

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт электронного обучения  
Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)  
Кафедра электропривода и электрооборудования

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

|                                                                  |
|------------------------------------------------------------------|
| Тема работы                                                      |
| <b>Регулируемый электропривод приемного рольганга стана 1250</b> |

УДК 62-83-52:621.771.2-52

**Студент**

| Группа  | ФИО                               | Подпись | Дата |
|---------|-----------------------------------|---------|------|
| 3-5Г2А1 | Уразалиев Турсунали Муфтилла угли |         |      |

**Руководитель**

| Должность         | ФИО                           | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-------------------|-------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Ст. преподаватель | Гнеушев Виталий<br>Викторович |                           |         |      |

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО                            | Ученая степень,<br>звание                 | Подпись | Дата |
|-----------|--------------------------------|-------------------------------------------|---------|------|
| Доцент    | Фигурко Аркадий<br>Альбертович | Кандидат<br>экономических<br>наук, доцент |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО                           | Ученая степень,<br>звание               | Подпись | Дата |
|-----------|-------------------------------|-----------------------------------------|---------|------|
| Доцент    | Сечин Андрей<br>Александрович | Кандидат<br>технических<br>наук, доцент |         |      |

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

| Зав. кафедрой | ФИО                          | Ученая степень,<br>звание               | Подпись | Дата |
|---------------|------------------------------|-----------------------------------------|---------|------|
| Доцент        | Дементьев Юрий<br>Николаевич | Кандидат<br>технических<br>наук, доцент |         |      |

Томск – 2017 г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения  
 Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)  
 Кафедра электропривода и электрооборудования

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой  
 \_\_\_\_\_ Ю.Н. Дементьев  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

|                            |
|----------------------------|
| <b>Бакалаврской работы</b> |
|----------------------------|

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студент:

| Группа  | ФИО                               |
|---------|-----------------------------------|
| 3-5Г2А1 | Уразалиев Турсунали Муфтилла угли |

Тема работы:

|                                                                  |                         |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| <b>Регулируемый электропривод приемного рольганга стана 1250</b> |                         |
| Утверждена приказом директора (дата, номер)                      | № 1655/с от 09.03.2017г |

|                                          |              |
|------------------------------------------|--------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 01.06.2017г. |
|------------------------------------------|--------------|

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Исходные данные к работе</b>                                               | Материалы преддипломной практики, техническая литература, техническая документации                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> | Введение; описание технологического процесса; обоснование и выбор системы электропривода; выбор элементов и расчет параметров силового канала регулируемого электропривода; синтез и анализ линеаризованной системы автоматического управления регулируемого электропривода; синтез и анализ нелинейной САУ РЭП; расчет статических и динамических характеристик, социальная ответственность проекта; финансовый менеджмент; заключение. |
| <b>Перечень графического материала</b>                                        | - схема кинематическая;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- схема электрическая принципиальная;</li> <li>- схема электрическая функциональная;</li> <li>- схема электрическая структурная;</li> <li>- демонстрационный лист;</li> <li>- технико-экономические показатели;</li> </ul> |
| <b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>                       |                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Раздел</b>                                                                           | <b>Консультант</b>                                                                                                                                                                                                                                                |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение                         | Фигурко Аркадий Альбертович                                                                                                                                                                                                                                       |
| Социальная ответственность                                                              | Сечин Андрей Александрович                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Заключение                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|                                                                                                 |              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b> | 06.03.2017г. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|

**Задание выдал руководитель:**

| Должность             | ФИО                        | Ученая степень, звание | Подпись | Дата        |
|-----------------------|----------------------------|------------------------|---------|-------------|
| Старший преподаватель | Гнеушев Виталий Викторович |                        |         | 06.03.2017г |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа  | ФИО                               | Подпись | Дата        |
|---------|-----------------------------------|---------|-------------|
| 3-5Г2А1 | Уразалиев Турсунали Муфтилла угли |         | 06.03.2017г |

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 114 страниц текста, 24 рисунков, 27 таблицы, 51 использованных источников и 1 приложение.

ЭЛЕКТРОПРИВОД, РОЛЬГАНГ, СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА, ОПТИМИЗАЦИЯ, СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ.

Объектом исследования являются электропривод рольганга

Цель работы – расчет электропривода приемного рольганга

В ходе исследования рассчитали элементы силовой цепи, рассчитали и построили статические и регулировочные характеристики разработали имитационную модель.

В результате имитационного моделирования получили графики переходных процессов.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» произведен расчет сметы затрат на пуско-наладочные работы электропривода рольганга.

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрены вопросы охраны труда и техники безопасности. Были проанализированы опасные и вредные факторы производства.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word, так же в работе использованы программы Mathlab, MathCAD, Microsoft Power Point.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ                                                                                                   | 7  |
| 1 ПРОЕКТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ                                                                             | 10 |
| 1.1 Технологический процесс участка                                                                        | 10 |
| 1.2 Кинематическая схема механизма приёмного рольганга                                                     | 14 |
| 1.3 Оценка и анализ вариантов исполнения электропривода приёмного рольганга                                | 17 |
| 1.4 Обоснование функциональной схемы РЭП и выбор ее основных элементов                                     | 19 |
| 2 ПРОЕКТНО - РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ                                                                               | 24 |
| 2.1 Выбор электрооборудования, расчет параметров и характеристик элементов силовой цепи                    | 24 |
| 2.1.1 Выбор электродвигателя                                                                               | 24 |
| 2.1.2 Выбор комплектного регулируемого электропривода и силовых элементов входящих в него                  | 32 |
| 2.1.3 Расчет параметров силовой цепи                                                                       | 39 |
| 2.1.4 Проверка обеспечения заданной области существования электромеханических характеристик электропривода | 40 |
| 2.3 Структурная схема силового канала САУ                                                                  | 47 |
| 2.4 Синтез линеаризованных структур САУ РЭП                                                                | 48 |
| 2.4.1 Методика синтеза линеаризованных структур САУ РЭП                                                    | 48 |
| 2.4.2 Линеаризованная структура САУ РЭП                                                                    | 49 |
| 2.5 Настройки контуров САУ электропривода                                                                  | 52 |
| 2.7 Структурная схема нелинейной САУ РЭП                                                                   | 60 |
| 2.8 Расчет переходных процессов                                                                            | 63 |
| ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА<br>«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И<br>РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»                | 66 |
| 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение                                         | 67 |

|                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1 Оценка потенциала и перспективности реализации ТП с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | 67  |
| 3.1.1 SWOT-анализ электропривода рольганга                                                               | 67  |
| 3.1.2 Определение ресурсоэффективности проекта                                                           | 71  |
| 3.2 Планирование и формирование графика работ по реализации ТП                                           | 73  |
| 3.2.1 Определение трудоемкости выполнения работ                                                          | 74  |
| 3.3 Составление сметы технического проекта                                                               | 78  |
| 3.3.1 Полная заработная плата исполнителей темы                                                          | 78  |
| 3.3.2 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)                                            | 81  |
| 3.3.3 Накладные расходы                                                                                  | 81  |
| 3.3.4 Формирование сметы технического проекта                                                            | 81  |
| ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА<br>«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»                                                      | 83  |
| 4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ                                                                             | 85  |
| 4.1 Введение                                                                                             | 85  |
| 4.2 Анализ вредных производственных факторов                                                             | 85  |
| 4.2.1 Основные вредные факторы                                                                           | 85  |
| 4.2.2 Шум и вибрация                                                                                     | 85  |
| 4.3 Анализ основных опасных факторов                                                                     | 87  |
| 4.4 Расчет освещения                                                                                     | 91  |
| 4.5 Пожарная безопасность                                                                                | 93  |
| 4.6 Охрана окружающей среды                                                                              | 95  |
| 4.7 Чрезвычайные ситуации                                                                                | 98  |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ                                                                                               | 102 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ                                                                                        | 104 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А.....                                                                                        | 108 |

## **ВВЕДЕНИЕ**

Прокатка есть основной вид обработки металлов под давлением. В среднем 75% стали, которая выплавляется на заводах металлургической промышленности, отделяется в станах прокатных и отпускается в виде проката завершеного таких как листы, сортовых различных профилей, труб и т.п. Остальная доля предназначена к про-изводства стальных фасонных отливок и кузнечных слитков.

Изо всех реверсивных станах горячей прокатки в нашей стране наибольшее значимость в прокатном производстве имеют обжимные станы (блюминги).

Блюминг - (англ. blooming)-большой стан прокаточный, рассчитанный на обжатию очень тяжелых стальных слитков в заготовки квадратного сечения (блюмы). Которые используется и на прокатки прямоугольной плоской заготовки, которая идет, в изготовление листовой стали - слябов.

Новейший стан прокатный охарактеризовывается высоким уровнем производительности, механизацией трудоемких работ и автоматизацией процессов основ-ных технологических. Увеличение производительности станов прокатных и механизмов вспомогательных, увеличение продукции и ее качества, приобретение высоких скоростей при прокатки и увеличение обжатию стали возможными в результате развития и внедрения широкого в подразделение прокатное со-временных систем электропривода и автоматизации. Современные станы прокатные и механизмы представляют модель тесной взаимосвязи конструкционных элементов, процесса технологического и электро-привода автоматизированного.

Помимо главный операции в прокатном стане производится весь строй вспомогательных операций, помимо которых невозможна прокатывание металла.

В современных механизированных прокатных станах с поточным технологическим процессом обработки металла рольганги являются одним с в особенности распространенных вспомогательных механизмов, с которых в

немалой степени зависит эффективность и бесперебойная производство прокатного стана в целом. Эффективность прокатного стана может проявиться невысокой, когда даже если бы единственный из его механизмов никак не в состоянии выполнить соответствующее величина операций в заданное период.

Рольганг -(нем. Rollgang)- транспортер, по которому нагрузка перемещается по роликам под действием силы тяжести самих грузов; применяется ради перемещения штучных грузов.

Общая продолжительность рольгангов очень значительна, а значение их достигает 40-60% с общего веса оборудования стана. Структура рольгангов, их значение и цена, как и равно как и эксплуатационные данные работы, непосредственно связаны с типом электропривода, к выбору которого надлежит приближаться очень тщательно с учетом их назначения и всех возможных режимов работы в данной технологической линии.

Рольганги выполняются с групповым или индивидуальным приводом. Около индивидуальном приводе и тот и другой вал данной секции рольганга возле-связываться с отдельного электродвигателя. Рядом групповом электроприводе элемент рольганга, состоящая с 3-10, а кой-когда и больше роликов имеет совместный электропривод с одного электродвигателя.

К сих станом начальная метраж слитка и протяжённость раската в первых проходах близки к величине шага рольганга, в силу зачем в одиночный вал требуется почти что полный масса прокатываемого металла. Сие делает необходимым использование группового электропривода, имеющего в соответствии с сравнению с индивидуальным значительно меньшую установленную производительность электродвигателей и меньшую первоначальная стоимость.

Согласно своему назначению рольганги разделяют в рабочие и транспорт-ные. Рабочими называют рольганги, расположенные прямо у рабочей клетки и служащие с целью задачи металла в валки и приема его с валков.



Транспортными называют весь оставшиеся рольганги, установленные перед рабочей клетью и после ней и связывающие среди собою отдельные вспомога-тельные механизмы и устройства стана.

Целью проектирования является построение реверсивного электропривода приемного рольганга стана 1250 обжимного цеха (блюминга) ЗСМК.

Исполнение сих требований осуществляется в основе применения но-вейших технических средств: тиристорных преобразователей, систем подчи-ненного регулирования в базе унифицированной блочной системы регуля-торов (УБСР), бесконтактных логических элементов и других высокоэффе-ктивных средств управления.

# 1 ПРОЕКТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ

## 1.1 Технологический процесс участка

Из сталеплавильного цеха жаркие слитки на жд плат-формах доставляются к нагревательным колодцам, которые размещены сначала обжимного цеха. Высадка слитков в нагревательные колодцы осуществляется особыми клещевыми кранами.

Нагрев слитков выполняется в рекуперативных нагревательных колодцах до температуры 1300°C. Нагревательные колодцы состоят из 12 групп, по 4 ячейки в любой группе. Нагретые слитки извлекаются этим же краном из ячеек нагревательных колодцев и кладутся на тележки слитковозов по два.

Доставка слитков к приемному рольгангу выполняется при помощи слитковозов автоматической кольцевой слиткоподачи. В кольце предусмотрена работы 4 слитковозов.

Приемный рольганг считается дополнительным оборудованием стана 1250 и состоит из 4 секций.

При доставке слитков с 1 категории нагревательных колодцев, также при поломке приспособлений кольцевой слиткоподачи осуществляется конкретно клещевым краном на приемный рольганг

Доставка слитков выполняется по 1.

При доставке слитков со 2-ой категории выполняется слитковозами работающими в челноке. При доставке слитков с третьей категории и дальше выполняется слитковозами при работе слиткоподачи по кольцу.

В последствии подачи слитка слитковозом и остановки его перед сталкивателем (приспособление для сталкивания слитков с телеги слитковоза) слиток сталкивается на заторможенные ролики приемного рольганга. Сталкиватели слитков присутствуют против 2-ой и 4 секции рольганга приемного

С приемного рольганга слитки транспортируются при помощи подводящих и трудящихся рольгангов к клетки 1250, где случается обжатие сплава.

Проект месторасположения оборудования участка представлен на рисунке 1.

Управление рольгангами имеет возможность исполняться как в ручном, но и в автоматическом режиме.

Транспортирование слитков исполняется исключительно в одном направлении. При автоматической работе подключение приемного рольганга случается при засвечивании фотореле, находящихся по полосы прокатки.

При транспортировании слитка врубается сразу со собственной секцией последующая секция (трудящаяся в холостую).

Автоматический режим работы гарантирует:

1) отправку слитков со 2-ой секции приемного рольганга:

- оператором ПУ-2 нажатием клавиши отправки;
- при движении сталкивателя вспять;
- включением первой секции приемного рольганга;

2) манёвр слитков по приемным рольгангам, где слиток дожи-дается прокатки, если соблюдать условие, собственно на пути следования слитков роль-ганги свободны;

3) расстановку слитков через рольганг в случае "крепкой" прокатки с следующей автоматической отправкой с места надежды по мере освобождения рольганга;

4) остановку рольганга в последствии прохождения слитка.

В более томном режиме действует 2-ая и 4-ая секция при-емного ролганга при доставке по 2 слитка слитковозом со 2-ой категории нагревательных колодцев. Слитковоз останавливается против 2-ой (чет-вертой) секции приемного рольганга, сталкивателем сталкивается 1 сли-ток на не крутящиеся ролики. Потом врубается 2-ая секция приемного рольганга

нажатием клавиши отправки и сплав транспортируется к следующей секции приемного рольганга на протяжении 2,5 секунд.

Вероятна пробуксовка колёсиков по сплаву на протяжении одной секунды при буксировании седьмого ролика под неподвижным слитком. Далее сталкивателем сталкивается 2-ой слиток через 5 секунд, врубается рольганг при перемещении сталкивателя назад либо нажатием клавиши отправки. После прохождения слитка по рольгангу, подобно первому слитку, время паузы для доставки последующих слитков 25 секунд.

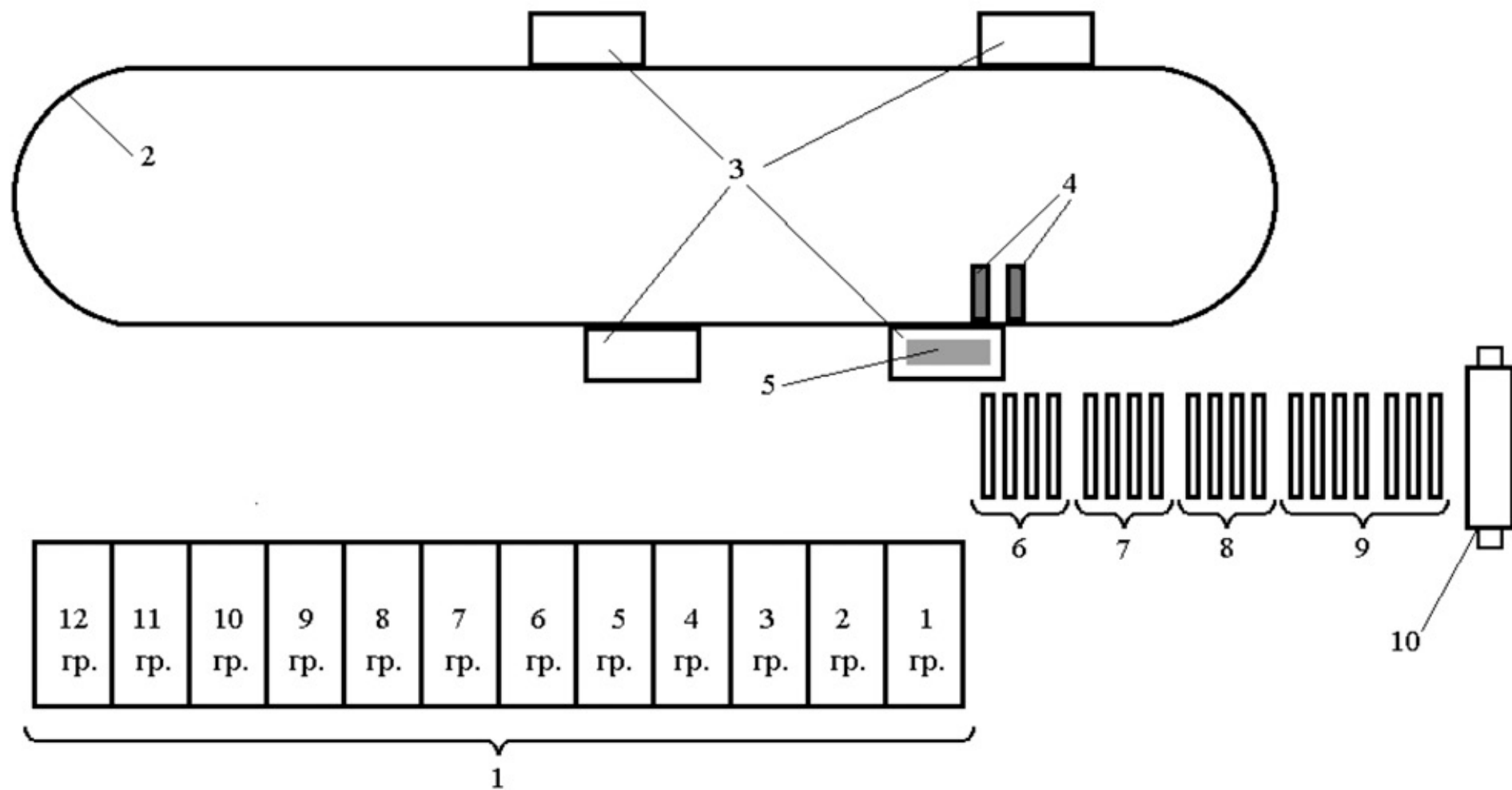


Рисунок 1. План расположения оборудования участка.

1 – нагревательные колодцы; 2 – кольцевая слиткоподача; 3 – слитковоз; 4 – сталкиватель; 5 – слиток; 6 – приёмный рольганг; 7 – подводящий рольганг; 8 – раскатной рольганг; 9 – рабочий рольганг; 10 – клеть 1250.

## **1.2 Кинематическая схема механизма приёмного рольганга**

Ролики смонтированы на конических роликовых подшипниках. Для восприятия огромных ударных нагрузок при подаче слитка массой 13,5 тонн на рольганг не слитковозом, а конкретно колодезным клещевым краном предусмотрена амортизация опор колёсиков с помощью тарельчатых пружин. Электропривод секции массовый, использован тут, потому что приёмный рольганг трудится в томном режиме, с нередкими запусками и большими перегрузками. Для приёмного рольганга протяженность слитка недалека к величине шага рольганга, вследствие чего на один ролик приходится почти весь вес прокатываемого металла.

Техническая характеристика элементов кинематической схемы приёмного рольганга представлена в таблице 1.

Таблица 1.- Техническая характеристика приемного рольганга

| Параметр                                                                                                                                         | В                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Вес транспортируемого металла, т                                                                                                                 | 13,5                       |
| Масса одного ролика, кг                                                                                                                          | 8280                       |
| Число роликов                                                                                                                                    | 7                          |
| Длина бочки ролика, мм                                                                                                                           | 1200                       |
| Шаг роликов, мм                                                                                                                                  | 800                        |
| Диаметр бочки ролика, мм                                                                                                                         | 600                        |
| Диаметр цапфы ролика, мм                                                                                                                         | 260                        |
| Передаточное число редуктора                                                                                                                     | 7,65                       |
| КПД зубчатой передачи                                                                                                                            | 0,8                        |
| Окружная скорость на бочках ролика, м/с                                                                                                          | 2                          |
| Моменты инерции, приведенные к валу двигателя:<br>- незагруженного рольганга, $кг \cdot м^2$<br>- загруженного рольганга слитком, $кг \cdot м^2$ | 63<br>95                   |
| Режим работы                                                                                                                                     | повторно - кратковременный |
| Число включений в час                                                                                                                            | 120                        |

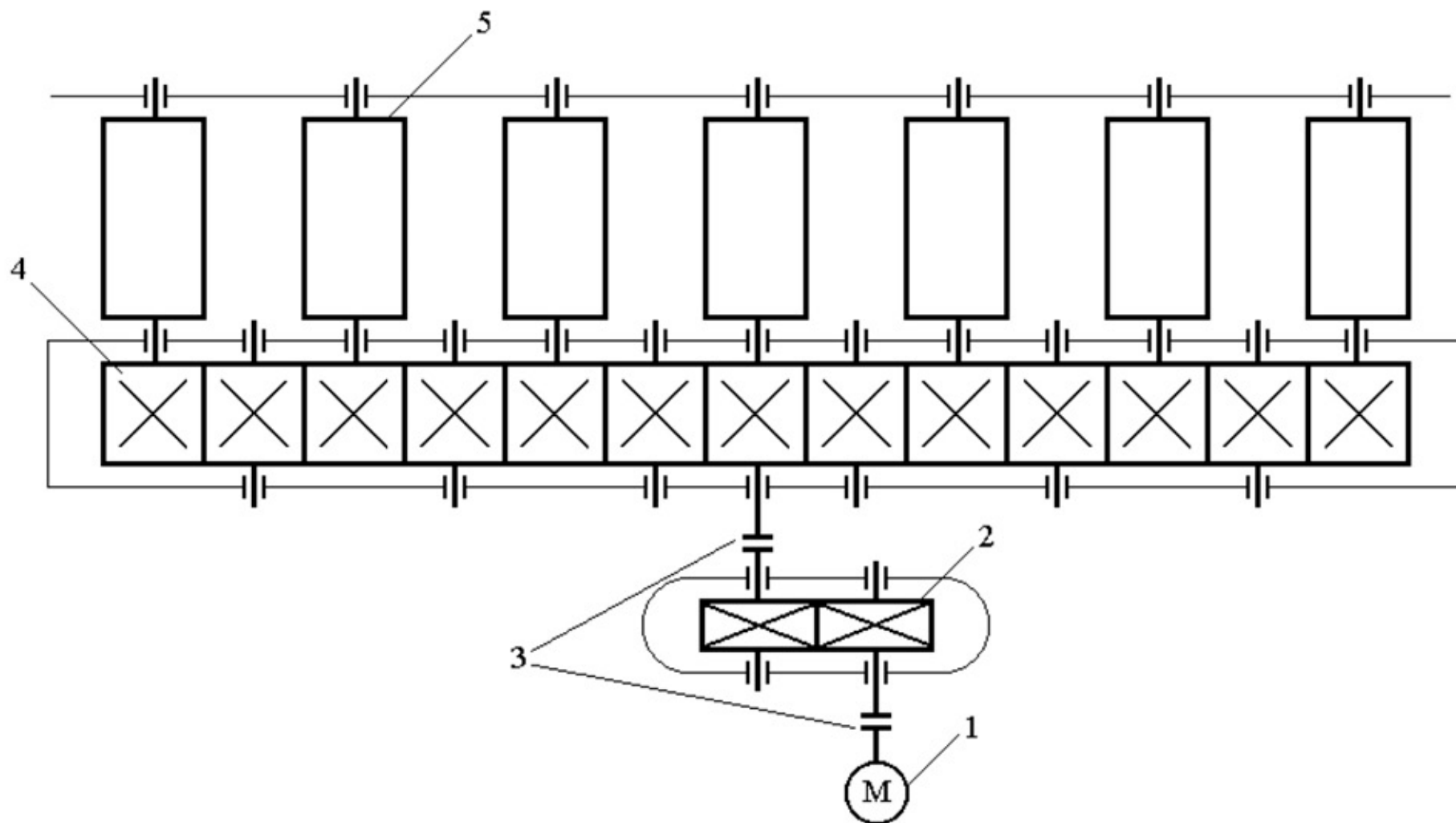


Рисунок 2. Кинематическая схема приёмного рольганга.

1 – электродвигатель; 2 – цилиндрический одноступенчатый редуктор; 3 – муфта; 4 – распределительный редуктор;  
5 – ролик.



### 1.3 Оценка и анализ вариантов исполнения электропривода приёмного рольганга

Выбор семейства тока и на подобии эл-привода делается отталкиваясь от нескольких критерий, предъявляемых к режиму работу исправного приспособления.

Приемный рольганг трудится в второй раз - краткосрочном режиме работы с нередкими запусками, реверсами и торможениями, просит немаленький перегрузочной возможностью для резвого ускорения сплава со слитком, а аналогично регулирования скорости вращения роликов. Для этого эл-привода употребляется движок неизменного тока, имеющий следующие достоинства:

- более высокая перегрузочная способность, добиваемая 2,5÷4 - кратной величины (у асинхронных движков она не превосходит 2÷2,5 кратной величины);
- минимальный момент инерции;
- электрическое торможение двигателей неизменного тока осуществляется легче и выдает наилучшие последствия, нежели торможение асинхронного мотора;
- допускают регулирование скорости в широких границах;
- аппаратура управления на неизменном токе легче и надежнее в действии, нежели техника управления на переменном токе.

Для запитки мотора пост. тока есть системы управления:

- генератор- мотор;
- транзисторный преобразователь-мотор;
- тиристорный преобразователь- мотор.

Коротко разглядим их плюсы и недочеты и подберем более приемлемый контролируемый выпрямитель.

Система генератор - движок (Г-Д) разрешает плавненько регулировать скорость мотора и фактически не заносит искажений (помех) в питающую сеть, имеет огромную установленную мощность электронных автомашин - как

следует, наиболее маленький КПД, огромные габариты и массу. Также, данная система просит огромной численности коммутационной аппаратуры и имеет высшую шумность.

Система транзисторный преобразователь-двигатель, невзирая на простоту управления транзисторами (транзистор - стопроцентно контролируемый прибор) и высочайший КПД преобразователя (до 0,98%) имеет небольшую мощность в связи урезанной силы элементной отличалась (транзисторов).

Система тиристорный преобразователь - движок (ТП-Д), невзирая на внесение искажений в питающую сеть, имеет высочайший КПД (до 0,98%), наименьшую мощность установленного оборудования, неимение подвижных частей, высочайшее быстродействие, наименьшие габариты и массу, бесшумность работы, высочайший уровень автоматизации, великий срок эксплуатации, простоту резервирования.

