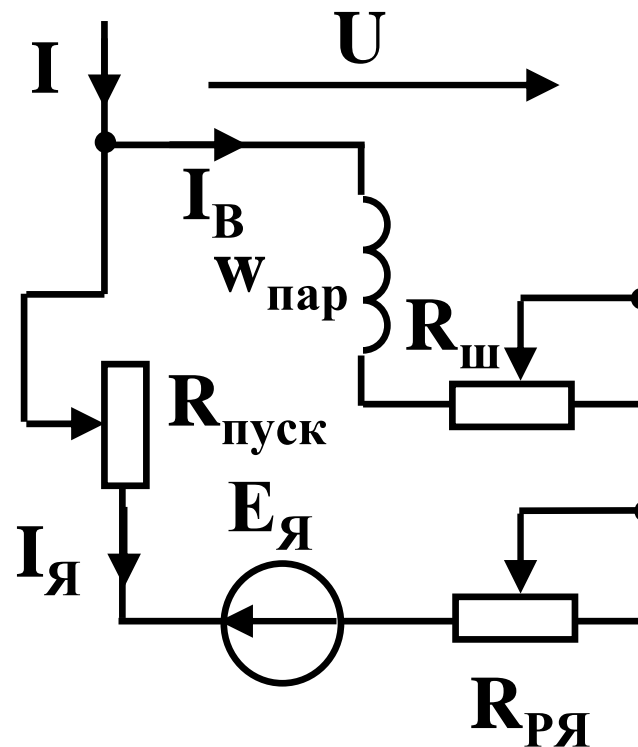


# Двигатели ПОСТОЯННОГО ТОКА

# Двигатель с параллельным возбуждением

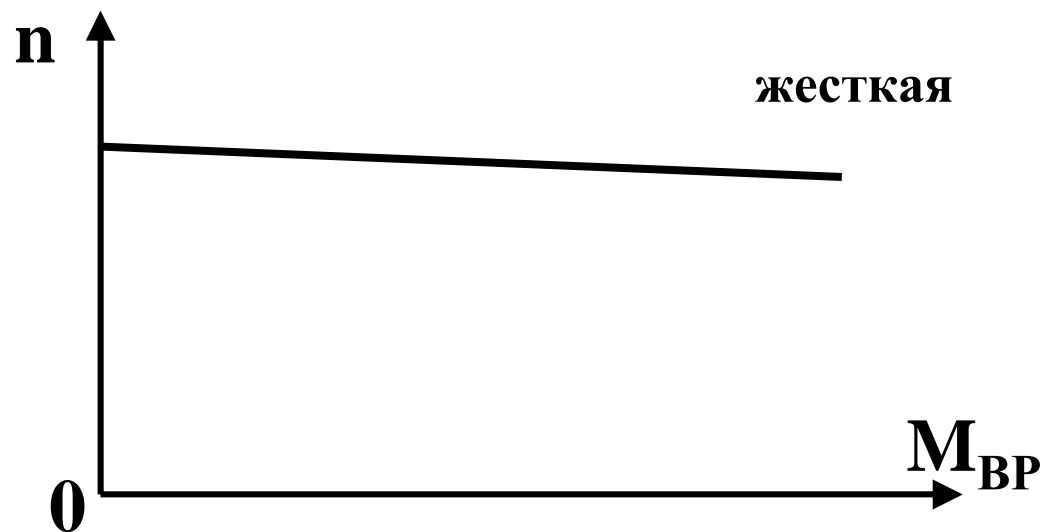


**Если ОВ подключить через регулировочный реостат к другому источнику постоянного напряжения, то получится двигатель с независимым возбуждением.**

$$E_{\text{я}} = C_E \cdot \Phi \cdot n, \quad I_{\text{я}} = \frac{U - E_{\text{я}}}{R_{\text{я}}}$$
$$n = \frac{U - I_{\text{я}} R_{\text{я}}}{C_E \Phi}$$

**- изменяется очень мало**

# Механическая характеристика



$$M_T \uparrow \Rightarrow \eta \downarrow \Rightarrow E_{я} \downarrow \Rightarrow I_{я} \uparrow \Rightarrow M_{BP} \uparrow$$

