

УСТРАНЕНИЕ ПОСТОРОННИХ ТОНКИХ ПРОВОДНИКОВ С ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ, НЕ ОБРАЗУЮЩИХ ЦЕПЬ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

А.С. Рогозин

(Харьковский университет Воздушных Сил)

В статье рассматриваются вопросы устранения посторонних проводников с токоведущих частей линии электропередачи посредством генератора импульсных напряжений.

устранение тонких проводников, генератор импульсных напряжений

Постановка проблемы. В связи с применением в вооруженных конфликтах конца XX века и начала XXI веков средств способных инициировать короткие замыкания элементов энергосистем, возникает необходимость в разработке методов устранения посторонних проводников с токоведущих частей линий электропередачи не образующих цепи короткого замыкания.

Анализ литературы. Публикаций работ, в которых рассматривались вопросы устранения посторонних проводников с токоведущих частей линий электропередачи, не образующих цепь короткого замыкания до настоящего времени нет. Это объясняется, прежде всего, отсутствием в нормальных эксплуатационных режимах такой необходимости, так как образование коротких замыканий большим количеством тонких проводников маловероятно. Исследование вопросов связанных с устранением посторонних проводников с токоведущих частей линий электропередачи связано с рассмотрением переходных процессов в линиях с распределенными параметрами, а так же характеристиками дугового разряда. В работах [1 – 2] рассматривались переходные процессы линий с распределенными параметрами, в которых приведены различные подходы к исследованию переходных процессов. В работах [3 – 4] достаточно полно рассмотрены условия существования и характеристики электрической дуги. Вопросы перекрытия длинных воздушных промежутков рассматривались в [5 – 7], в [8] автором предложен алгоритм устранения цепи короткого замыкания образованного тонкими проводящими нитями, без образования дугового разряда.

Цель статьи. Обосновать способы устранения посторонних проводников, с токоведущих частей линии электропередачи, не образующих цепи короткого замыкания.

Основная часть. После устранения цепи короткого замыкания на токоведущих частях останется множество фрагментов поражающих элементов боеприпасов BLU-114/B. Эти фрагменты при подаче штатного напряжения на токоведущие части могут стать причиной возникновения коротких замыканий посредством ионизационных процессов в изоляционных промежутках. Соответственно для приведения линии электропередачи, подвергшейся воздействию боеприпасами BLU-114/B, в рабочее состояние необходимо проводить мероприятия по устранению посторонних проводников, оставшихся после ликвидации цепи короткого замыкания. Как показывает практика плотность тока в проводнике, обусловленная коронным разрядом не приведет к разогреву материала проводника, достаточному для фазового перехода. Следовательно, для устранения посторонних проводников необходимо рассматривать процессы, протекающие при перекрытии длинных воздушных промежутков. Согласно [8] условия, приведения в рабочее состояние линии электропередачи, подвергшуюся воздействию поражающих элементов новых средств поражения следующие:

- напряжение, подаваемое на токоведущие части линии электропередачи, должно иметь положительную полярность;
- длительность действия напряжения должна быть не менее 1×10^{-3} сек;
- длительность подведения мощности к линии не должна превышать $3 - 5 \times 10^{-6}$ сек.

Рассмотрим процесс увеличения заряда линии при многократном разряде емкости генератора импульсных напряжений на линию. В момент времени, когда разряд емкости ГИН завершился, разность потенциалов на разрядном промежутке ПЗ можно считать равной нулю. Таким образом, для данного момента времени можно записать

$$\frac{q}{C_{\text{л}}} = \frac{Q - q}{C_1}, \quad (4)$$

где q – заряд, приобретенный линией после первой подачи напряжения; Q – заряд емкости ГИН; C_1 – ударная емкость ГИН; $C_{\text{л}}$ – емкость линии.

Равенство (4) можно привести к следующему виду

$$\frac{C_1}{C_{\text{л}}} = \frac{Q - q}{q} = \frac{Q}{q} - 1. \quad (5)$$

Для момента завершения n -го разряда ГИН будет справедливо следующее равенство

$$\frac{q_n}{C_{\text{л}}} = \frac{Q - (q_n - q_{n-1})}{C_1}, \quad (6)$$

где q_n – заряд линии после n -го разряда ГИН; q_{n-1} – заряд линии на момент начала n -го разряда.

