

Лекция 14

II.

Магнитные цепи и электромагнитные устройства

Электрические машины (продолжение)

Содержани



Электрические машины постоянного тока

(продолжение)

1. Электромагнитный момент машины постоянного тока
2. ЭДС якоря машины постоянного тока
3. Потери мощности в машине постоянного тока
4. Эксплуатационные характеристики генератора постоянного тока
5. Эксплуатационные характеристики двигателя постоянного тока

1. Электромагнитный момент машины постоянного тока

Электромагнитная сила, действующая на проводник обмотки якоря, находящийся в магнитном поле возбуждения:

$$F_{\text{ЭМ}} = I_{\text{я}} B l$$

Электромагнитный момент, создаваемый всей обмоткой якоря:

$$M_{\text{ЭМ}} = F_{\text{ЭМ}} N \frac{D}{2} = \left(I_{\text{я}} \frac{\Phi_{\text{В}} l}{S} \right) N \frac{D}{2} = \left(\frac{l D}{2 S} N \right) I_{\text{я}} \Phi_{\text{В}} = C_{\text{М}} I_{\text{я}} \Phi_{\text{В}}$$

$I_{\text{я}}$ – ток якоря

$\Phi_{\text{В}}$ – магнитный поток возбуждения

D – диаметр якоря

N – число проводников обмотки якоря

S – сечение поверхности полюса

l – длина якоря

$$M_{\text{ЭМ}} = C_{\text{М}} I_{\text{я}} \Phi_{\text{В}}$$

Электромагнитный момент машины постоянного тока пропорционален току в обмотке якоря $I_{\text{я}}$ и магнитному потоку возбуждения $\Phi_{\text{В}}$.

2. ЭДС якоря машины постоянного тока

ЭДС в одном проводнике обмотки якоря определяется индукцией магнитного поля B и скоростью движения проводника в магнитном поле v :

$$e = Bvl$$

ЭДС, создаваемая всей обмоткой якоря:

$$E_{\text{я}} = eN = \left(\frac{\Phi_{\text{В}}}{S} \frac{\pi D n}{60} l \right) N = \left(\frac{\pi D}{60} l N \frac{1}{S} \right) \Phi_{\text{В}} n$$

