

А.М. АРАКЕЛЯН, Л.В. ЕГИАЗАРЯН, В.С. САФАРЯН

РАСЧЕТНАЯ ДОЛЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ В ВЕТВЯХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ОТ КАЖДОЙ ОТДЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ И УРАВНИТЕЛЬНОГО ТОКА В НИХ

Մտացված են էլեկտրացանցի առանձին ճյուղերում, առանձին բեռնվածքով կամ տվյալ ճյուղով անցնող հավասարիչ հոսանքով պայմանավորված էլեկտրական հզորության կորստի հաշվարկային մասնաբաժնի որոշման բանաձևեր:

Выведены расчетные формулы для определения доли в общих потерях электрической мощности в любой из ветвей замкнутой или разомкнутой электрической сети, обусловленной каждой отдельной нагрузкой сети или уравнительным током, протекающим по этой ветви.

Ил. 1. Табл. 1. Библиогр.: 1 назв.

The calculating formulas are deduced for definition of the electric power losses share in each branch of closed or open electrical network caused by each load of the network or by the equalizing current of that branch.

Илл. 1. Table 1. Ref. 1.

Потери электрической мощности в электрических сетях в настоящее время привлекают внимание также с точки зрения определения доли участия в них отдельных нагрузок и других факторов, влияющих на токораспределение и величину потерь в сети. Решение этой задачи позволит не только конкретизировать взаимоотношения потребитель-поставщик электроэнергии, но и выявить дополнительные возможности уменьшения потерь в сетях [1].

В ветвях сложнзамкнутой сети протекают токи, обусловленные отдельными нагрузками (токи нагрузок) и неравенством напряжений питающих узлов сети (уравнительные токи). Составляющая каждого из указанных токов обуславливает свою долю потерь электрической мощности в ней.

В трехфазной симметричной сети рассматривается ветвь q с комплексными значениями напряжения на ветви \bar{U}_q и сопротивления $Z_q = r_q + jx_q$. По этой ветви протекает ток, равный сумме токов от отдельных нагрузок, и уравнительный ток ветви:

$$\bar{I}_q = \sum_{i=1}^n \bar{I}_{iq} + \bar{I}_{yq}, \quad (1)$$

где \bar{I}_q - комплексное значение тока ветви q; \bar{I}_{iq} - комплексное значение тока, протекающего через ветвь q, от i-й нагрузки; n - число нагрузок, обуславливающих ток ветви q; \bar{I}_{yq} - уравнивающий ток ветви q.

При определении доли потерь электрической мощности в ветви q от каждого тока \bar{I}_{iq} и \bar{I}_{yq} применяется функция $f(\bar{U}_q, Z_q)$, общая для всех составляющих тока данной ветви. Формула расчета доли потерь электрической мощности в ветви q от одного из токов \bar{I}_{iq} и \bar{I}_{yq} имеет вид

$$\Delta\bar{S}_{iq} = 3\bar{I}_{iq}^* f(\bar{U}_q, Z_q), \quad \Delta\bar{S}_{yq} = 3\bar{I}_{yq}^* f(\bar{U}_q, Z_q). \quad (2)$$

При этом потери электрической мощности в q-й ветви от всех составляющих токов равны

$$\Delta\bar{S}_q = \sum_{i=1}^n \Delta\bar{S}_{iq} + \Delta\bar{S}_{yq} = 3f(\bar{U}_q, Z_q) \left(\sum_{i=1}^n \bar{I}_{iq}^* + \bar{I}_{yq}^* \right). \quad (3)$$

Известно, что эта же мощность потерь равна

$$\Delta\bar{S}_q = 3\bar{I}_q^2 Z_q = 3\bar{U}_q^* \bar{I}_q = 3Z_q \bar{I}_q^* \bar{I}_q = 3Z_q \bar{I}_q \left(\sum_{i=1}^n \bar{I}_{iq}^* + \bar{I}_{yq}^* \right), \quad (4)$$

где $\bar{I}_{iq}^*, \bar{I}_{yq}^*$ - сопряженные комплексные значения; \bar{U}_q - комплексное значение напряжения на ветви q.

