

УДК 692.66:62-83

Семенюк В.Ф., д.т.н., Бойко А.А., к.т.н.

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕБЕДОК ПАССАЖИРСКИХ ЛИФТОВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ И ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Все ведущие производители лифтовых систем тщательно скрывает конкретную техническую информацию, ограничиваясь общими рекламными представлениями. Необходимые параметры энергетических показателей или отсутствуют, или имеют разрозненный характер. При обзоре свойств лебедок пассажирских лифтов разных производителей чаще всего встречаются выражения: "...внедрение данного технического решения привело к уменьшению потребления энергии на 35% или 45% или 90%" . Это не всегда информативно. Так как, как правило, сравнение выполняется производителем с предыдущим подобным образцом лифта именно этой компании. Но каждая компания-производитель выпускает большой перечень лифтов различных конструктивных исполнений, грузоподъемностей и скоростей. Каждая компания имеет свои традиции конструирования, использует разные материалы и закладывает разные запасы прочности. Массы подвижных частей лифтов - кабины, противовеса, двигателя, редуктора, шкивов, тросов и блоков, также разнятся. Характер и величина загрузки кабины лифта приводит к тому, что некоторое время электропривод может работать в генераторном режиме. При этом имеет существенное значение способ использования генерируемой энергии. И наконец, лифты устанавливаются в зданиях различного назначения, и величина потребляемой энергии напрямую зависит от параметров пассажиропотока и графика эксплуатации на протяжении интервалов времени - суток, недели, года [1].

Актуальной представляется задача, разработки не трудоемкой методики к комплексному анализу энергетики, подъемного механизма и электропривода лифта, в целом. Это даст возможность, с достаточной степенью точности, проводить объективную сравнительную оценку энергетической эффективности лебедок различного исполнения и различных производителей.

Если механизм подъема лифта и его электропривод рассматривать как сложную комплексную систему, то их энергетическую эффективность целесообразно рассчитывать при помощи энергетических диаграмм [2]. Что предусматривает разложение суммарной энергии, потребляемой из сети на отдельные составляющие, которые потребляются на приведение в движение кабины, груза, лебеди, двигателя, преобразователя и др. Это позволит

выявить наиболее затратные, с точки зрения потребления энергии, элементы и режимы работы лифта и корректно оценить степень влияния на них предлагаемых конструктивных решений.

Общую оценку энергетической эффективности лифта можно разделить на две части:

- общие показатели качества и эффективности преобразования энергии в статических и динамических режимах, которые можно принять как базовые (паспортные данные энергетической эффективности конкретного типа лифта) и выразить через значение КПД;

- оценка энергетической эффективности в виде потребляемой из сети энергии за определенный промежуток времени с учетом места размещения лифта и его графика нагрузки, согласно с пассажиропотоком.

Первая группа показателей позволяет объективно провести относительное сопоставление качеств лифтов различных производителей с одинаковыми параметрами скорости и грузоподъемности. Второй показатель, кроме рекламных функций, служит в качестве технико-экономического показателя эксплуатации лифта.

Для расчета указанных энергетических показателей можно применять несколько методов [2,3]:

- аналитические упрощенные расчеты;
- математическое моделирование с максимальным учетом параметров и особенностей всех элементов лифта и особенностей пассажиропотока;
- экспериментальные статистические исследования потребляемой энергии, с учетом деления на силовую часть, автоматику, освещение.

Для первой группы показателей важнейшим и объективным, при сопоставлении энергетической эффективности вариантов, является коэффициент полезного действия механизма подъема лифта в целом. Для анализа можно рекомендовать учитывать два режима: режим установившегося движения с номинальной скоростью и динамический режим пуска, поскольку каждый из них имеет различное математическое описание [3].

Установившийся режим движения. В данном случае, полезной является мощность, которая тратится на перемещение груза с заданной скоростью с учетом действия противовеса и КПД всех преобразователей энергии. Для однозначности предлагается использовать номинальные значения скорости, массы груза при подъеме и номинальные данные КПД отдельных составляющих лифта (двигатель, редуктор, канатная передача и т.д.). Тогда полезная мощность лифту в номинальном режиме будет определяться

$$P = V_{\text{кн}} \cdot k_y \cdot m_{\text{вн}} \cdot g, \quad (1)$$

где $V_{\text{кн}}$ – номинальная скорость кабины, м/с;

$m_{\text{вн}}$ – номинальная масса груза, кг;

$$k_y = \frac{m_{\text{п}} - m_{\text{к}}}{m_{\text{вн}}},$$

- коэффициент уравнивания груза ($m_{\text{п}}$, $m_{\text{к}}$ – массы противовеса и кабины, соответственно, кг), по умолчанию $k_y=0,5$ [1];

g – ускорение свободного падения, м/с².

