

Область техники

Настоящее изобретение относится к передаче сигнала данных через систему распределения электроэнергии, и более конкретно, к использованию индуктивного элемента связи для ответвления сигнала данных через проводник в кабеле передачи мощности.

Уровень техники

Низковольтные (НВ) линии электроснабжения в рамках дома или учреждения использовались в качестве среды передачи для связи из точки к точке или сетевой связи, с использованием так называемых систем с "несущей", в которых сигнал данных модулирует высокочастотную (ВЧ) несущую и передается по линиям электроснабжения. Доступ к сети Интернет, который требует обеспечения соединений до "последней мили" между магистралью передачи данных сети Интернет и каждым помещением пользователя в значительной степени увеличивает возможности использования таких сетей.

Среднее напряжение (СН), обычно составляющее 4-66 кВ, понижают до низкого напряжения (НН), обычно составляющего 100-500 В, через распределительный трансформатор СН-НН. Электрическая сеть распределения мощности среднего напряжения питает многие дома и учреждения через распределительные трансформаторы. Если данные присутствуют в сети распределения среднего напряжения, то было бы желательно ответить широкополосные потоки данных от трансформаторных подстанций на полные секции окрестности, но распределительные трансформаторы эффективно блокируют высокочастотную энергию и таким образом блокируют данные, которые не попадают на линии НН с падением напряжения.

В странах, которые используют номинальные низкие напряжения порядка 125 В или ниже, таких как Северная Америка, линии с падением напряжения от распределительного трансформатора к электрической нагрузке в домах или учреждениях обычно являются линиями длиной менее приблизительно 50 м, для того, чтобы минимизировать падение напряжения на линиях и сохранить соответствующую регулировку напряжения. В типовом случае только от одного до десяти жилых домов или учреждений снабжаются энергией от каждого распределительного трансформатора. Для такого небольшого числа потенциальных пользователей будет неэкономичным обеспечивать дорогостоящую высокую скорость передачи данных, например, через волокно или линию T1, и связывать ее через устройства связи через линию электроснабжения с низковольтной стороной трансформатора. Следовательно, для того, чтобы эксплуатировать электрическую сеть распределения среднего напряжения в качестве канала обратного транзита данных, требуется устройство для шунтирования распределительного трансформатора.

В системе распределения электроэнергии высокое напряжение (ВН), обычно составляющее 100-800 кВ, понижают до среднего напряжения через понижающий трансформатор ВН-СН на трансформаторной подстанции. Высокочастотные характеристики блокировки распределительных трансформаторов изолируют электрическую сеть распределения мощности среднего напряжения от высокочастотного шума на линиях как низкого напряжения, так и на линиях высокого напряжения (ВН). Электрическая сеть среднего напряжения представляет собой таким образом сравнительно бесшумную среду, идеальную для передачи данных с высокой скоростью передачи в качестве системы распределения данных или "линии обратного транзита данных".

Вышеупомянутые трансформаторы блокируют практически всю энергию в мегагерцовом частотном диапазоне. Для того, чтобы передать высокочастотные модулированные данные из линий СН в линии НН, требуется установить устройство шунтирования на месте установки каждого трансформатора. Такие устройства доступны в настоящее время, и они используются для устройств связи низкочастотного диапазона, с низкой скоростью передачи данных. Такие приложения часто определяют как связь по линиям электроснабжения (СЛЭ). Такие устройства обычно включают в себя высоковольтный последовательно подсоединенный конденсатор, который должен выдерживать напряжение базовой импульсной нагрузки (БИН), обычно превышающей 50 кВ. Поэтому такие устройства являются дорогими, громоздкими и влияют на общую надежность сети электроснабжения. В некоторых случаях, более того, во время их установки они могут потребовать отключения электроснабжения от потребителей.

В странах, имеющих номинальное низкое напряжение в диапазоне 100-120 В, таких как Япония и США, особенно велико число распределительных трансформаторов. И это объясняется тем, что распределительные трансформаторы СН-НН размещаются относительно близко к нагрузке для поддержания сопротивления питания на низком уровне. Низкое сопротивление питания желательно для поддержания надлежащего уровня регулировки напряжения, то есть минимального изменения в напряжении питания при изменяющихся токах нагрузки. Питающие линии НН для расстояний, значительно превышающих 50 м, потребовали бы применения практически неприемлемо толстых проводов.

Для того, чтобы устройство связи работало эффективно, его следует рассматривать в контексте его функционирования взаимосвязанно с высокочастотными (ВЧ) характеристиками линий электроснабжения СН и с другими компонентами, связанными с этими линиями, такими как трансформаторы, конденсаторы для повышения коэффициента мощности, разделительные конденсаторы СЭЛ и размыкающие переключатели. Эти компоненты работают на различных напряжениях в различных странах и регионах. Уровень рабочего напряжения непосредственно влияет на геометрию конструкции энергетических устройств среднего напряжения и на импеданс на зажимах этих устройств на частотах мегагерцового диапа-

зона. Другие факторы, влияющие на высокочастотные сигналы на линиях электроснабжения СН, включают в себя геометрию электрической сети, например, ответвление, использование подземных кабелей с очень низким импедансом, которые подсоединяют к воздушным линиям с высоким импедансом, и возможность разделения электрической сети на субсети благодаря задействованию размыкающего переключателя. Поэтому пригодность соединителя СН-НН должна рассматриваться в контексте конкретных характеристик оборудования, использованного в каждой стране, а также уровня напряжения СН.

Воздушные линии электропередачи содержат два или большее количество проводов, проходящих по существу с постоянным интервалом, с воздушным диэлектриком между ними. Такие линии имеют характеристический импеданс в диапазоне 300-500 Ом и очень низкие потери. Коаксиальные подземные кабели включают центральный проводник, окруженный диэлектриком, вокруг которого намотаны нейтральные проводники. Такие кабели имеют характеристический импеданс в диапазоне 20-40 Ом, и потери для сигналов мегагерцового диапазона, которые могут составлять 2 децибела (дБ) на сотню метров длины в зависимости от диэлектрических свойств, влияющих на характеристики потерь.

Распределительный трансформатор СН-НН, предназначенный для работы от одной фазы к нейтральной или от фазы к фазе в 3-фазной электрической сети, имеет первичную обмотку на стороне СН с полным сопротивлением в диапазоне 40-300 Ом для частот свыше 10 МГц. Конденсаторы для повышения коэффициента мощности имеют большие величины номинальной мощности (например, (0,05-1 мкФ)), но их высокочастотный импеданс в первую очередь определяется последовательной индуктивностью, присущей их конструкции. Развязывающие конденсаторы СЛЭ имеют меньшие величины номинальных емкостей, например 2,2-10 нФ, но могут иметь высокочастотные импедансы, которые относительно низки по сравнению с характеристическим импедансом кабеля. Любое из вышеупомянутых устройств может вызвать резонанс в мегагерцовом диапазоне, то есть, когда мнимая часть комплексного импеданса становится равной 0 Ом, но устройства не имеют высоких коэффициентов добротности Q на этих частотах, так что величина импеданса обычно не достигает 0 Ом для последовательного резонанса или очень большого значения для параллельного резонанса.

Другое устройство, используемое в электросетях СН, в особенности в Японии, представляет собой дистанционно управляемый 3-фазный размыкающий переключатель. Когда сигнал данных передают через линию фазы, которая проходит через такой переключатель, непрерывность передачи данных должна сохраняться даже при размыкании линии фазы посредством переключателя.

Сущность изобретения

Задачей настоящего изобретения является создание усовершенствованного элемента связи для подачи сигнала данных в проводник в кабеле передачи мощности.

Также задачей настоящего изобретения является создание элемента связи, который является экономичным и обеспечивает высокую скорость передачи данных.

Кроме того, задачей настоящего изобретения является создание элемента связи, который может быть установлен без прерывания обслуживания потребителей электроэнергии.

Также задачей настоящего изобретения является создание элемента связи, который использует лишь пассивные компоненты, имеющие фактически неограниченный срок службы.

Эти и другие задачи настоящего изобретения решаются устройством для обеспечения передачи сигнала данных через кабель передачи мощности, включающим в себя (а) первую обмотку для ответвления сигнала данных через проводник кабеля передачи мощности, (б) вторую обмотку, индуктивно связанную с первой обмоткой, для ответвления сигнала данных через порт данных.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1 - иллюстрация обычного подземного коаксиального распределительного кабеля среднего напряжения, показывающая нейтральный провод, используемый в качестве среды передачи данных, в соответствии с настоящим изобретением;

фиг. 2А - иллюстрация устройства односторонней линии электропередачи, использующей единственный нейтральный провод для передачи данных, в соответствии с настоящим изобретением;

фиг. 2В - схематическое представление устройства по фиг. 2А;

фиг. 3А - иллюстрация кабеля передачи мощности, в котором два нейтральных провода используются в качестве линии электропередачи для передачи сигнала данных, в соответствии с настоящим изобретением;

фиг. 3В - схематическое представление устройства по фиг. 3А;

фиг. 3С - схематическое представление альтернативного варианта устройства, показанного на фиг. 3А, использующего множество нейтральных проводов для формирования линии передачи данных;

фиг. 3D - иллюстрация оборудования для реализации устройства, показанного на фиг. 3С;

фиг. 4А и 4В иллюстрируют варианты воплощения топологии магнитного сердечника для элемента связи при использовании с парой нейтральных проводников, которые дифференциально возбуждаются сигналом передачи данных;

фиг. 5А - иллюстрация устройства кабеля, имеющего высокий импеданс, вводимый размещением магнитного тороидального сердечника;

фиг. 5В - схематическое представление устройства по фиг. 5А;

- фиг. 6А-6С - иллюстрации нескольких устройств уравновешенной линии электропередачи, использующей два нейтральных провода и магнитную индукцию, в соответствии с настоящим изобретением;
- фиг. 6D - схематическое представление устройств по фиг. 6А-6С;
- фиг. 7 - схема уравновешенной линии электропередачи, использующей магнитную индукцию, в соответствии с настоящим изобретением;
- фиг. 8 - схема варианта воплощения настоящего изобретения, использующего линии электропередачи со множеством нейтральных проводов;
- фиг. 9А - схема системы для идентификации одного из множества проводов кабеля передачи мощности.
- фиг. 9В - иллюстрация системы для идентификации одного из множества проводов кабеля передачи мощности;
- фиг. 10А и 10В - схемы участков сети передачи данных, реализованной в системе распределения электроэнергии, где данные переносят на фазном проводнике системы распределения электроэнергии, в соответствии с настоящим изобретением;
- фиг. 11А - иллюстрация варианта воплощения индуктивного элемента связи для ответвления данных через фазный проводник, в соответствии с настоящим изобретением;
- фиг. 11В - схематическое представление варианта воплощения, показанного на фиг. 11А;
- фиг. 12 - схема участка сети, имеющей включенные встречно-параллельно модемы на индуктивном элементе связи;
- фиг. 13 - схема оборудования для пассивной передачи модулированных данных между сегментами энергетической системы в соответствии с настоящим изобретением;
- фиг. 14 - схема оборудования для передачи модулированных данных между сегментами энергетической системы, использующей включенные встречно-параллельно модемы;
- фиг. 15 - схема, показывающая различные способы передачи данных в фазный проводник системы распределения электроэнергии в варианте реализации сети передачи данных, в соответствии с настоящим изобретением;
- фиг. 16А - схема для емкостного элемента связи, предназначенного для нагружения обесточенного конца линии электропередачи, в соответствии с настоящим изобретением;
- фиг. 16В - схема, использующая емкостной элемент связи для подсоединения модема к обесточенному концу линии электропередачи, в соответствии с настоящим изобретением;
- фиг. 16С - схема емкостного элемента связи для поддержания непрерывности передачи сигнала данных через размыкающий переключатель электрической сети, в соответствии с настоящим изобретением.

Описание изобретения

Воздушные и подземные линии электропередачи среднего напряжения могут быть использованы для двунаправленной передачи цифровых данных. Такие линии передачи перекрывают путь между трансформаторной подстанцией энергетической компании и одним или более распределительными трансформаторами среднего напряжения СН - низкого напряжения НН, размещенными по соседству. Распределительные трансформаторы СН-НН понижают среднее напряжение до низкого напряжения, которое затем подается в дома и в учреждения.

Настоящее изобретение относится к использованию элемента связи в электросети среднего напряжения. Элемент связи предназначен для обеспечения передачи сигнала данных через кабель передачи мощности. Он имеет первую обмотку для ответвления сигнала данных через проводник кабеля передачи мощности, и вторую обмотку, индуктивно связанную с первой обмоткой, для ответвления сигнала данных через порт данных.

Один вариант воплощения настоящего изобретения используется с кабелем передачи мощности, имеющим один или более нейтральных проводов, то есть проводников, намотанных вокруг внешнего слоя кабеля аналогично коаксиальному кабелю. Один или более нейтральных проводов кабеля передачи мощности выполняют функцию проводника для одного или более сигналов данных.

Другой вариант воплощения используется с фазным проводником кабеля передачи мощности. В этом случае фазный проводник кабеля передачи мощности выполняет функцию проводника для одного или более сигналов данных.

Фиг. 1 иллюстрирует обычный подземный коаксиальный распределительный кабель 100 среднего напряжения с индуктивным элементом, связанным с ним, в соответствии с настоящим изобретением. Кабель 100 имеет множество N нейтральных проводников 105, спирально намотанных вокруг изолятора 120 сердечника, который охватывает фазный провод 115. Например, в кабеле Пирелли X-0802/4202/0692 TRXLPE 25 кВ 260 мил 1/0 А WGA1, который производится фирмой Пирелли Кави э Системи С.п.А., Виале Сарка, 222, Милан, Италия 20126, имеется фазный провод, окруженный изоляцией, вокруг которой намотано 8 медных жил диаметром 2,8 мм. Кабели, имеющие 12-16 нейтральных проводников, являются общепринятыми.

Нейтральные проводники 105 отделены и изолированы друг от друга в сегменте кабеля. На конце кабеля 100 жила каждого нейтрального проводника 105 является открытой и накручена по касательной,

образуя кольцо из медного провода 105 на коротком расстоянии от конца кабеля для формирования вывода. Эти жилы собираются в один многожильный скрученный провод 130 и подсоединяются к заземляющему зажиму на распределительном трансформаторе СН-НН.

Элемент 140 связи уже изолирован от фазного проводника 115, последний сертифицирован на то, чтобы выдерживать напряжения в установившемся состоянии и переходного процесса, на которые кабель рассчитан для нормальной работы. Использование имеющейся изоляции избавляет от расходов на повторное ее обеспечение для элемента связи. Элемент связи может быть скомпонован обычными пластиковыми материалами.

Элемент 140 связи включает в себя первую обмотку (не показана на фиг. 1) и вторую обмотку (не показана на фиг. 1). Первая обмотка образована самим кабелем, тогда как вторая обмотка может включать в себя один или два витка многожильного, скрученного, подвесного провода малого диаметра с минимальной изоляцией.

В подземном кабеле, таком как кабель 100, использование индуктивного элемента 140 связи будет в особенности экономически целесообразно, поскольку он использует преимущества имеющегося изолятора 120 для обеспечения изоляции от линий среднего напряжения.

Индуктивный элемент связи в соответствии с настоящим изобретением также пригоден для применения с воздушным кабелем передачи мощности. Индуктивный элемент связи, в общем, является более дешевым, чем емкостной элемент связи, так как увеличение толщины изоляции индуктивного элемента связи не ухудшает, по существу, рабочих характеристик элемента связи, тогда как увеличение толщины изоляции в конденсаторе непосредственно снижает зону удельной емкости и обуславливает необходимость в большой площади обкладок конденсатора. Поэтому по сравнению с емкостным элементом связи стоимость изготовления индуктивного элемента связи значительно ниже.

Имеется несколько альтернативных вариантов воплощения изобретения. В случае подземного кабеля можно подготовить один или более нейтральных проводов подземного кабеля, которые могут образовывать высокочастотные линии электропередачи при сохранении функции передачи мощности выбранного нейтрального провода (проводов).

Фиг. 2А иллюстрирует устройство односторонней линии электропередачи, использующей единственный нейтральный провод для передачи данных в соответствии с настоящим изобретением.

Фиг. 2В - схематическое представление устройства по фиг. 2А. Кабель 200 включает в себя множество нейтральных проводников 205, например, проводов, которые можно рассматривать как плоскую линию передачи данных, которые скручены в небольшую спираль вокруг высоковольтного изолятора 240, и центральный фазный проводник 245.

Одна выбранная жила нейтральных проводников 205, то есть нейтральный проводник 202, изолирован, чтобы выполнять функцию проводника линии передачи данных для сигнала передачи данных, а остальные нейтральные проводники 205, главным образом два нейтральных проводника 205, смежные с нейтральным проводником 202, выполняют функцию второго проводника линии передачи данных. Для поперечного сечения кабеля Пирелли, упомянутого выше, характеристический импеданс составляет около 95 Ом по отношению к сигналам в частотном диапазоне 1-50 МГц, поддиапазон которого обычно используется при передаче данных.

Для реализации устройства по фиг. 2А в уже установленном подземном кабеле из нескольких нейтральных проводников 205 выбирают нейтральный проводник 202 и на каждом конце кабеля 200 вырезается открытый участок 210. Вывод 215 нейтрального проводника 202 остается подсоединенным к кольцу 250 на каждом конце кабеля 200. Нейтральный проводник 202 и вывод 215 подсоединяются к первой обмотке 225 элемента 220 связи. Первая обмотка 225 таким образом подсоединяется последовательно между нейтральным проводником 202 и землей. Вторая обмотка 235 элемента 220 связи связана с портом 255, через который передаются и принимаются данные. Таким образом, кабель 200 подготавливается для применения в качестве высокочастотной линии передачи, которая может быть подсоединена к средствам связи, таким как модем (не показан) через элемент 220 связи.

По существу элемент 220 связи является трансформатором. Импеданс первичной обмотки, то есть первой обмотки 225 такого трансформатора является пренебрежимо малым на частотах, используемых для передачи мощности. Первая обмотка 225, которая подсоединена к нейтральному проводнику 202 и выводу 215, должна быть намотана проводом, имеющим, по меньшей мере, толщину нейтрального проводника 202. При таких условиях выбранный нейтральный, переносящий данные проводник 202 имеет, по существу, тот же импеданс, что и у всех других нейтральных проводов. Он будет, по существу, переносить тот же самый ток, что и каждый из других нейтральных проводников, так что полная пропускная способность по току и емкость тока перегрузки нейтральной цепи не должны ухудшаться.

Как показано на фиг. 2А и 2В, ток в нейтральной единственного нейтрального проводника 202 проходит через элемент 220 связи. Для 200-амперного кабеля с восемью нейтральными проводниками провод, несущий данные, должен переносить максимальный ток установившегося режима, составляющий 25 А (среднеквадратичный). Максимальный ток устойчивого состояния через единственный нейтральный проводник будет меньше для кабеля с меньшей пропускной способностью с большим числом нейтральных проводников. Элемент 220 связи должен иметь возможность управления за потоком, образованным

этим током, без насыщения магнитного сердечника, для того, чтобы выполнить функцию передачи данных.

Нейтральный проводник 202 переносит ток в первом направлении для высокочастотного сигнала данных. Другие нейтральные проводники 205 переносят обратный ток сигнала данных в противоположном направлении, стремясь подавить и таким образом значительно снизить напряженность излучаемого магнитного поля, обусловленного модулированным сигналом данных. Это устройство также обеспечивает электростатическое экранирование от шумов от внешнего электрического поля.

Фиг. 3А - иллюстрация кабеля 300 передачи мощности, в котором используются два нейтральных провода в качестве линии передачи для сигнала данных в соответствии с настоящим изобретением.

Фиг. 3В - схематическое представление устройства, показанного на фиг. 3А.

Элемент 307 связи, например, высокочастотный трансформатор, подключен последовательно с двумя смежными нейтральными проводами 302, 305. Нейтральные провода 302, 305, которые предпочтительно подключены параллельно и смежно друг другу, разрезаются перед точкой, где они подсоединяются к нейтральному соединительному кольцу 330.

Как показано на фиг. 3В, выводы нейтральных проводов 302, 305, проходящие от кабеля 300, подсоединяются к первой обмотке 310 элемента 307 связи. Первая обмотка 310 таким образом подсоединяется последовательно между нейтральным проводником 302 и нейтральным проводником 305. Отделение от средней точки 312 подсоединяется к нейтральному соединительному кольцу 330.

Участок 310А первой обмотки 310 подсоединяется к нейтральному проводу 302 и наматывается в первом направлении вокруг сердечника 315, а второй участок 310В первой обмотки 310 подсоединяется к нейтральному проводу 305 и наматывается в противоположном направлении вокруг сердечника 315. Участки 310А и 310В образованы проводами несколько большего диаметра, чем диаметр нейтральных проводов кабеля, и поэтому способны нести токи установившегося режима и токи перегрузки, по меньшей мере, также надежно, как и невыбранные нейтральные провода. Каждый из участков 310А и 310В можно рассматривать, как обмотку.

Устройство по фиг. 3А обеспечивает то, что лишь пренебрежимо малый импеданс вводится последовательно с двумя нейтральными проводами 302, 305, и не нарушает, по существу, равного разделения тока промышленной частоты по всем нейтральным проводам. Для упомянутого выше кабеля Пирелли характеристический импеданс параллельных проводов 302 и 305, выполняющих роль линии электропередачи с параллельными проводами, составляет приблизительно 130 Ом. Итак, при промышленной частоте устройство, показанное на фиг. 3А и 3В, обеспечивает в результате подавление магнитного потока благодаря токам в нейтрали, протекающим в противоположных направлениях в обмотках 310А и 310В, что, в свою очередь, обеспечивает пренебрежимо малый результирующий магнитный поток через сердечник 315.

Другая обмотка 320 подсоединена к порту 350, через который передаются и принимаются данные. Обмотка 320 изолирована от нейтрали 325 силовой цепи, таким образом исключая контур заземления, который мог бы генерировать паразитный шум и перегрузки, приводящие к отказам, вносимые в цепи передачи данных.

Кабель 300 можно рассматривать как высокочастотную линию передачи, которая может быть подсоединена к оборудованию связи через элемент 307 связи. В этой конфигурации сигнал данных возбуждается дифференциально через нейтральные проводники 302, 305. Такая линия передачи должна будет генерировать даже меньшее электромагнитное излучение, чем одностороннее устройство, описанное со ссылкой на фиг. 2А, для заданного уровня мощности запуска.

Фиг. 3С - схематическое представление альтернативы устройства, показанного на фиг. 3А и 3В, использующее множество нейтральных проводов для образования линии передачи данных. Кабель 300 имеет множество нейтральных проводов 330, которые, по существу, параллельны друг другу, с отдельными элементами первого подмножества 330А множества нейтральных проводов 330, чередующихся с отдельными элементами второго подмножества 330В множества нейтральных проводов 330. Первое подмножество 330А в совокупности можно рассматривать как первый нейтральный проводник, и эти нейтральные проводники соединяются вместе для образования первого многожильного скрученного вывода 332 к элементу 307А связи. Второе подмножество 330В в совокупности можно рассматривать как второй нейтральный проводник, и эти нейтральные проводники соединяются вместе для образования второго многожильного скрученного вывода 333 к элементу 307А связи. Множество нейтральных проводов 330 предпочтительно конфигурируется как $N/2$ линий передачи, подсоединенных параллельно, где N - число нейтральных проводов 330, а $N/2$ - число нейтральных проводов в каждом из подмножеств 330А и 330В. Назначением такого параллельного соединения является снижение затухания, образуемого кабелем 300 примерно в $N/2$ раз, а также снижение характеристического импеданса в том же отношении.

Фиг. 3D - диаграмма, показывающая, как может быть реализовано устройство по фиг. 3С. Для облегчения присоединения первого подмножества 330А к первому многожильному скрученному выводу 332 первое изолирующее кольцо 335 размещают над всеми нейтральными проводниками, то есть первым подмножеством 330А и вторым подмножеством 330В, поблизости к точке, где будет размещен элемент 307А связи. Первое подмножество 330А наматывается на первое изолирующее кольцо 335 и соединяет-

ся вместе для образования первого скрученного многожильного вывода 332. Аналогичным образом второе подмножество 330В накручивается на второе кольцо 345, которое может быть изолирующим или неизолирующим, и соединяется вместе для образования второго скрученного многожильного вывода 333. Улучшенная геометрическая симметрия протекания тока и пониженные уровни напряжения должны дополнительно снизить электромагнитное излучение по сравнению с излучением, генерируемым в двухпроводном варианте воплощения по фиг. 3А.

Компания, которая предоставляет услуги энергоснабжения, может иметь возражения против разрезания двух нейтральных проводов и их повторного подсоединения через элемент связи. В соответствии с настоящим изобретением имеется возможность "намотать" магнитный сердечник вокруг двух выбранных нейтральных проводов способом, эквивалентным по топологии и магнитным свойствам варианту воплощения, показанному на фиг. 3А и 3В.

Фиг. 4А и 4В иллюстрируют варианты топологии магнитного сердечника для элемента связи при использовании пары нейтральных проводников, которые дифференциально возбуждаются сигналом передачи данных. Такой сердечник имеет первую область, смежную первому нейтральному проводнику, и вторую область, смежную второму нейтральному проводнику. Элемент связи включает в себя обмотку, намотанную вокруг части сердечника. Через сердечник обмотка возбуждает первый ток в первом нейтральном проводнике в первом направлении и возбуждает второй ток во втором нейтральном проводнике во втором направлении, которое противоположно первому направлению.

Как показано на фиг. 4А сердечник 400 может напоминать цифру "8" без контакта в точке пересечения. Цифра "8" образует топологическую "скрутку". Первая область включает в себя первый контур 405 цифры "8". Первый нейтральный проводник 410 проложен через первый контур 405. Вторая область включает в себя второй контур 415 цифры "8". Второй нейтральный проводник 420 проложен через второй контур 415. Сердечник 400 фактически представляет собой прилегающий сердечник с одним окном, через который проходят проводники 410 и 420 в противоположных направлениях, подавляя таким образом магнитный поток, обусловленный токами промышленной частоты. Обмотка 425 возбуждает токи высокочастотных сигналов в противофазе в нейтральных проводах 410 и 420.

Топология в форме цифры "8" может быть воплощена на поверхности кабеля, без разрезания нейтральных проводов. Как показано на фиг. 4В, сердечник, включающий в себя сегменты 400А и 400В сердечника, выполнен с первым зазором 430 в первом контуре 405 и вторым зазором 435 во втором контуре 415. Нейтральный провод 410 проложен через первый зазор 430, а нейтральный провод 420 проложен через второй зазор 435. Благодаря размещению сердечников 400А и 400В напротив изоляции 440 нейтральных проводов 410 и 420 нейтральные провода 410 и 420 размещаются на траектории магнитного потока.

Другим способом избежать физического разрезания нейтральных проводов является введение высокого импеданса для высоких частот последовательно с ними без разрезания проводов. Настоящее изобретение решает эту задачу охватыванием всего кабеля одним или более магнитными тороидальными сердечниками.

На фиг. 5А показано устройство кабеля, имеющего высокочастотный высокий импеданс, введенное размещение магнитного тороидального сердечника над кабелем.

Фиг. 5В - схематическое представление устройства по фиг. 5А.

Один или более магнитных тороидальных сердечников 502 размещают вокруг участка кабеля 500 передачи мощности. Первую обмотку 530 (фиг. 5В) к элементу 515 связи подсоединяют между первым нейтральным проводником 510 и вторым нейтральным проводником 512, в направлении внутрь кабеля 500 относительно магнитных тороидальных сердечников 502. Вторая обмотка 532 элемента 515 связи образует тракт данных к порту 520 модема.

Первый и второй нейтральные проводники 510, 512 являются проводниками множества нейтральных проводов 505 внутри кабеля 500. Каждый из нейтральных проводников 505 будет эффективно воспринимать дроссель 502А (фиг. 5В), непосредственно перед нейтральным токосъемным кольцом 525. Таким образом, магнитные тороидальные сердечники 502 вводят изолирующее реактивное сопротивление между каждым из нейтральных проводов 505 и землей, величиной порядка несколько мкГ.

Магнитные тороидальные сердечники 502 могут быть сконфигурированы как разъемный сердечник из двух половин, механической сборкой, предназначенной для точного согласования половин сердечника и для фиксации сердечника на кабеле 500. Преимущество такого воплощения заключается в том, что не требуется разрезания ни одного из нейтральных проводов 505 во время установки магнитных тороидальных сердечников 502.

Сигнал данных может быть передан и принят от модема (не показан), подсоединенного через порт 520 элемента 515 связи и связанного с нейтральными проводниками 510, 512 выше по потоку в цепи относительно магнитных тороидальных сердечников 502. Кабель 500 можно рассматривать как высокочастотную линию передачи с конечными точками 535 и 540 соединения, частично изолированными от земли тороидами, выполняющими функцию дросселей.

На промышленной частоте результирующий ток, проходящий через магнитные тороидальные сердечники 502, по существу, равен нулю, так как фазный ток центрального провода 517, протекающий в

одном направлении, уравновешивается противоположно направленным током нейтрали, протекающим через множество нейтральных проводов 505, все из которых проходят через магнитные тороидальные сердечники 502. Тем самым предотвращается насыщение сердечника. Распределение тока промышленной частоты по нейтральным проводам 505 остается неизменным благодаря присутствию магнитных тороидальных сердечников 502, так как очень незначительное реактивное сопротивление индуцируется действием дросселя, обусловленным тороидальными сердечниками 502, которые влияют одинаково на все нейтральные провода.

Фиг. 6А-6С иллюстрируют несколько устройств уравновешенной линии электропередачи, использующей два нейтральных провода и магнитную индукцию, в соответствии с настоящим изобретением. Фиг. 6D - схематическое представление устройств по фиг. 6А-6С. Преимущество, получаемое в этих устройствах, заключается в том, что появляется возможность избежать разрезания или манипулирования нейтральными проводами для цепей, которые могут быть или не быть под напряжением.

Каждое из устройств по фиг. 6А-6D использует два нейтральных провода в качестве линии передачи. Ток сигнала генерируется магнитной индукцией в участках нейтральных проводов, смежных с заземленным токосъемным кольцом. Магнитный сердечник с зазором (такой, как сердечник "Е") размещается поблизости и перпендикулярно двум нейтральным проводам.

Как показано на фиг. 6А, магнитный сердечник 605 с зазором имеет первый стержень 606 магнитопровода, размещенный поблизости и перпендикулярно одному из двух нейтральных проводов 602 кабеля 600, второй стержень 607 магнитопровода, размещенный поблизости и перпендикулярно второму проводу 602 из двух нейтральных проводов, и третий стержень, то есть общий стержень 610 магнитопровода, размещенный между первым стержнем 606 и вторым стержнем 607 магнитопровода. Общий стержень 610 магнитопровода имеет обмотку 608, намотанную вокруг него.

Обмотка 608 наматывается вокруг общего стержня 610 магнитопровода, размещенного между двумя нейтральными проводами 602 кабеля 600. Это устройство возбуждает токи в отдельных компонентах нейтральных проводов 602 в противоположных направлениях относительно друг друга. Сегмент 615 (фиг. 6В) нейтральных проводов 602, оканчивающихся вместе в заземляющем токосъемном кольце 625 (фиг. 6В), можно рассматривать альтернативно, как обмотку с одним витком, проходящую через зазор между рабочими поверхностями полюса стержней 606 и 610 магнитопровода, и между рабочими поверхностями полюса стержней 607 и 610 магнитопровода. Таким образом, ток сигнала в обмотке 608 будет возбуждать ток сигнала в двух нейтральных проводах 602, вводя дифференциальный сигнал в линию передачи, образованную этими двумя нейтральными проводами 602.

Как показано на фиг. 6С, для уменьшения размера относительно большого воздушного зазора между стержнями в стандартной форме сердечника (например, "Е" сердечника) и для увеличения коэффициента связи можно использовать пару магнитных тороидальных сердечников 620 с зазорами 627, через которые проложены нейтральные провода 602. Обмотка 630 наматывается вокруг участка каждого из магнитных тороидальных сердечников 620, например, общего стержня 632 магнитопровода.

Эквивалентная схема вариантов по фиг. 6А-6С показана на фиг. 6D. Секции нейтральных проводов 602, в которых возбуждается магнитный поток, действуют как две обмотки 635 с противоположными фазами, соединенные вместе на токосъемном кольце 625. Обмотка 645 образует порт 640 для подсоединения к модему (не показан).

Магнитодвижущая сила (МДС) промышленной частоты компенсируется в общем стержне сердечника, но полностью проявляется в каждом боковом стержне. Однако воздушный зазор, который должен быть больше диаметра нейтрального провода, обычно предотвращает насыщение в этих боковых стержнях.

Преимущество вариантов по фиг. 6А-6D заключается в том, что удастся избежать как прерывания, так и физического контакта с нейтральными проводами 602. Распределение тока между нейтральными проводами на промышленной частоте будет, по существу, оставаться неизменным, так как очень незначительное реактивное сопротивление, возбуждаемое в результате работы реактора сердечника, будет вносить незначительное реактивное сопротивление в общий импеданс нейтрального провода на всем сегменте кабеля. Кабель 600 можно рассматривать как высокочастотную линию электропередачи, подсоединенную на каждом конечном пункте через элемент связи, к средствам связи.

Фиг. 7 - схема уравновешенной линии передачи, использующей магнитную индукцию в соответствии с настоящим изобретением. Этот вариант воплощения аналогичен варианту по фиг. 6D, но в нем вместо связи единственного магнитного сердечника или пары тороидов с одной парой нейтральных проводов, она связана со всеми нейтральными проводами, организованными в пары. Для кабеля с нечетным числом проводов один провод остается неиспользованным. Для достижения этого можно использовать любой из вариантов воплощения по фиг. 6А-6D, с числом элементов связи, равным числу пар нейтральных проводов, и обмотками элементов связи, подсоединенных вместе. Для минимального излучения чередующиеся нейтральные провода должны быть противоположно сфазированы.

Аналогично вариантам воплощения по фиг. 6А-6D вариант по фиг. 7 включает в себя соединитель, имеющий обмотку 720 для ответвления сигнала данных через первые нейтральные проводники 702 кабеля 700 передачи мощности и вторую обмотку 740, индуктивно связанную с первой обмоткой 720, для

ответвления сигнала данных через порт 760 данных. В общем, вариант по фиг. 7 усовершенствует этот вариант реализации за счет использования третьей обмотки 725 для ответвления сигнала данных через второй нейтральный проводник 705 кабеля 700 передачи мощности и четвертую обмотку 745, индуктивно связанную с третьей обмоткой 725, для ответвления сигнала данных через порт 760 данных. Сигнал данных распространяется по первому пути через первые нейтральные проводники 702, первую обмотку 720 и вторую обмотку 740, и по второму пути через второй нейтральный проводник 705, третью обмотку 725 и четвертую обмотку 745. Первый путь параллелен второму пути.

Фиг. 7 иллюстрирует использование всех пар нейтральных проводников согласно варианту воплощения по фиг. 6D. Все пары 702, 705, 710 и 715 проводов выполняют роль линий передачи способом, аналогичным выбранной паре 600 по фиг. 6D. Сегменты нейтральных проводов, проходящих через магнитный поток сердечников, выполняют роль обмоток 720, 725, 730 и 735 и возбуждают пары нейтральных проводов, как линии электропередачи. Обмотки 740, 745, 750 и 755 могут быть подсоединены параллельно, как это показано, или в последовательной или параллельной комбинации, обеспечивая при этом согласованную фазировку, чтобы подать сигнал данных к порту 760. Так как на центральный фазный проводник 715 кабеля 700 передачи мощности действует равный и противоположный по фазе магнитный поток от обмоток связи, фазный проводник 715 не оказывает отрицательного влияния на передачу сигнала.

Некоторыми преимуществами варианта по фиг. 7 являются: (а) установка элемента связи может быть выполнена без выбора пары нейтральных проводников и поэтому без идентификации этих проводников на дальнем конце сегмента (следует заметить, что здесь возможна инверсия фазы, но она не будет оказывать отрицательное влияние на поток данных, так как модемы могут допускать инверсию фазы всего сигнала), (б) передача данных возможна даже в случае, если кабель 700 поврежден во время его прокладки и некоторые из нейтральных проводов случайно оказались заземленными, (в) лучшая компенсация внешних полей и более низкое излучение, и (г) более низкие потери в сегменте кабеля.

Фиг. 8 - схема варианта воплощения настоящего изобретения, использующего линии электропередачи со множеством наборов нейтральных проводов. Этот вариант использует любой из вариантов, представленных на фиг. 6A-6D, но вместо единственного пути сигнала, он использует множество линий 802, 805, 810, 815 передачи с нейтральным проводом, чтобы образовать множество независимых каналов передачи. Фиг. 8 показывает четыре канала передачи.

Аналогично вариантам по фиг. 6A-6D вариант по фиг. 8 включает в себя элемент связи, имеющий первую обмотку 820 для ответвления сигнала данных через первый нейтральный проводник 802 кабеля 800 передачи мощности, и вторую обмотку 825, индуктивно связанную с первой обмоткой 820, для ответвления сигнала данных через порт 830 данных. В общем, вариант по фиг. 8 усовершенствует этот вариант за счет использования третьей обмотки 835 для ответвления второго сигнала данных через второй нейтральный проводник 805 кабеля 800 передачи мощности и четвертой обмотки 840, индуктивно связанной с третьей обмоткой 835, для ответвления второго сигнала данных со вторым портом 845 данных.

Такое множество может быть использовано для достижения: (а) полной дуплексной передачи данных по одному или более каналам, (б) множества однонаправленных или двунаправленных каналов для увеличения тем самым полной полосы частот, (в) избыточной передачи данных для минимизации ошибок, (г) реализации многопроводных интерфейсов, которые имеют отдельные линии передачи тактового сигнала стробирующих импульсов и данных, и (д) использования одного канала для контрольных команд, извещения об ошибках, или других данных, полезных при сетевом управлении.

Для каждого из вариантов, показанных на фиг. 6A-6D, и для усовершенствований, показанных на фиг. 3-8, выбор одного или двух нейтральных проводов на одном конце кабеля предполагает то, что те же самые провода должны быть идентифицированы на удаленном конце кабеля.

На фиг. 9A представлена схема, на фиг. 9B - иллюстрация системы 900 для идентификации одного из множества проводов кабеля передачи мощности. Система 900 включает в себя приемник 902 для приема сигнала из выбранного нейтрального провода кабеля передачи мощности и индикатор 905 величины сигнала. Сигнал подается в выбранный проводник 925 в первой точке 926 в кабеле передачи мощности. Приемник 902 принимает сигнал во второй точке 927 в кабеле передачи мощности, удаленной от первой точки.

Система 900 также включает в себя ферритовый тороид 915, имеющий радиальный паз 920, через который проложен выбранный нейтральный проводник 925, и обмотку 930, намотанную вокруг участка ферритового тороида 915 и подсоединенную ко входу 935 приемника 902. Сигнал индуктивно развязан от выбранного нейтрального провода 925 через ферритовый тороид 915. Сигнал подается в выбранный нейтральный проводник 925 в первой точке 926 через индуктивный элемент 924 связи.

На первом конце кабеля, который должен быть подсоединен, выбирается провод (провода), и подсоединяется элемент связи. Фиг. 9A показывает пару выбранных нейтральных проводов. Элемент связи возбуждается маломощным высокочастотным генератором, работающим обычно в мегагерцовом диапазоне. Это вызывает протекание высокочастотного тока наиболее мощным потоком в выбранном проводе (проводах).

На удаленном конце радиоприемник 900 настраивается на ту же самую частоту. Специфика этого

радиоприемника заключается в том, что он оборудован измерителем 905 интенсивности сигнала и ручным или автоматическим регулятором 910 усиления для оптимизации усиления. Кроме того, антенна приемника включает в себя ферритовый тороид 915 с радиальным пазом 920, имеющим размер несколько больший, чем диаметр нейтрального провода 925, и обмотку, намотанную на тороиде 915, подключенном к входным клеммам 935 антенны приемника. Тороид 915 предпочтительно фиксируется устанавливается на корпусе приемника.

Монтажник удерживает приемник так, чтобы сориентировать паз в линию и поблизости с нейтральным проводником 925, и наблюдает за показаниями на измерителе 905 интенсивности сигнала. Монтажник затем перемещает приемник по касательной вокруг кабеля, поочередно измеряя сигнал на каждом проводе. Провод (провода), максимальные показания на измерителе интенсивности сигнала, будет тем проводом (проводами), который непосредственно возбужден на другом конце кабеля.

Способ идентификации одного из множества нейтральных проводов кабеля передачи мощности включает в себя соответственно этапы: (а) подачи сигнала в выбранный нейтральный провод в первой точке на кабеле передачи мощности, (б) измерения относительной величины сигнала на каждом из множества нейтральных проводов во второй точке на кабеле передачи мощности, удаленной от первой точки, и (в) идентификации выбранного нейтрального провода, исходя из относительных величин сигнала. Этап идентификации идентифицирует выбранный нейтральный провод в качестве одного из множества нейтральных проводов, имеющего самую большую относительную величину сигнала. Этап подачи включает в себя индуктивную подачу сигнала в выбранный нейтральный провод, а этап измерения включает в себя индуктивное ответвление сигнала из выбранного нейтрального провода.

Настоящее изобретение описано выше в контексте кабеля со множеством отдельных, взаимно изолированных нейтральных проводов. Однако многие электрические сети распределения мощности не используют кабели с взаимно изолированными нейтральными проводами, но напротив, имеют нейтральные провода в виде сетки или множества проводов, подсоединенных вместе с проводящей медной лентой. Фиг. 10А, 10В, 11А, 11В и их соответствующие описания относятся к применению настоящего изобретения для других обычных электрических сетей среднего напряжения, таких как сети, выполненные на воздушных проводах, и сети, выполненные на псевдокоаксиальных подземных кабелях с единственным нейтральным проводником.

Элемент связи, который избегает физического контакта с фазным проводом среднего напряжения, будет целесообразно применять потому, что такому элементу связи не потребуется выдерживать напряжения установившегося режима и напряжения перегрузки фазного проводника, тем самым упрощая конструкцию и снижая стоимость элемента связи. Однако применение предлагаемых в настоящее время индуктивных элементов связи предполагает целостность цепи, через которую может протекать ток, тогда как цепи среднего напряжения могут включать цепи, физически разомкнутые на своих концах, или подсоединяться к обмоткам трансформатора, высокий импеданс которых на радиочастотах может аппроксимировать эффект нагрузки разомкнутой цепи. В соответствии с настоящим изобретением индуктивные элементы связи могут быть использованы в сети обратного транзита данных среднего напряжения, когда высокочастотные нагрузки добавляются с использованием портов емкостной связи на концах кабеля, и в большой распределительной сети также в одном или более промежуточных положениях. Фазные проводники подземных линий электропередачи могут быть использованы в качестве линий передачи данных, когда они снабжены нагрузками, действующих на высоких частотах, используемых в системах связи для ответвления сигналов данных в линии передачи и из них.

В системах распределения электроэнергии электрическую сеть среднего напряжения подсоединяют к устройствам, которые представляют собой импеданс, намного превышающий характеристический импеданс кабеля для сигналов на высоких частотах. Такие устройства эффективно действуют как разомкнутые цепи для высокочастотных сигналов. Ответвление пакетов модулированных данных в такой разомкнутой кабель будет в результате приводить к тому, что большая часть ответвленной волны будет отражаться от концов кабеля, и возможно будет восприниматься приемниками данных, как новые пакеты. Другим нежелательным признаком таких отражений будет то, что они будут приводить к ложному заключению в приемниках данных, что в кабель поступили новые пакеты и совместно используемые схемы определения несущей будут нести потери в доступном времени передачи.

Для кабелей и проводов со значительно высокими частотными потерями эти отражения будут быстро рассеиваться и не будут вызывать проблем. Однако, как для воздушных линий, так и для некоторых подземных псевдокоаксиальных линий потери являются низкими, и сильные отраженные сигналы могут создавать помехи прямым сигналам.

Фиг. 10А и 10В - схемы участков сети передачи данных, реализованной в системе распределения электроэнергии, где данные переносятся по фазному проводу системы распределения электроэнергии. Настоящее изобретение использует комбинацию индуктивных и емкостных элементов связи. Как объяснено выше, сеть включает в себя: (а) индуктивный элемент связи для ответвления сигнала данных через фазный провод и имеет порт данных для дальнейшего ответвления сигнала данных, (б) емкостный элемент связи, подключенный между фазным проводом и землей, вблизи конца кабеля передачи мощности для поглощения отражений сигнала данных и дополнительно для использования в качестве порта данных

для ответвления сигнала данных.

