

РАЗВИТИЕ ЛИФТОВЫХ ПРИВОДОВ

Большинство существующих канатных лифтов в России и республиках бывшего СССР имеют привод с одно- или двухскоростными асинхронными двигателями.

Технические и энергетические характеристики приводов могут быть улучшены применением тиристорных систем регулирования напряжения.

Более радикальным способом улучшения комфортных характеристик лифтов является использование при модернизации приводных систем частотного управления скоростью с помощью инверторов. При этом, потребление энергии может быть снижено примерно вдвое вследствие мягкого разгона и замедления.

Появление в начале 90-х годов инверторов с IGBT-транзисторами позволило ведущим Европейским лифтостроительным фирмам приступить к широкой модернизации лифтовых приводов. Этому способствовало ежегодное снижение цены на инверторы ($\approx 5\%$). В такой ситуации лифтовыми компаниям удалось заинтересовать владельцев жилья и эксплуатирующие фирмы применять при модернизации частотные инверторы. В этих случаях стоимость управляющих лифтовых систем возрастает с применением в них инверторов, тормозных резисторов, фильтров и т.д.

Обзор и анализ лифтовых приводов

Односкоростной привод

Это самый простой вид привода, используемый на старых лифтах со скоростью до 0,6 м/с. В системах применяются двигатели с высоким скольжением, имеющие высокий начальный момент и низкий, по возможности, пусковой ток. Запуск двигателей производится прямым включением в сеть.

Снижение ускорений и рывков при разгоне обеспечивается применением дополнительных маховых масс с моментом инерции, превышающим момент инерции двигателя. При этом увеличиваются потери и снижается К.П.Д. двигателя.

Двухскоростной привод

Эти системы используют двухскоростные полностью-переключаемые асинхронные двигатели, специально разработанные для лифтового привода. Хотя двухскоростные системы и не являются приводом с регулируемой скоростью, их можно назвать регулируемыми, так как они работают на две скорости. Эти системы широко использовались в Европе в 1970-х и 1980-х годах. В России подавляющая часть лифтов работает на подобных приводах и в настоящее время. Они работают от прямого пуска, а потому существует необходимость в применении маховиков для уменьшения рывков и придания двигателю плавности.

Основным элементом двухскоростных систем является двигатель с двумя обмотками, заложенными в статор, взаимодействующими с одним ротором. Отношения скоростей в таких системах обычно 3:1, 4:1 или 6:1. Таким образом

минимальная скорость будет составлять 33%, 25% или 16,6% от предельной скорости. Двигатели имеют следующие соотношения чисел полюсов: 6:18 (1000/333 об/мин), 6:24 (1000/250 об/мин), 4:16 (1500/375 об/мин) или 4:24 (1500/250 об/мин).

Характеристики отечественных двигателей «скорость-момент» приведены на рис.1.

