

## ПУСК И РЕВЕРС РОЛЬГАНГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПРЕДВКЛЮЧЕННЫМИ АКТИВНЫМИ СОПРОТИВЛЕНИЯМИ

Е. В. Кононенко, Б. А. Данчинов

(Представлена научным семинаром кафедр электрических машин  
и общей электротехники)

Рольганговые асинхронные двигатели предназначены главным образом для индивидуального привода роликов рабочих и транспортных рольгангов металлургических предприятий.

В соответствии с требованиями технологического процесса прокатки металла они работают в повторно-кратковременных режимах с большим числом включений в час, особенно в приводах рабочих рольгангов реверсивных прокатных станов. В этих условиях одними из основных режимов работы рольганговых двигателей являются пуск и реверс, сопровождающиеся переходными процессами.

Возникающие при переходных режимах большие пульсирующие динамические моменты существенно снижают надежность и долговечность привода, а иногда могут оказаться даже опасными. Поэтому вопросы ограничения ударных моментов и токов при переходных процессах имеют большое практическое значение.

Кроме того, в ряде приводов, в частности в приводах рольгангов, накладываются ограничения не только по прочности кинематических звеньев привода, но и по величине предельно-оправдываемых момента и ускорения (по условиям получения необходимого ускорения). Дело в том, что при пуске и реверсе рольганговых двигателей с прокатываемым металлом ускорение не должно превышать определенной величины, обуславливающей отсутствие буксования между металлом и роликом. Предельная величина ускорения определяется предельной силой сцепления между металлом и роликом.

Установлена рациональная величина ускорения порядка  $1,47 \div 2,94$  м/сек<sup>2</sup> для горячего и  $0,98 \div 1,47$  м/сек<sup>2</sup> для холодного металла, исключающая его пробуксовку [1].

Превышение величины предельно-оправдываемого ускорения приводит к пробуксовке ролика по раскату, а следовательно, к снижению фактического ускорения и излишней потери времени, к снижению производительности проката и транспортировки металла.

Указанное ограничение определяет равноускоренный характер протекания переходных процессов рольгангов.

Подобное протекание переходных процессов в асинхронных короткозамкнутых двигателях может быть обеспечено известными способами ограничения ударных токов и моментов, например, включением в цепь статора активных, индуктивных, емкостных, активно-индуктивных, активно-емкостных сопротивлений [2, 3, 4]; включением двигателя в сеть регулируемого напряжения [3]; одновременным включением фаз с помощью полупроводниковых управляемых вентилях [3, 5, 6]; гашением

незатухшего поля ротора замыканием статорной обмотки накоротко или на разрядное сопротивление (при реверсах, повторных включениях, торможениях двигателей с большой постоянной времени затухающего поля) [3, 7].

Наиболее простым и наиболее распространенным способом ограничения ударных токов и моментов является способ использования на время переходных режимов предвключенных сопротивлений.

Ограничивающее воздействие индуктивных сопротивлений проявляется слабее, чем активных сопротивлений, так как индуктивность не способствует подавлению периодической составляющей переходного момента [2, 3].

Применение активно-емкостных предвключенных сопротивлений оказывает хорошее ограничивающее действие с сохранением быстродействия привода. Однако в этом случае возможны явление асинхронного самовозбуждения и неустойчивая работа двигателя вблизи установившейся скорости. Кроме того, использование при этом способе конденсаторов значительных габаритов требует технико-экономического анализа, особенно при индивидуальном приводе роликов рольгангов.

Из сказанного следует, что в большинстве случаев предпочтительнее использовать в качестве предвключенных элементов активные сопротивления. Однако здесь следует иметь в виду, что неизбежным следствием ограничивающего воздействия добавочных активных сопротивлений является уменьшение длительности протекания электромагнитных переходных процессов и увеличение длительности протекания переходных режимов в целом. Поэтому необходимо установить оптимальную величину добавочных сопротивлений, при которой можно получить достаточное снижение ударных токов и моментов при незначительном увеличении времени переходного режима.

В настоящей статье приводятся некоторые результаты исследования влияния на протекание переходных процессов симметрично включенных добавочных активных сопротивлений в обмотку статора рольгангового двигателя, имеющего следующие основные параметры в относительных единицах:

$$r_s = 0,05, \quad r_r = 0,2, \quad x_m = 2,05, \quad J_{\text{рот}} = 61,5.$$

Так как время протекания переходных процессов существенно зависит от момента инерции привода, то исследование производилось при различных суммарных моментах инерции  $J_{\Sigma}$  (при  $k_J = \frac{J_{\Sigma}}{J_{\text{рот}}} = 1, 2, 5, 8$ ).

