|  |  |
| --- | --- |
| Gerb-BMSTU_01 | **Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  **высшего образования**  **«Московский государственный технический университет**  **имени Н.Э. Баумана**  **(национальный исследовательский университет)»**  **(МГТУ им. Н.Э. Баумана)** |

ФАКУЛЬТЕТ Специальное машиностоение

КАФЕДРА

**Домашнее задание 2 на тему:**

**«Исследование двигателя постоянного тока»**

Студент --- **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ ---**

Преподаватель **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

*2021 г.*

Дано:

Решение

1. **Нарисовать электрическую схему включения ДПТ с параллельным возбуждениям. Определить номинальный электромагнитный момент двигателя, номинальный ток якоря и ток в обмотке возбуждения.**

Полезной мощностью двигателя постоянного тока является механическая мощность, которая определяется через механические параметры так:

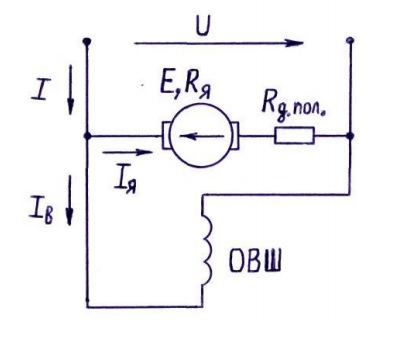
Номинальный вращающий момент двигателя:

Номинальная электрическая мощность, потребляемая из сети двигателем:

Номинальный ток двигателя:

Номинальный ток возбуждения:

Номинальный ток обмотки якоря:



1. **Рассчитать и построить естественные механическую и электромеханическую характеристики. Определить пусковой момент, пусковой ток и скорость холостого хода двигателя, а также рассчитать скорость вращения при моменте сопротивления на валу двигателя.**

Уравнение электрического состояния силовой цепи двигателя:

Уравнение электромеханической характеристики :

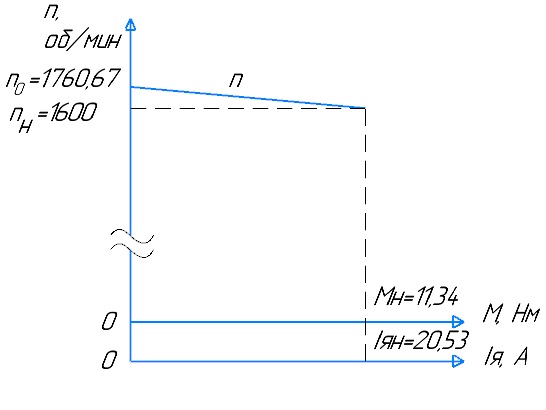
Учитывая, что , получаем уравнение механической характеристики :

Полученные выражения для характеристик и имеют линейный характер при допущении, что магнитная цепь двигателя не насыщена.

Определим постоянные коэффициенты и из номинального режима:

Следовательно

Построение графика:

**

Определим пусковой ток и пусковой момент:

Определим скорость вращения ДПТ, соответствующую заданному моменту нагрузки на валу двигателя:

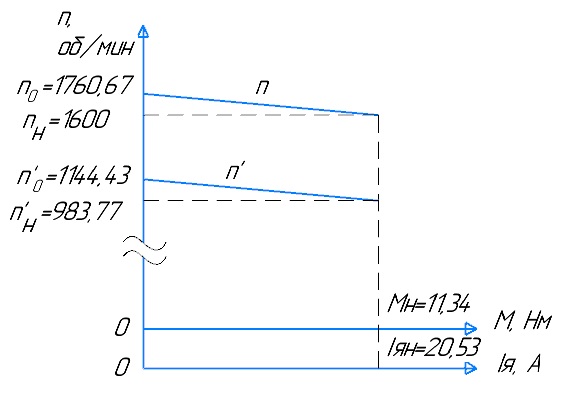
1. **Расчет искусственных механических характеристик при различных способах регулирования скорости вращения двигателя постоянного тока.**

**3.1)** **Расчет характеристики при уменьшении напряжения источника питания цепи якоря. (Якорное управление )**

При уменьшении напряжения на якорной обмотке U и неизменном магнитном потоке (Ф=const) уменьшается пропорционально U, а остается неизменным при одинаковых значениях момента М. Значит наклон характеристики не меняется.

