Курсовой проект

по теме:

**“Расчет электромеханических и электрогидравлических рулевых приводов”**

Содержание

Задание на курсовой проект

1. Расчет моментов сопротивления на баллере руля

2. Порядок расчета электрогидравлического привода

3. Проверка электродвигателя на нагрев

4. Расчёт и построение нагрузочной характеристики электродвигателя рулевого устройства электромеханического типа

5. Расчёт электропривода простого действия по системе генератор - двигатель

5.1 Расчёт мощности и выбор исполнительного электродвигателя

5.2 Расчёт мощности и выбор генератора

5.3 Расчёт МДС генератора и числа витков ПКО

5.4 Выбор возбудителя и регулировочного реостата

5.4.1 Расчёт трансформатора

5.4.2 Выбор диодов

5.5 Выбор приводного электродвигателя

5.6 Расчёт переходных процессов в системе Г-Д простого действия

5.6.1 Пуск

5.6.2 Торможение

6. Кабельный журнал

Заключение

Литература

Задание на курсовой проект

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип судна | Грузоподъемность | Главные размеры | | | Скорость хода км/час | Тип руля | Кол-во рулей | Наличие насадки |
| L | B | T |
| Сухогрузный теплоход | 1000т | 80 | 11.6 | 2.25 | 21 | балансирный | 2 | да |

|  |  |
| --- | --- |
| Род тока и величина напряжения, В | 220 |
| Вид привода | Электромеханический |
| Система электропривода и тип ИД | Г – Д с ПКО |
| Схема управления | Г – Д простого действия |
| Кинематическая система | Штуртросовый привод |

# 1. Расчет моментов сопротивления на баллере руля

Расчетные формулы момента сопротивления на баллере балансирных рулей:

, Н·м - при переднем ходе судна,

, Н·м - при заднем ходе судна,

где , - безразмерные гидродинамические коэффициенты для переднего и заднего хода судна.

 = 1000 кг/м3 - массовая плотность воды,

*F* - площадь пера руля (м2);

*Vr* - скорость потока, набегающего на перо руля (м/сек);

*b* - длина пера руля (м);

a – расстояние от оси баллера до передней кромки балансирных рулей (м).

Для определения площади *F* пера одного руля можно воспользоваться следующей эмпирической формулой:

, м2

где *n* – количество рулей;

*L* и *Т* – соответственно длина и осадка судна по ватерлинии (м);

- коэффициент, определенный по данным однотипных судов, управляемость которых признана хорошей.

= 0,03 0,04 – для буксиров.

м2

Высота руля *l*:

*l = T* – 0,1, м

*l =* 2,25 – 0,1 = 2,15 м

Длина прямоугольного пера руля:

, м

м

Относительное удлинение пера руля:





Относительное удлинение пера руля  должно находиться в пределах 0,25-2,0.

Балансирные рули характеризуются значением коэффициента компенсации .

;

принимаем 

,

м2

где  - площадь балансирной части пера руля, м2.

Расстояние от передней кромки руля до оси баллера:

, м.

м

При правильном выборе коэффициента компенсации максимальный момент на баллере руля при переднем ходе должен быть примерно равен максимальному моменту на баллере при заднем ходе, расхождение не должно превышать 10% от большего момента.

Для рулей, расположенных за винтами без насадок,

, м/с,

где *V* – скорость судна в м/с;

- коэффициент попутного потока в районе рулей;

= 0,18;

- коэффициент нагрузки движителей по полезному упору;

= 34;

x – коэффициент зависящий от удаления x передней кромки руля от диска винта, принимаем равным 1,88;

м/с

Скорость потока при заднем ходе принимается равной 0,50,6 скорости судна при переднем ходе

*Vr зх* = (0,50,6) , м/с

*Vr зх* = (0,50,6)= 3,5 м/с

 Н·м

 Н·м

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| α,град | Cn | Cd | C'n | C'd | Mп.х.б,Н\*м | Mз.х.б,Н\*м |
| -35 | 0,75 | 0,4 | 0,47 | 0,39 | -8893,5 | 3831,616 |
| -30 | 0,77 | 0,38 | 0,5 | 0,38 | -7608,88 | 4199,708 |
| -25 | 1,08 | 0,33 | 0,6 | 0,365 | -5336,1 | 5261,988 |
| -20 | 1,1 | 0,29 | 0,76 | 0,355 | -1086,98 | 6852,936 |
| -15 | 0,86 | 0,25 | 0,95 | 0,35 | 2549,47 | 8683,515 |
| -10 | 0,69 | 0,23 | 0,88 | 0,34 | 3409,175 | 8261,073 |
| -5 | 0,35 | 0,2 | 0,54 | 0,35 | 2766,867 | 4935,893 |
| 0 | 0 | 0,15 | 0 | 0,36 | 0 | 0 |
| 5 | 0,35 | 0,2 | 0,54 | 0,35 | -2766,87 | -4935,89 |
| 10 | 0,69 | 0,23 | 0,88 | 0,34 | -3409,18 | -8261,07 |
| 15 | 0,86 | 0,25 | 0,95 | 0,35 | -2549,47 | -8683,51 |
| 20 | 1,1 | 0,29 | 0,76 | 0,355 | 1086,983 | -6852,94 |
| 25 | 1,08 | 0,33 | 0,6 | 0,365 | 5336,1 | -5261,99 |
| 30 | 0,77 | 0,38 | 0,5 | 0,38 | 7608,883 | -4199,71 |
| 35 | 0,75 | 0,4 | 0,47 | 0,38 | 8893,5 | -3947,73 |

