

Таблица 1 – Среднее значение наведенного напряжения контактной сетью в продольной линии электропередачи (длина линии 2 км)

Число разбиений участка, шт.	Значение наведенного напряжения, В, при расстоянии между проводами в начале и конце участка, м		
	10 – 10	50 – 50	10 – 50
1	$2087,219-j1,213 \cdot 10^{-5}$	$145,173-j4,582 \cdot 10^{-7}$	$525,235-j2,554 \cdot 10^{-7}$
2	$2087,219-j5,215 \cdot 10^{-5}$	$145,173-j5,273 \cdot 10^{-6}$	$601,354-j1,018 \cdot 10^{-5}$
3	$2087,219-j8,727 \cdot 10^{-5}$	$145,173-j2,978 \cdot 10^{-7}$	$549,123+j4,161 \cdot 10^{-6}$
4	$2087,219-j9,769 \cdot 10^{-5}$	$145,173-j6,823 \cdot 10^{-7}$	$638,598+j4,226 \cdot 10^{-5}$
5	$2087,219-j9,279 \cdot 10^{-5}$	$145,173-j1,714 \cdot 10^{-5}$	$561,652-j5,418 \cdot 10^{-5}$
8	$2087,219-j5,676 \cdot 10^{-5}$	$145,173-j4,624 \cdot 10^{-5}$	$567,458-j1,690 \cdot 10^{-4}$
9	$2087,219+j4,529 \cdot 10^{-4}$	$145,173+j2,967 \cdot 10^{-7}$	$568,658+j1,256 \cdot 10^{-4}$
10	$2087,219+j5,138 \cdot 10^{-4}$	$145,173+j3,653 \cdot 10^{-5}$	$568,956-j8,615 \cdot 10^{-6}$
11	$2087,219-j1,048 \cdot 10^{-3}$	$145,173-j1,289 \cdot 10^{-5}$	$569,236-j8,381 \cdot 10^{-5}$
12	$2087,219-j1,758 \cdot 10^{-3}$	$145,173+j8,594 \cdot 10^{-5}$	$569,356-j4,009 \cdot 10^{-4}$

УДК 621.311.1

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ РАЗНЫХ УРОВНЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ

С. Г. ДОДОЛЕВ, Е. А. ЗАДОРЖНЮК

Белорусский государственный университет транспорта

Проблема обеспечения электромагнитной совместимости тяговой сети и продольной линии электропередачи (ЛЭП) является весьма острой, так как последние часто располагаются параллельно трассе электрифицированной железной дороги. При этом провода ЛЭП могут находиться как на опорах контактной сети (КС), так и на собственных опорах в лесополосе вдоль железнодорожного полотна. Расположение ЛЭП в лесополосе значительно удорожает их установку и эксплуатацию, поэтому желательно располагать их в полосе отчуждения железной дороги. При сближении КС и ЛЭП возникают значительные электростатические влияния на линии электропередач, что ухудшает в них качество электроэнергии. В настоящее время, в целях экономии расходов на эксплуатацию, на некоторых участках железной дороги линии электропередач уже вынесены в зону отчуждения железной дороги. Это повлекло за собой ухудшение качества электроэнергии в них из-за взаимного влияния линий друг на друга.

Для определения степени влияния были проведены электрические измерения на тяговой подстанции ст. Бобр, питающей участок Славное – Новосады, Оршанского узла Минского отделения Белорусской железной дороги прибором ЕРИС КЭ – 02, в соответствии с методикой измерения и ГОСТ 13109.97.

Как показал анализ полученных результатов, влияние линий КС на продольные линии электропитания существенно. Искажение наблюдается как по значениям фазных напряжений, так и по углам сдвига фаз, что вызывает появление несимметрии фазных напряжений. По результатам измерений коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности, при приближении ЛЭП к КС, составил  $K_0U_i = 10,78 \%$ , а коэффициент несимметрии напряжений для обратной последовательности –  $K_2U_i = 0,69 \%$ .

Наличие несимметрии напряжений в ЛЭП снижает мощность асинхронных двигателей, ухудшает условия работы ламп электрического освещения и т. д. В трансформаторах появляются добавочные потери, вследствие чего уменьшается коэффициент их полезного действия и увеличивается нагрев, который обуславливает преждевременное старение обмоток изоляции.

