

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №6 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-6>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/76TVN615.pdf>

DOI: 10.15862/76TVN615 (<http://dx.doi.org/10.15862/76TVN615>)

**УДК 621.3; 621.8**

**Квашнина Галина Владимировна**

ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет»

Россия, Липецк

Ассистент кафедры «Электрооборудования»

E-mail: [g.v.kvashnina@ya.ru](mailto:g.v.kvashnina@ya.ru)

РИНЦ: [http://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=667627](http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=667627)

**Чащин Евгений Анатольевич**

ФГБОУ ВПО «Ковровская государственная технологическая академия им. В.А. Дегтярева»

Россия, г. Ковров<sup>1</sup>

Заведующий кафедрой «Электротехники»

Кандидат технических наук

Доцент

РИНЦ: [http://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=42261](http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=42261)

E-mail: [kanircha@list.ru](mailto:kanircha@list.ru)

**Борзов Сергей Рудольфович**

ООО «Энергостройэксперт»

Россия, г. Владимир<sup>2</sup>

Инженер

E-mail: [srborzov@mail.ru](mailto:srborzov@mail.ru)

**Ефремов Вячеслав Геннадьевич**

ООО «Энергостройэксперт»

Россия, г. Владимир

Инженер

E-mail: [vgefremovv@yandex.ru](mailto:vgefremovv@yandex.ru)

## **Компенсация реактивной мощности электропривода лифтового оборудования**

---

<sup>1</sup> 601910 Владимирская обл., г. Ковров, ул. Маяковского, 19

<sup>2</sup> Россия, г. Владимир, ул. Студенческая, 5-А, 506

**Аннотация.** В статье рассмотрена возможность совмещения функций компенсации реактивной мощности асинхронных электроприводов грузоподъемных механизмов и лифтов при одновременном резервировании замещением электропитания путем параллельного подключения аккумуляторной батареи в качестве резервного источника питания. Обоснован выбор ёмкости параллельно подключаемой свинцово-кислотной аккумуляторной батареи. Важным моментов в предложенной в статье методике выбора емкости аккумуляторной батареи, используемой в качестве резервного источника, является сохранение времени гарантированной работы электропривода непосредственно от резервного источника, достаточного для завершения рабочего цикла грузоподъемного механизма или обеспечения безаварийной высадки пассажиров лифта путем доводки кабины до ближайшего этажа. В работе представлена апробация и приведены результаты моделирования компенсации реактивной мощности на примере резервирования электроснабжения лифта грузоподъемностью 630 кг с электроприводом мощностью 4,5 кВт. Определено, что аккумуляторная батарея при заявленных параметрах лифтового электрооборудования способна скомпенсировать индуктивный характер нагрузки. Показано, как выбор емкости резервных источников питания на базе серийно выпускаемых аккумуляторных батарей влияет на продолжительность работы электропривода грузоподъемных механизмов и лифта и уменьшение реактивной мощности.

**Ключевые слова:** лифт; грузовой подъемник; надежность; электроснабжение; резервный источник; безотказность; резервирование; аккумуляторная батарея; реактивная мощность; компенсация реактивной мощности.

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Квашнина Г.В., Чащин Е.А., Борзов С.Р., Ефремов В.Г. Компенсация реактивной мощности электропривода лифтового оборудования // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №6 (2015)  
<http://naukovedenie.ru/PDF/76TVN615.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/76TVN615

Статья опубликована 25.11.2015.

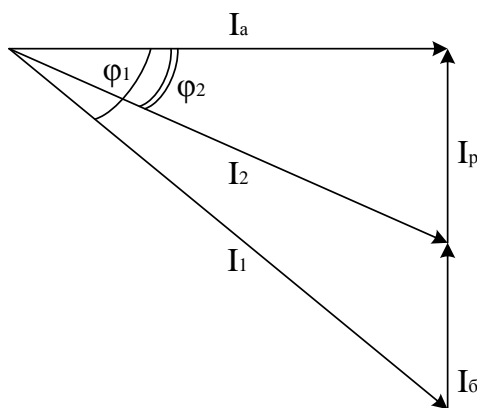
Известно, что при эксплуатации сетей переменного тока нередко возникает потребность в компенсации реактивной мощности, возникающей при использовании реактивных элементов [1]. Одним из источников реактивной мощности является широко распространенный в различных отраслях промышленности и народного хозяйства асинхронный двигатель. Последнее время электропривод на базе асинхронного двигателя начинают широко применять в лифтах и грузовых подъемниках ввиду его большей энергоэффективности [2, 3]. В связи с этим возникает потребность в компенсации реактивной мощности в цепях подъемно-транспортных устройств. Одним из способов компенсации является установка параллельно с источником конденсаторной батареи [4].

Работы, выполненные нами ранее [5-8] показали возможность питания лифтового электропривода от аккумуляторной батареи, установленной параллельно основной цепи питания и осуществляющей подачу энергии на электропривод в аварийном режиме работы. В большинстве случаев установка батареи конденсаторов в электрическую цепь в целях компенсации реактивной мощности сопряжено с дополнительными материальными затратами, зачастую достаточно значительными ввиду необходимости использования батарей значительной ёмкости. Однако в рассматриваемом случае возникает ситуация, когда потребность в дополнительной установке конденсаторов отпадает из-за использования аккумуляторной батареи в качестве резервного источника, актуальность использования которых обоснована в работе [9]. Целесообразной является оценка, в какой мере установленный элемент способен снижать величину реактивной мощности в цепи.

Мощность батареи, обеспечивающая доведение мгновенного коэффициента мощности до нормированной величины (согласно ПУЭ 0,52-0,95) может быть найдена

$$Q_6 = P \cdot (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2), \quad 1)$$

где  $\operatorname{tg} \varphi_1$  и  $\operatorname{tg} \varphi_2$  находятся из рис. 1.



**Рис. 1.** Векторная диаграмма токов при установке компенсации реактивной мощности:  
 $I_a$  – активная составляющая тока;  $I_1$  – полный ток до компенсации;  
 $I_2$  – полный ток после компенсации;  $I_6$  – ток на конденсаторной батарее;  
 $I_p$  – реактивный ток после компенсации [10]

Как видно из рисунка, благодаря появлению тока конденсатора ток значительно уменьшается, и может быть рассчитан по формуле

$$I_6 = I_1 \sin \varphi_1 - I_2 \sin \varphi_2 = \frac{P}{U} (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2). \quad 2)$$

В качестве объекта расчета возьмем лифт, рассмотренный в работе [5]. Номинальная мощность привода рассматриваемого типа лифта составляет  $P = 4,5$  кВт, номинальный ток – 12,3 А, номинальное напряжение 380 В. Принимая данные величины за исходные, т.е. характерные для системы без учета компенсации, выясним, какая величина реактивной мощности присутствует в исходной сети. Получаем, что

$$\cos\varphi_1 = \frac{P}{\sqrt{3}UI_1} = 0,566. \quad 3)$$

Отсюда полная мощность может быть найдена как

$$S = \frac{P}{\cos\varphi_1} = 8095,6 \text{ В} \cdot \text{А}. \quad 4)$$

Зная величину полной мощности и  $\cos \varphi_1$ , можем найти величину реактивной мощности. Она составит

$$Q_1 = S \cdot \sin\varphi_1 = 6728,9 \text{ ВАр}. \quad 5)$$

При этом  $\operatorname{tg} \varphi_1 = 1,44$ .

Таким образом, батарея конденсаторов должна компенсировать мощность, равную 6728,9 ВАр. Принимая это значение за известное, а также учитывая принятые ранее за известные значения активной мощности и  $\cos \varphi_1$ , рассчитаем из выражения (1) величину  $\cos\varphi_2$ . В результате расчета получаем, что  $\cos \varphi_2 = 0,999$ .

Рассчитаем величину тока батареи по выражению (2).

$$I_6 = \frac{P}{U} (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2) = \frac{4500}{380} (1,44 - 0,04) = 16,58 \text{ А}. \quad 6)$$

Найдем ёмкость конденсатора согласно тому, что

$$C = \frac{Q_6}{\omega U^2}. \quad 7)$$

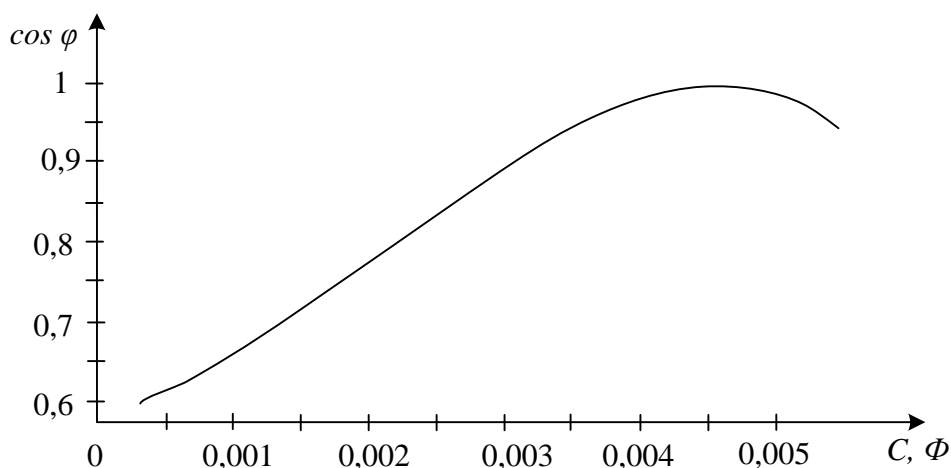
Здесь  $Q_6$  – мощность, требующая компенсации, ВАр.

Однако учитывая, что

$$Q_6 = I_6 \cdot U, \quad 8)$$

а ток батареи в реальности согласно (6) будет зависеть от  $\operatorname{tg}\varphi_2$ , то получим, что емкость батареи и величина компенсируемой мощности будет соответствовать данным, приведенным в таблице.

Следовательно, учитывая возможность компенсации не полной величины реактивной мощности, а лишь ее части, получим значения требуемых емкостей аккумуляторных батарей, приводимых на рис. 2.



**Рис. 2.** График зависимости коэффициента мощности от ёмкости аккумулятора  
 (разработано авторами)

**Таблица**

**Процент компенсации реактивной мощности при разных значениях  $\cos \varphi_2$**   
 (разработано авторами)

$\cos \varphi_2$	Ёмкость батареи, С, А·час	Реактивная мощность батареи, $Q_б$ , ВАр	Процент компенсации, %
0,6	6,6	554,5	8,2
0,65	15,4	1293,4	19,2
0,7	23,4	1963,5	29,2
0,75	30,8	2585,8	38,4
0,8	37,8	3179,5	47,3
0,85	44,8	3765,6	56,0
0,9	52,1	4375,0	65,0
0,95	60,4	5075,4	75,4
0,96	62,4	5242,0	77,9
0,97	64,6	5426,7	80,6
0,98	67,1	5640,7	83,8
0,99	70,4	5913,2	87,9
0,991	70,8	5946,6	88,4
0,992	71,2	5981,8	88,9
0,993	71,6	6019,2	89,5
0,994	72,1	6059,3	90,0
0,995	72,6	6102,8	90,7
0,996	73,2	6150,8	91,4
0,997	73,8	6205,1	92,2
0,998	74,6	6269,4	93,2
0,999	75,6	6353,1	94,4

Возвращаясь же к статье [5], видим, что в указанной работе был выбрана батарея емкостью 55 А·час. Это говорит о том, что выбрана батарея не позволяет в полной мере компенсировать величину существующей в системе реактивной мощности.

Таким образом, в данной работе было обосновано, что установка в системе электроснабжения лифтового оборудования аккумуляторной батареи достигается не только цель обеспечения аварийной подачи электрической энергии на привод лифта, но и происходит одновременная компенсация реактивной мощности в цепи электроснабжения, что также является положительным фактором для обеспечения качественного электроснабжения.

Согласно проведенному в статье анализу можно сделать следующие выводы:

1. установка аккумуляторной батареи в качестве резервного источника питания системы электроснабжения лифтового электрооборудования позволяет не только обеспечить работоспособность лифта в аварийном режиме, но и компенсировать реактивную мощность, возникающую в сети при работе асинхронного двигателя привода лифта;
2. использование батареи, обладающей ёмкостью 75,6 А·час, рассчитанной исходя из номинальных параметров лифта, позволяет полностью компенсировать возникающую величину реактивной мощности;
3. выбранная в [5] по номинальным параметрам лифтового электрооборудования аккумуляторная батарея емкостью 55 А·час в соответствии с данными таблицы способна компенсировать величину реактивной мощности, существующей в системе в связи с работой асинхронного двигателя, до уровня, когда  $\cos \varphi_2 \approx 0,9$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бадалян Н.П., Чащин Е.А. Задачи расчета и анализа параметров электрических сетей. Ковров: ФГБОУ ВПО «КГТА им. В.А. Дегтярева», 2013. 84 с.
2. Манухин С.Б. Нелидов И.К. Устройство, техническое обслуживание и ремонт лифтов. М.: Академия, 2004. 336 с.
3. Слежановский О.В. Системы подчиненного регулирования электроприводов переменного тока с вентильными преобразователями. М.: Энергоатомиздат, 1983. 256 с.
4. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. М.: Академия, 1996. 623 с.
5. Квашнина Г.В. Резервирование электропитания лифтового оборудования / Г.В. Квашнина, Е.А. Чащин, С.Р. Борзов, В.Г. Ефремов / Интернет-журнал «Наукоеведение», 2015 Том 7, №5 (30) [Электронный ресурс] - М.: Наукоеведение, 2015. - Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/216TVN515.pdf> (доступ свободный). - Загл. с экрана. - Яз. рус., англ.
6. Квашнина Г.В. Оценка обеспечения безотказности электроснабжения потребителей при использовании в системе временной избыточности / Омский научный вестник, Омск. 2014. №2 (130). С. 165-168.
7. Бадалян, Н.П., Чащин Е.А. Построение математической модели допустимого установившегося режима электроэнергетической системы / Вестник ИГЭУ №3, 2012. с. 43-47.
8. Бадалян Н.П., Чащин Е.А., Молокин Ю.В. Решение задачи коррекции установившегося режима электроэнергетической системы методом декомпозиции / Омский научный вестник, 2014. №1 (127). С. 170-175.
9. Квашнина Г.В. Повышение безотказности электроснабжения временным резервированием при включении в цепь емкостного накопителя / Интернет-журнал «Наукоеведение». 2014. №5 (24). Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/40TVN514.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. - Яз. рус., англ.
10. Компенсация реактивной мощности. Режим доступа: <http://electroandi.ru/toe/ac/kompensatsiya-reaktivnoj-moshchnosti.html> (дата обращения 17.11.2015).

**Рецензент:** Митрофанов Андрей Анатольевич, декан факультета «Автоматики и Электроники», канд. техн. наук, ФГБОУ ВПО «Ковровская государственная технологическая академия им. В.А. Дегтярева».

**Kvashnina Galina Vladimirovna**

Lipetsk State Technical University  
Russia, Lipetsk  
E-mail: [g.v.kvashnina@ya.ru](mailto:g.v.kvashnina@ya.ru)

**Chashchin Evgeniy Anatol'evich**

Kovrov State Technical Academy  
Russia, Kovrov  
E-mail: [kanircha@list.ru](mailto:kanircha@list.ru)

**Borzov Sergey Rudol'fovich**

«Energostroyekspert» Co.  
Russia, Vladimir  
E-mail: [kanircha@list.ru](mailto:kanircha@list.ru)

**Efremov Vyacheslav Gennad'evich**

«Energostroyekspert» Co.  
Russia, Vladimir  
E-mail: [vgefremovv@yandex.ru](mailto:vgefremovv@yandex.ru)

