

А. Б. БАБАХАНЫАН

Графоаналитическое решение вопроса о распределении мощности переменного тока в параллельных неидентичных цепях электропередачи

Применение графического метода и номограмм в решении электротехнических задач является вопросом не новым [1,2,3]. Польза от вышеуказанных методов в определении электрических параметров, в особенности в цепях переменного тока, огромна и выражается в простоте и ускорении решения задач при максимальном сокращении ошибок вычислений. Нами ниже рассматривается графоаналитическое определение распределения мощностей, передаваемых по параллельным неидентичным цепям. При этом графическая сторона представляется как в виде графиков, так и номограмм.

1 способ.

Данные нами [4] формулы распределения мощностей в двух параллельных цепях

$$\bar{P}_1 = \frac{1}{A_1 + A_2} [(A_1 P_A + B_1 P_R) + j(B_1 P_A - A_1 P_R)] \quad (1)$$

$$\bar{P}_2 = \frac{1}{A_1 + A_2} [(A_2 P_A + B_2 P_R) + j(B_2 P_A - A_2 P_R)] \quad (2)$$

и формула взаимосвязи между мощностями в параллельных цепях:

$$\bar{P}_n = \frac{1}{r_n^2 + X_n^2} [(P_{a_n} C_{kn} + P_{r_n} D_{kn}) - j(P_{r_n} C_{kn} - P_{a_n} D_{kn})] \quad (3)$$

могут быть представлены в графическом виде.

Как нетрудно заметить, вышеприведенные формулы являются уравнениями первой степени, т. е. уравнениями прямой, проходящей через начало координат.

Формулы (1) и (2) в графическом изображении представлены на рис. 1. Формула (3) представлена на рис. 2. Согласно формул (1) и (2) активная и реактивная составляющие мощности в параллельных цепях состоят из двух членов. Для любой составляющей мощности отдельных цепей член с коэффициентом B может совпадать или быть противоположным знаком другого члена. При положительном значении A_1 и A_2 , если B_1 или $B_2 > 0$, члены активной составляющей мощности в отдельных цепях параллельной передачи совпадают, а реактивной—противоположны по знаку для случая передачи отстающей

