

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД

У. А. Астапович, И. А. Филимонова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь

Научный руководитель В. В. Тодарев

Безредукторный асинхронный колебательный электропривод, построенный по принципу качающегося электромагнитного поля статора [1], позволит улучшить массогабаритные показатели механических устройств периодического движения.

Но как показано в [2], серийный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором в колебательном режиме работает с низким коэффициентом полезного действия – 0,25–0,35 и, как следствие, в крайне тяжелых условиях по нагреву.

Это особенно проявляется в колебательных приводах со значительной инерционной нагрузкой, когда появляется фазовый сдвиг φ_k между угловой частотой вращения качающегося электромагнитного поля статора, которую в первом приближении можно выразить как $\omega_1(t) = \omega_1 \text{sign}(\sin \lambda t)$ и синусоидально изменяющиеся угловой частотой вращения ротора двигателя $\omega_2 = \omega_{2m} \sin(\lambda t - \varphi_k)$ (рис. 1). Наличие фазового сдвига φ_k приводит к тому, что текущее значение скольжения s превышает единицу, а среднее значение скольжения близко к единице, токи ротора и статора

соизмеримы с пусковыми, электромагнитный момент относительно мал, потери мощности в обмотках ротора и статора значительно в разы больше номинальных.

Несколько лучше показатели двигателя в режиме механического резонанса, когда $\varphi_k < 0$ (рис. 2) за счет компенсации инерционной нагрузки позиционной в виде пружины [2]. Среднее значение коэффициента полезного действия возрастает до 0,45–0,55, скольжение снижается до 0,3–0,5.

Аналогичными механическими и энергетическими показателями обладает автоколебательный привод маятникового типа, при этом колебательное движение задается механической системой, подпитку колебательного контура активной энергией можно осуществлять в оптимальные с точки зрения преобразователя энергии в асинхронном двигателе моменты времени – при наибольшем коэффициенте полезного действия [2].

Данное техническое решение приводит к асинхронному автоколебательному электроприводу с импульсным питанием.

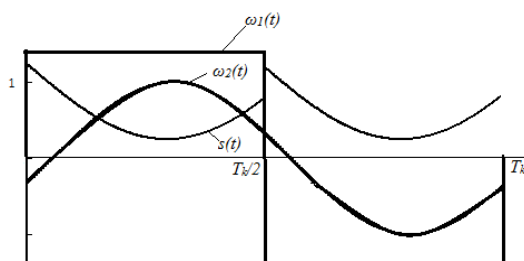


Рис. 1. Временные зависимости параметров колебательного движения $\omega_1(t)$, $\omega_2(t)$, $s(t)$ при механическом фазовом сдвиге

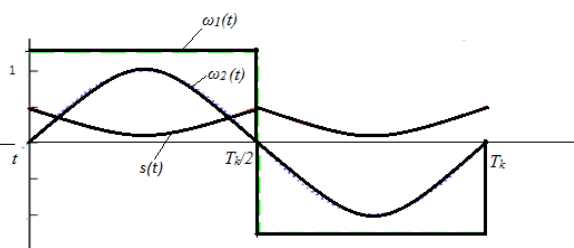


Рис. 2. Временные зависимости параметров колебательного движения $\omega_1(t)$, $\omega_2(t)$, $s(t)$ при механическом резонансе

С помощью математической модели для асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором 4А71А6У3 были рассчитаны временные рабочие показатели и их средние за период колебаний T_k значения для автоколебательных режимов с полным и импульсным питанием. В случае полного питания колебательный режим создавался «жестким» реверсом электромагнитного поля. При расчетной частоте колебаний $f_k = 0,25$ Гц и соответственно $f_k \ll f_1$, где f_1 – частота питающей сети, режим принимался квазиустановившимся. Максимальное значение угловой частоты вращения ротора ω_{2max} принималось постоянным, временной интервал импульсного питания – при среднем скольжении $S = S_{ном}$. Результаты расчета представлены на рис. 3 и в таблице, причем потери мощности приведены в относительных единицах

$$\Delta P_{\Sigma}^* = \frac{\Delta P_{\Sigma}}{\Delta P_{\Sigma ном}}$$

При импульсном питании можно пренебречь оптимальными пусковыми свойствами асинхронного электродвигателя, сосредоточившись на режиме вращения в области номинального скольжения. С этой целью при расчетах активное сопротивление ротора было уменьшено до $0,5R_2$. Результаты расчета приведены на рис. 4 и в таблице.

