

УДК 621.311.1. 001.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПОЛУВОЛНОВОЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Князев Ю. В.

Научный руководитель – доцент Чупак Т. М.

Сибирский федеральный университет

В последнее время во многих странах мира растёт интерес к проблеме транспорта больших потоков мощности на расстояния 2000–4000 км. Это межсистемные электропередачи напряжением 500–1150 кВ, предназначенные для выдачи мощности крупных электростанций, расположенных на значительном расстоянии от промышленно-развитых районов и для транспорта энергии в другие страны.

Электропередачи переменного тока такой длины позволяют использовать полуволновую технологию передачи электроэнергии. Такие линии имеют преимущества перед традиционными линиями: не имеют ограничений на передаваемую мощность по условию статической устойчивости и сбалансированы по реактивной мощности.

Исследования в области полуволновых электропередач (ПЭП) проводятся с 30-х годов прошлого века. Натурные испытания ПЭП в 1967г. в сети 500 кВ Куйбышев – Москва – Челябинск длиной 2858 км сыграли важную роль в доказательстве работоспособности полуволновых электропередач.

В настоящее время растёт интерес к исследованиям дальних электропередач сверхвысокого напряжения в связи с повышением эффективности работы ЕЭС России, с организацией полуволновой связи Сибирь – Урал 1150 кВ, экспортом энергии из Центральной Африки в ЮАР, выдачей мощности Амазонских ГЭС в Бразилии.

Для исследования одноцепную передачу 1150 кВ длиной 3000 км смоделируем пассивным четырёхполюсником (рис. 1).

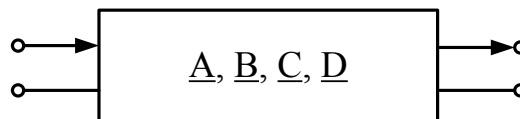


Рис. 1. Моделирование ВЛ четырёхполюсником

Волновые параметры электропередачи

$$\underline{\gamma}_0 = j1,049 \cdot 10^{-3} \text{ 1/км}$$

$$\underline{Z}_C = 239 \text{ Ом.}$$

Вычисленные постоянные четырёхполюсника подтверждают, что реактивное сопротивление линии полуволновой длины близко к нулю

$$\underline{A} = \underline{D} = -1,0 \text{ о.е.}$$

$$\underline{B} = -j1,257 \text{ Ом}$$

$$\underline{C} = -j2,201 \cdot 10^{-5} \text{ См.}$$

Для определения распределения напряжения вдоль электропередачи можно использовать как уравнения длинных линий, так и уравнения четырёхполюсника по данным приёмного конца

$$\dot{U}_x = \underline{A} \dot{U}_2 + \underline{B} \dot{I}_2, \quad \dot{I}_x = \underline{C} \dot{U}_2 + \underline{D} \dot{I}_2, \quad (1)$$

где \underline{A}_x и \underline{B}_x - значения постоянных четырёхполюсника на расстоянии x от конца передачи.

По (1) построим графики распределения напряжения вдоль линии для передачи мощности меньше и больше натуральной при поддержании постоянных значений напряжения 1150 кВ по концам. При передаче натуральной мощности график распределения напряжения традиционный для этого случая, имеет вид прямой.

На рис. 2 представлены графики распределения напряжения вдоль полуволновой электропередачи: а – при передаче мощности больше натуральной, б – при передаче мощности меньше натуральной.

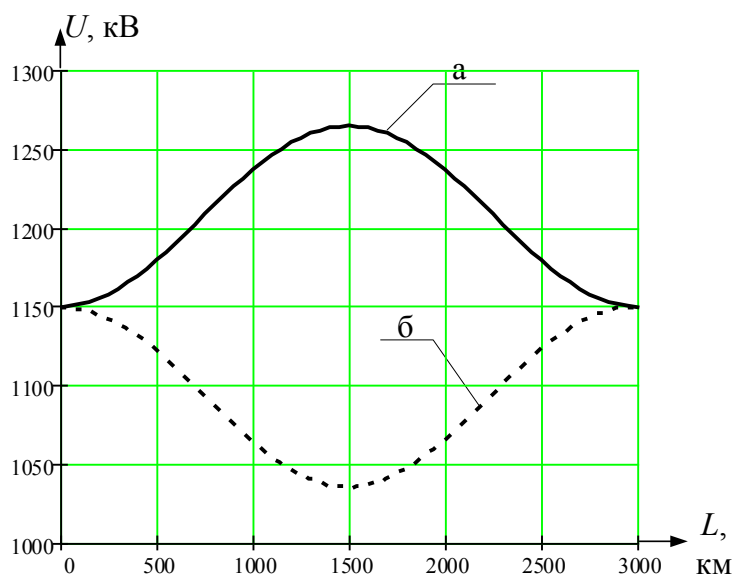


Рис. 2. Распределение напряжения вдоль ПЭП

Эти графики иллюстрируют особенности ПЭП, а именно: в режиме передачи мощности больше натуральной наблюдается избыток реактивной мощности, что приводит к недопустимым значениям напряжения в промежуточных точках, при передаче мощности, меньше натуральной, – дефицит, который приводит к увеличению потерь мощности и энергии.

Режим холостого хода ВЛ представляет особый интерес. Для электропередач, не относящихся к полуволновым, значение напряжения на открытом конце для длинных линий (свыше 600 км) является недопустимым по условиям работы изоляции.

Для ЛЭП полуволновой длины (рис. 3) характер графика принципиально другой. В этом случае наблюдается провал напряжения в середине ВЛ и номинальное значение на разомкнутом конце. Это приводит к тому, что даже в режиме холостого хода не требуется установка компенсирующих устройств.

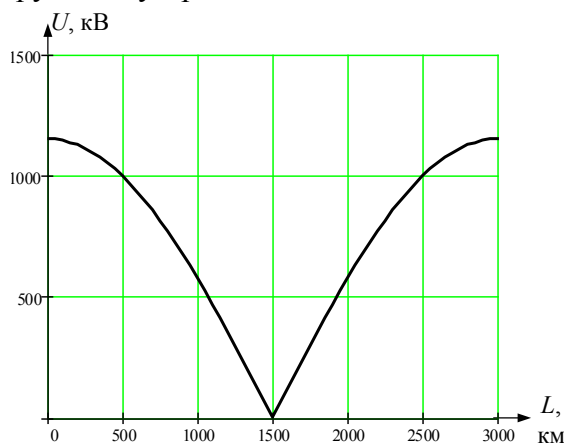


Рис. 3. Распределение напряжения в режиме холостого хода

Натуральная мощность определяется по выражению (2) и для рассматриваемой ЭП составляет порядка 5500 МВА

$$P_C = \frac{U_1 \cdot U_2}{Z_C} \quad (2)$$

Предельная передаваемая мощность

$$P_{\text{пр}} = \frac{U_1 \cdot U_2}{Z_C \cdot \text{sh}\lambda} \quad (3)$$

при волновой длине линии $\lambda = \pi/2$ принимает минимальное значение, а при длине линии $\lambda = \pi$ – максимальное.

График изменения предельной передаваемой мощности (3) от длины подтверждает, что при приближении к 3000 км, она стремится к бесконечности и полностью повторяет характеристику изменения отношений обобщённых постоянных четырёхполюсника A/B (рис. 4).

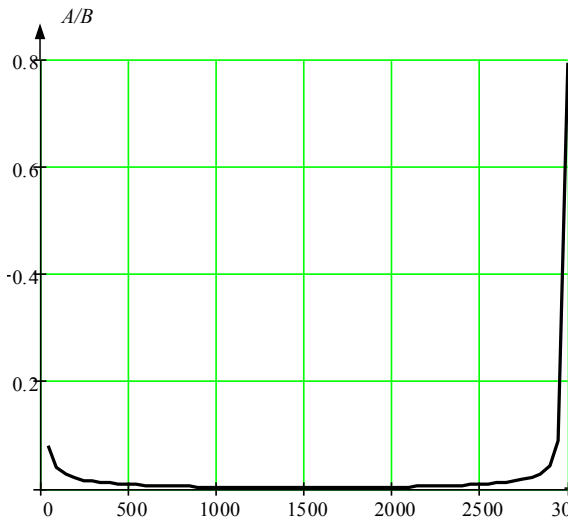


Рис. 4. Изменение отношения A/B по длине ЛЭП

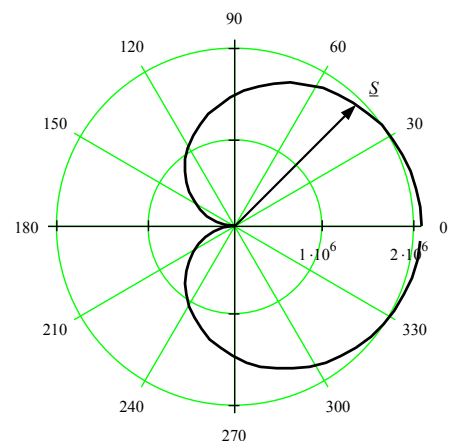


Рис. 5. Круговая диаграмма мощности приёмного конца

Тем не менее, это не значит, что по линии можно передавать безгранично большую мощность, режим передачи мощности ограничивается уровнями напряжения (рис. 2).

Круговая диаграмма мощности приёмного конца (рис. 5) наглядно показывает, что любое отклонение угла δ от нуля в любую сторону, приводит к сбросу передаваемой мощности.

Полуволновые электропередачи являются транзитными, без промежуточного отбора мощности. Если длина отличается от полуволны, то придать ей свойства полуволны можно включив по концам компенсирующие устройства для управления реактивной мощностью и придания ей свойств полуволновой электропередачи.