Расчеты производились на АВМ типа МН-14 по уравнениям и схеме модели, приведенным в [8]. При этом предвключенные сопротивления учитывались соответствующим увеличением активного сопротивления обмотки статора. В этом случае первые два уравнения системы (4) [8] принимают вид:

$$\begin{aligned} \frac{d\psi_{s\alpha}}{dt} &= u_{s\alpha} - (r_s + r_{\text{доб}})i_{s\alpha} + \psi_{s\beta}, \\ \frac{d\psi_{s\beta}}{dt} &= u_{s\beta} - (r_s + r_{\text{доб}})i_{s\beta} - \psi_{s\alpha}. \end{aligned}$$

Изменение добавочных сопротивлений и суммарного момента инерции производилось изменением соответствующих коэффициентов передачи решающих блоков.

На рис. 1 и 2 представлены осциллограммы соответственно пуска и реверса при различных добавочных сопротивлениях в цепи статора ( $J_{\Sigma} = J_{\text{рот}}, M_c = 0$ ), а на рис. 3 и 4 — зависимости переходных характеристик от отношения

$$\frac{r_{s\Sigma}}{r_s} = \frac{r_s + r_{\text{доб}}}{r_s} \quad \text{и } J_{\Sigma} \quad \text{также для}$$

пуска и реверса.

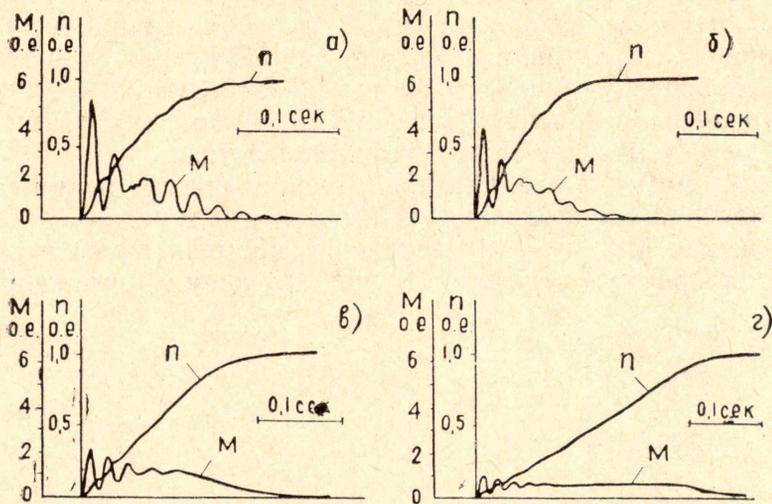


Рис. 1. Осциллограммы пуска с различными добавочными сопротивлениями в цепи статора. а —  $r_{s\Sigma} = r_s$ ; б —  $r_{s\Sigma} = 2 r_s$ ; в —  $r_{s\Sigma} = 5 r_s$ ; г —  $r_{s\Sigma} = 10 r_s$