n – частота вращения якоря

$\Phi_{\text{В}}$ – магнитный поток возбуждения

D – диаметр якоря

N – число проводников обмотки
якоря

S – сечение поверхности полюса

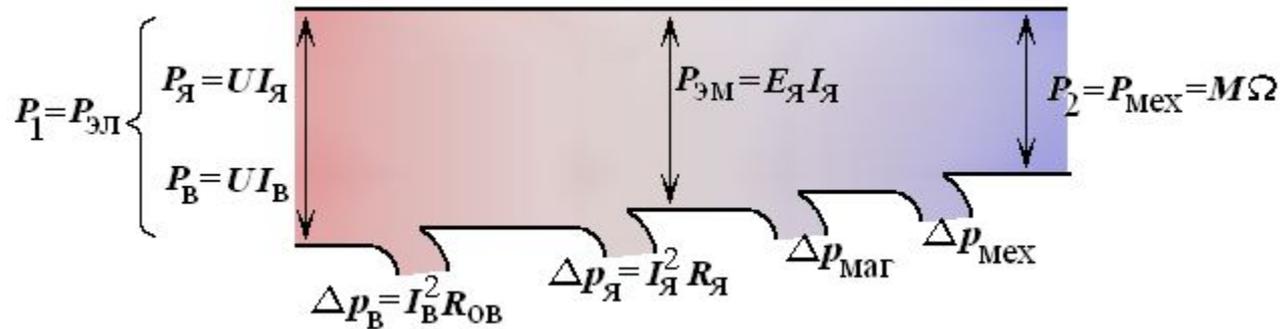
l – длина якоря

$$E_{\text{я}} = C_e \Phi_{\text{В}} n$$

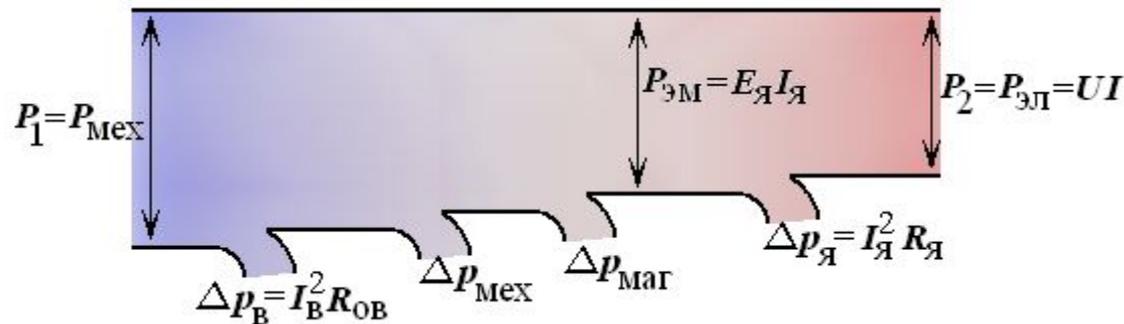
ЭДС обмотки якоря машины постоянного тока пропорциональна магнитному потоку возбуждения и частоте вращения якоря.

3. Потери мощности в машине постоянного тока

- Потери в обмотке возбуждения: Δp_B
- Потери в обмотке якоря: $\Delta p_{\text{я}}$
- Магнитные потери в магнитопроводе ($\Delta p_{\text{МАГ}}$)
- Механические потери ($\Delta p_{\text{МЕХ}}$)



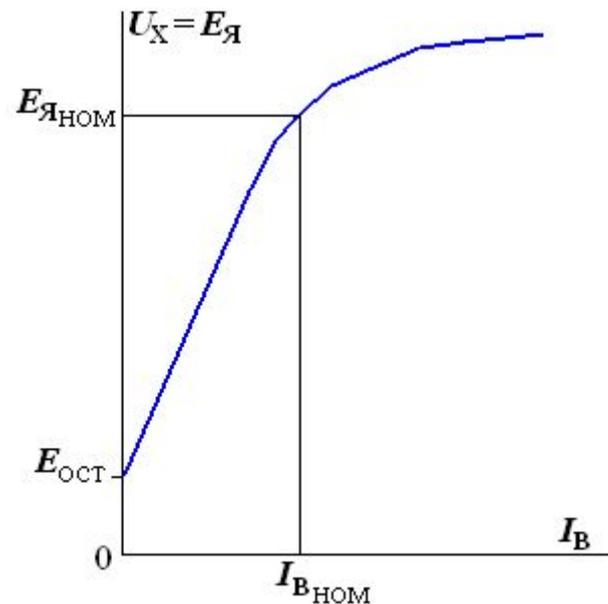
Энергетическая диаграмма двигателя постоянного тока



Энергетическая диаграмма генератора постоянного тока

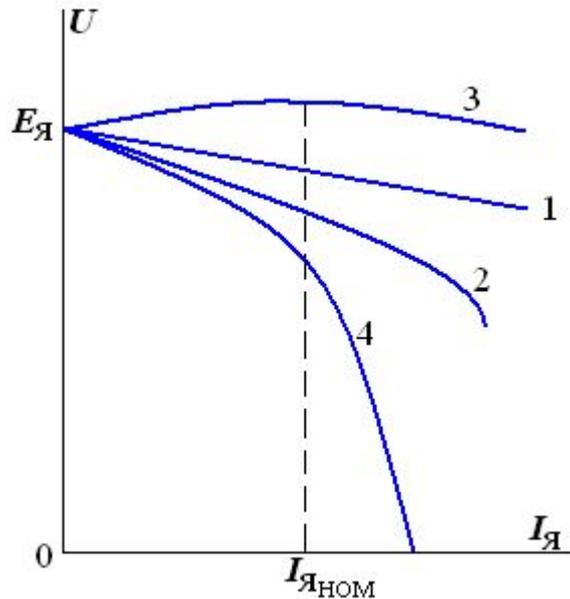
4. Эксплуатационные характеристики генератора постоянного тока

Характеристика холостого хода – это зависимость напряжения на зажимах генератора от тока возбуждения при отсутствии нагрузки ($I_{\text{п}}=I_{\text{я}}=0$) и постоянной частоте вращения, равной номинальной ($n=n_{\text{ном}}=\text{const}$).



