

УДК 692.66:62-83

Бойко А.А., к.т.н.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ РЕКУПЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ В ЛИФТОВЫХ ПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМАХ

Режим рекуперативного торможения механизмов характеризуется максимальной энергетической эффективностью и актуален для применения в тех системах, где он может быть реализован. Проанализируем возможности перехода лифтового подъемного механизма в режим рекуперативного торможения.

Различаем режим генерации электрической энергии, который характерен для всех тормозных режимов двигателя, и режим рекуперации, при котором электрическая энергия может передаваться в питающую сеть. Эти два режима не всегда эквивалентны. Например, торможение и генерация электрической энергии выполняется, а условия для рекуперации могут отсутствовать [1]. Проведем анализ при допущении, что коэффициент полезного действия (КПД) всех преобразователей энергии это постоянная величина равная номинальному значению.

В установленном режиме, рекуперация энергии возможна, если мощность активных сил превышает суммарные потери мощности [1]. Например, в режимах спуска нагруженной кабины или подъема пустой кабины. Здесь нужно учитывать реактивный характер всех сил и моментов потерь. Рекуперация может выполняться только в том случае, если сумма составляющих активной силы тяжести будет превышать сумму потерь, вызванных реактивными силами, т.е. когда появляется избыточная энергия. Так, для неуправляемого редукторного электропривода с большими потерями, рекуперация при спуске возможна только тогда, когда масса груза приближается к номинальной, или превышает ее. В большинстве других вариантах загрузки кабины, электропривод будет работать в двигательном режиме. В управляемом безредукторном электроприводе рекуперация возможна при небольших ребалансах сил тяжести кабины с грузом и противовеса.

В динамических режимах, если объем кинетической энергии принять за единицу, то при пуске, из сети потребляется энергия, равная [2]

$$A_{\text{п}} = 1/\eta, \quad (1)$$

а потери энергии в преобразователях энергии будут определяться

$$\Delta A_{\text{п}} = 1/\eta - 1, \quad (2)$$

η – результирующий КПД подъемного механизма лифта, о.е.

При торможении в сеть отдается энергия $A_T = \eta$, а потери определяются

$$\Delta A_T = 1 - \eta. \quad (3)$$

Можно вычислить такое граничное значение КПД подъемного механизма $\eta_{гр}$, при значениях меньших которого, рекуперация энергии в цикле «пуск – торможение» будет не возможна. Это случай, когда сумма потерь энергии при пуске и при торможении равняется кинетической энергии

$$\eta_{гр}^2 + \eta_{гр} - 1 = 0 \quad (4)$$

откуда значение граничного КПД *составляет 0,618*. При этом значении КПД, в цикле «пуск – торможение» из сети потребляется энергия, равная кинетической энергии накопленной в системе, а кинетическая энергия, которая отдается при торможении, компенсирует потери энергии. Если коэффициент полезного действия будет больше этого граничного значения $\eta_{гр}$, то рекуперация энергии возможна, и из сети потребляется меньший объем энергии. При значениях КПД меньших $\eta_{гр}$ рекуперация невозможна, а из сети потребляется энергия, большая кинетической энергии.

Здесь нужно также учитывать «расстояние» определенного элемента механизма подъема лифта от питающей сети. Так, лебедка «соединена» с сетью посредством электромеханического преобразователя с КПД, например $\eta_{дв} = 0,9$, и полупроводникового преобразователя, с достаточно большим КПД $\eta_{инв} = 0,97$ [3]. Общий КПД системы составляет 0,873. Поэтому в цикле накопления и отдачи кинетической энергии ротором двигателя потери энергии не только компенсируются, но и некоторая часть энергии может рекуперироваться в сеть. Для элементов механизма подъема, которые находятся «дальше» от сети, а это - груз, кабина и противовес, общее значение КПД может оказаться таким, что исключит возможность рекуперации. Например, КПД механизма подъема с редукторной лебедкой и частотно - управляемым электроприводом $\eta_{кп}\eta_{р}\eta_{дв}\eta_{инв} = 0,95 \cdot 0,75 \cdot 0,9 \cdot 0,97 = 0,622$, находится на границе возможного условия рекуперации. Для редукторного лифта с неуправляемым двухскоростным двигателем суммарный КПД менее 0,618, а рекуперация отсутствует, что подтверждается и экспериментами и математическим моделированием [4]. Для безредукторной лебедки лифта КПД $\eta_{кп}\eta_{дв}\eta_{инв} = 0,95 \cdot 0,81 \cdot 0,97 = 0,746$ при этом, рекуперация части накопленной кинетической энергии возможна [3,5].

Выводы. Приведенный анализ возможностей рекуперации отдельными элементами лифтового подъемного механизма подтвержден практическими исследованиями, однако является качественным и приближенным. Количественный вывод относительно возможностей рекуперации электромеханической системы лифта, следует делать только после сведения суммарного баланса энергии всех ее составляющих.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ключев В.И. Теория электропривода: Учеб. Для вузов. 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1998. -704 с.
2. Теория автоматизированного электропривода; Учеб. пособие для вузов / Чиликин М. Г., Ключев В. И., Сандлер А. С. — М.: Энергия, 1979. — 616 с, ил.
3. Лифты. Учебник для вузов / под общей ред. Д. П. Волкова. - М.: изд-воАСВ, 1999.- 480 с.
4. Андриющенко 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.
5. Афонин И.В., Родионов Р.В. Исследование энергоэффективности безредукторного лифтового привода // Лифт № 9, 2009. - С. 19-22.