

Из приведенных выше рассуждений следует, что использовать полиномы для замены экспоненциальной функции, – звена с запаздыванием, в большинстве случаев не рекомендуется. Это связано как с малой точностью аппроксимации, так и с возможным существенным повышением порядка полинома передаточной функции объекта, что вызывает дополнительные проблемы. Поэтому рекомендации, приводимые в литературе по аппроксимации полиномами, можно использовать только в простейших случаях при минимальных требованиях к системе управления объектами с запаздыванием, или в академических исследованиях.

Для управления линейными системами с транспортным запаздыванием, начиная с начала шестидесятых годов, разработано и разрабатывается много разнообразных методов, один из которых предлагается автором [4,5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Янушевский Р.Т. Управление объектами с запаздыванием. – М.: Наука, 1978. – 416 с.
2. Ишматов З.Ш. Микропроцессорное управление электроприводами и технологическими объектами. Полиномиальные методы: монография. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2007.

А.И. ХИТРОВ, А.А. ХИТРОВ

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕШЕНИЙ В ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ ЛИФТА

Рассматриваются структуры энергоэффективного управления лифтовыми и крановыми механизмами с применением рекуперативных блоков и матричных преобразователей

Сущность любого технологического процесса заключается в осуществлении целенаправленного массоэнергопереноса, который во многих случаях выполняется с использованием электроприводов рабочих машин.

Прогнозы ведущих специалистов в области электропривода свидетельствуют о том, что сохраняется тенденция все более широкого использования во всех сферах производства электродвигателей (ЭД) с системами частотного регулирования их скорости. Какова ситуация в лифтовом хозяйстве с точки зрения внедрения энергосберегающих технологий и путей их реализации?

В настоящее время в РФ находится в эксплуатации более 500000 лифтовых установок (в одной Москве более 100 тысяч) всевозможных исполнений, предназначений и сроков службы [1]. Износ до 30% имеет около 100 тысяч лифтов, от 30% до 60% – около 200 тысяч и столько же имеют износ более 60% или полностью выработали свой 25-летний ресурс. По данным Ростехнадзора РФ более половины лифтов нуждаются в модернизации или полной замене. Эти лифты из-за морального или физического износа уже не могут обеспечить достаточный уровень комфортности и безопасности. Необходимо проведение модернизации и внедрение новых систем управления лифтами. Прежде всего, это внедрение энергосберегающего частотного электропривода главного движения лифта (лебедки).

Какие преимущества дает внедрение преобразователей частоты (ПЧ) в механизмах передвижения кабины лифта?

Общезвестно, что внедрение ПЧ для регулирования скорости асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором (АД) позволяет улучшить энергетические и эксплуатационные характеристики лифтов [2,3].

ПЧ обеспечивают бесконтактное управление ЭД и плавное регулирование скорости, что существенно уменьшает нагрузки на механическую часть лифтовой установки. Это, в свою очередь, снижает аварийность и увеличивает срок службы лифта.

Однако, сложившаяся практика эксплуатации и обслуживания лифтовых установок часто не направлена на внедрение энергосберегающих технологий. До сих пор

большинство производителей лифтов (ОАО «Карачаровский механический завод» (КМЗ); ОАО «Щербинский лифтостроительный завод» (ЩЛЗ), ОАО «Могилевский лифтостроительный завод» (МЛЗ)) используют системы управления двухскоростными лифтовыми АД типа 5А с устройствами управления УЛ, УКЛ, ШУЛР, ШУЛ-2РС и др.

В последнее время отечественные лифты стали комплектоваться ПЧ, согласованными с изготовителями лифтов:

1. КМЗ использует преобразователи французской фирмы Shneider-Electric-ALTIVAR.
2. ЩЛЗ сотрудничает со шведской фирмой EMOTRON.
3. МЛЗ отдает предпочтение японской фирме OMRON.

Однако применение ПЧ в стандартной комплектации на базе двухзвенных ПЧ с неуправляемым выпрямителем требует наличия в составе силовой выпрямительно-инверторной установки конденсаторов значительной емкости, а также тормозных резисторов. Торможение с внешним тормозным резистором неэффективно, поскольку тормозной резистор подключается к каждому ПЧ и это увеличивает стоимость электропривода с одной стороны, и приводит к потере энергии торможения безвозвратно.

Альтернативой такому нерациональному использованию энергии торможения является применение модулей рекуперации, которые заменяют резисторы в электроприводах с длительной работой в генераторном режиме или имеющих большую тормозную мощность (подъемные и инерционные механизмы). При этом частично энергия торможения может возвращаться в сеть. Постоянный рост тарифов оплаты за электроэнергию приводит к тому, что применение модулей рекуперации становится экономически целесообразным при соответствующих организационно-технических мероприятиях.