Проанализировав вероятные варианты и сопоставив их с требованиями, мы видим о потребности внедрения в виде приспособления управления скоростью мотора неизменного тока эл-привода приемно-го

## **1.4 Обоснование функциональной схемы РЭП и выбор ее основных элементов**

### **1.4.1 Функциональная схема электропривода**

Самое большое использование в металлургической индустрии в настоящее время обретает автоматический электропривод неизменного тока с закрытой системой регулировки.

На рисунке 3. представлена многофункциональная схема автоматического тиристорного реверсивного эл-привода неизменного тока приемного рольганга. Разглядим схему и предназначение ее главных частей.

Эл-двигатель Мтр независимого возбуждения получает кормление от реверсивного тиристорного преобразователя UZ, который заряжается с помощью трех-фазной сети через автоматический выключатель QF1 и согласующий трансформатор Т. Выключатель QF1 оберегает преобразователь и движок от токов недлинного замыкания и огромных перегрузок по току.

Выравнивающий дроссель LD включенный в якорную цепь разрешает ограничить значение переменных сочиняющих тока и, тем сделать лучше внедрение мотора, его коммутацию и электромеханические характеристики.

Выключатель QF2 изготавливает отключение мотора Мтр и оберегает его от перегруза и маленьких замыканий.

Автоматическая система регулировки (АСР) представляет из себя двухконтурную систему подчиненного регулировки скорости с отрицательной оборотной взаимосвязью по ЭДС и току мотора.

Управление электродвигателем (запуск, регулировку частоты вращения, реверс и торможение) исполняется при помощи бесконтактного агрегата управления SA с поста управления.

Для лимитирования и регулировки темпа разгона электродвигателя (ускорения) на входе регулятора ЭДС установлен задатчик интенсивности

AI1, а для лимитирования темпа нарастания тока мотора (скачка) – задатчик интенсивности AI2 установлен на входе контура тока.

Сигнал, снимаемый с шунта RS, поступает на измеритель тока UA, с выхода которого поступает на измеритель ЭДС UV2, также считается отрицательной обратной взаимосвязью по току, пропорциональной току мотора. На измеритель ЭДС аналогично прибывает сигнал с измерителя напряжения UV1 через делитель напряжения, DV.

Сигналы задания скорости, обратной взаимосвязи по скорости и данного ценности производной по скорости ( -ускорение) поступает на вход устройства шунтировки регуляторов. При наличии хоть какого из вышеперечисленных сигналов по управлению, превосходящих пороговое значение на входе порогового прибора, на его выходе возникает полезное напряжение, которое поступает на управление ключами, для разблокировки регуляторов AA.

При уменьшении всех сигналов на входе устройства до уровней меньших порогового ключи блокируют (шунтируют) регуляторы.



## 1.4.2 Функциональная схема преобразовательной части электропривода

На рисунке 4 представлена многофункциональная схема преобразовательной доли эл-привода приемного рольганга.

Сдвиг импульсов что же касается силового напряже-ния ориентируется напряжением управления  $U_u$ .

Для синхронизации с питающей сетью на вход АТ поступает опорное напряжение  $U_{оп}$  опосля фильтра  $Z$ . Выбор работающего моста осуществляется закономерным переключающим приспособлением (ЛПУ) АВ зависимо от по-лярности напряжения  $U_n$  и полнейшего тока перегрузки ( $i_d$ ). Приспособление АВ сформировывает закономерные сигналы выбора моста VSF либо VSB, переключает полярность напряжения задания исходного угла  $U_0$  и вырабатываемого сиг-нала бестоковой паузы  $BF1=1$ , коим снимаются импульсы с двух выпрямительных мостов.

Сигнал  $BF2$ , появляющийся сразу с сигналом  $BF1$ , хотя исче-зающий немного позднее, работает для отключения сигнала задания тока во времени бестоковой паузы. По сигналу  $U_{ср}$  (срыв импульсов) импульсы снимаются с двух выпрямительных мостов.

Оборона эл-привода исполняется узлом АF, который принимает перегрузки в цепи переменного тока ( $i_d$ ) и в цепи неизменного тока  $i_d$ , а так-же сигналом " Авария ", вырабатываемым в схеме эл-привода.

Узел АF через узел убыстренного отключения АR выключает автоматический выключа-тель крупнейшей цепи QF, воздействуя на его независящий расцепитель R, сни-мает сигнал готовности в схеме управления электроприводом и сдвигает правящие импульсы в инверторную область.

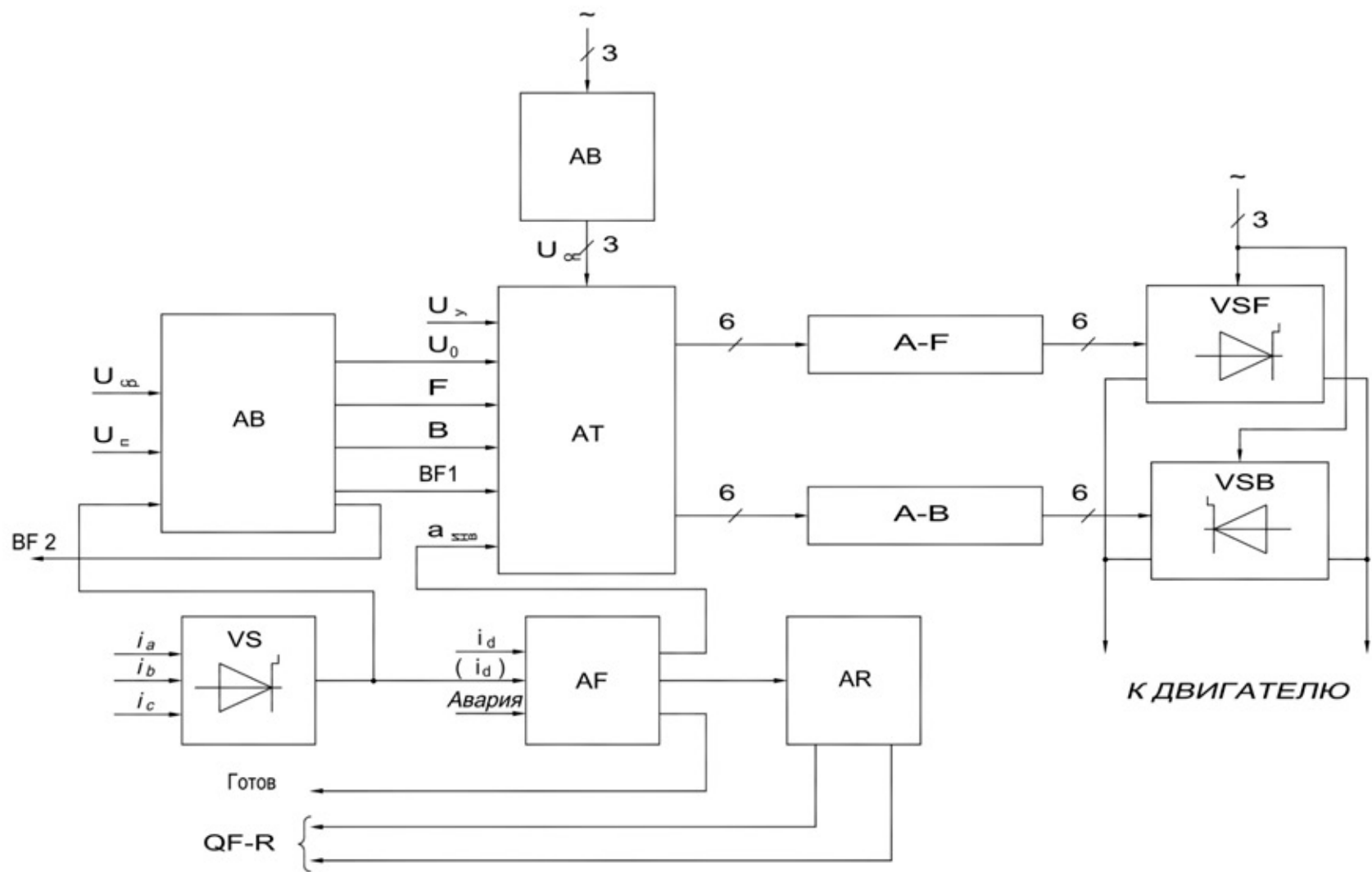


Рисунок 4 Функциональная схема преобразовательной части электропривода

## 2 ПРОЕКТНО - РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Выбор электрооборудования, расчет параметров и характеристик элементов силовой цепи

#### 2.1.1 Выбор электродвигателя

Произведем проверочный расчет краново-металлургического двигателя постоянного тока серии Д, типа Д814 с независимым возбуждением для электропривода приемного рольганга стана 1250.

Двигатель серии Д предназначен для специализированных кранов, вспомогательных металлургических механизмов, работающих в повторно - кратковременном режиме работы, с большим числом включений, широким диапазоном регулирования и высокой перегрузочной способностью в условиях повышенной влажности, запыленности и вибрации. Технические данные двигателя типа Д814 представлены в таблице 2.

Таблица 2.- Технические данные электродвигателя типа Д814.

| Величина                                    |             | Значение    |
|---------------------------------------------|-------------|-------------|
| Наименование                                | Обозначение |             |
| Тип                                         | -----       | Д814        |
| Номинальная мощность, кВт                   | $P_n$       | 110         |
| Номинальное напряжение якоря, В             | $U_n$       | 440         |
| Номинальный ток якоря, А                    | $I_n$       | 274         |
| Номинальные обороты вращения, об/мин        | $n_n$       | 500         |
| Возбуждение                                 | -----       | независимое |
| Номинальный ток возбуждения, А              | $I_{в.н.}$  | 5,2         |
| Номинальное напряжение возбуждения, В       | $U_{в.н.}$  | 220         |
| Момент инерции двигателя, кг·м <sup>2</sup> | $J_{дв}$    | 10,25       |



Продолжение таблицы 2

|                                                              |                |        |
|--------------------------------------------------------------|----------------|--------|
| Повторно – кратковременный режим                             | -----          | ПВ=40% |
| Сопротивление якоря двигателя при 20° С, Ом                  | $R_{оя}$       | 0,032  |
| Сопротивление дополнительных полюсов двигателя при 20° С, Ом | $R_{д.п}$      | 0,021  |
| Номинальный вращающийся момент, Н·м                          | $M_{н}$        | 2100   |
| Допустимый коэффициент перегрузочной способности двигателя   | $\lambda_{дв}$ | 2,8    |

Проверочный расчет электродвигателя производим по методике [5].

Для определения нагрузки на электродвигатель рольганга необходимо рассчитать следующие моменты статических сопротивлений:

- момент холостого хода роликов;
- момент транспортирования металла по роликам;
- момент буксирования роликов по транспортируемому металлу.

Момент холостого хода рольганга, приведенный к валу двигателя, определяется по выражению:

$$M_{xp} = \frac{m_p \cdot g \cdot Z_p \cdot d_{ц} \cdot \mu_{ц}}{2 \cdot i \cdot \eta_x}, \quad (2.1)$$

где  $m_p = 8280 \text{ кг}$  - масса одного ролика;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$  - ускорение силы тяжести;

$Z_p = 7$  - число роликов секции рольганга с групповым электроприводом;

$d_{ц} = 600 \text{ мм}$  - диаметр цапфы роликов;

$\mu_{ц} = 0,01$  - коэффициент трения скольжения в подшипниках ролика при воздействии на подшипники высоких температур транспортируемого металла по ([2],таблице 20);

$i = 7,65$  - передаточное число редуктора;

$\eta_x = 0,8$  - КПД редуктора при холостом ходе

Недостатком расчета момента холостого хода роликов по формуле (2.1.) является то, что в ней не учитывается момент, необходимый для холостого вращения элементов передачи (редуктора, трансмиссионного вала, муфт). С целью учета момента холостого хода передач рекомендуется снижение КПД при малых нагрузках. КПД сохраняется при уменьшении нагрузки до 75% от номинальной. При снижении нагрузки до 5-10% от номинальной КПД рекомендуется снижать на 50%, т.е.  $\eta_x = 0,5 \cdot \eta_H = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4$ , тогда

$$M_{xp} = \frac{8280 \cdot 9,81 \cdot 7 \cdot 0,26 \cdot 0,01}{2 \cdot 7,65 \cdot 0,4} = 246,3 \text{ Н}$$

При определении момента холостого хода необходимо также учитывать потери в электродвигателе. Момент холостого хода двигателя определяется по формуле:

$$M_{x.d.} = (0,05 - 0,1) \cdot M_H = 0,1 \cdot 2100 = 210 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

где  $M_H = 2100 \text{ Н} \cdot \text{м}$  - номинальный вращающий момент двигателя;

Таким образом, полный момент холостого хода рольганга равен:

$$M_x = M_{x.p} + M_{x.d.} = 246,3 + 210 = 456,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

При транспортировании металла с установившейся скоростью возникают дополнительные по сравнению с холостым ходом нагрузки, увеличение момента трения в подшипниках от силы тяжести металла и момента трения качения роликов по металлу.

Момент транспортировки металла по роликам, приведенный к валу двигателя, определяется по выражению:

$$M_{mp} = \frac{m_m \cdot g \cdot \left( \frac{d_u}{2 \cdot \mu_u} + f \right)}{i \cdot \eta_{tp}},$$

где  $m_m$  - масса металла слитков, приходящаяся на секцию рольганга, кг;

$f=0,15$  - коэффициент трения качения металла по роликам (для горячего металла);

$\eta_{тр}$  - КПД редуктора при транспортировании металла по рольгангу.

Так как транспортирование слитка по рольгангу дает обычно незначительное увеличение статической нагрузки на электропривод по сравнению с нагрузкой холостого хода, то можно принять  $\eta_{тр}=\eta_x=0,4$ , тогда

$$M_{тр} = \frac{13500 \cdot 9,81 \cdot \left( \frac{0,26}{2 \cdot 0,01} + 0,15 \cdot 10^{-2} \right)}{7,65 \cdot 0,4} = 123,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Полный статический момент при транспортировании металла, приведенный к валу двигателя:

$$M_{СТ} = M_x + M_{тр} = 456,3 + 123,5 = 579,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент пробуксовки роликов по металлу определяется для выбора двигателей рольгангов по перегрузочной способности. Двигатели рольгангов должны развивать момент, достаточный для пробуксовки рольганга по транспортируемому металлу.

Момент буксирование роликов по транспортируемому металлу, приведенный к валу двигателя определяется по формуле:

$$M_{\delta} = \frac{m_m \cdot g \cdot (d_p \cdot \mu_{\delta} + d_{ц} \cdot \mu_{ц})}{2 \cdot i \cdot \eta_n},$$

где  $d_p$  - диаметр ролика, м;

$\mu_{\delta}$  - коэффициент трения при буксировании (для горячей стали по [5], таблица 13  $\mu_{\delta}=0,3$ )

$\eta_n$  - КПД редуктора номинальный.

$$M_{\delta} = \frac{13500 \cdot 9,81 \cdot (0,6 \cdot 0,3 + 0,26 \cdot 0,01)}{2 \cdot 7,65 \cdot 0,8} = 2014 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Полный статический момент при буксировании, приведенный к валу двигателя, определяется по формуле:

$$M_{сб} = M_x + M_6 = 456,3 + 2014 = 2470,3 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

*Проверим двигатель на перегрузочную способность*

На основании проведённых расчётов отношение  $\frac{M_{\text{макс}}}{M_n} = \frac{2470}{2100} = 1,176$ ,

меньше коэффициента перегрузки двигателя  $\lambda = 2,8$

Это значит, что двигатель проходит по перегрузочной способности.

*Проверяем двигатель по нагреву*

Время разгона электропривода рольганга:

$$t_n = \frac{J_{\text{э2}} \cdot \omega_{\text{расч}}}{M_n - M_{\text{см}}} = \frac{105,25 \cdot 51}{2520 - 579,8} = 2,5 \text{ с}$$

где  $J_{\text{э2}} = J_{\text{МЕХ2}} + J_{\text{ДВ}} = 95 + 10,25 = 105,25 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$  - момент инерции электропривода с загруженным рольгангом;

$$\omega_{\text{расч}} = \frac{V}{r_p} \cdot i = \frac{2}{0,3} \cdot 7,65 = 51 \text{ рад/с}$$
 - расчетная угловая скорость вращения

двигателя;

$M_n$  - средний пусковой момент двигателя; для разгона рольганга с заготовкой необходимо принять  $M_n = 1,2 \cdot M_n = 1,2 \cdot 2100 = 2520 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

$r_p = 0,3 \text{ м}$  - радиус ролика.

Время торможения электропривода рольганга:

$$t_m = \frac{J_1 \cdot \omega_{\text{расч}}}{M_m + M_x} = \frac{73,25 \cdot 51}{1680 + 456,3} = 1,75 \text{ с}$$

где  $J_{\text{э1}} = J_{\text{МЕХ1}} + J_{\text{ДВ}} = 63 + 10,25 = 73,25 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$  - момент инерции рольганга без металла;

$M_m$  - средний тормозной момент двигателя; для торможения незагруженного рольганга необходимо принять  $M_m = 0,8 \cdot M_n = 0,8 \cdot 2100 = 1680 \text{ Н}\cdot\text{м}$

Используя, расчетные данные моментов и технологический процесс механизма, строим нагрузочную диаграмму приемного рольганга, которая приведена на рисунке 5.

По нагрузочной диаграмме определяем момент эквивалентный, приведенный к валу двигателя:

$$M_{\text{э}} = \sqrt{\frac{M_n^2 \cdot t_1 + M_{cm}^2 \cdot t_2 + M_{c\delta}^2 \cdot t_3 + M_x^2 \cdot t_4 + M_m^2 \cdot t_5 + M_n^2 \cdot t_6 + M_{cm}^2 \cdot t_7 + M_{c\delta}^2 \cdot t_8 + M_x^2 \cdot t_9 + M_m^2 \cdot t_{10}}{\frac{1+\beta}{2} \cdot (t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10})}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2520^2 \cdot 2,5 + 579,8^2 \cdot 2,5 + 2470,3^2 \cdot 1 + 456,3^2 \cdot 1,2 + 1680^2 \cdot 1,5 + 2520^2 \cdot 2,5 + 579,8^2 \cdot 2,5 + 2470,3^2 \cdot 1 + 456,3^2 \cdot 1,2 + 1680^2 \cdot 1,5}{\frac{1+0,5}{2} \cdot (2,5 + 2,5 + 1 + 1,2 + 1,5 + 2,5 + 2,5 + 1 + 1,2 + 1,5)}} = 1900$$

где  $t_1 \div t_{10}$  - время работы на каждом участке нагрузочной диаграммы, с;

$\beta=0,5$  - коэффициент ухудшения вентиляции электродвигателя при стоянке [5];

Эквивалентная продолжительность включения:

$$ПВ_{\text{э}} = \frac{\sum t_p}{t_{\text{ц}}} \cdot 100\% = \frac{\sum t_p}{\sum t_p + \sum t_o} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{1,5 + 2,5 + 1 + 1,2 + 1 + 1,5 + 2,5 + 1 + 1,2 + 1}{1,5 + 2,5 + 1 + 1,2 + 1 + 5 + 1,5 + 2,5 + 1 + 1,2 + 1 + 2,5} \cdot 100\% = 32,4\%$$

где  $t_{\text{ц}}=21,9$  - время цикла, с;

$t_o=7,5$  - время паузы, с.

Эквивалентная мощность двигателя:

$$P_{\text{э}} = M_{\text{э}} \cdot \omega_{\text{расч}} = 1900 \cdot 51 = 96900 \text{ Вт} \approx 97 \text{ кВт}$$

Приведём эквивалентную мощность к ближайшему каталожному значению  $ПВ=40\%$ :

$$P_{\text{к}} = P_{\text{э}} \cdot \sqrt{\frac{ПВ_{\text{э}}}{ПВ_{\text{к}}}} = 97 \cdot \sqrt{\frac{32,4}{40}} = 87,3 \text{ кВт}$$

Расчетная мощность двигателя;

$$P_{\text{расч}} = P_{\text{к}} \cdot K_3 = 1,2 \cdot 87,3 = 104,7 \text{ кВт}$$

где  $K_3=1,1 \div 1,2$  - коэффициент запаса, учитывающий отличие нагрузочной диаграммы от режима работы производственного механизма.

Принимаем  $K_3=1,2$

Условие по нагреву  $P_n \geq P_{расч}$  выполняется.

Значит электродвигатель Д814 для электропривода приемного рольганга стана 1250 выбран правильно и проходит по нагреву и перегрузочной способности.

### Расчетные параметры электродвигателя

Сопротивление двигателя в холодном состоянии

$$R_{дв} = R_{оя} + R_{шт} = 0,032 + 0,021 = 0,053 \text{ Ом.}$$

Сопротивление двигателя в нагретом состоянии (при нагреве  $+90^\circ$ )

$$R_{дв.гор} = 1,36 \cdot R_{дв} = 1,36 \cdot 0,053 = 0,072 \text{ Ом.}$$

Номинальная угловая скорость

$$\omega_n = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_n}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 500}{60} = 52,35 \text{ рад/с}$$

Коэффициент ЭДС  $\left(\frac{В \cdot с}{рад}\right)$  и электромагнитного момента  $\left(\frac{Н \cdot м}{А}\right)$

$$c = \frac{U_n - I_n \cdot R_{дв.гор}}{\omega_n} = \frac{440 - 274 \cdot 0,072}{52,35} = 8,036$$

Максимальная ЭДС электродвигателя

$$E_{дв.макс} = c \cdot \omega_n = 8,036 \cdot 52,35 = 420,68 \text{ В}$$

Максимальный ток двигателя при допустимой перегрузке

$$I_{дв.макс} = 2,8 \cdot I_n = 2,8 \cdot 274 = 767,2 \text{ А}$$

Индуктивность двигателя

$$L_{дв} = \gamma \cdot \frac{U_n}{I_n \cdot p \cdot \omega_n} = 0,3 \cdot \frac{440}{274 \cdot 2 \cdot 52,35} = 0,0046 \text{ Гн}$$

где  $p = 2$  - число пар полюсов электродвигателя;

$\gamma$  - коэффициент, приняты равным 0,3.

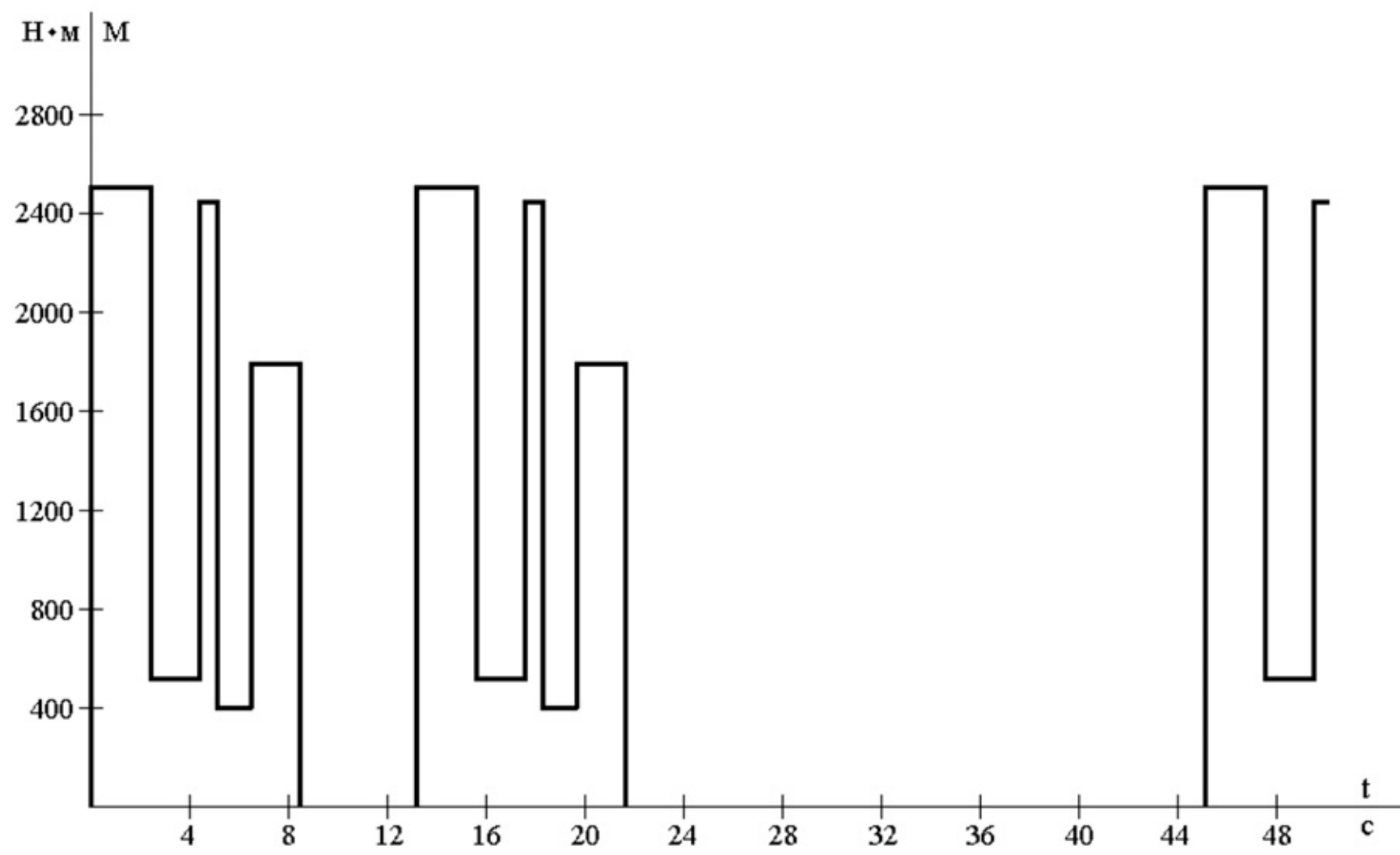


Рисунок 5 Нагрузочная диаграмма приёмного рольганга

Постоянная времени электродвигателя

$$T_{ДВ} = \frac{L_{ДВ}}{R_{ДВ.ГОР}} = \frac{0,0046}{0,072} = 0,064с$$

## 2.1.2 Выбор комплектного регулируемого электропривода и силовых элементов входящих в него

### Выбор комплектного регулируемого электропривода

Для питания и управления скоростью выбранного электродвигателя типа Д814 принимается комплектный регулируемый электропривод. Условие выбора комплектного электропривода (тиристорного преобразователя) сводится к следующему:

- номинальный выпрямленный ток преобразователя должен быть равен или больше номинального тока двигателя  $I_{дн} \geq I_{ДВ.Н}$  ;
- номинальное выпрямленное напряжение преобразователя должно быть согласованно с номинальным напряжением двигателя, в нашем случае  $U_{дн} = (U_{ДВ} + 20) = 460В$  ;
- максимальный допустимый ток преобразователя желательно должен быть не менее максимального тока электродвигателя при заданном времени.