Диаграмма моментов сопротивления на баллере

балансирного руля

-10000

-5000

0

5000

10000

-35

-30

-25

-20

-15

-10

-5

0

5

10

15

20

25

30

35

Мб, Нм

Передний ход

Задний ход

Рис. 1. Диаграммы моментов сопротивления на баллере балансирного руля

2. Расчет электроприводов рулевых устройств электрогидравлического типа

Общие положения

В отличии от электромеханических рулевых приводов электрогидравлические (ЭГ) приводы характеризуются отсутствием жесткой передачи от вала двигателя к баллеру руля. Передаточное число ЭГ систем является переменным и скорость перекладки пера руля изменяется в зависимости от положения управляющего органа насосов переменной производительности или положения золотника в системах с насосом неизменной производительности.

Выбор электрогидравлической рулевой машины

Электрогидравлические рулевые приводы получили широкое распространение на современных судах не только в силу определенных преимуществ этой системы, но и вследствие того, что отечественной судостроительной промышленностью налажен серийный выпуск унифицированных рулевых электрогидравлических машин типов Р01 – Р10 и Р11 – Р20 для широкого диапазона требуемых вращающих моментов на баллере руля, для судов как морского, так и речного флота.

Выбор типоразмера электрогидравлической машины производится из справочной литературы по расчетному значению максимального момента сопротивления на баллере руля:



Также выберем приводной электродвигатель по каталожным данным электрических машин в соответствии с выбранной рулевой машиной.

Технические данные электрогидравлической рулевой машины.

Тип рулевой машины – Р04;

Число рулей – 2;

Момент на баллере – 9800 Н/м;

Число цилиндров – 2;

Давление в цилиндре – 980\*104 Н/м2;

Тип гидравлического насоса – ПМ№0,5;

Число насосов – 1;

Потребная мощность – 0,7 кВт;

Частота вращения – 1400 об/мин;

Габариты: А=1950;

В=850;

Н=885;

Масса машины – 790 кг.

Технические характеристики двигателя постоянного тока:

Тип электродвигателя П21

Мощность – 0,7 кВт;

Ток номинальный – 4,3А

Частота вращения– 1500 об/мин;

КПД – 73%;

Маховый момент – 0,0420 кг\*м2;

Определение параметров ЭГ системы в динамическом режиме.

Дифференциальное уравнение движения при постоянном передаточном числе, т.е. при неизменном положении исполнительного механизма, имеет вид:

Qфакт=mц\*S\*dH/dt,

где Qфакт – производительность гидравлического насоса;

mц – количество пар цилиндров гидравлической машины;

S – площадь поперечного сечения гидроцилиндра;

H – ход плунжера.

Расчет выполняется методом конечных приращений, при предположении, что для изменения хода плунжера на величину ∆h необходим промежуток времени ∆t:

Qфакт\*∆t=Vц max\*∆h;

Расчет ведется в табличной форме, где необходимые параметры в относительных единицах определяются в зависимости от угла перекладки руля, считая от максимального угла перекладки пера руля на один борт (-αmax) до максимального угла на другой борт (+αmax) в соответствии с полученной ранее нагрузочной диаграммой Мб=f(α). Все результаты вычислений приведены в таблице2 и таблице3, в соответствии с которыми построены графики на рисунках2 и 3 соответственно.

Значение функции относительно хода плунжера:

h\*=f(α)=Hi/Hmax=tgα/tgαmax;



Значение давления нагнетания насоса в относительных единицах в функции угла перекладки:



где ηб=0,8-0,85 – механический КПД баллера;

ηп =0,9-0,95– КПД передаточного механизма;

Vц.р. – рабочий объем цилиндра, м3;

∆P\* =0,2- относительные потери нагнетания.

Давление в цилиндре гидропресса, связанного общей гидравлической системой с гидронасосом, будет отличаться от давления в цилиндре насоса только величиной потерь в соединительных трубопроводах и арматуре. Эти потери можно подсчитать по известным формулам гидродинамики. Для упрощения расчетов величину этих потерь можно взять равной 20% от номинального давления насоса, тогда:

Р\*ц=Р\*нас-∆Р\*.