Модули рекуперации выпускаются на тормозную мощность от 7 до 500 кВт фирмами Siemens (Германия), ABB (Швеция), ShneiderElectric (Франция) и др., а также ОАО «ЧАЭЗ-ЭЛПРИ» (Россия).

Эти модули имеют следующие преимущества: простой ввод в эксплуатацию; автономность модуля (не следует согласовывать с имеющимся ПЧ); возможность подключения к звену постоянного тока нескольких ПЧ; возможность параллельного подключения до четырех модулей рекуперации.

Следует предположить, что благодаря исключению стоимости тормозных резисторов, энергосбережению, а также снижению количества нормо-часов обслуживания оборудования окупаемость внедрения будет составлять 1,5- 2 года.

На рисунке 1 представлена функциональная схема индивидуальных электроприводов механизмов передвижения кабины лифта, которые выполнены по традиционной структуре ПЧ-ЭД с дополнительным рекуперативным блоком (РБ).

Для первого рисунка характерно использование индивидуального РБ для каждой лифтовой установки мощностью 7-15 кВт в зависимости от величины максимальной тормозной мощности. Скорее всего, такая структура может оказаться эффективной для высотных зданий, имеющих «вертикальную архитектуру». На другом рисунке представлена функциональная схема на основе одного РБ совокупной тормозной мощности. Предпочтение такой структуре следует отдать в «многоподъездных зданиях малой этажности». Такая структура имеет и преимущество, связанное с возможностью перераспределения через звено постоянного тока активной энергии при пусках и торможениях нескольких лифтов в реальном времени их работы.

На рисунке 2 представлена перспективная схема на базе матричного преобразователя, включающего в свой состав два блока сетевых фильтров (для обеспечения электромагнитной и электромеханической совместимости) и полупроводниковый коммутатор (ПК), представляющий собой специальную вентиляционную группу на базе 9 IGBT и диодов. Такие преобразователи, реализованные на новой элементной базе, обеспечивают однократное преобразование энергии и могут осуществлять возврат энергии в сеть в тормозных режимах. Несомненно, что это наиболее перспективный вид ПЧ для модернизации лифтовых установок в ближайшем будущем.