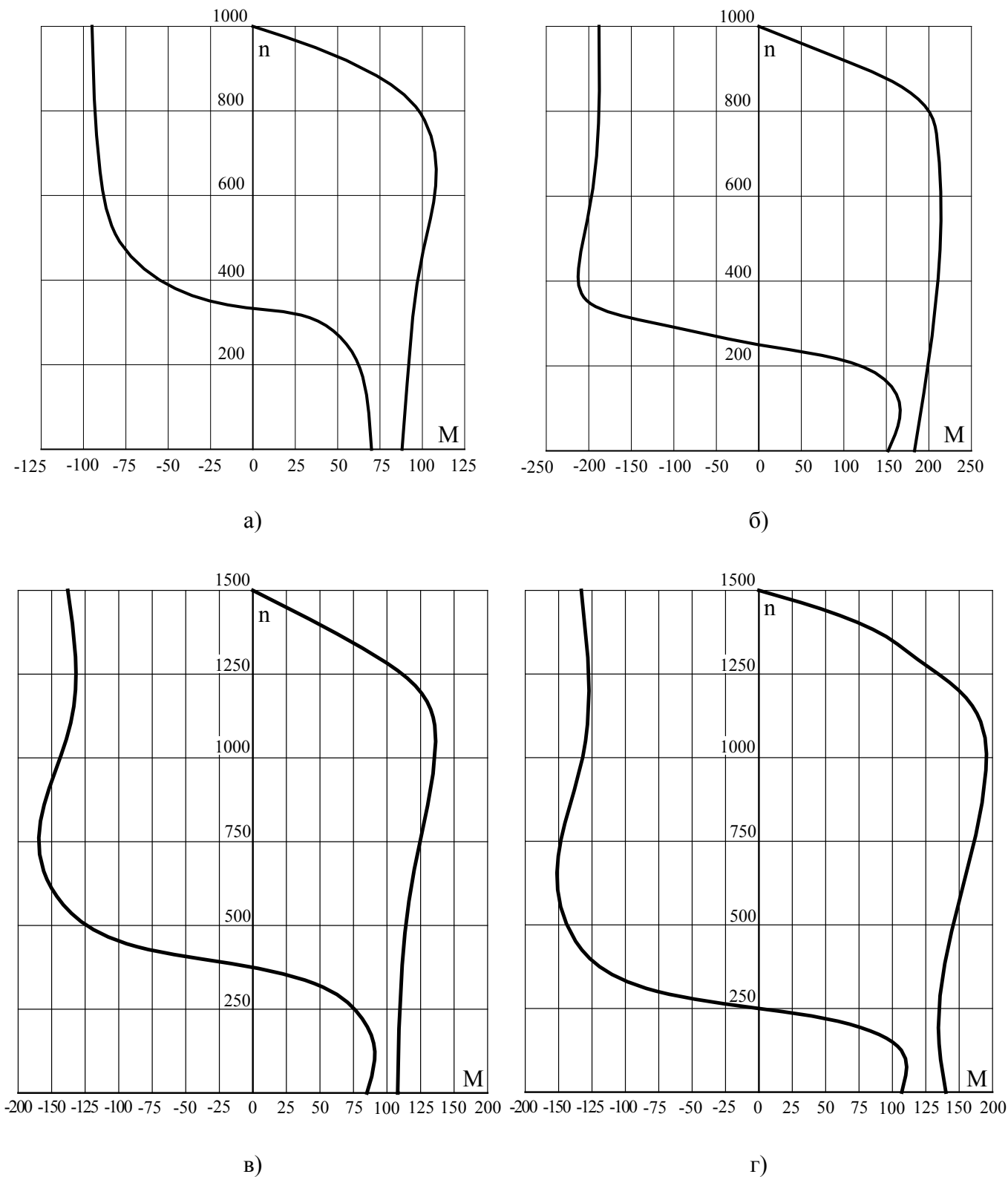


Рис.1 Характеристики «скорость-момент» лифтовых двигателей серии 5А:
 а – двигатель 5АН160S6/18; б – двигатель 5АН200МА6/24;
 в – двигатель 5АН180S4/16; г – двигатель 5АН200МА4/24;
 (М – в Н·м; n – в об/мин)

Недостатки подобных систем:

- разгон и замедление не плавное;
- высокий пусковой ток;
- низкая точность из-за зависимости от нагрузки;
- излишний расход энергии из-за прямого пуска и применения дополнительных маховиков.

Системы с регулированием напряжения (ACVV)

Эти системы нашли широкое применение с середины 1980-х годов. Принцип их работы очень прост. Он основан на использовании трех пар встречных тиристоров для изменения напряжения на статоре, как показано на рис.2. Принцип работы приводов с регулируемым напряжением и скоростью можно иллюстрировать с помощью рис.3.

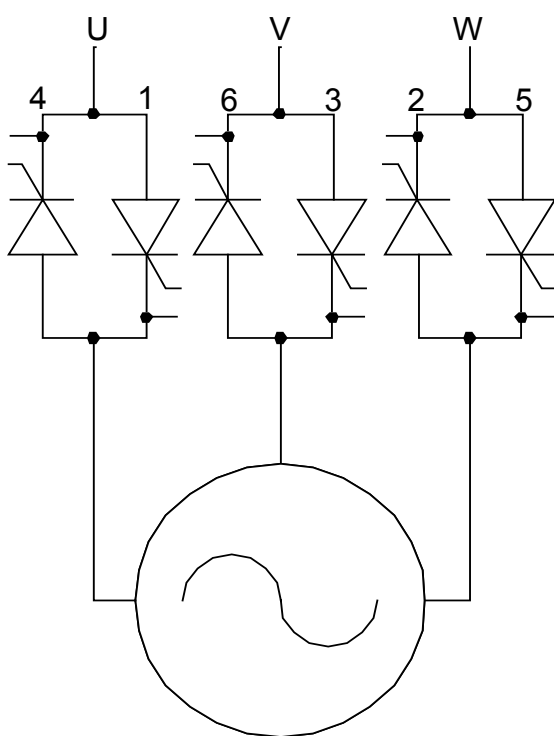


Рис.2 Схема включения односкоростного двигателя

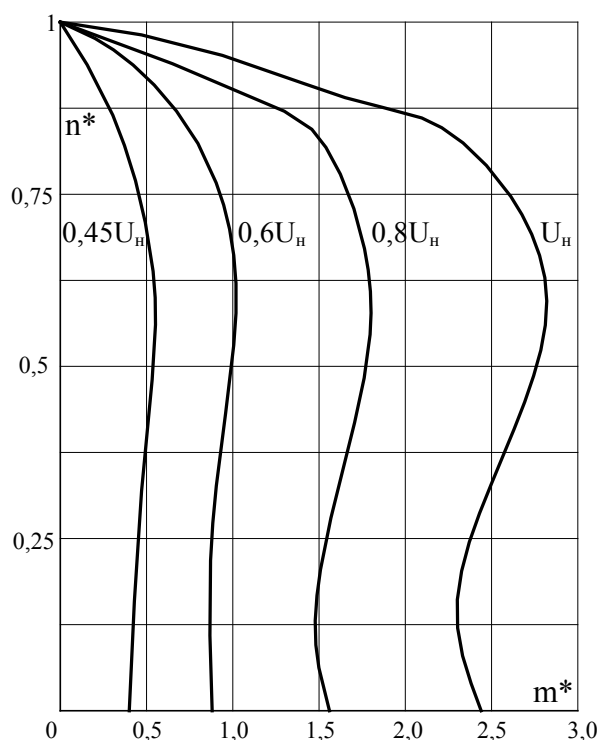


Рис.3 Характеристики «скорость-момент» двигателя 2,2 кВт (750 об/мин) при изменении напряжения

При снижении величины питающего напряжения уменьшаются вращающие моменты и при постоянстве нагрузки падает рабочая скорость (растет скольжение). Пропорционально росту скольжения растут потери

$$P_S = P_2 \cdot S$$

P_2 - мощность на валу двигателя

S – скольжение

Кроме того, на низких скоростях угол зажигания тиристорov больше, что обуславливает наличие высших гармонических составляющих напряжения. Двигатель греется и К.П.Д. системы падает. Необходимо усиливать охлаждение двигателя. Подобным системам свойственно увеличение расхода энергии.

Пример. Привод пассажирского лифта грузоподъемностью 240 кг и скоростью перемещения 0,5м/с осуществляется односкоростным двигателем мощностью 2,2 кВт и частотой вращения 750 об/мин. Предположим, что загрузка кабины 25% (что не редко) и для перемещения необходим вращающий момент равный 50% от номинального. Если провести вертикальную прямую через точку соответствующую 50% момента, она пересечет 4 кривых. При этом обеспечивается частота вращения 70%, 92%, 94% и 98% от синхронной. Однако следует иметь ввиду, что работа на низких скоростях при низких моментах невозможна, так как система теряет равновесие.

При скорости движения более 60 м/мин применение нерегулируемого привода с двигателем с короткозамкнутым ротором ограничивается увеличенной зависимостью его динамических характеристик при разгоне и замедлении от нагрузок. Вследствие этого ухудшается точность остановки, увеличивается путь дотягивания.

Снижение зависимости динамических и комфортных характеристик электропривода лифта от меняющейся нагрузки достигается применением замкнутых систем регулирования момента и скорости двигателя.

Системы регулирования с постоянным током (DC)

Достаточно широкое применение в Европе нашел метод, позволяющий осуществить электрическое торможение с питанием низко – скоростной обмотки двигателя постоянным током, как это показано на рис.4.

При этом предполагается использование двигателя с двойной «беличьей клеткой». Путем изменения угла зажигания происходит изменение напряжения на статоре, что приводит к образованию новой кривой «скорость-момент». Это позволяет выбрать нужную моментную кривую при определенной нагрузке в кабине.

Данный способ регулирования позволяет в диапазоне изменения естественных характеристик «скорость-момент» получить нужную зависимость как в зоне разгона, так и замедления лифта, обеспечив при этом достаточную комфортность. Информация, необходимая для регулирования, поступает с тахогенератора, соединенного с валом двигателя.

В процессе работы обмотка большей скорости (1500 об/мин) присоединяется к сети через регулятор трехфазного тока, обмотка малой скорости (375 или 250 об/мин) питается от выпрямительного моста.

Вращающий момент двигателя при разгоне и рабочем движении создается обмоткой большей скорости. Управляя углом зажигания питающего напряжения ТПН, можно непрерывно менять напряжение и, следовательно, вращающий момент двигателя. Тормозной момент привода создается обмоткой малой скорости с питанием ее от постоянного тока (рис. 5).

Благодаря регулированию напряжения в процессе разгона и торможения при изменении нагрузки в кабине можно уменьшить (или исключить) дополнительные инерционные массы.

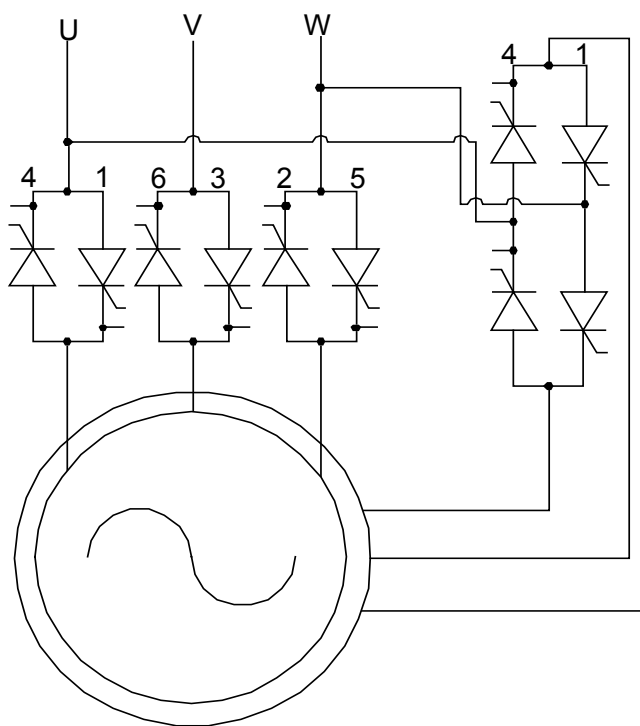


Рис.4 Схема включения двухскоростного двигателя

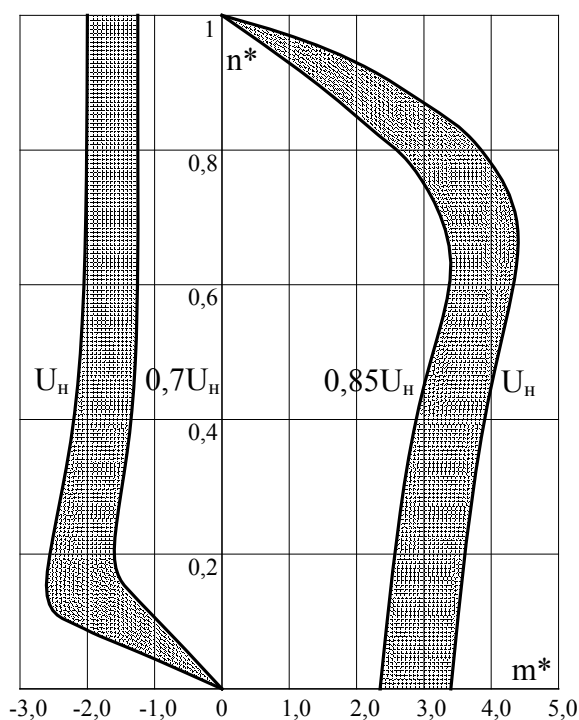


Рис.5 Характеристики «скорость-момент» привода лифта 400 кг/1,6 м/с регулируемого напряжения с торможением постоянным током

Метод успешно внедряется в существующие системы регулирования напряжения приводов с двухскоростными двигателями переменного тока. Это было удобно, так как позволяло использовать для торможения обмотку малой скорости, подавая в нее постоянный ток. Процесс торможения создавался при взаимодействии постоянного поля статора с переменным затухающим полем ротора. Частота вращения ротора снижается от \approx синхронной до нуля. Недостатки этого метода: энергия, рассеиваемая в двигателе, выделяется в виде тепла в обмотках; со снижением скорости снижается ток в обмотках статора, что делает процесс торможения недостаточно надежным.

Системы с регулируемым напряжением и частотой (VVVF)

Эти системы состоят из асинхронного двигателя, соединенного с инвертором, позволяющим непрерывно регулировать и напряжение и частоту.

