

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Усть-Катаве

Кафедра Электромеханика

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент,

Григорьев А. А.

20.06 2016 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой,

к.ф.м.н., доцент

Сафонов

В.И. Сафонов

21 июня

2016 г.

Модернизация электроприводов башенного крана КБ-408.21

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-140400.2016.088.000 ПЗ ВКР

Консультанты

Безопасность жизнедеятельности,

к.т.н., доцент

Некрутов

В.Г. Некрутов

17.06

2016 г.

Руководитель работы,

доцент

В.Д. Константинов

В.Д. Константинов

17.06.16

2016 г.

Автор работы

студент группы У-К-523

Дудоров

В.В. Дудоров

16.06

2016 г.

Нормоконтролер, доцент

В.Д. Константинов

В.Д. Константинов

17.06.16

2016 г.

Усть-Катав 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (ИИУ) в г. Усть-Катав

Кафедра Электромеханика
Направление 140400 Электроэнергетика и электротехника

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Сафонов В.И. Сафонов

Григорьев 2016 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу студента

Дудорова Виктора Васильевича

Группа У-К-513

1. Тема работы

Модернизация электроприводов башенного крана КБ-408.21

утверждена приказом по филиалу от 15.06.2016 № 661

2. Срок сдачи студентом законченной работы 10 июня 2016 г.

3. Исходные данные к работе

3.1 Материалы производственной практики

3.2 Справочно-техническая литература

3.3 Инструкции к оборудованию

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

Аннотация

Оглавление

Введение

1. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ОБЗОР СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

2. ОБЩАЯ ЧАСТЬ. Назначение и устройство крана. Приборы и устройства безопасности. Расчёт механизма подъёма груза. Выбор кинематической схемы. Расчет мощности двигателя. Предварительный выбор мощности двигателя. Определение продолжительности включения. Построение нагрузочной диаграммы. Определение мощности двигателя из условий нагрева. Проверка выбранного электродвигателя на перегрузочную. Выбор данных двигателя по каталогу. Вывод.

3. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ. Описание и принцип работы асинхронно-вентильного каскада. Разработка замкнутой системы асинхронно-вентильного каскада. Функциональная схема асинхронно-вентильного каскада. Подвижное регулирование координат в системе АВК. Расчет элементов силовой части. Моделирование с помощью программы MATLAB. Выводы.

4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ. Определение одновременных затрат по модернизации грузовой лебедки. Определение текущих затрат по базовой и модернизированной технике. Определение годовой эксплуатационной производительности базовой и модернизированной машины. Определение годовой экономической эффективности. Выводы.

7. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ. Техника безопасности при эксплуатации башенных кранов. Расчёт защитного заземления. Обзорность. Микроклимат. Выводы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ


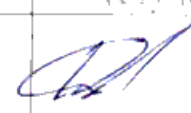
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

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

5.1 Башенный кран КБ-408.21. Габаритный чертеж	1,0 л
5.2 Каскад асинхронно-вентильный. Схема электрическая функциональная	0,5 л
5.3 Привод электрический башенного крана до модернизации. Схема электрическая принципиальная	0,5 л
5.4 Привод электрический башенного крана после модернизации. Схема электрическая принципиальная	1,0 л
5.5 Механические и энергетические характеристики асинхронного двигателя с фазным ротором. Плакат	1,0 л
5.6 Структурная схема асинхронно-вентильного каскада. Плакат	1,0 л

Всего 5 листов

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

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал (консультант)	Задание принял (студент)
Безопасность жизнедеятельности	В.Г. Некрутов		

7. Дата выдачи задания 1 июня 2016 г.

Руководитель, доцент _____

(подпись)

В. Д. Константинов

Задание принял к исполнению _____

(подпись студента)

В.В. Дудоров

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении руководителя
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ОБЗОР СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ	15.03.16-20.03.16	<i>В.И.</i>
ОБЩАЯ ЧАСТЬ	21.03.16-31.03.16	<i>В.И.</i>
СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	01.04.16-18.05.16	<i>В.И.</i>
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	17.05.16-05.06.16	<i>В.И.</i>
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	06.06.16-16.06.16	<i>В.И.</i>
Выполнение графической части	15.03.16-16.06.16	<i>В.И.</i>
Направление на рецензию	18.06.16	<i>В.И.</i>

Заведующий кафедрой _____ *Сафонов* _____ /В.И. Сафонов/
 Руководитель работы _____ *В.И.* _____ /В.Д. Константинов/
 Студент _____ *В.И.* _____ /В.В. Дудоров/

АННОТАЦИЯ

Дудоров В.В. Модернизация электроприводов башенного крана КБ-408.21. – Усть-Катав: ЮУрГУ, филиал ЮУрГУ в г. Усть-Катаве, 2016, 72 с., 1 бл. л. Библиография литературы 8наим. 6 листов чертежей ф. А1.

Тема выпускной квалификационной работы посвящена модернизации электроприводов башенного крана КБ-408.21. Существующие асинхронные электропривода в основном управляются реостатным методом, что значительно уменьшает энергетические показатели. Применение асинхронного вентильного каскада для управления позволит улучшить пусковые и регулировочные свойства и уменьшить потери в электроприводе.

В работе приводится описание электрооборудование крана, выполнен поворотный расчет двигателя, разработана замкнутая система автоматического регулирования. Показана экономическая эффективность предлагаемой модернизации, рассмотрены вопросы безопасности и экологичности решаемой задачи.

					340400.2016.088.000 113				
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата	Модернизация электроприводов башенного крана КБ- 408.21	Лист	Лист	Листов	
									72
Разраб		Дудоров	<i>В.В. Дудоров</i>	16.06					
Проф		Кристьянинов	<i>В.В. Кристьянинов</i>	17.06					
Реценз		Галкина	<i>Т.А. Галкина</i>	20.06					
Р-контр		Копетанинов	<i>В.В. Копетанинов</i>	17.06					
ЭФБ		Сорокин	<i>А.В. Сорокин</i>	21.06					
						Филиал ФГОУ ВПО ЮУрГУ ПИУГ в г. Усть-Катав Кафедра «Электромеханка»			

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	7
1 Сравнение отечественных и передовых зарубежных электрических машин.....	9
2 Общая часть.....	14
2.1 Назначение и устройство крана. Приборы и устройства безопасности.....	14
2.2. Расчёт механизма подъёма груза. Выбор кинематической схемы.....	17
2.3. Описание электрической схемы и анализ недостатков.....	19
2.4. Расчет мощности двигателя.....	22
2.5. Предварительный выбор мощности двигателя.....	23
2.6. Определение приведённого момента электропривода.....	23
2.7. Определение приведенного момента сопротивления рабочей машины.....	25
2.8. Определение времени пуска и торможения привода.....	25
2.9. Определение пути, пройденного рабочим органом за время пуска и торможения.....	26
2.10. Определение пути, пройденного рабочим органом с установившейся скоростью.....	26
2.11. Определение времени равномерного хода рабочей машины.....	27
2.12. Определение времени паузы (исходя из условий технологического процесса).....	27
2.13. Определение продолжительности включения.....	27
2.14. Построение нагрузочной диаграммы.....	27
2.15. Определение мощности двигателя из условий нагрева.....	28
2.16. Проверка выбранного электродвигателя на перегрузочную.....	29
2.17. Выбор данных двигателя по каталогу.....	31
3. Специальная часть.....	32
3.1. Описание и принцип работы асинхронно- вентильного каскада.....	32
3.2. Разработка замкнутой системы асинхронно- вентильного каскада.....	38
3.2.1. Функциональная схема асинхронно- вентильного каскада.....	38
3.3. Подчиненное регулирование координат в системе АВК.....	38
3.4. Расчет элементов силовой части.....	40
3.5. Моделирование с помощью программы MATLAB.....	42
3.6. Выбор датчика.....	46
4. Экономическая часть.....	56
4.1. Определение единовременных затрат по модернизации грузовой лебедки.....	56
4.2. Определение текущих затрат по базовой и модернизированной технике.....	59
4.3. Определение годовой эксплуатационной производительности базовой и модернизированной машины.....	60
4.4. Определение годовой экономической эффективности.....	61
5. Безопасность жизнедеятельности.....	62
5.1. Техника безопасности при эксплуатации башенных кранов.....	62

5.2.Расчёт защитного заземления.....	66
5.3.Обзорность.....	69
5.4.Микроклимат.....	71
Заключение.....	74
Библиографический список.....	75

					140400.2016.088.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		6

ВВЕДЕНИЕ

Строительный башенный кран- ведущая грузоподъёмная машина в строительстве. С помощью этих кранов выполняют подъёмно-транспортные и монтажные работы на строительной площадке при возведении и ремонте зданий, на складах и полигонах.

Впервые башенные краны в нашей стране начали применяться в годы первых пятилеток, а широко использоваться – в послевоенные годы при восстановлении народного хозяйства. В 1960 г. был разработан и внедрен в производство ряд унифицированных кранов.

Конструкции башенных кранов постоянно совершенствуются, что позволяет расширить область их применения. Например, первые краны имели грузоподъёмность 0,5...1,5 т, грузовой момент до 30 т.м, высоту подъёма 20...30 м, сейчас работают краны грузоподъёмностью до 50 т, грузовым моментом до 1000 т.м, высотой подъёма до 150 м. Для повышения производительности кранов на новых машинах увеличены скорости рабочих движений, повышена мобильность кранов, т.е их перевозят с одной строительной площадки на другую не разбирая, так что время монтажа не превышает одной смены. Большое внимание уделяется улучшению условий труда машинистов: краны оборудуются просторными, удобными кабинами с хорошим обзором, подъёмниками для подъёма машиниста в кабину.

Башенный кран- сложная машина. Чтобы управлять ею, машинист должен знать конструкцию крана, его механизмов, электрооборудования; способы управления краном; возможные неисправности его и способы устранения их; правила технического обслуживания кранов и крановых путей; правила техники безопасности на строительной площадке.

Машинистов башенных кранов готовят в системе профессионально-технического образования, ставшей в нашей стране основным источником планомерной подготовки высококвалифицированных рабочих, умением овладевать знаниями навыками, эффективно использовать новую технику и технологию, опытом новаторов производства.

В проблеме осуществления научно-технического прогресса значительная роль отводится подъёмно-транспортному машиностроению, перед которым поставлена задача широкого внедрения во всех областях народного хозяйства комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, ликвидации ручных погрузо-разгрузочных работ и исключения тяжелого ручного труда при выполнении основных и вспомогательных технологических операций.

Жизненно необходимым является увеличение производства прогрессивных средств механизации подъёмно-транспортных, погрузочно-разгрузочных и складских работ. Современные поточные технологические и автоматизированные линии, межцеховой и внутрицеховой транспорт требуют применения разнообразных типов подъёмно-транспортных машин и механизмов, обеспечивающих непрерывность и ритмичность

					140400.2016.088.000 113	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		7

производственных процессов. Поэтому подъемно-транспортное оборудование в настоящее время превратилось в один из основных решающих факторов, определяющих эффективность производства. Насыщенность производства средствами механизации трудоемких и тяжелых работ, уровень механизации технологического процесса определяют собой степень совершенства технологического процесса.

Основными тенденциями развития подъемно-транспортного машиностроения являются:

- создание качественно новых видов подъемно-транспортных машин и механизмов, а также широкая модернизация существующих машин и установок для обеспечения механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ во всех областях народного хозяйства;
- повышение грузоподъемности и надежности машин при одновременном значительном снижении их металлоемкости благодаря применению новых кинематических схем, более совершенных методов расчета, использованию рациональных облегченных профилей проката, новых материалов (легированные стали, легкие сплавы и пластмассы), а также прогрессивной технологии машиностроения (новые методы термообработки, нанесение упрочняющих покрытий и др.). Отметим, что надежность – понятие комплексное. Оно включает в себя не только безотказность и долговечность, но и ремонтпригодность и сохраняемость, т.е. свойства, определяющие эффективность использования техники в заданных условиях эксплуатации;
- увеличение производительности оборудования вследствие применения широкого регулирования скоростей механизмов, автоматического, полуавтоматического и дистанционного управления с использованием микропроцессорной и электронно-вычислительной техники, как для управления работой машин, так и для расчетов и проектирования; создание специальных захватных и других подъемных агрегатов, а также улучшение условий труда крановщиков благодаря применению установок для охлаждения и очистки воздуха в кабинах и других мероприятий.

1. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ОБЗОР СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

Асинхронные двигатели с фазным ротором (АД ФР) составляют значительную часть парка асинхронных машин в промышленности. Как правило, это двигатели средней и большой мощности, используемые в электроприводах, для которых необходимы высокие значения пускового момента и достаточно широкий диапазон регулирования скорости вращения ротора. К числу таких электроприводов относятся, например, электроприводы башенных кранов. Основным способом регулирования скорости для таких двигателей является изменение сопротивления роторной цепи, осуществляемое с помощью роторной цепи. Как отмечается в [1], [3] и [5], основной проблемой при регулировании скорости асинхронного двигателя, особенно в широких пределах, является непроизводительная потеря мощности скольжения [5]. При частотном управлении асинхронным двигателем с преобразователем частоты питания статора недостатком является большая потребляемая мощность преобразователя, которая не всегда достижима. Кроме того, для выполнения требований реализации частотного управления необходимы специальные асинхронные двигатели, так как магнитные и механические свойства статора обычного исполнения (рассчитанных на частоту питающего напряжения 50 Гц) ухудшаются при снижении частоты. Исходя из вышеуказанных причин, перспективным видится использование схем управления АД ФР с питанием со стороны ротора. Рассмотрим способы регулирования скорости асинхронного двигателя с питанием со стороны ротора подробнее.

1. Трехфазная коллекторная машина (двигатель Шраге-Рихтера)
Хронологически данная схема является первой из всех схем с питанием со стороны ротора и, в наиболее известном варианте, требует машины специальной конструкции [4]. При использовании данной схемы машина питается со стороны ротора, обмотка ротора является первичной 1 (рисунок 1.1), обмотка статора 2 является вторичной и соединяется с подвижными щетками, скользящими на коллекторе. В конструкции машины также предусмотрена коллекторная обмотка 3, электрически соединенная с коллектором и также связанная через магнитное поле с обмоткой ротора.



Рисунок 1.1 - Принципиальная схема двигателя Шраге-Рихтера

Данная схема позволяет регулировать скорость вращения ротора путем введения в цепь ротора добавочной ЭДС частоты скольжения, при этом коллектор выполняет функцию преобразования частоты сети в частоту скольжения. Механическим переключением щеток можно регулировать величину добавочной ЭДС, и, как следствие, скорость вращения ротора. Как правило, диапазон регулирования скорости для такой схемы не превышает 3:1 [4]. В настоящее время данный тип асинхронных двигателей не применяется, поскольку, из-за сложной и ненадежной конструкции, он обладает тяжелыми условиями коммутации, из-за чего мощность таких машин не превышает 100-250 кВт. Теоретически возможно включение любого АД ФР на схеме Шраге-Риттера (с ограничениями, обусловленными особенностями коллекторной обмотки и подвижных щеток), однако удачи в подобных схемах найти не удалось.

2. Вентильно-машинный каскад В вентильно-машинных каскадах мощность скольжения передается обратно в питающую сеть. Для этого используется вентильный преобразователь в цепи статора, подключенный к машинному агрегату, состоящему из двигателя постоянного тока и механически соединенного с ним синхронного генератора (рисунк 1.2) [1]. При этом цепь якоря двигателя постоянного тока питается выпрямленным напряжением ротора АД ФР через неуправляемый выпрямитель 1В (рисунк 2).

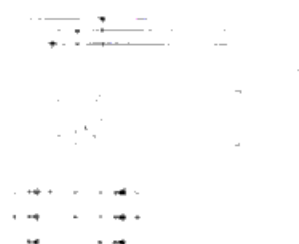


Рисунок 1.2 - Принципиальная схема вентильно-машинного каскада

В данной схеме возможно управление скоростью ротора АД ФР с помощью регулирования величины противо ЭДС двигателя постоянного тока. Энергия скольжения передается от ротора АД ФР на двигатель постоянного тока, а от него – на синхронный генератор и далее в питающую сеть. Таким образом, в вентильно-машинном каскаде происходит двукратное электромеханическое преобразование энергии (ротор АД ФР – двигатель постоянного тока) и двукратное преобразование энергии (ротор АД ФР – вентильный преобразователь – синхронный генератор – питающая сеть). Достоинством данной схемы является возможность плавного регулирования скорости АД ФР. Недостатками данной схемы

являются ее громоздкость и необходимость использования двух дополнительных электрических машин. Кроме того, многократное преобразование энергии влечет уменьшение КПД и использование мощности скольжения.

3. Вентильно-машинный электромеханический каскад В вентильно-машинных каскадах мощность скольжения не отдается в сеть, а используется для питания рабочей машины постоянного тока [1] (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3. Принципиальная схема вентильно-машинного каскада.

В данном каскаде мощность скольжения используется для формирования дополнительного момента. При этом характерной особенностью данного каскада является распределение крутящего момента: при работе асинхронного двигателя с номинальным вращением основной момент развивается им, а при снижении скорости – двигателем постоянного тока (т.н. каскад постоянного момента). Регулирование скорости в данном каскаде осуществляется изменением напряжения возбуждения двигателя постоянного тока. Достоинством данной схемы является рост развиваемого и перегрузочного момента при уменьшении скорости, т.е. относительное постоянство механической мощности на валу с другой стороны, данный каскад обладает существенным недостатком: при увеличении диапазона регулирования существенно увеличивается габаритная мощность двигателя постоянного тока. Поэтому диапазон регулирования в таких каскадах, как правило, ограничивается величиной 2:1 [2].

4. Асинхронно-вентильный каскад (АВК) В данном каскаде в цепь ротора включен вентильный преобразователь, непосредственно связанный с питающей сетью. Статор, как правило, питан напрямую от сети, однако может питаться и от своего собственного преобразователя. Простейшим АВК является АВК с проводящим звеном постоянного тока, в котором роторная (выпрямительная) группа вентилей ВВ является неуправляемой, а от нее заданно управляемый инвертор ВВ (рисунок 1.4) [1].

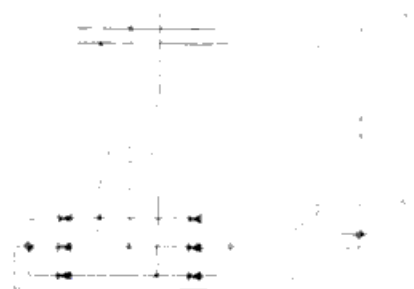


Рисунок 1.4. Асинхронно-вентильный каскад с промежуточным звеном постоянного тока.

Мощность скольжения в таком каскаде передается в сеть через инвертор, в том числе, и в тормозных режимах. Регулирование скорости осуществляется регулированием добавочной ЭДС в цепи добавочного тока статора. Диапазон регулирования ограничен допустимыми углами открытия вентилей инверторной группы. Достоинством данной схемы является простота конструкции, относительная простота управления вентильной группой 2В, возможность достижения диапазона регулирования скорости, большего, чем в вентильно-машинных каскадах, и высокий КПД использования мощности скольжения. Недостатками такого каскада являются ограниченность диапазона регулирования скорости и невозможность работы двигателя в двигательном режиме на сверхсинхронной скорости и в генераторном режиме на скорости ниже синхронной. Если отказаться от использования звена постоянного тока и использовать две группы управляемых вентилей, то возможно преодолеть недостатки АВК со звеном постоянного тока, такие как ограничение диапазона регулирования и ограничение режимов машины [6]. При этом возможно либо управление величиной частоты скольжения, либо независимое управление амплитудой, частотой и фазой добавочной ЭДС в цепи ротора. При этом двигатель может работать со скоростью от 0 до синхронной в двигательном и генераторном режимах [1]. При независимом от частоты скольжения управлении невозможно переход машины через синхронную скорость в двигательном режиме из-за нарушения коммутации вентилей, а также затруднено управление машиной в окрестностях синхронной скорости.

5. Машина двойного питания. При независимом управлении амплитудой, частотой и фазой добавочной ЭДС в цепи ротора АД ФР, машина работает в режиме двойного питания. В этом режиме может быть достигнут высокий диапазон регулирования скорости, также возможна работа машины в двигательном и тормозных режимах во всем диапазоне регулирования скорости, в том числе допустимый переход через синхронную скорость. Кроме того, в данном режиме работы АД ФР возможна работа асинхронного двигателя в режимах генератора и двигателя, а

также компенсация реактивной мощности [2], [7]. Возможности регулирования скорости (в том числе, реверсирование машины) могут быть расширены за счет использования управляемого преобразователя частоты в цепи статора

Выводы по разделу один:

Рассмотрены и проанализированы различные способы управления асинхронными двигателями с фазным ротором. Показаны преимущества и недостатки рассмотренных способов регулирования.

На основе анализа предложена для управления система асинхронного вентильного каскада, обладающая лучшими энергетическими показателями по сравнению с реостатным способом регулирования.

					140400.2016.088.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

2.ОБЩАЯ ЧАСТЬ

2.1 Назначение и устройство крана. Приборы и устройства безопасности.

Башенные краны являются ведущими грузоподъемными машинами в строительстве и предназначены для механизации строительно-монтажных работ при возведении жилых, гражданских и промышленных зданий и сооружений, а также для выполнения различных погрузочно-разгрузочных работ на складах, полигонах и перегрузочных площадках. Они обеспечивают вертикальное и горизонтальное транспортирование строительных конструкций, элементов зданий и строительных материалов непосредственно к рабочему месту в любой точке строящегося объекта. Темп строительства определяется производительностью башенного крана, существенно зависящей от скоростей рабочих движений.

Башенный кран состоит из следующих основных узлов (рисунок 2.1): башня, ходовая рама с колесами, опорно-поворотное устройство, поворотная платформа с грузовой и стреловой лебедкой, с противовесом; механизм поворота и электрооборудования, механизм подъема груза, механизм для изменения вылета, механизм передвижения крана и т.д.