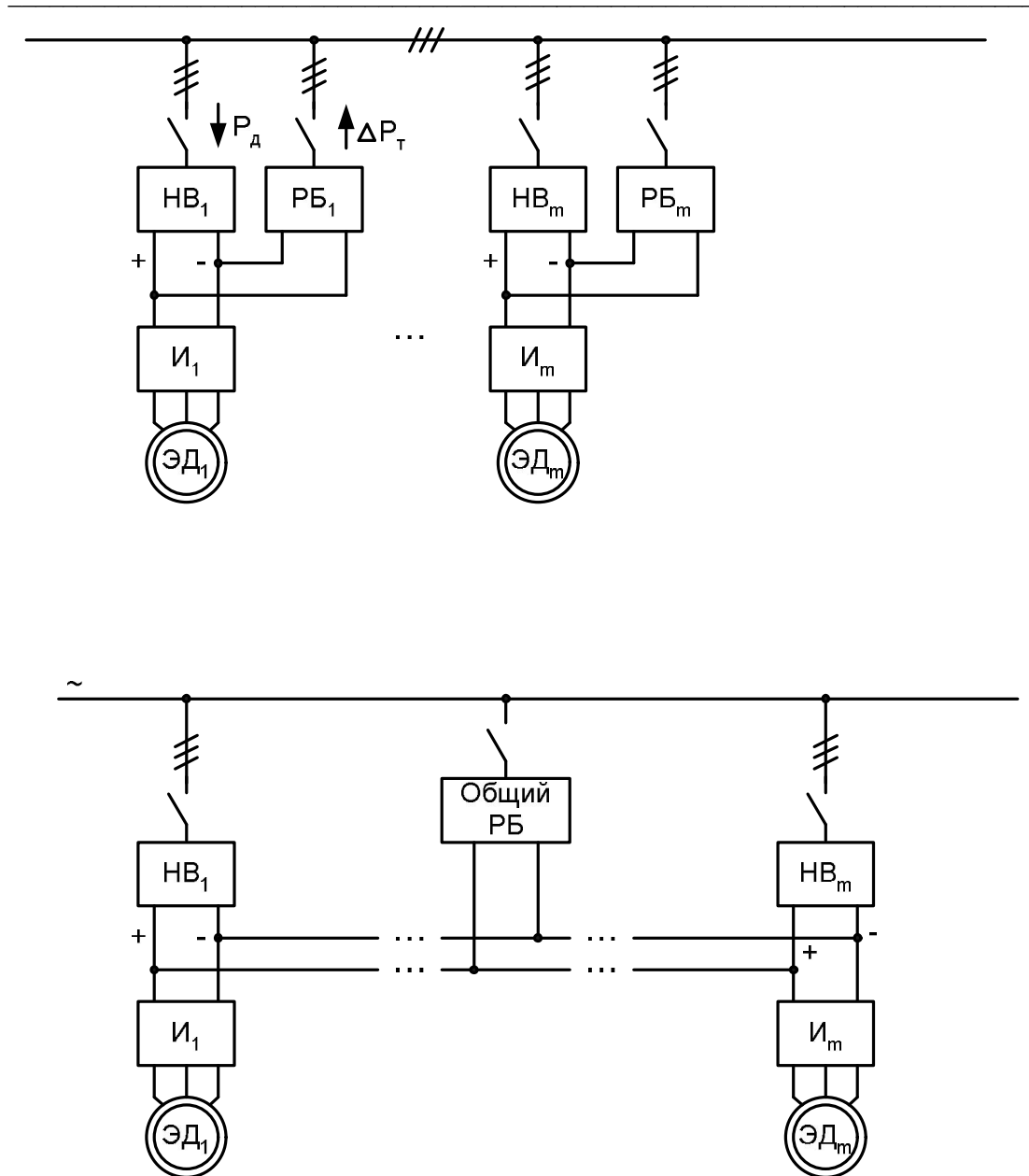


Рис. 1. Функциональные схемы главного привода лифта с РБ

Если внедрение ПЧ, выполненных по той или иной структуре, при модернизации лифтовых механизмов вопрос практически решенный, и не имеющий альтернативных решений, то вопрос, какой электромеханический агрегат следует использовать (АД или синхронный двигатель (СД), с редуктором или без него), продолжает оставаться открытым.

Повышение технического уровня ЭД для главного привода лифтов ведется в настоящее время в следующих направлениях:

- модернизация выпускаемых лифтовых АД серии 5А;
- создание новой серии АД серии 7А;
- использование СД с возбуждением от постоянных магнитов и вентильно-индукторных ЭД.

При этом в мировой практике находят применение как редукторный, так и безредукторный частотно-регулируемый электропривод лифтов.

