

Ш.И.Дўнгбоев, старший преподаватель (ТашГТУ)
г. Ташкент,

ПАРАМЕТРЫ И СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ.

Введение. В большинстве случаев можно полагать, что параметры линии электропередачи (активное и реактивное сопротивления, активная и емкостная проводимости) равномерно распределены по ее длине. Для линии сравнительно небольшой длины распределенность параметров можно не учитывать и использовать сосредоточенные параметры: активное и реактивное сопротивления линии $R_{\text{л}}$ и $X_{\text{л}}$, активную и емкостную проводимости линии $G_{\text{л}}$ и $B_{\text{л}}$.

Воздушные линии электропередачи напряжением 110 кВ и выше длиной до 300-400 км обычно представляются П-образной схемой замещения (рис.1).

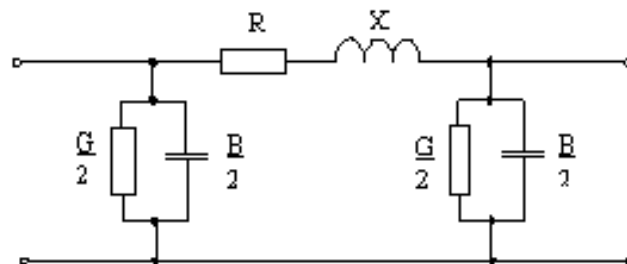


Рис.10. П-образная схема замещения воздушной линий электропередачи.

Активное сопротивление линии определяется по формуле:

$$R_{\text{л}} = r_0 L, \quad (1.1)$$

где r_0 – удельное сопротивление, Ом/км, при температуре провода $+20^\circ\text{C}$;
 L – длина линии, км.

Удельное сопротивление r_0 определяется по таблицам в зависимости от поперечного сечения. При температуре провода, отличной от 20°C , сопротивление линии уточняется.

Реактивное сопротивление определяется следующим образом:

$$X_{\text{л}} = x_0 L, \quad (1.2)$$

где x_0 – удельное реактивное сопротивление, Ом/км.

Удельные индуктивные сопротивления фаз воздушной линии в общем случае различны. При расчетах симметричных режимов используют средние значения x_0 :

$$x_0 = 0,1441g \frac{D_{cp}}{r_{np}} + 0,0157, \quad \text{Ом/км}, \quad (1.3)$$

где r_{np} – радиус провода, см; D_{cp} – среднегеометрическое расстояние между фазами, см, определяемое следующим выражением:

$$D_{cp} = \sqrt[3]{D_{AB} D_{BC} D_{CA}} \quad (1.4)$$

где D_{AB} , D_{BC} , D_{CA} – расстояния между проводами соответственно фаз А, В, С.

При размещении параллельных цепей на двухцепных опорах потокосцепление каждого фазного провода определяется токами обеих цепей. Изменение x_0 из-за влияния второй цепи в первую очередь зависит от расстояния между цепями. Отличие x_0 одной цепи при учете и без учета влияния второй цепи не превышает 5-6 % и не учитывается при практических расчетах.

В линиях электропередачи при $U_{ном} \geq 330\text{кВ}$ провод каждой фазы расщепляется на несколько (N) проводов. Это соответствует увеличению эквивалентного радиуса. Эквивалентный радиус расщепленной фазы:

$$R_{эк} = \sqrt[N]{r_{np} a^{N-1}} \quad (1.5)$$

где a – расстояние между проводами в фазе.

Для сталеалюминиевых проводов x_0 определяется по справочным таблицам в зависимости от сечения и числа проводов в фазе.

Активная проводимость линии $G_{л}$ соответствует двум видам потерь активной мощности: от тока утечки через изоляторы и на корону.

Токи утечки через изоляторы малы, поэтому потерями мощности в изоляторах можно пренебречь. В воздушных линиях напряжением 110кВ и выше при определенных условиях напряженность электрического поля на поверхности провода возрастает и становится больше критической. Воздух вокруг провода интенсивно ионизируется, образуя свечение – корону. Короне соответствуют потери активной мощности. Наиболее радикальным средством снижения потерь мощности на корону является увеличение диаметра провода. Наименьшие допустимые сечения проводов воздушных линий нормируются по условию образования короны: 110кВ – 70 мм²; 220кВ – 240 мм²; 330кВ – 2х240 мм²; 500кВ – 3х300 мм²; 750кВ – 4х400 или 5х240 мм².

При расчете установившихся режимов электрических сетей напряжением до 220кВ активная проводимость практически не учитывается.

В сетях с $U_{\text{ном}} \geq 330 \text{ кВ}$ при определении потерь мощности и при расчете оптимальных режимов необходимо учитывать потери на корону:

$$\Delta P_{\text{к}} = \Delta P_{\text{к0}} L = U^2 g_0 L, \quad (1.6)$$

где $\Delta P_{\text{к0}}$ – удельные потери активной мощности на корону, g_0 – удельная активная проводимость.

