

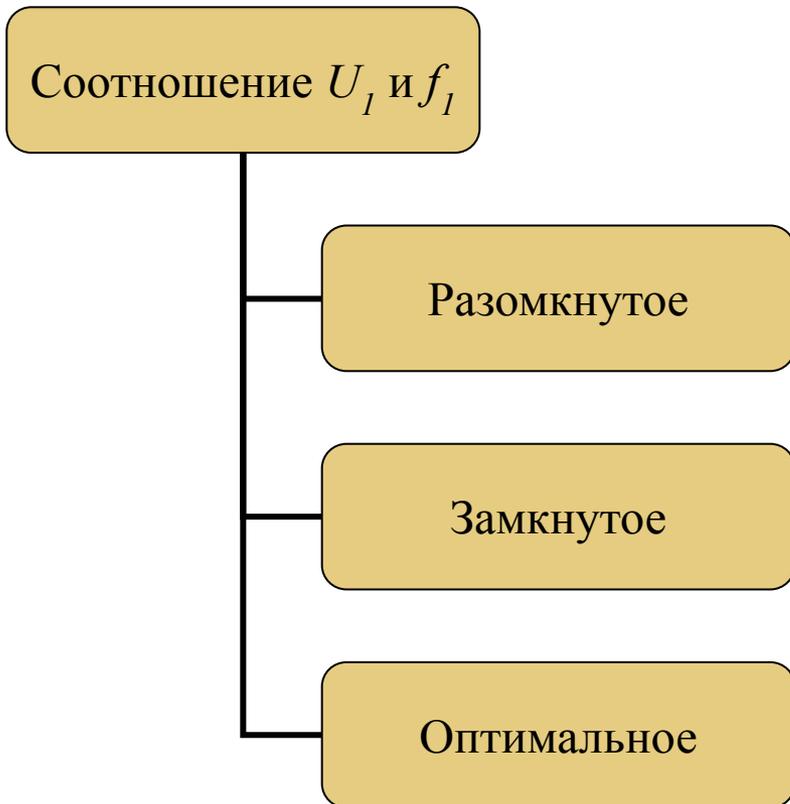
---

# Замкнутые СУЭП на базе АД

---

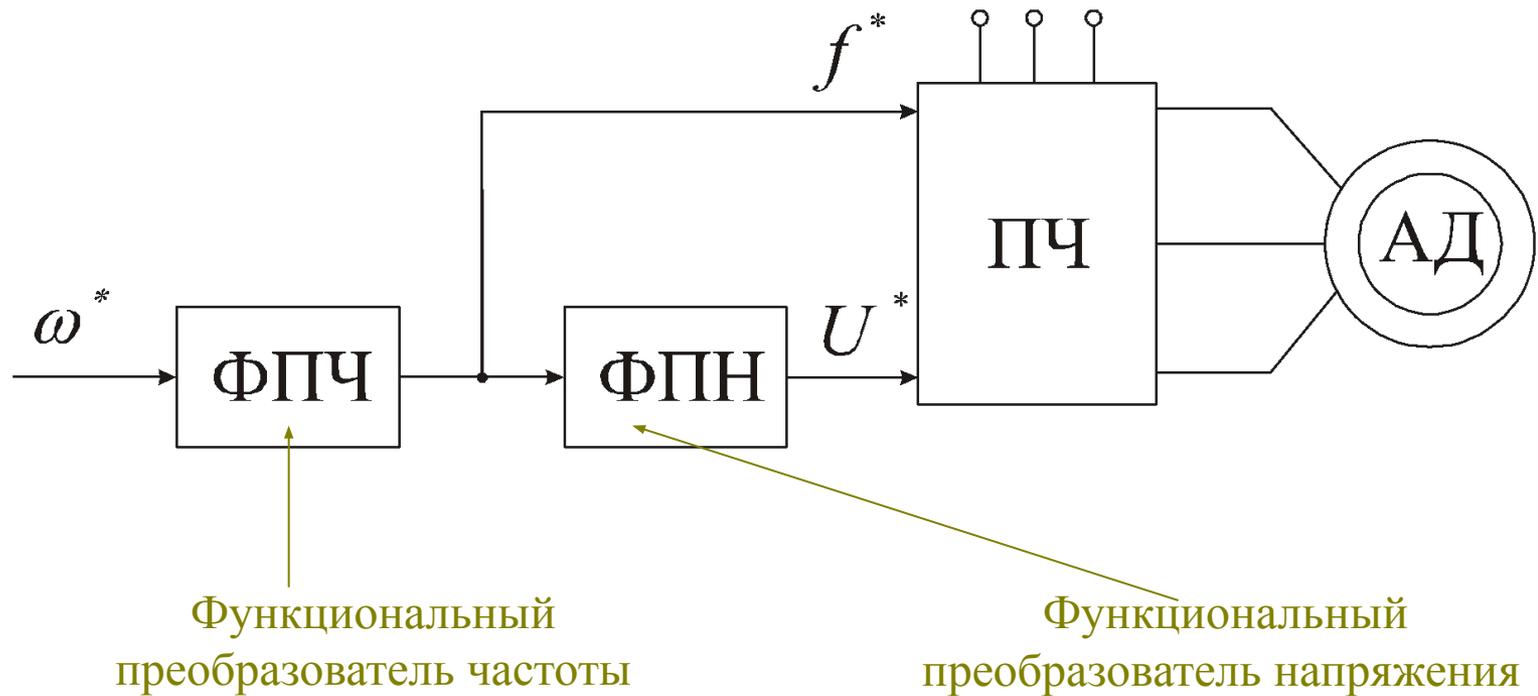
Тема 4

# Скалярное частотное управление



- Важно помнить – Менять только  $f_1$  без  $U_1$  нельзя
- Законы частотного управления
  - Законы Костенко
  - Компенсационные законы