4. Эксплуатационные характеристики генератора постоянного тока (продолжение)

Внешняя характеристика - зависимость напряжения на зажимах генератора от тока в приемнике (тока якоря) при неизменном токе возбуждения (магнитном потоке Φ_B) и частоте вращения n .

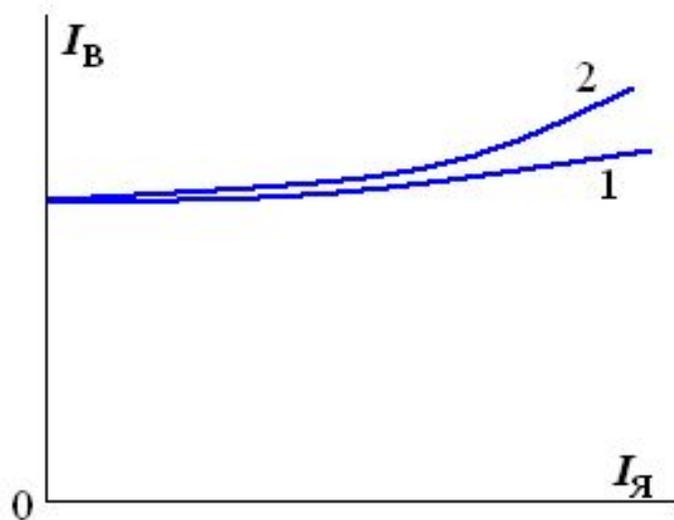


$$U = E_{\text{я}} - R_{\text{я}} I_{\text{я}}$$

- 1 – независимое возбуждение
- 2 – параллельное возбуждение
- 3, 4 – смешанное возбуждение

4. Эксплуатационные характеристики генератора постоянного тока (продолжение)

Регулировочная характеристика генератора постоянного тока - зависимость тока возбуждения от тока якоря, при неизменном напряжении на зажимах генератора и постоянной частоте вращения. Она показывает как необходимо регулировать ток возбуждения чтобы поддерживать напряжение на зажимах генератора неизменным при изменении нагрузки.



1 – с независимым возбуждением, 2 – с параллельным возбуждением

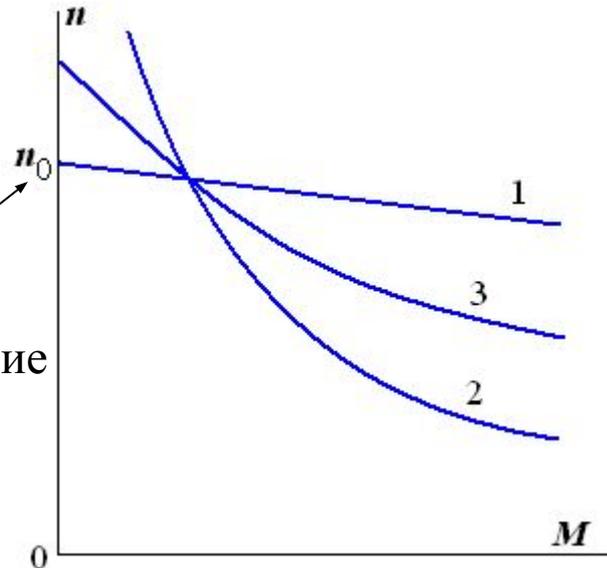
4. Эксплуатационные характеристики двигателей постоянного тока

Механическая характеристика двигателя постоянного тока - зависимость частоты вращения n от момента нагрузки на валу M

$$\left. \begin{aligned} E_{\text{я}} &= C_e \Phi_{\text{в}} n \\ M_{\text{эм}} &= C_M I_{\text{я}} \Phi_{\text{в}} \\ U &= E_{\text{я}} + I_{\text{я}} R_{\text{я}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow n = \frac{U}{C_e \Phi_{\text{в}}} - \frac{R_{\text{я}}}{C_e C_M \Phi_{\text{в}}^2} M$$

Холостой ход

- 1 – независимое, параллельное возбуждение
- 2 – последовательное возбуждение
- 3 – смешанное возбуждение



С увеличением момента M на валу двигателя частота вращения n уменьшается.

