

# **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**на тему:**

**«Расчет значений наведенных напряжений  
при различных схемах заземления  
ремонтируемой линии»**

**Выполнил: Бутузов Михаил Сергеевич**

**Руководитель ВКР: Сахаров Ярослав Алексеевич**

# Цель и задачи работы

- Целью работы является расчет значений наведенных напряжений, анализ зависимости его уровня от взаиморасположения линий, а также при различных схемах заземления ремонтируемой линии.

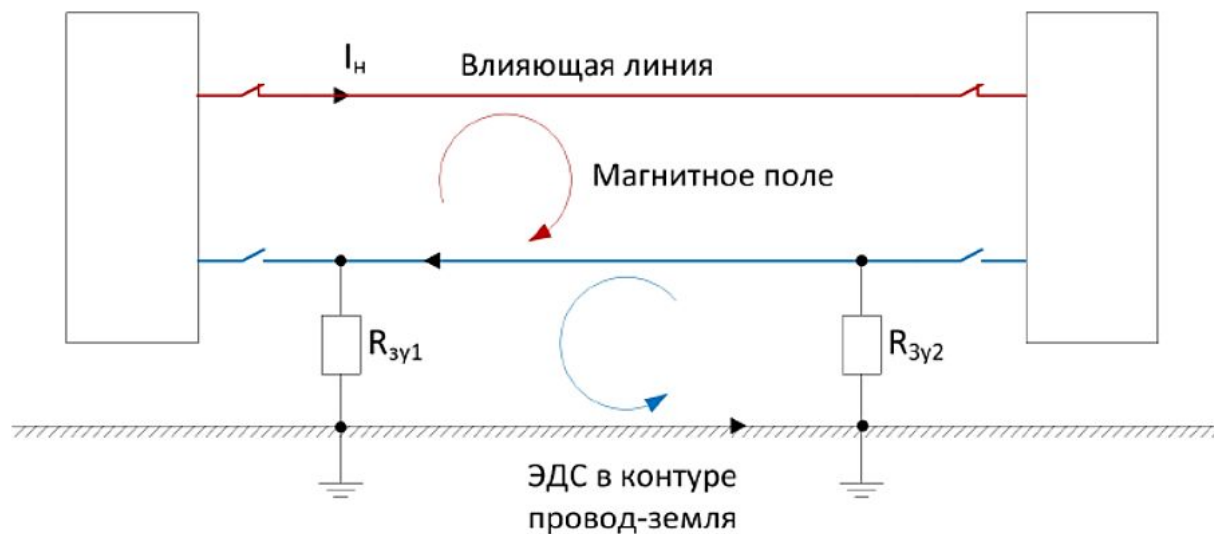
В работе будут освещены текущие правила безопасности, которые касаются наведенного напряжения, и выполнение расчетов значений наведенного напряжения при различных конфигурациях линий и различных схемах заземления ВЛ. В одной из глав будут рассмотрены текущие правила по выполнению измерений наведенного напряжения и по работе на ВЛ, находящихся под наведенным напряжением. Кроме этого, будут произведены расчеты по вычислению значений наведенного напряжения на ВЛ-110кВ при различных конфигурациях взаиморасположения линий. В работе также будут рассмотрены текущие правила безопасности при измерениях наведенного напряжения и работе с ним.

- Объектом исследования является наведенное напряжение на воздушных ЛЭП 110кВ.
- Предметом исследования является схемы заземления воздушных ЛЭП.

Наведенным напряжением называется разность потенциалов между проводящими частями электроустановок (ВЛ или оборудования ПС) и точкой нулевого потенциала, возникающая в результате воздействия электрического и магнитного полей, создаваемых расположенными вблизи электроустановками, находящимися под напряжением. Электрическое поле характеризуется электростатической составляющей, зависящей от напряжения влияющих ВЛ и емкостных связей рассматриваемых ВЛ, и электромагнитной составляющей, зависящей от тока во влияющих ВЛ, расстояний между отключенной и влияющими ВЛ, длин и конфигурации участков сближения и параметров контура протекания тока. [3]

Существуют следующие опасные виды влияния действующих линий электропередачи на отключенную ВЛ [4]:

- электростатическое и электромагнитное в рабочих режимах;
- электромагнитное при КЗ на землю в сети влияющих линий;
- гальваническое при падении провода пересекающей линии.