Диаметр скалки и величину ее полного перемещения определяют исходя из максимально возможных значений давления *Р* и момента *М*,

, м,

где *mц* – количество пар цилиндров;

*Рm* = *Pнас.max*=157·105 Н/м2 – наибольшее давление в системе;

*ηn* = *ηб·ηс·ηm*= 0,85÷0,95 – полный КПД, учитывающий потери на трение во всех узлах системы привода (баллера, скалки, шарнира).

= 0,061 м

Полное перемещение скалки:

*Нm = L0 · tg αmax*

*L0 ≈* 3*Dц*

*Нm =* 3 · 0,054 · 0,7 = 0,1134

Рабочий объем цилиндра:

, м3

= 0,000382 м3





Давление в цилиндре гидропресса:







,

где *Qмн* = 0,15·10-3 М3/с – секундная производительность насоса;

*n* – число оборотов вала в секунду.

 м3





Значение относительного момента двигателя в функции угла перекладки:

 - при положительных моментах на баллере.



 - при отрицательных моментах на баллере,



т.к. отрицательное значение принимаем равным 0.

Коэффициент мощности:

.

где 



= 0,762

КПД электродвигателя:

.



Относительная частота вращения определяется как отношение рабочих частот к частоте Х.Х. Рабочие частоты можно определить по рабочей части механической характеристики двигателя, в соответствии с его паспортными данными:

*v=*n/n0.

На основании данных расчетной таблицы строим графики зависимости основных параметров привода от хода скалки гидроцилиндра.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| α,град | Mб,Н/м | tg α | cos α | h\* | P\*ц | P\*нас |
| 35 | 8893,5 | 0,699746 | 0,81933 | 1 | 0,967264 | 1,167264 |
| 30 | 7608,883 | 0,576996 | 0,866158 | 0,82458 | 0,924848 | 1,124848 |
| 25 | 5336,1 | 0,466038 | 0,906401 | 0,666011 | 0,710264 | 0,910264 |
| 20 | 1086,983 | 0,36377 | 0,939753 | 0,51986 | 0,155527 | 0,355527 |
| 15 | -2549,47 | 0,267807 | 0,96596 | 0,38272 | -0,38541 | -0,18541 |
| 10 | -3409,18 | 0,176236 | 0,984823 | 0,251857 | -0,5357 | -0,3357 |
| 5 | -2766,87 | 0,087444 | 0,996199 | 0,124965 | -0,44487 | -0,24487 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0,2 |
| -5 | 2766,867 | -0,08744 | 0,996199 | -0,12497 | 0,444872 | 0,644872 |
| -10 | 3409,175 | -0,17624 | 0,984823 | -0,25186 | 0,535699 | 0,735699 |
| -15 | 2549,47 | -0,26781 | 0,96596 | -0,38272 | 0,38541 | 0,58541 |
| -20 | -1086,98 | -0,36377 | 0,939753 | -0,51986 | 0 | 0,2 |
| -25 | -5336,1 | -0,46604 | 0,906401 | -0,66601 | 0 | 0,2 |
| -30 | -7608,88 | -0,577 | 0,866158 | -0,82458 | 0 | 0,2 |
| -35 | -8893,5 | -0,69975 | 0,81933 | -1 | 0 | 0,2 |

Таблица3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| α,град | ηмех | m\*дв | cos φ | ηдв | ν\* | M,Н/м | ω,рад/с | n,об/мин |
| 35 | 0,91 | 1,236403 | 0,777521 | 0,675117464 | 0,878981 | 7,91298 | 138 | 1318,471 |
| 30 | 0,92 | 1,176426 | 0,761927 | 0,677133488 | 0,859873 | 7,529125 | 135 | 1289,809 |
| 25 | 0,915 | 0,946132 | 0,687271 | 0,679666471 | 0,917197 | 6,055242 | 144 | 1375,796 |
| 20 | 0,8 | 0 | 0 | 0 | 0,942675 | 0 | 148 | 1414,013 |
| 15 | 0,74 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 157 | 1500 |
| 10 | 0,81 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 157 | 1500 |
| 5 | 0,825 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 157 | 1500 |
| 0 | 0,8 | 0,185959 | 0,182825 | 0,43307756 | 0,987261 | 1,190138 | 155 | 1480,892 |
| -5 | 0,925 | 0,646295 | 0,542799 | 0,659571585 | 0,993631 | 4,136286 | 156 | 1490,446 |
| -10 | 0,92 | 0,74946 | 0,599724 | 0,671008091 | 0,987261 | 4,796546 | 155 | 1480,892 |
| -15 | 0,9 | 0,597558 | 0,512953 | 0,651736871 | 0,955414 | 3,824368 | 150 | 1433,121 |
| -20 | 0,8 | 0,262073 | 0,253511 | 0,510338454 | 0,942675 | 1,677266 | 148 | 1414,013 |
| -25 | 0,8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 157 | 1500 |
| -30 | 0,8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 157 | 1500 |
| -35 | 0,8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 157 | 1500 |



**Графики основных параметров ЭГ привода**

-0,2

0

0,2

0,4

0,6

0,8

1

1,2

0

0,5

1

1,5

**m\*дв**

угловая частота

кпд

cos

Рис. 3. Графики основных параметров ЭГ привода.

