



## ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ В СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

УДК 621.3.015

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ИНДУКТИРОВАННЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ

А.И. Акимов<sup>1</sup>, Ю.А. Акимова<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>Харьковский университет Воздушных Сил,  
<sup>2</sup>Харьковский банковский институт УАБД НБУ)

*Рассмотрен метод определения числа возникновения индуктированных перенапряжений в кабельных линиях.*

*система электроснабжения, индуктированные перенапряжения, кабельные линии, перенапряжения прямого удара молнии*

**Постановка проблемы.** Повышение эффективности грозозащиты элементов систем электроснабжения (СЭС) специальных объектов, без сомнения, является актуальной научно-технической задачей и требует детального изучения и глубокого анализа всех перенапряжений, действующих в СЭС. Наибольшую величину из этих перенапряжений имеют перенапряжения прямого удара молнии (ПУМ) и индуктированные перенапряжения. По этой причине они представляют опасность для изоляции элементов СЭС и, в частности, для кабельных линий. Перенапряжения ПУМ достаточно подробно описаны в литературе [1 – 4], в [5] рассмотрен метод определения удельного числа грозовых отключений кабельных линий. А индуктированные перенапряжения рассмотрены только применительно к воздушным линиям. Качество дальнейших работ по грозозащите СЭС в значительной степени будет зависеть от достоверности оценки всех действующих перенапряжений. Таким образом, разработка методических подходов для проведения таких оценок является актуальной научно-технической задачей. В работе рассматривается получение математических выражений для проведения анализа опасности индуктированных перенапряжений для изоляции кабельных линий.

**Анализ литературы.** В различных источниках [1 – 4] решались задачи оценки индуктированных перенапряжений. В качестве недостатка полученных при этом решений необходимо отметить, во-первых, то, что эти результаты применимы только к воздушным линиям электропередачи (ВЛЭП). Здесь уместно заметить, что особенности изоляции ВЛЭП 110 кВ и выше таковы, что индуктированные перенапряжения для них не играют существенной роли. Во-вторых, в [5] рассматривался вопрос определения удельного числа отключений кабельных линий, но только при ПУМ. Между тем вся совокупность индуктированных перенапряжений осталась за пределами рассмотрения. И, наконец, в-третьих, индуктированные перенапряжения, накладываясь на рабочие напряжения, увеличивают разность потенциалов на изоляции. Для изоляции кабельных линий средних напряжений это обстоятельство представляет опасность, поскольку особенностью волн индуктированных перенапряжений является одновременное их возникновение с примерно одинаковой амплитудой на всех фазах линии электропередачи. Поэтому необходимы более совершенные оценки для анализа опасности индуктированных перенапряжений.

**Цель работы.** Целью работы является разработка оценки числа возникновения индуктированных перенапряжений в кабельных линиях, которая базируется на анализе физических процессов, имеющих место в реальных кабельных линиях.

**Основной материал.** Обычно считают, и это естественно, что вероятность появления опасных перенапряжений на изоляции элементов СЭС вообще, и кабельных линий в частности, выше вероятности повреждения этих элементов (вероятности отключения потребителей). Однако для учета степени влияния различных факторов на число возникновения индуктированных перенапряжений в кабельных линиях использование вероятности появления опасных перенапряжений является целесообразным.

Вероятность появления в кабельных линиях опасных для их изоляции индуктированных перенапряжений определяется следующими факторами:

- вероятностью появления таких по величине токов молнии, которые могут создать опасные для кабеля перенапряжения;
- интенсивностью грозовой деятельности в данной местности (числом грозовых дней в году);
- протяженностью и конструктивными особенностями кабельных линий;
- степенью экранирования трассы кабельной линии зданиями, сооружениями, деревьями и т.п.;
- наличием, мощностью и характером нагрузки, подсоединенной к кабельным линиям.

Учесть все многообразие этих факторов в рамках статьи не представляется возможным. Поэтому введем ряд допущений и обозначим:

$N_0$  – частота поражения за год единицы длины кабельной линии, проложенной в траншее по открытой местности, при этом степень экранирования кабельных линий не учитывается, т.е. рассматривается наиболее тяжелый для изоляции кабеля случай;

$I_M$  – ток молнии, вызывающий появление опасных индуктированных перенапряжений при расстоянии от кабеля до точки удара молнии, равном  $X$ .

