**Содержание**

Задание

1 Определение основных параметров электрической передачи мощности

1.1 Расчет внешней характеристики тягового генератора (выпрямительной установки)

1.2 Определение числа и типа ТЭД

2 Пересчет рабочих характеристик ТЭД и предварительное определение ограничений тяговой характеристики тепловоза

2.1 Расчет нагрузочных характеристик серийного ТЭД

2.2 Предварительное определение расчетной скорости тепловоза

2.3 Предварительное определение необходимой минимальной величины коэффициента ослабления поля ТЭД

2.4 Предварительное определение расчетной силы тяги тепловоза и ограничений тяговой характеристики

3 Построение рациональных тяговой и технико – экономических характеристик

3.1 Определение рациональной величины передаточного отношения тягового редуктора

3.2 Расчет тягового редуктора

3.3 Расчет рациональных тяговой и технико-экономической характеристик проектируемого тепловоза

4 Определение параметров и характеристик электрического тормоза проектируемого тепловоза

5 Разработка силовой схемы проектируемой ЭПМ

Список используемой литературы

Схема проектируемой ЭПМ в режиме тяги

Схема проектируемой ЭПМ в режиме электрического торможения

**1 Определение основных параметров электрической передачи мощности**

Ориентировочная мощность ТГ, кВт

,



где – коэффициент, учитывающий долю эффективной мощности дизеля, используемой на тягу поезда.



*= 0,91*



*POP = 0,91 ∙ 2800 = 2548 кВт*

Так как > 2200 кВт осуществляется проектирование ЭПМ переменно-постоянного тока.



Мощность на зажимах СТГ, кВт

,



где *= 0,95* – ориентировочный КПД синхронных генераторов.



*PСТГ = 2548 ∙ 0,95 = 2420,6 кВт*

Мощность на зажимах ВУ, кВт

,



где *= 0,98* – ориентировочный КПД выпрямительной установки.



*PВУ = 2420,6 ∙ 0,98 = 2372,2 кВт*

**1.1 Расчет внешней характеристики тягового генератора (выпрямительной установки)**

Внешняя характеристика ТГ строится для высшей позиции контроллера машиниста и представляет собой зависимость . Для ее построения необходимо задаться максимальным напряжением на зажимах ВУ, которое выбирается из условий надежности изоляции агрегатов и узлов силовых цепей электропередачи.



Максимальное значение выпрямленного напряжения на выходе ВУ, В

,



где = *500* В – максимальное линейное напряжение синхронного трехфазного генератора.



*= 1,38 ∙ 500 = 690 В*



Определяем значения минимальных, номинальных и максимальных токов и напряжений на выходе ВУ. Номинальное напряжение (напряжение продолжительного режима) ВУ, В

,



где – коэффициент регулирования ВУ по напряжению = *1,6*.



Номинальный ток ВУ, А

,



Минимальный ток ВУ, А



Максимальный ток ВУ, А

,



где – коэффициент регулирования ВУ по току (*=2,4*).



*= 2,4 ∙ 3438 = 8251,2 А*



Минимальное напряжение ТГ (ВУ), В



Задавшись несколькими значениями токов ВУ в диапазонах от до и от до , определяем соответствующие им значения напряжений



Результаты расчетов сводятся в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчетная таблица внешней характеристики ВУ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Id, А | Ud, B | Iтэд, А |
| 3438,0 | 690,0 | 429,8 |
| 3850,6 | 616,1 | 481,3 |
| 4263,2 | 556,4 | 532,9 |
| 4675,8 | 507,3 | 584,5 |
| 5088,4 | 466,2 | 636,1 |
| 5501,0 | 431,2 | 687,6 |
| 6051,0 | 392,0 | 756,4 |
| 6601,1 | 359,4 | 825,1 |
| 7151,1 | 331,7 | 893,9 |
| 7701,2 | 308,0 | 962,6 |
| 8251,2 | 287,5 | 1031,4 |

По полученным данным строится внешняя характеристика ВУ, ограниченная гиперболой и прямыми и .

