

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗМЕРЕНИЯ НАВЕДЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Т.Н. Васильева, А.А. Васин

Рязанский государственный радиотехнический университет

При ремонте и обслуживании выведенных в ремонт воздушных линий необходимо помнить об опасностях, которые создаются наведенным напряжением. Известно, что на любой ВЛ, проходящей параллельно или под углом с другими ВЛ, непрерывно наводится сторонний потенциал, обусловленный взаимным влиянием электромагнитных полей этих линий друг на друга. Значение потенциала зависит от рабочего напряжения, токов нагрузки, расстояния между фазными проводами линий и длины участка параллельного их расположения.

Актуальность проводимой работы заключается в исследовании влияния действующих линий различных классов напряжения (от 10 кВ до 110 кВ) на выведенные в ремонт линии 0,4 кВ и 0,22 кВ. Существующий стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС» позволяет оценить влияние линий напряжением 35 кВ, 110 кВ, 220 кВ, 500 кВ на линии 10 кВ и выше. Соответственно, существующей методики недостаточно для проводимых исследований.

Целью выполнения научно-исследовательской работы является разработка технологии измерения наведенного напряжения и количественная его оценка на отключенной линии. Работа проводится на воздушных линиях МУП «Рязанские городские электрические распределительные сети».

Методика исследования. На рис. 1 представлен пример совместного подвеса действующей линии напряжением 10 кВ и выведенной в ремонт линии напряжением 0,4 кВ.

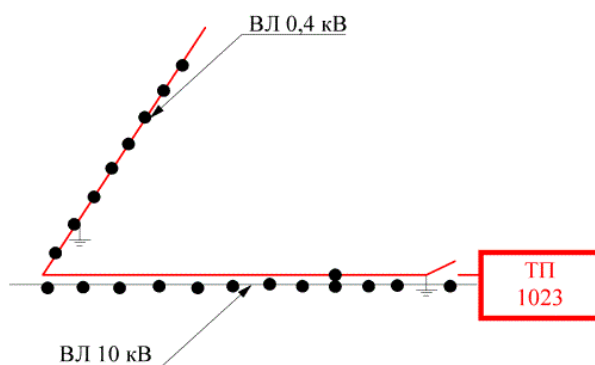


Рисунок 1 – Совместный подвес линий напряжением 10 кВ и 0,4 кВ

В ходе выполнения исследования необходимо решить следующие задачи:

- разработать математическую модель функции $F(a)$ для отключенной линии напряжением 0,4 кВ;
- выбрать схему замещения для отключенной ВЛ;

– провести расчет схемы замещения и определить величину наведенного напряжения;

– сделать выводы по итогам расчета.

В первую очередь необходимо провести расчет функции $F(a)$ для отключенной ВЛ 0,4 кВ и влияющей ВЛ 10 кВ для различных расстояний между линиями и получить функцию, аппроксимирующую эту зависимость.

Функция $F(a)$ является коэффициентом индуктивной связи линий (рис. 2) и имеет вид:

$$F(a) = 6,5016 \cdot e^{-0,036 \cdot a}, \quad (1)$$

где a – расстояние между линиями, м.

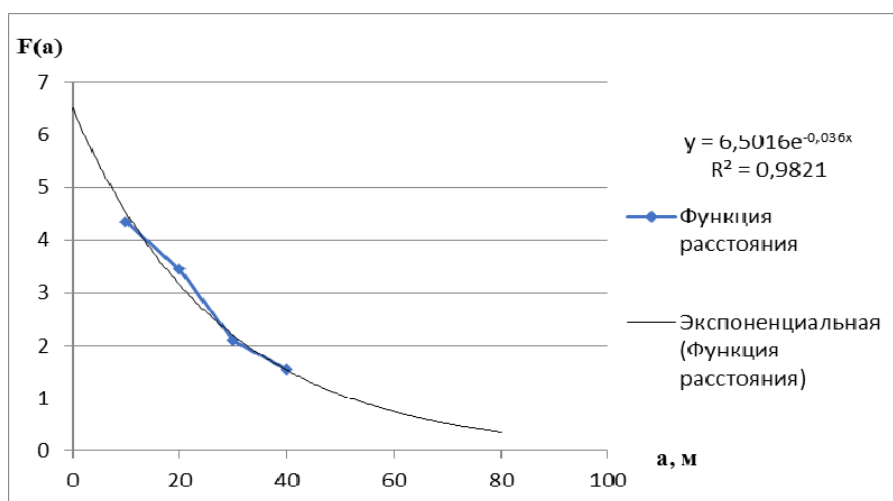


Рисунок 2 – График функции $F(a)$ в зависимости от расстояния между линиями

В представленном нами примере расстояние между линиями составляет 1,2 м. Тогда по формуле 1 получаем:

$$F(a) = 6,5016 \cdot e^{-0,036 \cdot 1,2} = 6,227.$$

В качестве схемы замещения принимается схема с двумя заземлениями по краям исследуемого участка отключенной ВЛ (рис. 3).