На основании изложенного выбираем комплектный электропривод (реверсивный, с отдельным управлением группами клапанов, с естественным охлаждением, схема выпрямления – трёхфазная мостовая, с основными номинальными параметрами  $U_{дн} = 460В$ ,  $I_{дн} = 320А$ ,  $I_{d\max} = 2.25 \cdot 320 = 720А$  при длительности 10с).

Технические данные преобразователя представлены в таблицу 3



Таблица 3 - Технические данные преобразователя/.

| Величина                                                                                                        | Значение                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Номинальный ток преобразователя, А                                                                              | 320                     |
| Номинальное напряжение преобразователя, В                                                                       | 460                     |
| Коэффициент полезного действия, %                                                                               | 94                      |
| Коэффициент мощности                                                                                            | 0,85                    |
| Ассиметрия управляющих импульсов, эл.град.                                                                      | $\pm 3$                 |
| Величина тока уставки максимальной токовой защиты, А                                                            | 860                     |
| Диапазон регулирования $U_d$ , %                                                                                | 0-100                   |
| Отклонение питающей сети от номинального значения:<br>-для высокого напряжения, %<br>-для низкого напряжения, % | $\pm 10$<br>$+ 10, -15$ |
| Диапазон регулирования скорости вращения двигателя                                                              | 25:1                    |
| Статическая погрешность поддержания скорости вращения, %                                                        | 4                       |
| Погрешность отработки заданной скорости не более, %                                                             | 0,3                     |
| Время реверса тока якоря, мс                                                                                    | 30                      |
| Ограничение полного тока при заданном уровне с погрешностью не более, %                                         | 10                      |
| Пределы регулирования ограничения темпа нарастания в якоре двигателя, А/с                                       | $(40-100)I_n$           |
| Диапазон измерения управляющего сигнала, В                                                                      | $\pm 10$                |
| Диапазон фазового управления, эл.град.                                                                          | 170                     |
| Дрейф фазовой характеристики при изменении температуры окружающей среды от $1 \div 40^\circ\text{C}$ , эл.град  | $\pm 4$                 |
| Зависимость угла регулирования от напряжения управления                                                         | линейная                |

Продолжение таблицы 3

|                                            |          |
|--------------------------------------------|----------|
| Жесткость ограничивающей характеристики, В | ±0,5     |
| Диапазон регулирования:                    |          |
| -минимального угла, эл.град                | 5-90     |
| -максимального угла, эл.град               | 90-175   |
| -угла согласования, эл.град                | 5-175    |
| Длительность выходных импульсов, мс        | 0,45-0,1 |

### Выбор силового трансформатора

Для питания силовой цепи реверсивных тиристорных преобразователей выполненных по трехфазной мостовой схеме выпрямления применяются специальные преобразовательные трёхфазные трансформаторы, согласованные по вторичному напряжению с номинальным напряжением выпрямителя и электродвигателя. На основании параметров выпрямителя  $U_{dn} = 460В$ ,  $I_{dn} = 320А$  выбираем сухой, двухобмоточный преобразовательный трансформатор ТСЗП-400/10 УЗ с подключением сетевой обмотки к сети 10кВ. Технические данные трансформатора представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Технические данные трансформатора

| Тип трансформатора                                    | Сетевая обмотка |                | Вентильная обмотка |        | Преобразователь |        | Потери                           |                                     |                                               | Ток холостого хода $I_{х.х.}$ , % |
|-------------------------------------------------------|-----------------|----------------|--------------------|--------|-----------------|--------|----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|
|                                                       | Мощность, кВт   | Напряжение, кВ | Напряжение, В      | Ток, А | Напряжение, В   | Ток, А | Холостого хода $\Delta P_x$ , Вт | Короткого замыкания $P_{к.з.}$ , Вт | Напряжения короткого замыкания $U_{к.з.}$ , % |                                   |
| ТСЗП-400/10УЗ                                         | 364             | 10             | 410                | 514    | 460             | 630    | 1600                             | 4500                                | 5,3                                           | 2,5                               |
| Соединение обмоток трансформатора $\Delta/\Delta - o$ |                 |                |                    |        |                 |        |                                  |                                     |                                               |                                   |

## Расчетные параметры трансформатора

Расчет ведём для эквивалентного соединения вторичной обмотки трансформатора в звезду, тогда:

$$I_{2\phi} = I_{2л} = 514 A,$$
$$U_{2\phi} = \frac{U_{2л}}{\sqrt{3}} = \frac{410}{\sqrt{3}} = 236.7 B$$

Активное сопротивление обмотки трансформатора на фазу:

$$R_{mp.\phi} = \frac{\Delta P_{кз}}{m_2 \cdot I_{2\phi.н.}^2} = \frac{4500}{3 \cdot 514^2} = 0,0057 Ом$$

Полное сопротивление обмотки трансформатора на фазу:

$$Z_{mp.\phi} = \frac{U_{к.з. \%} \cdot U_{2\phi.н.}}{100 \cdot I_{2\phi.н.}} = \frac{5,3 \cdot 236,7}{100 \cdot 514} = 0,0245 Ом$$

Реактивное сопротивление обмотки трансформатора на фазу:

$$X_{TP.\phi} = \sqrt{Z_{mp.\phi}^2 - R_{mp.\phi}^2} = \sqrt{0,0245^2 - 0,0057^2} = 0,0238 Ом$$

Индуктивность обмоток трансформатора на фазу:

$$L_{mp.\phi} = \frac{X_{mp.\phi}}{\omega_c} = \frac{0,0238}{314} = 0,076 \cdot 10^{-3} Гн$$

где  $\omega_c = 314 \frac{рад}{с}$  - угловая частота питающей сети.

## Выбор сглаживающего реактора

При питании от ТП по двигателю помимо постоянной составляющей тока протекают переменные составляющие, величина которых зависит от угла управления и параметров нагрузки. Это приводит к повышению нагрева двигателя, ухудшению условий коммутации и снижению жесткости механических характеристик в связи с расширением зоны прерывистых токов.

Включение сглаживающего реактора в якорную цепь позволяет

ограничить величину переменных составляющих и, тем самым, улучшить использование двигателя, его коммутацию и электромеханические характеристики.

Индуктивность сглаживающего дросселя выбирается из условия уменьшения зоны прерывистого тока при отдельном управлении преобразователем до уровня минимального значения тока нагрузки  $0,1 \cdot I_{дв.н}$  и ограничения пульсаций тока двигателя до допустимых значений  $P(1)\% = 2 \div 7$ .

Номинальный ток реактора выбирается из условия

$$I_{др.н} \geq \frac{\lambda_{дв} \cdot I_{дв}}{\lambda_{др}} = \frac{2,8 \cdot 274}{3} = 255,7 \text{ A}.$$

Индуктивность якорной цепи из условия ограничения зоны прерывистых токов на уровне  $0,1 \cdot I_{дв.н}$

$$L_{кн1} = \frac{1}{\omega} \cdot k_{зр.макс} \cdot \frac{E_{d0}}{I_{д.зр}} = \frac{1}{314} \cdot 0,093 \cdot \frac{553,9}{27,4} = 0,006 \text{ Гн},$$

где при  $\alpha = 90^\circ$   $k_{зр.макс} = \left(1 - \frac{\pi}{m_\sigma} \cdot \text{ctg} \frac{\pi}{m_\sigma}\right) \cdot \sin \alpha = \left(1 - \frac{\pi}{6} \cdot \text{ctg} \frac{\pi}{6}\right) \cdot \sin 90^\circ = 0,093$ ,

$$I_{д.зр} < 0,1 \cdot I_{дв.н} = 0,1 \cdot 274 = 27,4 \text{ A}$$

Тогда индуктивность дросселя

$$L_{др1} = L_{кн1} - 2 \cdot L_{тр.ф} - L_{дв} = 0,006 - 2 \cdot 0,076 \cdot 10^{-3} - 0,0046 = 0,001248 \text{ Гн}.$$

Индуктивность якорной цепи из условия ограничения пульсаций тока на уровне 5%

$$L_{кн2} = \frac{E_{d(1)} \cdot 100}{m_\sigma \cdot \omega_c \cdot P(1)\% \cdot I_{дн}} = \frac{134,4 \cdot 100}{6 \cdot 314 \cdot 5 \cdot 274} = 0,00522 \text{ Гн},$$

где  $E_{d(1)} = \frac{E_{d0}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{2 \cdot m_\sigma}{(m_\sigma^2 - 1)} = \frac{553,9}{\sqrt{2}} \cdot \frac{2 \cdot 6}{(6^2 - 1)} = 134,4 \text{ В}$

Тогда индуктивность дросселя

$$L_{др2} = L_{кн2} - 2 \cdot L_{тр.ф} - L_{дв} = 0,00522 - 2 \cdot 0,076 \cdot 10^{-3} - 0,0046 = 0,000467 \text{ Гн}.$$

На основании расчетных параметров выбираем реактор серии ФРОС-65/0,5У3. Фильтровые однофазные одностержневые реакторы серии ФРОС с естественным воздушным охлаждением открытого исполнения предназначены для длительной работы в цепи выпрямленного тока со

значением выпрямленного напряжения не выше 500В. Индуктивность реакторов уменьшается не более чем на 10% от номинальной при трёхкратном номинальном токе. Параметры сглаживающего реактора представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Параметры реактора типа ФРОС-65/0,5У3

| Наименование параметра | Обозначение | Размерность | Значение |
|------------------------|-------------|-------------|----------|
| Номинальный ток        | $I_{p.n}$   | А           | 320      |
| Индуктивность          | $L_p$       | мГн         | 1,0      |
| Масса                  | m           | кг          | 82       |
| Активное сопротивление | $R_p$       | Ом          | 0,0045   |

### Выбор автоматических выключателей

Выключатели автоматические предназначены для защиты электрических установок при коротких замыканиях, перегрузах и недопустимых снижениях напряжения, для нечастых оперативных включений и отключений электрической цепи. Технические данные автоматических выключателей установленных на стороне переменного и постоянного токов представлены в таблице 6.

Таблица 6. -Технические данные автоматических выключателей.

| Параметры           | Автоматический выключатель  |                             |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                     | на стороне переменного тока | на стороне постоянного тока |
| Тип                 | A3756Б                      | A3795П                      |
| Нулевой расцепитель | 380В,50Гц                   | 380В,50Гц                   |

Продолжение таблицы 6

|                                     |           |           |
|-------------------------------------|-----------|-----------|
| Независимый расцепитель             | -         | =110В     |
| Электромагнитный привод             | 380В,50Гц | 380В,50Гц |
| Номинальное напряжение главной цепи | 380В,50Гц | =440В     |
| Номинальный ток главной цепи        | 400А      | 400А      |
| Уставка                             | 1500А     | 2500А     |

### Расчетные параметры преобразователя

Средняя выпрямленная ЭДС при угле управления  $\alpha = 0$

$$E_{d0} = k_{U_{2Л}} \cdot U_{2Л} = 1,351 \cdot 410 = 553,9В$$

Коэффициент усиления тиристорного преобразователя (максимальное значение)

$$k_{\text{ТН}} = \frac{\pi \cdot k_{\text{УО}} \cdot E_{d0}}{2 \cdot U_{\text{ОП.МАКС}}} = \frac{3,14 \cdot 0,475 \cdot 553,9}{10} = 174$$

где  $k_{\text{УО}} = 0,475$  - коэффициент передачи управляющего органа на входе СИФУ;

$2 \cdot U_{\text{ОП.МАКС}} = 10В$  - размах линейного опорного напряжения на входе СИФУ.

Постоянная времени тиристорного преобразователя, обусловленная средним значением времени запаздывания

$$T_{\text{ТН}} = \frac{0,5}{m_e \cdot f_c} = \frac{0,5}{6 \cdot 50} = 0,00167с$$

где  $m_e = 6$  - число пульсов преобразователя;

$f_c = 50Гц$  - частота тока питающей сети.

### 2.1.3 Расчет параметров силовой цепи

Сопротивление силовой цепи преобразователя

$$R_{ТП} = 2 \cdot R_{тр.ф.} + R_{\kappa} = 2 \cdot 0,0057 + 0,0227 = 0,0341 \text{ Ом}$$

где  $R_{\kappa} = \frac{m_{\sigma} \cdot X_{тр.ф.}}{K_{сх} \cdot \pi} = \frac{6 \cdot 0,0238}{2 \cdot \pi} = 0,0227 \text{ Ом}$  - сопротивление, вносимое за

счёт коммутации токов тиристоров;

$m_{\sigma} = 6$  - пульсность схемы выпрямления.

Сопротивление силовой цепи двигателя

$$R_{Ц.ДВ} = R_{ДВ.ГОР} + R_{р} + 0,1 \cdot R_{ДВ.ГОР} = 0,072 + 0,0045 + 0,1 \cdot 0,072 = 0,0837 \text{ Ом}$$

Сопротивление силовой цепи

$$R_{яц} = R_{ТП} + R_{Ц.ДВ} = 0,0341 + 0,0837 = 0,1178 \text{ Ом}$$

Индуктивность силовой цепи преобразователя

$$L_{ТП} = 2 \cdot L_{тр.ф.} = 2 \cdot 0,758 \cdot 10^{-4} = 1,516 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

Расчетное значение индуктивности силовой цепи

$$L_{яц} = L_{\delta в} + 2L_{тр.н.} + L_{\delta р} = 0,0046 + 2 \cdot 0,076 \cdot 10^{-3} + 0,001 = 0,005752 \text{ Гн}$$

Электромагнитная постоянная времени силовой цепи

$$T_{\varepsilon} = T_{яц} = \frac{L_{яц}}{R_{яц}} = \frac{5,752 \cdot 10^{-3}}{0,1178} = 0,0488 \text{ с}$$

Электромеханическая постоянная времени электропривода рольганга без металла

$$T_{м1} = \frac{J_{экв1} \cdot R_{яц}}{C^2} = \frac{73,25 \cdot 0,1178}{8,036^2} = 0,1336 \text{ с}$$

Электромеханическая постоянная времени загруженного рольганга слитком:

$$T_{м2} = \frac{105.25 \cdot 0,1178}{8,036^2} = 0,192c$$

Определим отношение электромеханической и электромагнитной постоянных времени привода:

$$\frac{T_{м1}}{T_{яц}} = \frac{0,1336}{0,0488} = 2,738$$

$$\frac{T_{м2}}{T_{яц}} = \frac{0,192}{0,0488} = 3,934$$

Полученные значения говорят об имеющемся влиянии ЭДС двигателя на процессы в контуре тока.

#### 2.1.4 Проверка обеспечения заданной области существования электромеханических характеристик электропривода

Заданная область существования электромеханических характеристик электропривода расположена в 4-х квадрантах и ограничивается значениями скорости  $\pm \omega_{ЭП.МАКС} = 51 \text{ рад/с}$  и тока  $\pm I_{ЭП.МАКС} = 720 \text{ А}$ . Предельные характеристики (при углах  $\alpha_{МИН}$  и  $\alpha_{МАКС}$ ) должны обеспечивать выполнение заданной области работы во всех режимах управления и нагрузки привода.

Порядок проверки принят согласно методике изложенной в [16].

Значение минимального угла управления преобразователем в выпрямительном режиме

$$\alpha_{\min} \leq \arccos\left(\frac{C \cdot \omega_{\max} + I_{ДВ.Н} \cdot R_{яц}}{k_{UC} \cdot E_{d0}}\right) = \arccos\left(\frac{8,036 \cdot 51 + 274 \cdot 0,1178}{0.9 \cdot 553,9}\right) = 27,52^\circ \text{ где}$$

$k_{UC} = 0.9$ - коэффициент, учитывающий возможное снижение напряжения питающей сети.



Принимаем  $\alpha_{\min} = 25^\circ$

Максимальное значение ЭДС тиристорного преобразователя при угле  $\alpha = 25^\circ$ ;

$$E_{\text{ТИ.МАКС}} = E_{d0} \cdot \cos \alpha_{\text{MIN}} = 533 \cdot \cos \alpha_{\text{MIN}} = 502B$$

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{МАКС}} &\leq \arccos \left( \frac{2 \cdot R_{\text{ТИ}} \cdot I_{\text{ЭП.МАКС}}}{k_{\text{UC}} \cdot E_{d0}} - \cos \delta \right) = \\ &= \arccos \left( \frac{2 \cdot 0,0341 \cdot 720}{0,9 \cdot 553} - \cos 5^\circ \right) = 153 \text{эл.град.} \end{aligned}$$

где  $\delta = \delta_1 + \delta_2 = 1,8 + 3 = 4,8^\circ$ ;

$$\delta_1 = \frac{180 \cdot \omega_c \cdot t_g}{\pi} = \frac{180 \cdot 314 \cdot 100 \cdot 10^{-6}}{\pi} = 1,8^\circ \quad - \text{ угол, соответствующий}$$

времени восстановления запирающих свойств вентиля  $t_B$ , град;

$t_B = 100 \text{мкс}$  - время восстановления запирающих свойств вентиля;

$\delta_2 = 3^\circ$  - предельно допустимое значение асимметрии импульсов управления;

Принимаем  $\delta = 5^\circ$

Принимаем  $\alpha_{\text{МАКС}} = 155 \text{эл.град.}$

При выбранном значении  $\alpha_{\min}$  рассчитывается и строится электромеханическая характеристика системы преобразователь - двигатель (характеристика I рисунок 6)

$$\omega_{\text{ДВ}}(I_{\text{дв}}) = \frac{1}{C} (k_{\text{UC}} \cdot E_{d0} \cdot \cos \alpha_{\min} - R_{\text{ял}} \cdot I_{\text{дв}}) = \frac{1}{8,036} (0,9 \cdot 553,9 \cdot \cos 25^\circ - 0,1178 \cdot I_{\text{ДВ}})$$

Результаты расчета сведены в таблицу 7

Рассчитываем и строим электромеханическую характеристику при работе токопроводящей группы в режиме предельного инвертирования (характеристика II рисунок 6).

$$\begin{aligned} \omega_{\text{ДВ}}(I_{\text{дв}}) &= \frac{1}{C} (k_{\text{UC}} \cdot E_{d0} \cdot \cos \delta + (R_{\text{ТИ}} - R_{\text{Ц.ДВ}}) \cdot I_{\text{дв}}) = \\ &= \frac{1}{8,036} \cdot (0,9 \cdot 553,9 \cdot \cos 5^\circ + (0,0341 - 0,0837) \cdot I_{\text{дв}}) \end{aligned}$$

где  $I_{ДВ} \leq 0$

Результаты расчёта сведены в таблицу 7.

Рассчитаем и построим электромеханические характеристики разомкнутой системы электропривода при работе преобразователя в инверторном режиме при максимальном угле (характеристика III рисунок 6)

$$\begin{aligned} \omega_{ДВ}(I_{ДВ}) &= \frac{1}{c} (-k_{UC} \cdot E_{d0} \cdot \cos \alpha_{МАКС} - R_{яц} \cdot I_{ДВ}) = \\ &= \frac{1}{8,036} \cdot (-k_c \cdot 553,9 \cdot \cos 155^\circ - 0,1178 \cdot I_{ДВ}) \end{aligned}$$

где  $I_{ДВ} \leq 0$ .

Результаты расчёта сведены в таблицу 7. По характеристикам рисунка 6 видно, что разомкнутая система электропривода обеспечивает заданную область работы.

Таблица 7. – Данные расчёта электромеханических характеристик.

| Характеристики                                   | I     |       | II    |       | III   |       |
|--------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                                  | 0     | 720   | 0     | -720  | 0     | -720  |
| $\omega_{ДВ}, \text{pac/c}$ при $\kappa_c = 0,9$ | 56,22 | 45,66 | 61,8  | 68,67 | 56,22 | 62,47 |
| $\omega_{ДВ}, \text{pac/c}$ при $\kappa_c = 1,0$ | 62,47 | 51,92 | 66,24 | 73,1  | 66,78 | 73,02 |

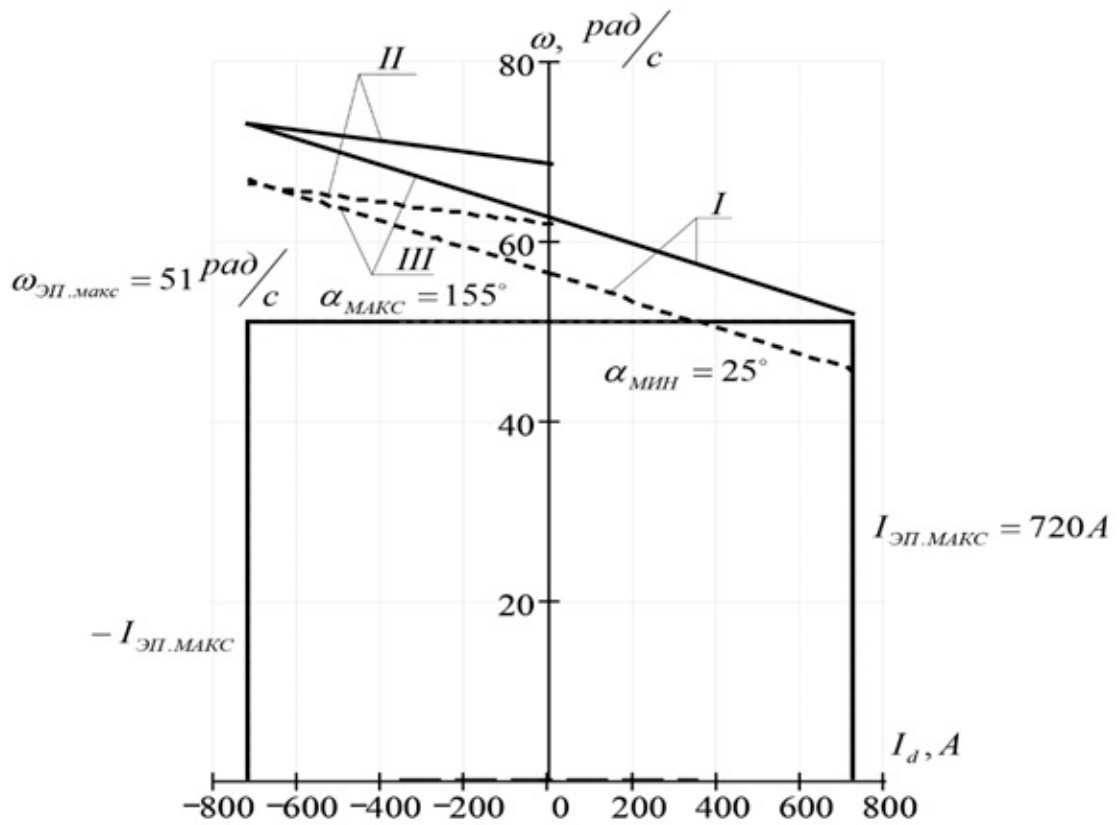


Рисунок 6 Заданная область работы и электромеханические характеристики разомкнутой системы ТП-Д (сплошными линиями приведены характеристики при  $k_{UC} = 1.0$ )

## 2.2 Расчёт электромеханических характеристик системы УВ-Д

Скорость вращения вала электродвигателя:

$$\omega = \frac{E_d - I_d \cdot R_{яц} - \Delta U_\theta}{c},$$

где:  $E_d = E_{d0} \cdot \cos(\alpha)$  – среднее значение выпрямленной ЭДС в режиме непрерывного тока;

$\alpha$  – угол включения тиристора, отсчитываемый от точки естественной коммутации;

$\Delta U_\theta$  – прямое падение напряжение на тиристоре.

Для получения соответствующей скорости вращения вала двигателя произведем ряд преобразований и получим выражение для нахождения угла управления в функции скорости:

$$\alpha(\omega) = \arccos \left( \frac{\omega \cdot c + I_d \cdot R_{яц} + \Delta U_{\epsilon}}{E_{d0}} \right).$$

Для построение электромеханических характеристик в зоне непрерывного тока воспользуемся итоговым выражением:

$$\omega(I) = \frac{E_{d0} \cdot \cos(\alpha(\omega)) - I \cdot R_{яц} - \Delta U_{\epsilon}}{c}.$$

Характеристики имеют линейный характер. Однако в действительности в области малых нагрузок появляется зона прерывистых токов, она тем больше, чем больше угол  $\alpha$ . Появление зоны прерывистого токов обусловлено тем, что в определенные промежутки времени мгновенное значение выпрямленного напряжения преобразователя становится меньше встречно действующей ЭДС двигателя, и, как следует из уравнения равновесия ЭДС становится отрицательной. Ток должен изменить направление на противоположное. Но поскольку вентили обладают односторонней проводимостью, ток становится равным нулю. При больших нагрузках несмотря на то, что в определенные промежутки времени мгновенное значение напряжения становится меньше ЭДС двигателя, ток не прерывается, является непрерывным. Объясняется это тем, что при больших нагрузках запас электромагнитной энергии в цепи выпрямленного тока значительный. Переходу от режима непрерывного тока к прерывистому соответствует режим начально-непрерывного тока, являющегося граничным. Величина граничного тока зависит от угла  $\alpha$  и параметров схемы.

