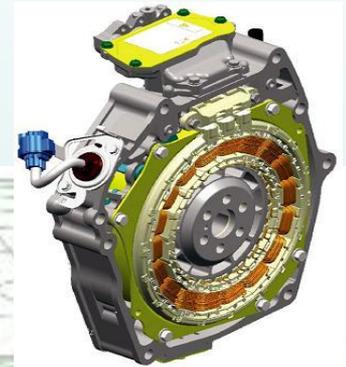
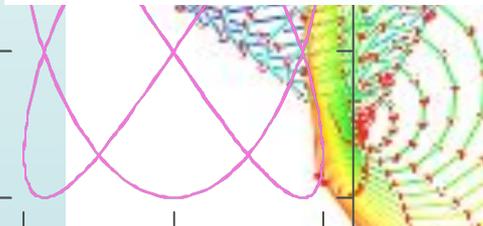


Асинхронный тяговый привод

$$\zeta = \sqrt{\sum_{n=0}^{\infty} 2(x-1)^{2n+1}}$$



$$\int_0^{3\pi} \frac{xn}{(n^2+1)\sqrt{n^2+2}}$$



Доктор техн. наук,
профессор
Щуров Николай Иванович

Недостатки ТЭД постоянного тока:

1. являются напряженными в коммутационном и тепловом отношении;
2. щеточный узел ненадежен.

Бесколлекторные ТЭД:

1. допускают большую частоту вращения;
2. имеют меньшую массу;
3. отсутствует скользящий контакт

Что затрудняло применение асинхронных тяговых двигателей:

- 1. Квадратичная зависимость вращающего момента от приложенного напряжения;**
- 2. громоздкость, сложность и ненадежность ранее существующих преобразователей;**
- 3. Значительное расхождение нагрузок между параллельно работающими ТЭД.**

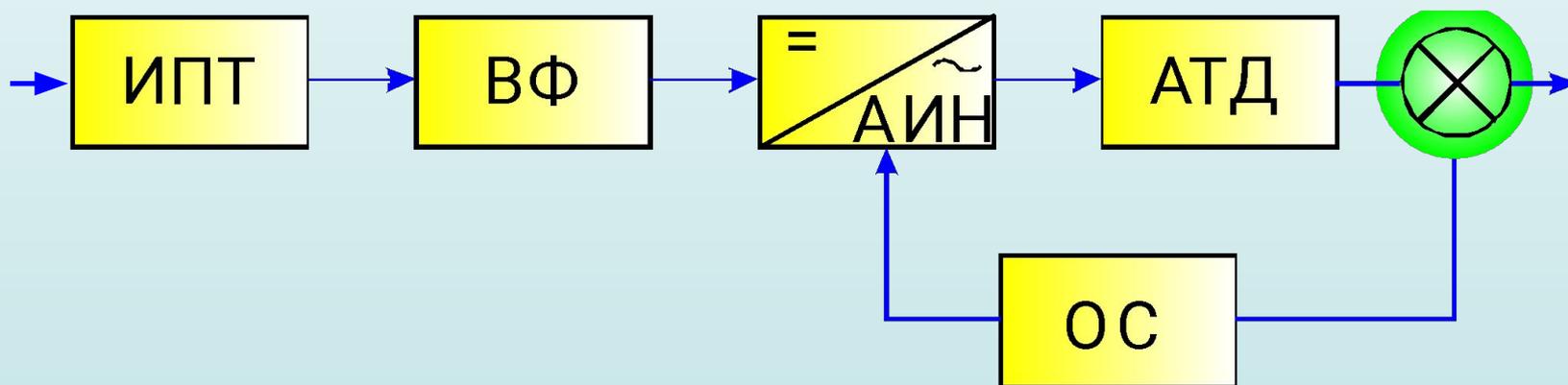
Применение современных полупроводниковых приборов решило проблему использования асинхронных ТЭД на новой технической основе.

С помощью устройств, называемых инверторами преобразуют постоянный ток в трехфазный переменный регулируемой частоты.