В качестве исходных данных для расчета необходимо иметь следующие данные [12]:

Длину ВЛ;

Расстояние между осями трасс ВЛ на участках сближения;

Наибольшие значения сопротивлений контуров заземления ПС и опор (учитывая коэффициент сезонности) по концам линий и на границах участков;

Максимальные значения токов, которые могут возникнуть во влияющих ВЛ после аварийного отключения или нескольких линий в прилегающей сети.

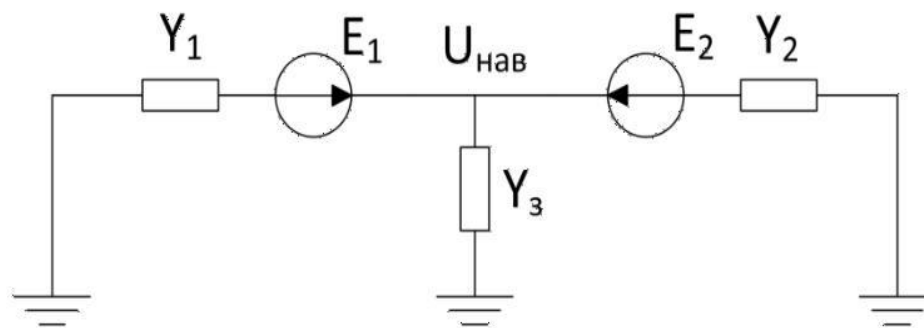
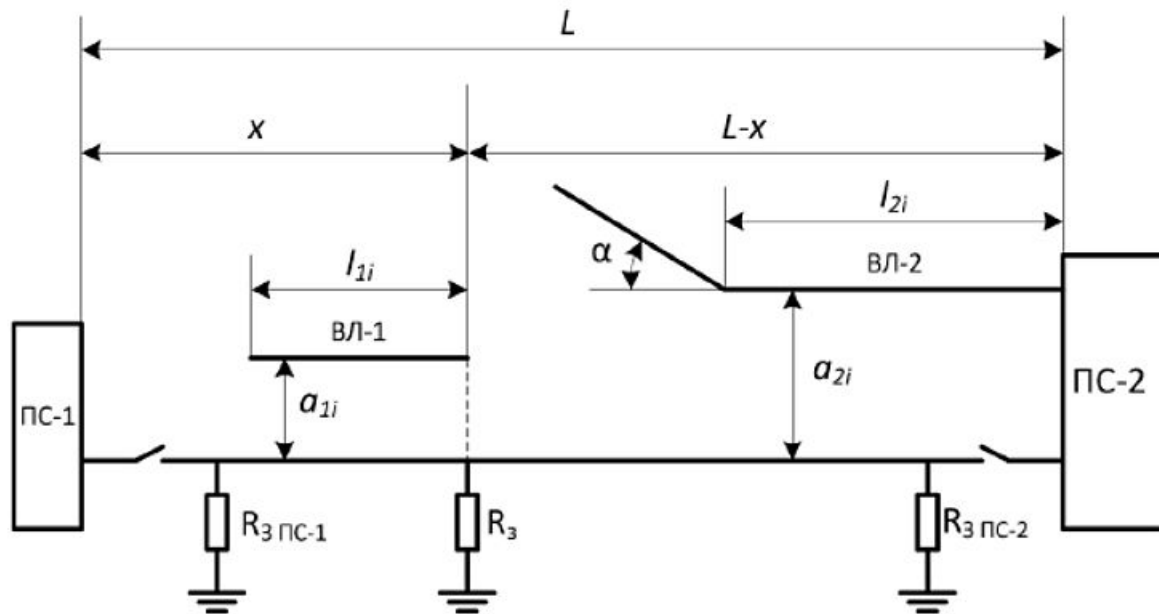


