

УДК 621.873

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВИДА МЕХАНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ МЕХАНИЗМА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНОГО КРАНА В РЕЖИМЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ТОРМОЖЕНИЯ НА ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ И БЫСТРОДЕЙСТВИЕ

Неженцев А.Б. канд. техн. наук, доц., Харитонов М.С. асп.,
Восточноукраинский государственный университет

Исследовано влияние вида механической характеристики электродвигателя механизма передвижения грузоподъемного крана мостового типа в режиме динамического торможения на потери энергии, время и путь торможения

The influence of a kind of mechanical performance of the electric motor of the mechanism of movement of the bridge crane in a mode of dynamic braking on power losses, time and path of braking is investigated.

В настоящее время, на большинстве эксплуатируемых мостовых и козловых кранов для торможения механизмов передвижения, оснащенных автоматическими нормально-замкнутыми колодочными тормозами, используют торможение электродвигателем в режиме противовключения. При этом потери энергии в цепи ротора электродвигателя в три раза превышают аналогичные потери при динамическом торможении [1]. Кроме того, большие потери в режиме противовключения часто приводят к недопустимому нагреву электродвигателя и значительно снижают срок его службы.

Одним из наиболее эффективных путей снижения энергопотребления и повышения технико-экономических показателей грузоподъемных кранов является применение динамического торможения в крановых механизмах. Для механизмов передвижения кранов целесообразно использовать режим динамического торможения с независимым возбуждением и несимметричной схемой соединения обмотки статора асинхронного двигателя [2].

Задача выбора оптимальной по динамическим нагрузкам и быстродействию механической характеристики в указанном режиме была решена для кранов мостового типа [3,4]. Вместе с тем, остается открытым вопрос о выборе из множества квазиоптимальных по динамическим нагрузкам механических характеристик такой, при тор-

можении по которой потери энергии в электродвигателе были бы минимальными.

Рассмотрим, на примере мостового крана грузоподъемностью 20/5 т, влияние вида механической характеристики асинхронного двигателя с фазным ротором механизма передвижения в режиме динамического торможения на потери энергии в электродвигателе, время и путь торможения.

На рис. 1 представлено семейство механических характеристик кранового асинхронного электродвигателя с фазным ротором типа МТВ 411-8, установленного в механизме передвижения мостового крана грузоподъемностью 20/5 т, в режиме динамического торможения. Механические характеристики построены для постоянного тока возбуждения, равного утроенному току холостого хода ($I_b = 3I_{cx}$) при изменении относительного сопротивления обмотки ротора (R_p/R_{pn}) от 0 до 1 с шагом 0,05.

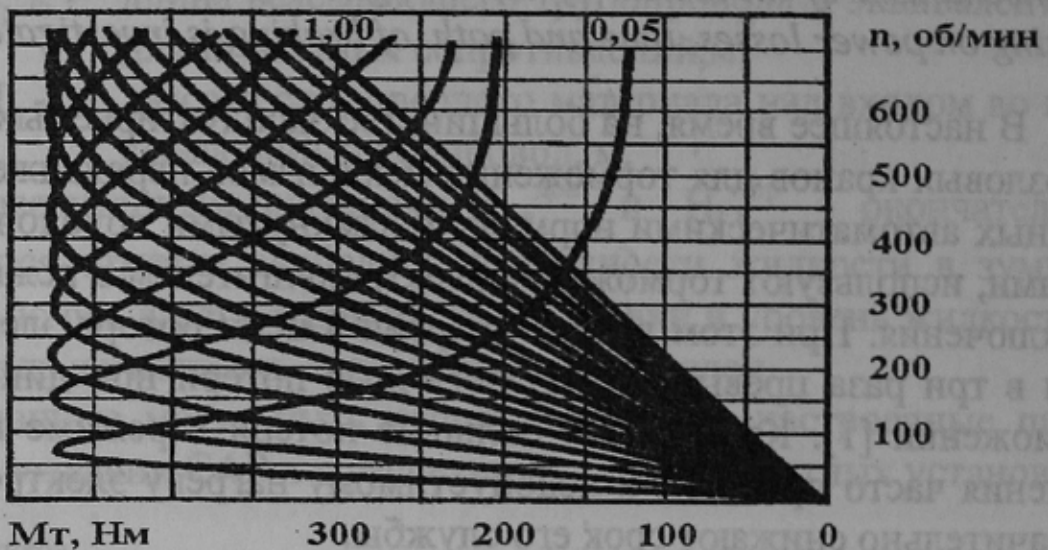


Рисунок 1 - Механические характеристики асинхронного двигателя с фазным ротором типа МТВ 411-8 в режиме динамического торможения при $I_b = 3I_{cx}$

По каждой из приведенных характеристик осуществлялось динамическое торможение мостового крана и определялись: потери энергии в обмотках статора и ротора электродвигателя механизма передвижения (ΔE_{np}), время торможения (t) и количество оборотов вала электродвигателя до полной остановки (n), прямо пропорциональное пути торможения крана.