С таким типом привода двигатель может обеспечивать заданный момент при любой скорости, совместимой с частотой инвертора. Эти системы используются в редукторных и безредукторных лифтах, а в ряде случаев также в гидравлических системах. Они обеспечивают высокую скорость, плавный разгон и высокую точность остановки. Данные системы имеют небольшой пусковой ток, который может быть лимитирующим параметром (обычно $I_{\text{пуск}} \approx 1,5 I_{\text{ном}}$). Инвертор выделяет из полного тока только активную составляющую, которая образует вращающий момент. Необходимо отметить, что питание асинхронного двигателя от статического инвертора производится несинусоидальным напряжением, что приводит к увеличению потерь примерно на 10-15% из-за наличия высших гармонических составляющих. При этом двигатель не может обеспечить

номинальную мощность и будет работать с меньшей нагрузкой. Присутствие гармоник напряжения и тока приводит к колебаниям момента и увеличению потерь, ухудшению охлаждения при работе на малой скорости, приводит к необходимости снижать мощность.

Привод с регулируемой скоростью является замкнутой системой с обратной связью. Эта система осуществляет контроль за изменением скорости лифта путем отслеживания скорости двигателя. Затем она сравнивает фактическую величину скорости с заданным «эталонным» значением и разгоняет или замедляет двигатель в зависимости от соответствующих значений этих сигналов.

Для определения скорости движения лифта в любой момент времени строится график, который описывает значение скорости, с которой должен двигаться лифт (рис.6, кривая 1). Это не означает, что лифт именно с такой скоростью и движется. Фактическое значение скорости фиксируется устройством обратной связи (рис.6, кривая 2). В идеале, оба графика должны совпадать.

В любом лифтовом приводе с регулируемой скоростью существует блок, называемый «задатчик эталонного значения». Его функция состоит в сравнении «эталонной скорости» со скоростью двигателя (а значит и лифта) в любой точке цикла и обеспечении плавности кривой скорости (рис.6).

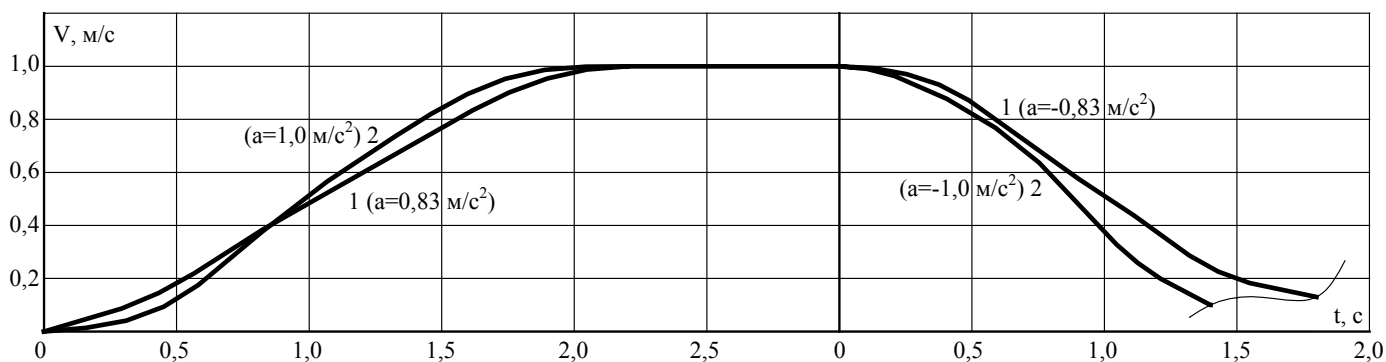


Рис.6 Зависимость скорости лифта от времени при разезде через этаж лифтов с номинальной скоростью до 1,0 м/с

1 – заданная «эталонная» скорость.

2- фактическая скорость при подъеме груза (лифт 400 кг)

Желательно, чтобы радиус кривой скорости был большим на отрезках «нулевая скорость – разгон», «разгон – постоянная предельная скорость», «постоянная предельная скорость – замедление», «замедление – скорость дотягивания». Такая форма кривой показана на рис.6, где все переходы плавные. Чем больше радиус этих переходов, тем меньше рывки и удобнее движение. Предельный случай возникает при пересечении кривых двух последовательных переходов, когда образуется форма «S» или перевернутая «S».

Заключение

В канатных подъемниках массовых лифтов с ограниченным числом остановок в основном используются двухскоростные асинхронные двигатели с двухклеточными роторами. С их помощью удается получить хорошие шумовые характеристики и успешно применять управление с изменением питающего напряжения.

В системах высокой производительности, как редукторных, так и безредукторных, используются приводы с регулируемым напряжением и частотой. Стационарные

инверторы позволяют значительно улучшить регулирование скорости, точность остановок и снизить пусковые токи.

Применение стационарных инверторов в лифтовом приводе позволяет увеличить долю рынка занимаемую асинхронными двигателями.