Индуктивные элементы 1002 связи используются в промежуточных узлах 1005 вблизи распределительного трансформатора 1010. Каждый индуктивный элемент 1002 связи обеспечивает порт 1015 для подсоединения к модему (не показан) по сети среднего напряжения, запитанной от вторичной обмотки каждого распределительного трансформатора 1010. Емкостные элементы 1020 связи подключены между концом провода или кабеля и местной землей, чтобы как поглощать отражения, так и обеспечивать узлы 1025 ответвления сигнала. То есть узел 1025 ответвления сигнала размещен между емкостным элементом 1020 связи и землей для ответвления сигнала данных между фазным проводником и для обеспечения другого порта данных для сигнала данных.

"Конец провода или кабеля" включает в себя точку 1018, где мощность подается к кабелю от трансформатора, обеспечивающего преобразование высокого напряжения в среднее напряжение. В петлевых топологиях кабель возвращается к этому местоположению, но достигает обесточенного конца. Емкостные элементы 1020 связи включены на таких "обесточенных концах". Если тройник 1030 образует шлейф 1035 в электрической цепи, то емкостной элемент 1020 связи используется для нагрузки периферического конца шлейфа 1035.

Фиг. 11А - иллюстрация варианта воплощения индуктивного элемента 1102 связи для ответвления данных через фазный проводник в соответствии с настоящим изобретением. Фиг. 11В - схематическое представление варианта воплощения, показанного на фиг. 11А.

Индуктивный элемент 1102 связи включает в себя первую обмотку 1104 для ответвления сигнала данных через фазный проводник 1110, и вторую обмотку 1115, индуктивно связанную с первой обмоткой 1104, для ответвления сигнала данных через порт 1145 данных. Индуктивный элемент 1102 связи включает в себя сердечник 1105, через который проложен фазный проводник 1110. Эта конфигурация фазного проводника 1110, проложенного через сердечник 1105, выполняет функцию первой обмотки 1104, то есть обмотки, состоящей из одного витка. Вторая обмотка 1115 является обмоткой, намотанной вокруг участка сердечника 1105.

Индуктивный элемент 1102 связи является трансформатором тока, в котором сердечник 1105 размещен над сегментом фазного проводника 1110. Индуктивный элемент 1102 связи может быть также использован с подземным кабелем при размещении сердечника 1105 над сегментом подземного кабеля, который также не покрыт оболочкой нейтрального проводника, с фазным проводом кабеля передачи мощности, проходящим через сердечник 1105, как обмотка, состоящая из одного витка.

Сердечник 1105 выполнен из феррита или другого магнитно-мягкого материала с существенной магнитной проницаемостью и относительно низкими потерями в частотном диапазоне, требующемся для модулированных данных. Сердечник 1105 имеет воздушный зазор 1120, достаточный для обеспечения работы индуктивного элемента 1102 связи без насыщения даже в случае, когда ток через фазный проводник 1110 достигает величины максимального тока, на который рассчитан проводник 1110, например, 200 А (среднеквадратичный).

Индуктивный элемент 1102 связи имеет индуктивность намагничивания первичной обмотки, достаточную для создания заметного высокочастотного импеданса для передатчика модема в соответствующем частотном диапазоне, но пренебрежимо малого импеданса на частотах распределения мощности. Индуктивный элемент 1102 связи имеет индуктивность рассеяния, и вносимый импеданс первичной обмотки, который гораздо ниже характеристического импеданса линии передачи, в которой фазный провод 1110 является компонентом, в соответствующем частотном диапазоне.

Индуктивный элемент 1102 связи имеет высоковольтный конденсатор 1125, подключенный последовательно со второй обмоткой 1115 и портом 1145 данных, и подсоединен к низковольтному выходу, то есть выходу линии электроснабжения распределительного трансформатора 1130, чтобы предохранить вторую обмотку 1115 от короткого замыкания низковольтной силовой цепи 1135. Этот конденсатор 1125 передает сигнал данных между второй обмоткой 1115 и выходом линии электроснабжения.

Индуктивный элемент 1102 связи также имеет устройство 1140 защиты от перегрузок, подсоединенное параллельно со второй обмоткой 1115, чтобы защитить низковольтную цепь 1135 и любое другое электронное оборудование связи, подключенное к нему, от вредного воздействия импульса с высокой амплитудой, который может появиться в фазном проводе 1110 и быть ответвленным через индуктивный элемент 1102 связи в низковольтные линии.

Следует заметить, что хотя только один низковольтный фазный провод 1150 и низковольтный нейтральный провод 1155 подсоединены к элементу 1102 связи, другой фазный провод 1160 будет принимать незначительно ослабленный сигнал за счет емкостной и индуктивной связи по длине линий падения низкого напряжения (НН).

Важным вопросом и полезной целью является минимизация электромагнитного излучения от проводов и кабелей, используемых для передачи данных. Эти линии могут излучать электромагнитные помехи даже в случае, если они зарыты на глубину нескольких футов. Паразитные резонансы могут также помешать передаче в определенных узкополосных частотных диапазонах.

Следует использовать один или более методов для минимизации излучения, обеспечения допустимости резонансов и надежного канала передачи данных. Варианты для минимизации излучения включа-

ют в себя

(А) Использование модуляции расширения спектра в модемах, обеспечивающих подключение к электрической цепи среднего напряжения и от нее. Модуляция расширения спектра использует сравнительно низкую спектральную плотность мощности (например, -55 дБм/Гц).

(В) Минимизацию уровня мощности модулированных данных. Уровень мощности должен быть достаточно высоким для преодоления влияния любого шума в линии и любого собственного генерированного оборудованием шума, например, внутреннего шума, шума усилителя и т.д. При использовании соответствующей развязки линии среднего напряжения от зашумленных электрических сетей низкого и высокого напряжения шум линии может быть минимизирован. Это может быть достигнуто установкой включенных встречно-параллельно модемов в каждом индуктивном элементе связи. Включенные встречно-параллельно модемы предназначены для повторного генерирования битового потока и повторного модулирования передачи данных через дополнительную среду передачи.

Фиг. 12 - схема участка сети, имеющей включенные встречно-параллельно модемы в индуктивном элементе связи. Первый модем 1202 имеет первый порт 1225, связанный с портом данных второй обмотки индуктивного элемента 1102 связи для посылки и приема сигнала модулированных данных и второй порт 1210 для дополнительного ответвления цифровых данных. Второй модем 1205 имеет первый порт 1230 цифровых данных, связанный со вторым портом 1210 первого модема 1202, и второй порт 1235 для дополнительного ответвления сигнала модулированных данных. Как вариант реализации, маршрутизатор 1220 может быть установлен между первым модемом 1202 и вторым модемом 1205.

Вышеупомянутая конфигурация имеет следующие преимущества:

А) Шум низковольтной НВ сети не достигает сети среднего напряжения СН. Развязка может быть дополнительно увеличена за счет оптических элементов развязки, подключаемых последовательно с соединением 1210 передачи данных.

В) Модем с расширением спектра или другой модем, который использует технологию или параметры, отличные от модема среднего напряжения СН, может быть оптимизирован для электрических сетей низкого напряжения НН. Индуктивные элементы связи вносят дополнительный последовательный импеданс в узлах ответвления, малый относительно характеристического импеданса провода или кабеля, тем самым минимизируя как отражение, так и поглощение мощности. В этом случае модулированные данные могут успешно проходить большое число промежуточных узлов. Индуктивности намагничивания и рассеяния являются предпочтительно достаточно малыми, чтобы минимизировать искажение импеданса, но достаточно большими, чтобы обеспечить достаточную связь. Здесь предполагается наличие преднамеренного рассогласования импеданса между модемом и полным сопротивлением, представленным элементом связи.

С) Маршрутизаторы и другое сетевое оборудование 1220 могут быть использованы в качестве посредника между домашней и внешней сетями.

Одним параметром при обсуждении минимизации излучения является ослабление уровня сигнала в направлении между линией и элементом связи, так как уровень сигнала в линии электроснабжения среднего напряжения должен быть достаточно высоким, чтобы преодолеть это ослабление. Ослабление в направлении между элементом связи и линией можно легко преодолеть без дополнительного излучения подачей большей мощности на элемент связи, возбуждающей линию таким образом, чтобы установить максимально допустимый уровень передаваемой мощности, согласующийся с требованием максимально допустимых уровней излучения.

Например, если каждый элемент связи рассчитан на потери связи 10 дБ, то передаваемую мощность можно увеличить на 10 дБ, чтобы компенсировать потери, и лишь 10 дБ второго элемента связи будут вычитаться из общих потерь модема.

Фиг. 13 - схема оборудования для пассивной связи модулированных данных между сегментами энергетической системы в соответствии с настоящим изобретением. Фиг. 13 показывает сеть 1300 передачи данных, реализованную в системе распределения электроэнергии, имеющей первый сегмент 1302 с первым нейтральным проводником 1320 и второй сегмент 1303 со вторым нейтральным проводником 1330. Сеть 1300 включает в себя первый элемент 1306 связи для индуктивного ответвления сигнала данных через первый нейтральный проводник 1320, и имеет порт 1335 данных для дополнительного ответвления сигнала данных, и второй элемент 1307 связи, имеющий порт 1340 данных, связанный с портом 1335 данных первого индуктивного элемента 1306 связи, и для индуктивного ответвления сигнала данных через второй нейтральный проводник 1330.

Первый сегмент 1302 включает в себя кабель 1315 распределения мощности на первой стороне трансформатора 1345 распределения мощности. Второй сегмент 1303 включает в себя второй кабель 1325 распределения мощности на второй стороне трансформатора 1345 распределения мощности. Трансформатор 1345 распределения мощности имеет выход в линию 1350 энергоснабжения. Сеть 1300 далее включает в себя конденсатор 1310 между портом 1335 данных первого индуктивного элемента 1306 связи и выходной линией 1350 электроснабжения для ответвления сигнала данных с выходной линией 1350 электроснабжения.

Каждый межтрансформаторный сегмент становится отдельным звеном в многозвенной цепи. Эле-

мент связи подключен к каждой оконечной нагрузке кабеля, таким образом требуя двух элементов связи на один трансформатор, за исключением последнего трансформатора на сегменте обесточенного конца.

Пассивное связывание в цепь сегментов достигается подсоединением портов 1335 и 1340 данных двух элементов связи на любой стороне трансформатора друг к другу. Пассивное подсоединение к устройствам связи, подключенным к линии 1350 низкого напряжения НН достигается через последовательно подключенные разделительные конденсаторы 1310. Аналогичные модемы должны быть подключены как в точке питания сетей, такой как силовая подстанция, так и в низковольтных точках отбора энергии в помещениях пользователей.

Фиг. 14 - схема оборудования для ответвления модулированных данных между сегментами энергетической системы, использующей включенные встречно-параллельно модемы. Фиг. 14 показывает сеть 1400 передачи данных, реализованную в системе распределения электроэнергии, имеющую первый сегмент 1402 с первым нейтральным проводником 1420 и второй сегмент 1403 со вторым нейтральным проводником 1430. Сеть 1400 включает в себя первый элемент 1406 связи для индуктивного ответвления сигнала данных через первый нейтральный проводник 1420 и имеет порт 1435 данных для дополнительного ответвления сигнала данных, и второй элемент 1407 связи, имеющий порт 1440 данных, связанный с портом 1435 данных первого индуктивного элемента 1406 связи, и для индуктивного ответвления сигнала данных через второй нейтральный проводник 1430.

Первый модем 1460 включает в себя первый порт для сигналов 1465 модулированных данных, связанный с портом 1435 данных первого элемента 1406 связи, и второй порт для цифровых данных 1470 для дополнительного ответвления сигнала данных. Второй модем 1480 имеет первый порт для цифровых данных 1475, связанный со вторым портом 1470 первого модема 1460, и второй порт для дополнительного ответвления сигнала модулированных данных.

Система распределения электроэнергии включает в себя трансформатор 1445 распределения мощности, имеющий выходную линию 1450 электроснабжения. Сеть 1400 также включает в себя конденсаторы 1410 между вторым портом 1485 второго модема 1480 и выходной линией 1450 электроснабжения для ответвления сигнала модулированных данных в выходную линию 1450 электроснабжения.

Кабель среднего напряжения может включать в себя длинный сегмент кабеля, такой как выходящий из подстанции к первому распределительному трансформатору в контуре. Для простоты установки и обслуживания длинную секцию можно сегментировать, предусмотрев при этом кабельные смотровые колодцы в каждом узле. В этих точках сегменты кабеля могут окончить концевую заделку в разъемах среднего напряжения (для центрального проводника), наряду с токосъемными кольцами нейтрального проводника, которые заземляются. Это вносит разрыв в линию передачи данных, которая поддерживается на одном или более нейтральных проводников. Для обхода этого разрыва может быть установлена пара элементов связи, по одному на какой-либо стороне земли, с их первичными обмотками, подсоединенными друг к другу, создавая при этом шунтирующее соединение.

Настоящее изобретение также обеспечивает реализацию сети передачи данных с использованием фазного проводника по сегментам системы распределения электроэнергии.

Фиг. 15 - схема, показывающая различные методы ответвления данных в фазный проводник системы распределения электроэнергии при реализации сети 1500 передачи данных в соответствии с настоящим изобретением.

Емкостной элемент связи размещен на воздушных линиях, питаемых понижающим трансформатором, обеспечивающим преобразование высокого напряжения ВН в среднее напряжение СН. Импеданс вторичной обмотки трансформатора имеет тот же самый порядок величины, что и порядок величины для воздушных линий, или превышает его. Оконечная нагрузка - элемент связи, например емкостной элемент связи с портом данных, может быть использован здесь для (а) связи модема с линией и для (б) оконечной нагрузки линии на сопротивление, приблизительно равное характеристическому импедансу кабеля передачи мощности (когда импеданс модема или балластного резистора отражается через его трансформатор). Фиг. 15 показывает соответственно, что система распределения электроэнергии включает в себя понижающий трансформатор 1502 высокого напряжения ВН в среднее напряжение СН подстанции. Емкостной элемент 1535 связи, то есть оконечная нагрузка - элемент соединения размещен поблизости вторичной обмотки понижающего трансформатора 1502 напряжения. Компонент, такой как модем 1525, имеет импеданс, который при отражении через емкостной элемент 1535 связи приблизительно равен характеристическому импедансу кабеля передачи мощности.