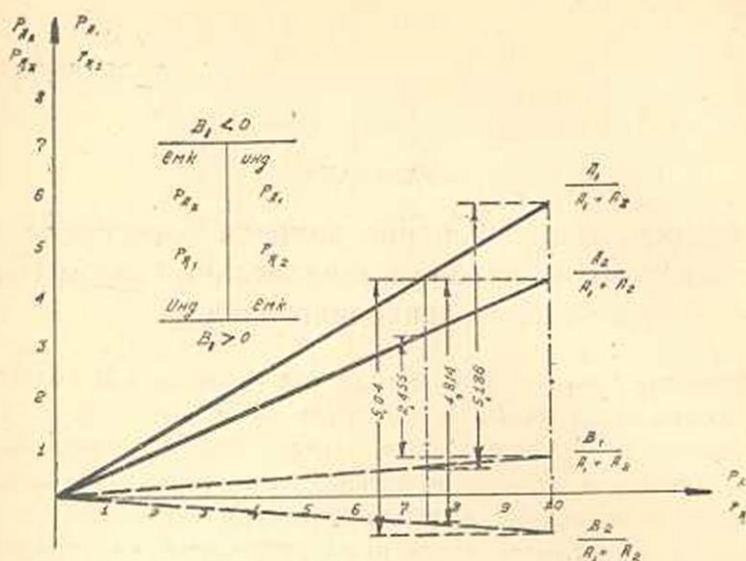


Рис. 1

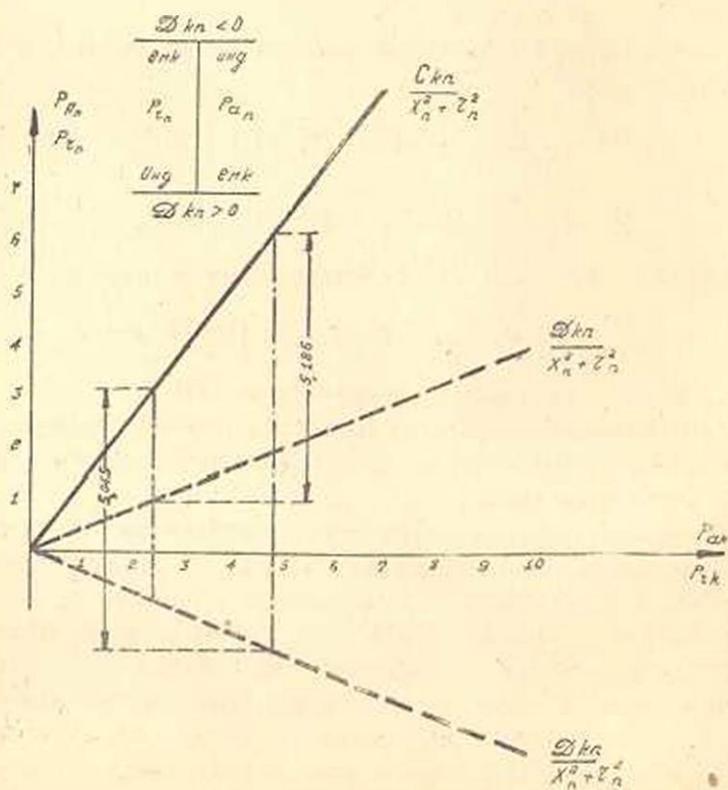


Рис. 2

реактивной мощности и для случая совпадения направлений активной и реактивной мощностей и обратны вышеуказанному положению для случая опережающей реактивной мощности и для случая несоответствия направления активной и реактивной мощностей.

При $V_1 (V_2) < 0$ картина получается обратной.

Такой же анализ может быть дан формуле (3) и коэффициенту D_{kn} формулы (3).

Прямые с угловыми коэффициентами $\frac{|V|}{A_1 + A_2}$ на рис. 1 и $\frac{D_{kn}}{r_n^2 + x_n^2}$

на рис. 2 строятся по обе стороны оси абсцисс в силу сказанного выше. Отсчеты по указанным кривым производятся в зависимости от значений коэффициентов V_1 и D_{kn} и от направления передаваемых мощностей. Легче всего это учитывается по мнемонической схеме, представленной для задачи рис. 1 и 2.

Например: При $V_1 > 0$ и при передаче индуктивной мощности, совпадающей с направлением активной мощности, графический отсчет величин P_{A_1} и P_{R_1} берется по верхней прямой $\frac{V_1}{A_1 + A_2}$; то же для P_{A_1} и P_{R_1} берется по нижней прямой $\frac{V_1}{A_1 + A_2}$. Аналогично и во всех других случаях.

Таким же образом можно объяснить мнемоническую схему для рис. 2.

Мощность в параллельных цепях определяется непосредственным замером их значений по оси ординат при заданной общей мощности нагрузки, откладываемой по оси абсцисс (рис. 1).

Взаимосвязь между мощностями в параллельных цепях (рис. 2) также определяется графически непосредственным отсчетом по оси ординат неизвестной мощности одной цепи при известной мощности другой цепи, отложенной по оси абсцисс. Значение коэффициентов A_1, A_2, V_1, V_2 в формулах (1) и (2) и коэффициентов D_{kn} и C_{kn} в формуле (3) даны в предыдущей работе. (4).

Отметим, что согласно вышеуказанной работе, в естественных параллельных цепях сильного тока угол наклона прямых зависимостей распределения мощностей в параллельных цепях на рис. 1 будет менее 45° . Подразумеваем при этом, что масштабы делений по осям координат одинаковы.

Углы наклона прямых, построенных по угловым коэффициентам $\frac{V_1}{A_1 + A_2}$ и $\frac{V_2}{A_2 + A_1}$, будут значительно меньше угла наклона прямых с угловыми коэффициентами $\frac{A_1}{A_1 + A_2}$ и $\frac{A_2}{A_1 + A_2}$. Вообще же для любых электрических цепей слабого и сильного тока расположение указанных прямых может быть самым различным.

Для передачи с коэффициентами $|V_1| = |V_2| = 0$ рис. 1 будет

иметь две прямые зависимости, связанные с угловыми коэффициентами $\frac{A_1}{A_1+A_2}$ и $\frac{A_2}{A_1+A_2}$. Если при этом $A_1=A_2$, то указанные прямые сливаются в одну прямую под углом наклона $\alpha = \arctg \frac{A_1}{A_1+A_2}$, т. е. $\alpha = 26^\circ 34'$.

Для графического представления формулы (3) расположение прямых зависимостей может быть различным и под любым углом, но, обычно, $\frac{D_{\text{кп}}}{x^2_{\text{н}} + r^2_{\text{н}}} < \frac{C_{\text{кп}}}{x^2_{\text{н}} + r^2_{\text{н}}}$ и прямая, связанная с коэффициентом $D_{\text{кп}}$, будет иметь меньший угол наклона, чем прямая с угловым коэффициентом $\frac{C_{\text{кп}}}{x^2_{\text{н}} + r^2_{\text{н}}}$.