# Разомкнутое частотное управление



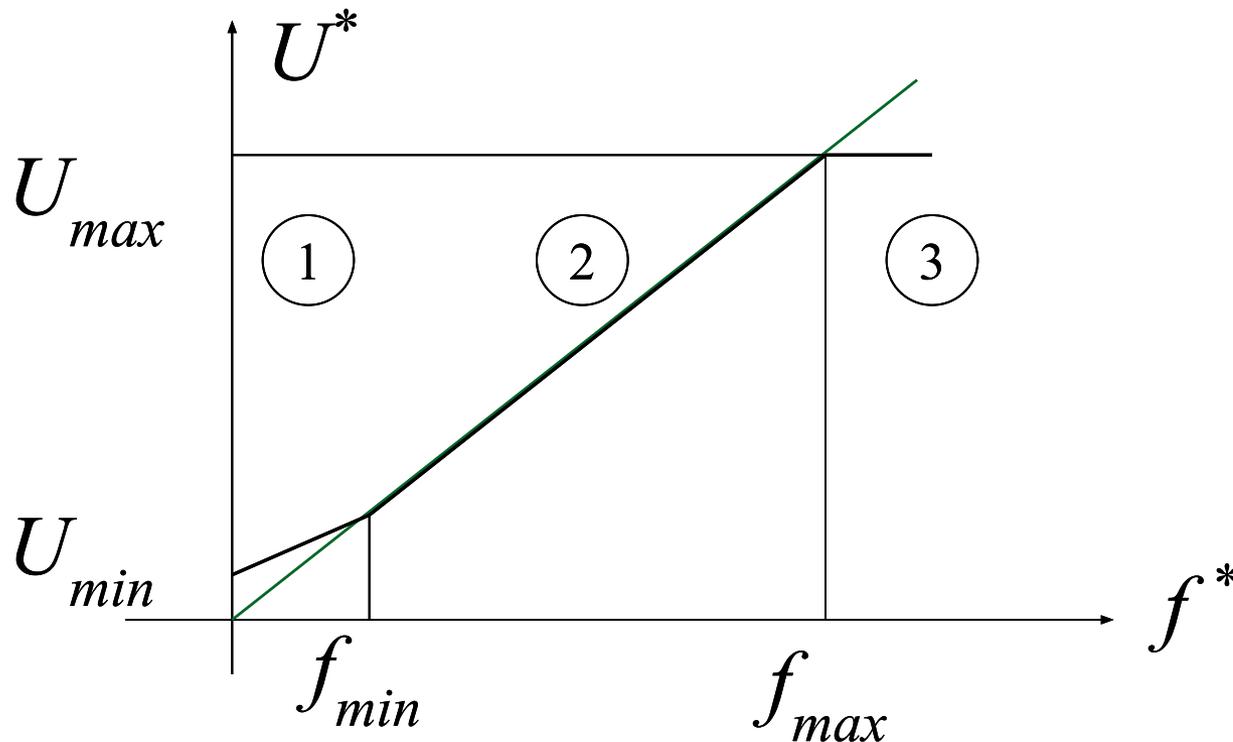
# Разомкнутое частотное управление

ФПН – нелинейный

для закона  $U/f = const$

ФПЧ – линейный

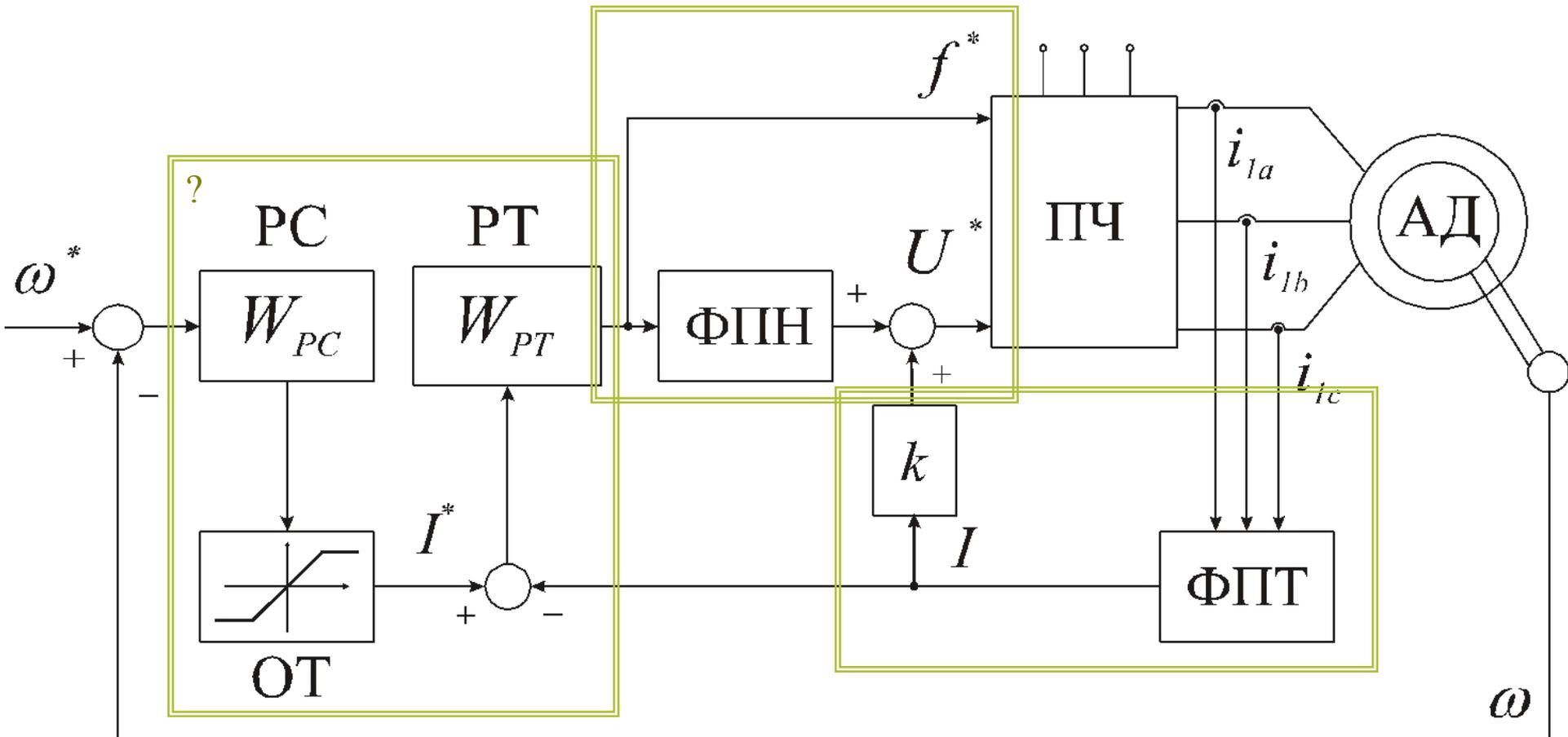
$$f^* = \omega^* \frac{P_n}{2\pi}$$



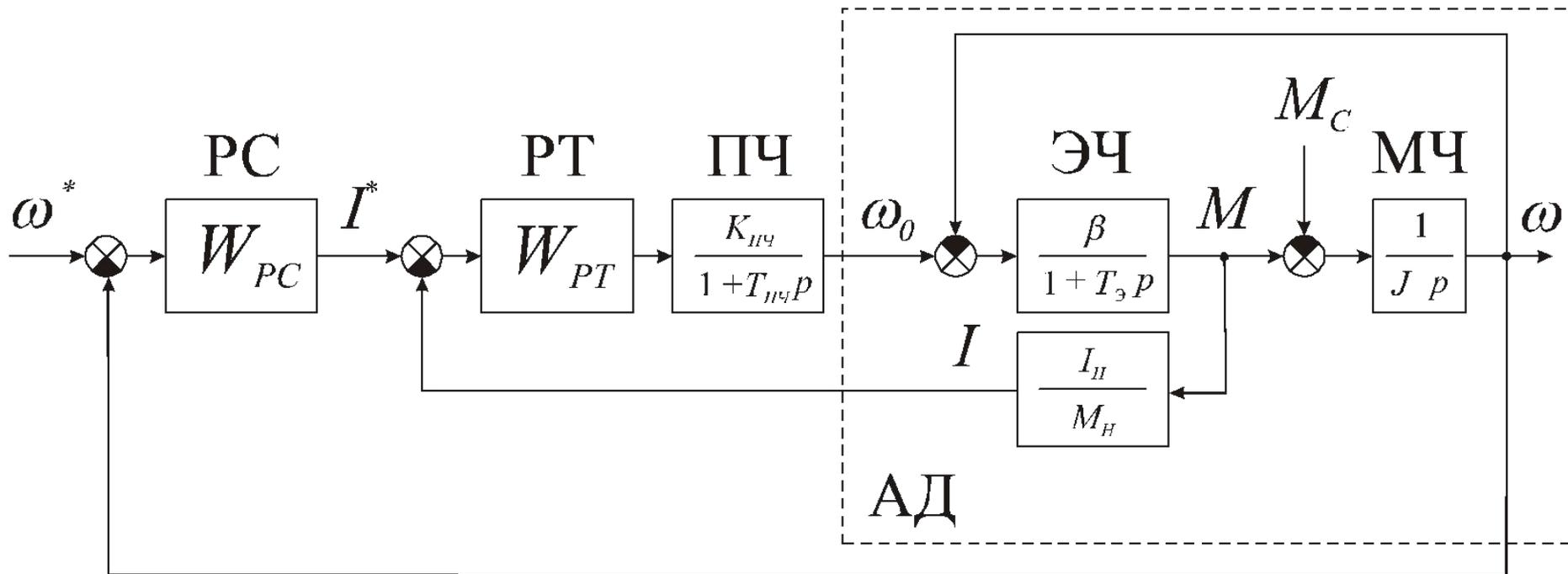
# Разомкнутое частотное управление

- Показатели
  - Диапазон регулирования  $D=8..10:1$
  - Невысокая точность
  - Очень невысокие динамические показатели регулирования
- Нужно вводить обратные связи
  - Принципы – по возмущению и по управлению
  - Виды структур Все аналогично ДПТ
    - Одна или несколько регулируемых координат