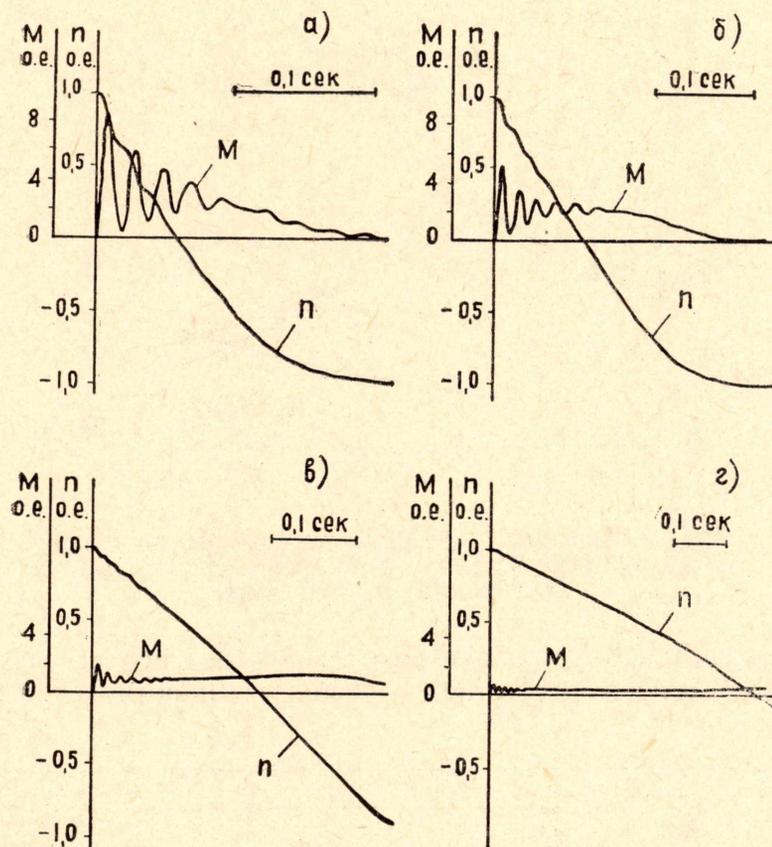


Рис. 2. Осциллограммы реверса с различными добавочными сопротивлениями в цепи статора. а —  $r_{s\Sigma} = r_s$ ; б —  $r_{s\Sigma} = 2 r_s$ ; в —  $r_{s\Sigma} = 5 r_s$ ; г —  $r_{s\Sigma} = 10 r_s$

Как следует из осциллограмм, увеличение  $r_{доб}$  приводит к монотонному снижению ударных значений момента и тока; число пульсаций в кривой момента в начальной стадии переходного процесса увеличивается с одновременным уменьшением амплитуды пульсаций, а в конце переходного процесса пульсации исчезают; скорость вращения ротора в результате уменьшения амплитуд пульсаций момента изменяется более плавно с меньшим ускорением (замедлением), так как среднее значение вращающего (тормозного) момента уменьшается.

Величина момента инерции привода практически не влияет на величину и изменение ударных значений момента и тока.

Уменьшение  $M_{уд}$  и  $i_{уд}$  и увеличение времени пуска и реверса (на рис. 3 и 4 за время  $t_{п}$  и реверса  $t_{р}$  принято время достижения ротором

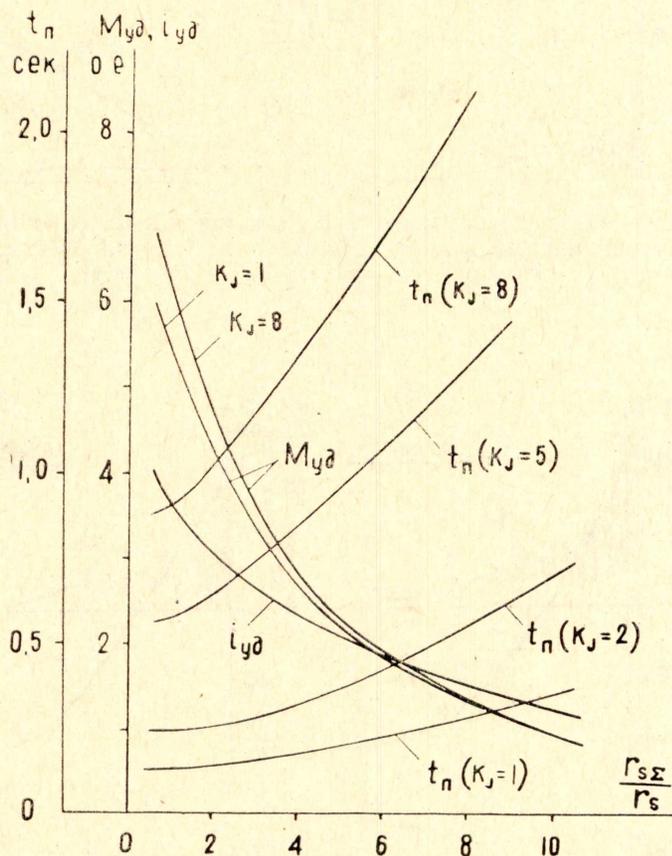


Рис. 3. Зависимости ударных тока и момента и времени пуска от величины добавочных сопротивлений в цепи статора при пуске

скорости, равной 0,95 установившегося значения) при  $r_{s\Sigma} = (2 \div 3)r_s$  по сравнению со случаем отсутствия добавочных сопротивлений приведены в таблице:

$\frac{r_{s\Sigma}}{r_s}$	$k_J$	Пуск			Реверс		
		$-\Delta M_{уд} \%$	$-\Delta i_{уд} \%$	$\Delta t_{п} \%$	$-\Delta M_{уд} \%$	$-\Delta i_{уд} \%$	$\Delta t_{р} \%$
2	1	22,0	18,2	4,5	34,6	20,8	23,9
	2	23,6	18,2	4,2	34,6	20,8	27,0
	5	24,0	18,2	11,1	34,4	21,3	23,0
3	1	38,7	28,6	12,8	55,2	35,3	43,0
	2	40,7	28,6	17,1	55,5	36,3	51,5
	5	41,8	28,6	27,4	55,5	37,1	47,4