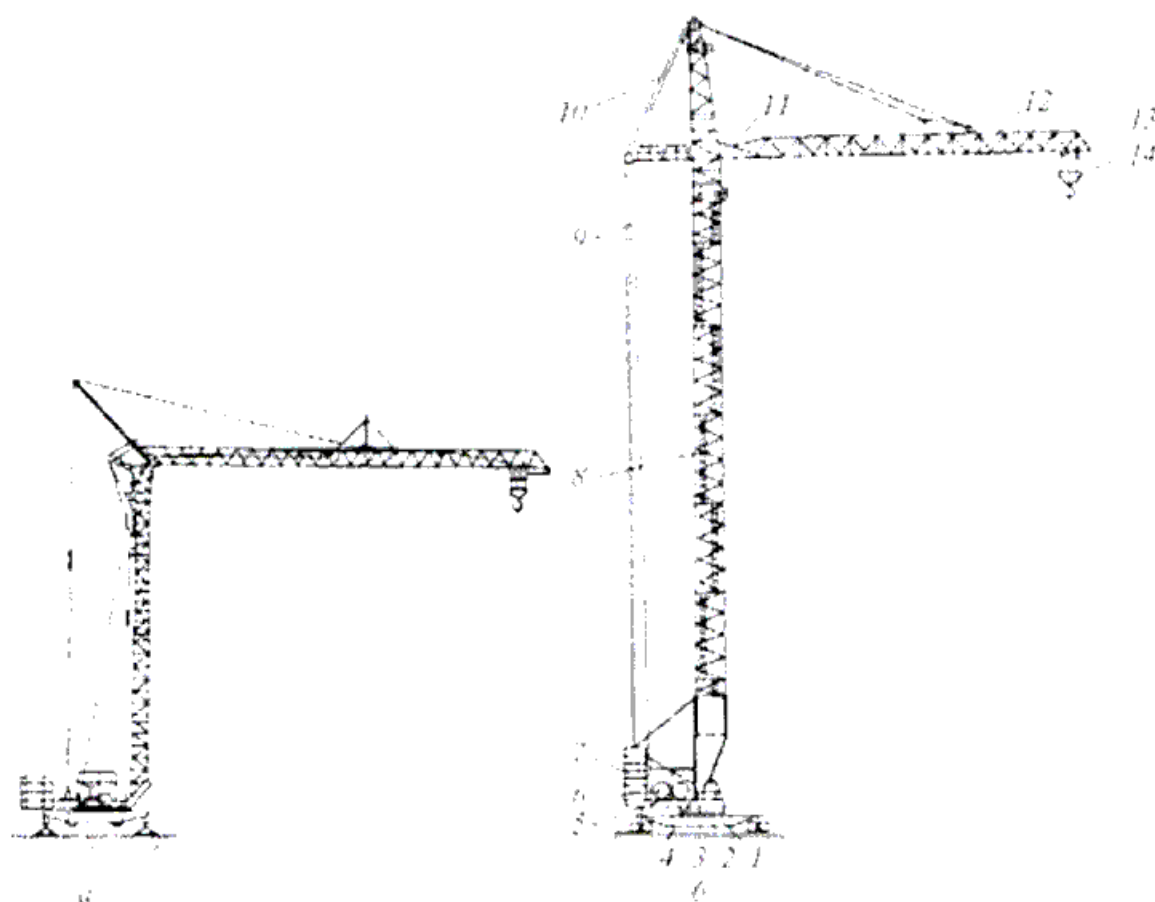


Рисунок 2.1 - Башенные краны:

а - быстромонтируемый кран на винтовых опорах РБК-2-20; б - кран на рельсовом ходу КБ-504А: 1 - ходовая рама; 2 - опорно-поворотное устройство; 3 - поворотная платформа; 4 - механизм поворота; 5 - грузовая лебедка; 6 - стреловая

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	140400.2016.088.000 ПЗ	Лист
						14

лебедка; 7- противовес; 8 - башня; 9 - кабина; 10 - стреловой расчал; 11 - тележечная лебедка; 12 - стрела; 13 - грузовая тележка; 14 - крюковая подвеска

Рабочими движениями башенных кранов являются подъем и опускание груза, изменение вылета стрелы (крюка) с грузом, поворот стрелы в плане на 360° , передвижение самоходного крана. Отдельные движения могут быть совмещены, например, подъем груза с поворотом стрелы в плане. Все башенные краны снабжены многодвигательным электроприводом с питанием от сети переменного тока напряжением 220/380 В.

Рассмотрим назначение и устройство основных узлов и механизмов башенных кранов.

Балочная стрела – основной рабочий орган крана. По ней перемещается грузовая тележка, несущая грузовой полиспаст с крюковой подвеской.

Балочные стрелы являются в основном жестко закрепленными и удерживаются в рабочем состоянии одной или несколькими подвесками, состоящими из канатов большого диаметра или металлических тяг, соединенными с верхним поясом стрелы в одной или нескольких точках. Однако имеются также конструктивные решения балочной стрелы, которая при необходимости может устанавливаться под углом до 30° к горизонту. При этом в одних случаях грузовая тележка закрепляется на конце стрелы, а в других имеет возможность перемещаться с грузом вдоль наклонной стрелы. Поперечные сечения подъемных и балочных стрел могут быть треугольными, прямоугольными и квадратными. Балочные стрелы различаются между собой также местом установки грузовой тележки, которая может перемещаться по двутавровой балке, закрепленной вдоль оси нижнего пояса стрелы, либо по направляющим, расположенным по сторонам нижней грани стрелы, или по двум верхним поясам стрелы прямоугольного сечения.

Башня крана является поворотной. Башни могут быть выполнены сплошно сетчатыми, изготовленными из металлического листа или из труб, и решетчатыми из уголков, труб малого диаметра, гнутых профилей и комбинированными из разных профилей металла. Различают башни с постоянным и переменным сечением по высоте, при этом последние могут быть с жестким и подвижным (телескопическим) соединением. Наиболее распространены решетчатые из труб башни с квадратным сечением.

Опорная часть строительных башенных кранов на рельсовом ходу воспринимает все действующие на кран нагрузки и передает их через ходовые колеса на подкрановые пути.

Опорно-поворотные устройства (ОПУ) башенных кранов предназначены для соединения и обеспечения вращения поворотной части крана относительно неповоротной. В кранах с большим грузовым моментом используются однорядные и двухрядные роликовые и шариковые круги, а также комбинированные шарико-роликовые круги.

					140400.2016.088.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		15

Поворотная платформа, расположенная в нижней части башенного крана, через опорно-поворотное устройство соединяется с рамой ходовой части крана. На поворотной платформе устанавливаются башня и стойка, к которым крепятся удерживающие башню подкосы, механизмы крана, электроаппаратура и противовес.

Противовес состоит из маркированных по массе железобетонных плит, которые укладывают на поворотную платформу и закрепляют на ней.

Для горизонтального перемещения груза в кранах с балочными стрелами применяют грузовые тележки (рисунок 2.2), представляющие собой сварную раму 1, в нижней части которой расположены два блока 2 для грузового каната, а в верхней - опорные катки 3. Передвижение тележки по стреле осуществляется лебедкой, с барабана которой сходят два конца каната, закрепленные на передней и задней сторонах тележки. В тележках с балансирными катками блоки смещены один относительно другого в поперечном направлении, а грузовой канат 4 огибает блоки с внешней стороны.

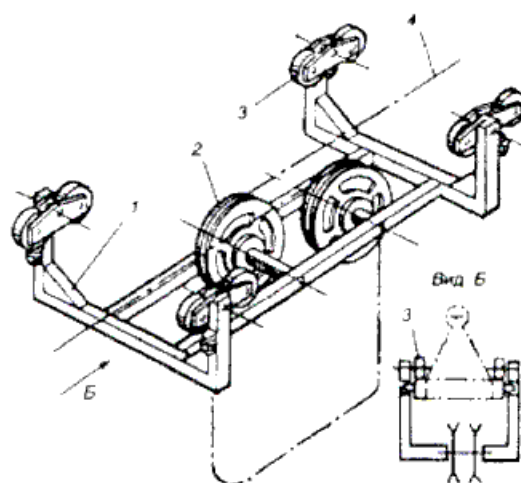


Рисунок 2.2 – Грузовая тележка башенного крана с балансирными катками:
1 – сварная рама; 2 – блок; 3 – опорные катки; 4 – грузовой канат

В механизмах поворота башенных кранов используют в основном двигатели с вертикальным расположением вала и цилиндрическими, червячными или планетарными редукторами, на выходных валах которых установлены шестерни, находящиеся в зацеплении с зубчатым венцом опорно-поворотного устройства. Торможение механизма поворота осуществляется с помощью одноступенчатого (автоматически при отключении электродвигателя), двухступенчатого (поочередное прижатие колодок к шкиву) или управляемого (педального) тормозов.

Механизмы передвижения башенных кранов имеют различные исполнения в зависимости от конструкции ходового оборудования. Опираие кранов на рельсы осуществляется через ходовые колеса. Для того чтобы нагрузка воспринималась всеми колесами их объединяют в балансирные тележки (по два, три, четыре колеса). Две тележки являются приводными (ведущими) и две – ведомыми. Для

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

140400.2016.088.000 ПЗ

Лист

16

более плавного движения крана приводные тележки устанавливают на разных рельсах (одна напротив другой или по диагонали). При работе крана на путях с закруглениями обе ведущие тележки располагают на внешнем рельсе, обеспечивая тем самым плавность движения крана.

В кранах с поворотной башней кабины подвешивают под стрелой на правой от нее боковой поверхности башни. Кабина может быть подвешена и к нижнему поясу балочной стрелы у места ее крепления, а также переставляться по высоте башни.

Башенный кран снабжается рядом приборов и устройств, обеспечивающих его безопасную эксплуатацию. К таким приборам относятся:

а) концевые выключатели, предназначенные для автоматической остановки механизмов крана с электрическим приводом;

б) блокировочные контакты, применяемые для электрической блокировки двери входа в кабину крана с посадочной площадки;

в) ограничители грузоподъемности, предназначенные для предотвращения аварии крана, связанных с подъемом груза массой, превышающей его (с учетом вылета крюка) грузоподъемность;

г) указатель грузоподъемности, устанавливаемый на кранах стрелового типа, у которых грузоподъемность изменяется с изменением вылета крюка. Прибор автоматически показывает, какова грузоподъемность крана при установленном вылете, что помогает предотвратить перегрузки крана;

д) анемометр. Таким прибором должны оборудоваться башенные краны для автоматической подачи звукового сигнала при опасной для работы скорости ветра;

е) противоугонные устройства, применяемые на кранах, работающих на наземных рельсовых путях, для предупреждения угона их ветром;

ж) опорные детали, которыми снабжаются башенные краны, а также грузовые тележки для уменьшения динамических нагрузок на металлоконструкцию в случае поломки осей ходовых колес;

з) упоры, устанавливаемые на концах рельсового пути для предупреждения схода с них грузоподъемных машин;

и) звуковой сигнальный прибор, хорошо слышимый в местах перемещения груза, и отличающийся по тональности от автомобильного сигнала

2.2. Выбор кинематической схемы

Механизм подъема груза состоит из электродвигателя, передаточного устройства (редуктора, муфт, валов), барабана, полиспаста, тормоза и крюковой подвески.

На рисунке 2.3. показана схема механизма подъема, которая получила широкое распространение в современных конструкциях башенных кранов.

В рассматриваемой схеме вал электродвигателя 1 соединяется с входным валом редуктора 4 с помощью упругой втулочно-пальцевой или зубчатой муфты 2 с тормозным шкивом (со стороны редуктора), который используется для установки тормоза 3. Соединение с помощью упругой муфты предпочтительнее, т. к. она

					140400.2016.088.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		17

уменьшает динамические нагрузки в период пуска электродвигателя механизма, особенно асинхронного с короткозамкнутым ротором. Если межосевое расстояние не допускает размещение тормоза между электродвигателем и редуктором, тормоз можно установить на втором входном валу редуктора с противоположной стороны. Выходной вал редуктора выполнен в виде зубчатого венца, размеры и число зубьев которого могут быть заимствованы из таблиц каталога на редукторы. В выточке выходного вала редуктора помещается сферический подшипник 5, на который опирается ось 6 барабана 7. Соединение зубчатого венца на конце выходного вала редуктора со ступицей, имеющей на внутренней поверхности зубья и прикрепленной болтами к барабану, представляет собой встроенную в барабан зубчатую муфту.

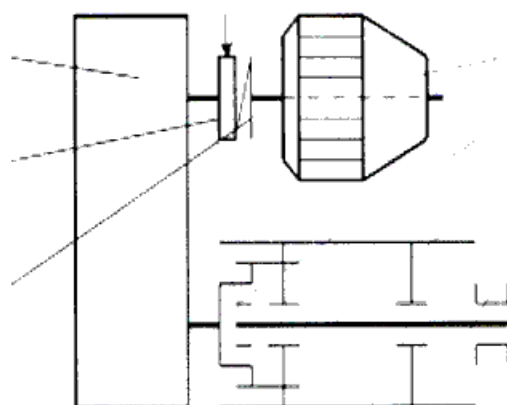


Рисунок 2.3 – Схема механизма подъема груза со встроенной в барабан зубчатой муфтой

2.3 Описание электрической схемы и анализ недостатков.

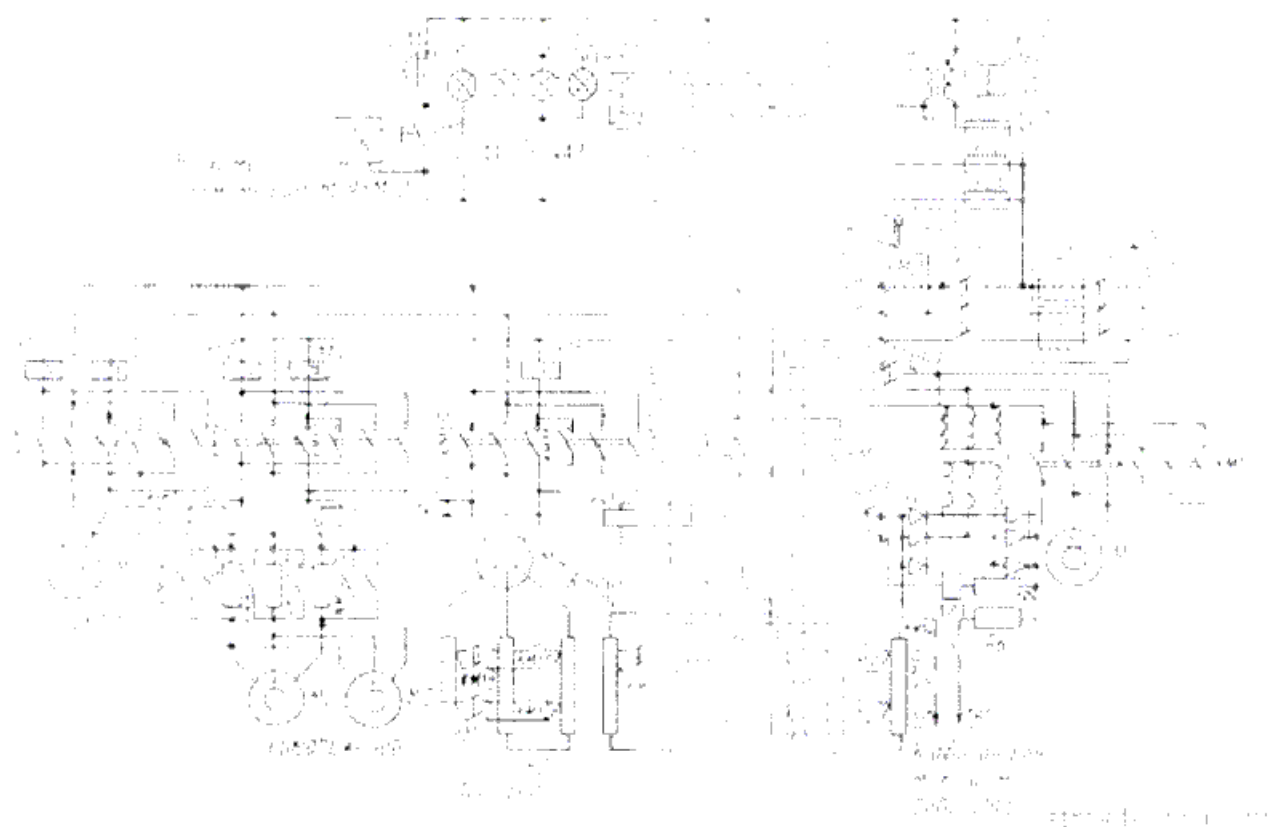


Рисунок 2.11

Электрооборудование крана (рис 2.11) рассчитано на питание от внешней трехфазной электрической сети переменного тока с линейным напряжением 380 В и с нейтральным проводом. Цепь управления работает на переменном токе напряжением 380 В и постоянном токе, получаемом от выпрямителя VD2, цепь рабочего освещения - на переменном токе напряжением 220В, цепь ремонтного освещения - на переменном токе напряжением 12В от понижающего трансформатора.

Для приводов стреловой лебедки и механизма передвижения применены двигатели с короткозамкнутым ротором. В приводе механизма поворота применен двигатель с фазным ротором. Для получения малых скоростей подъема и спуска в приводе грузовой лебедки применена асинхронная тормозная машина переменного тока и динамическое торможение приводного двигателя с фазным ротором.

Управление электродвигателем М4 механизма поворота производится командо-контроллером S2.

В 1-м положении (вправо или влево) подключается к сети статор двигателя, включается и ставится на самопитание контактор KM15, который включает

электромагниты тормозов YB3, YB4, Привод растормаживается и двигатель начинает работать с полным сопротивлением, введенным в две фазы цепи ротора.

Во 2-м положении включается контактор KM12, закорачивая часть сопротивления реостата R2 и размыкая своим блок-контактом цепь катушки реле времени KT4. Реле отпадает с выдержкой времени и готовит к включению контактор KM13.

В 3-м положении контроллера, если реле KT4 уже отпало, включается контактор KM 13, закорачивая практически все сопротивление реостата R2. Двигатель работает на характеристике, близкой к естественной, и скорость поворота будет наибольшей.

При возврате рукоятки командо контроллера в нулевое положение статор двигателя отключается от сети. Контакторы KM12, KM13 также отключаются и вводят в цепь ротора полное сопротивление реостата R2. Так как контактор KM15 остается включенным, то тормоза YB3 и YB4 будут расторможены и происходит свободный выбег механизма поворота. Для затормаживания механизма необходимо нажать (вправо) педаль SQ4, которая своим контактом замкнет цепь катушки контактора KM14. Двигатель M4 начнет работать в режиме динамического торможения, затормаживая механизм поворота.

Для полной остановки механизма следует вторично нажать (влево) педаль SQ4. При этом размыкающий контакт педали отключит контактор KM15. Тормоза YB3 и YB4 будут отсоединены от сети и привод затормозится.

Управление электродвигателями M2 и M3 механизма передвижения производится командо-контроллером S3.

В 1-м положении «Вперед» включается контактор KM16, который подает питание на двигатели M2, M3 и тормозные электромагниты YB1 и YB2. Механизм передвижения растормаживается и начинает работать на пониженной скорости, так как статоры двигателей M2, M3 включены в сеть последовательно с сопротивлениями R1 и двигатели развивают момент меньше номинального.

Во 2-м положении контроллера включаются контакторы KM18, KM19, которые шунтируют реостат R1. При этом двигатели развивают номинальный момент, обеспечивая рабочую скорость передвижения крана. В направлении «Назад» привод работает аналогично.

Нулевая защита выполнена с помощью контактов командо-контроллеров S1. 1, S2.1, цепи управления крана КБР-1, S3.1, S4.1, замкнутых только в нулевом положении рукояток. Эти контакты включены последовательно с кнопкой SB1 в цепь катушки линейного контактора KM 10.

Двигатели стреловой лебедки и механизма передвижения защищены от перегрузки тепловыми реле КК1 и КК2, контакты которых включены в цепь катушки КМО. Двигатели поворота крана и подъема груза защищены от перегрузки током с помощью блочных реле максимального тока KF1, KF2. Общий контакт реле включен в цепь катушки КМО.

Одна фаза тормозной машины Mb и цепи питания выпрямителя VD1 также защищена реле KF2, а две другие фазы защищаются трехполюсным автоматом

					140400.2016.088.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		20

QF2. Третий полюс автомата включен в цепь катушки КМО, поэтому при срабатывании автомата отключается линейный контактор.

Защита общей питающей цепи от короткого замыкания производится автоматом QF1 и плавкими предохранителями вводного ящика Q1,

Концевая защита от перехода механизмами крана крайних положений осуществляется с помощью ограничителей рабочих положений.

Конечный выключатель SQ1 ограничителя высоты подъема включен в цепь катушки линейного контактора КМО. Конечные выключатели SQ3.1, SQ3.2 крайних положений механизма поворота, SQ5.1, SQ5.2 крайних положений механизма передвижения, SQ6, SQ7 крайних положений стрелы включены последовательно с соответствующими катушками контакторов реверса электродвигателей механизмов.

В цепи освещения, отопления и сигнализации лампа EL1 освещения кабины управления и лампы EL2, EL3, EL4 прожекторов освещения зоны работы крана управляются пакетными выключателями SA1, SA2. Отопление кабины управления производится нагревательным прибором ЕЮ. а трубчатые нагреватели ЕК2, ЕК3 служат для обогрева стекол фонаря кабины.

Звуковая сирена НЛ1 включается кнопкой SB11 и замыкающим контактом выходного реле анемометра М-95М-2. При допустимой ветровой нагрузке контакт реле в цепи sireны будет разомкнут. При включении выходного реле анемометра вследствие усиления ветра контакт реле замкнется и включит сирену.

Для ремонтных работ в темное время суток на кране установлен трансформатор Т2 с выходным напряжением 12 В и розетки ХS1.

Цепи освещения, отопления и сигнализации защищены плавкими предохранителями. Присоединение этих цепей к силовой цепи крана выполняется на участке между ящиком ввода Q1 и автоматом QF1.

Кран КБР-1. У крана КБР-1 электрические схемы (рис. 111, 112) привода механизмов передвижения крана по рельсовому пути и поворота выполнены так же, как и у крана КБ-271. На грузовой лебедке применен двухдвигательный привод переменного тока, состоящий из основного двигателя Мб с фазным ротором и вспомогательного двухскоростного двигателя MS с короткозамкнутым ротором.

Для привода грузовой тележки применен двухскоростной двигатель М1 с короткозамкнутым ротором, управляемый с помощью командоконтроллера S4.

В 1-м положении вперед или назад контактором KM25 включается обмотка статора низшей скорости двигателя М1 (8 пар полюсов) и грузовая тележка перемещается со скоростью 8,3 м/мин. При переводе рукоятки командоконтроллера во 2-е положение отключается контактор KM25 и включается контактор KM26, который подключает к сети обмотку статора высшей скорости (три пары полюсов). Скорость перемещения грузовой тележки при этом возрастает до 25 м/мин.

В электрической схеме крана предусмотрена возможность управления всеми механизмами с выносного пульта управления. Выносной пульт предназначен

только для работ, связанных с испытанием крана. Использование пульта для производства краном погрузочно-разгрузочных или строительно-монтажных работ категорически запрещено, так как при управлении механизмами с пульта срабатывание токовой защиты электродвигателей и срабатывание ограничителей грузоподъемности и высоты подъема крюковой подвески не вызовет отключения линейного контактора. Выбор места управления производится установкой переключателя в положение «к» (для управления из кабины) или в положение «л» (для управления с пульта).

Сигнальные лампы в кабине управления и HL2 на выносном пульте загораются при включении линейного контактора КМО.

При анализе электрической схемы силовой части электропривода подъема выявлены следующие недостатки: регулирование скорости вращения асинхронного двигателя с фазным ротором осуществляется реостатным методом, путем изменения скольжения. При этом значительная часть энергии теряется на добавочных сопротивлениях роторной цепи, что существенно снижает энергетические показатели привода. Плавность регулирования не высокая и определяется количеством ступеней включаемых резисторов. Кроме того, при реостатном регулировании уменьшается жесткость механических характеристик, что приводит к снижению диапазона регулирования скорости. В анализируемой схеме для получения малых скоростей подъема и спуска в приводе грузовой лебедки применена дополнительная асинхронная тормозная машина. Обеспечить режим работы электропривода подъема без представленных недостатков возможно применив систему асинхронного вентильного каскада.

2.4 Расчет мощности двигателя.