Проведем расчет и построение характеристик в зоне прерывистых токов. Для этого найдем угол открывания, измеренный от начала положительной полуволны синусоиды фазной ЭДС:

$$\theta_0(\alpha) = \frac{180}{\pi} \cdot \left( \alpha(\omega) + \left( \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{m_{\epsilon}} \right) \right).$$

Значение ЭДС в относительных единицах в зависимости от угла управления  $\alpha$  в зоне прерывистых токов:

$$e(\alpha) = \cos\left(\theta \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot \frac{\sin\left(\left(\theta_0(\alpha) - \theta\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right) - \sin\left(\left(\theta_0(\alpha) + \lambda - \theta\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot e^{\lambda \cdot \frac{\pi}{180} \cdot \cot\left(\theta \cdot \frac{\pi}{180}\right)}}{1 - e^{\lambda \cdot \frac{\pi}{180} \cdot \cot\left(\theta \cdot \frac{\pi}{180}\right)}}$$

где угол  $\lambda = \frac{2 \cdot 180}{m_e} = 60$  град – угол проводимости тиристоров;

угол  $\theta$  – угол отставания тока в якоре от напряжения. Он обусловлен присутствием в цепи якоря индуктивности  $L_{яц}$ . Угол  $\theta$  найдем по выражению:

$$\theta = \arctan\left(\frac{\omega_0 \cdot L_{яц}}{R_{яц}}\right) \cdot \frac{180}{\pi}.$$

Значение тока в относительных единицах в зоне прерывистых токов:

$$i(\alpha) = \frac{m_e}{2 \cdot \pi} \left( \cos\left(\theta_0(\alpha) \cdot \frac{\pi}{180}\right) - \cos\left((\lambda + \theta_0(\alpha)) \cdot \frac{\pi}{180}\right) - \lambda \cdot \frac{\pi}{180} \cdot e_{cp}(\alpha) \right),$$

Характеристики режима прерывистого тока можно построить в абсолютных единицах  $\omega = f(I)$  по следующим выражениям:

$$\omega(\alpha) = e(\alpha) \frac{\sqrt{2} \cdot U_n \cdot \cos\left(\theta_0(\alpha) \cdot \frac{\pi}{180} - \frac{\pi}{2}\right) - \Delta U_e}{c},$$

$$I(\alpha) = i(\alpha) \frac{\sqrt{2} \cdot U_n \cdot \cos\left(\theta_0(\alpha) \cdot \frac{\pi}{180} - \frac{\pi}{2}\right)}{R_{яц}}.$$

Если в приведенных выражениях задавать угол открытия тиристоров  $\alpha$  (в диапазоне  $0 \dots 180$ ) и угол проводимости  $\lambda$  ( $0 \dots 60$ ), то получим семейство электромеханических характеристик в зоне прерывистых токов. Электромеханические характеристики системы УВ-Д построены в программе MathCad и представлены на рис. 7:

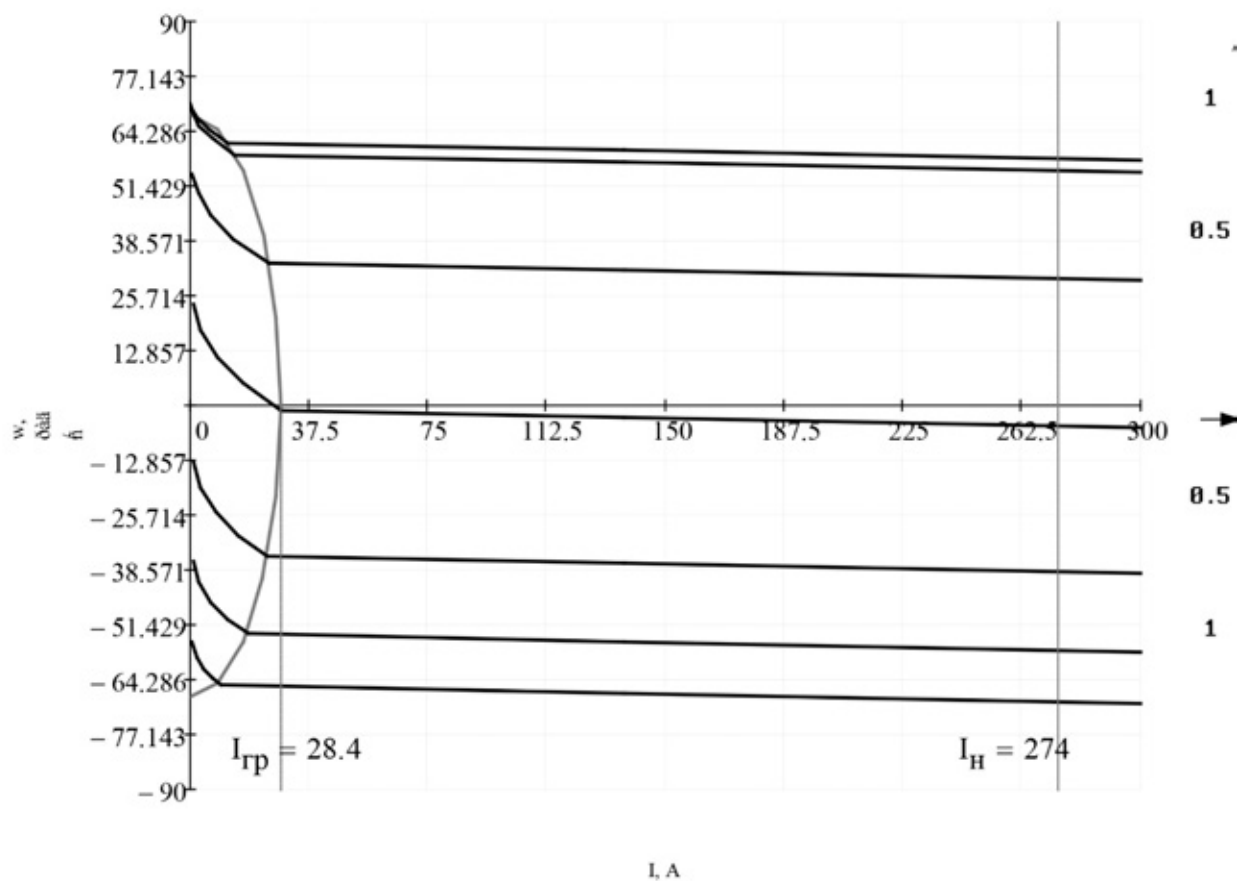


Рисунок 7 – Электромеханические характеристики системы УВ–Д с раздельным управлением

Для получения граничной характеристики можно воспользоваться выражениями для скорости и тока в зоне прерывистого тока, задавая угол  $\lambda = 60$  град и меняя угол управления  $\alpha$ .

Как видно из графиков рисунка 13 отношение  $\frac{I_{dcpmax}}{I_{дн}} = \frac{28,4}{274} = 0,104$ , что

является приемлемым.

### 2.3 Структурная схема силового канала САУ

Структурная схема силового канала электропривода приёмного рольганга приведена на рисунке 8. Параметры элементов схемы приведены в таблице 8.

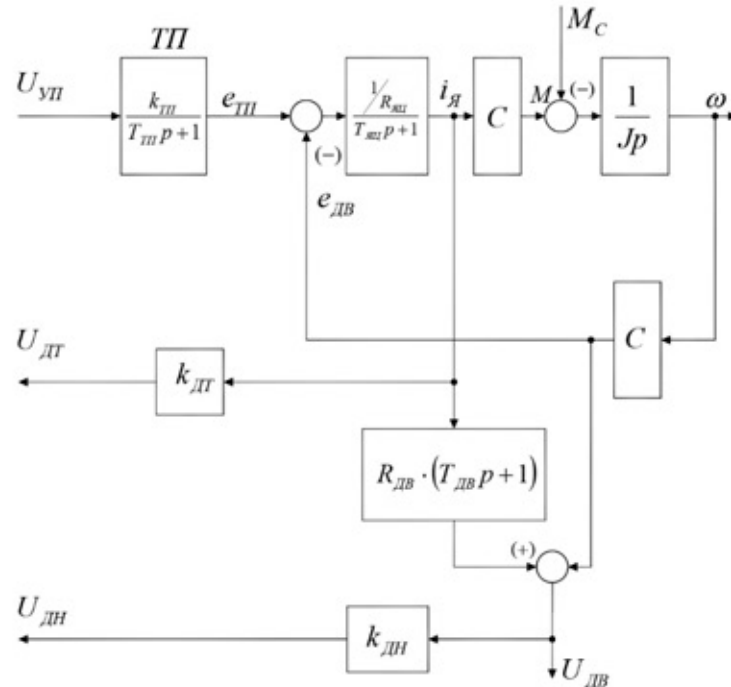


Рисунок 8 – Структурная схема силового канала электропривода приёмного рольганга стана 1250.

Коэффициент передачи датчика тока

$$k_{ДТ} = \frac{U_{ДТ.МАКС}}{I_{МАКС}} = \frac{10}{800} = 0,0125 \text{ В/А},$$

где  $U_{ДТ.МАКС} = 10 \text{ В}$  и  $I_{МАКС} = 800 \text{ А}$  - максимальные значения выходного напряжения и выходного тока при настройке датчика.

Коэффициент передачи датчика напряжения

$$k_{ДН} = \frac{U_{ДН.МАКС}}{U_{МАКС}} = \frac{10}{500} = 0,02$$

где,  $U_{ДН.МАКС} = 10 \text{ В}$  и  $U_{МАКС} = 500 \text{ В}$  - максимальные значения, принятые при настройке датчика

Таблица 8. – Параметры элементов силового канала электропривода

| $k_{тп}$ | $R_{яц},$<br>$\text{Ом}$ | $C,$<br>$\frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$ | $J_{э1},$<br>$\frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$ | $J_{э2},$<br>$\frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$ | $T_{тп},$<br>$\text{С}$ | $T_{яц},$<br>$\text{С}$ | $k_{дт},$<br>$\frac{\text{В}}{\text{А}}$ | $k_{дп}$ | $R_{дв.гор},$<br>$\text{Ом}$ | $T_{дв},$<br>$\text{С}$ | $L_{яц},$<br>$\text{Гн}$ | $M_x,$<br>$\text{Н} \cdot \text{м}$ | $M_c,$<br>$\text{Н} \cdot \text{м}$ | $M_{сб},$<br>$\text{Н} \cdot \text{м}$ |
|----------|--------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------------------|----------|------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|
| 174      | 0,1178                   | 8,036                                                | 73,25                                       | 105,25                                      | 0,00167                 | 0,0488                  | 0,0125                                   | 0,02     | 0,072                        | 0,064                   | 0,005752                 | 456,3                               | 579,8                               | 2470,3                                 |

## 2.4 Синтез линеаризованных структур САУ РЭП

### 2.4.1 Методика синтеза линеаризованных структур САУ РЭП

В настоящее время широкое практическое применение получили системы РЭП постоянного тока с ТП, выполненные в общем случае по многоконтурной структурной схеме с последовательной коррекцией.

Задача синтеза САУ РЭП является в первую очередь задачей динамического синтеза, под которой понимается определение параметров элементов, обеспечивающих требуемые динамические свойства всей системы. В случае, когда заданы структурная схема САУ и параметры механической системы и силовой части электрической системы ЭП, задача сводится к определению параметров корректирующих цепей. Эта задача не является однозначной, поэтому важен выбор метода расчета, который, обладает простотой и наглядностью, позволял бы рассмотреть несколько вариантов и выбрать наиболее рациональный. Этим требованиям удовлетворяют методы расчета САУ, базирующиеся на использовании ЛХЧ.

На этапе предварительного синтеза САУ РЭП используются линеаризованные характеристики системы и ее элементов и соответственно методы синтеза линейных систем. При синтезе по заданным показателям



качества определяют желаемые частотные характеристики системы и характеристики корректирующих цепей. При проектировании электроприводов, выполненных по многоконтурной структуре с последовательной коррекцией, для построения желаемых ЛЧХ контуров получили распространение настройки на оптимум по модулю (технический оптимум) и симметричный оптимум.

#### 2.4.2 Линеаризованная структура САУ РЭП

В электроприводах, к статическим и динамическим характеристикам которых не предъявляются высокие требования, вместо обратной связи по скорости используется обратная связь по ЭДС двигателя. Применение обратных связей по ЭДС позволяет избежать трудностей, связанных с изменением скорости при помощи тахогенератора. Широкому распространению структур РЭП с обратными связями по ЭДС способствует простота реализации, высокая надежность в эксплуатации, возможность токоограничения путем ограничения напряжения регулятора ЭДС.

Структура САУ РЭП приемного рольганга представляет собой двухконтурную систему подчиненного регулирования с регулятором ЭДС и регулятором тока (однократно-интегрирующая система), которая характеризуется значительной погрешностью скорости. Тиристорный преобразователь аппроксимирован инерционным звеном с некоторой фиктивной малой постоянной времени  $T_{\text{TH}}$ .

Ограничение тока силовой цепи в системе подчиненного регулирования достигается ограничением на соответствующем уровне выходного напряжения регулятора ЭДС. Предел ограничения тока постоянный.

Синтез САУ РЭП обычно осуществляется при пренебрежении влияния внутренней отрицательной обратной связи по ЭДС двигателя, что, строго говоря, допустимо только при выполнении условия  $T_M / T_{\text{яц}} \gg 1$ .

Структурная схема линейризованной САУ РЭП приемного рольганга представлена на рисунке 9.

В структурной схеме приняты следующие обозначения:

РЭ – регулятор ЭДС;

РТ – регулятор тока;

$W(p)_{тп} = \frac{K_{тп}}{T_{тп} \cdot p + 1}$  - передаточная функция ТП;

$W(p)_{дв} = \frac{C}{R_{яц} \cdot (T_{яц} p + 1) \cdot Jp}$  - передаточная функция электродвигателя;

$W(p)_{фн} = \frac{1}{T_{фн} \cdot p + 1}$  - передаточная функция фильтра на выходе датчика напряжения.

Величина  $T_{тп}$  фактически определяется инерционностью фильтров в контуре регулирования тока, системы импульсно - фазового управления, а также самого ТП, а численно может быть принята равной сумме малых постоянных времени аperiodических звеньев, которыми в первом приближении могут быть аппроксимированы эти элементы.

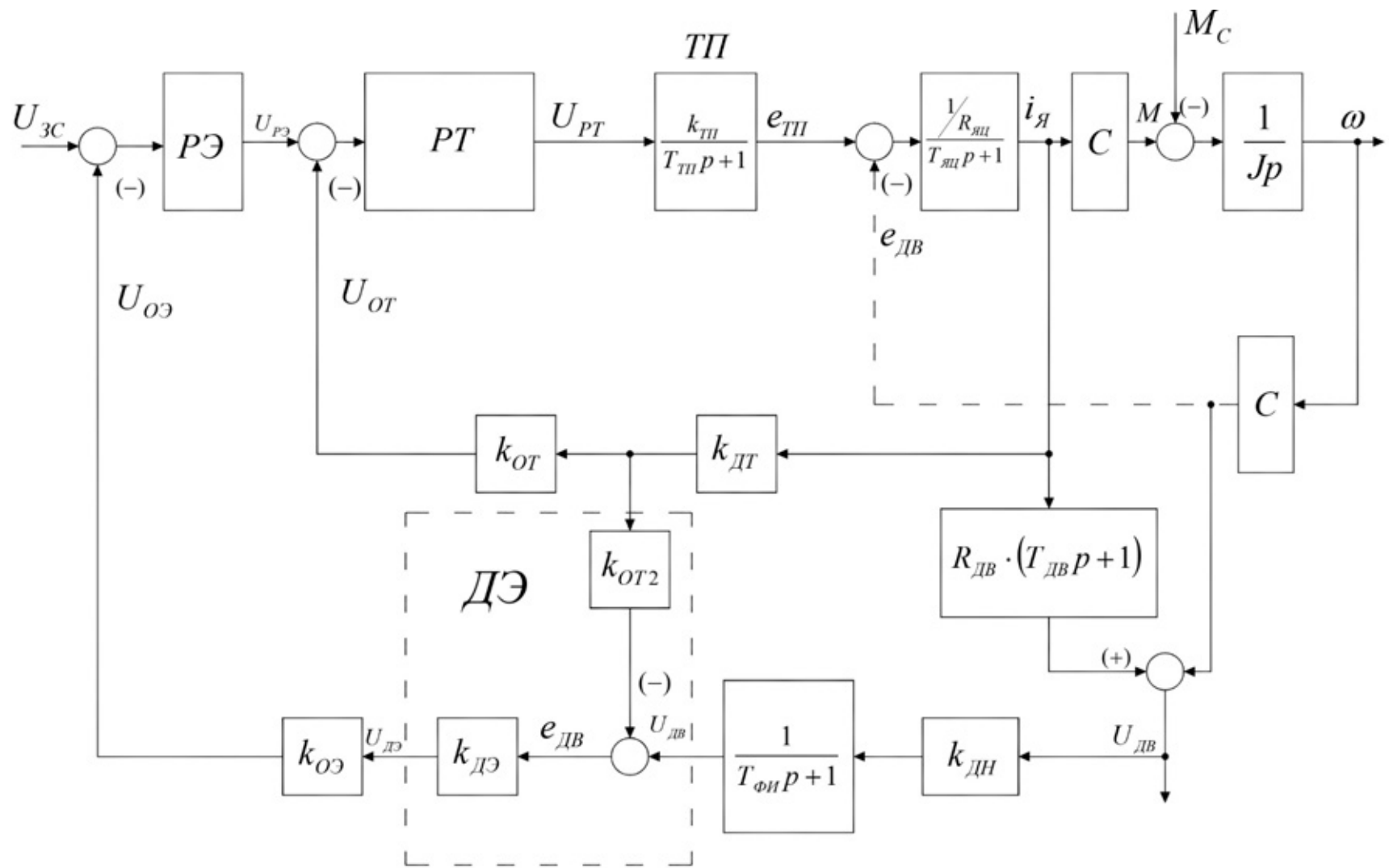


Рисунок 9– Структурная схема линейризованной САУ РЭП приемного рольганга

## 2.5 Настройки контуров САУ электропривода

Методика синтеза многоконтурных систем автоматического управления регулируемым электроприводом хорошо разработана для линейных систем. Синтез проводится для типовых структур подчиненного регулирования. При синтезе пренебрегаем влиянием обратной связи по ЭДС двигателя (показано пунктиром на рисунке 10)

Приводим систему к типовой структуре, двухконтурной схемы подчиненного регулирования с П-РЭ и ПИ-РТ, с внешним контуром скорости и внутренним контуром тока.

### Оптимизация контура тока

Внутренний контур системы регулирования тока якоря включает в себя регулятор тока и объект регулирования, в который входят:

- тиристорный преобразователь,
- якорная цепь двигателя,
- датчик тока.

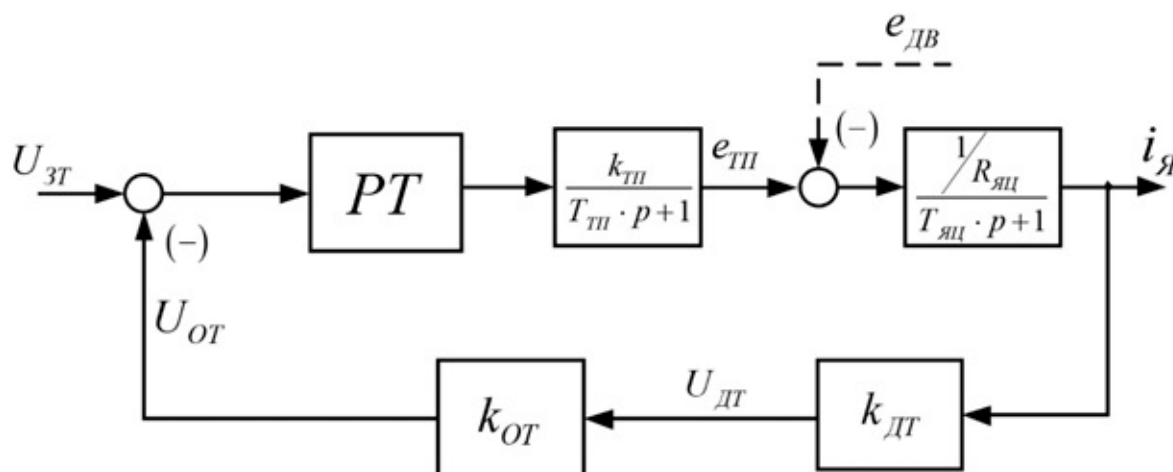


Рисунок 10 – Структурная схема контура регулирования тока

Контур тока настраиваем на модульный оптимум (M0)

для постоянной времени в контуре тока

$$T_{дт} = T_{тп} = 0,00167$$

Принимаем ПИ-регулятор с передаточной функцией

$$W(p)_{PT} = \kappa_{PT} \cdot \frac{T_{PT} \cdot p + 1}{T_{PT} \cdot p}$$

Требуемое значение коэффициента обратной связи по току двигателя определяется по выражению

$$k_T = \frac{U_{3T.МАКС}}{I_{Я.МАКС}} = \frac{10}{720} = 0,0139 \text{ В/А}.$$

Постоянная времени регулятора тока

$$T_{PT} = T_{ЯЦ} = 0,0488 \text{ с}.$$

Коэффициент усиления регулятора тока

$$k_{PT} = \frac{T_{ЯЦ} \cdot R_{ЯЦ}}{k_{ТТ} \cdot k_T \cdot \alpha \cdot T_{\mu T}} = \frac{0,0488 \cdot 0,1178}{174 \cdot 0,0139 \cdot 2 \cdot 0,00167} = 0,712$$

где  $\alpha_T=2$  – коэффициент оптимизации по МО.

Коэффициент входной цепи обратной связи регулятора тока

$$k_{OT1} = \frac{k_T}{k_{ДТ}} = \frac{0,0139}{0,0125} = 1,112$$

Передаточная функция замкнутого оптимизированного контура тока по управлению имеет вид:

$$\begin{aligned} W(p)_{Т.ЗММ} &= \frac{\frac{1}{\kappa_T}}{\alpha_M \cdot T_{\mu T} \cdot p \cdot (T_{\mu T} \cdot p + 1) + 1} = \frac{\frac{1}{\kappa_T}}{\alpha_M \cdot T_{\mu T}^2 \cdot p^2 + \alpha_M \cdot T_{\mu T} p + 1} = \\ &= \frac{\frac{1}{0,0139}}{2 \cdot 0,00167^2 \cdot p^2 + 2 \cdot 0,00167 \cdot p + 1} = \frac{71,94}{5,578 \cdot 10^{-6} \cdot p^2 + 3,34 \cdot 10^{-3} \cdot p + 1}. \end{aligned}$$

По выражению передаточной функции замкнутого оптимизированного контура тока рассчитаны с применением программы Matlab (см. рисунок 10)

Ожидаемые показатели качества работы замкнутого контура тока:

- установившаяся ошибка  $\Delta I_{уст} = 0$ ;
- перерегулирование  $\sigma = 4,3 \%$ ;
- время первого согласования  $t_{\text{вы1}}^{(5)} = 4,1 \cdot T_{\mu m} = 4,1 \cdot 0,00167 = 0,006847 \text{ с}$ ;

- время переходного процесса при обработке ступенчатого управляющего воздействия  $t_{py2}^{(5)} = 4,1 \cdot T_{\mu m} = 0,006847c$ ;

- полоса пропускания по модулю и фазе

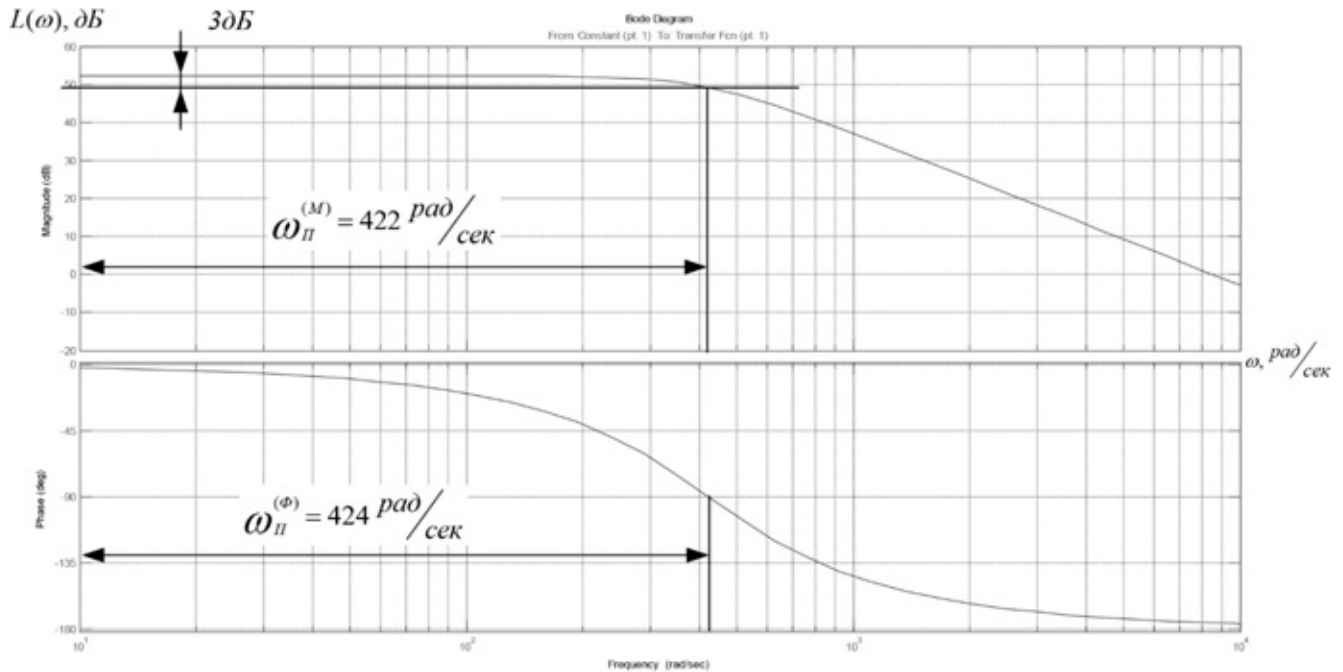


Рисунок 10 – ЛЧХ замкнутого контура тока

$$\omega_n^{(M)} = \omega_n^{(\phi)} = \frac{0,71}{T_{\mu m}} = \frac{0,71}{0,00167} = 425,15 \text{ рад/сек}$$

ИЛИ

$$f_n^{(M)} = f_n^{(\phi)} = \frac{\omega_n^{(\phi)}}{2\pi} = \frac{425,15}{2\pi} = 67,67 \text{ Гц}.$$

По ЛЧХ замкнутого контура тока находим значение частоты пропускания контура

$$\omega_n^{(M)} = \omega_n^{(\phi)} = 10^{2,625} = 422 \text{ рад/сек}$$

ИЛИ

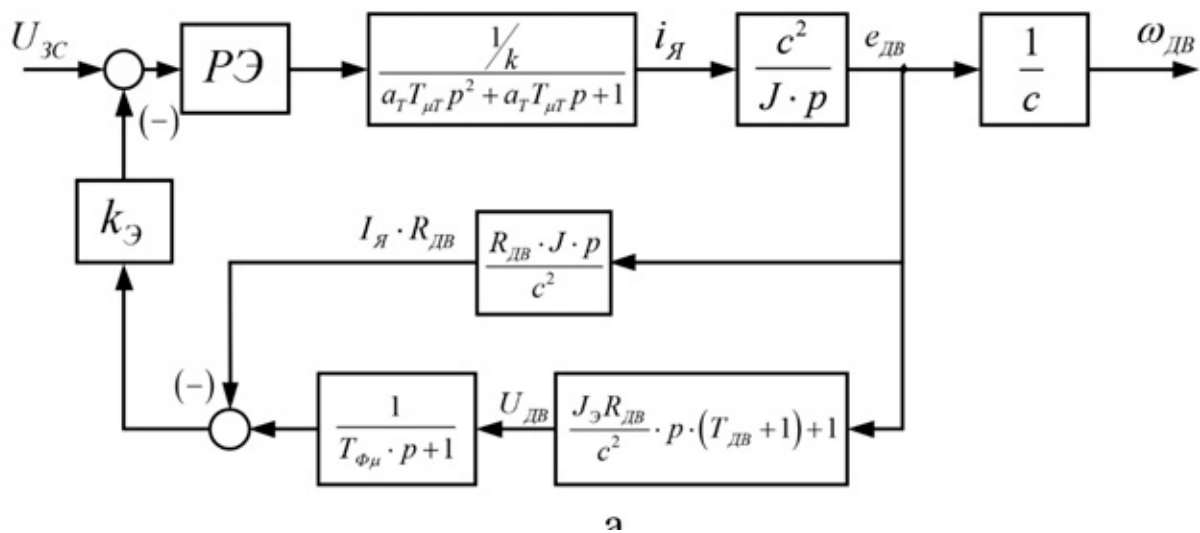
$$f_n^{(M)} = f_n^{(\phi)} = \frac{\omega_n^{(\phi)}}{2\pi} = \frac{422}{2\pi} = 67,163 \text{ Гц}.$$

## Контур ЭДС

При отсутствии высоких требований к точности, поддержания скорости для электроприводов без регулирования потока возбуждения применяется обратная связь по ЭДС. Измерение ЭДС производится путем суммирования сигнала, пропорционального напряжению двигателя, с сигналом токовой компенсации, пропорциональным падению напряжения на активном сопротивлении якоря двигателя. Структурная схема, контура ЭДС приведена на рисунке 11а. Если в структурной схеме рис.11а замкнутый контур тока описать усеченный передаточной функцией и выполнить условие

$$k_{от2} = \frac{R_{дв} \cdot k_{дн}}{k_{дт}} = \frac{0,072 \cdot 0,02}{0,0125} = 0,1152.$$

то она преобразуется к виду, показанному на рисунке 15б, где должно быть принято  $T_{ФН} = T_{дв}$ . Наличие апериодического звена в цепи обратной связи вызывает необходимость включения на входе системы такого же звена с постоянной времени  $T_2 = T_{дв}$  для исключения повышенного перерегулирования тока при обработке управляющего воздействия.