В системах, таких как системы в Японии, где принято прокладывать коаксиальные подземные кабели с очень низким импедансом длиной до сотен метров к началу воздушной сети, предпочтительное местоположение для индуктивных элементов связи - на воздушной стороне точки перехода "подземной-воздушной" линии. Здесь низкий импеданс подземного кабеля действует как короткое замыкание на конце воздушной линии, и образуется замкнутый токовый контур. Таким образом, система распределения электроэнергии включает в себя переход 1545 между воздушным кабелем 1515, 1516 и подземным кабелем 1510, в котором подземный кабель 1510 имеет характеристический импеданс, гораздо меньший, чем характеристический импеданс воздушного кабеля 1515. Один или более индуктивных элементов 1540, 1541 связи размещены на воздушном кабеле 1515, 1516, поблизости к переходу 1545.

Размещение индуктивных элементов 1540, 1541 связи на трехфазном воздушном кабеле 1515, 1516 можно выполнить симметрично с каждым элементом пары элементов связи, возбуждаемых током в противофазе. Такое возбуждение будет существенно компенсировать электромагнитное излучение поля в дальней зоне и упрощать совместимость с обязательными нормами. Следовательно, сеть 1500 может включать в себя пару индуктивных элементов 1540, 1541 связи, так что первый индуктивный элемент связи, например элемент 1540 связи пары, возбуждает первый ток в фазном проводнике, например проводнике 1515 в первом направлении, а второй индуктивный элемент связи, например элемент 1541 связи пары, возбуждает второй ток во втором фазном проводнике, например проводнике 1516, в направлении, противоположном направлению первого тока.

Кроме того, одна фаза может возбуждаться одинаковыми и противоположно направленными токами относительно возбуждаемых в других фазах на расстоянии, превышающем одну длину волны от индуктивного элемента связи, при этом вновь компенсируя большую часть излучения в дальней зоне. Например, может быть использован один индуктивный элемент 1540 связи, а явления индукции в линии передачи могут основываться на балансе токов, после одной длины волны вниз по линии.

Индуктивные элементы связи могут быть также размещены в линиях, питающих первичную обмотку распределительного трансформатора, так как импеданс первичной обмотки трансформатора различных типов распределительных трансформаторов может иметь тот же самый порядок величины его, что и у воздушных линий и образуется замкнутый контур. Так как этот контур переносит сравнительно низкие токи промышленной частоты, обычно в диапазоне 2-8А, будет иметься низкая вероятность насыщения сердечника, и сердечники элемента связи могут иметь малый воздушный зазор или вообще не иметь воздушного зазора. Как показано на фиг. 15, индуктивный элемент 1550 связи размещен в линии, которая питает первичную обмотку 1555 распределительного трансформатора системы распределения электроэнергии.

Так как величина импеданса цепи, воспринимаемого индуктивным элементом 1550 связи, может составлять сотни Ом, а модемы 1560 по длине линии передачи, подсоединенные к индуктивному элементу 1550 связи, обычно имеют импеданс 50 Ом, может иметь место существенное рассогласование импедансов.

Как показано на фиг. 15, система 1500 распределения электроэнергии может включать в себя конденсатор ЛЭС и/или конденсатор для повышения коэффициента мощности, например конденсатор 1565 между фазным проводником, например, 1516 и землей. Конденсатор 1565 может иметь импеданс, который меньше, чем импеданс кабеля 1516 передачи мощности. Конденсаторы ЛЭС и конденсаторы для повышения коэффициента мощности могут иметь высокий РЧ импеданс, и в этом случае они не будут в значительной степени искажать сигналы высокой частоты (ВЧ), проходящие через энергетическую систему. Для тех устройств, у которых РЧ импеданс имеет тот же самый порядок или ниже величины характеристического импеданса линии электроснабжения, таких как конденсатор 1565, последовательно с конденсатором 1565 может быть подсоединен последовательный дроссель 1570. Последовательный дроссель 1570 может включать в себя имеющийся проволочный вывод 1575 к конденсатору 1565 путем помещения одного или более защелкивающихся разъемных магнитных сердечников на проволочном выводе 1575.

Ток промышленной частоты будет сравнительно низким, так что насыщение сердечника не будет составлять проблемы. Величина порядка мкГ индуктивных импедансов этих дросселей не будет влиять на работу конденсаторов в области промышленной частоты. Могут быть также использованы создающие потери сердечники, так как они просто увеличивают ВЧ импеданс дросселя и обеспечивают дополнительную развязку конденсатора.

Воздействия от отражений в линии передачи должны приниматься во внимание, так как они генерируют эхо-сигналы, которые могут внести ошибки в поток данных. Модуляция расширенного спектра является самым вероятным кандидатом для такой передачи с наложенным эхо, так как она допускает узкополосное частотное поглощение и узкополосный шум, и минимизирует испускаемое электромагнитное излучение благодаря его низкой плотности спектральной мощности. Для модемов расширенного спектра отраженные внутриапакетные сигналы, которые примерно на 6-10 дБ или более, ниже уровня прямого сигнала, не будут оказывать отрицательного влияния на прием данных. Внутриапакетные отраженные сигналы определяются как отражения, поступающие во время прямого приема исходного пакета.

Искажения импеданса в линиях электроснабжения могут быть вызваны: (а) распределительными трансформаторами, с добавлением или без добавления импеданса индуктивного элемента связи, (б) оконечными нагрузками линии, которые обычно проектируют для идеального согласования с импедансом линии, (в) тройниками и (г) конденсаторами ЛЭС, или конденсаторами для повышения коэффициента мощности. Коэффициент отражения этих нарушений непрерывности импеданса в общем, не будет превышать 0,5, и отраженный сигнал подвергается потерям исходящих и обратных сигналов самих линий, то есть потерям на поглощение и излучение, так что можно ожидать, что амплитуда отраженных сигналов будет ниже амплитуды прямых сигналов на величину более 6-10 дБ. Таким образом отраженные сигналы, которые поступают во время пакета данных, будут проявляться как низкоамплитудный шум, и они не будут мешать правильному приему полезных сигналов передачи данных.

Для элементов связи, размещенных между низкоимпедансными точками питания и высокоимпедансными линиями, например на переходе 1545, потери и отражения из-за рассогласования импедансов являются нежелательными. Поскольку очень тяжелые силовые провода невозможно намотать вокруг сердечника элемента связи, вторичная обмотка может иметь не более одного витка, и первичная обмотка может иметь не менее одного витка. Поэтому импеданс, отраженный на линии электроснабжения, будет равен импедансу модема, четвертой его части или меньше, в зависимости от коэффициента трансформации. Для модемов с 50-омным оконечным импедансом этот отраженный импеданс будет гораздо ниже, чем их характеристический импеданс. Одним решением для улучшения согласования импедансов является создание модемов с выходным импедансом порядка нескольких сотен Ом.

Другим решением будет подсоединение пары элементов связи с противоположными фазами с параллельными первичными обмотками. Вторичные обмотки (линии СН) необходимо подсоединять последовательно. Таким образом, 50-омный импеданс модема трансформируется в 100-омный отраженный импеданс пары индуктивных элементов связи с противоположными фазами. Этот принцип может быть развит при использовании множества элементов связи с их первичными обмотками, подключенными параллельно, реализуя при этом последовательное соединение обмоток трансформатора (элемента связи) на стороне линии электропитания, и параллельное соединение на стороне модема.

Например, фиг. 15 показывает первый индуктивный элемент 1540 связи и второй индуктивный элемент 1541 связи. Первый индуктивный элемент 1540 связи возбуждает первый ток в первом направлении в фазном проводнике 1515 через первую обмотку 1540А, и второй индуктивный элемент 1541 связи возбуждает второй ток в противоположном направлении в фазном проводнике 1516 через вторую обмотку 1541А. Первая обмотка 1540А и вторая обмотка 1541А подключены параллельно друг другу. На фиг. 15 первая обмотка 1540А и вторая обмотка 1541А отмечены точками, чтобы показать их фазовое соотношение.

Индуктивный элемент связи в воздушной точке питания должен быть спроектирован так, чтобы выдерживать воздействия общего тока питания, который может достигать сотен ампер. Так как даже одновитковая обмотка, несущая такой ток, будет насыщать сердечник из доступных в настоящее время магнитных материалов, пригодных для работы на высокой частоте, этот элемент связи "главной линии" должен, в общем случае, включать в себя воздушный зазор в его магнитной цепи. Для достижения достаточной индуктивности намагничивания такие элементы связи потребуют множества сердечников, образующих эквивалент одного сердечника, который будет очень толстым в направлении провода передачи мощности.

Фиг. 16А-16С - схемы, представляющие несколько применений емкостных элементов связи в сети связи, реализованной в системе распределения электроэнергии. Эти емкостные элементы связи используются в узлах сети, где индуктивные элементы связи могли оказаться неэффективными, например, в точках, где имеется эффективная разомкнутая цепь для РЧ-тока.

Емкостной элемент 1020 связи, такой как используемый на фиг. 10А и 10В, показан на фиг. 16А, и обозначен здесь, как емкостной элемент 1600 связи. Емкостной элемент 1600 связи должен иметь возможность непрерывно выдерживать рабочее напряжение, подаваемое фазным проводником, и последовательность импульсов базового уровня, например 125 кВ для 15 кВ рабочего напряжения согласно спецификации 386 стандарта IEEE. Емкостной элемент 1600 связи должен также проектироваться так, чтобы устранять пробой коронного разряда, как это указано в вышеупомянутой спецификации.

Емкостной элемент 1600 связи подсоединен к линиям СН через высоковольтные конденсаторы 1620 емкостью, например, 10 нФ, импеданс которых на самой низкой соответствующей частоте является частью характеристического импеданса кабеля передачи мощности. По выбору, емкостной элемент 1600 связи может включать в себя, в качестве дополнительного варианта плавкий предохранитель 1625, последовательно подключенный к конденсатору 1620, чтобы избежать отказа линии среднего напряжения в случае короткого замыкания.

Высокоимпедансные нагрузочные резисторы 1605 подсоединены параллельно к каждому конденсатору 1620 для обеспечения их разряда, когда они не подсоединены к находящимся под напряжением цепям. Для дальнейшей развязки порта 1630 данных от линий СН используют высокочастотный развязывающий трансформатор 1615 с произвольным, не равным единице, коэффициентом трансформации, если необходимо, для преобразования импедансов.

Для защиты устройств, подсоединенных к порту 1630 данных, устройство 1632 защиты от перегрузок, такое как металлооксидный варистор (МОВ), может быть подсоединено к выводам порта 1630 данных, чтобы ограничить амплитуду импульсов, которые, в противном случае, могут быть ответвлены из линий СН к устройствам.

В сети, в которой установлен конденсатор, предпочтительно одна клемма емкостного элемента 1600 связи подсоединяется к линии фазы среднего напряжения, а другая клемма подсоединяется к нейтралю (для однофазных линий) или к линии второй фазы (для многофазных линий).

При использовании для оконечной нагрузки обесточенного конца линии передачи может быть применен емкостной элемент 1600 связи вместе с резистором 1635 оконечной нагрузки, подсоединенным к порту 1630 данных, для согласования характеристического импеданса кабеля передачи мощности.

Фиг. 16В иллюстрирует использование емкостного элемента 1600 связи для связи модема 1636 с обесточенным концом кабеля передачи мощности. Модем 1636 подсоединен к порту 1630 данных.

Фиг. 16С - схема устройства емкостных элементов связи для сохранения непрерывности сигнала данных через размыкающий переключатель электрической цепи. Фиг. 16С показывает систему распределения электроэнергии, имеющую фазный проводник с первым сегментом 1601 на первой стороне переключателя 1602 и вторым сегментом 1603 на второй стороне переключателя 1602. Первый емкостной элемент 1650 связи ответвляет сигнал данных через первый сегмент 1601 и имеет порт 1635 данных для дополнительного ответвления сигнала данных. Второй емкостной элемент 1660 связи имеет порт 1665 данных, связанный с портом 1635 данных первого емкостного элемента 1650 связи, и связывает сигнал данных через второй сегмент 1603. Таким образом, передача сигнала данных между первым сегментом 1601 и вторым сегментом 1603 поддерживается, когда переключатель 1602 разомкнут.

Настоящее изобретение использует множество сетевых протоколов для расширения физического диапазона и повышения надежности. После прохождения через индуктивные элементы связи и обнаруживая рассогласование импедансов, тройниковые соединения и потери на излучении, амплитуда сигнала, поступающего в приемник модема, может стать очень слабой. Безотносительно к тому, будет ли этот ослабленный сигнал низким относительно внутреннего шума модема или относительно окружающего электрического шума в линиях среднего напряжения, имеется физическая точка, за которой этот сигнал не может быть обнаружен и демодулирован в данные с приемлемо низким коэффициентом ошибок.

Двунаправленные модемы могут быть добавлены для повторного генерирования и усиления сигнала, если используются высокоимпедансные дроссели для разделения электрической сети среднего напряжения на независимые сегменты.

Сеть передачи данных может использовать протоколы связи, которые включают в себя прохождения маркеров данных от узла к узлу. На каждом узле маркер, который обеспечивает сигнализацию или управление, или включает в себя пакет данных в качестве полезной информации, запоминается, интерпретируется и отправляется или к местному пользователю данных модема, или, иначе, - к следующему узлу в сети. Время, требующееся для запоминания, интерпретации и повторной передачи маркера, будет значительно снижать полученную в результате скорость передачи данных такой сети, если каждый узел постоянно работает под управлением от основного оборудования.

В соответствии с настоящим изобретением лишь определенные узлы программируются, чтобы быть активными в любой заданный момент, а именно узел, к которому маркер направлен, и только минимальное фиксированное подмножество узлов, распределенных вдоль сети, требуется, чтобы поддержать минимальную амплитуду сигнала для всех точек на сети. Когда это подмножество узлов активно, будет иметь место полезный компромисс между задержкой во времени и сниженной, полученной в результате скоростью передачи данных в обмен на расширенный физический диапазон и улучшенный коэффициент ошибок.

Определение идентичности постоянно активных элементов узла может быть реализовано посредством измерений вручную затухания между всеми узлами сети среднего напряжения. Модемы предпочтительно снабжены цепями, которые измеряют амплитуду напряжения и/или соотношение сигнал-шум, и опрашиваются уровнем управления доступом к средам передачи в сети. Узлы должны быть также запрограммированы, чтобы принимать команду, которая удерживает их в постоянно активном режиме передачи даже для маркеров или пакетов, которым они не направлены.

Может быть реализован алгоритм, который определит, какие узлы должны быть установлены в постоянно активном состоянии, и он выдает поток команд ко всем узлам, чтобы установить соответствующие узлы в постоянно активное состояние. Алгоритм запускается каждый раз, когда меняется конфигурация электрической цепи среднего напряжения, но это - сравнительно редкое событие.

Близко расположенные узлы будут иметь скорость передачи данных, равную максимальной скорости передачи данных в сети, тогда как более удаленные узлы еще будут получать надежное обслуживание с низким коэффициентом ошибок, хотя и при более низкой скорости передачи данных. В принципе, заявленное устройство устраняет все дистанционные ограничения для линий связи среднего напряжения.