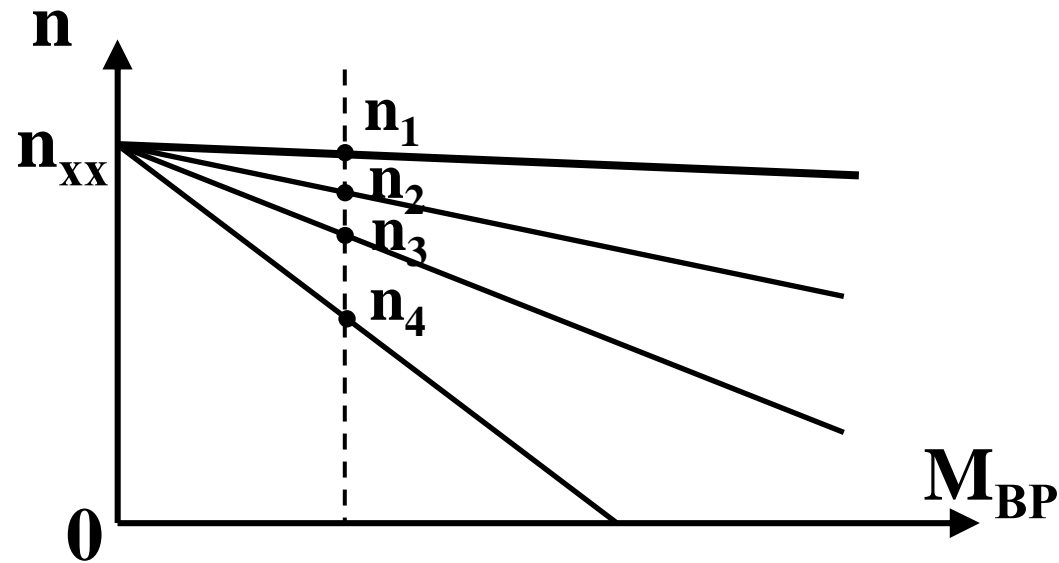
$$M_{BP} = M_T$$

# **Способы регулирования частоты вращения**

- **реостатный – изменение суммарного сопротивления цепи якоря;**
- **полюсной – изменение магнитного потока полюсов;**
- **якорный – изменение напряжения, подводимого к якорю**

# Реостатное регулирование

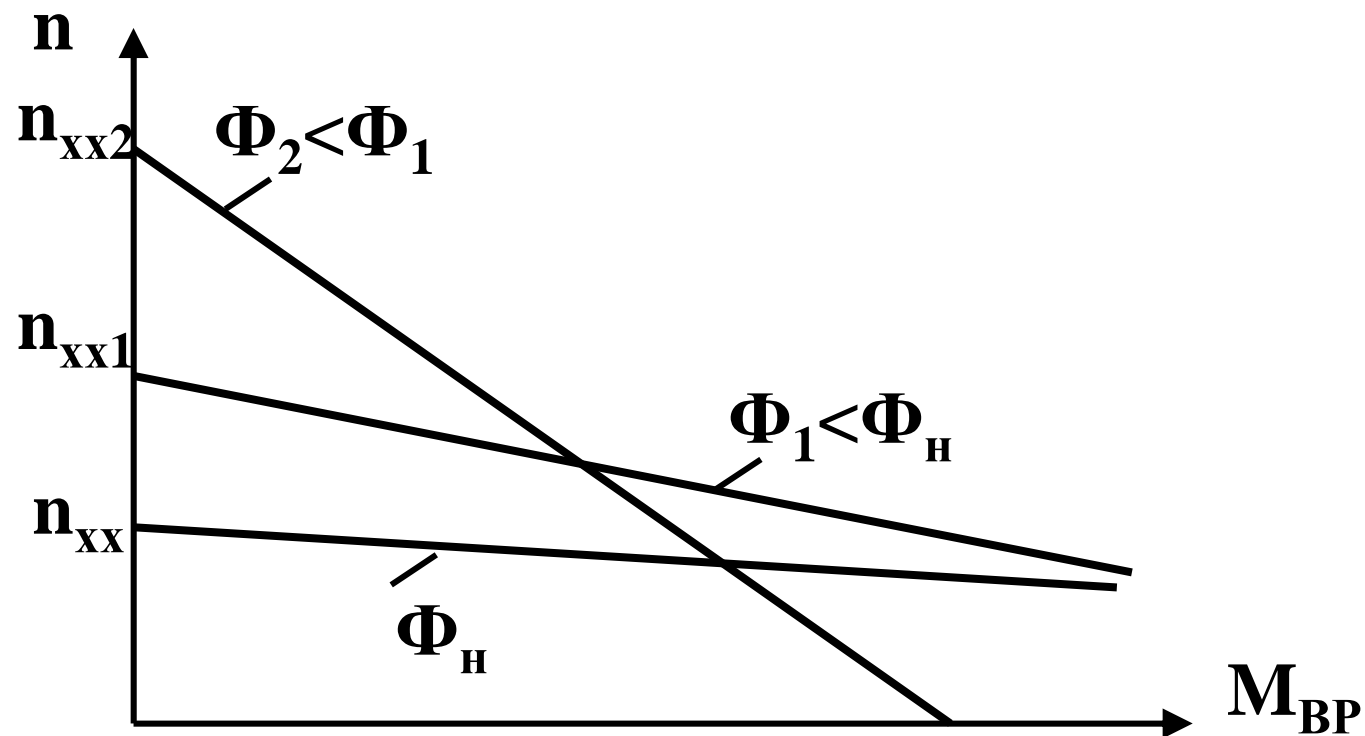
В цепь якоря вводится регулировочный реостат  $R_{рЯ}$



Неэкономично из-за потерь в реостате, применяется для двигателей небольшой мощности

# Полюсное регулирование

Меняем магнитный поток за счет регулирования тока возбуждения реостатом  $R_{III}$



**Если момент, прикладываемый к валу, меньше номинального, то частота вращения возрастает.**

$$\Phi \downarrow \Rightarrow E_{\text{я}} \downarrow \Rightarrow I_{\text{я}} \uparrow \Rightarrow M_{\text{вр}} > M_{\text{т}} \Rightarrow \\ \Rightarrow n \uparrow \Rightarrow E_{\text{я}} \uparrow \Rightarrow I_{\text{я}} \downarrow \Rightarrow M_{\text{вр}} \downarrow \Rightarrow$$

