

ходные кривые (рис. 2, а), а также кривые разгона (рис. 2, б), полученные в результате расчета АСР мощности, приведены на рис. 2.

Сопоставление переходных характеристик трех избранных серий расчетов приводит к следующему выводу. Производная заданной мощности повышает скорость изменения нагрузки в форсированных режимах, а дифференцирование сигнала рассогласования мощностей, кроме того, нормирует переходные процессы по качеству отработки задания. Использование импульсных кривых третьей серии позволяет экстраполировать переходный процесс при нелинейном изменении коэффициента усиления дифференциатора связи, что дает основания для дальнейшего усовершенствования схемы.

Таким образом, ортогональный метод моментов позволяет с высокой точностью произвести расчет и оптимизацию многосвязных систем. Затраты машинного времени зависят от сложности системы и для исследуемой АСР не превышают 25—30 мин (на ЕС-1022) при вариации четырех переменных. В результате расчета обосновано применение принципа амплитудного снижения сигнала производной в общем контуре коррекции регуляторов АСР мощности, определены близкие к оптимальным параметры настройки системы, выявлены необходимые условия качественной ее работы при изменяющейся динамике объекта. Основные выводы исследования модели подтверждаются результатами промышленными испытаниями АСР мощности на энергоблоках Лукомльской ГРЭС.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Солодовников В.В., Дмитриев А.Н., Егупов Н.Д. Ортогональный метод анализа и синтеза САУ на основе понятия моментов. — В кн.: Автоматическое управление и вычислительная техника. М.: Машиностроение, 1968, вып. 8, с. 30—86.
2. Бойков А.Д., Ледяев С.Ф. Спектральный метод исследования динамики автоматических систем управления. — Саранск: Мордов.ун-т им. Н.П.Огарева, 1979. — 55 с.
3. Литвинец В.И., Рубахин В.Б., Назаров В.И. Оценка временной погрешности аппроксимации кривых ортогональным методом моментов. — В кн.: Научные и прикладные проблемы энергетики. Минск: Выш. шк., 1982, вып. 10, с. 95—98.
4. Система автоматического управления энергоблоком сверхкритических параметров / В.И.Литвинец, Г.Т.Кулаков, В.В.Молев и др. — Изв. вузов. Энергетика, 1980, № 8, с. 40—45.

УДК 621.314.53

В.А.СЕЛИВАНОВ,  
В.Н.БАШАРИМОВА (ММИ)

### СИНТЕЗ САУ ТИРИСТОРНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ С УЧЕТОМ ЗОНЫ ПЕРЕРЫВИСТОГО ТОКА

При проектировании тиристорных широкорегулируемых электроприводов с подчиненным регулированием параметров возникает необходимость решения задач, направленных на повышение дина-

мических свойств электропривода в зоне прерывистых токов и малых скоростей.

При переходе электропривода из режима непрерывного тока (РНТ) в режим прерывистого тока (РПТ) качество переходных процессов существенно изменяется ввиду того, что электромагнитный переходный процесс заканчивается с каждым импульсом тока, не сказываясь на последующих импульсах. С уменьшением угла проводимости вентиля увеличивается эквивалентное сопротивление силовой цепи ТП—МПТ в РНТ [ 1 ]

$$R_э = m\omega L_T/2\pi + R_\Sigma ,$$

где  $m\omega L_T/2\pi$  — эквивалентное сопротивление ТП;  $L_T$  — индуктивное сопротивление ТП;  $R_\Sigma$  — суммарное омическое сопротивление всех элементов силовой цепи ТП—МПТ.

Эквивалентное сопротивление силовой цепи ТП—МПТ имеет вид [ 1 ]

$$4\pi\omega L_\Sigma A(\psi; \lambda)/m\lambda^2 , \quad (1)$$

где  $\lambda$  — угол проводимости;  $A(\psi; \lambda) = \frac{1}{1 - \frac{\lambda \operatorname{ctg} \psi}{3} + \frac{\lambda^2 \operatorname{ctg}^2 \psi}{12} + \dots + \frac{(-1)^n \lambda^{n-2} \operatorname{ctg}^{n-2} \psi}{n!}}$  ;

$\operatorname{tg} \psi = \frac{\omega L_\Sigma}{R_\Sigma}$  — параметр нагрузки;  $n = 3, 4, 5 \dots$

Из выражения (1) следует, что в РПТ индуктивность цепи ТП—МПТ проявляет себя как некоторое "фиктивное" омическое сопротивление, зависящее от угла проводимости. Зависимость фиктивного сопротивления от тока приведена в [ 2 ] , рис. 1.