На кранах применяют главным образом трехфазные асинхронные двигатели переменного тока.

По способу выполнения обмотки ротора эти двигатели разделяют на электродвигатели с короткозамкнутым и с фазным роторами.

Двигатели с короткозамкнутым ротором применяются в электроприводе, где не требуется регулировать частоту вращения, или в качестве второго (вспомогательного) двигателя для получения пониженных скоростей механизмов крана. Недостатком электродвигателей с короткозамкнутым ротором является большой пусковой ток, в 5...7 раз превышающий ток двигателя при работе с номинальной нагрузкой.

Двигатели с фазным ротором используются в приводе, где требуется регулировать частоту вращения. Включение в цепь ротора пускорегулирующего реостата позволяет уменьшить пусковой ток, увеличить пусковой момент и изменить механическую характеристику двигателя.

Они имеют значительные преимущества перед двигателями других типов: возможности выбора мощности в широком диапазоне, получения значительного диапазона частот вращения с плавным регулированием и осуществления автоматизации производственного процесса простыми средствами; быстрота

пуска и остановки; большой срок службы; простота ремонта и эксплуатации; легкость подвода энергии.

Крановые двигатели предназначены для работы, как в помещении, так и на открытом воздухе, поэтому их выполняют закрытыми с самовентиляцией (асинхронные двигатели) или с независимой вентиляцией (двигатели постоянного тока) и с влагостойкой изоляцией.

Так как двигатели рассчитаны на тяжелые условия работы, их изготавливают повышенной прочности. Двигатели допускают кратковременные перегрузки и имеют большие пусковые и максимальные моменты, которые повышают номинальные моменты в 2.3...3.0 раза; имеют относительно небольшие пусковые токи и малое время разгона; рассчитаны на кратковременные режимы работы.

Исходя из всего вышеизложенного, для механизма подъема крана наиболее подходит трехфазный асинхронный двигатель переменного тока с фазным ротором в закрытом исполнении и рассчитанный на повторно-кратковременный режим работы.

2.5. Предварительный выбор мощности двигателя.

Предварительный выбор мощности двигателя для механизма подъема башенного крана осуществляется по формуле:

$$P = \frac{(Q + Q_0) \cdot V}{102 \cdot \eta}$$

где Q – вес поднимаемого груза (кг.)

Q_0 – вес грузозахватного приспособления,

$$Q_0 = 0.05 \cdot Q = 0.05 \cdot 5500 = 275 \text{ кг};$$

V – скорость подъема груза ($\frac{м}{сек.}$);

$$V = 18 \frac{м}{мин} = \frac{18}{60} = 0.3 \frac{м}{сек.};$$

η – коэффициент полезного действия механизма подъема.

$$P = \frac{(Q + Q_0) \cdot V}{102 \cdot \eta} = \frac{(5500 + 275) \cdot 0.3}{102 \cdot 0.84} = 20.22 \text{ кВт.}$$

По каталогу находим ближайшее значение мощности к полученному:

$$P_{н} = 22 \text{ кВт}$$

Исходя из расчётной мощности двигателя, выбираю для механизма подъема башенного крана асинхронный двигатель с фазным ротором серии МТ 51 – 8 с напряжением 380 В.

2.6 Определение приведённого момента электропривода.

Маховой момент системы электропривода, приведённый к валу двигателя из уравнения:

$$J = \alpha (J_{дв} + J_{тш} + J_{м}) + \frac{U_{рм}^2}{i^2} + 365 \frac{J V^2}{n_{дв}^2}$$

где: α – коэффициент, учитывающий маховые массы редуктора (находится по каталогу).

Обычно он лежит в пределах от 1.1 до 1.15.

В данном случае принимаем $\alpha = 1.1$.

$J_{дв}$ – момент инерции предварительно выбранного двигателя 4.4(кг· м²);

$J_{тш}$ – момент инерции тормозного шкива (кг· м²);

$$J_{тш} = 388 \text{ (кг· м}^2\text{) ;}$$

J_M – маховый момент соединительной муфты (кг· м²);

$$J_M = 1 \text{ (кг· м}^2\text{);}$$

$J_{рм}$ – максимальный момент рабочей машины (барабана) (кг· м²); ;

$$J_{рм} = m \cdot R^2$$

где m – масса барабана, $m = 334$ кг;

R – радиус барабана, $R = 0.2$ м.

следовательно, $J_{рм} = 334 \cdot 0.2^2 = 13.36$ (кг· м²);

U – сила сопротивления поступательно движущегося элемента (Н);

$$G = (Q + Q_0) \cdot g$$

где $Q+Q_0$ – вес поднимаемого груза с крюком (кг.);

g – ускорение свободного падения (постоянная величина), $g = 9.8$ м/с² ;

$$G = (Q + Q_0) \cdot g = (5500 + 275) \cdot 9.8 = 56595 \text{ Н.}$$

$n_{дв}$ – номинальная скорость вращения двигателя (об/мин) ;

$$n_{дв} = 723 \text{ об/мин.}$$

i – передаточное отношение

$$i = \frac{n_{дв}}{n_{рм}}$$

где $n_{рм}$ – скорость вращения рабочей машины (барабана)

$$n_{рм} = \frac{60 \cdot m \cdot V}{\pi \cdot D_б}$$

где m – число полиспастов ($m=2$);

$D_б$ – диаметр барабана ($D_б=0.4$ м)

$\pi = 3.14$

V – скорость поступательно движущегося элемента

$$n_{рм} = \frac{60 \cdot m \cdot V}{\pi \cdot D_б} = \frac{60 \cdot 2 \cdot 0.3}{3.14 \cdot 0.4} = 28.66 \quad \text{об/мин;}$$

$$i = \frac{n_{дв}}{n_{рм}} = \frac{723}{28.66} = 25.22$$

$$\begin{aligned} J &= \alpha \cdot (J_{дв} + J_{тш} + J_M) + \frac{J_{рм}}{i^2} + 365 + \frac{J_V}{n_{дв}^2} \\ &= 1.1(4.4 + 3.88 + 1) + \frac{13.36}{25.22^2} + 365 \cdot \frac{56595 \cdot 0.3^2}{723^2} \\ &= 12.84 \text{ (кг· м}^2\text{);} \end{aligned}$$

2.7 Определение приведенного момента сопротивления рабочей машины.

При подъеме груза величина момента сопротивления, когда поток энергии идет от двигателя к рабочей машине, находится из уравнения:

$$M_c = \frac{M_{pm}}{i \cdot \eta}$$

где i – передаточное отношение ($i = 25.22$);

η – к.п.д. передачи ($\eta = 0.84$)

M_{pm} – момент сопротивления на валу рабочей машины (н·м)

$$M_{pm} = \frac{(Q + Q_0) \cdot D_0}{2 \cdot m \cdot \eta}$$

где $Q + Q_0$ – вес груза с крюком (кг) ($Q + Q_0 = 5775$ кг)

D_0 – диаметр барабана ($D_0 = 0.4$ м)

m – число полиспадов ($m = 2$)

η – кпд электропривода ($\eta = 0.84$)

$$M_{pm} = \frac{(Q + Q_0) \cdot D_0}{2 \cdot m \cdot \eta} = \frac{5775 \cdot 0.4}{2 \cdot 2 \cdot 0.84} = 687.5 \text{ (н·м)}$$

$$M_c = \frac{M_{pm}}{i \cdot \eta} = \frac{687.5}{25.22 \cdot 0.84} = 32.45 \text{ (н·м)}$$

2.8. Определение времени пуска и торможения привода.

Время пуска и торможения двигателя определяется по формулам:

$$t_n = \frac{J}{375} \cdot \frac{n_{дв}}{M f_1}$$

$$t_m = \frac{J}{375} \cdot \frac{n_{дв}}{M f_2}$$

где J – маховый момент системы электропривода ($J = 12.84$);

$n_{дв}$ – частота вращения двигателя ($n_{дв} = 723 \text{ об/мин}$);

M_j – динамический момент электропривода

$$M_j = \pm Mg \pm M_c$$

Знак плюс у момента Mg берётся в том случае, когда двигатель работает в двигательном режиме, а знак минус – при тормозном режиме.

Знак плюс у момента сопротивления выбирается в том случае, когда рабочая машина помогает движению системы (при опускании груза), а знак минус, если рабочая машина мешает движению системы.

Величина момента двигателя находится из уравнения:

$$Mg = \beta M_n$$

где β – коэффициент, зависящий от типа двигателя и условия пуска.

Для двигателя постоянного тока и асинхронных двигателей с фазным ротором

$$\beta = 1.4 \div 1.6.$$

Для данного двигателя $\beta = 1.6$.

$$M_n = 975 \frac{P_n}{n_{дв}}$$

где M_n – номинальный момент двигателя

P_n – номинальная мощность двигателя ($P_n = 22$ кВт);

$n_{дв}$ – частота вращения двигателя ($n_{дв} = 723 \text{ об/мин}$)

$$M_n = 975 \cdot \frac{P_n}{n_{дв}} = 975 \cdot \frac{22}{723} = 29.67 \text{ (н·м)}$$

$$Mg = \beta \cdot M_n = 1.6 \cdot 29.67 = 47.47 \text{ (н·м)}$$

$$Mj_1 = Mg - M_c = 47.47 - 32.45 = 15.02 \text{ (н·м)}$$

$$Mj_2 = -Mg - M_c = -47.47 - 32.45 = -79.92 \text{ (н·м)}$$

Время пуска

$$t_n = \frac{J}{375} \cdot \frac{n_{дв}}{Mj_1} = \frac{12.84}{375} \cdot \frac{723}{15.02} = 1.64 \text{ с}$$

Время торможения

$$t_m = \frac{J}{375} \cdot \frac{n_{дв}}{Mj_2} = \frac{12.84}{375} \cdot \frac{723}{-79.92} = -0.31 \text{ с}$$

В дальнейших расчётах знак минус, стоящий у времени торможения, не учитывается.

2.9. Определение пути, пройденного рабочим органом за время пуска и торможения.

Путь, пройденный рабочим органом за время пуска и торможения, вычисляется по формулам:

$$S_n = \frac{t_n \cdot V}{2}$$

$$S_m = \frac{t_m \cdot V}{2}$$

где t_n – время пуска привода ($t_n = 1.64$ с);

t_m – время торможения привода ($t_m = 0.31$ с);

V – скорость поступательно движущегося элемента ($V = 0.3$ м/сек).

$$S_n = \frac{t_n \cdot V}{2} = \frac{1.64 \cdot 0.3}{2} = 0.25 \text{ м};$$

$$S_m = \frac{t_m \cdot V}{2} = \frac{0.31 \cdot 0.3}{2} = 0.05 \text{ м}.$$

2.10. Определение пути, пройденного рабочим органом с установившейся скоростью.

Путь, пройденный рабочим органом, с установившейся скоростью вычисляется по формуле:

$$S_p = H - (S_n + S_m)$$

где H – высота подъёма башенного крана – расстояние по вертикали от уровня стоянки крана до грузозахватного органа, находящегося в верхнем рабочем

положении. Под уровнем стоянки поднимается горизонтальная поверхность основания (например, поверхность головок рельсов для рельсовых кранов, путь перемещения гусеничных и пневмоколёсных кранов, нижняя опора самоподъёмного крана), на которую опирается неповоротная часть крана. (Принимаем $H = 16$ м)

S_n - путь, пройденный рабочим органом за время пуска ($S_n = 0.25$ м)

S_m - путь, пройденный рабочим органом за время торможения ($S_m = 0.05$ м)

$S_p = H - (S_n + S_m) = 16 - (0.25 + 0.05) = 15.7$ м.

2.11. Определение времени равномерного хода рабочей машины.

Время равномерного хода рабочей машины можно определить по формуле:

$$t_p = \frac{S_p}{V}$$

где S_p - путь, пройденный рабочим органом с установившейся скоростью ($S_p = 15.7$ м);

V - скорость поступательно движущегося элемента ($V = 0.3$ м/сек).

$$t_p = \frac{S_p}{V} = \frac{15.7}{0.3} = 52.3 \text{ с}$$

2.12. Определение времени паузы (исходя из условий технологического процесса).

Исходя из условий технологического процесса принимаем время паузы равным:

$$t_0 = 210 \text{ с} = 3.5 \text{ мин}$$

что удовлетворяет техническим требованиям выбранного двигателя.

2.13. Определение продолжительности включения.

Время одного включения двигателя, его работы и последующей остановки, называется рабочим циклом. Продолжительность цикла обычно не более 10 мин. Промышленность выпускает крановые электродвигатели, рассчитанные на 15, 25, 40 и 60% - ную относительную продолжительность включения.

Величина ПВ показывает, сколько времени двигатель находится включенным в течение цикла:

$$ПВ = \frac{\text{время работы}}{\text{время цикла}} = \frac{t_{\text{раб}}}{t_{\text{раб}} + t_0}$$

Обычно крановые двигатели рассчитаны на работу при 25% ПВ, но один и тот же двигатель может работать и при 15 % ПВ, и при 40% ПВ, но при этом должна соответственно изменяться его нагрузка.

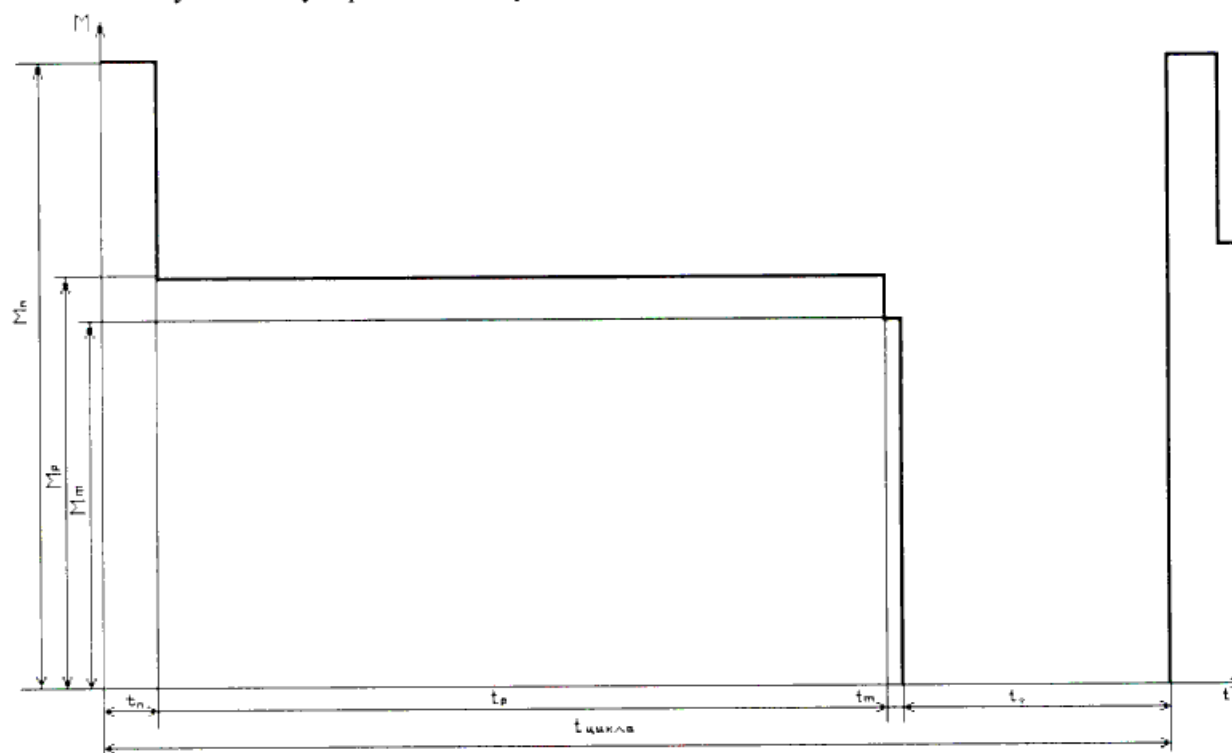
В данном случае

$$ПВ = \frac{t_{\text{раб}}}{t_{\text{раб}} + t_0} = \frac{t_n + t_p + t_m}{t_n + t_p + t_m + t_0} = \frac{1.64 + 52.33 + 0.31}{1.64 + 52.33 + 0.31 + 210} \cdot 100\% = 20\%$$

2.14. Построение нагрузочной диаграммы.

Нагрузочной диаграммой называется зависимость силы тока, момента, мощности в функции времени.

Для выбранного двигателя по полученным данным строим нагрузочную диаграмму $M = f(t)$ учитывая реальные времена протекания переходных процессов и величины пусковых и тормозных моментов, а также реальные значения пауз между временами работы двигателя.



где t_n - время пуска;
 t_p - время работы;
 t_m - время торможения;
 t_0 - время паузы.
 M_n - момент пуска;
 M_p - момент работы;
 M_m - момент торможения.

2.15. Определение мощности двигателя из условий нагрева.

Электрические машины не должны нагреваться свыше допустимых пределов. При перегреве машины изоляция обмоточных проводов быстро стареет, теряет изоляционные свойства, становится хрупкой и при дальнейшей работе может обуглиться, что может привести к короткому замыканию и выходу машины из строя.

По нагрузочной диаграмме определяем эквивалентный по нагреву момент двигателя за время его работы без учёта времени пауз

$$M_{\text{э}} = \sqrt{\frac{M_n^2 t_n + M_p^2 t_p + M_m^2 t_m}{t_n + t_p + t_m}}$$

где M_n и M_m – моменты, развиваемые двигателем при пуске и торможении.

Эквивалентная мощность

$$P_{\text{э}} = \frac{M_{\text{э}} \cdot n_{\text{ном}}}{975}$$

После этого производится пересчёт эквивалентной мощности на ближайшую, стандартную продолжительность включения

$$P_k = P_s \sqrt{\frac{ПВ_0}{ПВ_k}}$$

где $ПВ_0$ – действительная продолжительность включения двигателя

$ПВ_k$ – ближайшая по величине стандартная продолжительность включения по отношению к действительной ПВ.

Если полученная в результате расчёта мощность $P_k < P_n$ двигатель, который был предварительно выбран, по условиям нагрева проходит.

Если же $P_k > P_n$, то необходимо задаваться следующим габаритом двигателя и расчёт производить вновь.

Определяем эквивалентный момент:

$$M_э = \sqrt{\frac{M_n^2 t_n + M_c^2 t_p + M_m^2 t_m}{t_n + t_p + t_m}} =$$

$$= \sqrt{\frac{(38.57)^2 \cdot 1.64 + (32.45)^2 \cdot 52.33 + (28.85)^2 \cdot 0.31}{1.64 + 52.33 + 0.31}} = 32.63(\text{н} \cdot \text{м})^2$$

где $M_n = 1.3 M_{н1} = 1.3 \cdot 29.67 = 38.57$ (н · м)

$$M_m = \frac{k \cdot (Q + Q_0) \cdot D_б \cdot \eta}{2 \cdot m \cdot i}$$

где k – поправочный коэффициент ($k = 1.5$);

$(Q + Q_0)$ – вес груза с грузозахватным приспособлением;

$D_б$ – диаметр барабана;

m – число полиспастов;

i – передаточное отношение;

η – КПД привода.

$$M_m = \frac{1.5 \cdot 5775 \cdot 0.4}{2 \cdot 2 \cdot 25.22} \cdot 0.84 = 28.85(\text{н} \cdot \text{м})$$

Эквивалентная мощность:

$$P_s = \frac{M_э \cdot n_{ом}}{975} = \frac{32.63 \cdot 723}{975} = 24.2(\text{кВт})$$

$$P_k = P_s \sqrt{\frac{ПВ_0}{ПВ_k}} = 24.2 \cdot \sqrt{\frac{20}{25}} = 21.6(\text{кВт})$$

Поскольку $P_k = 21.6$ кВт $<$ $P_n = 22$ кВт то двигатель по условию нагрева проходит.

2.16. Проверка выбранного электродвигателя на перегрузочную способность и по пусковому моменту.

Выбранный по каталогу двигатель (МТ51-8) проверяется на перегрузочную способность на основании неравенства:

$$\lambda \cdot M_n > M_{\max}$$

где λ - перегрузочная способность двигателя (выбирается по каталогу), $\lambda = 3$;

M_n - номинальный момент ($M_n = 29.67$ кГ·м)

M_{\max} - максимальный момент двигателя (выбирается по каталогу), $M_{\max} = 85$ кГ·м.

Проверка по пусковому моменту осуществляется на основании неравенства:

$$0.7 \cdot \left(\frac{M_p}{M_n} \right) \cdot M_n > M_c$$

где $\left(\frac{M_p}{M_n} \right)$ - кратность пускового момента (берется из каталога), $\left(\frac{M_p}{M_n} \right) = 2.8$;

M_c - момент сопротивления ($M_c = 32.45$ н·м).

Если выбранный двигатель не проходит по перегрузке или пусковому моменту, то выбирается двигатель большего габарита, который удовлетворял бы этим неравенствам:

$$\lambda \cdot M_n > M_{\max}; \quad 3 \cdot 29.67 = 89 \text{ н·м}$$

двигатель проходит на перегрузочную способность

$$0.7 \cdot \left(\frac{M_p}{M_n} \right) \cdot M_n > M_c$$

$$0.7 \cdot 2.8 \cdot 29.67 = 58 \text{ кГ·м} > 32.45 \text{ н·м}$$

двигатель проходит по пусковому моменту.

2.17.Выбор данных двигателя по каталогу.

Выписываем каталожные данные двигателя МТ 51- 8

Величина	Обозначение	Значение
Продолжительность включения	ПВ	25%
Мощность на валу	$P_{н}$	22 кВт
Скорость вращения	$n_{дв}$	723 об/мин
Линейный ток статора	$I_{1н}$	56.5 А
Напряжение сети	U_1	380 В
Коэффициент мощности	K_p	0.7
КПД	η	0.84
Ток ротора	$I_{2н}$	70.5 А
Кратность максимального момента	$\frac{M_{max}}{M_{н}}$	3
Напряжение между кольцами ротора	U_2	197 В
Маховый момент ротора	$J_{дв}$	4.4 кг·м ²

Вывод по разделу два

Достаточно подробно представлено описание механической части и электрооборудования башенного крана, при анализе которого выявлены недостатки и предложены мероприятия по модернизации электропривода подъема. Рассмотрены приборы и устройства для безопасной работы крана.

В разделе выполнен поверочный расчет электродвигателя. Рассчитаны приведенные статические и динамические моменты, на основании которых проведена проверка двигателя по нагреву и перегрузочной способности. Произведен расчет статических механических характеристик. Доказано, что двигатель удовлетворяет поставленным требованиям привода подъема груза.

3. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Описание и принцип работы асинхронно- вентильного каскада.

Принцип регулирования скорости асинхронного двигателя в каскадных схемах заключается во введении в роторную цепь добавочной ЭДС $E_{доб}$. Ток ротора в этом случае определяется разностью векторов ЭДС ротора E_2 и добавочной $E_{доб}$:

$$I_2 = (E_2 - E_{доб}) / Z,$$

где Z – полное сопротивление роторной цепи.

Из записанного выражения следует, что изменяя величину $E_{доб}$, можно регулировать ток ротора, а следовательно, и момент двигателя, и в конечном итоге, скорость.

Исходя из удобства практической реализации, наиболее целесообразно в цепи ротора суммировать не трехфазную переменную ЭДС, а ЭДС постоянного тока. С этой целью в цепь ротора двигателя включается выпрямитель. Источником добавочной ЭДС тогда может служить либо машина постоянного тока (вентильно-машинный каскад), либо статический преобразователь, подключенный к питающей сети (вентильный каскад).

В АВК энергия скольжения вначале преобразуется в энергию постоянного тока, а затем инвертором $UZ2$ в энергию переменного тока фиксированной частоты. Трансформатор Tr предназначен для согласования выходного напряжения инвертора с напряжением сети. Для регулирования скорости АВК необходимо изменять величину ЭДС инвертора на стороне постоянного тока за счет изменения угла открывания тиристоров β .

Стремление заменять в вентильно-машинных каскадах вращающиеся электрические машины реализующие энергию скольжения, статическим преобразователем привело к созданию асинхронно-вентильного каскада.

Асинхронно-вентильный каскад состоит из асинхронного двигателя АД, вентильного преобразователя В, инвертора И и сетевого трансформатора ТР (рис. 3.1)

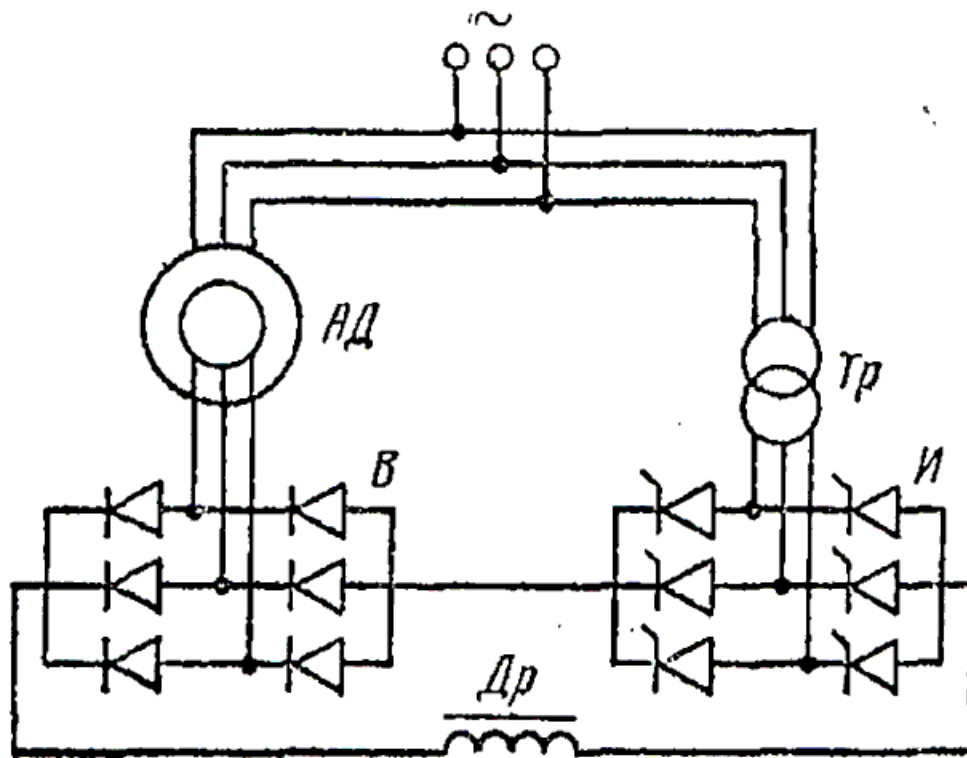


Рисунок 3.1

Эта схема относится к категории каскадов с промежуточным звеном постоянного тока и работает по тому же принципу, что и электрический вентиляльный-машинный каскад. Вентильный преобразователь В является неуправляемым и предназначен для выпрямления тока ротора, имеющего частоту скольжения. Затем выпрямленный ток с помощью инвертора И преобразуется в переменный ток частотой, равной частоте сети. Для сглаживания выпрямленного тока включен дроссель Др.

Принцип действия каскада заключается в следующем. В цепь выпрямленного тока ротора вводится с помощью инвертора И регулируемая добавочная э.д.с. $E_{доп}$.

При этом, выпрямленный ток определяется по формуле

$$I_d = \frac{E_{d0} S - E_{доп} \cos \beta - \sum \Delta U_B}{R_{\Sigma}}$$

Если выпрямитель и инвертор включены по трехфазной мостовой схеме, то э.д.с. ротора $E_{d0} = 2,34 E_{2к.ф.}$; инвертора $E_{d0} = 2,34 E_{2ф}$; U_B — суммарное падение напряжения в вентилях роторной и инверторной групп, β — угол регулирования инвертора.

Эквивалентное сопротивление роторной цепи

$$R_{\Sigma} = \frac{3x_{дв} s}{\pi} + \frac{3x_{тр}}{\pi} + 2R_{ис} + 2R_2 + R_{с.д} + 2R_{тр},$$

где $x_{тр}$, $R_{тр}$ ---реактивное и активное сопротивления трансформатора, приведенные к его вторичной обмотке.

В двигательном режиме при угловой скорости ниже синхронной поток энергии направлен от выпрямителя к инвертору и ток и напряжение выпрямительной цепи имеют одинаковое направление.

Момент АД равен

$$M = k\Phi I_p \cos \varphi_2,$$

где I_p ---ток ротора, а так как магнитный поток пропорционален э.д.с., то

$$M = k_1 E_{2к.ф} I_p \cos \varphi_2.$$

В произведение $E_{2к.ф} I_p \cos \varphi_2$ представляет собой активную мощность фазы ротора двигателя, или электромагнитную мощность, передаваемую вращающимся магнитным полем в расчете на одну фазу ротора.

Пренебрегая в первом приближении высшими гармониками тока ротора, можно выразить момент АД в вентильном каскаде (в пределах первого режима работы выпрямителя) следующим выражением:

$$M = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} E_{2к.ф} I_d \sin \frac{m}{\pi_1} (1 + \cos \gamma).$$

Зависимость I_d от s для вентильного каскада можно записать в виде

$$I_d = \frac{E_{d0}(s - \varepsilon \cos \beta + \gamma)}{R_3},$$

или

$$I_d = \frac{E_{d0}(s - s_0)}{R_3}.$$

При $I_d = 0$, пренебрегая U_b , имеем

$$s_0 = \frac{E_{d0и} \cos \beta}{E_{d0}},$$

где $s_0 = \varepsilon \cos \beta + \lambda$ ---скольжение идеального холостого хода (при $I_d = 0$), определяемое из режима непрерывных токов;

$$\varepsilon = E_{d0и}/E_{d0};$$

$$\lambda = \sum \Delta I_b / E_{d0};$$

При подстановке выражения I_d получаем зависимость

$$M = \frac{E_{d0п}^2 R_{30}}{\omega_0 R_3^2} (s - s_0).$$

$$R_{30} = \frac{3x_{дв}}{\pi} s_0 + \frac{3x_{тр}}{\pi} + 2R_{дв} + 2R_{тр}.$$

Формула дает приближенное аналогическое выражение для механической характеристики АД в схеме вентильного каскада, так как не учитывает момент от характеристик в области прерывистых токов.

Скорость холостого хода и соответствующее ей скольжение зависят от угла β ; при $\beta=90^\circ$ $S_{0\text{мин}} = \lambda$.

Примерные механические характеристики АД в относительных единицах в схеме вентильного каскада при различных углах β приведены 3.2.

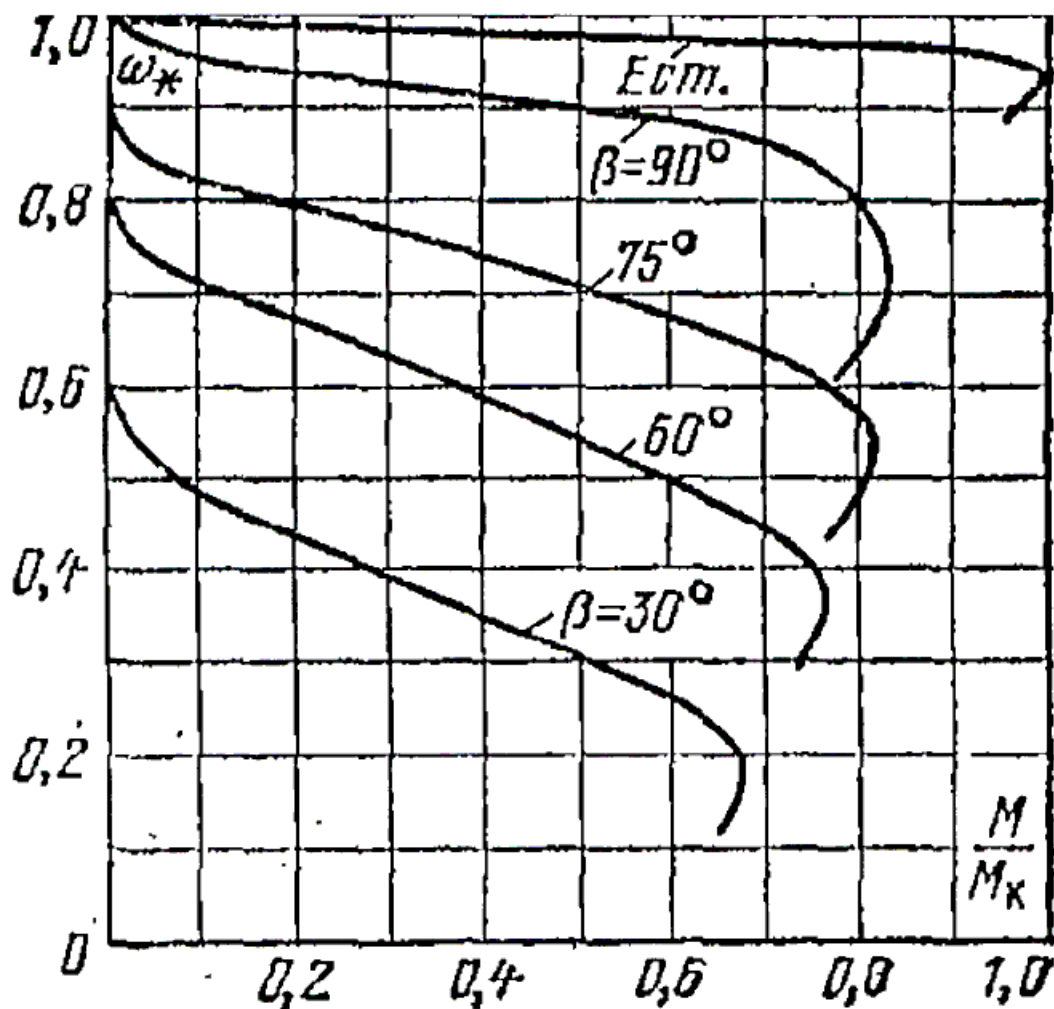


Рисунок 3.2.

Максимальный момент АД в естественной схеме включения

$$M_k \approx E_k / 2\omega_{0\text{хдв.}}$$

Тогда относительное значение момента

$$M_* = \frac{M}{M_k} = 3,64 \frac{x_{\text{дв}} R_{\text{с0}}}{R_s^2} (s-s_0)$$

Воспользовавшись выражением момента, взяв производную по s и приравняв ее нулю, найдем критическое скольжение

$$S_{\text{к.к}} = 2s_0 + \rho,$$

$$\text{где } \rho = \frac{1}{x_{\text{дв}}} \left[\frac{x_{\text{тр}}}{2} + \frac{2\pi}{3} (R_{\text{дв}} + R_{\text{тр}}) \right]$$

Получим выражение критического момента

$$M_{к0} = \frac{mE_{2к}^2}{4\pi\omega_0 x_{дв}} = 0,955 \frac{E_{2к}^2}{2\omega_0 x_{дв}}$$

Момент $M_{к0}$ может быть назван идеальным максимальным моментом, так как в реальных условиях такого момента двигатель не развивает. Значение идеального максимального момента, как видно из сопоставления формул, меньше максимального момента АД в обычной схеме включения примерно на 4,5% из-за дополнительного падения напряжения в цепи выпрямленного тока.

Формулы механической характеристики, идеального максимального момента, так же как и структура формулы критического скольжения для вентильного каскада, совершенно идентичны формулам для вентильно-машинного каскада. Повышенное падение напряжения в цепи выпрямленного тока обуславливает меньшую жесткость его механических характеристик.

Так же как и в случае вентильно-машинного каскада, приблизительно при $M_{1гр} = 0,75 M_{к0}$ выпрямитель вентильного каскада переходит в режим работы II (угол коммутации $\gamma = 60^\circ$, и появляется угол сдвига коммутации α_β). В режиме II внешняя характеристика выпрямителя оказывается падающей более круто, что приводит к резкому спаду скорости и уменьшению максимального момента каскада, не превышающему $0,826 M_{к0}$.

Подставив граничное значение тока $I_d = \sqrt{2}E_{2к}/4x_{дв}$, после преобразований получим:

$$M_{1гр} = 0,75 \frac{mE_{2к}^2}{4\pi\omega_0 x_{дв}} = 0,75 M_{к0}$$

Следовательно, в пределах первого рабочего режима момент, развиваемый двигателем, не превышает 0,75 идеального критического момента. Скольжение на границе рабочих режимов I и II определяется по формуле

$$S_{1гр} = (4_{s0} + \rho)/3.$$

Механические характеристики для значений моментов до $0,75 M_{к0}$ отвечают, при $M > 0,75 M_{к0}$ каскад переходит в режим работы II.

Проводят те же операции, что и для режима I и учитывая зависимость угла α_β от тока I_d для второго режима, выражаемую равенством

$$\sin(\alpha_\beta + 30^\circ) = \sqrt{2} \frac{x_{дв} I_{d0}}{E_{2к}}$$

Находим:

$$M_{i1} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1,35 E_{2к} I_d}{\omega_0} \cos(\alpha_\beta + 30^\circ).$$

Выразив $\cos(\alpha_\beta + 30^\circ)$ получим:

$$M_{i1} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1,35 E_{2к} I_d}{\omega_o} \sqrt{E_{2к}^2 - 2 X_{дв}^2 I_d^2},$$

или

$$M_{i1} = \frac{\sqrt{3}}{\omega_o} I_d \sqrt{E_{d0}^2 - \frac{m^2 X_{дв}^2}{\pi^2} I_d^2}$$

Другую запись формулы с момента двигателя при работе в режиме II можно получить, подставив I_d

Тогда

$$M_{i1} = \frac{1,35 \sqrt{6 E_{2к}^2}}{8 \omega_o X_{дв}} \cdot \sin(2\alpha_{в} + 60^\circ)$$

Следует, что максимальное значение момента двигателя в режиме работы II имеет место при $\alpha_{в}=15^\circ$:

$$M_{к.каскад II} = \frac{1,35 \sqrt{6 E_{2к}^2}}{8 \omega_o X_{дв}} = 0,826 \frac{E_{2к}^2}{2 \omega_o X_{дв}} = 0,826 M_{к.}$$

Следовательно, перегрузочная способность АД в схеме вентильного каскада снижается в сравнении с его перегрузочной способностью в естественной схеме включения примерно на 17%.

В режиме работы II ток I_d может быть найден из уравнения электрического равновесия

$$\frac{\sqrt{3}}{2} s \sqrt{E_{d0p}^2 - \frac{m^2 X_{дв}^2}{\pi^2} I_d^2} = E_{d0и} \cos \beta + 3 \Delta_{и} + I_d (3 X_{1p} / \pi + 2 R_{дв} + 2 R_{тр}).$$

Приравняв производную dM/ds нулю, найдем, что момент каскада максимален при значении выпрямленного тока:

$$|dI_i| = E_{2к} / 2 X_{дв}.$$

Определим максимальный момент каскада и критическое скольжение

$$S_{к.каскад II} = (2 \sqrt{2 s_0 + \rho}) / \sqrt{3}.$$

Таким образом, и в режиме II формулы для вентильного каскада идентичны формулам для вентильно-машинного каскада. Аналогично для вентильно-машинного каскада значения момента и скольжения, разделяющих режимы работы II и III выпрямителя имеют вид:

$$M_{II гр} = 0,75 M_{к0};$$

$$S_{II гр} = 2,31 s_0 + \rho$$

При большем значении скольжения наступает III, практически нерабочий, режим выпрямителя.

Регулировочные свойства каскада при уменьшении его скорости (уменьшении угла β) ограничены допустимым углом инвертирования, который должен составлять $\beta > \gamma_{и} + \delta$,

где δ — угол восстановления запирающих свойств вентиляей

$\gamma_{и}$ — угол коммутации инвертора.

Следовательно, снизу диапазон регулирования скорости ограничен как доступным углом инвертирования, так и перегрузочной способностью вентильного каскада; фактически перегрузочная способность вентильного каскада, начиная с некоторого значения угла β , падает по мере снижения скорости.

Асинхронно- вентильный каскад допускает только однозонное регулирование угловой скорости. Плавность регулирования практически не ограничена.

3.2 Разработка замкнутой системы асинхронного вентильного каскада.

3.2.1. Функциональная схема асинхронного вентильного каскада.

Механические характеристики каскадных электроприводов при параметрическом управлении отличаются невысокой жесткостью, что ограничивает диапазон регулирования скорости. Для обеспечения более высоких требований в отношении статической и динамической точности применяют замкнутые системы автоматического управления. Дополнив соответствующими обратными связями схемы разомкнутых каскадов, можно получить замкнутые системы управления. Для асинхронно-вентильного каскада функциональная схема с отрицательной обратной связью по скорости и току роторной цепи приведена на рисунке 3.4.

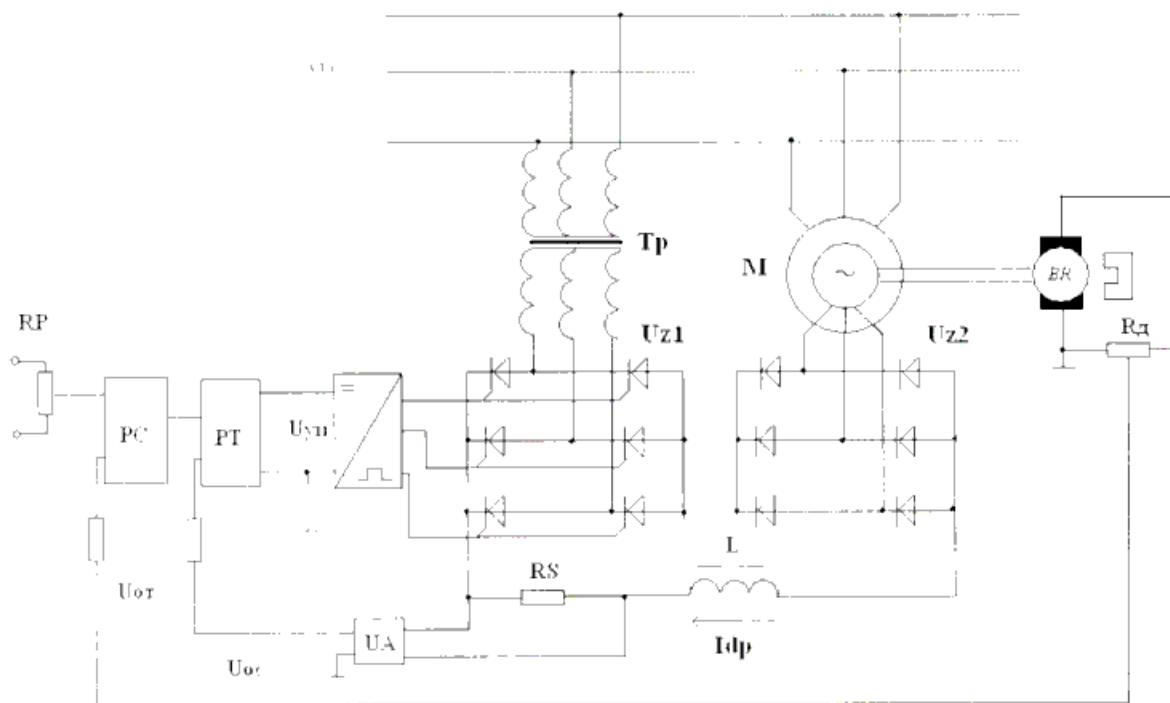


Рисунок 3.3. Функциональная схема АВК

3.3. Подчиненное регулирование координат в системе АВК

Замкнутые системы АВК реализуют не только с суммирующим усилителем, но и с подчиненным регулированием выпрямленного тока ротора асинхронного двигателя. Структурная схема такой системы приведена на Рисунок 3.5. Система

регулирования двухконтурная с внутренним контуром выпрямленного тока ротора и внешним контуром скорости.

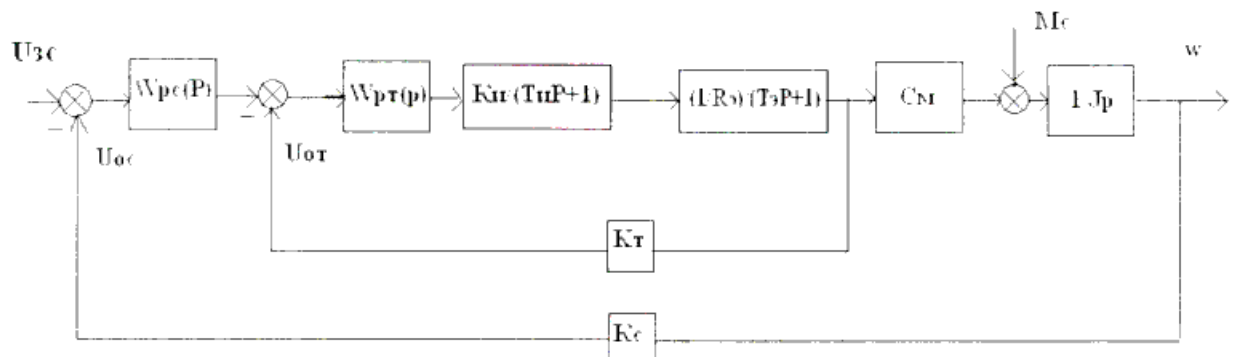


Рисунок 3.4. Структурная схема АВК

За малую некомпенсированную постоянную времени T_{ω} принимается сумма малых постоянных времени: инвертора с системой импульсно-фазового управления и фильтра датчика тока зависит от аппаратной реализации датчика тока.

Регуляторы тока АА и скорости АР обеспечивают компенсацию больших постоянных времени в соответствующих контурах регулирования. Пренебрегая внутренней обратной связью по ЭДС ротора, оптимизацию контура тока можно осуществить по техническому оптимуму. Компенсации подлежит инерционность звена с передаточной функцией

$$W_k(p) = K_u / [R_s(T_s p + 1)]$$

Используя методику синтеза регуляторов, принятую для приводов постоянного тока, найдем передаточную функцию регулятора тока:

$$W_{rt} = R_s(T_s p + 1) / 2T_{\omega} p K_u K_t$$

В связи с тем что R_s и T_s зависят от скольжения, то для учета этого следовало бы выполнить регулятор тока с переменными параметрами, зависящими от S . Настройка регулятора тока должна производиться при таких значениях R_s и T_s , чтобы при отклонении от оптимальной настройке запас устойчивости контура тока не снижался.

Передаточная функция оптимизированного регулятора скорости будет иметь вид:

$$W_{rc}(p) = J p K_t / 4T_{\omega} p C_m K_c$$

Регулятор скорости при настройке на технический оптимум получается пропорциональным. Полученные передаточные функции аналогичны соответствующим передаточным функциям для двухконтурной системы подчиненного регулирования ЭП постоянного тока.

$$\omega = (U_{zc} / K_c) - ((4T_{\omega} E_{dpo} / J) M_c)$$

Если такой перепа скорости не удовлетворяет требованиям производственного механизма, то оптимизацию контура скорости так и в приводах постоянного тока проводят по симметричному оптимуму, в результате чего регулятор скорости получается пропорционально-интегральным. При этом система АВК становится двукратно-интегрирующей, имеющей астатическую механическую характеристику со скоростью

$$\omega = (U_{zc}/K_c)$$

3.4. Расчет элементов силовой части

Номинальные данные двигателя:

$P_n=75\text{кВт}$, $n_n=970$ об/мин, $n_0=1000$ об/мин, $J=25,00$ кг*м², $I_2=200\text{А}$, $E_{2n}=250\text{В}$,
 $R_2=0.038$ Ом, $R_1=0,042$ Ом,

Параметры инвертора:

$U_{dn}=460\text{В}$, $I_{dn}=800\text{А}$, $X_{тр}=0,016$ Ом, $R_{тр}=0.06$ Ом. $L_{др}=2.3*10^{-3}$ Гн,
 $R_{др}=4,7*10^{-3}$ Гн

Расчет параметров структурной схемы:

$$E_{dpo}=1.35*K_c*E_{2n}=1.35*1.1*250=371.25 \text{ В}$$

K_c - коэффициент повышения напряжения сети,

$K_c=1,1-1,15$ Ер.н. -номинальное напряжение ротора

(при неподвижном роторе)

Коэффициент пропорциональности между моментом и током двигателя, В

$$C_m := \frac{\left[U_{dnom} - m_e \cdot X_d \cdot \left(\frac{I_{dsr}}{2\pi} \right) \right]}{\omega_0}$$

$$C_m := \frac{\left[371.325 - 6 \cdot 0.285 \cdot \left(\frac{245.399}{2\pi} \right) \right]}{104.72} = 2.908$$

Где

$$I_{dsr} := \frac{I_n}{0.815}$$

$$X_d = X_2 + X_1/K_e^2 = 0.202 + 0.12/1.444 = 0.18 \text{ Ом}$$

$$I_{dsr} := \frac{200}{0.815} = 245.399$$

Эквивалентное сопротивление цепи выпрямленного тока ротора:

					140400.2016.088.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		40

$$R_e := 2R_{1p} \cdot s + 2 \cdot R_2 + \left[\frac{(m_e \cdot X_d \cdot s)}{2\pi} \right] + R_{dr} + 2R_t + \left[\frac{(m_i \cdot X_t)}{2\pi} \right]$$

$$R_e := 2 \cdot 0.031 \cdot 0.04 + 2 \cdot 0.02 + \left[\frac{(6 \cdot 0.2850 \cdot 0.04)}{2\pi} \right] + 5.1 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 0.08 + \left[\frac{(6 \cdot 0.082)}{2\pi} \right] = 0.297 \text{ Где } s -$$

номинальное скольжение в каскаде увеличится до 0.04

Эквивалентная постоянная времени цепи выпрямленного тока:

$$T_s = L_s / R_s = 4.869 \cdot 10^{-3} / 0.297 = 0.016 \text{ с}$$

Где

$$L_s = 2L_{d1} + L_{dr} + 2L_t = 2 \cdot 0.18 + 5.1 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 0.082 = 2.57 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

$$L_{d1} = (2X_{d1}) / 3.14 = 2 \cdot 0.18 / 3.14 = 0.195$$

$$L_t = (2X_{tr}) / 3.14 = 2 \cdot 0.016 / 3.14 = 0.01$$

Коэффициент передачи инвертора в районе рабочей точки $K_{ii} = 47$. Постоянную времени инвертора T_{ii} принимаем равной $4 \cdot 10^{-3}$ с

Значения коэффициентов обратных связей по току и скорости:

$$K_T = U_{zt \max} / I_{dr \max} = 10 / (2 \cdot 245.399) = 0.02 \text{ Ом}$$

$$K_c = U_{zc \max} / \omega_0 = 10 / 101.578 = 0.1 \text{ В} \cdot \text{с}$$

Далее стоит задача синтеза регуляторов. Задача синтеза заключается в определении параметров и структуры контурных регуляторов. Синтез осуществляется по стандартной методике и заключается в следующем:

- 1) Синтез регуляторов производится последовательно, начиная с регулятора внутреннего контура (в нашем случае - контура тока). После этого синтезируются регуляторы внешних контуров (в нашем случае, соответственно, контура скорости).
- 2) Каждый контурный регулятор выполняется в виде последовательного корректирующего устройства, обеспечивающие желаемые свойства данной локальной системы регулирования.

Настроим регулятор тока на модульный оптимум. Передаточная функция разомкнутой системы, настроенной на модульный оптимум:

$$G(p) = 1 / [2T_{ii}p(T_{ii}p + 1)]$$

Передаточная функция замкнутой системы:

$$\Phi(p) = 1 / [2T_{ii}(T_{ii}p + 1) + 1]$$

В нашем случае передаточная функция объекта управления для регулятора тока будет представлять произведение передаточных функций инвертора, электрической части двигателя, датчика в цепи обратной связи по току. Некомпенсированная постоянная времени T_{μ} будет равна постоянной времени инвертора $T_{и}$:

$$W_{pi}(p) [K_t K_{и} / (T_{и}p+1)][1/R_s/(T_s p+1)] = 1/[2T_{и}p(T_{и}p+1)]$$

$$W_{pi}(p) = 1/[2T_{и}p(T_{и}p+1)] / [K_t K_{и} / (T_{и}p+1)][1/R_s/(T_s p+1)] =$$

$$= 0,016 * 0,016p + 0,016/2 * 47 * 0,0227 * 0,004p =$$

$$= 0,0068p + 0,016/0,00853p$$

Регулятор тока получился пропорционально-интегральным. Настроим регулятор скорости на симметричный оптимум. Его передаточная функция в этом случае будет:

$$W_{pc}(p) = (8T_{и}p+1)JK_T/32T_{и}^2 * C_m * K_c * p =$$

$$= (8 * 0,0035p + 1) * 0,016 * 2,85 / 32p * 0,0035^2 * 2,908 * 0,079 =$$

$$= 0,035p + 0,5675 / 0,0035p$$

3.5. Моделирование с помощью программы MATLAB

Используя полученные параметры объектов управления и регуляторов смоделируем систему в программе MathLab: рисунок 3.6

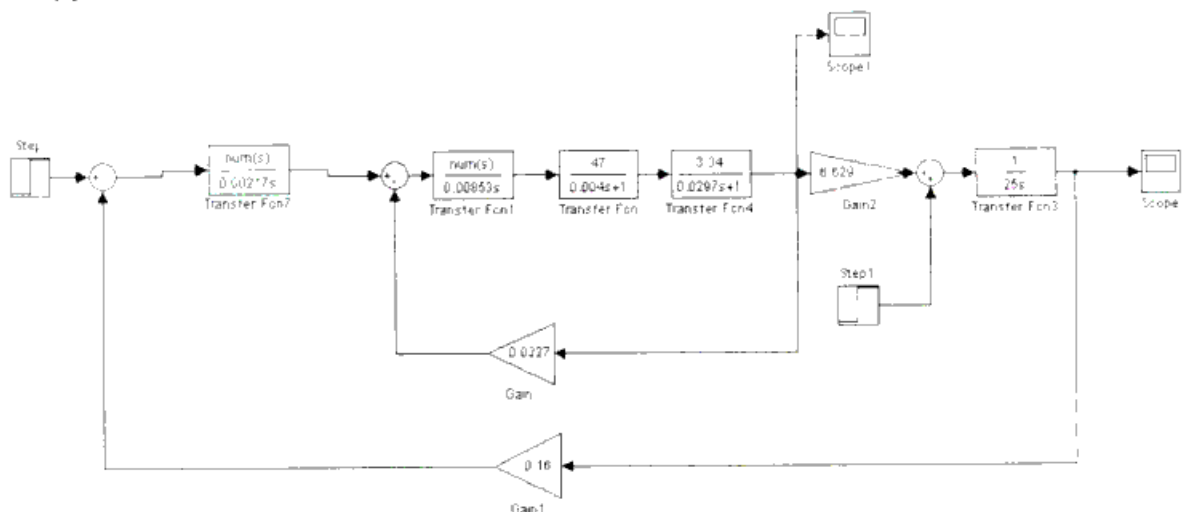


Рисунок 3.5 Структурная схема в программе MATLAB

В данной модели снимем графики стабилизации тока и скорости при следующих условиях:

- 1) Без подачи нагрузки;

- 2) С подачей нагрузки через время $t=0.4$;
- 3) С подачей нагрузки непосредственно в момент пуска.

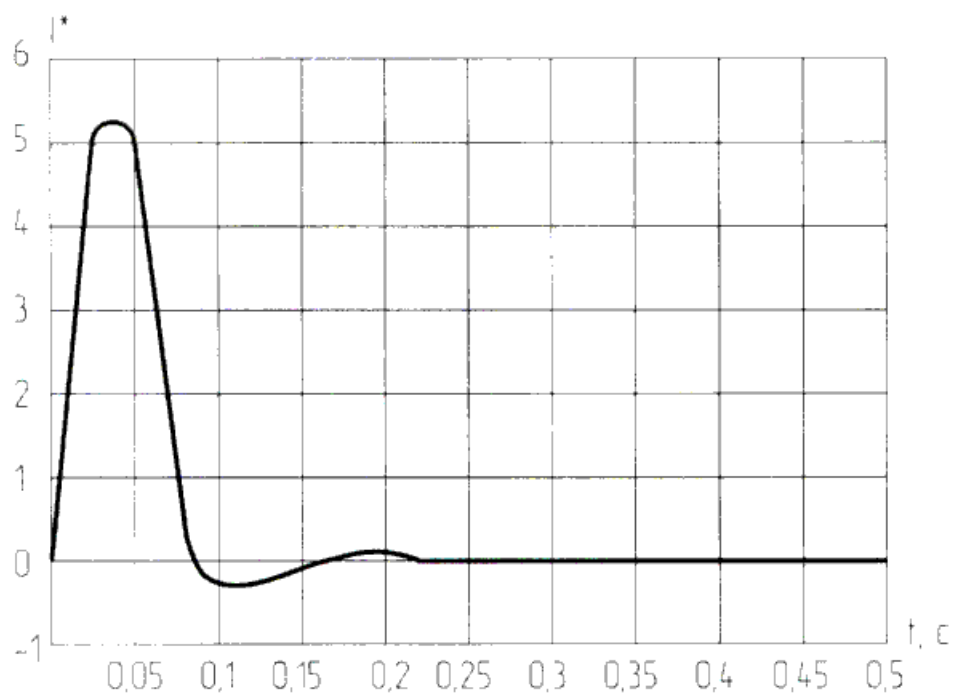


Рисунок 3.6 График переходного процесса тока без нагрузки

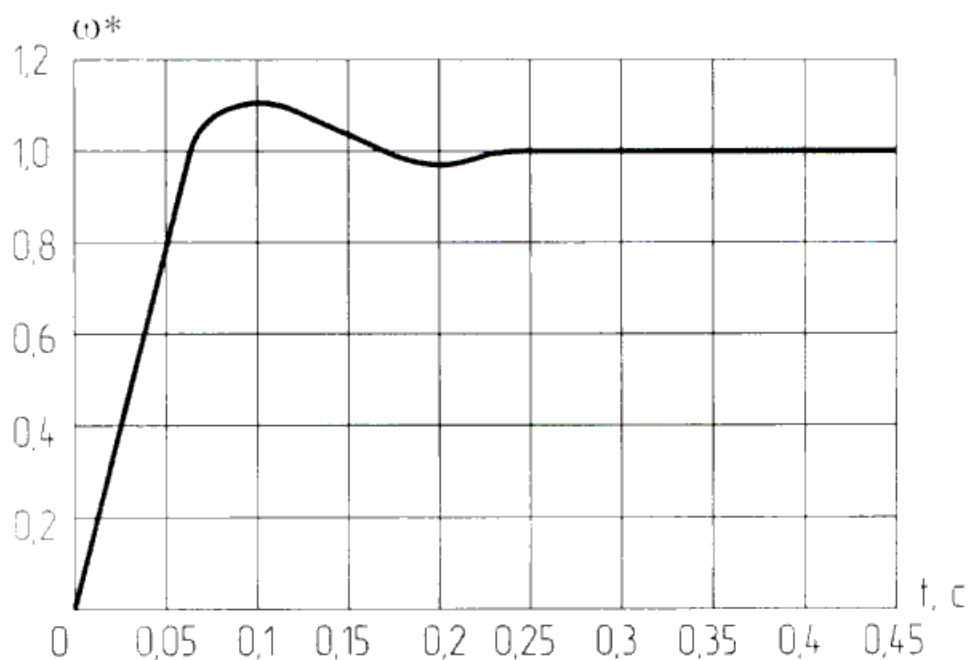


Рисунок 3.7 График переходного процесса скорости без нагрузки

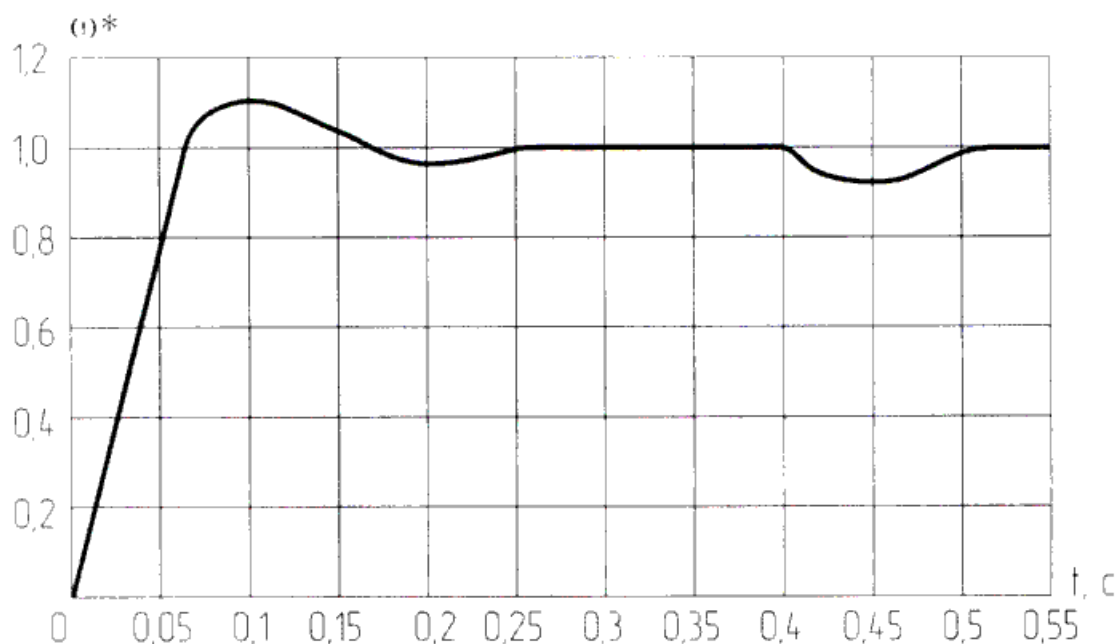


Рисунок 3.8 График переходного процесса скорости при набросе нагрузки
 Типовой переходный процесс по управляющему воздействию имеет следующие показатели качества:

- время достижения максимума – 0,1с;
- время переходного процесса – 0,25с;
- перерегулирование по скорости – 0,08 ;

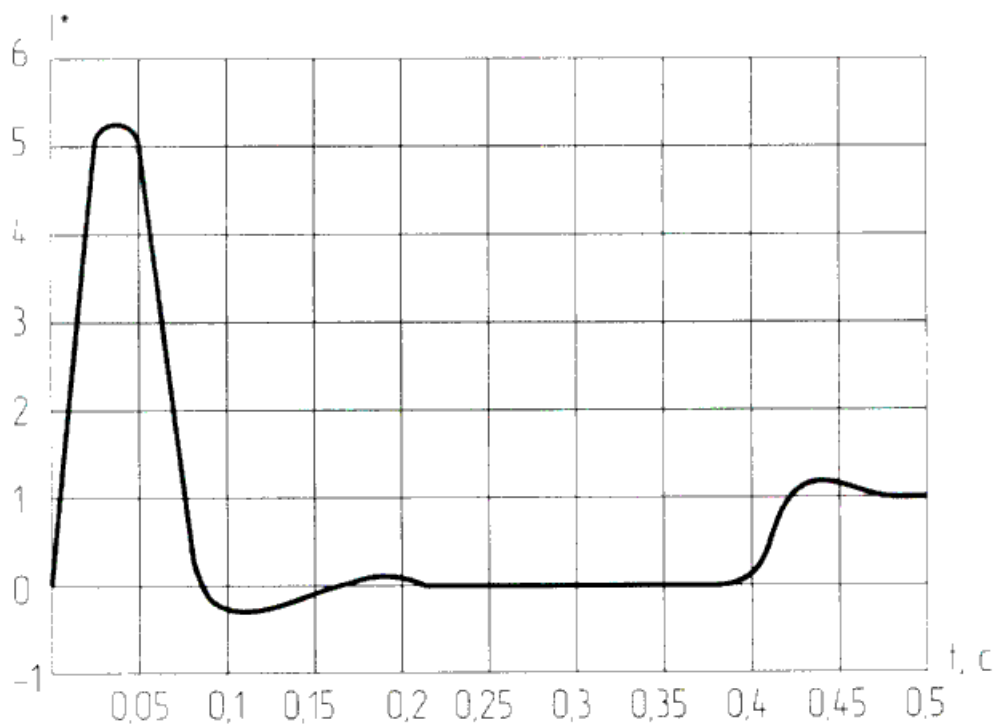


Рисунок 3.9 График переходного процесса тока при набросе нагрузки

Для ограничения параметров введем в схему нелинейность, которая будет представлять собой звено с насыщением. Верхний предел +10; нижний предел -10.

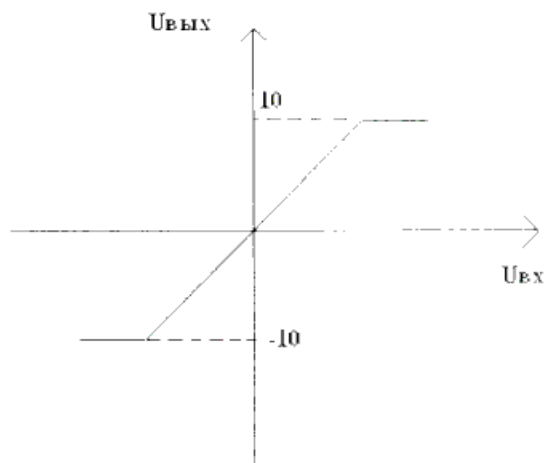


Рисунок 3.10 Передаточная функция нелинейного элемента

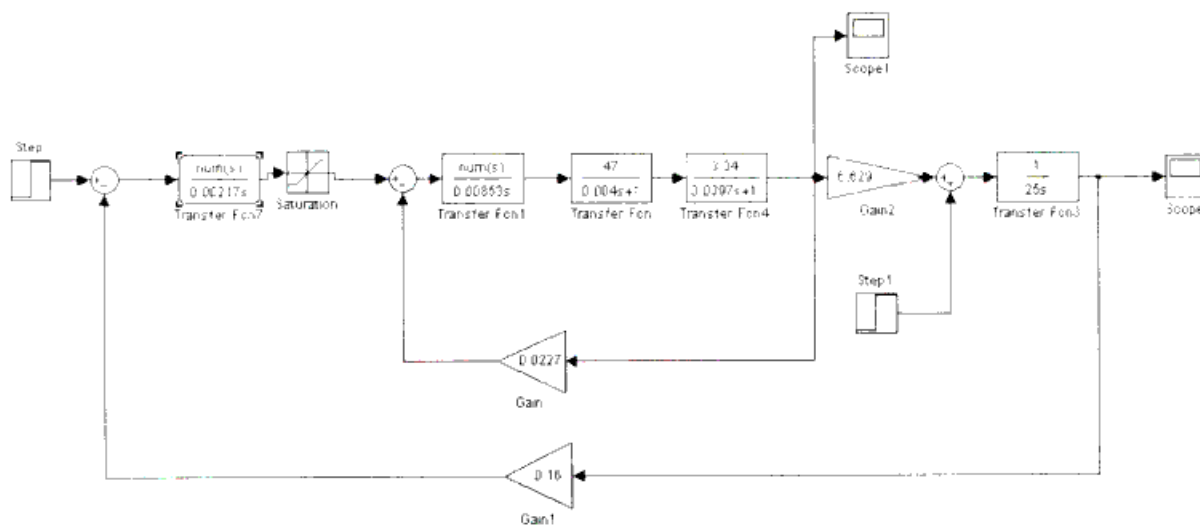


Рисунок 3.11 Структурная схема АВК с нелинейностью

В данной модели снимем графики переходного процесса тока и скорости при следующих условиях:

- 1) Без подачи нагрузки;
- 2) С подачей нагрузки через время $t=0.4$;

Полученные графики стабилизации тока и скорости без нагрузки и под нагрузкой приведем на рисунках.

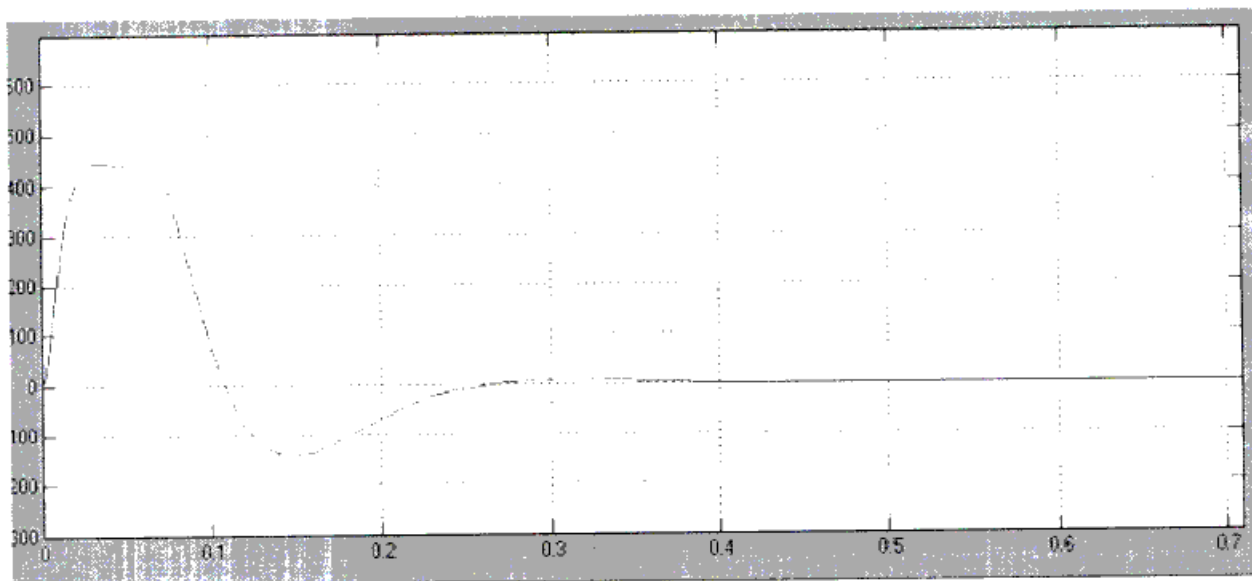


Рисунок 3.12 Переходный процесс тока в схеме с нелинейностью без нагрузки

При некоторых значениях выходного сигнала регулятора скорости, соответствующих линейной части характеристики нелинейного элемента, выходной сигнал равен или пропорционален выходному сигналу регулятора скорости. Если же выходной сигнал регулятора скорости выходит за пределы линейного участка, то нелинейный элемент переходит в режим насыщения, при этом его выходной сигнал имеет постоянную ограниченную величину.

Недостатком данного способа регулирования является то, что САР становится существенно нелинейной. При этом в общем случае не гарантируется нормированный характер переходных процессов, присущих линейным структурам подчиненного регулирования. Затягиваются во времени переходные процессы.

3.6 Выбор датчиков обратной связи

Устройство предназначено для моментального преобразования скорости ротора в пропорциональное значение электрического напряжения. Тахогенераторы используются в качестве датчиков контроля и измерения скорости и являются информативной электрической машиной.

Они представляют собой микромашины для обеспечения стабильности технологических процессов и повышения качества получаемой продукции, а также для увеличения чувствительности систем, предназначенных для автоматического управления.

По своим конструктивным особенностям тахогенераторы аналогичны устройству конструкции электродвигателя постоянного тока. Возбуждение производится от постоянных магнитов и от электромагнитов.

Работа устройства заключается в пропорциональном отношении скорости вращения вала генератора к его электродвижущей силе (ЭДС). Величина потока возбуждения сохраняется неизменной.

Виды тахогенераторов:

- тахогенераторы асинхронного типа;

- синхронные тахогенераторы, используемые в сети переменного тока;
- машины индукционные типа, с возбуждением от постоянного магнита (тока).

Индукционные тахогенераторы переменного тока

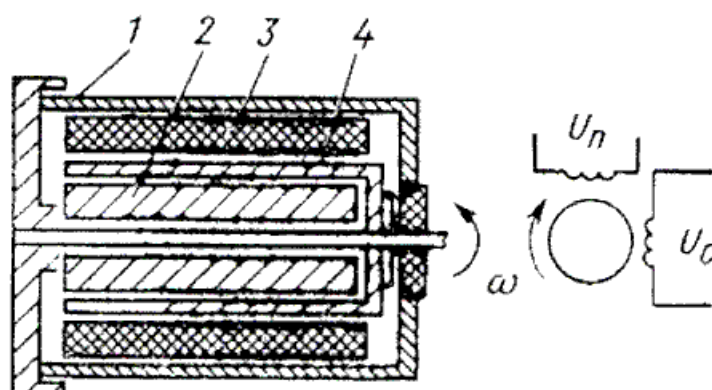


Рисунок 3.11

Индукционные тахогенераторы переменного тока.

Устройства этого типа аналогичны машине постоянного тока с независимым возбуждением, осуществляемым от постоянных магнитов. Для этих машин характерна изменчивая величина передаточного коэффициента, это происходит по причине того, что щеточный контакт имеет нелинейное сопротивление. Реакции якоря создает неравномерность магнитной индукции в зазорах генератора, особенно при малом и наибольшем значении скорости.

Снижение нелинейности происходит за счет использования металлизированных обмедненных щеток, для которых характерно малое падение значения напряжения. Нелинейность, по причине реакции якоря, понижается за счет ограничения скорости и повышением величины сопротивления нагрузки.

На качество работы данного устройства оказывают влияние погрешности в технологическом плане и из-за конструктивных особенностей тахогенератора. В них входят:

- пульсирующие скачки напряжения в коллекторе, зависящие от количества составляющих пластин коллектора;
- зубчатая конструкция якоря;
- несимметрия воздушного зазора влечет к обратным пульсациям.

При невысокой скорости вращения, из-за этих погрешностей происходит искажение выходного сигнала, понижение значения частоты и повышается амплитуда, что способствует ограничению скоростной нижней границы тахогенератора. Для повышения качества работы и сглаживания пульсаций, в конструкции тахогенератора применяют повышенное количество пластин в коллекторе. Также используются якоря, в конструкции которых применяются пазы, особенность их заключается в скосе на одно зубчатое деление. Воздушный зазор увеличивается.

Для достижения высокой точности, конструкция тахогенератора выполняется с якорем, в котором отсутствуют пазы. Дополнительное подключение конденсаторной батареи способствует снижению пульсаций, конденсатор служит в качестве высокочастотного фильтра.

Синхронные тахогенераторы

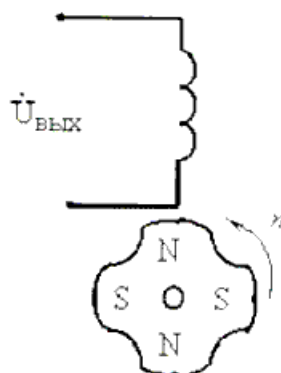


Рисунок 3.12

Синхронные тахогенераторы аналогичны по внешнему виду синхронной машине малой мощности с магнитоэлектрическим возбуждением, небольших габаритных размеров ротор, которой используется в качестве постоянного магнита. В этом случае, для сглаживания амплитуды и частоты, которые по отношению к скорости вращения пропорциональны, используются полупроводниковые выпрямители.

Этот тип тахогенератора можно охарактеризовать переменной частотой, это представляет затруднение для применения в схемах стандартного предназначения, переменного тока. Он отличается нечувствительностью к изменению направления вращения вала двигателя. В синхронных тахогенераторах используется большое количество пар полюсов. По этой причине, синхронные тахогенераторы применяются для электроприводов с небольшой скоростью вращения вала профиля, благодаря этому получается необходимая ЭДС. Снижение зубцовых пульсаций происходит за счет использования сглаживающего фильтра.

Достоинства синхронных тахогенераторов:

- виброустойчивость;
- пыле- и влагозащищенность;
- взрывобезопасность.

Асинхронный тахогенератор

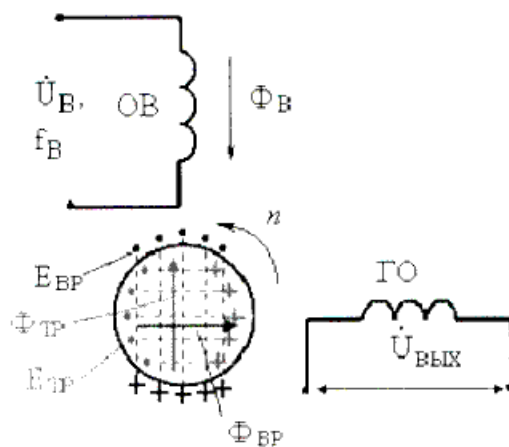


Рисунок 3.13

Тахогенератор асинхронного типа по конструктивным особенностям аналогичен двухфазному исполнительному электродвигателю с короткозамкнутым тонкостенным ротором «беличья клетка». Питание осуществляется от электрической сети напряжения переменного тока и подается на обмотку возбуждения.

Выходная обмотка наводит двойное ЭДС, первая ЭДС со значением переменного тока трансформаторного типа (изнутри ротора), вторая ЭДС, вращения (с внешней стороны ротора). Первая ЭДС под воздействием токов создает результирующий продольный магнитный поток. При воздействии второй ЭДС, токи создают свой магнитный поток, наводящий в обмотке тахогенератора – ЭДС выходы.

Частота и амплитуда синусоиды электрической переменной сети относится пропорционально к количеству оборотов вращения ротора генератора. Чтобы изменить направления вращения, необходимо поменять выходную фазу на противоположную.

Использование тахогенераторов нашло применение в автоматических устройствах и в системах управления в виде безинерционного элемента. Для систем, в которых величина выхода является углом поворота, тахогенератор выступает в качестве абсолютного дифференциатора. В электрической цепи, к которой присоединен тахогенератор – электромагнитная инерция принимается в качестве добавочного апериодического звена.

Выбор датчика скорости

Тахогенератор ТМГ-30 УЗ

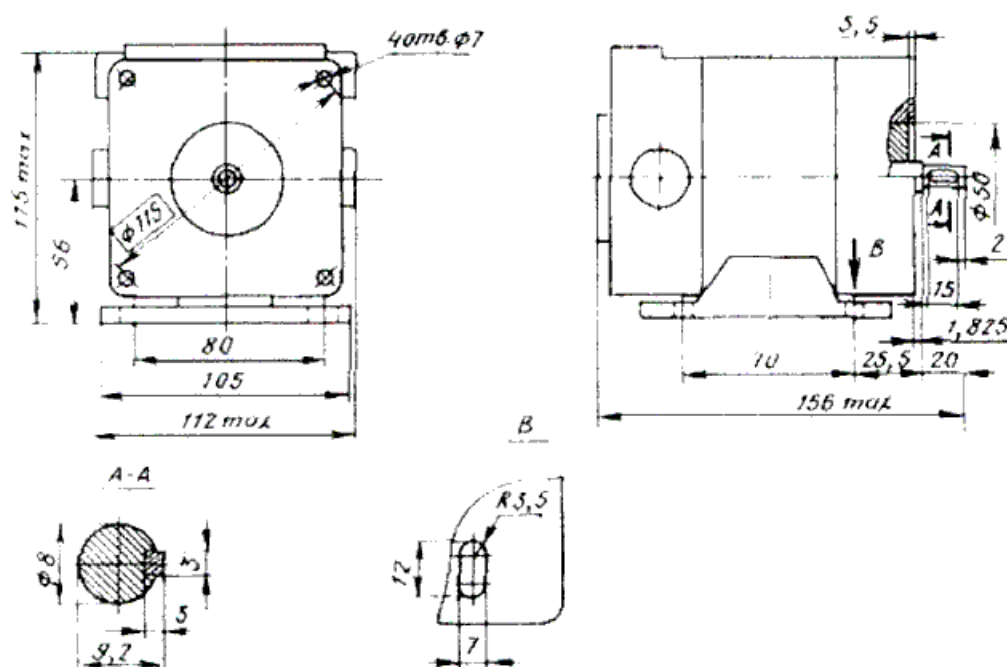


Рисунок 3.15

Технические характеристики: 30Вт, 57,5 МВ/об/мин, 110В, 1,76кОм, 4000 об/мин, исполнение ИМ 2101 (с одним концом вала, фланец, на лапах)

Тахогенераторы ТМГ-30 предназначены для работы в качестве датчиков в системах автоматического регулирования частоты вращения приводов различных стационарных установок. Тахогенераторы ТМГ-30 и ТМГ-30П могут быть использованы также в качестве измерителей скорости вращения. Тахогенераторы ТМГ-30П являются маломощными машинами постоянного тока. Более подробные технические параметры тахогенератора ТМГ-30ПУЗ можно посмотреть в характеристиках.

Характеристики

Тахогенераторы ТМГ-30 УЗ

Технические характеристики: 30Вт, 57,5 МВ/об/мин, 110В, 1,76кОм, 4000 об/мин, исполнение ИМ 2101 (с одним концом вала, фланец, на лапах)

Тахогенераторы ТМГ-30 предназначены для работы в качестве датчиков в системах автоматического регулирования частоты вращения приводов различных стационарных установок. Тахогенераторы ТМГ-30 и ТМГ-30П могут быть использованы также в качестве измерителей скорости вращения. Тахогенераторы ТМГ-30П являются маломощными машинами постоянного тока. Более подробные технические параметры тахогенератора ТМГ-30ПУЗ можно посмотреть в характеристиках.

Марка тахогенератора ТМГ-30 УЗ

Номинальная мощность, Вт: 30

Крутизна выходного напряжения, мВ/об/мин: 115 \pm 15%

Номинальное сопротивление нагрузки, кОм: 7,23 \pm 2%

Номинальная частота вращения, об/мин: 4000

Номинальный ток возбуждения: 130 \pm 8

Нелинейность выходного напряжения, %: \pm 1

				140400.2016.088.000 ИЗ		Лист
ИЗМ	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		50

Асимметрия выходного напряжения, %: +/-2

Пульсация выходного напряжения, % (при частоте вращения от 4000 до 50 об/мин): 5

Исполнение тахогенератора: IM 2101, с одним концом вала, с фланцем и на лапах

Масса тахогенератора: 3,3 кг.

Напряжение возбуждения, В: 110

Тахогенератор ТП-80-20-02

Технические характеристики: 20мВ/(об/мин), 3000-6000об/мин, 10кОм

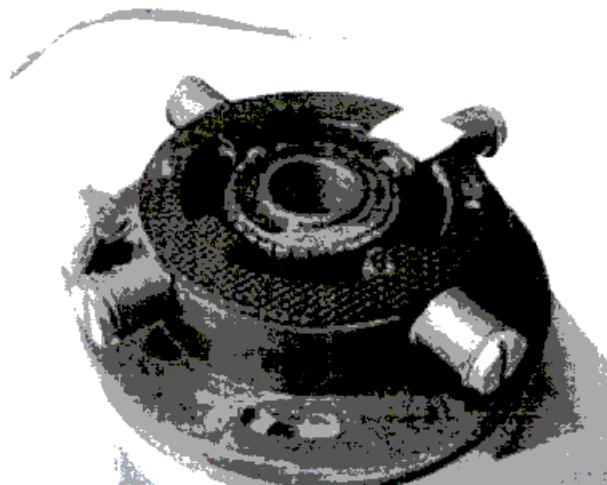


Рисунок 3.16

Тахогенератор ТП-80-20-0,2 предназначен для комплектации электродвигателей, работающих в широкорегулируемых электроприводах постоянного тока.

Характеристики

- Марка тахогенератора: ТП-80-20-02
- Номинальная мощность, Вт: 0,37-30
- Крутизна выходного напряжения, мВ/об/мин: 20
- Номинальное сопротивление нагрузки, кОм: 10
- Номинальная частота вращения, об/мин: 3000-6000
- Масса тахогенератора: 0,5 кг.
- Тип тахогенератора: ТП

Выбор датчика тока

Основными критериями выбора датчика тока для обеспечения обратной связи в системе управления электроприводом являются [16]:

- а) гальваническая развязка;
- б) возможность сопряжения с микроконтроллером без дополнительных затрат на преобразование сигнала и программную часть.

Рассмотрим распространенные типы датчиков тока.

					140400.2016.088.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		51

Наиболее простой и точный способ измерения тока — измерительный шунт. Как известно, при протекании тока через активное сопротивление, на нем происходит падение напряжения, пропорциональное измеряемому току. Схема измерения показана на рисунке 3.17

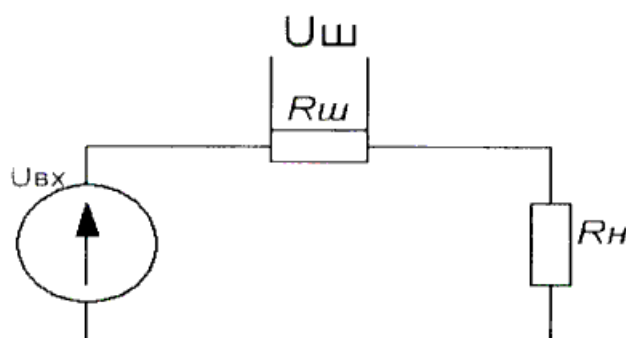


Рисунок 3.17 — Датчик тока — токовый шунт

Соответственно в зависимости от требуемого напряжения на выходе датчика подбирается нужное сопротивление шунта. Однако, падение напряжения на шунте приведет к потерям мощности, выделяемым в тепло, соответственно, при больших токах, значения напряжения с датчика небольшие. Для измерения тока с помощью таких шунтов требуется использовать операционные усилители. При этом, средний коэффициент усиления составляет 20-40, что позволяет использовать широко-распространенные операционные усилители. В некритичных цепях постоянного тока можно воспользоваться и усилительным каскадом на базе одного транзистора. Достоинствами измерительного шунта являются: высокая точность, широкий диапазон напряжений и частот, измеряет постоянный и переменный ток.

- Недостатки: отсутствует гальваническая развязка; низкий КПД.
- Измерительный трансформатор тока представляет собой трансформатор, первичная обмотка которого подключается к источнику тока, а вторичная замыкается на измерительные приборы или устройства защитной автоматики.
- Трансформаторы тока используются для измерения токов в силовых цепях, зачастую я высоким потенциалом. Основная проблема трансформаторов тока заключается в том, что они могут измерять только переменное напряжение.
- Трансформатор тока всегда нагружается. Если вторичная обмотка трансформатора тока окажется разомкнутой, то на ней возникнет потенциал в пару тысяч киловольт, который может привести к травмированию персонала и выведет из строя прибор, вызвав пробой его изоляции.
- Диапазон измеряемых токов — от десятков до тысяч ампер, но они страдают от невысокой точности.

- Трансформатор тока всегда наружу дается. Если вторичная обмотка трансформатора тока окажется разомкнутой, то на ней возникнет потенциал в пару тысяч киловольт, который может привести к травмированию персонала и выведет из строя прибор, вызвав пробой его изоляции.
- Диапазон измеряемых токов — от десятков до тысяч ампер, но они страдают от невысокой точности.
- Достоинства: гальваническая развязка, работа с большими токами в тысячи Ампер.
- Недостатки: измеряет только переменный ток в определенном диапазоне частот (кроме катушки Роговского), изменяет фазу сигнала и требует компенсации.
- Датчики Холла используют эффект возмещения разности потенциалов при помещении проводника с током в магнитное поле. При создании датчика используется магнитопровод, через который пропускается провод измеряемой цепи и в разрез магнитопровода помещается датчик Холла, получая датчик тока открытого типа. Схема такого датчика показана на рисунке 3.18.
- С нулевым подмагничиванием сердечника мы повышаем линейность датчика и его класс точности. Однако из-за своей конструкции такой датчик приближается к трансформаторам тока, соответственно его стоимость повышается в разы.
- Достоинства: широкий диапазон измеряемых токов с частотой до 50-100кГц и выше, измеряет постоянный и переменный ток, гальваническая развязка.
- Недостатки: высокая стоимость.
- Проанализировав имеющиеся у представленных датчиков достоинства и недостатки выбираем датчик тока на эффекте Холла. Модель датчика выбираем исходя из максимального значения измеряемого тока и возможности сопряжения с микроконтроллером.

Указанным критериям удовлетворяет датчик измерения постоянного и переменного тока ДТХ-150. Датчик состоит из корпуса, печатной платы, на которой закреплен кольцевой магнитопровод с компенсационной обмоткой и электронной схемы. Составным элементом является специальный датчик Холла, который находится в зазоре магнитопровода и работает как "0"-индикатор.

При протекании измеряемого тока по цепи, охватываемой магнитопроводом, в последнем наводится магнитная индукция. Датчик Холла, реагирующий на возникшее магнитное поле, вырабатывает напряжение, пропорциональное величине наведенной магнитной индукции. Выходной сигнал с датчика усиливается электронным усилителем и подается в компенсационную обмотку.

В результате, по обмотке течет компенсационный ток, пропорциональный измеряемому току по величине и соответствующий ему по форме. Возникающее при этом магнитное поле компенсационной обмотки компенсирует магнитное

поле измеряемого тока, и датчик Холла работает как нуль-орган. При этом полоса частот, пропускаемая таким датчиком тока, составляет от 0 Гц (постоянный ток) до 200 кГц.

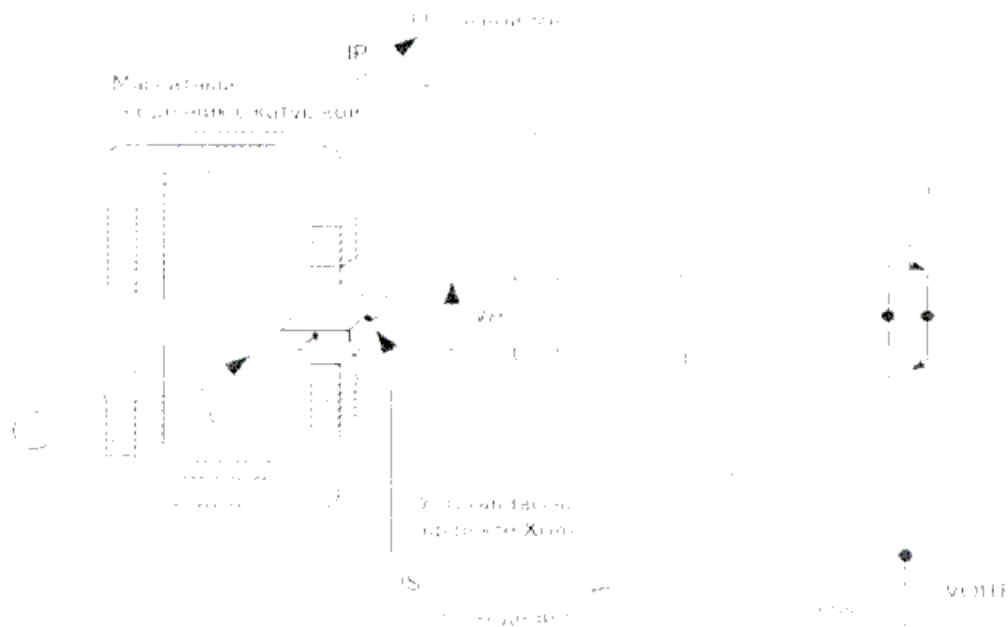


Рисунок 3.18 — Датчик тока на эффекте Холла
 Схема включения датчика показана на рисунке 3.20.

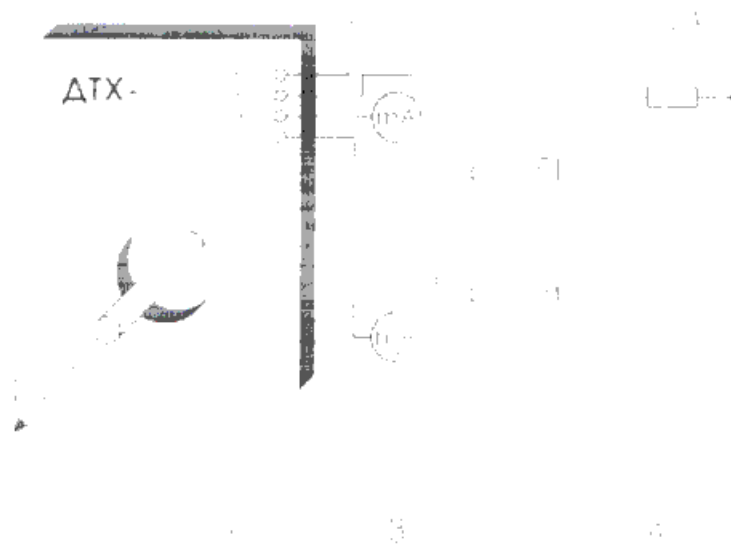


Рисунок 3.20 — Схема подключения датчика ДТХ-150:

1 Датчик тока ДТХ; 2 Источник питания; 3 Миллиамперметр; 4 Сопротивление класса точности 0,05 % 80 Ом; 5 Вольтметр.

