

РАСЧЕТ РЕКУПЕРИРУЕМОЙ ЭНЕРГИИ ПРИВОДОВ ЛИФТОВ

Для лифтов, из-за частых циклов и высокой энергии торможения в приводах можно использовать генераторный способ торможения, заключающийся в том, что преобразователь с необходимой скоростью уменьшает выходную частоту до требуемого значения. При этом двигатель превращается в генератор, преобразующий кинетическую энергию вращения в электрическую.

Как известно большая часть энергии привода лифта затрачивается на перемещения кабины с грузом, пустой кабины и противовеса, а также на различные комбинации частично загруженной кабины. Энергия расходуется, когда полностью загруженная кабина движется вверх или когда слегка загруженная кабина движется вниз [1].

Когда малонагруженная кабина движется вверх или нагруженная кабина спускается вниз, двигатель можно использовать как генератор, вырабатывая электричество в сеть [1,3].

В зависимости от типа выпрямляющего устройства энергия возвращается в первичную сеть либо накапливается в контуре преобразователя частоты. Во втором случае и в случае нагрузки с большим моментом инерции для рассеивания энергии требуется применение внешнего тормозного сопротивления, подключение которого при возникновении опасного перенапряжения в промежуточном контуре преобразователя осуществляет специальная контролирующая схема. Таким образом, преимуществом генераторного торможения является предсказуемое время и плавность останова, высокий тормозной момент. Недостаток же заключается в том, что энергия выделяется в преобразователе, и в случае быстрого торможения или большого момента инерции, нагрузки на преобразователь существенные, и для избежания перегрева встроенного резистора контура постоянного тока преобразователя – необходимо использовать внешнее сопротивление. В результате энергия уходит на нагрев тормозного модуля (до температуры 100°C и выше), что является неприемлемым как с экономической, так и технической точки зрения (требуют обязательную защиту от попадания пыли и влаги, а также систему охлаждения) [2]. Поэтому функция рекуперации энергии в сеть может сэкономить электроэнергию, которую можно отдавать в сеть здания, жилого дома или рядом установленным лифтам. Фактически, полностью нагруженная кабина лифта, движущаяся вниз, может передавать

значительную долю энергии соседнему лифту, работающему на подъем. Количество экономии энергии зависит от разных факторов, таких как загрузка кабины, скорость, высота подъема.

Приведем расчет энергии, которую возможно вернуть в сеть.

Величина максимальной тормозной мощности определяется выражением:

$$P_{\text{торм,мах}} = M \cdot \omega,$$

где M – вращающий момент, Нм

ω – угловая скорость вала электродвигателя, 1/с,

Расчет энергии производится для каждого тормозного процесса, особенно если частота и момент различны.

При торможении с постоянным крутящим моментом энергия рассчитывается по формуле:

$$W_{\text{торм}} = \frac{1}{2} \cdot P_{\text{торм,мах}} \cdot t_{\text{торм}},$$

где $t_{\text{торм}}$ – время торможения, с

Энергия при торможении загруженной кабины лифта, которая движется вниз, будет равна:

$$W_{\text{торм}} = P_{\text{торм}} \cdot t_{\text{торм}}$$

Для каждого тормозного процесса высчитывается энергия торможения, затем эти энергии складываются и делятся на время цикла:

$$\bar{P} = \frac{\Sigma W_{\text{торм}}}{T} \quad (1)$$

Явление рекуперации.

Обратное питание представляет единственную альтернативу тормозному сопротивлению. Обратное питание (возвращение энергии) происходит при помощи преобразователя (рис. 1.)