4. Эксплуатационные характеристики двигателей постоянного тока (продолжение)

Пуск двигателя постоянного тока

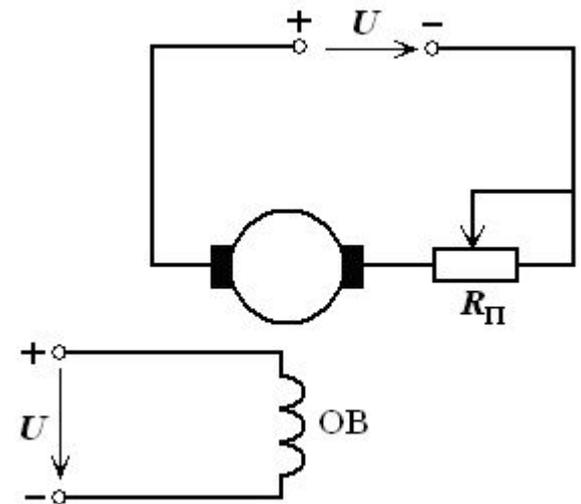
Ток якоря двигателя постоянного тока:
$$I_{\text{я}} = \frac{U - E_{\text{я}}}{R_{\text{я}}}$$

Ток якоря при пуске:
$$I_{\text{я,пуск}} = \frac{U}{R_{\text{я}}} > I_{\text{я,ном}}$$

Пусковой момент:
$$M_{\text{пуск}} = C_M \Phi_{\text{в}} I_{\text{я,пуск}} > M_{\text{ном}}$$

Пусковой реостат ограничивает ток якоря при пуске:

$$I_{\text{я,пуск}} = \frac{U}{R_{\text{я}} + R_{\text{п}}}$$

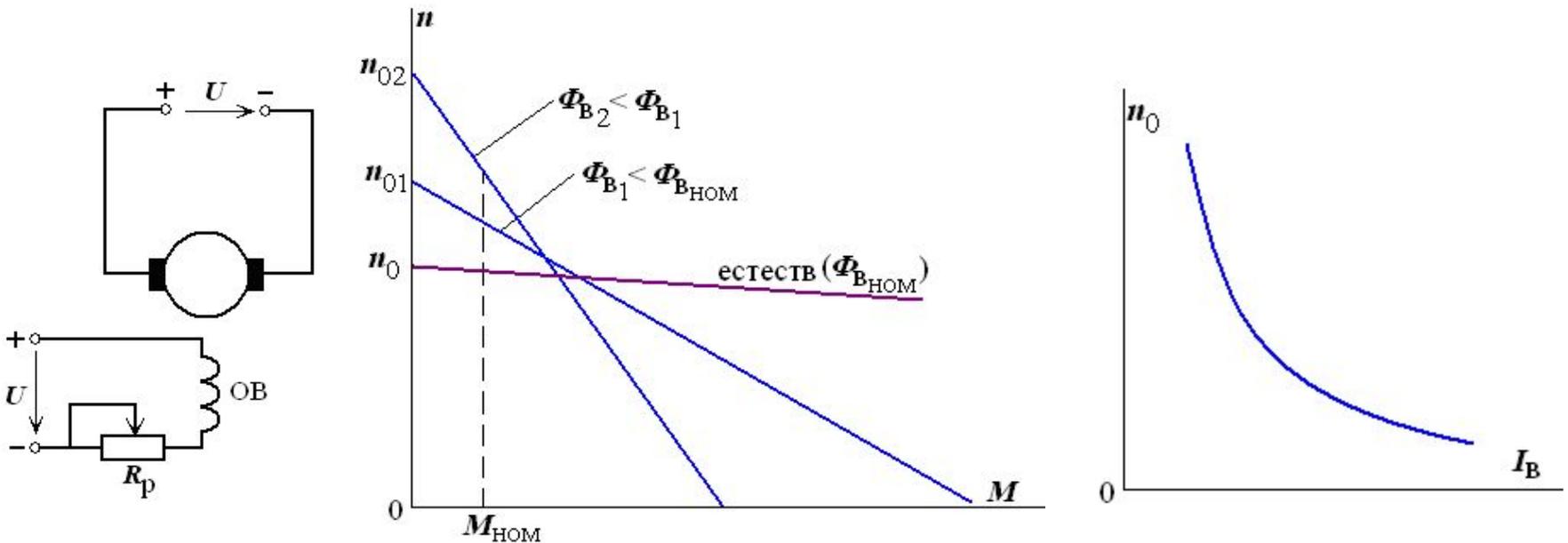


4. Эксплуатационные характеристики двигателей постоянного тока (продолжение)

Регулирование частоты вращения двигателя постоянного тока

$$n = \frac{U}{C_e \Phi_B} - \frac{R_{\text{я}}}{C_e C_M \Phi_B^2} M$$

Полюсное регулирование - способ регулирования изменением магнитного потока Φ_B



Естественная и искусственные механические характеристики

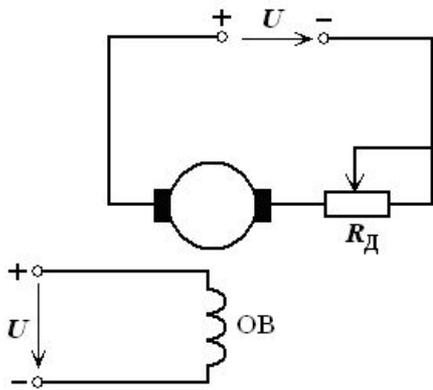
Регулировочная характеристика

4. Эксплуатационные характеристики двигателей постоянного тока (продолжение)

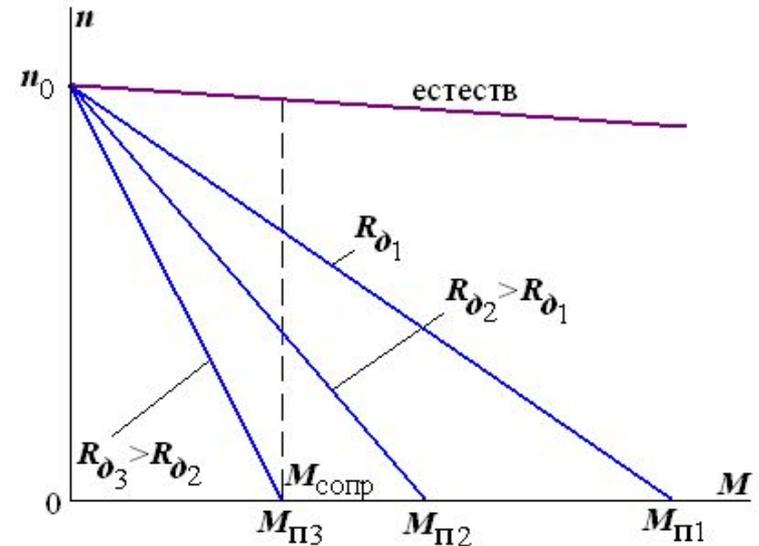
Регулирование частоты вращения двигателя постоянного тока

$$n = \frac{U}{C_e \Phi_B} - \frac{R_{\text{я}}}{C_e C_M \Phi_B^2} M$$

Реостатное регулирование - способ регулирования изменением сопротивления в цепи якоря.



$$n = \frac{U}{C_e \Phi_B} - \frac{R_{\text{я}} + R_{\text{Д}}}{C_e C_M \Phi_B^2} M$$



