

УДК 621.65:004.183

ОЦЕНКА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КАНАЛА ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ МГНОВЕННОЙ МОЩНОСТИ В ЗАДАЧАХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКИ

М.В.Загирняк, докт.техн.наук., **Д.И.Родькин**, докт.техн.наук, **Т.В.Коренькова**, канд.техн.наук, **Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского**, ул. Первомайская, 20, Кременчуг, 39614, Украина.

Показано, что в основе оценки пропускной способности энергетического канала электромеханической системы должен лежать анализ процессов преобразования энергии во всех элементах силовой структуры на базе составляющих мгновенной мощности. Наличие переменной составляющей мощности, отражающей энергообменные процессы в системе, приводит к снижению пропускной способности энергетического канала объекта. Установлено, что мерой качества энергетических процессов в системе является эффективная мощность. Предложен коэффициент пропускной способности энергетического канала. Библ. 3.

Ключевые слова: мгновенная мощность, эффективная мощность, энергетический канал, пропускная способность, электромеханическая система.

Процесс передачи и преобразования энергии в электромеханических системах (ЭМС) сопровождается ее частичной потерей в каждом из элементов и способностью в той или иной степени накапливать энергию в зависимости от типа рассматриваемого элемента. Каждый из элементов ЭМС характеризуется параметрами энергетического режима $U_i(t)$ и $I_i(t)$, причем это не обязательно напряжение и ток, а величины, описывающие физический процесс преобразования энергии, произведение которых дает мощность $P_i(t) = U_i(t)I_i(t)$ – единственный параметр, характеризующий любой режим сколь угодно сложной ЭМС. Определив мощность $P_i(t)$ для каждого из элементов электромеханического комплекса, можно судить о картине преобразования энергии системы в целом. Одна из составляющих энергетического режима – переменная во времени составляющая, характеризует энергообменный процесс между сетью и потребителем, технологическим механизмом и двигателем.

В этой связи особое внимание заслуживает вопрос оценки пропускной способности энергетического канала ЭМС с учетом неоднаправленности потока энергии, наличия накопителей энергии различного рода, элементов с нелинейными характеристиками, сложного характера изменения энергетических процессов во времени.

Для анализа энергетических режимов ЭМС в работе использован метод мгновенной мощности [1, 2], позволяющий наиболее полно характеризовать изменение мощности во временной области, в отличие от интегральных составляющих [3]. Основой теоретической базы метода мгновенной мощности является баланс гармонических составляющих мгновенной мощности источника питания и элементов ЭМС. Одной из мер оценки качества энергопроцессов в системе служит эффективное значение мгновенной мощности, а составляющие мгновенной мощности представляют собой исходные параметры для такой оценки. Для условной электрической цепи с многоэлементной структурой, представляющей собой эквивалентную схему замещения некоторой ЭМС, предложена схема распределения потерь мощности в силовом контуре (рисунок), где $P_S(t)$ – мгновенная мощность источника питания; $\Delta P_R(t)$, $\Delta P_L(t)$,

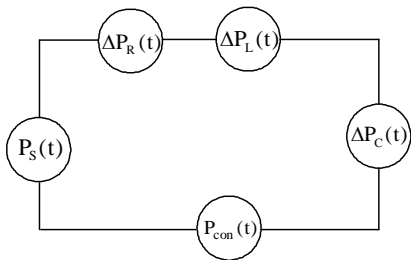


Рисунок 1 – Эквивалентная схема распределения потерь мощности в системе

$\Delta P_C(t)$ – мгновенная мощность, соответственно, на активном, индуктивном и емкостном сопротивлениях; $P_{con}(t)$ – мгновенная мощность конечного потребителя в ЭМС. Пусть входное напряжение и ток описываются зависимостями вида

$$U(t) = \sum_{n=0}^N U_n \cos(n\Omega t - \varphi_n); \quad I(t) = \sum_{m=0}^M I_m \cos(m\Omega t - \psi_m),$$

где n, m – номера гармоник напряжения и тока, соответственно; N, M – число составляющих напряжения и тока; φ, ψ – фазовые углы.

В работе получены зависимости мгновенных мощностей на всех элементах системы:

$$P_S(t) = U(t)I(t) = \left(\sum_{n=1}^N U_n \cos(n\Omega t - \varphi_n) \right) \left(\sum_{m=1}^M I_m \cos(m\Omega t - \psi_m) \right) = \sum_{k=1}^K P_{k0S} + \sum_{k=1}^K P_{kaS} \cos(k\Omega t) + \sum_{k=1}^K P_{kbS} \sin(k\Omega t);$$

$$\Delta P_i(t) = U_i(t)I_i(t) = \left(\sum_{n=1}^N U_{ni} \cos(n\Omega t - \varphi_n) \right) \left(\sum_{m=1}^M I_{mi} \cos(m\Omega t - \psi_m) \right) = \sum_{k=1}^K P_{k0i} + \sum_{k=1}^K P_{kai} \cos(k\Omega t) + \sum_{k=1}^K P_{kbi} \sin(k\Omega t);$$

$$P_{con}(t) = P_S(t) - \sum_{i=1}^I \Delta P_i(t) = \sum_{k=1}^K P_{k0con} + \sum_{k=1}^K P_{kacon} \cos(k\Omega t) + \sum_{k=1}^K P_{kbcon} \sin(k\Omega t),$$