## **Reactive power compensation of the driver of elevator's electrical equipment**

**Abstract.** The article discussed the possibility of combining the functions of reactive power compensation of asynchronous drive of the material hoists and replacement redundancy of power supply. It's possible by parallel connection of the storage battery as a back-up power source. The choice of the capacity of a lead-acid battery was justified. An important point in the proposed method of the choice of the battery capacity which used as a back-up source is saving of guarantee hours of service of the drive directly from the back-up source. This time should be enough to complete the cycle of lifting mechanism and ensure trouble-free disembarkation by finishing lift cabin to the nearest floor. The paper presents the results of testing and modeling of reactive power compensation on the example of the elevator's power redundancy with lifting capacity of 630 kg and drive of 4.5 kW. It was determined that the storage battery with declared parameters of elevator's electrical equipment is able to compensate for the inductive nature of the load. It was shown how the choice of the capacity of back-up power sources based on commercial robot storage battery is influencing for the operation time of the drive of the elevators and material hoists and for the decreasing of reactive power.

**Keywords:** elevator; material hoist; reliability; power supply; back-up power source; reliability; redundancy; storage battery; reactive power; reactive power compensation.



## REFERENCES

1. Badalyan N.P., Chashchin E.A. Zadachi rascheta i analiza parametrov elektricheskikh setey. Kovrov: FGBOU VPO «KGTA im. V.A. Degtyareva», 2013. 84 s.
2. Manukhin S.B. Nelidov I.K. Ustroystvo, tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont liftov. M.: Akademiya, 2004. 336 s.
3. Slezhanovskiy O.V. Sistemy podchinennogo regulirovaniya elektroprivodov peremennogo toka s ventil'nymi preobrazovatelyami. M.: Energoatomizdat, 1983. 256 s.
4. Bessonov L.A. Teoreticheskie osnovy elektrotekhniki. Elektricheskie tsepi. M.: Akademiya, 1996. 623 s.
5. Kvashnina G.V. Rezervirovanie elektropitaniya liftovogo oborudovaniya / G.V. Kvashnina, E.A. Chashchin, S.R. Borzov, V.G. Efremov / Internet-zhurnal «Naukovedenie», 2015 Tom 7, №5 (30) [Elektronnyy resurs] - M.: Naukovedenie, 2015. - Rezhim dostupa: <http://naukovedenie.ru/PDF/216TVN515.pdf> (dostup svobodnyy). - Zagl. s ekrana. - Yaz. rus., angl.
6. Kvashnina G.V. Otsenka obespecheniya bezotkaznosti elektroobrazovaniya potrebiteley pri ispol'zovanii v sisteme vremennoy izbytochnosti / Omskiy nauchnyy vestnik, Omsk. 2014. №2 (130). S. 165-168.
7. Badalyan, N.P., Chashchin E.A. Postroenie matematicheskoy modeli dopustimogo ustanovivshegosya rezhima elektroenergeticheskoy sistemy / Vestnik IGEU №3, 2012. s. 43-47.
8. Badalyan N.P., Chashchin E.A., Molokin Yu.V. Reshenie zadachi korrektsii ustanovivshegosya rezhima elektroenergeticheskoy sistemy metodom dekompozitsii / Omskiy nauchnyy vestnik, 2014. №1 (127). S. 170-175.
9. Kvashnina G.V. Povyshenie bezotkaznosti elektroobrazovaniya vremennym rezervirovaniem pri vklyuchenii v tsep' emkostnogo nakopitelya / Internet-zhurnal «Naukovedenie». 2014. №5 (24). Rezhim dostupa: <http://naukovedenie.ru/PDF/40TVN514.pdf>, svobodnyy. – Zagl. s ekrana. - Yaz. rus., angl.
10. Kompensatsiya reaktivnoy moshchnosti. Rezhim dostupa: <http://electroandi.ru/toe/ac/kompensatsiya-reaktivnoj-moshchnosti.html> (data obrashcheniya 17.11.2015).