3. Проверка электродвигателя на нагрев

Для построения нагрузочной характеристики электродвигателя *i=f(t)* рассчитываем продолжительность перекладки пера руля в установившемся режиме, располагая текущими значениями расчетных параметров и задавая ∆hi:



Ход плунжера во время разгона и торможения исполнительного механизма:

,

где *ηоб* = 0,93 – объемный КПД насоса;

*tp* = *tr* = 1c – время разгона и торможения.

Относительное значение тока нагрузки, в зависимости от нагрузочного момента, можно определить по выражению

,



где *Pн*, *Uн*, *Iн* – номинальные параметры выбранного электродвигателя.

Продолжительность перекладки руля в установившемся режиме:





Полное время перекладки

= 16,85+ 1 + 1 = 18,85 с

Двигатель и насос удовлетворяют заданному времени перекладки: *T* ≤ 30 сек.

Относительное значение эквивалентного тока:

 А

Перегрев отсутствует, так как *iэ*< 1,0.

Таблица 4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ∆h\*i | m\*дв | P\*нас | vi-1±∆vi/2 | ∆ti | ∆ti | vi mдв | i\* | i2\*∆ti |
| 0,175420366 | 1,236403 | 1,167264 | 0,003185 | 5,701246 | 16,85 | 1,09465 | 0,934278 | 4,976476 |
| 0,158568961 | 1,176426 | 1,124848 | 0,888535 | 0,97661 | 1,033552 | 0,902923 | 0,7962 |
| 0,146150924 | 0,946132 | 0,910264 | 0,942675 | 0,848432 | 0,976695 | 0,875829 | 0,650812 |
| 0,137139589 | 0 | 0,355527 | 0,898089 | 0,835643 | 0 | 0 | 0 |
| 0,130863458 | 0 | -0,18541 | 1 | 0,716136 | 0 | 0 | 0 |
| 0,126891258 | 0 | -0,3357 | 1 | 0,694399 | 0 | 0 | 0 |
| 0,124965444 | 0 | -0,24487 | 1,009554 | 0,677388 | 0 | 0 | 0 |
| 0,124965444 | 0,185959 | 0,2 | 1,02707 | 0,665836 | 0,182406 | 0,986156 | 0,647528 |
| 0,126891258 | 0,646295 | 0,644872 | 0,982484 | 0,706779 | 0,721312 | 0,781273 | 0,431408 |
| 0,130863458 | 0,74946 | 0,735699 | 0,931529 | 0,768776 | 0,728308 | 0,781774 | 0,469853 |
| 0,137139589 | 0,597558 | 0,58541 | 0,936306 | 0,801535 | 0,647737 | 0,763188 | 0,466859 |
| 0,146150924 | 0,262073 | 0,2 | 0,953822 | 0,838517 | 0,389974 | 0,765079 | 0,490823 |
| 0,158568961 | 0 | 0,2 | 0,958599 | 0,90523 | 0 | 0 | 0 |
| 0,175420366 | 0 | 0,2 | 1 | 0,959969 | 0 | 0 | 0 |
| 0,175420366 | 0 | 0,2 | 1,5 | 0,63998 | 0 | 0 | 0 |



Рис. 4. График зависимости эквивалентного тока от времени

4. Расчёт и построение нагрузочной характеристики электродвигателя рулевого устройства электромеханического типа

Для построения нагрузочной характеристики электродвигателя рулевого устройства необходимо определить полное передаточное число и КПД в соответствии с кинематической схемой рулевого устройства.

Общее передаточное число рулевой машины принимаем равным: .

Общее значение КПД самотормозящихся рулевых передач электромеханического типа должно быть меньше 0,5 .

Так как , то его и принимаем.

В практике проектирования обычно используют линеаризованные нагрузочные характеристики, для построения которых достаточно определения 2-3-х значений моментов и углов. К таким точкам относится максимальный момент нагрузки на двигателе

,

где  – число рулей, приводимых данным электроприводом;

 – максимальный момент на баллере ;

 – полное передаточное число и общий КПД механической передачи.

Мо – момент для покрытия потерь в механических самотормозящихся передачах (в области отрицательных моментов сопротивления). Момент Мо для балансирных рулей равен:

.