$$M_{\text{вр}} = M_{\text{т}}$$

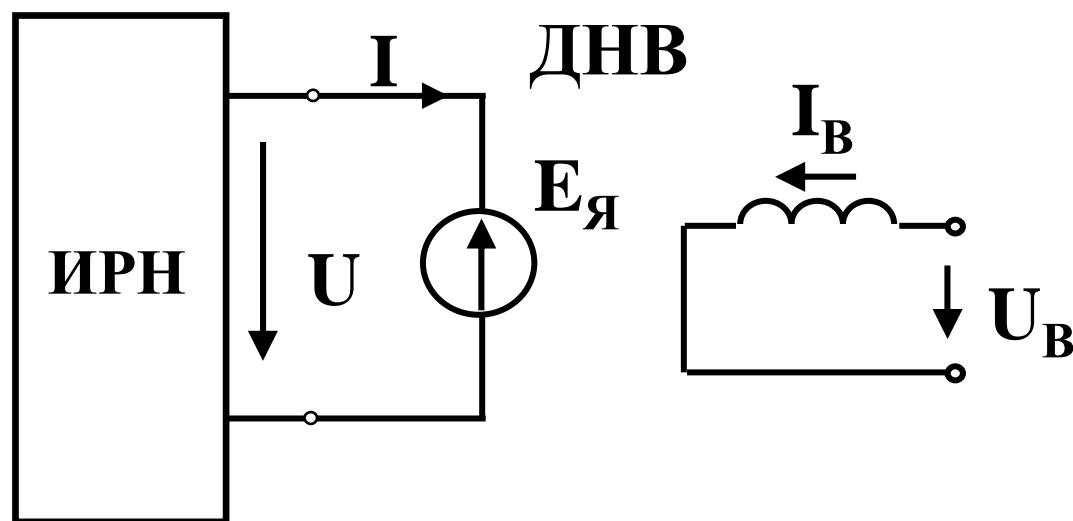
**При равенстве моментов устанавливается повышенное значение частоты вращения при большем токе якоря**



- **Если нагрузка на валу больше номинальной, полюсное регулирование применять нельзя, т.к. с уменьшением магнитного потока ток якоря превысит номинальный.**
- **Полюсным регулированием можем только повышать частоту вращения.**
- **Полюсное регулирование экономично из-за малой мощности ОВ.**

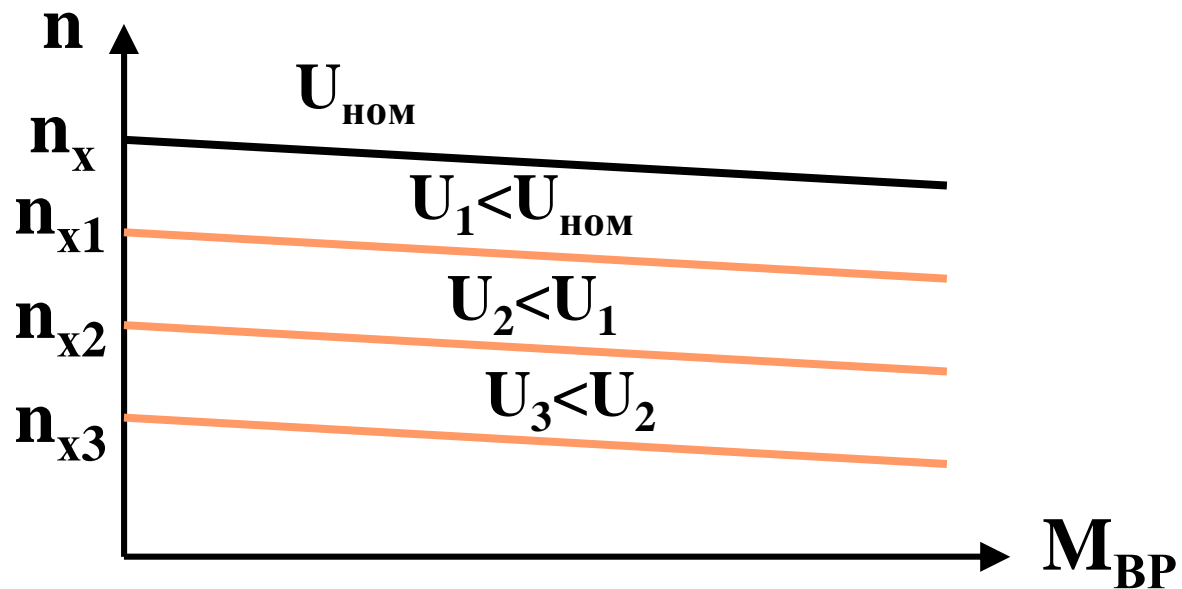
## Якорное регулирование

только при независимом возбуждении, т.к. при параллельном одновременно изменялся бы и  $\Phi$ , что привело бы к изменению  $I_{\text{я}}$ , а не  $n$ .



Источник регулируемого напряжения (управляемый выпрямитель)

От ИРН на якорь ДНВ подается напряжение, которое можно менять от нуля до  $U_{\text{н}}$  и обратно с переменной полярностью. Пусковой реостат не нужен, т.к. пуск начинается с малого напряжения.