При уменьшении напряжения (, приложенного к обмотке якоря, получаем искусственную характеристику , смещенную вниз относительно естественной характеристики .

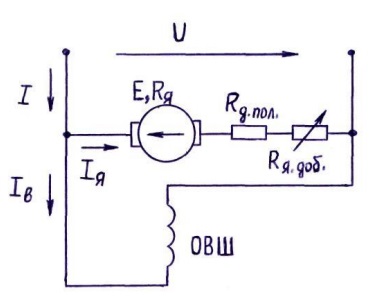
Построение графика:



Вычислим коэффициент регулирования при заданном :

Данный способ регулирования скорости заключается в изменении напряжения, подводимого к обмотке якоря двигателя. Угловую скорость можно уменьшать и увеличивать относительно основной. Повышение скорости ограничено возможностями источника энергии с регулируемым напряжением и двигателя. Если источник энергии обеспечивает возможность непрерывного изменения подводимого к двигателю напряжения, то регулирование скорости двигателя будет плавным. Данный способ регулирования является экономичным, так как регулирование угловой скорости двигателя постоянного тока независимого возбуждения осуществляется без дополнительных потерь мощности в силовой цепи якоря.

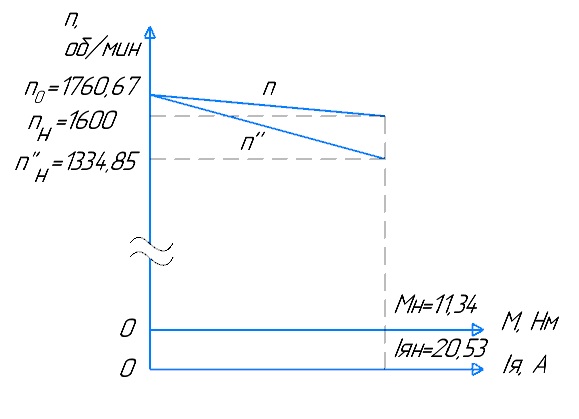
**3.2) Расчет характеристики при введении добавочного сопротивления в цепь якоря. (Реостатное регулирование )**



Уравнение механической характеристики при использовании реостатного регулирования:

При введении возрастает и увеличивается наклон характеристики . При этом не меняется, значит естественная и реостатная характеристики выходят из одной точки.

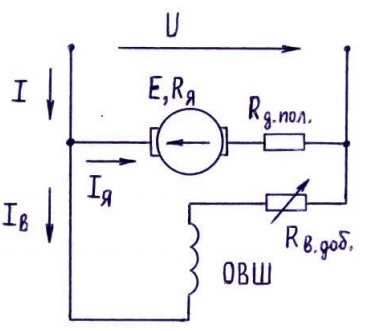
Построение графика:



Вычислим коэффициент регулирования при заданном :

Данный способ регулирования осуществляется с помощью добавления в цепь якоря дополнительного сопротивления. Скорость при данном способе можно регулировать только в сторону уменьшения от основной. Недостатком рассматриваемого способа является наличие значительных потерь мощности при регулировании, которые пропорциональны относительному изменению угловой скорости. Достоинством рассмотренного способа регулирования скорости являются простота и надёжность схемы управления.