Схема замещения для расчета значения НН на отключенной ВЛ



Топографическая схема сети

Таблица - Значения коэффициента  $g$

Номинальное напряжение отключенной ВЛ, кВ	Значение коэффициента $g$
10-35	0,563
110	0,535

# Исследуемые схемы

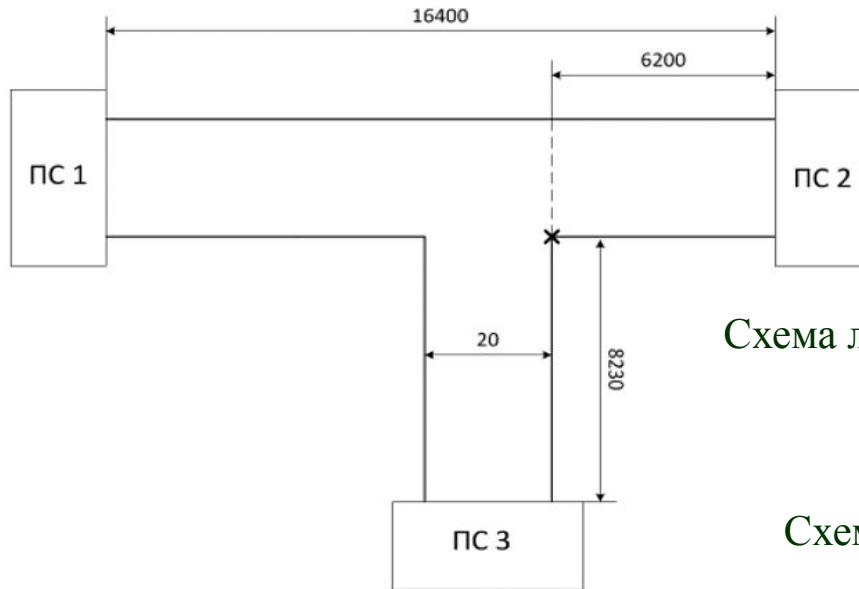
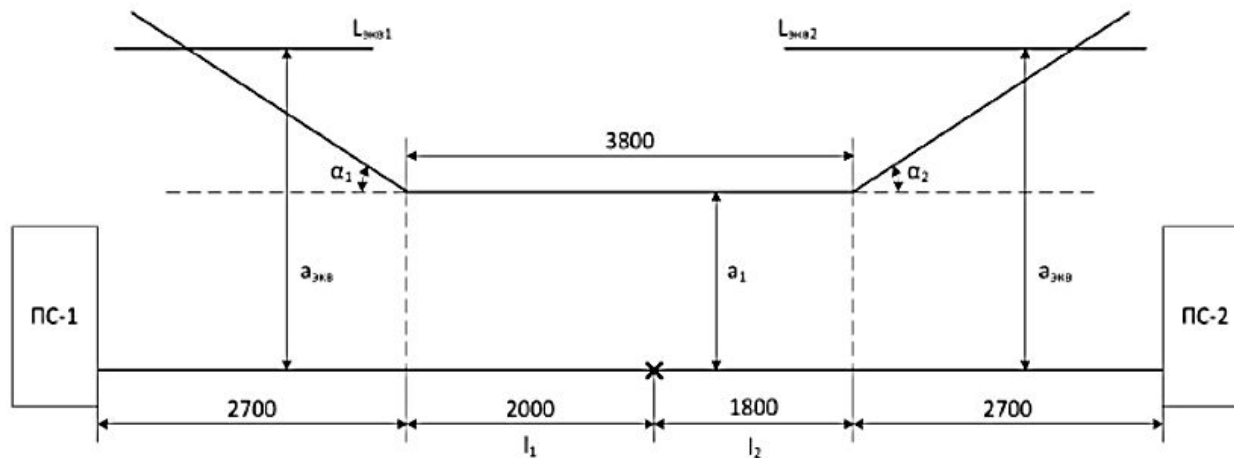