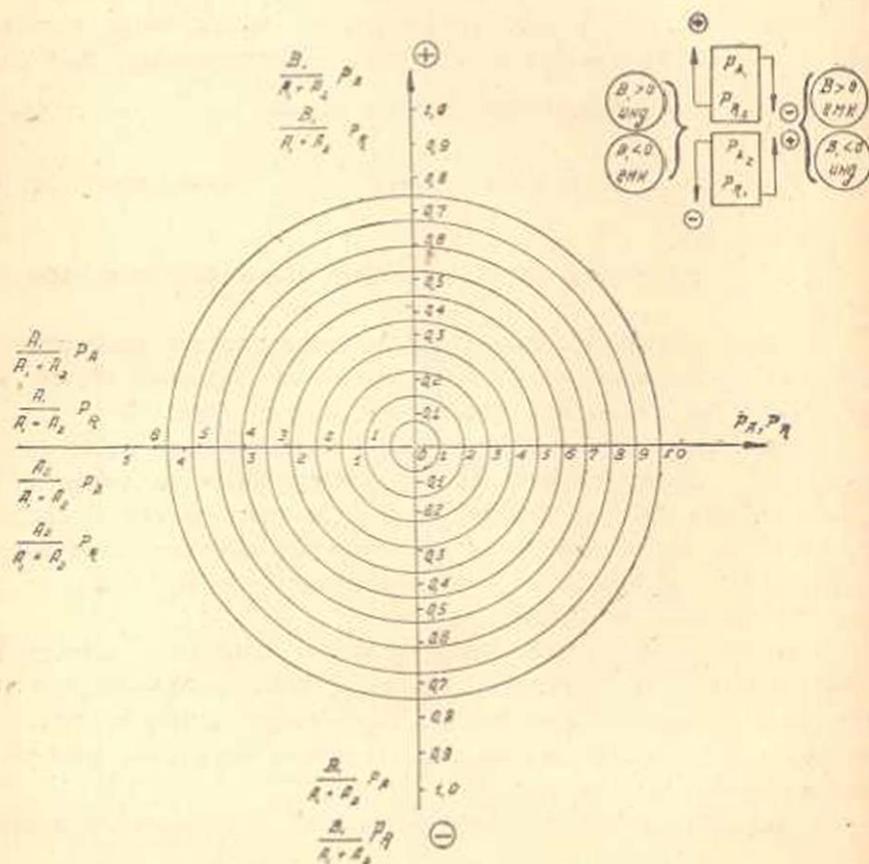


рис. 3

При идентичных цепях коэффициент $D_{\text{кп}} = 0$ и единственная прямая взаимосвязи мощностей параллельных цепей будет иметь угол наклона, равный 45° .

2 способ.

Распределение мощности в параллельных цепях и их взаимосвязь можно определить графическим способом по номограммам.

На рис. 3 представлена номограмма в координатной системе. На рис. 4 дана номограмма в обычном виде. В обоих случаях номограммы представлены для распределения передаваемой мощности по параллельным цепям, согласно формулам (1) и (2).

Мощность в параллельных цепях определяется нахождением отдельных членов, составляющих мощности в отдельных цепях. Действие члена с угловым импедантным коэффициентом B легко представить по мнемонической схеме, данной для обеих номограмм, но указанной только на рис. 3.

Аналогично можно строить вышеуказанные виды номограмм и для взаимосвязи мощностей в параллельных цепях соответственно формуле (3).

Для конкретных параллельных цепей графическое решение задачи распределения передаваемой мощности в параллельных цепях значительно проще общего решения ввиду постоянства величины и знака коэффициентов A_1 , A_2 , B_1 , B_2 формул (1) и (2) и D_{kn} , C_{kn} формулы (3).

Графоаналитическое определение мощностей переменного тока в параллельных цепях удобно для оперативных

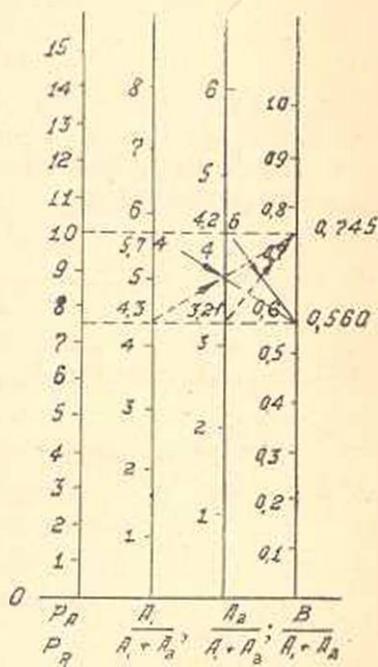


рис. 4.

целей, так как несонизмеримо сокращает затрату времени на расчеты и максимально уменьшает возможные расчетные ошибки. Особенную ценность оно представляет для расчета кольцевых сетей с различными режимами их работы.

Приложение

Определим распределение мощности в параллельных цепях вышеуказанными способами для передачи с параметрами, указанными на рис. 5.

