РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 508 589** (13) **C2**

(51) МПК
H02J 3/01 (2006.01)
H02H 9/04 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2009141805/07, 13.11.2009**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
13.11.2009

Приоритет(ы):
(30) Конвенционный приоритет:
14.11.2008 US 12/270,885

(43) Дата публикации заявки: **20.05.2011** Бюл. № 14

(45) Опубликовано: **27.02.2014** Бюл. № **6**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2211518 C2, 17.08.2003. RU 36580 U1, 10.03.2004. RU 753 U1, 16.08.1995. SU 1136251 A1, 23.01.1985. SU 137247 A1, 07.02.1988. US 6429546 B1, 06.08.2002. US 6573726 B1, 03.06.2003. EP 888661 B1, 18.09.2002. EP 1456728 B1, 27.12.2006.**

Адрес для переписки:
191036, Санкт-Петербург, а/я 24, "НЕВИНПАТ", пат.пов. А.В.Поликарпову

(72) Автор(ы):
ЗИЛЕР Кристоф Мартин (DE),
ЛАРСЕН Эйнар Вон (US),
АХИЛЛЕС Альфредо Себастьян (AR)

(73) Патентообладатель(и):
Дженерал Электрик Компани (US)

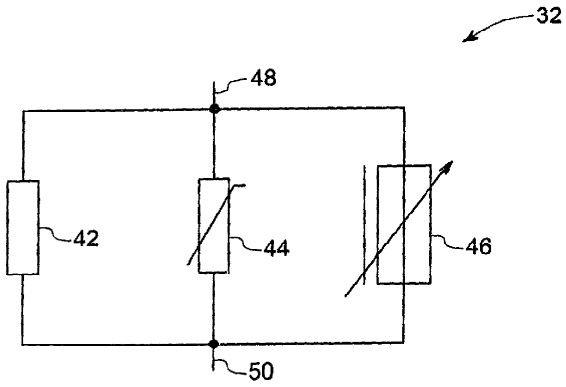
RU 2508589 C2

(54) СИСТЕМА И СПОСОБ ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ РЕЗОНАНСА

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано в высокочастотных энергосистемах.

Техническим результатом является улучшение массогабаритных показателей, уменьшение затрат и расширение области применения. Система для уменьшения резонанса, возникающего вследствие нелинейных гармонических искажений в высоковольтной энергосистеме, содержит гаситель скачков напряжения, подсоединенный к указанной высоковольтной энергосистеме между кабелем и цепью заземления и выполненный с возможностью предотвращения скачков напряжения. Система содержит преобразователь частоты, включенный параллельно с указанным гасителем скачков напряжения и выполненный с возможностью сдвига резонансной частоты высоковольтной энергосистемы. 5 н. и 5 з.п. ф-лы, 5 ил.



Фиг.2

RU 2508589 C2

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 508 589** (13) **C2**

(51) Int. Cl.
H02J 3/01 (2006.01)
H02H 9/04 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2009141805/07, 13.11.2009**

(24) Effective date for property rights:
13.11.2009

Priority:
(30) Convention priority:
14.11.2008 US 12/270,885

(43) Application published: **20.05.2011** Bull. 14

(45) Date of publication: **27.02.2014 Bull. 6**

Mail address:
191036, Sankt-Peterburg, a/ja 24, "NEVINPAT", pat.pov. A.V.Polikarpovu

(72) Inventor(s):
ZILER Kristof Martin (DE),
LARSEN Ehjnar Von (US),
AKhILLES Al'fredo Sebast'jan (AR)

(73) Proprietor(s):
Dzheneral Ehlektrik Kompani (US)

(54) RESONANCE SUPPRESSION SYSTEM AND METHOD

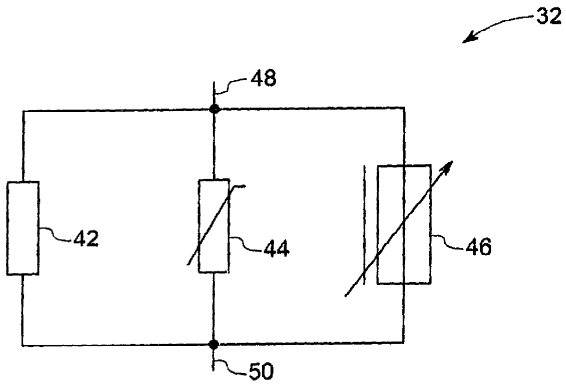
(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: system for reduction of resonance occurring as a result of non-linear harmonic distortions in a high-voltage power system includes a voltage surge damper connected to the above high-voltage power system between a cable and an earth circuit and having the possibility of preventing voltage surges. The system includes a frequency converter connected in parallel to the above voltage surface damper and having the possibility of shifting resonance frequency of the high-voltage power system.

EFFECT: improving mass and dimensions parameters; reducing costs and enlarging the application range.

10 cl, 5 dwg



Фиг.2

RU 2508589 C2

RU 2508589 C2

ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Изобретение относится в целом к явлению резонанса в высоковольтных энергосистемах и, в частности, к системе и способу для подавления резонанса, возникающего вследствие нелинейных гармонических искажений.

Преобразование энергии переменного тока в энергию постоянного тока и наоборот может предполагать использование цепей, например, выпрямительных контуров, с пассивными входными и выходными фильтрами, которые создают значительные нелинейные гармонические искажения текущего сигнала переменного тока. Как правило, нелинейные гармонические искажения вызывают нежелательное рассеивание мощности и создают ненужную электромагнитную интерференцию, которая переносится на другие электрические цепи и оборудование. Искаженные сигналы переменного тока также могут возбуждать нежелательные колебания в трансформаторах и вращающихся механизмах, в которых имеются электромагнитные связи. Кроме того, зачастую это отрицательно влияет на входной коэффициент мощности, что приводит к снижению эффективности работы.

Другие способы преобразования энергии переменного тока в энергию постоянного тока могут включать использование активных схем, построенных на технологиях преобразования с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Такие ШИМ технологии создают в дискретном контуре импульсы тока на частоте модуляции, которые должны быть подвергнуты усиленной фильтрации для обеспечения ограничения нелинейных гармонических искажений и электромагнитной интерференции. Один из видов такой усиленной фильтрации включает выполнение активной фильтрации. К устройствам управления ШИМ-преобразователя применяют компенсирующие технологии, которые обеспечивают сведение к минимуму нелинейных гармонических искажений. Однако на более высоких частотах такие технологии менее эффективны.

