

Г.Д. АКОПДЖАНЫН, В.С. САФАРЯН

НОВАЯ МОДЕЛЬ РЕЖИМА ОДНОРОДНОЙ ЛИНИИ

Разработана новая модель для расчета однородных длинных линий передач, рассматриваемых как цепи с распределенными параметрами. Данная модель отличается от классической простотой формулы расчета.

Ключевые слова: модель, линия, режим, цепная схема.

Известен классический метод расчета однородных длинных линий, рассматриваемых как электрические цепи с распределенными параметрами [1, 2]. При установившемся режиме работы линии напряжения в различных ее точках при отсчете расстояния x от конца линии рассчитываются по известному соотношению

$$\dot{U}_x = \frac{1}{2}(\dot{U}_2 + Z_c \dot{I}_2)e^{\gamma x} + \frac{1}{2}(\dot{U}_2 - Z_c \dot{I}_2)e^{-\gamma x} = \dot{U}_2 \cosh \gamma x + \dot{I}_2 Z_c \sinh \gamma x, \quad (1)$$

где $\dot{U}_2$ и $\dot{I}_2$ - комплексы действующих значений напряжения и тока в конце линии; Z_c - волновое сопротивление; γ - коэффициент распространения линии.

В настоящей статье получена новая модель для расчета однородных длинных линий, рассматриваемых как цепи с распределенными параметрами.

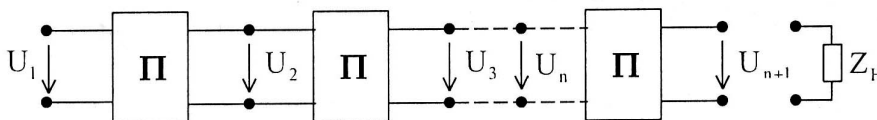


Рис. 1

В [3] исследованы однородные цепные схемы (состоящие из n симметричных четырехполюсников) с точки зрения определения функции передачи по напряжению (k_{ui}) для различных ступеней ($i = 2, 3, \dots, n+1$) цепной схемы (рис. 1), работающей в режиме холостого хода:

$$K_{ui} = \frac{U_i}{U_1}$$

при $i = 2, 3, \dots, n+1$. Для коэффициента передачи получена формула

$$K_{ui} = \frac{1 + C^{n-i}}{1 + C^n} C^{i/2},$$

где $C = \frac{\sqrt{Z_a} - \sqrt{Z_{ab}}}{\sqrt{Z_a} + \sqrt{Z_{ab}}}$; Z_a - входное сопротивление холостого хода одного четырехполюсника; Z_{ab} - то же, при коротком замыкании на выходе.

При нагруженной цепной схеме сопротивлением Z_H функция передачи по напряжению принимает вид

$$K_{ui} = \frac{1 + C^{n-i}}{1 + C^n} C^{i/2}, \quad (2)$$

где $\alpha = \frac{Z_H - Z_C}{Z_H + Z_C}$; Z_C - характеристическое сопротивление одного четырехполюсника.

Отметим, что $C^{i/2}$ является передаточной функцией по напряжению однородной цепной схемы с бесконечным числом звеньев (четырёхполюсников), а также при ее работе на согласованную нагрузку ($Z_N = Z_C$).

Выясним связь между коэффициентом C и мерой передачи [1, 2] четырехполюсника. Известно [1], что

$$\text{thg} = \frac{e^g - e^{-g}}{e^g + e^{-g}} = \sqrt{\frac{Z_{ab}}{Z_a}} = K,$$

где K - в общем случае комплексное число.

Решая это уравнение относительно g , получим

$$g = \frac{1}{2} \ln \frac{1 + K}{1 - K}.$$

Подставляя значение $K = \sqrt{\frac{Z_{ab}}{Z_a}}$, получим

$$g = \frac{1}{2} \ln \frac{\sqrt{Z_a} + \sqrt{Z_{ab}}}{\sqrt{Z_a} - \sqrt{Z_{ab}}} = -\ln \sqrt{C},$$

откуда $e^g = \frac{1}{\sqrt{C}}$ и $e^{-g} = \sqrt{C}$ или

$$C = e^{-2g}. \quad (3)$$

Преобразуем функцию передачи по напряжению цепной схемы (2). Подставляя в нее значения C и α , получим

$$K_{iu} = \frac{1 + \alpha e^{-2g(n-i)}}{1 + \alpha e^{-2gn}} e^{-2gi/2} = \frac{Z_H \text{ch}(n-i)g + Z_C \text{sh}(n-i)g}{Z_n \text{chng} + Z_C \text{shng}}. \quad (4)$$

Теперь рассмотрим однородную линию. Пользуясь равенством (1) и учитывая, что $\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_2}{Z_H}$, определим функцию передачи по напряжению для любой ее точки:

$$K_{xU} = \frac{\dot{U}_x}{\dot{U}_1} = \frac{Z_H \operatorname{ch} \gamma x + Z_C \operatorname{sh} \gamma x}{Z_H \operatorname{ch} \gamma l + Z_C \operatorname{sh} \gamma l}, \quad (5)$$

где l - длина линии; $\dot{U}_1$ - напряжение в начале линии.

