

## ПУСК И РЕВЕРС РОЛЬГАНГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ НАЧАЛЬНОЙ СКОРОСТИ

Е. В. КОНОНЕНКО, Б. А. ДАНЧИНОВ

Рольганговые двигатели серии АР предназначены для индивидуального привода роликов рабочих и транспортных рольганговых металлургических предприятий. В практике работы рольгангов встречаются режимы повторных включений вращающихся двигателей, в результате чего ротор двигателя либо ускоряется (пуск), либо замедляется (торможение) с последующим разгоном в обратном направлении (реверсирование). При этом в момент повторного включения скорость ротора может иметь различные значения в зависимости от значения скорости в момент отключения двигателя от сети, от времени перерыва питания, от параметров двигателя и привода, от момента сопротивления нагрузки.

Исследования подобных режимов для асинхронных двигателей общепромышленного исполнения показали, что эти режимы являются одними из наиболее тяжелых [1, 2]. Обусловлено это тем, что двигатели общепромышленного исполнения имеют относительно большую постоянную времени роторной обмотки, в результате чего повторные включения происходят при значительной величине затухающего магнитного поля ротора.

Поскольку рольганговые двигатели, в отличие от асинхронных двигателей общепромышленного исполнения, имеют некоторые специфические особенности, то вопросы их исследования при повторных включениях представляют определенный интерес.

Рольганговые двигатели в основном работают в повторно-кратковременных режимах с большим числом включений в час. А для таких режимов работы, как известно [3], целесообразно использовать двигатели с повышенным скольжением, обладающие увеличенным активным сопротивлением ротора. В рольганговых двигателях активное сопротивление ротора увеличено в 4—6 раз за счет уменьшения сечения стержней ротора и заливки их алюминий-магний-сплавом с повышенным удельным сопротивлением.

Учитывая влияние незатухшего магнитного поля ротора на режимы повторных включений, производим анализ затухания этого поля для рольганговых двигателей.

После отключения двигателя от сети потокосцепление ротора в первый момент времени остается примерно неизменным и поддерживается свободным аperiodическим током ротора, т. е.

$$\psi_r(-0) \approx \psi_r(+0),$$

где  $\psi_r(-0)$  — потокосцепление ротора до отключения;  
 $\psi_r(+0)$  — потокосцепление ротора после отключения.

В период отключенного состояния (в течение времени между отключением и повторным включением) потокосцепление ротора затухает с постоянной времени холостого хода  $T_{ro} = \frac{x_r}{\omega_1 r_r}$  по следующему закону:

$$\psi_{ro} = \psi_r(+0) \exp\left\{\frac{t}{T_{ro}}\right\} \exp\{-j(\omega_k - \omega)t\},$$

где  $x_r$  — полное индуктивное сопротивление обмотки ротора;

$r_r$  — активное сопротивление обмотки ротора;

$\omega_1$  — угловая скорость вращения поля статора;

$\omega_k$  — угловая скорость вращения координатных осей;

$\omega$  — угловая скорость вращения ротора.

В системе координат, неподвижной относительно ротора ( $\omega_k = \omega$ ), имеем

$$\psi_{ro} = \psi_r(+0) \exp\left\{\frac{t}{T_{ro}}\right\}.$$

Произведенные расчеты постоянной времени для всей серии рольганговых двигателей показали, что  $T_{ro}$  (при температуре рабочего режима —  $120 \div 160^\circ \text{C}$ ) находится для разных двигателей в пределах  $0,005 \div 0,035$  сек.

Значения  $\psi_{ro}$  в % при  $T_{ro} = 0,005$  сек и  $T_{ro} = 0,035$  сек и различных значениях времени перерыва питания (при  $\psi_r(+0) = 100\%$ ) представлены в следующей таблице:

$T_{ro}$ (сек.)	$t$ (сек)					
	0,03	0,05	0,08	0,1	0,12	0,15
0,005	0,25	0,0045	$\approx 0$			
0,035	42,5	23,9	10,1	5,73	3,24	1,36

При собственном времени срабатывания, включающего в себя время отпадания и время втягивания, пусковой аппаратуры на переменном оперативном токе  $0,08-0,13$  сек магнитное поле ротора к моменту повторного включения либо полностью затухнет, либо затухнет до незначительной величины. Поэтому можно считать, что влияние затухающего поля ротора на переходные процессы повторных включений рольганговых двигателей не существенно.

Исследование повторных включений рольганговых двигателей производилось методом математического моделирования на АВМ типа МН-14.

На рис. 1 и 2 представлены расчетные осциллограммы соответственно пуска и реверса при различных значениях начальной скорости вращения.

