

## ВЛИЯНИЕ ЗАТУХАНИЯ НА РЕЖИМ ПОЛУВОЛНОВОЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Князев Ю.В.

Научный руководитель – доцент Чупак Т.М.

*Сибирский федеральный университет*

В настоящее время является актуальным вопрос, посвященный сверхдальному транспорту электроэнергии. Исследованию возможности его осуществления посвящено достаточно работ, большинство из которых склоняются к применению полуволновых электропередач для осуществления передачи электроэнергии на сверхдальные расстояния, которые составляют от 2000 до 4000 км. Прежде всего, это транспорт электрической мощности из избыточной ОЭС Сибири в Европейскую часть России с перспективой экспорта электроэнергии в страны ближнего зарубежья. Также существуют проекты транспорта энергии с использованием полуволновой технологии в странах Африки, Южной Америки, Китая и США. Все эти проекты связаны с выдачей мощности в удалённые промышленные районы указанных стран [1].

Сверхдальный транспорт электроэнергии предполагает использование линий сверх- и ультравысокого напряжения (СВН и УВН). В России есть небольшой опыт использования ВЛ 1150 кВ на участке Экибастуз – Кокчетав. Предполагается создание полуволновой (ПЭП) электрической связи Сибирь – ЕЭЭС длиной около 3000 км для передачи 4500 МВт, к рассмотрению которой мы и обратим внимание.

ПЭП имеет ряд замечательных особенностей, описанных в ряде работ. В [1] подробно рассмотрены режимы, как изолированной ПЭП, так и в составе энергообъединения.

Токи и напряжения по концам ЭП связаны между собой уравнениями длинной линии (1), (2) с использованием волновых параметров (3) и (4)

$$\dot{U}_x = U_2 \cos(\underline{\gamma}_0 l) + \sqrt{3} \dot{I}_2 \underline{Z}_c \sin(\underline{\gamma}_0 l) \quad (1)$$

$$\dot{I}_x = I_2 \cos(\underline{\gamma}_0 l) + \frac{\dot{U}_2}{\sqrt{3} \underline{Z}_c} \sin(\underline{\gamma}_0 l). \quad (2)$$

$$\underline{\gamma}_0 = \sqrt{\underline{z}_0 \underline{y}_0} = \sqrt{(r_0 + jx_0) \cdot (g_0 + jb_0)} \quad (3)$$

$$\underline{Z}_c = \sqrt{\frac{\underline{z}_0}{\underline{y}_0}} = \sqrt{\frac{(r_0 + jx_0)}{(g_0 + jb_0)}}. \quad (4)$$

Стоит отметить, что для исследований протяжённых электропередач, как правило, рассматриваются идеализированные линии, так как в этом случае упрощается расчёт и обеспечивается большая наглядность результатов. Однако, пренебрежение активными сопротивлениями и проводимостью приводит к искажению общей картины действительных процессов, происходящих в этих непростых, с точки зрения теории традиционных электропередач.

Покажем на примере расчёта ПЭП 1150 кВ необходимость учёта активных составляющих сопротивления и проводимости при анализе режимов работы электропередач такого типа.

Для расчёта взята ПЭП 1150 кВ с конструкцией фазы 8×АС 330/43. Параметры линии приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры идеализированной и реальной ПЭП

	$Z_c$ , Ом	$\gamma_0$ , 1/км	$P_c$ , МВт
Идеализированная	239	$j1,049 \cdot 10^{-3}$ 1/км	5533
Реальная	$239,05 - j5,05$	$(-0,0274 - j1,049) \cdot 10^{-3}$	5450

На рис. 1 приведём графики распределения напряжения и тока для идеализированной ПЭП 1150 кВ для режима натуральной мощности 5533 МВт (а) и планируемой к передаче мощности 4500 МВт (б). За базисные значения приняты номинальное напряжение и ток в конце ПЭП.