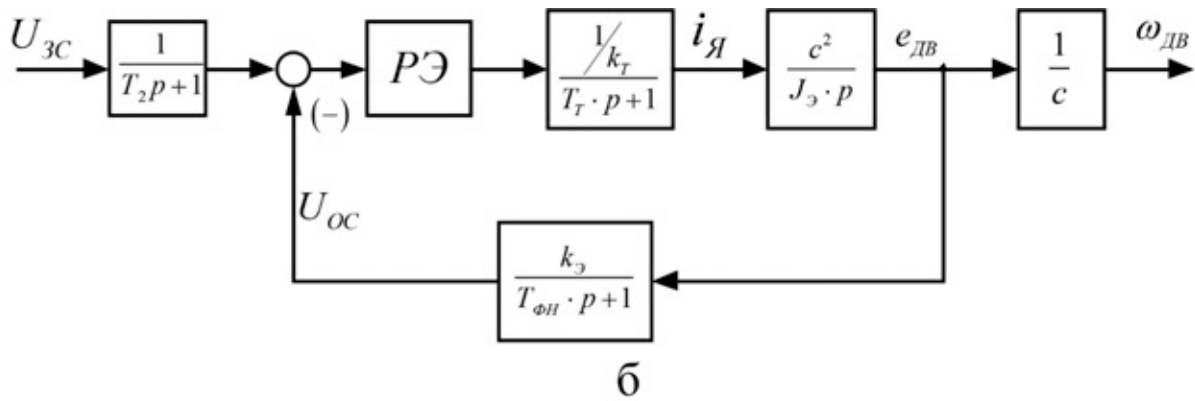


Рисунок 11 Структурная схема, контура ЭДС: а – исходная б – упрощенная.

Поскольку в контуре ЭДС имеется интегрирующее звено, то его можно оптимизировать по техническому (модульному) оптимуму применив П – регулятор с передаточной функцией

$$W(\rho)_{PЭ} = \kappa_{PЭ},$$

где

$$\kappa_{PЭ} = \frac{J_{Э2} \cdot \kappa_T}{\kappa_Э \cdot c^2 \cdot \alpha_Э \cdot T_{\mu Э}} = \frac{105,25 \cdot 0,0139}{0,0238 \cdot 8,036^2 \cdot 2 \cdot 0,0674} = 7,061$$

– коэффициент усиления регулятора ЭДС;

$$\kappa_Э = \frac{U_{Э.МАКС}}{E_{ДВ.МАКС}} = \frac{10}{420,68} = 0,0238 \text{ – коэффициент обратной связи по ЭДС;}$$

$T_{\mu Э} = T_T + T_{ФН} = 0,00334 + 0,064 = 0,0674c$  – малая постоянная времени контура ЭДС

$$T_T = \alpha_T \cdot T_{\mu T} = \alpha_T \cdot T_{ТП} = 2 \cdot 0,00167 = 0,00334 c$$

– эквивалентная постоянная времени оптимизированного контура тока;

$\alpha_Э=2$  – коэффициент оптимизации по МО контура ЭДС;

Коэффициент передачи входной цепи обратной связи регулятора ЭДС

$$K_{ОЭ} = \frac{K_Э}{K_{ДЭ} \cdot K_{ДН}} = \frac{0,0238}{1 \cdot 0,02} = 1,19,$$



где  $K_{дэ} = 1$  – коэффициент передачи датчика ЭДС.

Передаточная функция разомкнутого оптимизированного контура ЭДС и передаточная функция замкнутого по управлению контура с фильтром на входе, записанная относительно скорости двигателя имеет вид:

$$W(p)_{раз} = \frac{1}{\alpha_{э} \cdot T_{мэ} \cdot p \cdot (T_T \cdot p + 1) \cdot (T_{фн} \cdot p + 1)} \approx$$

$$\approx \frac{1}{\alpha_{э} \cdot T_{мэ} \cdot p \cdot [(T_T + T_{фн}) \cdot p + 1]}$$

$$W(p)_{зам} = \frac{\frac{1}{k_{э} \cdot C}}{\alpha_{э} \cdot T_{мэ} \cdot p \cdot (T_T \cdot p + 1) \cdot (T_{фн} \cdot p + 1) + 1} \approx$$

$$\approx \frac{\frac{1}{k_{э} \cdot C}}{\alpha_{э} \cdot T_{мэ} \cdot p \cdot [(T_T + T_{фн}) + 1] + 1}$$

Ожидаемые показатели качества работы контура с фильтром на входе в первом приближении:

$\sigma = 4,3\%$  – перерегулирование,

$t_{пв1}^{(5)} = t_{пв2}^{(5)} = 4,1 \cdot T_{мэ} = 4,1 \cdot 0,0674 = 0,276$  с – время первого вхождения в 5% зону и время переходного процесса при обработке ступенчатого входного воздействия;

$\omega_{п}^{(M)} = \omega_{п}^{(\Phi)} = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot T_{мэ}} = \frac{0,71}{0,0674} = 10,53$  рад/с – полоса пропускания по модулю и по фазе.

По выражению передаточной функции замкнутого контура скорости

$$W_{э}(p)_{зам} = \frac{5,24}{2,8814848 \cdot 10^{-5} \cdot p^3 + 9,077432 \cdot 10^{-3} \cdot p^2 + 0,1348 \cdot p + 1}$$

рассчитаны с помощью прикладной программы Matlab рассчитаны ЛЧХ (см рисунок 12).

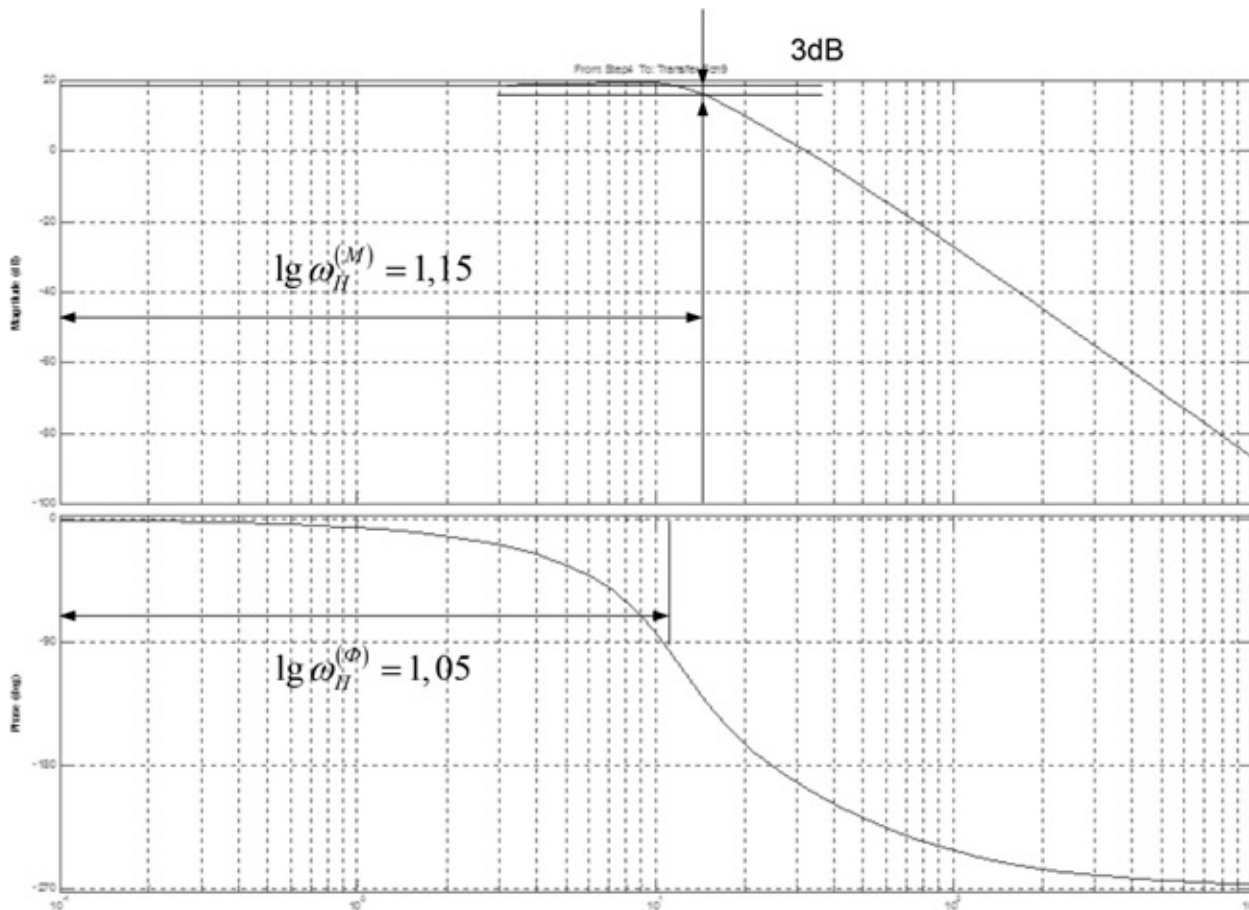


Рисунок 12 ЛАЧХ замкнутого контура ЭДС..

$$\omega_{\Pi}^{(M)} = 10^{1,15} = 14,13 \text{ рад / с}$$

$$f_{\Pi}^{(M)} = \frac{\omega_{\Pi}^{(M)}}{2\pi} = \frac{14,13}{6,283} = 2,25 \text{ Гц}$$

$$\omega_{\Pi}^{(\Phi)} = 10^{1,05} = 11,22 \text{ рад / с}$$

$$f_{\Pi}^{(\Phi)} = \frac{\omega_{\Pi}^{(\Phi)}}{2\pi} = \frac{11,22}{6,283} = 1,79 \text{ Гц}$$

Ожидаемые ориентировочные показатели качества работы контура ЭДС (скорости) по управлению:

-статическая ошибка

$$\Delta \omega_{y, \text{уст}} = 0;$$

-полоса пропускания по фазе и модулю

$$\omega_n^{(M)} = \omega_n^{(\Phi)} = \frac{0,71}{T_{\mu\text{з}}} = \frac{0,71}{0,05434} = 13,06 \text{ рад/с;}$$

-показатели отработки ступенчатого задания скорости

$\sigma = 4,3\%$  -перерегулирование,

-время первого и окончательного вхождения в 5% зону установившегося значения скорости

$$t_{py1}^{(5)} = t_{py2}^{(5)} = 4,1 \cdot T_{\mu\omega} = 4,1 \cdot 0,05434 = 0,22 \text{ с}$$

Структурная схема контура ЭДС по возмущению приведена на рисунке 13

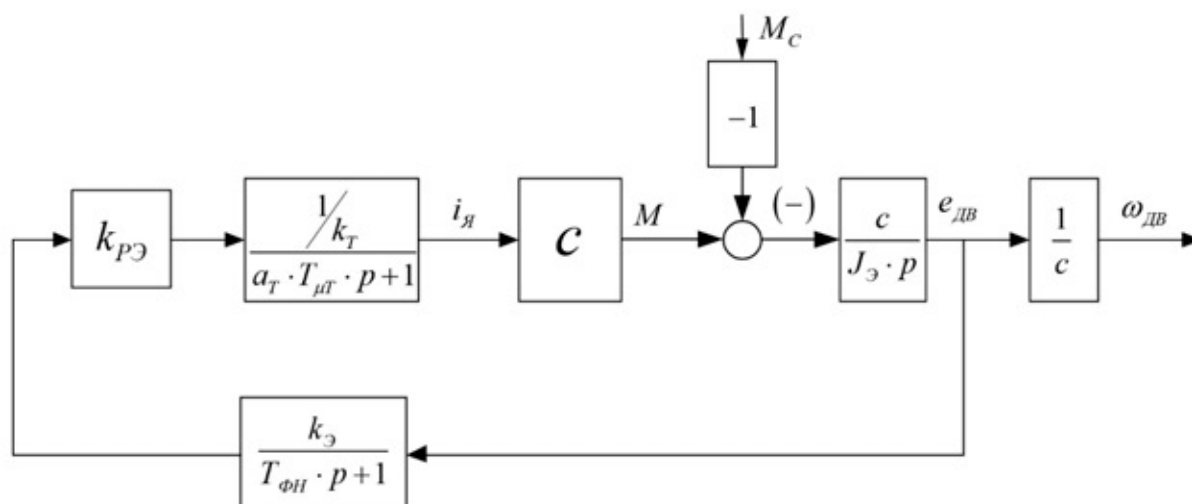


Рисунок 13 – Структурная схема контура ЭДС по возмущению

Передаточная функция замкнутого контура ЭДС по возмущению, записанная относительно скорости, имеет вид

$$W(p)_{B.3AM} = \frac{\alpha_{\omega} \cdot T_{\mu\omega} \cdot (T_T \cdot p + 1) \cdot (T_{\Phi H} \cdot p + 1)}{J_{\omega} \cdot \alpha_{\omega} \cdot T_{\mu\omega} \cdot p \cdot (T_T \cdot p + 1) \cdot (T_{\Phi H} \cdot p + 1) + 1}$$

После подстановки численных значений

$$\begin{aligned} W(p)_{B.3AM} &= \frac{2 \cdot 0,0674}{105,25} \cdot (0,00334 \cdot p + 1)(0,064 \cdot p + 1) \\ &= \frac{2,737752 \cdot 10^{-7} \cdot p^2 + 8,62464 \cdot 10^{-5} \cdot p + 0,00128076}{2,8814848 \cdot 10^{-5} \cdot p^3 + 9,077432 \cdot 10^{-3} \cdot p^2 + 0,1348 \cdot p + 1} \end{aligned}$$

Установившаяся ошибка контура по возмущению

$$\Delta\omega_{B.УСТ} = \frac{\alpha_{\omega} \cdot T_{\mu\omega}}{J_{\omega}} \cdot \Delta M_C.$$

При  $\Delta M_C = M_{дв.н} = 2100 \text{ Н} \cdot \text{м}$

$$\Delta\omega_{B.УСТ} = \frac{2 \cdot 0,0674}{105,25} \cdot 2100 = 2,69 \text{ рад/с}$$

– установившееся значение провала или всплеска угловой скорости привода при набросе или сбросе нагрузки  $\Delta M_c = M_{двн} = 2100 \text{ Нм}$

Динамические и статические показатели системы с обратной связью по ЭДС зависят от величины  $T_{дв}$  и чем она меньше, тем они будут ближе к показателям системы с обратной связью по скорости.

## 2.7 Структурная схема нелинейной САУ РЭП

Получение достоверных качественных и особенно количественных характеристик поведения реальной системы автоматизированного электропривода конкретного производственного механизма требует максимального учета особенностей работы, как в целом электропривода, так и его отдельных элементов. В первую очередь это учет особенностей тиристорного преобразователя (дискретное полууправляемое устройство с конкретным способом управления и законом согласования регулировочных характеристик групп вентиляей) и элементов систем электропривода с нелинейными характеристиками (СИФУ, регуляторы, обратные связи, нагрузки реактивного характера, кинематические цепи и т.д.), параметров электрической и механической систем, зависящих от времени и других параметров (индуктивность силовой цепи, момент инерции и т.д.).

### *Структурная схема нелинейной САУ электропривода*

Основными нелинейностями схемы электропривода являются:

- насыщение регуляторов  $U_{р\text{макс}} = 10\text{В}$ ,  $U_{рт\text{макс}} = 10\text{В}$ ;
- насыщение тиристорного преобразователя, вызванное ограничением минимального угла управления,

$$E_{тл.макс} = E_{д0} \cdot \cos \alpha_{мин} = 553,9 \cdot \cos 25^\circ = 502, \text{ В}$$

- реактивный характер момента сил трения

$$M_c(\omega) = M_c \cdot \text{sign} \omega;$$

– токоограничение, которое осуществляется ограничением входного напряжения регулятора ЭДС

$$U_{рЭ.доп} = K_T \cdot I_{ЭП.макс} = 0,0125 \cdot 720 = 10. В;$$

– специфические особенности тиристорного преобразователя.

Структурная схема нелинейной РЭП электропривода приемного рольганга приведена на рисунке 18. Параметры структурной схемы приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Параметры элементов структурной схемы САР ЭП

|             |          |                         |                         |                         |                                      |            |                                      |            |
|-------------|----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|------------|--------------------------------------|------------|
| $T_{фн}$    | $K_{рЭ}$ | $K_{рГ}$                | $T_{тп}$                | $K_{тп}$                | $T_{тп}$                             | $1/R_{яц}$ | $R_{яц}$                             | $T_{яц}$   |
| с           |          |                         | с                       |                         | с                                    |            | Ом                                   | с          |
| 0,064       | 7,061    | 0,712                   | 0,0016<br>7             | 174                     | 0,0016<br>7                          | 8,49       | 0,1178                               | 0,0488     |
|             |          |                         |                         |                         |                                      |            |                                      |            |
| $T_{зит}$   | $R_{дв}$ | $T_{дв}$                | $K_{дн}$                | $K_{дт}$                | $K_{от1}$                            | $T_{зис}$  | $K_{дЭ}$                             | $K_{оЭ}$   |
| с           | Ом       | с                       |                         | $B/A$                   |                                      | с          |                                      |            |
| 0,0263      | 0,072    | 0,064                   | 0,02                    | 0,0125                  | 1,112                                | 1,5        | 1                                    | 1,19       |
|             |          |                         |                         |                         |                                      |            |                                      |            |
| $e_{2макс}$ | $K_{уО}$ | $M_x$                   | $M_c$                   | $M_{с.Б}$               | $L_{яц}$                             | $L_{дв}$   | $E_{тпмакс}$                         | $C$        |
| В           |          | $\dot{I} \cdot \dot{i}$ | $\dot{I} \cdot \dot{i}$ | $\dot{I} \cdot \dot{i}$ | мГн                                  | мГн        | В                                    | $B^*c/пад$ |
| 578,9       | 0,475    | 456,3                   | 137                     | 2470,3                  | 5,752                                | 4,6        | 502                                  | 8,036      |
|             |          |                         |                         |                         |                                      |            |                                      |            |
| $T_{рГ}$    |          | $K_{от2}$               |                         |                         | $J_{Э1}$                             |            | $J_{Э2}$                             |            |
| с           |          |                         |                         |                         | $\acute{e}\grave{a} \cdot \dot{i}^2$ |            | $\acute{e}\grave{a} \cdot \dot{i}^2$ |            |
| 0,0488      |          | 0,1152                  |                         |                         | 73,25                                |            | 105,25                               |            |

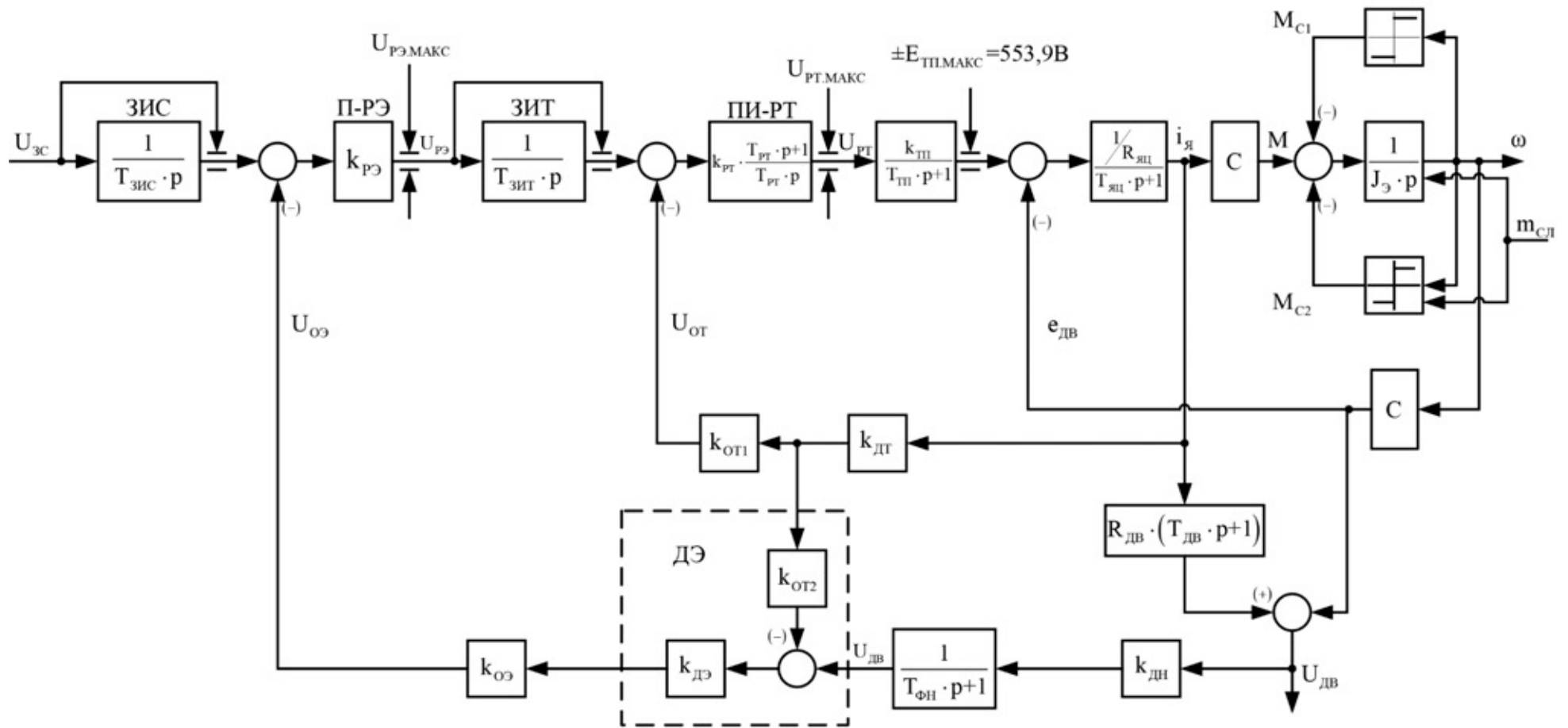


Рисунок 18 – Структурная схема нелинейной САР РЭП

## 2.8 Расчет переходных процессов

Расчет переходных процессов в системах регулируемого однофазного электропривода постоянного тока нелинейной САУ РЭП преобразователь непрерывный, выполненного по структурной многоконтурной схеме с последовательной коррекцией, выполняется на ЭВМ по программе Matlab.

Программа воспроизводится методом имитационного численного моделирования переходных процессов в аналоговых нелинейных системах регулируемого электропривода при типовых задающих и возмущающих воздействиях. Она позволяет в широких пределах варьировать структуру и значения параметров элементов САУ, выводить результаты расчетов в виде графиков, по которым определяются динамические качества.

Схема набора представлена на рисунке 19.

Диаграммы цикла работы электропривода приёмного рольганга представлена на рисунке 20.

