

УДК 621.311.1

Байдабеков А.К., д.т.н., профессор, ЕНУ им. Л.Н.Гумилева
Джумабаев А.А., д.т.н., профессор ЕНУ им. Л.Н.Гумилева
Кусебаев У.К., к.т.н., профессор ЕНУ им. Л.Н.Гумилева

СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ОБТЕКАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОДВЕСНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ

Мақалада өуелік электр тасымалдың желілерінде қолданылатын оқшаулағыштардың жұмыс істеу уақытын ұзарту және сенімді қызмет көрсету деңгейін жоғарлату мәселелері қарастырылған.

The article examines the increase of operational reliability suspension insulators in garlands and core polymer insulators of overhead power lines.

В современной электроэнергетике передача большого объема электроэнергии от электростанции к потребителям осуществляется по воздушным линиям электропередачи. Надежность работы линий электропередачи имеет большое значение. В значительной мере решение надежности транспортировки электроэнергии обеспечивается надежной работой изоляции линейных подвесных изоляторов воздушной линий электропередачи.

Одной из основных причин энергоаварии в воздушных линиях электропередачи, вследствие недолговечности линейных подвесных изоляторов, является их загрязнение, так как изоляторы воздушных линий электропередачи подвергаются воздействию атмосферных осадков и промышленных загрязнений. Даже небольшое загрязнение значительно снижает электрическую прочность изоляции [1].

В настоящее время широко распространены тарельчатые и стержневые изоляторы. Тарельчатые изоляторы изготавливаются из фарфора и закаленного стекла. Из-за трудности обнаружения дефектных фарфоровых изоляторов в процессе эксплуатации, сейчас все больше применяются изоляторы из закаленного стекла [2].

При повышении напряжения линий электропередачи высокого, сверхвысокого и ультравысокого напряжений резко возрастает масса гирлянд тарельчатых изоляторов. Масса гирлянды тарельчатых изоляторов с увеличением напряжения линии от высоковольтного до ультравысокого, увеличивается примерно в 15-20 раз.

В связи с этим ведутся интенсивные исследования и разработки полимерных стержневых изоляторов. В данное время известны следующие линейные подвесные тарельчатые изоляторы: ПС70Д, ПС120Б, ПС160В, ПС210Б, ПС400А, ПСД70ДМ, ПСВ120А, ПСК210К, так-

же широко применяются стержневые полимерные изоляторы ПДС70/110, РИП20/110, ЛК 70/27.5, ЛК 70/110, ЛК 70/220, ЛК 160/220, ЛК 70/330, ЛК 160/330, ЛК 160/500, ЛК 300/500, ЛК 160/750, ЛК 300/750, достаточно надежно работающие на линиях 220-750 кВ. Вышеуказанные изоляторы могут быть использованы и на линиях ультравысокого напряжения.

Недостатками всех вышеперечисленных тарельчатых и стержневых полимерных изоляторов являются низкие аэродинамические характеристики, связанные с формой поверхности тарельчатого звена, и из-за этого наружная поверхность изолирующей детали плохо самоочищается под действием ветра и дождя от атмосферных и промышленных загрязнений [3].

Периодическая чистка (обмыв) осуществляется по типовой инструкции по обмыву изоляторов ВЛ до 500 кВ включительно под напряжением непрерывной струей воды. Аналогичная типовая инструкция существует и по их замене. Дороговизна этих мероприятий не вызывает сомнения.

В данной статье предлагается способ повышения самоочищаемости наружной поверхности линейных подвесных изоляторов от атмосферных и промышленных загрязнений, что будет способствовать улучшению надежности эксплуатации изоляторов.

Частицы осадков загрязненной атмосферы моделируется в виде шариков. Быстрое смывание твердых частиц-шариков сыграет важную роль, т.е. чистота поверхности изолятора как функция зависит от независимого аргумента-времени. В связи с этим в данной статье была сформулирована задача – какова должна быть форма траектории смывания твердых частиц-осадков, чтобы скатываясь по наружной части продольного сечения совершить путь в кратчайшее время.

