

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **034856**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.03.30

(51) Int. Cl. **H01B 17/02** (2006.01)

(21) Номер заявки
201800224

(22) Дата подачи заявки
2018.03.28

(54) **ИНДИКАТОР ПРОБОЯ ИЗОЛЯТОРА И ИЗОЛЯТОР С ТАКИМ ИНДИКАТОРОМ**

(43) **2019.09.30**

(56) RU-C1-2392679

(96) **2018000041 (RU) 2018.03.28**

RU-C1-2408104

(71)(72)(73) Заявитель, изобретатель и патентовладелец:

FR-A1-2854275

ДЗЮБИН АНДРЕЙ СТЕПАНОВИЧ

EA-A1-201200276

(RU)

(57) Представлен индикатор пробоя изолятора, имеющий элемент крепления на изоляторе или на элементе электроустановки, сигнальный элемент и как минимум один разрушаемый под действием электрического тока элемент. Сигнальный элемент или его часть соединен с элементом крепления через разрушаемый элемент и может изменять пространственное положение в результате разрушения разрушаемого элемента. Индикатор выполнен с возможностью прохождения через разрушаемый элемент тока, протекающего через пробитый изолятор. Благодаря изобретению удается обеспечить индикацию пробоя изолятора, в том числе полимерного, которая хорошо различима на дальних расстояниях.

034856

B1

034856

B1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к электротехнике, в частности, к устройствам, применяемым на воздушных линиях электропередачи (ВЛ) или другом электрооборудовании для индикации перекрытия или пробоя изоляторов или других элементов электрооборудования.

Предшествующий уровень техники

Одной из проблем, возникающей при эксплуатации линий электропередачи является обнаружение пробитого или перекрытого изолятора. При электрическом пробое изолятора он выходит из строя вследствие разрушения внутренней изоляции электрическим разрядом и не может дальше выполнять свою функцию, после чего автоматика отключает линию электропередачи от подачи напряжения до замены пробитого изолятора на новый. Перекрытие изоляторов по воздуху может возникать из-за различных причин, таких как, грозовой разряд, загрязнение изоляции, взаимодействие с птицами и т.д. При перекрытии изолятор чаще всего остается работоспособным, однако, электрический разряд может нанести ущерб изолятору, вследствие которого изолятор может в дальнейшем пробиться.

Из патента RU 2609823 известен оптический индикатор, отображающий состояние изоляции гирлянды изоляторов на линии электропередачи. Принцип действия индикатора состоит в том, что он подключается параллельно изолятору или гирлянде изоляторов. В том случае, когда изоляция изоляторов имеет требуемую высокую величину, то к оптическому изолятору оказывается приложено напряжение в линии электропередачи и он излучает видимый свет.

Однако когда изоляция изоляторов нарушена и имеет низкую величину, к индикатору приложено значительно меньшее напряжение и он излучает значительно меньше видимого света или не излучает его вообще. Таким образом, по отсутствию видимого излучения из оптического индикатора или по его слабой светимости возможно определить повреждение изолятора или пробой изолятора.

Такой оптический индикатор имеет несколько недостатков. Во-первых, для обеспечения работоспособности необходимо подключать такой индикатор параллельно изолятору. Так как индикатор состоит из проводящих и полупроводящих материалов, образующих проводящую ветвь контура, он сам может стать местом развития перекрытия изолятора.

Во-вторых, падение напряжения на участках изолятора может быть связано не с дефектом изолятора, а с утечками тока по поверхности изолятора в результате его загрязнения или увлажнения, что является нормальным рабочим режимом для изолятора.

В-третьих, интенсивность излучения оптического индикатора, субъективно определяемая наблюдателем, будет восприниматься различной в зависимости от интенсивности освещенности окружающего пространства - неба или облаков. Так например, в яркую солнечную погоду можно не увидеть свечения даже сильно светящегося индикатора, а ночью даже слабо светящийся индикатор будет хорошо виден, поэтому, определение неисправности изолятора по интенсивности свечения индикатора может быть субъективным и неоднозначным.

В-четвертых, описанный оптический индикатор имеет ограниченный срок эксплуатации в связи с тем, что элемент, излучающий видимый свет, имеет конечное количество часов работы. Это означает, что для того, чтобы иметь информацию о состоянии изоляции изоляторов, необходима периодическая замена таких оптических индикаторов или излучательных элементов в них.

Сущность изобретения

Задачей настоящего изобретения является разработка индикатора пробоя и перекрытия изолятора линии электропередачи или другого элемента электрооборудования, у которого устранены вышеуказанные недостатки.

Задача изобретения решается с помощью индикатора пробоя изолятора, имеющего элемент крепления на изоляторе и/или на элементе электроустановки, сигнальный элемент и как минимум один разрушаемый под действием электрического тока элемент и, причем сигнальный элемент или его часть соединен с элементом крепления через разрушаемый элемент с обеспечением возможности изменения положения сигнального элемента в результате разрушения разрушаемого элемента, причем индикатор выполнен с возможностью прохождения через разрушаемый элемент тока, протекающего через пробитый изолятор. Элемент крепления в предпочтительном варианте выполнен с возможностью установки на оконцевателе изолятора и/или на изоляционном теле изолятора и/или на элементе электроустановки.

В одном из вариантов осуществления индикатор может быть выполнен в виде экрана для защиты от коронного разряда и выравнивания напряженности электрического поля, причем сигнальный элемент выполнен с возможностью выравнивания напряженности электрического поля. В таком случае разрушаемый элемент может представлять собой спицу или часть спицы экрана, причем спица является протяженной как в направлении, проходящем через несовпадающие части сигнального элемента, так и в направлении, перпендикулярном нескольким несовпадающим направлениям проходящим через несовпадающие части сигнального элемента. Это также можно сказать другими словами: спицы имеют разрушаемые элементы, выполненные с возможностью разрушения под действием тока короткого замыкания, возникающего при пробое изолятора или при его перекрытии по воздуху, и - с возможностью отсоединения сигнального элемента от места закрепления, вследствие чего сигнальный элемент меняет свое положение в пространстве, хорошо различимое издали невооруженным глазом.

В частном варианте сигнальный элемент может иметь плоскую структуру, причем спица является протяженной как направлении, проходящем параллельно плоскости, в которой расположен сигнальный элемент, так и в направлении, перпендикулярном этой плоскости. Например, если сигнальный элемент выполнен в виде кольца, тороида, эллипсоида, дуги или другой формы, которая может быть расположена в плоскости. То есть, плоская структура сигнального элемента означает то, что большинство его разных частей расположены в одной плоскости. В то же время сам сигнальный элемент преимущественно выполнен в виде объемного тела (например, в виде прутка, согнутого в тороид, эллипсоид или дугу), обеспечивающего выравнивание напряженности электрического поля. Другими словами, большинство разных частей сигнального элемента, выполненные в виде объемных тел (преимущественно прямых или изогнутых цилиндров), расположены в одной плоскости.

Спицы могут располагаться как под наклоном к указанной плоскости, в которой расположено большинство частей сигнального элемента, так и иметь части параллельные или перпендикулярные этой плоскости. Это значит, что в любом из этих вариантов или их комбинации, спицы являются протяженными в двух направлениях: в направлении от одной части сигнального элемента к другой (то есть в плоскости расположения сигнального элемента), а также в направлении, перпендикулярном нескольким несовпадающим направлениям от одной части сигнального элемента к другой (то есть перпендикулярно плоскости расположения сигнального элемента). В частном случае спицы могут быть частью элемента крепления.