    - Лучшее по качеству – подчиненное регулирование

# Двухконтурное частотное управление



# Двухконтурное частотное управление



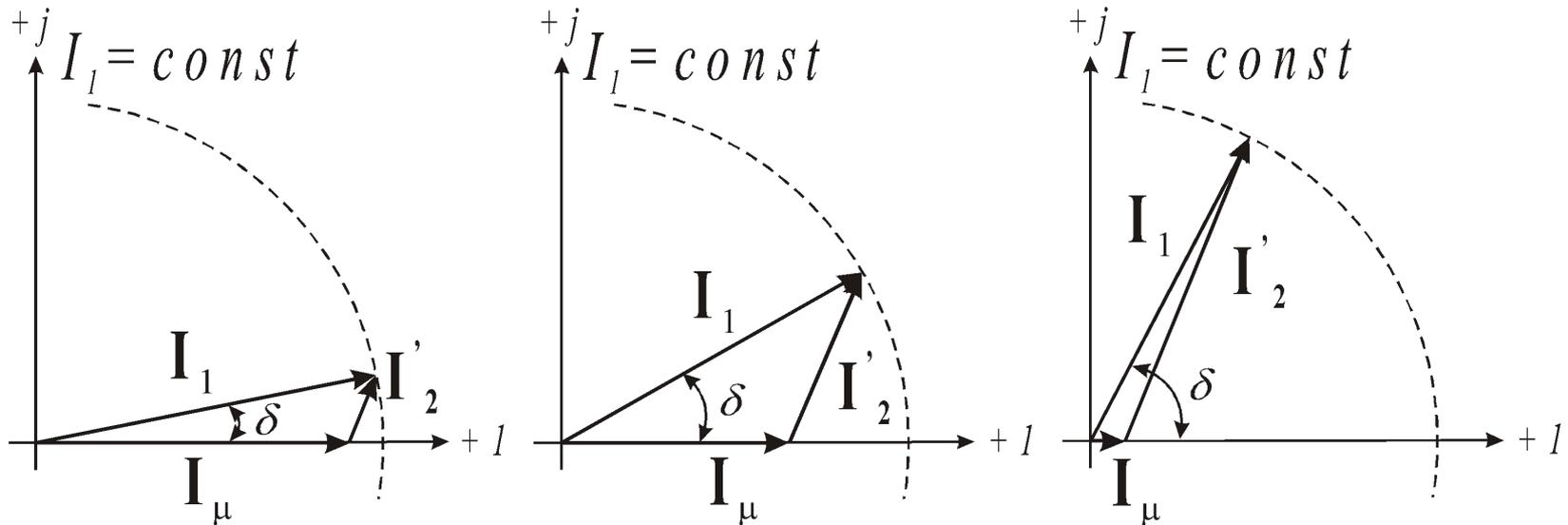
# Двухконтурное частотное управление

- При настройке регулятора  $W_{PC}$  и  $W_{PT}$  требуется линеаризовать двигатель

$$\omega_0 = \frac{2\pi f^*}{p_n} \quad \beta = \frac{2M_K}{\omega_0 s_K} \quad T_\vartheta = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot s_K}$$

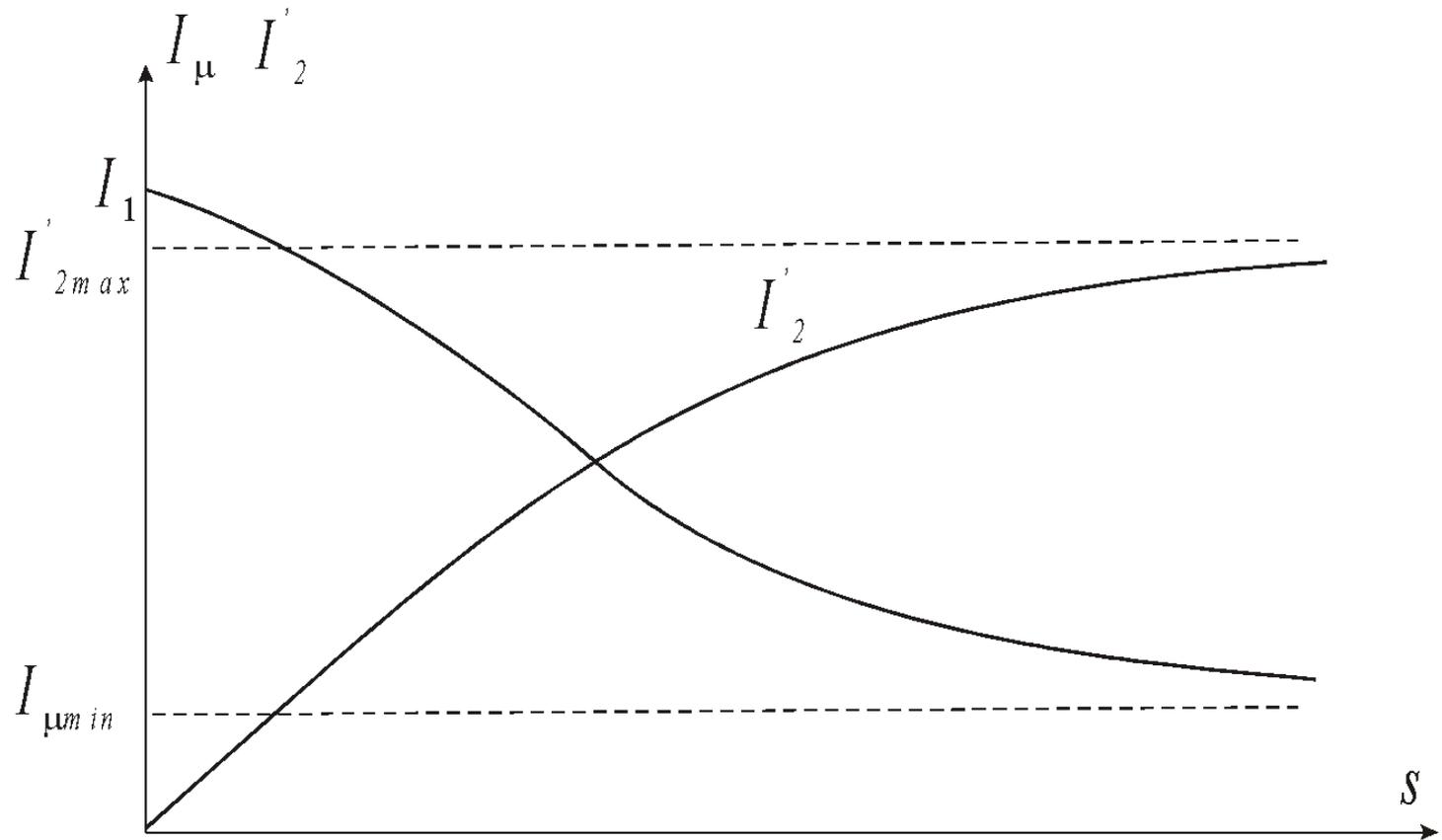
- Показатели
  - Относительно высокая точность
  - Относительно хорошая динамика
  - Диапазон регулирования  $D=40..50:1$