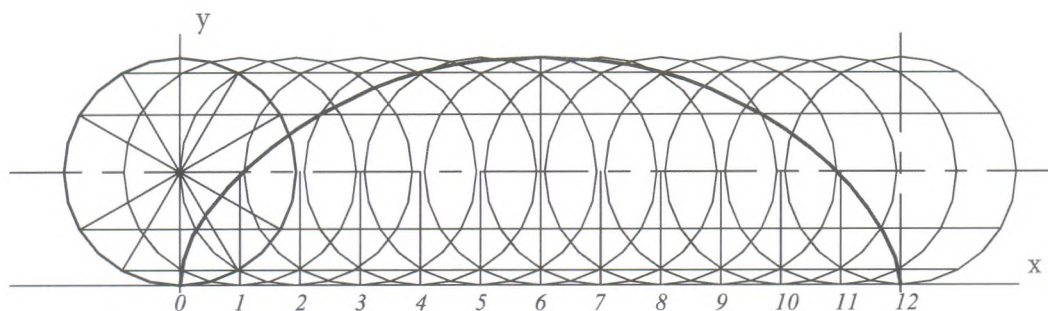


Рисунок 1 – Образование циклоиды

Изоляционная деталь линейного подвесного изолятора выполнена в виде тела вращения. Наружная часть поверхности тарельчатого звена изолятора получена путем вращения перевернутой относительно направляющей прямой циклоиды – брахистохроны [4].

Трансцендентная кривая – циклоида (Рисунок-1) обладает несколькими уникальными свойствами. Перевернутая относительно направляющей прямой циклоида имеет следующее замечательное свойство: среди всех линий, соеди-

няющих две данные точки, не лежащие на одной вертикали, циклоида является той кривой, двигаясь по которой под действием силы тяжести материальная точка перейдет из одного положения в более низкое положение в кратчайшее время. Такую кривую называют брахистохроной. В данной работе решено воспользоваться этим свойством циклоиды.

Циклоиду можно определить, как траекторию точки, лежащей на окружности круга, который без скольжения катится по прямой. Параметрические уравнения циклоиды:

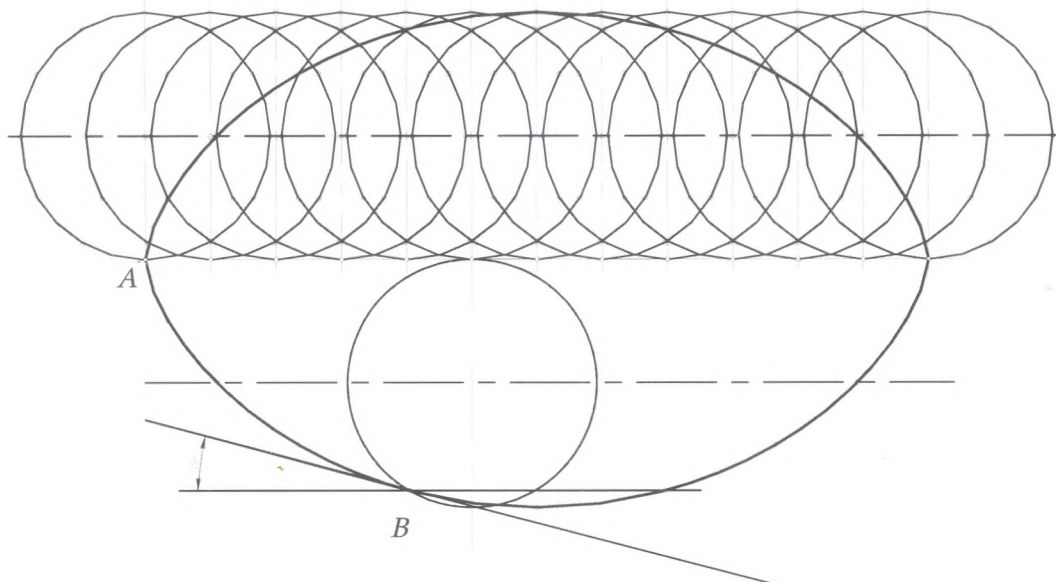


Рисунок 2 – Образование циклоиды и выделение образующей кривой из брахистохроны. Часть кривой циклоиды, заключенной между точками А и В является образующей поверхности вращения.