Схема линий при параллельном следовании двух ЛЭП 110кВ

Схема линий при схождении и расхождении с влияющей ВЛ



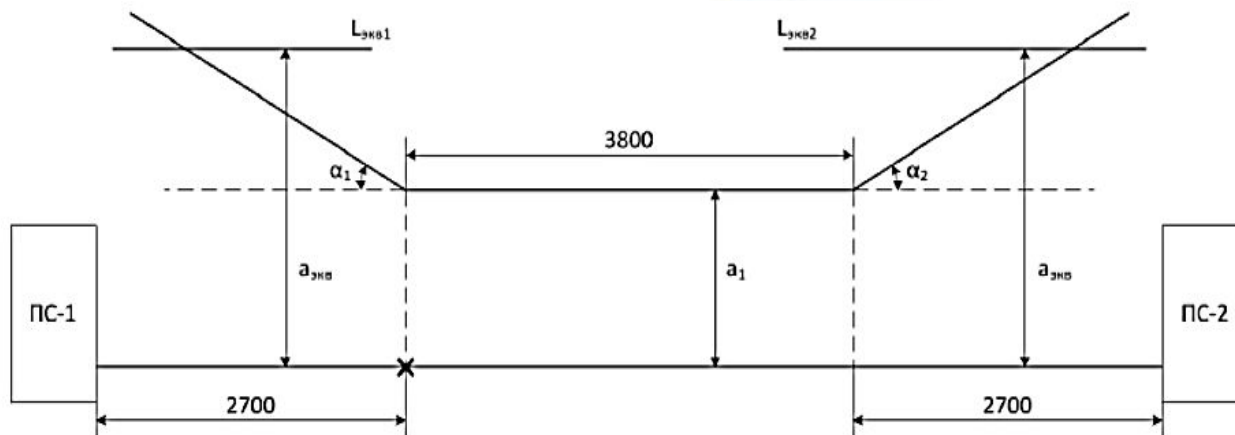


Схема при перенесении точки заземления

## Исследуемые схемы

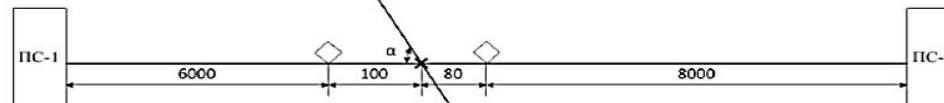
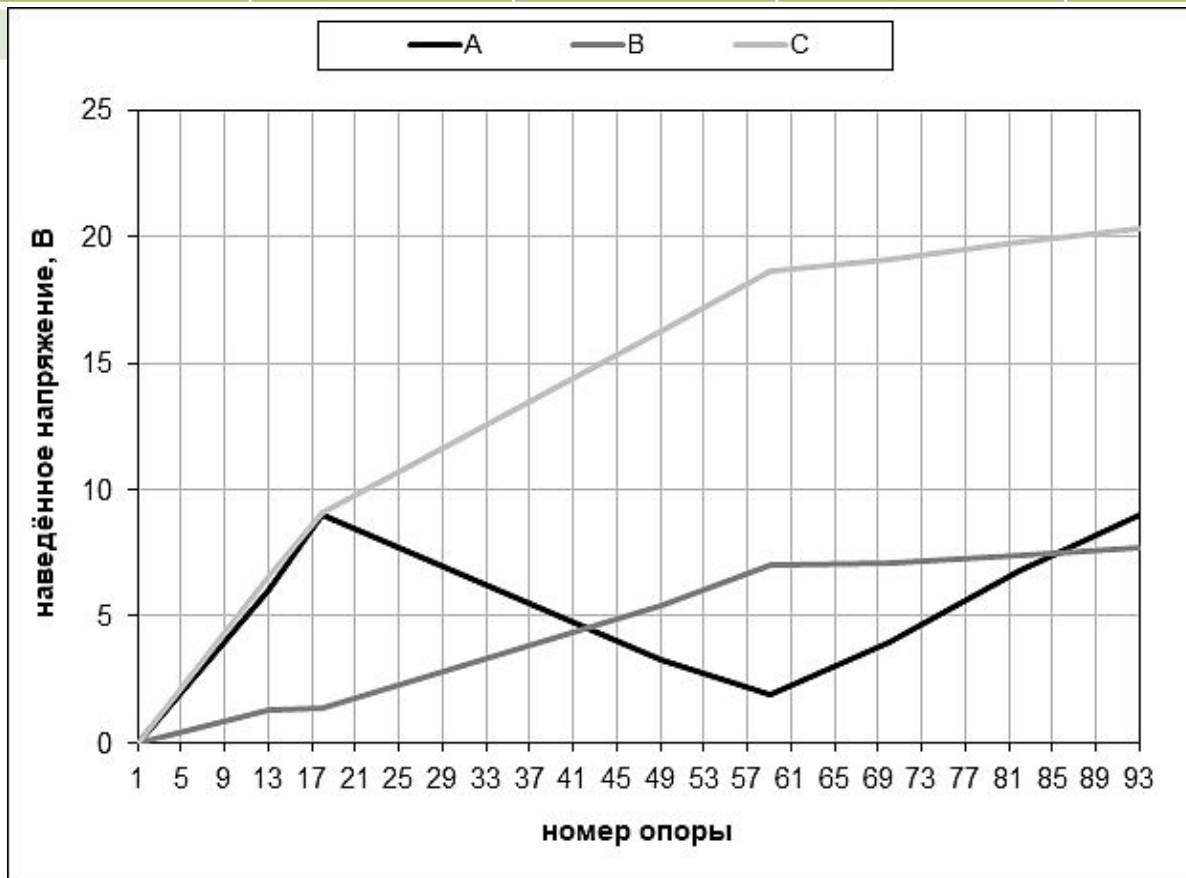