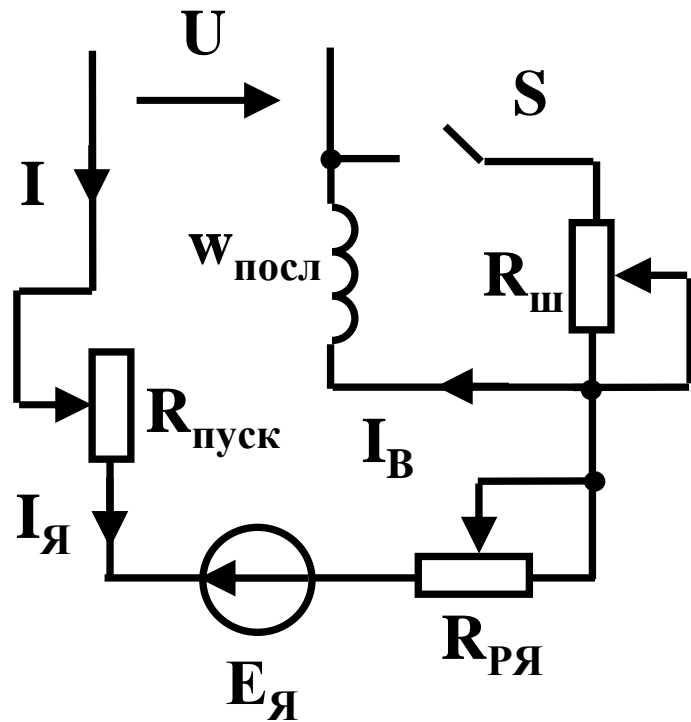


$$U_1 < U_{\text{НОМ}} \Rightarrow I_{\text{Я}}, M_{\text{ВР}} \downarrow \Rightarrow n \downarrow \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_{\text{Я}} \downarrow \Rightarrow I_{\text{Я}}, M_{\text{ВР}} \uparrow \Rightarrow$$

**При  $M_{\text{ВР}}=M_{\text{T}}$  замедление прекращается. Если  $M_{\text{T}}$  не изменился, ток якоря останется прежним.**

# Двигатель с последовательным возбуждением

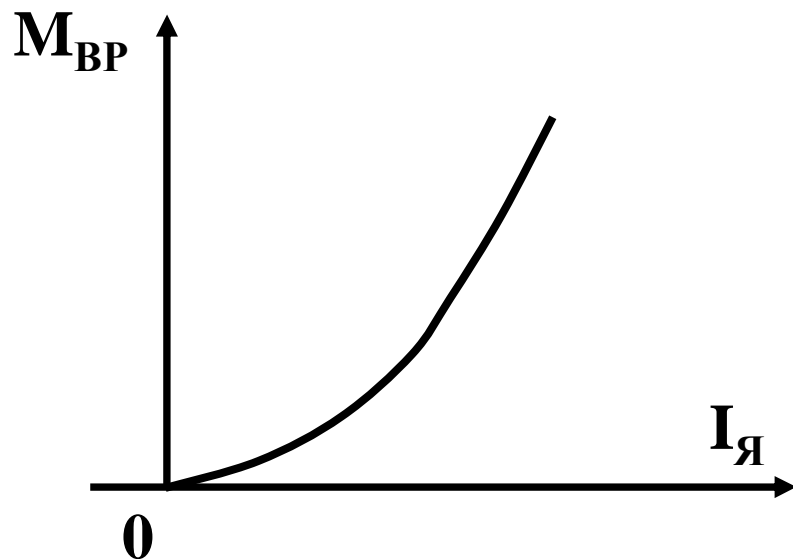


Ключ разомкнут  $I_{я}=I_{в}$

$$\Phi = \frac{I_{я} w_{\text{посл}}}{R_{M}} \quad n = \frac{U - I_{я} R_{я}}{C_E \Phi}$$

$$n = \frac{U - (R_{я} + R_{в}) I_{я}}{C_E w_{\text{посл}} I_{я} / R_{M}}$$

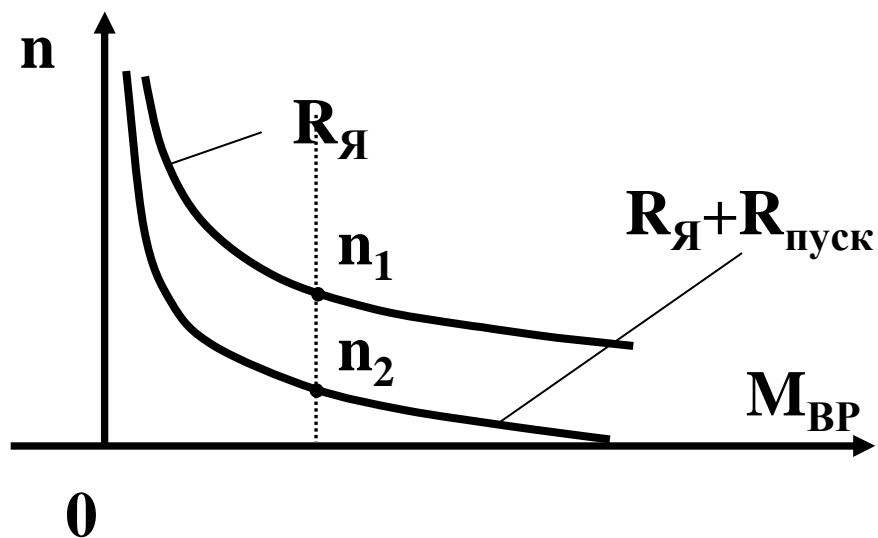
$$M_{вР} = C_M w_{\text{посл}} I_{я}^2 / R_{M}$$



$$M_{BP} = C_M w_{\text{посл}} I_{Я}^2 / R_M$$

имеет вид параболы

$$n = \frac{U - (R_{Я} + R_{В}) I_{Я}}{C_E w_{\text{посл}} I_{Я} / R_M}$$



Механическая характеристика «мягкая», при небольших нагрузках двигатель идет «вразнос». Нельзя допускать работу при ХХ и нагрузке, меньшей 30% номинальной