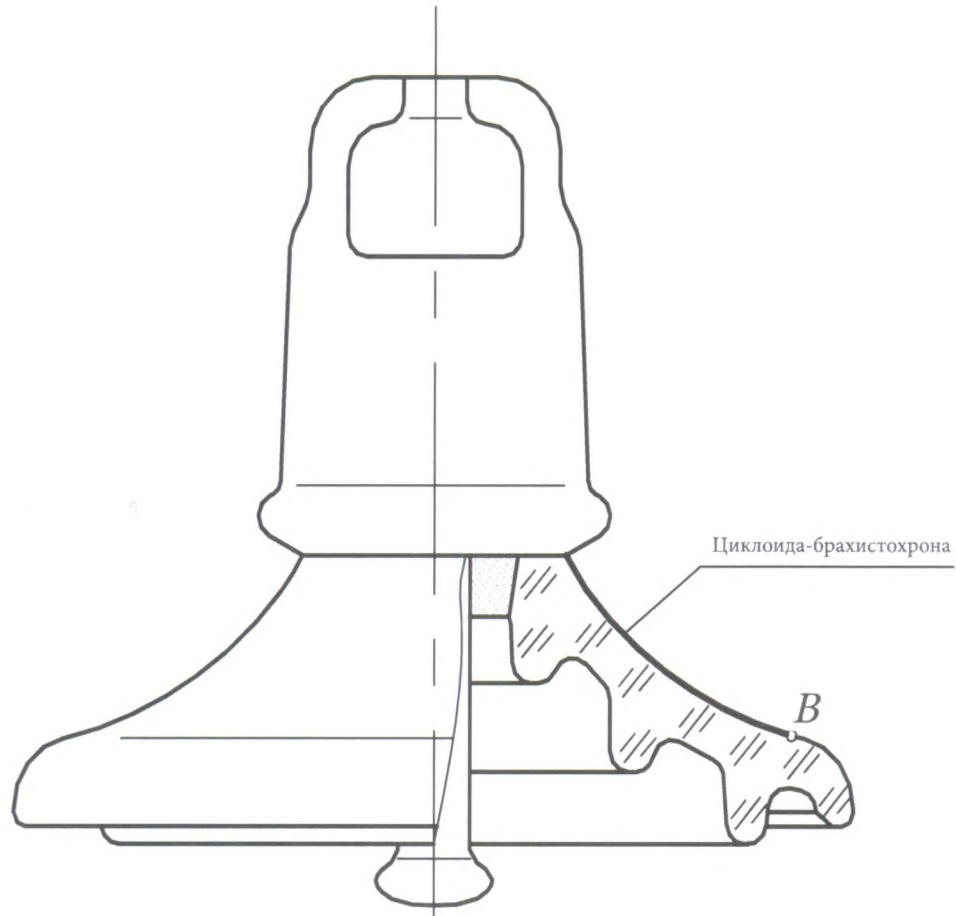


Рисунок 3 – Подвесной тарельчатый изолятор с изоляционной деталью, выполненной вращением циклоиды

$$\begin{aligned} x &= rt - r \sin t \\ y &= r - r \cos t \end{aligned} \quad (1)$$

$$R = 4r \sin \frac{t}{2} \quad (3)$$

Уравнение циклоиды в прямоугольной системе координат:

$$x = r \arccos \frac{r-y}{r} - \sqrt{2ry - y^2} \quad (2)$$

Важнейшей задачей является определение части брахистохроны, пригодной для использования в качестве образующей (Рисунок-2). Эта задача выдвигает два условия:

- радиус кривизны не должен достигать максимального значения;
- длина части брахистохроны как путь утечки тока должна быть максимально длинной.

Радиус кривизны в произвольной точке циклоиды определится равенством:

Длину дуги циклоиды от исходной точки, где до некоторой точки, с параметром удовлетворяющим заданным условиям можно определить:

$$\begin{aligned} s &= \int_0^t \sqrt{dx^2 + dy^2} = \int_0^t 2r \sin \frac{t}{2} dt = \\ &= 4r \left(1 - \frac{\cos t}{2} \right) = 8r \sin^2 \frac{t}{4} \end{aligned} \quad (4)$$

Касательная в точке *B* составляет с горизонтальной прямой - 15° .

