

## ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМЫ НЕСИММЕТРИЧНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОМ КЛЮЧЕ

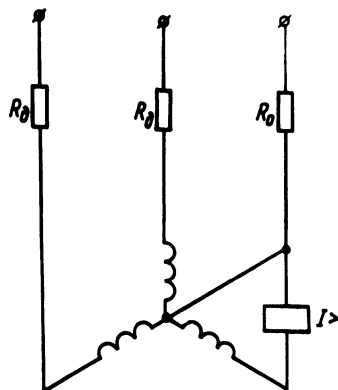
В условиях серийного и массового производства ставится задача создания устройств для автоматического зажима тонкостенных деталей и закручивания болтов с регулируемым усилием зажима. На автоматических линиях и агрегатных станках в качестве зажимного устройства широко используется электромеханический ключ с самотормозящей парой винт — гайка с приводом от асинхронного короткозамкнутого двигателя.

Усилие зажима при скоростях вращения, с которыми работает электромеханический ключ, зависит в гораздо большей степени от маховых масс двигателя, чем от развиваемого им момента. Изменение передаточного отношения редуктора не дает существенных результатов, так как при этом мало изменяются приведенные к валу двигателя суммарные маховые массы привода.

Уменьшение усилия зажима может быть получено снижением скорости привода электрическим путем без изменения передаточного числа редуктора и приведенных маховых масс привода. При этом достигается стабильность усилия и возможность его регулировки при первоначальной отладке станка с помощью сравнительно простого устройства, основанного на принципе несимметричного питания асинхронного двигателя [1].

Схема несимметричного питания трехфазного короткозамкнутого двигателя обеспечивает устойчивую пониженную в три раза по сравнению с паспортной скоростью в широком диапазоне изменения нагрузки и допускает регулировку добавочными сопротивлениями пускового и максимального моментов. Момент от воздействия запасенной энергии маховых масс снижается соответственно в девять раз, усилие зажима детали определяется уже в основном электромагнитным моментом, развиваемым двигателем, и поэтому регулируется сопротивлениями, включенными в цепь статора.

Рис. 1. Схема получения пониженной скорости двигателя



Повышенный нагрев двигателя при вращении на пониженной скорости обычно не является препятствием для применения указанной схемы в электромеханических ключах, так как время, в течение которого происходит процесс зажима детали, как правило, во много раз меньше всего цикла станка. Во время обработки детали двигатель ключа отключен, а во время отжима детали, вращаясь практически вхолостую, он еще более интенсивно охлаждается. Перегрев двигателя обычно не превышает допустимых пределов.

На рис. 1 приведена принципиальная электрическая схема устройства. Смещение потенциала нулевой точки звезды обмоток статора достигается подачей на нее напряжения одной из фаз сети через дополнительное сопротивление. В результате на обмотки двигателя подается несимметричная система напряжений, создающая несимметричную систему токов, которая может быть разложена на симметричные составляющие [2]. Ток нулевой последовательности создает намагничивающую силу третьей пространственной гармоники в магнитодвижущей силе машины, что обуславливает увеличение числа полюсов в три раза и соответствующий однофазный момент, вращающий ротор со скоростью, в три раза меньшей, чем паспортная. За счет токов прямой последовательности возникает составляющая трехфазного вращающего момента.

Обмотка одной фазы статора, замкнутая накоротко через катушку токового реле, оказывает существенное влияние на

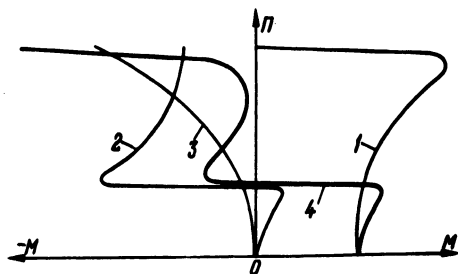


Рис. 2. Механическая характеристика двигателя: 1—трехфазная составляющая момента; 2—однофазная составляющая момента; 3—составляющая момента от действия короткозамкнутого контура; 4—результующая характеристика.