**3.3) Расчет характеристики при уменьшении потока возбуждения. (Полюсное управление )**

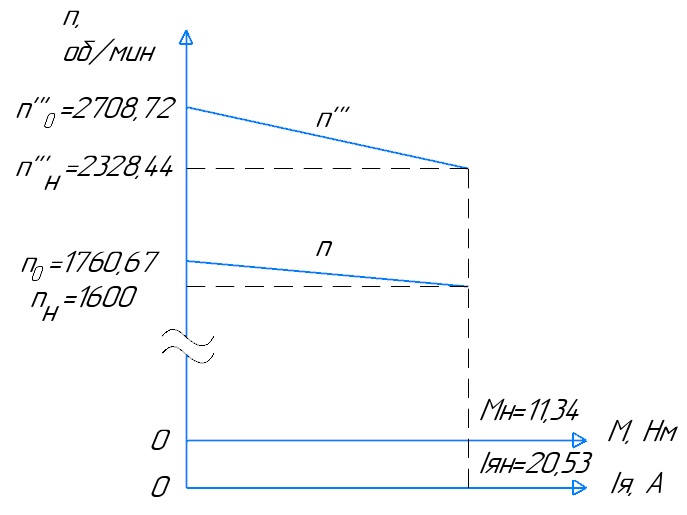


При введении добавочного сопротивления в цепь обмотки возбуждения уменьшается ток возбуждения , уменьшается магнитный поток (), создаваемый обмоткой возбуждения.

В соответствии с уравнением механической характеристики

С уменьшением магнитного потока Ф скорость вращения двигателя на рабочем участке характеристики возрастает. При этом по сравнению с естественной характеристикой у искусственной меняются и и .

Построение графика:



Вычислим коэффициент регулирования при заданном :

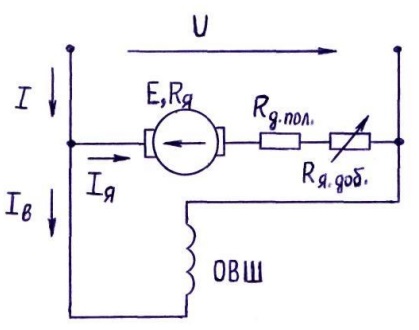
При этом способе регулирования угловой скорости двигателей постоянного тока независимого возбуждения осуществляется изменением величины магнитного потока за счет введения в цепь обмотки возбуждения дополнительного реостата. При ослаблении потока угловая скорость двигателя как при нагрузке, так и при холостом ходе возрастает, а при усилении потока – уменьшается. Существенными преимуществами данного способа регулирования скорости являются его простота и высокая экономичность.

1. **Расчет искусственных механических характеристик при различных способах торможения ДПТ.**

**4.1) Генераторное торможение ()**

Условие перехода ДПТ в режим генераторного торможения:

Направление тока на схеме соответствует работе машины в режиме двигателя (), электрическая энергия потребляется из сети.

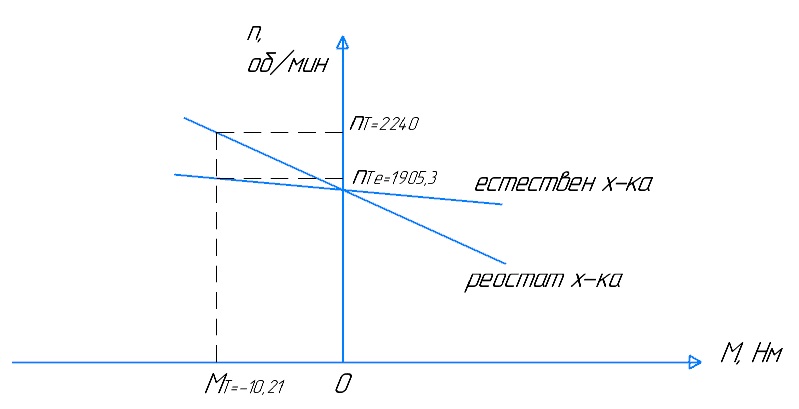


Режим генераторного торможения наступает, когда скорость вращения ротора оказывается больше скорости вращения ротора в режиме холостого хода .

При и ток якоря становится отрицательным, т.е. меняет направление. Ток якоря и э.д.с. оказывается направленными в одну сторону (, ), машина постоянного тока работает в режиме генератора, электрическая энергия отдается в сеть.

Так как ток якоря поменял направление и стал отрицательным, соответственно меняет направление и момент, тоже становится отрицательным, т.е. тормозит вращение ротора ().