Из (3) и (4) следует

$$f(\bar{U}_q, Z_q) = \bar{U}_q = Z_q \bar{I}_q. \quad (5)$$

В окончательном виде формула (2) принимает вид

$$\begin{aligned} \Delta\bar{S}_{iq} &= 3Z_q \bar{I}_q^* \bar{I}_{iq} = 3\bar{U}_q^* \bar{I}_{iq}, & \Delta\bar{S}_{yq} &= 3Z_q \bar{I}_q^* \bar{I}_{yq} = 3\bar{U}_q^* \bar{I}_{yq}, \\ \Delta P_{iq} &= \operatorname{Re}(\Delta\bar{S}_{iq}), & \Delta P_{yq} &= \operatorname{Re}(\Delta\bar{S}_{yq}), \\ \Delta Q_{iq} &= \operatorname{Im}(\Delta\bar{S}_{iq}), & \Delta Q_{yq} &= \operatorname{Im}(\Delta\bar{S}_{yq}). \end{aligned} \quad (6)$$

Таким образом, расчетная доля потерь электрической мощности в данной ветви, обусловленная одной из составляющих тока этой ветви, определяется умножением сопряженного комплексного значения этой составляющей на комплексное значение напряжения этой ветви.

При определении доли потерь мощности в q-й ветви от составляющих токов m нагрузок из n общего их числа и уравнивающего тока ветви из (6) получим

$$\Delta\bar{S}_{mq} + \Delta\bar{S}_{yq} = 3Z_q \bar{I}_q \left(\sum_{i=1}^m \bar{I}_{iq}^* + \bar{I}_{yq}^* \right). \quad (7)$$

Следовательно, известные формулы расчета потерь электрической мощности, апеллирующие квадратом тока ветви, могут быть получены из (7), поскольку при m=n имеем

$$\Delta\bar{S}_{nq} + \Delta\bar{S}_{yq} = 3Z_q \bar{I}_q \left(\sum_{i=1}^n \bar{I}_{iq}^* + \bar{I}_{yq}^* \right) = 3Z_q \bar{I}_q^* \bar{I}_q = 3Z_q \bar{I}_q^2.$$

Доля потерь электрической мощности во всей сети, обусловленная i -й нагрузкой, определяется в виде

$$\Delta \bar{S}_{i\Sigma} = \sum_{q=1}^k \Delta \bar{S}_{iq}, \quad (8)$$

а обусловленная неравенством напряжений питающих узлов сети - в виде

$$\Delta \bar{S}_{y\Sigma} = \sum_{q=1}^g \Delta \bar{S}_{yq}, \quad (9)$$

где k и g - число ветвей сети, через которые протекают токи от i -й нагрузки и уравнительные токи сети.

Отметим, что в разомкнутых распределительных сетях уравнительные токи отсутствуют ввиду наличия одного питающего узла.

Пример. Расчет составляющих потерь в замкнутой симметричной сети (рис. 1).