Следует понимать, что активные фильтры работают с опорным сигналом цепи энергосистемы (измеренным током или напряжением на нагрузке или источнике энергосистемы) для выполнения регулирования с обратной связью. Недостатком измерения тока или напряжения на нагрузке или источнике энергосистемы является использование измерительных устройств, которые подвержены воздействию общего напряжения или тока энергосистемы, в результате чего требуются дорогие считывающие устройства большой мощности.

При использовании активных фильтров также могут возникать проблемы с материально-техническим обеспечением, принимая во внимание физическое расстояние между устройством управления активным фильтром и необходимыми измерительными устройствами или их местоположение. Кроме того, использование в цепи энергосистемы регулирования с обратной связью, скорее всего, приведет к нестабильности управления при выполнении модификаций самой энергосистемы. Другой недостаток вышеупомянутого способа заключается в проблеме регулировки тока, протекающего между различными активными фильтрами, каждый из которых включен в одну и ту же цепь энергосистемы. При такой конфигурации каждый активный фильтр пытается компенсировать потери на другом фильтре. Кроме того, к недостаткам активной фильтрации относятся необходимость дополнительного пространства и повышенные затраты.

Следовательно, существует необходимость создания усовершенствованного способа подавления гармоник, которая включает подавление резонанса.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В общих словах, предложена система для уменьшения резонанса, возникающего

вследствие нелинейных гармонических искажений в высоковольтной энергосистеме. Указанная система содержит гаситель скачков напряжения, подсоединенный к высоковольтной энергосистеме между оболочкой кабеля и цепью заземления и выполненный с возможностью предотвращения скачков напряжения. Система также содержит преобразователь частоты, включенный параллельно с указанным гасителем скачков напряжения и выполненный с возможностью сдвига резонансной частоты высоковольтной энергосистемы.

В одном варианте выполнения предложено устройство для подавления резонанса. Указанное устройство содержит перестраиваемый регулятор напряжения, выполненный с возможностью предотвращения скачков напряжения при резонансе. Устройство также содержит селектор частоты, подсоединенный к указанному перестраиваемому регулятору напряжения и выполненный с возможностью смещения частоты системы от резонансной частоты.

В одном варианте выполнения предложено устройство для подавления гармонического резонанса. Указанное устройство содержит регулируемый резистор, выполненный с возможностью предотвращения скачков напряжения, возникающих вследствие нелинейного гармонического искажения. Устройство также содержит вариометр, подсоединенный к указанному регулируемому резистору и выполненный с возможностью сдвига резонансной частоты системы. Устройство дополнительно содержит варистор, подсоединенный к вариометру и выполненный с возможностью предотвращения аномальных всплесков напряжения.

В одном варианте выполнения предложена система для контроля и подавления резонанса, возникающего вследствие нелинейных гармонических искажений в высоковольтной энергосистеме. Указанная система содержит гаситель скачков напряжения, подсоединенный к высоковольтной энергосистеме между частью кабеля, не находящейся под напряжением, и цепью заземления и выполненный с возможностью предотвращения скачков напряжения. Система содержит преобразователь частоты, включенный параллельно с указанным гасителем скачков напряжений и выполненный с возможностью сдвига резонансной частоты высоковольтной энергосистемы. Система дополнительно содержит варистор, включенный параллельно с гасителем скачков напряжения и выполненный с возможностью предотвращения аномальных всплесков напряжения. Кроме того, система содержит контролирующее устройство, подсоединенное к гасителю скачков напряжения и выполненное с возможностью записи набора параметров сети. К контролирующему устройству подключена цепь автоматической настройки, выполненная с возможностью регулировки стабилизированного напряжения и преобразователя частоты с учетом указанных параметров сети.

В одном варианте выполнения предложен способ подавления резонанса, возникающего вследствие нелинейных гармонических искажений в высоковольтной энергосистеме. Способ включает введение комплексного сопротивления в цепь заземления путем предотвращения скачков напряжения, возникающих в результате резонанса при нелинейных гармонических искажениях. Способ также включает выполнение сдвига резонансной частоты высоковольтной энергосистемы и предотвращение аномального повышения напряжения, возникающего в указанной энергосистеме.

В другом варианте выполнения предложен способ уменьшения резонанса в промышленной электрической системе. Способ включает ослабление резонансного скачка напряжения, возникающего вследствие нелинейных гармонических искажений,

изменение резонансной частоты системы путем подключения перестраиваемого заземляющего соединителя, а также изменение гармонической кривой промышленной электрической системы путем включения комплексного сопротивления в цепь заземления.

В одном варианте выполнения предложена система для уменьшения резонанса при нелинейных гармонических искажениях. Указанная система содержит энергосистему с набором компонентов, взаимосвязанных с помощью кабелей, которая выполнена с возможностью выполнения заранее установленных функций. Система дополнительно содержит перестраиваемый заземляющий соединитель, подсоединенный по меньшей мере к одной соответствующей части кабеля, не находящейся под напряжением, и к цепи заземления в энергосистеме. Указанный перестраиваемый заземляющий соединитель содержит по меньшей мере один регулируемый резистор и по меньшей мере один вариометр или перестраиваемый конденсатор, включенный параллельно с указанным регулируемым резистором. Перестраиваемый заземляющий соединитель выполнен с возможностью уменьшения резонанса при нелинейных гармонических искажениях в энергосистеме.

В одном варианте выполнения предложена система для уменьшения резонанса, возникающего вследствие нелинейных гармонических искажений в высоковольтной энергосистеме. Система содержит гаситель скачков напряжения, подсоединенный к высоковольтной энергосистеме между частью кабеля, не находящейся под напряжением, и цепью заземления и выполненный с возможностью предотвращения скачков напряжения. Система дополнительно содержит преобразователь частоты, включенный параллельно с указанным гасителем скачков напряжения и выполненный с возможностью сдвига резонансной частоты высоковольтной энергосистемы.