Вывод по разделу три:

Представлено описание и принцип работы асинхронного вентиляльного каскада. В теоретической части приведены уравнения для расчета момента электропривода в системе асинхронного вентиляльного каскада. Разработано замкнутая система автоматического регулирования замкнутая система автоматического регулирования с обратным связью по скорости и току цепи ротора показаны динамические свойства выбранной структурной схемы. Перерегулирование скорости и время переходного процесса не превышает допустимых значений.

					140400.2016.088.060.113	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		55

4. Экономическая часть

В самом общем виде экономическая эффективность есть отношение полезного результата, полученного, например, при использовании новой техники, к средствам, затраченным на получение этого результата. Очевидно, что чем выше результат и чем меньше средств затрачено на его реализацию, тем выше экономический эффект.

Сопоставляя отдельные виды затрат со связанными с ними элементами полезного результата, получим различные показатели эффективности: производительность машины, производительность труда, коэффициент полезного действия или коэффициент использования машины.

Экономическую эффективность определяют при обосновании создания или модернизации выпускаемой техники; при обосновании и анализе производства и использовании новой техники и др.

В данной экономической части дипломного проекта производим расчет годового экономического эффекта от модернизации грузовой лебедки крана, что позволит увеличить его производительность.

Годовой экономический эффект определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_g = [(C_1 - C_2) + E_n(Z_1 - Z_2)] \times Q_2,$$

где C_1, C_2 - удельные текущие затраты, руб./год ед. прод;

Z_1, Z_2 - удельные единовременные затраты, руб./ед. прод;

E_n - коэффициент сравнительной экономической эффективности ($E_n = 0,15$);

Q - объем работ, выполняемый при использовании модернизированной техники, м.

4.1 Определение единовременных затрат по модернизации грузовой лебедки

Единовременные затраты (капиталообразующие инвестиции) носят одноразовый характер, и определяется по формуле:

$$Z_{\text{инв}} = Ц_{\text{л}} + Ц_{\text{ст}} + ЗП_{\Sigma},$$

где $Ц_{\text{л}}$ - стоимость грузовой лебедки, руб.;

$Ц_{\text{ст}}$ - стоимость стандартных покупных изделий, руб.;

$ЗП_{\Sigma}$ - суммарные затраты на заработную плату рабочих, занятых модернизацией, руб.

Стоимость грузовой крановой электрической лебедки Л- 100.6Б (по данным Тобольского речного порта) $Ц_{\text{л}} = 155000$ руб.

Стоимость стандартных покупных изделий (по данным ОАО «Иркутскэнерго») представлена в таблице 4.1.1.

Таблица 4.1.1 – Стоимость стандартных изделий

Наименование деталей.	Стоимость единицы продукции, руб.	Количество	Сумма, руб.
1.Лебёдка грузовая в сборе	187583	1 шт.	32583
2.Схема АВК	11300	1шт.	11300
Итого.			43883

Общий фонд заработной платы определяется по формуле:

$$ЗП = ЗП_{(1)} + ЗП_{(2)},$$

где $ЗП_{(1)}$ - основная заработная плата, руб;

$ЗП_{(2)}$ - дополнительная заработная плата рабочих (составляющая 10% от основной), руб.

Основная заработная плата рабочего, занятого модернизацией грузовой лебедки определяется по формуле:

$$ЗП_{(1)} = [(ЗП_n + ЗП_{пр}) (1 + \kappa_{се} + \kappa_{рк})] (1 + \kappa_{со}),$$

где $ЗП_n$ - прямая заработная плата, руб;

$ЗП_{пр}$ - премия из фонда заработной платы, руб;

$\kappa_{се}$ - коэффициент, учитывающий работу, в местности приравненной к условиям крайнего севера;

$\kappa_{рк}$ - районный коэффициент, для г.Тобольска $\kappa_{рк} = 0,4$;

$\kappa_{со}$ - коэффициент отчислений на социальные нужды, $\kappa_{со} = 0,385$.

Прямая заработная плата рабочих определяется по формуле:

$$ЗП_n = I_{\text{час}} \cdot t,$$

где $I_{\text{час}}$ - часовая тарифная ставка, руб/час;

t - время, затрачиваемое на модернизацию, час.

Для установки рабочего органа на Портальный кран потребуется два слесаря IV разряда и электрик V разряда, которым потребуется 8 и 5 часов.

Тарифная ставка, в соответствии со справочником по АООТ «Тобольский речной порт» составляет:

для слесаря IV разряда – 13,33 руб/час

для электрика V разряда – 16,54 руб/час

Прямая заработная плата составляет:

					140400.2016.088.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		57

$$ЗП_n^{ст} = 13,34 \cdot 4 = 53,32 \text{ руб.}$$

$$ЗП_n^{пр} = 16,54 \cdot 5 = 82,7 \text{ руб}$$

Размер премии определяется по формуле:

$$ЗП_{пр} = ЗП_n \cdot \kappa_{пр.}$$

где $\kappa_{пр}$ - коэффициент размера премии, $\kappa_{пр} = 0,4$,

$$ЗП_{пр}^{ст} = 53,32 \cdot 0,4 = 21,33 \text{ руб}$$

$$ЗП_{пр}^{пр} = 82,7 \cdot 0,4 = 33,08 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата составляет:

$$ЗП_{ос}^{ст} = 2[(53,22 + 21,33)(1 + 0 + 0,4)](1 + 0,385) = 289,49 \text{ руб}$$

$$ЗП_{ос}^{пр} = [(82,7 + 33,08)(1 + 0 + 0,4 +)](1 + 0,385) = 224,49 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата составляет:

$$ЗП_{дон}^{ст} = 0,1 \cdot 289,49 = 28,95 \text{ руб}$$

$$ЗП_{дон}^{пр} = 0,1 \cdot 224,49 = 22,45 \text{ руб.}$$

Общий фонд заработной платы составляет:

$$ЗП^{ст} = 289,49 + 28,95 = 318,44 \text{ руб}$$

$$ЗП^{пр} = 224,49 + 22,45 = 246,94 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты на заработную плату рабочим, занимающихся модернизацией составляет:

$$ЗП_{\Sigma} = 318,44 + 246,94 = 565,38 \text{ руб.}$$

С учетом выше проведенного расчета, затраты по модернизации грузовой лебедки Портального крана составляет:

$$K = 155000 + 33012,4 + 565,38 = 188577,78 \text{ руб.}$$

					140400.2016.088.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		58

Балансовая стоимость базовой машины составляет (по данным АОТ «Тобольский речной порт»):

$$Бб=2072,4 \text{ тыс. руб.}$$

Балансовая стоимость модернизированной машины составляет:

$$Б_{мод} = Б_{б} + Z_{мод}$$

$$Б_{мод}=2074,4 + 188,578 = 2260,978 \text{ тыс. руб.}$$

4.2.Определение текущих затрат по базовой и модернизированной технике.

Текущие затраты представляют собой издержки на выполнение технологического процесса и определяются по формуле:

$$T_s = Z_{эк} + Z_{кр} + ЗП + Ц + О,$$

где $Z_{эк}$ - затраты на эксплуатацию и содержания оборудования в год, руб;

$Z_{кр}$ - затраты на капитальный ремонт в год, руб;

ЗП – заработная плата крановщика, руб;

Ц – цеховые расходы, руб;

О – общезаводские расходы.

Затраты на эксплуатацию и содержание базовой и модернизированной машины (по нормам амортизации составляют 15,4% от балансовой стоимости):

$$Зб=2072,4 \cdot 0,154 = 319,15 \text{ тыс. руб.}$$

$$Зм=2260,978 \cdot 0,154 = 348,191 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на капитальный ремонт базовой и модернизированной машины (по нормам затрат на капитальный ремонт 9,5% от балансовой стоимости машины):

$$Зб=2072,4 \cdot 0,095 = 196,878 \text{ тыс. руб.}$$

$$Зм=2260,978 \cdot 0,095 = 214,793 \text{ тыс. руб.}$$

Часовая тарифная ставка крановщика IV разряда составляет 13,2 руб/час . Годовой фонд работы 1814 часов (по данным графика работы АОТ «Тобольский речной порт»).

Прямая заработная плата крановщика определяется по формуле:

$$ЗП_{пр}^{кр} = 13,2 \cdot 1814 = 23944,8 \text{ руб.}$$

Размер премии составляет 40% от прямой заработной платы:

					140400.2016.088.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		59

$$ЗП_{III}^{KP} = 23944,8 \cdot 0,4 = 9577,92 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата крановщика определяется по формуле:

$$ЗП_{IV}^{KP} = [(23944,8 + 9577,92)(1 + 0 + 0,4)](1 + 0,385) = 65000,55 \text{ руб}$$

Дополнительная заработная плата составляет:

$$ЗП_{V}^{KP} = 0,1 \cdot 65000,38 = 6500,055 \text{ руб.}$$

Общий фонд заработной платы крановщика составляет:

$$ЗП^{KP} = 65000,55 + 6500,055 = 71500,61 \text{ руб.}$$

По отраслям машиностроения цеховые расходы составляют 200%, общезаводские 80% от затрат на заработную плату:

$$Ц = \left(\frac{71500,61}{100} \right) 200 = 143001,22 \text{ руб}$$

$$О = \left(\frac{71500,61}{100} \right) 80 = 57200,49 \text{ руб.}$$

Учитывая вышеприведенные расчеты – текущие затраты по базовой машине:

$$Тб = 319150 + 196878 + 71500,61 + 143001,22 + 57200,49 = 787730,32 \text{ руб}$$

Текущие затраты по модернизированной машине:

$$Тм = 348191 + 214793 + 71500,61 + 143001,22 + 57200,49 = 834686,32 \text{ руб}$$

4.3 Определение годовой эксплуатационной производительности базовой и модернизированной машины

Годовая эксплуатационная производительность определяется по формуле:

$$П_{\text{гк}} = n \cdot \kappa_{cv} \cdot t_{cv} \cdot П_{ч},$$

где n – количество рабочих смен в году, $n = 226$ см (согласно рабочему графику);

κ_{cv} – коэффициент использования внутрисменного времени, $\kappa_{cv} = 0,85$;

t_{cv} – продолжительность смены, $t_{cv} = 7,2$ часа;

$П_{ч}$ – часовая производительность крана, т/час.

Часовая производительность крана определяется по формуле:

$$П_{ч} = Q \cdot n \cdot \kappa_{\text{гр}} \cdot \kappa_{cv},$$

где Q – грузоподъемность крана, $Q^B = 4$ т; $Q^{MOT} = 5$ т;

n – число циклов работы крана за час, $n = 3600/t$ (согласно технической документации крана), $t_b = 180$ с, $t_{mod} = 120$ с;

$\kappa_{\text{гр}}$ – коэффициент использования грузоподъемности крана, $\kappa_{\text{гр}} = 0,7$;

κ_{cv} - коэффициент использования внутрисменного времени, $\kappa_{cv} = 0,85$.

Часовая производительность базовой машины:

$$Пчб = 4000 \cdot (3600:180) \cdot 0,7 \cdot 0,85 = 47,6 \text{ т}$$

Часовая производительность модернизированной машины:

$$Пчм = 5000 \cdot (3600:120) \cdot 0,7 \cdot 0,85 = 89,25 \text{ т}$$

Годовая эксплуатационная производительность базовой машины:

$$Пгб = 226 \cdot 0,85 \cdot 7,2 \cdot 47,6 = 65836,5 \text{ т}$$

Годовая эксплуатационная производительность модернизированной машины:

$$Пгм = 226 \cdot 0,85 \cdot 7,2 \cdot 89,25 = 123443,5 \text{ т}$$

4.4 Определение годовой экономической эффективности

Удельные капиталовложения определяются по формуле:

$$K_{уд} = B / П_{г}$$

Удельные капиталовложения по базовой машине:

$$K_{уд.б} = 2072400 : 65836,5 = 314780 \text{ руб/м}$$

Удельные капиталовложения по модернизированной машине:

$$K_{уд.м} = 2260978 : 123446,5 = 183,164 \text{ руб/м}$$

Расчет удельных текущих затрат определяется по формуле:

$$T_{к,г} = T_{г} / П_{г}$$

Удельные текущие затраты по базовой машине:

$$T_{з,уд} = 787730 : 65836 = 119652 \text{ руб/год}$$

Удельные текущие затраты по модернизированной машине:

$$T_{з,уд} = 834686 : 123443 = 67626 \text{ руб/год}$$

Годовая экономическая эффективность определяется по формуле:

$$Эг = [(119652 - 67626) + 0,15(314780 - 183164)] \cdot 123443 = 277320,27 \text{ руб.}$$

Заключение: модернизация грузовой лебедки крана экономически эффективна, хотя требует дополнительных капиталовложений 188577,78 руб. так как технические характеристики крана улучшаются - возрастает грузоподъемность, уменьшается число циклов работы крана, в связи с этим возрастает производительность. Экономическая эффективность составляет 277320,27 руб

Вывод по разделу четыре:

В данной части работы проведено механико-экономическое обоснование модернизации электропривода башенного крана. Произведены расчеты капитальных затрат, ежегодных эксплуатационных затрат. Обоснованы меры по экономике электроэнергии. Произведен расчет экономического эффекта от внедрения предложенной системы управления электроприводом.

5. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНИДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1. Техника безопасности при эксплуатации башенных кранов.

1. К управлению башенным краном допускаются лица, прошедшие медицинское освидетельствование и имеющие удостоверение на право управления краном, выданное квалификационной комиссией с участием инспектора Госгортехнадзора.
2. Удостоверение выдается сроком на один год, после чего машинист должен быть вновь проверен квалификационной комиссией с последующим продлением прав на управление краном.
3. Назначение на должность крановщика должно быть оформлено приказом.
4. При управлении краном машинист должен строго соблюдать правила технической эксплуатации кранов и правила по технике безопасности. Машинист должен помнить, что нарушение им правил эксплуатации крана может привести не только к простоя башенного крана, но и вызвать тяжелую аварию с человеческими жертвами, за последствия которой в этом случае в первую очередь отвечает машинист.
5. Машинист должен производить все операции только по сигналам лично ему известных такелажников, имеющих при себе удостоверение на право обслуживания башенного крана. Выполнять работу по сигналам посторонних лиц запрещается. Исключением является сигнал «стоп», который выполняется машинистом вне зависимости от того, кем он подан.
6. Сигнализация осуществляется такелажником красным флажком в строгом соответствии с установленными правилами.
7. При выполнении ремонтных работ на кране машинист производит те или иные операции только по сигналам лиц, производящих ремонт.
8. Машинист имеет право контролировать работу такелажников, чтобы предупредить возможные нарушения правил по обслуживанию крана. Если он обнаружит, что такелажники нарушают правила, машинист имеет право потребовать проверки знаний такелажников.
9. Если между машинистом и такелажной бригадой возникают какие-либо недоразумения, машинист обязан обратиться за разрешением спорных вопросов к администрации строительства.
10. Во время своей смены машинист несет ответственность за вверенный ему кран и относящееся к крану оборудование.
11. Машинист должен обязательно участвовать в планово-предупредительном ремонте обслуживаемого им крана и в сдаче крана инспекции Госгортехнадзора. Во время проведения ремонтов на кране с выключенным порталным рубильником на рубильнике должен быть вывешен предупреждающий плакат «Не включать!».
12. Машинист обязан знать вес поднимаемого краном груза и вес отдельных строительных деталей.

					140400.2016.088.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		62

Обязанности машиниста перед началом работы:

1. Перед началом работы машинист должен принять смену и убедиться в исправности крана и относящегося к нему оборудования:

а) тщательно осмотреть подкрановые пути, тупиковые упоры, заземление, шланговый провод, вводный рубильник на портале, ограничитель передвижения, электромагнитный тормоз механизма передвижения;

б) осмотреть механизмы крана, обратив особое внимание на состояние тормозов;

в) просмотреть крановый журнал и принять меры к устранению недостатков, записанных в нем сменщиком или лицом, контролирующим работу крана;

г) при работе на кранах типа СБК-1 и Т-128 тщательно осмотреть головку и механизм поворота, обратив особое внимание на состояние основных уголков неподвижной части головки крана;

д) разомкнуть противоугонные захваты;

е) проверить на холостом ходу и под нагрузкой все механизмы и ограничители;

ж) записать в журнал все замеченные неисправности и немедленно поставить об этом в известность администрацию.

Машинист крана имеет право приступить к работе на кране только после устранения обнаруженных неисправностей и соответствующей отметки об этом в журнале приемки и сдачи.

Обязанности машиниста во время работы на кране:

1. Машинист должен управлять краном в строгом соответствии с инструкцией.

2. Подъем и опускание грузов производить плавно, без рывков и толчков.

3. Воспрещается без задержки в нулевом положении переводить механизмы с прямого хода на обратный.

4. Нельзя допускать сильного раскачивания груза.

5. На кранах, снабженных ножными или ручными растормаживателями, грузы следует опускать только с контроллера. Ручной растормаживатель можно использовать только в том случае, если груз находится не выше 2 м от места его установки.

6. Строго следить за наматыванием каната на барабан, не допуская его переклестывания.

7. При закручивании канатов грузового полиспаста необходимо раскрутить его по правилам, обеспечивая сохранность каната и безопасность лиц, находящихся вблизи опускаемого груза.

8. Немедленно прекращать работу, если на кране будет обнаружена какая-либо неисправность, в результате которой может последовать поломка или авария.

9. Перед выполнением каждой операции, а также при появлении людей на пути передвижения груза крановщик должен давать предупредительный звуковой сигнал.

10. Нельзя поднимать груз, вес которого неизвестен. Поднимать груз можно только после уточнения его веса.

11. Крюковая обойма не должна доходить до положения, когда срабатывает ограничитель высоты.

					140400.2016.088.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		63

12. При передвижении крана нужно следить за тем, чтобы между тупиковым упором и лобовиной крана был зазор не менее 0,5 м.

13. Соблюдать чистоту и порядок как в кабине, так и в машинном отделении.

14. Если в результате работы крана произошла авария или несчастный случай, машинист обязан остановить кран и не производить никаких работ впредь до прихода администрации, в ведении которой находится кран.

15. При обслуживании здания, высота которого превышает уровень вращения нижней части противовеса, внимательно следить, чтобы противовес не задевал за здание.

16. При работе двух кранов в непосредственной близости друг от друга строго следить, чтобы была исключена всякая возможность задевания одного крана за другой. Уровень стрел должен иметь различную высоту. Зоны передвижения каждого крана должны быть ограждены выключателями и тупиковыми упорами. Взаимодействие кранов регулируется сигнальщиками.

17. Строго соблюдать правила заполнения кранового журнала и журнала приемки и сдачи смены.

18. Если кран находится в зоне расположения аэродромов, следить за тем, чтобы на оголовке крана в вечернее время горела красная лампочка.

19. При увеличении силы ветра свыше шести баллов и при грозе машинист обязан остановить кран и закрепить его противоугонными захватами.

20. Если в результате неисправности крана поднимаемый груз повис в воздухе, машинист обязан немедленно поставить контроллер в нулевое положение, установить причину и опустить груз на землю. Если груз опустить невозможно, принять меры к ограждению участка, над которым повис груз.

21. Если внезапно прекратится электропитание или будет большое падение напряжения, машинист обязан поставить контроллеры в нулевое положение и осторожно спустить груз на землю, используя ручной растормаживатель, или плавно растормаживая тормоз грузовой лебедки вручную.

22. В случае повторных перегораний предохранителей заявить об этом администрации.

23. Когда машинист поднимается в кабину, в руках он не должен ничего нести.

24. При уходе с крана даже на короткий срок необходимо устанавливать противоугонные захваты.

25. Женщины-крановщицы должны покрывать голову косынкой или платком, свободные концы которых убирать.

Машинисту крана воспрещается:

1. Допускать в кабину посторонних лиц.
2. Отлучаться с крана без ведома администрации.
3. Оставлять стажера одного на кране.
4. Поднимать заваленный или примерзший груз.
5. Перемещать груз волоком.
6. Перемещать груз над людьми.
7. Поднимать или опускать груз с оттяжкой.

8. Поднимать груз: неправильно застропленный или застропленный ненадежными захватными приспособлениями, в случайной таре, без сигнала такелажника.
9. Поднимать кислородные баллоны.
10. Поднимать краном людей.
11. Поднимать груз, если есть опасность задевания им людей, находящихся в зоне работы крана.
12. Подавать груз в оконные или дверные проемы без разгрузочной площадки. Площадки должны быть расположены в шахматном порядке.
13. Подавать груз на выносные площадки, находящиеся вне пределов видимости крановщика, если на площадке находится человек.
14. Поднимать раствор в доверху заполненном бункере. Уровень раствора должен быть ниже верхней обвязки бункера не менее чем на 10 см.
15. Одновременно поднимать груз двумя кранами. В исключительных случаях подъем грузов одновременно двумя кранами можно производить только в присутствии специально назначенного для проведения этой работы представителя от администрации, в ведении которой находится кран.
16. Поднимать или отцеплять груз при образовании петель па канате, отсутствии прожекторного освещения на стреле, направленного вниз на грузовой блок.
17. Допускать полное сматывание с барабана стального каната. На барабане должно оставаться не менее двух витков.
18. Допускать стремительное опускание груза на перекрытие строящегося здания, автомашину и даже землю.
19. Перемещать груз в горизонтальном направлении, если расстояние между грузом и выступающими частями здания или штабелями будет меньше 0,5 м.
20. Дотрагиваться до токоведущих деталей, находящихся под напряжением.
21. Вскрывать контроллеры и другую аппаратуру при невыключенном рубильнике.
22. Использовать концевые защитные приспособления для остановки движения. Концевые выключатели должны срабатывать только в исключительных случаях.
23. Работать на кране, если падение напряжения превышает 15% против номинального.
24. Заменять предохранители при невыключенном рубильнике.
25. Заклинивать линейные контакторы.
26. Работать в ночной и вечерних сменах без достаточного освещения.
27. Разгружать автомашины при нахождении водителя в кабине, при закрытых бортах автомашин.
28. Чистить и смазывать механизмы во время их вращения.
29. Дотрагиваться до вращающихся частей механизма.
30. Отвлекаться посторонними делами во время работы на кране.
31. Оставлять кабину крана, не поставив контроллеры в нулевое положение и не выключив электротока. При уходе с крана кабина должна быть закрыта на замок.
32. Запирать на ключ вводный ящик на портале крана (во время работы крана).

					140400.2016.088.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		65

33. Передавать управление краном другому лицу и даже машинисту крана без разрешения администрации.
34. Передвигать кран, если на подкрановых путях находятся посторонние люди.
35. Работать в болезненном состоянии.
36. Производить какую-либо работу, если машинист в ней недостаточно осведомлен.
37. Работать при неисправных подкрановых путях.
38. Работать на неисправном кране.
39. При интенсивной работе крана производить одновременно три операции, не имея в этом деле достаточного опыта.
40. Передвигать кран по путям, если на путях уложены материалы, за которые может задевать кран.