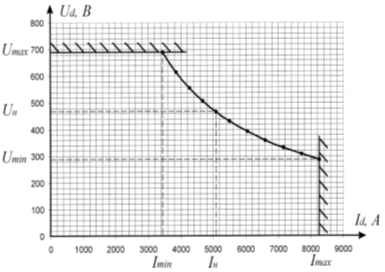


Рисунок 1 – Внешняя характеристика ВУ

**1.2 Определение числа и типа ТЭД**

Сцепная масса проектируемого тепловоза, т



где – удельная масса современных магистральных тепловозов,



*= 59 кг/кВт*



*QСЦ = 59 ∙ 2800 ∙ 10-3 = 165,2 кг/кВт*

Число осей проектируемого тепловоза



где – нагрузка на ось.



*=225,6 кН/ось*



При нецелом или нечетном значении *m* принимается ближайшее четное число осей *mпр*

*mпр = 8*



Потребная мощность ТЭД в кВт



где *= 0,94*– ориентировочное значение КПД ТЭД.



Для проектируемой ЭПМ выбираем серийный ТЭД – ЭД 118А

**2 Пересчет рабочих характеристик ТЭД и предварительное определение ограничений тяговой характеристики тепловоза**

Электромеханическими характеристиками ТЭД, которые являются одним из видов рабочих характеристик, называются зависимости крутящего момента *М*, частоты вращения вала *n* и коэффициента полезного действия *η* от тока якоря *I*Я :

;



при приложенном напряжении , изменяющемся в соответствии с внешней характеристикой ВУ.



Для расчета рабочих характеристик серийного ТЭД в проектируемой ЭПМ необходимо иметь характеристики намагничивания стали ТЭД

,



или (что значительно упрощает расчеты) нагрузочные характеристики

,



где – ток в обмотке возбуждения ТЭД.



Нагрузочные характеристики можно построить по имеющимся электромеханическим характеристикам выбранного ТЭД.

**2.1 Расчет нагрузочных характеристик серийного ТЭД**

Нагрузочные характеристики ТЭД (отношение противо–ЭДС якоря *Е* к его числу оборотов *n* в зависимости от тока возбуждения при различных токах якоря, ) рассчитываются по формуле



где – напряжение на зажимах ТЭД при значении тока ;



– суммарные сопротивления обмоток якоря , главных полюсов и дополнительных полюсов , прогретых до ;



– коэффициент ослабления поля ТЭД;



= *2* В – падение напряжения на щеточно-коллекторном контакте.



В паспортных данных ТЭД указывается сопротивление при температуре , сопротивление при другой температуре можно определить по формуле



где – паспортное значение сопротивления конкретной обмотки ТЭД при температуре , Ом;



– сопротивление этой же обмотки при температуре , Ом;



*= 0,0033* – температурный коэффициент электрического сопротивления меди, .



Задавшись по электромеханическим характеристикам величинами , определяют соответствующие им значения . Затем рассчитывают значения для прогретого до ТЭД при полном и ослабленных полях возбуждения и определяют противо – ЭДС



,



отношение и величины .



*tн = 20 °С*

*= 0,013 Ом*



*= 0,0105 Ом*



*= 0,00821 Ом*



*θ°=100 °С*

*rя = 0,013 ∙ (1+0,0033 ∙ (100 – 20)) = 0,0164 Ом*

*rв = 0,0105∙ (1+0,0033 ∙ (100 – 20)) = 0,0133Ом*

*rдп = 0,00821 ∙ (1+0,0033 ∙ (100 – 20)) = 0,01038Ом*

Расчет нагрузочных характеристик ТЭД сводим в таблицу 2.