В настоящей работе предлагается коррекция системы в контуре скорости. Структурная схема электропривода с корректирующим устройством показана на рис. 1. В РПТ резко уменьшается электромагнитная постоянная времени, увеличиваются эквивалентное сопротивление и электромеханическая постоянная, а следовательно, изменяются передаточные функции  $W_4$  и  $W_5$  .

Анализ системы электропривода проводим на основе типовых логарифмических амплитудно-частотных характеристик (ЛАЧХ). Передаточная функция разомкнутой системы по управляющему воздействию имеет вид

$$W_p(p) = \frac{W_1 W_2 W_3 W_4 W_5 W_8}{1 + W_2 W_3 W_4 W_7 + W_4 W_5 W_6}$$

В РНТ:

$$W_{pH}(p) = \frac{(k_c T_c p + 1) (T_3 p + 1) k_M k_{ТГ}}{k_T T_c} \times$$

$$x \frac{1}{p^2(2T_{\Pi}T_M p(T_{\Pi}p+1)(T_3p+1) + T_M(T_3p+1) + 2T_{\Pi}(T_{\Pi}p+1))}$$

или

$$W_{\text{рп}}(p) = \frac{k(T_1p+1)(T_2p+1)}{p^2(T_3p+1)(T_4^2p^2 + 2T_4\xi p + 1)}$$

Передаточная функция системы в РПТ имеет вид

$$W_{\text{рп}}(p) = \frac{(k_c T_c p + 1)(T_3 p + 1) R_{\phi} k_M k_{\Gamma\Gamma} x}{k_{\Gamma} T_c} \times \frac{1}{p^2((T_{\Pi} p + 1) 2R_{\phi} T_{\Pi} T_M^1 (1 + T_3 p) p + 2T_{\Pi}(T_{\Pi} p + 1))} \quad (2)$$

Из (2) следует, что вид передаточной функции зависит от эквивалентного сопротивления. В зависимости от угла проводимости передаточная функция системы имеет вид

$$W_{\text{рп}}^I(p) = \frac{k(T_1p+1)(T_2p+1)}{p^2(T_3p+1)(T_5p+1)} \quad \text{для } \lambda_1 ;$$

$$W_{\text{рп}}^{II}(p) = \frac{k(T_1p+1)(T_2p+1)}{p^2(T_3p+1)(T_6p+1)} \quad \text{для } \lambda_2 < \lambda_1 .$$

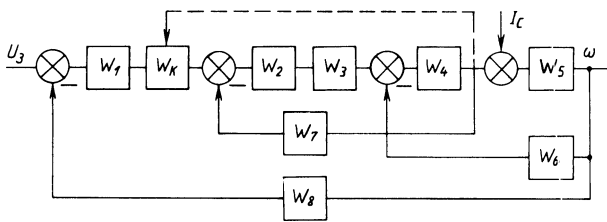


Рис. 1. Структурная схема системы электропривода.

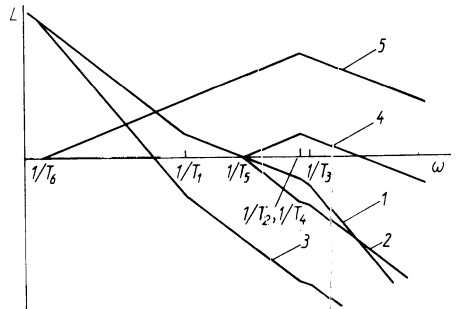


Рис. 2. Логарифмические амплитудно-частотные характеристики системы электропривода.

