**РОСТОВСИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

**(ФГБОУ РГУПС)**

**Филиал РГУПС в г. Воронеж
\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**Электроприводы**

**в устройствах железнодорожной**

**автоматики и телемеханики**

Учебно-методическое пособие с заданием

на контрольную работу

для студентов VI курса заочной формы обучения

специальности

210700 (210701) АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ

НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ (АТС)

**Минаков Д.Е.**

**Воронеж – 2021**

УДК 621.81

Минаков Д.Е. Электроприводы в устройствах железнодорожной автоматики и телемеханики: Учебно-методическое пособие с заданием на контрольную работу для студентов VI курса заочной формы обучения специальности 210700 (210701) автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте (АТС)/ Д.Е.Минаков, - Воронеж: филиал РГУПС в г. Воронеж, 2021. – 31 с.

Рецензент: к.т.н., профессор Минаков Е.Ю.

Данное учебное-методическое пособие необходимо студентам при выполнении контрольной работы и будет способствовать развитию навыков самостоятельного изучения классификации и конструкций электроприводов. Кроме того, учебное пособие будет полезно при изучении практических расчетов параметров при их конструировании.

Печатается в авторской редакции

Рассмотрено и рекомендовано к изданию на заседании ученого совета филиала, протокол №1 от 24 сентября 2020 г.

© Минаков Д.Е.

©Филиал РГУПС в г. Воронеж

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

ВВЕДЕНИЕ

Главной задачей совершенствования управления перевозочным процессом является удовлетворение требований качества, надежности и безопасности функционирования железнодорожного транспорта при достижении высоких технических и экономических результатов.

Для обеспечения безопасности движения поездов актуальной является задача создание новых технических средств автоматики и телемеханики, на основе передовых технологий производства и обслуживания, которые соответствовали бы возросшей динамичности транспортных связей.

Кроме того, значительные резервы повышения качества и безопасности перевозочного процесса заложены в совершенствовании существующих технических средств железнодорожной автоматики и телемеханики, в частности, в совершенствовании стрелочных электроприводов, технологии и методов их содержания в исправном и работоспособном состоянии.

В настоящее время на железных дорогах России эксплуатируется более 130 тысяч стрелочных приводов, управляемых при помощи средств автоматики и телемеханики, более 13,5 тысяч железнодорожных переездов оборудовано автоматическими шлагбаумами, более 2500 железнодорожных переездов оснащено заградительными устройствами типа УЗП, более 1500 станций оборудовано устройствами закрепления составов и т.д. В качестве исполнительного органа в этих устройствах используются электромеханические устройства – электроприводы.

На рисунке 1 приведена классификация электроприводов железнодорожной автоматики, используемых на Российских железных дорогах.

Настоящая контрольная работа направлена на выполнение студентом самостоятельной работы по изучению основ построения электроприводов железнодорожной автоматики, практического и комплексного применения знаний, приобретенных при подготовке специалиста железнодорожного транспорта в заочном ВУЗе, развития творческих основ инженера.

В контрольной работе студенты должны познакомиться с конструкцией и функционированием отечественных электроприводов, применяемых в структуре железнодорожного транспорта РФ.

Студентам перед выполнением контрольного задания рекомендуется познакомиться с конструкциями, техническими характеристиками и схемами управления электроприводов [1, 2, 3].

Целью выполнения настоящей контрольной работы является изучение классификации и конструкций электроприводов, схем управления электроприводами, основ теории их конструирования.

Ι. ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

1.1 Составить кинематическую схему электропривода и дать описание назначения и принципа его работы.

1.2 Описать механизм замыка­ния (фиксации) главного исполнительного элемента.

1.3 Произвести кинематический расчет электропривода.

1.4 Определить номинальную мощность и коэффициент полезного действия электропривода.

1.5 Рассчитать но­минальную мощность и номинальный ток электродвигателя.

1.6 Составить схему управления электроприводом.

1.8 Определить дальность установки электропривода.

1.9 Вариант задания выбирается следующим образом:

* из таблицы 1 по последней цифре шифра студента выбирается:
1. тип электропривода и номер рисунка (кинематическая схема);
2. время перевода;
3. номинальное/максимальное усилие перевода момента;
4. величину хода шибера или угол подъема заградительного бруса.
* из таблицы 2 по предпоследней цифре шифра студента выбирается тип электродвигателя.