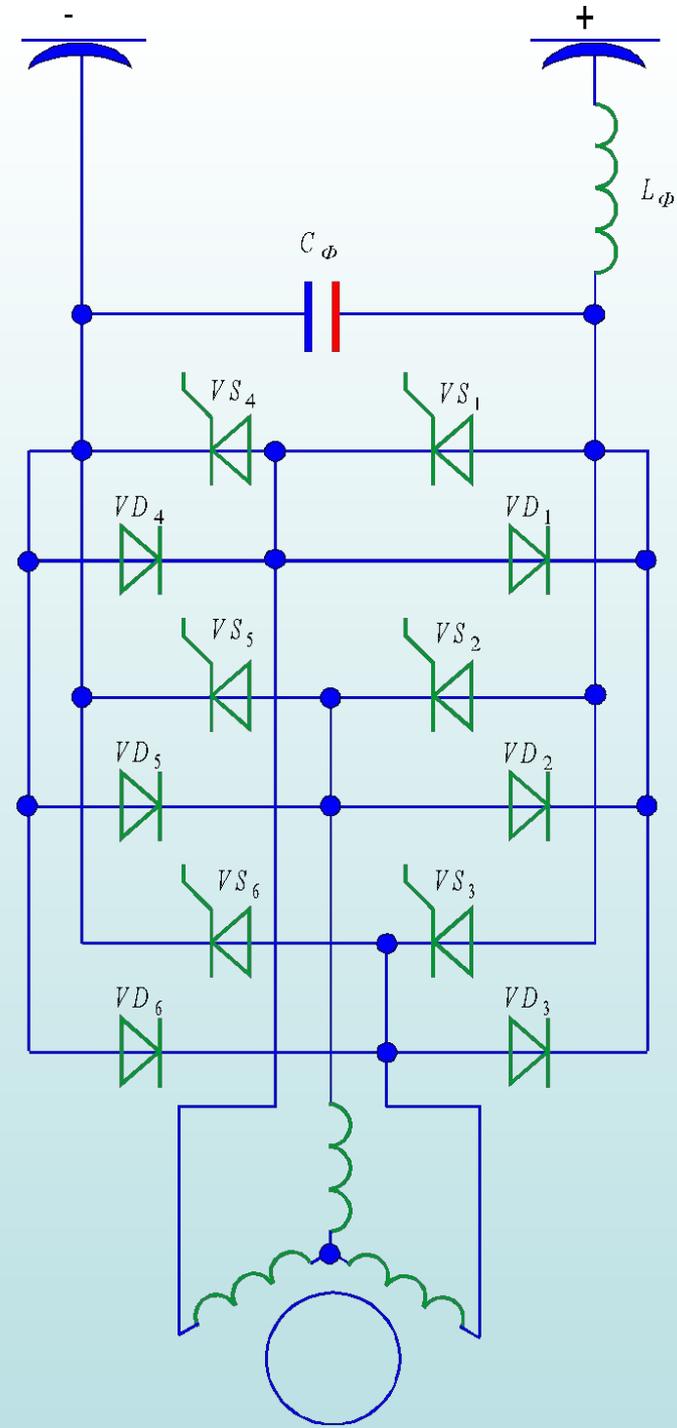
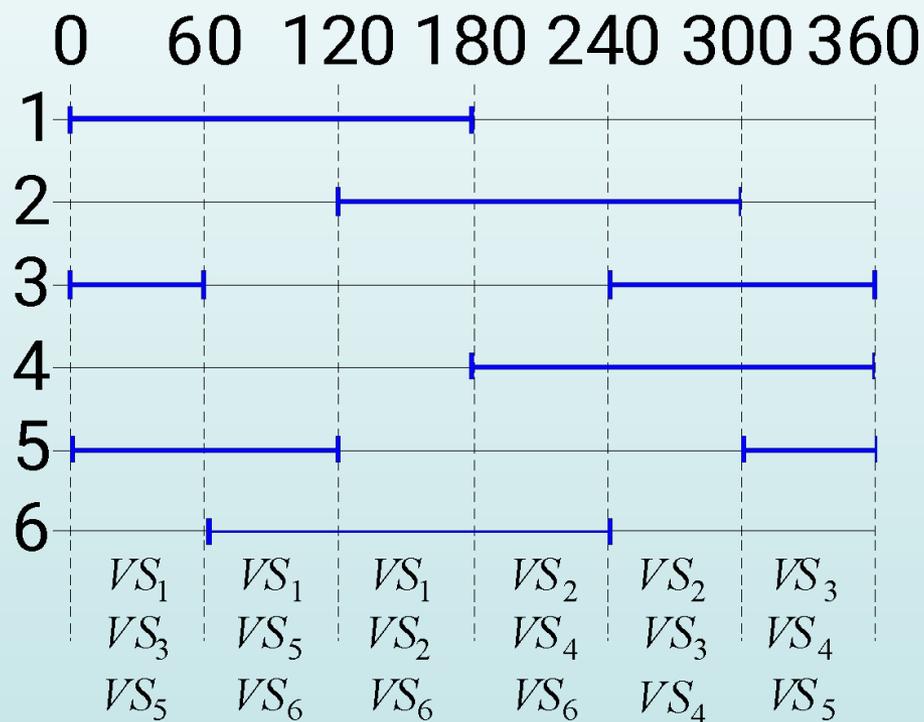
Регулирование режимов работы АД заключается в преобразовании по заданным законам напряжения и тока источника питания в систему напряжения и тока требуемого для питания обмоток бесколлекторного двигателя.

Законы регулирования задают так, чтобы обеспечить желаемые характеристики ЭПС.

Структурная схема системы регулирования



Силовая схема асинхронного тягового привода



Характеристики ЭПС с асинхронным тяговым приводом

6

Одним из важных параметров режима работы АД является относительное скольжение:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

n_1 и n_2 - соответственно частота вращения магнитного поля статора и частота вращения ротора,

$$n_1 \neq n_2.$$

Так как $f_1 = \frac{p \cdot n_1}{60}$ и $f_2 = \frac{p \cdot n_2}{60}$, то

$$s = \frac{f_1 - f_2}{f_1} = \frac{\Delta f}{f_1}; \quad \Delta f = s \cdot f_1$$

$\Delta f = f_1 - f_2$ - абсолютная частота скольжения ротора. Именно эту частоту Δf имеет Э.Д.С. наводимая в роторе АД.

Относительное скольжение меняется от $s = 1$ при неподвижном роторе, до $s = 0$, соответствующей синхронной скорости.

Рабочей частью моментной характеристики $M(s)$ АД является отрезок изменения скольжения от $s = 0$ до $s \leq s_{кр}$, за которым лежит область неустойчивой работы

При движении ЭПС приходится регулировать скорость, а следовательно f_1 и f_2 .

Зависимость момента вращения M асинхронного двигателя выражается:

$$M = \frac{9,82 \cdot p_1 \cdot m_1 \cdot r_2' \cdot U_1^2 \cdot s}{2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot [(C_1 \cdot r_2' + s \cdot r_1)^2 + (x_1 + C_1 \cdot x_2')^2 \cdot s^2]} \quad [H \cdot m]$$

p_1 и m_1 - соответствующее число пар полюсов и число фаз статора;

r_1 и x_1 - соответствующее активное и индуктивное сопротивления статора;

r_2' и x_2' - приведенные к параметрам цепи статора активное и индуктивное сопротивления ротора;

U_1 - напряжение питания;

C_1 - постоянная статора, для ТЭД $C_1 = 1$;

В силу того, что s в нормальном режиме относительно мало, то $s^2 = 0$

Принебрегая малым активным сопротивлением обмотки статора $r_1 = 0$ (тогда $r_1 \cdot r_2' \cdot s = 0$)

$$M = \frac{C \cdot U_1^2 \cdot s}{f_1}, \quad \text{где} \quad C = \frac{9,82 \cdot p_1 \cdot m_1}{2 \cdot \pi \cdot r_2'}$$

Так как в процессе работы ЭПС, вращающий момент АД меняется в широких пределах, то важно обеспечить условие:

$$\Delta P_{\min} = (\Delta P_M + \Delta P_C + \Delta P_2)_{\min} = \text{const}$$

$\Delta P_M + \Delta P_C$ - не зависят от тока ротора I_2

Потери в роторе $\Delta P_2 = M \cdot (\omega_1 - \omega_2)$, где

$$\omega_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_1}{p}; \quad \omega_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_2}{p}$$

$\omega_1 - \omega_2 = \Delta\omega$ - **абсолютное скольжение ротора**, c^{-1} .