где $P_S(t)$ – мгновенная мощность источника питания; $\Delta P_i(t)$ – мгновенная мощность на i -ом элементе системы; $\sum_{k=1}^K P_{k0}$, $\sum_{k=1}^K P_{ka} \cos(k\Omega t)$, $\sum_{k=1}^K P_{kb} \sin(k\Omega t)$ – постоянная, знакопеременная косинусная и синусная составляющие мгновенной мощности; k – номер гармоники мощности ($k=|n\pm m|$); K – число составляющих мощности.

Эффективное значение мощности определяется как среднеквадратичное значение произведения мгновенных значений напряжений и тока:

$$P_e = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T P^2(t) dt} = \sqrt{\sum_{k=1}^K P_{k0}^2 + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K P_{ka}^2 + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K P_{kb}^2}.$$

Зная эффективную мощность на каждом элементе, на входе и выходе рассматриваемой системы, рассчитывается коэффициент пропускной способности энергетического канала ЭМС

$$k = P_{e\text{ con}}/P_{eS} = \sqrt{\sum_{k=1}^K \left(P_{k0S} - \sum_{i=1}^I P_{k0i} \right)^2 + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \left(P_{kaS} - \sum_{i=1}^I P_{kai} \right)^2 + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \left(P_{kbS} - \sum_{i=1}^I P_{kbi} \right)^2} / \sqrt{\sum_{k=1}^K P_{k0S}^2 + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K P_{kaS}^2 + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K P_{kbS}^2}.$$

Последнее выражение учитывает потери энергии в энергетическом канале ЭМС, влияние факторов, снижающих эффективность использования мощности источника питания. Предложенный подход к оценке пропускной способности энергетического канала ЭМС достаточно просто переносится на более сложные режимы различных технологических комплексов, в частности, на неустановившиеся, а также на процессы аварийного характера.

1. Akagi H., Watanabe E.H., Aredes M. Instantaneous Power Theory and Applications to Power Conditioning. – New York: Wiley, 2007. – 379 p.
2. Родькин Д.И. Составляющие мгновенной мощности полигармонических сигналов // Электротехника. – 2003. – №3. – С. 38–42.
3. Тонкаль В. Е., Новосельцев А.Е., Денисюк С.П. Баланс энергий в силовых цепях. – К.: Наукова думка, 1992. – 312 с.

УДК 621.65:004.183

ОЦІНКА ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КАНАЛУ ЗА ПОКАЗНИКАМИ МИТТЄВОЇ ПОТУЖНОСТІ В ЗАВДАННЯХ ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ

М.В.Загірняк, докт.техн.наук, **Д.Й.Родькін**, докт.техн.наук, **Т.В.Коренькова**, канд.техн.наук,
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського,
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39614, Україна.

Показано, що в основі оцінки пропускної здатності енергетичного каналу електромеханічної системи повинен лежати аналіз процесів перетворення енергії у всіх елементах силової структури на базі складових миттєвої потужності. Наявність змінної складової потужності, що відображає процеси обміну енергії в системі, призводить до зниження пропускної здатності енергетичного каналу об'єкта. Встановлено, що мірою якості енергетичних процесів у системі є ефективна потужність. Запропоновано коефіцієнт пропускної здатності енергетичного каналу. Бібл. 3.

Ключові слова: миттєва потужність, ефективна потужність, енергетичний канал, пропускна здатність, електромеханічна система.

ESTIMATION OF CARRYING CAPACITY OF POWER CHANNEL ACCORDING TO INSTANTANEOUS POWER INDEXES IN OF ELECTROMECHANICS PROBLEMS

M.V.Zagirnyak, D.I.Rod'kin, T.V.Korenkova,
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University,
Pervomaiskaia str. 20, Kremenchuk, 39614, Ukraine.

It has been shown that the analysis of power conversion processes in all the power structure elements, based on instantaneous power components, underlies the estimation power channel of electromechanical systems carrying capacity. Presence of power variable component reflecting energy exchange processes in the system results in the decrease of the carrying capacity of the object power channel. It has been established that effective power is a quality measure for power processes in the system. An index of system power controllability has been offered. An index of power channel carrying capacity has been offered. References 3.

Key words: instantaneous power, effective power, power channel, carrying capacity, electromechanical systems.

1. Akagi H., Watanabe E.H., Aredes M. Instantaneous Power Theory and Applications to Power Conditioning. – New York: Wiley, 2007. – 379 p.
2. Rodkin D.I. Polyharmonic Signals Instantaneous Power Components // Elektrotechnika. – 2003. – No 3. – Pp. 38–42 (Rus)
3. Tonkal V.E., Novoseltsev A.V., Denisiuk S.P. Energy Balance in Power Circuits. – Kyiv: Naukova Dumka, 1992, – 312 p. (Rus)

Надійшла 12.01.2012
 Received 12.01.2012