Разрушаемый элемент может быть выполнен с использованием различных физических принципов, таких как:

- расплавлением проводника с малой площадью поперечного сечения током короткого замыкания - принцип плавкой вставки;

- расплавлением током короткого замыкания контакта (контактной площадки) с высоким контактным переходным сопротивлением, например, электрического соединения с малой площадью контакта;

- разрушением герметичной камеры, внутренняя полость которой заполнена газом (например, воздухом) и/или жидким и/или твердым (например, диэлектрическим) материалом, внутри которой происходит электрический разряд за счет высокого внутреннего давления, создаваемого расширением газов при нагревании и перехода твердых веществ внутри камеры в газообразное или плазменное состояние;

- разрушения герметичной камеры, внутри которой находится взрывчатое или легко воспламеняемое вещество, при прохождении через нее тока короткого замыкания - принцип пиропатрона;

В предпочтительном варианте сигнальный элемент может быть выполнен с возможностью проведения тока, протекающего через пробитый изолятор, и передачи его через разрушаемый элемент. С этой целью сигнальный элемент индикатора может содержать токопроводящий дугоприемный элемент, одной частью закрепленный на сигнальном элементе, а другой частью направленный к изолятору (например, к оси изолятора). Дугоприемный элемент может использоваться с целью шунтирования части изоляционного элемента, располагающейся между дугоприемным элементом и оконцевателем изолятора, на котором закреплен индикатор. Дугоприемный элемент предпочтительно должен находиться на таком расстоянии от изолятора, чтобы напряжение пробоя изоляционного промежутка от возможной траектории развития пробоя внутри изолятора до дугоприемного элемента была меньше фазного напряжения ВЛ и меньше напряжения пробоя воздушного промежутка шунтированной индикатором части изоляционного элемента. Другими словами, длина дугоприемного элемента, по сути, должна иметь величину менее расстояния между сигнальным элементом индикатора и изоляционной частью изолятора при установке индикатора на изоляторе.

Кроме того, сигнальный элемент может содержать контактный элемент, соединенный с сигнальным элементом и выполненный с возможностью соединения с изолятором. Контактный элемент может представлять собой дугоприемный элемент, который может касаться изолятора (например, его изоляционного тела). В таком случае длина дугоприемного элемента, по сути, имеет величину равную расстоянию между сигнальным элементом индикатора и изоляционной частью изолятора при установке индикатора на изоляторе, то есть обеспечивает касание дугоприемным элементом изолятора.

Сигнальный элемент может не иметь дугоприемного элемента, а самостоятельно выполнять его функцию за счет формы самого сигнального элемента или его расположения, обеспечивающих вышеописанное соотношение изоляционных промежутков, например, при эксцентричном расположении токопроводящего сигнального элемента относительно оси изолятора.

Кроме того, сигнальный элемент может иметь неразрушаемое током короткого замыкания шарнирное или гибкое (например, тросовое или проволочное) соединение (в т.ч. диэлектрическое) с узлом крепления, с изолятором, или с иным элементом электроустановки с целью не допустить падения сигнального элемента ниже заданного уровня.

Сигнальный элемент может одновременно выполнять функцию экрана, предотвращающего коронные разряды на изоляторах высоких классов напряжений, и, по сути, заменять собой экранную арматуру. Изолятор обычно содержит изоляционное тело. Индикатор может быть выполнен с возможностью пропуска через разрушаемый элемент тока, протекающего через изоляционное тело или его часть пробитого изолятора, на котором он установлен, или через изоляционное тело или его часть пробитого изоля-

тора, последовательно (а также параллельно или рядом) с которым установлен изолятор, на котором размещен индикатор. Индикатор и его элементы преимущественно выполнены с использованием металла. Разрушаемый элемент в некоторых вариантах осуществления может быть выполнен с использованием неметаллических элементов.

В других вариантах реализации изобретения разрушаемый элемент может быть выполнен с возможностью пропуска тока с пробитого изолятора через дугоприемный элемент, соединенный с разрушаемым элементом и направленный к месту расположения изолятора, и/или контактный элемент, соединенный с разрушаемым элементом и выполненный с возможностью соединения с изолятором. Разрушаемый элемент может быть выполнен с возможностью пропуска тока с пробитого изолятора в оконцеватель изолятора и/или элемент электроустановки через элемент крепления. Разрушаемый элемент может быть выполнен с возможностью пропуска тока с пробитого изолятора в оконцеватель изолятора и/или элемент электроустановки через дугоприемный элемент, соединенный с разрушаемым элементом и направленный к месту расположения оконцевателя изолятора и/или элемента электроустановки, и/или через контактный элемент, соединенный с разрушаемым элементом и выполненный с возможностью соединения с оконцевателем изолятора и/или элементом электроустановки.

В некоторых вариантах индикатор может быть снабжен грозозащитным рогом. Грозозащитный рог преимущественно является его частью или устанавливается на индикаторе или около него так, чтобы быть расположенным дальше от изоляционной части изолятора и ближе к оконцевателю изолятора, противоположному тому, на котором устанавливается индикатор, чем токопроводящие части сигнального элемента индикатора.

Задача настоящего изобретения также решается с помощью изолятора, снабженного индикатором в соответствии с любым из вышеописанных вариантов. Изолятор может иметь токопроводящую вставку в изоляционном теле и/или на изоляционном теле выше нижнего оконцевателя. Такая токопроводящая вставка может иметь дугоприемный элемент, соединенный с токопроводящей вставкой и направленный к месту расположения сигнального элемента и/или разрушаемого элемента. Индикатор может быть выполнен с возможностью передачи тока пробитого изолятора с нижнего оконцевателя на сигнальный и/или разрушаемый элемент - в этом случае сработавший индикатор будет отображать пробой изолятора, расположенного последовательно с тем изолятором, на котором установлен индикатор.

Техническим результатом настоящего изобретения является обеспечение возможности определения пробоя изолятора и его перекрытия на значительном расстоянии от него за счет того, что индикатор, выполненный в соответствии с настоящим изобретением, имеет размеры, позволяющие издали легко различить отсутствие сигнального элемента индикатора или изменение его пространственного положения невооруженным глазом. При срабатывании индикатора в результате пробоя или перекрытия изолятора сигнальная часть падает вниз или меняет свое пространственное положение. Благодаря изменению положения сигнального элемента, хорошо заметного с дальних расстояний, возможно определить факт пробоя или перекрытия изолятора.

Перечень фигур чертежей

На фиг. 1 показан общий вид подвесного изолятора, снабженного экранами.

На фиг. 2 показан индикатор в соответствии с одним вариантом изобретения.

На фиг. 3 показан индикатор в соответствии с одним вариантом изобретения, закрепленный на изоляторе.

На фиг. 4 показан индикатор в соответствии с одним вариантом изобретения, закрепленный на изоляторе с токопроводящей вставкой.

На фиг. 5 показан укороченный изолятор, снабженный индикатором в соответствии с одним вариантом изобретения.

На фиг. 6 показан индикатор с грозозащитным рогом в соответствии с другим вариантом изобретения.

На фиг. 7 показан индикатор в соответствии с еще одним вариантом изобретения, закрепленный на изоляторе.

На фиг. 8 показан индикатор в соответствии с другим вариантом изобретения, закрепленный на изоляторе с токопроводящей вставкой.

На фиг. 9 показан изолятор, снабженный индикатором в соответствии с другим вариантом изобретения.

На фиг. 10 показан общий вид подвесного изолятора, снабженного экранами, верхний из которых - индикатор - выполнен в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг. 11 показан один вариант разрушаемого элемента, в котором реализован принцип расплавления проводника малого сечения.

На фиг. 12 показан другой вариант разрушаемого элемента, в котором реализован принцип расплавления проводника малого сечения.

На фиг. 13 показан еще один вариант разрушаемого элемента, в котором реализован принцип расплавления проводника малого сечения.

На фиг. 14 показан один вариант разрушаемого элемента за счет расплавления контактной площад-

ки токами короткого замыкания.

На фиг. 15 показан вариант разрушаемого элемента, в котором реализуются одновременно два принципа: проводника с малой площадью поперечного сечения и с малой контактной площадкой.

На фиг. 16 показан вариант разрушаемого элемента, в котором реализован принцип разрушения герметичной камеры, выделяемыми при дуговом разряде газами.

На фиг. 17 показан вариант соединения сигнального элемента индикатора с изолятором с помощью проволоки.

На фиг. 18 показан вариант установки дугопередающего элемента на оболочке изоляционного тела изолятора.

На фиг. 19 показан вариант установки дугопередающего элемента на изоляционном стержне изолятора.

