

УДК 62.83

**Е. А. Смотров**, канд. техн. наук,  
**В. В. Субботин**

### РЕКУПЕРАТОР ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЛИФТА

***Аннотация.** В работе акцентировано внимание на совершенствование энергетических характеристик лифтов, рассмотрены основные способы использования рекуперированной энергии. Предлагается использование двунаправленного преобразователя, подключаемого непосредственно к комплектному преобразователю частоты. Описан возможный алгоритм работы устройства. Приведены также экспериментальные данные исследования потребления активной энергии электропривода лифта с контакторным управлением.*

***Ключевые слова:** лифт, электропривод, рекуперация, суперконденсатор, активная мощность, преобразователь постоянного тока в постоянный ток, эффективность*

**E. A. Smotrov**, PhD.,  
**V. V. Subbotin**

### RECUPERATOR OF THE ELECTRIC DRIVE OF THE LIFT

***Abstract.** In this paper attention is focused on improving the energy performance of elevators, the basic ways of using the recuperated energy. Author proposes the use of a bidirectional DC / DC converter that plugs directly to the complete drive, describes a possible algorithm of the proposed device. Also shows the experimental data from a study of consumption of active energy electric elevator with contactor control.*

***Keywords:** specific energy consumption, electric vehicles, electric drive, motor-wheel, energy, energy loss, optimum, direct current to direct current converter, traffic conditions, efficiency*

**Є. О. Смотров**, канд. техн. наук,  
**В. В. Суботін**

### РЕКУПЕРАТОР ЕЛЕКТРОПРИВОДА ЛІФТА

***Анотація.** В роботі акцентовано увагу на вдосконаленні енергетичних показників ліфтів, розглянуті основні способи використання енергії, що регенерується. Пропонується використання двонаправленого перетворювача електричної енергії, що підключається безпосередньо до комплекту перетворювача частоти. Наведені також експериментальні дані споживання активної енергії електропривода ліфта із контакторним керуванням.*

***Ключові слова:** ліфт, електропривод, рекуперация, суперконденсатор, активна потужність, перетворювач постійного струму у постійний струм, ефективність*

**Введение.** Работа посвящена одному из направлений совершенствования энергетических характеристик лифтов [1] – оптимизации их энергопотребления. Речь идет о проработке целесообразности рекуперации энергии при переходе электропривода лифта в генераторный режим.

Общемировой тенденцией является применение регулируемых электроприводов с использованием силовой преобразовательной техники в механизмах с частыми пусками, в том числе и в лифтах. Достаточно частым также является применение регулируемого электропривода с полупроводниковым преобразователем в механизме открывания дверей кабины/шахты, обеспечивающее большую надежность в эксплуатации и более высокую защищенность в аварийных ситуациях.

Управляемые пуск и торможение кабины повышают комфортность передвижения, снижают динамическую нагрузку на питающую сеть, механическую часть лифта и уровень потребляемой электроэнергии. Рекуперированная энергия, выделяемая при переходе электропривода в генераторный режим, требует принятия специальных мер для защиты силовой цепи преобразователя от перенапряжения.

Самый простой и, соответственно, самый неэффективный способ состоит в установке балластных резисторов с разрядным ключом. При таком решении рекуперированная энергия безвозвратно теряется в этих резисторах. Альтернативным решением является установка рекуператоров – активных выпрямителей с рекуперацией энергии – инверторов, ведомых сетью. Модули рекуперации выпускаются на тормозную мощность от

© Смотров Е.А., Субботин В.В., 2014

7 до 500 кВт фирмами Siemens (Германия), АВВ (Швеция), Shneider Electric (Франция), ОАО «ЧАЭЗ-ЭЛПРИ» (Россия) и др.

**Целью работы** является использование преимуществ электроприводов систем вертикального транспорта на базе асинхронных двигателей с преобразователями частоты и рекуператором с суперконденсаторами в звене постоянного тока.

### **Материалы исследования**

Оценить энергетические затраты на эксплуатацию лифта достаточно сложно, так как обычно электрооборудование лифта подключено к общедомовой сети. Однако имеются данные о ежегодном расходе электроэнергии при эксплуатации лифтового оборудования в Москве. Так, в [6] упоминается, что лифтовый парк составляет более 100000 лифтов, на который приходится около 2 млрд. кВт·ч, то есть около 1600 кВт·ч на один лифт в месяц. Еще сложнее оценивается потенциал рекуперлируемой электроэнергии системы. Именно этот потенциал и является основой для принятия обоснованного решения о целесообразности создания и/или применения того или иного вида системы рекуперации.

Основная сложность адекватности теоретической оценки заключается в выборе описания режима, близкого к реальному режиму эксплуатации. Использование энергетических диаграмм [1] при разложении потребленной энергии на составляющие, расходуемые на приведение в движение груза, механической части лифта и электропривода, позволяет выявить наиболее затратные элементы и режимы, но не может ответить на поставленный выше вопрос оценки потенциала рекуперации системы. Кроме того, использование усредненных значений коэффициента полезного действия редуктора и канатной передачи с учетом потерь на трение кабины и противовеса о направляющие зачастую дает результаты, очень далекие от экспериментальных данных.

Были проведены измерения энергии пассажирского редукторного лифта грузоподъемностью 300 кг в пятиэтажном здании. Лифт имеет контакторное управление, оборудован двухскоростным асинхронным двигателем АС82-6/24, 7/1,75 кВт, 1000/250

об/мин. Измерения всех возможных режимов загрузки для обоих направлений движения с помощью комплекса РСЕ-360 показало практически полное отсутствие рекуперлируемой энергии, хотя предварительные расчеты по методике [1] дали положительный результат. Скорость движения кабины составляет 1,0/0,25 м/с.

Осциллограммы активной мощности характерных режимов движения представлены на рис. 1.

Для шестнадцати этажных зданий, оборудованных контакторной станцией, при скоростях движений порядка 1 м/с возможна рекуперация, что подтверждается экспериментальными данными (рис. 2, а). Однако при небольшой загрузке кабины она отсутствует приходится на 100 с, а окончание на 150 с (рис. 2, б). Мощность при рекуперации составляет порядка 300 – 400 Вт (с учетом покрытия расхода мощности потребления на цепи питания). Соответственно применение рекуперационной системы в лифтах с червячным редуктором и контакторным управлением зачастую нецелесообразно.

При использовании в составе электропривода (ЭП) лифта преобразователя частоты (ПЧ) рекуперация может быть как значительной, так и полностью отсутствовать (при прочих равных) – это объясняется уровнем потерь в редукторе.

Так были проведены измерения энергии пассажирского лифта ПП-040-6М грузоподъемностью 400 кг в двадцати четырехэтажном здании для всех возможных режимов движения. Электропривод лифта включает в себя станцию управления УЛ 30Ж-024, ПЧ OMRON L7 WARISPEED, разрядный резистор БН-0,4 (24,5 Ом), асинхронный электродвигатель АТМ 100L-4/16G 7,5 кВт, 1380/325 мин<sup>-1</sup>. Скорость движения кабины 1,6 м/с.

Работа разрядного резистора для статического режима движения наблюдалась только в режимах подъема пустой кабины и подъема одного пассажира (рисунки 3; 4; 5 и 6). На рис. 3, а процесс подъема длится с 100-й по 150-ю сек, на рис. 3, б – с 310-й по 380-ю сек, и характеризуются практически полным отсутствием потребляемой мощности.

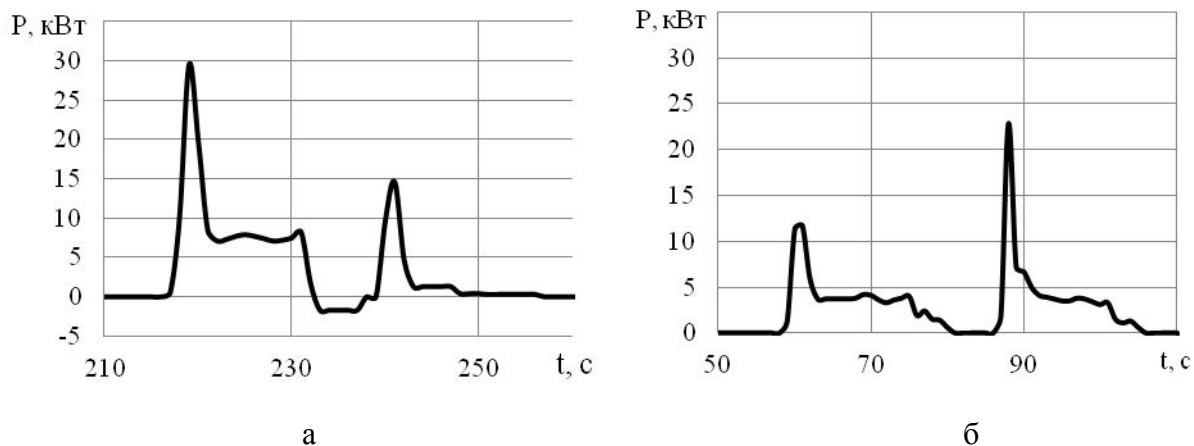


Рис. 1. Осциллограммы активной мощности при спуске и подъеме кабины: с четырьмя пассажирами (а) и пустой кабины (б)

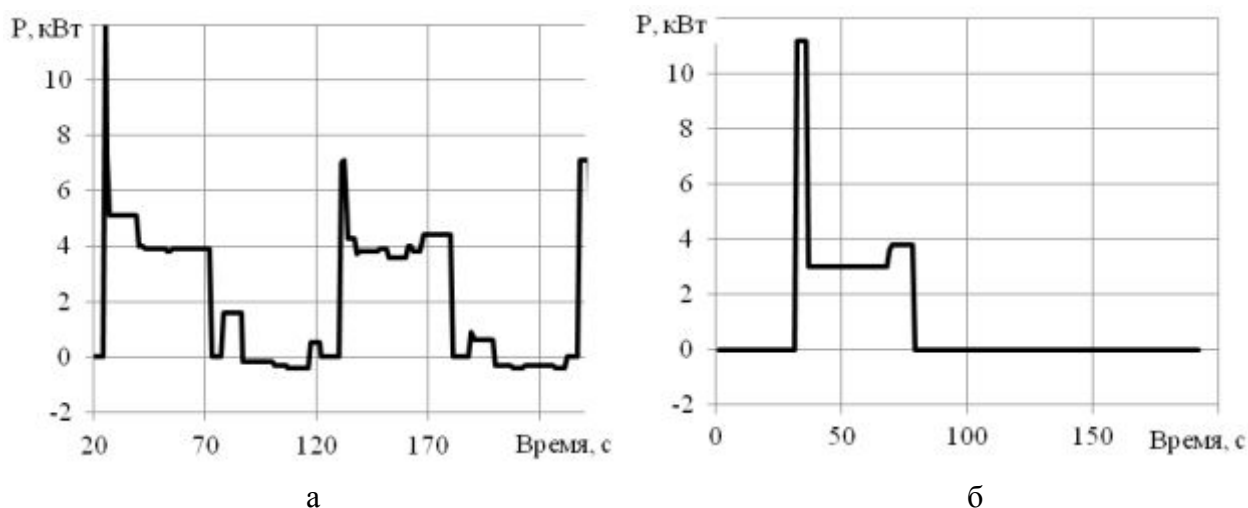


Рис. 2. Осциллограммы активной мощности при спуске и подъеме грузопассажирского лифта с пустой кабиной (а) и с одним пассажиром (б)

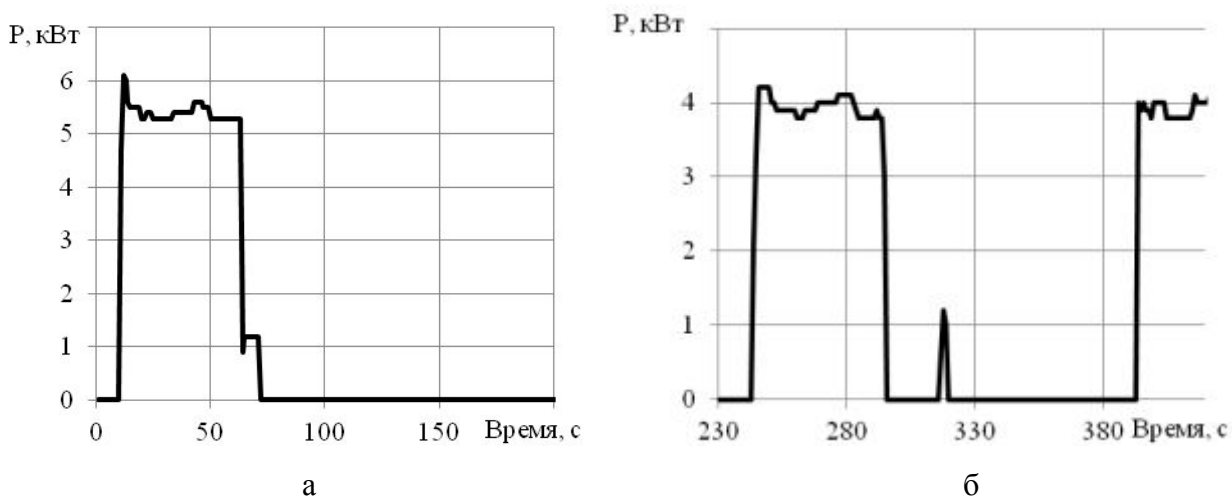


Рис. 3. Временные диаграммы активной мощности лифта ПП-040-6М при спуске и подъеме пустой кабины (а) и нагруженной одним пассажиром (б)

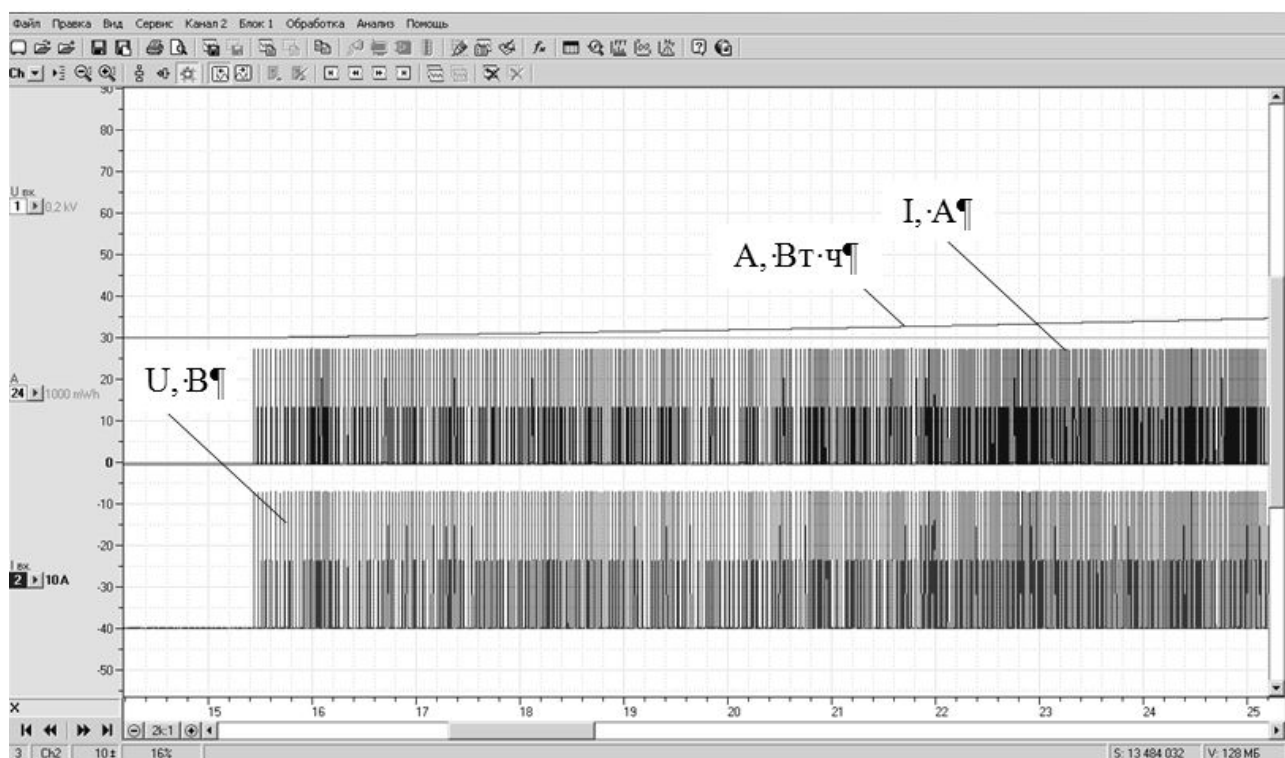


Рис. 4. Временные диаграммы тока, напряжения и энергии в разрядном резисторе в начале процесса подъема пустой кабины лифта ПП-040-6М