# Особенности частотно-токового управления АД



Проекция вектора тока намагничивания на вектор тока статора определяет какая часть тока статора идет на создание основного магнитного потока

# Особенности частотно-токового управления АД



Вывод – нормальная работа будет только при  $I_1 \neq const$

# Особенности частотно-токового управления АД

- В СУЭП с частотно-токовым управлением должны быть
  - ФПА – функциональный преобразователь амплитуды тока статора, препятствующий размагничиванию АД
  - ФПФ – функциональный преобразователь фазы тока статора, полностью стабилизирующий потокосцепление ротора  $\Psi_2$

# Особенности частотно-токового управления АД

- ФПА и ФПФ выводят из уравнения равновесия обмотки ротора АД

$$\mathbf{I}_1 = \frac{\Psi_2}{L_m} + j\omega_2 T_2 \frac{\Psi_2}{L_m}$$

- С целью чтобы  $\Psi_2 = const$

Чтобы получить это уравнение

1. Берут стандартные уравнения обмотки ротора для АД, полученные из ОЭМ
2. Записывают их в векторной форме для статического режима
3. Ток ротора выражают через ток статора

# Особенности частотно-токового управления АД

- Уравнение для ФПА

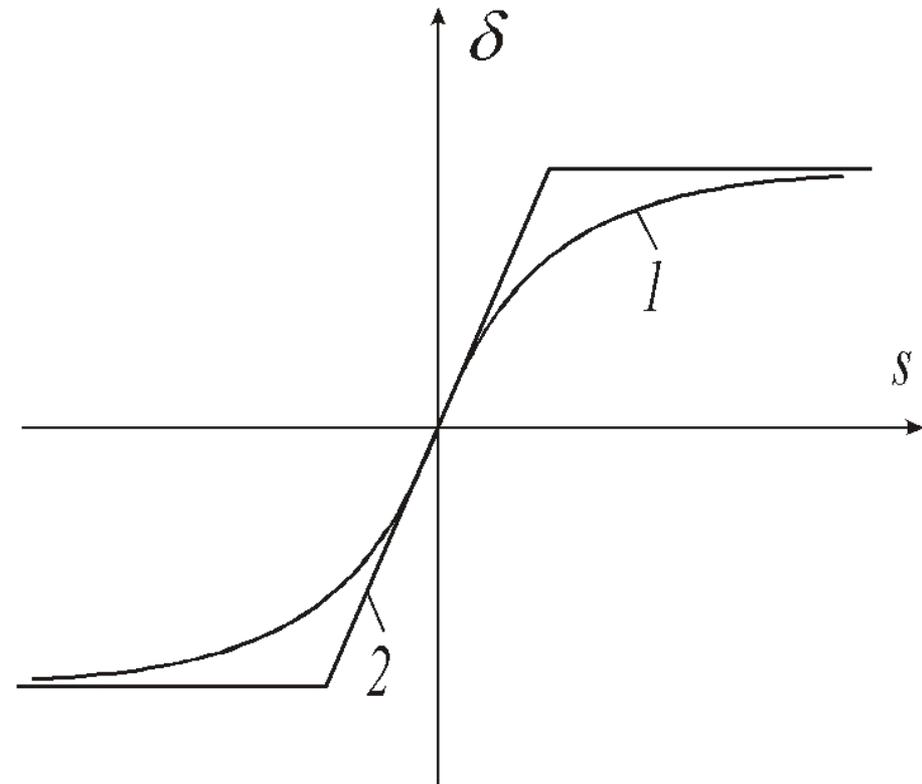
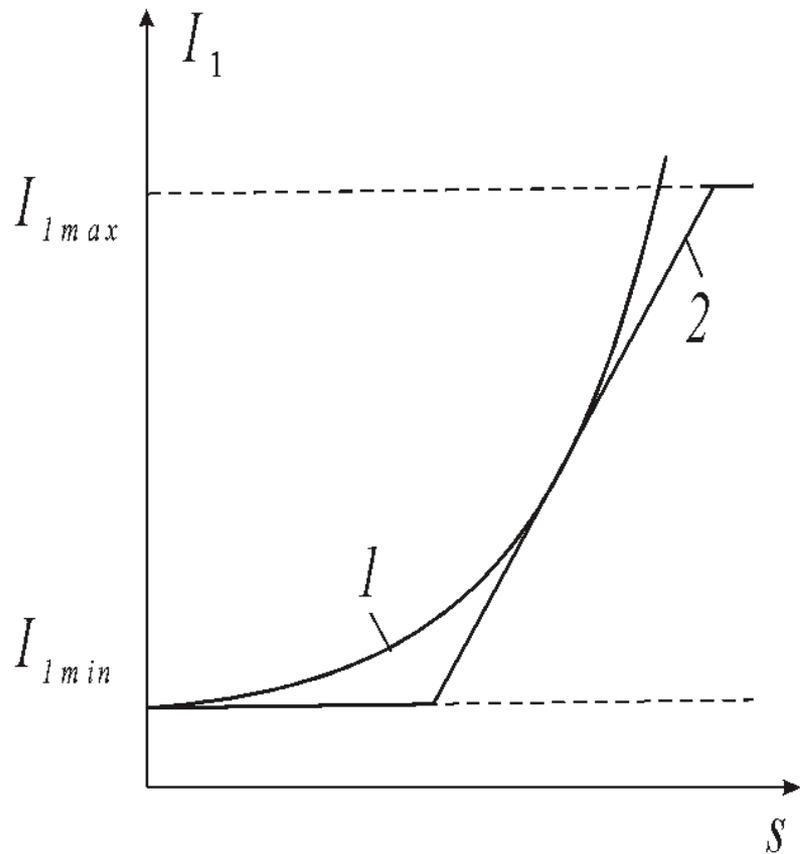
$$I_1 = \frac{\Psi_2}{L_m} \sqrt{1 + (\omega_2 T_2)^2}$$