Существующие методики расчета наведенного в ЛЭП потенциала предназначены для решения задач электростатики. Для решения таких задач на железной дороге постоянного тока удобно использовать группу формул Максвелла, метод среднего потенциала и т. д. Учитывая то, что рассматривается железная дорога переменного тока, можно предположить, что через емкостные связи меж-

ду ЛЭП, расположенными на небольшом расстоянии друг от друга, протекают электрические токи, и, следовательно, для расчета таких линий можно использовать методы анализа электрических цепей, в частности, метод узловых напряжений. При этом эти линии могут быть рассмотрены как длинные линии. Однако, если имеется система, состоящая из большого числа проводов, эти расчеты могут вызвать определенные затруднения. Они возникают уже в определении частичных емкостей, поэтому в данной работе предполагается представить линию отдельными многополюсниками, соединенными последовательно. Схема замещения для двух параллельно идущих проводов показана на рисунке 1.

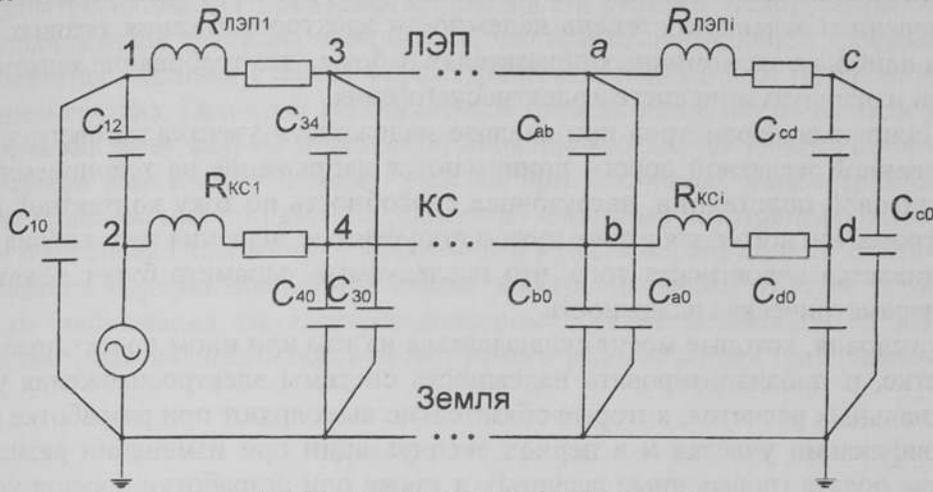


Рисунок 1 – Схема замещения участка

Емкости  $C_{10}, C_{12} \dots C_{c0}$  и т.д. могут быть определены с использованием групп формул Максвелла, сопротивления ЛЭП и КС ( $R_{лэп1} \dots R_{лэпi}$  и  $R_{кС1} \dots R_{кСi}$  соответственно) – обычным способом. Предположительно, точность представленной модели будет в значительной степени зависеть от числа разбиений (от числа элементарных многополюсников). Поэтому был проведен вычислительный эксперимент, в ходе которого изменялось количество элементарных многополюсников и определялось, каким образом влияет число этих разбиений на стабильность определения наведенного напряжения. Результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Среднее значение наведенного напряжения контактной сетью в продольной линии электропередачи (длина линии 2 км)

Число разбиений участка, шт.	Значение наведенного напряжения, В, при различном расстоянии между параллельными проводами, м	
	10	50
1	$2087,219 - j1,213 \cdot 10^{-5}$	$145,173 - j4,582 \cdot 10^{-7}$
2	$2087,219 - j5,215 \cdot 10^{-5}$	$145,173 - j5,273 \cdot 10^{-6}$
3	$2087,219 - j8,727 \cdot 10^{-5}$	$145,173 - j2,978 \cdot 10^{-7}$
4	$2087,219 - j9,769 \cdot 10^{-5}$	$145,173 - j6,823 \cdot 10^{-7}$
5	$2087,219 - j9,279 \cdot 10^{-5}$	$145,173 - j1,714 \cdot 10^{-5}$
8	$2087,219 - j5,676 \cdot 10^{-5}$	$145,173 - j4,624 \cdot 10^{-5}$
9	$2087,219 + j4,529 \cdot 10^{-4}$	$145,173 + j2,967 \cdot 10^{-7}$
10	$2087,219 + j5,138 \cdot 10^{-4}$	$145,173 + j3,653 \cdot 10^{-5}$
11	$2087,219 - j1,048 \cdot 10^{-3}$	$145,173 - j1,289 \cdot 10^{-5}$
12	$2087,219 - j1,758 \cdot 10^{-3}$	$145,173 + j8,594 \cdot 10^{-5}$

Как видно из таблицы 1, для параллельных линий число разбиений практически не влияет на точность полученного результата. Анализ расчетов, представленных в таблице 1, позволяет сделать вывод, что приближение линий продольного электроснабжения к тяговой сети без каких-либо защитных мероприятий вызовет в последних значительную несимметрию фазных напряжений, что может привести к нестабильной работе нетяговых потребителей, подключенных к ЛЭП. Степень влияния КС на линии продольного электроснабжения уменьшается с увеличением расстояния между линиями ЛЭП и КС.