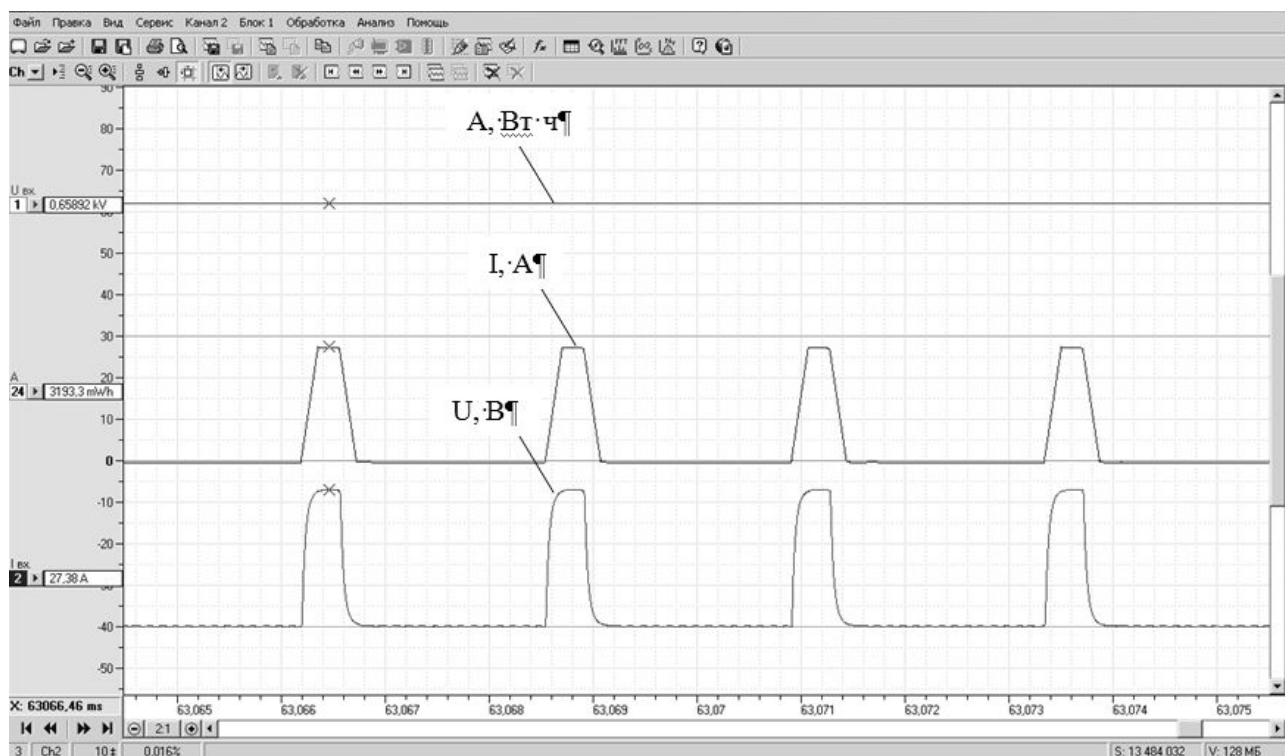


Рис. 5. Временные диаграммы тока, напряжения и энергии в разрядном резисторе во время максимальной скважности (масштаб по оси времени увеличен) в процессе подъема пустой кабины лифта ПП-040-6М

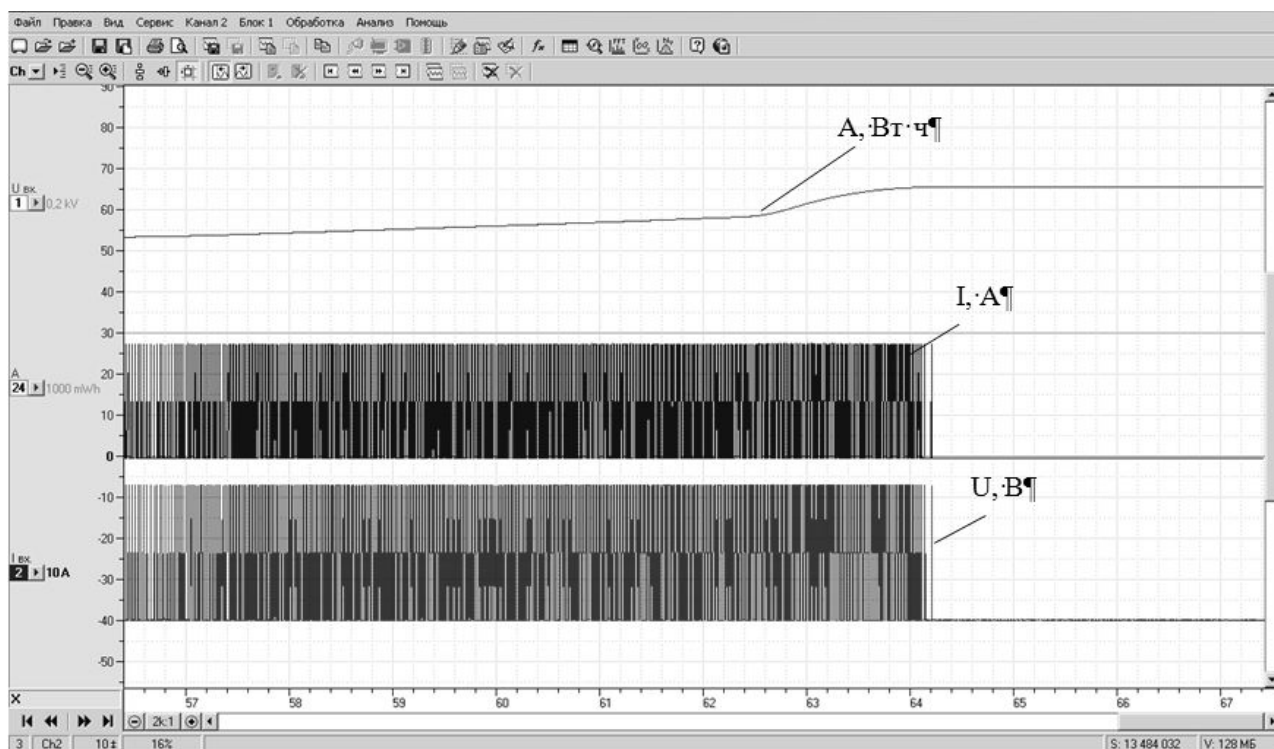


Рис. 6. Временные диаграммы тока, напряжения и энергии в разрядном резисторе в конце процесса подъема пустой кабины лифта ПП-040-6М

В остальных случаях разрядный резистор работает только в динамических режимах пуска и остановки двигателя. При этом уровень энергии, рассеиваемой в тормозном резисторе, составил 5 Вт·ч для подъема пустой кабины и 0,6 Вт·ч для подъема кабины с одним пассажиром.

Испытания грузопассажирского лифта ПП-100-6М грузоподъемностью 1000 кг, находящегося в том же здании, показали, что при подъеме пустой кабины выделяется 2,67 Вт·ч, а при подъеме одного пассажира – 1,2 Вт·ч. При движении в этих режимах электропривод на конечном участке пути потребляет активную энергию. Электропривод лифта включает в себя станцию управления УЛ 30Ж-024, преобразователь частоты OMRON L7 WARISPEED, разрядный резистор БН-0,6 (35 Ом), асинхронный электродвигатель АТМ 225М-6/24V 17,5 кВт, 940/210 мин<sup>-1</sup>. Скорость движения кабины 1,6 м/с.

Также следует отметить, что противоресы лифтов ПП-100-6М и ПП-040-6М уравновешены из условия полторы массы грузовой кабины.

При измерении энергии грузопассажирского лифта OTIS двадцати пяти этаж-

ного здания с вертикальным червячным редуктором были получены лучшие результаты. Так, при подъеме пустой кабины в тормозном резисторе выделилось 31 Вт·ч, одного пассажира – 18 Вт·ч, двух пассажиров 8,2 Вт·ч, трех пассажиров 3,2 Вт·ч. Электропривод лифта включает в себя станцию управления с преобразователем частоты OVF20, асинхронный электродвигатель 12 кВт. Грузоподъемность лифта 1000 кг, скорость движения кабины 1,6 м/с.

Однако существуют и лифты без редуктора и машинного помещения, все оборудование которых монтируется в шахте. При прочих равных условиях (типа частотного преобразователя, высоты здания, грузоподъемности кабины и условия уравновешивания) в лифтах без редукторов выделяется большее количество энергии в процессе торможения (при работе электродвигателя в генераторном режиме).

Были проведены испытания электропривода лифта фирмы OTIS, оборудованного станцией управления и частотным преобразователем MCS 220-C GEN2 OVFWW и электродвигателем мощностью 6,4 кВт 371 мин<sup>-1</sup>. Уровень энергии, выделяемой в резисторе при торможении для подъема пустой

кабины, составил 22 Вт·ч, одного человека – 14,6 Вт·ч, четырех – 1,8 Вт·ч.

Результаты испытаний подтвердили теоретические предпосылки разработки рекуператора, позволили оценить влияние этажности, условий уравнивания, а также типа редуктора на количество энергии, выделяющейся при торможении (работе двигателя в генераторном режиме) кабины. Также становится ясно, что делать вывод об установке рекуператора в состав электропривода лифта можно делать только после исследований затрат энергии во всех режимах движения.

В таблице приведены сравнительные характеристики лифтов с преобразователями частоты.

Проблемой при эксплуатации лифтов является освобождение пассажиров из кабины лифта при исчезновении напряжения питающей сети. Компания Reynolds & Reynolds в 2002 г. разработала аварийную систему Traction Powervator для лифтов, использующих двигатели с регулируемым напряжением и частотой, используя резервные батареи [5]. В настоящее время многие производители электрооборудования для лифтов предлагают резервные батареи в качестве дополнительной функции, например, преобразователи частоты фирмы Emotron серии DSV [3]. Шкафы ООО НПЦ-47 «Электропривод» реализуют эвакуацию пассажиров при исчезновении питающего напряжения за счёт применения блока бесперебойного питания [2].

Вместе с тем наличие звена постоянного тока в системе электропривода позволяет использовать другое решение – рекуператор (DC/DC преобразователя) с накопителем на базе суперконденсаторов [4].

Рекуператор предназначен для решения трех задач:

- защиты силовых элементов звена постоянного тока от перенапряжения при переходе электропривода в генераторный режим;
- приема и хранения рекуперированной энергии в указанном режиме с целью дальнейшего использования в системе электрооборудования лифта;
- хранения резервного количества энергии, достаточного для движения каби-

ны до ближайшего этажа и открывания двери при отключении напряжения питающей сети.

Первые две задачи решаются подключением блока суперконденсаторов (БСК) при рекуперации к шине постоянного тока с помощью рекуператора. Рекуперированная энергия накапливается в заряжаемом БСК. Третья задача решается поддержанием уровня минимального напряжения  $U_{\text{мин}}$ , что обеспечит резервное количество энергии на зажимах БСК для движения кабины до ближайшего этажа и открывания двери при отключении напряжения питающей сети.

В отличие от электротранспортного средства (ЭТС) с ограниченным автономным источником питания в лифте с источником питания относительно неограниченной мощности использование указанного схемного решения предполагает разработку совершенно иных алгоритмов управления.

При подаче напряжения в систему электрооборудования автоматически происходит заряд БСК до требуемого уровня напряжения  $U_{\text{мин}}$ . Контроль величины напряжения осуществляется с помощью датчика напряжения ДН 2, подключенного к зажимам БСК.

Анализ возможных режимов работы, системы электрооборудования лифта с предлагаемым рекуператором и накопителем энергии (БСК) позволил выделить следующие состояния:

- режим заряда БСК при работе электропривода (ЭП) в генераторном режиме. При этом ток заряда определяется током рекуперации ЭП;
- режим разряда БСК при работе ЭП в двигательном режиме при неработающем ЭП. При этом максимальный ток разряда определяется током потребления ЭП и вспомогательных узлов лифта.

При неработающем ЭП ток разряда определяется током потребления узлов вспомогательного электрооборудования лифта. Верхний предел заряда ограничивается предельно допустимым напряжением БСК  $U_{\text{доп}}$ , Нижний предел заряда – значением  $U_{\text{мин}}$ .