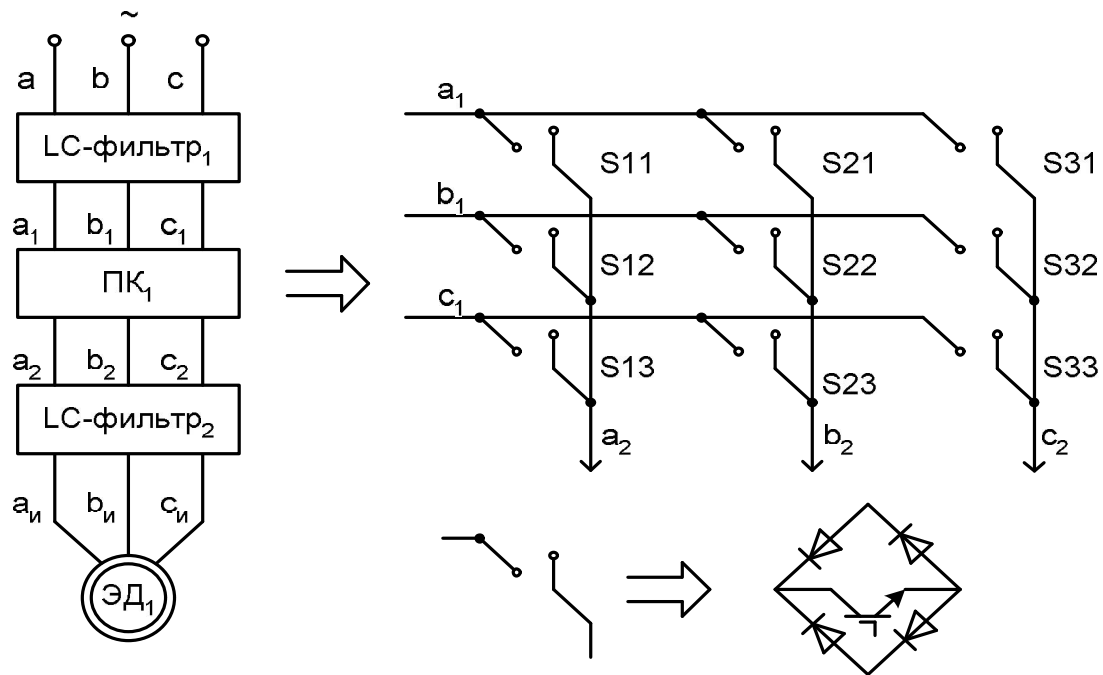


Рис. 2. Матричный преобразователь для привода лифтов

В качестве ЭД для главного электропривода лифтов наиболее часто используются одно или двухскоростные АД с к.р. мощностью от 3 до 20 кВт, с частотами вращения 1500, 1000, 1500/375, 1500/250 об/мин.

ОАО «НИПТИЭМ» совместно с ОАО «ВЭМЗ» разработали ЭД мощностью 3,5 кВт (300 об/мин) для модели привода лифта (400 кг*1,0 м/с), который не имеет редуктора и ротор АД находится на одном валу со шкивом.

В разработках ООО «КУБ-ЛИФТ» канатоведущий шкив соединяется с валом ЭД ременной передачей и предлагается гамма лебедок до 1000 кг при скоростях передвижения до 4,0 м/с.

ОАО «ВЭМЗ» совместно с ОАО «МЛЗ» разработал лебедку для лифта 400 кг со скоростью 1,0 м/с мощностью 3,0-3,5 кВт и ременной передачей. Использование ременной передачи вместо редуктора уменьшает шум.

Прорабатываются конструкции мотор-редуктора для лифта (400 кг*1,0 м/с) для АД мощностью 3 кВт и скоростью 1000 об/мин.

Фирмы «ОТИС» (США), а также «KONE» (Финляндия) для комплектации своих лифтов в РФ также широко применяет мотор-редукторы.

ОАО «ЯЭМЗ-ELDIN» ведет совместно с ОАО «КМЗ» работы по созданию безредукторных лебедок на основе АД с ПЧ грузоподъемностью 1000 кг и скоростью перемещения до 4 м/с.

ОАО «НИПТИЭМ» совместно с ОАО «КМЗ» создал и испытал безредукторную лебедку на базе СД с возбуждением от постоянных магнитов для лифта грузоподъемностью 630 кг и скоростью 1,6 м/с.

Разработаны лебедки с односкоростными ЭД для лифтов различной грузоподъемности со скоростью перемещения кабины 1,6 м/с (ОАО «МЛЗ»). Большинство лебедок, изготавливаемых отечественными лифтостроительными заводами, состоят из: редуктора, канатоведущего шкива, АД, тормозного устройства, рамы и амортизатора.

Финская фирма KONE запатентовала безредукторную лебедку EcoDiskв 1966 г., которая более экономична и потребляет до 40% меньше электроэнергии, чем лифты с традиционными или гидравлическими приводами. Благодаря низкой скорости вращения этой лебедки в таких лифтах практически отсутствуют шумы и вибрация, а отсутствие

масла снижает затраты на ее техническое обслуживание и сам лифт делается более экономичным.

Безредукторный электропривод EcoDisk был спроектирован на основе специального дискового СД с возбуждением от постоянных магнитов. Лебедка рассчитана на лифт с полиспастовой подвеской кабины грузоподъемностью 630 кг и скоростью 1,0 м/с. Применение дисковой конструкции ротора СД и многополюсность статора позволило создать тихоходный привод с числом оборотов менее 100 об/мин при достаточной величине крутящего момента. Но привод является очень дорогим.

В таблице 1 представлен сравнительный анализ эксплуатационных показателей лифтов [4].

Таблица 1

Пассажирский лифт – 630 кг	Гидравлический лифт	Канатный, 2 скоростной	Лифт KONE с лебедкой EcoDisk
Скорость (м/с)	0,63	1,0	1,0
Мощность (кВт)	11	5,5	3,7
Номинальный ток (А)	30	20	8
Пусковой ток (А)	40	60	10
Потребляемая электроэнергия при 100000 пусках в год, кВт*ч	4200	3000	1800
Расход масла, л	200	3,5	0
Вес, кг	650	430	230
Средний уровень шума, дБ	65-70	65-70	50-55

Шанхайская лифтовая компания «Мицубиси» развивает в конструкциях подъемно-транспортного оборудования применение безредукторной лебедки с СД (лифты LENEY). Они экономичнее, с уменьшением шума в машинном помещении на 10-15 дБ. В систему управления введен энкодер с высокой разрешающей способностью 8192 имп./оборот (традиционно – 512 имп./оборот).

Из проведенного анализа следует, что перспективным в подъемно-транспортном оборудовании является использование синхронных (вентильных) двигателей с возбуждением от постоянных магнитов (ВДПМ), которые обладают лучшими регулировочными и энергетическими характеристиками по сравнению с АД [5].

На рисунке 3 представлена структурная схема ПЧ с РБ для перспективного использования в составе синхронного безредукторного электропривода передвижения кабины лифта.

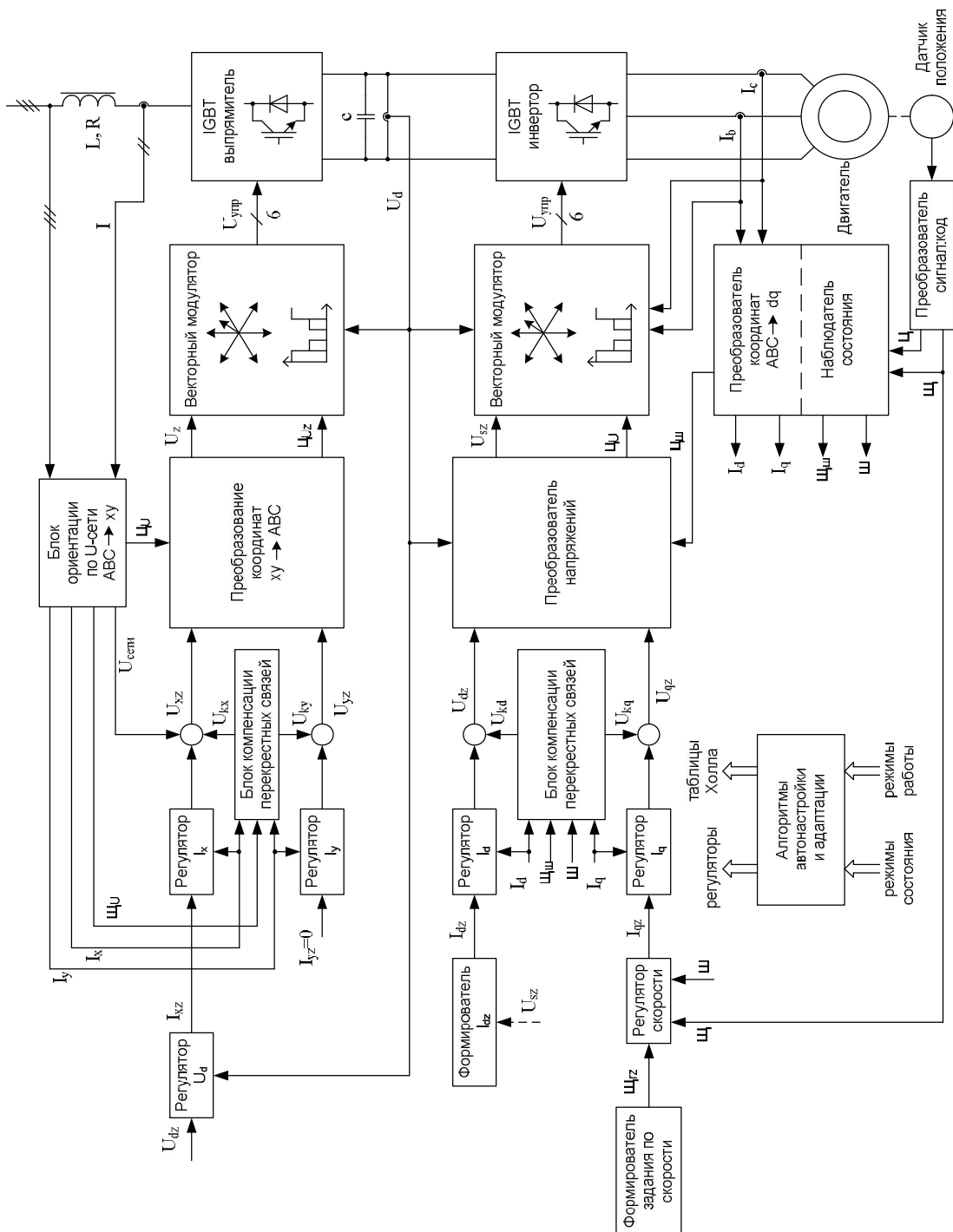


Рис. 3. Система электропривода на базе преобразователя частоты с рекуперативным блоком

Рассмотрим возможные методы повышения **энергоэффективности** эксплуатации лифтовых установок.