Потери энергии в асинхронном электродвигателе, соответствующие переменным потерям мощности, при переходном процессе [1]

$$\Delta E_{np} = \Delta E_{np1} + \Delta E'_{np2}, \quad (1)$$

где ΔE_{np1} - потери энергии в обмотке статора при динамическом торможении

$$\Delta E_{np1} = I_s^2 \cdot r_s \cdot t, \quad (2)$$

I_s - постоянный ток возбуждения, потребляемый обмоткой статора при динамическом торможении; r_s - эквивалентное сопротивление (зависит от способа соединения обмотки статора при динамическом торможении); $\Delta E'_{np2}$ - потери энергии в обмотке ротора, в каждую фазу которого последовательно подключено добавочное сопротивление R_d

$$\Delta E'_{np2} = \Delta E_{np2} \cdot \frac{r_2}{r_2 + R_d}, \quad (3)$$

ΔE_{np2} - потери энергии в цепи ротора при динамическом торможении

$$\Delta E_{np2} = \frac{J \cdot \omega_0^2}{2} \cdot s_{нач}^2 - M_c \cdot \left(\omega_0 - \frac{\omega_{нач}}{2} \right) \cdot t, \quad (4)$$

J - момент инерции, приведенный к валу электродвигателя; ω_0 - угловая скорость вращения электромагнитного поля двигателя; $s_{нач}$ - начальное скольжение при $t=0$; M_c - момент сопротивления, приведенный к валу электродвигателя; $\omega_{нач}$ - начальная угловая скорость вращения вала электродвигателя при $t=0$.

Для определения времени торможения использовалось уравнение движения электропривода

$$M_T + M_c = -J \cdot \frac{d\omega}{dt}. \quad (5)$$

Каждая, механическая характеристика, представленная на рис. 1 была разбита на прямолинейные участки и интегрировалась по частям, а время торможения вычислялось по выражению

$$t = \sum_{i=1}^N \Delta t, \quad (6)$$

$$\Delta t = -\frac{J}{k_1} \int_{\omega_n}^{\omega_{n+1}} \frac{d\omega}{\omega + k_2} = -\frac{J}{k_1} \cdot \ln \left(\frac{\omega_{n+1} + k_2}{\omega_n + k_2} \right), \quad (7)$$

где

$$k_1 = \frac{M_{n+1} - M_n}{\omega_{n+1} - \omega_n}; \quad k_2 = \frac{(M_n + M_c) \cdot (\omega_{n+1} - \omega_n)}{M_{n+1} - M_n} - \omega_n,$$

M_n и M_{n+1} — моменты торможения электродвигателя соответственно в начале и в конце прямолинейного участка механической характеристики; ω_n и ω_{n+1} — угловые скорости электродвигателя соответственно в начале и в конце прямолинейного участка механической характеристики.

Количество оборотов вала электродвигателя за время торможения, в данном случае эквивалентное пути торможения крана, определялось по формуле

$$n = \frac{\varphi}{2 \cdot \pi} = \frac{\Delta t}{2 \cdot \pi} \left(\omega_n - \frac{\omega_n - \omega_{n+1}}{2} \right), \quad (8)$$

где φ — угол поворота вала электродвигателя.

Результаты расчета потерь энергии, времени торможения и числа оборотов двигателя в зависимости от вида механической характеристики в режиме динамического торможения представлены на рис. 2.

Анализ результатов исследования позволяет сделать следующие выводы. Поскольку наименьшие потери энергии в электродвигателе были получены при динамическом торможении по механической характеристике, с величиной относительного сопротивления обмотки ротора, равной 0.2, то указанная механическая характеристика является наиболее предпочтительной, с позиции энергопотребления.