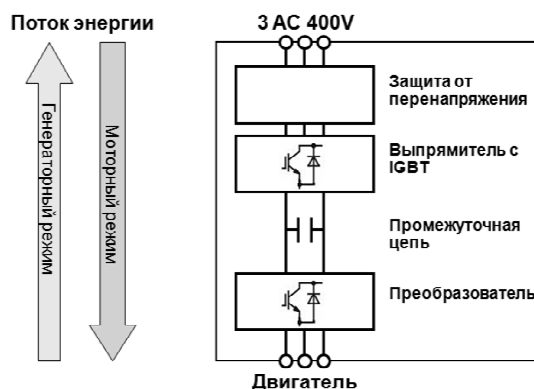


Рис.1. Схема подачи (возврата) энергии

Рассмотрим методику расчета рекуперации энергии для пассажирского лифта. Здесь стоит учесть, что лифт может работать в разных режимах (с разной степенью загрузки), для расчета примем случай, когда нагрузка на электродвигатель будет максимальна, следовательно, и величина возвращаемой энергии будет также максимальна.

В методике расчета будут использованы следующие величины:

Максимальная высота подъема кабины лифта	s
Максимальная скорость	v_{max}
Максимальное ускорение	a
Время ожидания (загрузка-разгрузка, открытие-закрытие дверей)	$t_{ожид}$
Масса кабины лифта	$m_{кабин}$
Максимальная масса груза	$m_{г}$
Масса противовеса	$m_{против}$
Радиус канатопроводящего шкива	$r_{шкив}$
Ширина шкива	l
Масса каната	$m_{канат}$
Трение в направляющих кабины в шахте	F_{Rc}
Трение в направляющих противовеса в шахте	F_{Rp}
Передаточное отношение редуктора:	i
Момент инерции тормозного шкива	J_G
Момент инерции ротора двигателя	J_p
КПД:	η
Необходимое время на ускорение двигателя:	

$$t_{ускор} = \frac{v_{max}}{a}$$

Пройденное расстояние при ускорении:

$$s_{ускор} = \frac{1}{2} v_{max} \cdot t_{ускор}$$

Для тормозного процесса используются те же зависимости, что при ускорении, с учетом количества скоростей лифта.

Оставшееся расстояние при движении с постоянной скоростью:

$$s_{пост} = s - (s_{ускор} - \sum s_{торм})$$

Время движения с постоянной скоростью:

$$t_{пост} = \frac{s_{пост}}{v_{max}}$$

Момент инерции канатопроводящего шкива:

$$J_{КВШ} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \pi \cdot l \cdot r^4$$

Момент инерции всех компонентов на выходе передаточного механизма:

$$J_{вых} = J_{лин.масс} + J_{КВШ}$$

Момент инерции, приведенный к валу двигателя:

$$J_{вал} = \frac{1}{i^2} \cdot J_{вых} + J_G$$

Вращающие моменты.

Момент при ускорении:

$$M_{ускор} = \frac{1}{\eta} \cdot \frac{(J_{дв} + J_{вал}) \cdot n_{max}}{9,55 \cdot t}$$

Тормозной момент:

$$M_{торм} = \eta \cdot \frac{(J_{дв} + J_{вал}) \cdot n_{max}}{9,55 \cdot t}$$

Момент силы трения:

$$M_{R,сопротив} = (F_{Rc} + F_{Rp}) \cdot r_{шкив}$$

$$M_R = \frac{1}{i} \cdot \frac{1}{\eta} \cdot M_{R,сопротив}$$

Момент от веса поступательных масс (кабины, противовеса, канатов, груза):

$$F_{G,i} = m_i \cdot g$$

$$M_{Hi} = \frac{1}{i} \cdot \frac{1}{\eta} \cdot F_{G,i} \cdot r_{шкив}$$

Определение эффективного крутящего момента:

$$M_{эфф} = \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_1 + M_2^2 \cdot t_2 \dots}{t_1 + t_2 + \dots}}$$

Далее выбирается преобразователь частоты переменного тока.