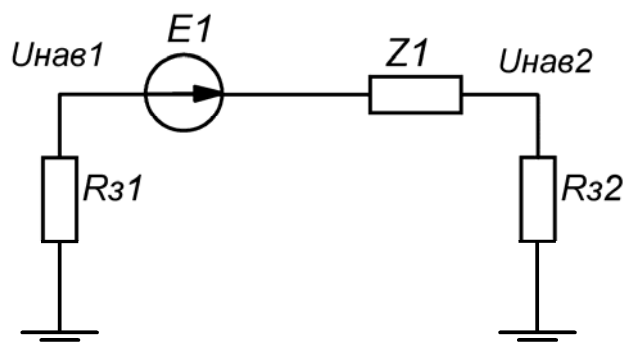


Рисунок 3 – Схема замещения отключенной ВЛ напряжением 0,38 кВ

Для количественной оценки наведенного напряжения необходимо знать сопротивление участка отключенной ВЛ Z_1 , марку провода, сопротивления заземляющих устройств $R_{з1}$ и $R_{з2}$, расстояние между ВЛ a , протяженность участков, влияющих ВЛ l , а также коэффициент индуктивной связи линий $F(a)$.

Согласно стандарту организации ПАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.240.55.018-2009, ЭДС, наводимая в отключенной линии, рассчитывается по формуле:

$$E_1 = F(a) \cdot I_1 \cdot l_1, \quad (2)$$

где – $F(a)$ – коэффициент индуктивной связи линий;

I – ток во влияющей линии, кА;

l – протяженность участка влияющей ВЛ, км.

Наведенные напряжения $U_{нав1}$ и $U_{нав2}$ определяются как:

$$U_{нав1} = \frac{E_1 \cdot R_{з1}}{\sqrt{(R_{з1} + R_{з2})^2 + Z_1^2}}; \quad (3)$$

$$U_{нав2} = \frac{E_1 \cdot R_{з2}}{\sqrt{(R_{з1} + R_{з2})^2 + Z_1^2}}. \quad (4)$$

В ходе исследования были получены следующие результаты. Сопротивление заземления в ТП-1023 $R_{з1}=4$ Ом, сопротивление заземления на опоре $R_{з2}=14$ Ом. Также известны сопротивление отключенной линии $Z_1=2,86$ Ом, ток во влияющей линии $I_1=0,1$ кА, длина совместного подвеса $l=5$ км, коэффициент индуктивной связи $F(a)=6,227$. Подставив данные в формулу 2, найдем значение ЭДС, наводимой в отключенной линии:

$$E_1 = 6,227 \cdot 0,1 \cdot 5 = 3,113 \text{ В}.$$

Рассчитаем величину наведенного напряжения по формулам 3 и 4:

$$U_{нав1} = \frac{3,113 \cdot 4}{\sqrt{(4 + 14)^2 + 2,86^2}} = 0,683 \text{ В};$$

$$U_{нав2} = \frac{3,113 \cdot 14}{\sqrt{(4 + 14)^2 + 2,86^2}} = 2,391 \text{ В}.$$

Максимальное значение наведенного напряжения составляет 2,391 В и наблюдается в точке с худшим заземлением (заземление на опоре ВЛ 0,4 кВ). Минимальное значение наведенного напряжения составляет 0,683 В и наблюдается в точке с лучшим заземлением (заземляющее устройство ТП-1023).

Полученные данные фиксируем в таблице 1.

Таблица 1

Перечень ВЛ, находящихся под наведенным напряжением

ВЛ под наведенным напряжением	Класс напряжения, кВ	0,4
	Диспетчерское наименование	ТП-1023
	Участок вблизи влияющей ВЛ	Оп. ВЛ-10кВ 14,15,16 (совм. подв 1,2м)
Влияющая ВЛ	Класс напряжения	10
	Диспетчерское наименование	ТП-1023
Описание схемы заземления		На ближайшей опоре и ТП
Наибольшее значение наведенного напряжения, В		2,391
Наименьшее значение наведенного напряжения, В		0,683
Измеренное значение наведенного напряжения, В		–

Если расчетная величина наведенного напряжения составляет менее 25 В, то линия рассматривается как не находящаяся под наведенным напряжением. Измерение наведенного напряжения прибором не требуется.

Выводы:

- 1) функция $F(a)$ для 1,2 м. имеет значение 6,227;
- 2) ВЛ напряжением 0,4 кВ, отходящая от ТП-1023, не находится под наведенным напряжением.

Для уменьшения наведенного напряжения в случае, если его величина превышает 50 В, предлагаются следующие мероприятия:

- уменьшение сопротивления заземляющего устройства на опорах 0,4 кВ;
- увеличение сечения провода отключенной ВЛ с целью уменьшения его сопротивления;
- при проектировании новых линий увеличить расстояние между линиями для повышения энергоэффективности.

Список использованных источников

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи: Учебник для студентов электротехнических, энергетических и приборостроительных специальностей вузов. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 2008. – 528 с.

2. Стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС»: Методические указания по определению наведенного напряжения на отключенных воздушных линиях, находящихся вблизи действующих ВЛ. – М: ВЛ-спецэнерго, 2009. – 27 с.