**При увеличении нагрузки на валу ток возрастает относительно медленно и обратно пропорционально ему уменьшается  $n$ .**

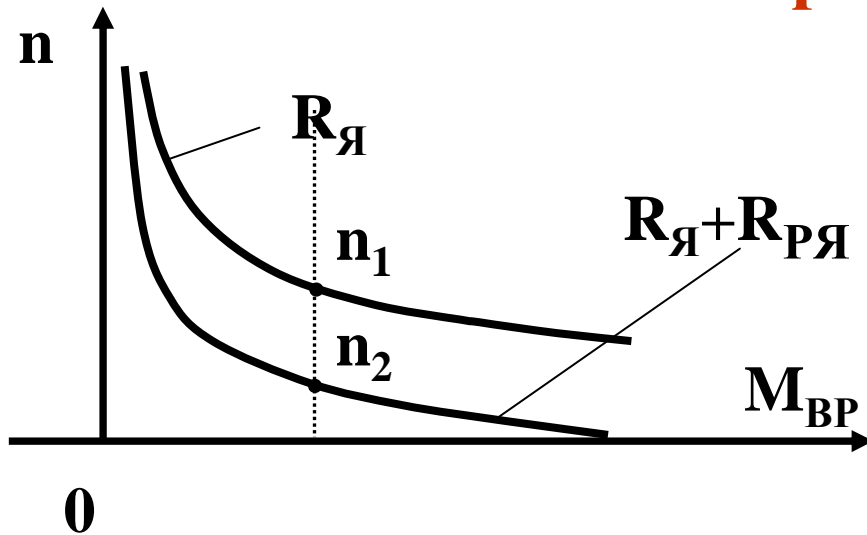
**При увеличении момента в 2 раза ток возрастает лишь до 140% первоначального значения, а  $n$  уменьшается до 70%. У двигателя с параллельным возбуждением увеличение момента в 2 раза незначительно снизит  $n$ , зато ток двигателя увеличится до 200% первоначального.**

**Двигатель последовательного возбуждения может выдерживать сильные перегрузки при умеренном увеличении тока.**

## **Регулирование $n$**

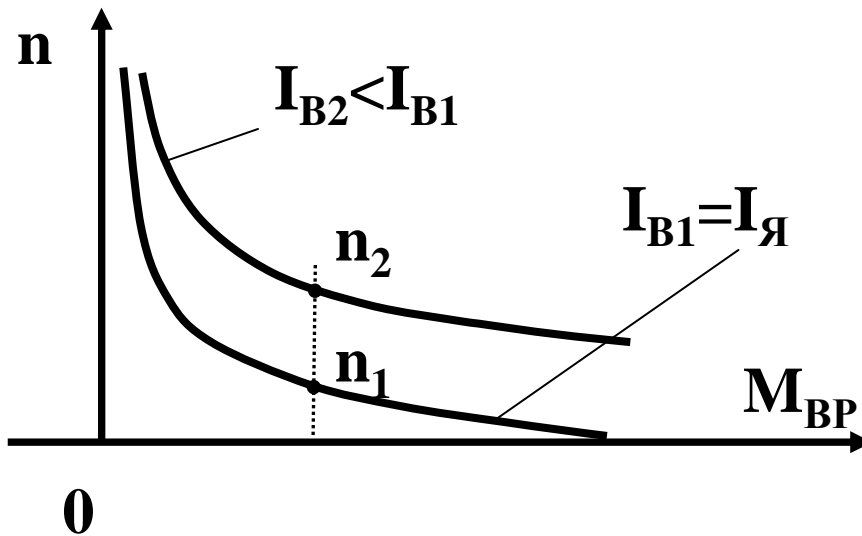
- **Реостатное введение  $R_{рЯ}$**
- **Полюсное осуществляется шунтированием ОВ реостатом  $R_{ш}$**
- **Безреостатное изменение напряжения на якоре позволяет регулировать  $n$  вниз от номинальной с сохранением высокого КПД**

## Реостатное регулирование



$$n = \frac{U - (R_{\text{я}} + R_{\text{в}} + R_{\text{р.я}})I_{\text{я}}}{C_{\text{Е}} w_{\text{посл}} I_{\text{я}} / R_{\text{М}}}$$

