

УДК 692.66:62-83

Бойко А.А., д.т.н.; Бойко Н.А.; Бесараб А.О.

Одесский национальный политехнический университет

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ПРИВОДНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛИФТОВЫХ ЛЕБЕДОК

Аннотация. *Описан выбор приводных двигателей лифтовых лебедок по методу эквивалентного момента. Предложено заменить реальный график разгона кабины лифта упрощенным расчетным с целью упрощения метода. Выполнен расчет и определены величины ошибки, подтверждающие правомерность предложенных допущений.*

Ключевые слова: лифт, лебедка, электродвигатель.

Анотація. *Описано вибір приводних двигунів ліфтових лебідок за методом еквівалентного моменту. Запропоновано замінити реальний графік розгону кабіни ліфта спрощеним розрахунковим з метою спрощення методу. Виконано розрахунок і визначена величина помилки, що підтверджують правомірність запропонованих припущень.*

Ключові слова: ліфт, лебідка, електродвигун.

Zusammenfassung. *Die Auswahl von Antriebsmotoren von Aufzugswinden wird durch das äquivalente Drehmomentverfahren beschrieben. Es wird vorgeschlagen, den Echtzeitplan für die Beschleunigung der Aufzugskabine durch eine vereinfachte Konstruktion zu ersetzen, um das Verfahren zu vereinfachen. Die Berechnung wird durchgeführt und die Fehlerwerte werden bestimmt, die die Gültigkeit der vorgeschlagenen Annahmen bestätigen.*

Stichwörter: Lift, Winde, Elektromotor.

Введение. Все требуемые статические и динамические режимы работы подъемного механизма лифта могут быть реализованы лебедками, посредством приводных двигателей и систем управления, обеспечивающих регулирование скорости и момента, реверс и тормозные режимы. Для функционирования лифтовых лебедок различных типов и конструктива необходимо обеспечить корректный выбор их двигателей [1,2].

Материал и результаты исследования. *Выбор мощности двигателя лебедки осуществляется по методу эквивалентного момента для работы в составе всех систем управления (кроме системы «Тиристорный преобразователь напряжения – асинхронный двигатель», для которой двигатель следует выбирать по методу эквивалентных потерь) [3]. Предварительно определяются значения статических усилий на ободу канатоведущего шкива и приведенные*

моменты на валу двигателя для каждой остановки кабины при подъеме и спуске [4].

Для определения эквивалентных динамических моментов при линейном изменении ускорения предлагается пользоваться выражениями среднеквадратичных величин ускорений, однако, расчеты можно упростить. Для этого предлагается действительный оптимальный график разгона (торможения) кабины заменить упрощенным расчетным, в котором линейно изменяется скорость при неизменном среднем значении ускорения E_{cp} , как показано на рис. 1.

$$E_{cp} = \frac{\omega_y}{t_n} \tag{1}$$

где ω_y - установившаяся угловая скорость; t_n - время переходного процесса, определенное по действительной диаграмме движения [5].

Для подтверждения правомерности замены фактического графика расчетным определяется ошибка, возникающая вследствие принятого упрощения.

Эквивалентный момент, определенный для фактической диаграммы (рис. 1,а) определяется [3]

$$M_{э1} = \sqrt{\frac{1}{t_n} \left[2 \int_0^{t_1} M_1^2(t) + \int_0^{t_1+t_2} M_1^2(t) dt \right]}, \tag{2}$$

где $M_1(t)$ и $M_2(t)$ – моменты на участках, соответственно, t_1 и t_2 .

$$M_1(t) = \varepsilon(t)I \tag{3}$$

$$M_2(t) = \varepsilon_{max}(t)I \tag{4}$$

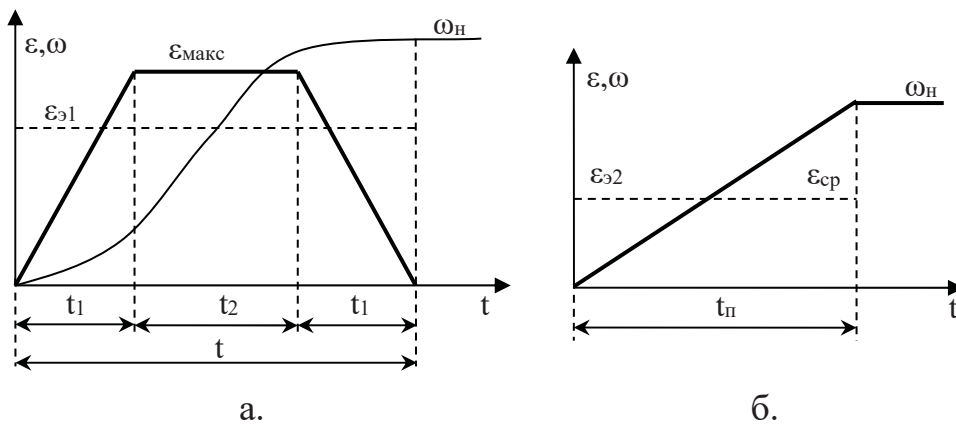


Рисунок 1 - Диаграммы пуска лебедки точная - а и упрощенная - б

Подставляя (3), (4) в (2)

$$M_{\varepsilon 1} = \varepsilon_{\max} I \sqrt{1 - \frac{4t_A}{3t_n}}, \quad (5)$$

Эквивалентный момент, определенный для расчетной диаграммы (рис. 1 б)

$$M_{\varepsilon 2} = \varepsilon_{\text{cp}} J \quad (6)$$

Отношение эквивалентных моментов

$$\frac{M_{\varepsilon 1}}{M_{\varepsilon 2}} = \frac{a_{\text{cp}}}{a_n} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{4t_A}{3t_n}}}, \quad (7)$$