По окончании работы машинист обязан:

1. Поставить кран в установленное для стоянки место и повернуть стрелу вдоль подкрановых путей.
2. Поднять крюк с находящимися на нем такелажными приспособлениями в крайнее верхнее положение.
3. Поставить все контроллеры в нулевое положение.
4. Выключить аварийный и линейный рубильники.
5. Заполнить крановый журнал.
6. Запереть кабину.
7. Закрепить кран на путях захватными приспособлениями.
8. Выключить вводный рубильник.

Если работа на кране после смены должна быть продолжена, машинист обязан не оставлять кран до прихода сменщика, сообщив об этом своей администрации.

Ответственность машиниста башенного крана

Если машинист работает с нарушением правил и инструкции, он подвергается административному взысканию, а при наличии аварии или несчастного случая, происшедших вследствие допущенных нарушений, привлекается к судебной ответственности.

5.2 Расчёт защитного заземления

Защитному заземлению подлежат все металлические нетоковедущие части оборудования, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции. В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных заземлению подлежат установки напряжением 42...380 В переменного тока и от 110 до 440 В постоянного тока. Во всех случаях заземлению подлежат электроустановки напряжением 380 В и выше переменного тока и 440 В и выше постоянного тока.

Расчёт заземляющего устройства для заземления электродвигателя марки МТКФ-112-6 мощностью 5 кВт, напряжение 380 В; $n = 895$ об/мин, используемого для привода механизма передвижения крана при следующих данных:

1. грунт суность с удельным сопротивлением $\rho = 150 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ [6];

					140400.2016.088.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		66

2. в качестве заземлителей применим стальные трубы диаметром $d=0,12$ м и длиной $l=2,5$ м, располагаемые вертикально и соединённые на сварке стальной полосой 40×4 мм;

3. мощность трансформатора 80 кВА, требуемое по нормам допускаемое сопротивление заземляющего устройства
 $[r_3] < 10$ Ом.

Схема устройства заземления электродвигателя показана на рисунке 5.1; заземлители располагаются в плане по замкнутому контуру.

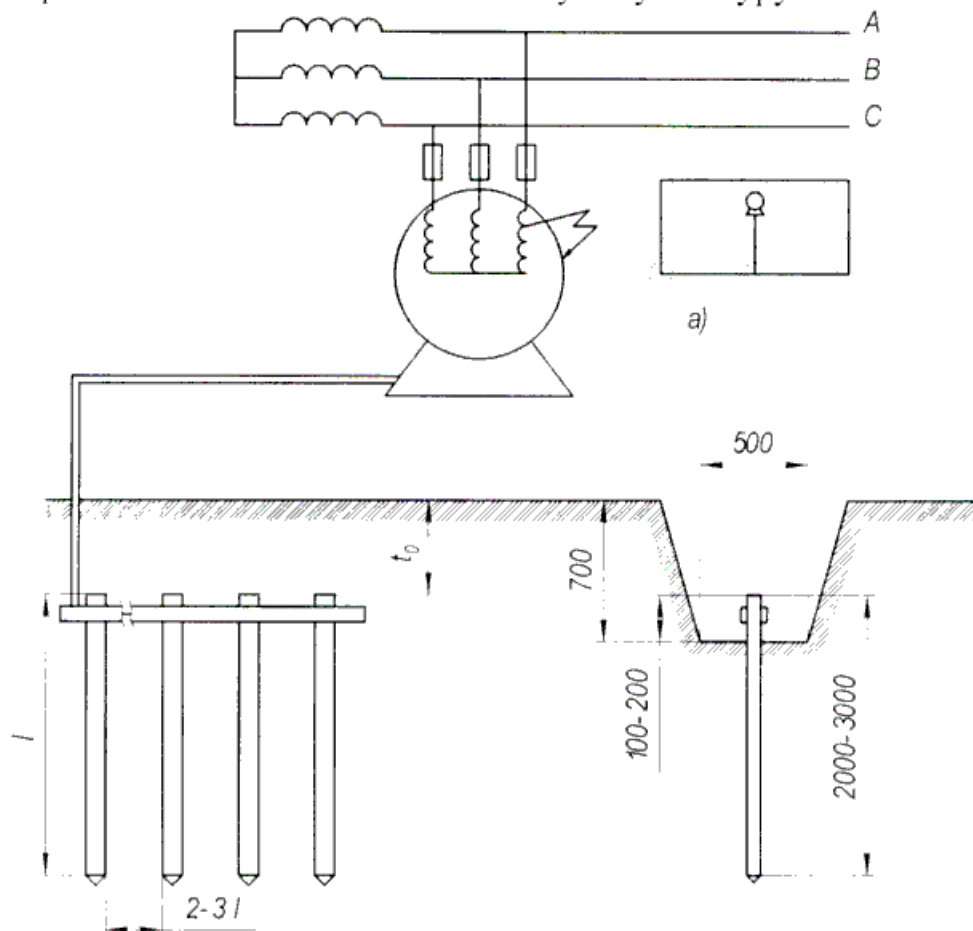


Рисунок 5.1 – Конструкция заземляющего устройства

а) Контурное размещение одиночных заземлителей

4. Определяем сопротивление одиночного вертикального заземлителя $R_{\text{г}}$ длиной $l=2,5$ м и диаметром $d=0,12$ м

$$R_{\text{г}} = \frac{\rho_{\text{грунт}}}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right), \text{ Ом,}$$

где t – расстояние от середины заземлителя до поверхности грунта, м;

t_0 – расстояние от поверхности грунта до верхнего конца заземлителя, принимается равным 0,8 м;

l, d – длина и диаметр стержневого заземлителя, м.

5. Определим расчётное удельное сопротивление грунта

$$\rho_{расч} = \rho \cdot \varphi = 150 \cdot 1,3 = 195 \text{ Ом},$$

где φ - коэффициент сезонности, учитывающий возможности повышения сопротивления грунта в течении года.

Значения φ принимаем [6] в зависимости от климатической зоны, где будет размещено заземляющее устройство и влажности земли.

Принимаем $\varphi = 1,3$ для II климатической зоны, тогда

$$R_h = \frac{195}{2 \cdot \pi \cdot 2,5} \left(\ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,12} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,05 + 2,5}{4 \cdot 2,05 - 2,5} \right) = 50,2 \text{ Ом}.$$

6. Определяем ориентировочное число n' одиночных заземлителей в заземляющем устройстве.

$$n' = \frac{R_h}{[r_s] \cdot \eta_h} \text{ шт},$$

η_h - коэффициент использования вертикальных заземлителей, принимаемый [6].

Для ориентировочного расчёта η_h принимается равным 1.

$$n' = \frac{50,2}{10 \cdot 1} = 5,02 \text{ шт}$$

Принимаем $\eta_h = 6$ шт.

7. По таблице 7.4 [6] находим действительные значения коэффициента использования η_h для вертикальных заземлителей, исходя из принятой схемы размещения вертикальных заземлителей. Приняли размещение по контуру (рис. 1а) при отношении расстояния между смежными заземлителями к их длине равным 21, тогда $\eta_h = 0,61$.

8. Определяем необходимое число вертикальных заземлителей

$$n' = \frac{R_h}{[r_s] \cdot \eta_h} = \frac{50,2}{10 \cdot 0,61} = 8,23 \text{ шт}.$$

Принимаем 8 одиночных вертикальных заземлителей.

Расположение заземлителей в плане принимаем по замкнутому контуру с расстоянием между смежными заземлителями равным 21, т.е. $a=5$ м. Тогда минимальная длина полосы, соединяющей одиночные заземлители, составит: $L = 1,05 \cdot \eta \cdot a = 1,05 \cdot 8 \cdot 5 = 42$. Реальная длина полосы с учётом расстояния до заземлённого электродвигателя составит $L_p = 43$ м.

9. Определяем сопротивление стальной полосы, соединяющей трубчатые вертикальные заземлители

$$R_p = \frac{\rho_{расч}^1}{2\pi \cdot L_p} \ln \frac{L^2}{Bt} \text{ Ом},$$

где $\rho_{расч}^1$ - расчётное удельное сопротивление грунта, Ом м;

L_p - длина полосы, м;

$t=0,8$ м - расстояние от полосы до поверхности земли, м;

B - ширина полосы, равная 0,04 м.

10. Определяем расчётное удельное сопротивление грунта

$$\rho_{рас}^1 = \rho \varphi^1$$

для суглеси малой влажности при использовании соединительной полосы в виде горизонтального заземлителя длиной 43 м.

Значения коэффициента сезонности φ^1 для горизонтального заземлителя берём [6] для II климатической зоны при малой влажности грунта. Так как длина соединительной полосы 43 метров, то $\varphi^1=2.4$. Тогда

$$\rho_{рас}^1 = \rho \varphi^1 = 150 \cdot 2.4 = 360 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

$$R_n = \frac{360}{2\pi \cdot 43} \ln \frac{43^2}{0.04 \cdot 0.8} = 15 \text{ Ом}\cdot\text{м}.$$

11. По таблице 7.5 [6] находим значение коэффициента использования горизонтального заземления $\eta_r = 0,37$.

12. Вычисляем общее расчётное сопротивление заземляющего устройства R с учётом соединительной полосы

$$R = \frac{R_b \cdot R_n}{R_b \cdot \eta_r + R_n \cdot \eta_b \cdot n} = \frac{50,2 \cdot 15}{50,2 \cdot 0,37 + 15 \cdot 8} = 5,4 \text{ Ом}.$$

13. Правильно рассчитанное заземляющее устройство должно отвечать условию:

$$R \leq [r_3].$$

Следовательно, расчёт выполнен верно, так как $R=5,4 \text{ Ом}$, что меньше $[r_3]=10 \text{ Ом}$.

14. Если $R > [r_3]$, то необходимо увеличить число вертикальных заземлителей и снова по таблицам определить η_b и η_r и рассчитать общее сопротивление заземляющего устройства.[6]

5.3. Обзорность

Согласно ГОСТу 13556-91 (Краны башенные строительные. Общие технические условия):

Для обеспечения видимости фронта работ кабина управления должна иметь спереди остекленный фонарь, а на правой боковой и задней стенках и в двери – окна. Основное лобовое окно фонаря (через которое машинист наблюдает за грузом более 50 % времени) не должно иметь перемычек. Другие лобовые окна фонаря могут иметь перемычки. Одно из лобовых окон фонаря и боковое окно кабины следует выполнять открывающимися с надежной фиксацией в промежуточных положениях.

Для кранов на безрельсовом ходу наличие окна на правой боковой стенке кабины необязательно. [7]

Остекление кабины управления следует выполнять из трехслойного безопасного стекла на поливинилбутиральной пленке по ГОСТ 5727-88 (Стекло безопасное для наземного транспорта. Общие технические условия) и заделывать в уплотнения с закреплением, исключающим выпадение стекла при эксплуатации при расчетной нагрузке 1650 Па, а для кранов-погрузчиков и кранов нулевого цикла (с нижним расположением кабины) — 700 Па. [7]

Обзорность кабины — свойство обеспечивать машинисту наблюдение за объектами труда, частями машины и возможными препятствиями в процессе эксплуатации. Недостаточная обзорность кабины существенно снижает производительность труда, может быть причиной несчастных случаев.

Количественно обзорность принято оценивать рядом показателей: углом вертикальной обзорности вверх и вниз от горизонтали, углом горизонтальной обзорности и шириной невидимых участков, образуемых стойками, перекладинами и другими конструктивными элементами (рисунок 5.2).

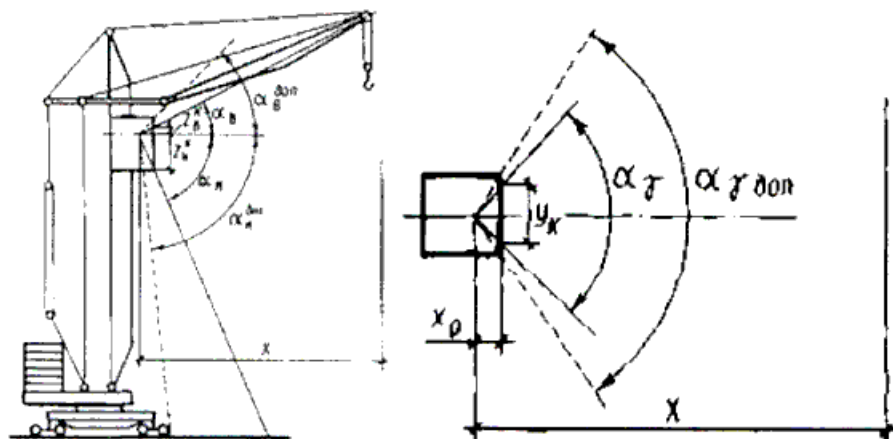


Рисунок 5.2 Схема определения обзорности из кабины крана

Различают фактическую и требуемую обзорность кабины. Фактическая обзорность определяется размерами фонаря (остекленной части) кабины и местоположением машиниста в кабине. Параметры обзорности можно найти экспериментально или аналитически. Экспериментально обзорность кабины принято определять в темноте, помещая источник света в контрольную точку O . Для удобства можно рекомендовать аналитический метод. Показатели обзорности определяют по чертежу кабины и положению в ней машиниста. Нахождение машиниста и контрольной точки O , представляющей положение глаз машиниста, показано на рисунке 4.2.

Вертикальные углы обзорности равны [8]

$$\alpha_n^k = \arctg\left(\frac{Z_n^k}{X_0}\right),$$

$$\alpha_n^k = \arctg\left(\frac{Z_n^k}{X_0}\right),$$

где Z_n^k, Z_n^k — размеры стекла вверх и вниз от горизонтали;

X_0 — расстояние от контрольной точки до стекол кабины.

$$\alpha_n = \arctg\left(\frac{0.75}{1}\right) = 36.8^\circ$$

$$\alpha_H = \arctg\left(\frac{1,75}{1}\right) = 60,3^\circ$$

Горизонтальный угол обзора при симметричном расположении машиниста относительно остекления кабины [8]

$$\alpha_\gamma = 2\arctg\left(\frac{y_K}{X_0}\right).$$

$$\alpha_\gamma = 2\arctg\left(\frac{2}{1}\right) = 126,9^\circ$$

Для определения требуемой обзорности кабины необходимо знать размеры рабочего пространства, обслуживаемого машиной. Рабочее пространство характеризуется размерами перемещения рабочего органа, скоростью движения машины и ее механизмов, длиной тормозного пути, оно также согласуется с размерами «опасной зоны». [8]

5.4 Микроклимат

Самочувствие и работоспособность человека зависят от состояния метеорологических условий производственной среды, которые определяются сочетанием трех основных параметров: температуры, относительной влажности и подвижности воздуха. Действующими нормативными документами, регламентирующими метеорологические условия производственной среды, являются ГОСТ 12.1.005—76 «Воздух рабочей зоны. Основные санитарно-гигиенические требования» и «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий» СН 245—71. Этими документами установлены оптимальные и допустимые величины температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. Допустимыми являются такие параметры микроклимата, которые при длительном воздействии могут вызвать напряжение реакции терморегуляции человека, но к нарушению состояния здоровья не приводят. Оптимальными являются такие параметры микроклимата, которые не вызывают напряжения реакций терморегуляции и обеспечивают высокую работоспособность человека.

Температура здорового человека поддерживается на уровне 36,5...37 °С независимо от метеорологических условий окружающей среды. В случае повышения температуры воздуха человек начинает потеть, его потеря тепла увеличивается за счет испарения пота. Выделение тепла связано также с тяжестью выполняемой работы. Все работы по степени тяжести делятся на три категории: легкая, средней тяжести и тяжелая.

Оптимальная величина температуры воздуха рабочей зоны установлена ГОСТ 12.1.005—76. Она связана с сезоном года и тяжестью выполняемой работы и может колебаться в весьма широких пределах — от 16 до 28 °С.

Влажность воздуха в значительной мере влияет на самочувствие и работоспособность человека. Влажность воздуха бывает абсолютная и относительная. Абсолютная влажность — это абсолютное содержание водяных паров в воздухе при данной температуре (г/м³). Относительная

влажность представляет собой процентное отношение абсолютного количества водяных паров в воздухе к их максимально возможному количеству при данной температуре воздуха. При слишком низкой влажности (менее 20 %) организм человека расслабляется, трудоспособность снижается. Высокая влажность (более 80 %) нарушает процесс терморегуляции.

Оптимальная относительная влажность, установленная ГОСТ 12.1.005—76, составляет 40...60 % допустимая величина относительной влажности может достигать до 75 % в зависимости от сочетания температуры воздуха со скоростью его движения в помещении.

Источником повышенной влаги в производственных условиях чаще всего являются технологические процессы, сопровождающиеся интенсивным испарением жидкости (различные ванны, пропарочные, моечные и др.). Длительное воздействие влаги в сочетании с низкими температурами может привести к такому заболеванию, как туберкулез легких. Значительное содержание влаги при высокой температуре воздуха вызывает головокружение, тошноту, тепловые удары с потерей сознания. В горячих цехах вследствие потери организмом больших количеств солей от чрезмерного потовыделения у работающих может возникать судорожная болезнь.

Из вышеизложенного следует, что задача обеспечения наилучших условий труда, способствующих его высокой производительности, должна решаться комплексно, с учетом одновременно трех основных параметров (температура, относительная влажность и подвижность воздуха). Оптимальное сочетание метеорологических параметров производственной среды называется комфортностью. Комфортность на рабочих местах должна обеспечиваться применением комплекса современных технических и санитарно-гигиенических мероприятий.

Тепловое самочувствие человека в значительной мере связано с таким метеорологическим параметром, как скорость движения воздуха, так как она влияет на теплообмен организма с окружающей средой. При высокой температуре воздуха увеличение его подвижности благоприятно сказывается на самочувствии человека, при низкой температуре воздуха, наоборот, вызывает неприятные ощущения. Вследствие этого стандартом установлена подвижность воздуха для летнего и зимнего периодов года. В теплый период года скорость движения воздуха в рабочей зоне составляет 0,5...1,0 м/с, а в холодный и переходный периоды — 0,2...0,5 м/с. Теплым периодом года считается сезон, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха 10 °С и выше. Холодный и переходный периоды года характеризуются среднесуточной температурой наружного воздуха ниже +10°С. Эти нормы не распространяются на случаи душирования рабочих мест в горячих цехах, когда скорость обдува может достигать 3,5 м/с. Следует отметить, что слишком низкие скорости воздуха (менее 0,2 м/с) неблагоприятно влияют на самочувствие человека, в особенности при однообразной монотонной работе, например в условиях конвейерного

производства—человек быстро утомляется и заметно теряет трудоспособность. Чрезмерно высокая подвижность охлажденного воздуха в жарких помещениях может вызывать резкие перепады температуры, сопровождающиеся простудными заболеваниями

Вывод по разделу пять:

В разделе «Безопасность жизнедеятельности» подобрано рассмотрены вредные и опасные факторы, возникающие при работе и обслуживанию башенного крана. Описана организация рабочего места машиниста крана, требование безопасности при эксплуатации и ремонте крана. Рассмотрено и рассчитано устройство заземления электрооборудования башенного крана.

					140400.2016.088.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		73

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В данном дипломном проекте рассмотрены и проанализированы различные способы управления асинхронными двигателями с фазным ротором. Показаны преимущества и недостатки рассмотренных способов регулирования.

На основе анализа предложена для управления система асинхронного вентильного каскада. Представлено описание механической части и электрооборудования башенного крана, при анализе которого выявлены недостатки и предложены мероприятия по модернизации электропривода подъема. Рассмотрены приборы и устройства для безопасной работы крана.

В разделе выполнен поверочный расчет электродвигателя. Рассчитаны приведенные статические и динамические моменты, на основании которых проведена проверка двигателя по нагреву и перегрузочной способности. Произведен расчет статических механических характеристик. Доказано, что двигатель удовлетворяет поставленным требованиям привода подъема груза. В работе представлено описание и принцип работы асинхронного вентильного каскада. В теоретической части приведены уравнения для расчета момента электропривода в системе асинхронного вентильного каскада. Разработана замкнутая система автоматического регулирования с обратными связями по скорости и току цепи ротора. Показаны динамические свойства выбранной структурной схемы. Перерегулирование скорости и время переходного процесса не превышает допустимых значений. В данной части работы проведено технико-экономическое обоснование модернизации электропривода башенного крана. Произведены расчеты капитальных затрат, ежегодных эксплуатационных затрат. Обоснованы меры по экономии электроэнергии. Произведен расчет экономического эффекта от внедрения предложенной системы управления электроприводом. В разделе «Безопасность жизнедеятельности» подробно рассмотрены вредные и опасные факторы, возникающие при работе и обслуживании башенного крана. Описана организация рабочего места машиниста крана, требования безопасности при эксплуатации и ремонте крана. Рассмотрено и рассчитано устройство заземления электрооборудования башенного крана.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.

1. Драчев, Г.И. Курс лекций по теории электропривода. /Г.И.Драчев. – Челябинск: Изд-во, 1998г.
2. Вешеневский, С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. /С.Н.Вешеневский.-Москва: Изд-во, Энергия 1977г.
4. Паспорт крана.
5. Joystick. Каталог, 2001 г.
6. SchneiderElectric. Каталог, 2001 г.
7. ИЭК ООО «ИНТЕРЭЛЕКТРОКОМПЛЕКТ». Каталог, 2001.
8. Эпштейн И.И. Автоматизированный электропривод переменного тока./ Эпштейн И. И.— Москва: Изд-во, Энергоиздат, 1982. — 192 с.
9. UnidriveControltechniquewww. Controltechniques. Com.
10. Brakeresistor OMRON. Каталог, 2001г.
11. ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования.
12. ГОСТ 12.1.033-81 ССБТ. Пожарная безопасность.
13. Онищенко Г. Б. Асинхронный вентильный каскад. – М.: Энергия, 1967. – 152 с.
14. Онищенко Г. Б., Локтева И. Л. Асинхронные вентильные каскады и двигатели двойного питания. – М.: Энергия, 1979. – 200 с.
15. Ключев В. И. Теория электропривода/ В. И. Ключев. – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 704 с.
16. Костенко М. П., Пиотровский Л. М. Электрические машины. Часть вторая. Машины переменного тока. – Л.: Энергия, 1973. – 648 с.
17. Основы автоматизированного электропривода/ М. Г. Чиликин и др. – М.: Энергия, 1974. – 568 с.
18. Каложный С. В. Применение для вентиляторов главного проветривания угольных шахт электропривода с моментной механической характеристикой // Сборник научных трудов ДюИГТУ, 2013, №41. – с. 53-59
19. Мещеряков В. Н. Синхронизированный асинхронный электропривод с частотным управлением / В. Н. Мещеряков, А. А. Соломатин // Электротехнические комплексы и системы управления. 2006, №2. – с. 11-19.
20. Невзоров Л.А. и др., Башенные краны: Учебник для сред. Проф.-техн. Училищ/ Невзоров Л.А., Пазельский Г.Н., Романюха В.А. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1980. – 326 с.
21. Невзоров Л.А., Пазельский Г.Н., Романюха В.А., Строительные башенные краны: Учебник для сред. ПТУ. – М.: Высш. школа, 1986. – 176 с.
22. Невзоров Л.А., Башенные строительные краны: Справочник/Невзоров Л.А., Пазельский Г.Н., Певзнер Е.М., - М.:

					140400.2016.088.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		75