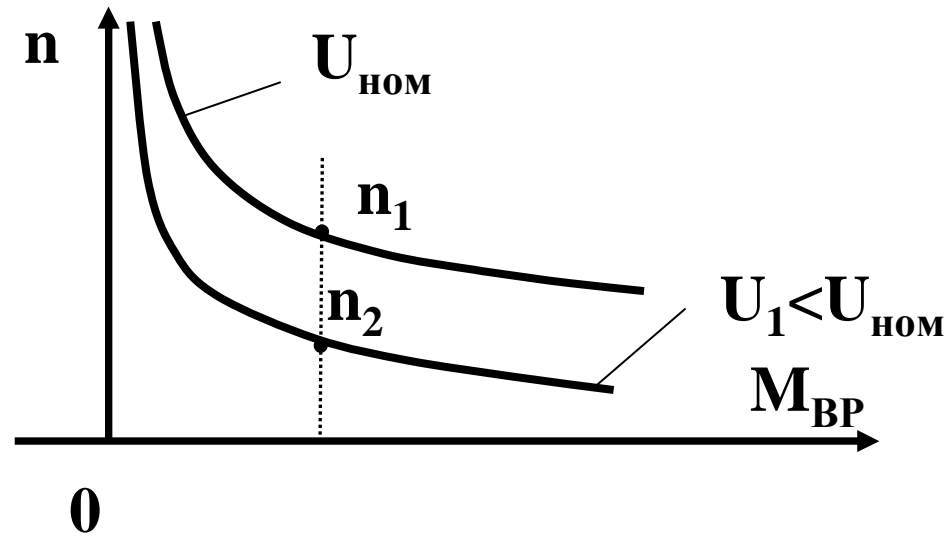
## Полюсное регулирование



При шунтировании ОВ уменьшается  $\Phi$  и увеличивается  $n$

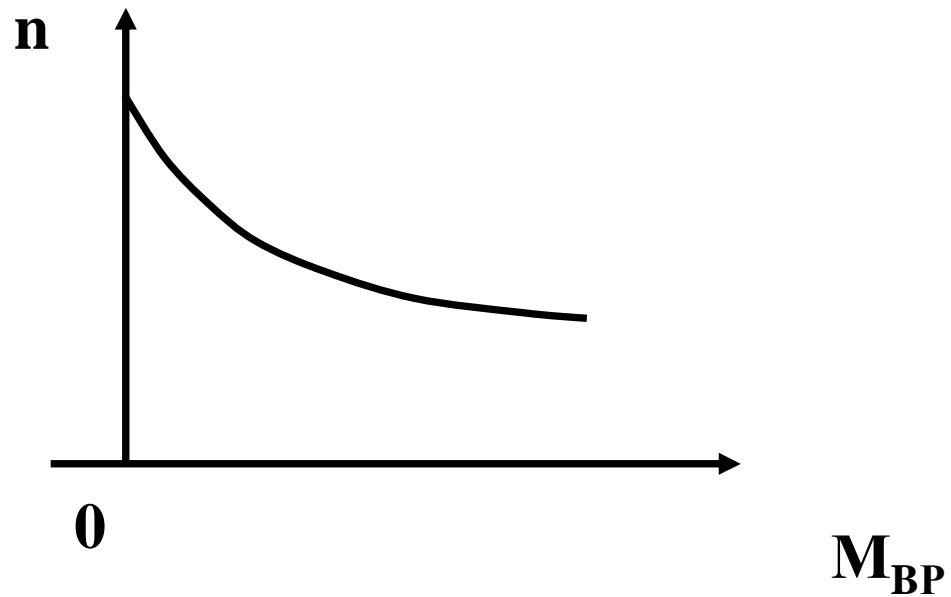
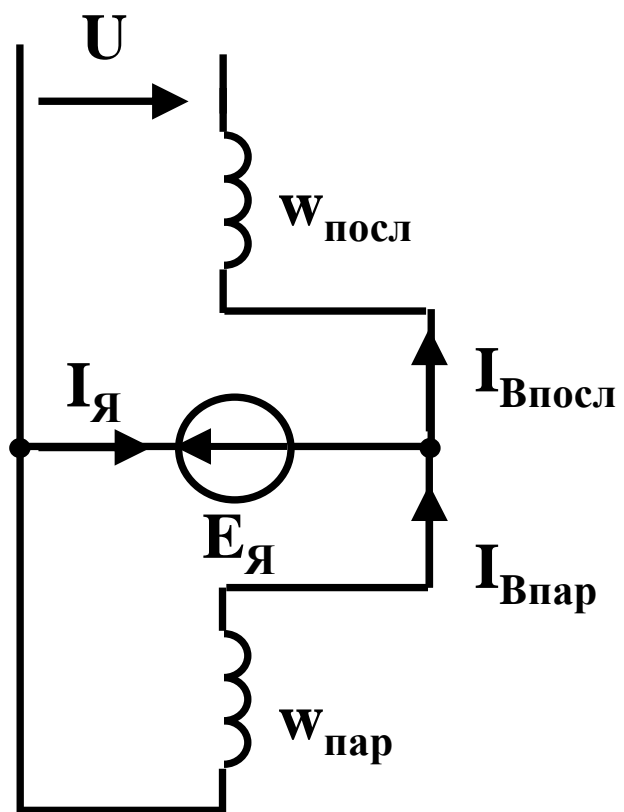


## Якорное регулирование



применяется в тяговых двигателях на электротранспорте, в подъемных устройствах. Регулирование производят переключением нескольких двигателей, работающих на один вал, с параллельного на последовательное включение их в сеть

# Двигатель смешанного возбуждения



**В двигателе с последовательно-параллельным возбуждением преобладает последовательное возбуждение, но из-за параллельной обмотки увеличение  $n$  при уменьшении нагрузки ограничено**