Все другие значения моментов на валу электродвигателя определяются по формуле:

.

Нагрузочная характеристика электродвигателя строится для переднего ходя судна.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| CN | CD | в градусах |  |  |
| 0,95 | 0,32 | -35 | -8893,5 | 3,52 |
| 1,34 | 0,28 | -30 | -7608,8 | 3,52 |
| 1,18 | 0,25 | -25 | -5336,1 | 3,52 |
| 0,98 | 0,23 | -20 | -1086,9 | 3,52 |
| 0,77 | 0,21 | -15 | 2549,4 | 3,52 |
| 0,53 | 0,2 | -10 | 3409,1 | 3,52 |
| 0,3 | 0,18 | -5 | 2766,8 | 3,52 |
| 0 | 0,17 | 0 | 0 | 3,52 |
| 0,3 | 0,18 | 5 | -2766,8 | 3,52 |
| 0,53 | 0,2 | 10 | -3409,1 | 3,52 |
| 0,77 | 0,21 | 15 | -2549,4 | 3,52 |
| 1,08 | 0,24 | 18 | 1086,9 | 3,52 |
| 1,18 | 0,25 | 25 | 5336,1 | 9,3 |
| 1,34 | 0,28 | 30 | 7608,8 | 14,1 |
| 0,95 | 0,32 | 35 | 8893,5 | 17,6 |



Рис. 5. Диаграмма моментов сопротивления на валу электродвигателя рулевого устройства

5. Расчёт электропривода простого действия по системе генератор - двигатель

5.1 Расчёт мощности и выбор исполнительного электродвигателя

Расчёт мощности электродвигателя производится по угловой скорости идеального холостого хода  и пусковому моменту.

Значение момента короткого замыкания  обычно задаются:

,

где  – максимальный момент, возникающий на валу двигателя при перекладке пера руля (взятый из нагрузочной характеристики электродвигателя).

Выражение для угловой скорости  при идеальном холостом ходе электродвигателя получается при совместном решении уравнений, описывающих механическую характеристику электродвигателя и характеристику моментов сопротивления на его валу. Для упрощения расчётов механическая характеристика считается линейной.

В этом случае угловая скорость идеального холостого хода электродвигателя вычисляется по формуле:

,

где  градусов – максимальный угол перекладки пера руля;

 градусов – угол перехода на рабочую зону;

Т=26 секунд – время перекладки руля с борта на борт без учёта переходных процессов.



Так как ПКО является жёсткой отрицательной обратной связью по току, механическая характеристика двигателя в системе Г – Д с ПКО крутопадающая. Если считать эту характеристику линейной, то можно принять . Тогда с учётом требований речного регистра для номинальной мощности электродвигателя можно записать:



Исполнительный двигатель выбираем по расчётной мощности Рн=1,296 кВт. Так как угловая скорость идеального хода исполнительного двигателя должна быть в два раза больше угловой скорости при номинальной нагрузке, напряжение, подводимое к двигателю при холостом ходе должно быть в два раза больше номинального. На практике обычно двигатель выбирается на напряжение 110В, а генератор – на 230В. Возбуждение двигателя должно быть независимое.

Таблица данных двигателя.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип | 2ПН132МУХЛ4 | Lя, Гн | 0,0097 |
| Р, кВт | 1,6 | Uвд, В | 110 |
| U, В | 110 | Rвд, Ом | 134 |
| nн,об/мин | 750 | Iвд, А | 0,82 |
| Iн, А | 21,4 | Wн,рад/с | 78,54 |
| Rя, Ом | 0,472 | Мн, Н\*м | 24,54 |
| Rдд, Ом | 0,308 | ηнд, % | 68 |
| СедФд | 1,147 | Jдв,кг\*м^2 | 0,038 |

5.2 Расчёт мощности и выбор генератора

Расчётная мощность, развиваемая генератором в номинальном режиме



где  – номинальная мощность исполнительного электродвигателя, кВт;

 – номинальный КПД исполнительного электродвигателя.

Однако выбор генератора производится не по расчётной номинальной, а по, так называемой, габаритной мощности генератора:



Номинальная частота вращения генератора для снижения габаритов и веса должна быть не менее 1500об/мин. Выбор генератора производится из каталога по условию .

Таблица данных генератора.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип | П31 | Wвг | 4800 |
| Р, кВт | 2,2 | Jг,кг\*м^2 | 0,052 |
| U, В | 230 | Uвг, В | 220 |
| nн,об/мин | 3000 | Iвг, А | 0,25 |
| Iн, А | 12,5 | Rвг, Ом | 712 |
| Rя+Rдд, Ом | 1,03 | Фном, Вб | 0,0047 |
| Nяг | 864 | Wн, рад/с | 314,16 |
| р | 1 | Fн, A | 1200 |
| 2а | 2 | ηнг, % | 76,52 |



Рис. 6. Кривая намагничивания Ф=f(F)

5.3 Расчёт МДС генератора и числа витков ПКО

Для получения механической характеристики электродвигателя, соответствующей расчётной, необходимо определить расчётный магнитный поток, создаваемый обмоткой независимого возбуждения генератора и число витков ПКО.