На фиг. 20 показан вариант установки индикатора на изоляционном теле изолятора.

Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения

Далее изобретение описывается со ссылкой на сопровождающие фигуры, на которых изображены отдельные варианты реализации изобретения. Последующее описание и чертежи не предназначены для ограничения объема охраны, который определяется формулой изобретения, а даны с целью упрощения понимания сущности изобретения и возможных вариантов его осуществления, которые не исчерпываются представленными на фигурах и в описании. Изобретение далее описано по отношению к подвесному полимерному изолятору, но не ограничивается этим видом и может быть использовано по отношению к любым изоляторам (в т.ч. опорным, неполимерным и т.п.), где оно может быть применено.

Одинаковые числовые обозначения позиций на фиг. 1-20 относятся к элементам, имеющим одинаковое функциональное назначение. В случае описания какого-либо элемента по отношению к одной или нескольким фигурам это описание распространяется и на аналогичные элементы (т.е. элементы с теми же номерами позицией) на других фигурах, если не сказано обратное или если частичные различия при сохранении основного функционального не вытекают из конструкции или назначения элемента в соответствии с фигурой и/или описанием.

Предлагаемый в соответствии с настоящим изобретением в одном из основных вариантов реализации индикатор представляет собой сигнальный элемент 2 на фиг. 1-10, 17-20, который в частном случае может совмещать функцию экрана для изолятора 1 на фиг. 1,3,4,7,8,10,17-20, закрепленный через разрушаемые током короткого замыкания элементы 11 на изоляторе, в частности, как показано на фиг. 2-10, 17-19, на оконцевателе 3 изолятора, или на элементе электроустановки, или на изоляционном теле 1 изолятора, как показано на фиг. 20, обладающий функцией индикации пробоя изолятора. Сигнальный элемент может быть выполнен как из металла, так и из других материалов, имеющих токопроводящее покрытие или комбинированным из металла и неметаллических материалов.

Индикатор полностью или частично выполнен токопроводящим, преимущественно с использованием металла, и имеет в своем составе сигнальный элемент 2. В показанных на фигурах вариантах выполнения сигнальный элемент выполнен кольцеобразным (в виде тороида), однако его форма может быть различной. Например, сигнальный элемент может быть вытянутым или овальным, замкнутым или разомкнутым, плоским или объемным. Кроме того, сигнальный элемент может быть выполнен дугообразным, причем в некоторых вариантах такая дуга может представлять собой сектор кольца.

Таким образом, форма сигнального элемента в плане может быть круглой, овальной, продолговатой, более сложной или более простой формы, определяющейся из расчета электрического поля, материалоемкости и визуального восприятия. В случае совмещения индикатором функции экрана общий размер сигнального элемента индикатора в плане выбирается таким, чтобы он был не меньше расчетного по условиям допустимой напряженности электрического поля и, в тоже время, был хорошо виден с земли (т.е. на расстоянии 10-300 м) невооруженным глазом. В зависимости от класса напряжения линии электропередачи размер сигнального элемента в целом может преимущественно находиться в пределах от 100 до 1000 мм.

Поперечное сечение сигнального элемента может быть круглым, трубчатым, прямоугольным или иметь более сложную форму, определяющуюся из расчета напряженности электрического поля по критериям допустимой напряженности, действующей на полимерные материалы, технологичности изготовления и материалоемкости. Для предотвращения коронного разряда все выпуклые части сигнального элемента должны иметь радиус кривизны не менее величины, зависящей от напряжения линии электропередачи. Необходимую величину наименьшего радиуса кривизны можно рассчитать по формулам и таблицам, известным из справочников и учебников.

Помимо сигнального элемента индикатор содержит одну или несколько спиц 7 на фиг. 2-9, 17-20. Спицы выполнены токопроводящими преимущественно с использованием металла с возможностью закрепления на оконцевателе или изоляционном теле изолятора посредством узла крепления, который может являться частью спиц. Для этого спицы могут быть выполнены с возможностью охвата и обжатия оконцевателя или изоляционного тела, как это показано на фиг. 1-10, 17-20. Кроме того, спицы могут сами охватываться узлом крепления или крепиться к оконцевателю или изоляционному телу другими способами, обеспечивающими одновременно механическое закрепление и электрический контакт спиц и

оконцевателя, необходимых для реализации настоящего изобретения. В некоторых случаях, когда крепление индикатора к изолятору затруднено из-за малых размеров оконцевателя, индикатор может закрепляться на крепежных элементах, посредством которых оконцеватель изолятора соединяется с элементами электроустановки.

Количество спиц определяется из конструктивных соображений для обеспечения прочного фиксирования сигнального элемента экрана и предотвращения его излома при транспортировке, хранении, монтаже и обслуживании изолятора. Минимальное количество спиц - одна. Спицы имеют разрушаемые под действием тока короткого замыкания элементы.

Одним из принципов разрушения, реализуемых в изобретении, является расплавление проводника с малым поперечным сечением большими токами короткого замыкания. Для этого они могут иметь площадь сечения, обеспечивающую расплавление плавкого участка током пробоя за заданный интервал времени, в течение которого воздействует дуга до момента срабатывания автоматического защитного отключения линии. В частном варианте спицы могут быть выполнены полностью в виде плавкого элемента, который имеет длину спицы и расплавляется под действием тока пробоя изолятора, или спицы могут иметь локальное сужение поперечного сечения до необходимого значения его площади, как на фиг. 11.

Форма поперечного сечения плавкого элемента площадью S (на фиг. 11-13) может быть круглой, трубчатой, прямоугольной или любой другой, определяющейся из конструктивных соображений и прочности фиксирования сигнального элемента экрана. На фиг. 11 представлен разрушаемый плавлением элемент в виде локального сужения спицы.

На фиг. 12 представлен разрушаемый плавлением элемент в виде трубки с малой площадью поперечного сечения. Это решение позволяет при малой площади поперечного сечения обеспечить высокую механическую прочность соединения сигнального элемента со спицей за счет более высокой прочности на изгиб или кручение балки трубчатого сечения по сравнению с балкой круглого сечения с той же площадью.

На фиг. 13 представлен разрушаемый плавлением элемент в виде проволоки тонкого сечения, заключенной для обеспечения механической прочности и жесткости соединения в диэлектрический корпус. Такое решение может быть реализовано в случаях небольших токов короткого замыкания или малого времени срабатывания защитного отключения ВЛ.

Площадь S поперечного сечения плавкого элемента одной спицы рассчитывается по формуле, известной из учебников и справочников по электротехнике:

$$S = \frac{I}{n} \cdot \sqrt{\frac{\rho \cdot \tau \cdot k}{c \cdot \delta \cdot (t_{пл} - t_0)}}$$

где S - площадь поперечного сечения плавкого элемента одной спицы, m^2 ;

n - количество спиц, шт;

I - ток, А;

ρ - удельное сопротивление материала плавкого элемента спицы при нормальной температуре ($20^\circ C$), Ом·м;

τ - время протекания тока, с;

k - коэффициент полезного действия, определяющий долю энергии, затраченной на расплавление плавких элементов (определяется экспериментально);

c - удельная теплоемкость материала плавких элементов, Дж/(кг·К);

δ - плотность материала плавких элементов, kg/m^3 ;

$t_{пл}$ - температура плавления материала плавких элементов, $^\circ C$;

t_0 - температура окружающей среды ($20^\circ C$), $^\circ C$

Величина тока короткого замыкания (тока дуги) при пробое изолятора зависит от параметров линии электропередачи, а время воздействия тока короткого замыкания зависит от применяемого на ВЛ оборудования защитного отключения. Для ВЛ 110 - 750 кВ, для которых решаемая проблема является наиболее актуальной, ток дуги может достигать значения 20 кА при времени воздействия 0,2 с (данные значения приведены в методиках испытаний подвесных изоляторов 110 - 750 кВ на дугостойкость).

В табл. 1 приведены расчетные значения площади поперечного сечения разрушаемых элементов проводников из алюминия и из нержавеющей стали при токах дуги 20 кА и 2 кА, при КПД, равном 0,5 и времени воздействия 0,2 с.