1 способ.

Расчетным путем находим коэффициенты:

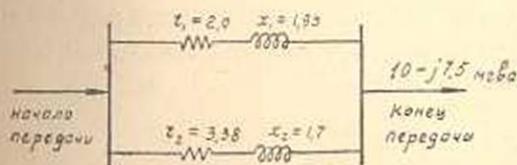


рис. 5

$$A_1 = 24,06,$$

$$A_2 = 17,86,$$

$$B_1 = -B_2 = -3,1 \text{ и } \frac{A_1}{A_1 + A_2} = 0,574 \quad \frac{A_2}{A_1 + A_2} = 0,426 \quad \frac{|B_1|}{A_1 + A_2} = 0,074.$$

По рис. 1 (построенному для передачи рис. 5) находим распределение передаваемой мощности 10—j 7,5 мва по параллельным цепям:

$$P_{A_1} - jP_{R_1} = 5,186 - j 5,04,$$

$$P_{A_2} - jP_{R_2} = 4,814 - j 2,455.$$

По параметрам двух параллельных линий передачи, указанным на рис. 5, определим мощность в первой цепи при известной мощности во второй цепи = 4,816—j 2,255 мва.

Расчетным путем находим коэффициенты:

$$C_{kn} = 10,04 \quad D_{kn} = -3,1 \quad \frac{C_{kn}}{x_1^2 + r_1^2} = 1,29 \quad \frac{D_{kn}}{x_1^2 + r_1^2} = -0,395.$$

По рис. 2 (построенному для передачи рис. 5) находим: $P_{A_1} - jP_{R_1} = 5,186 - j 5,045$ мва.

II *Способ.*

Определим распределение мощности в параллельных цепях по номограммам, представленным на рис. 3 и 4.

Если принять масштаб P_A и P_R за единицу, то масштабы для членов активной и реактивной составляющей двух параллельных цепей будут соответственно:

$$\frac{A_1 + A_2}{A_1} = 1,74; \quad \frac{A_1 + A_2}{A_2} = 2,32; \quad \frac{A_1 + A_2}{|B|} = 13,5.$$

На рис. 3 и 4 масштабы делений построены для передачи рис. 5.

По передаваемой мощности (10—j 7,5) мва находим мощность в двух параллельных цепях (учитывая указания мнемонической схемы относительно действия члена с коэффициентом $B_1 < 0$, так как в нашем случае $B_1 = -3,1$)

$$P_{A_1} - jP_{R_1} = 5,18 - j 5,041; \quad P_{A_2} - jP_{R_2} = 4,82 - j 2,465.$$

Точность результатов расчета по сравнению с аналитическим решением вполне удовлетворительна. Расчет данного примера по формулам (1) и (2) дает следующий результат:

$$P_{A_1} - jP_{R_1} = 5,186 - j 5,045 \quad \text{и}$$

$$P_{A_2} - jP_{R_2} = 4,814 - j 2,455$$

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Дивалин Н. И.—Применение номограмм в электротехнических расчетах. Электричество, № 5, 1941.
2. Круг К. А.—Основы электротехники. Ч. II, ГОНТИ, 1938.
3. Шевченко В. А.—Графический метод нахождения распределения потоков активной и реактивной мощности в замкнутых сетях. Электрические станции, № 5, 1938.
4. Бабаханян А. Б.—Распределение мощностей переменного тока, передаваемых по параллельным цепям. Изв. АН Арм. ССР II, № 1, 13, 1949.

Հ. Բ. Բաբախանյան

ՓՈՓՈՒԱԿԱՆ ՀՈՍԱՆՔԻ ՀԶՈՐՈՒԹՅԱՆ ԲԱՇԽՄԱՆ ՀԱՐՑԻ
ԳՐԱՖՈՒՆԱԼԻՏԻԿ ԼՈՒԾՈՒՄԸ ՈՋ ԻԳԵՆՏԻԿ (ՈՋ ՆՈՒՅՆԱՆՄԱՆ)
ԷԼԵԿՏՐՈՂԱՂՈՐԴՄԱՆ ԳԾԵՐՈՒՄ

Ա Մ Փ Ո Փ ՈՒ Մ

Տրված է հզորության բաշխման գրաֆոսանալիտիկ լուծումը փոփոխական հասանքի ոչ իզոնոտիկ դուզանես էլեկտրական զծերում:

Իրափում է ինչպես ընդհանուր հաղորդման զծերով հաղորդվող ամբողջ հզորության, այնպես և առանձին ճյուղերի հզորությունների փոխադարձ կապի գրաֆիկ լուծումը:

Հաջցի գրաֆիկական մասը ներկայացված է գրաֆիկների և նամո-գրամների ձևով: