

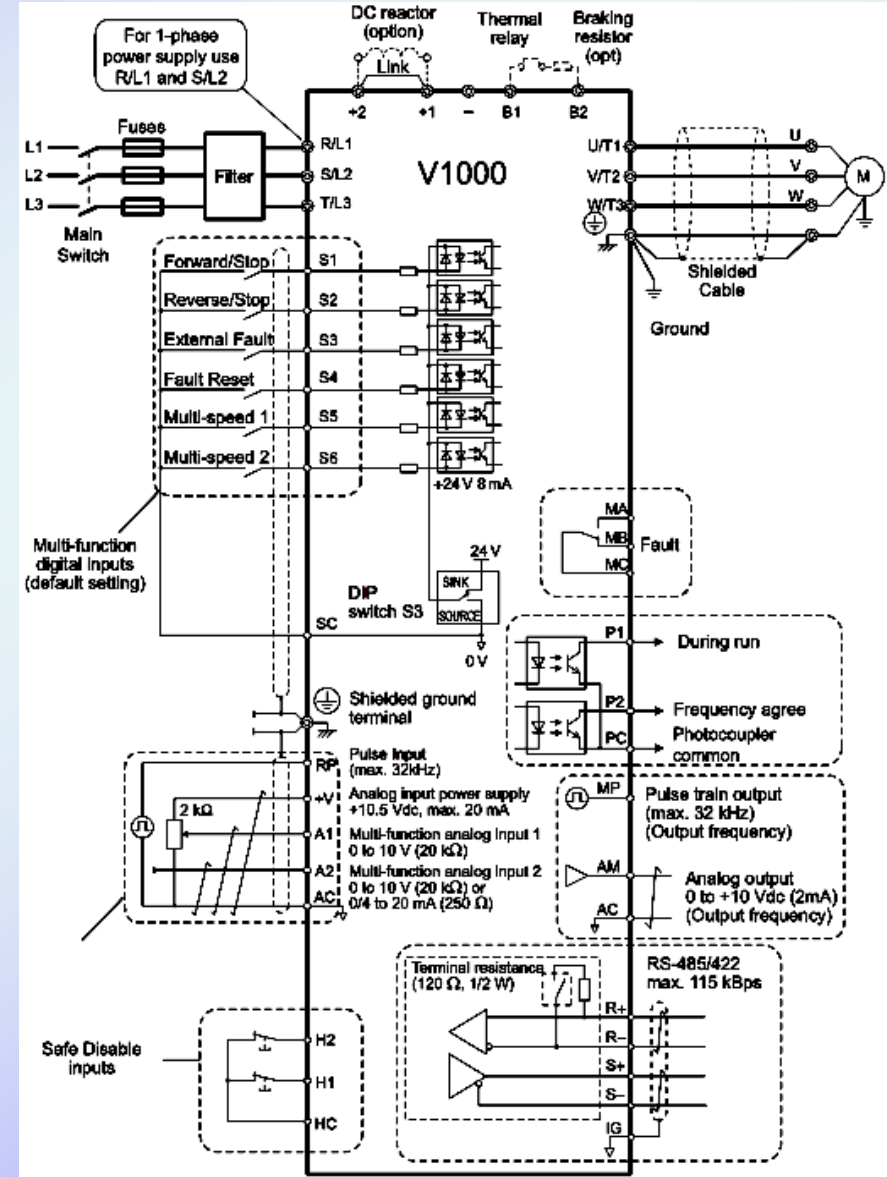
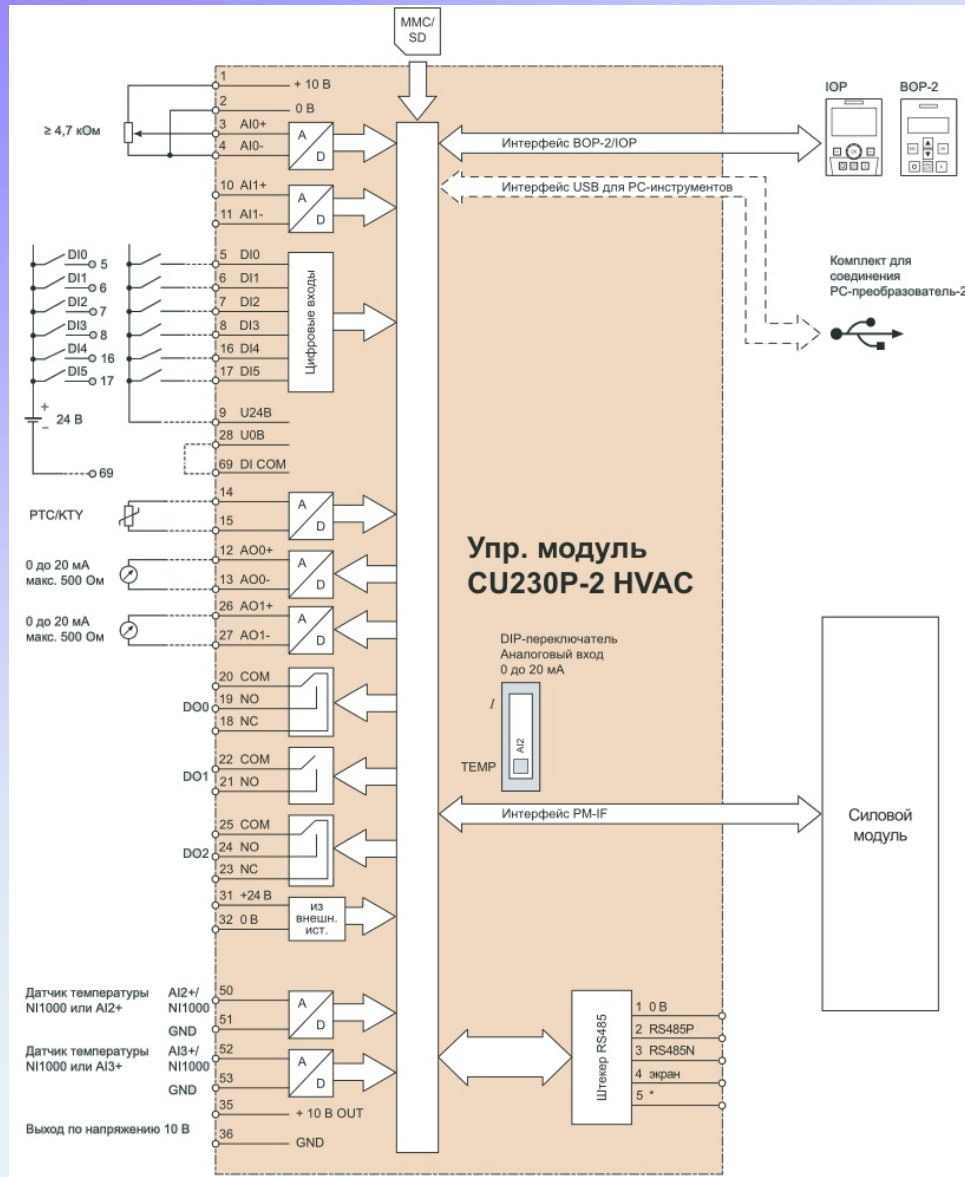
Преобразователи частоты

