

УДК 621.31

СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМ ЗАМЕЩЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПРОТЯЖЕННЫХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ СВЕРХВЫСОКИХ НОМИНАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

А.С. ТЮНИК^{1*}, И.В. БАРБАШОВ²

¹ магістрант кафедри ПЕЭ, НТУ "ХПИ", Харків, УКРАЇНА

² професор кафедри ПЕЭ, канд. техн. наук, НТУ "ХПИ", Харків, УКРАЇНА

* email: solnce_an@mail.ru

Современная электроэнергетика идет путем развития и создания мощных электроэнергетических систем, которые отвечают требованиям надежности и бесперебойности снабжения, а также имеют лучшие технико-экономические показатели. Необходимость передачи значительных мощностей на большие расстояния в современных электрических системах сверхвысокого напряжения (330–1150 кВ) делает важным рассмотрение схем замещения линий электропередачи сверхвысокого напряжения и соотношений для определения их параметров при разных способах учета их распределенности.

Основные характеристики электропередач могут быть получены на основании уравнений длинной линии. Эти характеристики позволяют получить все данные, необходимые для анализа эксплуатационных характеристик линий электропередач любой длины и их проектирования [1].

Практически удобно представлять электропередачи схемами замещения представленными на рис. 1.

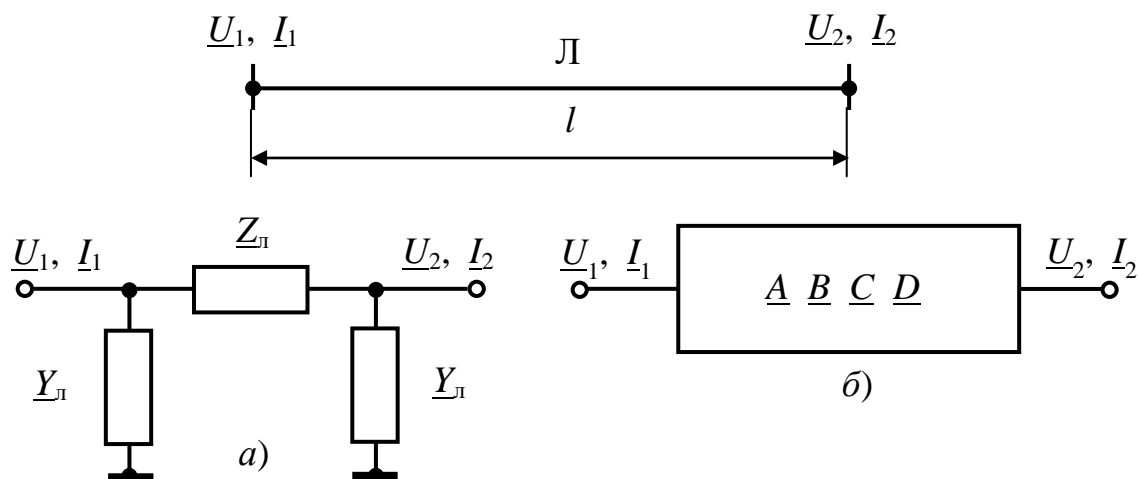


Рис. 1 – Схемы замещения электропередачи: а – П-образная; б – четырехполюсник

Длинная линия представляет собой цепь с распределенными параметрами. Представление линии сосредоточенными параметрами позволяет учитывать тем или иным путем волновой характер передачи энергии по протяженным линиям. Эквивалентная схема замещения линии выявляет лишь соотношения

между режимными параметрами по концам линии, но не позволяет найти напряжения, токи, активные и реактивные мощности вдоль по линии. Это ограничивает возможности схем замещения линии, полезных тем не менее при выявлении основных характеристик линии: предельной активной мощности, к.п.д., потока реактивной мощности в приемную систему и др.

Рассматривая длинную линию как пассивный четырехполюсник, можно записать соотношения [2]:

$$\underline{U}_1 = \underline{A} \cdot \underline{U}_2 + \sqrt{3} \cdot \underline{B} \cdot \underline{I}_2; \quad \underline{I}_1 = 1 / \sqrt{3} \cdot \underline{C} \cdot \underline{U}_2 + \underline{D} \cdot \underline{I}_2. \quad (1)$$

Здесь $\underline{A} = \text{ch}(\gamma_0 \cdot l)$; $\underline{B} = \underline{Z}_c \cdot \text{sh}(\gamma_0 \cdot l)$; $\underline{C} = 1 / \underline{Z}_c \cdot \text{sh}(\gamma_0 \cdot l)$; $\underline{D} = \text{ch}(\gamma_0 \cdot l)$.