Таблица 2 – Расчет нагрузочных характеристик выбранного ТЭД

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| IЯ, A | | 480 | 532,9 | 687,6 | 893,9 | 1030 |
| UТЭД, В | | 675 | 590 | 490 | 365 | 330 |
| ПП  α=1  rтэд=0,0401 Ом | ηТЭД | 0,955 | 0,945 | 0,92 | 0,875 | 0,84 |
| UТЭД-(IЯ ∙ rТЭД+ΔUщ), В | 653,752 | 566,631 | 460,427 | 327,155 | 286,697 |
| n, c-1 | 17,5 | 15,8 | 11 | 7 | 5,5 |
| E/n, B ∙ c/оборот | 37,357 | 35,863 | 41,857 | 46,736 | 52,127 |
| IВ=IЯ, А | 480 | 532,9 | 687,6 | 893,9 | 1030 |
| ОП1  α1=0,6  rтэд=0,0348 Ом | ηТЭД | 0,955 | 0,95 | 0,93 | 0,885 | 0,86 |
| UТЭД-(IЯ ∙ rТЭД+ΔUщ), В | 656,296 | 569,455 | 464,072 | 331,892 | 292,156 |
| n, c-1 | 23 | 20 | 13,9 | 9 | 6,8 |
| E/n, B ∙ c/оборот | 28,535 | 28,473 | 33,386 | 36,877 | 42,964 |
| IВ= α1 ∙ IЯ, А | 288 | 319,74 | 412,56 | 536,34 | 618 |
| ОП2  α2=0,36  rтэд=0,0316 Ом | ηТЭД | 0,95 | 0,948 | 0,935 | 0,9 | 0,88 |
| UТЭД-(IЯ ∙ rТЭД+ΔUщ), В | 657,832 | 571,160 | 466,272 | 334,753 | 295,452 |
| n, c-1 | 38 | 31,5 | 20 | 11 | 8,5 |
| E/n, B ∙ c/оборот | 17,311 | 18,132 | 23,314 | 30,432 | 34,759 |
| IВ= α2 ∙ IЯ, А | 172,8 | 191,844 | 247,536 | 321,804 | 370,8 |

По данным таблицы 2 строятся кривые зависимости = для выбранных значений .

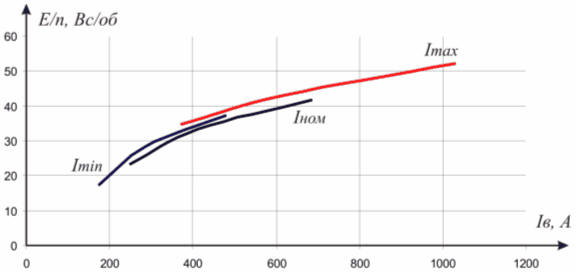


Рисунок 2 – Нагрузочные характеристики ТЭД.

**2.2 Предварительное определение расчетной скорости тепловоза**

Скорость движения проектируемого тепловоза (км/ч) определяется по формуле:



где – диаметр колеса тепловоза (принимается равным 1,05 м);



*n* – частота вращения якоря ТЭД в проектируемой ЭПМ, с-1;

– передаточное отношение тягового редуктора.



Число оборотов (в с-1) якоря ТЭД в проектируемой ЭПМ, в общем случае определяется по формуле:



где – противо-ЭДС в проектируемой ЭПМ, В;



– напряжение, подводимое к зажимам ТЭД в проектируемой ЭПМ, определяемое внешней характеристикой ВУ, В;



– ток якоря ТЭД в проектируемой ЭПМ, определяемый внешней характеристикой ВУ, А;



– отношение, определяемое по построенным нагрузочным характеристикам при соответствующем значении и ( при полном поле ; при ослабленных полях ), .



Напряжение в (В), подводимое к зажимам ТЭД в проектируемой ЭПМ, определяется по формуле



где – число последовательно включенных ТЭД в силовой схеме проектируемой ЭПМ.



*=1*



Ток якоря (А) ТЭД в проектируемой ЭПМ, определяется по формуле



где – число параллельных групп ТЭД в силовой схеме проектируемой ЭПМ.



*=8*



Расчетная скорость движения проектируемого тепловоза имеет место при номинальном числе оборотов якоря ТЭД – при номинальных напряжении и токе ТЭД в проектируемой ЭПМ, т.е. при



и

.



*Eпр = 431,2 – (687,6 ∙ 0,0401 + 2) = 401,63 В*



**2.3 Предварительное определение необходимой минимальной величины коэффициента ослабления поля ТЭД**

Степень регулирования проектируемой ЭПМ по скорости характеризуется коэффициентом регулирования:



где – максимальная скорость движения тепловоза, км/ч.



*Vmax =0,9 ∙ VК*

где – заданная конструкционная скорость проектируемого тепловоза.



*Vmax =0,9 ∙ 110 = 99 км/ч*



При > 2,1 оказывается недостаточным регулировки ЭПМ по напряжению, определяемой коэффициентом регулирования 1,6.



