

Эффект повышения напряжения УПК с управляемым реактором, как следует из (4), при заданной степени компенсации и характера нагрузки зависит от коэффициентов β_1 и β_2 . Принимая эффект повышения напряжения шунтовой батареи x_1/U_H за единицу, построим в относительных единицах график изменения $(\Delta U/Q_y)$ в зависимости от β_1 (рис. 1) для двух предельных значений $\cos \varphi = 0,92; 0,62$, характерных для зимнего и летнего максимумов нагрузки [2] при степени компенсации k . В отличие от ШКБ, повышающей напряжение в режиме минимальных нагрузок и снижающей выдачу реактивной мощности в часы максимума нагрузки, ценное качество установки заключается в том, что при уменьшении нагрузки эффект повышения напряжения также уменьшается и при $\beta_1 = 0$ исчезает совсем. Изменяя ток возбуждения загрузки управляемого реактора ($\beta_2 = 0 \dots 1$), можно регулировать эффект повышения напряжения в достаточно широких пределах, отмеченных на рис. 1 для $\cos \varphi = 0,92$ заштрихованной зоной.

Л и т е р а т у р а

1. Либкинд М.С. и др. Устройство с управляемым реактором для регулирования напряжения в распределительной сети 10 кВ. - Электрические станции, 1972, № 5. 2. Карпов Ф.Ф. Компенсация реактивной мощности в распределительных сетях. М., 1975.

УДК 621.313.333

Н.Н.Михеев, канд. техн.наук,
Е.П.Раткевич, В.Н.Сацукевич

ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТИРИСТОРНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРИ НАБРОСЕ НАГРУЗКИ

При синтезе и анализе замкнутых систем электропривода постоянного тока с управляемым выпрямителем, работающим на якорь электродвигателя, обычно пренебрегают дискретностью выпрямителя и считают систему линейной [1].

Между тем одной из особенностей электропривода постоянного тока с управляемым выпрямителем является невозможность управления напряжением преобразователя в интервале времени между моментом открывания очередного вентиля и

моментом, соответствующим углу естественного открывания последующего вентиля. Приложение возмущающего воздействия по нагрузке в эти интервалы будет вызывать изменение скорости двигателя, в то время как напряжение на якоре двигателя в эти интервалы не управляется.

В общем случае э.д.с. двигателя

$$e = e_3 - \Delta e,$$

где e_3 - э.д.с. якоря двигателя, создаваемая под действием задающего воздействия пульсирующей э.д.с. преобразователя; Δe - изменение э.д.с. якоря двигателя, вызванное набросом нагрузки.

При непрерывном токе якоря в интервале времени после открывания очередного вентиля

$$\Delta e = \frac{1 + T_p}{1 + T_M p + T_M T_p^2} I_c R.$$

Откуда

$$\frac{\Delta e}{\Delta e_{уст}} = \frac{1 + T_p}{1 + T_M p + T_M T_p^2}, \quad (1)$$

где T , T_M - электромагнитная постоянная времени якорной цепи и электромеханическая постоянная времени привода; I_c - статическая составляющая тока якоря, R - сопротивление якорной цепи; $\Delta e_{уст}$ - установившееся значение отклонения э.д.с. двигателя в разомкнутой системе, вызванное набросом нагрузки.

Решение уравнения (1) при $\xi < 1$

$$\frac{\Delta e}{\Delta e_{уст}} = 1 - \frac{1}{\cos \varphi} e^{-\frac{t}{2T}} \cos \left(\frac{\sqrt{1-\xi^2}}{2\xi} \frac{t}{T} + \varphi \right), \quad (2)$$

где $\xi = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{T_M}{T}}$ - коэффициент демпфирования колебаний;

$$\varphi = \arccos 2\xi \sqrt{1-\xi^2}.$$

При $\xi_2 > 1$

$$\frac{\Delta e}{\Delta e_{уст}} = 1 + \frac{1}{p_1 - p_2} (p_2^2 e^{p_1 t} - p_1^2 e^{p_2 t}), \quad (3)$$

где $p_{1,2} = \frac{1}{2T} \left[1 \pm \sqrt{1 - \frac{1}{\xi_2^2}} \right]$ - корни характеристического уравнения.