Электродвигатели переменного тока

С внутренним замыкателем

Однофазные с конденсаторным запуском

Рис.1 Классификация электроприводов железнодорожной автоматики и телемеханики

С внешним замыкателем

ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Стрелочные электроприводы

НАЗНАЧЕНИЕ

ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ

Электроприводы к УЗП

Электроприводы к автошлагбаумам

Электроприводы к УТС

Электроприводы к автостопам

Электроприводы к колесосбрасывателям

Прочие электроприводы

Автоматическая электрическая централизация станций (ЭЦ)

Автоматическая централизация сортировочных горок (ГАЦ)

Электродвигатели постоянного тока

Не вырезные электроприводы

Взрезные электроприводы

Трехфазные

Таблица 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Наименование показателя исходных данных | Последняя цифра шифра |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Кинематическая схема (рисунок) | СП-12У(2) | ПАШ-1(3) | ША(4) | СП-6К(2) | СП-6К(2) | ВСП-150(6) | ВСПГ-1(7) | ВСП-220(8) | ВСП-2х150Д(9) | СПГБ-4Б(2) |
| 2 | Время перевода, с (не более) | 6 | 10 | 10 | 5 | 3,5 | 5 | 0,6 | 6 | 5 | 0,6 |
| 3 | Номинальное/ максимальное усилие (момента) перевода, Н (Нм) | 3500/6000 | 175/550 | 175/550 | 3500/6000 | 3500/6000 | 3500/6000 | 2000/4000 | 3500/6000 | 3500/6000 | 1500/ 3000 |
| 4 | Ход шибера, мм | 220 | - | - | 154 | 154 | 150 | 140 | 220 | 150 | 154 |
| 5 | Угол подъема заградительного бруса, гр. | - | 90 | 90 | - | - | - | - | - | - | - |

Таблица 2

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование показателя исходных данных | Предпоследняя цифра шифра |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| **Тип электродвигателя** |  |
| А | Постоянного тока | + | - | + | - | + | - | + | - | + | - |
| Б | Переменного тока | - | + | - | + | - | + | - | + | - | + |


## Рис.2 Кинематическая схема силового механизма стрелочных

## электроприводов серии СП

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип электропривода | Показатель кинематической цепи | Ступень | рейка |
| СП-6М | 1 | 2 | 3 | 4 |
| m | 1,5 | 1,5/2 | 2/3 | 3/7 | 7(9) |
| Z2/Z1 | /14 | 68/14 | 60/15 | 51/7 | 7(12) |
| d0, мм | /21 | 102/28 | 120/45 | 153/70 |  |
| d0, мм | /24 | 105/32 | 124/51 | 159/84 |  |
| i | 4,86 | 4,29 | 3,4 | 1 | ∑70,89 |
| СПГБ-4 | m | 1,5 | 1,5/2 | 2/3 | 3/7 | 7(9) |
| Z2/Z1 | /21 | 61/16 | 58/15 | 51/7 | 7(+2) |
| d0, мм | /31,5 | 91,5/24 | 116/45 | 153/70 |  |
| d0, мм | /34,5 | 94,5/28 | 120/51 | 159/84 |  |
| i | 2,9 | 3,675 | 3,4 | 1 | ∑38,5 |
| СП-12У | m | 1,25 | 1,25/2 | 2/3 | 3/5 | 5(7) |
| Z2/Z1 | /12 | 86/14 | 60/15 | 51/10 | 10(+2) |
| d0, мм | /15 | 107,5/28 | 120/45 | 153/100 |  |
| d0, мм | 17,5 | 110/32 | 124/51 | 159/110 |  |
| i | 7,167 | 4,29 | 3,4 | 1,0 | ∑104,4 |

Рис.3 Автошлагбаум типа ПАШ-1

1- электродвигатель, 2- муфта, 3- червячный редуктор, 4- червячное колесо, 5- шестерня цилиндрического редуктора, 6- колесо электромагнитной муфты, 7- вал зубчатого колеса, 8- гидрогаситель, 9- выходной фланец, 10- заградительный брус, 11- противовес, 12- корпус, 13- крышка, 14- клеммная колодка, 15- ввод кабеля, 16- устройство ручного перевода, 17- автопереключатель

Рис.4 Автошлагбаум типа ША

1- электродвигатель, 2- волновой редуктор, 3- электромагнитная муфта,

4- колесозубчатое ведущее, 5- колесозубчатое ведомое, 6- вал зубчатого колеса, 7- заградительный брус, 8- противовес, 9- гидрогаситель, 10- автопереключатель, 11- корпус, 12- крышка

Рис.5 Привод модульного типа (привод-шпала)

1- электродвигатель, 2- электромагнитная муфта-тормоз, 3, 4- одноступенчатый редуктор, 5- фрикционная муфта, 6, 8- упругие муфты, 7- торсионный вал, 9- винт ШВП, 10- гайка ШВП, 11- механизм замыкания шибера,

12, 13- шибер, 14, 15- остряки, 16- межостряковая соединительная тяга,

17, 18, 19, 20, 21, 22- шаровые шарнирные соединения рабочих тяг,

23- корпус, 24- ввод кабеля, 25- курбельный ввод, 26- курбельная заслонка, 27- контакты безопасности

Рис.6 Электропривод стрелочный ВСП-150

1- электродвигатель, 2- кулачковая муфта, 3- 1-я ступень редуктора,

4- фрикционная муфта, 5- 2-я ступень редуктора, 6- гайка шарико-винтовой пары, 7- винт шарико-винтовой пары, 8, 9- демпфирующее устройство,

10- механизм запирания, 11- шибер, 12, 13- контрольные линейки, 14- контрольная планка, 15- автопереключатель, 16- корпус, 17, 18- курбельная

заслонка, 19- клеммная колодка, 20- контакты безопасности

9

8

4

7

5

6

3

2

1

Рис.7 Кинематическая схема быстродействующего

стрелочного электропривода ВСПГ-1

1. корпус; 2. электродвигатель с электромагнитным тормозом; 3. муфта кулачковая; 4. винт шарико-винтовой пары; 5. гайка шарико-винтовой пары;

6. колесо зубчатое (ведомое); 7. колесо зубчатое (ведущее); 8. датчики положения шибера (автопереключатель); 9. шибер

Рис.8 Электропривод стрелочный ВСП-220

1- электродвигатель, 2- кулачковая муфта, 3- 1-я ступень редуктора,

4- фрикционная муфта, 5- 2-я ступень редуктора, 6- гайка шарико-винтовой пары, 7- винт шарико-винтовой пары, 8, 9- демпфирующие устройства, 10- механизм запирания и взреза, 11- шибер, 12- устройство контроля взреза, 13, 14- контрольные линейки, 15- автопереключатель,

16- клеммная колодка, 17- контакты безопасности, 18- курбельная заслонка, 19- курбельная заслонка, 20- корпус

Рис.9 Электропривод стрелочный ВСП-2х150

1- электродвигатель, 2- кулачковая муфта, 3- 1-я ступень редуктора,

4- фрикционная муфта, 5- 2-я ступень редуктора, 6- гайка шарико-винтовой пары, 7- винт шарико-винтовой пары, 8, 9- демпфирующие устройства, 10- механизм запирания, 11, 12, 13, 14- шиберы,

15, 16- контрольные линейки, 17- автопереключатель, 18- корпус,

19- контакты безопасности, 20, 21- курбельные заслонки,

22- клеммная колодка

## ΙΙ. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ

 **1. Общие требования**

1.1 Решение контрольной работы должно содержать:

* описание назначения и принципа работы электропривода;
* кинематическую схему и исходные данные для расчета;
* перечень пунктов задания, подлежащих исполнению;
* расчетную часть;
* список использованной литературы.

 1.2 Общие исходные данные должны строго соответствовать варианту задания.

1.3 В контрольной работе должны быть даны ответы на все пункты задания и приведено обоснование выбора контрольных элементов привода и его узлов.

**2. Кинематический расчет электропривода**

2.1 Кинематический расчет заключается в определении и расчете основных конструктивных и технических показателей электропривода (в соответствии с кинематической схемой):

* передаточное число, ***i*** ;
* диаметр делительной окружности зубчатого колеса, ***d*** ;
* модуль зацепления, ***m*** ;
* коэффициент полезного действия (КПД), ***η*** ;
* величина перемещения (хода) шибера (угла поворота главного вала);
* скорость перемещения исполнительного элемента (шибера или заградительного бруса).

2.2 Передаточное число определяется соотношением:

 (1)

где: *d1* – диаметр делительной окружности ведущего колеса;

 *d2* – диаметр делительной окружности ведомого колеса.

Диаметр делительной окружности находится по формуле:

*d = m ⋅* *Z* (2)

где: *m* – модуль зацепления;

 *Z* – число зубьев колеса.

2.3 Делительный шаг:

*P = m ⋅ π* (3)

2.4 Момент на валу реечной передачи:

 , (4)

где: *Fш* – усиление на шибере;

 *η* - КПД звена.