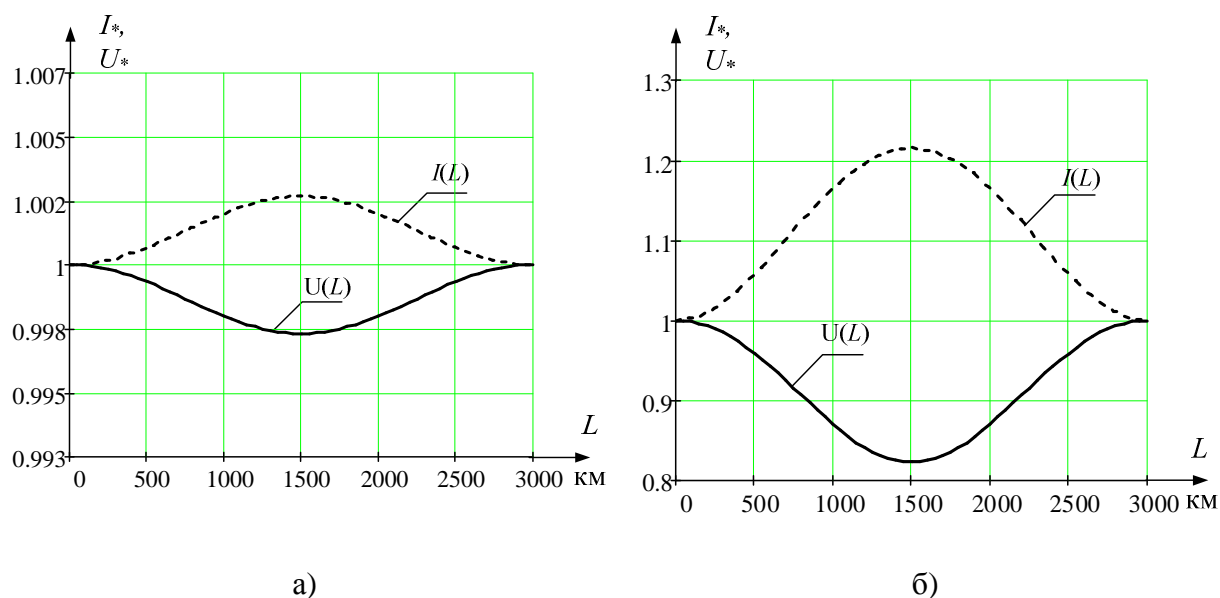


Рис. 1. Распределение напряжения и тока вдоль идеализированной ПЭП

При передаче натуральной мощности и меньше натуральной (4500 МВт) значительно отличаются графики распределения напряжения вдоль линии.

В случае идеализированной ЛЭП при отсутствии потерь, КПД линии 100%.

Это, безусловно, может являться сильным аргументом к применению подобных линий в практической электроэнергетике.

Но, с другой стороны, правомерное допущение (отношение  $r/x$  может достигать 0,050) позволяет рассматривать режимы подобных линий только в качественном смысле, для наглядности происходящих в них процессов. Введение же активного сопротивления приводит к появлению затухания кривых напряжения и тока вдоль линии. Это связано с потерями энергии на активном сопротивлении, которые, в конечном итоге, расходятся на нагрев проводов.

На рис. 2 приведены графики распределения напряжения и тока для ПЭП 1150 кВ с учётом активного сопротивления для режима натуральной мощности 5450 МВт (а) и планируемой к передаче мощности 4500 МВт (б).

Заметим, что появляется реальная составляющая постоянной распространения с отрицательным знаком, ответственная за затухание электромагнитной волны. Модуль волнового сопротивления практически не увеличивается. Снижение натуральной мощно-

сти линии составляет порядка 0,05%. Большое же влияние введение в расчёт активного сопротивления оказывает на режим распределения напряжения и тока по линии.