Если момент приложения возмущающего воздействия при работе в режиме прерывистого тока приходится на бестоковый интервал, то, полагая $M_d = 0$ в уравнении $M_d = M_c + J \frac{d\omega}{dt}$ и решая его, получим

$$\frac{\Delta e}{\Delta e_{уст}} = \frac{t}{T_M} = \frac{T}{T_M} \frac{t}{T} = \frac{1}{4\xi_2^2} \frac{t}{T_M}. \quad (4)$$

На рис. 1 представлены зависимости $\frac{\Delta e}{\Delta e_{уст}} = f\left(\frac{t}{T}\right)$ при различных значениях ξ_2 для непрерывного режима (кривые линии) и для прерывистого режима при приложении возмущающего воздействия в бестоковый период (прямые линии). Из анализа приведенных зависимостей видно, что возможное отклонение скорости двигателя от момента приложения возмущающего воздействия до момента изменения регулятором э.д.с. преобразователя зависит от постоянных времени T и T_M , а также от максимально возможного интервала неуправляемости выпрямителя, который определяется пульсностью схемы выпрямления и способом управления выпрямителем.

Учитывая, что за базовую величину по оси ординат взято установившееся отклонение э.д.с. двигателя в разомкнутой системе, можно сделать вывод, что возможное отклонение скорости на первом интервале после приложения возмущающего воздействия может во много раз превысить установившееся отклонение скорости в замкнутой системе $\Delta e_{уст.з}$ независимо от действия регулятора, так как

$$\Delta e_{уст.з} = \frac{\Delta e_{уст}}{1 + \gamma\beta},$$

где $\gamma\beta$ - результирующий коэффициент усиления системы.

Наибольшее отклонение скорости может иметь место при малых значениях T_M . При этом в случае жестких требований к качеству переходного процесса по возмущающему воздействию целесообразно применить схему выпрямления с большим числом пульсов выпрямленного напряжения. Предварительную оценку возможности применения той или иной схемы выпрямления при заданных требованиях к качеству переходного процесса при возмущающем воздействии можно произвести по приведенным зависимостям. Из рис. 1 видно, что подобную оценку поведения системы можно произвести приближенно по выражению (4), так как зависимости

$$\frac{\Delta e}{\Delta e_{уст}} = f\left(\frac{t}{T}\right) \text{ по}$$

(3) при малых значениях t близки к тем же зависимостям по (2), (3).

Например, анализируя работу двигателя постоянного тока с $T_M = 0,01$ с от трехфазного выпрямителя с нулевым выводом

при угле регулирования $\alpha = 60$ град. эл., находим, что максимально возможный интервал неуправляемости $t_{\max} = 0,0035$ с. Тогда $\frac{\Delta e}{\Delta e_{уст}} \approx \frac{t}{T_M} = \frac{0,0035}{0,01} = 0,35$. Если

ли $(1 + \gamma\beta) = 100$, то $\frac{\Delta e}{\Delta e_{уст}} = 35$.

Л и т е р а т у р а

1. Анхимюк В.Л., Ильин О.П. Проектирование систем управления электроприводами. Минск, 1971.

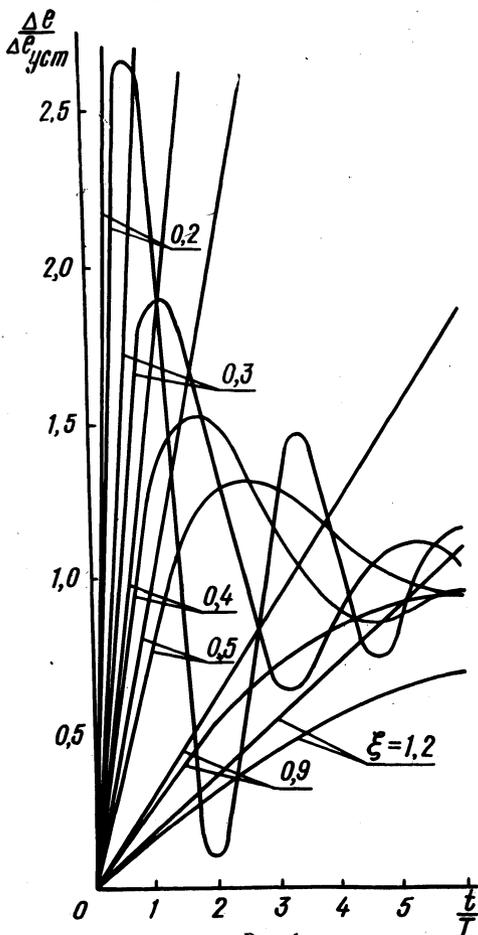


Рис. 1.