Линия передачи, образованная выбранным проводником и его соседями, имеет присущую ей широкую полосу частот, низкие потери и низкодисперсную среду. Для воздушных линий потери будут иметь место из-за скин-эффекта и излучения, последнее будет относительно незначительным, так как линии не резонируют на большинстве частот. Для подземных линий потери будут иметь место из-за скин-эффекта и потерь в изоляции, например, в наружном слое пластика и внутреннем слое полупроводящего материала.

Настоящее изобретение обеспечивает генерацию низкого электромагнитного излучения и имеет низкую магнитную восприимчивость к внешнему шуму, особенно в случае, когда используется с методами расширения спектра. Уровни мощности могут также поддерживаться низкими, ввиду низких потерь на переходе кабель-элемент связи. Восприимчивость к источникам внешнего шума будет пропорциональна излучению, причем имеющие самые низкие электромагнитные помехи (ЭМП), а также являясь наиболее стойкими к приему внешнего шума, основываясь на принципе взаимности.

Для одностороннего режима (см. фиг. 2А) два соседа выбранного проводника работают в противо-

фазе с центральным проводником, как в режимах электрического, так и магнитного излучения. Наблюдатель на расстоянии установил бы существенную компенсацию полей.

Для уравновешенных режимов будет иметь место как компенсация в дальней зоне, так и эффект экранирования заземленных соседей. Для оконечной нагрузки трансформатора (см. фиг. 2В) потери связи будут самыми низкими, а уровни мощности возбуждения можно поддерживать относительно низкими, обеспечивая минимальные уровни ЭМП. Для оконечной нагрузки дросселя уровни мощности возбуждения будут несколько выше.

Если модемы выполняют функцию повторителей, то уровни мощности возбуждения могут поддерживаться на минимуме, требуемом для единственного сегмента, дополнительно снижая излучение.

Сеть передачи данных в соответствии с настоящим изобретением обеспечивает возможность достижения очень высоких скоростей передачи данных, например, превышающих 10 мб/с (мегабит в секунду). Все элементы связи представляют собой магнитные и электростатические устройства с диапазонами передачи, которые могут достигать по меньшей мере десятков мегагерц, если используются высокочастотные магнитные и диэлектрические материалы. Линии передачи, являющиеся не слишком зашумленными и имеющие минимальную дисперсию, могли бы передавать частоты свыше 20 МГц. Такие частоты можно было бы использовать для модемов, применяющих различные схемы модуляции, и даже величина в один бит на герц могла бы обеспечить высокие скорости передачи.

Сигнализация в основной полосе частот может быть также использована, если кодирование данных устраняет длинные последовательности из всех единиц и нулей. С межсегментными соединениями, которые включают в себя повторное генерирование (повторители), ширина полосы должна быть значительно больше, чем диапазон, возможный при пассивном сочленении сегментов.

Элементы связи согласно настоящему изобретению могут устанавливаться при незначительном прерывании энергоснабжения или его отсутствии для потребителей. Установка может быть выполнена без воздействия высоких напряжений. При работе линейных электриков в перчатках органы энергонадзора могут разрешить размещение индуктивного элемента соединения вокруг кабеля, когда кабель находится на обслуживании. Даже если органы энергонадзора настаивают на запрещении работ с кабелями, находящимися под напряжением, архитектура контура соседних электрических сетей среднего напряжения позволяет отсоединить сегмент единственного кабеля без прерывания энергоснабжения для потребителей. Для относительно небольшого числа емкостных элементов связи может потребоваться единственный короткий перерыв в подаче электроэнергии.

Настоящее изобретение допускает возможность непрерывной работы сети передачи данных даже во время перерыва в подаче электроэнергии. Работа продолжается даже во время подачи электроэнергии среднего напряжения.

Настоящее изобретение почти не оказывает влияния на надежность электрической цепи. Индуктивные элементы связи не имеют режимов отказов, которые отрицательно повлияли бы на поток мощности. Несколько емкостных элементов связи с их предохранителями также не будут вызывать отказа в линии.

Для вариантов по фиг. 2А и 2В наматывание на элемент связи более толстого провода будет препятствовать его отказу из-за перегрузки по току, а использование соединений промышленного стандарта между выбранной нейтралью и элементом связи будет минимизировать отказ соединения. Если имеет место разомкнутая цепь, она оставляет $(N-1)/N$ часть незатронутой пропускной способности по току или 87% в данном случае. Поскольку кабели обычно работают с пропускной способностью ниже 200А, такой выход из строя не будет оказывать какого-либо воздействия.

Короткое замыкание элемента связи будет влиять на передачу данных, но это будет просто восстанавливать нейтральный проводник в его первоначальное состояние. Следовательно, на энергетическую систему не будет оказываться отрицательное воздействие.

Короткое замыкание на землю нейтрали или какой-либо другой части элемента связи не будет влиять на линию СН, так как ее нейтраль близко подсоединена к заземляющему стержню. Выход из строя магнитной цепи, разрыв, короткое замыкание или насыщение не будут влиять на подачу электроэнергии или на надежность системы.

Элементы связи используют лишь пассивные компоненты, предполагающие фактически неограниченный срок службы. Индуктивный элемент связи может быть любым соответствующим трансформатором или катушкой индуктивности.

В варианте воплощения с пассивными компонентами индуктивные элементы связи используют лишь пассивные компоненты, например провода, намотанные вокруг магнитных сердечников, а также компоненты, не имеющие изнашивающихся механизмов.

Конструкция на пассивных компонентах и простота установки индуктивных элементов связи обеспечивают экономичное решение проблемы связи с распределительными линиями среднего напряжения и использования ими каналов обратного транзита данных. Время установки для преобладающих индуктивных элементов должно быть менее 15 мин, а расходы на установку - минимальные.

Имеется явное преимущество воплощений, использующих нейтральные линии, по сравнению с емкостными шунтирующими элементами связи, которые используют провода среднего напряжения для передачи данных. Последние приводят в контакт каждый трансформатор по меньшей мере один раз с

линией среднего напряжения, и должны выдерживать полные напряжения короткого замыкания. Например, элемент связи для 15 кВ (среднеквадратичный) кабеля с заземленной фазой должен быть испытан на базовый уровень импульсов, равный 125 кВ. Это делает емкостной элемент связи очень громоздким и дорогостоящим и добавляет много потенциальных точек отказа в систему.

Понятно, что различные альтернативы и модификации могут быть выполнены специалистами в данной области техники. Настоящее изобретение охватывает все такие альтернативы, модификации и варианты в пределах объема патентной защиты, определяемого прилагаемой формулой изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство для обеспечения передачи сигнала данных через кабель передачи мощности, имеющий первый нейтральный проводник и второй нейтральный проводник, содержащее сердечник, установленный около упомянутых первого и второго нейтральных проводников, и обмотку, намотанную вокруг участка упомянутого сердечника, при этом упомянутый сигнал данных индуктивно отвечает между упомянутым первым нейтральным проводником и портом данных, и между упомянутым вторым нейтральным проводником и упомянутым портом данных через упомянутый сердечник и упомянутую обмотку, и упомянутый сигнал данных возбуждается дифференциально через упомянутые первый и второй нейтральные проводники.

2. Устройство по п.1, в котором упомянутый сердечник возбуждает первый ток в упомянутом первом нейтральном проводнике в первом направлении и возбуждает второй ток в упомянутом втором нейтральном проводнике во втором направлении, противоположном упомянутому первому направлению.

3. Устройство по п.1, в котором упомянутый сердечник топологически конфигурирован, как цифра "8", без контакта в точке пересечения "8".

4. Устройство по п.3, в котором упомянутый сердечник включает первую область, смежную с упомянутым первым нейтральным проводником, и вторую область, смежную с упомянутым вторым нейтральным проводником, причем упомянутая первая область включает первый контур упомянутой цифры "8", упомянутый первый проводник проложен через упомянутый первый контур, упомянутая вторая область включает второй контур упомянутой цифры "8", и упомянутый второй проводник проложен через упомянутый второй контур.

5. Устройство по п.3, в котором упомянутый сердечник включает первую область, смежную упомянутому первому нейтральному проводнику, и вторую область, смежную упомянутому второму нейтральному проводнику, причем упомянутая первая область включает первый зазор в первом контуре упомянутой цифры "8", упомянутый первый проводник проложен через упомянутый первый зазор, упомянутая вторая область включает второй зазор во втором контуре упомянутой цифры "8", причем упомянутый второй проводник проложен через упомянутый второй зазор.

6. Устройство по п.1, в котором упомянутый первый нейтральный проводник и упомянутый второй нейтральный проводник являются, по существу, параллельными друг другу в упомянутом кабеле передачи мощности.

7. Устройство по п.1, в котором упомянутый первый нейтральный проводник проложен в первом направлении через упомянутый сердечник и подсоединен к заземленному ответвлению от средней точки, и упомянутый второй нейтральный проводник проложен во втором направлении через упомянутый сердечник и подсоединен к упомянутому заземленному ответвлению от средней точки.

8. Устройство по п.1, в котором упомянутый кабель передачи мощности имеет множество нейтральных проводников, которые, по существу, параллельны друг другу, причем отдельные элементы первого подмножества упомянутого множества нейтральных проводников чередуются с отдельными элементами второго подмножества упомянутого множества нейтральных проводников, упомянутый первый нейтральный проводник включает упомянутое первое подмножество упомянутого множества нейтральных проводников, и упомянутый второй нейтральный проводник включает упомянутое второе подмножество упомянутого множества нейтральных проводников.

9. Устройство по п.1, дополнительно содержащее магнитный тороид, размещенный вокруг участка упомянутого кабеля передачи мощности, упомянутый первый нейтральный проводник и упомянутый второй нейтральный проводник подсоединены к общему элементу оконечной нагрузки, расположенному ниже по потоку относительно упомянутого магнитного тороида, и упомянутый сердечник размещен около упомянутого первого и второго нейтральных проводников, расположенных выше по потоку относительно упомянутого магнитного тороида.

10. Устройство по п.1, в котором упомянутый сердечник включает магнитный сердечник с зазором, имеющий первый стержень магнитопровода, размещенный поблизости и перпендикулярно упомянутому первому нейтральному проводнику, второй стержень магнитопровода, размещенный поблизости и перпендикулярно упомянутому второму нейтральному проводнику, и третий стержень магнитопровода, размещенный между упомянутым первым стержнем магнитопровода и упомянутым вторым стержнем магнитопровода, имеющий упомянутую обмотку, намотанную вокруг него.

11. Устройство по п.1, в котором упомянутый сердечник включает первый магнитный тороидаль-

ный сердечник, имеющий зазор, через который проложен упомянутый первый нейтральный проводник, и второй магнитный тороидальный сердечник, имеющий зазор, через который проложен упомянутый второй нейтральный проводник и упомянутая обмотка намотана вокруг участка упомянутого первого магнитного тороидального сердечника и участка упомянутого второго магнитного тороидального сердечника.

12. Устройство по п.1, дополнительно содержащее первый модем, имеющий первый порт, связанный с упомянутым портом данных, и второй порт для дополнительного ответвления упомянутого сигнала данных, и второй модем, имеющий первый порт, связанный с упомянутым вторым портом упомянутого первого модема, и второй порт для дополнительного ответвления упомянутого сигнала данных.

13. Устройство по п.12, в котором упомянутый первый модем и упомянутый второй модем имеют встречно-параллельную конфигурацию.

14. Устройство по п.12, дополнительно содержащее маршрутизатор данных, находящийся между упомянутым первым модемом и упомянутым вторым модемом.

15. Сеть передачи данных, реализованная в системе распределения электроэнергии, имеющей кабель передачи мощности с первым фазным проводником на стороне первичной обмотки трансформатора и вторым фазным проводником на стороне вторичной обмотки трансформатора, упомянутая сеть передачи данных содержит первый элемент связи для индуктивного ответвления сигнала данных через упомянутый первый проводник и второй элемент связи для ответвления упомянутого сигнала данных через упомянутый второй проводник, упомянутый сигнал данных ответвляется между упомянутым первым проводником и упомянутым вторым проводником через упомянутый первый элемент связи и упомянутый второй элемент связи, таким образом шунтируя упомянутый трансформатор.

16. Сеть передачи данных по п.15, дополнительно содержащая конденсатор для ответвления упомянутого сигнала данных между упомянутым вторым элементом связи и упомянутым вторым проводником.

17. Сеть передачи данных по п.15, в которой упомянутый первый проводник является частью электрической сети среднего напряжения упомянутой системы распределения электроэнергии.

18. Сеть передачи данных по п.15, дополнительно содержащая емкостной элемент связи, подсоединенный между упомянутым первым проводником и землей, поблизости к концу упомянутого кабеля передачи мощности для поглощения отражений упомянутого сигнала данных, упомянутый конец упомянутого кабеля передачи мощности находится на выходной клемме среднего напряжения трансформатора высокого напряжения в среднее напряжение упомянутой системы распределения электроэнергии.

19. Сеть передачи данных по п.15, дополнительно содержащая емкостной элемент связи, подсоединенный между упомянутым первым проводником и землей, поблизости к концу упомянутого кабеля передачи мощности для поглощения отражений упомянутого сигнала данных, и узел, размещенный между упомянутым емкостным элементом связи и упомянутой землей для ответвления упомянутого сигнала данных между упомянутым первым проводником и портом данных.

20. Сеть передачи данных по п.15, в которой упомянутый первый элемент связи содержит сердечник, через который проложен упомянутый первый проводник, и обмотку, намотанную вокруг участка упомянутого сердечника, причем упомянутый сигнал данных индуктивно ответвляется через упомянутый первый проводник, проходящий через упомянутый сердечник и первую обмотку.

21. Сеть передачи данных по п.20, в которой упомянутый сердечник имеет воздушный зазор.

22. Сеть передачи данных по п.20, дополнительно содержащая конденсатор, последовательно подсоединенный с упомянутой обмоткой.

23. Сеть передачи данных по п.20, дополнительно содержащая устройство защиты от перегрузок, подсоединенное параллельно с упомянутой обмоткой.

24. Сеть передачи данных по п.15, дополнительно содержащая емкостной элемент связи, подсоединенный между упомянутым первым проводником и землей, поблизости к концу упомянутого кабеля передачи мощности для поглощения отражений упомянутого сигнала данных, причем упомянутый емкостной элемент связи содержит конденсатор, высокочастотный разделительный трансформатор, предохранитель, нагрузочный резистор и резистор оконечной нагрузки, имеющий сопротивление, приблизительно равное характеристическому импедансу упомянутого кабеля передачи мощности.

25. Сеть передачи данных по п.15, дополнительно содержащая первый модем, имеющий первый порт для ответвления упомянутого сигнала данных через упомянутый первый элемент связи, и имеющий второй порт для дополнительного ответвления упомянутого сигнала данных, и второй модем, имеющий первый порт, связанный с упомянутым вторым портом упомянутого первого модема, и имеющий второй порт для ответвления упомянутого сигнала данных через упомянутый второй элемент связи.

26. Сеть передачи данных по п.15, в которой упомянутый первый элемент связи содержит радиочастотный РЧ-трансформатор.