На рис. 2 приведены ЛАЧХ для РНТ и РПТ системы электропривода. Из ЛАЧХ следует, что с уменьшением угла проводимости увеличивается время переходного процесса, а следовательно, необходима коррекция, которая улучшит качество переходного процесса в РПТ. Передаточная функция системы с последовательной коррекцией имеет вид

$$W_p(p) = W_0(p)W_k(p),$$

и для ЛАЧХ справедливо соотношение

$$L_p(\omega) = L_0(\omega) + L_k(\omega).$$

Следовательно,

$$L_k(\omega) = L_p(\omega) - L_0(\omega).$$

В качестве  $L_p(\omega)$  принимаем ЛАЧХ1 (рис. 2) системы в РНТ. Для нахождения ЛАЧХ корректирующего звена (для  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ ) из ЛАЧХ1 вычтем соответственно ЛАЧХ2 и ЛАЧХ3. В связи с этим передаточная функция корректирующего устройства имеет вид

$$W_k(p) = \frac{T_p}{(T_2 p + 1)(T_2 p + 1)}. \quad (3)$$

Из рис. 2 видно, что передаточная функция корректирующего устройства, следовательно, и постоянная времени  $T$  и коэффициент усиления изменяются в зависимости от угла проводимости. Для получения требуемого режима работы электропривода с принятой коррекцией необходимо найти зависимость коэффициента корректирующего устройства от угла проводимости. Анализ выражения (3) для различных углов проводимости позволяет получить выражение

$$K_k = b/\lambda^a,$$

где  $K_k$  — коэффициент усиления корректирующего устройства;  $a, b$  — постоянные значения для рассматриваемого случая.

Выводы. 1) для улучшения динамических свойств системы ТП—МПТ целесообразно использовать коррекцию в контуре скорости; 2) для получения переходных процессов в РПТ аналогичных РНТ необходимо ввести корректирующее устройство в регулятор скорости с переменным коэффициентом усиления в функции длительности тока.

Приложение. При анализе использовалась система ТП—МПТ: ТП — однофазный, мостовой, полууправляемый; МПТ—ПБСТ—33;  $P_H = 1,6$  кВт;  $U_H = 220$  В;  $n_H = 1500$  об/мин.

Передаточные функции (ПФ) звеньев структурной схемы:

$$W_1(p) = \frac{k_c T_c p + 1}{T_c p}, \quad \text{— ПФ регулятора скорости;}$$

$$W_2(p) = \frac{T_3 p + 1}{2T_{пкТ} k_{пp} / R_3} \quad \text{— ПФ регулятора тока;}$$

$$W_3(p) = \frac{k_{п}}{T_{пp} + 1} \quad \text{— ПФ тиристорного преобразователя;}$$

$$W_4(p) = \frac{1/R_3}{T_3 p + 1}; \quad W_5(p) = \frac{k_M}{T_M p}; \quad W_6(p) = c \quad \text{— ПФ МПТ;}$$

$W_7(p) = K_T$  — ПФ датчика тока;  $W_B(p) = K_{тг}$  — ПФ датчика скорости;  $W_K$  — ПФ корректирующего устройства.

В РПТ передаточные функции имеют вид

$$W_4(p) = 1/R_{ф}; \quad W_5(p) = K_M / T_M p.$$

На рис. 2 приведены: ЛАЧХ1 — разомкнутой системы в РНТ; ЛАЧХ2,3 — разомкнутой системы в РПТ; ЛАЧХ4,5 — корректирующего устройства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. К а л а ш н и к о в В.П. Эквивалентное сопротивление силовой цепи системы тиристорный преобразователь—двигатель. — Изв.вузов. Электромеханика, 1976, № 4, с. 413—416. 2. С е л и в а н о в В.А., Х р у с т а л е в И.К. Параметрическое регулирование в системе тиристорного привода постоянно-го тока. — В кн.: Вопросы электроснабжения и электропривода. Калинин: Калинин. Гос. ун-т, 1979, с. 94—98.

УДК 621.313.323

В.Н.ГОРБАРУК, А.И.ЛАПИДУС, канд.техн.наук,  
В.С.ЛИВШИЦ, канд.техн.наук, О.А.ДЕМЕНТЬЕВ  
(БПИ)

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЕНСИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КОМПРЕССОРНОГО СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Компенсация реактивной мощности имеет важное значение для промышленных предприятий с большой индуктивной нагрузкой. При этом целесообразно использовать как конденсаторные батареи, так и мощные синхронные двигатели (СД), работающие с перевозбуждением. Режим перевозбуждения обеспечивает более устойчивую работу двигателя, способствует стабилизации напряжения и ослабляет резонансные механические качания ротора. Конденсаторные батареи регулируют реактивную мощность ступенчато, а СД — плавно. Сочетание обоих способов создает предпосылки для рациональной компенсации реактивной мощности предприятия.