- Уравнение для ФПФ

$$\delta = \arctg(\omega_2 T_2)$$

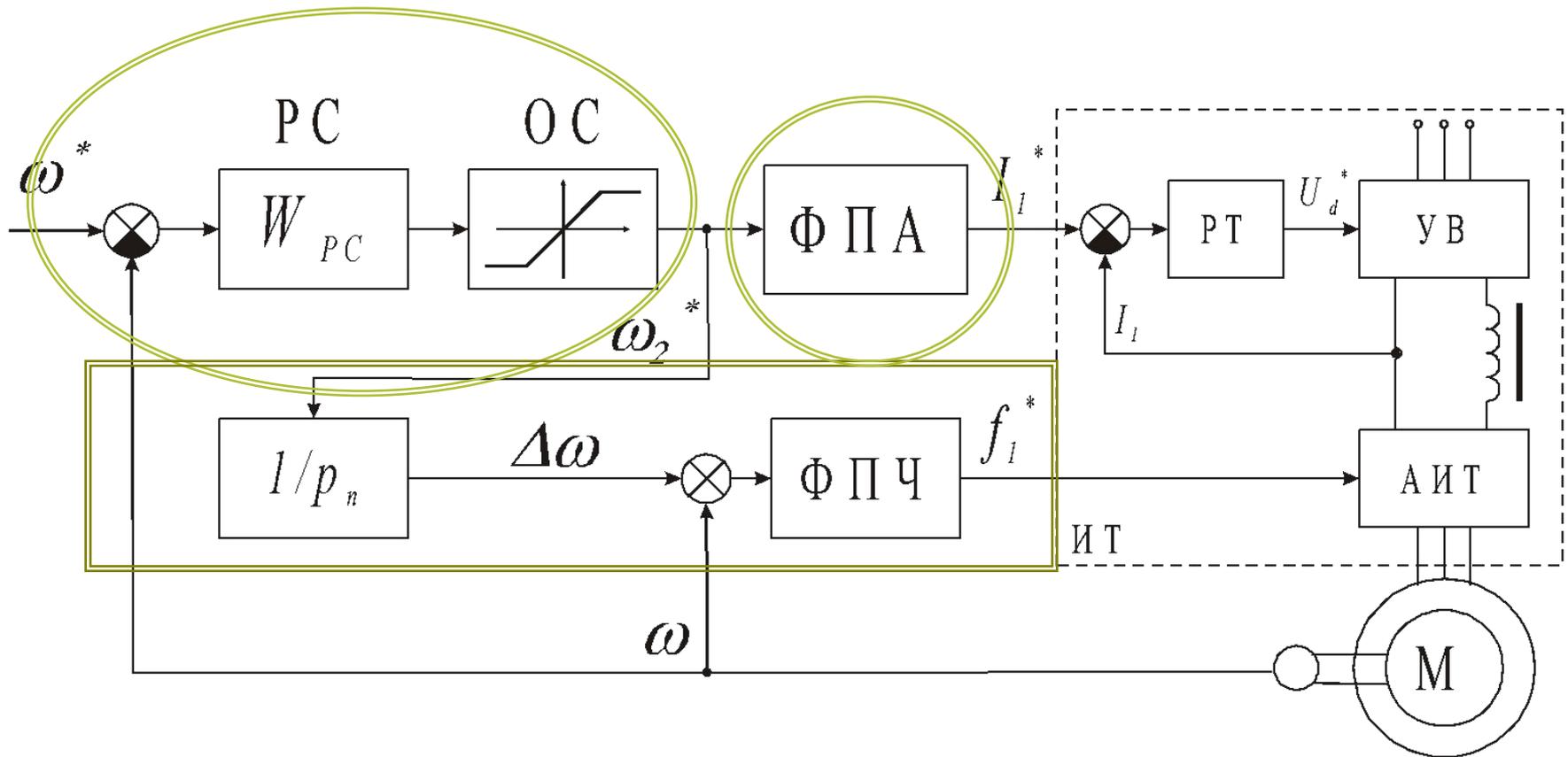
- Для упрощения вводят аппроксимацию

# Особенности частотно-токового управления АД

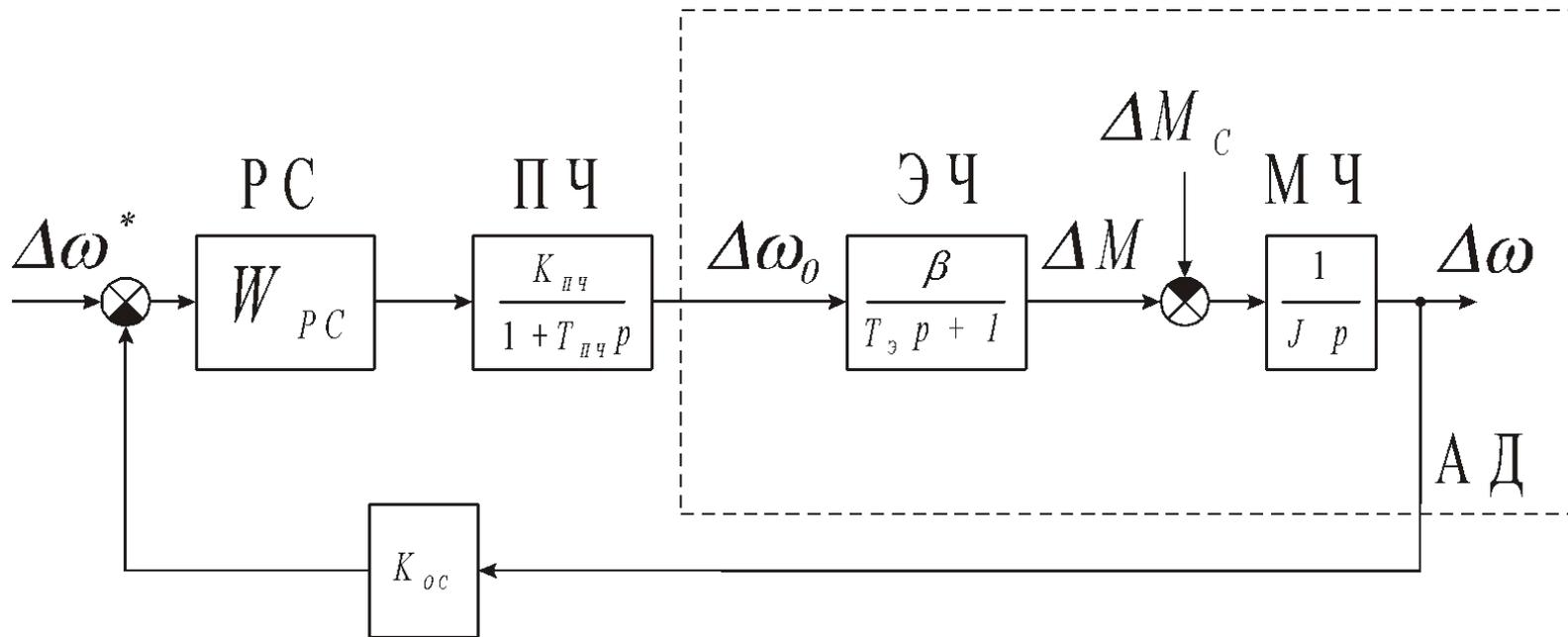


1 – точная аппроксимация 2 – грубая аппроксимация

# Частотно-токовое управление на базе инвертора тока



# Частотно-токовое управление на базе инвертора тока



Обратите внимание – хоть в схеме и ПЧ, управляем выпрямителем.