Как видно из осциллограмм (рис. 1), при повторном пуске значение начальной скорости вращения ротора существенно влияет как на характер протекания переходного процесса (в начальной стадии), так и на количественные значения электромагнитного момента. Наибольших значений переходный момент достигает при малых ( $n_{нач} = 0 \div 0,2$  о. е.) и больших ( $n_{нач} > 0,9$  о. е.) начальных скоростях, причем при малых скоростях возникают положительные, а при больших — отрицательные пики моментов.

Возникновение при высокой начальной скорости вращения больших отрицательных (тормозных) первых полувольт момента приводит к некоторому первоначальному снижению скорости ротора, в последующем в кривой момента преобладают положительные (вращающие) полувольты, вследствие чего ротор ускоряется с небольшими колебаниями до подсинхронной скорости. Этим можно объяснить и тот факт, что время достижения установившейся скорости от величины начальной скорости зависит очень мало

(рис. 1, а). Следует также отметить, что характер изменения переходного момента в конечной стадии сохраняется почти одинаковым. Ударные значения переходного тока статора практически не зависят от величины начальной скорости.

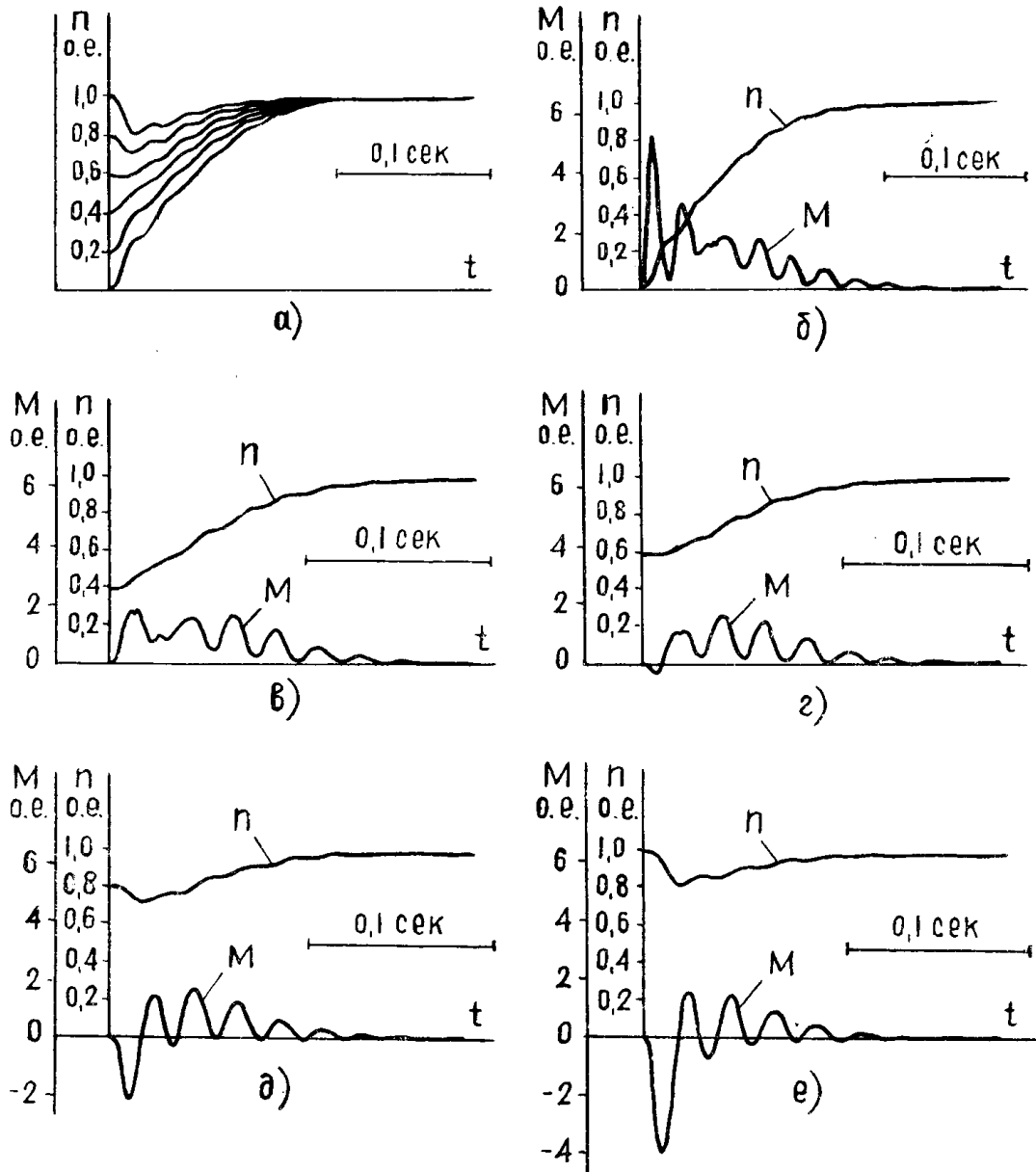


Рис. 1. Осциллограммы пуска при различных значениях начальной скорости вращения ротора.