2.5 Момент на винте шарико-винтовой передачи (ШВП) для передачи необходимого осевого усилия:

 (5)

где: *F* – осевое усилие на винте ШВП;

 *∆S –* шаг винта;

 *ηвп –*КПД винтовой пары;

2.6 Момент на ведомом валу передачи:

*М1 = (М2 ⋅ η)/ i* , (6)

где: *М1 –* момент на ведущем валу передачи;

 *i* – передаточное число звена;

 *η* – КПД звена, определяемый по формуле:

 *η = η3 ⋅ ηп* – КПД звена, (7)

где: *η3* – КПД зубчатого зацепления, для цилиндрической

 зубчатой передачи *η3* =0,84;

 *ηпк* = 0,98 – КПД опор подшипников качения;

 *ηпс* = 0,96 – КПД опор подшипников скольжения.

2.7 Время хода шибера:

 , (8)

где: *Sш* – величина хода шибера;

 *V* – скорость движения шибера.

2.8 Скорость движения шибера для реечной передачи:

 , (9)

где: *nэд* – частота вращения электродвигателя;

 *dгв* – диаметр делительной окружности шестерни главного вала;

 *∑i -* общее передаточное число редуктора определяется

 следующим соотношением:

 *∑i = i1⋅i,…⋅in,*

 *i1,⋅i2,…⋅in* - передаточное число каждой ступени редуктора.

2.9 Скорость движения шибера для винтовой передачи:

, (10)

где: *ΔS* – шаг винта винтовой передачи.

**3. Определение номи­нальной мощности, коэффициента полезного действия**

**электропривода и номинального тока электродвигателя**

Для осуществления перемещения главного исполнительного элемента на величину *Sш* или угол *α* за время *t*, необходимо по­лучить из сети электроэнергию мощностью *Р1,* величина которой из-за различных потерь несколько больше мощности, затраченной на перемещение главного исполнительного элемента *Рш*.

Отношение *Рш/Р1* представляет собой коэффициент полез­ного действия (*ηэп*) электропривода.

На рисунке 10 представлена энергетическая диаграмма для определения потребляемой мощности из сети *Р1* с учетом различных потерь в электроприводе. Для ее определения необходимо суммировать все энергетические потери, возникающие в электроприводе с энергией, затраченной на перемещение главного исполнительного элемента *Рш*.

Рис.10 Энергетическая диаграмма определения потребляемой мощности из сети

Согласно выбранной по варианту кинематической схемы электропривода определяется состав потерь и определяемых мощностей соответственно.

3.1 Мощность, потребляемая 3-х фазным электродвигателем переменного тока из сети находится по формуле:

  *Р1 =*  ⋅ *U* ⋅  *I* ⋅  *cos ϕ* (11)

3.2 Мощность, потребляемая однофазным электродвигателем переменного тока или 3-х фазным электродвигателем переменного тока, работающим от однофазной сети находится по формуле:

  *Р1 =*  *U* ⋅  *I* ⋅  *cos ϕ* (12)

 3.3 Мощность, потребляемая электродвигателем постоянного тока из сети определяется как:

 *Р1* = *U* ⋅ *I* (13)

3.4 Потери мощности в электродвигателе определяются из соотношения:

 Δ*РД  = Р1  - Р2*  (14)

 где: *Р2* - полезная мощность на валу электродвигателя.

3.5 Полезная мощность на валу электродвигателя находится по формуле:

 *Р2 = Р1* ⋅ *ηД*  *=* (15)

где: *Р2  -* полезная мощность на валу электродвигателя;

 *ηД* = 0,66 - КПД трехфазного электродвигателя переменного тока;

 *ηД* = 0,46 - КПД однофазного электродвигателя переменного тока;

 *ηД* = 0,85 - КПД электродвигателя постоянного тока;

 *М2 =* момент на выходном валу электродвигателя*.*

3.6 Потери мощности в опорах валов (в подшипниках) механизма вычисляются согласно следующему соотношению:

Δ*Рn* *= Р2 - Р3* (16)

где: *Р3* - мощность, переданная на винт ШВП;

 *ηп* = КПД подшипниковых опор;

3.7 Потери мощности винтовой передачи определяются следующим образом:

*ΔРвп = Р3 – Р4,* (17)

где: *Р4 = Р3·ηвп* - мощность, переданная на шибер;

 *ηвп* - КПД винтовой передачи качения, *ηвп* = 0,85÷0,95

 Для расчетов принимаем КПД винтовой пары качения *ηв* = 0,9.