### 1. Сравнительная характеристика лифтов с преобразователями частоты

Тип лифта	ПП-040-6М	ПП-100-6М	OTIS OVF20	OTIS GEN2
Этажность здания	24	24	25	7
Грузоподъемность, т	0,4	1	1	1
Наличие редуктора	Гориз.	Гориз.	Верт.	-
Уровень рекуперированной энергии, Вт·ч				
Пустая кабина	5	2,67	31	22
1 пассажир	0,6	1,2	18	14,6
2 пассажира	-	-	8,2	10*
3 пассажира	-	-	3,2	5*
4 пассажира	-	-	-	1,8

Примечание. \* Обозначены аппроксимированные значения

Количество энергии, которую можно запасти в БСК, определяется емкостью БСК и квадратом предельно допустимого напряжения БСК. Максимальное количество энергии, которое может быть получено при рекуперации за одну поездку кабины, возможно при спуске кабины с максимальной загрузкой с верхнего этажа вниз или при подъеме пустой кабины с первого на самый верхний этаж. Можно допустить чередование указанных режимов, при этом уровень рекуперированной энергии будет расти, но выбирать параметры БСК, ориентируясь на такое сочетание, нецелесообразно. Для таких неординарных ситуаций в схеме сохраняется балластный резистор с разрядным ключом, входящий в состав преобразователя ЭП.

На рис. 7 представлена функциональная схема предлагаемого электропривода лебедки лифта, содержащего электродвигатель 1, связанный с канатом с шкивом и тормозным барабаном (на схеме не показаны). Электродвигатель управляется от обратимого транзисторного преобразователя 2, питающегося от промышленной сети через выпрямительное устройство 3, которое входит в состав преобразователя 2. Блок накопителя на базе суперконденсаторов 4, подключенный к шине постоянного тока (выходу выпрямительного устройства 3) через обратимый DC/DC преобразователь постоянного тока 5 со своей системой управления – рекуператором (Р).

К этой же шине подключены вспомогательные узлы лифта б: электропривод открывания дверей кабины, электромагнит механического тормоза лебедки лифта, освещение кабины и шахты лифта и схема управления электрооборудованием лифта. Схема (рис. 3)

содержит измерительный выпрямитель 7, три датчика напряжения ДН1 – ДН3, а также балластный (разрядный) резистор 8, подключенный к преобразователю 2. ДН1 контролирует наличие напряжения питающей сети и его значение  $U_1$ , который является опорой для анализа состояния системы. Датчик ДН2 контролирует напряжение шины постоянного тока  $U_2$  силовой цепи. ДН3 измеряет напряжение на зажимах БСК.

Питание всего электрооборудования лифта осуществляется от шины постоянного тока. Хранение рекуперированной энергии в суперконденсаторах с последующим использованием ее для питания электропривода лебедки лифта и вспомогательных узлов исключает необходимость возврата рекуперированной энергии в питающую сеть, что повышает энергоэффективность системы из-за отсутствия необходимости дополнительного преобразования энергии и «засорения» питающей сети высшими гармониками, а также обеспечивает новые функциональные возможности электропривода лебедки лифта. Управление режимом работы рекуператором Р осуществляется на основании анализа соотношений величин  $U_1 - U_3$ . При первоначальном включении питающей сети происходит заряд БСК до  $U_3 \sim U_{\min}$ . И в дальнейшем Р поддерживает запас энергии, определяемый напряжением  $U_{\min}$ .

При переходе ЭП в генераторный режим на входных зажимах Р начинает расти напряжение  $U_2$ . При  $(U_2 - U_1) \geq \Delta U_1$ , где  $\Delta U_1$  – заданная величина превышения, начинается заряд БСК. Система управления БСК задает ток заряда из условия поддержания постоянства заданной величины превышения  $\Delta U_1$ .