В [6] показано, что протекание тока главного разряда молнии создает в окружающем пространстве быстро меняющееся во времени магнитное поле, которое в свою очередь индуцирует электрическое поле. Таким образом, суммарное индуктированное перенапряжение включает в себя две составляющие (электрическую и магнитную). Для тока молнии, растекающегося в земле, можно принять [6] линейный закон

$$I_M = I_0 + kx, \quad (1)$$

где  $I_0$  – ток молнии, вызывающий появление опасных индуктированных перенапряжений;  $k$  – коэффициент, имеющий размерность напряженности магнитного поля.

Так как зависимость (1) неизвестна, поскольку неизвестна величина  $k$ , то произведем только предварительную оценку индуктированных перенапряжений при следующем допущении: такие перенапряжения создаются током молнии, имеющим величину 50 кА и более [4].

Введение такого допущения позволяет от выражения (1) перейти к следующей зависимости:

$$I_M \geq I_0. \quad (2)$$

В этом случае появляется возможность использовать известное выражение для определения вероятности токов молнии, амплитуда которых больше или равна  $I_M$  [1, 4]:

$$P_I = P(I_M \geq I_0) = e^{-\frac{I_M}{26,1}} = e^{-\frac{I_0}{26,1}} \cdot e^{-\frac{kx}{26,1}} \Bigg|_{x=0} = e^{-\frac{I_0}{26,1}}. \quad (3)$$

При этом вероятное число случаев  $n$  возникновения в кабельной линии длиной  $L$  опасных индуктированных перенапряжений в год определяется выражением:

$$n = N_0 \int_0^L P(I_M \geq I_0) dx = N_0 L e^{-\frac{I_0}{26,1}}. \quad (4)$$

Задаваясь значениями величин, входящих в выражение (4), можно определить  $n$ . Для кабельных линий рассматриваемого класса  $N_0$  лежит в пределах  $0,0225 \div 0,025$ . При сформулированных выше условиях решаемой задачи  $P_1$  определяется с помощью выражения (3) и составляет 0,1472.

Вероятное число случаев возникновения индуцированных перенапряжений, определенное таким образом для кабельной сети протяженностью  $L$ , лежащей в диапазоне  $170 \div 300$  км, при наиболее неблагоприятных условиях колеблется в пределах от 2 до 8 за 10 лет, что является недопустимым и требует принятия специальных мер уменьшения их числа или предотвращения их появления.

**Выводы.** Одним из важных достоинств предложенной оценки индуцированных перенапряжений является ее простота, универсальность и нечувствительность к малым токам молнии, а также к степени корреляционных связей перенапряжений ПУМ и индуцированных перенапряжений.

Результаты проведенной оценки дают возможность уточнить требования к изоляционным конструкциям кабельных линий, средствам защиты элементов СЭС от перенапряжений.

Рассмотренный метод решения может быть использован при определении числа случаев в год возникновения индуцированных перенапряжений в кабельных линиях и других классов напряжений и назначений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Техника высоких напряжений / Под общ. ред. Д.В. Разевига. – М.: Энергия, 1976. – 488 с.*
2. *Михайлов М.И., Разумов Л.Д. Защита кабельных линий связи от влияния внешних электромагнитных полей. – М.: Связь, 1967. – 192 с.*
3. *Долгинов А.И. Техника высоких напряжений в электроэнергетике. – М.: Энергия, 1968. – 464 с.*
4. *Техника высоких напряжений / Под ред. М.В. Костенко. – М.: Высш. шк., 1973. – 528 с.*
5. *Акимов А.И., Акимова Ю.А. Определение удельного числа грозовых отключений кабельных линий // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 1999. – Вип. 1 (5). – С. 85 – 87.*
6. *Тиняков Н.А., Степанчук К.Ф. Техника высоких напряжений. – Минск: Вышэйшая школа, 1971. – 328 с.*

Поступила 22.04.2005

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