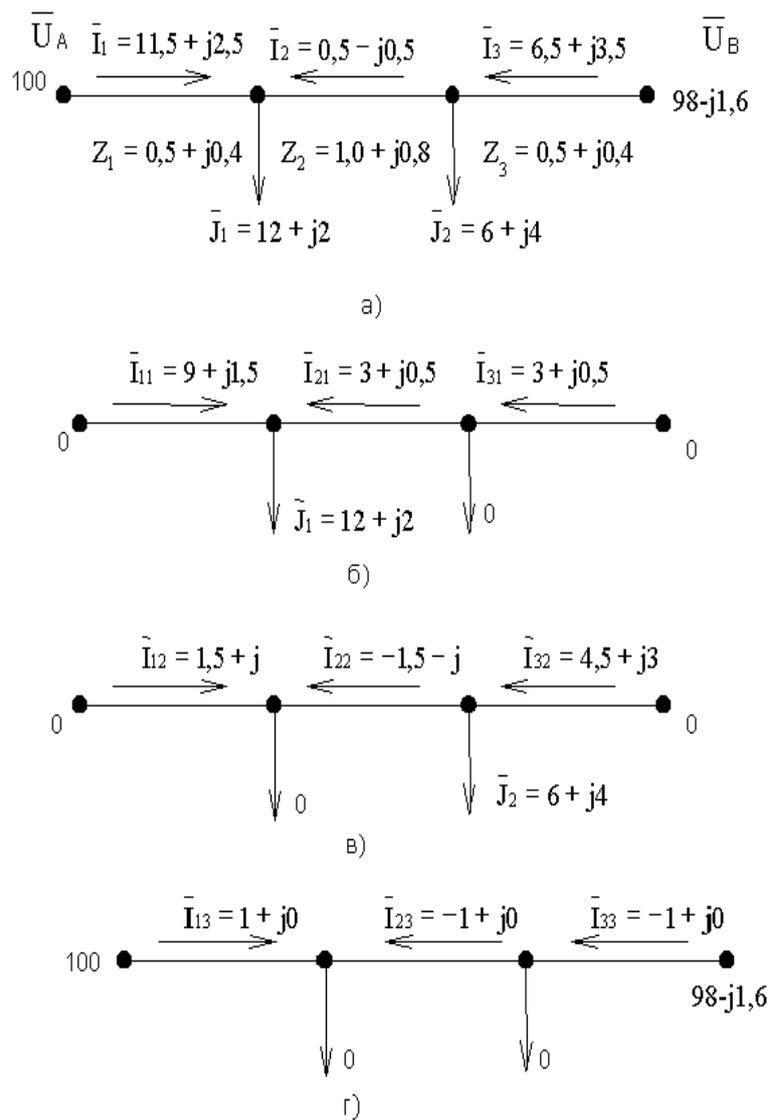


Рис. 1. Однолинейная схема замкнутой сети с токораспределениями по ветвям:
а - суммарных токов; б, в, г - от отдельных источников

Однолинейная схема сети приведена на рис. 1а. На ней отмечены заданные в комплексной форме токи нагрузок \bar{J}_1, \bar{J}_2 и ветвей $\bar{I}_1, \bar{I}_2, \bar{I}_3, A$; напряжения питающих узлов \bar{U}_A, \bar{U}_B, B ; сопротивления ветвей $Z_1, Z_2, Z_3, Ом$. На рис. 1б,в,г приведены токораспределения по ветвям схемы, соответственно, от первой и второй нагрузок и от уравнивающего тока \bar{J}_y , обусловленного неравенством напряжений \bar{U}_A и \bar{U}_B . Приведены потери электрической мощности в одной фазе элементов сети, обусловленные составляющими отдельных токов \bar{J}_1, \bar{J}_2 и \bar{J}_y (табл.).

Как видно, результаты потерь в отдельных ветвях и общих потерь полностью совпадают с результатами расчета, полученными при использовании обычных формул $I_i^2 Z_i$ и $\sum_{i=1}^3 I_i^2 Z_i$ (i - номер ветви).

Таблица

Потери мощности в элементах сети, Вт				От тока
В ветви 1	В ветви 2	В ветви 3	В 3-х ветвях	
51,525+j45,525	2,65-j0,75	7,725+j12,125	61,9+j56,90	\bar{J}_1
12,975+j4,25	-1,25+j1,05	21,375+j14,025	33,10+j19,1	\bar{J}_2
4,75+j5,85	-0,9+j0,1	-1,85-j4,35	2,0+j1,6	\bar{J}_y
69,25+j55,4	0,5+j0,4	27,25+j21,8	97+j77,6	$\sum \bar{J}$

ЛИТЕРАТУРА

1. **Поспелов Г.Е., Сыч Н.М.** Потери мощности и энергии в электрических сетях.-М.: Энергоатомиздат, 1981. - 216 с.

ГЗАО "Институт энергетики"

23.07.1998