Экономика России характеризуется высокой энергоемкостью, удельные показатели которой в 2-3 раза превышают аналогичные показатели экономически развитых капиталистических стран. В последние десятилетия наблюдается физический износ энергетического оборудования, а также недооценка необходимости широкого внедрения энергосберегающих технологий и автоматизированных систем коммерческого учета потребления энергоресурсов.

По какой причине, например, в городе Пскове практически отсутствуют лифты с ПЧ в качестве системы управления движением, несмотря на то, что предприятие «ПСКОВЛИФТСЕРВИС» обладает достаточно квалифицированным инженерно-техническим персоналом?

В России каждый процент экономии топлива и энергии может дать 0,35-0,4% прироста национального дохода [7].

Ежегодный расход электроэнергии при эксплуатации лифтового оборудования в Москве (более 100000 лифтов – www.lift21.ru) составляет около 2 млрд. кВтч., т.е. на 1 лифт в среднем приходится около 1600 кВтч в месяц.

Внедрение при модернизации лифтов систем управления, представленных на рисунках 1-3, позволит снизить энергопотребление при сохраненных электромеханических модулях.

При этом в соответствии с техническими условиями безопасной эксплуатации представляется целесообразным исходить из того, что стоимость модернизации лифта намного меньше затрат на его полную замену.

Таким образом, модернизация действующего лифта заключается в обновлении системы электропривода лебедки с применением частотно-регулируемого электропривода на основе АД или СД, а также применение рекуперативных или матричных преобразователей.

Например, МГУП «Мослифт» провело сравнительные испытания пассажирских лифтов до проведения модернизации и после внедрения ПЧ шведской фирмы «Emotron» (ПЧ основаны на применении принципа прямого управления моментом (DTC)). Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Кроме экономии электроэнергии (около 50%) можно добиться высокой плавности переходных процессов в механике лифта, что ведет к увеличению срока службы отдельных узлов и механизмов лифта и снижает затраты на техническое обслуживание.

Таблица 2

Технические показатели лифтов до и после модернизации

Технико-экономические показатели	Лифт – г/п 320 кг, Скорость 1м/с	Лифт – г/п 500 кг, Скорость 1м/с
1. Среднее машинное время работы в сутки, час	6,8	6,4
2. Среднее число пусков в час	104	96
3. Потребляемая электроэнергия, кВт*час		
Нерегулируемый электропривод без ПЧ	1224/14892	1420/17286
В месяц/ в год		
Регулируемый электропривод с ПЧ	622/7570	614/7475
В месяц/ в год		
4. Экономия, кВт*час		
В месяц / в процентах	600/49%	800/55%
В год	7322	9811
5. Сумма экономии при среднем тарифе 3 руб/кВт*час, руб	21966	29434

Однако, внедрение энергосберегающих технологий сдерживается рядом организационно-технических факторов.

1. В связи с неотлаженностью финансовых рычагов взаимодействия производители электрической энергии, как правило, не заинтересованы в экономии энергетических ресурсов у потребителя, перекладывая на него все проблемы неэффективности работы системы энергоснабжения.

2. Нет экономической заинтересованности и у организаций, занимающихся эксплуатацией и обслуживанием лифтов.

Вследствие низких тарифов и стоимости услуг по энергоснабжению в доперестроечный период предприятия и население не привыкло к экономным режимам энергопользования.

Сегодня россияне платят за жилищно-коммунальные услуги по сравнению с 2000 годом в 13 раз больше, однако энергосберегающие технологии в жилищно-коммунальном хозяйстве только начинают внедряться. Рост от года к году (начиная с 2000 года) оплаты жилищно-коммунальных услуг в РФ представлен в таблице 3.

Таблица 3

Год	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Увеличение оплаты, раз	1,3	1,47	1,62	1,47	1,32	1,35	1,27	1,15	1,15	1,20

28 января 2009 г. в Москве состоялось расширенное заседание по проблемам лифтового хозяйства страны (www.liftinform.ru). Среди принятых на совещании решений следует отметить следующие:

1. Обратиться в Правительство РФ с предложением о разработке Федеральной целевой Программы модернизации и замены лифтов в жилищном фонде РФ на 2010-2020 годы.

2. Для решения задач модернизации или замены лифтов необходимо принять комплекс мер, одной из которых является обеспечение финансирования работ за счет средств, предназначенных для капитального ремонта жилфонда (средства реформы ЖКХ РФ) и **накопления средств из других источников.**

Очевидно, что после начала выхода из строя лифтов, которые морально устарели и при продолжающемся строительстве в основном, высотных зданий, средств полученных от жителей на техническое обслуживание лифтов станет катастрофически не хватать и потребуются либо значительные инвестиции или многократное повышение тарифов ЖКХ.

