

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Институт открытого и дистанционного образования  
Кафедра «Техника, технологии и строительство»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой, к.т.н.,  
доцент

\_\_\_\_\_ К.М. Виноградов  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Модернизация электропривода пассажирского лифта

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ– 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ ВКР

Руководитель работы,  
доцент

\_\_\_\_\_ В.Д. Константинов  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Автор работы  
студент группы ДО-503

\_\_\_\_\_ Д.Е. Дульцев  
\_\_\_\_\_ 2020г.

Нормоконтролер,  
преподаватель

\_\_\_\_\_ О.С. Микерина  
\_\_\_\_\_ 2020г.

Челябинск 2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Институт открытого и дистанционного образования

Кафедра «Техника, технологии и строительство»  
Направление «13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ К.М. Виноградов  
\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

ЗАДАНИЕ  
на выпускную квалификационную работу студента  
Дульцева Дмитрия Евгеньевича  
Группа ДО-503

1 Тема работы Модернизация электропривода пассажирского лифта

утверждена приказом по университету от 24.04.2020 г. № 627

2 Срок сдачи студентом законченной работы 30.06.2020 июня 2020 г.

3 Исходные данные к работе

3.1 Материалы преддипломной практики

3.2 Справочно-техническая литература

3.3 Инструкции к оборудованию

#### 4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

Аннотация

Оглавление

Введение

1 Обзор литературы и постановка задачи. Выводы по разделу один.

2 Сравнение отечественных и передовых зарубежных преобразователей частоты. Выводы по разделу два.

3 Общий раздел. Описание и работа лифта. Система управления. Требования к электроприводу. Обоснование рода тока и величины напряжения. Модернизация главного привода лифта. Построение нагрузочной диаграммы двигателя. Выводы по разделу три.

4 Специальный раздел. Выбор двигателя. Выбор преобразователя. Расчёт и выбор кабеля. Выбор коммутационной аппаратуры. Расчёт переходных режимов электропривода. Расчёт потребления электроэнергии. Выводы по разделу четыре.

5 Экономический раздел. Расчёт капитальных затрат. Выводы по разделу пять.

6 Безопасность жизнедеятельности. Техника безопасности при монтаже и обслуживании лифта. Расчет заземления лифта. Требования к обслуживающему персоналу в электроустановках до и выше 1000 В. Мероприятия по предотвращению или уменьшению вероятности возникновения ЧС. Выводы по разделу шесть.

Заключение

Библиографический список

Приложение

5 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей, плакатов в листах формата А1)

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.1 Лифт пассажирский. Схема кинематическая принципиальная.                  | 1л |
| 5.2 Система управления лифтом. Схема электрическая принципиальная.           | 1л |
| 5.3 Часть силовая системы управления. Схема электрическая принципиальная.    | 1л |
| 5.4 Станция управления пассажирским лифтом. Схема электрическая структурная. | 1л |
| 5.5 Нагрузочная диаграмма работы двигателя. Плакат.                          | 1л |
| 5.6 Экономические показатели. Плакат.                                        | 1л |

Всего 6 листов

6 Консультанты по работе, с указанием относящихся к ним разделов работы

| Раздел | Консультант | Подпись, дата                  |                             |
|--------|-------------|--------------------------------|-----------------------------|
|        |             | Задание выдал<br>(консультант) | Задание принял<br>(студент) |
|        |             |                                |                             |
|        |             |                                |                             |
|        |             |                                |                             |

7 Дата выдачи задания 01.02.2020 г.

Руководитель, доцент \_\_\_\_\_ В. Д. Константинов  
(подпись)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ Д.Е. Дульцев  
(подпись студента)

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Наименование этапов<br>выпускной квалификационной<br>работы              | Срок выполнения<br>этапов работы | Отметка о<br>выполнении<br>руководителя |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|
| Обзор литературы и постановка задачи                                     | 15.03.20-20.03.20                |                                         |
| Сравнение отечественных и передовых зарубежных преобразователей частоты. | 21.03.20-31.03.20                |                                         |
| Общий раздел                                                             | 01.04.20-18.04.20                |                                         |
| Специальный раздел                                                       | 19.04.20-30.04.20                |                                         |
| Экономический раздел                                                     | 01.05.20-16.05.20                |                                         |
| Безопасность жизнедеятельности                                           | 17.05.20-05.06.20                |                                         |
| Выполнение графической части                                             | 15.03.20-16.06.20                |                                         |

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ /К.М. Виноградов/

Руководитель работы \_\_\_\_\_ /В.Д. Константинов/

Студент \_\_\_\_\_ /Д.Е. Дульцев/



# ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....                                                                                | 6  |
| 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ .....                                                 | 8  |
| 1.1 Выводы по разделу один .....                                                             | 10 |
| 2 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ<br>ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ.....            | 11 |
| 2.1 Преобразователь частоты Веспер EI-7011 .....                                             | 12 |
| 2.2 Преобразователь частоты LG JS7-RUS .....                                                 | 13 |
| 2.3 Преобразователь частоты ACS800 .....                                                     | 14 |
| 2.4 Преобразователь частоты Altivar 58.....                                                  | 16 |
| 2.5 Выводы по разделу два .....                                                              | 18 |
| 3 ОБЩИЙ РАЗДЕЛ .....                                                                         | 19 |
| 3.1 Описание и работа лифта .....                                                            | 19 |
| 3.2 Система управления.....                                                                  | 25 |
| 3.3 Требования к электроприводу .....                                                        | 31 |
| 3.4 Обоснование рода тока и величины напряжения.....                                         | 33 |
| 3.5 Модернизация главного привода лифта. ....                                                | 33 |
| 3.6 Построение нагрузочной диаграммы двигателя. ....                                         | 34 |
| 3.7 Выводы по разделу три.....                                                               | 45 |
| 4 СПЕЦИАЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ .....                                                                   | 46 |
| 4.1 Выбор двигателя.....                                                                     | 46 |
| 4.2 Построение нагрузочной диаграммы .....                                                   | 54 |
| 4.3 Выбор преобразователя частоты .....                                                      | 56 |
| 4.4 Расчет и выбор кабеля .....                                                              | 70 |
| 4.5 Выбор коммутационной аппаратуры .....                                                    | 72 |
| 4.6 Расчет механической характеристики.....                                                  | 72 |
| 4.7 Расчет потребления электроэнергии .....                                                  | 75 |
| 4.8 Выводы по разделу четыре.....                                                            | 78 |
| 5 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ .....                                                                 | 79 |
| 5.1 Расчет капитальных затрат.....                                                           | 79 |
| 5.2 Выводы по разделу пять: .....                                                            | 81 |
| 6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....                                                       | 82 |
| 6.1 Техника безопасности при монтаже и обслуживании лифта.....                               | 82 |
| 6.2 Требования к обслуживающему персоналу в электроустановках до 1000 В и выше<br>1000В..... | 84 |
| 6.3 Мероприятия по предотвращению или уменьшению вероятности возникновения<br>ЧС .....       | 84 |

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 4    |





## ВВЕДЕНИЕ

Лифт – это специальное транспортное средство, предназначенное для перевозки людей и грузов. С помощью лифта стали возможны длинные межэтажные перевозки, что нашло широкое применение в высотных зданиях и шахтах. Отличительной особенностью лифта от других средств перемещения является то, что управлять им может любой пассажир, находящийся в лифтовой кабине. Это стало возможным благодаря развитию автоматизированной техники.

Лифт является сложнейшим электромеханическим оборудованием, следовательно, к его проектированию предъявляются жесткие требования, которые регламентируются ПУБЭЛ - Правилами устройства и безопасности эксплуатации лифтов. За соблюдением всех требований и нормативов ПУБЭЛ, с момента установки и на весь период эксплуатации, следят органы Госгортехнадзора России и его региональные органы.

Существуют следующие типы лифтовых установок – электрические и гидравлические. Наибольшее использование получили, естественно, электрические лифты.

Основой электрического лифта является его подъемный механизм – электропривод. Также, существует множество способов исполнения лифтовых систем.

Тема модернизации лифта в настоящее время является актуальной, целью модернизации является выполнение требований по повышению безопасности и технического уровня пассажирского лифта. При усовершенствовании лифта необходимо сохранить его основные технические параметры, такие как грузоподъемность и скорость

По ГОСТ 22011-95 назначенный срок службы лифта 25 лет. В эксплуатации, по области, находятся около 600 лифтов выработавших назначенный срок службы, после истечения которого владелец лифта обязан провести обследование лифта экспертной организацией. На основании экспертного заключения владелец принимает решение о ремонте, модернизации или замене (реконструкции) лифта.

В наше время энергосбережение является одной из важнейших задач.

К энергосбережению относится и экономия электроэнергии за счет новых технологий. Одной из таких технологий является внедрение частотных преобразователей в электрический привод.

В данной выпускной квалификационной работе описана модернизация главного привода лифта, путем внедрения в систему управления преобразователя частоты, а также замены старого двухскоростного двигателя на односкоростной.

Применение ПЧ позволяет улучшить следующие параметры привода:

1. Экономия электроэнергии.
2. Снижение уровня шума.
3. Комфортное движение лифта (без рывков).
4. Снизить затраты на эксплуатацию лифта.

|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|--|--|--|--|--|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |  |  |  |  |  |                            | 6    |

Применение односкоростного АД общепромышленной серии позволяет:

1. Уменьшить срок окупаемости.
2. Уменьшить момент инерции.
3. Уменьшить затраты на обслуживание двигателя.

Все расчеты приводятся в пояснительной записке диплома.

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 7    |

## 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В связи с широким использованием электрических машин различных типов, существует множество публикаций, публикаций и различных электронных ресурсов в этой области. В ходе дипломной работы был проведен поиск и обзор литературы по проектированию электрических машин, в результате чего был выбран оптимальный источник литературы по данной работе, содержащий следующую информацию.

Учебное пособие 1981 года "Общий курс электропривода" М. Г. Чиликина, А.С. Сандлера содержит основные положения теории частотного регулирования и математические модели асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в векторном представлении, а также принципы построения модульного и векторного управления асинхронным электроприводом на основе этих моделей.

В настоящий момент энергосбережение стало приоритетным направлением технической политики в мире. Это связано, во-первых, с нехваткой основных энергоресурсов, во-вторых, с ростом себестоимости их производства и, в-третьих, с экологическими проблемами, выявленными в последнее время. Энергосбережение в любой сфере существенно сокращается за счет потерь электрической энергии.

Современный уровень развития электроники, микропроцессорных средств управления и контроля, средствами автоматического регулирования позволяет широко использовать технические достижения для решения задач энергосбережения. Использование современных методов контроля скорости в сочетании с широкими возможностями автоматизации может обеспечить оптимальное использование энергетических ресурсов. Из множества решений и задач энергосбережения наиболее эффективным является внедрение частотно-регулируемых асинхронных электроприводов при модернизации пассажирских лифтов.

В среднем каждый элеватор проходит 3 тысячи километров в месяц и совершает около 10 тысяч пусков. Во время непрерывной работы лифт, как и любой другой механизм, подвержен износу и нуждается в постоянном обслуживании.

Лифт представляет собой стационарную подъемную машину периодического действия, созданный для подъема и спуска людей и грузов в кабине, движущихся по прямолинейным направляющим, у которых угол наклона к вертикали составляет не более  $15^\circ$ .

В наше время лифтовое оборудование является неотделимой частью обыденной жизни большого количества людей, как на повседневном, так и на промышленном уровне. Поэтому при вводе в эксплуатацию и в последующем оборудование данной отрасли хозяйства подлежит специальной процедуре приемки и проверке технического состояния. Но несмотря на высокие требования к рассматриваемым типам механизмов, нередко используются лифты, отработавшие свой расчетный срок (обычно 20-25 лет). Вопрос

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 8    |

модернизации лифтового оборудования, является ключевой задачей данного проекта и его можно считать актуальным. [1]

Общий вид и кинематическая схема лифта представлены на рисунке 1.

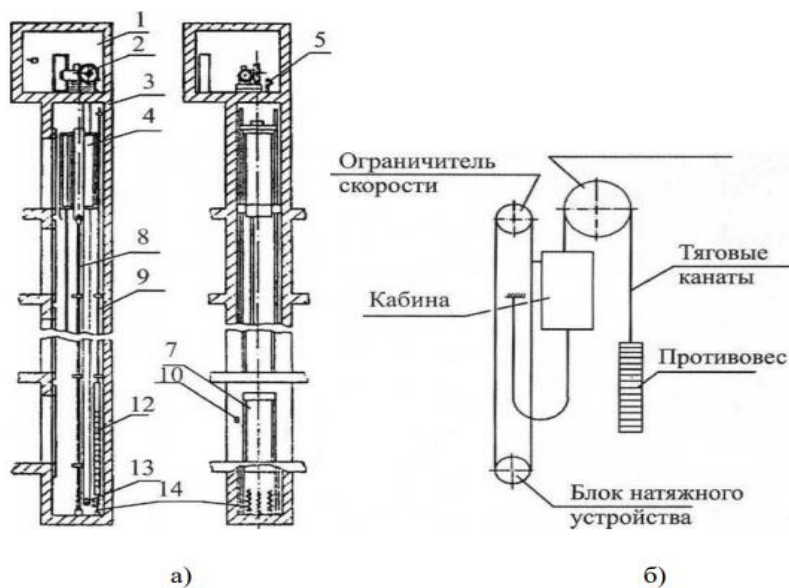


Рисунок 1– Общий вид (а) и кинематическая схема (б) лифта

Пассажирский лифт состоит из следующих основных компонентов:

Кабины 4 в которой осуществляется перевозка грузов и пассажиров, ограничителя скорости 5, шахтных дверей 7, противовеса 12, прямкового оборудования 13,14 и лебёдки 2, а так же установки рельсов 8,9. Кабина 4 перемещается по вертикальным рельсам 8, которые установлены в шахте 3, на всём её протяжении. Уравновешивание кабины происходит с помощью противовеса 12, а он в свою очередь осуществляет движение по направляющим 9.

Передвижение противовеса 12 и кабины 4 осуществляется за счёт лебёдки 2, которая установлена в машинном отделении 1. Натяжное устройство 13 располагается в нижней части вала, а так же пружинные буферы 14 кабины и противовеса.

В кабине имеется ряд из 7 дверей по всей высоте шахты для входа и выхода из кабины, количество дверей равно количеству остановок лифта.

Вызов кабины до нужной остановки осуществляется с помощью звонка, установленного снаружи рядом с дверью шахты.

Схемы управления лифтом можно разделить на релейно-контакторные схемы, электронные и микропроцессорные. Эксплуатация лифтов связана не только со стоимостью ремонта лифтового оборудования, но и с оплатой электроэнергии, потребляемой этим оборудованием. Каждый лифт с 2-ступенчатым нерегулируемым приводом ежемесячно потребляет более 1500 кВт в месяц. Силовое оборудование элеватора подбирается с учетом максимальной производительности, ведь нагрузка на элеватор составляет от 40-60% от относительной мощности.

Энергоемкость элеваторного хозяйства требует создания и внедрения энергосберегающих технологий. По данным лифтовых предприятий, внедрение частотно-регулируемых электроприводов на лифтах позволило не только заменить двухскоростные лифтовые двигатели более дешевыми асинхронными односкоростными, но и снизить потребление электроэнергии на 30-70%.

Также основными преимуществами таких приводов являются:

- повышенная точность остановки и комфорт для пассажирских лифтов независимо от нагрузки;
- повышенная надежность;
- меньший износ тормозной системы в качестве тормозных колодок накладываются на тормозной диск при скоростях вращения двигателя близко к 0.

Целью выпускной квалификационной работы является минимизация капитальные и эксплуатационные затраты для двух комплектов модернизации.

Для достижения этой цели необходимо достичь следующих целей:

- выполнить расчет подъемного механизма лифта;
- выбрать двигатель, преобразователь частоты и систему управления;
- рассчитать и построить диаграмму нагрузки лифта;
- разработать математическую модель и рассчитать режимы работы;
- оценить энергопотребление и сравнить технические показатели;

### 1.1 Выводы по разделу один

Анализ электроприводов и систем управления лифтом позволяет сделать вывод о преимуществах и недостатках различных методов построения систем управления и обосновать в рамках данной работы использование частотно-регулируемого электропривода с высокой производительностью и значительной энергоэффективностью в качестве основного направления модернизации.

|      |      |             |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |             |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |             |         |      |                            |  |  |  | 10   |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ |  |  |  |      |

## 2 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ

В последние годы частотный электропривод все чаще используется в промышленности и жилищно-коммунальном хозяйстве. Задачи экономии энергоресурсов и повышения качества технологических процессов, решаемые с помощью преобразователей частоты, привлекают все большее число сторонников к частотным регуляторам. Поэтому в настоящее время довольно часто можно найти не только преобразователи частоты, управляемые вольт-частотной характеристикой, но и частотники, осуществляющие функцию векторного управления.

В действительности у всех производителей преобразователи частоты выполняют функцию векторного управления. Для осуществления векторного управления требуется получить выходное напряжение отличного качества и максимально близкое к синусоидальному. Это может быть достигнуто только путем при умножения поднесущей частоты силовых тиристорov. Увеличение частоты поднесущей ведёт к тому, что тиристоры нагреваются сильнее. Поэтому требования к силовым модулям для векторно-управляемых преобразователей должны быть высокими. Применение тиристорov с большим запасом перегрузки позволяет использовать преобразователи частоты не только для управления электродвигателем в векторном режиме. Многие производители используют данный способ. Они производят преобразователи частоты векторного ряда с множеством дополнительных функций. Сходства в реализации преобразователей частоты производителями, существуют так же, как и различия, что предусматривает анализ возможностей и требуемых показателей качества при выборе оборудования.

Поэтому требования к модулям питания для преобразователей с векторным управлением должны быть повышенными. Использование тиристорov с большим запасом перегрузке позволяет использовать преобразователи частоты не только для управления двигателем в векторном режиме. Данная функция использована множеством производителей. Они "нагружают" преобразователи частоты векторного ряда дополнительными функциями. Но несмотря на некоторые сходства в использовании преобразователей частоты производителями, есть и различия, что подразумевает анализ возможностей и требуемых показателей качества при подборе оборудования.

Основные функции преобразователя частоты:

- запуск, динамическое торможение и полное остановочное торможение, а также регулирование частоты вращения двигателя;
- энергосбережение, ПИ-регулятор (расход, давление и т.д.);
- логика управления тормозом;
- контроль скорости с обратной связью через тахогенератор или импульсный датчик;
- работа в режиме "быстрее-медленнее", S-образные и U-образные кривые торможения-разгона, заданные скорости, ступенчатая работа;

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 11   |

- JOG;
- автоматический захват с поиском скорости;
- адаптируется к скорости текущего предела для вентиляторов;
- автоматическое ограничение времени работы на более низкой скорости, защита двигателя и преобразователя частоты и т.д.

## 2.1 Преобразователь частоты Веспер EI-7011

Преобразователи общего назначения ЭИ-7011 широко применяются в технологическом оборудовании, где используется управляемый электропривод: смесителях, дозаторах, производственных линиях, системах водоснабжения, и др. оборудование.

Технические характеристики преобразователя частоты:

- диапазон мощности 0,75 кВт - 315 кВт;
- полная защита двигателя;
- встроенный пид-контроллер;
- управление по вольт-частотной характеристике U / F;
- язык команд пульта дистанционного управления-русский;
- аналоговые и цифровые входы / выходы для регулирования;
- возможность удаленного управления и мониторинга через RS-232 / RS485 (протокол MODBUS);
- питание 380 В, 50 Гц.

Преимущества преобразователей частоты Vesper EI-7011:

- Широкий диапазон мощности (от 0,75 кВт до 315 кВт) среди частотных преобразователей общепромышленного назначения, даёт возможность выбора нужной частотной характеристики, как можно больше эффективной с минимальными расходами;
- возможность исполнения в корпусах со степенью защиты IP20 и IP54 позволяет применять преобразователи EI-7011 в суровых условиях окружающей среды;
- наличие на панели управления дисплея и возможность перемещения пульта дистанционного управления на расстояние до 10 метров позволяют легко настроить преобразователь и управлять работой электродвигателя;
- отечественный производитель, предоставляющий лучшие техническую поддержку и бесплатное обучение пользователей;
- наличие сервисных центров для оперативного ремонта во многих регионах страны;
- постоянное наличие товара на складе;
- гарантия на продукт 3 года;
- бесплатная доставка по России до терминала транспортной компании.

Преобразователи частоты Vesper EI-7011 – это преобразователи частоты скалярного типа с непосредственным регулированием частоты вращения двигателя и возможностью автоматического поддержания технологического

|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|-------------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  | Лист |
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  | 12   |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |  |  |  |  |  |      |

13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ

параметра путем использования ПИД-регулятора. Благодаря высокой эффективности и небольшой стоимости частотники Веспер серии ЭИ-7011 нашли широкое применение в технических системах таких, как эскалаторы, компрессоры, конвейерное оборудование и др.

## 2.2 Преобразователь частоты LG JS7-RUS

Серия LG JS7-RUS предназначена для управления трехфазными асинхронными двигателями мощностью от 0,75 до 375 кВт.

Важнейшие функции:

- Тип инвертора: ШИМ на IGBT модулях;
- Векторное управление моментом или скоростью;
- Несущая частота: от 1 до 15 кГц;
- Класс защиты: IP20;
- Встроенная поддержка Пид-регулирования;
- Съёмная панель управления;
- Улучшенный непрерывный динамический алгоритм управления;
- Установка / блокировка фиксированных частот;
- 3 многофункциональных входа;
- 2 многофункциональных выхода;
- Двух -, трехпроводное управление;
- Торможение постоянным током;
- Встроенный тормозной блок мощностью до 22 кВт;
- Автоматическое повышение крутящего момента;
- Предотвращение блокировки;
- Интеллектуальный режим управления программированием;
- Программное обеспечение для мониторинга и управления;

Совместно со специалистами Научно-технического центра «Приводная техника» LG подготовлен к производству специально адаптированный для России ассортимент конвертеры. Эта версия полностью русифицирована, включая ЖК-дисплей на русском языке.

Опции:

- коммуникационные щиты:
- RS-485, DeviceNET, ModBus-RTU, F-Net, ProfiBus DP;
- Платы ввода-вывода:
- 3 + 3 многофункциональных изолированных входа / выхода;
- Аналоговый вход;
- Импульсный вход и выход для энкодера;
- Кабель для дистанционного управления (до 5 м);
- Тормозной блок от 11 до 22 кВт;
- Тормозной резистор.

Область использования:

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 13   |





управления двигателем DTC (Direct Torque Control), который позволяет получить отличные характеристики управления асинхронными двигателями на малых скоростях (точность поддержания момента, скорости) без использования датчика обратной связи. Для получения еще лучших характеристик, к ACS800 можно подключить энкодер двигателя. ACS800 вышел на замену хорошо зарекомендовавшему себя ACS600, обретя при этом больше функций и более компактные размеры. Диапазон мощностей, охватываемый ACS800: 0,55 - 5600 кВт..

Основные особенности ACS800 (одиночные приводы):

- Высокая перегрузочная способность
- Режим DTC
- Встроенный интерфейс RS-485 с поддержкой протокола Modbus
- Совместимость с Industrial IT
- Приводы настенного монтажа могут иметь морское исполнение
- Встроенный фильтр гармоник
- Компактные размеры
- Гальваническая развязка входов-выходов
- Встроенные ПИД-регуляторы процесса
- Внутренние функции самонастройки
- Простое использование привода с интеллектуальной панелью
- Векторное управление с датчиком обратной связи и без него

Режимы работы ACS800:

- Вольт-частотный режим без датчика обратной связи
- Управление моментом
- Векторное управление
- Работа с датчиком обратной связи по скорости и без него

Перегрузочная способность ACS800:

- В нормальном режиме 110% в течение 1 мин. каждые 10 мин.
- В тяжелом режиме 150% в течение 1 мин. каждые 10 мин.
- В любых режимах 180% в течение 2 сек. каждые 60 сек.

Охлаждение ACS800:

- Встроенный вентилятор охлаждения

Порты связи ACS800:

- Промышленные интерфейсы (опция)

Выходная частоты и частота коммутации ACS800:

- Максимальная выходная частота – 300 Гц

Входы\выходы управления ACS800:

- Количество программируемых дискретных входов - 6
- Количество аналоговых входов – 3 (ток или напряжение)
- Количество аналоговых выходов - 2 (0(4) - 20 мА)
- Количество встроенных реле -3

Температура окружающей среды ACS800:

- Работа: -15/+50 °С (выше +40 °С со снижением мощности)
- Хранение: -40/+70 °С

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 15   |

Доступные опции для ACS800:

- Комплекты для удаленного монтажа панели управления
- Входные дроссели
- Выходные дроссели
- Тормозные резисторы
- Фильтры ЭМС
- Синусные фильтры
- Фильтры du/dt

Промышленные интерфейсы:

- Profibus DP
- CANopen
- DeviceNet
- Modbus RTU
- Ethernet
- ControlNet
- InterBUS-S
- LonWorks

## 2.4 Преобразователь частоты Altivar 58

Частотные преобразователи Altivar ATV отвечают самым строгим требованиям. Это достигается тем, что они используют различные законы управления двигателем и большие функциональные возможности. Серия ATV разработана для решения самых сложных задач управления работой электропривода:

- момент и высокая точность при работе на маленькой скорости;
- улучшенные динамические характеристики с алгоритмами векторного управления потоком в приводной системе;
- широкий диапазон выходных частот для высокоскоростных двигателей;
- параллельное переключение двигателей и специальных приводов с использованием скалярного закона управления;
- точность поддержания скорости и энергосбережение;
- плавное, безударное управление неуравновешенными механизмами с помощью системы адаптации мощности (Energy Adaptation System - ENA).