Представив линию П-образной схемой замещения (см. рис. 1, а) и рассмотрев режимы холостого хода и короткого замыкания в конце электропередачи, можно установить связь между параметрами П-образной схемы и четырехполюсника.

Так параметры четырехполюсника через параметры П-образной схемы могут быть представлены как: $\underline{A} = \text{ch}(\gamma_0 \cdot l) = 1 + \underline{Z}_\pi \cdot \underline{Y}_\pi$; $\underline{B} = \underline{Z}_b \cdot \text{sh}(\gamma_0 \cdot l) = \underline{Z}_b$; $\underline{C} = 1 / \underline{Z}_b \cdot \text{sh}(\gamma_0 \cdot l) = (2 \cdot \underline{Y}_\pi + \underline{Z}_\pi \cdot \underline{Y}_\pi^2)$; $\underline{D} = \text{ch}(\gamma_0 \cdot l) = 1 + \underline{Z}_\pi \cdot \underline{Y}_\pi$. По соотношениям для \underline{A} , \underline{B} , \underline{C} и \underline{D} , в свою очередь, определяются \underline{Z}_π и \underline{Y}_π П-образной схемы:

$$\underline{Z}_\pi = \underline{Z}_0 \cdot l \cdot [\text{sh}(\gamma_0 \cdot l) / (\gamma_0 \cdot l)] = \underline{Z}_0 \cdot l \cdot \underline{K}_Z, \quad (2)$$

где $\underline{Z}_0 = r_0 + jx_0$; γ_0 – коэффициент распространения волны; $\gamma_0 = \sqrt{(\underline{Z}_0 \cdot \underline{Y}_0)}$; $\underline{Y}_0 = g_0 + jb_0$; \underline{K}_Z – коэффициент, учитывающий распределенность параметров линии, $\underline{K}_Z = k_Z \angle \varphi_Z = \text{sh}(\gamma_0 \cdot l) / (\gamma_0 \cdot l) = \text{sh}[l \cdot \sqrt{(\underline{Z}_0 / \underline{Y}_0)}] / [l \cdot \sqrt{(\underline{Z}_0 / \underline{Y}_0)}]$.

$$\begin{aligned} \underline{Y}_\pi &= [\sqrt{(\underline{Z}_0 \cdot \underline{Y}_0)} / \sqrt{(\underline{Z}_0 / \underline{Y}_0)}] \cdot (l / 2) \cdot [\text{th}(\gamma_0 \cdot l / 2) / (\gamma_0 \cdot l / 2)] = \\ &= \underline{Y}_0 \cdot (l / 2) \cdot \underline{K}_Y, \end{aligned} \quad (3)$$

где \underline{K}_Y – коэффициент, учитывающий распределенность параметров линии; $\underline{K}_Y = k_Y \angle \varphi_Y = [\text{th}(\gamma_0 \cdot l / 2) / (\gamma_0 \cdot l / 2)] = [\text{th}[(l / 2) \cdot \sqrt{(\underline{Z}_0 \cdot \underline{Y}_0)}] / [(l / 2) \cdot \sqrt{(\underline{Z}_0 \cdot \underline{Y}_0)}]$.

Для практических расчетов в выражения для коэффициентов \underline{K}_Z и \underline{K}_Y , называемые коэффициентами Кеннели, вносятся определенные упрощения. Так, выделив в коэффициентах Кеннели действительные и мнимые части, и считая $g_0 = 0$, можно найти поправочные коэффициенты (коэффициенты Шварцкопфа) к активному K_R , индуктивному K_X сопротивлениям и емкостной проводимости K_B . Разработанный комплекс программ, использующих коэффициенты Кеннели и Шварцкопфа, позволил выполнить анализ влияния различных способов учета распределенности параметров электропередачи сверхвысокого напряжения при разных способах учета их распределенности для длин, реально достижимых в обозримом будущем, а также линий протяженностью соизмеримой с длиной полуволны.

Список литературы:

1. Веников В. А. Электрические системы. Электрические сети / В. А. Веников, А. А. Глазунов, Л. А. Жуков и др.; под ред. В. А. Веникова, В. А. Строева. – М. : Высш. шк., 1998. – 511 с.
2. Веников В. А. Электрические системы, т. 3. Передача энергии переменным и постоянным током высокого напряжения / В. А. Веников, В. В. Худяков, Н. Д. Анисимова; под ред. В. А. Веникова. – М.: Высш. шк., 1972. – 368 с.