Таблица 1

Параметр		Алюминий		Нержавеющая сталь	
Ток дуги (короткого замыкания)	кА	20	2	20	2
КПД		0,5	0,5	0,5	0,5
Удельное сопротивление	Ом м	$2,8 \cdot 10^{-8}$	$2,8 \cdot 10^{-8}$	$7,5 \cdot 10^{-7}$	$7,5 \cdot 10^{-7}$
Время протекания тока	с	0,2	0,2	0,2	0,2
Удельная теплоемкость	Дж/(кг К)	880	880	462	462
Температура окружающей среды	°С	20	20	20	20
Температура плавления	°С	660	660	1455	1455
Плотность материала	кг/м ³	2700	2700	7920	7920
Суммарная площадь сечения разрушаемых элементов	мм ²	27,1	2,7	75,6	7,6

Полученные площади сечения разрушаемых элементов легко реализуются конструктивно одним или несколькими из предложенных на фиг. 11-13 способами.

Другим принципом разрушения, реализуемым в изобретении, является расплавление контактной площадки электрического соединения с высоким переходным сопротивлением контакта, например, за счет малой площади контакта. На фиг. 14 показан вариант разрушаемого элемента за счет расплавления контактной площадки токами короткого замыкания при прохождении тока большой плотности через точечный контакт. Эффект может быть усилен применением материалов для контактов, образующих в зоне контакта окисную пленку за счет электрохимической коррозии, повышая, тем самым, переходное сопротивление контакта.

Еще одним принципом разрушения, реализуемым в изобретении является принцип разрушения герметичной камеры из диэлектрического материала, внутри которой происходит электрический разряд за счет высокого внутреннего давления, создаваемого расширением газов при нагревании и перехода твердых или жидких веществ внутри камеры под действием электрической дуги в газообразное или плазменное состояние. На фиг. 16 показан вариант такого разрушаемого элемента. При прохождении тока короткого замыкания внутри камеры образуется дуга, которая расплавляет и сжигает твердые (жидкие) вещества в камере и расширяет газы, создавая высокое давление, за счет которого стенки камеры разрушаются или металлические спицы выталкиваются из камеры. В частном случае, полость камеры может быть целиком заполнена твердым диэлектрическим материалом, в том числе и тем, из которого изготовлены стенки камеры, т.е. токопроводящие части разрушаемого элемента могут быть полностью покрыты твердым диэлектрическим материалом.

В качестве разрушаемого элемента также может применяться серийно выпускаемый промышленностью или изготовленный специально пиропатрон. При прохождении тока через пиропатрон взрывчатое вещество взрывается с потерей целостности пиропатрона. Для защиты от случайного срабатывания от наведенного статического заряда может применяться пиропатрон с защитой от наведенного электричества. В другом варианте может применяться проводник с очень малым сечением, не способный выдержать ток дуги, установленный электрически параллельно с пиропатроном для выравнивания заряда. В этом случае, при пробое изолятора сначала разрушается тонкий проводник, а затем срабатывает пиропатрон, освобождая сигнальный элемент.

В разрушаемом элементе могут сочетаться несколько из указанных принципов разрушения, например, малой площади сечения и малой контактной площадки, как на фиг. 15, где показан сигнальный элемент, приклепанный к спице заклепкой трубчатого сечения через диэлектрическую прокладку.

Все, показанные на фиг. 11-16 разрушаемые элементы могут быть закреплены на индикаторе стационарно или быть сменными посредством резьбового, цангового или другого съемного соединения для обеспечения возможности повторного использования индикатора или изменения его чувствительности за счет установки разрушаемых элементов с различной энергией срабатывания.

Как видно на фиг. 1-10, 17-20, спицы являются протяженными в двух направлениях: в направлении от одной части сигнального элемента к другой (например, противоположной), а также в направлении, перпендикулярном нескольким направлениям от одной части сигнального элемента к другой. Если сигнальный элемент выполнен в виде кольца, как это показано на фиг. 1-10, 17-20, тороида, дуги или другой формы, которая может быть расположена в плоскости, то направление от одной части сигнального элемента к другой может проходить в плоскости сигнального элемента, а направление, перпендикулярное нескольким направлениям от одной части сигнального элемента к другой, может быть перпендикулярным этой плоскости.

Спицы должны иметь составляющую в направлении от одной части сигнального элемента к другой потому, что сигнальный элемент, представляющий собой экран для защиты от коронного разряда, должен иметь размеры больше, чем диаметр изолятора - как для защиты от коронного разряда, так и для выполнения функций индикатора в соответствии с настоящим изобретением: во-первых, большой размер сигнального элемента позволяет легко определять его расположение с большого расстояния (например, с земли, когда индикатор закреплен на изоляторе на линии электропередачи); а во-вторых, сигнальный

элемент должен быть по своим размерам в плане больше, чем поперечное сечение изоляционного элемента изолятора.

Такое превышение внутренним размером сигнального элемента поперечного сечения изоляционного элемента изолятора необходимо для того, чтобы сигнальный элемент мог быть размещен не около оконцевателя, а около изоляционного элемента, как это показано на фиг. 3 и 7. Это обеспечивает реализацию принципа действия настоящего изобретения.

Пробой изолятора развивается от оконцевателя изолятора, находящегося под напряжением по отношению к заземленному оконцевателю (на фиг. 1, 3, 4, 7, 8, 10, 17-20 - от нижнего к верхнему). Это связано с тем, что напряженность электрического поля возле оконцевателя, находящегося под напряжением, существенно выше напряженности поля возле заземленного оконцевателя. Частичные разряды возникают в дефектах изолятора, расположенных в зонах с высокой напряженностью электрического поля - ближе к оконцевателю, находящемуся под напряжением науглероживают материал вокруг себя, образуя треки - токопроводящие дорожки, которые сами являются источниками частичных разрядов и постепенно развиваются в сторону заземленного оконцевателя. В том случае, если дугоприемный элемент сигнального элемента или сам сигнальный элемент расположен на таком расстоянии от фронта трека, электрическая прочность которого меньше чем электрическая прочность шунтируемого индикатором участка изоляционного промежутка, канал пробоя изолятора с этого места на изоляторе пойдет к заземленному оконцевателю не через изоляционный элемент изолятора, а через сигнальный элемент, который благодаря электрическому контакту со спицами имеет потенциал заземленного оконцевателя. При прохождении тока короткого замыкания через разрушаемые элементы спиц они разрушатся и сигнальный элемент окажется отделенным от заземленного оконцевателя, вследствие чего под действием силы тяжести он упадет вниз или, в случае наличия ограничивающего падение диэлектрического троса или шарнирного элемента, изменит свое положение в пространстве. Отсутствие такого крупного элемента, как сигнальный элемент, или изменение его пространственного положения легко заметить с дальнего расстояния, что и было целью настоящего изобретения.

Для того, чтобы сигнальный элемент индикатора мог быть расположен около изоляционного элемента изолятора, а спицы были закреплены на верхнем оконцевателе 3 (фиг. 3, 4, 5, 7, 8, 9, 17-19), спицы должны проходить от места крепления к сигнальному элементу. То есть, спицы должны быть протяженными не только в направлении от одной части сигнального элемента к другой (т.е. параллельно плоскости сигнального элемента, т.к. проекция крепления индикатора к верхнему оконцевателю на эту плоскость находится между проекциями частей или внутри проекции всего сигнального элемента), но также должны быть протяженными и в направлении, перпендикулярном плоскости сигнального элемента (или линиям, соединяющим его части, если они расположены не в одной плоскости), и благодаря протяженности спиц во втором (перпендикулярном) направлении сигнальный элемент оказывается отдаленным от оконцевателя и приближенным к изоляционному элементу изолятора.

Для надежного срабатывания индикатора необходимо, чтобы напряжение пробоя изоляционного промежутка между фронтом трека пробоя и сигнальным элементом было существенно меньше напряжения пробоя изоляционного промежутка между фронтом трека пробоя и верхним оконцевателем. Уменьшить ее можно несколькими способами. Во-первых, сигнальный элемент может быть снабжен дугоотводящим (дугоприемным) штырем 4 (фиг. 2-9). Благодаря такому штырю 4 уменьшается расстояние между сигнальным элементом, частью которого является дугоприемный штырь, и изоляционной частью изолятора, что повышает вероятность срабатывания индикатора в случае пробоя изолятора.

