

ТКГ-200-1 на первой ступени торможения действует тормозной момент $M_T = M_{T1} - M_{T12}$, в течение $t_{T12} = 2 - 3$ с [$A_{12} = (P_{T1} - P_{T2}) / t_{T1}$]. Затем следует этап плавного нарастания тормозного момента $M_T = M_{T12} - M_{Tmax}$, в течение $t_{T23} \approx 1$ с [$A_{23} = (P_{T2} - P_{T12}) / t_{T23}$].

На второй ступени торможения действует момент M_{Tmax} .

По описанной выше методике расчета в зависимости от значений и направления действия внешних сил определяются общее время торможения t_T и выбег S .

Полученные значения параметров процесса торможения и их взаимосвязь с параметрами тормоза позволяют осуществить оценку вариантов конструкции тормоза и его привода при проектировании, выбрать оптимальную тормозную систему при проектировании и модернизации механизмов и кранов. Критерием такой оценки является комплексная добротность тормоза [2 - 5, 8]:

$$D_{TK} = M_{Tmax} \varepsilon_{max} K_{\phi n} / m_T, \quad (26)$$

где M_{Tmax} и m_T (масса тормоза) определяют массо-габаритные показатели,

ε_{max} - максимальный отход колодок определяет требования к ходу штока привода тормоза и запас отхода на допустимый износ колодок,

$K_{\phi n}$ - коэффициент функциональных параметров.

Для механизмов подъема

$$K_{\phi n} = f_1(M_T, t_3, t_d, v_0, J_2/J_d, t_{T1}, t_T, \kappa_H, d) = 1/a_{3kd} H_0 H d t_T. \quad (27)$$

Для механизмов передвижения

$$K_{\phi n} = f_1(M_{T1}, M_{T12}, M_{Tmax}, t_{T1}, t_{T12}, t_{T23}, a_{3kd}, \kappa_H, d) = \Pi_{TC} g / a_{3kd} S d t_T = (1 - \kappa_H) g / a_{3kd} S d t_T. \quad (28)$$

Литература

1. Костромин А.Д., Ивашков Н.И., Горобец Г.А. Теоретические основы и практические аспекты процессов торможения механизмов передвижения грузоподъемных машин. Подъемно-транспортное дело, 2007 г. № 1.

2. Ивашков Н.И., Костромин А.Д. Нормирование просадки груза в крановых механизмах. Подъемно-транспортное дело, 2007 г., № 3.

3. Костромин А.Д., Ивашков Н.И., Юнгер В.С. Совершенствование и критерии оценки колодочных тормозов с электромагнитным приводом. Тяжелое машиностроение 1998 г., № 3.

4. Костромин А.Д., Ивашков Н.И., Горобец Г.А. Критерии оценки направления развития колодочных тормозов с электрогидравлическими толкателями крановых механизмов подъема. Подъемно-транспортное дело, 2005 г., № 1.

5. Костромин А.Д., Надеев А.Ф. Комплексное решение проблем электропривода колодочных тормозов ТКП 100, 200/100, 200, 300/200, 300. Подъемно-транспортное дело, 1997 г., № 1.

6. Ключев В.И. Теория электропривода. Энергоатомиздат, Москва, 1985 г.

7. Яуре А.Г., Певзнер Е.М. Крановый электропривод. Справочник. Энергоатомиздат, Москва, 1988 г.

8. Ивашков Н.И., Изверский В.Р., Костромин А.Д., Юнгер В.С. Направления развития электропривода колодочных тормозов подъемно-транспортной техники. Тяжелое машиностроение 1995 г., № 12.

9. Александров М.П. Тормоза подъемно-транспортных машин. Машиностроение, 1976 г.

10. Дукельский А.И. Справочник по кранам т. 2, Ленинград, Машиностроение, 1973 г.

11. Костромин А.Д., Надеев А.Ф., Юнгер В.С., Ивашков Н.И., Вотинцев В.Г. Электрогидравлический толкатель. Патент РФ на изобретение № 2062910 от 27.06.96 г.

12. Костромин А.Д., Надеев А.Ф., Юнгер В.С., Ивашков Н.И., Изверский В.Р. Электрогидравлический толкатель. Свидетельство на полезную модель № 2847 РФ МКИ 15В 15/18 от 16.09.96 г.

13. Герасимьяк Р.П., Параил В.А. Электроприводы крановых механизмов. Энергия, Москва, 1970 г.

