

ВЫДЕЛЯЕТСЯ ЛИ АКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ РЕАКТИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ?

На підставі апарату теорії рядів Фур'є обґрунтована відсутність виділення активної потужності в індуктивності при безперервному періодичному струмі в ній і в ємкості при безперервній періодичній напрузі на ній.

На основании аппарата теории рядов Фурье обосновано отсутствие выделения активной мощности в индуктивности при непрерывном периодическом токе в ней и в емкости при непрерывном периодическом напряжении на ней.

В статьях, опубликованных в последнее время, например [1, 2], рассматривается вопрос о существовании явления выделения активной мощности реактивными элементами при экспофункциональных воздействиях на электрическую цепь, и применении этого явления в телекоммуникациях для компенсации потерь в реактивных элементах [3]. При теоретическом доказательстве достоверности открытия этого явления использовался переход к комплексной мощности, а также рассмотрение процессов, происходящих в электрических цепях во временной области. Кроме того, для этой же цели был применен аппарат теории рядов Фурье. В результате было показано [2], что при экспофункциональном токе (рис. 1)

$$i_L(t) = I_{LM} e^{\pm \lambda t} \sin(\omega t + \varphi_i)$$

в индуктивности L возникает мгновенная мощность

$$p_L(t) = \pm \lambda L I_{LM}^2 e^{\pm 2\lambda t} \sin^2(\omega t + \varphi_i) + \omega L I_{LM}^2 e^{\pm 2\lambda t} \sin(\omega t + \varphi_i) \cos(\omega t + \varphi_i).$$

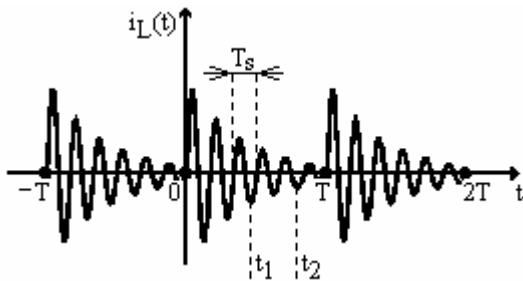


Рис. 1. Экспофункциональное воздействие

Первое слагаемое было названо "мгновенной активной мощностью", а второе – "мгновенной реактивной мощностью". В случае верхнего знака первое слагаемое показывает, что индуктивность потребляет часть электрической энергии, а в случае нижнего – отдает во внешнюю цепь часть электрической энергии. Далее сделан вывод о том, что индуктивность выделяет активную мощность при экспофункциональном воздействии.

В то же время в электротехнике показано, что в реактивных элементах (по определению!) активная мощность равна нулю [4]. Целью статьи является анализ возможности существования активной мощности в реактивных элементах электрических цепей при экспофункциональных воздействиях.

В электротехнике известно следующее определение активной мощности [4]: под активной мощно-

стью P понимают среднее значение мгновенной мощности за период T

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) i(t) dt. \quad (1)$$

Ток в индуктивности непрерывен, в частности он не имеет разрыва в крайних точках периода t_1, t_2 :

$$i_L(t_1 + 0) = i_L(t_2 - 0) = i_L(t_2 + 0) = \dots, \quad (2)$$

при этом напряжение на индуктивности не содержит импульсных δ -функций. В этих условиях периодические ток и напряжение на индуктивности представляются сходящимися рядами Фурье:

$$i_L(t) = I_0 + I'_{M1} \sin \omega t + I''_{M1} \cos \omega t + I'_{M2} \sin 2\omega t + I''_{M2} \cos 2\omega t + \dots;$$

$$u_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt} = \omega L \cdot I'_{M1} \cos \omega t - \omega L \cdot I''_{M1} \sin \omega t + 2\omega L \cdot I'_{M2} \cos 2\omega t - 2\omega L \cdot I''_{M2} \sin 2\omega t + \dots$$

Оценим величину интеграла (1). Очевидно,

$$\frac{1}{T} \int_0^T I_0 \cdot u_L(t) dt = 0. \text{ Интегралы за период от всех про-}$$

изведенных синусоид и косинусоид также нулевые. Это же справедливо для всех произведений синусоид различных частот и для всех произведений косинусоид различных частот. Подсчитаем интегралы от квадратов синусоид и косинусоид:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{T} \int_0^T (-k\omega L \cdot I'_{Mk} I''_{Mk} \sin^2 k\omega t + k\omega L \cdot I'_{Mk} I''_{Mk} \cos^2 k\omega t) dt = \\ & = \frac{k\omega L \cdot I'_{Mk} I''_{Mk}}{T} \int_0^T (-\sin^2 k\omega t + \cos^2 k\omega t) dt = \\ & = \frac{k\omega L \cdot I'_{Mk} I''_{Mk}}{T} \int_0^T \cos 2k\omega t dt = 0, \quad k = 1, 2, \dots \end{aligned}$$

Таким образом, активная мощность индуктивности при непрерывном периодическом токе в ней равна нулю независимо от конкретной формы тока, т.е. в индуктивности не происходит необратимого преобразования электрической энергии. Подобным же образом можно убедиться в аналогичном выводе и для емкости при непрерывном периодическом напряжении на ней.