а — семейство кривых  $n=f(t)$  при различных значениях  $n_{нач}$ ; б —  $n_{нач}=0$ ; в —  $n_{нач}=0,4$ ; г —  $n_{нач}=0,6$ ; д —  $n_{нач}=0,8$ ; е —  $n_{нач}=1,0$ .

На рис. 3 даны зависимости переходных характеристик от начальной скорости. Из рис. 1 и 3 видно, что наиболее благоприятный повторный пуск имеет место при  $n_{нач} = 0,4 \div 0,55$ , когда ударные моменты незначительны и не имеют отрицательных пиков, скорость ротора нарастает плавно.

В отличие от рассмотренного выше случая при реверсе с любой начальной скорости переходный момент не изменяет своего знака (рис. 2), число возникающих в начальной стадии реверса пульсаций значительных амплитуд в кривой переходного момента с уменьшением начальной скорости уменьшается, причем в пределах  $n_{нач} = 1,0 \div 0,6$  величина ударного момента почти не изменяется, дальнейшее уменьшение ( $n_{нач} < 0,6$ ) началь-

ной скорости приводит к уменьшению ударных моментов (рис. 3). С уменьшением начальной скорости ударные значения переходного тока статора уменьшаются.

При реверсе с высоких начальных скоростей средний тормозной, а при изменении направления вращения ротора и вращающий моменты оказываются больше, чем при реверсе с низких начальных скоростей. Следовательно, торможение и последующий разгон до подсинхронной скорости при высоких начальных скоростях происходят более интенсивно. Этим

