УДК 621.313.1:629.458.27

ЭЛЕКТРОПРИВОД КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ С ИМПУЛЬСНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

А. В. Козлов, В. А. Савельев, А. А. Толстенков

Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, Беларусь

Существует множество технических систем различных конструкций и назначений, работа которых направлена на совершения колебательных движений. Однако все эти системы имеют множество недостатков, обусловленных их конструктивным исполнением (низкое КПД, высокое потребление энергии, плохая управляемость, узкая направленность использования и т. д.).

Таким образом, наиболее рациональным решением будет применение безредукторных автоматизированных электроприводов импульсного управления на основе асинхронного двигателя (АД), так как данная система не имеет в своем составе редуктора и работает по принципу вынужденных колебаний (отсутствие условий устойчивости автоколебаний).

В качестве примера рассмотрим принцип действия колебательной системы «асинхронный двигатель с импульсным управлением – система пружин».

Для построения математической модели необходимо на основе второго закона Ньютона составим уравнение баланса сил системы:

$$\sum F_{\text{упр}} + \sum F_{\text{ин}} + F_{\text{возб}} = \sum F_{\text{сопр}}\,; \tag{1}$$

$$\sum C_{\Sigma} x + \sum m\ddot{x} + h_{\max} \cdot \cos(\omega_{\text{в}} t) = \sum \mu\dot{x}\,. \tag{2}$$

Разделим уравнение (2) на m, и в итоге получим уравнение вынужденных колебаний:

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x + \frac{h_{\max}}{m}\cos(\omega_{\text{в}} t) = 2\beta\dot{x}\,. \tag{3}$$

Далее необходимо учесть некоторые особенности системы:

– закон колебаний гармонический $\varphi = \varphi_{\max} \cdot \cos(\omega t)$;

– возмущающая сила действует не постоянно, а лишь в короткий промежуток времени, между точками смены направления движения $(x_{\text{амп}})$ и равновесия сил $(x = 0)$.

Согласно новым данным перепишем уравнение (2) в более подробной форме:

$$\begin{gathered} C_{\Sigma}\varphi_{\max} \cdot \cos(\omega t) - \chi_{\Sigma}\varphi_{\max}\omega^2 \cdot \cos(\omega t) + M_{\text{дв}} = \\ = -H_{\Sigma}\varphi_{\max}\omega \cdot \sin(\omega t) + M_{\text{с.т}}\mathrm{Sign}(\sin(\omega t)). \end{gathered} \tag{4}$$

Однако так как АД имеет импульсное питание, необходимо разложить управляющий сигнал в ряд Фурье:

$$U_{\text{у}} = \frac{4U_n}{\pi}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n}\cos n\gamma \cdot \sin n(\omega t - \psi). \tag{5}$$

Тогда при заданной величине сдвига и промежутка покоя получим сигнал в виде суммы нечетных гармоник:

$$U_{\text{у}} = \frac{4U}{\pi}(\cos(\frac{3\pi}{8})\sin(\omega t - \psi) + \frac{1}{3}\cos(\frac{9\pi}{8})\sin 3(\omega t - \psi) + \\ + \frac{1}{5}\cos(\frac{15\pi}{8})\sin 5(\omega t - \psi) + \ldots). \quad (6)$$

В итоге уравнение вынужденных колебаний примет вид:

$$C_{\Sigma}\varphi_{\max} \cdot \cos(\omega t) - \chi_{\Sigma}\varphi_{\max}\omega^2 \cdot \cos(\omega t) + f(U_{\text{у}}) = \\ = -H_{\Sigma}\varphi_{\max}\omega \cdot \sin(\omega t) + M_{\text{с.т}}\mathrm{Sign}(\sin(\omega t)). \quad (7)$$

Данное уравнение позволяет производить анализ работы электропривода вынужденных колебаний с импульсным управлением.