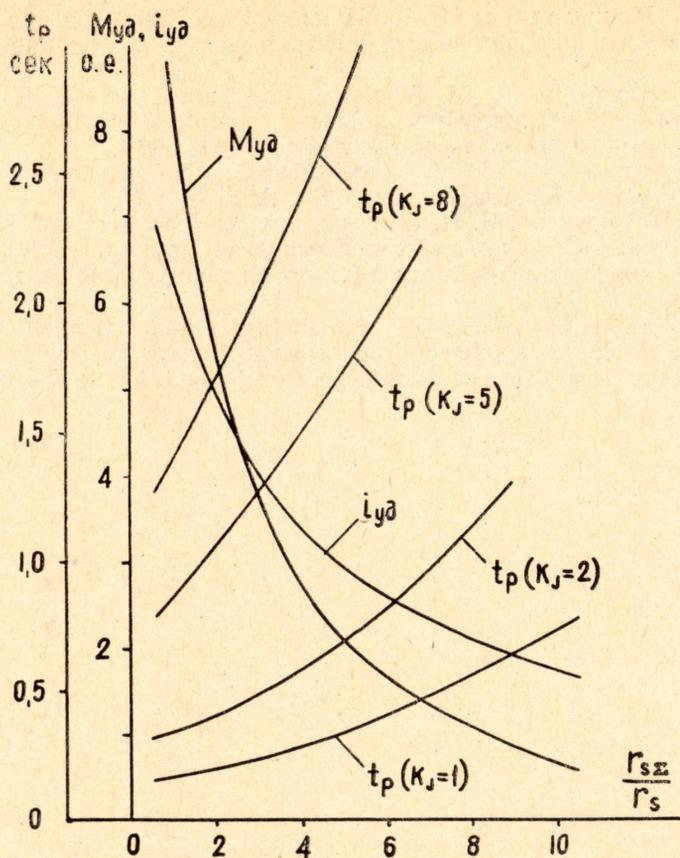


Рис. 4. Зависимости ударных тока и момента и времени реверса от величины добавочных сопротивлений в цепи статора при реверсе

Если считать допустимым увеличение времени пуска и реверса при включении в цепь статора добавочных сопротивлений на 25÷30%, то, как видно из таблицы, вполне удовлетворительные результаты могут быть получены при  $r_{s\Sigma} = 3r_s$  в режиме пуска и при  $r_{s\Sigma} = 2r_s$  в режиме реверса.

Однако включение разных при пуске и реверсе добавочных сопротивлений нежелательно из-за значительного усложнения схемы управления. Поэтому практически может быть рекомендовано включение  $r_{доб} = r_s$  как при пуске, так и при реверсе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. П. Бычков. Электропривод и автоматизация металлургического производства. Высшая школа, 1966.
2. А. Д. Гильдебранд, Н. И. Зенкин, В. М. Кирпичников, Н. И. Томашевский. Исследование  $g_d$ ,  $x_d$ ,  $z_d$  на ограничение моментов асинхронного двигателя на аналоговой вычислительной машине. Труды, 1967. Сб. 151, УПИ.
3. М. М. Соколов, Л. П. Петров, Л. Б. Масандилов, В. А. Ладензон. Электромагнитные переходные процессы в асинхронном электроприводе. «Энергия», 1967.

4. М. П. Рашкович, Н. К. Шапарев. Динамические перегрузки при пусках и реверсах асинхронных короткозамкнутых двигателей. «Электротехника», № 12, 1967.

5. В. А. Шубенко, И. Я. Браславский, В. М. Кирпичников, А. Н. Ковшов. К исследованию динамики пуска асинхронных двигателей при тиристорном управлении. «Электротехника», № 6, 1969.

6. W. Werner. Übersicht über die Einschaltmomente bei Asynchronmaschinen im stillstand. «Elektrotech. Z», 1967, A88, № 22.

7. В. А. Шубенко, Н. И. Зенкин, А. В. Карочкин. К вопросу о влиянии электромагнитных переходных процессов на принципы построения схем автоматического управления короткозамкнутыми асинхронными двигателями. Труды УПИ, 1960, сб. 106.

8. Е. В. Кононенко, Б. А. Данчиков. Исследование электромеханических переходных процессов рольганговых двигателей на АВМ с учетом насыщения стали потоками рассеяния. Статья в настоящем сборнике.

---