14. Костромин А.Д., Надеев А.Ф., Юнгер В.С. Электрогидравлический толкатель для привода колодочных тормозов. Патент РФ № 1610159, МКИ F 16 H 41 / 26 от 01.10.87.

15. Дукельский А.И. Справочник по кранам т. 1, Ленинград, Машиностроение, 1971 г.

ПРИВОД ТОРМОЗОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЙ БЕЗОПАСНОСТЬ И СНИЖЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

А.Д. Костромин, канд. техн. наук,

Н.И. Ивашков, канд. техн. наук,

НПП «Подъемтранссервис», Москва

Г.А. Горобец

ГНПУП «Электрические аппараты», г. Бендеры, Молдова

Рассмотрены электрогидравлический и электромагнитный приводы колодочных тормозов, их основные параметры и особенности, знание которых позволяет производить обоснованный выбор тормозного оборудования.

Электрогидравлический привод

Привод осуществляется электрогидравлическими толкателями и имеет в настоящее время наибольшее распространение. Обеспечивает возможность работы с высокой частотой включения (до 2000 в час), регулирования скорости хода штока и допускает превышение внешней нагрузки без перегрева. Усилие штока толкателя не зависит от его положения и практически постоянно по всей длине рабочего хода.

Отечественная промышленность выпускает электрогидравлические толкатели типа ТЭ для рабочих усилий от 160 до 2000 Н. Электрогидравлические толкатели ТЭ-16-М, ТЭ-30, ТЭ-30С, ТЭ-50-2М, ТЭ-50-3М, ТЭ-80-2М, ТЭ-200М разработаны с учетом требований к параметрам процесса торможения (см. предыдущую статью) для крановых механизмов подъема. Технические данные этих толкателей приведены в табл. 1.

По представленным техническим данным производится подбор электрогидравлических толкателей. Ход штока, указанный в таблице, является

максимально возможным – от крайнего нижнего до крайнего верхнего положения. Рабочий ход штока, установленный при регулировке тормоза должен составлять примерно 2/3 максимального хода. При этом 1/3 хода резервируется на компенсацию износа фрикционных накладок, зазоров в шарнирных сочленениях и упругих деформаций элементов рычажной системы тормоза. Коэффициент запаса толкателей по подъемной силе равен примерно 1,15 – 1,3, т.е. фактически толкатели развивают усилие на 15 – 30% больше номинального. При использовании для замыкания тормоза сжатой пружины ее усилие при полном ходе штока толкателя не должно увеличиваться более, чем на 10 % от установочного усилия при замкнутом тормозе. [1]

В электрогидравлических толкателях ТЭ-30С, ТЭ-50-2М, ТЭ-50-3М, ТЭ-80-2М применены специальные рабочие колеса [2, 3] и отработана оптимальная конструкция корпуса насоса, которые позволили повысить коэффициент полезного действия насоса и получать необходимые усилия на штоке толкателей при диаметре поршня 110 мм, в то время как у аналогов (ТЭ-

50-М, ТЭ-80-М) диаметр поршня толкателей – 140 мм. Уменьшение за счет этого в 1,6 раза объема жидкости, перекачиваемой через насос в обратном направлении при опускании поршня, соответственно уменьшает время обратного хода штока толкателя (т.е. время срабатывания тормоза, см. табл. 2).

Характерной особенностью толкателя ТЭ-200М является применение специальных рабочих колес [4, 5] и оригинальная конструкция корпуса. Корпус этого толкателя выполнен со сводом (уступом) на пути перетока рабочей жидкости из цилиндра в пространство над поршнем, исключающим смешивание рабочей жидкости с воздушной компенсационной подушкой. Таким образом, исключено явление “газовой кавитации” [4], достигается высокая стабильность времени срабатывания, увеличивается срок службы рабочей жидкости.

Сводные сравнительные данные по значениям времени срабатывания t_{cp} тормозов ТКГ в зависимости от ус- танавливаемых в них толкателей с учетом отношения M_{Tmax}/M_T приведены в табл. 2.

