

Майре ОЯВЭЭР, В. САРВ

## О СОСТАВЛЯЮЩИХ МГНОВЕННОЙ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ С ПЕРИОДИЧЕСКИМИ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫМИ ТОКАМИ И НАПРЯЖЕНИЯМИ

M. OJAVEER, V. SARV. HETKVOIMSUSE KOMPONENTIDEST MITTESIINUSELISE VOOLU JA PINGEGA ELEKTRIAHELATES

M. OJAVEER, V. SARV. COMPONENTS OF INSTANTANEOUS POWER IN NONLINEAR NETWORKS

В последнее время заметно повысился интерес к энергетическим методам анализа электрических цепей [1-7], применение которых способствует установлению принципиальных возможностей совершенствования разных схем. В [2] сказано: «... ток и напряжение являются просто математическими фикциями, множителями произведения реальной мгновенной мощности, взятой пропорционально соответственно энергии электрического и магнитного поля».

В связи с этим необходимо уточнить определения возможных составляющих мгновенной мощности, уже применяемых или полезных при анализе энергетических процессов в электрических цепях.

К настоящему времени мы располагаем понятиями мгновенных полной, активной и реактивной мощностей в линейных цепях с синусоидальными токами и напряжениями [8-10].

Учитывая широкое применение цепей преобразования параметров электрической энергии с несинусоидальными токами и напряжениями, представляет интерес определение составляющих мгновенной мощности и в этом случае.

В линейном двухполюснике с резистивными и реактивными элементами при синусоидальном напряжении питания мгновенная полная мощность дается выражением

$$s = ui = p + q, \quad (1)$$

где  $u$ ,  $i$  — мгновенные значения напряжения и полного тока;  $p$ ,  $q$  — мгновенные значения активной и реактивной мощностей. Здесь  $p = ui_a$  и  $q = ui_r$  ( $i_a$ ,  $i_r$  — мгновенные значения активной и реактивной составляющих тока) [8].

В большинстве работ (напр., [5, 9-11]) произведение  $ui$  называется просто мгновенной мощностью и обозначается через  $p$ .

В нелинейном двухполюснике ток  $i$  и напряжение  $u$  являются в общем случае несинусоидальными периодическими функциями и, следовательно, могут быть представлены в виде рядов Фурье:

$$u = \sum_{n=0}^{\infty} u_n = U_0 + \sum_{n=1}^{\infty} U_{mn} \sin(n\omega t + \alpha_n), \quad (2)$$

$$i = \sum_{k=0}^{\infty} i_k = I_0 + \sum_{k=1}^{\infty} I_{mk} \sin(k\omega t + \beta_k). \quad (3)$$

По аналогии с [8] каждую гармонику тока можно разделить на активную и реактивную составляющие, т. е.

$$i_k = i_{ak} + i_{rk}. \quad (4)$$

Мгновенная мощность нелинейного двухполюсника принимает вид

$$s = ui = \sum_{n=0}^{\infty} u_n \sum_{k=0}^{\infty} i_k = \sum_{n=0}^{\infty} u_n \sum_{k=0}^{\infty} (i_{ak} + i_{rk}) =$$

$$= \sum_{n=0}^{\infty} u_n i_{an} + \sum_{n=0}^{\infty} u_n i_{rn} + \sum_{\substack{k,n=0 \\ k \neq n}}^{\infty} u_n i_k, \quad (5)$$

где первые два члена — мгновенные активная и реактивная мощности, а третий член назовем мгновенной мощностью искажения, так как она складывается из таких гармонических пар тока и напряжения, которые при действующих значениях определяют мощность искажения [12].

Следовательно, мгновенная мощность в двухполюснике с несинусоидальными токами и напряжениями складывается из трех составляющих:

$$s = ui = p + q + d, \quad (6)$$

где  $p = \sum_{n=0}^{\infty} u_n i_{an}$  — мгновенная активная мощность,

$q = \sum_{n=0}^{\infty} u_n i_{rn}$  — мгновенная реактивная мощность,

$d = \sum_{\substack{k,n=0 \\ k \neq n}}^{\infty} u_n i_k$  — мгновенная мощность искажения.

Понятие мгновенной мощности искажения было нами впервые введено при исследовании процесса преобразования энергии в диоде выпрямителя [13] и показано, что она складывается из элементарных составляющих сложной формы.

Пока еще трудно раскрыть физический смысл этого понятия, однако с точки зрения преобразовательных процессов в нелинейных цепях ясно, что мгновенная мощность искажения является неизбежной и существенной составляющей мгновенной мощности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пенфильд П., Спенс Р., Дюинкер С., Энергетическая теория электрических цепей, М., 1974.
2. Карпоров Д., Rosenberg C. R., Analysis and Simulation of Multiport Systems, The M.I.T. Press, 1968.
3. Nasar S. A., Electromagnetic Energy Conversion Devices and Systems, New York, 1970.
4. Messerle H. K., Energy Conversion Statics, New York—London, 1969.
5. Крогерис А., Рашевец К., Рутманис Л., Трейманис Э., Шинка Я., Полупроводниковые преобразователи электрической энергии, Рига, 1969.
6. Алликас Р., Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., 17, 419 (1968).
7. Гольдштейн Е. И., Кузубных Н. И., Станевко В. Н., Докл. к шестой научно-техн. конф. по вопросам автоматизации производства, т. II, Ферромагнитные устройства, Томск, 1969, с. 212.
8. Дарманчев А. К., Зап. Ленингр. с.-х. ин-та, 94, 182 (1964).
9. Бычков Л. В., Изв. ВУЗов, Электромеханика, № 12, 1287 (1973).
10. Ионкин П. А., Мельников Н. А., Даревский А. И., Кухаркин Е. С., Теоретические основы электротехники, ч. I, М., 1965.
11. Milić M., IEEE Trans. Educ., E-13, No. 2, 107 (1970).
12. Emanuel-Eigeles A., Erlicki M. S., IEEE Trans. Ind. and Gen. Applic., IGA-4, No. 4, 447 (1968).
13. Оявээр М., Сарв В., Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., 24, 78 (1975).