3.8 Полезную мощность на шибере можно определить как:

*Р4 = Рш + ΔРс + ΔРдоб* , (18)

где: *ΔРс* - мощность потерь на трение скольжения шибера при

 движении по направляющим;

 *ΔРдоб* - дополнительные потери мощности электропривода;

 *Рш* - полезная мощность на шибере,

(19)

3.9 Мощность потерь на трение скольжения шибера об направляющие определяется соотношением:

 , (20)

где: Gш =12 кг - масса подвижной части механизма запирания;

 ψш = 0,05÷0,15 – коэффициент трения скольжения чугун-сталь. Для расчета принимается значение коэффициент трения

 скольжения *ψш* = 0,15.

 *ΔРдоб* – дополнительные потери мощности электропривода.

 Эти потери по опытным оценкам не превышают 2% от

 значения полезной мощности на шибере.

3.10 Полезная мощность на выходном валу заградительного бруса (ЗБ) шлагбаума:

 (21)

где: *Мзб –* момент на выходном валу заградительного бруса;

 0,25 – сектор работы ЗБ от полного оборота;

 60 и 9,55 – переводные коэффициенты.

3.11 В соответствии с энергетической диаграммой мощности электропривода (рис.10) и формулами 11÷21 КПД электропривода определяется следующим равенством:

 , (22)

3.12 Мощность, потребляемая электроприводом, определяется следующим выражением:

, (23)

 3.13 КПД механизма электропривода.

 , (24)

Определив конкретные значения *F, S, t* и *ΔS*, легко определить исходные данные для выбора электродвигателя привода из рекомендуемой литературы [1, 6, 7, 8].

**4. Составление схемы управления электроприводом. Определение дальности установки электропривода**

Отвечая на этот вопрос, необходимо показать типовую схему управления электроприводом, дать описание ее работы, а также определить дальность установки электропривода в зависимости от потребляемого тока по дублированным жилам кабеля.

Электропривод ЭЦ, как правило, удалены от источника электропитания на расстоянии 20÷1500 м. Для нормальной работы электропривода важен вопрос определения максимального радиуса управления без дублирования жил кабеля.

Расчетная формула длины кабеля без дублирования жил кабеля

 , (25)

где: *Uи* - напряжение источника;

 *Ug* – напряжение на зажимах электродвигателя;

 *r1* = 0,0234 Ом/м – сопротивление медной жилы кабеля диаметром 1 мм;

 *I* – рабочий ток электродвигателя.

4.1. Расчет емкости пускового конденсатора

Рабочая емкость конденсатора определяется по следующей формуле:

, (26)

где: *Iф* - номинальный фазный ток;

 *Uф* - номинальное фазное напряжение;

 *f* = 50 Гц – частота;

 *cosϕ* - коэффициент мощности.

Учитывая, что работа электродвигателя происходит под нагрузкой, необходимо увеличить рабочую емкость, но двигатель в таком режиме длительное время работать не может. Электродвигатель шлагбаума работает 10÷12 секунд при мощности, превосходящей расчетную на 35%. Поэтому рабочую емкость следует увеличить на 50÷70%. Тогда:

*Сn = 1,5∙Cp*  (27)

Результаты расчетов показать в контрольной работе.

**Рекомендуемая литература**

Основная:

1. Резников Ю.М. Электроприводы железнодорожной автоматики и телемеханики. – М.: Транспорт, 1985.
2. Минаков Е.Ю., Шуваев В.В. Системы и технические средства обеспечения перевода стрелок. Монография. – М.: РГОТУПС, 2004.
3. Станционные системы автоматики и телемеханики: Учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Вл.Сапожников, Б.Н. Елкин, И.М. Куприн и др.; Под редакцией Вл. В. Сапожникова. – М.: Транспорт, 1997.
4. Решетов Д.М. Детали машин. - М.: Машиностроение, 1974.
5. Фролов К.В. и др. Теория механизмов и машин. – М.: Высш. шк., 1987.

Дополнительная:

1. Сороко В.И., Милюков В.А. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики: Справочник, т.1, НПФ «Планета», 2000, 960 с.
2. Сороко В.И., Розенберг Е.Н. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики: Справочник., т.2, НПФ «Планета», 2000, 1008 с.
3. Сороко В.И., Кайнов В.М. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики: Справочник, т.3, НПФ «Планета», 2003, 1120 с.
4. Ягудин Р.Ш. Надежность устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. – М.: Транспорт, 1989.
5. Сопротивление материалов. / Под ред. Смирнова А.Ф. – М.: Высш. шк., 1975.
6. Стаханов А.Н. Стрелочные переводы. – М.: Трансжелдориздат, 1973.
7. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя в 3-х т.: М. Машиностроение, 2001.