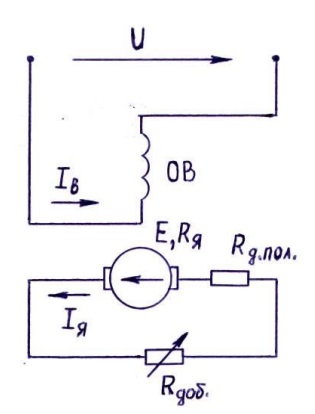
Построение графика:



В режиме генераторного торможения якорь, подключенный к сети электродвигателя, вращается со скоростью большей . В этом случае ток изменяет направление, электрическая машина становится генератором, работающим параллельно с сетью, энергия торможения за вычетом потерь отдается в электрическую сеть. Применение этого способа торможения является эффективным энергосберегающим средством в электроприводе.

**4.2)Динамическое торможение ()**

При выполнении динамического торможения ДПТ цепь якоря двигателя отключается от сети постоянного напряжения и замыкается на реостат с сопротивлением .



Ротор по инерции продолжает вращаться, в обмотке якоря (на роторе) наводится э.д.с. Е. Так как напряжение внешнего источника на обмотке якоря отсутствует, ток в цепи определяется выражением

Ток и момент становится отрицательными, момент действует против направления вращения ротора, т.е. становится тормозящим. Наклон характеристики динамического торможения определяется величиной суммарного сопротивления в цепи якоря .

Первый этап:

Уравнение механической характеристики , соответствующее динамическому торможению (при ), принимает вид

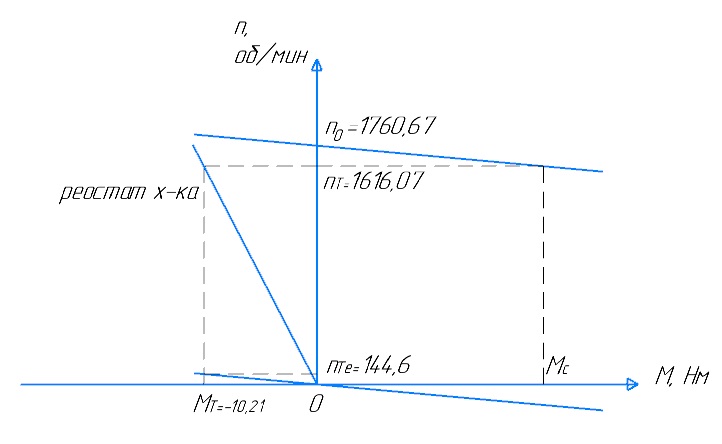
Полученное выражение соответствует прямой линии, проходящей через начало координат. Угол наклона ее к оси абсцисс равен углу наклона естественной характеристики ДПТ.

При динамическом торможении ДПТ, работающего, например, в номинальном режиме () без добавочного сопротивления в цепи якоря (), возникнут ток якоря и тормозной момент многократно превышающие их номинальные значения.

Второй этап:

Чтобы избежать аварии ДПТ, в цепь якоря вводят ограничивающие сопротивление . При этом получаем

Построение графика:



Динамическое торможение характеризуется тем, что ДПТ выступает в роли генератора, рассеивая выработанное электричество на резисторе. Увеличение сопротивления приводит к увеличению тормозного момента, ускоряя процесс торможения. К полюсам данного способа можно отнести простоту схемы и возможность полной остановки двигателя.

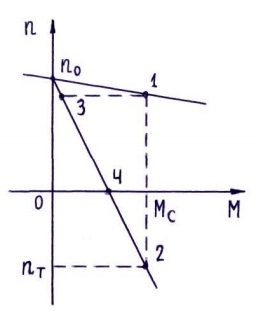
**4.3) Торможение противовключением ()**

Применяются две модификации торможения противовключением:

* С использование реостатной характеристики
* С использованием полярности напряжения в цепи якоря

Торможение противовключением происходит, когда обмотки ДПТ включены для одного направления вращения, а якорь (ротор) под воздействием внешнего момента или сил инерции вращается в противоположном направлении.