Тогда потери в роторе:

$$\Delta P_2 = \frac{2 \cdot \pi}{p} M \cdot \Delta f$$

Следовательно, условие $\Delta P_{\min} = const$ **требует того, чтобы абсолютная разность частот** Δf **вращения поля статора** f_1 **и ротора** f_2 **была минимальной во всех режимах работы АТД**

$$\Delta f = (f_1 - f_2)_{\min} = const$$

Чтобы выявить способы реализации этого условия сопоставим два режима нагрузки АТД

Режим 1

$$U_1, f_1, s_1 = \frac{f_1 - f_2}{f_1} \quad \text{и} \quad M_1 = C \cdot \frac{U_1^2 \cdot (f_1 - f_2)}{f_1^2}$$

Режим 2

$$U'_1, f'_1, s'_1 = \frac{f'_1 - f'_2}{f'_1} \quad \text{и} \quad M'_1 = C \cdot \frac{(U'_1)^2 \cdot (f'_1 - f'_2)}{(f'_1)^2}$$

Так, как $(f_1 - f_2) = (f'_1 - f'_2) = const$

Отношение вращающихся моментов для рассматриваемых режимов составит:

$$\frac{M_1}{M'_1} = C \cdot \frac{U_1^2 \cdot (f_1 - f_2)}{f_1^2} \cdot C \cdot \frac{(f'_1)^2}{(U'_1)^2 \cdot (f'_1 - f'_2)} = \frac{U_1^2}{(U'_1)^2} \cdot \frac{(f_1)^2}{f_1^2}$$

Отсюда $\frac{U_1}{U'_1} = \frac{f_1}{f'_1} \cdot \sqrt{\frac{M_1}{M'_1}}$

Следовательно оптимальный режим работы АД определяется соотношением трех его параметров:

$$U_1, f_1, M_1$$

Изменяя соотношение между этим параметрами по определенному закону можно обеспечить работу с ΔP_{\min} , т.е. с наибольшими к.п.д. и $\cos \varphi$

Режим работы ЭПС характеризуется V и F , то

$$\frac{U_1}{U'_1} = \frac{V_1}{V'_1} \cdot \sqrt{\frac{F_1}{F'_1}}$$

Реализация режимов движения ЭПС:

Режим пуска $M = const; F_{II} = const$

$M \equiv \Phi \cdot I_2'$, где I_2' - ток ротора, приведенный к цепи статора.

При $\Phi = const$ будет и $I_2' = const$

Постоянство момента и силы тяги равносильно таким образом $I_1 = const$. Это значит, что в течении времени пуска ток статора должен быть неизменным, если необходимо обеспечить $F_1/F_1' = 1$, тогда необходимо повышать напряжение приложенное к статору пропорционально скорости

$$\frac{U_1}{U_1'} = \frac{V_1}{V_1'}$$

После выхода на номинальную характеристику АД, т.е. при $V = V_a$ для равномерной нагрузки двигателя и устройств электроснабжения необходимо обеспечивать условие постоянства мощности $P = const$