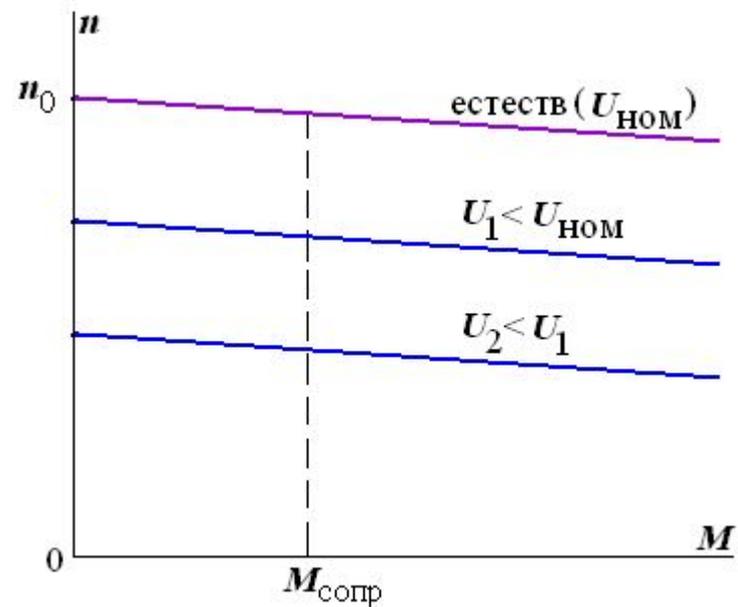
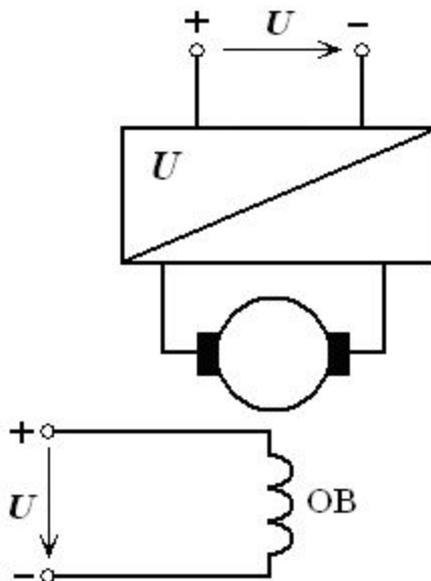
Реостатные механические характеристики ДПТ

4. Эксплуатационные характеристики двигателей постоянного тока (продолжение)

Регулирование частоты вращения двигателя постоянного тока

$$n = \frac{U}{C_e \Phi_B} - \frac{R_{\text{я}}}{C_e C_M \Phi_B^2} M$$

Якорное регулирование - регулирование напряжением на обмотке якоря



Механические характеристики ДПТ при якорном регулировании

Заключен

1. На проводники с током обмотки якоря действует *электромагнитная сила*, которая создает *электромагнитный вращающий момент*. Таким образом, электромагнитный момент машины постоянного тока пропорционален току в обмотке якоря $I_{\text{я}}$ и магнитному потоку возбуждения $\Phi_{\text{в}}$.

$$M_{\text{эм}} = C_M I_{\text{я}} \Phi_{\text{в}}$$

В двигателе постоянного тока электромагнитный момент определяет механическую мощность на его валу. *В генераторе* постоянного тока электромагнитный момент уравнивает момент приводного двигателя.

2. При вращении якоря машины постоянного тока в магнитном поле возбуждения в его обмотке *индуцируется ЭДС*. ЭДС обмотки якоря машины постоянного тока пропорциональна магнитному потоку возбуждения и частоте вращения якоря.

$$E_{\text{я}} = C_e \Phi_{\text{в}} n$$

В двигателе постоянного тока ЭДС якоря уравнивает напряжение, приложенное к его обмотке. *В генераторе* постоянного тока ЭДС якоря определяет напряжение на его зажимах.

