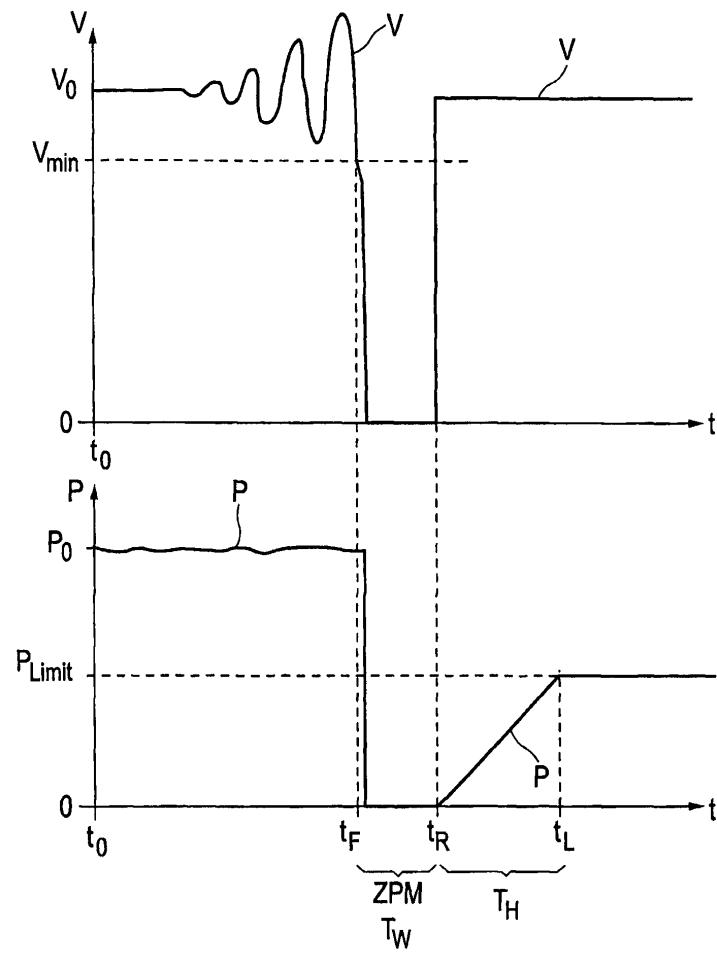


7/8



ФИГ.9

8/8



ФИГ.10