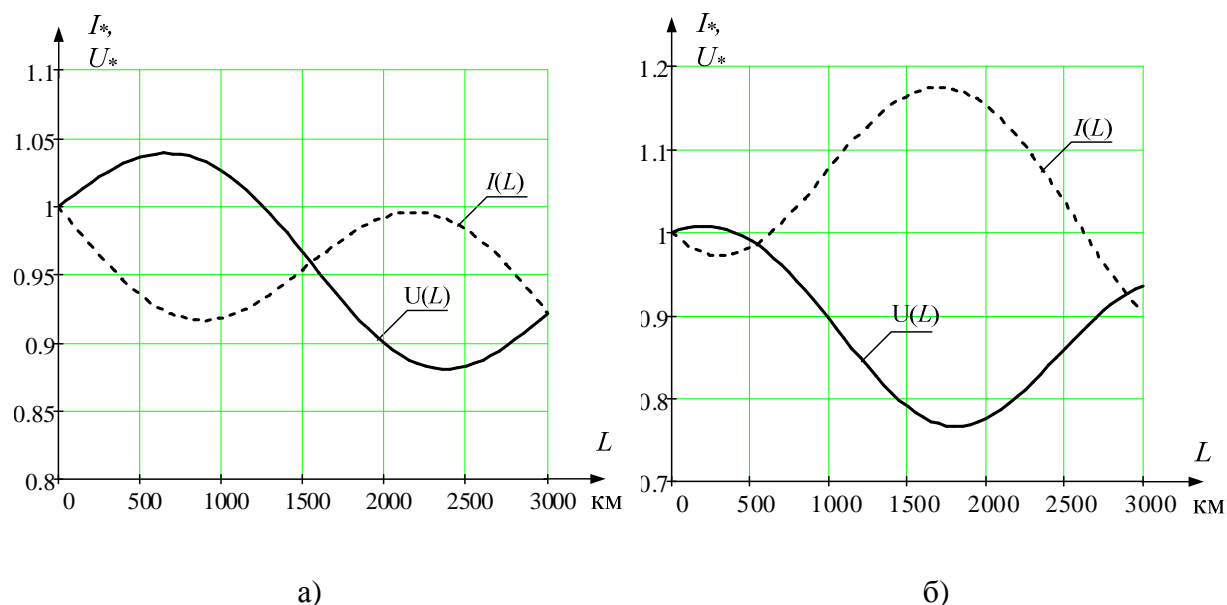


Рис. 2. Распределение напряжения и тока вдоль реальной ПЭП

Отметим, что характер распределения напряжения и тока заметно меняется, в сравнении с идеализированной линией. КПД электропередачи снижается до 84,5%.

Рис. 2 (б) показывает поведение электромагнитной волны при передаче по ПЭП проектной мощности 4500 МВт. Этот режим можно назвать более безопасным для воздушной изоляции проводов, т.к. отсутствует повышение напряжения в начале линии.

КПД линии составит 84,6%, что близко к режиму натуральной мощности.

Сравнивая результаты расчётов для идеализированной и реальной электропередачи можно говорить о том, что малое активное сопротивление линии (по сравнению с индуктивным) приводит к значительному затуханию волн тока и напряжения, т.е. к потерям активной мощности в линии и снижению КПД.

Таким образом, учёт  $r_0$  и  $g_0$  в расчётах режимов сверхдальних электропередач приводит к значительному изменению характера распределения тока и напряжения по длине линии. Допущение о пренебрежимой малости этих параметров приводит к значительным отклонениям от действительных значений и возможным нежелательным последствиям. Поэтому, можно сделать вывод о том, что для полного анализа режимов протяжённых электропередач СВН и УВН, необходим учёт активных параметров схемы замещения.

#### Литература:

1. С. М. Зильберман, Г. И. Самородов Сверхдальние электропередачи полуволнового типа. – Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2010. – 327 с.
2. Рыжов Ю.П., Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007 – 488 с.