Заключе ние

3. Преобразование энергии в машинах постоянного тока сопровождается *потерями энергии*. В МПТ можно выделить четыре составляющих потерь: *потери в обмотке возбуждения*, определяемые ее сопротивлением и током возбуждения; *потери в обмотке якоря*, определяемые ее сопротивлением и током якоря; *магнитные потери* в магнитопроводе, определяемы перемагничиванием магнитопровода якоря; *механические потери*, определяемые трением вращающихся частей. К.п.д. машины постоянного тока в зависимости от мощности может быть 60÷96%.

Заключе ние

4. Основными характеристиками генератора постоянного тока являются: характеристика холостого хода, внешняя характеристика и регулировочная характеристика.

Характеристика холостого хода (х.х.х.) – это зависимость напряжения на зажимах генератора от тока возбуждения при отсутствии нагрузки ($I_{\Pi}=I_{\text{я}}=0$) и постоянной частоте вращения, равной номинальной ($n=n_{\text{ном}}=\text{const}$). х.х.х. определяется нелинейными свойствами стального магнитопровода и соответствует виду кривой намагничивания стали.

Внешняя характеристика - это зависимость напряжения на зажимах генератора от тока в приемнике (тока якоря) при неизменном токе возбуждения (магнитном потоке $\Phi_{\text{в}}$) и частоте вращения n .

Регулировочная характеристика – это зависимость тока возбуждения от тока якоря, при неизменном напряжении на зажимах генератора и постоянной частоте вращения. Она показывает как необходимо регулировать ток возбуждения при изменении нагрузки, чтобы поддерживать напряжение на зажимах генератора неизменным.

Внешняя и регулировочная характеристики генератора зависят от способа возбуждения.

Заключен

5. Характеристики двигателя постоянного тока определяются его механической характеристикой, пусковыми и регулировочными свойствами.

Механическая характеристика – это зависимость частоты вращения n от момента нагрузки на валу M ($n=f(M)$). С увеличением момента M на валу двигателя частота вращения n уменьшается.

Пуск двигателя постоянного тока сопровождается большим пусковым током якоря. Пусковой ток может быть ограничен включением в цепь якоря пускового реостата, либо регулированием напряжения на обмотке якоря.

Регулирование частоты вращения двигателя постоянного тока может осуществляться тремя способами: изменением магнитного потока Φ в (*полюсное регулирование*), изменением сопротивления в цепи якоря $Rя$ (*реостатное регулирование*) и изменением напряжения U , приложенного к обмотке якоря (*якорное регулирование*).

Механическая характеристика при номинальном токе возбуждения и номинальном напряжении якоря называется естественной механической характеристикой. Искусственные механические характеристики зависят от способа регулирования. Вид механической характеристики, пусковые и регулировочные свойства существенно зависят от способа возбуждения машины.

Контрольные

вопросы

От чего зависит электромагнитный момент МПТ?

- 1) Электромагнитный момент машины постоянного тока пропорционален току в обмотке якоря и магнитному потоку возбуждения;
- 2) Электромагнитный момент машины постоянного тока пропорционален частоте вращения и обратно пропорционален магнитному потоку возбуждения;
- 3) Электромагнитный момент машины постоянного тока обратно пропорционален току в обмотке якоря и магнитному потоку возбуждения.

От чего зависит ЭДС в обмотке якоря МПТ?

- 1) ЭДС обмотки якоря машины постоянного тока пропорциональна магнитному потоку возбуждения и частоте вращения якоря;
- 2) ЭДС обмотки якоря машины постоянного тока пропорциональна току якоря;
- 3) ЭДС обмотки якоря машины постоянного тока обратно пропорциональна магнитному потоку возбуждения и частоте вращения якоря.