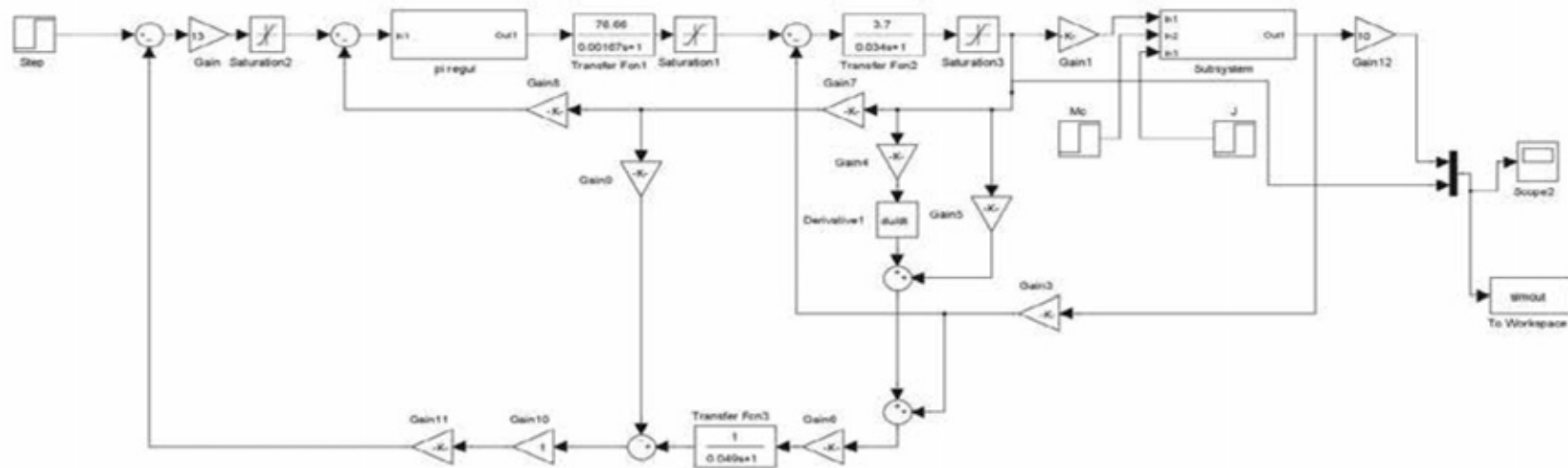


Рисунок 19-Схема набора в программной среде Matlab/



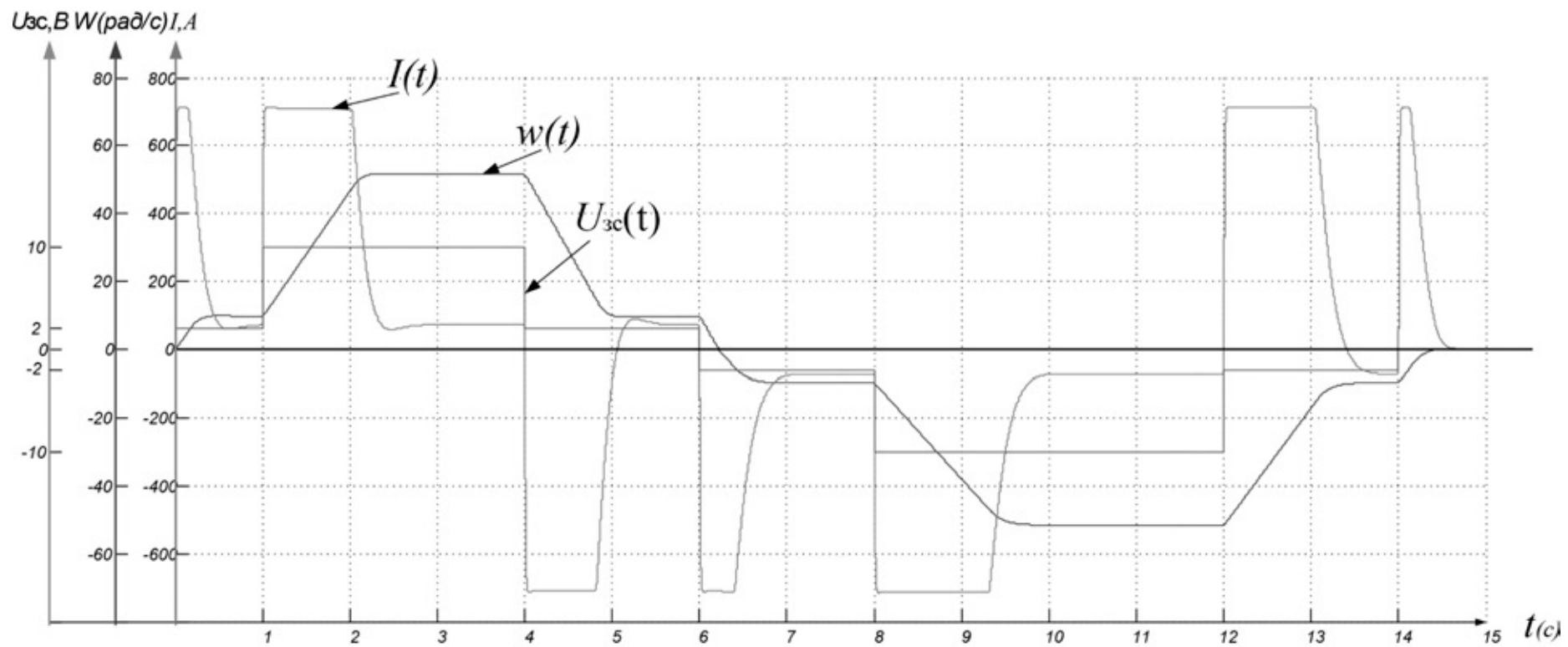


Рисунок 20 – Диаграммы цикла работы электропривода приёмного рольганга

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

|               |                                    |
|---------------|------------------------------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                         |
| 3-5Г2А1       | Уразалиеву Турсунали Муфтилла угли |

|                            |             |                                  |                                    |
|----------------------------|-------------|----------------------------------|------------------------------------|
| <b>Институт</b>            | <b>ИнЭО</b> | <b>Кафедра</b>                   | <b>ЭПЭО</b>                        |
| <b>Уровень образования</b> | Бакалавриат | <b>Направление/специальность</b> | Электроэнергетика и электротехника |

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. *Стоимость ресурсов проектных работ*
2. *Нормы и нормативы расходования ресурсов*
3. *Используемая система налоговых отчислений*

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. *Оценка коммерческого потенциала и перспективности выполнения технического проекта;*
2. *Планирование проектно-конструкторских работ;*
3. *Планирование сметы технического проекта;*

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)**

1. *График выполнения работ исполнителями ТП ( диаграмма Ганта )*
2. *Матрица SWOT*

|                                                             |  |
|-------------------------------------------------------------|--|
| <b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b> |  |
|-------------------------------------------------------------|--|

**Задание выдал консультант:**

|                            |                             |                               |                |             |
|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| <b>Должность</b>           | <b>ФИО</b>                  | <b>Ученая степень, звание</b> | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
| Доцент кафедры менеджмента | Фигурко Аркадий Альбертович | к.э.н. доцент                 |                |             |

**Задание принял к исполнению студент:**

|               |                                   |                |             |
|---------------|-----------------------------------|----------------|-------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                        | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
| 3-5Г2А1       | Уразалиев Турсунали Муфтилла угли |                |             |

### **3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

В условиях конкурентной борьбы производство немислимо без ресурсосбережения, своевременной замены и модернизации средств труда, лучшего использования материальных, трудовых и финансовых ресурсов, повышения качества продукции, внедрения новых разработок. Особую актуальность проблемы ресурсоэффективности и ресурсосбережения, представляет для машиностроения в силу его особого положения в экономике страны.

Таким образом, целью раздела является определение перспективности и успешности технического проекта.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности выполнения технического проекта;
- планирование технико-конструкторских работ;
- планирование сметы технического проекта.

#### **3.1 Оценка потенциала и перспективности реализации ТП с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

##### **3.1.1 SWOT-анализ электропривода рольганга**

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта .

Согласно проекту по разработке электропривода рольганга, SWOT-анализ даст возможность проанализировать сильные и слабые стороны проекта.

Для проведения SWOT-анализа составляется матрица SWOT, в которую записываются слабые и сильные стороны проекта, а также возможности и угрозы.

При составлении матрицы SWOT удобно использовать следующие обозначения:

С – сильные стороны проекта;

Сл – слабые стороны проекта;

В – возможности;

У – угрозы.

При построении интерактивных матриц используются следующие обозначения:

«+» – сильное соответствие ; «-» – слабое соответствие.

Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта.

Слабые стороны. Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей.

Возможности – включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

Угроза – представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем.

Матрица SWOT - анализ приведена ниже в таблице 12.

Таблица 12 - Матрица SWOT - анализ

|                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p>Сильные стороны проекта:</p> <p>С1.Высокое быстродействие.<br/>С2. Повышенная перегрузочная способнонь.<br/>С3.Электродинамическое торможение.<br/>С4. Дистанционное управление электроприводом.<br/>С5. Защита оборудования в аварийных режимах.</p> | <p>Слабые стороны проекта:</p> <p>Сл1. Низкая скорость перемещения.<br/>Сл2. Высокая себестоимость оборудования.<br/>Сл3.Ширина приводных рольгангов ограничена длиной ролика .</p> |
| <p>Возможности:</p> <p>В1. Экономия мощности энергоблоков<br/>В2. Уменьшение себестоимости путем усовершенствование новых технологий.<br/>В3. Добавочное питание электропривода.<br/>В4. Увеличение стоимости конкурентоспособных систем.</p>                                      | <p>В1С1С2С3С4;<br/>В2С1С2С4С5;<br/>В3С1С4С5;<br/>В4С1С2С5.</p>                                                                                                                                                                                           | <p>В1Сл2;<br/>В2Сл1;<br/>В3Сл2.</p>                                                                                                                                                 |
| <p>Угрозы:</p> <p>У1.Исчезновение энергии электропривода.<br/>У2. Критические изменения в отношениях с поставщиками .<br/>У3. Ввод специальных государственных правил к стандартизации и сертификации изделий<br/>У4. Нехватка финансового обеспечения со стороны государства.</p> | <p>У1С1С3;<br/>У2С5;<br/>У3С1;<br/>У4С3.</p>                                                                                                                                                                                                             | <p>У1Сл3;<br/>У2Сл2;<br/>У3Сл2.</p>                                                                                                                                                 |

Таблица 13 – Интерактивная матрица возможностей

| Возможности | Сильные стороны проекта |     |     |     |    |    |
|-------------|-------------------------|-----|-----|-----|----|----|
|             |                         | C1  | C2  | C3  | C4 | C5 |
|             | B1                      | +   | +   | +   | +  | -  |
|             | B2                      | +   | +   | -   | +  | +  |
|             | B3                      | +   | -   | -   | +  | +  |
|             | B4                      | +   | +   | -   | -  | +  |
|             | Слабые стороны проекта  |     |     |     |    |    |
|             |                         | Сл1 | Сл2 | Сл3 |    |    |
|             | B1                      | -   | +   | -   |    |    |
|             | B2                      | +   | -   | -   |    |    |
| B3          | -                       | -   | -   |     |    |    |
| B4          | -                       | +   | -   |     |    |    |

Таблица 14 – Интерактивная матрица угроз

| Угрозы | Сильные стороны проекта |     |     |     |    |    |
|--------|-------------------------|-----|-----|-----|----|----|
|        |                         | C1  | C2  | C3  | C4 | C5 |
|        | У1                      | -   | -   | -   | -  | -  |
|        | У2                      | +   | -   | +   | -  | -  |
|        | У3                      | -   | -   | +   | -  | +  |
|        | У4                      | +   | -   | -   | -  | -  |
|        | Слабые стороны проекта  |     |     |     |    |    |
|        |                         | Сл1 | Сл2 | Сл3 |    |    |
|        | У1                      | -   | +   | -   |    |    |
|        | У2                      | -   | -   | +   |    |    |
| У3     | -                       | +   | -   |     |    |    |
| У4     | -                       | -   | -   |     |    |    |

Из результатов анализа интерактивных матриц, которые приведены в таблицах 12 и 13, видно, что количественные и качественные показатели сильных сторон выше, чем слабых, а слабые стороны имеют маловажный характер в данном проекте. Сильной стороной проекта являются надежность, плавность пуска и торможения механизмов, а также производительность. Кроме того, большая экономия потребляемой электрической энергии и добавочное питание электропривода представляют перспективность проекта

в целом. Угрозы имеют низкие вероятности, что говорит о высокой надежности проекта.

### 3.1.2 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \times b_i \quad (6)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент разработки;

$b_i$  – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

Для определения ресурсоэффективности проекта по проектированию электропривода рольганга необходимо рассмотреть следующие критерии:

- надежность – свойство электропривода сохранять свою работоспособность и технические характеристики в течение определенного времени. Надежность электроснабжения обеспечивается дополнительным резервным питанием электропривода, что позволяет обеспечить бесперебойность в электроснабжении.

- энергосбережение – это реализация мер, направленных на эффективное (рациональное) использование топливно-энергетических ресурсов. Энергосбережение достигается за счет оптимального подбора мощности электродвигателей, использование частотно-регулируемого привода.

- материалоемкость – показатель расхода материальных ресурсов на производство продукции. Измеряется в физических единицах, в денежном выражении или в процентах. При проектировании системы электроснабжения значительную часть общего электропотребления компенсируем за счет энергосберегающей политики.

- помехоустойчивость – это способность сигнала противостоять действию помех (т.е. сохранять содержащуюся в нем информацию, несмотря на действие помех). Помехоустойчивость достигается за счет классификации всех электроприемников по степени их помехоустойчивости и выбора точки их подключения с учетом электромагнитной обстановки. Эти меры позволяют снизить помехи электроприемников.

- удобство в эксплуатации – это степень сложности работы, обслуживания электропривода рольганга. Характеризуется большими габаритами механизма.

- рост производительности труда пользователя, осуществляется в проекте благодаря повышению уровня автоматизации, что способствует росту производительности труда, но при этом капиталовложения возрастают.

Оценка критериев интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Оценка критерия интегрального показателя ресурсоэффективности

| Критерии                                                            | Весовой коэффициент | Балльная оценка разработки |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------|
| 1. Надежность                                                       | 0,25                | 5                          |
| 2 Энергосбережение                                                  | 0,20                | 4                          |
| 3. Материалоемкость                                                 | 0,15                | 5                          |
| 4. Помехоустойчивость                                               | 0,15                | 5                          |
| 5. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей) | 0,15                | 5                          |
| 6. Способствует росту производительности труда пользователя         | 0,10                | 5                          |
| <b>Итого:</b>                                                       | 1,00                |                            |

Интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = 4 \times 0,2 + 5 \times 0,10 + 5 \times 0,15 + 0,15 \times 5 + 0,25 \times 5 + 0,15 \times 5 = 4,8$$



Показатель ресурсоэффективности проекта имеет высокое значение (по 5-балльной шкале). Высокие баллы надежности и энергосбережения позволяют оценивать о надежности системы.

### **3.2 Планирование и формирование графика работ по реализации ТП**

Планирование комплекса работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках технического проекта;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика выполнения работ

Одной из важных частей данного проекта является составление графика проведения ТП, который предназначен для распределения обязанностей по выполнению работ между исполнителями и определения временных рамок производимой работы.

Весь комплекс работ разобьем на 10 этапов, а осуществит его группа из 2-х человек.

№ 1 – составление и утверждение технического задания(ТЗ) – включает в себя формулировку требований к техническому проекту, изучение первичной информации об объекте , составление задания и плана на работу;

№ 2 – изучение литературы – ознакомление с предметом работы, изучение различных источников, касающихся различных сторон технического проекта;

№ 3 – сбор исходных данных – сбор параметров для электропривода рольганга, нагрузок, графиков режимов работы оборудования;

№4 – подготовка и ввод данных в спецпрограмму ЭВМ – составление блок-сем, систем управлений для математического моделирования работы электропривода;

№5 – расчет в среде ЭВМ нагрузок электропривода рольганга – использование пакета программ, которые позволяют исследовать различные

подходы и получать решение быстрее, чем с использованием электронных таблиц или традиционных языков программирования;

№ 6 – выбор оборудования – выбор элементов по основным требованиям технологического процесса;

№ 7 – расчет элементов электропривода, построение механических и электромеханических характеристик – расчет характеристик электропривода и двигателя, построение графиков режимов работы оборудования;

№ 8 – проверка правильности выбора оборудования – проверка соответствия расчетных величин электрооборудования с допустимыми значениями;

№ 9 – оформление пояснительной записки – оформление результатов расчетов в соответствии с требованиями;

№10 – сдача проекта – включает в себя окончательную проверку руководителем, устранение недочетов дипломником, подготовку к защите и защиту проекта.

### **3.2.1 Определение трудоемкости выполнения работ**

Трудовые затраты образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является выявление трудоемкости работ каждого из участников выполнения проекта.

Трудоемкость разработки технического проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула: [14]

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

где,  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Расчет трудоемкости выполнения операций для дипломника рассчитывается по формуле:

$$t_{\text{ож}2} = \frac{3 \times 16 + 2 \times 23}{5} = 18,8 \text{чел. - дн.},$$

$$t_{\text{ож}3} = \frac{3 \times 14 + 2 \times 21}{5} = 16,8 \text{чел. - дн.}$$

$$t_{\text{ож}4} = \frac{3 \times 1 + 2 \times 1}{5} = 1 \text{чел. - дн.}$$

$$t_{\text{ож}5} = \frac{3 \times 1 + 2 \times 1}{5} = 1 \text{чел. - дн.}$$

$$t_{\text{ож}6} = \frac{3 \times 13 + 2 \times 20}{5} = 15,8 \text{чел. - дн.}$$

$$t_{\text{ож}7} = \frac{3 \times 1 + 2 \times 1}{5} = 1 \text{чел. - дн.}$$

$$t_{\text{ож}8} = \frac{3 \times 19 + 2 \times 26}{5} = 21,8 \text{чел. - дн.}$$

$$t_{\text{ож}9} = \frac{3 \times 8 + 2 \times 12}{5} = 9,6 \text{чел. - дн.}$$

$$t_{\text{ож}10} = \frac{3 \times 7 + 2 \times 7}{5} = 7 \text{чел. - дн.}$$

По результатам расчетов составляется календарная продолжительность выполнения работ представленная в таблице 16

Для составления графика выполнения работ используется диаграмма Ганта, которая приведена в таблице 17

Таблица 16 – Календарная продолжительность работ

| № этапа работы | Вид работ                                                 | Исполнители  | Минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы, $t_{\min}$ , чел.-дн. | Максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы, $t_{\max}$ , чел.-дн. | Ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, $t_{\text{ож}}$ , чел.-дн. | Продолжительность одной работы, $T_p$ , раб.дн. |
|----------------|-----------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1              | Составление и проверка ТЗ                                 | Руководитель | 1                                                                                        | 1                                                                                         | 1                                                                          | 1                                               |
| 2              | Изучение литературы                                       | Дипломник    | 16                                                                                       | 23                                                                                        | 18,8                                                                       | 19                                              |
| 3              | Сбор исходных данных                                      | Дипломник    | 14                                                                                       | 21                                                                                        | 16,8                                                                       | 17                                              |
| 4              | Подготовка и ввод данных в ЭВМ                            | Дипломник    | 1                                                                                        | 1                                                                                         | 1                                                                          | 1                                               |
| 5              | Расчет на ЭВМ нагрузок электропривода                     | Дипломник    | 1                                                                                        | 1                                                                                         | 1                                                                          | 1                                               |
| 6              | Выбор оборудования                                        | Руководитель | 1                                                                                        | 1                                                                                         | 1                                                                          | 1                                               |
|                |                                                           | Дипломник    | 13                                                                                       | 20                                                                                        | 15,8                                                                       | 16                                              |
| 7              | Расчет элементов электропривода, построение характеристик | Руководитель | 1                                                                                        | 1                                                                                         | 1                                                                          | 1                                               |
|                |                                                           | Дипломник    | 1                                                                                        | 1                                                                                         | 1                                                                          | 1                                               |
| 8              | Проверка правильности выбора оборудования                 | Руководитель | 1                                                                                        | 1                                                                                         | 1                                                                          | 1                                               |
|                |                                                           | Дипломник    | 19                                                                                       | 26                                                                                        | 21,8                                                                       | 22                                              |
| 9              | Оформление пояснительной записки                          | Руководитель | 1                                                                                        | 1                                                                                         | 1                                                                          | 1                                               |
|                |                                                           | Дипломник    | 8                                                                                        | 12                                                                                        | 9,6                                                                        | 10                                              |
| 10             | Сдача проекта                                             | Руководитель | 1                                                                                        | 1                                                                                         | 1                                                                          | 1                                               |
|                |                                                           | Дипломник    | 7                                                                                        | 7                                                                                         | 7                                                                          | 7                                               |

Таблица 17 – Диаграмма Ганта

| № этап работ                                        | Вид работ                                                 | * Исполнители | Продолжительность одной работы дн. | Продолжительность выполнения работ по декадам |      |   |   |        |   |   |     |   |   |   |   |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------|-----------------------------------------------|------|---|---|--------|---|---|-----|---|---|---|---|
|                                                     |                                                           |               |                                    | Фев.                                          | Март |   |   | Апрель |   |   | Май |   |   | И |   |
|                                                     |                                                           |               |                                    | 3                                             | 1    | 2 | 3 | 1      | 2 | 3 | 1   | 2 | 3 | 1 |   |
| 1                                                   | Составление и проверка ТЗ                                 | Р             | 1                                  |                                               |      |   |   |        |   |   |     |   |   |   |   |
| 2                                                   | Изучение литературы                                       | Д             | 19                                 |                                               | —    | — |   |        |   |   |     |   |   |   |   |
| 3                                                   | Сбор исходных данных                                      | Д             | 17                                 |                                               |      |   | — | —      |   |   |     |   |   |   |   |
| 4                                                   | Подготовка и ввод данных в ЭВМ                            | Д             | 1                                  |                                               |      |   |   | -      |   |   |     |   |   |   |   |
| 5                                                   | Расчет на ЭВМ нагрузок электропривода                     | Д             | 1                                  |                                               |      |   |   | -      |   |   |     |   |   |   |   |
| 6                                                   | Выбор оборудования                                        | Д             | 16                                 |                                               |      |   |   | —      |   |   |     |   |   |   |   |
|                                                     |                                                           | Р             | 1                                  |                                               |      |   |   |        | - |   |     |   |   |   |   |
| 7                                                   | Расчет элементов электропривода, построение характеристик | Д             | 1                                  |                                               |      |   |   |        |   | - |     |   |   |   |   |
|                                                     |                                                           | Р             | 1                                  |                                               |      |   |   |        |   | - |     |   |   |   |   |
| 8                                                   | Проверка правильности выбора оборудования                 | Д             | 19                                 |                                               |      |   |   |        |   |   | —   |   |   |   |   |
|                                                     |                                                           | Р             | 1                                  |                                               |      |   |   |        |   |   |     | - |   |   |   |
| 9                                                   | Оформление пояснительной записки                          | Д             | 10                                 |                                               |      |   |   |        |   |   |     | — |   |   |   |
| 10                                                  | Сдача проекта                                             | Д             | 7                                  |                                               |      |   |   |        |   |   |     |   |   | — | - |
|                                                     |                                                           | Р             | 1                                  |                                               |      |   |   |        |   |   |     |   |   |   | - |
| *Примечание: <<Д>>- дипломник; <<Р>>- руководитель. |                                                           |               |                                    |                                               |      |   |   |        |   |   |     |   |   |   |   |

Исходя из составленной диаграммы, можно сделать вывод, что продолжительность работ занимает 10 декад, начиная с третьей декады февраля и заканчивая первой декадой июня. Учитывая вероятностный характер оценки трудоемкости, реальная продолжительность работ может быть как меньше (при благоприятном стечении обстоятельств), так и несколько превысить указанную продолжительность (при неблагоприятном стечении обстоятельств).

Продолжительность выполнения проекта составит 96 рабочих дня.

Из них:

95 дня – продолжительность выполнения работ дипломником;

5 дней – продолжительность выполнения работ руководителем;

### **3.3 Составление сметы технического проекта**

При планировании сметы технического проекта (ТП) должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования сметы ТП используется группировка затрат по следующим статьям:

- полная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

#### **3.3.1 Полная заработная плата исполнителей темы**

настоящую статью включается основная и дополнительная заработная плата всех исполнителей, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Расчет полной заработной платы осуществляется следующим образом:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (2)$$

где,  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) исполнителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \times T_p, \quad (3)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{тс} + Z_{допл} + Z_{р.к.}}{F_d}, \quad (4)$$

где,  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$Z_{допл}$  – доплаты и надбавки, руб.;

$Z_{р.к.}$  – районная доплата, руб.;

$F_d$  – количество рабочих дней в месяце (26 при 6-дневной рабочей неделе, 22 при 5-дневной рабочей неделе), раб. дн.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 18.

Таблица 18 – Расчёт основной заработной платы исполнителей

| Исполнители            | Заработная плата по тарифной ставке, руб. | Доплаты и надбавки, руб | Районная доплата, руб | Зарплата месячная, руб | Среднедневная заработная плата , руб. | Продолжительность работ, раб. дн. | Основная заработная плата, руб. |
|------------------------|-------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Руководитель           | 16751                                     | 2000                    | 5625                  | 24376                  | 938                                   | 5                                 | 4688                            |
| Дипломник              | 7864                                      | -                       | 2359                  | 10223                  | 393                                   | 95                                | 37354                           |
| Итого $Z_{осн}$ , руб. |                                           |                         |                       |                        |                                       |                                   | 42042                           |

**Дополнительная заработная плата**-заработная плата, начисляется рабочим и служащим за фактически выполненные работы или проработанное время, а в соответствии с действующим законодательством , в том числе оплата очередных отпусков рабочих и служащих, льготных часов подростков, времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей, и др. Дополнительная заработная плата учитывается так же, как и основная, и включается в фонд заработной платы предприятия.

Таблица 19. – Расчет полной заработной платы

| Исполнители  | Коэффициент учитывающий заработную плату | Основная заработная плата, руб. | Дополнительная заработная плата, руб. | Полная заработная плата, руб. |
|--------------|------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|
| Руководитель | 0,15                                     | 4688                            | 712                                   | 5300                          |
| Дипломник    | 0,12                                     | 37354                           | 4482                                  | 41800                         |
| Итого        |                                          | 42042                           | 5194                                  | 47100                         |



### **3.3.2 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)**

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \times (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (5)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

$k_{\text{внеб}} = 30,2\%$  условиях ТПУ.

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,302 \times 47,1 = 14,2 \text{ тыс. руб.}$$

### **3.3.3 Накладные расходы**

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не включенные в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Величину накладных расходов принимаем в размере 16% от общей суммы затрат.

### **3.3.4 Формирование сметы технического проекта**

Является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции.

Определение затрат на технический проект приведен в таблице 20

Таблица 20 – Смета технического проекта

| Наименование статьи                                     | Сумма, тыс. руб. | Структура затрат,<br>% |
|---------------------------------------------------------|------------------|------------------------|
| 1. Затраты по полной заработной плате исполнителей темы | 47,1             | 64,6                   |
| 2. Отчисления во внебюджетные фонды                     | 14,2             | 19,4                   |
| 3. Накладные расходы                                    | 11,7             | 16,0                   |
| 4. <b>Итого</b>                                         | 73,0             | 100,0                  |

Исходя из представленной выше таблицы 20, можно сделать вывод, что смета затрат на разработку технического проекта, составят 73 тыс. руб.

В результате выполнения поставленных задач по данному разделу можно сделать следующие выводы:

- произведен SWOT – анализ, который установил, что сильных сторон у проекта гораздо больше, чем слабых, а это показывает о перспективности проекта в целом. Кроме того, угрозы имеют низкие вероятности, что говорит о высокой безопасности проекта.
- построен график выполнения работ для исполнителей технического проекта, позволяющий оптимально скоординировать их работу.
- рассчитана смета затрат на выполнение технического проекта, которая составила 73 тыс.руб.
- определен показатель ресурсоэффективности проекта, который имеет достаточно высокое значение – 4,8 (по 5- балльной шкале), что свидетельствует о надежности системы.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

|               |                                    |
|---------------|------------------------------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                         |
| 3-5Г2А1       | Уразалиеву Турсунали Муфтилла угли |

|                            |             |                                  |                                    |
|----------------------------|-------------|----------------------------------|------------------------------------|
| <b>Институт</b>            | <b>ИнЭО</b> | <b>Кафедра</b>                   | <b>ЭПЭО</b>                        |
| <b>Уровень образования</b> | Бакалавриат | <b>Направление/специальность</b> | Электроэнергетика и электротехника |

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

- *ОАО ЕВРАЗ ЗСМК, прокатное производство, непрерывно–заготовочного стана 1250*
- *вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)*
- *опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)*
- *негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)*

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. *Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды;*
  - а) шум и вибрация;
  - б) отклонение показателей микроклимата;
  - в) недостаточная освещенность рабочей зоны.
2. *Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды;*  
 Опасными факторами агломерационного цеха являются:  
 Возможность получения травм в следствии:
  - а) движения машин и механизмов;
  - б) движение производственного материала;
  - в) Наличие высокого напряжения.
3. *Охрана окружающей среды:*
  - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);
  - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);
 разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.
4. *Защита в чрезвычайных ситуациях:*
  - перечень возможных ЧС на объекте;
  - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;
  - разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;
 разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий

### Перечень графического материала:

План эвакуации при пожаре

|                                                             |  |
|-------------------------------------------------------------|--|
| <b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b> |  |
|-------------------------------------------------------------|--|

**Задание выдал консультант:**

| <b>Должность</b> | <b>ФИО</b>                 | <b>Ученая степень, звание</b>     | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
|------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------|-------------|
| Доцент           | Сечин Андрей Александрович | Кандидат технических наук, доцент |                |             |

**Задание принял к исполнению студент:**

| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                        | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
|---------------|-----------------------------------|----------------|-------------|
| 3-5Г2А1       | Уразалиев Гурсунали Муфтилла угли |                |             |

## **4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

### **4.1 Введение**

На производстве должны быть созданы благоприятные условия труда – совокупность факторов производственной среды, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность человека в процессе труда.

Однако возможность воздействия производственных факторов на работающих существует всегда, поэтому должны быть разработаны меры защиты от него и обеспечения безопасности труда – состояния условий труда, при которых исключено воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов.