В режиме идеального холостого хода электродвигателя (следовательно, и холостого хода генератора) магнитный поток генератора определяется только МДС независимой обмотки возбуждения генератора.

Конструктивный коэффициент генератора:





где  – напряжение холостого хода генератора, В;

–

угловая скорость генераторного агрегата на холостом ходу, не должна превышать синхронной угловой скорости приводного двигателя;

В этой формуле:

 – число пар полюсов генератора;

 – число активных проводников обмотки якоря генератора равное удвоенному числу витков обмотки якоря генератора;

 – число параллельных ветвей обмотки якоря генератора.

Напряжение генератора в режиме идеального холостого хода исполнительного электродвигателя равно его ЭДС. Так как ЭДС двигателя независимого возбуждения прямо пропорционально его угловой скорости, то



где  – расчётная угловая скорость холос- того хода электродвигателя;

– номинальная угловая скорость, напряжение и ток якоря исполнительного двигателя;

 – сопротивления якорной обмотки и обмотки добавочных полюсов исполнительного двигателя.

Для найденного значения магнитного потока Фхх по кривой намагничивания генератора определяется намагничивающая сила , создаваемая обмоткой независимого возбуждения генератора.

Расчётный поток и необходимое число витков ПКО определяются по режиму стоянки двигателя под током. Генератор при этом работает в режиме короткого замыкания, и его ЭДС не должна превышать



где  – коэффициент, учитывающий увеличение сопротивления при нагреве,

для машин классом изоляции  равен 1,24;

 – ток якоря исполнительного двигателя, соответствующий моменту короткого замыкания.



 – сопротивление якорной цепи системы Г – Д;

 – падение напряжения на щеточном переходе.

Эта ЭДС определяется суммарным магнитным потоком независимой и противокомпаундной обмоткой генератора. Следовательно, магнитный поток генератора в режиме короткого замыкания:



где .

По значению Фкг и характеристике холостого ходя генератора определяется  – магнитодвижущая сила генератора в режиме короткого замыкания.

Число витков ПКО, необходимо для получения желаемой механической характеристики



где  – МДС независимой обмотки возбуждения генератора, А

– МДС генератора в режиме короткого замыкания, А

 – МДС реакция якоря генератора, А.



В этой формуле

 – коэффициент, учитывающий размагничивающее действие реакции якоря генератора. Генераторам больших мощностей соответствует меньшие значения;

 – число активных проводников;

 – число параллельных ветвей обмотки якоря генератора;

 – число полюсов генератора;

- ток стоянки исполнительного электродвигателя (ток короткого замыкания), А.

Полученное значение Wпко округляется до целого числа .

5.4 Выбор возбудителя и регулировочного реостата

В качестве возбудителей в системах Г – Д простого действия могут использоваться как генераторы постоянного тока, находящиеся на одном валу с агрегатом «приводной двигатель-генератор», так и статические выпрямители.

Мощность возбудителя, питающего обмотки возбуждения генератора, исполнительного двигателя и аппаратуру управления, контроля и сигнализации.



где UВ — выходное напряжение возбудителя, В

- ток обмотки независимого возбуждения генератора (из п.2.3),

— ток возбуждения исполнительного двигателя,

 — суммарная мощность одновременно работающих элементов управления, контроля и защиты. Примерно можно принять равной 100 - 200 Вт,

 - токи разрядных резисторов генератора и двигателя, А.

Величина сопротивлений разрядных резисторов принимается в 3-5 раз больше сопротивлений обмотки возбуждения при напряжении возбуждения 220В и в 6-10 раз больше при напряжении возбуждения 110В. Все резистора выбираются по величине сопротивления и по току (мощности рассеивания).





Так как мощность преобразователя мала, то в качестве возбудителя целесообразно выбрать статический преобразователь.

Для плавного регулирования скорости вращения исполнительного двигателя в системе Г-Д простого действия в обмотку независимого возбуждения генератора последовательно включается регулировочный реостат (3 ступени). Величина сопротивлений ступеней реостата может быть выбрана из условия равномерного изменения ЭДС генератора на всех положениях рукоятки поста управления. Рассчитаем с допущением, что ток возбуждения генератора всегда прямо пропорционален ЭДС генератора. Поэтому можно сразу задавать ток возбуждения.