Универсальность приводов ATV позволяет значительно повысить производительность машины и обеспечивает гибкость для многих применений [2].

Преобразователи частоты ATV возможно устанавливать на стену мощностью от 0,75 до 110 кВт. Для мощностей больше 110 кВт - напольная версия, комплектные преобразователи частоты производятся для мощностей от 110 кВт до 800 кВт [2].

Преобразователь частоты Altivar 58 для трехфазных короткозамкнутых асинхронных двигателей разработан на основе новейших технологических достижений и имеет различные применения:

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 16   |





### 3 ОБЩИЙ РАЗДЕЛ

#### 3.1 Описание и работа лифта

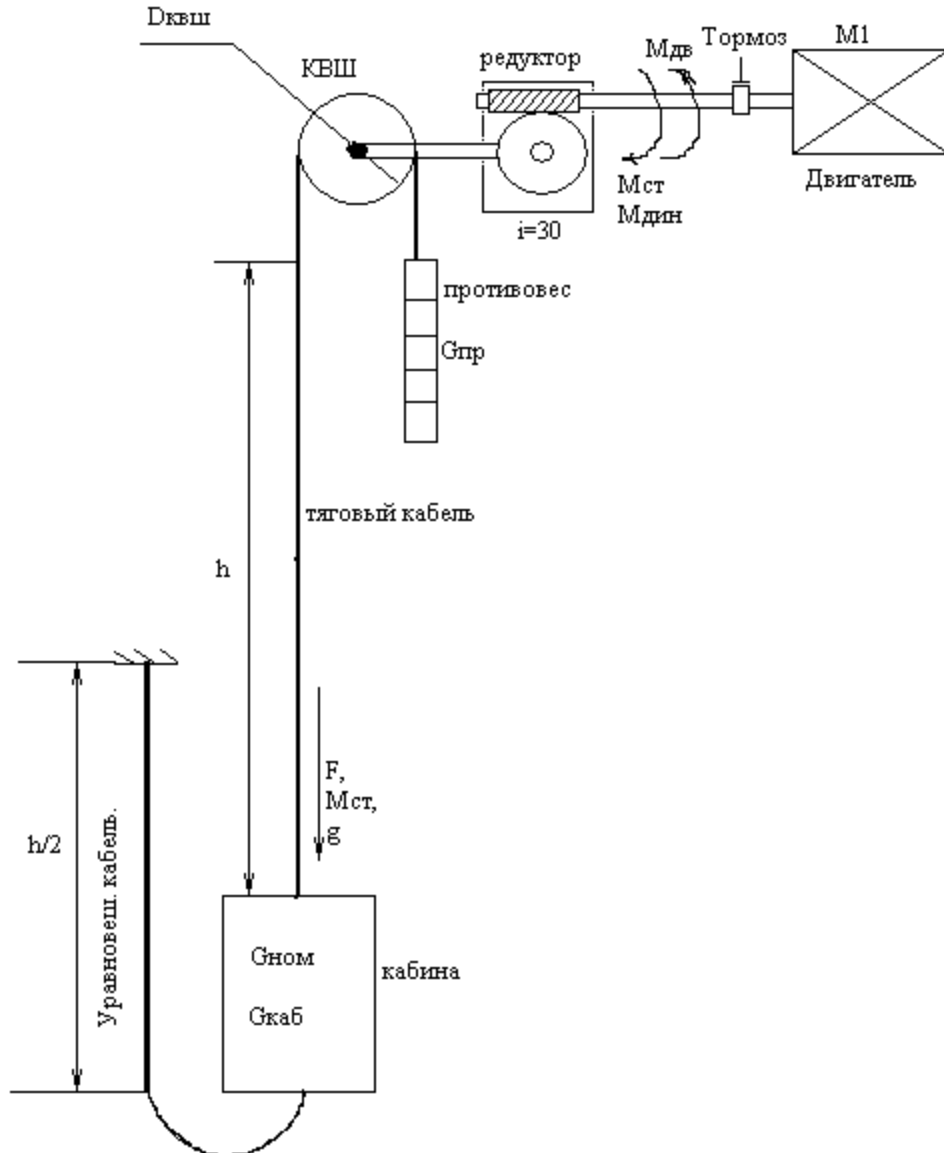


Рисунок 3.1– Кинематическая схема лифта

Главный узел:

- мотор, используемый для генерации момента на валу КВШ;
- эмалевый тормоз, используемый для создания тормозного момента;
- червячный редуктор используется для передачи моментов на высокоскоростном валу двигателя на тихоходный вал КВШ.
- КВШ, канатоведущий шкив, используется для создания момента;
- противовес;
- тяговый канат;
- кабина;
- уравновешивающий канат.

|      |      |             |         |      |
|------|------|-------------|---------|------|
|      |      |             |         |      |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |

13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ

Лист

19

Кинематическая схемана рисунке 3.1 представляет собой схему взаимодействия основных узлов лифта, показывающую силы взаимодействия. Кабина лифта прикреплена к тросу, который проходит через КВШ и прикреплена к противовесу. Двигатель лебедки начинает вращаться, когда на него подается напряжение. Вращательное движение поступает в КВШ через редуктор. Тяговый канат и канатоведущий шкив превращают вращательное движение в линейное движение. Лифт машины начинает подниматься. Балансировочный канат необходим для уравнивания веса тягового троса. Червячная передача очень проста, поэтому ее эффективность составляет 75%, что также позволяет кабине находиться в стационарном положении. Тормоз используется для остановки вращения двигателя, чтобы кабина остановилась ровно на уровне пола ( $\pm 3$  см), и удерживала его на месте.

Лифт состоит из частей, которые расположены в шахте и в машинном отделении. Машинный зал и шахта лифта образуют строительные конструкции здания (каменная кладка, бетонные блоки и ад).

Основными узлами лифта являются: лебедка, кабина, противовес, направляющие кабины, шахтные двери, ограничитель скорости, узлы и компоненты прямка, электрооборудование и электропроводка.

Пассажиры и груз перевозятся в кабине, которая движется по вертикальным направляющим.

Кабина и противовес перемещаются с помощью лебедки, установленной в машинном отделении с помощью тяговых тросов. Также есть ограничитель скорости, устройство управления и устройство ввода.

В нижней части вала (ямы) находится натяжное устройство для троса ограничения скорости, которое соединено тросом с ограничителем скорости, а также буферные устройства для кабины и противовеса.

Для того, чтобы входить и выходить из кабины, шахта имеет несколько отверстий на высоте, которые закрыты дверями шахты. Двери открываются и закрываются с помощью привода, установленного на кабине. Двери шахты открываются только тогда, когда кабина находится на этом этаже. Если на полу нет кабины, дверь шахты можно открыть только снаружи с помощью специального ключа.

Общий принцип работы лифта.

Когда кнопка вызова нажата, электрический импульс (вызов) посылается на управление лифтом. Если кабина находится на остановке, с которой был сделан вызов, двери кабины и шахты на этой остановке открываются. Если автомобиля нет, выдается команда перемещения. Обмотка электродвигателя лебедки и тормозной магнит находятся под напряжением, тормозные колодки разжимаются, и ротор электродвигателя начинает вращаться, обеспечивая вращение с помощью червячного редуктора, который приводит в движение кабину и противовес из-за сил трения.

Когда кабина приближается к необходимому этажу, система управления лифтом переключает двигатель лебедки для работы на пониженной скорости ротора. Скорость кабины уменьшается, и в тот момент, когда порог пола

|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|-------------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  | Лист |
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |  |  |  |  |  | 20   |

13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ

кабины выравнивается с порогом волновой двери, кабина останавливается, привод двери включается, двери кабины и шахты открываются.

Когда вы нажимаете кнопку приказа на кнопочном посту в кабине, двери и шахты кабины закрываются, и кабина отправляется на этаж, кнопка приказа, которого нажали.

Когда вы прибываете на нужный этаж и покидаете кабину, двери закрываются, и кабина остается на месте до тех пор, пока кнопка на устройстве вызова не будет нажата снова.

Лебедка установлена в машинном отделении лифта и служит для приведения в движение кабины и противовеса.

Основными частями лебедки являются: коробка передач, тормоз, рама, мотор, приводной диск.

Все элементы лебедки смонтированы на раме, которая поддерживается амортизаторами в перекрывающемся машинном отделении.

Цилиндрический червячный редуктор предназначен для снижения скорости при одновременном увеличении крутящего момента на выходном валу.

Уровень масла контролируется жезловым маслоуказателем. Масло сливается через отверстие в нижней части корпуса, которое закрыто заглушкой.

Тормоз колодочный типа нормально -замкнутого используется для остановки и удержания кабины лифта в состоянии покоя, когда двигатель лебедки работает на холостом ходу. Тормоз состоит из электромагнита и рычагов, к которым прикреплены фрикционные накладки. Необходимый тормозной момент создается пружинами. Выдвижная ручка используется для ручного отпускания тормоза.

Асинхронный двигатель с двумя скоростями и короткозамкнутым ротором. Датчики температурной защиты установлены в обмотке статора.

Канатоведущий шкив преобразует вращательное движение в поступательное движение тяговых канатов благодаря силе трения, возникающей между канатом и ручьями шкива под воздействием силы тяжести кабины и противовеса.

Лифт кабины подвешен на тяговых канатах в шахте и предназначен для пассажирских перевозок.

Кабина лифта состоит из верхней балки, потолка, пола, створок дверей, электропривода дверей и нижней балки.

На балках установлены: улавливатель, подвеска кабины, башмаки.

Потолок является верхней частью салона. Есть потолочные светильники и коробка с блоками зажимов для подключения проводов и кнопка для деблокирования дверей шахты. Когда кабина нажата, она может двигаться в режиме ревизии.

Вентиляционные отверстия в салоне обеспечивают естественную вентиляцию.

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 21   |



Подвеска используется для крепления канатов к кабине. Каждый канат пропускается через клиновую обойму, после огибания клина канат скрепляется с несущей частью прижимом.

Обойма соединяется осью с верхним балансиром, которая соединена с нижним балансиром. Вес кабины через верхнюю балку, амортизатор, тягу, прикрепленную к нижнему балансиру, тяги, верхний балансир и обоймы передают их на канаты.

Для контроля натяжения канатов на балке установлена рама и переключатель для контроля провисания канатов.

Если один, два или три каната ослаблены или сломаны, противовес нажимает на раму, которая воздействует на переключатель, и электродвигатель отключается, вызывая остановку кабины.

Если все тяговые тросы ломаются или ослабляются в одно и то же время, кольцо стяжное, которое опускается и через тягу штырём, давит на раму, которая воздействует на переключатель.

Ловители служат для остановки кабины при увеличении скорости кабины и при срабатывании ограничителя скорости, а также для удержания ее на рельсах.

Ловители - клиновые, под пружинные, мягкого торможения. Ловители работают с ограничителем скорости и являются одним из ответственных узлов, обеспечивающих безопасное использование лифта.

Ловители состоят из четырех идентичных механизмов неисправности и механизмов для активации ловушек

Механизм заклинивания состоит из тормозной башмака, который перемещается вертикально относительно колодки по мере приближения к направляющей. Основными элементами тормозной колодки являются пружина и клин, которые установлены в корпусе.

Механизм переключения состоит из двух клиновых рычагов, установленных на валах, валы соединены между собой тягой, на которой установлена возвратная пружина, с регулировочными гайками, рычаг канатом, соединяет ограничитель скорости с механизмом включения ловителей.

При срабатывании ограничителя скорости движение каната, прикрепленного к рычагу механизма активации ловителей. Когда кабина движется дальше вниз, рычаг вращает вал, а вал также вращается через тягу. Вращение валов сопровождается вращением рычагов, которые также включают механизм блокировки.

Если тормозной башмак движется вверх после касания рабочей поверхности направляющей головки, пружина деформируется, что обеспечивает необходимое тормозное усилие при затягивании клина. Движение тормозного башмака ограничено регулировочной шпилькой, а это означает, что прижимное усилие направляющей головки и, соответственно, тормозное усилие при последующем торможении не изменяются. Энергия движущейся кабины прекращается, тяга нажимает на ролик переключателя, контакты которого замыкаются, и сигнал отключается двигателя лебедки.

Для снятия кабины с ловителей необходимо поднять кабину, тормозные башмаки под действием собственного веса и пружины опускаются и механизмы ловителей возвращаются в первоначальное положение.

Автоматическая дверь кабины гарантирует безопасность пользования кабиной. Положение створок (раздвинуты или закрыты) контролируются электрическим выключателем.

Привод дверей кабины посредством которого производится открывание дверей, состоит из червячного редуктора, на тихоходном валу которого насажен рычаг. Привод на резиновых амортизаторах установлен на балке двери кабины.

При включении электродвигателя вращение его ротора через клиноременную передачу передается червячному валу редуктора и через червячное зацепление на тихоходный вал. Плечо рычага, имеющее ролик, при движении описывает полуокружность и, упираясь роликом в упор, закрепленный неподвижно на каретке двери кабины, заставляет двигаться по линейке каретку совместно со створкой.

Это движение через канат передается на вторую створку, которая двигается в противоположном направлении. Двери кабины и шахты открываются одновременно.

Угол поворота рычага зависит от установки кулачков, которые должны быть выставлены так, чтобы при открытых дверях рычаг останавливался в горизонтальном положении  $\pm 5$  мм, а при закрытых — максимально приподнятым для остановки штифта против просечки на упоре. Посадка рычага на упоры в нормальном режиме работы привода не допускается. Кулачки жестко закреплены на втулке рычага и, вращаясь совместно с рычагом, в нужный момент действуют (попеременно) на выключатели и подавая импульсы на отключение электродвигателя.

Привод имеет специальное устройство, переключающее электродвигатель на реверс, если при закрывании дверей в дверном проеме оказался зажатым створками пассажир или какой-либо предмет. Устройство работает следующим образом: При включении привода дверей на закрывание рычаг сдерживает ход створок, закрывание которых осуществляется в дверях кабины усилием пружины, а в дверях шахты под действием массы створок дверей шахты. При возникновении препятствия на пути движения створок они останавливаются, однако рычаг продолжает движение. При этом между скосом упора и штифтом выбирается зазор и в дальнейшем штифт начинает скользить по скосу упора, утапливается во втулку ролика рычага и нажимает на плечо рычага. Сжимается пружина, выбирается зазор между вторым плечом рычага и рамкой, воздействующей на микровыключатель.

При отклонении рамки под действием рычага освобождается штифт микровыключателя, который дает импульс на переключение электродвигателя привода дверей на обратный ход. Дверь вновь открывается. При закрытых створках двери кабины в максимально приподнятом положении рычага,

|      |      |             |         |      |  |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|--|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      |  | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |  |                            | 23   |

штифт выполняет роль запирающего устройства, не позволяющего раздвинуть створки двери кабины. Кроме этого установлен упор съемный, который является дополнительным элементом безопасности, исключающий возможность открытия створок из кабины. При эвакуации пассажира из кабины отжимается пружина, упор разворачивается.

Двери шахты предназначены для исключения доступа в шахту. Дверь шахты -раздвижная, автоматическая, приводимая в движение дверью кабины состоит из балки, поперечины, стоек и порога. К верхней части стоек крепятся балка и поперечина, к нижней – порог. На балке установлены линейки, на которых установлены каретки с закрепленными к ним с помощью шпилек створками. Каждая каретка перемещается по линейке на роликах. Подшипники исключают возможность подъема и смещения кареток с линеек. Наклон линеек обеспечивает закрывание дверей под действием собственного веса.

В закрытом положении каждая каретка запирается замком. Упором для ролика защелки служит пластина, закрепленная на основании блока контроля, в котором размещены элементы электрического контроля работы двери - два микровыключателя, два коромысла и планка. Замок запирает каретку только при закрытых створках.

Показанное положение механизмов двери шахты соответствует положению закрытых и запертых дверей. При расположении кабины в зоне остановки ролики замка находятся между щеками и отводками двери кабины. С началом работы привода открываются замки шахтной двери. Дальнейшим вращением рычага привода, двери кабины и шахты приводятся синхронно.

При отпирании замка, плечо коромысла, которым оно опиралось на зуб защелки смещается вниз и, тем самым, освобождает толкатель микровыключателя, контакты которого разрывают цепь управления, исключая пуск кабины при отпертом замке.

С началом движения каретки кронштейн освобождается коромысло, которое опускается и освобождает толкатель второго микровыключателя. Таким образом одновременно контролируется открытие обеих створок. Закрывание двери и запираение замков происходит в порядке, обратном описанному.

Буфера кабины и противовеса расположены в приемке, который находится ниже уровня отметки нижней остановки. Буфера предназначены для смягчения удара кабины или противовеса в случае их переспуска или падения. Буфера, выполненные в виде пружин, устанавливаются непосредственно на направляющие кабины, а гидравлические устанавливаются по середине нижней балки кабины. При скорости кабины 1,4 м/с; 1,6 м/с вместо пружинных устанавливаются гидравлические буфера кабины и противовеса.

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 24   |

### 3.2 Система управления

В лифте использована система с парным управлением. Поскольку в доме два лифта (400 кг и 630 кг), то лифт Б (грузоподъемность 630 кг) зависит от работы лифта А (400кг)

Далее приводиться ее описание (рисунок 3.2):

Кабины лифтов оборудованы ограничителем грузоподъемности ВБГ-90, предотвращающим остановку лифта по попутным вызовам при полной загрузке кабины. Кабины лифтов грузоподъемностью 630 кг снабжены, кроме того, ограничителем грузоподъемности ВБГ-110, не допускающим пуск лифта при его перегрузке.

На первом этаже установлены тумблеры (В7) для отключения и включения лифта, переключатель ВР1 для перевода зависимого лифта Б в погрузочный режим (лифт А – базисный, в шахте которого монтируются кнопки вызова; лифт Б – зависимый).

Исходное состояние схемы: вводное устройство, автоматические выключатели, выключатель В7 включены, переключатели ВР1 и ВР2 установлены в положение «Нормальная работа», двери шахты и кабины закрыты, все предохранительные устройства в исправности.

Каждый из лифтов может работать как одиночный, если второй лифт выключен или находится в режиме ревизии или режиме управления из машинного помещения.

Рассмотрим работу лифта в нормальном режиме при одиночном управлении. Кабина стоит на первом этаже. Для входа в кабину пассажир нажимает кнопку вызова 1Кн. По цепи: питающая шина 101, контакты ВР2-1 (101–279), реле РОИ (279–297), контакт кнопки 1Кн, контакты реле РОН, РОК, РВ2 (267–515), реле РИС (515–223), РН и РКД – включается реле РЗ, которое контактом (111–117) подает питание на реле открытия дверей РОД. После прекращения нажатия па кнопку вызова реле РЗ останется включенным, получая питание через контакт реле РОД. Другие контакты реле РОД включают реле РВ2 и подключают к сети двигатель дверей М2, которые открываются.

После полного открытия дверей выключателем ВКО отключаются реле РОД и двигатель М2. После размыкания контакта РОД в цепи РЗ, последнее остается включенным через контакты реле РВ2 и РН.

При входе пассажира в кабину реле подпольного контакта РПК отключается и контактом (279–99) обеспечивает питание реле РВ2, которое одним своим контактом (279–211) предотвращает отключение реле РЗ и закрытие дверей, а другим (185–187) подготавливает к включению катушки кнопок приказа.

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 25   |

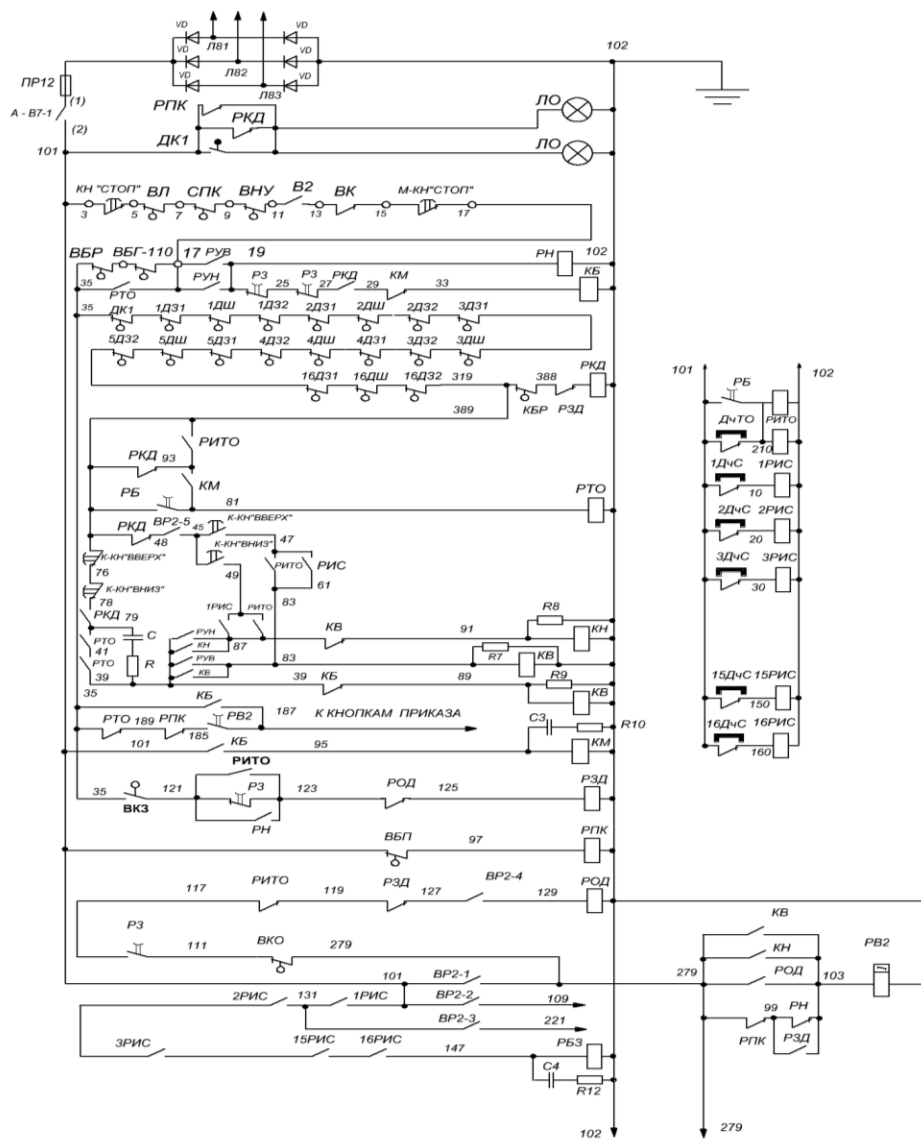


Рисунок 3.2 – Станция управления лифтом

Для отправления кабины на требуемый этаж пассажир нажимает на кнопку приказа нужного этажа, например, пятого. До начала движения катушка кнопки 5КнП удерживается во включенном состоянии через контакты реле РТО, РПК и РВ2 (35–187).

Через замкнутый контакт кнопки 5КнП замкнутые контакты реле РИС вышележащих этажей включится реле РУВ, которое своим контакстом включает реле РН. Последнее контактом (211–207) отключает реле РЗ. Замкнувшийся контакт РЗ включает реле закрытия дверей РЗД, а контакты РЗ (19–25–27) подготавливают к включению контактор КБ.

Реле РЗД включает двигатель дверей М2, двери закрываются. После полного закрытия дверей конечным выключателем ВК3 отключится реле РЗД и двигатель М2; контакты ДК, ДЗ и ДШ замкнутся, включив реле РКД и подготовив к включению контактор КВ. Контакт РКД (27–29) подает питание

13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ

на контактор КБ. После включения контактор КБ силовыми контактами подготавливает к включению двигатель М1; контактом КБ (101–95) включает реле РБ; контактом КБ (35–187) в цепи катушек кнопок приказа обеспечивает питание последних после начала движения, когда разомкнется контакт РТО (35–189). Включившись реле РБ контактом РБ (101–210) включает реле РИТО, контактом РБ (389–81) включает реле РТО, которое своими контактами: (79–41–39) подает питание на контактор КВ, (Л25–Л23) подготавливает к включению катушку тормозного электромагнита.

Контактор КВ силовыми контактами подает напряжение на приводной электродвигатель М1 и на тормозной электромагнит ЭМТ, включается электродвигатель, и кабина движется на основной скорости.

При подходе кабины к этажу, на который она была отправлена (в данном случае к пятому), на пути, равном пути замедления, на этажный датчик воздействует шунт, расположенный на кабине. Включенное последовательно с датчиком реле 5РИС отпадает. Контакт 5РИС (555–551) отключается реле РУВ. Контакт РУВ (17–19) обесточивает реле РН и контактор КБ.

Силовые контакты КБ отключают обмотку большой скорости приводного электродвигателя М1, контакт (39–89) включает контактор КМ; контакт КБ (35–187) прерывает питание катушки кнопки приказа – кнопка выпадает.

К сети присоединяется тихоходная обмотка статора приводного электродвигателя, который снижает скорость (режим генераторного торможения) и кабина движется на малой скорости.