Данный раздел посвящен вопросам обеспечения необходимых условий труда (санитарно-гигиенические условия, защита от негативных производственных факторов, обеспечение пожарной безопасности) в соответствии с действующими нормативными документами, а также вопросам экологической безопасности.

### **4.2 Анализ вредных производственных факторов**

При проведении технологического процесса в обжимном цехе ОАО "ЗСМК" на всех стадиях обработки металлов возможно появление вредных и опасных факторов.

#### **4.2.1 Основные вредные факторы**

- а) Шум и вибрация.
- б) Отклонение показателей микроклимата.
- в) Недостаточная освещенность рабочей зоны.

#### **4.2.2 Шум и вибрация**

Шум оказывает многообразное влияние на организм человека. Источники механических шумов в прокатных цехах являются зубчатые передачи, подшипники, кулачки, кривошипные механизмы, цепные передачи,

процессы транспортировки металла по рольгангам, его деформации, резки, вибрации поверхностей машин и оборудования. Термический шум возникает при работе газовых горелок, нагревательных устройств, при горении различных факелов. Электромагнитный шум возникает при шуме трансформаторов. Уровень звукового давления на рабочих местах в цехе 90-120 дБ, при норме 80 дБ.

Источниками вибрации являются: возвратно-поступательные движущие системы: электрические и пневматические зубила, шлифовальные машины. Санитарные нормы вибрации рабочих мест по СН № 3044-84.

При эксплуатации рольгангов возникает высокие уровни шума, обусловленные ударным воздействием. Снижение шума достигается изменением конструкции рольганга, а также применением металлических материалов с высокими демпфирующими свойствами, изготовление роликов рольганга из стали, содержащей от 0,7 до 3,5% Mn, что снижает уровень звукового излучения на 12-15 дБ. Посты управления обжимными станами располагают вблизи клетки. Следовательно, они систематически находятся над горячими слитками и прокатами, а также имеет место шум высоких уровней. Поэтому посты управления должны иметь защитную теплоизоляцию и были защищены от проникновения шума в помещении поста. Уровни шума должны соответствовать ГОСТ 121.003-83 и ГОСТ 12.1.012-78.

Для борьбы с вибрациями в цехе применяются виброгасящие фундаменты. А использование дистанционного управления позволяет решить проблему защиты людей от этого вредного фактора.

Таблица 21 Санитарные нормы одно-числовых показателей вибрационной нагрузки на оператора для смены длительностью 8 часов.

| Вид вибрации | Категория | Виброускорение   |     | Виброскорости                      |     |
|--------------|-----------|------------------|-----|------------------------------------|-----|
|              |           | м/с <sup>2</sup> | дБ  | мс <sup>-1</sup> *10 <sup>-2</sup> | дБ  |
| Общая        | 2         | 0,25             | 109 | 0,56                               | 101 |

### *Отклонение показателей микроклимата*

В производственных помещениях цеха предусматривается создание микроклимата, который обеспечивает нормальные условия для работы производственного персонала. Источники тепловых выделений - обрабатываемый металл, нагревательные устройства, стан, вспомогательное оборудование методической печи для термической обработки, отделочные агрегаты. Большое количество теплоты выделяется при складировании исходных материалов, готовых изделий, охлаждении на холодильниках. В прокатных цехах должны быть созданы условия по СанПиН 2.2.4.548-96. Оптимальная температура 16-25 С, допустимая 13-25 С, при выполнении тяжелой физической работы максимально допустимое значение температуры 26 С, а относительная влажность не более 75%.

### *Недостаточная освещенность*

Освещенность, создаваемая дневным естественным светом, изменяется в чрезвычайно широких пределах. Изменения эти обусловлены временем дня, сезоном и метеорологическими факторами, за короткий промежуток времени освещенность естественного света может изменяться в несколько раз. Поэтому естественное освещение помещений нельзя характеризовать, а следовательно, и нормировать абсолютной величиной освещенности. правила и нормы искусственного освещения основываются на закономерностях, определяющих работоспособность зрения.

## **4.3 Анализ основных опасных факторов**

### *Основные опасные факторы*

- а) Движение машин и механизмов.
- б) Движение производственного материала.
- в) Наличие высокого напряжения.

## *Движение машин и механизмов*

В цехе установлено различное основное и вспомогательное оборудование, движущие части которого представляют определенную опасность, так как непредусмотренный контакт с ними может вызвать травмы производственного персонала. Это прокатные валки, тянущие, подающие и направляющие ролики, кантователи, толкатели, сталкиватели, манипуляторы, рольганги, транспортеры.

Части и узлы прокатных машин (валки, маховики, соединительные шпиндели, зубчатые колеса, барабаны летучих ножниц, различные муфты, втулки, кулачки, эксцентрики) совершают вращательные движения. Другие части и узлы (рычаги, элементы транспортеров, толкателей манипуляторов и кантователей) выполняют возвратно – поступательное движение (рис.6). Опасность воздействия определяется прежде всего конструктивными проблемами. Так, опасность возрастает, если вращающиеся части оборудования содержат выступающие крепежные детали (болты, шпильки, винты, гайки), а на их поверхности имеются следы неравномерного износа или дефекты (трещины, заусенцы и пр.).

При вращении навстречу друг другу прокатных и других валков возникают условия для захвата конечностей человека, его одежды. Движущиеся слитки, блюмы, слябы, заготовки, подкат и готовый продукт создают возможность травмирования персонала во время непредусмотренного контакта их с человеком. Учитывая, что скорость обработки металла на механическом оборудовании прокатных цехов возросла, возможны выбросы металла из валков, направляющих линеек, аппаратов и т.д.

Поэтому для обеспечения безопасности эксплуатации машин и механизмов прокатных цехов необходимо применять различные системы защиты. Это достигается прежде всего механизацией и автоматизацией производственных процессов, дистанционным управлением механизмами и наблюдением за их работой, заменой периодических процессов



непрерывными, автоматизацией измерения параметров процесса обработки металла.

Движущиеся и вращающиеся части механизмов прокатных станов, агрегатов, расположенных в труднодоступных местах, допускается ограждать общим ограждением с запирающимся устройством. Маховики должны иметь боковое ограждение в виде сплошного барьера или перил с обшивкой по низу. Ограждения маховиков по ободу должно выполняться в виде сплошного щита не менее 2м.

Для безопасного перехода людей через рольганги шлепперы, конвейеры должны быть строены переходные мостики, огражденные перилами. Мостики для перехода через горячий металл должны иметь теплоизолирующий настил, а с боков экранированы щитами из листового железа высотой не менее 1,8 м. Для обеспечения безопасности рабочих при ремонтах ячеек нагревательных колодцев по краю площадки должны устанавливаться съемные ограждения.

#### *Движение производственного материала*

При выполнении операций резки металла на ножницах потенциальная опасность возникновения травм у персонала может возникнуть при замене ножей и удалении с их режущих поверхностей наваров, уборке обреза и окалины от ножниц, устранении заклинивания обреза в желобе ножниц и на конвейере, в процессе резки и отборе проб. В скрапном пролете опасность возможна при проведении кантовки коробок – контейнеров с обрезью, а также при перестановке вагонов под обрезь, поэтому в процессе работы проводят периодический осмотр оборудования, при котором также возможно поражение персонала.

При проведении прокатки на блюминге или слябинге потенциальная опасность возникновения травм у персонала возникает при транспортировании слитков рабочим рольгангом к стану, прокатке слитков в рабочей клетки в первых проходах, проведении перевалок и настройке валков, очистке желобов гидросмыва окалины, очистке рольгангов от данных пробок

и скрапа, проведении операций по установке, уборке и кантовании коробок для скрапа.

Рольганги, подающие металл к ножницам, должны иметь борта исключающие возможность вылета подаваемого металла.

В случаях, если исполнительные органы машин представляют опасность для людей и не могут быть ограждены, должны быть предусмотрены сигнализация, предупреждающая о пуске машины в работу, и средства для остановки и отключения от источников энергии.

### *Наличие высокого напряжения*

В цехе большая часть электрооборудования работает при напряжении до 1000В. Электрическую опасность представляют: электроустановки, электродвигатели, электрооборудование и линии электропередач.

В цехе имеются источники электромагнитных и электрических полей, которые используются для различных целей: подогрева рабочих валков, сушки покрытий, нанесенных на поверхность изделий, нагрева исходных изделий для горячей прокатки. Электромагнитное поле создается при работе высокочастотных и сверхвысокочастотных установок. Нормы по электромагнитному излучению по СанПиН № 5802-91.

Электродвигатели открытого типа установлены в помещении цеха без повышенной опасности, их токоведущие и вращающиеся части не закрыты и не защищены. Вокруг устанавливают ограждения. Рубильники, установленные в производственных помещениях на распределительных счетах снабжены защитными кожухами, изготовленными из огнестойких материалов. Для защиты электроустановок от перегрузок применяют плавкие предохранители. Внутрицеховая электрическая сеть изготовлена из изолированных проводов или кабелей. Кабели прокладывают в полу в каналах и закрывают сверху съемными покрытиями из огнестойких материалов. Воздушную электрическую сеть выполняют на изоляторах, на высоте не менее 6 м при напряжении до 1000В и не менее 7 м при напряжении свыше 1000В.

Защитное заземление применяют как при изолированной так и при заземленной нейтрали.

Для защиты от электрических и электромагнитных полей устанавливают экранирующие устройства, работающих обеспечивают специальными экранирующими костюмами. Экраны представляют собой заземленные щиты из токопроводящего материала. Стационарные экраны предназначены для защиты персонала при осмотре оборудования. В случае применения СВЧ- колебаний необходимо работать в очках, увеличивать расстояние между источниками излучения и рабочим местом, уменьшать мощность излучения генератора. Методы контроля и способы средств защиты должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.006-84 и соответствовать требованиям ПУЭ

#### 4.4 Расчет освещения

Наиболее часто требуется определить мощность ламп, необходимую для получения заданной освещенности, при выбранном типе и расположении светильников.

В мастерской электриков стана 1250 длиной 14м, шириной 8м и высотой 4,3м на высоте 3,8м от пола подвешивают светильники ШОД с люминесцентными лампами ЛБ; их намечено установить в два ряда, предпочтительно – сплошное. Норма освещенности 200лк при  $\hat{A}=1,5$ .

Определяем коэффициент использования светового потока светильников по формуле:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} ;$$

где А и В – длина и ширина помещения, м;

h – высота подвеса светильников, м.

$$i = \frac{14 \times 8}{3,8(14+8)} \approx 1,34.$$

По табл. 22 [12] находим коэффициент использования, т.е. относительную долю потока лампы, подающей на поверхность S;  $h=0,4$ .

Определяем потребный световой поток лампы по формуле:

$$F \times N = \frac{E \times k \times S \times Z}{h}$$

где:

$E$  – наименьшая освещенность, лк;

$k$  - коэффициент запаса;

$S$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>

$Z$  – коэффициент для перехода от наименьшей освещенности к средней; (при  $Z=1,1$  ШОД дает более равномерную освещенность)

$N$  – количество светильников

$$F \times N = \frac{200 \times 1,5 \times 4 \times 8 \times 1,1}{0,4} = 92500 \text{ лм.}$$

По табл5. [12] лоток лампы ЛБ40 принимают 2480 лм, ЛБ-80-4320 лм.

Следовательно, потребное число ламп

$$40 \text{ Вт} = \frac{92500}{2480} = 37; \quad 80 \text{ Вт} = \frac{92500}{4320} = 21.$$

Так как светильники двухламповые и число рядов два, то в каждом ряду необходимо:

$$\text{при лампах } 40 \text{ Вт} \quad \frac{37}{4} \approx 9 \text{ светильников, при лампах } 80 \text{ Вт} \quad \frac{21}{4} \approx 5$$

светильников.

Длина светильников с лампами 40 Вт около 1250мм, с лампами 80Вт – около 1550 мм.

Следовательно, при лампах 80Вт сплошные ряды не получаются, при лампах 40 Вт можно получить сплошные ряды, установив в каждом из них по 10 светильников. Общая длина ряда составит около 12,5 м, т.е. ряды будут на 0,75м не доходить до торцевых стен.

## 4.5 Пожарная безопасность

Прокатное производство характеризуется тем, что в обращении постоянно находится горячий металл, при обработке которого выделяется значительное количество лучистого тепла из раскаленного металла и окалины. Кроме того, в цехе используются горючие газы в качестве топлива в нагревательных колодцах и на машине огневой зачистке. Из выше перечисленных факторов, характеризующих прокатное производство, цех относится к категории "Г" (согласно НПБ 105-03).

Но в цехе имеются помещения, которые могут быть отнесены к более высокой категории пожароопасности: маслоподвалы, характеризующиеся наличием большого количества масла для нужд стана, которое способно воспламенению, можно отнести к категории "В" ;проходы около газопроводов, подающих топливо в печь, характеризующиеся наличием легковоспламеняющегося газа, можно отнести к категории "А".

По НПБ 105-03, при проектировании к строительству зданий и сооружений необходимо учитывать категорию пожарной опасности производства, степени огнестойкости этих зданий. Огнестойкость обжимного цеха определяется, прежде всего, стойкостью конструкций сохранять свою несущую способность при воздействии высоких температур. Поскольку основными материалами, использованными при строительстве цеха, являются металл и бетон, цех имеет достаточно высокую огнестойкость и в соответствии со СНиП 21.01.-97 относится к первой степени огнестойкости.

В цехе предусмотрены противопожарные меры: к зданиям и к сооружениям цеха обеспечен подъезд пожарных автомобилей со всех сторон; оборудование установками автоматического пожаротушения, пожарной сигнализации в особо пожароопасных помещениях.

Система пожарной защиты предусматривает следующие меры:

1. Максимально возможное применение негорючих и трудногорючих веществ и материалов в производственных процессах;

2. Ограничение количества горючих веществ и их надлежащее размещение;
3. Изоляцию горючей среды;
4. Применение средств пожаротушения;
5. Применение конструкций производственных объектов с регламентированным пределом их огнестойкости и горючести;
6. Эвакуация людей в случае пожара;
7. Применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре;
8. Организацию пожарной охраны объекта;
9. Применение средств коллективной и индивидуальной защиты от огня.

Для тушения пожаров применяются несколько типов стационарных систем пожаротушения. В складах применяются установки водяного пожаротушения. Данная установка не только тушит пожар, но и включает световую и звуковую системы сигнализации. В кабельном подвале установлены стационарные установки и автоматическая пожарная сигнализация дренчерного пожаротушения с дистанционным управлением. В галереях, где расположены электрические кабели, применяют установки газового пожаротушения. В маслоподвалах применяют установки тушения пожаров паром. Ввод в действие этих установок производится вручную задвижками, находящиеся рядом с маслоподвалом.

Для предотвращения гибели людей при возникновении пожара каждый рабочий должен знать пути безопасного выхода из своего помещения. На рисунке 1.показан план эвакуации людей при пожаре из мастерской электрослужбы стана 1250, а также нанесены средства тушения пожара.

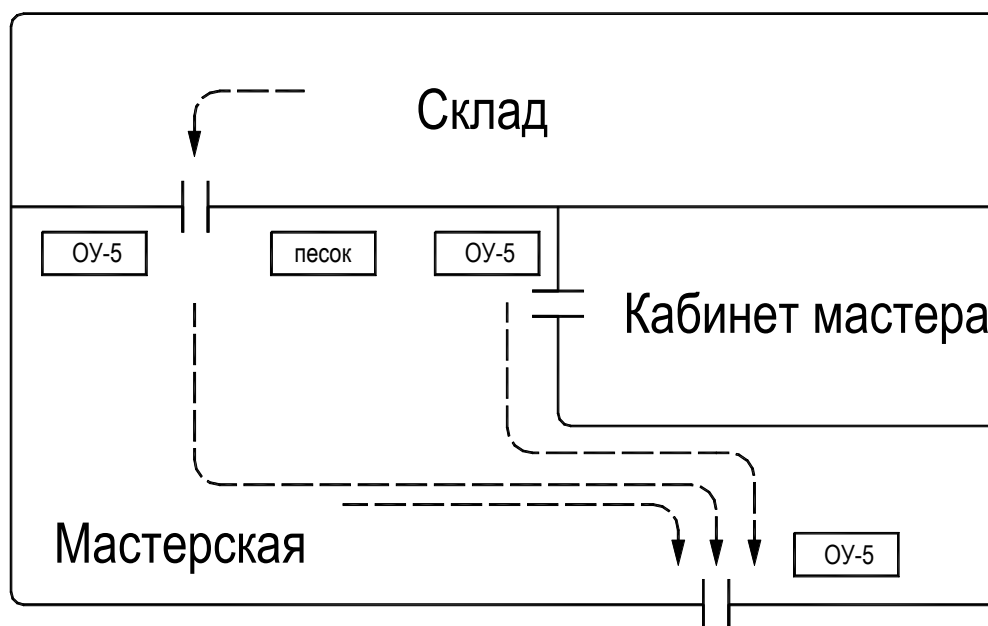


Рисунок 21 - План эвакуации при пожаре

#### 4.6 Охрана окружающей среды

Город Новокузнецк расположен в южной части Кемеровской области на площадке, образованной поймами рек Кондомы и Томи, и окружен отрогами Кузнецкого Алатау и Салаирского кряжа. Перепад высот в пределах города составляет 250 м.

Площадка ОАО "ЗСМК", шириной 2 км и длиной 5 км с террасным расположением цехов, находится на юго-западной окраине города на правом берегу реки Томи. Размер санитарно-защитной зоны ОАО "ЗСМК" составляет 1000 м.

По валовым выделениям пыли и образованию газов прокатное производство относится к наименее тяжелым участкам металлургического производства. Нагрев и горячая прокатка слитков способствует образованию значительного количества окалины. Технологический процесс связан с применением большого количества воды для смыва и транспортировки окалины, охлаждения прокатных валков, роликов рольгангов и проводковой арматуры. Высокая степень механизации технологического процесса требует применения в большом количестве масел и смазок.

Технология нагрева и прокатки слитков включает в себя отходы производства, воздействующие на окружающую среду:

- дымовые газы, сварочный шлак, окалину и пыль в отделении нагревательных колодцев;
- окалину и пыль на стане 1250;
- обрезь на ножницах горячей резки блюминга 1250 и НЗС;
- обрезь, окалину и пыль на адьюстаже при порезке и обработке заготовок ручными резаками и на шлифовально – обдирочных станках;
- воду с примесями окалины, масел и смазок по линии прокатки на блюминге 1250, НЗС и склада горячих заготовок.

В цехе установлена одна газоочистная и пять пылеулавливающих установок. В период неблагоприятных метеоусловий производить внеплановый осмотр технического состояния всех газо- и пылеулавливающих установок с устранением выявленных отклонений от правил технической эксплуатации. В это время запрещается чистка пылеулавливающих установок, разведение костров, задымляющих территорию цеха.

Отсос продуктов сгорания от МОЗ осуществляется через газоотборный короб, установленный над рольгангом перед машиной, подземной орошаемый бором и газоход с противоточной подачей воды. Система газоочистки состоит из трех параллельных ниток. Каждая нитка включает в себя, пылеулавливатель (труба Вентури), циклон и дымосос. Первая и третья нитки оснащены дымососами типа ВМ20А, а вторая ВМ 100/1200.

Эксплуатационная производительность каждой нитки составляет 90000 м<sup>3</sup>/час, одна из которых находится в резерве. В каждом пылеулавливателе предусмотрено предварительное орошение газов водой через форсунки для коагуляции мелкодисперсных частиц пыли, а мокрые циклоны являются улавливателями и коагуляторами мелких капель, состоящих из воды и пыли. Скоагулированные частицы вместе с водой из пылеулавливателя поступают в отстойник оборотного цикла прокатных цехов, а очищенные продукты сгорания через трубу выбрасываются в атмосферу.



Нормативы предельно допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу от источников обжимного цеха за 2015 г. приведены в таблице 22.

Таблица 22. - Нормативы предельно допустимых выбросов вредных веществ

| Источник выделения вредных веществ (агрегат, установка) | Выбросы вредных веществ в атмосферу т, год. |                |                             |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------|-----------------------------|
|                                                         | Наименование веществ                        | Базовый выброс | Предельно допустимый выброс |
| Нагревательные колодцы                                  | Пыль                                        | 59             | 60                          |
|                                                         | Окись углерода                              | 2668,9         | 2660                        |
|                                                         | Сернистый ангидрид                          | 434,7          | 480                         |
|                                                         | Окислы азота                                | 58,4           | 50                          |
|                                                         | Бензаперен                                  | 0,00015        | 0,00015                     |
|                                                         |                                             |                |                             |
| Клеть 1250 АС-1                                         | Пыль                                        | 22,53          | 30                          |
| МОЗ                                                     | Пыль                                        | 92,8           | 110                         |
|                                                         | Окись углерода                              | 1319,8         | 1310                        |
|                                                         | Сернистый ангидрид                          | 3,9            | 9                           |
|                                                         | Окислы азота                                | 139,1          | 140                         |
|                                                         |                                             |                |                             |
| Зачистные станки АС-2                                   | Пыль                                        | 27,63          | 30                          |
| ИТОГО                                                   | Пыль                                        | 201,86         | 230                         |
|                                                         | Сернистый ангидрид                          | 438,6          | 489                         |
|                                                         | Окись углерода                              | 3988,7         | 3970                        |
|                                                         | Окислы азота                                | 197,5          | 190                         |
|                                                         | Бензаперен                                  | 0,00015        | 0,00015                     |
|                                                         |                                             |                |                             |

Поступающие в атмосферу окислы углерода, азота, пыль и т.д. оказывают различное токсичное воздействие на организм человека. Так, окислы азота воздействуют на органы дыхания, приводят к отеку легких. Превышение нормативной величины окислов азота практически в 2 раза внушает опасение, т.к. в черте города окислы азота, взаимодействуя с углеводородами выхлопных газов, образуют фотохимический туман-смог. Оксид углерода воздействует на нервную и сердечно-сосудистую системы.

Источниками атмосферной пыли является зола, образующаяся при сгорании топлива. Сажа обладает большой адсорбционной способностью по отношению к тяжелым углеводородам и в том числе к бензапирену, что делает сажу весьма опасной для человека.

Снижение вредных выбросов в атмосферу позволит цеху значительно увеличить прибыль, прежде всего за счет того, что не будет необходимости в уплате из прибыли штрафных санкций в бюджет и внебюджетные фонды за нарушение требований по охране окружающей среды.

## 4.7 Чрезвычайные ситуации

Чрезвычайные ситуации классифицируют:

- по природе возникновения — природные, техногенные, экологические, биологические, антропогенные, социальные и комбинированные;
- по масштабам распространения последствий — локальные, объектовые, местные, национальные, региональные, глобальные;
- по причине возникновения — преднамеренные и непреднамеренные (стихийные);
- по скорости развития — взрывные, внезапные, скоротечные, плавные;
- по возможности предотвращения — неизбежные (природные), предотвращаемые (техногенные, социальные), антропогенные.
- по ведомственной принадлежности.

К техногенным относят ЧС, происхождение которых связано с техническими объектами, — пожары, взрывы, аварии на химически опасных объектах, выбросы радиоактивных веществ, обрушение зданий, аварии на системах жизнеобеспечения.

Об-Бектовые ЧС — это чрезвычайные ситуации, когда последствия ограничиваются территорией завода, учреждения, учебного заведения, но не выходят за рамки объекта. Для их ликвидации привлекают хотя и все силы и средства предприятия, но их достаточно, чтобы справиться с аварийной

ситуацией. Оперативной частью плана ликвидации аварий должны охватываться все виды возможных аварий в производстве, цехе, отделении.

В одну позицию плана может включаться одно или несколько (два, три) производственных мест, если мероприятия по спасению людей из этих мест одинаковы.

Допускается объединение в одну позицию возможных случаев взрыва и пожара. При этом для указанных аварий необходимо предусматривать отдельные мероприятия.

Мероприятия по спасению людей и ликвидации аварий, записываемые в оперативную часть плана ликвидации аварий, должны разрабатываться с учетом взаимосвязи по коммуникациям и взаиморасположения производств, цехов, отделений, установок и других объектов.

В оперативной части плана ликвидации аварий должны быть предусмотрены:

а) мероприятия по спасению людей и ликвидации аварий конкретно по каждому предусмотренному случаю аварии;

б) лица, ответственные за выполнение предусмотренных мероприятий, и конкретные исполнители;

в) действия газоспасательного подразделения и пожарной части в начальный момент по спасению людей и ликвидации аварий;

г) места нахождения средств для спасения людей и ликвидации аварий (шкафы с аварийным запасом противогазов, инструмента и материалов).

Запрещается перегружать оперативную часть плана ликвидации аварий указаниями о восстановительных и ремонтных работах, не имеющих прямого отношения к ликвидации аварий..

Выход людей из аварийных помещений необходимо предусматривать по наиболее безопасным и кратчайшим путям.

С верхних этажей выход людей следует предусматривать как по обычным путям, так и по запасным выходам и наружным лестницам в зависимости от обстановки.

При определении путей к выходу в каждом случае следует предусматривать возможность и необходимость пользования индивидуально закрепленными газозащитными приборами и приборами из аварийных шкафов. Места установки шкафов должны быть определены планом ликвидации аварий.

Пути выхода людей из здания должны указываться от каждого рабочего места и для каждого случая аварий.

При взрывах газа, загазованности помещения и пожарах должен предусматриваться вывод всех людей из помещения.

При авариях, имеющих местный характер, вывод людей должен предусматриваться только из опасных мест.

План ликвидации аварий должен быть тщательно изучен всем административно-техническим персоналом и рабочими цеха, а также работниками газоспасательной станции и пожарной части.

Ознакомление с планом ликвидации аварий должно быть оформлено под расписку.

План ликвидации аварий (выписка из него) должен быть вывешен в цехе в рамке под стеклом на видном месте, около шкафа с аварийным запасом оборудования и материалов, для постоянного ознакомления с ним всего персонала цеха. В отдельных случаях места вывешивания плана ликвидации аварий устанавливаются администрацией цеха, предприятия.

Запрещается допускать к работе лиц, не знающих плана ликвидации аварий в части, относящейся к местам их работы.

Учебные тревоги в цехах (производствах) проводятся на основании графика, составленного начальником отдела техники безопасности и утвержденного главным инженером предприятия или по требованию инспектора Госгортехнадзора,

Руководителем проведения учебной тревога является в зависимости от масштабов, участвующих в проведении учения, начальник участка (установки), главный инженер предприятия или его заместитель.

Учебные тревоги следует проводить по заранее составленному и утверждённому Плану проведения учебной тревоги разрабатывается по одной из позиций плана ликвидации аварий начальником цеха совместно с представителем отдела техники безопасности, начальником газоспасательного подразделения и утверждается главным инженером предприятия.

Руководство цеха, где производится учебная тревога, извещается об «аварии» телефонисткой по списку лиц, подлежащих вызову на «аварию» при проведении учебной тревоги.

По материалам проверки и разбора составляется акт, в котором отмечаются все выявленные недостатки и намечаются мероприятия по их устранению с указанием сроков исполнения и ответственных лиц за их выполнение, на основании которого директор предприятия издает приказ об устранении отмеченных недостатков или нарушений правил безопасности и внесении соответствующих исправлений или дополнений в план ликвидации аварий.