27. Сеть передачи данных по п.15, в которой упомянутый трансформатор содержит понижающий трансформатор напряжения, причем упомянутая сеть передачи данных дополнительно содержит емкостной элемент связи, подсоединенный между упомянутым вторым проводником и землей, и компонент, имеющий такой импеданс, что будучи отраженным через упомянутый емкостной элемент связи, он будет

приблизительно равен характеристическому упомянутому импедансу кабеля передачи мощности.

28. Сеть передачи данных по п.27, в которой упомянутый компонент является модемом.

29. Сеть передачи данных по п.15, в которой упомянутая система распределения электроэнергии включает переход между воздушным кабелем и подземным кабелем, упомянутый подземный кабель имеет характеристический импеданс, который ниже характеристического импеданса упомянутого воздушного кабеля, и упомянутый первый элемент связи размещен в упомянутом воздушном кабеле поблизости к упомянутому переходу.

30. Сеть передачи данных по п.15, в которой упомянутая система распределения электроэнергии содержит компонент между упомянутым первым проводником и землей, в которой упомянутый компонент имеет импеданс меньше импеданса упомянутого кабеля передачи мощности, причем упомянутая сеть передачи данных дополнительно содержит дроссель, последовательно подсоединенный с упомянутым компонентом.

31. Сеть передачи данных по п.30, в которой упомянутый компонент выбран из группы, состоящей из конденсатора для повышения коэффициента мощности, и конденсатора для средств связи по линиям электроснабжения (ЛЭС).

32. Сеть передачи данных по п.30, в которой упомянутый дроссель содержит магнитный сердечник, расположенный вокруг отрезка провода, который соединяет упомянутый компонент с упомянутым первым проводником.

33. Сеть передачи данных, реализованная в системе распределения электроэнергии, имеющей фазный проводник с первым сегментом на первой стороне переключателя и вторым сегментом на второй стороне упомянутого переключателя, содержащего первый емкостной элемент связи для ответвления сигнала данных через упомянутый первый сегмент, и имеющий порт данных для дополнительного ответвления упомянутого сигнала данных, и второй емкостной элемент, имеющий порт данных, связанный с упомянутым портом данных упомянутого первого емкостного элемента связи, и для ответвления упомянутого сигнала данных через упомянутый второй сегмент, причем передача упомянутого сигнала данных между упомянутым первым сегментом и упомянутым вторым сегментом сохраняется, когда переключатель разомкнут.

34. Способ идентификации одного из множества нейтральных проводов кабеля передачи мощности, включающий подачу сигнала в выбранный нейтральный провод в первой точке в упомянутом кабеле передачи мощности, измерение относительной величины упомянутого сигнала в каждом из упомянутого множества нейтральных проводов во второй точке в упомянутом кабеле передачи мощности, удаленной от упомянутой первой точки, и идентификацию упомянутого выбранного нейтрального провода из упомянутых относительных величин.

35. Способ по п.34, в котором упомянутый этап идентификации идентифицирует упомянутый выбранный нейтральный провод, как упомянутый один из множества нейтральных проводов, имеющий самую высокую относительную величину.

36. Способ по п.34, в котором упомянутый этап подачи сигнала включает индуктивное ответвление упомянутого сигнала в выбранный нейтральный провод.

37. Способ по п.34, в котором упомянутый этап измерения включает индуктивное ответвление упомянутого сигнала из упомянутого выбранного нейтрального провода.

38. Система идентификации одного из множества нейтральных проводов кабеля передачи мощности, включающая приемник для измерения сигнала из выбранного нейтрального провода упомянутого кабеля передачи мощности и индикатор величины упомянутого сигнала, причем упомянутый сигнал подается в упомянутый выбранный провод в первой точке в упомянутом кабеле передачи мощности, а упомянутый приемник измеряет упомянутый сигнал во второй точке в упомянутом кабеле передачи мощности, удаленной от упомянутой первой точки.

39. Система по п.38, дополнительно содержащая ферритовый тороид, имеющий радиальный паз, через который проложен упомянутый выбранный нейтральный провод, и обмотку, намотанную вокруг участка упомянутого ферритового тороида и подсоединенную ко входу упомянутого приемника, причем упомянутый сигнал индуктивно ответвляется из упомянутого выбранного нейтрального провода через упомянутый ферритовый тороид.

40. Система по п.38, дополнительно содержащая индуктивный элемент связи, через который упомянутый сигнал подается в упомянутый выбранный нейтральный провод в упомянутой первой точке.

41. Сеть передачи данных по п.15, дополнительно содержащая первый модем, имеющий первый порт для ответвления упомянутого сигнала данных через упомянутый первый элемент связи и имеющий второй порт для дополнительного ответвления упомянутого сигнала данных, маршрутизатор, имеющий первый порт для ответвления упомянутого сигнала данных через упомянутый второй порт упомянутого первого модема и имеющий второй порт для дополнительного ответвления упомянутого сигнала данных, и второй модем, имеющий первый порт, связанный с упомянутым вторым портом упомянутого маршрутизатора и имеющий второй порт для ответвления упомянутого сигнала данных через упомянутый второй элемент связи.

42. Способ обеспечения передачи сигнала данных через кабель передачи мощности, имеющий пер-

вый нейтральный проводник и второй нейтральный проводник, причем упомянутый способ включает обеспечение устройства для дифференциального ответвления упомянутого сигнала данных в упомянутые первый и второй нейтральные проводники.

43. Способ обеспечения передачи сигнала данных через систему распределения электроэнергии, имеющую кабель передачи мощности с первым фазным проводником на стороне первичной обмотки трансформатора и вторым фазным проводником на стороне вторичной обмотки трансформатора, упомянутый способ включает обеспечение первого элемента связи для индуктивного ответвления упомянутого сигнала данных через упомянутый первый проводник и обеспечение второго элемента связи для ответвления упомянутого сигнала данных через упомянутый второй проводник, причем упомянутый сигнал данных ответвляется между упомянутым первым проводником и упомянутым вторым проводником через упомянутый первый элемент связи и упомянутый второй элемент связи, таким образом шунтируя упомянутый трансформатор.

44. Элемент связи для сигнала данных, содержащий сердечник, через который может быть проложен фазный проводник системы распределения электроэнергии, и обмотку, намотанную вокруг участка упомянутого сердечника, причем упомянутый сигнал данных индуктивно ответвляется между упомянутым фазным проводником и упомянутой обмоткой через упомянутый сердечник.

45. Элемент связи по п.44, в котором упомянутый сердечник имеет воздушный зазор.

46. Элемент связи по п.44, дополнительно содержащий конденсатор, последовательно соединенный с упомянутой обмоткой.

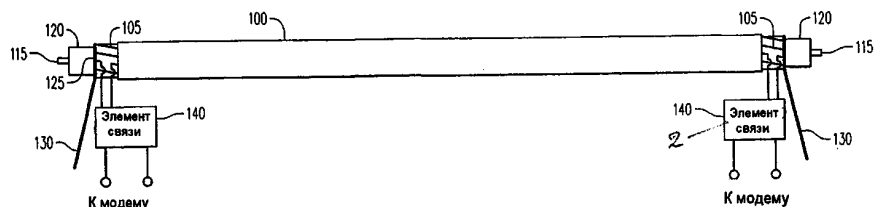
47. Элемент связи по п.44, дополнительно содержащий устройство защиты от перегрузок, параллельно подсоединенное к упомянутой обмотке.

48. Элемент связи по п.44, в котором упомянутый элемент связи содержит радиочастотный РЧ-трансформатор.

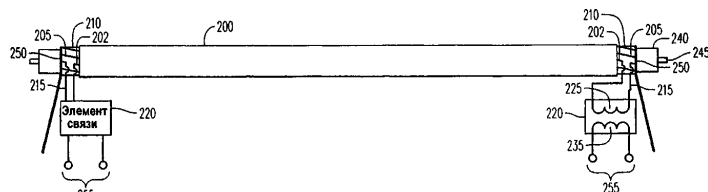
49. Сеть передачи данных, реализованная в системе распределения электроэнергии, имеющей кабель передачи мощности с фазным проводником, при этом упомянутая сеть передачи данных содержит первый элемент связи, имеющий сердечник, через который может быть проложен упомянутый фазный проводник, и обмотку, намотанную вокруг участка упомянутого сердечника, упомянутый сигнал данных индуктивно ответвляется между упомянутым фазным проводником и упомянутой обмоткой через упомянутый сердечник, и второй элемент связи для ответвления упомянутого сигнала данных через упомянутый фазный проводник, причем упомянутый сигнал данных передается между упомянутым первым элементом связи и упомянутым вторым элементом связи через упомянутый фазный проводник.

50. Сеть передачи данных по п.49, в которой упомянутый фазный проводник является частью электрической цепи среднего напряжения упомянутой системы распределения электроэнергии.

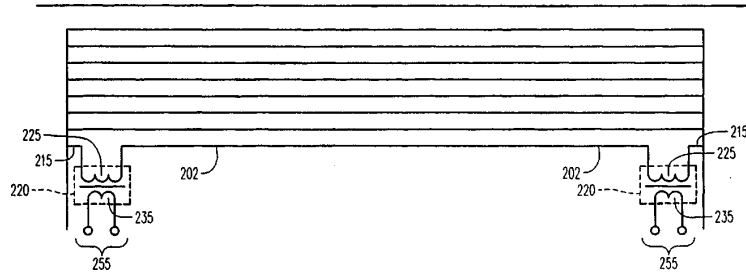
51. Сеть передачи данных по п.49, дополнительно содержащая первый модем, имеющий первый порт для ответвления упомянутого сигнала данных через упомянутый первый элемент связи и второй порт для дополнительного ответвления упомянутого сигнала данных, маршрутизатор, имеющий первый порт для ответвления упомянутого сигнала данных через упомянутый второй порт упомянутого первого модема, и имеющий второй порт для дополнительного ответвления упомянутого сигнала данных, и второй модем, имеющий первый порт, связанный с упомянутым вторым портом упомянутого маршрутизатора, и второй порт для ответвления упомянутого сигнала данных через упомянутый второй элемент связи.