Для обеспечения работы ЭПМ с постоянной мощностью вплоть до максимальной скорости движения тепловоза (при сохранении величины ), как известно, используют два способа: ослабление возбуждения ТЭД (ослабление поля) и перегруппировку ТЭД в силовой схеме ЭПМ (например, последовательное, последовательно – параллельное соединения, или последовательно параллельное – параллельное, параллельное соединения). Иногда используют комбинацию этих способов.



Ослабление поля ТЭД является наиболее распространенным и простым способом повышения диапазона регулирования ЭПМ по скорости тепловоза.

Первоначально необходимо проверить возможность обеспечения необходимого диапазона регулирования по скорости за счет ослабления поля ТЭД. Для этого определяют минимальное значение коэффициента ослабления поля ТЭД, являющегося, как известно, отношением :



0,25



**2.4 Предварительное определение расчетной силы тяги тепловоза и ограничений тяговой характеристики**

## Сила тяги на ободе колеса (Н) в общем случае определяется как



где *= 159,7* – крутящий момент на валу ТЭД , Н·м;



– мощность ТЭД по электрическим переменным проектируемой ЭПМ, кВт;



– КПД ТЭД в проектируемой ЭПМ;



= 0,985 – КПД тягового редуктора.



Касательная сила тяги тепловоза определяется как



Для предварительного определения расчетной силы тяги тепловозов в формулу подставляется значение при номинальных значениях , и . Значение в этом случае определяется по электромеханическим характеристикам ТЭД полного поля при номинальном токе проектируемой ЭПМ.



*= 0,92*



*PТЭД = 431,2 ∙ 687,6 ∙ 0,92 ∙ 10-3 = 272,8 кВт*



*=8 ∙ 30550,31=244402,48 Н*



Тяговая характеристика имеет ограничения по сцеплению колес тепловоза с рельсами и максимальному току ЭПМ.

Ограничение касательной силы тяги по сцеплению определяется в соответствии с Правилами тяговых расчетов (ПТР) выражением

, *Н*



где – коэффициент сцепления колеса с рельсом согласно ПТР.



Расчет рекомендуется свести в таблицу 3.



Таблица 3 – Расчет ограничения касательной силы тяги тепловоза по сцеплению

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Скорость, км/ч | 0 | 5 | 10 | 20 | 31,7 |
|  | 0,299818 | 0,271846 | 0,251333 | 0,223263 | 0,202459 |
| , Н | 485888,9 | 440557,1 | 407313,8 | 361823 | 328108,2 |

Ограничение касательной силы тяги по максимальному току ЭПМ определяется по формуле в которую подставляется значение при максимальном значении (и соответственно минимальном значении ), минимальном значении и значении , определяемое по электромеханическим характеристикам ТЭД полного поля при максимальном токе проектируемой ЭПМ.



*Eпр = 287,5 – (1031,4 ∙ 0,0401 + 2) = 244,14 В*



*= 0,84*



*PТЭД = 287,5 ∙ 1031,2 ∙ 0,84 ∙ 10-3 = 249,03 кВт*



*= 8 ∙ 56964,29 = 455714,36 Н*



Соответствующая этому ограничению минимальная критическая скорость (км/ч) определяется формулой



По полученным данным строится предварительные ограничения тяговой характеристики тепловоза.

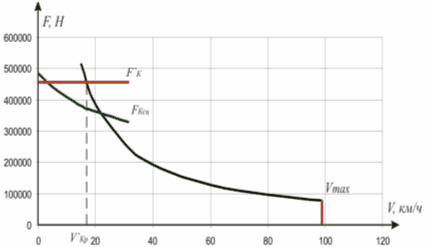


Рисунок 3 – Вид предварительных ограничений тяговой характеристики проектируемого тепловоза – ограничение мощности тепловоза из-за недоиспользования максимального тока ЭПМ.