Дугоприемный (дугоотводящий) элемент (штырь) преимущественно соединен с сигнальным элементом и направлен к месту расположения изолятора. Длина дугоприемного элемента в одном варианте имеет величину менее расстояния между сигнальным элементом индикатора и изоляционной частью изолятора при установке индикатора на изоляторе, благодаря чему между дугоприемным элементом и изоляционной частью изолятора имеется зазор, через который ток утечки пробитого изолятора проходит в виде разрядной дуги. На фиг. 4 и 8 показана частная реализация этого варианта, когда дугоприемный элемент 4 направлен к вставке 8. В этом случае разрядная дуга проходит между вставкой и дугоприемным элементом, а длина дугоприемного элемента по-прежнему меньше расстояния между сигнальным элементом индикатора и изоляционной частью изолятора.

В другом варианте, показанном на фиг. 3 и 7, длина дугоприемного элемента 4 имеет величину равную расстоянию между сигнальным элементом 2 индикатора и изоляционной частью (в частности, поверхностью его изоляционной оболочки 6) изолятора при установке индикатора на изоляторе. Благодаря этому дугоприемный элемент касается изоляционной части изолятора и когда фронт трека, проходящий через изоляционное тело пробитого изолятора приблизится к штырю на некоторое расстояние, напряжение пробоя которого ниже напряжения на изоляторе, произойдет пробой изоляционной оболочки с образованием дуги от фронта трека к дугоприемному штырю. Из-за температурной деформации оболочки и стержня (сжатия при отрицательных температурах) появляется зазор между штырем и оболочкой, и тогда дугоприемный элемент становится меньше, чем расстояние между сигнальным элементом и изолятором то есть между дугоприемным элементом и изолятором появляется зазор, в котором, в случае пробоя изолятора, будет находиться разрядная дуга.

Дугоприемный (дугоотводящий) элемент в некоторых вариантах может быть соединен с разрушаемым элементом и направлен к месту расположения изолятора. В этом случае ток с пробитого изолятора, проходя через дугоприемный элемент, будет протекать через разрушаемый элемент. Возможные варианты реализации и преимущества этой модификации индикатора соответствуют тем, которые имеются у индикатора, в котором дугоприемный (дугоотводящий) элемент соединен с сигнальным элементом.

Во-вторых, возможно применить в изоляторе закладной металлический элемент 8 (фиг. 4, 8 и 19), например, в виде втулки, размещаемой на стержне 5 изолятора (преимущественно стеклопластиковом) и частично покрытом изоляционной оболочкой 1 с обеспечением открытой поверхности втулки 8, не покрытой оболочкой. В этом случае напряжение пробоя воздушного промежутка между закладным элементом и сигнальным элементом (в частности, штырем) будет существенно меньше, чем напряжение пробоя воздушного промежутка между закладным элементом и верхнем оконцевателем или спицей экрана. В частном случае штырь может касаться закладного металлического элемента. Металлический закладной элемент снижает напряжение пробоя изоляционного промежутка между фронтом трека пробоя и дугоотводящим штырем (или сигнальным элементом) за счет отсутствия слоя диэлектрика между ними, что повышает надежность срабатывания индикатора.

Предлагаемым решением достигается высокая надежность конструкции за счет простоты, а в случае совмещения сигнальным элементом функций экрана - снижение стоимости, поскольку экран необходим в любом случае для изоляторов на напряжение 110 кВ и выше. Типичное применение индикатора - линейные подвесные полимерные изоляторы напряжением 110 кВ и выше, но может быть применен и для других видов изоляторов, а также для изоляторов на более низкие классы напряжений.

Предпочтительным применением индикатора в соответствии с настоящим изобретением является индикация пробоя полимерного изолятора. Полимерные высоковольтные изоляторы с защитной оболочкой из кремнийорганической резины (силикона) обладают множеством преимуществ перед традиционными стеклянными и фарфоровыми, в частности: высокими разрядными характеристиками в условиях загрязнения, высокой надежностью (интенсивность отказов по электрической прочности на 2 - 3 порядка ниже, чем у стеклянных тарельчатых изоляторов), энергосбережением за счет низких потерь на утечки тока по загрязненной поверхности, стойкостью к ударным электромеханическим нагрузкам.

Не смотря на высокую надежность, массовое применение полимерных изоляторов на линиях электропередачи сдерживается трудоемкостью определения пробитых изоляторов, поскольку визуально без применения оптических приборов пробитый полимерный изолятор на линии электропередачи 110-750 кВ, подвешенный на высотах от 15 до 40 м от земли, можно определить только с близкого расстояния и невозможно с земли.

Верховые осмотры с применением подъемной техники или летательных аппаратов, оборудованных видеокамерой, достаточно трудоемки и требуют много времени и финансовых затрат. В отличие от полимерного, стеклянный изолятор при пробое разрушается с утратой его стеклянной части, что легко определяется с земли визуально без использования приборов или техники. Таким образом, не смотря на то, что надежность полимерного изолятора существенно выше, а цена, как правило, ниже стеклянного, потребитель отдает предпочтение стеклянным изоляторам.

Создание индикатора, который позволяет определять состояние полимерных изоляторов так же просто, как и стеклянных, может коренным образом изменить соотношение среди видов линейных изоляторов в пользу полимерных, что позволит на практике реализовать их другие положительные качества и, в частности, энергосбережение.

На сегодняшний день простые и надежные индикаторы пробоя для полимерных изоляторов отсутствуют. Как отмечалось выше, оптические индикаторы ненадежны, недостоверны и имеют ограниченный ресурс работы. Индикаторы пробоя с использованием элемента из закаленного стекла на основе серийных изолирующих элементов стеклянных тарельчатых изоляторов обладают низкой надежностью. Стеклянные изоляторы склонны к самопроизвольному разрушению при электродинамических нагрузках, от старения или от внутренних напряжений, полученных при изготовлении. Интенсивность отказов стеклянного тарельчатого изолятора (разрушение тарелки) составляет от 10^{-3} до 10^{-4} отказов в год, а полимерного изолятора - 10^{-6} отказов в год. То есть, надежность полимерного изолятора в 100 - 1000 раз выше стеклянного. Это значит, что на 1000 случаев срабатывания индикатора на основе стеклянного изолятора будет только от 1 до 10 пробоев полимерного изолятора, а достоверность индикации таким устройством от 0,1 до 1%.

Проблему обнаружения пробоя полимерного изолятора удастся решить с помощью настоящего изобретения. Пробой в полимерном изоляторе развивается от места повреждения защитной оболочки изолятора в зоне с повышенной напряженностью электрического поля возле оконцевателя, находящегося под напряжением (для линейных подвесных изоляторов - возле нижнего оконцевателя) к заземленному оконцевателю (верхнему). В зоне повреждения защитной оболочки под действием напряженности электрического поля во влажной среде начинают образовываться частичные разряды, которые, воздействуя на материал стеклопластикового стержня 5 (фиг. 3, 4, 5, 7, 8, 9), образуют науглероженную токопроводящую дорожку - трек на стержне или по границе раздела стержня с защитной оболочкой, которая развивается в сторону заземленного оконцевателя.

В обычном изоляторе, не снабженном индикатором пробоя, трек достигает заземленного оконцевателя и образуется электрический пробой изолятора, сопровождающийся дугowym разрядом - силовой электрической дугой, которая длится до срабатывания автоматической защиты на подстанции и отключения напряжения на линии электропередачи.