Представим (6) в следующем виде

$$\frac{C_1}{C_L} = \frac{Q - (q_n - q_{n-1})}{q_n}. \quad (7)$$

Произведем замену левой части (7) на правую часть (5) и выразим из полученного уравнения q_n

$$q_n = q + q q_{n-1} / Q. \quad (8)$$

Для большей наглядности запишем согласно (8) выражение для заряда линии для момента завершения четвертого импульса напряжения ГИН

$$q_4 = q + \frac{q}{Q} \left(q + \frac{q}{Q} \left(q + \frac{q}{Q} q \right) \right) = q + \frac{q^2}{Q} + \frac{q^3}{Q^2} + \frac{q^4}{Q^3} = q \left(1 + \frac{q}{Q} + \frac{q^2}{Q^2} + \frac{q^3}{Q^3} \right). \quad (9)$$

Таким образом, можно записать общую формулу для нахождения заряда линии после n -го импульса ГИН

$$q_n = \left(q + \sum_{m=1}^n \frac{q^{m+1}}{Q^m} \right). \quad (10)$$

Заряд, приобретаемый емкостью C_L после первого импульса напряжения, определим из (4) следующим образом

$$q = \frac{Q \cdot C_L}{C_1 + C_L}. \quad (11)$$

При стремлении n к бесконечности выражение (10) принимает следующий вид

$$q_\infty = \frac{Q \cdot q}{Q - q}. \quad (12)$$

Разделив (10) на C_L получим напряжение линии после n -го импульса напряжения

$$u_{Ln} = \left(q / C_L + \frac{1}{C_L} \sum_{m=1}^n \frac{q^{m+1}}{Q^m} \right). \quad (13)$$

Заряд, теряемый линией за счет проводимости, определим следующим образом

$$q_n = g \cdot u_L \cdot t_n, \quad (14)$$

где g – проводимость линии; u_L – напряжение линии; t_n – время между импульсами ГИН.

Как видно из (14) максимальная утечка заряда будет наблюдаться по достижении линией своего номинального напряжения. Таким образом, для обеспечения повышения напряжения линии до номинального значения заряд, сообщаемый линии в последнем импульсе, при котором напряжение линии достигает своего номинального значения, должен быть больше заряда, теряемого линией за счет проводимости

$$g \cdot u_{л} \cdot t_{п} < \frac{q^{n+1}}{Q^n}. \quad (15)$$

Подставляя заряд q из (11) в (15) и производя преобразования, запишем неравенство (15) в следующем виде:

$$uc1 > \frac{(C_1 + C_{л})gu_{л}t_{п}}{C_{л}C_1} e^{\left(-\ln\left(\frac{C_{л}}{(C_1 + C_{л})}\right)n\right)}. \quad (16)$$

Выражение (16) позволяет при заданных параметрах линии $C_{л}$, $u_{л}$, g и генератора C_1 найти необходимое напряжение генератора, при котором после n -го импульса напряжение на линии достигнет своего номинального значения. В силу наложенных ограничений на объем статьи вопросы связанные с устранением посторонних проводников посредством подачи выпрямленного напряжения от госэнергосистемы, будут опубликованы автором в следующих работах.

Выводы. 1. Для устранения посторонних проводников необходимо рассматривать процессы, протекающие при перекрытии длинных воздушных промежутков.

2. Устранение фрагментов токопроводящих нитей оставшихся на токоведущих частях может быть произведено подачей импульсов напряжения положительной полярности сгенерированных генератором импульсных напряжений, либо выпрямленным напряжением от госэнергосистемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атабеков Г.И. *Теоретические основы электротехники. Часть первая.* – М.–Л.: Энергия, 1978. – 592 с.
2. Гинсбург С.Г. *Методы решения задач по переходным процессам в электрических цепях.* – М.: Высш. шк., 1967. – 386 с.
3. Майкопар А.С. *Дуговые замыкания на линиях электропередачи.* – Л.: Энергия, 1965. – 273 с.
4. Финкельбург В., Меккер Г. *Электрические дуги и термическая плазма: Пер. с нем.* – М.: Иностранная Литература, 1961. – 400 с.
5. Александров Г.Н. *Сверхвысокие напряжения.* – Л.: Энергия, 1973. – 175 с.
6. Александров Г.Н., Иванов В.Л., Кизеветтер В.Е., *Электрическая прочность наружной высоковольтной изоляции.* – Л.: Энергия, 1969. – 239 с.
7. Александров Г.Н. *О механизме перехода коронного разряда в искровой в длинных воздушных промежутках // ЖТФ.* – 1965. – Т. 35, вып. 7. – С. 1225 – 1229.
8. Розозин А.С. *Устранение посторонних проводников с токоведущих частей линии электропередачи // Системи обробки інформації.* – Х.: ХВУ. – 2004. – Вип. 11 (39). – С. 153 – 157.

Поступила 18.04.2005

Рецензент: доктор технических наук, профессор Б.Т. Кононов,
Харьковский университет Воздушных Сил.