Контроль за своевременным проведением учебных тревог и выполнением мероприятий, указанных в актах по результатам проведения этих тревог, осуществляется главным инженером предприятия.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данного дипломного проекта является проектирование и разработка электропривода приемного рольганга обжимного цеха стана 1250 ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК».

В систему автоматического управления электроприводом приемного рольганга входят: электродвигатель, преобразователь, передаточная и управляющая системы, представляющие вместе сложную электромеханическую структуру. Кроме того, на характер работы этой системы оказывает существенное влияние специфика прокатного производства, что дополнительно предъявляет целый ряд требований к системе электропривода приемного рольганга.

В результате проектирования разработан электропривод, полностью отвечающий требованиям технического задания и технологического процесса. Электромеханические характеристики системы преобразователь-двигатель в полной мере заполняют заданную работы характеристик, проектируемого электропривода в плоскости координат  $\omega(I)$ . Статические характеристики замкнутой системы электропривода с П-регулятором скорости (ЭДС) и ПИ-регулятором обеспечивают заданную точность поддержания скорости и значение максимального допустимого тока.

Динамические показатели качества работы РЭП во всём диапазоне регулирования скорости полностью удовлетворяют требованиям технического задания. Время пуска электропривода со слитком и задатчиком интенсивности до максимальной рабочей скорости и реверсирования выбрано соответственно 1,5с и 3с. Перерегулирование скорости практически отсутствует.

Электропривод приемного рольганга снабжён системой защит и сигнализации, обеспечивающей безаварийную и безопасную работу.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» выпускной квалификационной работе рассмотрены вопросы планирования, финансирования и проведения пуско-наладочных работ электропривода рольганга. Составлена смета на проведение ПНР и построен график занятости исполнителей при выполнении пуско-наладочных работ, график выполнения пуско-наладочных работ и круговая диаграмма сметной стоимости на проведение пуско-наладочных работ.

В разделе «Социальная ответственность» проекта освещены вопросы: промышленной безопасности; техники безопасности; анализ опасных и вредных производственных факторов; пожарная безопасность; рассмотрены мероприятия по охране окружающей среды.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фотиев М.М. Электропривод и электрооборудование металлургических цехов.- М.: Металлургия, 1990.- 350с.
2. Чиликин М.Г., Сандлер А.С., Ключев В.И. Теория автоматизированного электропривода. - М.: Энергия, 1979.- 616с.
3. Дружинин Н.Н. Электрооборудование прокатных цехов. - М.: Металлургиздат, 1956.- 456с.
4. Зеленев А.Б., Тертичников В.И., Гулякин В.Г. Электропривод механизмов прокатных станов. - М.: Металлургиздат, 1963.- 344с.
5. Королев А. А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов. - М.: Металлургия, 1985.- 376с.
6. Справочник по проектированию электропривода, силовых и осветительных установок / Под ред. Я.М. Большама и др728. - М.: Энергия, 1974.-728с.
7. Башарин А.В. и др. Примеры расчетов автоматизированного электропривода. . - Л.: Энергия, 1997.- 440с.
8. Чебовский О.Г. и др. Силовые полупроводниковые приборы: Справочник. - М.: Энергоатомиздат,1985.- 224с.
9. Лебедев Е.Д., Неймарк В.Е., Пистрак М.Я., Слежановский О.В. Управление вентильными электроприводами постоянного тока. - М.: Энергия, 1970.-200с.
10. Фишбейн В.Г. Расчет систем подчиненного регулирования вентильного электропривода постоянного тока. - М.: Энергия, 1972.- 136с.
11. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами. - Л.: Энергоиздат.1982.- 392с.
12. Удут Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование автоматизированных тиристорных электроприводов постоянного тока. Учебное



- пособие по курсовому проектированию.- Томск, изд. ТПУ им. С.М. Кирова, 1991.-104с.
13. Комплектные тиристорные электроприводы. Справочник. / Под ред. Перельмутера В.М. - М.: Энергоатомиздат, 1988.- 318с.
  14. Справочник по наладке электроустановок / Под ред. Дорофеюка А.С., Хегумяна АЛ. - М.: Энергия, 1997.- 560с.
  15. Гарков В.К., Рабинович В.Б., Вишневецкий Л.И,  
Унифицированные системы автоуправления электроприводом в металлургии - М.: Металлургия,1977.- 192с.
  16. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. Круповича В.И. и др. - М.: Энергоатомиздат, 1982.- 416с.
  17. Справочник по наладке электрооборудования промышленных предприятий / Под ред. Зименкова М.Г. и др. - М.: Энергоатомиздат, 1983.-480с.
  18. Шипилло В.П. Автоматизированный электропривод. - М.: Энергия, 1969.- 400с.
  19. Справочник по электрическим машинам. Том 2. / Под ред. Копыло-ва И.П. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 516с.
  20. Бельгольский Б.П. Экономика и организация труда прокатного производства. -М.: Металлургия, 1963.- 318с.
  21. Логоватовский А.А. Научная организация труда в металлургии. - М.: Высшая школа, 1984.- 136с.
  22. Глухов В.В. Экономика прокатного производства. - М.: Металлургия, 1979.-284с.
  23. Юзов О.В. и др. Экономика и организация производства в дипломном проектировании. - М.: Высшая школа, 1991.- 124с.
  24. Технологическая инструкция по производству блюмов, слябов и заготовок на обжимном стане - Новокузнецк, 1994. - 86с.

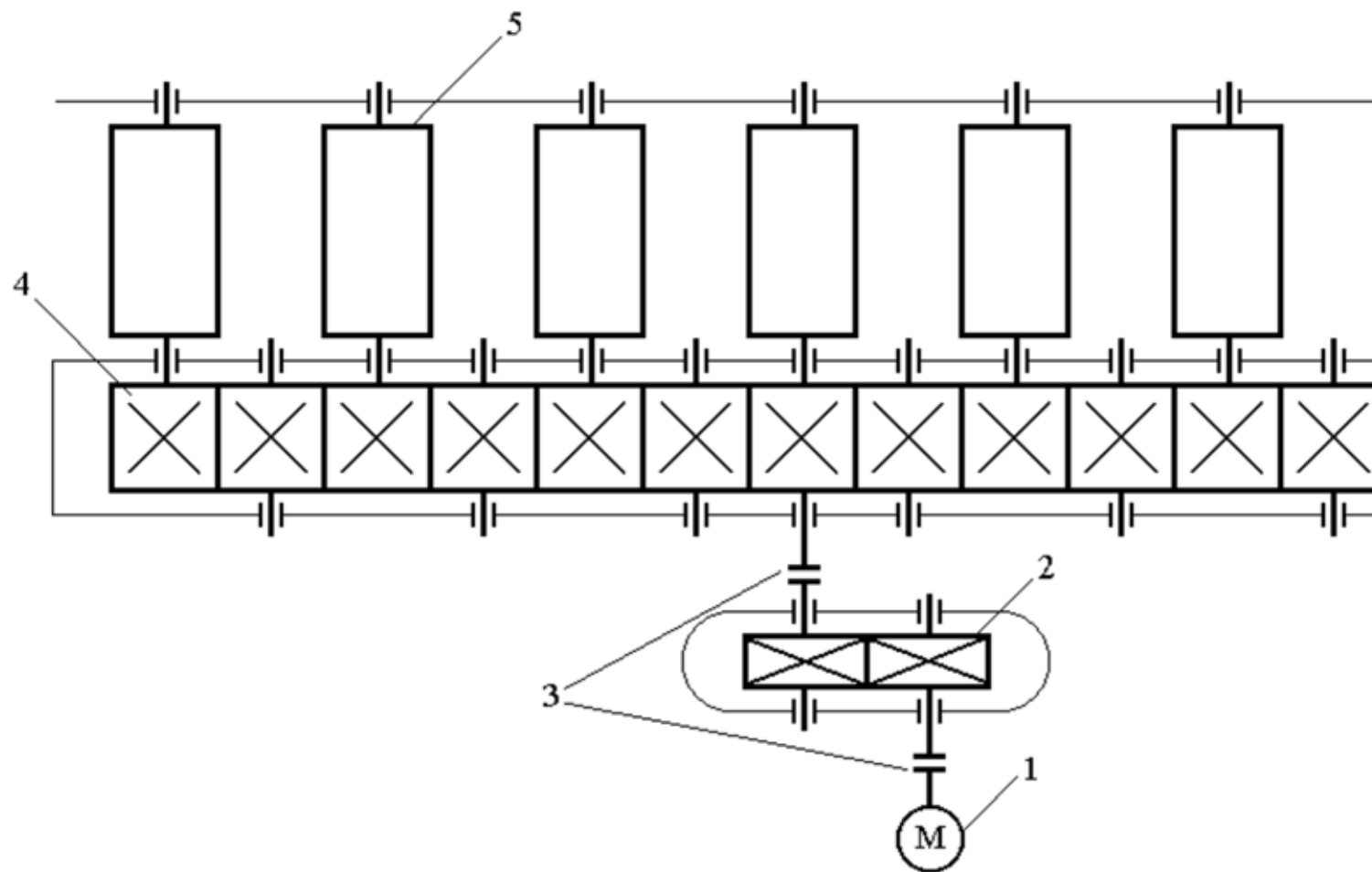
25. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. - М.: Энергоатомиздат, 1985. -716с.
26. Зиньковский М.М. Техника безопасности и производственная санитария. Краткий справочник металлурга. - М.: Металлургия, 1973. - 416с.
27. Безопасность труда на производстве. Производственная санитария / Под ред. Злобинского Б.М. - М.: Металлургия, 1976. - 369с.
28. Нормативы предельно-допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу в обжимном цехе - Новокузнецк, 1998. -17с.
29. Охрана труда в прокатном производстве / Под ред. Брынза А.М. - М.: Металлургия, 1986. - 214с.
30. Глушко Л.А. Защита от перегрева в горячих цехах. - М.: Металлургия, 1963. - 156с.
31. Правила устройства электроустановок - М.: Энергоатомиздат, 1985 -624с.
32. Правила технической эксплуатации и правила техники безопасности в электроустановках. - М.: Энергоатомиздат, 1986. -524с.
33. СН №3223-80. Санитарные нормы допустимых уровней шума на рабочих местах.
34. ГОСТ 12. L050-86. Методы измерения шума на рабочих местах.
35. СН №3044-84. Санитарные нормы вибрации рабочих мест.
36. ГОСТ 12.4.077-79. Вибрация. Средства измерения и контроля вибрации на рабочих местах.
37. ГОСТ 12.1.001-89. Ультразвук. Общие требования безопасности.
38. ГОСТ 12.4.077-79. Ультразвук. Методы измерения звукового давления на рабочих местах.
39. СН №2274-80. Гигиенические нормы инфразвука на рабочих местах.

40. СанПин 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
41. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
42. Р 222.013-94. Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса.
43. МР №5169-90. Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и нагревания.
44. СанПин №5802-91. Санитарные нормы и правила выполнения работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты(50Гц).
45. СН № 1757-77. Санитарные нормы допустимой напряженности электрического поля.
46. ПДУ №3206-85. Предельно - допустимые уровни магнитных полей промышленной частоты(50Гц).
47. СНиП 23.05-95. Строительные нормы и правила. Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение.
48. ГОСТ 17.677-82. Светильники. Общие технические условия.
49. ПДК №461788. Предельно - допустимые концентрации вредных веществ к воздуху рабочей зоны.
50. МУ-2562-83. Методические указания по определению вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
51. МУК-4.1.406-96 ÷ 4.1.465-96. Методические указания по измерению концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Приложение А.

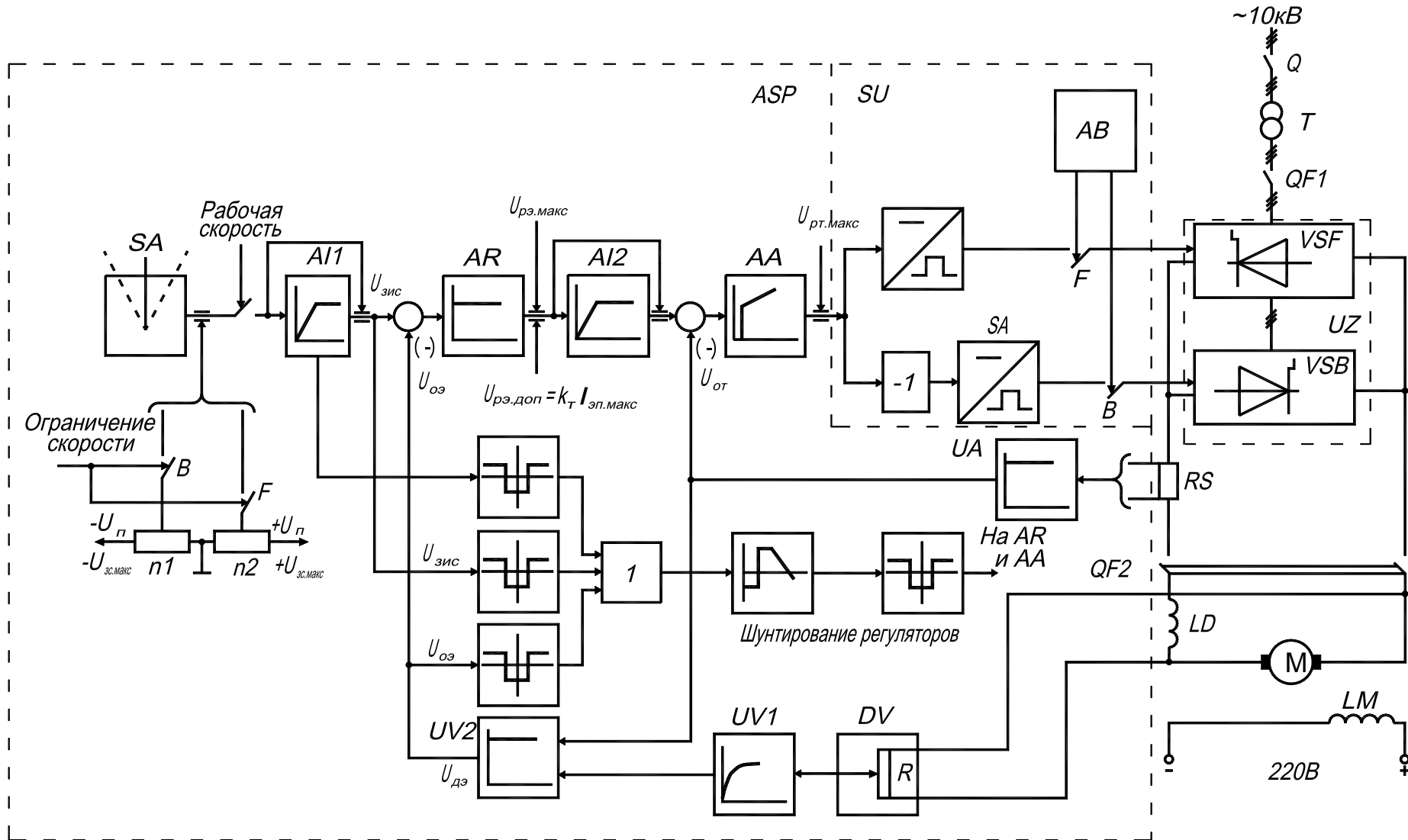
Графический материал.

## Кинематическая схема приёмного рольганга стана 1250

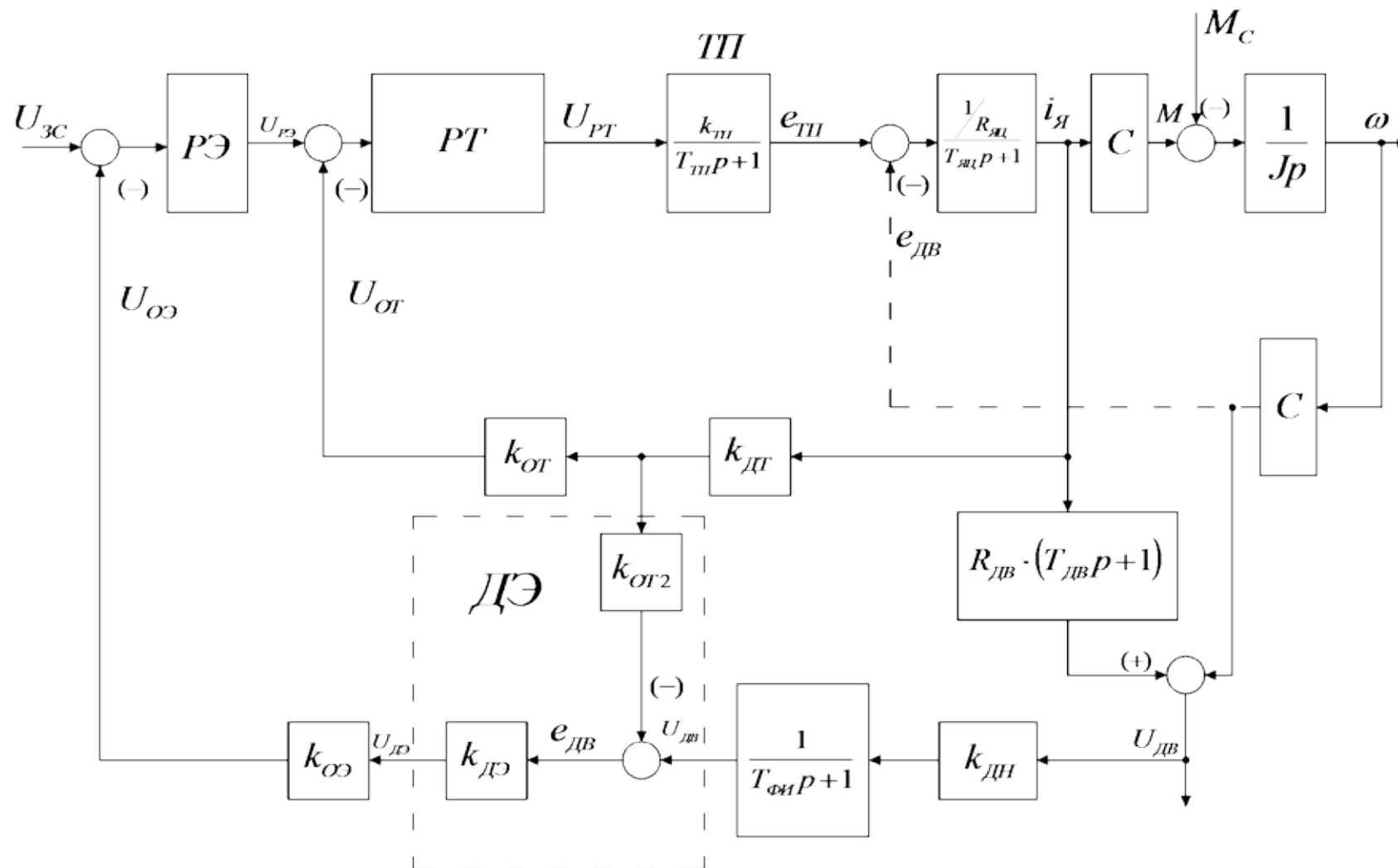


- 1 – электродвигатель;
- 2 – цилиндрический  
одноступенчатый  
редуктор;
- 3 – муфта;
- 4 – распределительный  
редуктор;
- 5 – ролик.

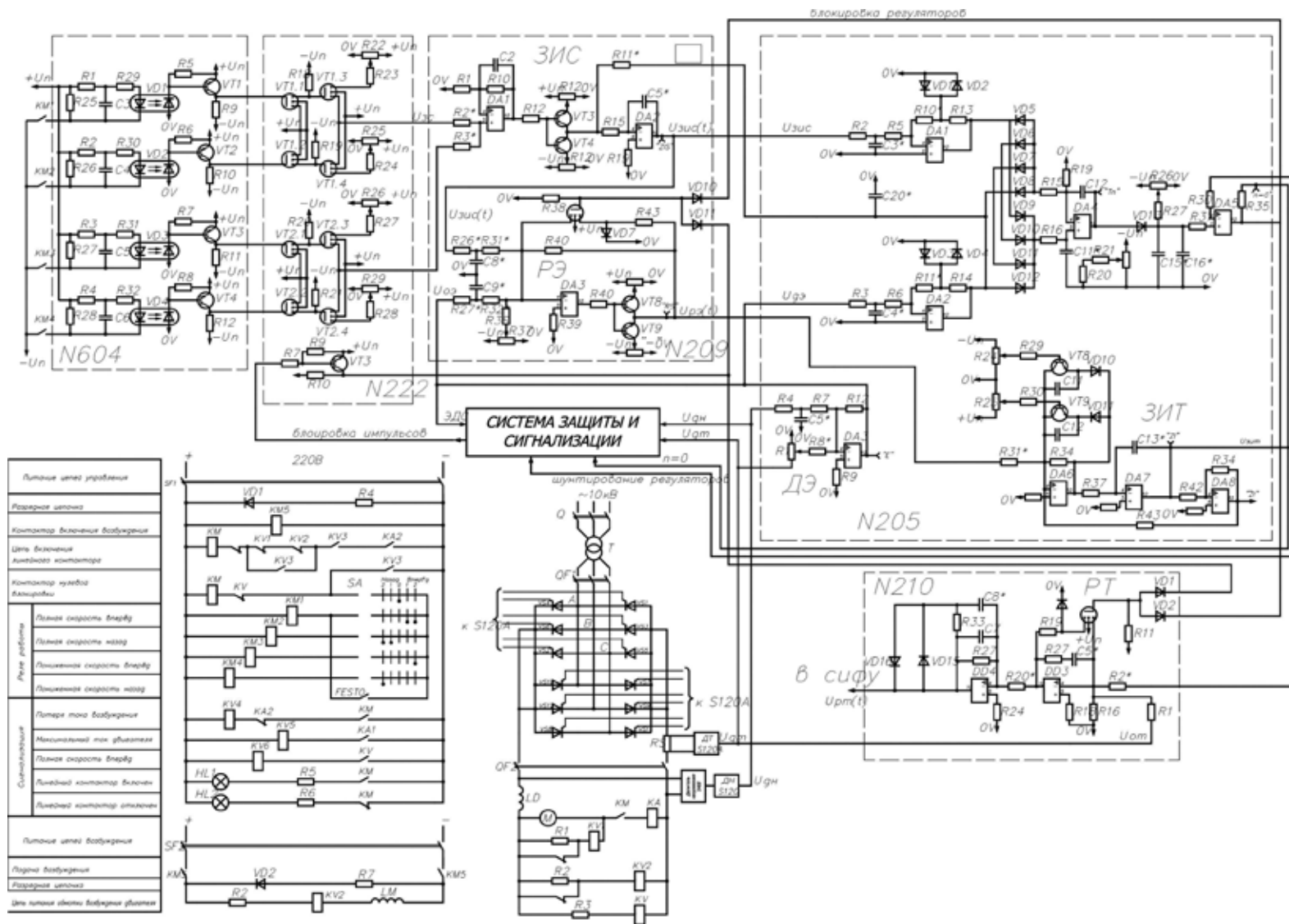
Схема электрическая функциональная электропривода приёмного рольганга стана 1250



### Структурная схема электропривода приёмного ролганга стана 1250

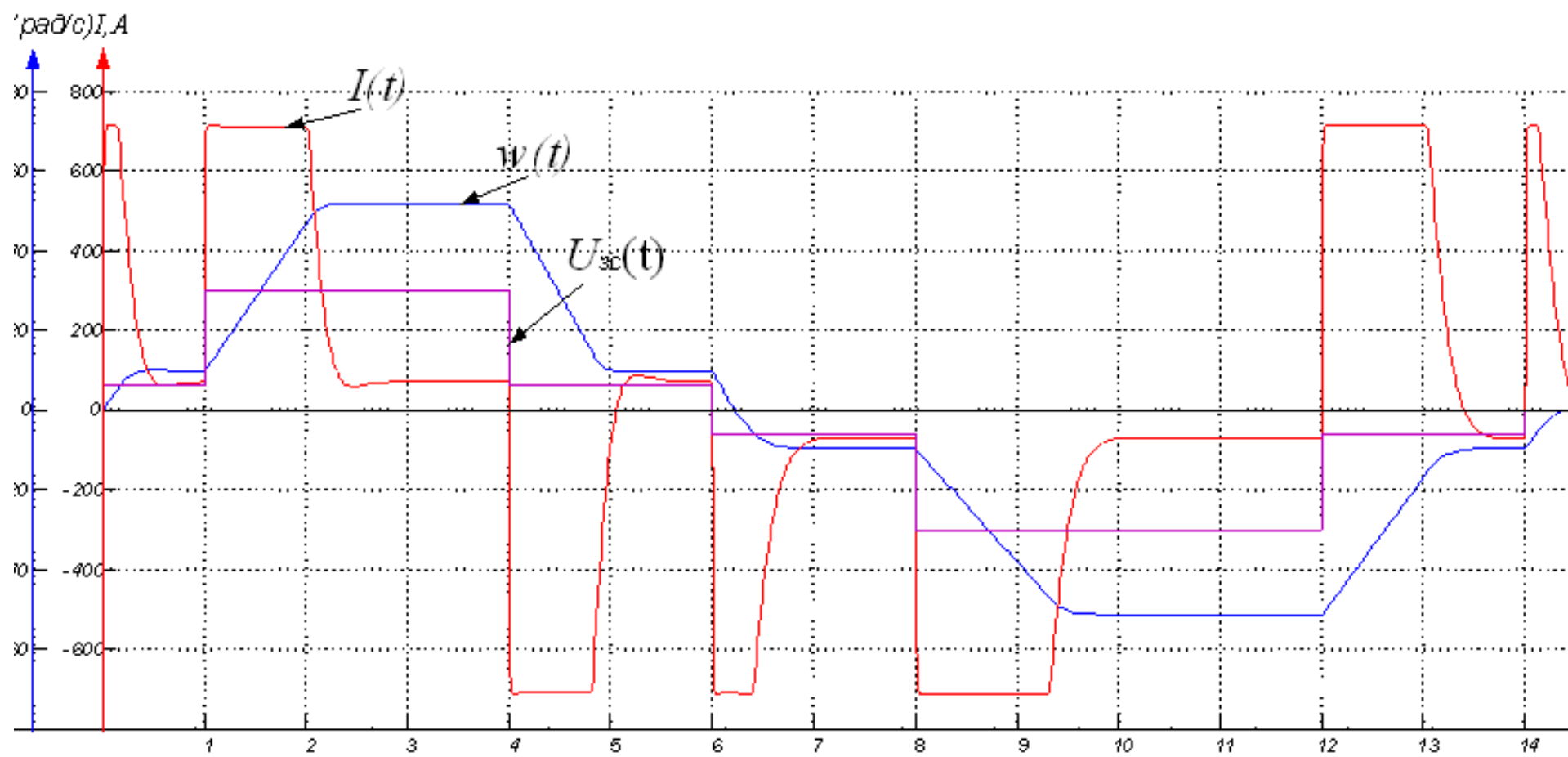


Принципиальная схема электропривода приемного рольганга





## Диаграммы цикла работы электропривода приёмного рольганга



## Линейный график проведения ПНР