При IВГ=Iв0=0,25А (все ступени реостата выведены):) ЕГ=EГН;

При IВГ=Iв1=0,1875А (введена одна ступень реостата, 3-е положение рукоятки управления):):



При IВГ=Iв2=0,125А (введены 2 ступени реостата, 2-е положение рукоятки управления):):



При IВГ=Iв3=0,0625А (введены 3 ступени реостата, 1-е положение рукоятки управления):



5.4.1 Расчёт трансформатора

Трансформатор в управляемом вентильном электроприводе необходим для согласования напряжения сети с напряжением двигателя.

Фазное напряжение вторичной обмотки трансформатора определяется выражением:

,

где Uв – выходное напряжение возбудителя, 220 В;

кс – коэффициент, устанавливающий зависимость между средневыпрямленным напряжением преобразователя и напряжением вторичной обмотки трансформатора, этот коэффициент зависит от схемы выпрямителя (кс=2,34);

к1=1.05...1.1 – коэффициент запаса по напряжению сети (к1=1.075);

к2=1.0...1.05 – коэффициент запаса по напряжению, учитывающий падение напряжения в вентилях, в обмотках трансформатора и от режима коммутации (к2=1.025).

Коэффициент трансформации трансформатора, токи фаз вторичной и первичной обмотки трансформатора, определяются

,

,

,

где – номинальный ток возбудителя;

 – номинальное фазное напряжение сети, 220В;

 – коэффициент тока вторичной обмотки трансформатора, 0,617;

 – коэффициент тока первичной обмотки трансформатора, 0,817.

Типовая мощность трансформатора

,

где m – число фаз трансформатора m=3;

 – мощность первичной обмотки трансформатора;

– мощность вторичной обмотки трансформатора.

Выбираем сухой трёхфазный трансформатор марки ТСТ 1-230/40-М1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| U1л, В | Кт | Ra, ОМ | Xa, Ом | Uk, % |
| 380 | 1,86 | 0,069 | 0,063 | 2,44 |

5.4.2 Выбор диодов

Выбор и проверка диодов, принятых в установки преобразователя, производится по двум параметрам: максимальному току и обратному напряжению.

Максимально допустимый ток, возбудителя

,

где  – допустимый ток возбудителя ;

 – для трёхфазной мостовой схемы;

 – коэффициент запаса по току;

 – коэффициент, учитывающий условия охлаждения (чем лучше условия охлаждения, тем выше этот коэффициент).

Максимальное амплитудное напряжение на диоде:

,

где  – коэффициент запаса по напряжению, учитывающий возможность перенапряжений на диодах;

– линейное действующее значение напряжения вторичной обмотки трансформатора.

Выбираем диод марки Д151

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Uобр, В | Uимп, В | Iобр, мА | Iср пр, А | Iуд, кА |
| 600 | 1,5 | 20 | 125 | 3 |

5.5 Выбор приводного электродвигателя

Выбор проводного асинхронного электродвигателя производится по расчётной номинальной мощности генератора с учётом его КПД

,

где  – расчётная номинальная мощность исполнительного электродвигателя, кВт;

 – КПД исполнительного электродвигателя;

 – КПД генератора при половинной его загрузке.

КПД генератора при половинной его загрузке:

,

где  – номинальное значение КПД генератора.

Таблица данных приводного двигателя.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип | RA112M2 | , А | 9 |
| , кВт | 4 |  | 6,8 |
|  | 2895 |  | 2,2 |
| ,% | 84 |  | 3,3 |
|  | 0,87 | J, | 0,0082 |
| , В | 380 | масса, кг | 41 |

5.6 Расчёт переходных процессов в системе Г-Д простого действия

Графики переходного процесса строятся для ЭДС генератора, ЭДС (угловой скорости) исполнительного двигателя и тока якорной цепи системы. При этом момент сопротивления на валу исполнительного двигателя считается постоянным и принимается равным моменту  на валу при перекладке пера руля на 5-7 градусов от диаметральной плоскости (из нагрузочной диаграммы исполнительного электродвигателя). Так как на переходные процессы в системе Г – Д большое влияние оказывают сопротивление в цепи обмотки независимого возбуждения генератора и сопротивление разрядного резистора этой обмотки, необходимо учитывать сопротивление регулировочного реостата и разрядного резистора. Переходной процесс пуска рассчитывается для первого положения рукоятки поста управления, т. е. когда в цепи обмотки независимого возбуждения генератора введено наибольшее сопротивление.

Для упрощения расчётов пренебрегаем индуктивностью якорной цепи и действием противокомпаундной обмотки. Такие упрощения не вносят существенной ошибки в расчёты, т. к. постоянной времени якорной обмотки на порядок меньше постоянной времени обмотки возбуждения машины постоянного тока, а действие противокомпаундной обмотки начинает оказывать значительное влияние при токах якорной цепи более 25% номинального тока (и соответствующем напряжении) генератора.

5.6.1 Пуск

Для построения переходных процессов в математической системе необходимо рассчитать параметры структурной схемы электропривода, и затем собрать модель с учётом принятых допущений.