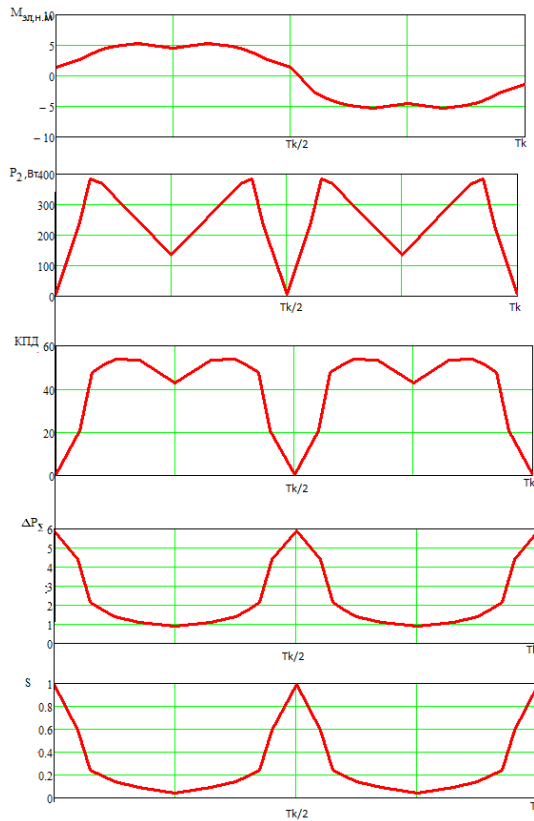


Рис. 3. Временные рабочие показатели автоколебательного режима при полном питании двигателя

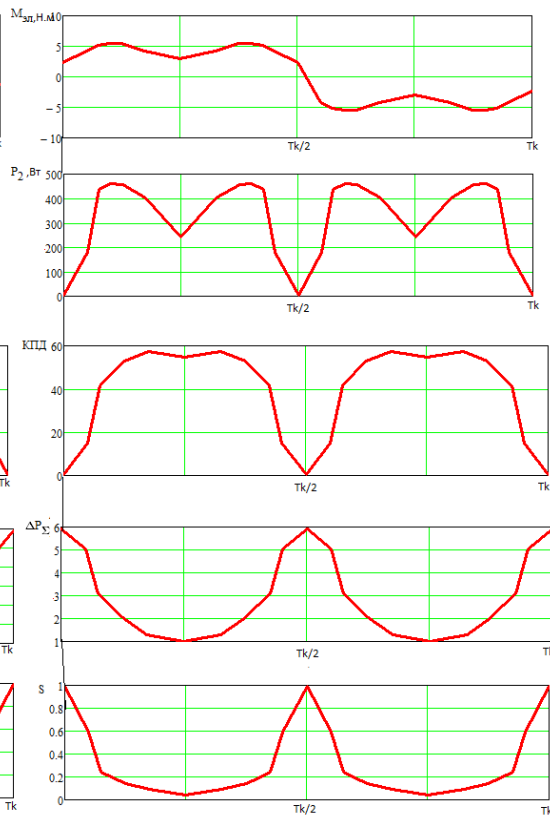


Рис. 4. Временные рабочие показатели автоколебательного режима при сопротивлении ротора $0,5R_2$

Средние значения рабочих показателей двигателя за период колебаний T_k

Параметр	Единица измерения	Полное питание	Импульсное питание	Импульсное питание при $0,5R_2$
S	–	0,34	0,1	0,1
P_2	Вт	251,7	258,38	392,6
ΔP_{Σ}^*	–	2,64	1,182	1,544
η	–	38,15	51,474	55,09

Проведенные расчеты показывают, что оптимизация активного сопротивления ротора позволяет значительно улучшить энергетические показатели автоколебательного асинхронного электропривода, причем кардинальное решение может быть связано с изменением конструкции ротора [3].

Анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы:

1. Наиболее выгодным по преобразованию энергии является автоколебательный привод маятникового типа с импульсной подпиткой механического колебательного контура активной энергией.

2. Помимо схемных решений по оптимизации асинхронного колебательного электропривода целесообразно оптимизировать параметры силового электродвигателя, например, активное сопротивление ротора путем изменения его конструкции.

Литература

1. Луковников, В. И. Электропривод колебательного движения / В. И. Луковников. – М. : Энергоиздат, 1984.
2. Тодарев, В. В. Энергетические характеристики асинхронного электродвигателя колебательного движения : автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. В. Тодарев. – Минск, 1990.
3. Олейников, А. М. Асинхронные двигатели с двухслойным ротором и их применение / А. М. Олейников, В. С. Могильников. – М., 1983.