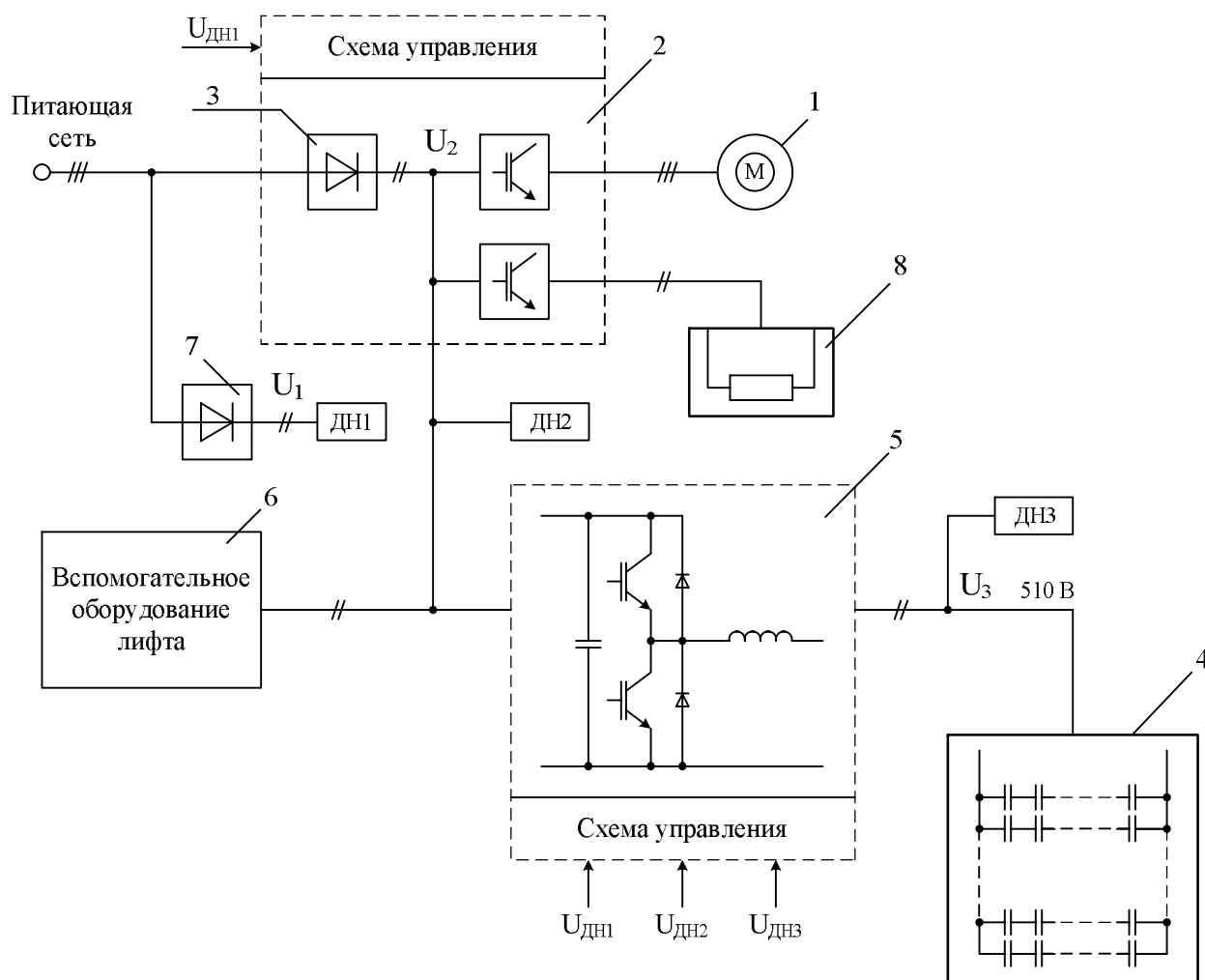


Рис. 7. Функциональная схема ЭП лебедки лифта

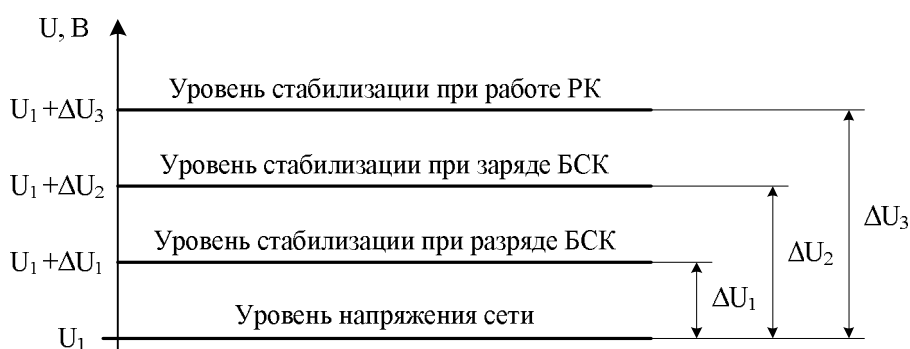


Рис. 8. Уровни напряжения, определяющие режим работы рекуператора

По окончании процесса рекуперации ( $U_2 - U_1 \leq \Delta U_1$ ) прекращается процесс заряда БСК. Процесс заряда БСК прекращается также, если  $U_3 \geq U_{\text{доп}}$ , но если при этом процесс рекуперации не закончился, то начинает работать разрядный ключ  $R_6$  в преобразователе.

При снижении напряжения силовой шины  $U_2$  начинается процесс разряда БСК.

Рекуператор поддерживает напряжение на шине  $U_2 \geq (U_1 + \Delta U_2)$ , где  $\Delta U_1 > \Delta U_2$ .

Особо следует рассмотреть режим работы при отключении напряжения питающей сети.

В схеме управления рекуператора встроен регистр хранения величины  $U_1$ , значение которого обновляется с периодом  $t$ , большим постоянной времени цепи ДН1.



При отключении напряжения питающей сети  $U_1 \ll U_n$ , где  $U_n$  – номинальное значение напряжения питающей сети, механизм обновления значения величины  $U_1$  отключается. Поэтому в регистре сохраняется последнее значение величины  $U_1$ , используемое в качестве опоры для дальнейшего управления работой Р.

По этой же команде в схему управления лифтом выдается сигнал, аналогичный команде «Стоп». По этой команде кабина (если находилась в движении) доезжает до ближайшего этажа, останавливается и открываются двери. Указанное движение осуществляется за счет резервного запаса энергии в БСК.

### Вывод

Для проведения работ по модернизации электрооборудования лифтов, считаем целесообразным проведение специальных исследований для накопления статистических данных об энергетике и потенциале рекуперации и обоснованном выборе пути повышения энергетических показателей электрооборудования лифта.

Предложенное решение может быть успешно использовано также в существующих системах вертикального транспорта (краны, портовые перегружатели и пр.).

### Список использованной литературы

1. Bilbao E., Barrade Ph., Etxeberria-Otadui I., Rufer A., Luri S., and Gil I., (2014), Optimal Energy Management Strategy of an Improved Elevator With Energy Storage Capacity Based on Dynamic Programming, *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 50, No. 2, pp. 1233 – 1244. DOI: 10.1109/TIA.2002.803021.
2. Jabbour N., Mademlis C., and Kioskeridis I., (2014), Improved Performance in a Supercapacitor-Based Energy Storage Control System with Bidirectional DC-DC Converter for Elevator Motor Drives, *7<sup>th</sup> IET International Conference on Power Electronics, Machines and Drives (PEMD 2014)*, pp. 1 – 6. DOI: 10.1049/cp.2014.0487.
3. Minav T., Hänninen H., Sinkkonen A., Laurila L., and Pyrhönen J., (2014), Electric or Hydraulic Energy Recovery Systems in a Reach Truck – A Comparison, *Strojniški Vestnik - Journal of Mechanical Engineering*, Littera Picta, Ljubljana, Slovenia, Vol. 60, No. 4, pp. 232 – 240. DOI: 10.5545/sv-jme.2013.1581.
4. Rufer A., and Barrade P.A., (2002), Supercapacitor-Based Energy-Storage System for Elevators with Soft Commutated Interface, *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 38, No. 5, pp. 1151 – 1159. DOI: 10.1109/TIA.2002.803021.
5. Schroeder J.C., and Fuchs F.W., (2015), General Analysis and Design Guideline for a Battery Buffer System With DC/DC Converter and EDLC for Electric Vehicles and its Influence on Efficiency, *IEEE Transactions on Power Electronics*, Vol. 30, No. 2, pp. 922 – 932. DOI:10.1109/TPEL.2014.2313811.
6. Андриющенко О. А. Пассажирский лифт как электромеханическая система. Перспективы и проблемы совершенствования энергетических показателей / О. А. Андриющенко, В. В. Булгар, В. Ф. Семенюк // Науч.-технич. и производ. журнал «Подъемные сооружения. Спец. техника». – 2010. – № 2. – С. 23 – 28.
7. Ишханов Э. П. ШУЛМ – наиболее отработанный и перспективный лифтовой шкаф управления / Э. П. Ишханов // Научно-технический журнал «Лифт». ОМОР «Национальная Лига предприятий лифтовой и коммунальной инфраструктуры». – 2011 – № 5. – С. 17 – 20.
8. Преобразователи частоты Emotron (Швеция) для любых типов лифтовых лебедок / Пресс-служба ООО «Лифт Комплект» // Научно-технический журнал «Лифт». ОМОР «Национальная Лига предприятий лифтовой и коммунальной инфраструктуры».. – 2011 – № 5. – С. 24 – 25.
9. Смотров Е. А. Рекуператор бортового источника питания электротранспортного средства / Е. А. Смотров // *Электротехнические и компьютерные системы*. – К. : Техника. – 2011. – № 2 (78). – С. 7 – 12.
10. Уилк С. Будущее – это сейчас / С. Уилк // Научно-технический журнал «Лифт». ОМОР «Национальная Лига предприятий лифтовой и коммунальной инфраструктуры». – 2011. – № 1. – С. 45 – 47.
11. Хитров А. И. Перспективы применения энергосберегающих решений в электроприводах главного движения лифта / А. И. Хитров, А. А. Хитров // Журнал «Труды псковского политехнического института». – 2011. – Псков : Изд-во ППИ. – № 14.3. – С. 367 – 376.