**4.3.1) Торможение противовключением с использованием**



Допустим лебедка поднимает груз, который создает на валу двигателя активный момент сопротивления . Этому режиму на естественной характеристике соответствует точка 1. Теперь потребовалось этот груз опустить. При этом момент сопротивления остается тем же и действует в том же направлении, а изменяются величина и направление скорости вращения . На графике этому соответствует на реостатной характеристике точка 2 с координатами и . Для получения необходимой реостатной характеристики в цепь якоря вводим добавочное сопротивление , обеспечивающее необходимый наклон зависимости :

Изменяя величину , можно влиять на скорость опускания груза. Для выполнения торможения включаем в цепь якоря добавочное сопротивление . В первый момент в силу инерции скорость вращения ротора остается неизменной, соответствующей точке 1, а двигатель уже начинает работать на реостатной характеристике в точке 3. Момент, создаваемый двигателем в точке 3, оказывается значительно меньше момента сопротивления и двигатель начинает тормозиться, частота вращения уменьшается, рабочая точка движется по реостатной характеристике вниз от точки 3 к точке 4.

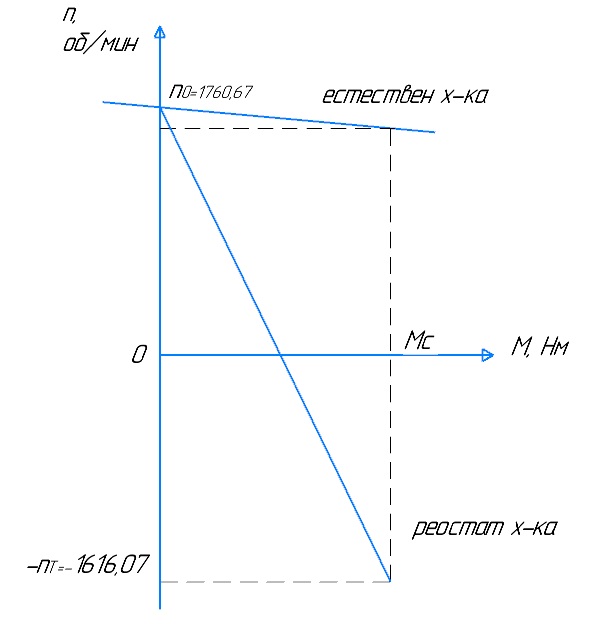
Если требуется прекратить подъем груза, т.е. остановить двигатель, то необходимо в точке 4 отключить двигатель от сети.

Если ДПТ не отключать от сети, движение рабочей точки продолжится по реостатной характеристике вниз до точки 2. В точке 2 вращающий момент двигателя станет равным моменту сопротивления , создаваемого грузом, двигатель будет вращаться с постоянной отрицательной скоростью , груз будет равномерно опускаться.

Работе ДПТ в режиме торможения противовключением с введением добавочного сопротивления в цепь якоря соответствует уравнение

Подставляя в уравнение числовые значения координат рассматриваемой точки 2 , определяем величину , обеспечивающего необходимый наклон реостатной характеристики .

Построение графика:



**4.3.2) Торможение противовключением при изменении полярности напряжения в цепи якоря**

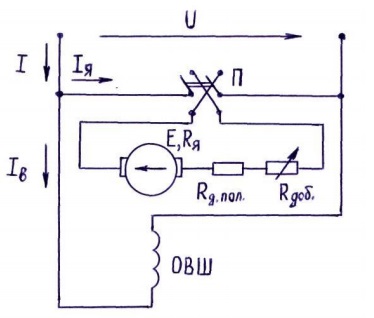
Второй вариант торможения противовключением заключается в изменении во время работы двигателя направления вращающего момента на проивоположное путем изменения полярности источника напряжения в цепи якоря.

По закону Ампера , действующая на проводник с током , вычисляя по формуле

Здесь В – индукция магнитного поля

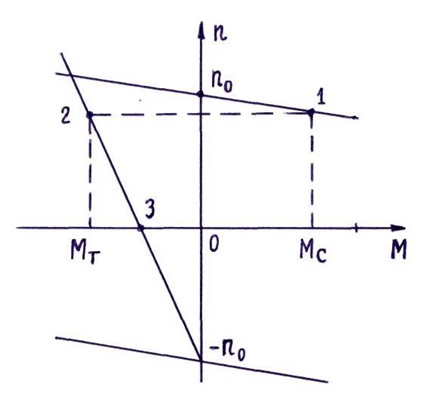
L – активная длина проводника с током .

Как следует из формулы, изменение направления действующей силы на противоположное можно либо изменив направление тока , либо изменив направление магнитного поля В.