Схема двух линий при их пересечении



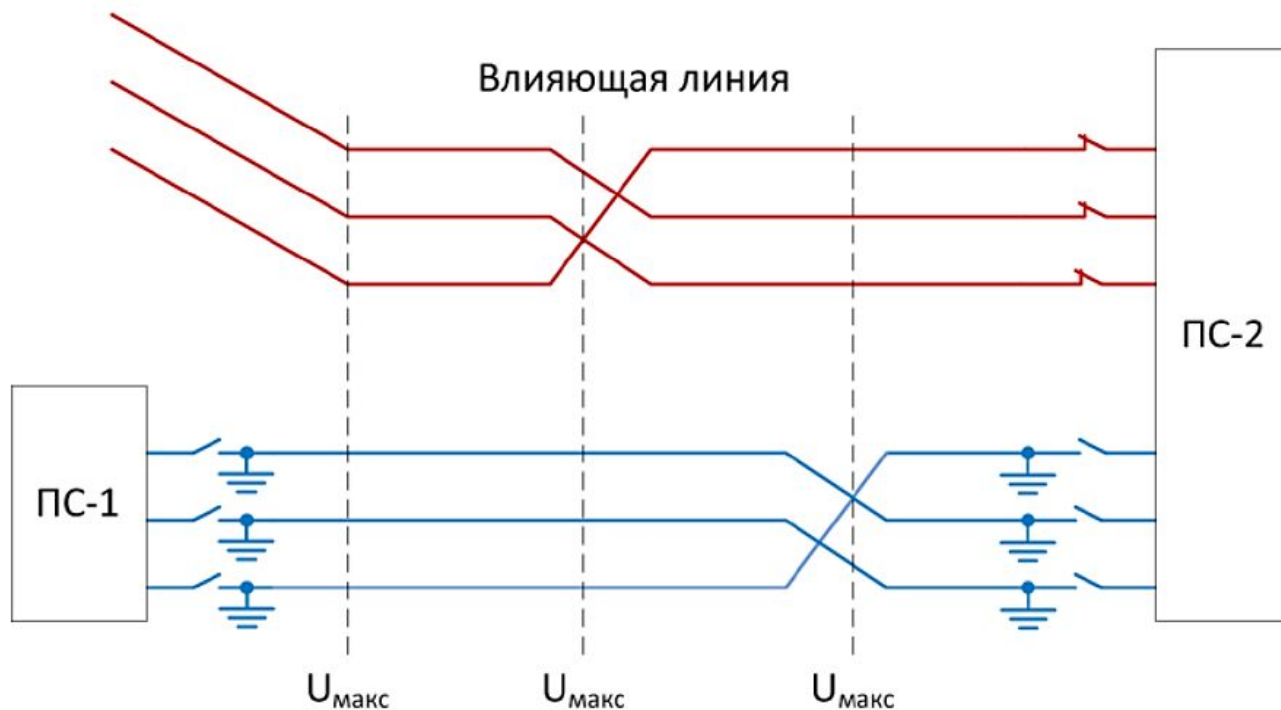
**Таблица - Значения наведенного напряжения**