В случае применения в механиз-

Таблица 1

Параметры	ТЭ-16-2М	ТЭ-30	ТЭ-30С	ТЭ-50-2М	ТЭ-50-3М	ТЭ-80-2М	ТЭ-200М
Развиваемое усилие подъема, Н, не менее	210	370	420	620	625	900	2400
Среднее (номинальное) усилие подъема на тормозе, Н	160	300	300	500	500	800	2000
Ход штока S, мм	25 32	32/50	60	60	60	60	90
Время подъема штока на тормозе, с, не более	0,15 0,18	0,26/0,35	0,35	0,50	0,40	0,65	1,05
Время обратного хода штока на тормозе, с, не более	0,22 0,25	0,25/0,35	0,27	0,30	0,27	0,30	0,38
Режим работы	Повторно- кратковременный при ПВ = 60% с частотой включений в час						
	720						360
	Длительный с ПВ = 100% при окружающей температуре °С, не более						
		40		25		40	
Номинальное напряжение сети при частоте, В	50 Гц	220, 380, 220/380, 230/400, 240/415					
	60 Гц	220, 220/380, 440					
Потребляемая мощность, Вт, не более	95	160	180	190	240	280	370
Масса, кг, не более	11	11/11,5	13,8	12,5	13,8	13,8	32,0

Примечание: толкатели (кроме ТЭ-200М) производятся ОАО «Бендерский завод «Электроаппаратура» (БЗЭ), толкатели ТЭ-200М производятся НПП «Подъемтранссервис» и БЗЭ.



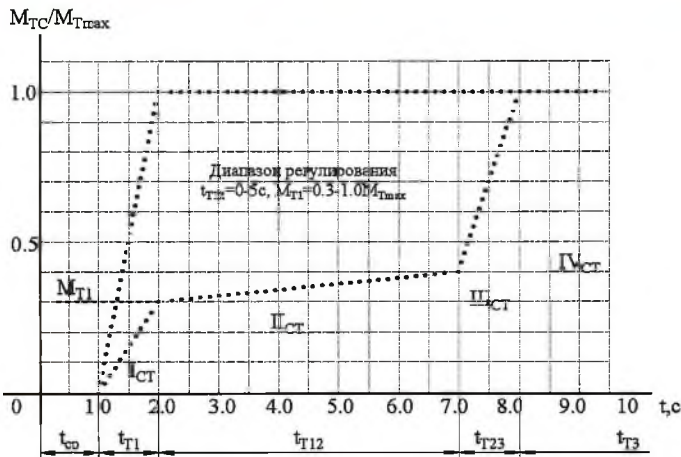


Рис. 1. Характер наложения тормозного момента и диапазон регулирования M_T/M_{Tmax} и t_{T12} тормоза ТКГ-200-1

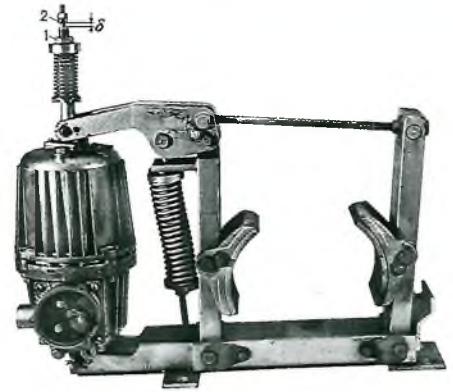


Рис. 2. Тормоз ТКГ-200-1

мах подъема тормозов типа ТКГ с регулировкой их на тормозные моменты $M_T < M_{Tmax}$ следует учитывать, что при этом время срабатывания t_{cp} увеличивается до значений $t_{cp}^* \approx t_{cp} [1 + (M_{Tmax} - M_T)/M_{Tmax}]$, что приводит к соответствующему увеличению свободной просадки груза [1, 5].

Тормоза ТКГ-160-1 и ТКГ-200-1 укомплектованы толкателями ТЭ-30-РД (производства НПП "Подъемтранс-сервис") [6, 7], снабженными демпфирующим узлом и встроенным в насосную часть специальным обратным клапаном. Они обеспечивают автоматическое плавное регулируемое ступенчатое торможение. Диапазон регулировки M_T , t_{T12} представлен на рис. 1. Регулировка M_{T1} (0,3 – 1,0 M_{Tmax}) осуществляется гайкой 1 (рис. 2). Регулировка времени t_{T12} (2 – 8 с) осуществляется гайками 2 установкой зазора δ (0 - 15 мм).

Применение такого тормоза в механизмах передвижения обеспечивает следующие параметры: $t_{cp} = 0.8 - 1$ с, $t_{T1} \approx 1,0$ с, $d = 1,02 - 1,05$, $\Pi_T = 0,97$ (при $\tau \approx 0,5$ с, $M_{T1}/M_T = 0,5$), что способствует безопасности и снижению динамических нагрузок при торможении.

Электромагнитный привод

Уровень динамических нагрузок при замыкании колодочных тормозов с электромагнитным приводом зави-

сит от характера тяговой характеристики электромагнита и ее соответствия механической (нагрузочной) характеристики от замыкающей пружины тормоза [8].