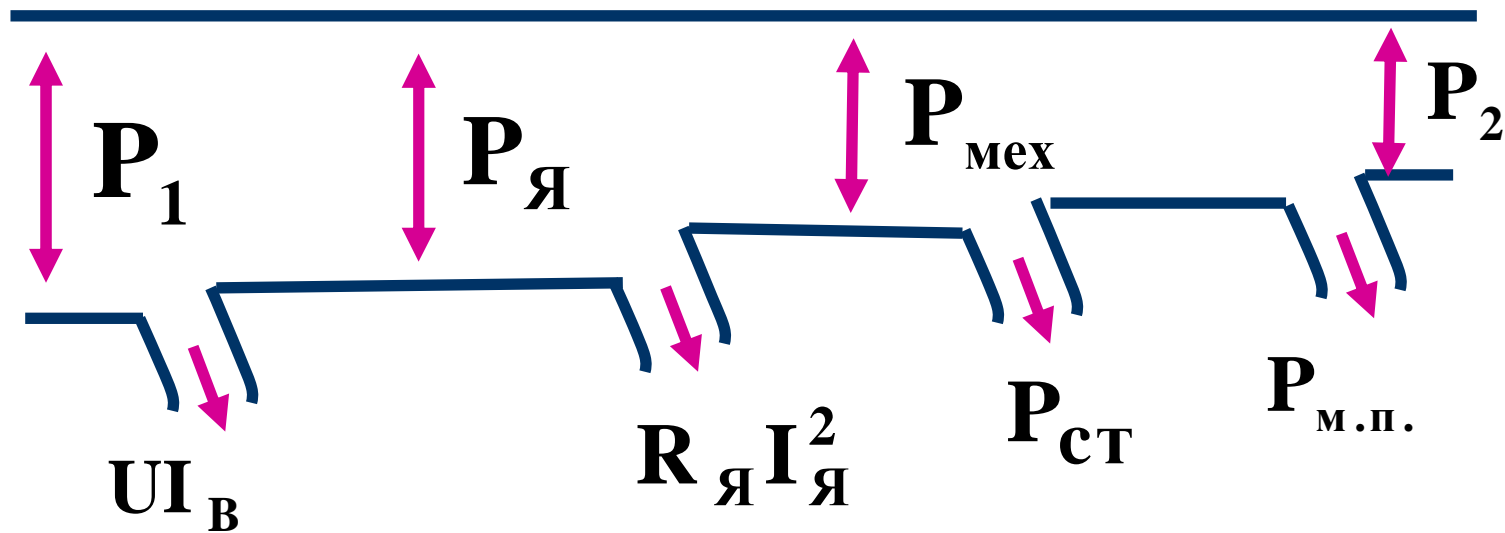
**В двигателе с параллельно-последовательным возбуждением преобладает параллельное возбуждение, но наличие последовательной обмотки смягчает его механическую характеристику.**

## **Особенности применения ДПТ**

- **Двигатели независимого и параллельного возбуждения – «жесткая» характеристика (станки, прокатные станы, вентиляторы и т.д.)**
- **Двигатели последовательного возбуждения – «мягкая» характеристика. Применяются в устройствах, где требуются большие пусковые моменты, и наблюдаются частые перегрузки по моменту (трамваи, троллейбусы, электровозы)**

# Потери энергии в МПТ

Энергетическая диаграмма двигателя  
параллельного возбуждения



$P_1$  – мощность, подведенная из сети;

$UI_B$  – мощность потерь в ОБ (несколько %);

$P_{\text{я}}$  – мощность, передаваемая в ОЯ;

$R_{\text{я}} I_{\text{я}}^2$  – электрические потери в ОЯ;

$$P_{\text{мех}} = P_{\text{ЭМ}} = E_{\text{я}} I_{\text{я}} = M_{\text{вр}} \cdot \Omega -$$

механическая мощность,

$$\Omega = \frac{2\pi n}{60}, [\text{рад/с}] -$$

механическая угловая скорость вращения якоря;

$P_{ст}$  – мощность потерь на гистерезис и вихревые токи в якоре (потери в стали);

$P_{м.п.}$  – механические потери на трение в подшипниках, щеток на коллекторе.