Вследствие чего, используя часть циклоиды в качестве образующей, можно получить поверхность изоляционной детали изолятора с улучшенной самоочищаемостью. На рисунке 3 приводится тарельча-

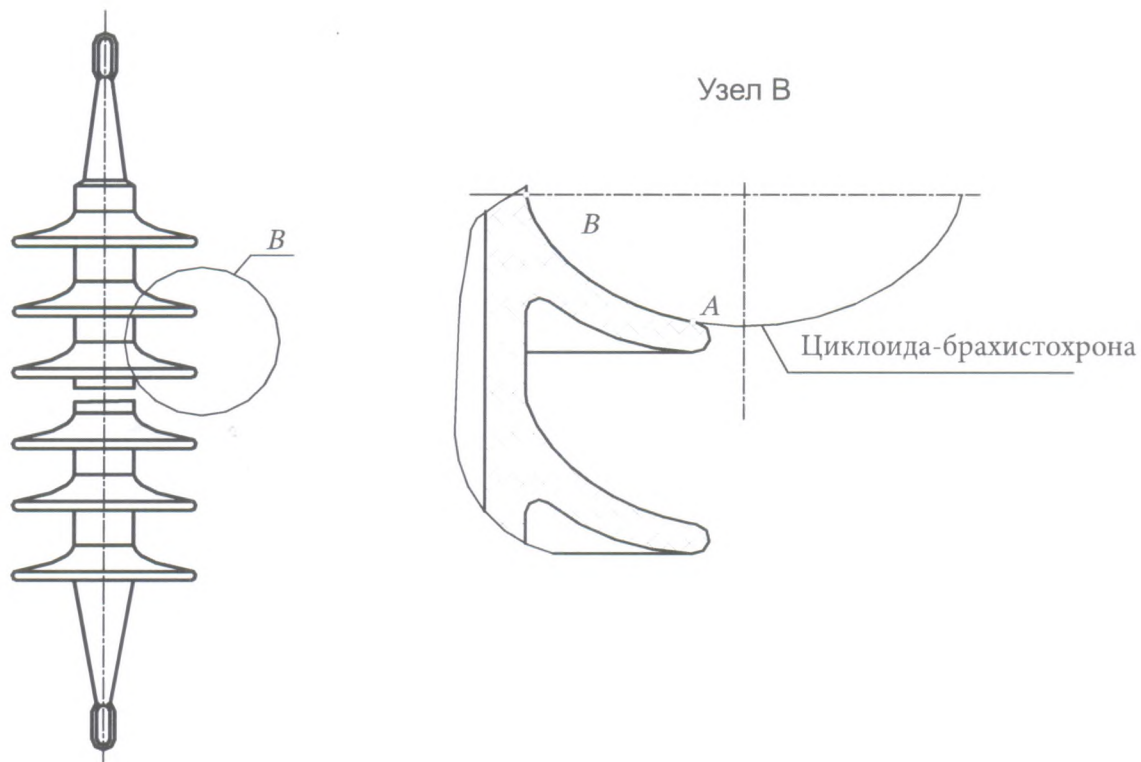


Рисунок 4 – Полимерный стержневой изолятор с поверхностью полученной вращением брахистохрона

тый подвесной изолятор с данной поверхностью. Аналогичным образом можно использовать поверхность с быстрой смываемостью и для полимерных изоляторов стержневого типа (Рисунок-4).

Таким образом, сконструированный подвесной изолятор будет обладать лучшим свойством самоочищаемости, благодаря быстрому смыву атмосферных и промышленных загрязняющих осадков.

Список использованной литературы

1. Александров Г.Н. Установки сверхвысокого напряжения и охрана окружающей среды. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1989. – 360 с.
2. Методы контроля состояния фарфоровых изоляторов // РЖ 19М. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов. – 2005. – № 6.
3. Богатенков И.М., Иманов Г.М., Кизеветтер В.Е. и др. Техника высоких напряжений: Учебное пособие для вузов. –СПб: изд. ПЭИПК, 1998. -700с.
4. Савелов А.А. Плоские кривые. Систематика, свойства, применения. Справочное руководство. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. -296 с.