Настраиваем на технический оптимум

Обратите внимание – обратной связи по ЭДС здесь нет.

Это справедливо при условии  $K_{ФПЧ} K_{ПЧ} K_{OC} = 1$

# Частотно-токовое управление на базе инвертора тока

- Для определения  $W_{PC}$  надо линеаризовать АД

$$\beta = \frac{2M_K}{\omega_0 s_K} \quad T_\vartheta = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot s_K}$$

$$M_K = \frac{3(I_1^*)^2 X_\mu^2}{2\omega_0 (X_\mu + X'_2)} \quad s_K = \frac{R'_{2\Sigma}}{(X_\mu + X'_2)}$$

Отличаются от частотного управления

Хоть принцип регулирования и такой же, как в частотном управлении, в ЧТУ перегрузочная способность выше

# Частотно-токовое управление на базе инвертора тока

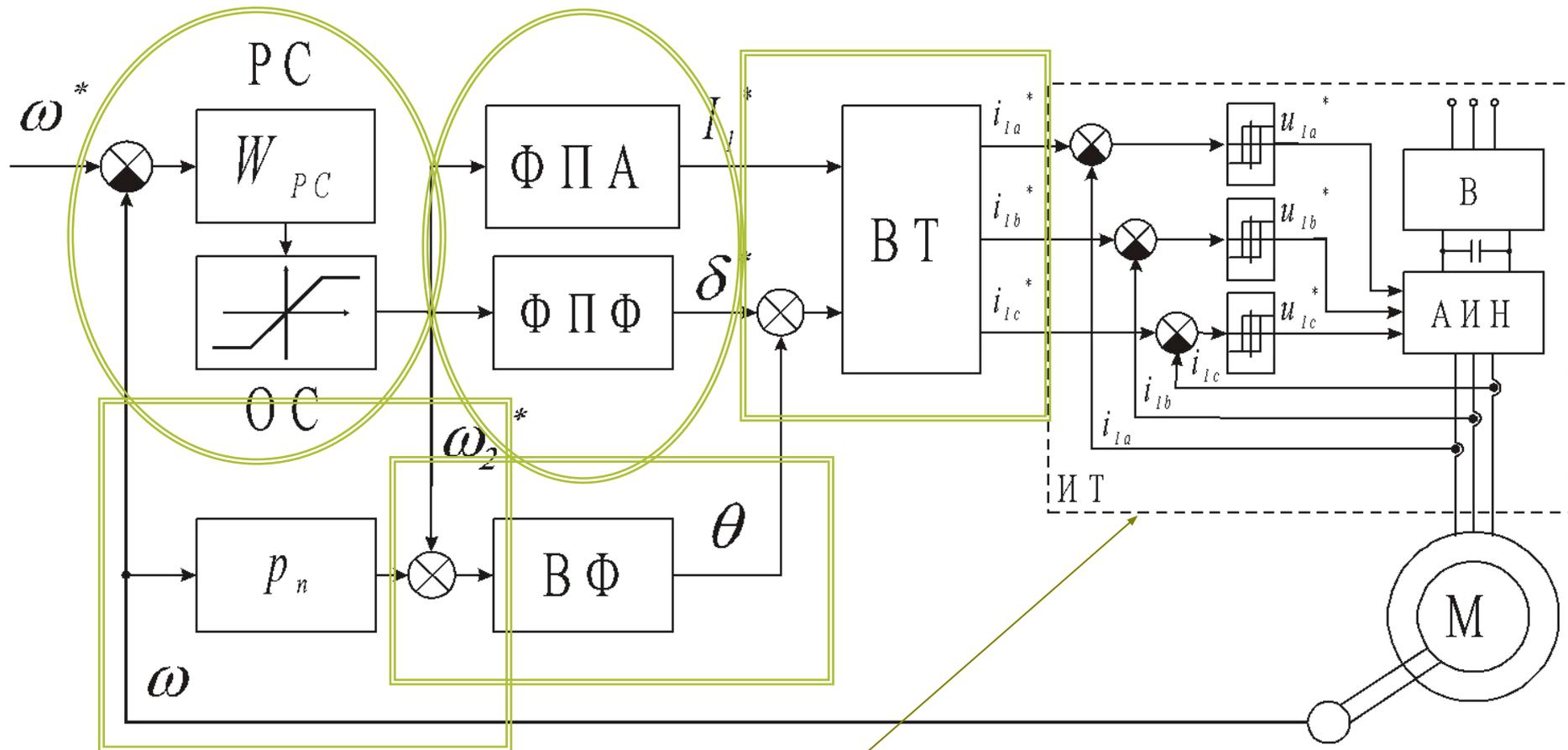
## ■ Показатели

- Диапазон регулирования  $D=15..20:1$
- Высокая точность
- Относительно невысокие динамические показатели регулирования
- Возможность рекуперации

## ■ Важно!

Возможности ИТ с инвертором тока позволяют регулировать только амплитуду тока статора

# Частотно-токовое управление на базе инвертора напряжения



Не обязательно именно такой, может быть любой ИТ с инвертором напряжения

# Частотно-токовое управление на базе инвертора напряжения

- Вычислитель фазы ВФ определяет текущее положение вектора тока статора  $\mathbf{I}_1$

$$\theta = \int \omega_1 dt = \int (\omega_2^* + p_n \omega) dt$$

- Здесь  $\omega_1$  – угловая частота вектора  $\mathbf{I}_1$
- Для стабилизации  $\Psi_2$  к  $\theta$  надо добавить  $\delta^*$