После отключения контактора КБ питание реле РТО в первый момент происходит через контакт реле РБ, которое имеет небольшую выдержку времени при отключении катушки. За время отключения реле РБ успевает замкнуться контакт контактора КМ, через который и будет осуществляться дальнейшее питание РТО.

На сниженной скорости кабина подходит к заданному этажу. При входе шунта в зазор датчика точной остановки ДчТО, установленного на кабине, реле импульса точной остановки РИТО отключается и размыкает свой контакт в цепи питания реле точной остановки РТО, которое отключается и своими контактами (79–41–39) отключает контакторы КМ и КВ – двигатель и тормозной электромагнит отключаются от сети.

Накладывается тормоз и кабина останавливается на уровне точной остановки заданного этажа. В начале замедления, как только отключилось реле 5РИС, а кнопка 5КнП еще не выпала, через кнопку приказа и контакт 5РИС (555–223) успевает включиться реле РЗ и, замыкая свой контакт (111–117), подготавливает к включению реле открытия дверей РОД.

В точной остановке реле РИТО отпадает и его контакт включает реле РОД. Несмотря на то, что контакт КМ при остановке разрывает цепь питания реле РЗ, последнее будет включено через контакт реле РОД. Двери открываются. Пассажир выходит из кабины, реле РПК включается и отключает контактом (279–99) реле РВ2. После истечения выдержки времени

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            |      |
|      |      |             |         |      |                            | 27   |

реле РВ2, отключится реле РЗ и своим контактом (121–123) подаст питание на реле РЗД. Двери закроются и кабина будет стоять на этаже с закрытыми дверями в ожидании вызова.

При нажатии кнопки вызова этажа, на котором находится кабина, процесс открывания дверей происходит аналогично описанному выше.

При нажатии пассажиром кнопки вызова другого этажа кабина сразу направится по вызову. Выбор направления движения и пуск кабины происходит так же, как и при работе по приказам.

При наличии нескольких вызовов выше кабины освободившаяся кабина направится на выполнение наивысшего вызова, а все остальные вызовы будут выполнены как попутные при движении кабины вниз. Если одновременно вызовы зарегистрированы с этажей, лежащих как выше, так и ниже кабины, выбирается направление вверх (благодаря емкости Сб, включенной параллельно катушке реле РУВ).

Попутная остановка при движении кабины вниз происходит независимо от того, движется кабина свободная или с пассажирами. В этом случае при подходе к ближайшему из зарегистрированных этажей включается реле замедления РЗ. Например, если кабина движется вниз и зарегистрированы вызовы на шестом, четвертом и третьем этажах, то при подходе кабины к шестому этажу через контакт кнопки вызова 6Кн, замкнувшийся размыкающий контакт 6РИС (565–223), контакты РУВ (223–225) и РБЗ (225–209) включается реле РЗ и размыкает свои контакты РЗ (19–25–27) в цепи контактора Б, после чего начинается замедление движения кабины.

Посредством реле РБЗ (контакт 225–209) исключается возможность остановки кабины по попутному вызову при движении вниз, если расстояние до этажа, с которого поступил вызов, недостаточно для нормального замедления и остановки кабины на уровне этажной площадки. Если вызов поступил с этажа в тот момент, когда реле РИС этого этажа успело отключиться и отключить реле РБЗ, кабина на этаже не остановится.

Нажатие кнопки вызова может вызвать движение кабины только в том случае, если кабина свободна. Если в кабине находится пассажир, реле РПК отключено, его контакт (205–229) в цепи реле РПВ разомкнут, реле РПВ обесточено и его контакты, включенные последовательно с контактами кнопок вызова, также разомкнуты, благодаря чему нажатие кнопок вызова не приводит к выбору направления движения и пуску кабины.

Схемой предусмотрена сигнализация о прохождении кабиной этажей. Световое табло устанавливают на первом этаже.

Система парного управления предусматривает три режима работы для каждого лифта, составляющего пару: режим нормальной работы, режим ревизии, режим управления из машинного помещения, и четвертый – погрузочный для одного из них (для лифта Б).

На каждом этаже устанавливается одна кнопка вызова, общая для двух лифтов. В режиме нормальной работы включены оба лифта, работающие по следующей программе:

|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|-------------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  | Лист |
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  | 28   |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |  |  |  |  |  |      |

13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ

-при наличии на первом этаже двух свободных кабин и нажатии кнопки вызова первого этажа открытие дверей происходит только у одной из кабин, при поступлении вызова с других этажей – на выполнение его направится также одна из кабин;

-стоящая на первом этаже свободная кабина предназначена для работы по приказам пассажиров с первого этажа. Эта же свободная кабина направится на вызов в случае, если он поступил с этажа, лежащего выше идущей вниз второй кабины; кабина, освободившаяся от пассажиров, остается стоять на промежуточном этаже с закрытыми дверями в случаях, когда:

-вторая кабина стоит на первом этаже и отсутствуют зарегистрированные вызовы;

-вторая кабина движется вниз;

-вторая кабина остановилась на этаже по попутному вызову вниз; кабина, освободившаяся от пассажиров на промежуточном этаже, направится на вызовы в случаях:

-когда вторая кабина находится на первом этаже и имеются вызовы выше либо ниже первой кабины; если к моменту закрытия дверей освободившейся кабины имелись вызовы как выше, так и ниже ее, кабина проследует сначала на наивысший вызов, а остальные будут выполнены ею при движении вниз как попутные;

-при движении вниз второй кабины и наличии зарегистрированного вызова выше этой кабины;

-кабина, освободившаяся от пассажиров, автоматически отправляется вниз в случае, если вторая кабина выбрала направление или движется вверх;

-движущаяся с пассажирами вверх кабина по вызовам не останавливается;

-при наличии нескольких зарегистрированных приказов кабина остановится на ближайшем по направлению движения зарегистрированном этаже.

В схему управления каждого из лифтов введено по одному реле РОК, которые заблокированы между собой так, что одновременное включение обеих катушек исключено; реле включено при движении кабины вверх.

В соответствии с программой работы при нахождении двух свободных кабин на первом этаже и нажатии на кнопку вызова первого этажа, двери откроет одна из кабин, причем включение реле РЗ и открывание дверей осуществляется через размыкающий контакт РОК (267–271). Таким образом, двери открывает та кабина лифта, реле РОК которого отключено.

Питание реле подключения вызовов РПВ каждого из лифтов осуществляется через замыкающий контакт реле РОК (227–245) своего лифта, поэтому отправление кабины лифта по вызову возможно только при включенном реле РОК, этого лифта.

Из двух кабин, двигавшихся вверх, автоматически отправится на первый этаж первая освободившаяся кабина, т. е. та, реле РОК которой отключится первым. Автоматический выбор направления и отправление на первый этаж осуществляются по цепи:

|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|-------------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  | Лист |
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  | 29   |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |  |  |  |  |  |      |

13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ



питающая шина 101, контакты реле 1РИС (101–131), переключателя ВР2-3 реле РУВ, РОК (265–271), РВ2 (271–515), 1РИС (515–233) – включается реле РУН. Дальнейшая последовательность работы схемы та же, что при одиночном управлении. После начала движения, так как реле РВ2 включено, питание катушки реле РУН осуществляется через замыкающие контакты РН (265–269) и РКД (269–515).

На вызов с этажа выше идущей вниз кабины отправится вторая свободная кабина, за счет включения реле РПЗ идущей вниз кабины. Например, кабина А движется вниз в зоне пятого этажа, выше нее, на седьмом этаже, зарегистрирован вызов, кабина Б находится на первом этаже. По цепи: вызывная кнопка 7Кн (299–573), контакт РПВ1, замыкающие контакты реле РИС вышележащих этажей, контакт РУН (213–251), контакт 5РИС (251–253), который замыкается, как только кабина А войдет в зону замедления пятого этажа – включается реле А-РПЗ. Включившись реле А-РПЗ контактом (227–239) включает реле подключения вызовов РПВ кабины Б, у которой через кнопку 7Кн включится реле РУВ и кабина Б отправится на выполнение вызова с седьмого этажа.

Если в лифте имеется неисправность, вследствие чего после нажатия кнопки приказа или вызова выбирается направление движения (включается реле РУВ или РУН), но кабина не приходит в движение (например, не закрылись двери, не включился контактор направления), реле РОН этого лифта с выдержкой времени отключается, так как разомкнут контакт РУВ (227–113) или РУН (113–115). Выдержка времени на отключение реле РОН, создаваемая конденсатором С9, составляет 3–5 с.

При отключении реле РОН неисправного лифта, например, лифта Б, контакт Б-РОН (227–239) подключает реле РПВ исправного лифта, который переходит в одиночный режим работы. Кнопки вызова подключены к шине вызовов 279 лифта А. Если лифт А неисправен, реле А-РОН отключается и замкнувшимся размыкающим контактом А-РОН (297–279) подключает питание кнопок к шине 279 лифта Б.

В погрузочном режиме, предназначенном для перевозки грузов (обычно это лифт большего габарита), может работать только лифт Б.

Перевод лифта в режим погрузки осуществляется переключателем ВР1. При этом контакт ВР1-1 (279–227) размыкается, отключая реле подключения вызовов лифта Б, реле Б-РОН и Б-РОК. При отключении Б-РОН лифт А автоматически переходит в одиночный режим, а кабина Б, находящаяся на любом промежуточном этаже, автоматически направится на первый этаж (при отключении Б-РОК через его контакт (265–271) и контакт реле РВ2 (271–515) включится реле РУН лифта Б). Если кабина Б находилась на первом этаже, ее двери немедленно откроются и останутся открытыми вследствие замыкания контакта ВР1-2 (279–211) в цепи реле РЗ. Закрытие дверей и отправление кабины возможно только при нажатии на кнопку приказа нужного этажа.

В режиме ревизии схемой предусмотрено управление с крыши кабины на малой скорости. Для перевода лифта в этот режим необходимо: в шкафу

|      |      |             |         |      |  |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|--|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      |  | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |  |                            | 30   |

управления перевести в положение «Управление из машинного помещения» переключатель режимов работы ВР2, контакт (48–45) которого подготовит к включению цепь питания узла ревизии, а разомкнувшийся контакт ВР2-1 (101–279) исключит возможность управления от кнопок приказа и вызова; вынуть из кнопочного поста ревизии на крыше кабины специальный ключ, который при этом разомкнет блокировочный контакт режима ревизии КБР (389–388) и обесточит реле РКД, контакт которого (389–48) подключит цепь питания узла ревизии. Отключение реле РКД исключает возможность включения его контактом (27–29) контактора КБ.

Управление производится нажатием на одну из кнопок двухкнопочного поста К-Кн «Вниз» или К-Кн «Вверх».

При управлении из машинного помещения переключатель ВР2 устанавливается в положение, когда контакт ВР2-1 (101–279) разомкнут и управление от кнопок приказа, открытие дверей и вызов кабины исключены, а контакт ВР2-2 (101–109), подключающий кнопки управления из машинного помещения, замкнут. В этом режиме движение кабины происходит на большой скорости. Остановка кабины на крайних этажах осуществляется автоматически, а в любом месте шахты – от кнопки М-Кн «Стоп».

### 3.3 Требования к электроприводу

Поскольку основным элементом лифтового оборудования является электропривод лебедки, то с ним будут связаны практически все переменные состояния, перечислим основные из них [11]:

- постоянно меняющийся вес кабины в зависимости от количества пассажиров, отсюда и постоянно меняющийся крутящий момент на валу двигателя;

- положение кабины в шахте лифта, отсюда и угол поворота шкива. Изменение токов и напряжений двигателя;

- скорость движения кабины лифта.

Таким образом, для того чтобы управлять кабиной лифта с высокой точностью, нам необходимо оперировать этими переменными величинами.

Управление осуществляется на нескольких уровнях. Для управления электроприводом лебедки используется частотный преобразователь, реализующий векторное управление асинхронным двигателем, что позволяет регулировать обороты двигателя в очень широком диапазоне, что обеспечивает плавный разгон и остановку кабины. Управление может осуществляться независимо с помощью одного только частотного преобразователя, но эта система ненадежна и не используется в лифтовых установках. Задача для электропривода формируется с помощью микроконтроллера или специального сервоконтроллера, который в свою очередь связывается со станцией оператора ПК. Именно контроллер, принимающий сигналы от датчиков, формирует наилучшую задачу для движения главного электропривода и электропривода дверей. А также

|      |      |             |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |             |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |             |         |      |                            |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ |  |  |  | 31   |

сигналы о неисправностях и авариях немедленно отправляются на диспетчерскую станцию.

Основными задачами управления кабиной лифта являются обеспечение комфортного перемещения и точности остановки на требуемом уровне пола.

Основные критерии качества [11]:

- Плавное движение. Согласно ПУБЭЛ, для комфортного проживания транспортировка людей требует максимального ускорения кабины (2 м / с<sup>2</sup>). Физические воздействия на организм человека зависят от времени действия ускорения. При длительности разгона менее 0,4 С. Организм человека переносит ускорение до 30-40 м / с. Поэтому при движении кабины допускается кратковременное высокое ускорение или замедление.

Комфортность лифта определяется не только ускорением, но и другими факторами. Давайте рассмотрим каждый из них:

Время ожидания лифта - время, в течение которого пассажир ожидает лифт на лестничной площадке. Если здание высотное, то имеет смысл включить функцию скоростного управления при движении пустой кабины. В нашем случае здание низкое, поэтому достаточно двигать кабину с номинальной скоростью.

Плавность и точность остановки достигается с помощью точных датчиков остановки. При достижении уровня остановки подается сигнал на снижение скорости, а так как мы используем прямой привод с векторным управлением с помощью частотного преобразователя, то нетрудно настроить плавную остановку.

Наличие шума при движении также является показателем комфорта. По сравнению с зубчатыми передачами, прямой привод имеет минимальный уровень шума механических частей.

Поскольку электропривод является основным элементом лифтового оборудования, то перед проектированием необходимо сформулировать основные требования к электроприводам пассажирских лифтовых установок [9]:

- надежность, высокий уровень безопасности;
- низкий уровень шума;
- легкая деятельность;
- ограничьте ускорение кабины;
- плавный старт и остановка;
- наличие скорости ревизионной;
- точность остановки на уровне этажа;

Создание требований к электроприводу:

- 1) режим повторного использования-кратковременный;
- 2) обратимость привода;
- 3) плавный ход;
- 4) точность остановки  $\pm 3$  см;
- 5) надежность;
- 6) рентабельный;

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 32   |

7) диапазон регулировки 5: 1.

Исходя из вышеперечисленных требований, выбираем асинхронный двигатель отраслевой серии, которая заменит двухскоростную серию лифтов. В качестве устройства управления АД мы используем преобразователь частоты с векторным управлением без обратной связи по скорости.

### 3.4 Обоснование рода тока и величины напряжения

Управляя двигателем с переменным напряжением мы можем изменить частоту и значение напряжения питания, однако максимальное напряжение не должно превышать 380 В, а частота не должна превышать 50 Гц. С помощью преобразователя частоты для питания асинхронного двигателя, мы повышаем коэффициент мощности.

Напряжение постоянного тока 110 В используется для питания цепи управления контактором реле.

### 3.5 Модернизация главного привода лифта

Лифтовая промышленность города - это отрасль с повышенной энергоемкостью, так как ежегодное потребление электроэнергии при эксплуатации лифтового оборудования составляет около миллиарда киловатт-часов. В связи с этим внедрение новейших энергосберегающих технологий в модернизацию лифтового оборудования становится чрезвычайно актуальной задачей. Систематический анализ информации от строительных, монтажных и проектных организаций позволяет сделать вывод о том, что внедрение частотно-регулируемых электроприводов, основным элементом которых является преобразователь частоты, следует рассматривать как базовую программу энергосбережения на лифтах.

Применение частотно-регулируемого электропривода подъемного устройства (лебедки) лифта значительно повышает комфортность при перемещении кабины, обеспечивает бесшумность и высокую точность остановки, повышает долговечность механического оборудования, а также снижает энергозатраты на 40-60%. Повышает комфортные показатели движения кабины лифта и долговечности механического оборудования за счет получения плавных переходных процессов. Снижает эксплуатационные затраты на капитальный ремонт оборудования за счет значительного снижения динамических нагрузок в элементах кинематической цепи. Снижение энергопотребления достигается за счет значительного (в 5-6 раз) уменьшения массы вращающегося маховика лебедки, что исключает непроизводительные потери в переходных пуско-тормозных режимах: плавные переходные процессы снижают динамические нагрузки в элементах кинематической цепи привода лифта, что приводит к увеличению срока

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 33   |

службы главного привода редуктора, канатного шкива, тормозных колодок, электродвигателя, тяговых канатов и элементов противовесной подвески.

### 3.6 Построение нагрузочной диаграммы двигателя.

Рассчитаем количество предполагаемых человек в лифте грузоподъемностью 630 кг при высоте здания в 16 этажей и среднем весе человека 80 кг по формуле 3.1:

$$n_n = G_{ном} / G_{пас}, \quad (3.1)$$

где  $G_{ном}$  – грузоподъемность  $G_{ном} = 630 \cdot 9,8 = 6174 \text{ Н}$ ;

$G_{пас}$  – вес пассажира  $G_{пас} = 80 \cdot 9,8 = 784 \text{ Н}$ ;

$$n_n = 6174 / 784 = 7,875.$$

Принимаем количество предполагаемых остановок  $N_o = 16$ , количество человек  $n_n = 8$ .

$$\Delta G = G_{ном} / N_o, \quad (3.2)$$

где  $\Delta G$  – изменение груза кабины, Н;

$G_{ном}$  – грузоподъемность, Н.

$$\Delta G = 6174 / 16 = 385,875 = 386 \text{ Н}.$$

Определяем тяговое усилие кабины, поднимающейся с 1 этажа при номинальной загрузке по формуле 3.3:

$$F = G_{каб} + G_{ном} + 4 \cdot q_{т.к.} \cdot (H - h \cdot N) + q_{у.к.} \cdot (0,5 \cdot (N - 1) \cdot h) - G_{п}, \quad (3.3)$$

где  $G_{ном}$  – грузоподъемность, Н;

$G_{каб}$  – вес кабины, Н;

$q_{т.к.}$  – вес 1 метра тянущего каната, Н;

$H$  – высота шахты, м;

$h$  – высота от пола этажа до верха кабины, м;

$N$  – номер этажа;

$q_{у.к.}$  – вес 1 метра уравновешивающего каната, Н;

$G_{п}$  – вес противовеса,  $G_{п} = G_{каб} + 0,4 \cdot G_{ном}$ , Н.

$$F = 0,6 \cdot G_{ном} + 4 \cdot q_{т.к.} \cdot (H - h \cdot N) + q_{у.к.} \cdot (0,5 \cdot (N - 1) \cdot h) \quad (3.4)$$

$$F = 6174 \cdot 0,6 + 4 \cdot 3,9 \cdot (51 - 3 \cdot 1) + 22 \cdot (0,5 \cdot (1 - 1) \cdot 3) = 4453,5 \text{ Н};$$

Определяем тяговое усилие пустой кабины, опускающейся с последнего этажа по формуле 3.5:

$$F' = 4 \cdot q_{т.к.} \cdot (H - h \cdot N) + q_{у.к.} \cdot (0,5 \cdot (N - 1) \cdot h) - 0,4 \cdot G_{ном}, \quad (3.5)$$

|      |      |             |         |      |  |  |  |  |      |
|------|------|-------------|---------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |             |         |      |  |  |  |  | Лист |
|      |      |             |         |      |  |  |  |  | 34   |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |  |  |  |  |      |

13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ

где  $F'$  – тяговое усилие кабины, Н;  
 $N$ – порядковый номер остановки;  
 $h$ –высота от пола этажа до верха кабины, м;  
 $q_{у.к}$ – вес 1 метра уравновешивающего каната, Н;  
 $q_{т.к}$ – вес 1 метра тянущего каната, Н;  
 $G_{ном}$ – грузоподъемность, Н.

$$F' = 4 \cdot 3,9 \cdot (51 - 3 \cdot 16) + 22 \cdot (0,5 \cdot (16-1) \cdot 3) - 6174 \cdot 0,4 = -1928 \text{ Н};$$

Определяем статический момент на валу двигателя в двигательном режиме при подъеме загруженной кабины по формуле 3.6:

$$M_{ст1} = F \cdot d / 2 \cdot i \cdot \eta, \quad (3.6)$$

где  $d$  – диаметр КВШ, м;  
 $i$ – передаточное число редуктора;  
 $\eta$  – КПД (при спуске и подъеме КПД=0,75);  
 $F$  - тяговое усилие кабины.

$$M_{ст1} = 4453,5 \cdot 0,65 / 2 \cdot 30 \cdot 0,75 = 64,3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Определяем статический момент на валу двигателя в двигательном режиме при спуске пустой кабины по формуле 3.7.

При спуске тяговое усилие берется со стороны противовеса.

$$M_{ст2} = - F' \cdot d / 2 \cdot i \cdot \eta, \quad (3.7)$$

где  $d$  – диаметр КВШ, м;  
 $i$ – передаточное число редуктора;  
 $\eta$  – КПД (при спуске и подъеме КПД=0,75).  
 $F'$  - тяговое усилие кабины

$$M_{ст2} = - (-1928 \cdot 0,65) / 2 \cdot 30 \cdot 0,75 = 28 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Определяем время рейса кабины за полный ход по формуле 3.8:

$$t_p = K_t \cdot 2 \cdot H / V_k, \quad (3.8)$$

где  $H$  – высота шахты, м;  
 $V_k$  – скорость движения кабины, м/с.  
 $K_t$  – коэффициент учитывающий дополнительные затраты времени при работе лифта, равен 1,2.

$$t_p = 1,2 \cdot 2 \cdot 51 / 1 = 122,4 \text{ с.}$$

Определяем полное время цикла движения кабины по формуле 3.9:

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 35   |







$$m_2 = F' / 9,8 = 196,7 \text{ кг};$$

Определяем угловую скорость двигателя по формуле 3.16:

$$\omega_{\text{дв}} = n / 9,55, \quad (3.16)$$

где  $n$  – количество оборотов двигателя, об/мин;

$$\omega_{\text{дв}} = 920 / 9,55 = 96,3 \text{ рад/с}.$$

Определяем момент инерции при пуске и при номинальной нагрузке кабины по формуле 3.17:

$$J_{\Sigma 1} = 1,2 \cdot J_{\text{дв}} + m_1 \cdot (V_{\text{к}} / \omega_{\text{дв}})^2, \quad (3.17)$$

где  $J_{\Sigma 1}$  – момент инерции при номинальной нагрузке кабины, кг·м<sup>2</sup>;

$J_{\text{дв}}$  – момент инерции двигателя, кг·м<sup>2</sup>;

$m_1$  – масса загруженной кабины на остановках, кг;

$V_{\text{к}}$  – скорость движения кабины, м/с;

$\omega_{\text{дв}}$  – угловая скорость двигателя, рад.

$$J_{\Sigma 1} = 1,2 \cdot 0,46 + 454,4 \cdot (1 / 96,3)^2 = 0,6 \text{ кг·м}^2;$$

Определяем момент инерции при пуске пустой кабины по формуле 3.18:

$$J_{\Sigma 2} = 1,2 \cdot J_{\text{дв}} + m_2 \cdot (V_{\text{к}} / \omega_{\text{дв}})^2, \quad (3.18)$$

где  $J_{\Sigma 2}$  – момент инерции при пуске пустой кабины, кг·м<sup>2</sup>;

$J_{\text{дв}}$  – момент инерции двигателя, кг·м<sup>2</sup>;

$m_2$  – масса пустой кабины на остановках, кг;

$V_{\text{к}}$  – скорость движения кабины, м/с;

$\omega_{\text{дв}}$  – угловая скорость двигателя, рад.

$$J_{\Sigma 2} = 1,2 \cdot 0,46 + 196,7 \cdot (1 / 96,3)^2 = 0,6 \text{ кг·м}^2.$$

Поскольку суммарные моменты инерции  $J_{\Sigma 1}$  и  $J_{\Sigma 2}$  приблизительно равны, то время установившейся работы двигателя при подъеме или спуске, независимо от загруженности кабины одинаково.

Определяем время пуска двигателя по формуле 3.19:

$$t_{\text{п}} = J_{\Sigma 1} \cdot n / 9,55 \cdot (M_{\text{пуск}} - M_{\text{ст}}), \quad (3.19)$$

где  $J_{\Sigma 1}$  – момент инерции при номинальной нагрузке кабины, кг·м<sup>2</sup>;

$n$  – количество оборотов двигателя на большой скорости, об/мин;

$M_{\text{пуск}}$  – пусковой момент, Н·м;

|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|-------------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  | Лист |
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  | 38   |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |  |  |  |  |  |      |

13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ

$M_{ст}$  – статический момент, Н·м;

$$t_{п} = 0,6 \cdot 920 / 9,55 \cdot (138 - 64,3) = 0,8 \text{ с.}$$

Определяем момент инерции при переходе с большой скорости на малую при полной загрузке кабины по формуле 3.20:

$$J_{\Sigma \text{пер}} = 1,2 \cdot J_{\text{дв}} + m_1 \cdot (V_k - V_m / W_{\text{дв}} - W_m)^2, \quad (3.20)$$

где  $J_{\Sigma \text{пер}}$  – момент инерции при номинальной загрузке кабины, кг·м<sup>2</sup>;

$J_{\text{дв}}$  – момент инерции двигателя, кг·м<sup>2</sup>;

$m_1$  – масса загруженной кабины на остановках, кг;

$V_k$  – скорость движения кабины, м/с;

$W_{\text{дв}}$  – угловая скорость двигателя, рад/с;

$V_m$  – малая скорость движения кабины, м/с;

$W_m$  – малая угловая скорость двигателя, рад/с;

$$J_{\Sigma \text{пер}} = 1,2 \cdot 0,46 + 454,4 \cdot ((1 - 0,23) / (96,3 - 22))^2 = 0,6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Определяем время перехода с большей скорости на малую при полной загрузке кабины по формуле 3.21:

$$t_{\text{пер}} = J_{\Sigma \text{пер}} \cdot (n - n_m) / 9,55 \cdot (M_{\text{пуск.м.}} - M_{\text{ст}}), \quad (3.21)$$

где  $J_{\Sigma \text{пер}}$  – переходный момент инерции при полной загрузке кабины, кг·м<sup>2</sup>;

$n$  – количество оборотов двигателя на большой скорости, об/мин;

$n_m$  – количество оборотов двигателя на малой скорости, об/мин;

$M_{\text{ст}}$  – статический момент, Н·м;

$M_{\text{пуск.м.}}$  – пусковой момент двигателя при малой скорости, Н·м.

$$t_{\text{пер}} = 0,6 \cdot 710 / 9,55 \cdot (108 + 64,3) = 0,25 \text{ с.}$$

Определяем момент инерции при малой скорости и полной загрузке кабины по формуле 3.22:

$$J_{\Sigma \text{м}} = 1,2 \cdot J_{\text{дв}} + m_1 \cdot (V_m / W_m)^2, \quad (3.22)$$

где  $J_{\Sigma \text{м}}$  – момент инерции при малой скорости и полной загрузке кабины, кг·м<sup>2</sup>;

$J_{\text{дв}}$  – момент инерции двигателя, кг·м<sup>2</sup>;

$m_1$  – масса загруженной кабины на остановках, кг;

$V_m$  – малая скорость движения кабины, м/с;

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 39   |

$\omega_M$  – малая угловая скорость двигателя, рад/с;

$$J_{\Sigma M} = 1,2 \cdot 0,46 + 454,4 \cdot (0,23 / 22)^2 = 0,6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

Определяем время торможения на малой скорости по формуле 3.23:

$$t_{т.м.} = J_{\Sigma M} \cdot n_M / 9,55 \cdot (M_{\text{пуск.м.}} - M_{\text{ст}}), \quad (3.23)$$

где  $J_{\Sigma M}$  – момент инерции при номинальной загрузке кабины, кг·м<sup>2</sup>;  
 $n_M$  – количество оборотов двигателя;  
 $M_{\text{пуск.м.}}$  – пусковой момент двигателя при малой скорости, Н·м;  
 $M_{\text{ст}}$  – статический момент, Н·м;

$$t_{т.м.} = 0,6 \cdot 210 / 9,55 \cdot (108 + 64,3) = 0,08 \text{ с.}$$

Определяем время установившейся работы по формуле 3.24

$$t_{\text{уст.}} = t'' - t_{\text{п.}} - t_{\text{пер}} - t_{т.м.} - t_{\text{м.}}, \quad (3.24)$$

где  $t_{\text{уст.}}$  – время установившейся работы, с;  
 $t_{\text{п.}}$  – время пуска двигателя, с;  
 $t_{\text{пер}}$  – время перехода с большой скорости на малую, с;  
 $t_{т.м.}$  – время торможения на малой скорости, с;  
 $t_{\text{м.}}$  – время движения на малой скорости, с;

$$t_{\text{уст.}} = 4,08 - 0,8 - 0,25 - 0,08 - 1 = 1,95 \text{ с.}$$

Построим тахограмму работы лифта. Для этого нам понадобятся рассчитанные значения времени. Так, как скорость кабины лифта почти не зависит от загруженности, а время спуска и подъёма одинаковое, то тахограмма представленная на рисунке 3.3 будет общей.

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 40   |

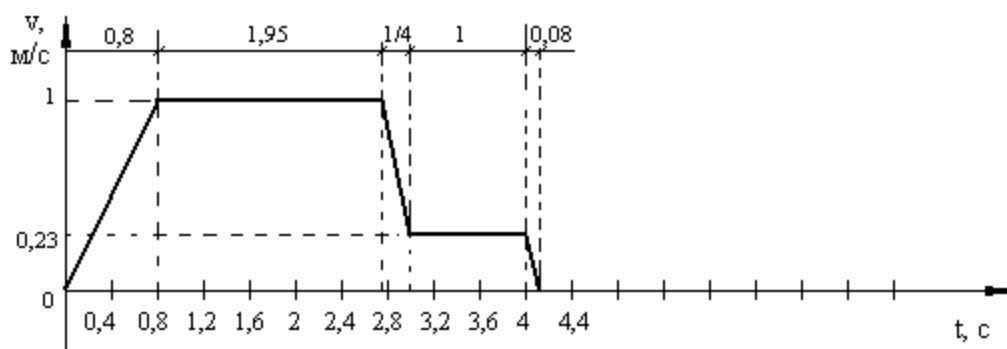


Рисунок 3.3 – Тахограмма движения кабины лифта с применением двухскоростного АД

Для построения нагрузочной диаграммы двигателя определим динамические моменты на участках:

1. Пуск;
2. Переход с большей скорости на меньшую;
3. Торможение на малой скорости;

Определяем динамический момент при пуске по формуле 3.25:

$$M_{\text{дин. п.}} = (J_{\Sigma 1} \cdot \omega_{\text{дв}}) / t_{\text{п}}, \quad (3.25)$$

где  $M_{\text{дин. п.}}$  – динамический момент при пуске, Н·м;  
 $J_{\Sigma 1}$  – момент инерции при номинальной загрузке кабины, кг·м<sup>2</sup>;  
 $\omega_{\text{дв}}$  – угловая скорость двигателя, рад/с;  
 $t_{\text{п}}$  – время пуска двигателя, с;

$$M_{\text{дин. п.}} = (0,6 \cdot 96,3) / 0,8 = 72,3 \text{ Н·м.}$$

Определяем динамический момент при переходе с большей скорости на меньшую по формуле 3.26:

$$M_{\text{дин. пер.}} = (-J_{\Sigma \text{пер.}} \cdot \omega_{\text{дв. пер.}}) / t_{\text{пер}}, \quad (3.26)$$

где  $M_{\text{дин. пер.}}$  – динамический момент при переходе с большей скорости на меньшую, Н·м;

$J_{\Sigma \text{пер.}}$  – момент инерции при переходе с большей скорости на меньшую, кг·м<sup>2</sup>;

$\omega_{\text{дв. пер.}}$  – угловая скорость двигателя, рад/с;

$t_{\text{пер}}$  – время перехода с большей скорости на меньшую, с.

$$M_{\text{дин. пер.}} = (-0,6 \cdot 74,3) / 0,25 = -178,3 \text{ Н·м;}$$

Определяем динамический момент при торможении на малой скорости по формуле 3.27:

$$M_{\text{дин.т.}} = (-J_{\Sigma M} \cdot W_M) / t_{\text{т.м.}}, \quad (3.27)$$

где  $M_{\text{дин.т.}}$  – динамический момент при торможении, Н·м;

$J_{\Sigma M}$  – момент инерции при переходе с большей скорости на меньшую, кг·м<sup>2</sup>;

$W_M$  – малая угловая скорость двигателя, рад/с;

$t_{\text{т.м.}}$  – время торможения, с;

$$M_{\text{дин.т.}} = (-0,6 \cdot 22) / 0,08 = -165 \text{ Н·м.}$$

Теперь определяем моменты двигателя на этих участках в двух случаях:

1 Когда кабина загружена полностью и движется вверх;

2 Когда кабина пустая и движется вниз;

а) Определяем момент на валу двигателя при подъеме загруженной кабины:

1. При пуске

$$M_1 = M_{\text{ст1}} + M_{\text{дин. п.}}, \quad (3.28)$$

где  $M_1$  – момент на валу двигателя при пуске и полностью загруженной кабине, Н·м;

$M_{\text{дин. п.}}$  – динамический момент при пуске, Н·м;

$M_{\text{ст1}}$  – статический момент на валу двигателя, Н·м;

$$M_1 = 64,3 + 72,3 = 136,6 \text{ Н·м.}$$

2 При переходе с большей скорости на меньшую

$$M_2 = M_{\text{ст1}} + M_{\text{дин.пер.}}, \quad (3.29)$$

где  $M_2$  – момент на валу двигателя при переходе с большей скорости на меньшую, Н·м;

$M_{\text{дин.пер.}}$  – динамический момент при переходе с большей скорости на меньшую, Н·м;

$M_{\text{ст1}}$  – статический момент на валу двигателя, Н·м;

$$M_2 = 64,3 - 178,3 = -114 \text{ Н·м.}$$

3 При торможении на малой скорости

$$M_3 = M_{\text{ст1}} + M_{\text{дин.т.}}, \quad (3.30)$$

|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|-------------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  | Лист |
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  | 42   |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |  |  |  |  |  |      |

13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ

где  $M_3$  – момент на валу двигателя при торможении на малой скорости, Н·м;  
 $M_{\text{дин.т.}}$  – динамический момент при торможении на малой скорости, Н·м;  
 $M_{\text{ст1}}$  – статический момент на валу двигателя, Н·м;

$$M_3 = 64,3 - 165 = -100,7 \text{ Н·м.}$$

б) Определяем момент на валу двигателя при спуске пустой кабины:

1 При пуске

$$M_1' = M_{\text{ст2}} + M_{\text{дин. п.}}, \quad (3.31)$$

где  $M_1'$  – момент на валу двигателя при пуске пустой кабины, Н·м;  
 $M_{\text{дин. п.}}$  – динамический момент при пуске, Н·м;  
 $M_{\text{ст2}}$  – статический момент на валу двигателя, Н·м;

$$M_1' = 28 + 72,3 = 100,3 \text{ Н·м.}$$

2 При переходе с большей скорости на меньшую

$$M_2' = M_{\text{ст2}} + M_{\text{дин. пер.}}, \quad (3.32)$$

где  $M_2'$  – момент на валу двигателя при переходе с большей скорости на меньшую, Н·м;

$M_{\text{дин. пер.}}$  – динамический момент при переходе с большей скорости на меньшую, Н·м;

$M_{\text{ст2}}$  – статический момент на валу двигателя, Н·м;

$$M_2' = 28 - 178,3 = -150,3 \text{ Н·м.}$$

3 При торможении на малой скорости

$$M_3' = M_{\text{ст2}} + M_{\text{дин.т.}}, \quad (3.33)$$

где  $M_3'$  – момент на валу двигателя при торможении на малой скорости, Н·м;

$M_{\text{дин.т.}}$  – динамический момент при торможении на малой скорости, Н·м;

$$M_3' = 28 - 165 = -137 \text{ Н·м.}$$

Построение нагрузочной диаграммы двигателя.

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 43   |

Теперь можно построить нагрузочные диаграммы работы двигателя лифта при подъеме загруженной кабины (рисунок 3.4) и при спуске пустой кабины (рисунок 3.5). Для этого используем ранее полученные моменты и времена.

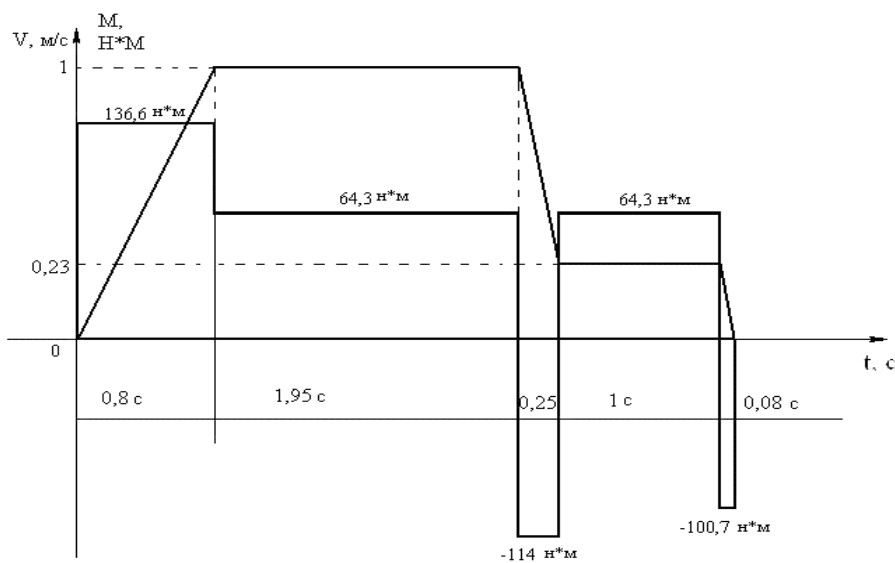


Рисунок 3.4 – Нагрузочная диаграмма работы двигателя при подъеме загруженной кабины и тахограмма ее движения

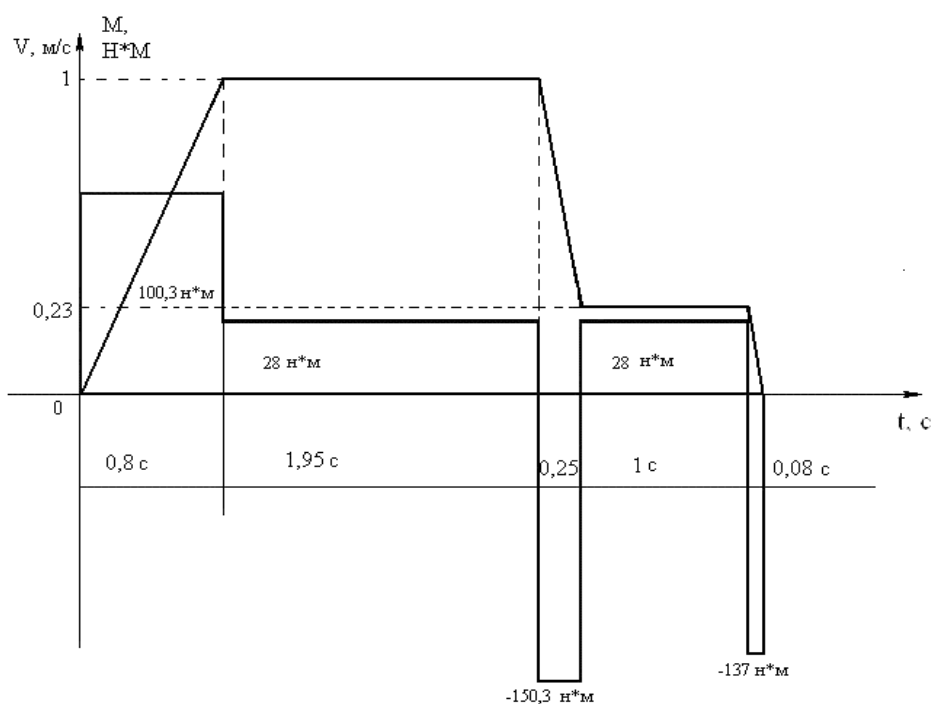


Рисунок 3.5 – Нагрузочная диаграмма работы двигателя при спуске пустой кабины и тахограмма ее движения

|      |      |             |         |      |
|------|------|-------------|---------|------|
|      |      |             |         |      |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |

13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ

Лист

44

### 3.7 Выводы по разделу три

Таким образом, можно сделать вывод, что в качестве базисной программы по энергосбережению на лифтах необходимо рассматривать внедрение частотно-регулируемых электроприводов, главный элемент которых – частотный преобразователь.

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 45   |



## 4 СПЕЦИАЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

### 4.1 Выбор двигателя

Применение преобразователей частоты (ПЧ) позволяет использовать АД с КЗ ротором общего применения. Момент инерции таких двигателей на порядок меньше аналогичных лифтовых двухскоростных двигателей, а стоимость значительно меньше. Применение АД с КЗ ротором общего применения позволяет уменьшить срок окупаемости модернизации.

Определяем эквивалентный момент на валу двигателя с учетом продолжительности включения по формуле 4.1:

$$M_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\frac{M_{\text{СТ1}}^2 \cdot t''' + M_{\text{СТ2}}^2 \cdot t'''}{2 \cdot t'''}} \cdot \sqrt{\frac{ПВ_{\text{Р}}}{ПВ_{\text{НОМ}}}}, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (4.1)$$

где  $M_{\text{СТ}}$  – статический момент на валу двигателя,  $\text{н}^*\text{м}$ ;

$t'''$  – время движения кабины от одной станции до другой, с;

$ПВ_{\text{Р}}$  – расчетная продолжительность включения двигателя;

$ПВ_{\text{НОМ}}$  – номинальная продолжительность включения двигателя.

$$M_{\text{ЭКВ}} = 44,2 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Определяем скорость вращения двигателя по формуле 4.2:

$$n_{\text{расч}} = 60 \cdot V_{\text{к}} \cdot i / \Pi \cdot D, \quad (4.2)$$

где  $V_{\text{к}}$  – скорость движения кабины, с;

$i$  – передаточное число редуктора;

$\Pi$  – число  $\Pi = 3,14$ ;

$D$  – диаметр КВШ, м.

$$n_{\text{расч}} = 60 \cdot 1 \cdot 30 / 3,14 \cdot 0,65 = 882 \text{ об/мин}.$$

Определяем мощность двигателя по формуле 4.3:

$$P = M_{\text{ЭКВ}} \cdot n / 9550, \quad (4.3)$$

где  $M_{\text{ЭКВ}}$  – эквивалентный момент на валу,  $\text{Н}\cdot\text{м}$ ;

$n$  – скорость вращения двигателя на большой скорости, об/мин;

$$P = 44,2 \cdot 882 / 9550 = 4,08 \text{ кВт}$$

Из каталога выбираем двигатель типа АИРМ132S6, его характеристики приведены в таблице 4.1.

|      |      |             |         |      |  |  |  |  |      |
|------|------|-------------|---------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |             |         |      |  |  |  |  | Лист |
|      |      |             |         |      |  |  |  |  | 46   |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |  |  |  |  |      |

13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ

Таблица 4.1 – Характеристики односкоростного АД

| Тип       | Р <sub>ном</sub> , кВт | n об/мин | КПД, % | cos φ | I <sub>ном</sub> , А | M <sub>ном</sub> , Н*М | $\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$ | $\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$ | Число пусков | J КГ*М2 | Масса, кг |
|-----------|------------------------|----------|--------|-------|----------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------|---------|-----------|
| АИРМ132S6 | 5,5                    | 960      | 84,5   | 0,8   | 12,4                 | 55                     | 2                          | 5,8                        | -            | 0,048   | 68,5      |

Степень защиты IP54, класс нагревостойкости изоляции «F», 2p=6; n = 1000 об/мин.

Для того чтобы движение лифта было комфортным для пассажиров, и для снижения динамических моментов, время на участках разгона и замедления нужно увеличить.

t<sub>уст.</sub>= 1,5 с, время установившейся работы зависит от расположения шунтов.

t<sub>п.</sub> = 1,5 с, время пуска двигателя программируется в ПЧ;

t<sub>пер</sub>= 0,8с, время перехода программируется в ПЧ;

t<sub>т.м.</sub>=0,08 с, время торможения на малой скорости зависит от времени наложения тормоза, расположения шунтов и от ПЧ;

t<sub>м.</sub>= 0,6 с, время движения на малой скорости зависит от расположения шунтов;

Определяем частоту выходного напряжения от ПЧ для большой скорости вращения по формуле 4.4:

$$f_1 = f_{сети} \cdot n_{расч.} / n_{ном.}, \quad (4.4)$$

где f<sub>1</sub>–частота напряжения, требуемого для вращения вала двигателя с частотой 882 об/мин, Гц;

n<sub>расч.</sub>– расчетная частота вращения вала двигателя, об/мин;

f<sub>сети</sub>– частота сети, 50 Гц;

n<sub>ном.</sub>– номинальная частота вращения вала двигателя, об/мин;

$$f_1 = 50 \cdot 882 / 960 = 46 \text{ Гц};$$

Определяем частоту выходного напряжения от ПЧ для большой скорости вращения по формуле 4.5:

$$f_2 = f_{сети} \cdot n_{мал.} / n_{ном.}, \quad (4.5)$$

где f<sub>2</sub> – частота напряжения, требуемого для вращения вала двигателя с частотой 192 об/мин, Гц;

|      |      |             |         |      |                            |  |  |  |  |  |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |             |         |      |                            |  |  |  |  |  | Лист |
|      |      |             |         |      |                            |  |  |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ |  |  |  |  |  | 47   |

$n_{\text{мал.}}$  – частота вращения вала двигателя на малой скорости, об/мин;

$f_{\text{сети}}$  – частота сети, 50 Гц;

$n_{\text{ном.}}$  – номинальная частота вращения вала двигателя, об/мин;

$$f_1 = 50 \cdot 192 / 960 = 10 \text{ Гц}$$

С применением ПЧ номинальная скорость лифта равна 1 м/с, а при движении на малой скорости 0,22 м/с. Так же ПЧ обеспечивает плавные переходы скорости.

Построение тахограммы

Для построения тахограммы используем ранее полученные времена.

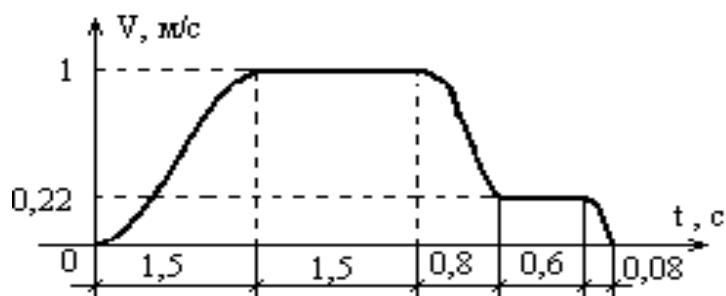


Рисунок 4.1 – Тахограмма лифта с использованием ПЧ и односкоростного АД

Определение моментов инерции

Определяем угловую скорость двигателя по формуле 4.6:

$$\omega_{\text{дв}} = n_{\text{расч.}} / 9,55, \quad (4.6)$$

где  $n_{\text{расч.}}$  – количество оборотов двигателя, об/мин;

$$\omega_{\text{дв}} = 882 / 9,55 = 92,4 \text{ рад/с};$$

Определяем момент инерции при пуске и номинальной нагрузке кабины по формуле 4.7:

$$J_{\Sigma 1} = J_{\text{дв}} + m_1 \cdot (V_k / \omega_{\text{дв}})^2, \quad (4.7)$$

где  $J_{\Sigma 1}$  – момент инерции при номинальной нагрузке кабины, кг·м<sup>2</sup>;

$J_{\text{дв}}$  – момент инерции двигателя, кг·м<sup>2</sup>;

$m_1$  – масса загруженной кабины на остановках, Н;

$V_k$  – скорость движения кабины, м/с;

$\omega_{\text{дв}}$  – угловая скорость двигателя, рад.

$$J_{\Sigma 1} = 0,048 + 454,4 \cdot (1 / 92,4)^2 = 0,1 \text{ кг·м}^2;$$

Определяем момент инерции при пуске пустой кабины по формуле 4.8:

$$J_{\Sigma 2} = J_{\text{дв}} + m_2 \cdot (V_k / W_{\text{дв}})^2, \quad (4.8)$$

где  $J_{\Sigma 2}$  – момент инерции при пустой кабине, кг·м<sup>2</sup>;

$J_{\text{дв}}$  – момент инерции двигателя, кг·м<sup>2</sup>;

$m_2$  – масса пустой кабины на остановках, Н;

$V_k$  – скорость движения кабины, м/с;

$W_{\text{дв}}$  – угловая скорость двигателя, рад.

$$J_{\Sigma 2} = 0,048 + 196,7 \cdot (1 / 92,4)^2 = 0,07 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

Определяем момент инерции при переходе с большой скорости на малую при полной загрузке кабины по формуле 4.9:

$$J_{\Sigma \text{пер.}} = J_{\text{дв}} + m_1 \cdot ((V_k - V_m) / (W_{\text{дв}} - W_m))^2, \quad (4.9)$$

где  $J_{\Sigma \text{пер.}}$  – момент инерции при переходе и номинальной загрузке кабины, кг·м<sup>2</sup>;

$J_{\text{дв}}$  – момент инерции двигателя, кг·м<sup>2</sup>;

$m_1$  – масса загруженной кабины на остановках, Н;

$V_k$  – скорость движения кабины, м/с;

$W_{\text{дв}}$  – угловая скорость двигателя, рад/с;

$V_m$  – малая скорость движения кабины, м/с;

$W_m$  – малая угловая скорость двигателя, рад/с;

$$J_{\Sigma \text{пер.}} = 0,048 + 454,4 \cdot ((1 - 0,22) / (92,4 - 20,1))^2 = 0,1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

Определяем момент инерции при переходе с большой скорости на малую при пустой кабине по формуле 4.10:

$$J_{\Sigma \text{пер.п.}} = J_{\text{дв}} + m_2 \cdot ((V_k - V_m) / (W_{\text{дв}} - W_m))^2, \quad (4.10)$$

где  $J_{\Sigma \text{пер.п.}}$  – момент инерции при переходе пустой кабины, кг·м<sup>2</sup>;

$J_{\text{дв}}$  – момент инерции двигателя, кг·м<sup>2</sup>;

$m_2$  – масса пустой кабины на остановках, Н;

$V_k$  – скорость движения кабины, м/с;

$W_{\text{дв}}$  – угловая скорость двигателя, рад/с;

$V_m$  – малая скорость движения кабины, м/с;

$W_m$  – малая угловая скорость двигателя, рад/с;

$$J_{\Sigma \text{пер.п.}} = 0,048 + 196,7 \cdot ((1 - 0,22) / (92,4 - 20,1))^2 = 0,07 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 49   |

Определяем момент инерции на малой скорости и полной загрузке кабины по формуле 4.11:

$$J_{\Sigma M} = J_{дв} + m_1 \cdot (V_M / W_M)^2, \quad (4.11)$$

где  $J_{\Sigma M}$  – момент инерции на малой скорости и полной загрузке кабины, кг·м<sup>2</sup>;

$J_{дв}$  – момент инерции двигателя, кг·м<sup>2</sup>;

$m_1$  – масса загруженной кабины на остановках, Н;

$V_M$  – малая скорость движения кабины, м/с;

$W_M$  – малая угловая скорость двигателя, рад/с;

$$J_{\Sigma M} = 0,048 + 454,4 \cdot (0,22 / 20,1)^2 = 0,1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

Определяем момент инерции на малой скорости при пустой кабине по формуле 4.12:

$$J_{\Sigma M.п.} = J_{дв} + m_2 \cdot (V_M / W_M)^2, \quad (4.12)$$

где  $J_{\Sigma M.п.}$  – момент инерции на малой скорости при пустой кабине, кг·м<sup>2</sup>;

$J_{дв}$  – момент инерции двигателя, кг·м<sup>2</sup>;

$m_2$  – масса загруженной кабины на остановках, Н;

$V_M$  – малая скорость движения кабины, м/с;

$W_M$  – малая угловая скорость двигателя, рад/с;

$$J_{\Sigma M.п.} = 0,048 + 196,7 \cdot (0,22 / 20,1)^2 = 0,07 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

Для построения нагрузочной диаграммы двигателя определим динамические моменты на участках:

1. Пуск;

2. Переход с большей скорости на меньшую;

3. Торможение на малой скорости;

Определяем динамический момент при пуске загруженной кабины по формуле 4.13:

$$M_{дин.п.} = (J_{\Sigma I} \cdot W_{дв}) / t_{п}, \quad (4.13)$$

где  $M_{дин.п.}$  – динамический момент при пуске, Н·м;

$J_{\Sigma I}$  – момент инерции при номинальной загрузке кабины, кг·м<sup>2</sup>;

$W_{дв}$  – угловая скорость двигателя, рад/с;

$t_{п}$  – время пуска двигателя, с;

$$M_{дин.п.} = (0,1 \cdot 92,4) / 1,5 = 6,16 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 50   |

Определяем динамический момент при пуске пустой кабины по формуле 4.14:

$$M_{\text{дин.п.}}' = (J_{\Sigma 2} \cdot \omega_{\text{дв}}) / t_{\text{п}}, \quad (4.14)$$

где  $M_{\text{дин.п.}}'$  – динамический момент при пуске, Н·м;  
 $J_{\Sigma 2}$  – момент инерции при номинальной загрузке кабины, кг·м<sup>2</sup>;  
 $\omega_{\text{дв}}$  – угловая скорость двигателя, рад/с;  
 $t_{\text{п}}$  – время пуска двигателя, с;

$$M_{\text{дин.п.}}' = (0,07 \cdot 92,4) / 1,5 = 4,3 \text{ Н·м};$$

Определяем динамический момент при переходе с большей скорости на меньшую загруженной кабины по формуле 4.15:

$$M_{\text{дин.пер.}} = (-J_{\Sigma \text{пер}} \cdot \omega_{\text{дв.пер.}}) / t_{\text{пер}}, \quad (4.15)$$

где  $M_{\text{дин.пер.}}$  – динамический момент при переходе с большей скорости на меньшую загруженной кабины, Н·м;

$J_{\Sigma \text{пер}}$  – момент инерции при переходе с большей скорости на меньшую, кг·м<sup>2</sup>;

$\omega_{\text{дв.пер.}}$  – угловая скорость двигателя, рад/с;

$t_{\text{пер}}$  – время перехода с большей скорости на меньшую, с;

$$M_{\text{дин.пер.}} = (-0,1 \cdot 72,3) / 0,8 = -9 \text{ Н·м};$$

Определяем динамический момент при переходе с большей скорости на меньшую, пустой кабины, по формуле 4.16:

$$M_{\text{дин.пер.}}' = (-J_{\Sigma \text{пер.п.}} \cdot \omega_{\text{дв.пер.}}) / t_{\text{пер}}, \quad (4.16)$$

где  $M_{\text{дин.пер.}}'$  – динамический момент при переходе с большей скорости на меньшую загруженной кабины, Н·м;

$J_{\Sigma \text{пер.п.}}$  – момент инерции при переходе с большей скорости на меньшую пустой кабины, кг·м<sup>2</sup>;

$\omega_{\text{дв.пер.}}$  – угловая скорость двигателя, рад/с;

$t_{\text{пер}}$  – время перехода с большей скорости на меньшую, с;

$$M_{\text{дин.пер.}}' = (-0,07 \cdot 72,3) / 0,8 = -6,3 \text{ Н·м};$$

Определяем динамический момент при торможении на малой скорости загруженной кабины по формуле 4.17:

$$M_{\text{дин.т.}} = (-J_{\Sigma \text{м}} \cdot \omega_{\text{м}}) / t_{\text{т.м.}}, \quad (4.17)$$

|      |      |             |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |             |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |             |         |      |                            |  |  |  | 51   |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ |  |  |  |      |

где  $M_{\text{дин.т.}}$  – динамический момент при торможении, Н·м;  
 $J_{\Sigma\text{м}}$  – момент инерции при переходе с большей скорости на меньшую  
загруженной кабины, кг·м<sup>2</sup>;  
 $\omega_{\text{м}}$  – малая угловая скорость двигателя, рад/с;  
 $t_{\text{т.м.}}$  – время торможения, с;

$$M_{\text{дин.т.}} = (-0,1 \cdot 20,1) / 0,08 = -25 \text{ Н·м};$$

Определяем динамический момент при торможении на малой скорости  
пустой кабины по формуле 4.18:

$$M_{\text{дин.т.}}' = (-J_{\Sigma\text{м.п.}} \cdot \omega_{\text{м}}) / t_{\text{т.м.}}, \quad (4.18)$$

где  $M_{\text{дин.т.}}'$  – динамический момент при торможении, Н·м;  
 $J_{\Sigma\text{м.п.}}$  – момент инерции при переходе с большей скорости на меньшую  
пустой кабины, кг·м<sup>2</sup>;  
 $\omega_{\text{м}}$  – малая угловая скорость двигателя, рад/с;  
 $t_{\text{т.м.}}$  – время торможения, с;

$$M_{\text{дин.т.}}' = (-0,07 \cdot 20,1) / 0,08 = -17,6 \text{ Н·м};$$

Теперь определяем моменты двигателя на этих участках в двух случаях:

1. Когда кабина загружена полностью и движется вверх;
2. Когда кабина пустая и движется вниз;

Определяем момент на валу двигателя при подъеме загруженной кабины:

1. При пуске:

$$M_1 = M_{\text{ст1}} + M_{\text{дин.п.}}, \quad (4.19)$$

где  $M_1$  – момент на валу двигателя при пуске и полностью загруженной  
кабине, Н·м;

$M_{\text{дин.п.}}$  – динамический момент при пуске, Н·м;  
 $M_{\text{ст1}}$  – статический момент на валу двигателя, Н·м;

$$M_1 = 64,3 + 6,16 = 70,5 \text{ Н·м};$$

2. При переходе с большей скорости на меньшую:

$$M_2 = M_{\text{ст1}} + M_{\text{дин.пер.}}, \quad (4.20)$$

где  $M_2$  – момент на валу двигателя при переходе с большей скорости на  
меньшую, Н·м;

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 52   |

$M_{\text{дин.пер.}}$  – динамический момент при переходе с большей скорости на меньшую, Н·м;

$M_{\text{ст1}}$  – статический момент на валу двигателя, Н·м;

$$M_2 = 64,3 - 9 = 55,3 \text{ Н·м};$$

3. При торможении на малой скорости

$$M_3 = M_{\text{ст1}} + M_{\text{дин.т.}}, \quad (4.21)$$

где  $M_3$  – момент на валу двигателя при торможении на малой скорости, Н·м;

$M_{\text{дин.т.}}$  – динамический момент при торможении на малой скорости, Н·м;

$M_{\text{ст1}}$  – статический момент на валу двигателя, Н·м;

$$M_3 = 64,3 - 25 = 39,3 \text{ Н·м};$$

Определяем момент на валу двигателя при спуске пустой кабины:

1. При пуске:

$$M_1' = M_{\text{ст2}} + M_{\text{дин. п.'}}, \quad (4.22)$$

где  $M_1'$  – момент на валу двигателя при пуске пустой кабины, Н·м;

$M_{\text{дин. п.'}}$  – динамический момент при пуске, Н·м;

$M_{\text{ст2}}$  – статический момент на валу двигателя, Н·м;

$$M_1' = 28 + 4,3 = 32,3 \text{ Н·м};$$

2. При переходе с большей скорости на меньшую:

$$M_2' = M_{\text{ст2}} + M_{\text{дин.пер.'}}, \quad (4.23)$$

где  $M_2'$  – момент на валу двигателя при переходе с большей скорости на меньшую, Н·м;

$M_{\text{дин.пер.'}}$  – динамический момент при переходе с большей скорости на меньшую, Н·м;

$M_{\text{ст2}}$  – статический момент на валу двигателя, Н·м;

$$M_2' = 28 - 6,3 = 21,7 \text{ Н·м};$$

3. При торможении на малой скорости:

$$M_3' = M_{\text{ст2}} + M_{\text{дин.т.}}, \quad (4.24)$$

|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|-------------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  | Лист |
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  | 53   |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |  |  |  |  |  |      |

13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ



где  $M_3'$  – момент на валу двигателя при торможении на малой скорости, Н·м;

$M_{\text{дин.т.}}$  – динамический момент при торможении на малой скорости, Н·м;

$M_{\text{ст2}}$  – статический момент на валу двигателя, Н·м;

$$M_3' = 28 - 17,6 = 10,4 \text{ Н·м};$$

#### 4.2 Построение нагрузочной диаграммы

Теперь можно построить нагрузочные диаграммы работы двигателя лифта при подъеме загруженной кабины (рисунок 4.2) и при спуске пустой кабины (рисунок 4.3). Для этого используем ранее полученные моменты и времена.

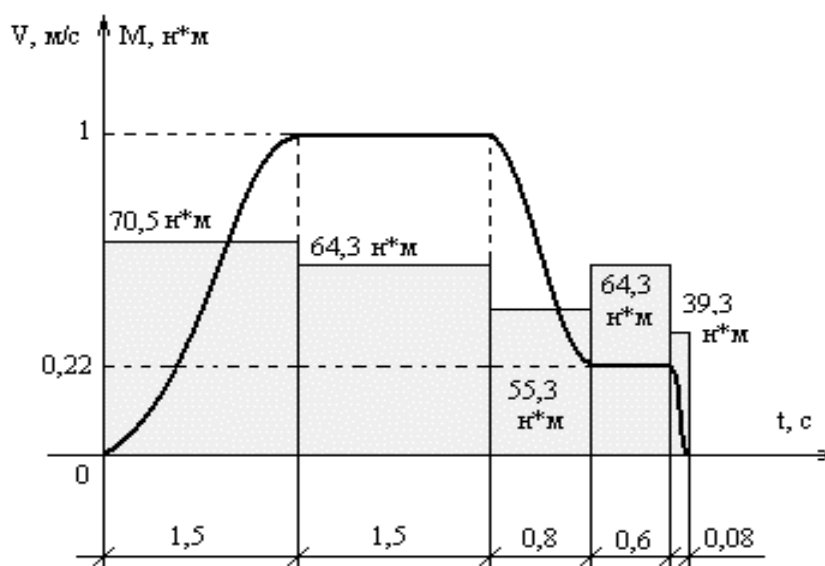


Рисунок 4.2 – Нагрузочная диаграмма работы двигателя при подъеме загруженной кабины и тахограмма ее движения

|      |      |             |         |      |
|------|------|-------------|---------|------|
|      |      |             |         |      |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |

13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ

Лист

54

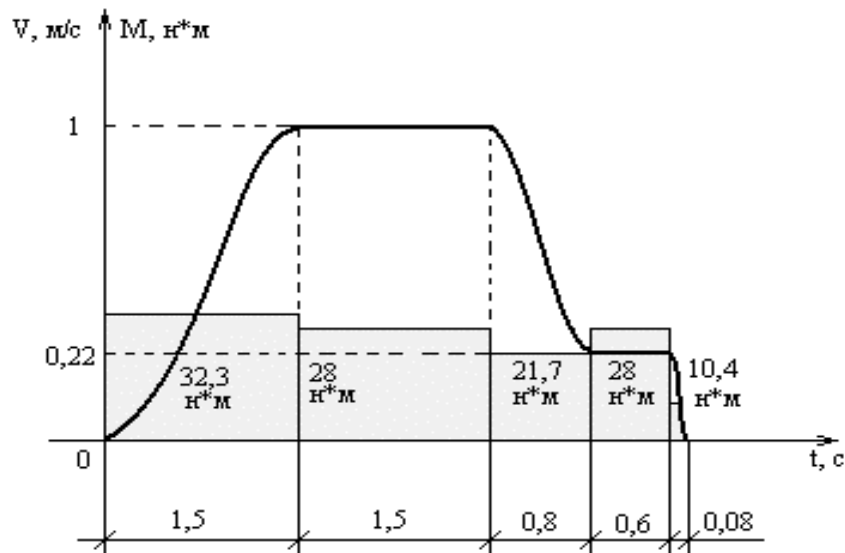


Рисунок 4.3 –Нагрузочная диаграмма работы двигателя при спуске пустой кабины и тахограмма ее движения

Проверка двигателя по пуску и по нагреву:  
Условие выбора двигателя по пуску

$$M_1 \leq M_{\text{макс}},$$

где  $M_1$ – максимальный момент, возникающий на валу двигателя при пуске, Н·м;

$M_{\text{макс}}$ – максимальный момент двигателя, Н·м;

$$70,5 < 110.$$

Двигатель проверку по пуску прошел. Теперь проверяем двигатель по нагреву.

Условие выбора двигателя по нагреву:

$$M_{\text{ЭКВ}}' < M_{\text{НОМ}};$$

$$M_{\text{ЭКВ}}' = \sqrt{\frac{(70,5^2 + 32,3^2) * 1,5 + (64,3^2 + 28^2) * 1,5 + (55,3^2 + 21,7^2) * 0,8 + (64,3^2 + 28^2) * 0,6 + (39,3^2 + 10,4^2) * 0,08}{2 * 4,48}} * \sqrt{\frac{32,3}{40}} = 45 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$$45 < 55.$$

Двигатель проверку по нагреву прошел.

### 4.3 Выбор преобразователя частоты

Из каталога выбираем преобразователь частоты ПЧ, мощность которого равна или больше номинальной мощности двигателя.

Выбираем ПЧ типа *ATV58HU90N4S309*, его параметры представлены в таблице 4.2, а его внешний вид показан на рисунке 4.4.

Таблица 4.2 – Параметры ПЧ

| Тип             | Сеть |     |            |                    |      | Двигатель | Преобразователь |                 |                 |       |
|-----------------|------|-----|------------|--------------------|------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|
|                 | Упит | Лин | Имакс к.з. | Мощность двигателя |      |           | Ином            | Макс.перех. ток | Потери мощности | Масса |
|                 |      |     |            | кВт                | л.с. |           |                 |                 |                 |       |
| ATV58HU90N4S309 | 380  | 17  | 5          | 5,5                | 7,7  | 13        | 17,7            | 200             | 6,9             |       |

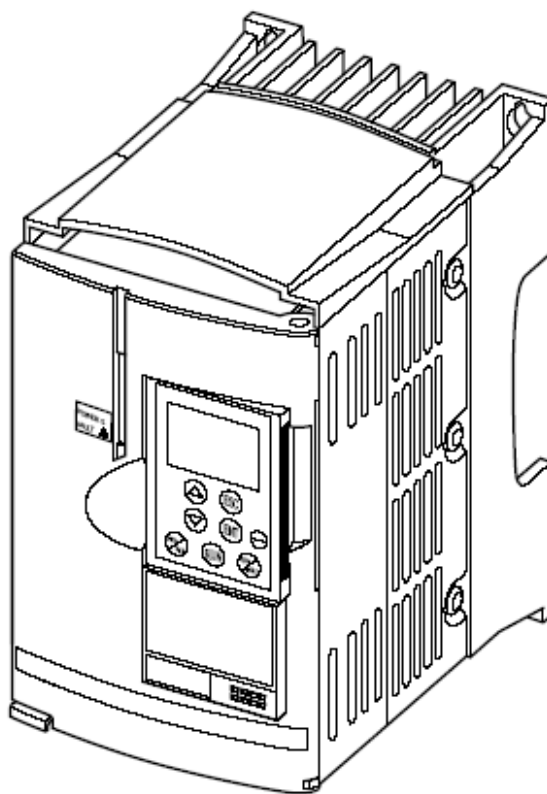


Рисунок 4.4 – Внешний вид ПЧ

Схема подключения ПЧ к двигателю показана на рисунке 4.5.

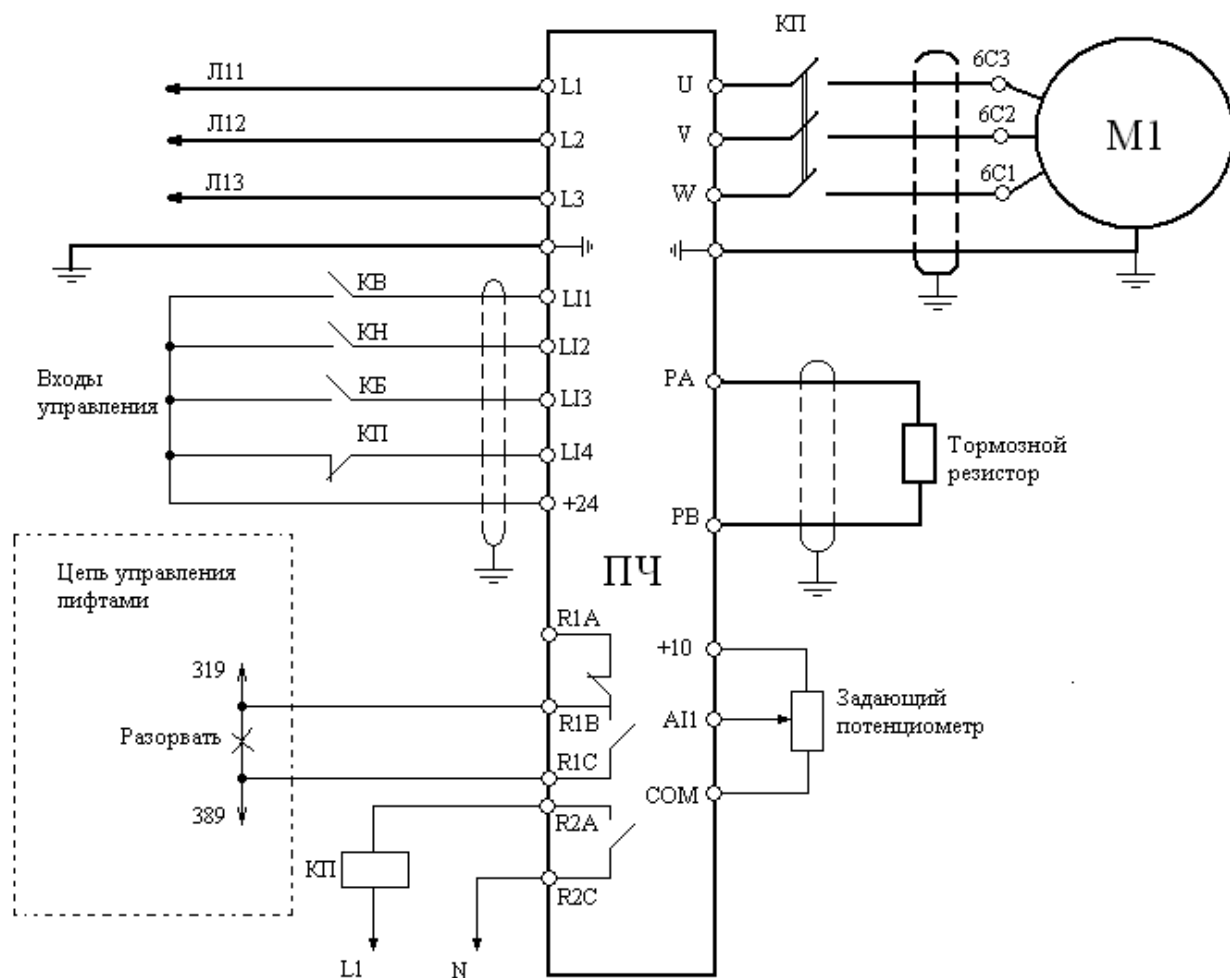


Рисунок 4.5 – Схема подключения ПЧ к сети и к двигателю

СИЛОВЫЕ КЛЕММЫ:

Расположение клемм

|   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |
|---|----|----|----|----|----|---|---|---|---|
| ⊥ | L1 | L2 | L3 | PA | PB | U | V | W | ⊥ |
|---|----|----|----|----|----|---|---|---|---|

|      |      |             |         |      |
|------|------|-------------|---------|------|
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |
|------|------|-------------|---------|------|

13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ

Лист

57

Таблица 4.3 – Назначение клемм силовых цепей

| Клеммы         | Назначение              | Для ПЧ ATV58  |
|----------------|-------------------------|---------------|
| ⊥              | Клемма заземления ПЧ    | Все типы      |
| L1<br>L2<br>L3 | Силовое питание         | Все типы      |
| +<br>-         | Звено постоянного тока  | D28N4 - D79N4 |
| PA<br>PB       | Тормозное сопротивление | Все типы      |
| U<br>V<br>W    | Подключение двигателя   | Все типы      |
| ⊥              | Клемма заземления ПЧ    | Все типы      |

Доступ к звену постоянного тока: подключение внешнего источника питания постоянного тока.

Для ПЧ *ATV58HU90N4S309*, нужно подключить «+» источника к клемме PA и «-» к наконечнику J16, расположенному со стороны силового клеммника.

Клеммы цепей управления:

**Расположение клемм:**

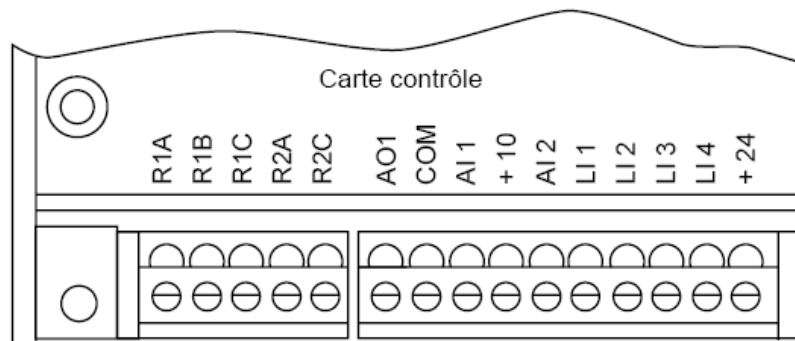


Таблица 4.4 - Назначение клемм цепей управления

| Клемма                   | Назначение                                                      | Электрические характеристики                                                                                                                         |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| R1A<br>R1B<br>R1C        | Переключающий контакт с общей точкой (R1C) реле безопасности R1 | Минимальная коммутационная способность:<br>• 10 мА для 24 В перем. тока<br>• 10 мА для 24 В пост. тока                                               |
| R2A<br>R2C               | НО контакт программируемого реле R2                             | Макс. коммутационная способность при индуктивной нагрузке<br>(COS φ 0,4 и L/R 7 мс):<br>• 1,5 А для 250 В перем. и 30 В пост. тока                   |
| AO1                      | Аналоговый выход по току                                        | Аналоговый выход по току X-Y мА, где X и Y могут программироваться<br>Заводская настройка 0 - 20 мА<br>Полное сопротивление 500 Ом                   |
| COM                      | Общая клемма для дискретных и аналоговых входов                 |                                                                                                                                                      |
| A11                      | Аналоговый вход по напряжению                                   | Аналоговый вход 0 + 10 В<br>Полное сопротивление 30 кОм                                                                                              |
| +10                      | Питание для задающего потенциометра от 1 до 10 кОм              | +10 В (- 0, + 10%) 10 мА макс.<br>с защитой от к.з. и перегрузок                                                                                     |
| A12                      | Аналоговый вход по току                                         | Аналоговый вход по току X-Y мА, где X и Y могут программироваться<br>Заводская настройка 4 - 20 мА<br>Полное сопротивление 100 Ом                    |
| LI1<br>LI2<br>LI3<br>LI4 | Дискретные входы                                                | Программируемые дискретные входы<br>Полное сопротивление 3,5 кОм<br>Питание + 24 В (макс. 30 В)<br>Состояние 0, если < 5 В, состояние 1, если > 11 В |
| + 24                     | Питание входов                                                  | + 24 В с защитой от к.з. и перегрузок<br>минимум 18 В, максимум 30 В<br>Максимальный ток 200 мА                                                      |

Применение преобразователя частоты (ПЧ), подключаемого к высокоскоростной обмотке двигателя, обеспечивает перемещение кабины лифта с повышенной (рабочей) и пониженной (дотягивания) скоростями, а также со скоростью ревизии. Движение осуществляется с плавными пусками и торможениями при ограниченных рывках и ускорениях, и высоком уровне комфорта проезда в кабине лифта.

Цикл работы главного привода лифта в нормальном режиме следующий. В исходном состоянии кабина лифта неподвижна. При необходимости передвижения с устройства управления на ПЧ поступает сигнал задания направления движения, а замыканием контактов пускателя обмотка двигателя подключается к преобразователю. С контактов встроенного в ПЧ реле на устройство управления приходит сигнал о готовности ПЧ к работе. На двигатель подается напряжение, необходимое для создания момента удержания. После нарастания тока в обмотках двигателя до величины, обеспечивающей момент удержания, на устройство управления через замкнутые контакты другого встроенного в ПЧ реле поступает соответствующий сигнал. После этого, по командам с устройства управления, снимается механический тормоз, а на ПЧ поступает сигнал задания уровня

рабочей (повышенной) скорости. После получения этого сигнала ПЧ формирует на обмотке двигателя напряжение таким образом, что при этом обеспечивается плавный пуск кабины лифта с требуемыми ускорениями и рывками до рабочей скорости. После наезда на датчик замедления с устройства управления на ПЧ поступает сигнал задания пониженной скорости. ПЧ формирует напряжение, обеспечивающее плавное торможение до скорости дотягивания. Лифт продолжает движение с пониженной скоростью до наезда на датчик точной остановки, после чего по команде с устройства управления ПЧ формирует напряжение, обеспечивающее окончательное затормаживание и удержание. После остановки двигателя с ПЧ на устройство управления подается сигнал об окончании движения, по поступлению которого накладывается механический тормоз, двигатель отключается от ПЧ, а все командные сигналы с ПЧ снимаются. Цикл работы главного привода при этом закончен.

Низкоскоростная обмотка применяемого двухскоростного двигателя используется при монтажных и ремонтных работах, а также при выходе из строя ПЧ. При этом ее питание может осуществляться через дополнительные коммутирующие устройства.

Использование ПЧ дает следующие преимущества

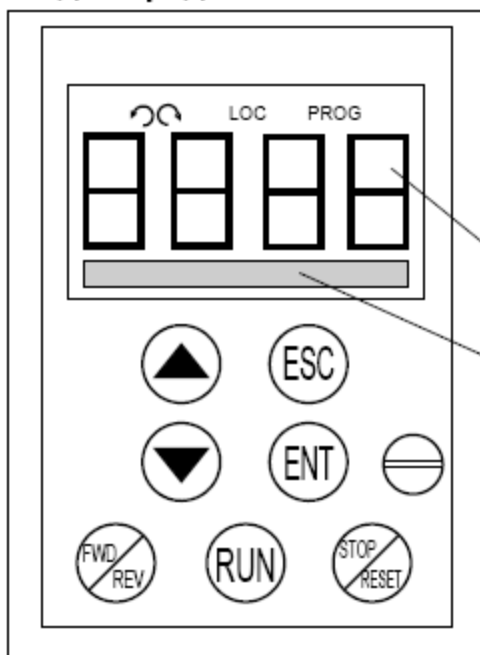
- увеличенный диапазон регулирования скорости, что улучшает точность остановки,
- более высокую точность поддержания скорости лифта, независимо от загрузки кабины, обеспечивающую повышенную производительность и снижение времени проезда,
- ограниченные пусковые токи двигателя, что уменьшает расход электроэнергии, снижает нагрев и увеличивает срок службы изоляции,
- не требуется использование дополнительных маховиков, что также снижает расход электроэнергии и уменьшает нагрев;
- снятие и наложение механического тормоза происходит при полностью остановленном роторе двигателя, что снижает износ колодок тормоза и повышает надежность его работы

Программирование ПЧ является одним из важнейших этапов при модернизации электропривода. От правильного программирования зависят: точность остановки, механические характеристики и экономические показатели привода.

Программирование ПЧ осуществляется с помощью рабочего терминала. Его внешний вид показан на рисунке 4.6 (а,б).

|      |      |             |         |      |  |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|--|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      |  | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |  |                            | 60   |



### Вид спереди



4-х символьный индикатор:  
отображение числовых значений и  
кодов.  
Шестнадцатисимвольная строка:  
отображение текстовых сообщений.

Рисунок 4.6а – Внешний вид рабочего терминала спереди

#### Использование кнопок и смысл сообщений

  Мигающая сигнализация: указывает выбранное направление вращения.

Фиксированная сигнализация: указывает направление вращения двигателя.


LOC – Означает режим управления с терминала.


PROG – Возникает в режиме ввода в эксплуатацию и программирования.


Мигающая сигнализация:


означает не сохраненное изменение значения.

  Прокрутка меню или параметров и настройка значений.

 Возврат к предыдущему пункту меню или отказ от текущей настройки и возврат к начальному значению.

 Выбор пункта меню, подтверждение выбора или настройки с сохранением.

 Изменение направления вращения.

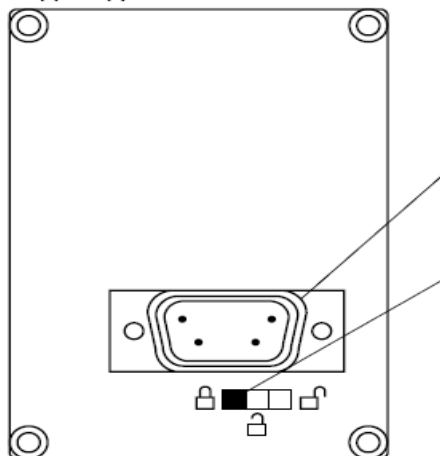
 Команда пуска двигателя.





Команда остановки двигателя или сброса неисправности.  
Функция STOP кнопки может быть запрещена программно.

Вид сзади



Разъем:

- для прямого подключения терминала к преобразователю;
- для использования на расстоянии терминал может подключаться кабелем, поставляемым в комплекте.

Рисунок 4.6 б – Внешний вид рабочего терминала сзади

Переключатель блокировки доступа:

- положение : Настройка и конфигурация невозможны.
- положение : Настройка возможна.
- положение : Настройка и конфигурация возможны.

Перед тем, как подключить преобразователь к сети и использовать терминал:

Нужно разблокировать и открыть дверцу, чтобы доступ к переключателю 50/60 Гц карты управления был свободен. Установить переключатель в положение 50Гц (см. рисунок 4.7).

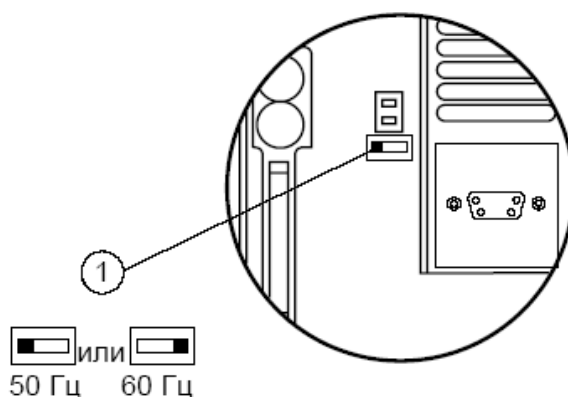


Рисунок 4.7– Расположение переключателя 50/60 Гц

Доступ к параметрам преобразователя частоты и их корректировка осуществляется путем использования кнопок «Стрелка вверх», «Стрелка вниз», «Ent», «Esc».

Корректировка параметра осуществляется следующим образом:

|      |      |             |         |      |  |  |  |  |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|--|--|--|--|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |                            | Лист |
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |                            |      |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |  |  |  |  | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | 62   |

- при помощи клавиш со стрелкой осуществляется «пролистывание» для нахождения нужного меню;
- вход в меню осуществляется нажатием кнопки «Ent»;
- в выбранном меню при помощи кнопок со стрелкой осуществляется «пролистывание» параметров для нахождения нужного параметра;
- доступ к значению параметра осуществляется нажатием кнопки «Ent»;
- выбор требуемого значения параметра происходит при помощи кнопок со стрелкой. В случае, если параметр имеет не числовое, а функциональное значение, (например, назначение логического входа) его значение отображается в виде надписи на нижней строке дисплея;
- подтверждение выбранного параметра осуществляется нажатием кнопки «Ent»;
- возврат в предыдущее меню происходит при помощи кнопки «Esc».

При первом включении ПЧ, появится меню «выбор языка». Выбираем английский язык (русского нет). Для этого нажимаем на кнопку ENT, далее с помощью вертикальных стрелок выбираем нужный язык, для подтверждения выбора языка нажимаем ENT.

Для ввода параметров двигателя, нужно зайти в меню «привод», выбрать вертикальными стрелками параметр, задать его значение и сохранить.

Str – выбор типа управления: векторное (разомкнутое) или замкнутое.

Выбираем векторное управление. Для этого выбираем значение «SVC» и сохраняем.

UnS –Номинальное напряжение двигателя, приведенное на заводской табличке. С помощью вертикальных стрелок выставляем значение «380» и сохраняем, нажав на кнопку ENT.

FrS –Номинальная частота напряжения питания двигателя, приведенная на заводской табличке. Выставляем значение «50» и сохраняем.

nCr–Номинальный ток двигателя, приведенный на заводской табличке. Выставляем значение «1.00 In» и сохраняем.

In соответствует номинальному току преобразователя.

nSP –Номинальная частота вращения двигателя, приведенная на заводской табличке. Выставляем значение «960» и сохраняем.

COS –Cos Phi двигателя, приведенный на заводской табличке. Выставляем значение «0,8» и сохраняем.

tUn–Позволяет произвести автоподстройку управления двигателем после установки данного параметра на «YES». По завершению автоподстройки параметр автоматически переключается на «DONE» или на «no» в случае неисправности. Выбираем значение «YES» и сохраняем.

tFr –Максимальная выходная частота. Выставляем значение «46» и сохраняем.

Stt –Способ остановки: По команде остановки активизируется выбранный способ до достижения порогового значения

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 63   |

FFt – (Настроечное меню). Ниже этой уставки осуществляется остановка на выбеге.

STN: С заданным темпом

FST: Быстрая остановка

NST: Остановка на выбеге

DCI: Динамическое торможение

Параметры появляются в зависимости от настройки другого параметра или наличия дополнительной карты. Выбираем значение «STN» и сохраняем.

Для настройки параметров разгона и замедления, с помощью кнопок в виде вертикальных стрелок находим меню «лифт», нажимаем на ENT и заходим в него. Далее выбираем те параметры, значения которых нужно изменить.

ACC –Время разгона. Определяется для разгона двигателя от нулевой до ном. частоты (FrS). Выбираем значение «1,50 с» и сохраняем.

dEC –Время замедления. Определяется для торможения двигателя от номинальной (FrS) до нулевой частоты. Выбираем значение «1,00 с» и сохраняем.

HSP –Верхняя скорость. Выбираем значение «tFr» и сохраняем.

FLG –Контур регулирования частоты: позволяет адаптировать скорость протекания переходных процессов в зависимости от кинематики механизма.

Для механизмов с большим моментом сопротивления нагрузки или значительным моментом инерции с быстрым циклом увеличивайте постепенно коэффициент. По умолчанию значение «20».

StA – Позволяет адаптировать достижение установившегося режима после переходного процесса по скорости в зависимости от кинематики механизма. Увеличивайте постепенно устойчивость для уменьшения перерегулирования по скорости. По умолчанию значение «20».

SP2 –2-я заданная скорость. Выставляем значение «10 Hz» и сохраняем.

dbS –Выдержка времени установления тока при замыкании контакторов двигателя.

- Если нет входа LI, назначенного на "о.с. контактора" (Lix = RCA), то это время соответствует запаздыванию при установлении тока в двигателе. Если этот параметр назначен на слишком малое значение или на поп и на выходе преобразователя используются контакторы, то ПЧ может заблокироваться по неисправности "OPF".

- Если LI назначен на "о.с. контактора", то возможны два случая:

- dbS  $\neq$  поп, это время соответствует максимальной выдержке, настроенной т.о., чтобы видеть переход этого LI в 0. Если LI не перешел в 0, то по истечении этого времени ПЧ заблокируется по неисправности "FCA", сбрасываемой при снятии команды пуска.

- dbS = поп, ПЧ ожидает неопределенное время перехода в 0 входа LI, назначенного на RCA, прежде чем запустить двигатель. После срабатывания изменение состояния дискретного входа не влияет на привод, т.е. контроль состояния контакторов не активен. Выставляем значение «0,2» и сохраняем.

trC–Время отключения и/или контроля контакторов двигателя.

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 64   |

Выставляем значение «0,2» и сохраняем.

USC – Коэффициент, используемый с параметром rFr (выходная частота напряжения, прикладываемого к двигателю), позволяющий отображать скорость механизма с помощью параметра USP в меню контроля.

$USP = rFr \times USC$ . Выставляем значение «0,022» и сохраняем.

r2 –Позволяет выбрать функции, назначенные на релейный выход в соответствии с перечнем, который меняется в зависимости от назначения параметра «USr» . Выбираем значение «ОСС» и сохраняем.

USr –Позволяет выбрать уровень доступа.

Standard: доступны наиболее часто используемые функции для применений и пользователь получает подсказки для настройки некоторых параметров.

Expert: нет запрета по доступу к функциям и подсказкам

Выбираем значение «Expert» и сохраняем.

Для того, чтобы назначить на входы управления функции, надо выбрать тип управления. Тип управления выбираем в меню «управление», назначение дискретных входов выбираем в меню «назначение входов-выходов». В связи с особенностями схемы управления лифтом, выбираем двухпроводное управление. На рисунке 12 показан принцип работы двухпроводного управления.

tCC – Конфигурирование типа управления через клеммник: 2-х или 3-х проводное. выбираем значение «2W» и сохраняем.

LI1 – с помощью вертикальных стрелок выбираем значение «FW» и сохраняем.

LI2 – с помощью вертикальных стрелок выбираем значение «RV» и сохраняем.

LI3– с помощью вертикальных стрелок выбираем значение «PS2» и сохраняем.

LI4 – с помощью вертикальных стрелок выбираем значение «RCA» и сохраняем.

|      |      |             |         |      |  |  |  |  |      |
|------|------|-------------|---------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |             |         |      |  |  |  |  | Лист |
|      |      |             |         |      |  |  |  |  | 65   |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |  |  |  |  |      |

13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ

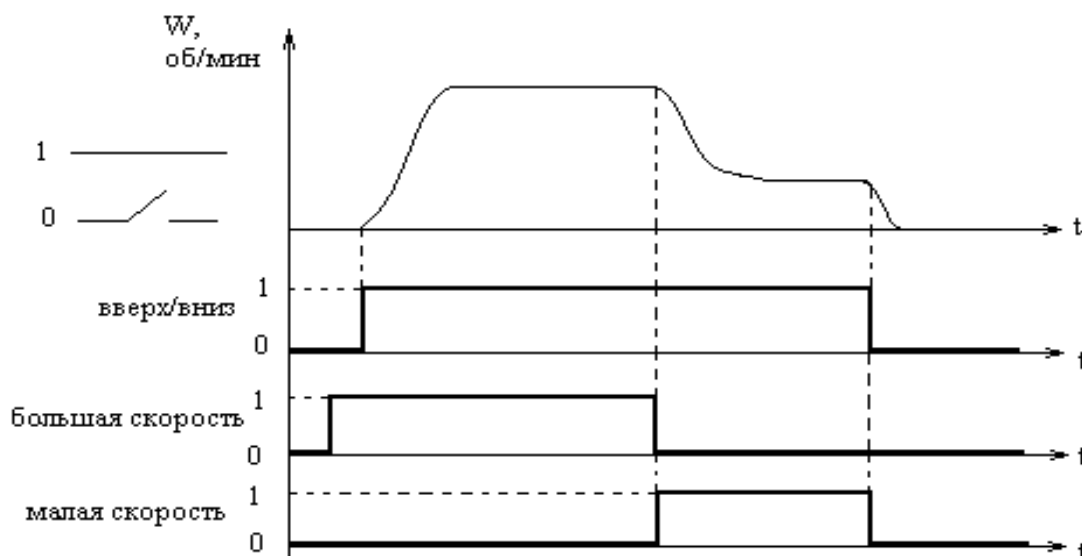


Рисунок 4.8-Временная диаграмма работы контактов управления

Меню «Котроль» доступно только для чтения, оно отображает все основные параметры двигателя в реальном времени.

Различают следующие типы систем управления ППЧ: скалярного и векторного управления.

Системы скалярного управления являются более простыми и относительно дешевыми. Они характеризуются небольшим диапазоном регулирования скорости (от 1:5 до 1:10), относительно низкими точностью и качеством регулирования;

Скалярное управление является простейшим вариантом реализации частотно-регулируемого асинхронного электропривода. Несмотря на низкие показатели качества и точности регулирования преобразователи со скалярным управлением во многих случаях полностью удовлетворяют требованиям, предъявляемым к электроприводу. Это, в первую очередь, относится к электроприводам турбомеханизмов, требования к которым невысокие. За счет несложной системы управления, т. е. применения простого контроллера, отсутствия датчиков на валу двигателя ППЧ со скалярным управлением пользуются спросом и успешно конкурируют с дорогими многофункциональными преобразователями.

Системы векторного управления могут быть с обратной связью по скорости и без нее. Они являются наиболее быстродействующими и качественными и обеспечивают диапазон регулирования скорости 1:1000 и более.

Их недостаток заключается в необходимости использования встроенного в двигатель или пристроенного датчика скорости.

Для создания высококачественных асинхронных приводов используется векторное управление. В отличие от скалярного управления в нем используется векторное представление регулируемых величин, т.е. в системе управления помимо абсолютных значений токов и потокосцеплений используется их угловое положение в выбранной системе координат. В подавляющем большинстве современных высококачественных асинхронных электроприводов используется

принцип ориентации поля, при котором регулирование происходит в системе координат, жестко связанной с одной из векторных величин. Как правило, в качестве базового вектора используется потокосцепление ротора, с которым совмещается. Одна из осей вращающейся системы координат. Запись величин в системе координат позволяет разделить каналы управления потоком и моментом, причем значения этих величин определяются независимо двумя составляющими тока статора, соответствующими проекциям вектора тока на оси вращающейся системы; координат. Переход к новой системе координат позволяет провести аналогию с двигателем постоянного тока с независимым возбуждением.

Система управления в этом случае является классической системой подчиненного регулирования, в которой контуры токовых составляющих являются внутренними по отношению к контурам регулирования потока и момента.

Векторное управление ПЧ заключается в одновременном управлении моментом и потоком двигателя. Для того чтобы управлять моментом и потоком в асинхронном двигателе, ток статора должен управляться по амплитуде и фазе, т.е. величину вектора. Для того чтобы управлять фазой относительно ротора, его положение должно быть известно. Следовательно, для полного векторного управления должен использоваться датчик скорости, для того чтобы сообщить преобразователю положение ротора.

Для многих применений не требуется, и не могут быть оправданы дополнительные расходы на датчик скорости. В этом случае применяется программный алгоритм с математически моделированием основных свойства двигателя должен точно вычислить положение и скорость ротора. Для этого преобразователь должен:

- Очень точно контролировать выходное напряжение и ток.
- Вычислить параметры двигателя (Сопротивление ротора и статора, индуктивность утечки и т.д).
- Иметь точную модель тепловых характеристик двигателя.
- Адаптировать параметры двигателя для его условий работы.
- Иметь возможность очень быстро выполнять математические вычисления. Это стало возможным при использовании, разработанной фирмой, пользовательской ASIC;
- Иметь быстрый процессор с плавающей точкой ( $F^2P^2$ ).

Это было достигнуто при использовании быстрого процессора с плавающей точкой, выполняющего миллионы вычислений в секунду, что требуется для достижения строгих критериев работы. В результате, производимый момент увеличен до 150 % или более при 0.5Гц и более 200 % при 2,5Гц, и с помощью тепловой модели адаптации двигателя, работа поддерживается во всем диапазоне температур.

Векторное управление позволяет:

- развивать высокий момент на низких оборотах;
- задавать двигателю очень большое ускорение;

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 67   |

- осуществить подхват двигателя при кратковременном пропадании питающего напряжения без опрокидывания инвертора;
- осуществлять пропуск нежелательных для механизма скоростей (например, связанных с механическими проблемами резонанса).

Векторное управление позволяет управлять работой высоко-динамичных систем, требующих очень высоких показателей качества регулирования; механизмов с высокими требованиями к моменту, как при пуске, так и при торможении, высоко-инерциальных механизмов (кранов, станков, лифтов). Система управления в целом функционирует по принципу регулирования по отклонению. Задатчик интенсивности формирует требуемую скорость нарастания или спада задающего сигнала, тем самым задается время пуска и торможения электропривода. Сигнал обратной связи по скорости формируется блоком математической модели двигателя, которая вычисляет фактическое значение скорости за счет измерения тока и напряжения в обмотках двигателя. При подаче на вход системы задающего сигнала скорости он сравнивается с сигналом обратной связи по скорости с выхода блока математической модели двигателя. При несоответствии скорости заданному значению сигнал ошибки поступает на вход пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора скорости (ПИД-регулятора), который осуществляет пропорциональное преобразование сигнала и суммирование его с предыдущим значением сигнала ошибки. За счет параллельной связи по дифференцирующей составляющей скорости создается упреждающее действие регулятора на скорость нарастания сигнала ошибки. Управляющий сигнал с выхода регулятора подается далее на блок вычисления момента и тока. Система осуществляет обеспечение тока статора в зависимости от сигнала ошибки по скорости. И обеспечивает по отдельному каналу ограничение максимальных пусковых токов двигателя в соответствии с заданием стартового тока  $I_{start}$ . В соответствии с выходным сигналом ПИД-регулятора этого канала осуществляется коррекция выходного сигнала преобразователя координат, задающих напряжение статора АСД.

При этом в системе имеется блок настройки регулирования соотношения напряжения к частоте с переключателем. При регулировании частоты вверх от номинала  $f > f_s$  установка частоты осуществляется в зависимости от фактической скорости. При этом значение напряжения на обмотках остается номинальным.

При регулировании частоты вниз от промышленной  $f < f_s$  установка напряжения осуществляется с коррекцией сигнала по фактической скорости и частоте  $f_{slip}$  при постоянном контроле нагрузки. При этом значение напряжения на обмотках регулируется вниз от номинала, в зависимости от значения частоты, с целью регулировки перегрузочной способности двигателя и предотвращения перенасыщения магнитной системы машины. С помощью этих каналов обеспечивается настройка привода на необходимую нагрузку.

Подчиненное регулирование координат заключается в подчинении контура регулирования тока контуру регулирования скорости.

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 68   |

В середине 1980-х гг., когда предполагалось, что векторное управление станет стандартом в создании систем управления, появились новые исследования, которые не использовали идею преобразования координат и аналогии с двигателем постоянного тока. В отличие от векторного способа управления, при котором поток и момент управляются воздействием на две токовые составляющие, новом способе эти величины регулируются непосредственно, в то время как токи и напряжения – косвенно. Основная идея заключается в отказе от привычного широтно-импульсного модулятора и выборе такого состояния инвертора, которое вызывает изменение потока и момента в нужную сторону. Этот метод получил (название прямого управления моментом и потоком, или прямое управление моментом). В данном способе управления используются принципы релейного (гистерезисного) управления

Все ППЧ дополнительно могут иметь встроенный пропорциональный интегрально-дифференциальный регулятор (ПИД-регулятор) для формирования контура регулирования технологического параметра, аналоговые и частотные входы и выходы, дискретные и релейные входы и выходы для управления вспомогательным оборудованием, стандартные каналы связи для интеграции в систему автоматизации и обмена данными с персональным компьютером. Как правило, имеется встроенный или съемный пульт управления с дисплеем и клавиатурой для наладки, оперативных изменений настроек, сигнализации и диагностики.

|      |      |             |         |      |                            |  |  |  |  |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |             |         |      |                            |  |  |  |  | Лист |
|      |      |             |         |      |                            |  |  |  |  | 69   |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ |  |  |  |  |      |



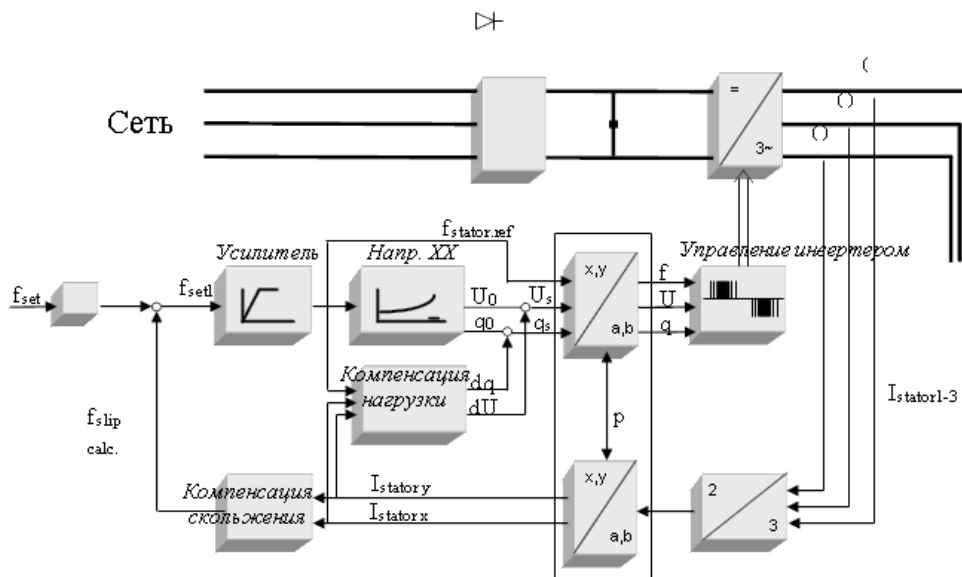


Рисунок 4.9-Управление вектором напряжения (без обратной связи)

#### 4.4 Расчет и выбор кабеля

Поскольку среднее время работы лифта за сутки равно 7-ми часам, то за год время работы лифта не будет превышать 3000 часов, кабель выбираем по нагреву.

В руководстве по подключению ПЧ рекомендуется выбирать экранированный кабель. В качестве экрана можно использовать металлорукав, его следует заземлить.

Надежная работа проводов и кабелей определяется длительной допустимой температурой их нагрева, значение которой зависит от вида изоляции. Учитывая условия надежности, безопасности и экономичности, ПУЭ устанавливают допустимую температуру нагрева в зависимости от материала проводника, изоляции, длительности прохождения тока.

Длительно протекающий по проводнику ток, при котором устанавливается длительно допустимая температура нагрева, называется допустимым током по нагреву. Длительно допустимые токи нагрузки проводов и кабелей указаны в таблицах 6 и 7, при максимальной температуры воздуха 40 °С.

Выбор площади сечения по нагреву длительным током сводится к сравнению силы расчетного тока  $I_p$  с допустимым табличным значением  $I_{доп}$  для провода или кабеля принятых марок и условий их прокладки.

|      |      |             |         |      |
|------|------|-------------|---------|------|
|      |      |             |         |      |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |

Таблица 4.5 – Сечение кабеля при допустимом токе

| Сечение жилы | Ток, А, для проводов, проложенных |                    |                    |                    |                  |                  |
|--------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|
|              | Открыто                           | В одной трубе      |                    |                    |                  |                  |
|              |                                   | 2-х<br>одножильных | 3-<br>ходножильных | 4-х<br>одножильных | Двух-<br>жильный | Трех-<br>жильный |
| 1            | 17                                | 16                 | 15                 | 14                 | 15               | 14               |
| 1,2          | 20                                | 18                 | 16                 | 15                 | 16               | 14,5             |
| 1,5          | 23                                | 19                 | 17                 | 16                 | 18               | 15               |
| 2            | 26                                | 24                 | 22                 | 20                 | 23               | 19               |
| 2,5          | 30                                | 27                 | 25                 | 25                 | 25               | 21               |

При выборе сечения должно выполняться условие:

$$I_p \leq I_{доп},$$

где  $I_p$  – расчетный ток, который равен максимальному току двигателя.

$$I_p = 18,8 \text{ А};$$

$I_{доп}$  – допустимый ток для данного сечения жилы, в зависимости от условий прокладки кабеля.

Выбираем кабель с сечением жилы, равным 2 мм<sup>2</sup>. Условие выбора выполняется, теперь выбираем соответствующий тип кабеля.

Выбираем кабель типа ВВГ-13Х2,5  $I_{доп} = 23 \text{ А}$ ,  $U_n = 0,4 \text{ кВ}$ , длина кабеля  $l = 7 \text{ м}$ .

Таблица 4.6 – Сечение кабеля при допустимом мощности

| Открытая проводка |                  |      |            |                  |      | Сечени<br>е<br>кабеля<br>кв.мм | Закрытая проводка |                  |      |          |                  |      |
|-------------------|------------------|------|------------|------------------|------|--------------------------------|-------------------|------------------|------|----------|------------------|------|
| Медь              |                  |      | Алюминий   |                  |      |                                | Медь              |                  |      | Алюминий |                  |      |
| ток,<br>А         | Мощность,<br>кВт |      | ток<br>, А | Мощность,<br>кВт |      |                                | то<br>к, А        | Мощность,<br>кВт |      | ток,А    | Мощность,<br>кВт |      |
|                   | 320В             | 380В |            | 320В             | 380В | 32<br>0В                       |                   | 38<br>0В         | 320В |          | 380В             |      |
| 117               | 3,7              | 66,4 | --         | --               | --   | 1                              | 114               | 33               | 55,3 | --       | --               | --   |
| 223               | 5                | 88,7 | --         | --               | --   | 1,5                            | 115               | 33,3             | 55,7 | --       | --               | --   |
| 226               | 55,7             | 99,8 | 21         | 4,6              | 7,9  | 2                              | 119               | 44,1             | 77,2 | 114      | 33               | 55,3 |

Провода выбираем по нагреву, сечением 1 мм<sup>2</sup>. Тип провода ВВГ-1 1Х1  $I_{доп} = 14 \text{ А}$ ,  $U_n = 0,4 \text{ кВ}$ . Длина провода  $l_p = 6 \text{ м}$ .

#### 4.5 Выбор коммутационной аппаратуры

Выбор коммутационной аппаратуры предполагает:

- 1) выбор пускателя КП;
- 2) выбор промежуточных реле КМ, КБ, КВ, КН;

Сформируем требования к пускателю:

- 1) Напряжение питания катушки  $U_{пит.}=210 - 250$  В, 50Гц.
- 2) Наличие 1-го нормально замкнутого контакта.
- 3) Номинальный ток контактов больше номинального тока двигателя.

Выбираем пускатель типа ПМЛ – 2110. Его характеристики приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Характеристики пускателя ПМЛ – 2110

| Тип      | Номинальный ток контактов | Номинальное напряжение | Класс защиты | Напряжение катушки | Наличие доп. контакта |
|----------|---------------------------|------------------------|--------------|--------------------|-----------------------|
| ПМЛ-2110 | А                         | кВ                     |              | В                  |                       |
|          | 25                        | До 0,6                 | IP54         | ~220               | 1 нормально замкнутый |

Выбираем промежуточные реле типа РЕП-20с, с увеличенным числом коммутаций. Характеристики реле приведены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Характеристики реле РЕП-20с

| Тип     | Время срабатывания | Номинальное напряжение | Номинальный ток | Напряжение катушки |
|---------|--------------------|------------------------|-----------------|--------------------|
| РЕП-20с | с                  | В                      | А               | В                  |
|         | не более 0.06      | До 220                 | До 1            | 110                |

#### 4.6 Расчет механической характеристики

Механической характеристикой двигателя называется зависимость частоты вращения ротора от момента на валу  $n = f(M_2)$ . Так как при нагрузке момент холостого хода мал, то  $M_2 \approx M$  и механическая характеристика представляется зависимостью  $n = f(M)$ . Если учесть взаимосвязь  $s = (n_1 - n) / n_1$ , то механическую характеристику можно получить, представив ее графическую зависимость в координатах  $n$  и  $M$  (рисунок 4.10).

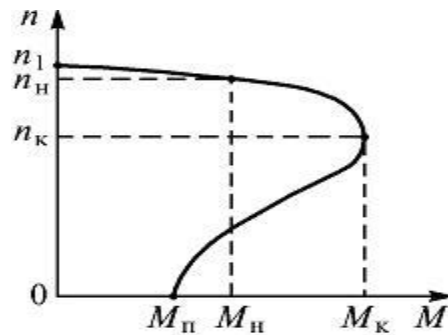


Рисунок 4.10- Механическая характеристика асинхронного двигателя

Естественная механическая характеристика асинхронного двигателя соответствует основной (паспортной) схеме его включения и номинальным параметрам питающего напряжения. Искусственные характеристики получаются, если включены какие-либо дополнительные элементы: резисторы, реакторы, конденсаторы. При питании двигателя не номинальным напряжением характеристики также отличаются от естественной механической характеристики.

Механические характеристики являются очень удобным и полезным инструментом при анализе статических и динамических режимов электропривода.

Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором питается от сети с напряжением = 380 В при = 50 Гц, АИР132S6.

Параметры двигателя:

- $P_H=5,5$  кВт;
- $n_H=960$  об/мин;
- $\cos \varphi=0,8$ ;
- КПД=84,5%;
- $k_m=2,2$ ;
- $f=50$ ;
- $P=3$ .

Определим номинальный момент двигателя,  $M_H$  по формуле 4.24 :

$$M_{\text{НОМ}} = 9550 \cdot \frac{P_{\text{НОМ}}}{n_{\text{НОМ}}}, \quad (4.24)$$

$$M_{\text{НОМ}} = 9550 \cdot \frac{5,5}{960} = 54,71 \sim 55 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Определим критический момент двигателя,  $M_K$ , который равен максимальному моменту :

$$M_K = M_{\text{max}} = k_m \cdot M_{\text{НОМ}}, \quad (4.25)$$

где  $k_m$ -паспортное значение кратности максимального момента.

$$M_K = M_{\text{max}} = 55 \cdot 2,2 = 121 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Определим синхронную скорость поля статора,  $n_1$  :

$$n_1 = \frac{60 \cdot f}{p}, \quad (4.26)$$

$$n_1 = \frac{60 \cdot 50}{3} = 1000.$$

Определим номинальное скольжение двигателя,  $S_H$  :

$$S_H = \frac{n_1 - n_H}{n_1}, \quad (4.27)$$

$$S_H = \frac{1000 - 960}{1000} = 0,04.$$

Определим критическое скольжение двигателя,  $S_k$  :

$$S_k = S_H \cdot (k_m + \sqrt{k_m^2 - 1}), \quad (4.28)$$

$$S_k = 0,04 \cdot (2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1}) = 0,17$$

Для построения характеристики в координатах переходят от скольжения к числу оборотов на основании формулы 4.25:

$$n = n_1 (1 - S_n), \quad (4.29)$$

Скольжением задаются в пределах от 0 до 1

$S_n=0; n_1=1000 \cdot (1-0)=1000;$   
 $S_n=0,1; n_2=1000 \cdot (1-0,1)=900;$   
 $S_n=0,2; n_3=1000 \cdot (1-0,2)=800;$   
 $S_n=0,3; n_4=1000 \cdot (1-0,3)=700;$   
 $S_n=0,4; n_4=1000 \cdot (1-0,4)=600;$   
 $S_n=0,5; n_6=1000 \cdot (1-0,5)=500;$   
 $S_n=0,6; n_7=1000 \cdot (1-0,6)=400;$   
 $S_n=0,7; n_8=1000 \cdot (1-0,7)=300;$   
 $S_n=0,8; n_9=1000 \cdot (1-0,8)=200;$   
 $S_n=0,9; n_{10}=1000 \cdot (1-0,9)=100;$   
 $S_n=1; n_{11}=1000 \cdot (1-1)=0;$

При тех же скольжениях находим по формуле Клоса соответствующие им моменты 4.26:

$$M = \frac{2 \cdot M_k}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}}, \quad (4.30)$$

$$M_1 = 2 \cdot 121 / (0/0,17 + 0,17/0) = 0$$

$$M_2 = 2 \cdot 121 / (0,1/0,17 + 0,17/0,1) = 105,2$$

$$M_3 = 2 \cdot 121 / (0,2/0,17 + 0,17/0,2) = 119,8$$

$$M_4 = 2 \cdot 121 / (0,3/0,17 + 0,17/0,3) = 103,9$$

$$M_5 = 2 \cdot 121 / (0,4/0,17 + 0,17/0,4) = 86,4$$

$$M_6 = 2 \cdot 121 / (0,5/0,17 + 0,17/0,5) = 71,1$$

$$M_7 = 2 \cdot 121 / (0,6/0,17 + 0,17/0,6) = 63,7$$

$$M_8 = 2 \cdot 121 / (0,7/0,17 + 0,17/0,7) = 55,5$$

$$M_9 = 2 \cdot 121 / (0,8/0,17 + 0,17/0,8) = 49,4$$

$$M_{10} = 2 \cdot 121 / (0,9/0,17 + 0,17/0,9) = 44,0$$

$$M_{11} = 2 \cdot 121 / (1/0,17 + 0,17/1) = 39,0$$

По полученным по расчётам данным строим график естественной механической характеристики двигателя (рисунок 4.11).

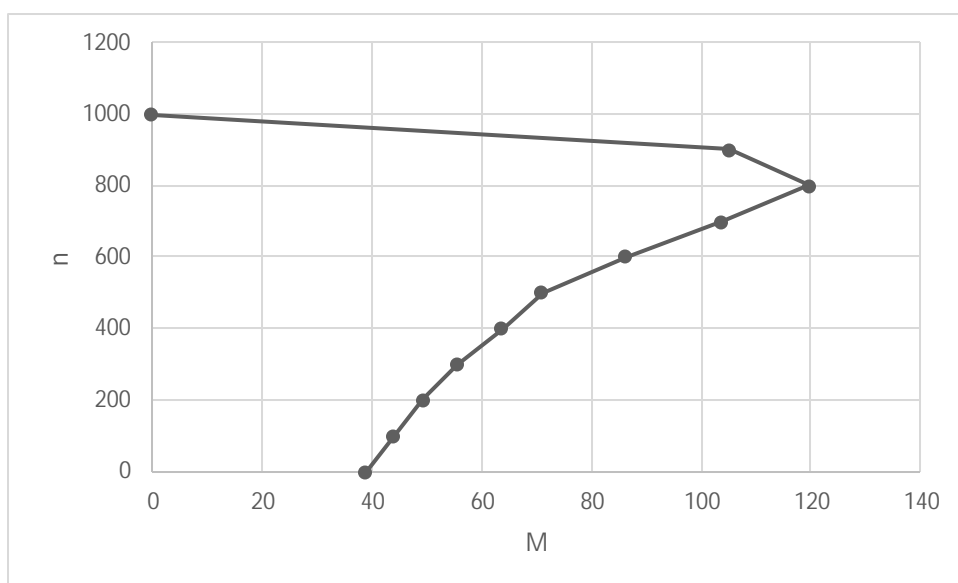


Рисунок 4.11 - Естественная механическая характеристика двигателя

#### 4.7 Расчет потребления электроэнергии

Находим среднеквадратичный момент на валу двигателя по формуле 4.31:

$$M_{ср.кв.1} = \frac{\sqrt{(M1^2 + M1^2) \cdot t_n + (M_{cm1}^2 + M_{cm2}^2) \cdot (t_{уст.} + t_m) + (M2^2 + M2^2) \cdot t_{пер.}}}{\sqrt{2 \cdot (t_n + t_{уст.} + t_n + t_{пер.})}} \cdot \sqrt{\frac{ПВ_p}{ПВ}}, \quad (4.31)$$

где  $M_{ср.кв.1}$  – эквивалентный момент на валу двухскоростного АД, Н·м;  
 $M1$  – момент на валу двигателя при пуске загруженной кабины, Н·м;

$M_2$ – момент при переходе с большей скорости на меньшую загруженной кабины, Н·м;

$M_1'$ – момент на валу двигателя при пуске загруженной кабины, Н·м;

$M_2'$ – момент при переходе с большей скорости на меньшую загруженной кабины, Н·м;

$t_{уст.}$ – время установившейся работы, с;

$t_{п.}$ – время пуска двигателя, с;

$t_{пер}$ – время перехода с большей скорости на меньшую, с;

$t_{м.}$ – время движения на малой скорости, с;

$PВр$ – расчетная продолжительность включения, %;

$PВ$  – номинальная продолжительность включения, %;

$$M_{ср.кв.} = \sqrt{\frac{(136,6^2 + 100,3^2) \cdot 0,8 + (64,3^2 + 28^2) \cdot 1,95 + (114^2 + 150,3^2) \cdot 0,25 + 64,3^2 + 28^2}{2 \cdot 4,0}} \cdot \sqrt{\frac{32,3}{40}};$$

$$M_{ср.кв.1} = 76,14 \cdot 0,898 = 68,42 \text{ Н·м};$$

Находим мощность, потребляемую двигателем из сети по формуле 4.32:

$$P_1 = \frac{M_{ср.кв.1} \cdot (W_б + W_м)}{2 \cdot \eta_{дв}}, \quad (4.32)$$

где  $P_1$  – мощность потребляемая двигателем, кВт;

$W_б$ – большая угловая скорость двигателя, рад/с;

$W_м$ – меньшая угловая скорость двигателя, рад/с;

$M_{ср.кв.1}$ – эквивалентный момент на валу двухскоростного АД, Н·м;

$\eta_{дв}$  – КПД двигателя;

$$P_1 = 68,42 \cdot (96,3 + 22) / (2 \cdot 0,83) = 4,876 \text{ кВт};$$

Находим потери мощности формуле 4.33:

$$\Delta P_1 = P_1 \cdot (1 - \eta_{дв}), \quad (4.33)$$

где  $\Delta P_1$ – потери мощности при работе двигателя, кВт;

$\eta_{дв}$  – КПД двигателя;

$P_1$  – мощность потребляемая двигателем, кВт;

$$\Delta P_1 = 4,876 \cdot (1 - 0,83) = 1 \text{ кВт}.$$

Находим электроэнергию, потребляемую двигателем из сети за 1 час работы по формуле 4.34:

|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|-------------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  | Лист |
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  | 76   |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |  |  |  |  |  |      |

13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ

$$W1=P1 \cdot T, \quad (4.34)$$

где W1– электроэнергия, потребляемая двигателем за 1 час работы, кВт·ч;  
P1 – мощность, потребляемая двигателем из сети, кВт;  
T – время работы, 1 ч;

$$W1=4,876 \text{ кВт}\cdot\text{ч};$$

Рассчитаем потребление электроэнергии после модернизации  
Находим среднеквадратичный момент на валу двигателя по формуле 4.35:

$$M_{\text{ср. кв.2.}} = \frac{\sqrt{(M1^2 + M1'^2) \cdot t_n + (M_{\text{см1}}^2 + M_{\text{см2}}^2) \cdot (t_{\text{уст.}} + t_m) + (M2^2 + M2'^2) \cdot t_{\text{пер.}}}}{\sqrt{2 \cdot (t_n + t_{\text{уст.}} + t_n + t_{\text{пер.}})}} \cdot \sqrt{\frac{ПВ_p}{ПВ}}, \quad (4.35)$$

где Mср.кв.1.– эквивалентный момент на валу двухскоростного АД, Н·м;  
M1– момент на валу двигателя при пуске загруженной кабины, Н·м;  
M2– момент при переходе с большей скорости на меньшую загруженной кабины, Н·м;  
M1'– момент на валу двигателя при пуске загруженной кабины, Н·м;  
M2'– момент при переходе с большей скорости на меньшую загруженной кабины, Н·м;  
tуст.– время установившейся работы, с;  
tп.– время пуска двигателя, с;  
tпер.– время перехода с большей скорости на меньшую, с;  
tm.– время движения на малой скорости, с;  
ПВр– расчетная продолжительность включения, %;  
ПВ – номинальная продолжительность включения, %;

$$M_{\text{ср.кв.2.}} = \sqrt{\frac{(70,5^2 + 32,3^2) \cdot 1,5 + (64,3^2 + 28^2) \cdot 1,5 + (55,3^2 + 21,7^2) \cdot 0,8 + (64,3^2 + 28^2) \cdot 0,6}{2 \cdot 4,40}} \cdot \sqrt{\frac{32,3}{40}}$$

$$M_{\text{ср.кв.1}} = 50,2 \cdot 0,898 = 45,08 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

Находим мощность, потребляемую двигателем из сети по формуле 4.36:

$$P2 = \frac{M_{\text{ср.кв.1.}} \cdot (W_6 + W_m)}{2 \cdot \eta_{\text{дв}}} + P_{\text{пч}}, \quad (4.36)$$

где P2– мощность потребляемая двигателем, кВт;  
Pпч– потери мощности в ПЧ, Pпч = 0,2 кВт;  
W6 – большая угловая скорость двигателя, рад/с;

|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|-------------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  | Лист |
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  | 77   |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |  |  |  |  |  |      |



$W_m$  – меньшая угловая скорость двигателя, рад/с;  
 $M_{ср.кв.1}$  – эквивалентный момент на валу двухскоростного АД, Н·м;  
 $\eta_{дв}$  – КПД двигателя;

$$P_2 = 45,08 \cdot (92,4 + 20,1) / (2 \cdot 0,845) + 0,2 = 3,2 \text{ кВт};$$

Находим потери мощности формуле 4.37:

$$\Delta P_2 = P_2 \cdot (1 - \eta_{дв}) / \eta_{дв}, \quad (4.37)$$

где  $\Delta P_2$  – потери мощности при работе двигателя, кВт;  
 $\eta_{дв}$  – КПД двигателя;  
 $P_2$  – мощность потребляемая двигателем, кВт;

$$\Delta P_1 = 3,2 \cdot (1 - 0,845) / 0,845 = 0,59 \text{ кВт}.$$

Находим электроэнергию, потребляемую двигателем из сети за 1 час работы по формуле 4.38:

$$W_2 = P_2 \cdot T, \quad (4.38)$$

где  $W_2$  – электроэнергия, потребляемая двигателем за 1 час работы, кВт·ч;  
 $P_2$  – мощность, потребляемая двигателем из сети, кВт;  
 $T$  – время работы, ч;

$$W_2 = 3,2 \text{ кВт·ч}.$$

#### 4.8 Выводы по разделу четыре

Выбранный электропривод, с одной стороны, способен полностью обеспечить необходимое качество работы механизма, и с другой стороны, – проходит проверку по нагреву, т.к. все рассмотренные величины не превышают предельных значений.

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 78   |

## 5 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 5.1 Расчет капитальных затрат

Расчет капитальных затрат после модернизации электропривода

Составим смету– спецификацию на основное электрооборудование. Она представлена в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Смета–спецификация на электрооборудование

| Обозначение     | Тип                     | Наименование               | Технические данные                     | Кол-во | Цена за ед., руб. | Общая стоимость, руб. |
|-----------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------------------|--------|-------------------|-----------------------|
| M1              | АИРМ13<br>2S6           | Двигатель главного привода | n=960 об/мин<br>P=5,5 кВт<br>КПД=84,5% | 1      | 7265              | 7265                  |
| R               | VW3-<br>A58735          | Тормозной модуль           | Rn=96Вт,<br>R=60 Ом;                   | 2      | 2700              | 5400                  |
| ПЧ              | ATV58H<br>U<br>90N4S309 | Преобразователь частоты.   | P=5,5 кВт<br>КПД=96%                   | 1      | 30000             | 30000                 |
| КП              | ПМЛ-<br>2110            | Пускатель                  | Inom = 25 А<br>Uном =0,6 кВ            | 1      | 360               | 360                   |
| КМ,КБ,<br>КВ,КН | РЕП-20с                 | Реле промежуточное         | Inom = 1 А<br>Uном =0,22 кВ            | 4      | 360               | 1440                  |

Прейскурантная стоимость оборудования  $C_{об}$  равна сумме прейскурантной стоимости единиц входящих в проект:

$$C_{об} = \sum C_i,$$

где  $C_{об}$  – стоимость оборудования, руб,

$\sum C_i$ – цена единиц по прейскуранту, руб.

$$C_{об} = 77700 \text{ руб.}$$

Транспортно-заготовительные расходы ТЗР, тыс.руб., определяется в размере 6% от стоимости оборудования:

$$ТЗР = 6\% C_{об},$$

|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|-------------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  | Лист |
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  | 79   |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |  |  |  |  |  |      |

13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ

Продолжение таблицы 5.11

|                  |                  |                                 |                                                             |   |       |       |
|------------------|------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------|---|-------|-------|
| ШОК5906          | ШОК5906          | Шкаф управления лифтом          | Используется вместе с блоком ЯОК9501УХЛ4                    | 1 | 20000 | 20000 |
| Кабель ВВГ 3*2,5 | Кабель ВВГ 3*2,5 | Кабель от ПЧ до АД              | Ином = 23А<br>Уном = 0,4                                    | 7 | 25    | 175   |
| Провод ВВГ 1*1   | Провод ВВГ 1*1   | Провод для цепей управления     | Ином = 14А<br>Уном = 0,4                                    | 6 | 10    | 60    |
| ЯОК9501УХЛ4      | ЯОК9501УХЛ4      | Блок парного управления лифтами | Один на два шкафа управления                                | 1 | 10000 | 10000 |
| ЭМГ              | КМТД-100         | Эл. м. тормоз                   | М <sub>Г</sub> = 40 Нм, D <sub>шк</sub> = 160 мм, m = 11 кг | 1 | 3000  | 3000  |
| ИТОГО:           |                  |                                 |                                                             |   |       | 77700 |

$$ТЗР=6\% \cdot 77700=4,662 \text{ тыс.руб.}$$

Стоимость монтажа оборудования  $C_m$ , принимается в размере 12% от стоимости оборудования:

$$C_m = 12\% C_{об},$$

$$C_m = 12\% \cdot 77700=9,324 \text{ тыс.руб.}$$

Основная заработная плата на монтажные работы  $Z_{осн}$  руб., принимается в размере 20% от стоимости монтажа:

$$Z_{осн}=20\% C_m,$$

$$Z_{осн}=20\% \cdot 9324=1864,8 \text{ руб.}$$

Начисление районного коэффициента  $Z_{ПК}$  определяется в размере 15% от основной заработной платы:

$$Z_{ПК}=15\% \cdot Z_{осн},$$

$$Z_{ПК}=15\% \cdot 1864,8=279,72 \text{ руб.}$$

Дополнительная зарплата  $Z_{доп}$  по монтажу за работу в условиях действующего производства принимается в размере 18% от основной заработной платы:

$$Z_{доп} = 18\% \cdot Z_{осн},$$

$$Z_{доп} = 18\% \cdot 1864,8=335,66 \text{ руб.}$$

Страховые взносы составляют 30,2% от суммы основной и дополнительной зарплаты с учетом районного коэффициента:

|      |      |             |         |      |                            |  |  |  |  |  |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |             |         |      |                            |  |  |  |  |  | Лист |
|      |      |             |         |      |                            |  |  |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ |  |  |  |  |  | 80   |

$$ЕСН=30,2\% \cdot (З_{ОСН}+З_{ДОП}+З_{ПРК}),$$

$$ЕСН=30,2\% \cdot (1864,8+335,66+279,72)=749 \text{ руб.}$$

Трудовые затраты определяются как сумма основной, дополнительной зарплаты, районного коэффициента и единого социального налога по формуле:

$$ТЗ=З_{ОСН}+З_{ДОП}+З_{ПРК}+ЕСН,$$

$$ТЗ=1864,8+335,66+279,72+749=3229,2 \text{ руб.}$$

Накладные расходы  $P_{НАК}$  принимаются в размере 180% от основной зарплаты на монтажные работы:

$$P_{НАК}=180\% \cdot З_{ОСН},$$

$$P_{НАК}=180\% \cdot 1864,8=3356,64 \text{ руб.}$$

Затраты на модернизацию определяются как сумма стоимости основного оборудования, затрат на монтажные работы, транспортно-заготовительные, трудовые и накладные расходы:

$$К=С_{ОБ}+С_{М}+ТЗР+ТЗ+P_{НАК},$$

$$К=77700+9324+4662+3229,2+3356,64=98271,84 \text{ руб.}$$

## 5.2 Выводы по разделу пять:

В экономическом разделе мы провели расчёт капитальных затрат таких , как : затраты на электроснабжение лифта , которые составили 98271,84 руб., в них входят преискурантная стоимость оборудования которая составила – 77700 руб., стоимость монтажа оборудования – 9324 руб., транспортно-заготовительные расходы – 4662 руб., трудовые затраты – 3229,2 руб., накладные расходы – 3356,64 руб.