Основные составляющие потерь энергии в машине постоянного тока:

- 1) Потери в обмотке возбуждения, потери в обмотке якоря, магнитные потери механические потери.
- 2) Электрические потери в обмотках, магнитные потери в магнитопроводе, потери в приемнике
- 3) Электрические потери в обмотках и механические потери

Контрольные вопросы

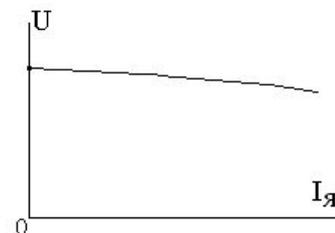
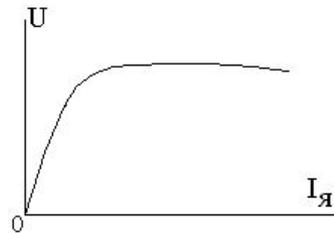
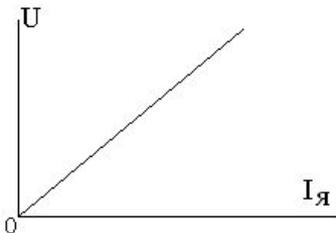
Характеристика холостого хода ГПТ - это

- Зависимость напряжения на зажимах генератора от тока возбуждения
- Зависимость напряжения на зажимах генератора от тока в приемнике (тока якоря)
- Зависимость тока возбуждения от тока якоря, при неизменном напряжении на зажимах генератора

Зависит ли напряжение генератора постоянного тока от величины нагрузки?

- С увеличением нагрузки напряжение ГПТ уменьшается.
- С увеличением нагрузки напряжение ГПТ увеличивается.
- Напряжение ГПТ не зависит от величины нагрузки.

Указать график внешней характеристики ГПТ независимого возбуждения



Контрольные вопросы

Что такое холостой ход ГПТ ?

- Режим работы ГПТ при разомкнутой обмотке якоря (отключенном приемнике).
- Режим работы ГПТ при замкнутых между собой выводах обмотки якоря.
- Режим работы, при котором обмотка возбуждения отключена

Чем объясняется уменьшение напряжения ГПТ с увеличением тока якоря?

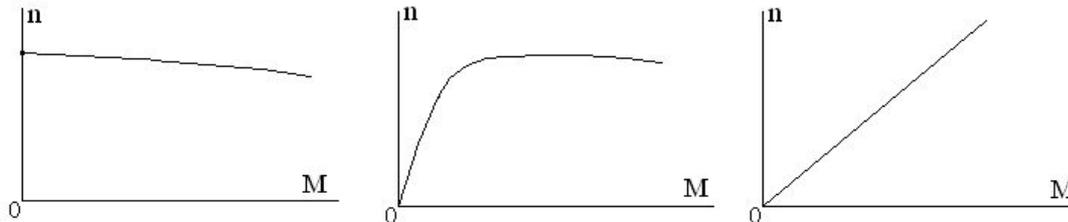
- Падением напряжения в обмотке якоря;
- Уменьшением сопротивления приемника;
- Уменьшением частоты вращения.

Как необходимо изменять ток возбуждения ГПТ при увеличении тока нагрузки, чтобы поддержать напряжение неизменным?

- Увеличивать
- Уменьшать
- Ток возбуждения не влияет

Контрольные

Указать графы механической характеристики ДПТ.



Что такое холостой ход ДПТ?

- Режим работы ДПТ при отсутствии механической нагрузки на валу.
- Режим работы ДПТ при отключенной обмотке якоря.
- Режим работы ДПТ при отключенной обмотке возбуждения.
- Аварийный режим, возникающий при обрыве цепи обмотки якоря.

Как соотносятся частота вращения холостого хода (n_0) и номинальная частота вращения ($n_{ном}$) ДПТ?

- $n_{ном} = n_0$
- $n_{ном} > n_0$
- $n_{ном} < n_0$

Контрольные вопросы

Как изменится частота вращения ДПТ, если в цепь якоря ввести добавочное сопротивление?

Уменьшится Увеличится Не изменится

Как изменится частота вращения ДПТ при введении добавочного сопротивления в цепь возбуждения?

Уменьшится Увеличится Не изменится

Для чего в цепь якоря ДПТ на время пуска включается пусковой реостат?

- Для ограничения пускового тока якоря ДПТ;
- Для увеличения пускового момента;
- Для уменьшения электрических потерь.

Указать механическую характеристику ДПТ с параллельным и последовательным возбуждением