Фактически ВФ – идеальное интегрирующее звено

# Частотно-токовое управление на базе инвертора напряжения

- Вычислитель токов статора ВТ определяет задание фазных токов двигателя

$$i_{1a}^* = I_1^* \sin(\delta^* + \theta)$$

$$i_{1b}^* = I_1^* \sin(\delta^* + \theta - 2\pi / 3)$$

$$i_{1c}^* = I_1^* \sin(\delta^* + \theta + 2\pi / 3)$$

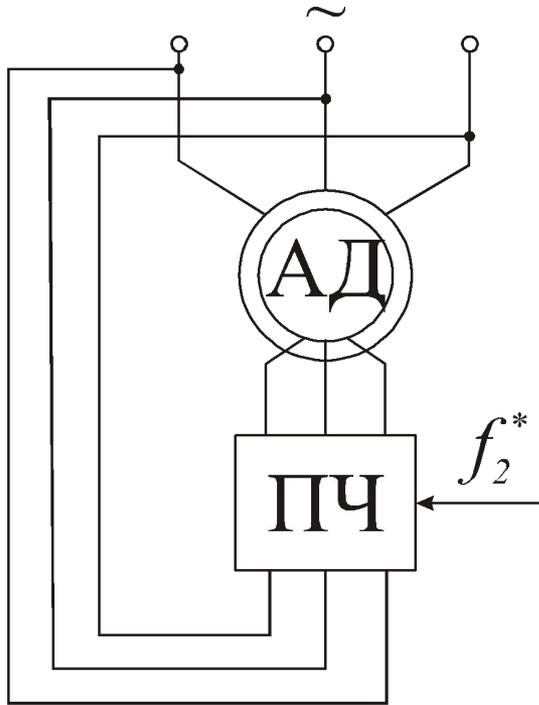
---

# Частотно-токовое управление на базе инвертора напряжения

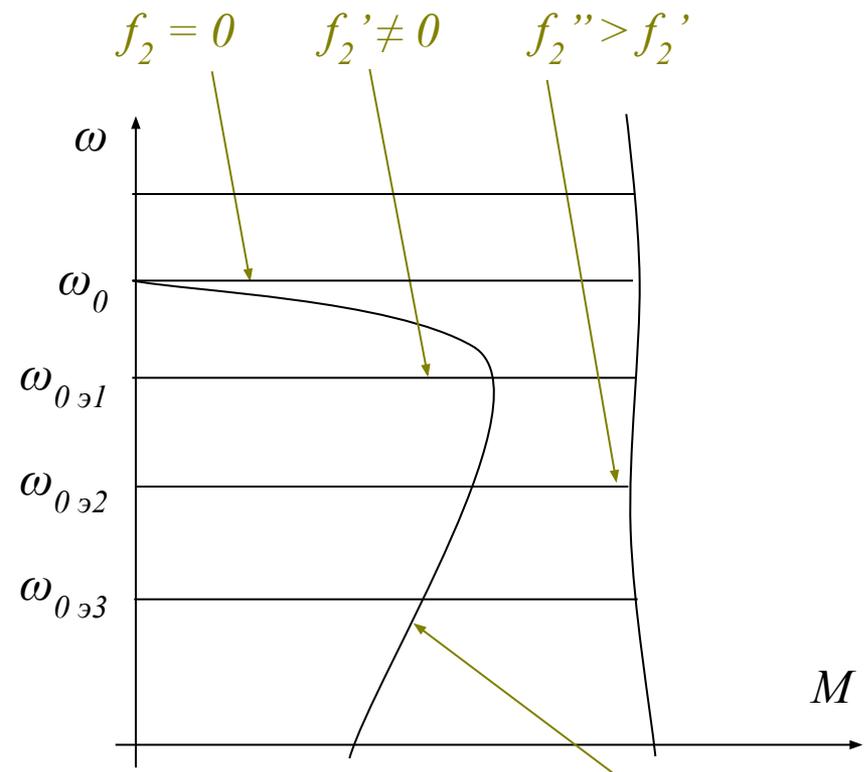
- Достигается еще большая перегрузочная способность, чем с инвертором тока
  - Регулятор настраивается так же, как в схеме с инвертором тока
  - Показатели
    - Диапазон регулирования  $D=50..100:1$
    - Высокая точность
    - Относительно невысокие динамические показатели регулирования
-