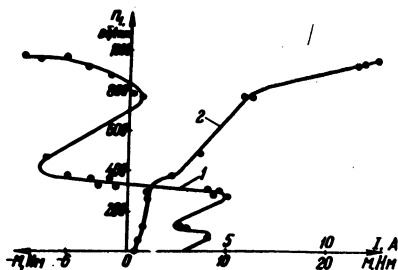


Рис. 3. Экспериментальные характеристики двигателя АО2-31-6 при  $R_{\partial} = 12 \text{ Ом}$  и  $R_0 = 0$ : 1—механическая характеристика; 2—зависимость тока от скорости в короткозамкнутом контуре.

результующую механическую характеристику, особенно в зоне высокой скорости вращения. Это объясняется тем, что при вращении ротора в короткозамкнутом контуре статора наводится электродвижущая сила вращения и протекает ток, пропорциональный скорости вращения. В результате в двигателе возникает дополнительный тормозной момент, пропорциональный квадрату скорости вращения и сдвигающий механическую характеристику в области высоких скоростей в тормозной квадрант. Результирующая механическая характеристика и ее основные составляющие, отражающие качественный характер процесса, приведены на рис. 2; составляющая момента от действия зубцовой гармоники магнитного поля не показана, так как имеет второстепенное значение.

Наличие в контуре тока, пропорционального скорости, позволяет использовать токовое реле для отключения двигателя при зажиме детали электромеханическим ключом. На рис. 3 (кривая 1) представлена соответствующая механическая характеристика, снятая для двигателя АО2-31-6, соединенного по схеме рис. 1, с дополнительными сопротивлениями  $R_{\partial} = 12 \text{ Ом}$  и  $R_0 = 0$ . Зависимость тока в короткозамкнутом контуре для тех же параметров схемы иллюстрируется кривой 2.

В табл. 1 приведены в качестве примера значения пускового момента  $M_{\text{п}}$ , токов в фазах  $I_1, I_2, I_3$  и тока  $I_0$  в про-

Таблица 1

Тип двигателя	U сети, В	Добавочные сопротивле- ния, Ом		Ток, А				Пуско- вой мо- мент Н·м	M <sub>п</sub> , %
		R <sub>э</sub>	R <sub>о</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>о</sub>		
АОЛ2-12-6	360	51	0	4	5	0,8	7,3	2,1	
АОЛ2-12-6	360	70	0	3,5	3,7	0,8	6,1	1,5	
ДПТ22-2	385	32	12	4,5	4,5	0,8	8	0,75	
ДПТ22-4	380	32	12	5	5	0,8	8	1,8	

Таблица 2

Сопротив- ления в фазах дви- гателя, Ом		Тип двига- теля	Пере- дато- чное от- ноше- ние клю- ча	Час- тота вра- ще- ния к лю- ча, об/мин	Крутящий мо- мент		Усилие за- жима	
R <sub>э</sub>	R <sub>о</sub>				Сред- нее значе- ние, Н·м	Поле рас- сеяния, %	Среднее значение, Н	Поле рас- сеяния, %
32	12	ДПТ22-4	12,4	38,5	71	4,3	21000	4,2
			10,1	47,5	70	4,4	20000	5
			8,9	53,5	70	4,7	20000	5
32	12	ДПТ22-2	15,5	62	131	3	41000	2,5
			12,4	78	131	3,8	41000	2,5
			10,1	95	131	4,6	40500	2,4
98	12	ДПТ21-4	8,9	53,5	45	10,3	11500	2,7
98	12	ДПТ22-4	8,9	53,5	55	5,4	14000	3,6
43	22	ДПТ22-4	8,9	53,5	64	4,7	17000	1,2
43	22	ДПТ22-2	15,5	62	120	1,7	38500	0,2

воде, питающем нулевую точку звезды статора, для двигателей при различных добавочных сопротивлениях.

Рассматриваемая схема получения пониженной скорости испытывалась на унифицированном электромеханическом ключе УМ4524—1.00.

В табл. 2 приведены значения крутящих моментов, усилий зажима и соответствующих полей рассеивания при включении двигателей ключа по рассматриваемой схеме трехкратного снижения скорости. Испытания проводились на автоматическом цикле. Состав цикла по времени: работа на пониженной скорости — 4,5 с, быстрое вращение — 1,5 с, пауза — 24 с. Среднее значение установившейся температуры перегрева не превышало

56°С, а перегрев к концу каждого периода работы на пониженной скорости в установившемся тепловом режиме приближался к 75°С, т.е. был близок к номинальному перегреву двигателей данного типа. Добавочные сопротивления выбирались экспериментально, исходя из требуемых усилий зажима тонкостенных деталей.

