

Коэффициент мощности сетевого ИВЭП с емкостным фильтром на входе

Ненахов С.М.
генеральный директор
ООО «ИЦ «АпельсИнн»
E-mail: info@apelsinn.ru

Коэффициент мощности является важной характеристикой источников вторичного электропитания (ИВЭП), предназначенных для работы от сетей переменного тока. Являясь по своей сути реактивным КПД, он определяет эффективность использования первичного источника электропитания. Иными словами, показывает, какая часть установленной мощности первичного источника может быть преобразована в нагрузку вторичным источником. Стандартами установлены минимальные значения коэффициентов мощности для ИВЭП большой и средней мощности, в которых это требование может быть обеспечено путем принудительного формирования потребляемого тока с целью достичь его совпадения по фазе и форме со входным [синусоидальным] напряжением.

Для ИВЭП малой мощности (единицы-десятки ватт) достижение максимальных значений коэффициента мощности тоже актуально, поскольку в составе аппаратуры таких ИВЭП может оказаться довольно много. Однако активное формирование потребляемого от сети тока для этого класса ИВЭП с их относительно простой схмотехникой является, как правило, «непозволительной роскошью», поскольку существенно увеличивает элементные затраты.

В простейшем случае маломощный сетевой ИВЭП содержит входной выпрямитель 1, емкостной фильтр 2 и высокочастотный преобразователь постоянного напряжения в постоянное (DC/DC) 3, который можно считать нагрузкой постоянной мощности (рис. 1).

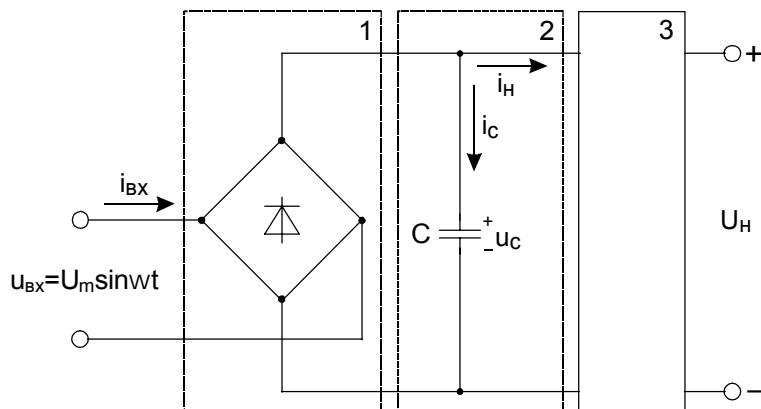


Рис. 1.

Ниже показано, что именно конденсатором C фильтра 2 и определяется значение коэффициента мощности ИВЭП в целом.

Как известно, коэффициент мощности ϑ есть произведение коэффициента искажения $\nu = I_{ex1}/I_{ex}$ (I_{ex} и I_{ex1} - действующие значения входного тока и его первой гармоники соответственно) на косинус угла φ сдвига первой гармоники входного тока i_{ex1} относительно входного напряжения u_{ex} .

Пренебрегая сопротивлениями входных цепей, для выпрямителя с емкостным фильтром при относительно небольших пульсациях напряжения на конденсаторе

$\Delta u_C = \Delta u_C / U_m \leq 0,2$, когда его разряд можно считать линейным, а ток нагрузки фильтра

$i_n \approx P_n / U_m$ - постоянным (рис. 2), входной ток описывается следующей системой уравнений:

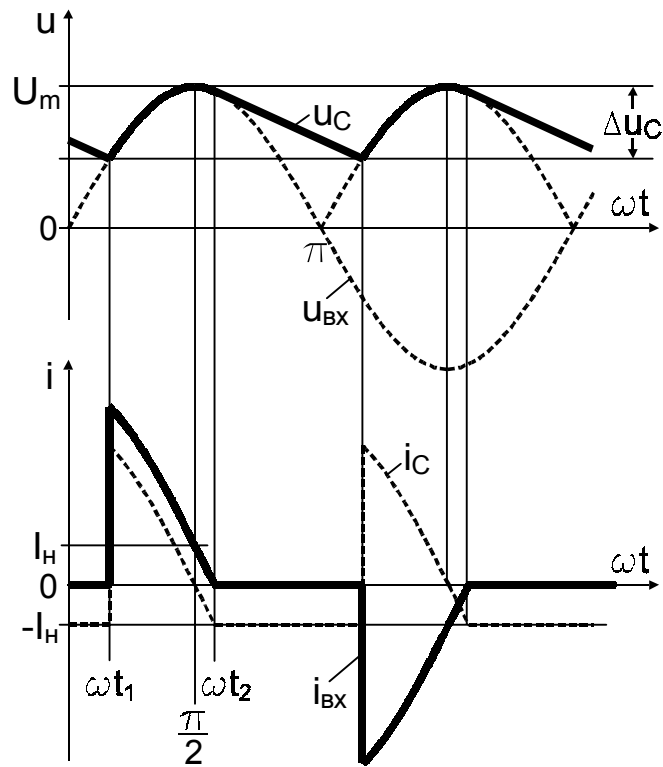


Рис. 2.