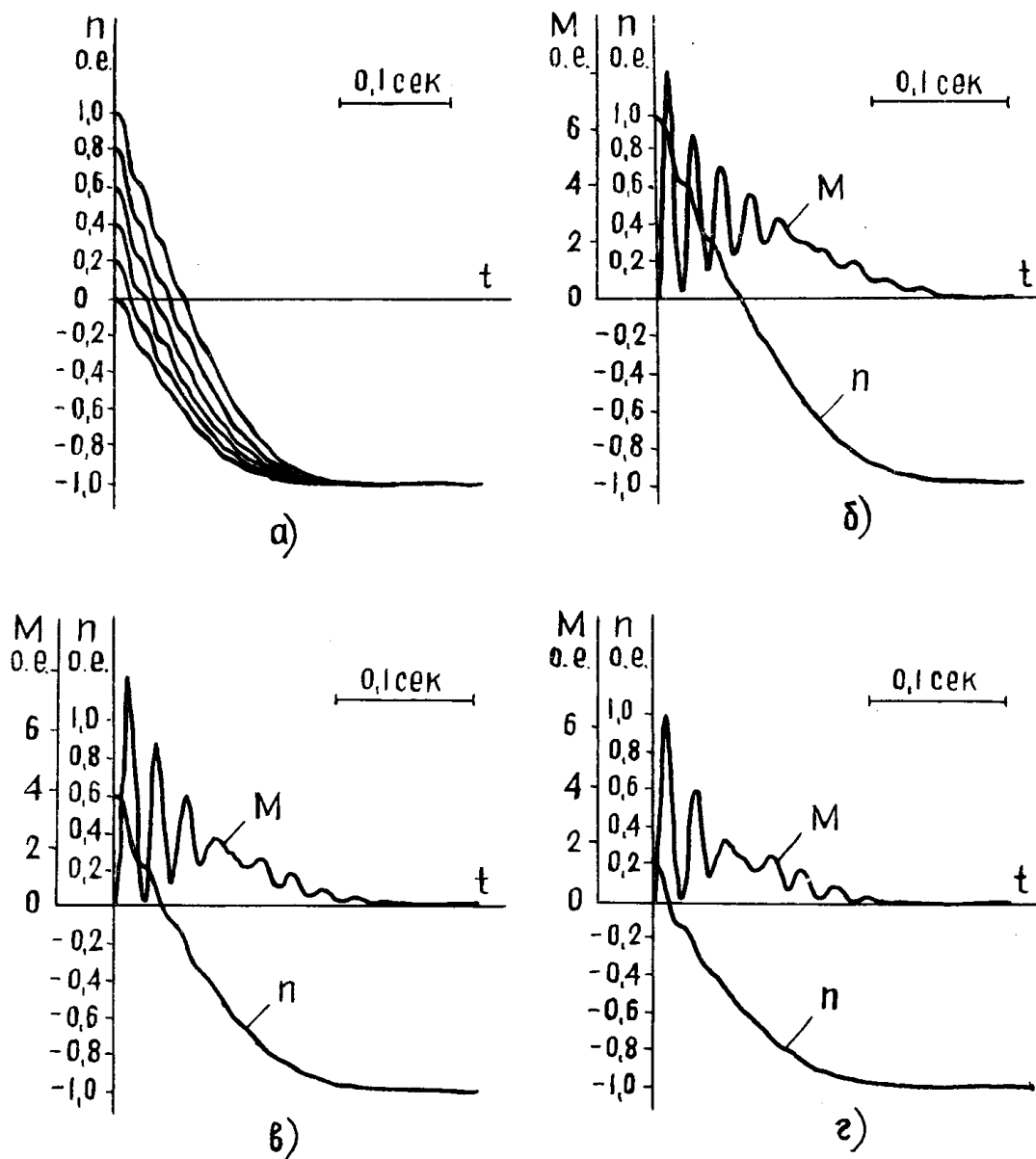


Рис. 2. Осциллограммы реверса при различных значениях начальной скорости вращения ротора.

*a* — семейство кривых  $n=f(t)$  при различных значениях  $n_{нач}$ ;  
*б* —  $n_{нач}=1,0$ ; *в* —  $n_{нач}=0,6$ ; *г* —  $n_{нач}=0,2$ .

можно объяснить то, что, несмотря на разный путь перемещения ротора при реверсе с различной начальной скорости, время реверса изменяется очень незначительно (рис. 2, *a*).

В конечной стадии переходного процесса, так же, как и при повторном пуске, изменение кривой момента почти не зависит от величины начальной скорости и носит характер затухающих колебаний.

В целом, говоря о повторных включениях, можно сказать, что эти режимы для рольганговых двигателей не представляют большой опасности для двигателя и привода, так как ударные моменты пуска и реверса при любой начальной скорости вращения ротора не превосходят значений удар-

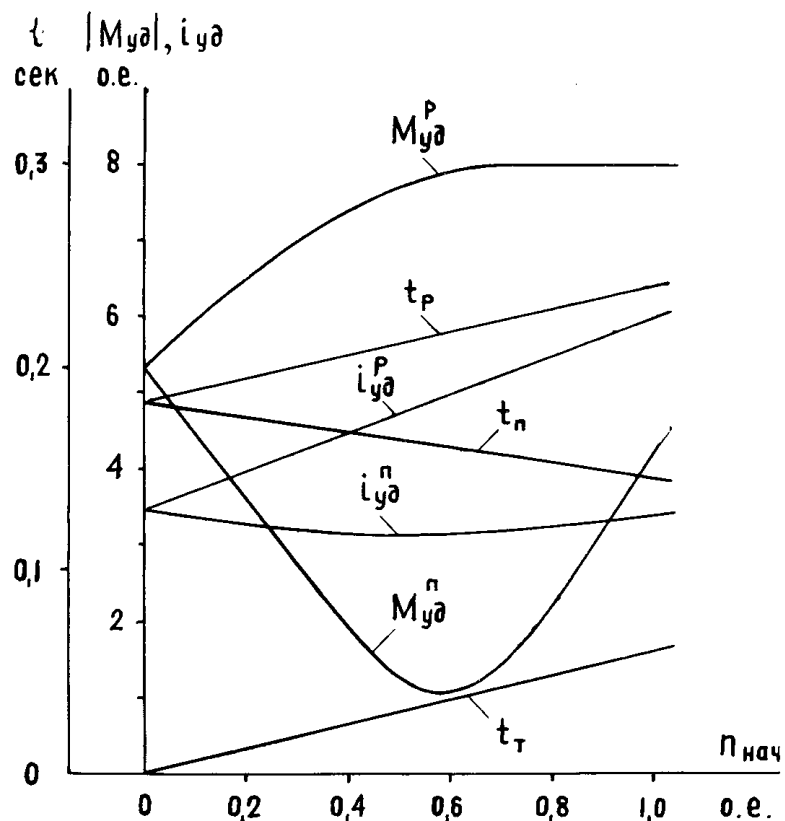


Рис. 3. Зависимости  $M_{уд}$ ,  $i_{уд}$ ,  $t$  от начальной скорости вращения при повторных включениях п — пуск; р — реверс; т — торможение.

ных моментов, возникающих соответственно при пуске неподвижного и реверсе синхронно вращающегося двигателя. Отсутствие влияния затухающего поля ротора на переходные процессы обуславливает относительно высокую стабильность их протекания.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Шубенко. Некоторые вопросы динамики автоматизированных асинхронных электроприводов. «Электричество», 1960, № 1.
2. М. М. Соколов, Л. П. Петров, Л. Б. Масандилов, В. А. Ладензон. Электромагнитные переходные процессы в асинхронном электроприводе. М., «Энергия», 1967.
3. В. П. Андреев, Ю. А. Сабин. Основы электропривода. М.—Л., ГЭИ 1963.