Т.к. $\frac{P_1}{P'_1} = \frac{F_1 \cdot V_1}{F'_1 \cdot V'_1} = 1$; $\frac{U_1^2}{(U'_1)^2} = \frac{V_1^2 \cdot F_1}{(V'_1)^2 \cdot F'_1}$, откуда

$$\frac{U_1}{U'_1} = \sqrt{\frac{V_1}{V'_1}}, \text{ режим } P = const$$

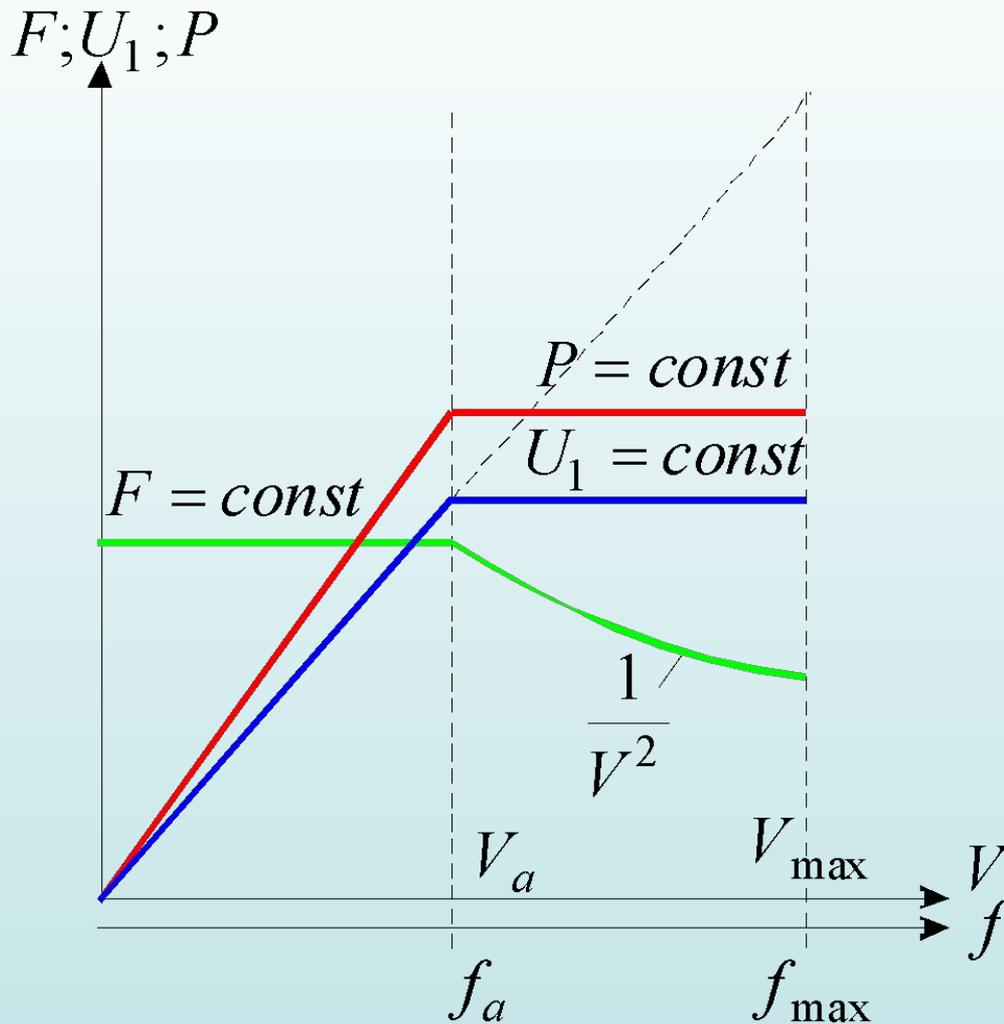
Режим постоянства скорости равносильен условию постоянства частоты