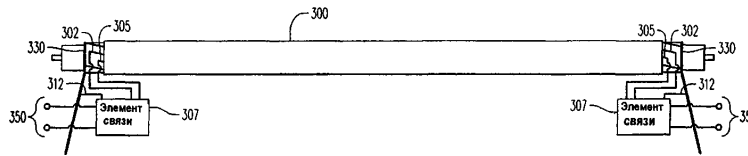
Фиг. 1



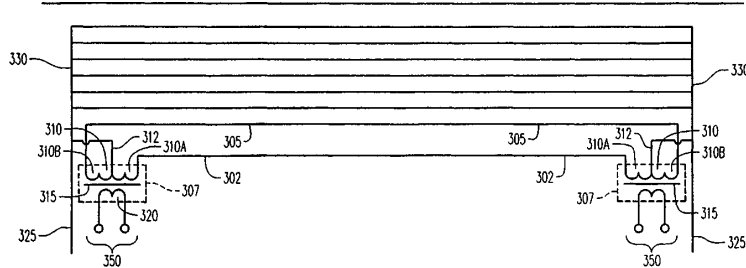
Фиг. 2А



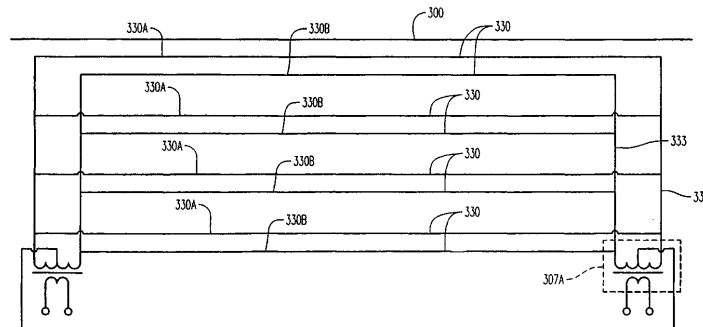
Фиг. 2В



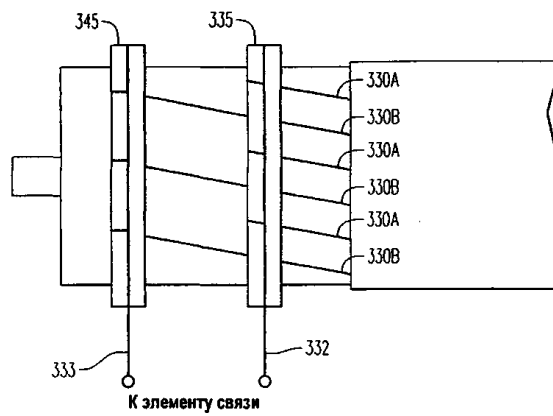
Фиг. 3А



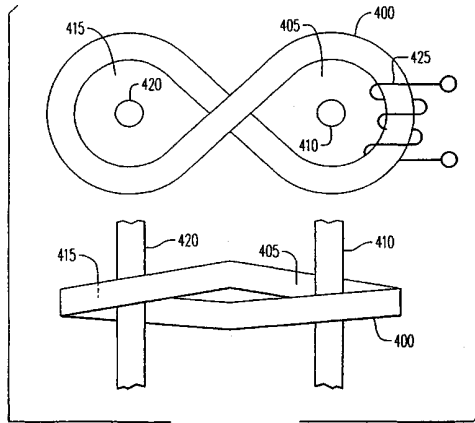
Фиг. 3В



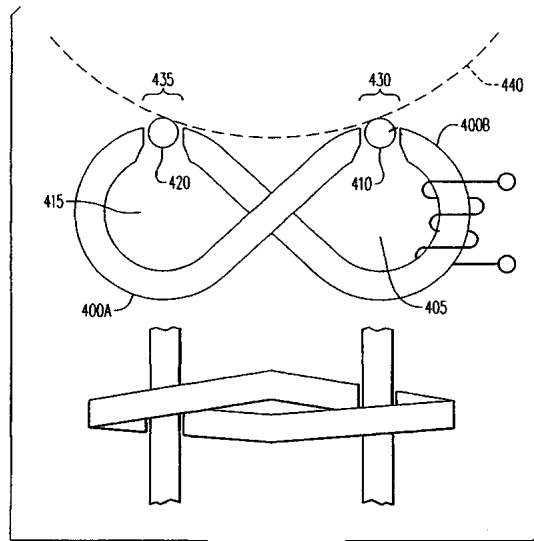
Фиг. 3С



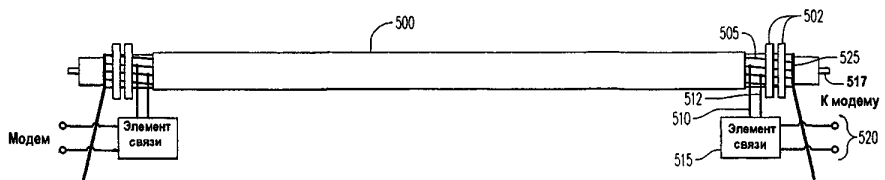
Фиг. 3D



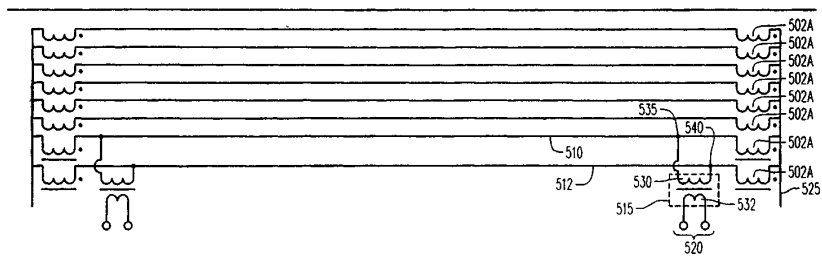
Фиг. 4А



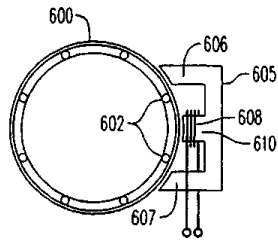
Фиг. 4В



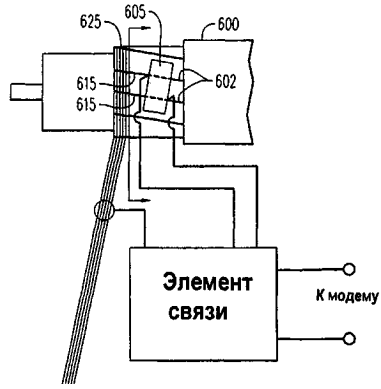
Фиг. 5А



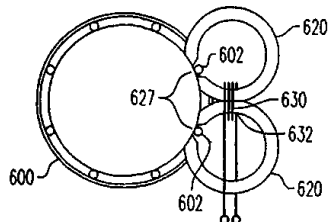
Фиг. 5В



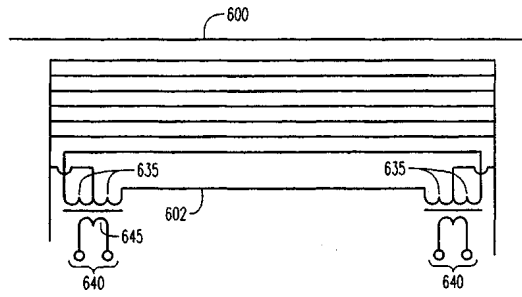
Фиг. 6А



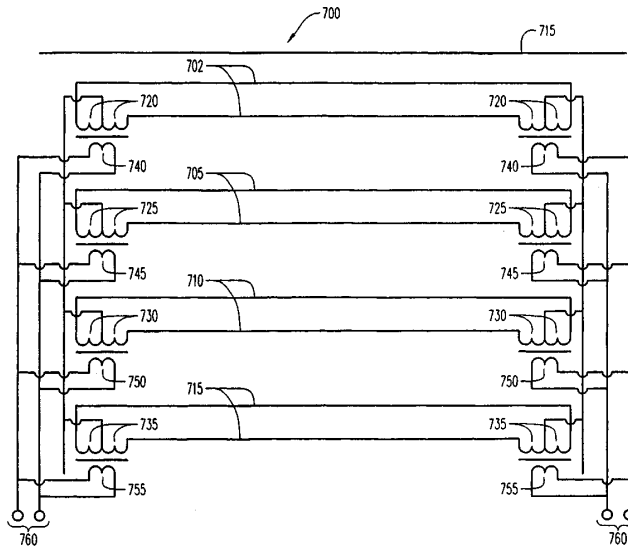
Фиг. 6В



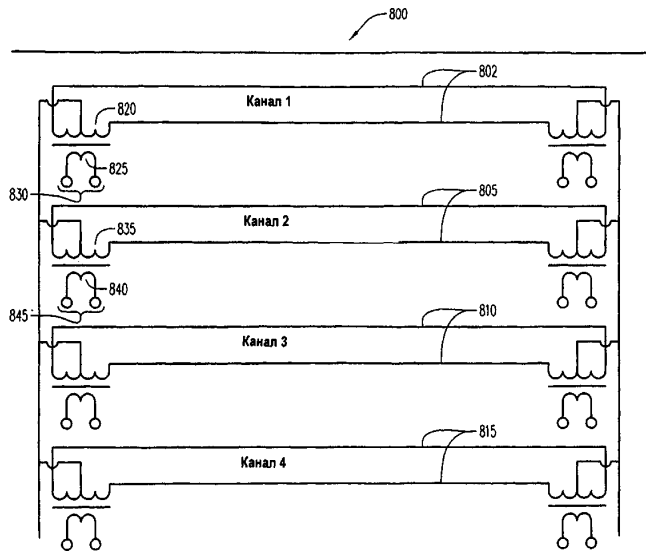
Фиг. 6С



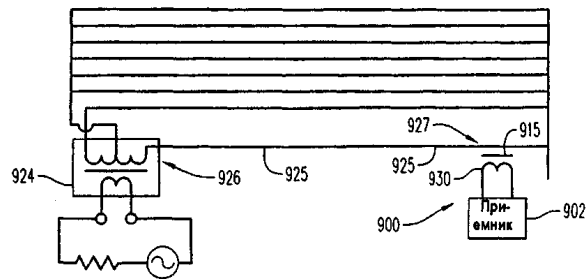
Фиг. 6D



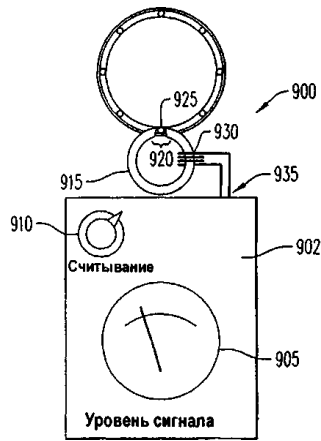
Фиг. 7



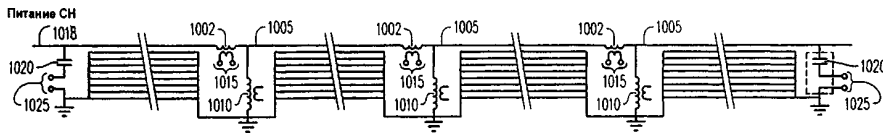
Фиг. 8



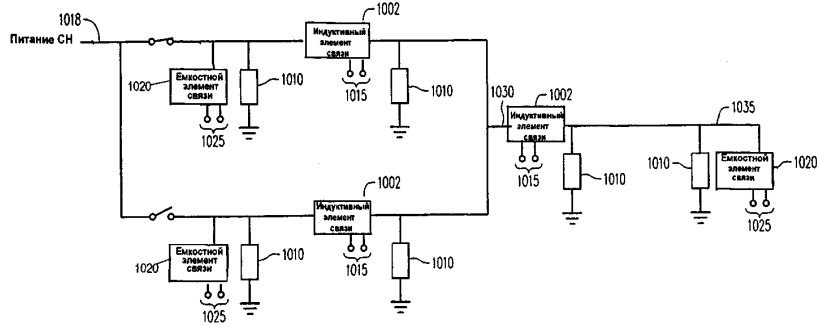
Фиг. 9А



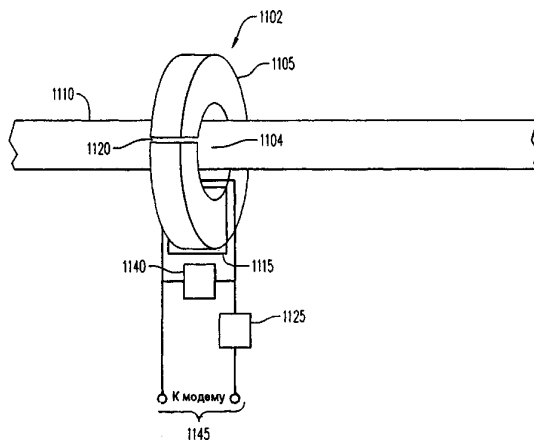
Фиг. 9В



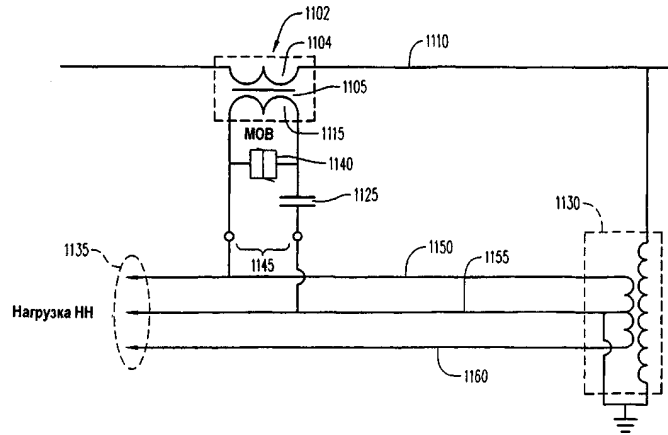
Фиг. 10А



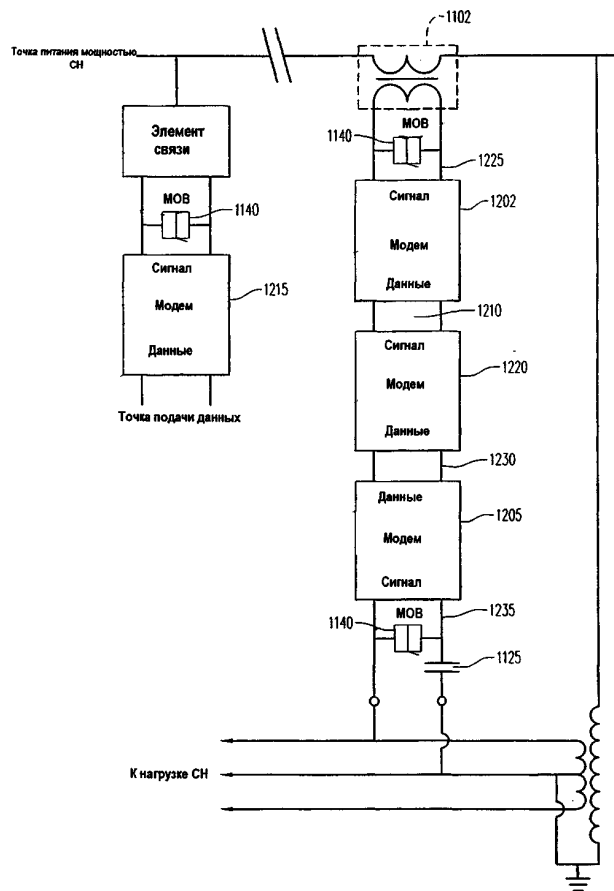
Фиг. 10В



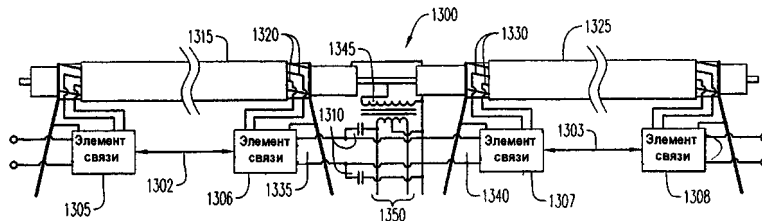
Фиг. 11А



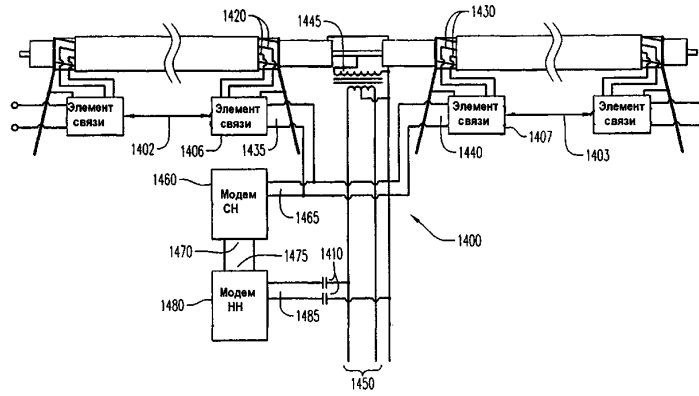
Фиг. 11В



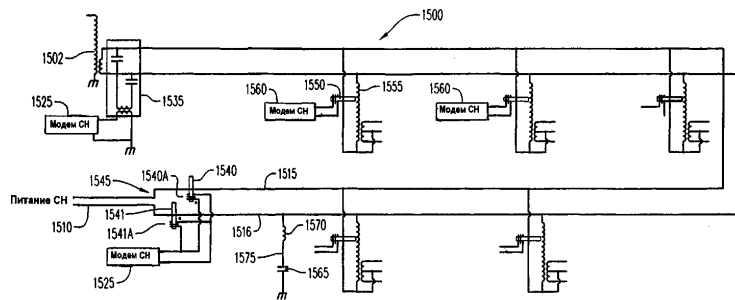
Фиг. 12



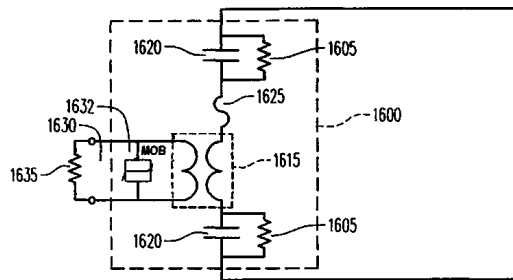
Фиг. 13



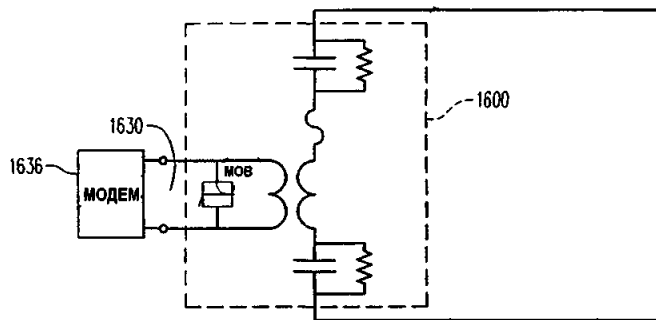
Фиг. 14



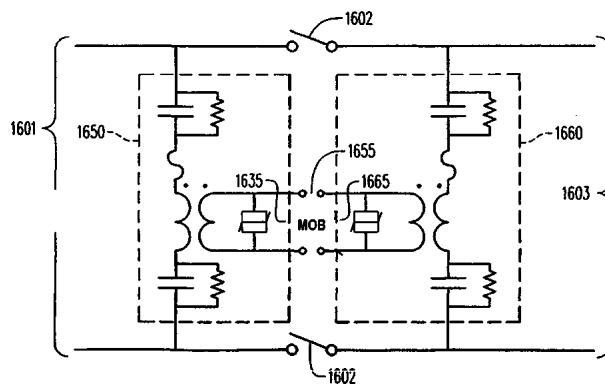
Фиг. 15



Фиг. 16А



Фиг. 16В



Фиг. 16С