Мощность, которая потребляется из сети с учетом допущения, определяется [2]

$$P_1 = \frac{P}{\eta_{\text{нп}} \eta_{\text{дв}} \eta_{\text{р}} \eta_{\text{кп}}}, \quad (2)$$

где $\eta_{\text{нп}}$, $\eta_{\text{дв}}$, $\eta_{\text{р}}$, $\eta_{\text{кп}}$ – номинальные значения коэффициентов полезного действия полупроводникового преобразователя, двигателя, редуктора, канатной передачи, соответственно.

Допущение заключается в учете только номинальных значений КПД преобразователей энергии, принимая во внимание, что рассматривается режим подъема груза номинальной массы.

Таким образом, КПД лифта в установившемся режиме

$$\eta_y = \frac{P}{P_1} 100\%. \quad (3)$$

Динамические режимы работы. Их энергоэффективность можно оценить через усредненный КПД процесса пуска (или цикла пуск-торможение при перемещении на один этаж). Полезная энергия процесса пуска состоит из кинетической энергии, накопленной массой груза и работы силы веса груза во время разгона. Здесь, как и в установившемся режиме, для однозначности можно использовать номинальный вес груза и номинальную скорость в режиме подъема. Время и путь при пуске рассчитывается по упрощенным выражениям с учетом только ограничение ускорения. Лифты с управляемым электроприводом гарантировано обрабатывают заданные кинематические параметры [3,4], при этом время и путь разгона можно определить по выражениям

$$t_n \approx \frac{V_n}{a_n}; \quad h_n \approx \frac{V_n \cdot t_n}{2}. \quad (4)$$

При применении неуправляемого электропривода, время и путь при пуске могут быть рассчитаны при помощи пускового момента приводного двигателя, или для упрощения можно так же допустить, что пуск происходит с заданными параметрами ускорения [4].

Кинетическая энергия груза

$$W_B = \frac{m_{вн} V_n^2}{2}. \quad (5)$$

Работа по перемещению груза за время пуска

$$A_B = k_y \cdot m_{вн} \cdot g \cdot h_n. \quad (6)$$

Энергия, которая потребляется из сети, состоит из общей кинетической энергии, накопленной системой и полезной работы по перемещению груза (3.6). При расчетах необходимо учитывать, что составляющие механизма подъема лифта находятся на разной «удаленности» от источника питания, что обуславливает разное количество степеней преобразования энергии. Так кинетическая энергия масс, движущихся поступательно, преобразуется, через тросовую передачу, редуктор, двигатель, полупроводниковый преобразователь. А кинетическая энергия двигателя, шкива электромагнитного тормоза, редуктора преобразуется, только через двигатель и полупроводниковый преобразователь. Поэтому при расчетах необходимо учитывать КПД соответствующих устройств. Для удобства и наглядности расчетов все инерционности приводятся к скорости кабины, т.е. выражаются через массы. Энергия, потребляемая из сети [2]

$$A_1 = \frac{A_B}{\eta_{пп} \eta_{дв} \eta_p \eta_{кп}} + \frac{V_n^2 (m_{вн} + m_k + m_n + m_{квш} + \sum m_{бл})}{2 \eta_{пп} \eta_{дв} \eta_p \eta_{кп}} + \frac{V_n^2 (m_p + m_{дв} + m_{емг})}{2 \eta_{пп} \eta_{дв}} \quad (7)$$

Выражение $\sum m_{\text{бл}}$ определяет сумму масс всех блоков тросовой передачи. Усредненный коэффициент полезного действия механизма подъема лифта в динамическом режиме пуска

$$\eta_{\text{л.дин}} = \frac{W_{\text{в}} + A_{\text{в}}}{A_1} . \quad (8)$$

ВЫВОДЫ:

Предложенная методика позволяет рассматривать механизм подъема и электропривод лифта как единую комплексную систему, появляется возможность проанализировать влияние каждой его составляющей на общую энергетическую эффективность, определить «слабые звенья» в этом вопросе. В работах [3,4] приведен подробный анализ, который убедительно доказывает эффективность предложенной методики. Ее недостатком можно считать небольшую точность расчетов в динамических режимах, поскольку КПД всех преобразователей не постоянны, а зависят от текущей загрузки кабины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лифты. Учебник для вузов / под общей ред. Д. П. Волкова. - М.: изд-во АСВ, 1999.- 480с.
2. Ключев В.И. Теория электропривода: Учеб. Для вузов. 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1998. -704 с.
3. Андриященко О.А., Бойко А.О., Бабийчук О.Б. Анализ энергетической эффективности электроприводов пассажирских лифтов // Вісник НТУ «ХП». Випуск 28. “Проблеми АЕП. Теорія і практика”, 2010. – С. 503 – 504.
4. Андриященко О.А., Семенюк В. Ф., Бойко А.О., Кнюх А.Б. Совершенствование энергетических показателей лифтовых лебедок. Критический анализ мировых достижений. Научно-технический и производственный журнал Подъемные сооружения. Специальная техника. 2012 №11 (129). С. 26-29.