Примеры решения контрольной работы по дисциплине

«ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ В УСТРОЙСТВАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ»

**1. Кинематический расчет электропривода**

1.1 Кинематический расчёт заключается в определении и расчете основных конструктивных и технических показателей электропривода (в соответствии с кинематической схемой).

Рассмотрим три принципиальных варианта решения кинематических схем, которые в зависимости от исходного варианта задания на контрольную работу (таблица 1), можно объединить весь перечень конструкций электроприводов.

Это: 1-й вариант - электроприводы стрелочные, конструкция силового механизма которых основана на шарико-винтовой паре качения (далее - ШВП);

 2-й вариант – электроприводы стрелочные серии СП, конструкция силового механизма которых (редуктор) основана на прямозубых цилиндрических передачах;

 3-й вариант – автошлагбаумы.

**1.2 Кинематический расчёт по первому варианту. Рассмотрим на примере электропривода ВСП-150**

1.2.1 Задаёмся исходными данными.

- ход шибера – Lш =150 мм;

- время перевода - tпер = 5 с;

- усилие на шибере - номинальное Fн =3500 Н / максимальное F m = 6000 Н;

- шаг винта *∆S* = 5 мм/оборот (по конструкции);

- радиус делительной окружности ШВП – rв = 16 мм.

1.2.2 Определяем исходные данные электродвигателя.

Это: - Мощность электродвигателя, номинальное напряжение, частоту вращения электродвигателя и др.

а) Определяем мощность, которую электропривод передаёт на стрелку, т.е. совершает работу, перемещая остряки (механическую).

Pш = Fн х Lш / tпер  (1)

Рн = 3500 • 0,15 / 5 = 105 Вт;

Рм = 6000 • 0,15 / 5 = 180 Вт.

Электродвигатель должен обеспечивать перевод стрелки в любых режимах работы, включая максимальную нагрузку, а потому ориентируемся на известные стрелочные электродвигатели типа МСА-0,3 (МСТ-0,3) и ДПС-0,25 (МСП-0,25).

Из справочника под редакцией Сороки В.И.

Принимаем ориентировочно

МСА-0,3 частота вращения ротора nн =850 об/мин, Uн = 190 В -5% +30%, Рн = 300 Вт;

ДПС-0,25 частота вращения ротора nн =1750 об/мин, Uн = 160 В -5% +30%, Рн = 250 Вт.

1.2.3 Определяем частоту вращения винта ШВП.

Nв = (Lпер + Lзам+ Lразм)/ *∆S* – число оборотов винта ШВП за цикл

Где: Lзам ; Lразм - величина хода гайки ШВП на замыкание и размыкание замыкателя,

Lзам = Lразм  = 15 мм

Nв = (150 +15 +15)/5 = 36 об

nв = Nв / tпер – частота вращения винта ШВП

nв = 36/ 5 = 7,2 об/сек = 432 об/мин

 1.2.4 Определяем передаточное число редуктора

 iред = nн / nв

 iред = 850/ 432 = 1,96

1.3. Определяем момент на ведомом валу двигателя М1

1.3.1 Момент на ведомом валу двигателя определяется по формуле:

М1 = (М2 ⋅ η)/ i , (2)

где: *М1 –* момент на ведущем валу двигателя;

М2 = момент на валу ШВП;

*i* – передаточное число редуктора;

 *η* – КПД звена, определяемый по формуле:

 *η = η3 ⋅ ηп* – КПД звена,

где: *η3* – КПД зубчатого зацепления, для цилиндрической

 зубчатой передачи *η3* =0,84;

 *ηпк* = 0,98 – КПД опор подшипников качения;

 *ηпс* = 0,96 – КПД опор подшипников скольжения.

Момент на винте шарико-винтовой передачи (ШВП) для передачи необходимого осевого усилия:

 (3)

где: *F* – осевое усилие на винте ШВП;

 *∆S –* шаг винта;

 *ηвп –*КПД винтовой пары. *ηвп* = 0,95.

Тогда

М2 =3500•0,005/2•3,14•0,95= 2,93 Нм

Момент на ведомом валу двигателя:

Согласно рис.6 количество опор подшипниковых – 3 пары (6 шт.); количество звеньев зубчатой цилиндрической передачи – 2

М1 = 2,93• (0,98•0,98)3 •0,842/ 1,96 = 0,92 Нм

Максимальное усилие на шибере и моменты определяется аналогично.

Скорость движения шибера для винтовой передачи:

V= (0,005•850)/(1,96•60)= 0,036м/с

2.1 **Кинематический расчёт по второму варианту. Рассмотрим на примере электропривода СП-6М**

1.2.1 Задаёмся исходными данными.