Получено 22.10.2014

## References

1. Bilbao E., Barrade Ph., Etxeberria-Otadui I., Rufer A., Luri S., and Gil I., (2014), Optimal Energy Management Strategy of an Improved Elevator With Energy Storage Capacity Based on Dynamic Programming, *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 50, No. 2, pp. 1233 – 1244. DOI: 10.1109/TIA.2002.803021.

2. Jabbour N., Mademlis C., and Kioskeridis I., (2014), Improved Performance in a Supercapacitor-Based Energy Storage Control System with Bidirectional DC-DC Converter for Elevator Motor Drives, *7<sup>th</sup> IET International Conference on Power Electronics, Machines and Drives (PEMD 2014)*, pp. 1 – 6. DOI: 10.1049/cp.2014.0487.

3. Minav T., Hänninen H., Sinkkonen A., Laurila L., and Pyrhönen J., (2014), Electric or Hydraulic Energy Recovery Systems in a Reach Truck – A Comparison, *Strojniški Vestnik – Journal of Mechanical Engineering, Littera Picta, Ljubljana, Slovenia*, Vol. 60, No. 4, pp. 232 – 240. DOI: 10.5545/sv-jme.2013.1581.

4. Rufer A., and Barrade P. A., (2002), Supercapacitor-Based Energy-Storage System for Elevators with Soft Commutated Interface, *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 38, No. 5, pp. 1151 – 1159. DOI: 10.1109/TIA.2002.803021.

5. Schroeder J.C., and Fuchs F.W., (2015), General Analysis and Design Guideline for a Battery Buffer System With DC/DC Converter and EDLC for Electric Vehicles and its Influence on Efficiency, *IEEE Transactions on Power Electronics*, Vol. 30, No. 2, pp. 922 – 932. DOI: 10.1109/TPEL.2014.2313811.

6. Andryushchenko O.A., Bulgar V.V., and Semenyuk V.F. Passazhirskii lift kak elektromekhanicheskaya sistema. Perspektivy i problemy sovershenstvovaniya energeticheskikh pokazatelei [Passenger Elevator as Eelectromechanical System. Perspectives and Problems of Improving Energy Performance], (2010), *Lifting Equipment. Spec. Machinery*, No. 2, pp. 23 – 28 [In Russian].

7. Ishkhanov E.P. ShULM – naibolee otrabotannyy i perspektivnyy liftovoi shkaf upravleniya [CCEM – Spent most Promising and Elevator Control Cabinet], (2011), *Lift, OMOR “National League of Elevator Companies and Municipal Infrastructure”*, No. 5, pp.17 – 20 [In Russian].

8. Preobrazovateli chastoty Emotron (Shvet-siya) dlya lyubykh tipov liftovykh lebedok, [Press

Service, “Lift Kit”, Frequency Converters Emotron (Sweden) for all Types of Lift Winches], (2011), *Lift, OMOR “National League of Elevator Companies and Municipal Infrastructure”*, No. 5, pp. 24 – 25 [In Russian].

9. Smotrov E.A. Rekuperator bortovogo istochnika pitaniya elektrotransportnogo sredstva [Recuperator of the Onboard Power Supply Vehicles], (2011), *Electrical and Computer Systems*, Kiev, Ukraine, *Science*, No. 2 (78), pp.7 – 12 [In Russian].

10. Wilk S. Budushchee – eto seichas [Future – it Now], (2011), *Lift, OMOR “National League of Elevator Companies and Municipal Infrastructure”*, No. 1, pp. 45 – 47 [In Russian].

11. Khitrov A.I., and Khitrov A.A. Perspektivy primeneniya energosberegayushchikh reshenii v elektro-privodakh glavnogo dvizheniya lifta [Prospects of Application of Energy-Efficient Electric Drives in the main Elevator Movement], (2011), *Proceedings of Pskov Polytechnical Institute*, Pskov, Russian Federation, *Pub: PPI*, No. 14.3, pp. 367 – 376 [In Russian].



Смотров  
Евгений Александрович,  
канд. техн. наук, ведущий  
инженер научно-  
технического центра  
«Станкосерт»,  
тел. (048)728-85-05,  
пер. Ониловой, 16,  
Одесса, Украина, 65011.  
E-mail:  
ukr niisip@gmail.com



Субботин  
Виктор Владимирович,  
инженер II категории на-  
учно-технического центра  
«Станкосерт»,  
тел. (048)728-85-05,  
пер. Ониловой, 16,  
Одесса, Украина, 65011.  
E-mail: ukr nii-  
sip@gmail.com