

## СПОСОБ ПУСКА ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО СИНХРОННОГО РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Ю. М. АЧКАСОВ, Б. А. ЗАХАРОВ

(Представлена научно-техническим семинаром НИИ АЭМ)

Синхронно-реактивные двигатели (СРД) малой мощности чаще всего пускаются способом прямого (асинхронного) пуска. Непосредственный пуск простого синхронного двигателя при законе управления

$$\frac{U}{f} = \text{const},$$

где

$U$  — напряжение сети;

$f$  — частота тока сети,

сопровождается большим пусковым током, наличием провала в статической механической характеристике из-за несимметрии пусковой обмотки вследствие явнополюсной конструкции ротора, что значительно увеличивает время пуска и может вызвать «застревание» двигателя в процессе разгона под нагрузкой.

Устранение «застревания» двигателя в процессе разгона под нагрузкой, уменьшение времени пуска и пускового тока преобразователя частоты можно получить, если пуск осуществлять при рабочем (соответствующем закону  $\frac{U}{f} = \text{const}$ ) напряжении питания и частоте, в два раза больше рабочей, а затем, при достижении двигателем подсинхронной рабочей скорости, переключить частоту питающего тока на рабочую. Способ будет понятен из следующего описания (рис. 1):

- а) статическая механическая характеристика синхронного реактивного двигателя при известном способе пуска;
- б) статическая механическая характеристика при предлагаемом способе пуска;
- в) часть статической механической характеристики, по которой двигатель разгоняется до подсинхронной скорости;
- г) статический момент на валу двигателя.

Рассмотрим выражение для тока статора при прямом пуске синхронного реактивного двигателя:

$$i_c = U_e \left[ \frac{Y_d + Y_q}{2} \cdot \varepsilon^{j\omega t} + \frac{Y_d + Y_q}{2} \cdot \varepsilon^{-j[(2s-1)\omega_1 t - 2\tau_0]} \right], \quad (1)$$

где

$U$  — фазное напряжение;

$Y_d, Y_q$  — проводимости по продольной и поперечной оси (из схемы замещения двигателя);

$\omega_1$  — угловая скорость вращения магнитного поля статора;

$t$  — время;

$s$  — скольжение;

$\gamma_0$  — значение угла между вещественными осями неподвижной и вращающейся системы координат при  $t=0$ .

Из выражения (1) видно, что ток статора состоит из двух составляющих:

$$I_c = I_{c1} + I_{c2}. \quad (2)$$

Первая составляющая  $I_{c1}$  соответствует прямобегущей волне поля, индуктирующей в статорной обмотке частоту  $f_1$ . Вторая составляющая  $I_{c2}$  возникает от электродвижущей силы, наводимой в обмотке статора с частотой  $f_1(2s-1)$  обратным полем, появляющимся за счет несимметрии ротора. При скольжении  $s=0,5$  ток  $I_{c2}$  равен нулю. При малых отклонениях от половины синхронной скорости ток  $I_{c2}$  имеет малую частоту.

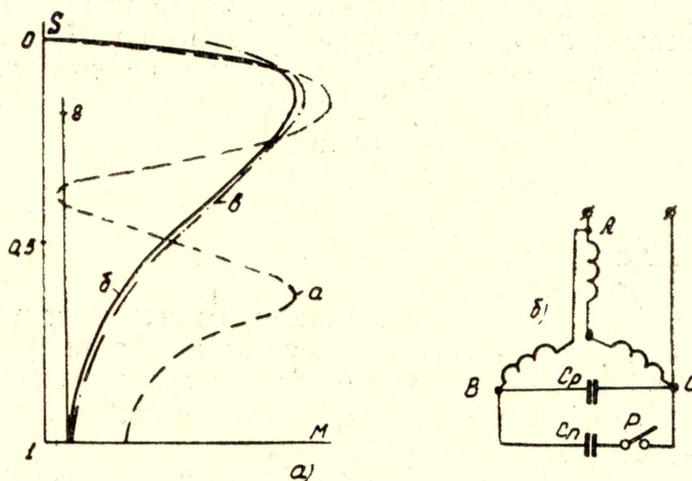


Рис. 1. *a* — механические характеристики простого, СРД; *б* — схема соединения конденсаторного ДРС—150М