- ход шибера – Lш =154 мм;

- время перевода - tпер = 3,5 с;

- усилие на шибере - номинальное Fн =3500 Н / максимальное F m = 6000 Н;

- кинематическая схема рис.2

- диаметр шестерни главного вала d0 =70 мм

- общее передаточное число – Ʃiред = 70,89

- угол поворота шестерни главного вала за цикл N = 2530 (по конструкции).

2.1.1 По формуле 1 определяем мощность, которую электропривод передаёт на стрелку, т.е. совершает работу, перемещая остряки (механическую).

Pш = Fн х Lш / tпер

Рн = 3500 • 0,154 / 3,5 = 154 Вт;

Рм = 6000 • 0,154 / 3,5 = 264 Вт.

2.1.2 Определяем вращающий момент на шестерни главного вала

Мгв= d0 • Fн/2 (4)

Мгв = 0,07•3500 / 2 = 122,5 Нм (ном)

2.1.3 Определяем частоту вращения ротора двигателя

nн = nгв • Ʃiред  (5)

где nгв – частота вращения шестерни главного вала

nгв = N / 360• tпер  (6)

nгв = 253/360 •3,5 = 0, 201 об/сек = 12, 05 об/мин

тогда по формуле 5 определяем частоту вращения ротора двигателя

nн =12,5 • 70,89 = 886,125 об/мин

Из справочника под редакцией Сороки В.И.

Принимаем ориентировочно

МСА-0,3 частота вращения ротора nн =850 об/мин, Uн = 190 В -5% +30%, Рн = 300 Вт;

ДПС-0,25 частота вращения ротора nн =1750 об/мин, Uн = 160 В -5% +30%, Рн = 250 Вт.

 2.1.4. Определяем момент на ведомом валу двигателя М1

1.3.1 Момент на ведомом валу двигателя определяется по формуле:

М1 = (М2 ⋅Ʃηред )/Ʃiред ,

где: *М1 –* момент на ведущем валу двигателя;

М2 = момент на шестерни главного вала

Ʃηред = (*η3 ⋅ ηп)з*

*iз* – передаточное число звена;

 *η* – КПД звена, определяемый по формуле:

 *η = η3 ⋅ ηп* – КПД звена,

*з* – количество передаточных звеньев редуктора  *η3* – КПД зубчатого зацепления, для цилиндрической

 зубчатой передачи *η3* =0,84;

 *ηпк* = 0,98 – КПД опор подшипников качения;

 *ηпс* = 0,96 – КПД опор подшипников скольжения.

В редукторе электропривода стрелочного типа СП-6К (М) з = 3.

Получаем:

М1=(122,5•(0,84•0,98)3)/70.89=0,95 Нм.

Максимальное усилие на шибере и моменты определяется аналогично.

Скорость движения шибера для реечной передачи:

 ,

V=(1750•0,07•3,14)/(70,89•60)=0,09 м/с.

**Кинематический расчёт электропривода автошлагбаумов.**

При расчёте надо учитывать, что автошлагбаум ПАШ-1 имеет двухступенчатый редуктор. Передаточное число черевячного редуктора iч=90.

Автошлагбаум ША имеет двухступенчатый редуктор. Передаточное число волнового редуктора iв=120.

Для упрощения расчёта выбираем электродвигатель в соответствии с заданием.

Количество оборотов главного вала определяется по формуле:

Nгв= агв/360.

Частота вращения:

nгв=Nгв/t/

Передаточное число редуктора:

iред=nдв/nгв

в зависимости от типа шлагбаума определяем передаточное число цилиндрической прямозубой передачи:

iцп=iред/iч(в).

**3. Определение номи­нальной мощности, коэффициента полезного действия**

 **электропривода и номинального тока электродвигателя**

(по методичке)

Для осуществления перемещения главного исполнительного элемента на величину *Sш* или угол *α* за время *t*, необходимо по­лучить из сети электроэнергию мощностью *Р1,* величина которой из-за различных потерь несколько больше мощности, затраченной на перемещение главного исполнительного элемента *Рш*.

Отношение *Рш/Р1* представляет собой коэффициент полез­ного действия (*ηэп*) электропривода.

На рисунке 10 представлена энергетическая диаграмма для определения потребляемой мощности из сети *Р1* с учетом различных потерь в электроприводе. Для ее определения необходимо суммировать все энергетические потери, возникающие в электроприводе с энергией, затраченной на перемещение главного исполнительного элемента *Рш*.

Рис.10 Энергетическая диаграмма определения потребляемой мощности из сети

Согласно выбранной по варианту кинематической схемы электропривода определяется состав потерь и определяемых мощностей соответственно.