К основным техническим параметрам, определяющим требования к тормозным электромагнитам, следует отнести добротность электромагнита D_M [8, 9], коэффициент возврата магнитной системы K_B , t_{cp} (t_3, t_d):

$$D_M = P_M h_M / m_T,$$

$$K_B = I_{om} / I_{cp},$$

где P_M – рабочее усилие электромагнита при максимальном ходе якоря,

$$h_M - \text{ход штока якоря,}$$

I_{om}, I_{cp} – токи в катушке в моменты отхода (движения) якоря при ее отключении и начала движения якоря при включении.

У электромагнитов, тяговая характеристика которых соответствует на-

грузочной характеристике, при равных значениях t_{cp} время движения штока t_d больше, а значения D_M и K_B выше, чем у магнитов с крутой тяговой характеристикой.

К первой группе электромагнитов относятся магниты с втяжным якорем и оптимальной магнитной системой, ко второй – магниты с плоским прямоходовым или поворотным клапанным якорем (крутая тяговая характеристика). Тормоза, укомплектованные такими магнитами обеспечивают снижение динамических нагрузок при торможении.

Первая группа электромагнитов (типа МПТ) характеризуется меньшей массой магнитопровода, а также наличием демпфирования электромагнитными силами (от действия I_{om}) усилия замыкающей пружины тормоза при ходе колодок к шкиву тормоза. Динамический коэффициент у тормо-

Таблица 2

Тормоза	Тип толкателя	$M_{Tmax}, Нм$	$t_{cp}, с$
ТКГ-160	ТЭ-16М	100	0,2
	ТЭ-30 / ТЭ-30*	100/100	0,4/0,4
ТКГ-200	ТЭ-30 / ТЭ-30*	300/300	0,25/0,26
	ТЭ-50-2М / ТЭ-50М*	800/800	0,3/0,57
ТКГ-300	ТЭ-50-3М	800	0,27
	ТЭ-30С	500	0,27
ТКГ-400	ТЭ-80-2М / ТЭ-80М*	1500/1500	0,3/0,5
	ТЭ-50-3М	1000	0,27
ТКГ-500	ТЭ-80-2М / ТЭ-80М*	2500	0,3/0,5
	ТЭ-50-3М	1800	0,27
ТКТГ-600	ТЭ-200М** / ТЭ-150*	5000/5000	0,38/0,45
ТКТГ-700	ТЭ-200М** / ТЭ-200*	8000/8000	0,38/0,73
ТКТГ-800	ТЭ-200М** / ТЭ-200*	12000/12000	0,6/0,73

* Толкатели производства ТЭМЗ (г. Томск) – лучшие из аналогов.

** Толкатели производства НПП «Подъемтранссервис» и БЗЭ.

зов с магнитами МПТ $d = 1,5$, $t_{Т1} = 0,05$ с.

Время срабатывания тормозов с магнитом МПТ-106 составляет 0,1 с; МПТ-108, 108Д, 212, 212Д, 317 – 0,15 с; МПТ-400, 500 – 0,3 с; МПТ-600 – 0,4 с.

Во вторую группу ($I_{om} \approx 0$) входят электромагниты типов МО ($d = 3,0$, $t_{Т1} = 0,002$ с, $t_{cp} = 0,01$ с), МП 101, 201, 301 ($d = 2,5$, $t_{Т1} = 0,004$ с, t_{cp} соответственно 0,1; 0,15; 0,25 с), МП 400, 500, 600, 700, 800 ($d = 2,0$, $t_{Т1} = 0,01$ с, t_{cp} соответственно 0,3, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6 с).

У короткоходовых электромагнитов МПТ – 106, 108, 212, 317 ход $h_M = 3,5 - 6$ мм. Шток якоря, передающий усилие (толкающее) штоку тормоза, выполнен из немагнитной стали. Хвостовик якоря, выступающий над задней крышкой и снабженный резьбовым гнездом, допускает тянущее исполнение электромагнитов, обеспечивает контроль хода якоря при наладке и в эксплуатации. В этих магнитах отработана оптимальная форма рабочих магнитных зазоров [10], шток якоря и хвостовик надежно направляются втулками стопа и задней крышкой, коэффициент внутреннего трения не более 0,05. Имеются исполнения магнитов МПТ-108Д,-212Д со встроенным выпрямителем, что позволяет применять их в тормозах ТКТ со схемой питания от цепи переменного тока, то есть заменять магниты типа МО (с неудовлетворительной динамикой и ресурсом работы). Имеются специальные исполнения электромагнитов МПТ-106...317 [11] для тормозов плавного торможения ($d = 1,25$, $t_{Т1} \approx 0,1$ с).