Одним из источников накопления средств для модернизации лифтов является **экономию электроэнергии**, стоимость, которой с доперестроечных времен возросла более, чем в 50 раз.

Электрическая энергия, которая потребляется жителями в многоквартирном доме с лифтом, складывается из двух составляющих:

- потребляемой электрической энергии в конкретной квартире квартиросъемщика, учет которой осуществляется по индивидуальному электросчетчику;
- электрической энергии, потребляемой жильцами в местах общего пользования энергетическими объектами здания (лифт, освещение и др.).

Во второй составляющей плата для населения за электроэнергию для лифта составляет в г. Пскове 0,68 рубля за 1 квадратный метр общей площади квартиры. Следует заметить, что этот тариф из года в год возрастает и является завышенным.

Если нет отдельного учета электроэнергии в лифтовом хозяйстве, то управляющие компании, получая оплату счетов за техническое обслуживание от населения, отчисляют установленный процент от полученной суммы организациям, ведущим техническое обслуживание лифтов (в настоящее время 1,82 рубля за 1 квадратный метр общей площади). А сумму, полученную за оплату электроэнергии для лифта от населения вместе с суммой оплаты за электроэнергию для общедомовых нужд, перечисляют энергоснабжающей организации по общедомовому счётчику электрической энергии.

В статье [6] указывается « В условиях организационной и правовой неразберихи энергетики повесили на многоквартирные дома общедомовые счетчики. При этом возможно, что в состав оплаты могут входить и электроснабжение, прилегающих к жилью магазинов, аптек, средств катодной защиты газопроводов и др. Результат очевиден. По многим домам оплата на общедомовые нужды превышает суммарную оплату за внутриквартирные расходы в 1,5- 2 раза». Более того, энергетики могут включить в общедомовые расходы и старые долги многолетних неплательщиков.

Но энергетики здесь вряд ли виноваты, так как они получают прибыль **по показаниям подъездных или общедомовых счётчиков** и как расходуется электроэнергия, их мало интересует.

Не заинтересованы в этом и предприятия, обслуживающие жилищный фонд, для которых установка отдельных счетчиков на лифтах - дополнительные затраты и поэтому средств на их установку не выделяют.

Если управляющие организации будут перечислять всю сумму по тарифу 2,5 руб. за 1 м², тогда появится заинтересованность у организаций, занимающиеся эксплуатацией и модернизацией лифтов.

На первом этапе модернизации следует использовать на вводе двунаправленный счетчик активной электрической энергии (например, СЭТАП-01), учитывающий потребляемую при движении в режиме подъема и отдаваемую (возвращаемую) в сеть через РБ энергию в режиме генераторного торможения.

При опускании груза и в режиме торможений энергия может возвращаться в сеть, если имеется РБ. Однако, однонаправленный трехфазный счетчик, измеряющий расход энергии лифтом (там, где они установлены) продолжает вращаться в прямом направлении. Это значит, что потребление электроэнергии независимо от режимов работы электропривода возрастает. Это, несомненно, выгодно энергоснабжающей организации, и она не заинтересована в установке двунаправленных счетчиков.

Результат измерения двунаправленного счетчика будет отображать непосредственно в Квт*часах отдельно энергию по каждому направлению передачи.

Если решить вопрос о перераспределении энергии пусков и торможений между синхронно-работающими лифтами в многоподъездных зданиях, то можно сэкономить до 30-40% потребляемой активной энергии.

Приведём расчёт технико-экономических показателей при внедрении ПЧ с РБ и установке двунаправленного счетчика активной энергии.

В структуре расходов на содержание лифтов потребление электроэнергии лифтовой установкой составляет около 25-30% от общей суммы расходов [8]. Эти цифры действительны при отсутствии на лифтах приборов учёта – счетчиков электроэнергии.

Если счетчика нет, то расчет потребления лифтами электроэнергии производится по установленной мощности. Исторически сложилось, что все заинтересованные организации считают коэффициент включения лифта, равным 25%. Следовательно, ежемесячный расход электроэнергии у лифта (9 этажное здание) составляет:

$$W = K \cdot D \cdot H \cdot \frac{P_{\text{лифта}}}{4} = 1,2 \cdot 30 \cdot 24 \cdot \frac{P_{\text{лифта}}}{4} \approx 216 \cdot P_{\text{лифта}} \approx 1500 \text{Квт*час};$$

где К- коэффициент запаса, учитывающий дополнительные затраты электроэнергии на привод дверей, освещение и прочие нужды;

D и H – среднемесячное число дней и часов в сутки;

$P_{\text{лифта}}$ - средняя мощность главного привода передвижения кабины лифта (принято 7,5 Квт).