3.1 Мощность, потребляемая 3-х фазным электродвигателем переменного тока из сети находится по формуле:

  *Р1 = * ⋅ *U* ⋅  *I* ⋅  *cos ϕ* (11)

3.2 Мощность, потребляемая однофазным электродвигателем переменного тока или 3-х фазным электродвигателем переменного тока, работающим от однофазной сети находится по формуле:

  *Р1 =*  *U* ⋅  *I* ⋅  *cos ϕ* (12)

 3.3 Мощность, потребляемая электродвигателем постоянного тока из сети определяется как:

 *Р1* = *U* ⋅ *I* (13)

3.4 Потери мощности в электродвигателе определяются из соотношения:

 Δ*РД  = Р1  - Р2*  (14)

 где: *Р2* - полезная мощность на валу электродвигателя.

3.5 Полезная мощность на валу электродвигателя находится по формуле:

 *Р2 = Р1* ⋅ *ηД*  *=* (15)

где: *Р2  -* полезная мощность на валу электродвигателя;

 *ηД* = 0,66 - КПД трехфазного электродвигателя переменного тока;

 *ηД* = 0,46 - КПД однофазного электродвигателя переменного тока;

 *ηД* = 0,85 - КПД электродвигателя постоянного тока;

 *М2 =* момент на выходном валу электродвигателя*.*

3.6 Потери мощности в опорах валов (в подшипниках) механизма вычисляются согласно следующему соотношению:

Δ*Рn* *= Р2 - Р3* (16)

где: *Р3* - мощность, переданная на винт ШВП;

 *ηп* = КПД подшипниковых опор;

3.7 Потери мощности винтовой передачи определяются следующим образом:

*ΔРвп = Р3 – Р4,* (17)

где: *Р4 = Р3·ηвп* - мощность, переданная на шибер;

 *ηвп* - КПД винтовой передачи качения, *ηвп* = 0,85÷0,95

 Для расчетов принимаем КПД винтовой пары качения *ηв* = 0,9.

3.8 Полезную мощность на шибере можно определить как:

*Р4 = Рш + ΔРс + ΔРдоб* , (18)

где: *ΔРс* - мощность потерь на трение скольжения шибера при

 движении по направляющим;

 *ΔРдоб* - дополнительные потери мощности электропривода;

 *Рш* - полезная мощность на шибере,

 ** (19)

3.9 Мощность потерь на трение скольжения шибера об направляющие определяется соотношением:

  , (20)

где: Gш =12 кг - масса подвижной части механизма запирания;

 ψш = 0,05÷0,15 – коэффициент трения скольжения чугун-сталь. Для расчета принимается значение коэффициент трения

 скольжения *ψш* = 0,15.

 *ΔРдоб* – дополнительные потери мощности электропривода.

Эти потери по опытным оценкам не превышают 2% от значения полезной мощности на шибере.

3.10 Полезная мощность на выходном валу заградительного бруса (ЗБ) шлагбаума:

  (21)

где: *Мзб –* момент на выходном валу заградительного бруса;

 0,25 – сектор работы ЗБ от полного оборота;

 60 и 9,55 – переводные коэффициенты.

3.11 В соответствии с энергетической диаграммой мощности электропривода (рис.10) и формулами 11÷21 КПД электропривода определяется следующим равенством:

 , (22)

3.12 Мощность, потребляемая электроприводом, определяется следующим выражением:

**, (23)

 3.13 КПД механизма электропривода.

 , (24)

Определив конкретные значения *F, S, t* и *ΔS*, легко определить исходные данные для выбора электродвигателя привода из рекомендуемой литературы [1, 6, 7, 8].

**4. Составление схемы управления электроприводом. Определение дальности установки электропривода**

Отвечая на этот вопрос, необходимо показать типовую схему управления электроприводом, дать описание ее работы, а также определить дальность установки электропривода в зависимости от потребляемого тока по дублированным жилам кабеля.

Электропривод ЭЦ, как правило, удалены от источника электропитания на расстоянии 20÷1500 м. Для нормальной работы электропривода важен вопрос определения максимального радиуса управления без дублирования жил кабеля.

Расчетная формула длины кабеля без дублирования жил кабеля

 , (52)

где: *Uи* - напряжение источника;

 *Ug* – напряжение на зажимах электродвигателя;

 *r1* = 0,0234 Ом/м – сопротивление медной жилы кабеля диаметром 1 мм;

 *I* – рабочий ток электродвигателя.

Результаты расчетов показать в контрольной работе.