Длинноходовые тормозные электромагниты постоянного тока МПТ - 400, 500, 600 ($h_M = 60 - 80$ мм) выполнены в металлургическом исполнении для тормозов металлургических кранов ТКПМ - 400, 500, 600, взаимозаменяемыми по установочным и габаритным размерам с тормозами

ТКП - 400, 500, 600.

Омические сопротивления катушек электромагнитов МПТ - 400, 500, 600 совпадают с сопротивлениями катушек МП - 400, 500, 600 в тормозах ТКП - 400, 500, 600, что обеспечивает их взаимозаменяемость в существующих схемах управления приводами механизмов подъема металлургических кранов. Конструкция узлов, направляющих перемещение якоря в электромагнитах МПТ - 400, 500, 600, оптимальная конфигурация рабочих магнитных зазоров [10, 12, 13] позволили снизить коэффициент внутреннего трения с 0,25 (у предшествующих аппаратов) до 0,05, добиться практического совпадения тяговой и нагрузочной характеристик, повысить ресурсные показатели до 10 млн. циклов включения-отключения. При этом в магнитах обеспечено снижение динамических нагрузок при торможении до уровня нагрузок, имеющих место в тормозах с электрогидравлическим приводом, достигается существенное снижение материалоемкости аппарата и тормоза в целом (в 1,8 – 2,5 раза). Тормозные магниты МПТ - 400, 500, 600 можно также рекомендовать для тормозных систем непрерывного транспорта и систем управляемого торможения.

Литература

1. Александров М.П. Тормоза подъемно-транспортных машин. М. Машиностроение. 1976 г.
2. Костромин А.Д., Надеев А.Ф., Юнгер В.С. Электрогидравлический толкатель для привода колодочных тормозов. Патент РФ на изобретение № 2051862, МКИ В66Д 5(26) от 30.03.92 г.
3. Костромин А.Д., Грингуз Н.А. Ивашков Н.И., Изверский В.Р., Юнгер В.С. Электрогидравлический толкатель. Патент РФ на изобретение № 2158857 от 10.11.2000 г.
4. Костромин А.Д., Горобец Г.А.,

Ивашков Н.И., Юнгер В.С., Филлипов А.А. Электрогидравлический толкатель. Патент РФ на изобретение № 2289735 от 20.12.2006 г.

5. Костромин А.Д., Ивашков Н.И., Горобец Г.А. Критерии оценки направления развития колодочных тормозов с электрогидравлическими толкателями крановых механизмов подъема. Подъемно-транспортное дело, 2005 г., № 1.

6. Костромин А.Д., Надеев А.Ф., Юнгер В.С., Ивашков Н.И., Изверский В.Р. Электрогидравлический толкатель. Свидетельство РФ на полезную модель № 2847, МКИ В15В 15/18 от 16.09.96 г.

7. Костромин А.Д., Надеев А.Ф., Юнгер В.С., Ивашков Н.И., Вотинцев В.Г. Электрогидравлический толкатель. Патент РФ на изобретение № 2062910, МКИ В15(18) от 14.12.1993 г.

8. Костромин А.Д., Ивашков Н.И., Юнгер В.С. Совершенствование и критерии оценки колодочных тормозов с электромагнитным приводом. Тяжелое машиностроение 1998 г., № 3.

9. Костромин А.Д., Надеев А.Ф. Комплексное решение проблем электропривода колодочных тормозов ТКП 100, 200/100, 200, 300/200, 300. Подъемно-транспортное дело, 1997 г., № 1.

10. Костромин А.Д., Ивашков Н.И., Надеев А.Ф., Юнгер В.С., Надеев А.Ф. Электромагнит. Патент РФ на изобретение № 2082243 от 20.05.95 г.

11. Костромин А.Д., Ивашков Н.И., Юнгер В.С. Электромагнит. Патент РФ на изобретение № 2226302 от 27.03.04 г.

12. Костромин А.Д., Петров С.А., Соколов В.П., Юнгер В.С. Электромагнит. Патент РФ на изобретение № 1741570 от 26.08.93 г.

13. Костромин А.Д. Электромагнит. Патент РФ на изобретение № 2111573 от 20.05.96 г.