Расчёт параметров.

Активное сопротивление контура обмотки независимого возбуждения генератора в первом положении рукоятки поста управления.

,

где  – ток независимой обмотки возбуждения генератора на первом положении рукоятки поста управления;



– поток возбуждения генератора на первом положении рукоятки поста управления при трёх ступенчатом регулировочном резисторе в цепи возбуждения;



– ток якорной цепи системы Г – Д, соответствующий моменту сопротивления на валу исполнительного двигателя при .

Индуктивность обмотки независимого возбуждения генератора

,

где  – число полюсов генератора;

 – число витков на полюс независимой обмотки возбуждения генератора;

 – коэффициент насыщения машины;

 – определяется графическим дифференцированием по кривой намагничивания.

Величина электромагнитной постоянной времени цепи обмотки возбуждения при пуске:



Установившееся значение ЭДС генератора:



Графики переходных процессов строятся по выражениям:









Рис. 6. Переходные процессы пуска по скорости, ЭДС и току якоря.

5.6.2 Торможение

При торможении закон изменения ЭДС генератора аналогичен п. 5.6.1. Однако, установившееся значение ЭДС равно нулю. Так как при торможении регулировочный реостат отключается, электромагнитная постоянная времени контура обмотка возбуждения - разрядный резистор определяется выражением. Все формулы для построения переходных процессов аналогично п. 5.6.1



Рис. 7. Переходные процессы торможения по скорости, ЭДС и току якоря.

6.Кабельный журнал

В кабельном журнале отслеживается, откуда и куда поступает сигнал, а также протекает ток. КНР – кабель с резиновой изоляцией в оболочке из маслостойкой резины, не распространяющей горение.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Наименование трассы | Ток нагрузки, А | Сечение жил кабеля, мм2 | Марка кабеля | Условие  прокладки | Длина кабеля, м | Допустимый ток кабеля, А |
| 1 | ГРЩ – Т | <5 | 2 × 1 | КНР | в пучке 1,24 | 80 | 12 |
| 2 | MC– М1 | 20 | 3 × 16 | КНР | в трубе 1,44 | 11,6 | 25 |
| 3 | ГРЩ – МС | 20 | 3 × 16 | КНР | в трубе 1,44 | 11,6 | 25 |
| 4 | ГРЩ – МС | 8 | 3 × 1 | КНР | в трубе 1,44 | 11,6 | 10 |
| 5 | MC - B | <5 | 2 × 1 | КНР | в трубе 1,44 | 11,6 | 12 |
| 6 | MC - C | <5 | 2 × 1 | КНР | в трубе 1,44 | 11,6 | 12 |
| 7 | МС – ПУ | <5 | 13 × 1 | КНР | в пучке 1,24 | 80 | 14 |
| 8 | ПУ – БКВ | <5 | 3 × 1 | КНР | в пучке 1,24 | 11,6 | 10 |
| 9 | МС – БКВ | <5 | 3 × 1 | КНР | в пучке 1,24 | 80 | 10 |
| 10 | M2 – G1 | 20 | 2 × 16 | КНР | в пучке 1,24 | 11,6 | 25 |
| 11 | MC – G1 | 8 | 2 × 1 | КНР | в пучке 1,24 | 11,6 | 10 |
| 12 | МС – М2 | 8 | 2 × 1 | КНР | в пучке 1,24 | 11,6 | 10 |
| 13 | T - B | <5 | 2 × 1 | КНР | в пучке 1,24 | 11,6 | 12 |

Литература

1. Кузьменков О.П., Гросс В.Ю., Палагушкин Б.В. «Расчёт электромеханических и электрогидравлических рулевых приводов. Методическое пособие по курсовому проектированию для студентов специальности 2105 «Электропривод и автоматизация промышленных установок и технологических комплексов» очного и заочного форм обучения»: Новосибирск – 1993г.- с. 66.
2. Кагановский М.С. Теория и устройство судов. (Расчеты и задачи). Изд. «Транспорт», 1968 г., 1- 192.
3. Правила речного регистра РФ.
4. К.Т. Витюк, П.И. Гриценко, П.К. Коробов, В.В. Тихонов Судовые электроустановки и их автоматизация. М., «Транспорт», 1977 г., 496 с.
5. Кузьменков О.П. и Конопелько О.К. «Альбом схем и характеристик по электрооборудованию судов и береговых сооружений»: Новосибирск – 1979г.- с. 66.
6. Шмаков М. Г. Судовые устройства. Изд-во " Транспорт", 1971 г.,стр1-304.
7. Вешеневский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. Изд. 6-е, исправленное. М., "Энергия", 1977.
8. Гультяев А. Визуальное моделирование в среде MATLAB: учебный курс – СПб: Питер, 2000. – 432с.:ил.