$$U = E_{я} + I_{я}R_{я}$$

Уравнение баланса мощностей цепи якоря  
двигателя

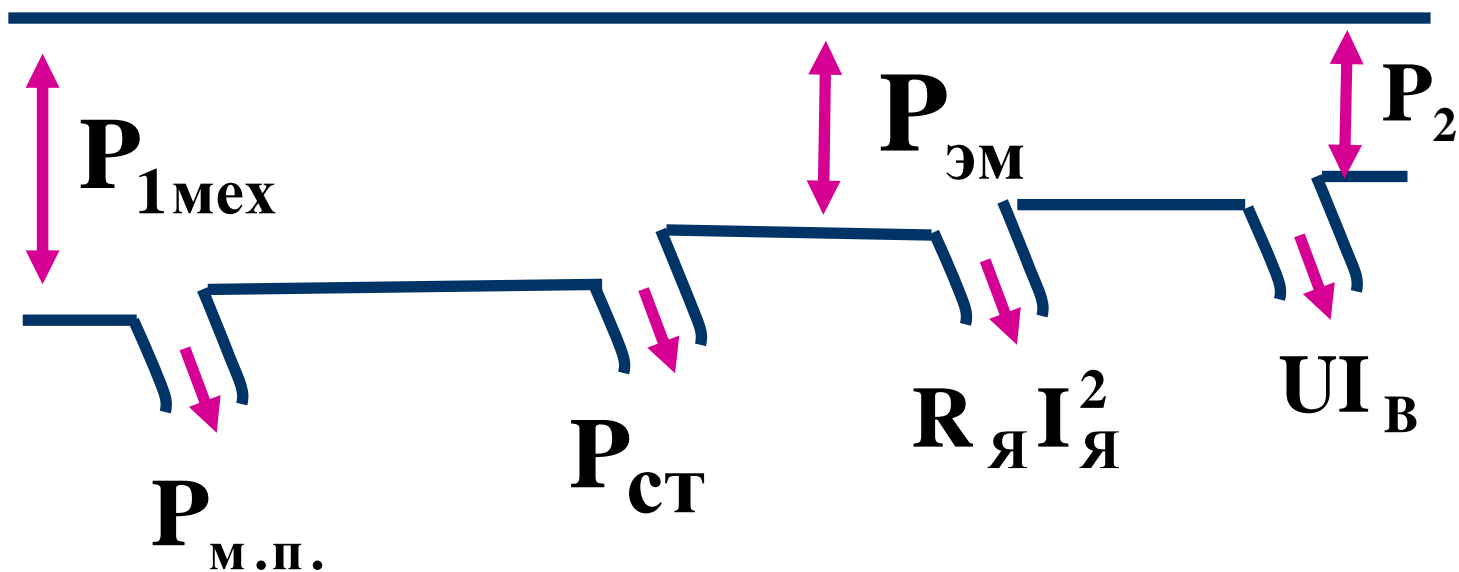
$$UI_{я} = E_{я}I_{я} + I_{я}^2R_{я}$$

Электрическая  
мощность

Электромагнитная  
мощность

Потери в меди

## Энергетическая диаграмма генератора параллельного возбуждения





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

**Уравнение баланса мощностей цепи якоря  
генератора**

$$E_{\text{я}} I_{\text{я}} = U I_{\text{я}} + I_{\text{я}}^2 R_{\text{я}}$$



**Электромагнитная  
мощность**



**Мощность  
приемника**



**Потери в меди**

# Универсальный коллекторный двигатель -

это коллекторный двигатель с последовательной ОВ, может работать от сети постоянного тока, и от однофазной сети переменного тока (пылесосы, швейные машинки, кофемолки, электродрели, медицинская техника)

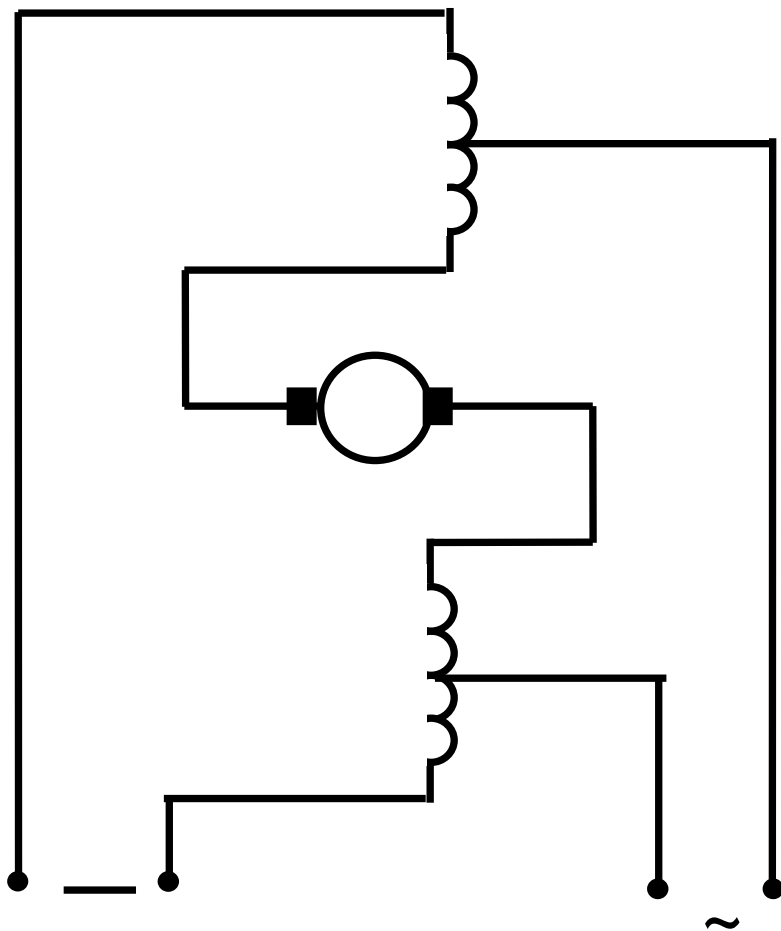
В двигателе параллельного и независимого возбуждения индуктивность ОВ много больше индуктивности якоря. Следовательно при питании от сети переменного тока  $\Phi$  и  $I_{я}$ , будут сдвинуты на  $90^\circ$  и вращающий момент создаваться не будет.

**В двигателе последовательного возбуждения при одновременном изменении  $\Phi$  и  $I_{\text{я}}$  направление момента не меняется, т.е. такой двигатель может работать и на переменном токе.**

**Универсальный коллекторный двигатель подобен двигателю постоянного тока с последовательным возбуждением.**

# Отличия:

- статор и якорь шихтованные (уменьшение магнитных потерь);
- ОВ секционированная



**ОВ состоит из двух катушек, одна из которых соединяется со щеткой положительной полярности, другая – со щеткой отрицательной полярности. Получается симметричная эл. цепь.**

**При работе на переменном токе напряжение подается на часть ОВ для сближения рабочих характеристик при работе двигателя от сети постоянного и переменного тока.**

**При работе двигателя от сети переменного тока существенно ухудшается коммутация и усиливается искрение под щетками.**

# Преимущества

- работают от сети постоянного и переменного тока;
- допускают возможность регулирования  $n$  (якорное и полюсное регулирование)
- высокая частота вращения (30000-40000 об/мин)