Сравнив выражения функции передач однородной цепной схемы (4) и однородной длинной линии (5), нетрудно заключить, что они адекватны. Заменив в (5) γ на g , x на $p-i$ и l на p , получим выражение (4), которое, как известно, соответствует равенству (2). Произведя в последнем указанные замены, получим

$$K_{(1-x)U} = \frac{1 + \alpha C^x}{1 + \alpha C^l} C^{\frac{1-x}{2}}. \quad (6)$$

Данное выражение дает возможность рассчитать напряжение в любой точке линии при известном напряжении в ее начале:

$$\dot{U}_x = K_{iU} \dot{U}_1.$$

Таким образом, получена новая математическая модель однородной линии, качественно отличающаяся от классической модели.

В частных случаях коэффициент передачи по напряжению будет иметь следующие значения:

- а) при работе линии в режиме холостого хода ($Z_H = \infty$), $\alpha = 1$ и $K_{xU_{xx}} = \frac{1 + C^x}{1 + C^l} C^{\frac{1-x}{2}}$;
- б) при коротком замыкании в конце линии ($Z_H = 0$), $\alpha = -1$ и $K_{xU_{k.3}} = \frac{1 - C^x}{1 - C^l} C^{\frac{1-x}{2}}$;
- в) при согласованной нагрузке ($Z_H = Z_C$), $\alpha = 0$ и $K_{xU_C} = C^{\frac{1-x}{2}}$.

Заметим, что во всех выражениях, относящихся к однородной линии, расстояние отсчитывается от конца линии к ее началу. Заменив в них x на $l-x$, можно расстояние отсчитать от начала линии.

Составлена программа для расчета однородной линии на ЭВМ.

Пример расчета. Длина линии передачи постоянного тока - $l = 10$ условных единиц, напряжение в начале - $U_1 = 100$ единиц. Рассмотрим линию, представленную Т - образной схемой замещения с параметрами: $Z_1 = 1$, $Z_0 = 500$, $Z_H = 150$ (рис. 2).

На основе вышеизложенного определяем дополнительные параметры линии, необходимые при расчете напряжений:

$$Z_a = 501, Z_{ab} = 1,998, C = 0,8812, Z_C = 31,6386, \alpha = 0,6516 \text{ и } g = 0,0632.$$

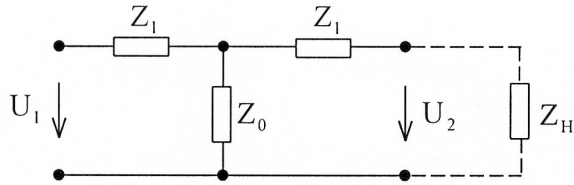


Рис. 2

Далее, подставляя значения параметров в (5) (классический метод) и (6) (предлагаемый метод) и рассчитывая напряжения в различных точках линии (x), пользуясь то одной, то другой формулами для одних и тех же точек линии, получаем совершенно одинаковые результаты (см. табл.).

Таблица

x	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,0	6,5	5,0
U	100	97,87	95,83	93,9	92,06	90,31	88,65	85,59	87,08	82,88

x	4,5	4	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,0
U	81,65	80,50	79,43	78,44	77,53	76,69	75,94	75,25	74,65	74,12

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Атабеков Г.И.** Теоретические основы электротехники. Ч.I. – М.: Госэнергоиздат, 1962. – 280 с.
2. **Нейман Л.Р., Демирчян К.С.** Теоретические основы электротехники. – М.: Энергия, 1966. – 522 с.
3. **Акопджанян Г.Д., Сафарян В.С.** К исследованию однородных цепных схем // Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН. – 2003. – Т.56, № 2. – С. 301 – 305.

ГИУА. Материал поступил в редакцию 26.12.2003.

Գ.Դ. ՀԱՎՈՐՋԱՆՅԱՆ, Վ.Ս. ՄԱՏԱՐՅԱՆ ՀԱՄԱՄԵՆ ԳԾԵՐԻ ՀԱՇՎԱՐԿՄԱՆ ՄԵԹՈԴ

Մշակված է բաշխված պարամետրերով համասեռ երկար հաղորդման գծերի հաշվարկման նոր մոդել, որը դասական մոդելից տարբերվում է հաշվարկման բանաձևի պարզությամբ:

G.D. HAKOPJANYAN, V.S. SAFARYAN METHOD OF HOMOGENEOUS LINE CALCULATION

The new settlement model for homogeneous long lines of transfers, which differs from classical model by simplicity of the settlement formula, is developed.