**3 Построение рациональной тяговой и технико–экономических характеристик**

**3.1 Определение рациональной величины передаточного отношения тягового редуктора**

Соотношение значений и может быть достигнуто за счет установления оптимального значения передаточного отношения зубчатого тягового редуктора , которое определяется следующим образом:



где – сила тяги проектируемого тепловоза по сцеплению при трогании, Н;



– минимальная частота вращения ТЭД при параметрах и в проектируемой ЭПМ, с-1;



– мощность ВУ в проектируемой ЭПМ, кВт;



– КПД ТЭД, определяемый по электромеханическим характеристикам при максимальном токе ТЭД в проектируемой ЭПМ.



*= 0,84*



*FКТР = 9,81 ∙ 0,3 ∙ 165,2 ∙ 103 = 486183,6 Н*

*PВУ = 287,5 ∙ 8251,2 ∙ 10-3 = 2372,22 кВт*



Полученное значение проверяется по величине минимального коэффициента ослабления поля



где – номинальная частота вращения ТЭД при номинальных параметрах и проектируемой ЭПМ, с-1.



**3.2 Расчет тягового редуктора**

В курсовой работе следует принять опорно-осевую подвеску ТЭД, при которой его размеры ограничиваются расстоянием между внутренними гранями бандажей колесных пар и минимально допустимым расстоянием от станины ТЭД до головки рельса ***а*** (рис. 3.1).

Чтобы увеличить это расстояние (и возможные габариты ТЭД) ось ТЭД размещают несколько выше оси колеса. Для тепловозных ТЭД размер ***Х*** (см. рис. 3.1) устанавливается в пределах 20…40 *мм.*

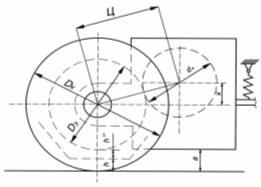


Рисунок 4 – Эскиз опорно-осевой подвески ТЭД

Как известно, передаточное отношение тягового редуктора определяется выражением



где – диаметры делительных окружностей большого и малого зубчатых колес;



– числа зубьев большого и малого зубчатых колес.



Максимально возможная величина диаметра определяется из соотношения



где *=121 мм* – расстояние от нижней кромки кожуха тягового редуктора до головки рельса;



*24 мм* – расстояние от делительной окружности большого зубчатого колеса до нижней кромки кожуха (с учетом толщины его листа) тягового редуктора.



*DЗ = 1,05 – 2 ∙ (0,121 + 0,024) = 0,76 м*

Диаметр делительной окружности малого зубчатого колеса



Задается модуль зацепления зубчатых колес, который определяется из номинального крутящего момента ТЭД при следующих значениях:

Нм, = 8…10 *мм*; Нм, = 9…11 *мм*;



Нм, = 10…12 *мм*.



= *11 мм*



Подсчитывается число зубьев малого и большого зубчатых колес

;



После чего уточняется величина передаточного отношения



Определяется централь, которая при обычно применяемой коррекции зацепления (для большого зубчатого колеса , а для малого ) равна



Вписывание ТЭД в отпущенные для него габариты обеспечивается в случае, если



где – диаметр якоря ТЭД



*=493 мм*



Затем по уточненной величине и определяется рациональная расчетная скорость тепловоза и проверяется допустимая максимальная окружная скорость якоря ТЭД , имеющая место при



*, м/с*



**3.3 Расчет рациональных тяговой и технико-экономической характеристик проектируемого тепловоза**

При расчетах тяговой и технико-экономических характеристик КПД серийного ТЭД при его работе в проектируемой ЭПМ определяется по формуле



где – напряжение, противо – ЭДС и КПД ТЭД, по данным электромеханических характеристик (серийные значения);



– напряжение и противо – ЭДС ТЭД, при работе в проектируемой ЭПМ.



Касательная мощность тепловоза в кВт определяется выражением



КПД тепловоза рассчитывается по формуле



где *859,1* – тепловой эквивалент работы;



– часовой расход дизельного топлива, кг/ч;



– удельный расход дизельного топлива;



– теплотворная способность дизельного топлива.



*GЧ = 0,204 ∙ 2800 = 571,2 кг/ч*

*, В*



*IВ= α ∙ IТЭД, А*

, *с-1*



, *км/ч*



– мощность ТЭД по электрическим переменным проектируемой ЭПМ, кВт;



*= 159,7* – крутящий момент на валу ТЭД , Н·м;



– касательная сила тяги тепловоза, Н



Расчеты сводим в таблицу 4.