Ошибка составляет

$$\Delta M_{\varepsilon} = \left(1 - \frac{M_{\varepsilon 2}}{M_{\varepsilon 1}} \right) 100\% \quad (8)$$

Очевидно, что максимальная ошибка будет иметь место при треугольной диаграмме движения ($t_2 = 0$) [5].

$$\Delta M_{\varepsilon, \max} = 1,73 \frac{\varepsilon_{\text{cp}}}{\varepsilon_n} \quad (9)$$

Для рассматриваемого диапазона скоростей перемещения кабины (0,5 – 10 м/с) ошибка не превышает $\Delta M_{\varepsilon, \text{cp}} = 21,0\%$. С ростом величины интервала времени t_2 ошибка уменьшается. Для фактических диаграмм значения ошибок приведены в табл. 1, из которой видно, что погрешность не превышает 15%. При расчете эквивалентного момента за полный цикл, когда учитываются времена движения с установившейся скоростью (0,5 – 2 м/с) и пауз, ошибка уменьшается до 3 – 7% и является вполне допустимой. Это подтверждает правомерность сделанных допущений.

Таблица 1 - Ошибки при расчёте динамических моментов по упрощенной методике при перемещении кабины на 3 этажа

$V_n, \text{ м/с}$	a_{cp}/a_n	$t_A, \text{ с}$	$t_n, \text{ с}$	$M_{\varepsilon 2}/M_{\varepsilon 1}$	$\Delta M_{\varepsilon}, \%$
1,5	0,666	0,666	1,5	0,893	10,7
2	0,598	0,666	1,67	0,874	12,6
2,8	0,675	0,666	2,07	0,893	10,7
4	0,685	0,666	2,48	0,855	14,5
6	0,685	0,666	2,48	0,855	14,5

Модуль среднего за время пуска и торможения динамического момента

$$|M_J| = J\varepsilon_{cp} \quad (10)$$

Подставляя в уравнения (2) - (4) конкретные значения статических моментов при подъеме и спуске, а также значение динамического момента согласно (10) определяется момент на валу двигателя лебедки в переходном процессе пуска и торможения. Например, при подъеме

$$M_{дв\ пп} = M_{Pi} + M_J \quad (11)$$

$$M_{дв\ пт} = M_{Pi} + M_J \quad (12)$$

Эквивалентный момент двигателя по условию нагрева

$$M_{\text{э}} = \sqrt{\frac{\left[\left(M_{дв\ пп}^2 + M_{дв\ пт}^2 \right) N_{вп} + \left(M_{дв\ сп}^2 + M_{дв\ ст}^2 \right) N_{вп} \right] t_{п} + \dots + M_{дв\ пу}^2 N_{вп} t_{пу} + M_{дв\ су}^2 N_{вп} t_{су}}{2t_{п} (N_{вп} + N_{вс}) + t_{пу} N_{вп} + t_{су} N_{вс} + t_0}} \quad (13)$$

Индексы ПП, ПТ, СП, СТ, ПУ, СУ обозначают соответственно: подъем-пуск, торможение; спуск-пуск, торможение; подъем, спуск-установившееся движение.

Составляющая подкоренного выражения, заключенная в квадратные скобки с учетом (10) и (11), может быть упрощена и преобразована к виду

$$2t_{п} \left[\left(M_{Pi}^2 + M_I^2 \right) N_{вп} + \left(M_{ci}^2 + M_I^2 \right) N_{вс} \right] \quad (14)$$

Мощность двигателя лебедки, кВт

$$P = \frac{M_{\text{э}} \omega}{1000} \quad (15)$$

где $M_{\text{э}}$ – эквивалентный момент, Нм; ω – угловая скорость, рад/с.

Выводы

Корректный выбор приводного двигателя лифтовой лебедки необходим для ее длительной и безопасной эксплуатации. Для выбора двигателей, работа, которых предусматривается в составе любой системы управления (кроме «ТПН-АД»), применяется расчетный метод эквивалентного момента. Метод можно упростить, путем замены реального графика разгона упрощенным расчетным, при этом максимальная ошибка по моменту не превышает 15%, а в большинстве конкретных случаев – 3-7 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ключев В.И. Теория электропривода: Учеб. Для вузов. 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1998. -704 с.
2. Бойко, А. А. Электромеханическое преобразование энергии в подъемных механизмах лифтов / А. А. Бойко, В. В. Булгар, Д. А. Ивлев // Науково-технічний та виробничий журнал «Підйомно-транспортна техніка». — Вып. 4 (40). — Одеса: ОНПУ, Підйомно-трансп. акад. наук України, 2013. — С. 28 — 36.
3. Андриющенко, О. А. Асинхронный электропривод скоростного пассажирского лифта / О. А. Андриющенко, Г. С. Липатов, А. Н. Семячкин // Електромашинобудування та електрообладнання. — № 40. — К.: Техніка, 1986. — С. 34.
4. Архангельский, Г. Г. Основы расчета и проектирования лифтов [учеб. пособ.] / Г. Г. Архангельский, А. А. Ионов. — М.: МИСИ, 1985. — 74 с.
5. Семенюк, В.Ф. Методика синтеза диаграмм движения подъемных механизмов пассажирских лифтов с учетом влияния упругих связей / В.Ф. Семенюк, А. А. Бойко, Н. В. Акчешаш // Науково-технічний та виробничий журнал «Підйомно-транспортна техніка». — Вып. 1 (41). — Одеса : ОНПУ, Підйомно-трансп. акад. наук України, 2014. — С. 41 — 48