В одном варианте выполнения предложена система для уменьшения резонанса, возникающего вследствие нелинейных гармонических искажений в высоковольтной энергосистеме. Система содержит резистор, подсоединенный к указанной высоковольтной энергосистеме между частью кабеля, не находящейся под напряжением, и цепью заземления и выполненный с возможностью предотвращения скачков напряжения.

В одном варианте выполнения предложена система для уменьшения резонанса, возникающего вследствие нелинейных гармонических искажений в высоковольтной энергосистеме. Система содержит индукционную катушку, подсоединенную к указанной высоковольтной энергосистеме между частью кабеля, не находящейся под напряжением, и цепью заземления и выполненную с возможностью сдвига резонансных пиков.

ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Эти и другие характерные особенности, аспекты и преимущества данного изобретения станут более понятны после изучения приведенного ниже подробного описания, выполненного со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых одинаковые номера позиций обозначают одинаковые элементы и на которых:

фиг.1 изображает блок-схему энергосистемы, в которой заземляющий соединитель выполнен в соответствии с аспектом данной технологии,

фиг.2 изображает блок-схему, показывающую различные компоненты заземляющего соединителя, представленного на фиг.1,

фиг.3 изображает блок-схему, показывающую различные конфигурации цепи заземления, представленной на фиг.1,

фиг.4 изображает поперечный разрез высоковольтного кабеля, и

фиг.5 изображает график спектральной функции напряжения энергосистемы, показанной на фиг.1.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В идеальном варианте в трехфазной сети переменного тока, которую используют для большей части промышленного оборудования, задействованы три силовые электрические жилы, каждая из которых обеспечивает немодулированную синусоидальную волну электрического тока и напряжения, причем указанные синусоиды имеют одинаковую и постоянную амплитуду и частоту, а угловой сдвиг между фазами составляет 120°.

При повышенном использовании твердотельных электронных силовых приборов, обладающих нелинейными нагрузочными характеристиками (например, контроллеров электродвигателя, содержащих переключаемый симистор, который осуществляет быстроеподключение и отключение больших нагрузок), в трехфазном питании данного устройства могут произойти искажения синусоидальности. Такое искажение характеризуется появлением гармоник на основной частоте переменного тока. Гармоники вызывают потери энергии в двигателях и могут повлиять на эффективность и стабильную работу источников питания в чувствительном электронном оборудовании. Кроме того, гармоники могут вызвать резонанс, приводящий к нежелательным всплескам напряжения. По этим причинам во многих странах установлены ограничения на уровни гармоник в сети переменного тока.

Нелинейные гармонические искажения в сети переменного тока могут быть снижены с помощью использования пассивных фильтров, содержащих катушки индуктивности и емкости, которые на частотах гармоник имеют резонанс напряжений или резонанс токов. Фильтры также могут быть предназначены для решения проблемы возникновения резонанса, обусловленного наличием гармоник, путем действия в качестве успокоительных контуров, которые изменяют резонансную частоту, либо путем использования успокоительного контура, который предотвращает возникновение резонансных пиков. Указанные пассивные фильтры подключают параллельно силовым сетям для обеспечения отведения приносящих вред гармоник. Такие пассивные фильтры имеют простую структуру, но им присущ и ряд недостатков. Как правило, пассивные фильтры являются громоздкими и дорогостоящими, не подстраиваются под изменения частот гармоник, вызванные сдвигом основной частоты переменного тока, и не учитывают изменения последовательного импеданса силовых сетей. Эти недостатки могут быть устранены путем использования активных фильтров, в которых усилитель мощности (например, источник питания с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ)) подключен непосредственно к силовой сети с обеспечением создания тока, компенсирующего гармонический ток, для устранения искажения. Такие активные фильтры могут использоваться совместно с пассивными фильтрами в гибридной структуре, в которой ШИМ источник питания подключен к силовым сетям через последовательную резонансную цепь с обеспечением блокирования основной гармоники переменного тока и, следовательно, снижения нагрузки на указанном источнике питания. Однако к недостаткам активных и гибридных фильтров относятся специальные требования, предъявляемые к конструкции данной системы, а также снижение эффективности при изменении параметров энергосистемы. Кроме того, при активной фильтрации возникают потери мощности, поскольку активные фильтры находятся в постоянном подключении к энергосистеме независимо от того, выполняется фильтрация или нет.

На фиг.1 изображена высоковольтная трехфазная энергосистема 10. Указанная

энергосистема 10 содержит приемную подстанцию 14, которая получает энергию от высоковольтной сети 12, обычно передаваемую по протяженным линиям электро передач (не показаны). Энергию, полученную в виде высоких напряжений по линиям электропередач, понижают до более низких напряжений с помощью силового трансформатора 18, соединенного с указанной приемной подстанцией и коммутационной станцией 22 через высоковольтные кабели 16 и 20. Коммутационная станция 22 дополнительно обеспечивает распределение энергии через трансформаторы 24. К указанным трансформаторам 24 подсоединены размыкатели 26 цепи, обеспечивающие управление потоком энергии на выходе. Через указанные размыкатели к трансформаторам 24 подключены системы обеспечения, такие как электродвигатель 28. В данном документе электродвигатель 28 выбран в качестве примера, однако к энергосистеме может быть подключено любое средство обеспечения, которое потребляет энергию. Между высоковольтной оболочкой кабеля (соединение 30) и землей 36, также называемой цепью заземления, включен заземляющий соединитель 32. Ниже подробно описаны рабочие детали и компоненты указанного заземляющего соединителя 32.

На фиг.2 показана блок-схема, изображающая различные компоненты заземляющего соединителя 32. В соответствии с одним вариантом выполнения указанный соединитель 32 может содержать перестраиваемый резистор 42, варистор 44 и вариометр 46, включенные параллельно. Следует отметить, что термин «перестраиваемый», используемый в данном документе, является синонимом термина «регулируемый». Кроме того, перестраиваемые или регулируемые элементы в вариантах выполнения могут быть привязаны к конкретному параметру согласно соответствующей конструкции системы. Специалистам в данной области техники должно быть понятно, что перестраиваемые элементы, применяемые в вариантах выполнения, описанных в данном документе, могут быть заменены постоянными элементами, такими как сопротивление, индуктивность или емкость. Кроме того, заземляющий соединитель 32 содержит соединение 48, которое может быть подключено к контакту схемы заземления, и соединение 50, подключенное к изображенной на фиг.1 земле 36 энергосистемы. В одном варианте выполнения перестраиваемый заземляющий соединитель 32 может содержать параллельное соединение перестраиваемого/регулируемого резистора 42 (выполняющего роль гасителя, предназначенного для обеспечения ослабления резонансных пиков), вариометра 46 (выполняющего роль преобразователя частоты, предназначенного для обеспечения сдвига резонансной частоты) и варистора 44 (выполняющего роль разрядника напряжения/стабилизатора напряжения для обеспечения ограничения любых аномальных всплесков напряжения на заземляющем соединителе). В одном варианте выполнения указанный резистор 42 может быть выполнен в виде перестраиваемого регулятора напряжения, предназначенного для предоставления набора точек с обратной связью, обеспечивающих ослабление скачков напряжения, которые возникают вследствие резонанса. В другом варианте выполнения указанный вариометр 46 может быть предназначен для обеспечения изменения настройки и/или сдвига частоты параллельного резонанса. В иллюстративном варианте выполнения регулируемый конденсатор (блок настройки частоты) может быть соединен с заземляющим соединителем 32, предназначенным для обеспечения изменения частоты гармонического резонанса. Указанный варистор 44 или стабилизатор напряжения может содержать, например, металлооксидный варистор.

В одном варианте выполнения изобретения заземляющий соединитель может

содержать резистор, подсоединенный между частью кабеля, не находящейся под напряжением (такой как оболочка или экран кабеля), и землей или массой. Резистор предназначен для обеспечения предотвращения скачков напряжения, образующихся вследствие гармоник. Следует отметить, что указанный резистор может быть заменен регулируемым резистором, обеспечивающим настройку сопротивления в соответствии с требованием высоковольтной системы. В другом варианте выполнения изобретения заземляющий соединитель может содержать индукционную катушку, подсоединенную между частью кабеля, не находящейся под напряжением (такой как оболочка или экран кабеля), и землей или массой. Индукционная катушка предназначена для обеспечения сдвига резонансных пиков, образующихся вследствие гармоник. Следует отметить, что указанная катушка индуктивности может быть заменена вариометром, обеспечивающим настройку индуктивности в соответствии с требованием высоковольтной системы. Такой вариометр может также выполнять сдвиг резонансной частоты высоковольтной системы.

В иллюстративном варианте выполнения система для контроля и подавления резонанса, возникающего вследствие нелинейных гармонических искажений в высоковольтной энергосистеме, может быть дополнена перестраиваемым заземляющим соединителем, изображенным на фиг.2. Указанная контролирующая и подавляющая система может содержать регулируемый резистор 42 (разрядник напряжения), предназначенный для обеспечения предотвращения скачков напряжения, которые могут появляться в результате резонанса, возникающего вследствие нелинейных гармонических искажений. Кроме того, параллельно с указанным регулируемым резистором 42 может быть включен вариометр и/или регулируемый конденсатор 46 (преобразователь частоты), предназначенный для обеспечения смещения резонансной частоты высоковольтной энергосистемы 10, изображенной на фиг.1. Параллельно с регулируемым резистором 42 может быть включено защитное устройство, такое как варистор 44, предназначенное для обеспечения предотвращения аномальных всплесков напряжения. К регулируемому резистору может быть подключено контролирующее устройство (не показано), предназначенное для обеспечения записи параметров сети. К параметрам сети может относиться, например, индуктивный ток, протекающий через вариометр. К устройству контроля может быть подключен контур автоматической настройки, предназначенный для выполнения настройки регулируемого резистора и вариометра исходя из величины индуктивного тока. Например, по мере изменения индуктивности может возникнуть такое состояние, при котором ток, протекающий через вариометр, будет минимальным, а это указывает на то, что эффект настройки вызывает сдвиг частоты от резонансного значения.

На фиг.3 изображены различные конфигурации цепи заземления, которые могут использоваться для подключения заземляющего соединителя между оболочкой высоковольтного кабеля и землей/массой. В одном варианте выполнения может быть применена конфигурация двухточечного заземления кабельных оболочек, изображенная под номером 52 позиции. Трехфазный высоковольтный кабель содержит набор жил 54, 56 и 58, которые окружены соответствующими кабельными оболочками/экранами 60, 62 и 64. При конфигурации с двухточечным заземлением экраны 66 и 68 соединены друг с другом через заземляющий провод 70. Указанный заземляющий провод 70 дополнительно соединен с землей 36 через заземляющий соединитель 32. В иллюстративном варианте выполнения заземляющий соединитель 32 может быть подсоединен между заземляющим проводом 70 и экраном 66 с

обеспечением подавления гармоник синфазного сигнала. В другом варианте выполнения может использоваться конфигурация цепи заземления, изображенная под номером 72 позиции, например, конфигурация с двухточечным заземлением без использования заземляющего провода. Экраны 60, 62 и 64 кабеля присоединены к соединениям 66 и 68 и имеют независимое соединение с землей 36 через заземляющие соединители 32 и 74. В другом иллюстративном варианте выполнения для обеспечения подключения заземляющего соединителя к энергосистеме может применяться одноточечное заземление оболочек кабеля, изображенное под номером 76 позиции. Экраны 60, 62 и 64 кабеля соединены с землей 36 через заземляющий соединитель 32. В иллюстративном варианте выполнения между каждым фазовым экраном и землей, например, между экраном 60 и землей 36, могут быть независимо подключены три заземляющих соединителя. Несмотря на то что на фиг.3 изображены только три примера конфигураций, данное изобретение предусматривает использование большого числа подобных конфигураций. В энергосистемах с разными конфигурациями могут быть выполнены одна или несколько таких схем цепи заземления, обеспечивающих подавление гармонического резонанса.

На фиг.4 изображено поперечное сечение высоковольтного кабеля 20, который применяют в энергосистеме, показанной на фиг.1. К компонентам высоковольтного кабеля, обозначенного номером 82 позиции, относятся медные провода 84, 86, 88, которые скручены и сжаты в структуру, часто называемую кабельной жилой. Каждую жилу окружает экран 90, обычно выполненный из экструдированного полупроводникового компаунда. Указанный экран жилы окружен изолирующим слоем 92, вокруг которого расположен полупроводниковый изолирующий экран 94. Аналогичная структура, содержащая экран 90 жилы, изолирующий слой 92 и полупроводниковый изолирующий экран 94, расположена вокруг жил 86 и 88. В одном варианте выполнения три жилы 84, 86 и 88, вместе с экраном 90 жилы, изолирующим слоем 92, изолирующим экраном 94 и заземляющими проводами 96, обвязаны скрепляющей лентой 99. В одном варианте выполнения в пространстве между указанной скрепляющей лентой 99 и жилой могут быть расположены филлеры 98, такие как полипропиленовые жгуты. Вокруг филлеров 98 расположена оплетка 100, обычно выполненная из круглых стальных проводов с гальваническим покрытием. В качестве самой внешней защиты кабеля предусмотрены бандажные ленты 102 с битумным компаундом и/или полипропиленовыми жгутами. В рассматриваемом варианте выполнения заземляющий соединитель может быть соединен с заземляющими проводами 96 и оплеткой/оболочкой 100, а также с землей 36, показанной на фиг.1. Следует отметить, что заземляющий соединитель подключен к части высоковольтного кабеля 20, не находящейся под напряжением. Несмотря на то что рассмотрена оплетка/оболочка, данное изобретение предусматривает использование других подобных частей, не находящихся под напряжением.

На фиг.5 показан график спектральной функции напряжения типичной высоковольтной энергосистемы. График 110 отображает спектральную функцию напряжения в энергосистеме с линиями передач на 33 кВ, при этом по оси 112 ординат отложена амплитуда напряжения, а по оси 114 абсцисс - частота (0-10 кГц). Можно заметить, что в частотном диапазоне приблизительно от 2 кГц до 3 кГц наблюдается несколько всплесков 116 напряжения, указывающих на явление резонанса. На графике 120 представлена спектральная функция напряжения в энергосистеме с линиями передач на 33 кВ, в которой используют перенастраиваемый заземляющий

соединитель 32, выполненный в соответствии с фиг.1. На графике 120 по оси 122 ординат отложена амплитуда напряжения, а по оси 124 абсцисс - частота (0-10 кГц). Можно заметить, что шкала амплитуды напряжения на графике 120 мельче по сравнению со шкалой амплитуды напряжения на графике 110. Кроме того, всплески 126 напряжения в частотном диапазоне приблизительно от 2 кГц до 3 кГц существенно ниже (ниже по амплитуде по меньшей мере в шесть раз), а это указывает на то, что перенастраиваемый заземляющий соединитель способствует подавлению резонанса.

Принимая во внимание спектральную функцию напряжения, представленную на графиках 110 и 120, можно сделать вывод о возможности использования перенастраиваемого заземляющего соединителя в качестве усовершенствованной меры борьбы с электрическим резонансом с помощью перестройки резонансной точки (регулирования вариометра) в положение, в котором не возникает резонанса. В одном варианте выполнения перестройка может быть выполнена вручную или с помощью простой системы управления, которая измеряет индуктивный ток и соответствующим образом изменяет значение индуктивности до тех пор, пока измеряемый ток не достигнет минимального значения. При изменяющейся/гармонической функции напряжения/гармоник, например, в Кабелях двигателя с регулируемой скоростью вращения, при переменной частоте переключения, заземляющий соединитель 32, показанный на фиг.1, может содержать параллельный резистор для обеспечения подавления резонанса. Специалистам в данной области техники должно быть понятно, что спектральная функция напряжения, изображенная на фиг.5, является частью иллюстративного варианта выполнения. Тем не менее, любая энергосистема, которая испытывает электрический резонанс, может содержать заземляющий соединитель в качестве средства погашения резонанса.

Для обеспечения уменьшения недостатков активных и гибридных фильтров варианты выполнения данного изобретения нацелены на минимизацию потерь энергии в системе погашения резонанса, а для обеспечения более гибкого изменения параметров энергосистемы применяют перестраиваемые компоненты. Преимущественно данный заземляющий соединитель может использоваться в разнообразных областях применения, в том числе в применениях, в которых подключены двигатели с регулируемой скоростью вращения. В таких двигателях с регулируемой скоростью вращения, работающих на регулируемой электрической частоте, можно погасить несколько резонансных точек вплоть до более низкого частотного диапазона. Перестраиваемый заземляющий соединитель наиболее подходит для противодействия электрическому резонансу, поскольку компенсирующая технология, применяемая в системе управления преобразователем действует менее эффективно при более высокой частоте. Перестраиваемый заземляющий соединитель позволяет создать устройство, которое работает при низком напряжении (с низкими затратами) и может использоваться как средство борьбы с электрическим резонансом, возникающим в областях применения больших схем управления (например, вместо применения в энергосистеме схемы с активным/гибридным фильтром).

Несмотря на то что в данном документе приведены и описаны только некоторые характерные особенности изобретения, специалистами в данной области техники могут быть выполнены различные модификации и изменения. Таким образом, следует понимать, что прилагаемая формула изобретения охватывает все такие модификации

и изменения, которые находятся в пределах реальной сущности изобретения.

СПИСОК ЭЛЕМЕНТОВ

10 высоковольтная трехфазная энергосистема
12 высоковольтная сеть
14 приемная подстанция
16 высоковольтные кабели
18 силовой трансформатор
20 высоковольтные кабели
22 коммутационная станция
24 трансформаторы
26 размыкатели цепи
28 электродвигатель/средство обеспечения
30 соединение
32 заземляющий соединитель
36 земля
42 перестраиваемый резистор
44 варистор
46 вариометр
48 соединение
50 соединение
52 конфигурация двухточечного заземления
54 жила высоковольтного кабеля
56 жила высоковольтного кабеля
58 жила высоковольтного кабеля
60 экран кабеля
62 экран кабеля
64 экран кабеля
66 соединение экрана кабеля
68 соединение экрана кабеля
70 заземляющий провод
72 конфигурация двухточечного заземления без заземляющего провода
74 заземляющий соединитель
76 конфигурация одноточечного заземления
82 высоковольтный кабель
84 медный провод
86 медный провод
88 медный провод
90 экран жилы
92 изолирующий слой
94 полупроводниковый изолирующий экран
96 заземляющий провод
98 филлеры
99 скрепляющая лента
100 оплетка
102 бандажные ленты/битумный компаунд
110 график
112 ось ординат/амплитуда напряжения
114 ось абсцисс/частота

116 всплески напряжения
120 график
122 ось ординат/амплитуда напряжения
124 ось абсцисс/частота
126 всплески напряжения

Формула изобретения

1. Система для уменьшения резонанса, возникающего вследствие нелинейных гармонических искажений в высоковольтной энергосистеме (10), содержащая:

гаситель (42) скачков напряжения, подсоединенный к указанной высоковольтной энергосистеме между оболочкой (60, 62, 64) кабеля и цепью (74) заземления и выполненный с возможностью предотвращения скачков напряжения, и

преобразователь (46) частоты, включенный параллельно с указанным гасителем скачков напряжений и выполненный с возможностью сдвига резонансной частоты высоковольтной энергосистемы.

2. Система по п.1, дополнительно содержащая варистор (44), включенный параллельно с указанным гасителем скачков напряжений и выполненный с возможностью предотвращения аномальных всплесков напряжения.

3. Система по п.2, в которой указанный варистор (44) содержит по меньшей мере один металлооксидный варистор или нелинейный резистор.

4. Система по п.1, в которой указанный гаситель скачков напряжения дополнительно выполнен с возможностью ослабления резонансных пиков, возникающих вследствие нелинейных гармонических искажений.

5. Система по п.1, в которой указанный частотный преобразователь содержит детюнер, выполненный с возможностью сдвига параллельной резонансной частоты.

6. Система по п.1, дополнительно выполненная с возможностью сдвига резонансной частоты указанной высоковольтной энергосистемы.

7. Устройство для подавления гармонического резонанса, содержащее:

перестраиваемый резистор (42), выполненный с возможностью ограничения скачков напряжения, возникающих вследствие нелинейных гармонических искажений,

вариометр (46), подсоединенный к указанному перестраиваемому резистору и выполненный с возможностью сдвига резонансной частоты системы, и

варистор (44), подсоединенный к указанному вариометру и выполненный с возможностью предотвращения аномальных всплесков напряжения.

8. Система для контроля и подавления резонанса, возникающего вследствие нелинейных гармонических искажений в высоковольтной энергосистеме, содержащая:

гаситель (42) скачков напряжения, подсоединенный к указанной высоковольтной энергосистеме между кабелем и цепью заземления и выполненный с возможностью ограничения скачков напряжения,

преобразователь (46) частоты, включенный параллельно с указанным гасителем скачков напряжений и выполненный с возможностью сдвига резонансной частоты высоковольтной энергосистемы,

варистор (44), включенный параллельно с указанным гасителем скачков напряжения и выполненный с возможностью предотвращения аномальных всплесков напряжения,

контролирующее устройство, подсоединенное к гасителю скачков напряжения и выполненное с возможностью записи набора параметров сети,

цепь автоматической настройки, подсоединенная к указанному контролирующему

устройству и выполненная с возможностью регулировки стабилизированного напряжения и преобразователя частоты с учетом указанных параметров сети.

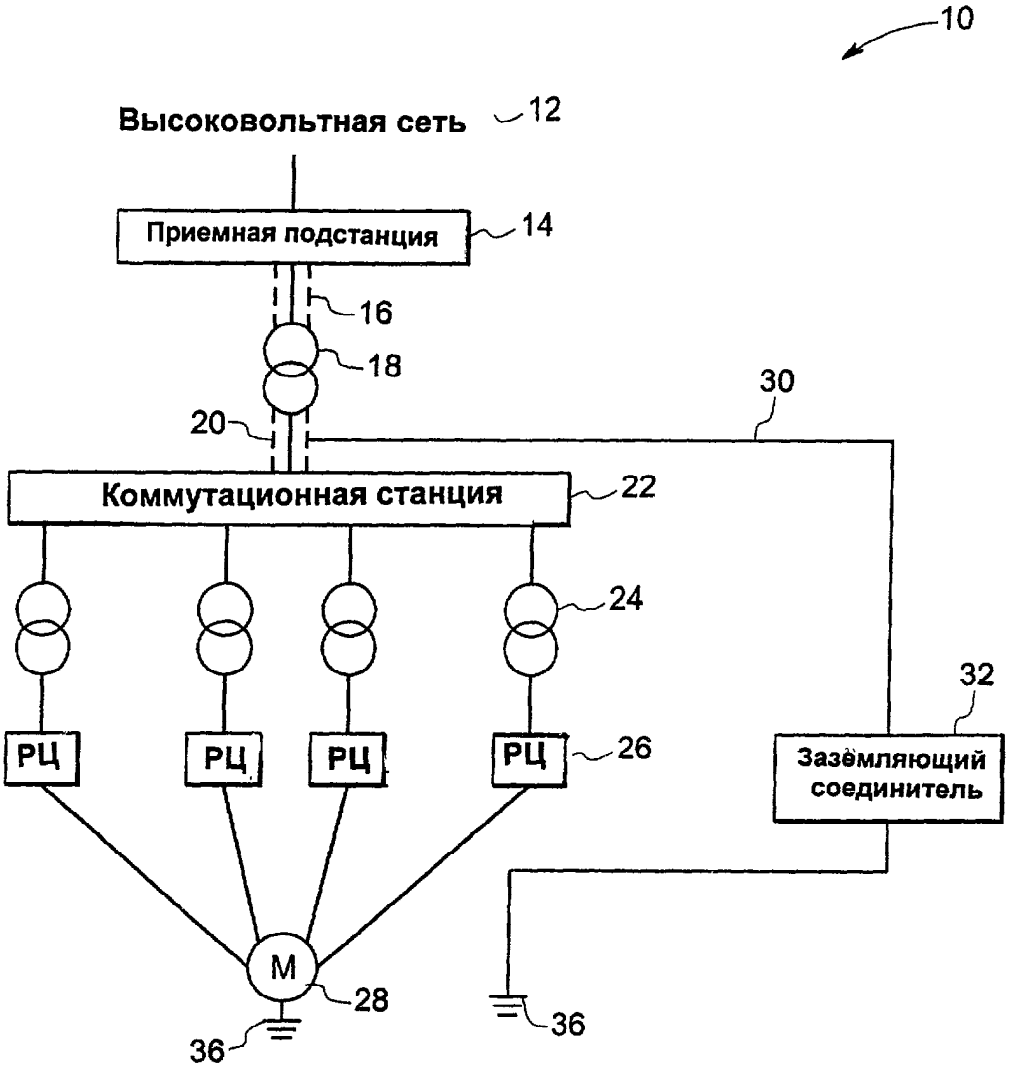
9. Способ подавления резонанса, возникающего вследствие нелинейных гармонических искажений в высоковольтной энергосистеме, включающий:

введение комплексного сопротивления в цепь заземления путем предотвращения скачков напряжения, возникающих в результате резонанса при нелинейных гармонических искажениях, выполнение сдвига резонансной частоты высоковольтной энергосистемы и предотвращение аномального повышения напряжения, возникающего в указанной энергосистеме.

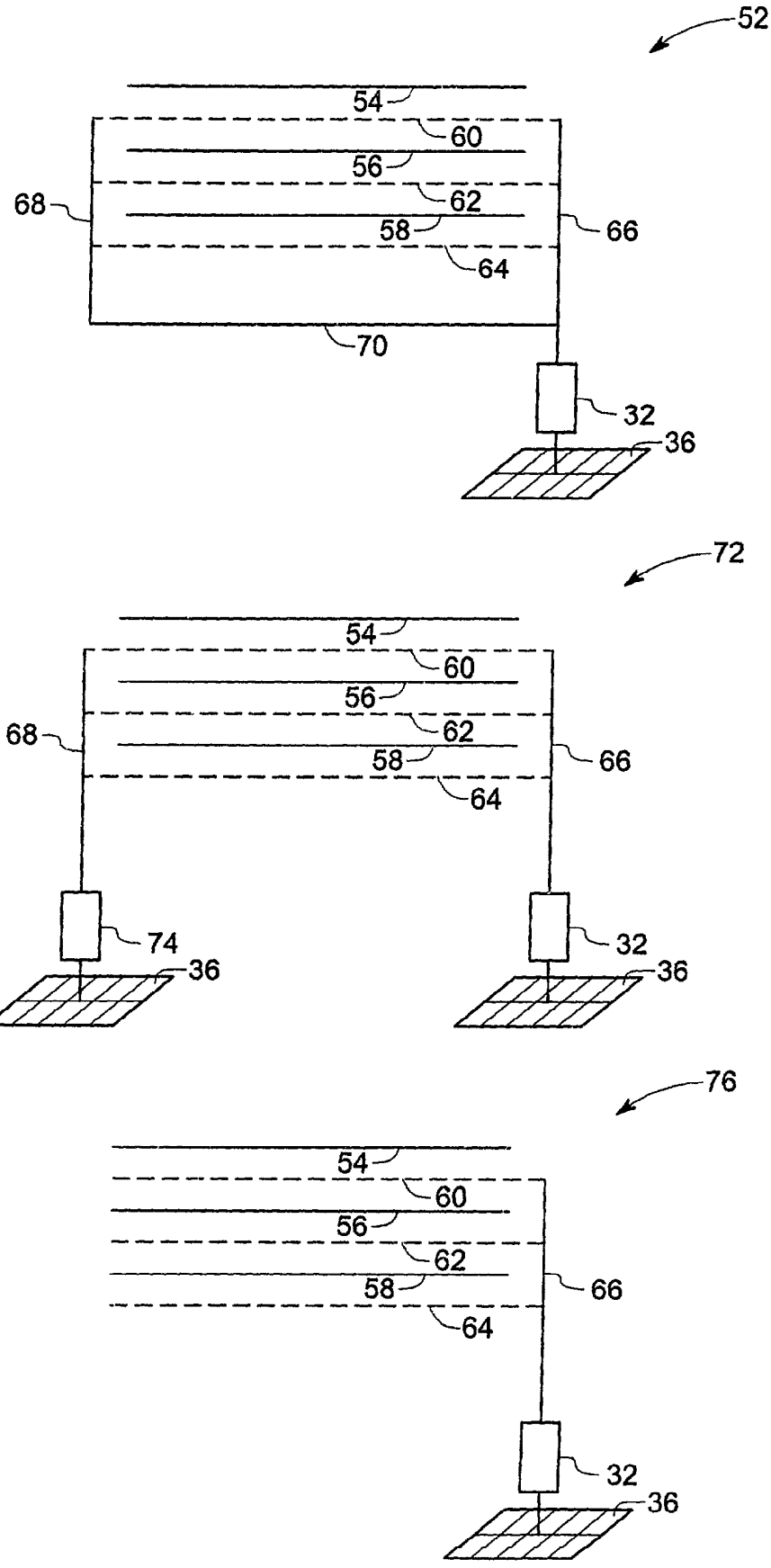
10. Система для уменьшения резонанса, возникающего вследствие нелинейных гармонических искажений в высоковольтной энергосистеме, содержащая:

гаситель (42) скачков напряжения, подсоединенный к указанной высоковольтной энергосистеме между частью кабеля, не находящейся под напряжением, и цепью заземления и выполненный с возможностью предотвращения скачков напряжения,