По данным таблицы 4 строятся электромеханические (, , ) и электротяговые (, , ) характеристики ТЭД в проектируемой ЭПМ.



Таблица 4 – Расчет тяговой и экономических характеристик проектируемого тепловоза

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Id, A | | 3438,0 | 4263,2 | 5501,0 | 7151,1 | 8251,2 |
| Ud, В | | 690,00 | 556,40 | 431,20 | 331,70 | 287,50 |
| IТЭД, A | | 429,80 | 532,90 | 687,60 | 893,90 | 1031,40 |
| UТЭД, В | | 690,00 | 556,40 | 431,20 | 331,70 | 287,50 |
| UС, В | | 675 | 590 | 490 | 365 | 330 |
| ПП  α=1  rтэд=0,0401 Ом | Е, В | 670,77 | 533,03 | 401,63 | 293,85 | 244,14 |
| IВ, А | 429,80 | 532,90 | 687,60 | 893,90 | 1031,40 |
| E/n, B c/об | 37,357 | 35,863 | 41,857 | 46,736 | 52,127 |
| n, c-1 | 17,96 | 14,86 | 9,60 | 6,29 | 4,68 |
| V, км/ч | 58,74 | 48,62 | 31,39 | 20,57 | 15,32 |
|  | 0,955 | 0,945 | 0,92 | 0,875 | 0,84 |
| ЕС | 653,752 | 566,631 | 460,427 | 327,155 | 286,697 |
|  | 0,959 | 0,943 | 0,912 | 0,865 | 0,821 |
|  | 284,27 | 279,50 | 270,38 | 256,43 | 243,47 |
|  | 2519,96 | 2993,21 | 4485,27 | 6491,56 | 8274,11 |
| FK | 132420,32 | 157288,86 | 235694,38 | 341122,18 | 434792,52 |
| NКТ | 2160,71 | 2124,45 | 2055,17 | 1949,10 | 1850,56 |
| ηТ | 0,316 | 0,310 | 0,300 | 0,285 | 0,270 |
| ОП1  α1=0,62  rтэд=0,0348 Ом | Е, В | 673,04 | 535,86 | 405,27 | 298,59 | 249,61 |
| IВ , А | 257,88 | 319,74 | 412,56 | 536,34 | 618,84 |
| E/n, B c/об | 28,535 | 28,473 | 33,386 | 36,877 | 42,964 |
| n, c-1 | 23,59 | 18,82 | 12,14 | 8,10 | 5,81 |
| V, км/ч | 77,16 | 61,57 | 39,71 | 26,49 | 19,01 |
|  | 0,955 | 0,95 | 0,93 | 0,885 | 0,86 |
| ЕС | 656,296 | 569,455 | 464,072 | 331,892 | 292,156 |
|  | 0,958 | 0,948 | 0,923 | 0,876 | 0,843 |
|  | 284,13 | 281,07 | 273,64 | 259,78 | 250,08 |
|  | 1917,40 | 2377,15 | 3588,02 | 5106,76 | 6851,58 |
| FK | 100756,67 | 124915,77 | 188545,45 | 268352,72 | 360040,66 |
| NКТ | 2159,64 | 2136,36 | 2079,89 | 1974,57 | 1900,85 |
| ηТ | 0,315 | 0,312 | 0,304 | 0,288 | 0,278 |