В полимерном изоляторе, снабженном индикатором пробоя в соответствии с настоящим изобретением, последовательность событий иная. Когда напряжение пробоя изоляции между фронтом трека и сигнальным элементом экрана (т.е., например, напряжение пробоя слоя защитной оболочки 6 для фиг. 3 и 7 или воздушного промежутка между штырем 4 и закладным элементом 8 для фиг. 4 и 8) становится меньше фазного напряжения за счет развития трека в сторону экрана и уменьшения изоляционного промежутка, происходит электрический пробой изоляционного промежутка между сигнальным элементом и фронтом трека. Ток проходит от нижнего оконцевателя через трек, через дугу в промежутке между фронтом трека и индикатором (непосредственно сигнальным элементом индикатора или через дугоотводящий штырь), через сигнальный элемент и далее через спицу индикатора к заземленному оконцевателю. При прохождении тока через спицу индикатора он разрушает разрушаемые элементы спицы. Сигнальный элемент отсоединяется от спицы и падает под своим весом вниз на нижний экран. В конструкции индикатора может быть предусмотрена возможность предохранения сигнального элемента от падения на нижний экран с помощью гибкой связи (например, троса, который может быть диэлектрическим) или шарнирного соединения, которое также может быть диэлектрическим, сигнального элемента с элементом индикатора, изолятора или элементом электроустановки. В этом случае сигнальный элемент повисает на тросе или проворачивается на шарнире, меняя свое положение в пространстве. Отсутствие сигнального элемента (в частном случае - верхнего экрана) или изменение его положения в пространстве сигнализирует о том, что изолятор был перекрыт силовой электрической дугой.

Индикатор может использоваться как самостоятельное изделие, пригодное для монтажа на эксплуатирующиеся полимерные изоляторы взамен имеющегося экрана. Кроме того, индикатор пробоя может использоваться в составе изолятора, изоляционный элемент которого, состоящий из стержня 5 и изоляционной оболочки 6, имеет небольшую длину между оконцевателями, полностью шунтируемую индикатором (см. фиг. 5 и 9). В этом случае, такой изолятор может использоваться как индикатор пробоя для изоляторов любых типов, подвешенных снизу на нижний оконцеватель 9 последовательно с изолятором - индикатором.

Показанный на фиг. 1-5, индикатор пробоя будет реагировать не только на электрическую дугу, возникшую из-за пробоя изоляторов, но и на дугу, возникшую из-за грозы или сильного загрязнения поверхности изолятора при работоспособном изоляторе. Чтобы исключить срабатывание индикатора при грозе или загрязнении индикатор может быть оснащен грозозащитным рогом 10, показанным на фиг. 6-10.

Для исключения срабатывания индикатора при грозе или загрязнении необходимо обеспечить условие, чтобы минимальное расстояние Н1 (фиг. 10) от нижнего экрана изолятора до грозозащитного рога было меньше минимального расстояния Н2 от нижнего экрана до сигнального элемента или дугоприемного штыря; в частном случае - до верхнего экрана, представляющего собой индикатор в соответствии с изобретением (фиг. 10). Указанное соотношение расстояний Н1 и Н2 от элементов индикатора до нижнего экрана изолятора эквивалентно соотношению расстояний от грозозащитного рога и сигнального элемента до нижнего оконцевателя изолятора, т.к. по сути, разность этих расстояний будет примерно одинакова для этих элементов индикатора. Т.е. минимальное расстояние от нижнего оконцевателя изолятора до грозозащитного рога должно быть меньше минимального расстояния от нижнего оконцевателя до сигнального элемента индикатора. При обеспечении этого условия разряд при грозе или загрязнении пойдет на грозозащитный рог, а не на экран индикатора, минуя разрушаемые элементы, и индикатор не сработает. В то же время при пробое изолятора разряд пойдет не на грозозащитный рог, а на индикатор, который в следствие этого сработает и тем самым укажет пробитый изолятор.

Грозозащитный рог может быть частью индикатора, как на фиг. 6, 8, 9 или может иметь собственный узел крепления к оконцевателю изолятора, как на фиг. 7, 10.

На линии электропередачи могут быть использован как вариант индикатора, срабатывающего на любые короткие замыкания (фиг. 1-5, 17-20), так и вариант индикатора, срабатывающего только на пробой (фиг. 6-10).

В некоторых вариантах осуществления индикатор может иметь соединение с изоляционным телом изолятора с помощью дополнительных элементов. Например, как показано на фиг. 17, сигнальный элемент 2 индикатора соединен с изоляционным телом 1 изолятора с помощью проволоки 4, которая намотана, с одной стороны на сигнальный элемент 2, а с другой стороны на оболочку изоляционного тела 1. Этим обеспечивается передача тока пробоя изолятора от изоляционного тела на сигнальный элемент и далее в разрушаемые элементы 11 без использования электрической дуги. Благодаря такому решению отсутствует необходимость установки дугоприемных и/или дугопередающих (дугоотводящих) элементов, а также необходимость расположения сигнального элемента вблизи изоляционного тела изолятора, что упрощает конструкцию индикатора. А при срабатывании индикатора сигнальный элемент изменяет свое пространственное положение, повисая на проволоке. Аналогичный способ действия индикатора

будет и в том случае, когда с помощью контактного элемента, такого как проволока, с изолятором соединен разрушаемый элемент.

В других вариантах осуществления изобретения дугопередающим (дугоприемным) элементом 4 может быть снабжен изолятор, как это показано на фиг. 18 и 19. Например, в соответствии с фиг. 18 дугопередающий элемент 4 может быть прикреплен к накладному элементу 18, который может быть выполнен в виде металлической втулки, установленному поверх изоляционной оболочки 1 изолятора на изоляционном теле между оконцевателями. Дугопередающий элемент 4 направлен к индикатору, в частности, к его сигнальному элементу 2, с обеспечением между ними разрядного промежутка, в котором может образоваться дуга. В частном варианте, не показанном на фигурах, такой дугопередающий элемент может касаться индикатора (его сигнального элемента или других элементов) и служить токопередающим элементом, который в дальнейшем может стать дугопередающим элементом, если контакт между элементами разорвется.

На фиг. 19 показан вариант установки дугопередающего элемента 4 на закладном элементе 8, установленном на стержне 5. Принцип действия и возможные варианты реализации аналогичны описанным по отношению к фиг. 18.

Выше описаны варианты, когда индикатор устанавливается на изоляторе путем закрепления с помощью элемента крепления, который крепится на оконцевателе и/или элементе электроустановки. В описанных вариантах ток пробитого изолятора, протекающий через разрушаемый элемент, также протекает в оконцеватель и/или элемент электроустановки через элемент крепления. Однако возможны варианты, когда ток, протекающий через разрушаемый элемент, течет в оконцеватель и/или элемент электроустановки не через элемент крепления, а по другим путям, например, через разрядный промежуток между разрушаемым элементом и оконцевателем и/или элементом электроустановки, или через дугоприемный (дугопередающий) элемент между ними, или через контактный элемент.

Необходимо отметить, что индикатор кроме оконцевателя и/или элемента электроустановки может быть установлен на других частях изолятора, например, на его изоляционной части (изоляционном теле). В таком случае разрушаемый элемент может пропускать ток с пробитого изолятора в оконцеватель изолятора и/или элемент электроустановки через дугоприемный элемент, соединенный с разрушаемым элементом и направленный к месту расположения оконцевателя изолятора и/или элемента электроустановки, и/или через контактный элемент, соединенный с разрушаемым элементом и выполненный с возможностью соединения с оконцевателем изолятора и/или элементом электроустановки.

Индикатор может быть выполнен с возможностью пропускания через разрушаемый элемент тока, протекающего через все изоляционное тело пробитого изолятора, на котором он установлен, или его часть. В формуле и описании признак "ток, протекающий через изоляционное тело" следует трактовать как "ток, протекающий через все изоляционное тело или через часть изоляционного тела".

Индикатор может быть установлен на небольшом изоляторе, который предназначен для последовательной или параллельной установки (или просто рядом) с тем изолятором, пробой которого должен показать индикатор. Такой изолятор с индикатором показаны на фиг. 5 и 9. В случае последовательного соединения индикаторного изолятора (т.е. изолятора с индикатором), показанного на фиг. 5 или 9, с изолятором, пробой которого необходимо отобразить путем изменения положения сигнального элемента индикатора, ток пробоя протекает через все изоляционное тело пробитого изолятора на оконцеватель, который соединен с оконцевателем 3 или 9 индикаторного изолятора, и далее через оконцеватель 3 или 9 на индикатор через крепежный элемент или дугоприемный элемент 4. Функционирование индикатора происходит также, как ранее описано по отношению к другим индикаторам. Также возможны и различные варианты осуществления индикаторного изолятора в соответствии с ранее описанными вариантами индикатора и его функционирования.