Емкостная проводимость линии $B_{\text{л}}$ обусловлена емкостями между проводами разных фаз и емкостью провод – земля и определяется следующим образом:

$$B_{\text{л}} = b_0 L, \quad (1.7)$$

где b_0 – удельная емкостная проводимость, См/км , которая может быть определена по справочным таблицам или по следующей формуле:

$$b_0 = \frac{7,58}{L g \frac{D_{\text{ср}}}{r_{\text{лр}}}} 10^{-6} \quad (1.8)$$

Для большинства расчетов в сетях 110-220 кВ линия электропередачи обычно представляется более простой схемой замещения (рис.2,б). В этой схеме вместо емкостной проводимости (рис.2,а) учитывается реактивная мощность, генерируемая емкостью линий. Половина емкостной (зарядной) мощности линии, МВар, равна:

$$\frac{1}{2} Q_{\text{б}} = 3 I_{\text{б}} U_{\text{ф}} = 3 U_{\text{ф}}^2 \frac{1}{2} b_0 L = \frac{1}{2} U^2 B_{\text{л}}, \quad (1.9)$$

где $U_{\text{ф}}$ и U – фазное и междуфазное напряжение, кВ; $I_{\text{б}}$ – емкостный ток на землю.

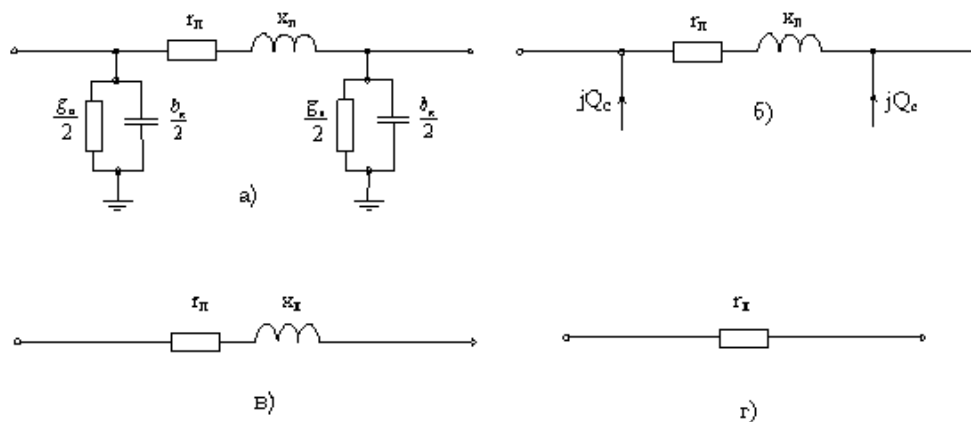


Рис. 2. Схемы замещения линий электропередачи:

а, б – воздушная линия 110-220-330 кВ; в – воздушная линия $U_{\text{ном}} \leq 35 \text{ кВ}$; г – кабельная линия $U_{\text{ном}} \leq 10 \text{ кВ}$.

Из (1.9) следует, что мощность Q_b , генерируемая линией, сильно зависит от напряжения. Для воздушных линий напряжением 35 кВ и ниже емкостную мощность можно не учитывать (рис.2, в). Для линий $U_{ном} \geq 330$ кВ при длине более 300-400 км учитывают равномерное распределение сопротивлений и проводимостей вдоль линии. Схема замещения таких линий – четырехполюсник.

Кабельные линии электропередачи также представляют П-образной схемой замещения. Удельные активные и реактивные сопротивления r_0 , x_0 определяют по справочным таблицам, так же как и для воздушных линий. Из (1.3), (1.7) видно, что x_0 уменьшается, а b_0 растет при сближении фазных проводников. Для кабельных линий расстояния между проводниками значительно меньше, чем для воздушных, поэтому x_0 мало и при расчетах режимов для кабельных сетей напряжением 10 кВ и ниже можно учитывать только активное сопротивление (рис.2, г). Емкостный ток и зарядная мощность Q_b в кабельных линиях больше, чем в воздушных. В кабельных линиях высокого напряжения учитывают Q_b (рис. 3, б). Активную проводимость G_π учитывают для кабелей 110 кВ и выше.

Потери мощности в линиях. Потери активной мощности в ЛЭП делятся на потери холостого хода ΔP_{xx} (потери на корону) и нагрузочные потери (на нагрев проводов) ΔP_H :

$$\Delta P_\pi = \Delta P_{xx} + \Delta P_H = \Delta P_{x0} L + \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R_\pi. \quad (1.10)$$

В линиях потери реактивной мощности тратятся на создание магнитного потока внутри и вокруг провода:

$$\Delta Q_\pi = \Delta Q_H = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} X_\pi. \quad (1.11)$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аллаев К.Р., Тешабаев Б.М.. Прогнозирование энергетических показателей электроэнергетических систем. Т. Проблемы энерго- и ресурсосбережения, 2007, №3-4, 25-36 с.
2. Аллаев К.Р.. Электроэнергетика Узбекистана и мира. Т. «Fan va technologylar», 2009, 478 с.
3. Будзко И.А., Левин М.С. Электроснабжение сельскохозяйственных предприятий и населенных пунктов. - М.: Агропромиздат, 1985. - 320с.