На рисунке приведена электрическая схема, позволяющая с помощью переключения П изменить полярность источника напряжения в цепи якоря ДПТ. При этом в обмотке якоря изменяется направление тока .

Предположим, первоначально двигатель работал на естественной характеристике в первом квадранте в точке 1 (). Необходимо выполнить электрическое торможение ДПТ.



С помощью переключателя П меняем направление тока в обмотке якоря. При этом меняются на противоположное направление силы, действующие на обмотку якоря, и направление вращающего момента двигателя. Этому соответствует нижняя ветвь механической характеристики , проходящая через точку с координатами и и параллельная исходной естественной характеристике с точной 1. Если при этом не принять дополнительных мер, произойдет большой бросок тока и двигатель может выйти из строя. Для ограничения тока в цепь якоря вводят добавочное сопротивление .

Вместе с током якоря () меняет направление и вращающий момент (точка 2). Он становится тормозным (), т.к. теперь действует против направления вращения ротора двигателя. Подбором можно регулировать величину и, соответственно, тормозной момент .

Рассмотрим с помощью механической характеристики , как осуществляется процесс торможения.

Сначала двигатель работал в точке 1 с некоторой постоянной скоростью . При изменении полярности напряжения на обмотке якоря двигатель переходит в точку 2 на реостатной характеристике , соответствующей измененной полярности .

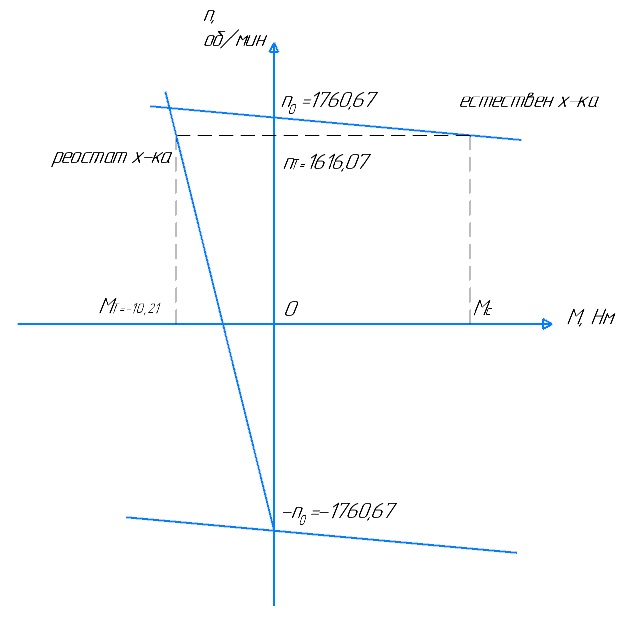
Так как момент, развиваемый двигателем, становится тормозным, скорость вращения ротора уменьшается, рабочая точка перемещается по реостатной характеристике из точки 2 к точке 3, при которой . Если в это время двигатель не отключить от сети, то ротор начнет разгоняться в противоположную сторону в соответствии с направлением действующего вращающего момента.

Рассмотрим, как рассчитать реостатную характеристику, соответствующую торможению противовключением рассматриваемым методом и проходящую через заданную точку с параметрами

и

Уравнение маханической характеристики , соответствующей работе ДПТ на реостатной характеристике при измененной полярности в цепи якоря

Построение графика:



Торможение противовключением с использованием осуществляется путем добавления сопротивления в цепь якоря. Торможение противовключением при изменении полярности напряжения в цепи якоря осуществляется путем изменения полярности напряжения и тока в обмотке якоря. При взаимодействии тока якоря с магнитным полем обмотки возбуждения создается тормозной момент, который уменьшается по мере уменьшения частоты вращения электродвигателя. При уменьшении частоты вращения электродвигателя до нуля электродвигатель должен быть отключен от сети, иначе он начнет разворачиваться в обратную сторону. Данный тип торможения характерен скачком тока при изменении полярности напряжения, что может привести к поломке двигателя, если этого не предусмотреть. Явным плюсом такого типа торможения является скорость процесса, но необходимость своевременного отключения питания усложняет этот процесс.