Из графиков, приведенных на рис. 2, видно, что минимальные значения времени торможения и числа оборотов электродвигателя (характеризующего путь торможения крана) не совпадают. Так, минимальное время торможения получено при торможении по механической характеристике, имеющей R_p/R_{pn} , равное 0.2, а минимальное число оборотов двигателя до остановки (соответствующее пути торможения крана) по характеристике с R_p/R_{pn} , равным 0,25. Это объясняется тем, что своего максимального значения тормозной момент электродвигателя (и, следовательно, наибольшая интенсивность тор-

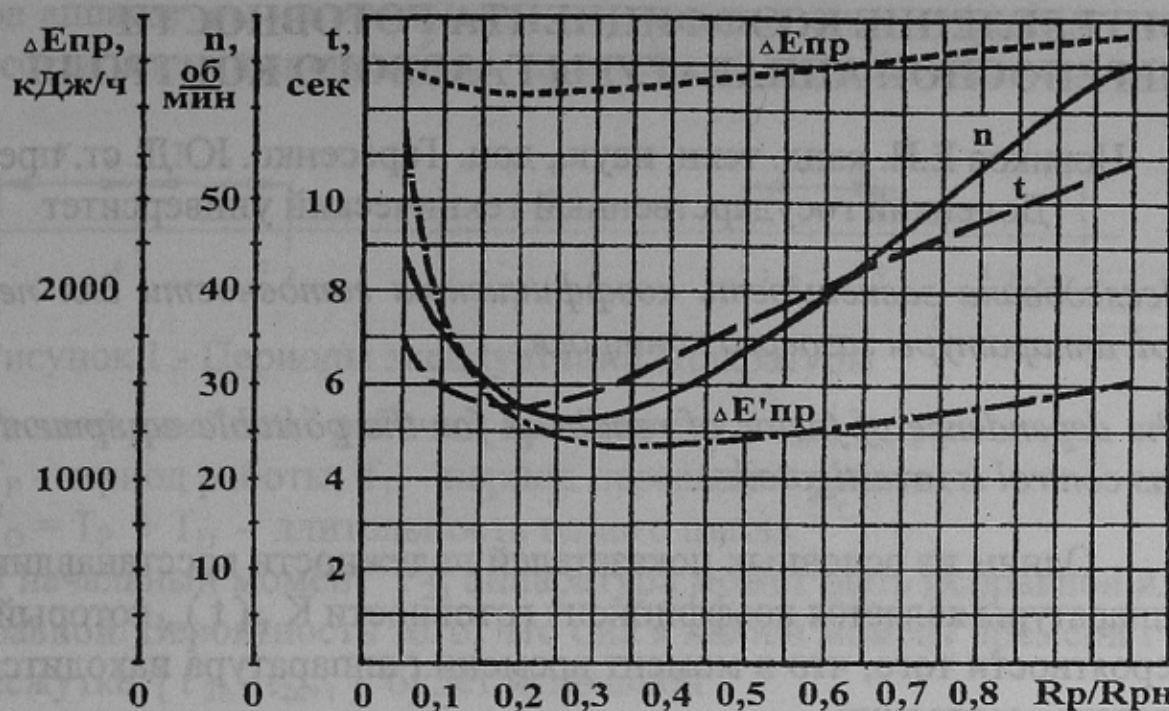


Рисунок 2 - Зависимость потери энергии в статоре и роторе, времени и пути торможения при динамическом торможении кранового асинхронного двигателя с фазным ротором типа МТВ 411-8 с учетом статического момента на валу двигателя

можения) достигает на разных частотах вращения при торможении по различным механическим характеристикам.

Следует отметить, что точка пересечения двух графиков - времени и числа оборотов электродвигателя соответствует минимуму кривой потерь энергии. Следовательно, наиболее целесообразной механической характеристикой при динамическом торможении механизмов передвижения мостовых кранов, является характеристика с относительным сопротивлением обмотки ротора, равным 0,2.

Список источников.

1. Борисов Ю.М., Соколов М.М. Электрооборудование подъемно-транспортных машин. - М.: Машиностроение, 1971.- 400 с.
2. Крановое электрооборудование: Справочник/ Алексеев Ю.В., Богословский А.П., Певзнер Е.М. и др.; Под ред. А.А. Рабиновича. - М.: Энергия, 1979.-240 с.
3. Неженцев А.Б. и др. Выбор оптимальной механической характеристики привода передвижения мостового крана в режиме динамического торможения. - Конструирование и производство транспортных машин. - Харьков: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1986. - вып. 18, с. 74-79.
4. Будиков Л.Я. Многопараметрический анализ динамики грузоподъемных кранов мостового типа. - Луганск: Изд-во ВУГУ, 1997.- 210 с.