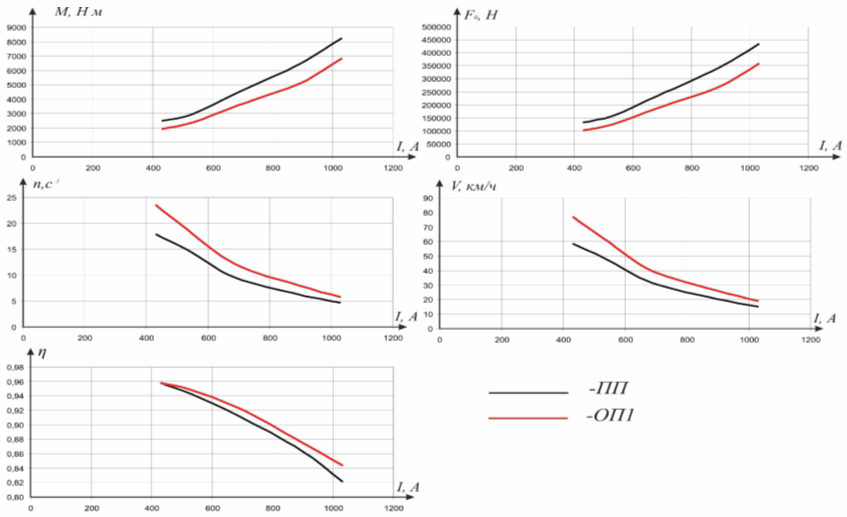


Рисунок 5 – Электромеханические (, , ) и электротяговые (, , ) характеристики ТЭД в проектируемой ЭПМ



**4 Определение параметров и характеристик электрического тормоза проектируемого тепловоза**

На тепловозах наибольшее распространение получили схемы реостатного торможения, в которых якорные обмотки ТЭД присоединяются к тормозным резисторам, а обмотки возбуждения (соединенные в последовательную цепь) получают независимое питание от ВУ. Это обеспечивает гибкость управления скоростью движения при плавном регулировании тормозной силы в широком диапазоне.

Сопротивление тормозного резистора (Ом) определяется по формуле



где – максимальные напряжение и ток ТЭД, в тормозном режиме, (в курсовой работе рекомендуется принять их равными номинальным значениям напряжения и тока ТЭД в тяговом режиме).



Расчет предельных тормозных характеристик тепловоза рекомендуется производить в следующей последовательности:

1) Определяется максимальная ЭДС ТЭД, работающего в тормозном режиме (в режиме генератора),



где – сопротивления цепи тормозного тока (при температуре ), Ом;



– соответственно сопротивления обмоток якоря и дополнительных полюсов ТЭД, Ом;



*= 0,63 + 0,0164 + 0,01038 = 0,654 Ом*



*= 687,6 ∙ 0,654 = 449,6 В*



2) Строится предельная зависимость тормозной силы тепловоза от скорости при постоянном значении максимального тока возбуждения генерирующего ТЭД. Для ее построения достаточно определить одну точку, так как в этих условиях – линейная функция, проходящая через начало координат. Приняв , по нагрузочным характеристикам определяется величина . Затем определяется необходимая частота вращения якоря генерирующего ТЭД (при котором может быть достигнута ) :



и необходимая скорость движения тепловоза VH.



Тормозная сила тепловоза (Н) при этих условиях



Таким образом, на тормозной характеристике имеем точку (А) с координатами . Проведя прямую через начало координат и точку (А), получаем ограничение тормозной силы тепловоза по максимальному току возбуждения генерирующего ТЭД (прямая 1 на рисунке 6);



3) Строится предельная тормозная характеристика по максимальному току якоря генерирующего ТЭД. Для ее построения необходимо: задаться несколькими значениями скорости в диапазоне от до , подставить их в уравнение, вычислить значение тормозной силы тепловоза при (вид этого ограничения представлен на рисунке 6 кривой 2);



Таблица 5 – Расчет предельной тормозной характеристики по максимальному току якоря генерирующего ТЭД

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| VН, км/ч | 35,14 | 45 | 65 | 85 | 100 | 110 |
| ВН, Н | 256325,8 | 200162 | 138573,7 | 105968,1 | 90072,88 | 81884,44 |

4) Ограничение тормозной силы тепловоза по коммутации в зоне высоких скоростей в курсовой работе может быть определено из условия:



где – критерий удовлетворенности коммутации , ,



=*18*



Задаваясь значениями скорости в диапазоне от до , вычисляем соответствующие им максимально допустимые по условиям коммутации значения . Эти значения токов (с соответствующими им значениями скорости) подставляются в уравнение, после чего определяются значения ограничения тормозной силы тепловоза по коммутации (вид этого ограничения на рисунке 6 представлен кривой 3).



Таблица 6 – Расчет ограничения тормозной силы тепловоза по коммутации

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| NКТ, Н | 2132,26 | 2092,51 | 2009,94 |
| V, км/ч | 96,99 | 57,18 | 32,41 |
|  | 395,72 | 658,71 | 1116,29 |
| ВН, Н | 30758,62 | 144567,27 | 732481,13 |

5) Для построения ограничения тормозной характеристики тепловоза по условию сцепления колес с рельсами используется формула



где – коэффициент сцепления колеса с рельсом при реостатном торможении.