	Параллельное следование	Параллельное без сх. и расх	Параллельное со сх. и расх	Сдвиг расчетной точки	Пересечение
$U_{\text{нав}}, \text{В}$					



**График распределения наведенного напряжения на линии 110кВ при заземлении в ОРУ ПС-1**

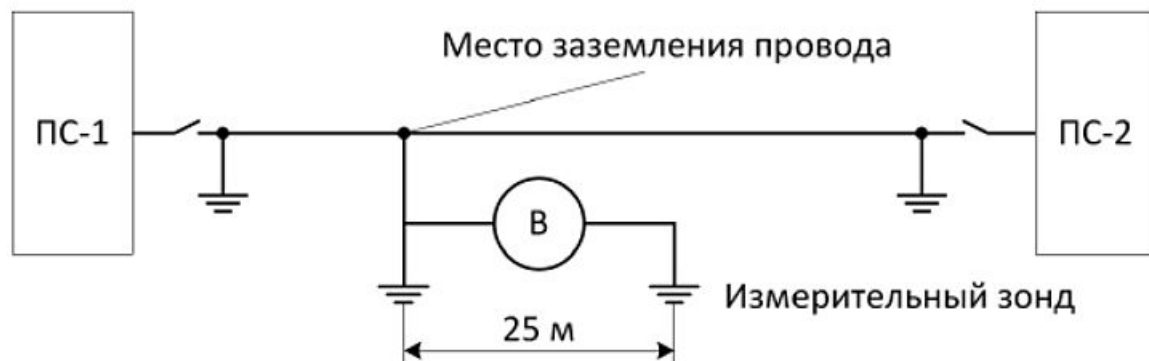




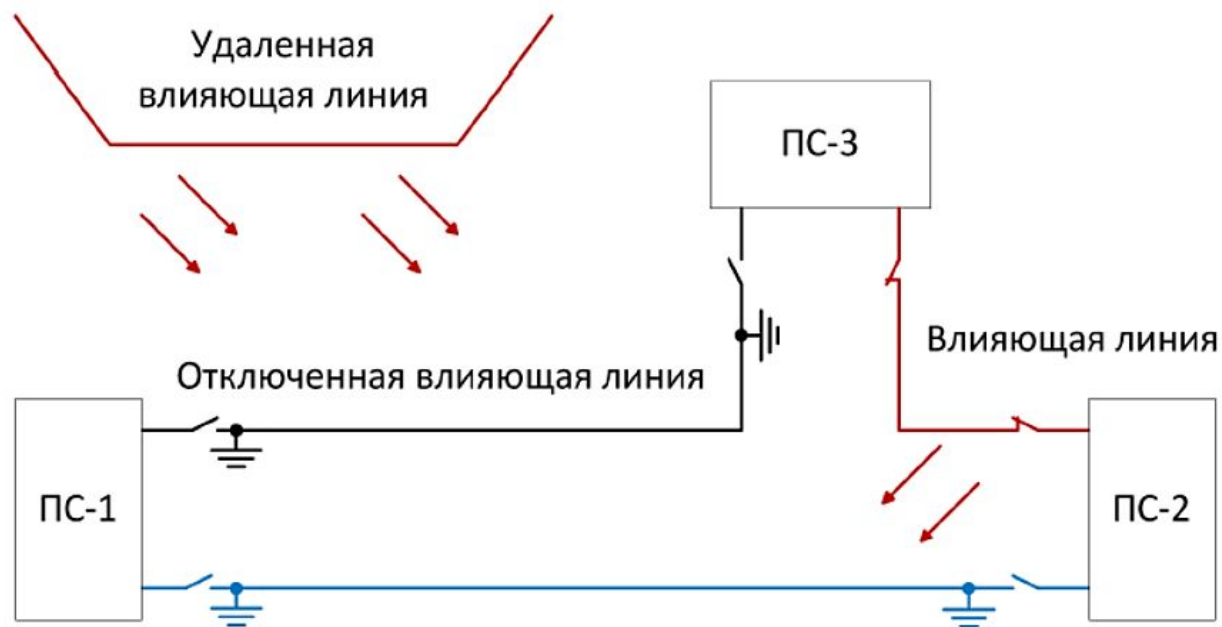
### Участки наибольших значений наведенного напряжения на исследуемой ВЛ