В тех случаях, когда индикаторный изолятор установлен параллельно или рядом с изолятором, пробой которого он должен проиндицировать, ток, протекающий через изоляционное тело пробитого изолятора или часть изоляционного тела пробитого изолятора, может попадать на индикатор (на разрушаемый и/или сигнальный элемент и/или дугоприемный элемент) в том случае, когда индикатор или его элементы расположены близко к изоляционному телу так, что ток с изоляционного тела пробитого изолятора переходит на индикатор через разрядную дугу.

В некоторых вариантах индикатор, размещенный на индикаторном изоляторе, или его элементы могут быть соединены с пробиваемым изолятором (в частности, его изоляционным телом) с помощью контактного элемента (например, такого как провод) аналогично варианту, показанному на фиг. 17. Кроме того, аналогично вариантам, показанным на фиг. 18 и 19, пробиваемый изолятор может быть снабжен индикаторным элементом (штырем), направленным к индикатору, размещенному на индикаторном изоляторе, и образующим с ним разрядный зазор или касающийся его.

На фиг. 20 показано, что индикатор может быть установлен на изоляционном теле 1 изолятора. Спицы 7 отходят от элемента крепления по направлению к сигнальному элементу 2, который выполнен в виде тороида, формирующего экран для защиты от коронных разрядов. В спицах 7 размещены разрушаемые элементы 11, принцип действия которых описан выше по отношению к различным вариантам осуществления. В показанном на фиг. 20 варианте сигнальный элемент 2 содержит дугопередающий эле-

мент 4, который отходит от сигнального элемента 2 по направлению к оконцевателю 3 и может касаться его или находится на некотором расстоянии. Принцип действия индикатора в таком варианте установки аналогичен вышеописанным модификациям.

Представленные на сопровождающих фигурах и детально описанные в описании варианты осуществления предназначены для упрощения понимания сущности изобретения и не должны толковаться как ограничивающие объем охраны изобретения, определяемый последующей формулой изобретения. Описанные варианты могут объединяться и комбинироваться в любых сочетаниях, обеспечивающих реализацию принципа действия и достижение технического результата, заключающегося в обеспечении возможности визуального определения пробоя изолятора и его перекрытия на значительном расстоянии от него. В результате комбинации отдельных вариантов могут достигаться дополнительные технические результаты.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Индикатор пробоя изолятора, имеющий элемент крепления на изоляторе и/или на элементе электроустановки, сигнальный элемент и как минимум один разрушаемый под действием электрического тока элемент, причем сигнальный элемент или его часть соединен с элементом крепления через разрушаемый элемент с обеспечением возможности изменения положения сигнального элемента в результате разрушения разрушаемого элемента, причем индикатор выполнен с возможностью прохождения через разрушаемый элемент тока, протекающего через пробитый изолятор за счет того, что сигнальный элемент выполнен с возможностью проведения тока, протекающего через пробитый изолятор, и передачи его через разрушаемый элемент.

2. Индикатор по п.1, отличающийся тем, что элемент крепления выполнен с возможностью установки на оконцевателе изолятора, и/или на изоляционном теле изолятора, и/или на элементе электроустановки.

3. Индикатор по п.1, отличающийся тем, что выполнен в виде экрана для защиты от коронного разряда и выравнивания напряженности электрического поля, причем сигнальный элемент выполнен с возможностью выравнивания напряженности электрического поля.

4. Индикатор по п.3, отличающийся тем, что разрушаемый элемент представляет собой спицу или часть спицы экрана, причем спица является протяженной как в направлении, проходящем через несовпадающие части сигнального элемента, так и в направлении, перпендикулярном нескольким несовпадающим направлениям, проходящим через несовпадающие части сигнального элемента.

5. Индикатор по п.4, отличающийся тем, что сигнальный элемент имеет плоскую структуру, причем спица является протяженной как в направлении, проходящем параллельно плоскости, в которой расположен сигнальный элемент, так и в направлении, перпендикулярном этой плоскости.

6. Индикатор по п.1, отличающийся тем, что сигнальный элемент содержит дугоприемный элемент, соединенный с сигнальным элементом и направленный к месту расположения изолятора, и/или контактный элемент, соединенный с сигнальным элементом и выполненный с возможностью соединения с изолятором.

7. Индикатор по п.6, отличающийся тем, что длина дугоприемного элемента имеет величину менее расстояния между сигнальным элементом индикатора и изоляционной частью изолятора при установке индикатора на изоляторе.

8. Индикатор по п.6, отличающийся тем, что длина дугоприемного элемента имеет величину равную расстоянию между сигнальным элементом индикатора и изоляционной частью изолятора при установке индикатора на изоляторе.

9. Индикатор по п.1, отличающийся тем, что разрушаемый элемент выполнен с возможностью пропуска тока с пробитого изолятора через дугоприемный элемент, соединенный с разрушаемым элементом и направленный к месту расположения изолятора, и/или контактный элемент, соединенный с разрушаемым элементом и выполненный с возможностью соединения с изолятором.

10. Индикатор по п.1, отличающийся тем, что изолятор содержит изоляционное тело, причем индикатор выполнен с возможностью пропуска тока через разрушаемый элемент тока, протекающего через изоляционное тело или его часть пробитого изолятора.

11. Индикатор по п.1, отличающийся тем, что разрушаемый элемент выполнен с возможностью пропуска тока с пробитого изолятора в оконцеватель изолятора и/или элемент электроустановки через элемент крепления.

12. Индикатор по п.1, отличающийся тем, что разрушаемый элемент выполнен с возможностью пропуска тока с пробитого изолятора в оконцеватель изолятора и/или элемент электроустановки через дугоприемный элемент, соединенный с разрушаемым элементом и направленный к месту расположения оконцевателя изолятора и/или элемента электроустановки, и/или через контактный элемент, соединенный с разрушаемым элементом и выполненный с возможностью соединения с оконцевателем изолятора и/или элементом электроустановки.

13. Индикатор по п.1, отличающийся тем, что снабжен грозозащитным рогом.

14. Индикатор по п.13, отличающийся тем, что грозозащитный рог размещен так, что при установке индикатора на изоляторе рог расположен дальше от изоляционной части изолятора и ближе к оконцевателю изолятора, противоположному тому, на котором устанавливается индикатор, чем сигнальный элемент индикатора.

15. Индикатор по п.1, отличающийся тем, что разрушаемый элемент представляет собой проводник с малым сечением, разрушаемый током короткого замыкания.

16. Индикатор по п.1, отличающийся тем, что разрушаемый элемент представляет собой контактную площадку с высоким переходным сопротивлением контакта, разрушаемую током короткого замыкания.

17. Индикатор по п.1, отличающийся тем, что разрушаемый элемент представляет собой герметичную камеру, внутренняя полость которой заполнена газом, например воздухом, и/или жидким и/или твердым материалом, разрушаемую ростом внутреннего давления в результате воздействия дугового разряда, происходящего внутри камеры при токе короткого замыкания.

18. Индикатор по п.1, отличающийся тем, что разрушаемый элемент представляет собой пиропатрон, срабатывающий при токе короткого замыкания.