# Машины двойного питания

- В разомкнутом варианте

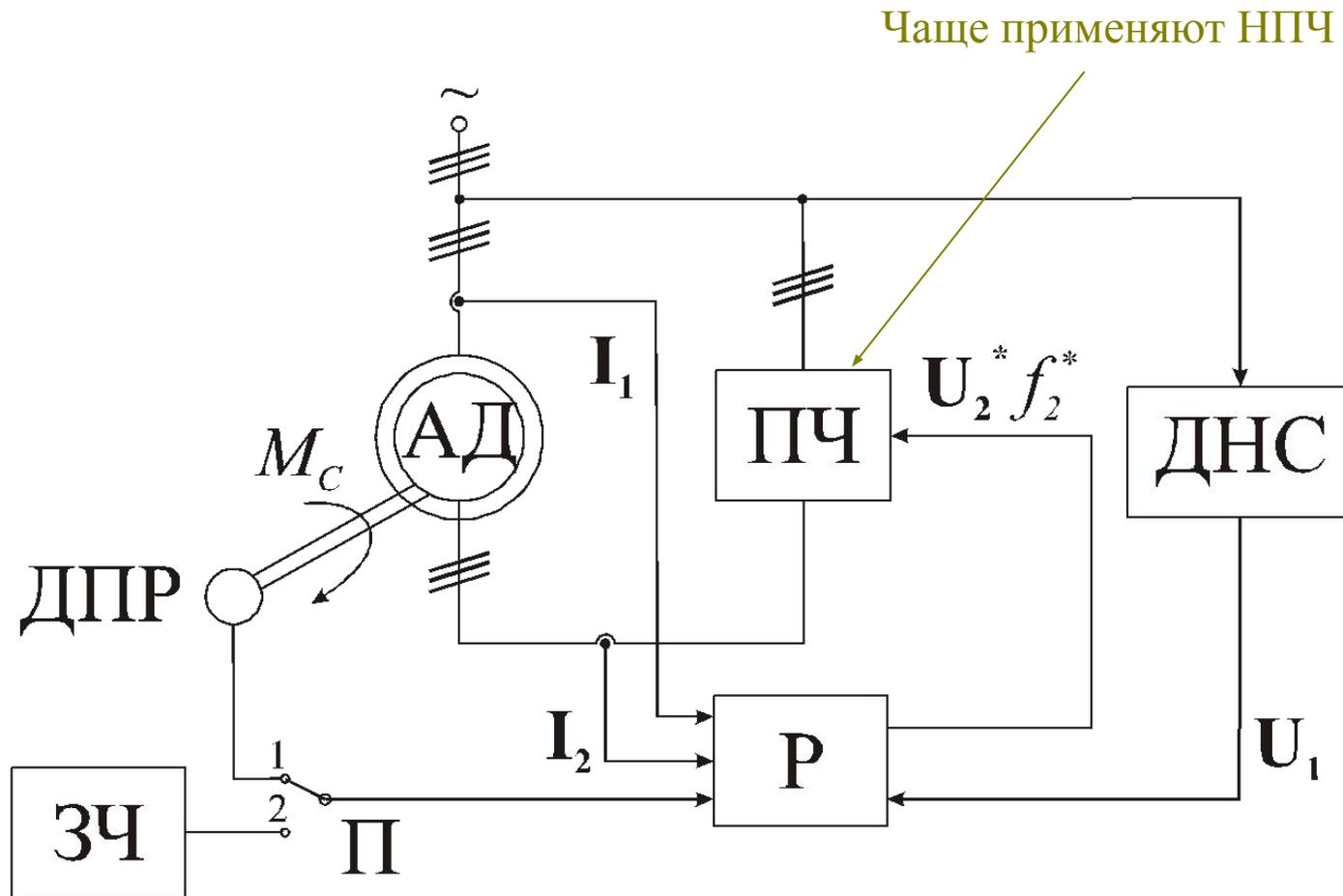


$$\omega_{0\partial} = \omega_0 (f_1 \pm f_2) / f_1$$



Естественная характеристика

# Машины двойного питания

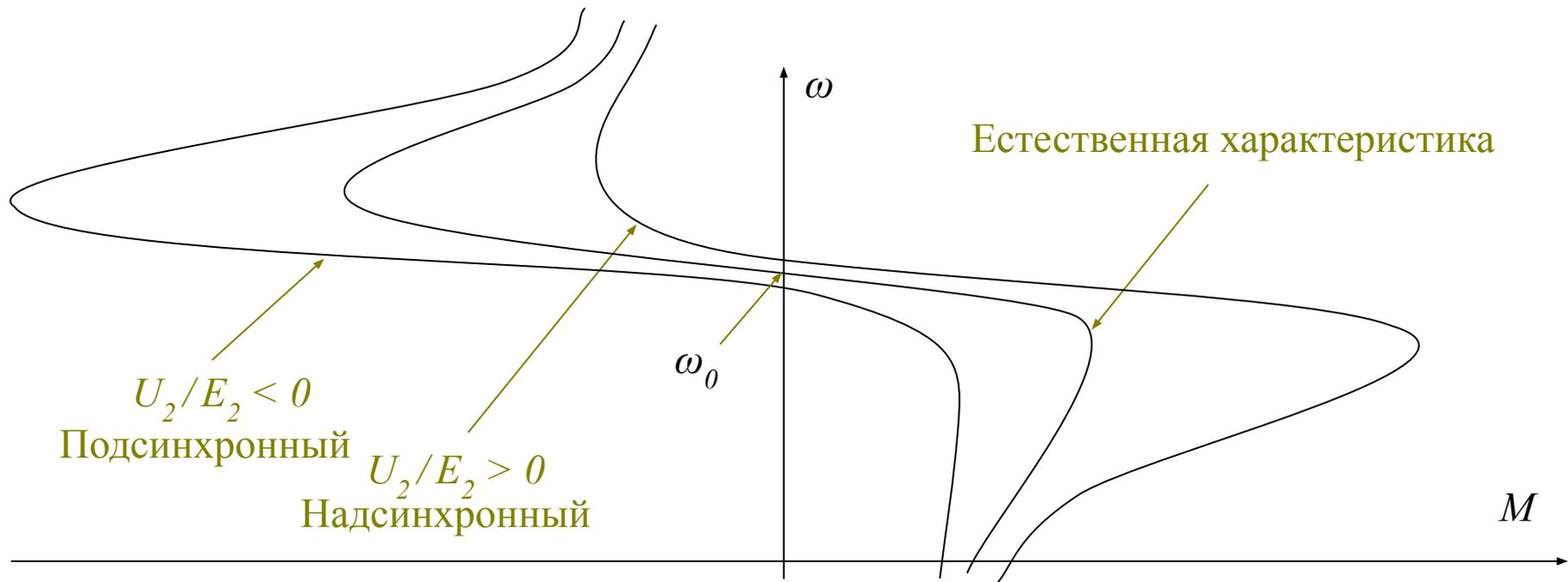


---

# Машины двойного питания

- В режиме 2
    - Работа в синхронном режиме
    - МХ абсолютно жесткие
  - В режиме 1
    - Работа в асинхронном режиме
    - МХ нелинейные
      - Подобны естественной характеристике
      - Отличаются перегрузочной способностью
-

# Машины двойного питания



$$E'_2 = U_1 \sqrt{\frac{R_2'^2 + (X_2' s)^2}{(R_1 + R_2')^2 + (X_1 + X_2')^2 s^2}}$$

# Машины двойного питания

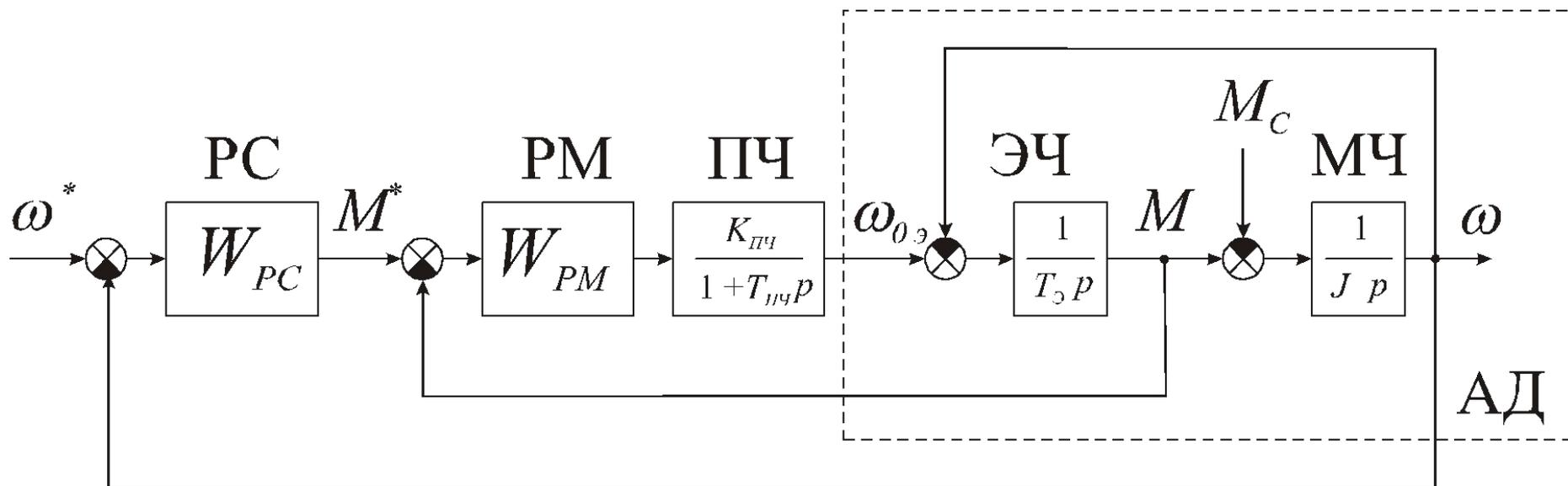
- Способы пуска
  - Асинхронный пуск в положении 1 с переключением в положение 2 после разгона
  - Комбинированный синхронный пуск
    - Статор закорачивают
    - ПЧ плавно наращивает частоту, пока двигатель не разгонится до скорости  $\omega_0/2$
    - Статор подключают к сети
    - ПЧ плавно снижает частоту, пока двигатель не разгонится до скорости  $\omega_0$

# Машины двойного питания

- Для регулирования скорости возможна надстройка предложенной структуры
- Вместо ЗЧ в режиме 2 использовать систему подчиненного регулирования
- МХ линейная – надо учитывать только электромагнитную инерционность

$$T_{\vartheta} = \frac{L_{2\Sigma}}{R_{2\Sigma}}$$

# Машины двойного питания



---

# Машины двойного питания

- Достигается высокий коэффициент мощности
  - При выходе из строя ПЧ возможна работа МДП в режиме нерегулируемого АД
  - Показатели
    - Диапазон регулирования  $D=100:1$
    - Высокая точность
    - Достаточно высокие динамические показатели регулирования
-

---

# Контрольный срез!

- Перечислите известные вам законы частотного регулирования Костенко
  - Как отличить систему частотно-токового управления от системы частотного управления?
  - Как вы поняли термины «подсинхронный» и «надсинхронный» режимы работы?
-