Наибольшие значения электромагнитной составляющей НН следует ожидать [17]:

- В местах изменения взаимного расположения ВЛ;
- В местах транспозиции на отключенной или влияющей ВЛ;
- В точках разделения двухцепных ВЛ на одноцепные.



**Принципиальная схема измерения наведенного напряжения**



**Схема возможной конфигурации сети с ремонтируемой линией**

Проблема такого явления как наведенное напряжение (измерение значений и работа под ним) все еще остается, и, вероятно, еще долго будет оставаться насущной и располагающей к дискуссиям. Стоит отметить положительную тенденцию во внесении изменений в ПОТ, стремление поддерживать в них максимально актуальную информацию.

Произведенные расчеты хоть и не отразили динамику значений наведенное напряжение при различных схемах заземления ремонтируемой линии и конфигурациях сети, но позволили показать, от чего зависит и как меняется значение НН. Для более конкретных и точных расчетов необходимо иметь больше сведений касательно расположения ВЛ, её данных. Также стоит учитывать, что расчёты проводились по упрощенной методике, опускающей некоторые детали, которые, тем не менее, все равно вносят вклад в реальности. Например, не известны режимы работы влияющих линий (какой у них уровень нагрузки, нет коротких замыканий). Обязательно следует проверять соответствие требуемых характеристик заземлителей их реальным значениям.

В целом, можно подытожить, что расчетами подтверждается зависимость уровня НН от различной конфигурации сети. Не следует считать, что полученные результаты свидетельствуют о низких уровнях НН, так как методика упрощенная, и, будучи выпущенной ОАО «ФСК ЕЭС», вероятнее всего более точна для классов напряжения выше 110кВ. Как было сказано в ходе работы, возможно, действительно, следует вместо произведения расчетов стремлений учесть максимальное количество влияющих параметров, рассматривать все линии как находящиеся под влиянием НН. На мой взгляд, в условиях увеличения плотности расположения ВЛ и условиях динамичности всей системы (режимы работ влияющих ВЛ, сети железных дорог, погодные условия), этот вариант кажется самым оптимальным.

Так же стоит учитывать то, что изменение расстояния между влияющей ВЛ и ВЛ под НН, а также геометрия расположение проводов в пространстве и длина ремонтируемой ЛЭП оказывают большое значение на стекающие емкостные токи. Стоит отметить, что напряжение на заземлителе ремонтируемой линии практически не зависит от его положения. При заземлении в одной точке (или по концам пролёта) в землю стекает емкостный ток. Значение емкостного тока через заземлитель опоры зависит от расстояния между ВЛ и расположения проводов в пространстве и может быть либо ниже наибольшего из токов, либо равным сумме токов в отдельных проводах.

The background features several thick, light green curved lines that sweep across the frame. Two dark green starburst shapes, resembling stylized suns or stars, are positioned in the lower-left and upper-right quadrants. The overall aesthetic is clean and modern.

**Спасибо за внимание!**