Для отключения двигателей после зажима детали использовалось токовое реле типа РТ40/2, катушка которого включалась в рассечку короткозамкнутого контура двигателя (рис. 1). При остановке двигателя на упоре ток в короткозамкнутом контуре становится равным нулю, реле отпадает, подавая команду на отключение двигателя от сети.

Измерения усилий и моментов зажатых деталей и болтов показали, что при использовании двухполюсных двигателей даже трехкратное снижение скорости вращения маховых масс привода ключа обуславливает появление существенной составляющей в усилиях зажима. Эта составляющая особенно велика при зажиме относительно жестких деталей. Так, усилие зажима болта М10х52, потерявшего в значительной степени свою упругость в результате многократного предварительного использования, оказалось примерно в 1,5 раза больше, чем усилие зажима того же болта, закрученного в первый раз при прочих равных условиях. Большое значение имеет также пружинная шайба, если она не была в употреблении. Болт М10х52 с пружинной шайбой, закрученный электромеханическим ключом с двигателем ДПТ22-2, имел момент зажима на 5—7 Н·м меньший, чем без шайбы. Отражаются также на усилиях зажима различные дефекты болта, влияющие на его упругость.

На рис. 4 приведена осциллограмма крутящих моментов, записанных при затяжке двух болтов М10 двигателем ДПТ22-2 при одних и тех же параметрах электросхемы. Один из болтов (рис. 4,б) имел трещину, составляющую примерно 20% площади поперечного сечения, т.е. болты имели различную жесткость. Разница в величинах моментов при затяжке болтов составляет около 30%. Все это подтверждает, что и при массовом производстве в схеме управления электромеханическим ключом

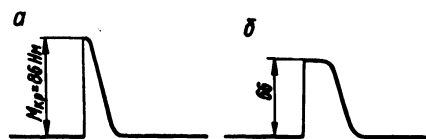


Рис. 4. Осциллограммы крутящих моментов при затяжке болтов М10 без дефектов (а) и с трещиной (б).

должна быть предусмотрена возможность регулирования усилия зажима. Для уменьшения составляющей усилия от действия маховых масс привода целесообразно при зажиме тонкостенных деталей использовать четырех- и шестиполусные двигатели.

### Л и т е р а т у р а

1. Каплан Н.А., Лapidус А.И. Устройство для остановки электропривода на упоре. Авт.свид. №318459.— "Бюл. изобр.", 1971, № 32. 2. Каплан Н.А., Лapidус А.И. Регулирование частоты вращения трехфазного асинхронного короткозамкнутого двигателя совмещением токов прямой и нулевой последовательности. — "Электричество", 1971, № 4.

М.П. Хопова

### УПРОЩЕННАЯ СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВАЛА ДЛЯ РАСЧЕТА СТАТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ

Простым и экономичным устройством для обеспечения согласованной работы нескольких индивидуальных приводов, когда пространственно-разделенные группы машин по технологическим причинам должны приводиться в действие с одинаковыми скоростями, является электрический вал. Он создается путем электрического соединения статоров и роторов двух или нескольких асинхронных электродвигателей с контактными кольцами по известной схеме [1, 2].

При наличии колеблющейся нагрузки и необходимости широкого регулирования скорости привода наиболее надежной системой согласованного вращения асинхронных двигателей является, так называемый, уравнительный электрический вал с уравнительными машинами I и II (рис. 1). В качестве уравнительных машин электрического вала применяются серийные асинхронные электродвигатели с контактными кольцами.

Для правильного выбора параметров привода необходим предварительный расчет эксплуатационных свойств электрического вала, определение соотношения токов, вращающих моментов и потоков мощности машин в установившемся режиме. Для этого исходят из схемы замещения уравнительного электрического вала, состоящего из двух однотипных машин I и II (рис. 2). На рис. 2— введены следующие обозначения:  $R_1, x_1$  — активное и индуктивное сопротивления обмотки каждого статора;  $R_2', x_2'$