Из проведенных расчётов можно сделать следующий вывод о том, что предложенная нами модернизация электропривода пассажирского лифта рентабельна .

|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|--|--|--|--|--|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |  |  |  |  |  |                            | 81   |

## 6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 6.1 Техника безопасности при монтаже и обслуживании лифта

При производстве работ по монтажу лифтов и канатных дорог необходимо выполнять требования правил по технике безопасности, изложенные в СНиП 111-4-80 «Техника безопасности в строительстве»; «Правилах устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов»; «Правилах технической эксплуатации электроустановок потребителей»(ПТЭ); «Правилах техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТБ); «Инструкции по технике безопасности при монтаже лифтов и канатных дорог» ВСН 33-74/ММСС СССР, «Инструкции по монтажу лифтов» ВСН 210-80/ММСС СССР; проектах производства работ и технологических записках.

Знание СНиП, правил и инструкций по технике безопасности обязательно для всех работников монтажных организаций, выполняющих монтаж лифтов и канатных дорог.

К монтажу лифтов и канатных дорог допускаются рабочие не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, а также обучение и инструктаж по безопасным методам труда в соответствии с ГОСТ12.0.004–79. Каждый вновь принятый рабочий должен пройти вводный инструктаж, а при направлении на объект производства работ — инструктаж на рабочем месте.

Проведение вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте оформляется в соответствующем журнале.

Монтажные работы разрешается вести при наличии утвержденных в установленном порядке инструкции по монтажу или проекту производства работ (технологической записки).

При монтаже лифтов на рабочем месте должны находиться не менее двух монтажников на строительной площадке.

Все работающие и находящиеся должны носить защитные каски.

До начала монтажа руководитель работ должен проверить наличие и состояние лесов, подмостей и ограждений, наличие у рабочих защитных средств, исправного инструмента и необходимой оснастки, освещенность рабочих мест, наличие предупредительных табличек и плакатов, надежность звуковой, световой или радиотелефонной связи.

При работе на территории действующих предприятий руководитель монтажных работ совместно с администрацией предприятия и генеральным подрядчиком обязан разработать мероприятия, обеспечивающие безопасное производство работ, и оформить акт допуск по форме, указанной в прил. 3 к СНиП 111-4-80.

При наличии работ с повышенной опасностью руководитель монтажных работ оформляет и выдает бригаде наряд-допуск на производство работ. Форма наряда-допуска на работы с повышенной опасностью приведена в прил. 4 к СНиП 111-4-80. Перечень работ, на которые необходимо выдавать наряд-допуск, должен быть утвержден главным инженером монтажной организации.

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 82   |

Рабочие и инженерно-технические работники должны иметь квалификационную группу по технике безопасности (электробезопасности): рабочие — не ниже третьей, инженерно-технические работники — не ниже четвертой.

Запрещается производить работы, находить на крыше здания при скорости ветра 15 м/с и более, при отсутствии ограждения, а также при гололеде, грозе, сильном снегопаде или тумане, исключающих видимость в пределах фронта работ.

Работу с крыши кабины разрешается производить только в случаях, если башмаки кабины заведены в направляющие, кабина установлена на опорные балки и посажена на ловители или, когда противовес и кабина подвешены на несущие канаты, груз противовеса полностью загружен и закреплен, отрегулированы и опробованы ловители и ограничитель скорости.

Движение на крыше кабины разрешается на скорости, не превышающей 0,71 м/с при односкоростном приводе только вниз и на скорости ревизии не более 0,36 м/с вверх и вниз.

Пуск кабины на скорости ревизии должен осуществляться только от кнопочного поста, расположенного на крыше кабины и подключенного через подвесной кабель и электропроводку по шахте к станции управления.

При движении кабины все двери шахты должны быть закрыты.

Работа в шахте под кабиной разрешается при условии, что кабина установлена на опорных балках и посажена на ловители или противовес и кабина подвешены на несущие канаты, полностью загружены и закреплены грузы противовеса, канаты зажаты струбциной на канатоведущем шкиве и отключено вводное устройство в машинном помещении.

Передвижение кабины с номинальной скоростью разрешается производить от кнопочных аппаратов только после задействования всех блокировочных цепей и защитных устройств.

До начала наладочных работ все части оборудования лифта должны быть заземлены.

При монтаже и наладке лифта на посадочных этажах и на двери машинного (блочного) помещения должны быть вывешены предупредительные плакаты.

При монтаже лифтов запрещается:

- работать при открытых дверных проемах;
- оставлять открытыми двери шахты;
- производить работы с каркаса или крыши кабины при ее движении;
- находиться на крыше кабины более двух монтажников;
- перевозить в кабине лиц, не связанных с монтажом;
- шунтировать (выводить из действия) при движении кабины на номинальной скорости предохранительные и блокировочные устройства;
- спускаться или подниматься в шахте по канатам, направляющим и закладным деталям;
- перегружать подмости оборудованием, материалами и т. п.;
- пользоваться переносными светильниками напряжением свыше 42В;

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 83   |

- подключать инструмент к контактам, находящимся под напряжением
  - совмещать работы в шахте с работами смежных организаций;
- использовать нештатный кабель для подключения кнопочного поста к станции управления для движения на скорости ревизии; оставлять лифт подключенным к сети после прекращения работы на объекте.

### 6.2 Требования к обслуживающему персоналу в электроустановках до и выше 1000 В

По условиям электробезопасности электроустановки разделяются на электроустановки напряжением до 1000 В включительно и электроустановки напряжением выше 1000 В.

Электротехнический персонал, обслуживающий электроустановки, должен ясно представлять технологические особенности своего предприятия и его значение для народного хозяйства, всемерно укреплять и строго соблюдать государственную трудовую и технологическую дисциплину, знать и выполнять ПТЭ и ПТБ, правила техники безопасности, инструкции и другие директивные материалы.

До назначения на самостоятельную работу или при переводе на другую работу, связанную с обслуживанием электроустановок, а также при перерыве в работе свыше 6 месяцев, персонал обязан пройти производственное обучение на рабочем месте под руководством опытного работника из числа электротехнического персонала и под контролем административно-технического лица, ответственного за эксплуатацию данной установки.

Обучаемым может производить оперативные переключения, осмотры и другие работы в электроустановке только с разрешения и под надзором обучающего.

По окончании сроков обучения обучаемый должен пройти в специальной комиссии проверку знаний по Правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей, правилам техники безопасности, инструкциям и техминимуму по обслуживанию оборудования.

После проверки знаний каждый работник оперативного и оперативно-ремонтного персонала должен пройти стажирование, продолжительностью, установленной предприятием, под руководством опытного работника, лишь после этого он может быть допущен к самостоятельной оперативной работе.

### 6.3 Мероприятия по предотвращению или уменьшению вероятности возникновения ЧС

Предупреждение чрезвычайных ситуаций как в части их предотвращения (снижения вероятности возникновения), так и в плане уменьшения потерь и ущерба от них (смягчения последствий) проводится по следующим направлениям:

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 84   |

- мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций;
- рациональное размещение производительных сил и поселений на территории страны с учетом природной и техногенной безопасности;
- предотвращение в возможных пределах некоторых неблагоприятных и опасных природных явлений и процессов путем систематического снижения накапливающегося разрушительного потенциала;
- предотвращение аварий и техногенных катастроф путем повышения технологической безопасности производственных процессов и эксплуатационной надежности оборудования;
- разработка и осуществление инженерно–технических мероприятий, направленных на предотвращение возникновения источников чрезвычайных ситуаций, смягчение их последствий, защиту населения и материальных средств;
- обучение производственного персонала и повышение технологической и трудовой дисциплины;
- подготовка объектов экономики и систем жизнеобеспечения населения к работе в условиях чрезвычайных ситуаций;
- декларирование промышленной безопасности;
- лицензирование деятельности опасных производственных объектов;
- проведение государственной экспертизы в области предупреждения чрезвычайных ситуаций;

Прогнозирование чрезвычайной ситуации – это опережающее предположение о вероятности возникновения и развития чрезвычайной ситуации на основе анализа причин ее возникновения и ее источника в прошлом и настоящем. Главным в этом процессе является информация об объекте прогнозирования, раскрывающая его поведение в прошлом и настоящем, а также закономерности этого поведения. В основе всех методов, способов и методик прогнозирования лежат эвристический и математический подходы. Суть эвристического подхода состоит в изучении и использовании мнений специалистов–экспертов. Этот подход применяется для прогнозирования процессов, формализовать которые нельзя. Математический подход заключается в использовании данных о некоторых характеристиках прогнозируемого объекта после их обработки математическими методами для получения зависимости, связывающей эти характеристики со временем, и вычислении с помощью найденной зависимости характеристик объекта в заданный момент времени. Этот подход предполагает активное применение моделирования или экстраполяции.

Прогнозирование в большинстве случаев является основой предупреждения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. В режиме повседневной деятельности прогнозируется возможность возникновения таких ситуаций: их место, время и интенсивность, возможные масштабы и другие характеристики. При возникновении чрезвычайной ситуации прогнозируется возможное развитие обстановки, эффективность тех или иных мер по ликвидации ситуации, необходимый состав сил и средств.

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 85   |



Наиболее важным является прогноз вероятности возникновения чрезвычайной ситуации. Его результаты могут быть наиболее эффективно использованы для предотвращения многих аварий и катастроф, а также некоторых природных бедствий.

В техногенной сфере работу по предотвращению аварий ведут в соответствии с их видами на конкретных объектах. В качестве мер, снижающих риск возможных ЧС, наиболее эффективными являются совершенствование технологических процессов; повышение качества технологического оборудования и его эксплуатационной надежности; своевременное обновление основных фондов; использование технически грамотной конструкторской и технологической документации, высококачественного сырья, материалов и комплектующих изделий; наличие квалифицированного персонала, создание и применение передовых систем технологического контроля и технической диагностики, безаварийной остановки производства, локализации и подавления аварийных ситуаций и многое другое.

Одним из важнейших мероприятий по предупреждению возникновения и развития чрезвычайных ситуаций, прежде всего техногенного характера, является обучение производственного персонала и повышение технологической и трудовой дисциплины.

Поэтому повышается значимость непрерывного и дополнительного обучения и информирования работников. Трудовым кодексом Российской Федерации, который принят Государственной Думой РФ в декабре 2001 г., предусмотрены обязанности и права как работодателей, так и работников по профессиональной подготовке и переподготовке, а также соблюдению трудовой и технологической дисциплины и требований охраны труда. Много внимания этим вопросам уделяется и в других законодательных и нормативных актах, особенно регламентирующих деятельность в опасных сферах. Так, в статье 10 Федерального закона РФ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» говорится об обязанности организации, эксплуатирующей такой объект «обучать работников действиям в случае аварии или инцидента на опасном производственном объекте».

#### 6.4 Расчёт заземления лифта

После того, как сделан анализ влияния основного опасного фактора и приведен перечень основных мер по обеспечению безопасности при эксплуатации данного привода, в качестве наиболее эффективного способа принимается заземление электроустановки. Этот способ является одним из самых распространенных и простых. Корпус электроустановки может оказаться под напряжением при замыкании ее токоведущих частей на корпус. Если же корпус заземлен, он окажется под напряжением, равным :

$$U_z = I_z \cdot R_z, \quad (6.1)$$

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 86   |

Человек, касающийся этого корпуса, попадает под напряжение прикосновения:

$$U_{пр} = U_3 \cdot a_1 \cdot a_2, \quad (6.2)$$

где  $a_1$  - коэффициент напряжения прикосновения,

$a_2$  - коэффициент, учитывающий падение напряжения в дополнительных сопротивлениях человека (например, сопротивление обуви).

Чем меньше сопротивление заземления и коэффициент напряжения прикосновения, тем меньше ток через человека, стоящего на земле и касающегося корпуса оборудования, который находится под напряжением. Таким образом, безопасность обеспечивается путем заземления корпуса заземлителем, имеющим малое сопротивление и малый коэффициент напряжения прикосновения.

Целью расчета является определение количества вертикальных заземлителей и длины горизонтального заземлителя, при которых сопротивление заземляющего устройства не превышает допустимых норм. Расчет приведен в соответствии с методикой.

а) линейное напряжение в сети  $U_{л} = 6\text{кВ}$ ;

б) заземляющее устройство состоит из стержней  $l=5$  м и  $d=0,05$  м и стальной полосы  $4 \times 40\text{мм}^2$ . Ширина полосы - 0,04 м.

в) стержни размещаются по периметру  $30 \times 70$  м;  $L, \text{м}$

г) общая длина подключенных к сети воздушных линий  $l_{в}=50\text{км}$ ;

д) общая длина подключенных к сети кабельных линий  $l_{к}=10\text{км}$ ;

е) удельное сопротивление грунта  $\rho_{изм} \cdot 10^2 = 0,09-5,3 \text{ Ом} \cdot \text{м}$  (чернозем).

Определение расчетного тока замыкания со стороны 6000 В подстанции:

$$I_{33} = \sqrt{3} \cdot U_{ф} (35I_{к} + I_{в}) / 350 \quad (6.3)$$

$$I_{33} = \sqrt{3} \cdot 3,46 \frac{35 \cdot 10 + 50}{350} = 6,86 \text{ А},$$

где  $U_{ф}$  - фазное напряжение сети, кВ,

$U_{л} = \sqrt{3} U_{ф}$  - линейное напряжение сети в кВ.

Определения сопротивления заземляющего устройства, учитывая, что электрооборудование завода будет присоединяться к сети напряжением до 1000 В и выше:  $R_3 \leq 125 / I_{33} \leq 10$ ,  $R_3 \leq 125 / 6,86 \leq 10 \text{ Ом}$ .

где  $R_3$  - сопротивление заземляющего устройства в электроустановках, принимается, согласно ПУЭ, для сети с глухим заземлением нейтрали и напряжением до 1000 В равным 4 Ом;

- максимальное значение напряжения относительно земли на корпусах оборудования, В;

- сопротивление заземляющего устройства, согласно ПУЭ, не должно быть более 10 Ом.

Так как  $R_3$  не входит в пределы принимаем  $R_3 = 4 \text{ Ом}$ .

Определяем расчетного удельного грунта:  $\rho_p = \rho_{изм} \cdot \psi$ ,  $\text{Ом} \cdot \text{м}$ ,

где  $\rho_{изм}$  - удельное сопротивление грунта, полученное измерением или из справочной литературы;

$\psi = 1,3$  - климатический коэффициент, принимается из таблицы.

|      |      |             |         |      |                            |  |  |  |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
|      |      |             |         |      |                            |  |  |  | Лист |
|      |      |             |         |      |                            |  |  |  | 87   |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ |  |  |  |      |

$$\rho_p = \rho_{\text{изм}} \cdot \psi = 3 \cdot 10^2 \cdot 1,3 = 390 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

Определяем сопротивление одиночного вертикального стержневого заземлителя, заглубленного ниже уровня земли на  $H=0,5$  м:

$$R_e = \frac{\rho_p}{2\pi l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+1}{5t-1} \right), \quad (6.4)$$

$$t = H + \frac{1}{2}, \quad (6.5)$$

$$t = 0,5 + \frac{1}{2} = 3 \text{ м.}$$

$$R_e = \frac{390}{2\pi \cdot 5} \left( \ln \frac{2 \cdot 5}{0,05} + \frac{5}{2} \ln \frac{4 \cdot 3 + 1}{5 \cdot 3 - 1} \right) = 82,3 \text{ Ом.}$$

Определение сопротивления полосы (без учета коэффициента использования полосы), соединяющей одиночные вертикальные стержни заземлителя:

$$R_z = \frac{K \cdot \rho_p}{2\pi L} \ln \frac{2L^2}{bH}, \quad (6.6)$$

$$R_z = \frac{1,3 \cdot 390_p}{2\pi \cdot 200} \ln \frac{2 \cdot 200^2}{0,04 \cdot 0,5} = 6,14 \text{ Ом,}$$

где  $b$  - ширина полосы.

$K$  - климатический коэффициент.

$$L = 70 + 30 + 70 + 30 = 200 \text{ м.}$$

Ориентировочное определение коэффициента использования заземлителей. С этой целью предварительно принимается 50 шт. вертикальных заземлителей. Тогда по таблице этот коэффициент равен от 0,41 до 0,63 принимается, для горизонтального заземлителя  $\eta_r = 0,23$ .

Предварительное определение количества вертикальных заземлителей:

$$n_3 = \frac{R_e}{n_e \cdot R_3}, \quad (6.7)$$

$$n_3 = \frac{82,3}{0,5 \cdot 4} = 41,15 \text{ шт,}$$

Число вертикальных заземлителей назначаем равным 42 штуки.

Определение полного сопротивления заземляющего устройства:

$$R_p = \frac{(R_e \cdot R_z)}{R_e \cdot n_z + R_z \cdot n_e \cdot n}, \quad (6.8)$$

$$R_p = \frac{(82,3 \cdot 6,14)}{82,3 \cdot 0,23 + 6,14 \cdot 0,5 \cdot 42} = 3,4 \text{ Ом.}$$

|      |      |             |         |      |                            |  |  |  |  |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |             |         |      |                            |  |  |  |  | Лист |
|      |      |             |         |      |                            |  |  |  |  | 88   |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ |  |  |  |  |      |

Проверка  $R_p \leq 4 \text{ Ом}$  условие выполняется.

Поэтому принимаем  $n=42$  штуки.

По результатам расчета составим проектную схему размещения заземлителей:

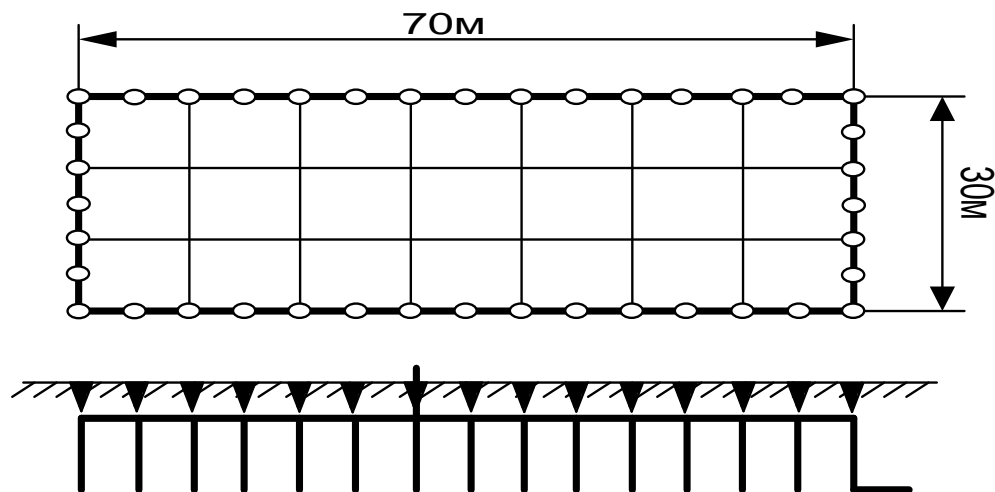


Рисунок 6.1 - Проектная схема размещения заземлителей

#### 6.5 Выводы по разделу шесть

В данном разделе сформулированы некоторые рекомендации для персонала, эксплуатирующего комплектный тиристорный электропривод КТЭУ, с точки зрения организации безопасного труда. Затронуты вопросы организации мер для предотвращения влияния на обслуживающий персонал опасного фактора - повышенного напряжения питающей сети переменного тока, - который может привести к неблагоприятным последствиям для здоровья человека. При соблюдении норм безопасности, установленных стандартами, влияние опасного фактора снижается и предотвращает неблагоприятные последствия. Заземление электроустановки является эффективным и простым средством для обеспечения электробезопасности, снижает влияние повышенного напряжения на человека при прикосновении к корпусу, при замыкании на него токоведущих частей электроустановки.

|      |      |             |         |      |
|------|------|-------------|---------|------|
|      |      |             |         |      |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |

13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ

Лист

89

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Целью выпускной квалификационной работы являлась модернизация привода пассажирского лифта. Проведя анализ электроприводов и систем управления лифтового хозяйства были сделаны выводы, о достоинствах и недостатках различных способов регулирования и обоснованы в рамках данной работы в качестве основного направления модернизации применение частотно-регулируемого электропривода, отличающегося высокими эксплуатационными показателями и значительной энергоэффективностью.

Применение частотно-регулируемого электропривода подъемного устройства (лебедки) лифта значительно повышает комфортность при движении кабины, обеспечивает бесшумность и высокую точность останова, увеличивает долговечность механического оборудования, а также позволяет снизить расход электроэнергии на 40-60%. Повышает комфортные показатели при движении кабины лифта. Снижает эксплуатационные расходы на капитальный ремонт оборудования за счёт значительного снижения динамических нагрузок в элементах кинематической цепи. Снижение потребления электроэнергии достигается благодаря значительному (в 5-6 раз) уменьшению вращающихся маховых масс лебёдки, что исключает непроизводительные потери в переходных пуско-тормозных режимах: плавные переходные процессы позволяют снизить динамические нагрузки в элементах кинематической цепи привода лифта, что приводит к увеличению срока службы редуктора главного привода, канатоведущего шкива, тормозных колодок, электродвигателя, тяговых канатов, элементов подвески противовеса.

Применение преобразователей частоты (ПЧ) позволяет использовать АД с КЗ ротором общего применения. Момент инерции таких двигателей на порядок меньше аналогичных лифтовых двухскоростных двигателей, а стоимость значительно меньше. Применение АД с КЗ ротором общего применения позволяет уменьшить срок окупаемости модернизации.

|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|-------------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  | Лист |
|      |      |             |         |      |  |  |  |  |  | 90   |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |  |  |  |  |  |      |

13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Липкин Б. Ю. «Электроснабжение промышленных предприятий и установок» Изд. Москва «высшая школа», 1990 г.
- 2 Цейтлин Л.С. Электропривод, электрооборудование и основы управления. – М.: Высшая школа. 2007.
- 3 Яновски Л., перевод И.А. Иноземцева, С.Д. Бабичев «Проектирование механического оборудования лифтов. Третье издание.» Изд. АСВ, 2005 г.
- 4 Обухов А. И. «Монтаж лифтов и канатных дорог» Изд. Стройиздат, 1983 г.
- 5 Москаленко В.В. «Электрический привод»: М.: 1991 г.
- 6 Руководство пользователя «Altivar 58 LiftTelemecanique» ShneiderElectric, 2004 г.
- 7 Дружинин Н.С., Цылбов П.П.: «Выполнение чертежей по ЕСКД»: Изд. 2-е. М.: 1975 г.

|      |      |             |         |      |                            |      |
|------|------|-------------|---------|------|----------------------------|------|
|      |      |             |         |      | 13.03.02.2020.087.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |                            | 91   |