Вступая во взаимодействие с обратнворачивающимся полем ротора, ток создает дополнительный вращающийся момент, который складывается с основным вращающимся моментом при  $s < 0,5$  и вычитается при  $s > 0,5$ . При этом в статической механической характеристике появляется провал, из-за которого существенно увеличивается время пуска и может произойти «застревание» двигателя около скорости, равной половине синхронной, если минимальное значение пускового момента, развиваемого двигателем, станет меньше по величине момента сопротивления.

Пуск при повышенной частоте синхронного реактивного двигателя позволяет устранить провал в статической механической характеристике и, следовательно, сократить время разгона. При таком способе в момент достижения двигателем подсинхронной скорости, соответствующей рабочей частоте, переключая частоту питающего тока на рабочую, двигатель втягивается в синхронизм и достигает синхронной рабочей скорости; т. е. разгон осуществляется по той части статической механической характеристики, соответствующей двойной рабочей частоте, где допол-

нительный момент от тока  $I_c$  суммируется с основным вращающим моментом. Так как пуск двигателя производят при неизменном напряжении питания (рабочем) и частоте, в два раза больше рабочей, пусковой ток уменьшается в соответствии с увеличением реактивного сопротивления СРД. Это позволяет уменьшить мощность преобразователя частоты при сохранении пускового момента, достаточного для пуска двигателя с номинальной нагрузкой.

Рабочее напряжение может быть равно номинальному напряжению или отлично от него в зависимости от необходимого пускового момента и требуемой скорости вращения двигателя.

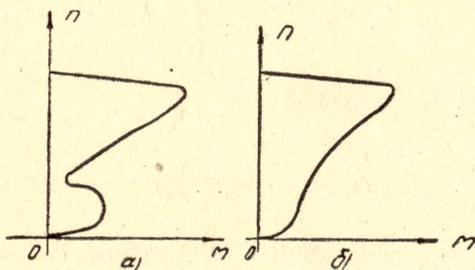


Рис. 2. Опытные механические характеристики ДРС—150 М.

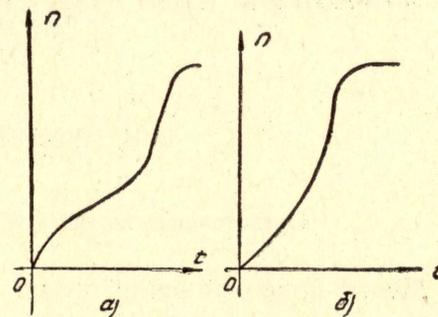


Рис. 3. Графики переходных процессов пуска двигателя

Осциллограммы статических механических характеристик  $n=f(M)$  для усовершенствованного СРД типа ДРС—150 М при известном способе пуска представлены на рис. 2, а, при предлагаемом способе — на рис. 2, б. Двигатель запускался до скорости 750 об/мин при рабочей частоте 25 гц по схеме, приведенной на рис. 1, б. При этом из-за токов нулевой последовательности наблюдается провал момента при обычном способе пуска. При предлагаемом способе провал отсутствует, что обеспечивает надежный пуск.

Из осциллограмм переходного процесса пуска двигателя с номинальным моментом на валу  $n=f(t)$  (рис. 3, а, б) следует, что время пуска при новом способе меньше на 1, 2 сек.

Способ может быть применен для пуска частотнорегулируемых синхронных реактивных двигателей с короткозамкнутой обмоткой на роторе, рассчитанных на питание трехфазным, двухфазным или однофазным током; различных схем конденсаторных СРД и конденсаторных асинхронных двигателей; других типов синхронных двигателей с электрической или магнитной несимметрией на роторе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Д. А. Завалишин и др. Электрические машины малой мощности. Госэнергоиздат. М.—Л., 1963.