Вид этого ограничения на рисунке представлен кривой 4.

Таблица 7 – Расчет ограничения тормозной характеристики тепловоза по условию сцепления колес с рельсами

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| V, км/ч | 25 | 30 | 35 | 35,14 | 40 | 45 |
| ψ | 0,223185 | 0,215966 | 0,209875 | 0,209718 | 0,204667 | 0,200162 |
| ВН, Н | 361696,6 | 349997,3 | 340125,9 | 339871,7 | 331685,3 | 324385,2 |

Построим также зависимость мощности ВУ (отдаваемой в цепь возбуждения генерирующих ТЭД) от скорости движения тепловоза. Для ее построения определяется мощность ВУ в (кВт) по формуле



где – величина сопротивления балластного резистора;



обычно, =0,3 Ом;



– сопротивление обмотки возбуждения ТЭД, приведенное к ,Ом.



Задавшись рядом значений скорости от до , определяем соответствующие им значения чисел якоря генерирующего ТЭД и . Затем по нагрузочным характеристикам при токе равном по значениям определяются необходимые величины тока возбуждения генерирующих ТЭД – .



Вид зависимости представлен кривой 5.



Рисунок 8 – Предельные тормозные характеристики тепловоза

Таблица 8 – Расчет зависимости мощности ВУ от скорости движения тепловоза

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| V, км/ч | 35,14 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 |
| n\*, c-1 | 10,65252 | 12,12581 | 15,15726 | 18,18871 | 21,22016 | 24,25161 | 27,28306 | 30,31451 | 33,34596 |
| , B c/об | 42,20598 | 37,07795 | 29,66236 | 24,71863 | 21,1874 | 18,53898 | 16,47909 | 14,83118 | 13,48289 |
|  | 640,6732 | 501,8873 | 339,2907 | 255,9199 | 208,6274 | 179,8618 | 161,461 | 149,2431 | 140,9013 |
|  | 166,8118 | 102,3685 | 46,78402 | 26,61716 | 17,68873 | 13,14714 | 10,59471 | 9,051953 | 8,068334 |

**5 Разработка силовой схемы проектируемой ЭПМ**

Тепловоз выполнен с **электропередачей на переменно-постоянном токе.** Переменное шестифазное напряжение тягового генератора *СГ* выпрямляется установкой *ВУ* и подается на восемь параллельно включенных тяговых электродвигателей, приводящих тепловоз в движение. К тяговому генератору электродвигатели подключаются с помощью восьми электропневматических поездных контакторов *П1*—*П8,* которые позволяют разрывать цепи электродвигателей, чтобы предотвратить самопроизвольное движение тепловоза от остаточного магнетизма при работе генератора на холостом ходу, а также быстро отключить неисправный электродвигатель

Скорость тепловоза и тяговое усилие регулируются возбуждением тягового генератора и изменением частоты вращения вала дизеля, задаваемой позицией контроллера машиниста. Для расширения диапазона скоростей тепловоза, при которых используется полная мощность дизеля, существуют ступень ослабления возбуждения тяговых электродвигателей: на 64% (ОП-1). Ослабление возбуждения осуществляется подключением резисторов *СШ1*—*СШ8* параллельно обмоткам возбуждения тяговых двигателей с помощью групповых контакторов *ВШ.* Переход на ослабленное возбуждение и обратно осуществляется автоматически с помощью реле перехода *РП,* включающих и отключающих групповые контакторы *ВШ.* Направление движения тепловоза зависит от изменения направления тока в обмотках возбуждения тяговых электродвигателей переключением контактов реверсора *ПР.*

**Список используемых источников**

1 А.В. Донченко, А.А. Зарифьян, А.В. Козубенко Электрические передачи локомотивов: Методические указания по выполнению курсового проекта для студентов IV курса специальности 150700 «Локомотивы». – Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т путей сообщения, 2006. – 48 с.

2 Филонов С.П., Гибалов А.И., Быковский В.Е. Тепловоз 2ТЭ116. – М.: Транспорт, 1985. – 328 с.