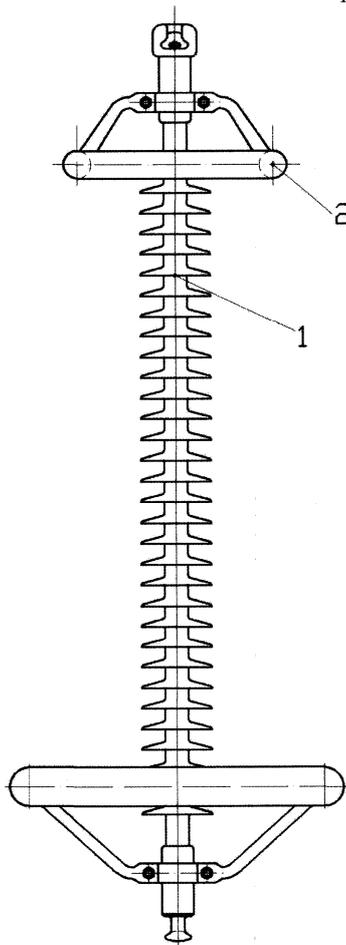
19. Индикатор по п.1, отличающийся тем, что сигнальный элемент снабжен гибкой связью или шарнирным соединением с элементом крепления, и/или изолятором, и/или элементом электроустановки, ограничивающими уровень его падения.

20. Изолятор, снабженный индикатором в соответствии с любым из пп.1-19.

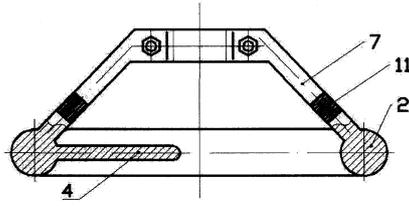
21. Изолятор по п.20, отличающийся тем, что имеет токопроводящую вставку в изоляционном теле и/или на изоляционном теле выше нижнего оконцевателя.

22. Изолятор по п.21, отличающийся тем, что токопроводящая вставка имеет дугоприемный элемент, соединенный с токопроводящей вставкой и направленный к месту расположения сигнального элемента и/или разрушаемого элемента.

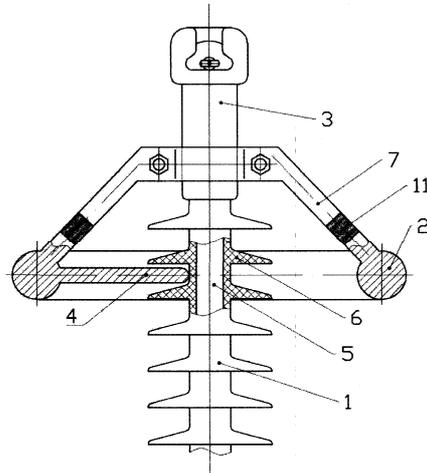
23. Изолятор по п.20, отличающийся тем, что индикатор выполнен с возможностью передачи тока пробитого изолятора с нижнего оконцевателя на сигнальный и/или разрушаемый элемент.



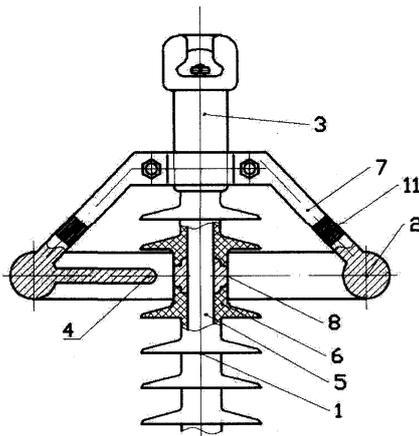
Фиг. 1



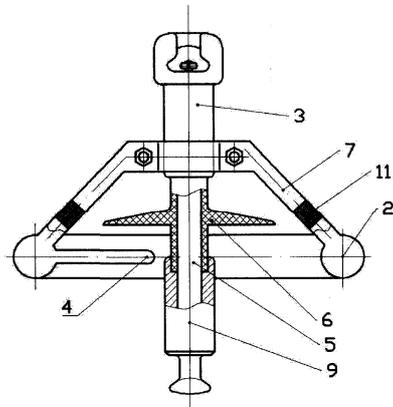
Фиг. 2



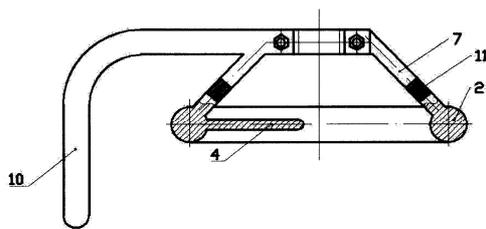
Фиг. 3



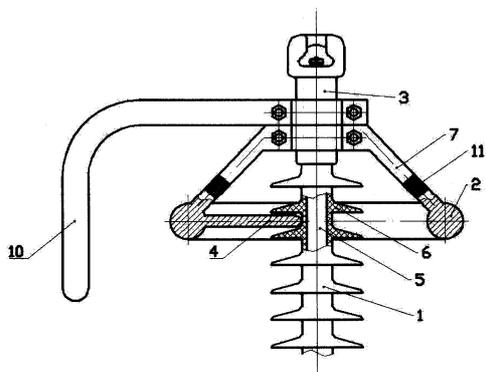
Фиг. 4



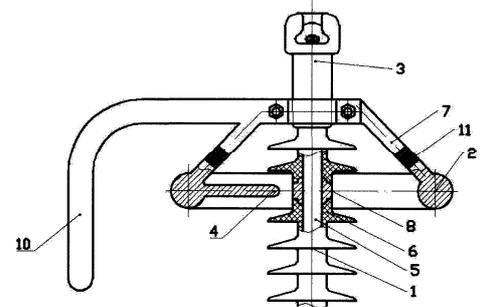
Фиг. 5



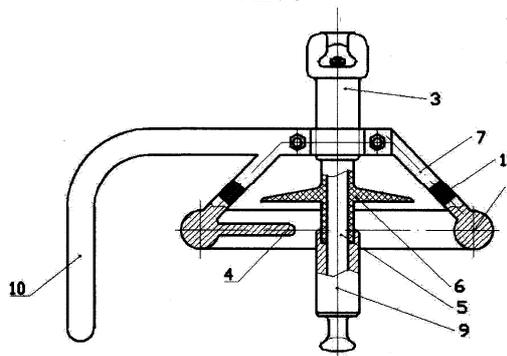
Фиг. 6



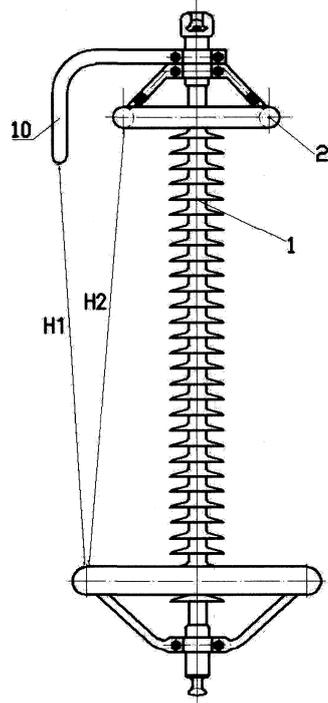
Фиг. 7



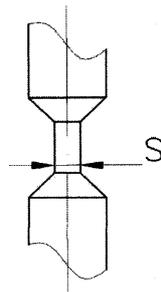
Фиг. 8



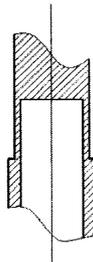
Фиг. 9



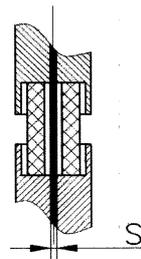
Фиг. 10



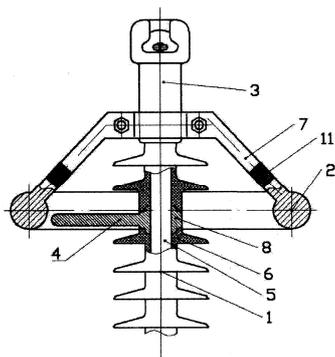
Фиг. 11



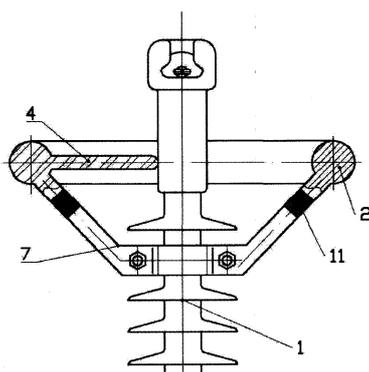
Фиг. 12



Фиг. 13



Фиг. 19



Фиг. 20