

приводами на базе DSP - микроконтроллеров. Их стоимость при ограниченных интерфейсных функциях не будет превышать \$10 - 20.

Основные затраты при разработке систем управления приводами будет приходиться уже не на создание аппаратной части контроллера, а на разработку алгоритмического и программного обеспечения. Поэтому роль специалистов в области теории электропривода существенно возрастает.

А.М. МАРКОВ, Т.А. МАРКОВА

СОВРЕМЕННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЛИФТОВ

Рассмотрены основные эксплуатационные характеристики и перспективы развития электрических и гидравлических пассажирских и грузовых лифтов зарубежного производства.



Характерной чертой развития лифтостроения в современных условиях является непрерывное совершенствование технологических процессов изготовления узлов лифтового оборудования. Совершенная технологическая база и оптимизированная система организации труда становится гарантом качества производства лифтов. Высокоэффективные технологии и современные научно-технические достижения служат основой дальнейшего совершенствования конструкции лифтов с электрическим или гидравлическим приводом.

Лидирующую роль в развитии лифтовой отрасли играют фирмы Otis, Tissen, Shindler, Kone. Исключение пока составляют Россия и страны СНГ в связи с условиями, сложившимися в результате коренной ломки старой экономической системы и разрушением исторически сложившихся связей.

В странах Европы, Америки и Юго-восточной Азии сложилась благоприятная обстановка для дальнейшего прогресса в области лифтостроения. Особое внимание при этом традиционно уделяется вопросам безопасности и экономии полезного объема зданий при размещении лифтового оборудования. Эта проблема была успешно решена за счет размещения скоростных лифтов без машинных помещений в вертикальных углублениях наружных стен здания. При этом доля полезного объема высотных зданий увеличивается на 20 - 30 %.

Лидером в практической реализации подобной конструкции **электрических лифтов** стала фирма Kone (Finland), которая ещё в 1966 году представила модель MonoSpace с малогабаритной безредукторной лебедкой EcoDisc [1].

Безредукторный электропривод EcoDisc был спроектирован на основе специального дискового синхронного двигателя с системой возбуждения на постоянных магнитах (рис. 1).



Рис. 1. Электропривод EcoDisc

Лебедка рассчитана на лифт с полиспастной подвеской кабины грузоподъемностью 630 кг и скоростью движения 1 м/с. Канатоведущий шкив диаметром 400 мм выполнен как часть литой конструкции, включающей тормозной шкив большого диаметра, внутренняя часть которого играет роль ротора с закрепленными на его торцевой поверхности постоянными магнитами. С задней внутренней стороны ротора размещается многополюсная обмотка статора, установленная на неподвижной раме лебедки. Применение дисковой конструкции ротора большого диаметра и многополюсного статора позволило создать тихоходный двигатель с числом оборотов 80-100 об/мин. при достаточной величине крутящего момента и КПД около 90%. Лебедка

оборудована двухколочным механическим тормозом с растормаживающими электромагнитами. В верхней части лебёдки установлен датчик контроля скорости вращения ротора, включенный в цепь обратной связи системы управления. Для изменения скорости вращения ротора двигателя применяется система частотного регулирования. При этом достигается высокая точность остановки кабины, составляющая не более ± 5 мм.

Дополнительно следует отметить, что лебёдки EcoDisc отличаются компактностью и весьма небольшой массой, примерно в три раза меньшей, чем у лебёдки с червячным редуктором для лифта с аналогичными параметрами.

В настоящее время фирма Kone успешно применяет лебёдки EcoDisc в конструкции пассажирских лифтов со скоростью кабины до 2,5 м/с и в грузовых лифтах грузоподъемностью 1000 - 2000 кг при скорости кабины 0,5 м/с.

Основу конструкции лебёдки фирмы Wittur составляет электропривод на основе асинхронного двигателя общепромышленного типа с частотным регулированием и одноступенчатая клиноременная передача с тремя параллельно работающими ремнями. Шкив большего диаметра выполнен в одной отливке с канатоведущим шкивом. Лебёдка рассчитана для работы в лифте с полиспастной подвеской грузоподъемностью 2000 кг при скорости кабины 1,6 м/с. Высота подъема составляет 45 м. В корпусе двигателя смонтирован дисковый тормоз. Для обеспечения безопасности в конструкции лебёдки предусмотрена система автоматического отключения двигателя при ослаблении натяжения одного из трёх ремней.

Наряду с этим не прекращаются попытки поиска нестандартных решений. Одним из примеров может служить конструкция лифта с линейным асинхронным двигателем, разработанная и испытанная фирмой Otis (рис. 2).

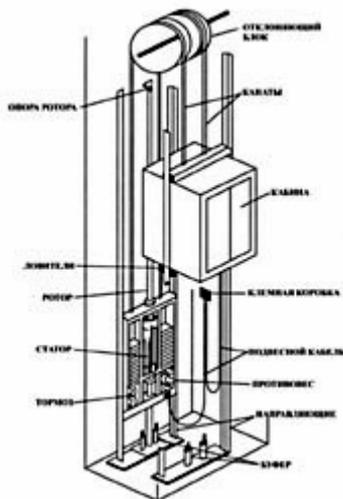


Рис. 2. Лифт с асинхронным линейным двигателем.

Этот лифт не требует машинного помещения и применения редуктора. Линейный асинхронный двигатель является частью конструкции противовеса, в котором размещаются статорные обмотки с кольцевым магнитопроводом. Роль ротора играет вертикально закрепленная алюминиевая труба. При включении питания статорной обмотки появляется вращающееся магнитное поле, взаимодействующее с поверхностью алюминиевой трубы и создающее тяговое усилие. Для обеспечения точности остановки в системе управления предусмотрен датчик контроля скорости кабины. Кабина оборудована ловителями, а электромагнитные тормоза смонтированы в нижней части противовеса.

В аварийных ситуациях и при отсутствии электропитания электромагниты могут включаться от резервной аккумуляторной батареи для опускания кабины на ближайший этаж. Скорость движения кабины лифта достигает 1,75 м/с.

Достоинством рассматриваемой конструкции является отсутствие традиционной лебёдки и меньшие потери энергии. Недостатком конструкции является передача всей нагрузки на перекрытие шахты. Правда, необходимо отметить, что размещение двигателя в противовесе позволило несколько уменьшить нагрузку на перекрытие по сравнению с конструкцией лифта, оборудованного лебёдкой, размещенной в верхнем машинном помещении.

От этого недостатка свободна конструкция лифта с фрикционным приводом, предложенная фирмой Shindler. В данной конструкции тяговые канаты полностью отсутствуют. Подъемное усилие обеспечивается двумя приводными роликами с полиуретановым покрытием, которые посредством сил сцепления взаимодействуют с поверхностью вертикальных направляющих.

Направляющие представляют собой пустотелые конструкции из алюминиевого проката, внутри которых размещаются цилиндрические противовесы, уравнивающие силу тяжести массы кабины и 20% массы груза. Привод роликов производится от частотно управляемого электродвигателя 3-фазного переменного тока. При отсутствии электроэнергии лифт может работать от аккумуляторной батареи, размещенной, как и электропривод, под полом кабины.

Лифт рассчитан на грузоподъемность 630 кг при скорости 0,63 м/с и обслуживает 8 остановок. Мощность электродвигателя привода кабины 3,4 кВт при 120 включениях в час. Точность остановки гарантируется на уровне ± 3 мм. Для контроля параметров используется микропроцессорное управление.

По-настоящему революционное решение проблемы создания компактной лебедки для лифта без машинного помещения было предложено фирмой Otis. В начале 2000 года эта фирма приступила к производству принципиально новой конструкции лифта без машинного помещения GEN2 (рис. 3).

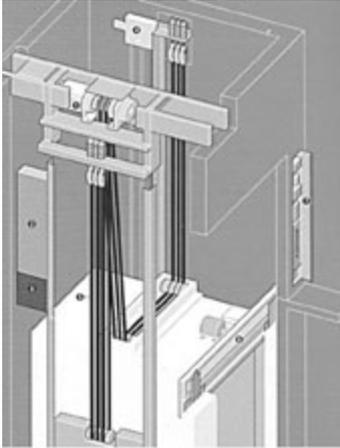


Рис. 3. Лифт GEN2.

В основу разработки GEN2 был положен новый принцип передачи движения от канатоведущего шкива к кабине лифта. Традиционные стальные канаты были заменены плоскими полиуретановыми тяговыми ремнями, армированными сверхтонкими стальными канатами. Успешной реализации проекта GEN2 способствовал целый ряд обстоятельств и, прежде всего, наличие хорошо отработанной системы частотно-регулируемого электропривода переменного трехфазного тока.

В лифте GEN2 кабина подвешена на трех тяговых ремнях. Гарантированный запас прочности их не менее 12, а срок службы в 2-3 раза больше, чем у эквивалентных по прочности стальных канатов. Масса ремня на 20% меньше массы равноценного по прочности стального каната.

Малые габаритные размеры лебёдки при длине 1000 мм, ширине и высоте 250 мм облегчают её установку в верхней части шахты. Применение системы частотного регулирования с обратными связями по скорости и загрузке кабины обеспечивает высокую плавность хода и точность остановки кабины.

Не меньший интерес представляют **гидравлические лифты**, которые практически не требуют машинных помещений и могут составить конкуренцию электрическим лифтам при установке в малоэтажных зданиях.

В мировой практике гидравлические лифты занимают достойное место и составляют от 30 до 70% мирового рынка сбыта. Основными производителями узлов гидравлического оборудования являются фирмы GMV, Moris, Beringer Hydraulic AG и др.

Современный гидравлический лифт является системой с замкнутой линией циркуляции рабочей жидкости. Основу конструкции гидравлических лифтов составляет механизм подъема на основе гидроцилиндра, который действует на кабину непосредственно, через канатный или цепной мультипликатор.

При подъеме кабины жидкость забирается электронасосом из резервуара и под давлением направляется в цилиндр. При спуске - возвращается в резервуар под действием силы тяжести кабины через дросселирующие клапаны.

Гидропривод типового лифта, кроме гидроцилиндра, включает гидроагрегат, в состав которого входит бак для рабочей жидкости, насос с электроприводом и клапанное распределительное устройство гидравлической схемы управления потоком рабочей жидкости. Управление движением кабины лифта осуществляется микропроцессором, взаимодействующим с электроуправляемыми клапанами гидравлической схемы и датчиками контроля положения кабины.

Гидравлическая схема управления оборудуется защитными устройствами, ограничивающими давление рабочей жидкости на допустимом уровне и предотвращающими возможность падения кабины в случае аварийного разрыва напорного трубопровода или утечки жидкости.

Гидроагрегат и станция управления могут располагаться на удалении в 10 - 15 м от шахты лифта. Обычно гидравлический лифт проектируется на 2 - 6 остановок и перемещается со скоростью 0,15 - 1 м/сек., хотя технические возможности позволяют ему двигаться со значительно большей скоростью.

В целях экономии энергии на гидравлических лифтах может использоваться противовес. Однако экономия может быть достигнута более рациональным путем - на основе применения

гидравлического аккумулятора. На рис. 4 приведена схема лифта с гидравлическим аккумулятором, разработанная фирмой Bucher Hydraulics.

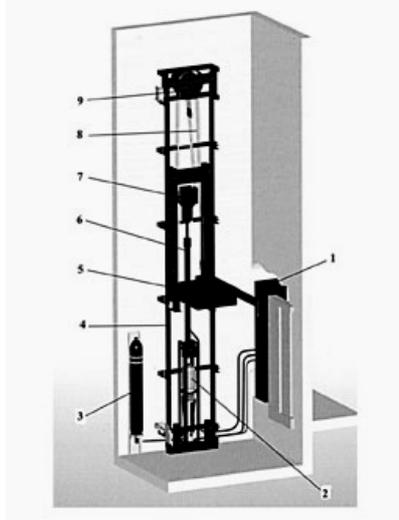


Рис. 4. Лифт с гидравлическим аккумулятором:

- 1 - блок управления с частотным преобразователем и баком для рабочей жидкости;
- 2 - насос с приводным двигателем;
- 3 - гидроаккумулятор;
- 4 - направляющие кабины;
- 5 - рама кабины;
- 6 - гидроцилиндр;
- 7 - подвижной блок канатного мультиклапана;
- 8 - тяговые канаты;
- 9 - неподвижный отклоняющий блок.

При таком решении, кроме уменьшения необходимой мощности электропривода насоса, значительно уменьшается необходимый объем рабочей жидкости. Существенно снижается выделение тепловой энергии и отпадает необходимость в установке теплообменника. При спуске кабины происходит зарядка аккумулятора. В режиме подъема запасенная аккумулятором энергия рабочей жидкости вместе с электронасосом работает на подъём кабины.

В последние годы возникла потребность в разработке специальных конструкций для транспортировки людей с ограниченной подвижностью и на инвалидных колясках. В ответ на назревшую необходимость за рубежом появилось большое разнообразие конструкций лифтов для инвалидов. Аналогичные конструкции стали производиться и отечественными предприятиями.

В настоящее время большое внимание уделяется совершенствованию конструкции других узлов лифтового оборудования, включая средства обеспечения безопасности пассажиров. Совершенствуются системы управления работой лифтов и технические средства службы сервиса. Не остается без внимания конструкция привода автоматических дверей кабины. Широкое внедрение электроприводов с частотным регулированием позволило использовать линейную кинематику механизмов привода дверей.

Постепенно уходят в прошлое достаточно сложные конструкции, обеспечивающие синусоидальный закон изменения скорости створок дверей за счёт кинематики механизма. Идет поиск новых конструктивных решений.

Иллюстрацией может служить конструкция привода дверей кабины с гидроприводом на основе применения гидроцилиндра двустороннего действия и реверсивного электронасоса с замкнутой циркуляцией (рис. 5).

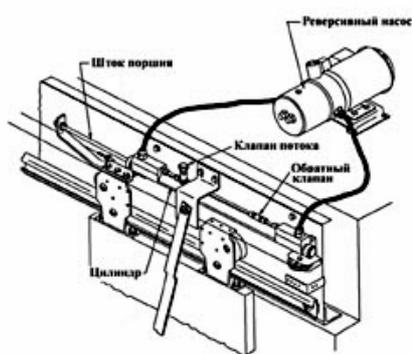


Рис. 5. Гидропривод раздвижных дверей кабины

Конструкция привода дверей кабины была представлена фирмой Vertisys (USA). Привод состоит из реверсируемого гидронасоса, приводимого в действие двигателем переменного тока. Система управления работой привода гарантирует плавное изменение скорости на пути около 510 мм.

Выводы. В статье рассмотрена достаточно небольшая часть вопросов совершенствования конструкций лифтового оборудования, но даже этот короткий обзор показывает, что зарубежное лифтостроение идет в ногу с техническим прогрессом.

Работы по совершенствованию конструкций лифтового оборудования успешно продолжают. Они охватывают широкий круг проблем, связанных с совершенствованием систем управления, средств оперативной диагностики и диспетчеризации на базе компьютерных технологий.

Технический прогресс в смежных отраслях открывает конструкторам лифтового оборудования новые возможности и предопределяет появление новых, порой неожиданных технических подходов и решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Архангельский Г.Г.** Современные тенденции совершенствования конструкции лифтового оборудования// М: изд. МГСУ, 2006.

Ю.Н. СОХОП

АВТОМАТИЗАЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ SPICE-МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ТЕНЗОРНЫМИ МЕТОДАМИ

Рассмотрен математический аппарат, позволяющий автоматизировать процесс разработки моделей электрических машин для SPICE-программ при исследованиях динамических процессов в управляемых электроприводах. Приведен пример получения модели асинхронного двигателя в 3-х фазной системе координат для статорных обмоток и 2-х фазной системе координат для роторных обмоток. Приводятся операторы автоматизированного вывода формул в пакете символьной математики Maxima. Полученные модели асинхронного двигателя реализованы в пакете LTspice, применяемом в лабораторных работах по дисциплине автоматизация исследований электроприводов.

Программа моделирования электронных устройств Spice появилась на рубеже 70-х годов и со временем получила широкое распространение в различных вариантах: PSpice, XSpice, B2Spice, MicroCap и т.п. Фактически входной язык для Spice-программ стал мировым стандартом описания устройств электроники в системах сквозного автоматизированного проектирования, использующим этап моделирования (системах CAE/CAD/CAM). К таким системам относятся такие коммерческие пакеты, как PCAD, OrCAD, DesignLAB и т.п. Из некоммерческих пакетов подобного класса можно отметить систему KiCAD, позволяющую автоматически генерировать Spice-описание принципиальной электрической схемы.

В библиотеку встроенных моделей Spice-программ входят, как правило, все основные элементы электрических схем – линейные и нелинейные R, L, C ветви, управляемые источники, взаимные индуктивности; модели основных типов полупроводниковых приборов – диодов, транзисторов и т.п., а так же модели цифровых устройств - элементы базовой логики, триггеры и т.д. Набор встроенных моделей позволяет исследовать функционирование основных узлов электронных систем управления электроприводами и включать полученные результаты в их сквозное проектирование. Так как основное назначение Spice-программ – моделирование электронных устройств, то электрические машины не входят в библиотечные описания. Вместе с тем, базовый набор встроенных моделей позволяет получить необходимые схемы замещения. В статье изложен способ автоматизированного вывода расчетных формул схем замещения электрических машин, основанный на теории обобщенной электрической машины [1].

Уравнения напряжений обобщенной электрической машины, как известно [1], приводятся в двухфазной системе координат:

$$U = R \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} + G_x \cdot i \quad (1)$$

здесь U – вектор приложенных напряжений, i – вектор токов, ω – механическая скорость вращения, L – матрица индуктивностей, R – матрица сопротивлений двигателя. В матрице э.д.с. G_x , скорость вращения ротора в эл. рад. ω может быть вынесена в виде отдельного множителя:

$$G_x = \omega G, \quad (2)$$

Уравнение механического движения:

$$J \cdot \frac{d\omega_{mex}}{dt} = M_{\text{де}} - M,$$