$$f_1/f_1' = 1 \quad \text{и} \quad \frac{U_1}{U_1'} = \sqrt{\frac{F_1}{F_1'}}$$

Режим постоянства напряжения на АД $U_1 = const$,

т.е. $\frac{U_1}{U_1'} = 1$ обеспечивается законом регулирования

$$\frac{V_1^2}{(V_1')^2} = \frac{F_1}{F_1'}$$

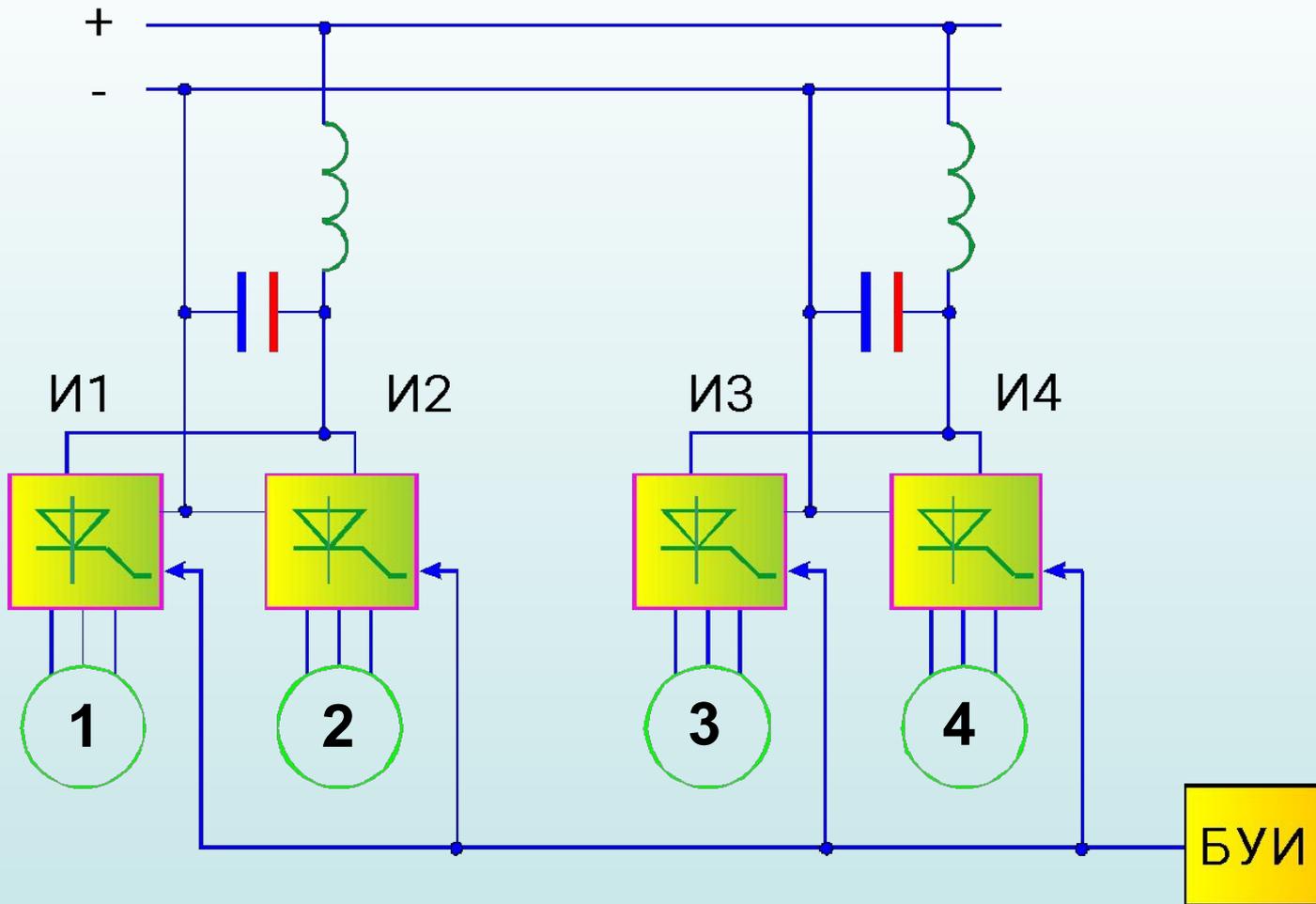


$$E_1 = C \cdot \Phi \cdot f_1$$

$F(V)$ - изменяется по
закону
квадратичной
гиперболы

$0 - V_a$ - режим пуска

$V_a - V_{\text{max}}$ - регулиро-
вание U_1, V_1, P



**Электрическая схема асинхронного
тягового привода при $z=4$**