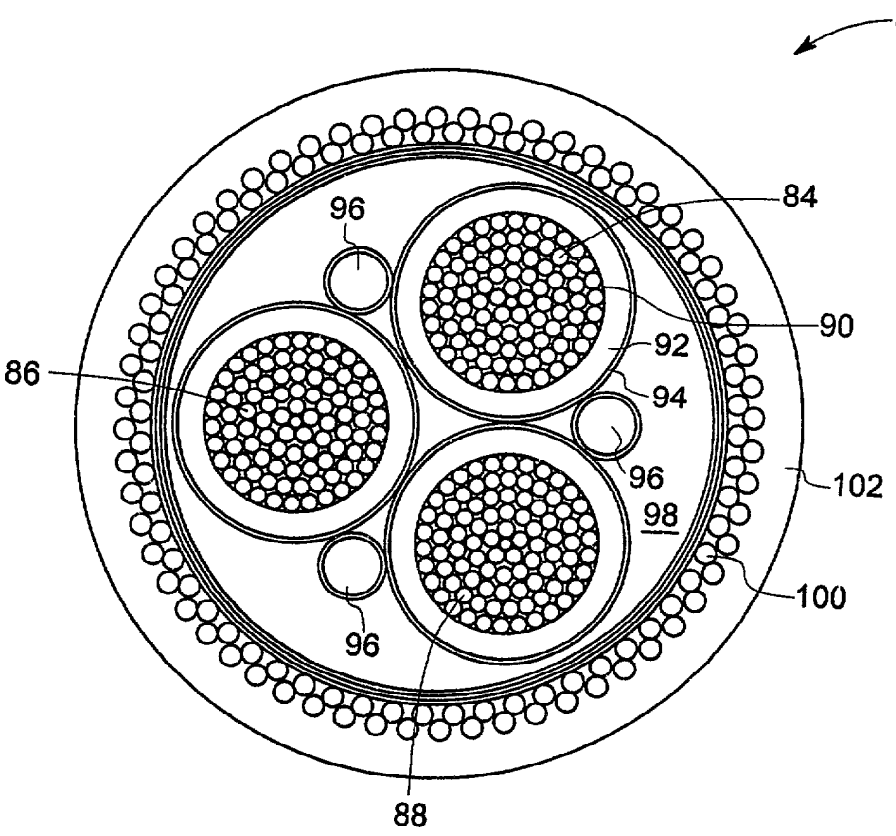
преобразователь (46) частоты, включенный параллельно с указанным гасителем скачков напряжения и выполненный с возможностью сдвига резонансной частоты указанной высоковольтной энергосистемы.


10
Высоковольтная сеть
12
Приемная подстанция
14
16
18
20
30
Коммутационная станция
22
24
32
РЦ
РЦ
РЦ
РЦ
26
Зазёмляющий соединитель
M
28
36
36

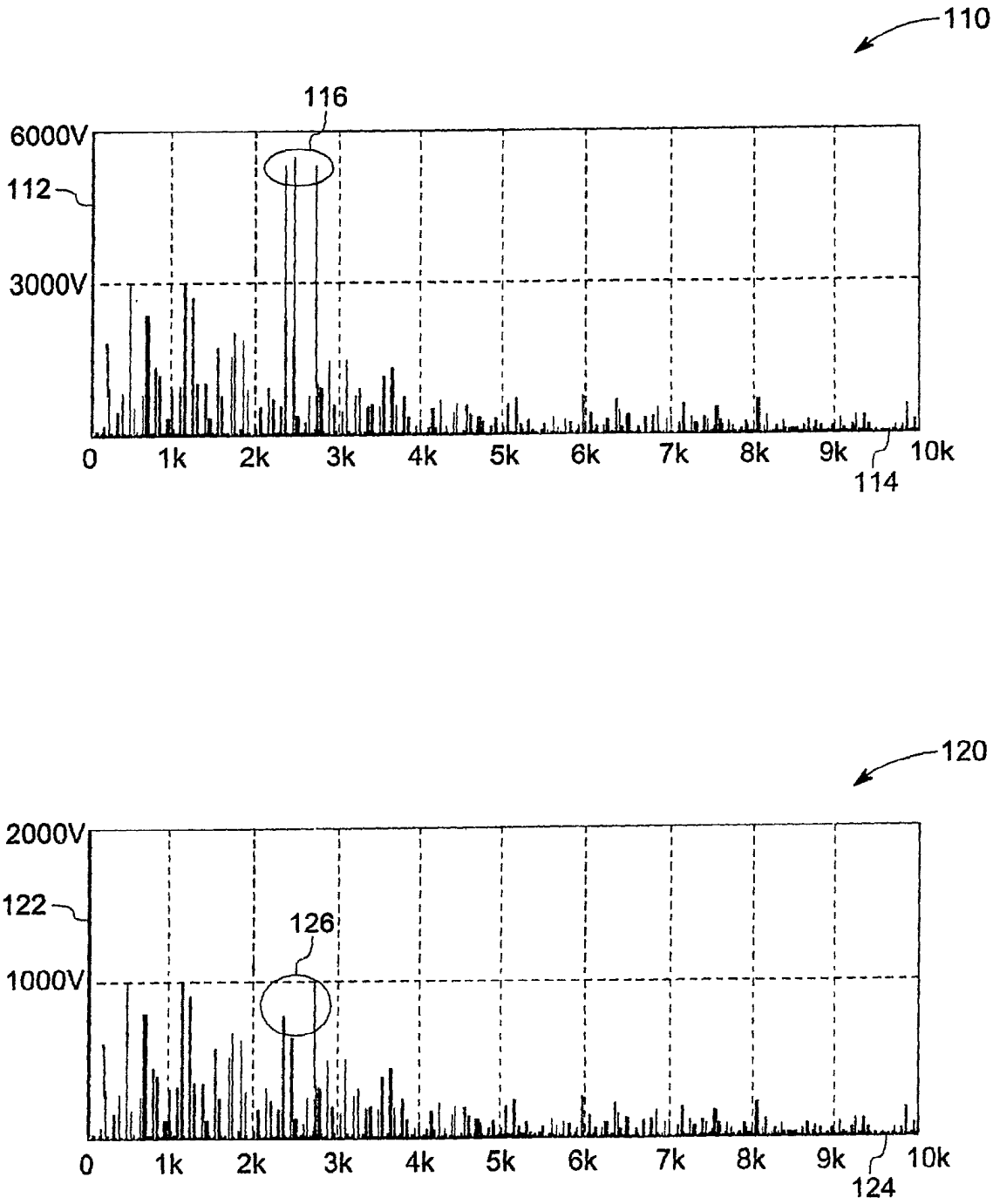
Фиг.1


52
54
60
56
62
58
64
68
66
70
32
36
72
54
60
56
62
58
64
68
66
74
36
32
36
76
54
60
56
62
58
64
66
32
36

Фиг.3



Фиг.4


110
116
6000V
112
3000V
0
1k
2k
3k
4k
5k
6k
7k
8k
9k
10k
114
120
2000V
122
126
1000V
0
1k
2k
3k
4k
5k
6k
7k
8k
9k
10k
124

Фиг.5