

Рис. 1. Графики зависимостей $u(t)$, $i(t)$, $R(t)$

УДК 621.3

М.В.Малочка (5 курс, каф. Э, ТВН),
Н.И.Гумерова, к.т.н., доц.

ВЛИЯНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ЗАЗЕМЛЕНИЙ ОПОР НА ГРОЗОУПОРНОСТЬ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

На грозоупорность воздушных линий влияют сопротивление заземления опор, ВСХ линейной изоляции, интенсивность грозовой деятельности,

вероятность прорывов молнии мимо тросовой защиты и ударов молнии в фазный провод или в опору. Из перечисленных факторов особое внимание в настоящее время уделяется характеристикам заземлителей опор. Последние экспериментальные и численные исследования показывают недостаточность моделирования заземлителя в виде постоянного активного сопротивления. В связи с этим было решено проанализировать экспериментальные данные, полученные в результате измерения импульсного сопротивления заземлителей опор линий электропередачи, и разработать модель заземления путем синтеза схемы замещения, что позволит оценить влияние характеристик заземлителей на перенапряжения при ударах молнии в опору, трос или фазный провод.

Экспериментальные данные по измерениям локального импульсного сопротивления заземления опор были предоставлены Центром физико-технических проблем энергетики Севера КФ РАН. Методика измерений основана на известном методе трех электродов. Причем под локальным импульсным сопротивлением понимается динамическое сопротивление растеканию тока в земле при временах, не превышающих несколько микросекунд, когда растекание происходит лишь с заземляющих устройств, непосредственно примыкающих к исследуемой заземленной конструкции. Сопротивление, полученное с помощью этой методики, есть величина условная, позволяющая на практике оценивать состояние заземлителя.

В качестве примера на рис. 1 показаны результаты измерения локального импульсного сопротивления опоры № 676/2 ВЛ-152/157 на 150 кВ. Локальное импульсное сопротивление опоры R получается путем деления мгновенного значения напряжения на заземлителе на мгновенное значение тока, втекающего в заземлитель.

Синтез схемы замещения заземлителя выполнялся с помощью программного комплекса АТР – специализированного приложения для расчета переходных процессов (неполная версия программы ЕМТР). Параметры схемы замещения выбирались таким образом, чтобы зависимости тока и напряжения в схеме замещения и из экспериментальных данных совпадали. Помимо этого, учитывались теоретические положения моделирования подземных линий [1].

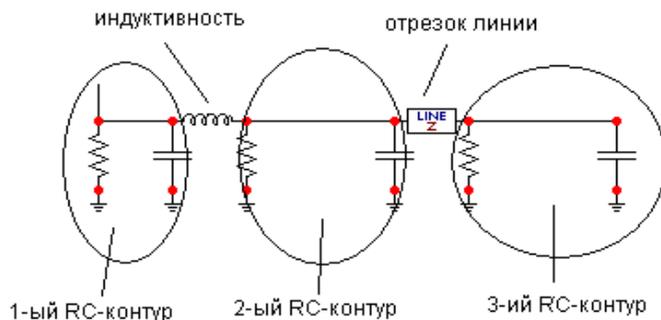


Рис. 2. Схема замещения заземлителя опоры № 676/2 ВЛ-152/157

Схема замещения динамического сопротивления заземлителя упомянутой опоры показана на рис. 2. Здесь первый RC-контур имеет параметры: активное сопротивление 500 Ом, емкость 0,0054 мкФ; второй – сопротивление 600 Ом и емкость 0,009 мкФ; третий – сопротивление 20 Ом и емкость 0,001 мкФ. Индуктивность равна 0,05 мГн.

Отрезок линии длиной 30 м имеет волновое сопротивление 200 Ом; скорость распространения волны $2 \cdot 10^8$ м/с. Достоверность синтезированной схемы подтверждается совпадением тока и напряжения в ней с экспериментальными данными.

С помощью синтезированной схемы замещения были проведены расчеты напряжения на опоре при ударах молнии амплитудой 10 кА в линию электропередачи при варьировании крутизны тока молнии (см. табл. 1), которые сопоставлены с расчетами при постоянном сопротивлении заземления опоры – 30 Ом. Задача реализуется в линейной постановке, поэтому результаты могут быть пересчитаны на любую амплитуду тока молнии.

Таблица 1.

τ_{ϕ} , мкс		0,1	0,5	1	2	4
U_{\max} , кВ	$R = \text{var}$	1194	638	592	536	360
	$R = 30 \text{ Ом}$	1228	521	396	332	300

Анализ показывает, что при фронтах воздействующего импульса порядка 0,1 мкс различия в напряжениях не превышают единиц процентов, здесь решающую роль в форме и величине напряжения играет индуктивность опоры. Как известно, молнии с таким фронтом в природе встречаются редко. При фронтах более 0,1 мкс перенапряжения на опоре при использовании динамической модели оказываются больше, чем перенапряжения при расчетах модели с постоянным активным сопротивлением заземлителя. Максимальное различие достигает примерно 40% при длине фронта 1 мкс. Следовательно, учет локального импульсного сопротивления заземлителя в ряде случаев необходим при расчетах грозоупорности воздушных линий электропередач ВЛ.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Волновые процессы и перенапряжения в подземных линиях / М.В.Костенко, Н.И.Гумерова, А.Н.Данилин и др.– СПб.: Энергоатомиздат, Санкт-Петербургское отд-ние, 1991.-232 с.