При действующем тарифе 2,36 руб/Квт*час получается сумма 3540 рублей в месяц. При установке на лифте индивидуального счетчика, как показывает практика, расход электроэнергии снижается в 2 раза [8]. Стоимость лифтового счетчика однонаправленного типа около 2000 рублей.

Экономические расчеты показывают, что 1 вложенный рубль на приобретение и установку лифтовых счетчиков может дать экономию в 10 рублей.

Почему же счетчики до сих пор стоят не на всех лифтах?

В этом, как уже указывалось выше, мало кто заинтересован, т.к. отсутствие электросчётчиков на лифтах оплачивают жильцы (сравните аналогии с индивидуальными счетчиками воды и тепловой энергии). А в тарифах на техническое обслуживание жилого фонда заложен завышенный примерно в 1,5-2 раза расход электроэнергии на лифтах.

При снижении оплаты энергосберегающей организации потребленной энергии на 50% (при установке счетчика) имеем для 1 лифта экономию 1770 рублей в месяц, а в год соответственно 21240 рублей.

Внедрением счетчиков на 100 лифтах можно позволить получить экономию до 1,5 млн.рублей в год, что соответствует по стоимости внедрению одной новой лифтовой установки или проведению модернизации от 5 до 10 старых лифтов в зависимости от типа выполняемых работ.

Экономия потребления электроэнергии ещё на 10-20% (цифра подлежит исследованиям) может быть достигнута при установке двунаправленных счетчиков активной энергии.

Следует заметить, что, так как тарифы ЖКХ растут более интенсивно по сравнению со стоимостью 1 Квтч электроэнергии, то прибыль, которую можно направить на модернизацию лифтов, в дальнейшем будет возрастать.

Применение РБ в лифтовых установках позволит получить ещё большую экономию электроэнергии, однако пока эта технология широко не применяется, поскольку такие системы находятся в разработке.

Частотные преобразователи с распределяющей (общей) шиной постоянного тока (рис.2) при параллельном соединении лифтовых систем и одним РБ в перспективе позволит достичь высокого к.п.д. лифтовых установок.

Исходя из вышесказанного, рекомендуется на 1 этапе внедрения энергосберегающих технологий при эксплуатации лифтов:

- устанавливать индивидуальный двунаправленный счетчик электроэнергии для лифтового хозяйства многоквартирного дома;
- при установке и монтаже новых лифтов применять матричные преобразователи частоты;
- при модернизации электроприводов главного движения лифтов использовать рекуперативные блоки;
- средства, полученные от экономии электроэнергии, направить на модернизацию лифтового оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афонин В.И. Основные направления повышения технического уровня двигателей для привода лифтов. Подъёмные сооружения. Специальная техника. – №4/2004. – с. 38–39.
2. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием : учебник для вузов.– М.: Академия, 2006. – 272 с.
3. Архангельский Г.Г. Современные тенденции и совершенствование конструкции лифтового оборудования. – М.: Изд-во МГСУ, 2006.
4. Марков А.М., Маркова Т.А. Современные и перспективные конструкции электрических и гидравлических лифтов. Труды ППИ / Псков: Изд-во ППИ, 2008. – №11.3. – с. 254–258.
5. Овчинников, И.Е. Вентильные электрические двигатели и привод на их основе.– СПб.: КОРОНА – Век, 2006.– 336 с.
6. Невинная И. Коммунальная обдираловка. «Российская газета». – №62 от 09.04.2009 г.
7. Колесников А.И., Федоров М.Н., Варфоломеев Ю.М. Энергосбережение в промышленных и коммунальных предприятиях.– М.:ИНФРА-М, 2008. – 124 с.
8. Тишин В.А. Кому нужны электросчетчики на лифтах? – Лифтинформ. – №8, 2007. – с. 30–31.

А.И. ХИТРОВ, И.М. ФЕДОТОВ, А.А. ХИТРОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АСИНХРОННЫХ И ВЕНТИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ВОЗБУЖДЕНИЕМ ОТ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ

Приводится структура, состав экспериментального стенда и результаты исследований по определению параметров электродвигателей при управлении от современных частотно-регулируемых электроприводов.

Повышение уровня требований к показателям качества регулирования выходных переменных (момента, скорости, положения) современных электроприводов (ЭП),