Эффективный ток рассчитывается по формуле:

$$I_{эфф} = \frac{M_{эфф}}{k_{Tn}}$$

В соответствии с полученным значением выбирается преобразователь.

$$I_{max,U} = 1,6 \cdot I_{n,U}$$

$$I_{max,двиг} = \frac{M_{max}}{k_{Tn}}$$

Проверка способности перегрузки, должно выполняться требование:

$$I_{max,U} \geq I_{max,двиг}$$

Средняя тормозная мощность:

$$P_D = \frac{\Sigma W_{торм}}{T} = \frac{\frac{1}{2} P_{max,вниз} \cdot t_{ускор} + P_{пост} \cdot t_{пост} + \frac{1}{2} P_{max,торм} \cdot t_{торм}}{T}$$

Эта средняя тормозная производительность определяет возвращаемую мощность для механизма подъема рассматриваемого лифта.

Для наглядности приведем несколько величин для пассажирского лифта ПП – 404 (Могилевлифтмаш).

таблица 1

Грузоподъемность, кг	500
Скорость движения, м/с	1
Высота подъема, м	42,9
Масса кабины, кг	850
Масса противовеса, кг	1050
Радиус канатоведущего шкива, м	0,465
Мощность электродвигателя, кВт	7/1,75
Передаточное число редуктора	48,9

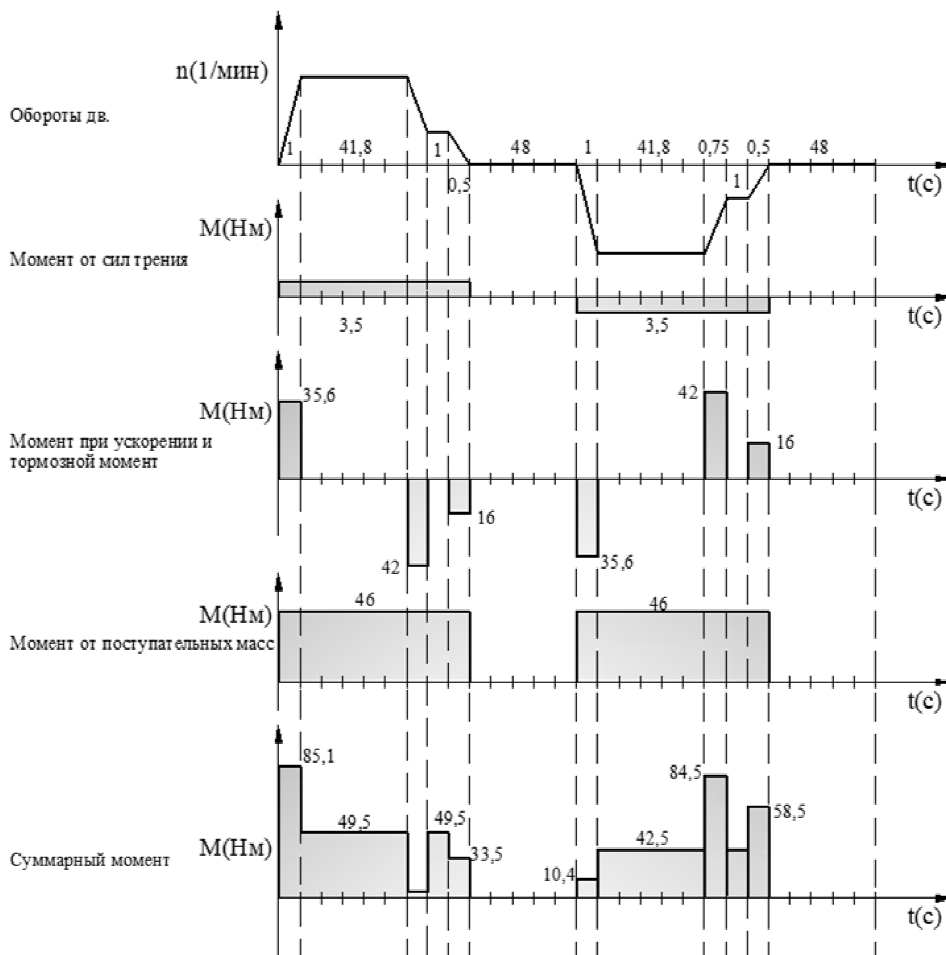


Рис. 2. Диаграмма крутящих моментов для механизма подъема лифта.