- $i_{ex} = \omega C U_m \cos \omega t + I_n$ при $\omega t_1 \leq \omega t \leq \omega t_2$;
- $i_{ex} = \omega C U_m \cos \omega t - I_n$ при $-\pi + \omega t_1 \leq \omega t \leq -\pi + \omega t_2$;
- $i_{ex} = 0$ при других значениях $\omega t \in [-\pi; \pi]$,

где $\omega t_1 \approx \arcsin(1 - \overline{\Delta u_c})$ и $\omega t_2 \approx \frac{\pi}{2} - 0,5 \arcsin \overline{P_n}$ - соответственно моменты отпирания и запираания диодов выпрямителя, а $\overline{P_n} = \frac{2P_n}{\omega C U_m^2} \approx 0,74526 \overline{\Delta u_c}$ - относительная мощность нагрузки [1].

Разложение функции $i_{ex}(\omega t)$, не имеющей постоянной составляющей, в ряд Фурье имеет вид

$$i_{ex}(\omega t) = \sum_{k=1}^{\infty} (b_k \sin k\omega t + a_k \cos k\omega t),$$

где $b_k = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} i_{ex}(\omega t) \sin(k\omega t) d(\omega t)$ и $a_k = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} i_{ex}(\omega t) \cos(k\omega t) d(\omega t)$ - коэффициенты ряда Фурье [2].

Подставив уравнения для входного тока в выражения для коэффициентов ряда Фурье, найдем действующее значение первой гармоники входного тока $I_{ex1} = \sqrt{0,5(b_1^2 + a_1^2)}$, угол сдвига фаз $\varphi = \arctg(a_1/b_1)$ и действующее значение входного тока $I_{ex} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} i_{ex}^2(\omega t) d\omega t}$.

Теперь можно рассчитать коэффициент мощности $\vartheta = \nu \cos \varphi$ в зависимости от относительной пульсации напряжения на конденсаторе $\overline{\Delta u_c}(\overline{P_H})$. Результаты расчетов представлены на рис. 3.

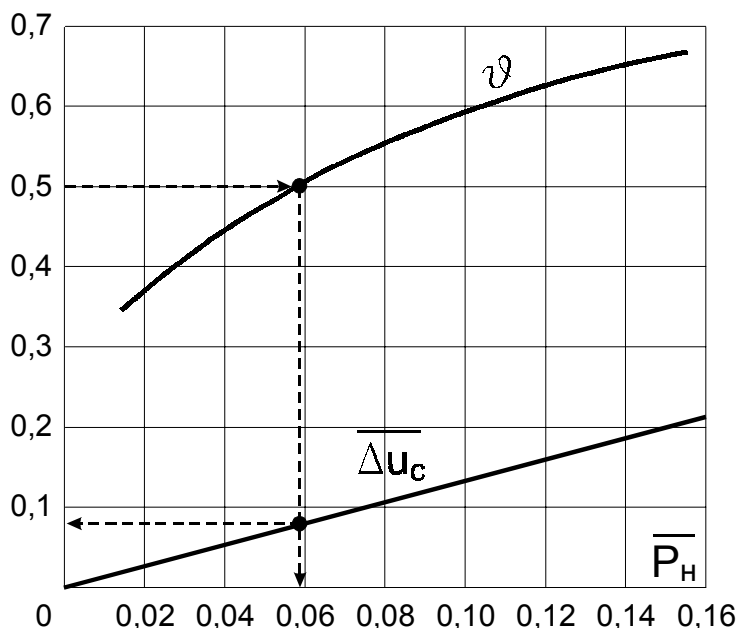


Рис. 3.

Таким образом, для получения максимального коэффициента мощности емкость входного конденсатора сетевого ИВЭП необходимо минимизировать. Очевидно, что для таких применений предпочтительны типы (серии) конденсаторов, допускающие большие пульсации напряжения на низких (~ 100 Гц) частотах. При этом DC/DC-преобразователь следует рассчитывать на расширенный (в сторону низких значений) диапазон входных напряжений.

Литература

1. Несов В.А. Оптимизация массы фильтров в источниках питания с бестрансформаторным входом. – «Проблемы преобразовательной техники». – Киев: ИЭД АН УССР, 1983, ч. 2, с. 260-264.
2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. – Москва: Наука, 1977, с. 150.

Опубликовано в журнале «Электрическое питание», 2006 г., №1, с. 38-40.