В работах [2, 3] при анализе активной мощности не применялось интегрирование за период, что ставит под сомнение сделанные в работах выводы о наличии активной мощности в реактивных элементах. В рабо-

те [1] получено верное выражение для активной мощности в индуктивности

$$P = \frac{L}{2(t_2 - t_1)} \left[i_L^2(t_2) - i_L^2(t_1) \right], \quad t_2 = t_1 + T,$$

однако не учтено, что периодический ток в индуктивности должен быть непрерывен (2). При выполнении условия (2) очевидно $P = 0$.

При периодизации экспофункционального тока $i_L(t) = I_{LM} e^{\pm \lambda t} \sin(\omega t + \varphi_i)$ в [1] условие (2) выполняется в любой паре моментов t_1, t_2 перехода синусоиды через нуль. Если же начальный момент t_1 выбирается такой, что $\sin \omega t_1 \neq 0$ (рис. 1), то момент $t_2 = t_1 + T$ должен выбираться из условия (2), что приводит к трансцендентному уравнению для t_2 и $t_2 \neq kT_S + t_1$, как это принято в [1].

ВЫВОД

В статье показано, что активная мощность в индуктивности в классическом понимании этого слова при периодическом непрерывном токе равна нулю, и активная мощность в емкости при периодическом непрерывном напряжении на ней также равна нулю.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иваницкий А.М. Доказательство существования явления активной мощности реактивными элементами электрической цепи с помощью рядов Фурье / А.М. Иваницкий // Наук. праці ОНАЗ ім О.С. Попова. – 2010. – № 1.
2. Иваницкий А.М. Простое доказательство существования явления выделения активной мощности реактивными элементами / А.М. Иваницкий // Наук. праці ОНАЗ ім О.С. Попова. – 2007. – № 1. – С. 3-5.
3. Иваницкий А.М. Исследование явления выделения активной мощности реактивными элементами при экспофункциональных воздействиях / А.М. Иваницкий, Д.Г. Паску // Изв. вузов. Сер. Радиоэлектроника. – Киев. – 2008. – Т. 51. – № 10. – С. 33-39.

4. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи / Л.А. Бессонов. – М.: изд-во "Юрайт". – 2011. – 701 с.

Bibliography (transliterated): 1. Ivanickij A.M. Dokazatel'stvo suschestvovaniya yavleniya aktivnoj moschnosti reaktivnymi `elementami `elektricheskoy cepi s pomoshch'yu ryadov Fur'e / A.M. Ivanickij // Nauk. pracі ONAZ im O.S. Popova. - 2010. - № 1. 2. Ivanickij A.M. Proste dokazatel'stvo suschestvovaniya yavleniya vydeleniya aktivnoj moschnosti reaktivnymi `elementami / A.M. Ivanickij // Nauk. pracі ONAZ im O.S. Popova. - 2007. - № 1. - S. 3-5. 3. Ivanickij A.M. Issledovanie yavleniya vydeleniya aktivnoj moschnosti reaktivnymi `elementami pri `ekspofunkcional'nyh vozdeystviyah / A.M. Ivanickij, D.G. Pasku // Izv. vuzov. Ser. Radio`elektronika. - Kiev. - 2008. - T. 51. - № 10. - S. 33-39. 4. Bessonov L.A. Teoreticheskie osnovy `elektrotehniki. `Elektricheskie cepi / L.A. Bessonov. - M.: izd-vo "Yurajt". - 2011. - 701 s.

Поступила 30.11.2011

*Олейников Александр Михайлович, д.т.н., проф.,
Дегтярев Андрей Николаевич, к.т.н., доц.,
Канов Лев Николаевич, к.т.н., доц.*

Севастопольский национальный технический университет,
кафедра судовых и промышленных
электромеханических систем
99053, Севастополь, ул. Университетская, 33,
СевНТУ, ауд. В208.
тел. (0692)435140; e-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua

Oleynikov A.M., Degtyarev A.N., Kanov L.N.

Is active power extrated by reactive elements in electric circuits?

On the basis of Fourier series theory, lack of active power extraction in a inductive element under continuous periodic current and in a capacitive element under continuous periodic voltage is justified.

Key words – active power, reactive elements, Fourier series, continuity of current.