На рис.2. показаны крутящие моменты при разных этапах работы привода лифта. Из величины суммарного момента находим эффективный крутящий момент (для нашего лифта $M_{эфф} = 50$ Нм). По величине эффективного момента рассчитываем максимальный ток и выбираем преобразователь. С помощью преобразователя тормозная мощность будет рекуперироваться в сеть (зависимость 1). Величина тормозного момента и возвращаемой мощности показана на диаграмме рис.3.

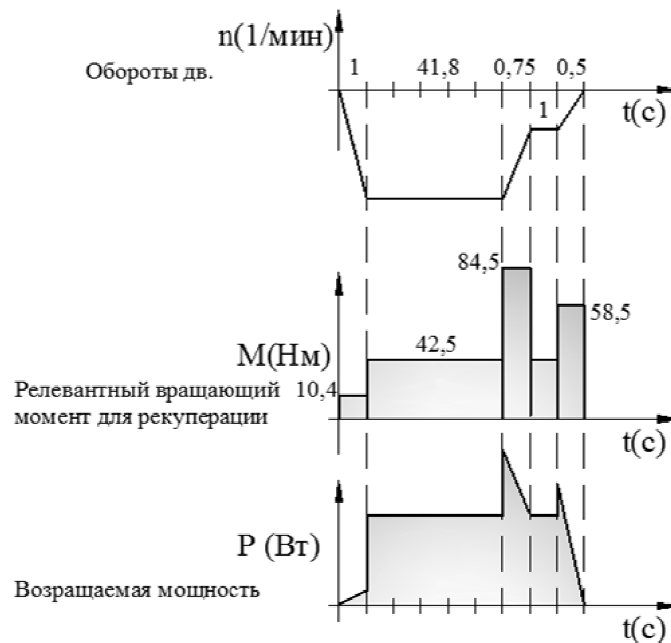


Рис. 3. Расчет возвращаемой мощности (рекуперация)

$$P_D = \frac{\sum W_{\text{торм}}}{T} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 1092 \cdot 1 + 4462 \cdot 41.8 + \frac{1}{2} \cdot 88872 \cdot 0.75 + 1115 \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot 1536 \cdot 0.5}{45.05} = 4260 \text{ Вт}$$

$P = 4260$ Вт – количество энергии возвращаемое в сеть при торможении загруженной кабины лифта, движущейся с верхнего этажа вниз.

Вывод

Предложенный метод энергосбережения является универсальным и может найти применение в лифтах различного целевого назначения, использующих электропривод. Он позволяет снизить затрачиваемую лифтовым парком энергию, а следовательно, уменьшает затраты на эксплуатацию лифтов, что актуально как для производственных машин так и для лифтов коммунального хозяйства. Причем, большая часть процесса торможения будет осуществляться электродвигателем, а механический тормоз будет использоваться в экстренных случаях и для удержания лифта на этаже.

Анализ вышеизложенного материала позволяет утверждать, что данная методика будет особенно актуальна для зданий оборудованных не одним лифтом, а лифтовым комплексом с высокой загрузкой (например, сеть лифтов в больших бизнес центрах). В данном случае лифты, входящие в режим рекуперации могут отдавать энергию

соседним лифтам, которые в данный момент совершают работу с затратами энергии.

Приведенная методика расчета позволяет определить энергию, которая затрачена на эффективную работу и подобрать рекуперирующее оборудование для любого электрического двигателя. Результаты также достаточно легко внедрить в уже существующие модели лифтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Яновский. Проектирование механического оборудования лифтов. Третье издание: - М.: Издательство АСБ, 2005г.
2. SIEMENS Информация по продуктам. Компоненты для комплексной автоматизации. 2005.
3. Статья. «Отис: лифт, который генерирует энергию». Лифт. №3, 2010г. Стр 27-29.