Канал управления

Составил к. т. н. Жуков Илья Борисович

e-mail: ibzh@yandex.ru

Входы и выходы ПЧ



Стандартная схема включения



Аналоговые входы и выходы могут работать в одном из нескольких режимов

4...20 мА

0...10 В

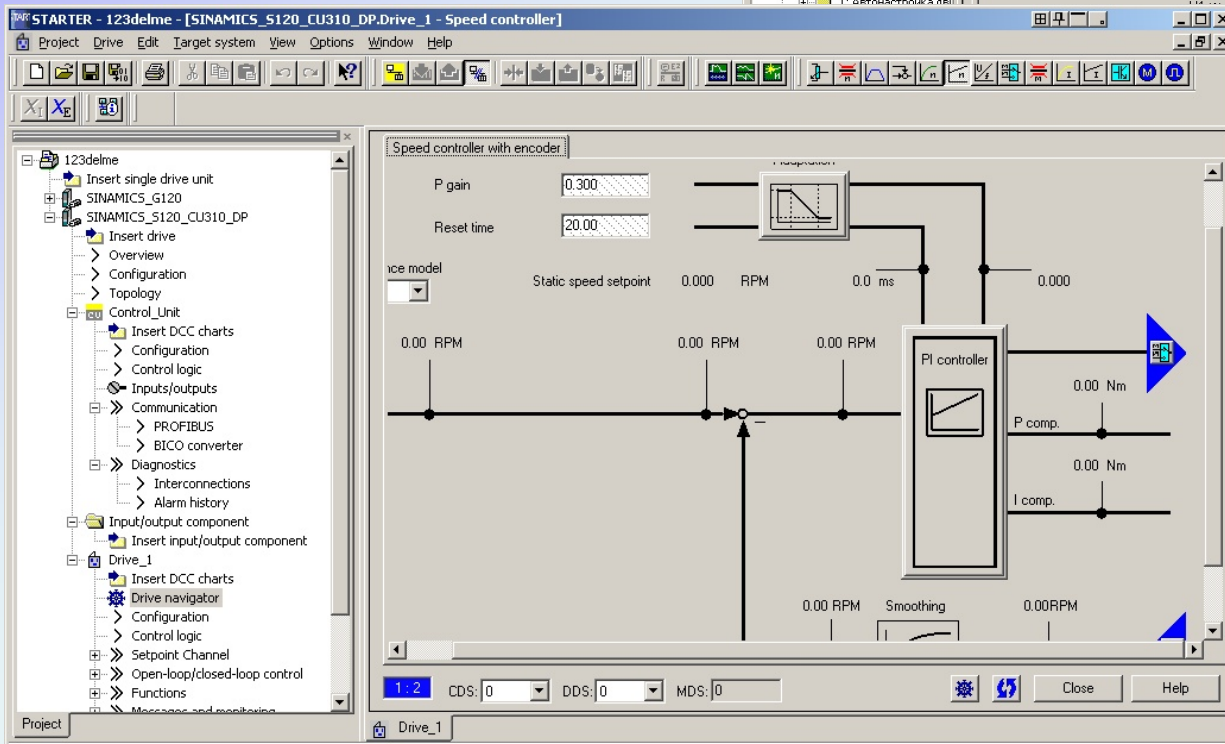
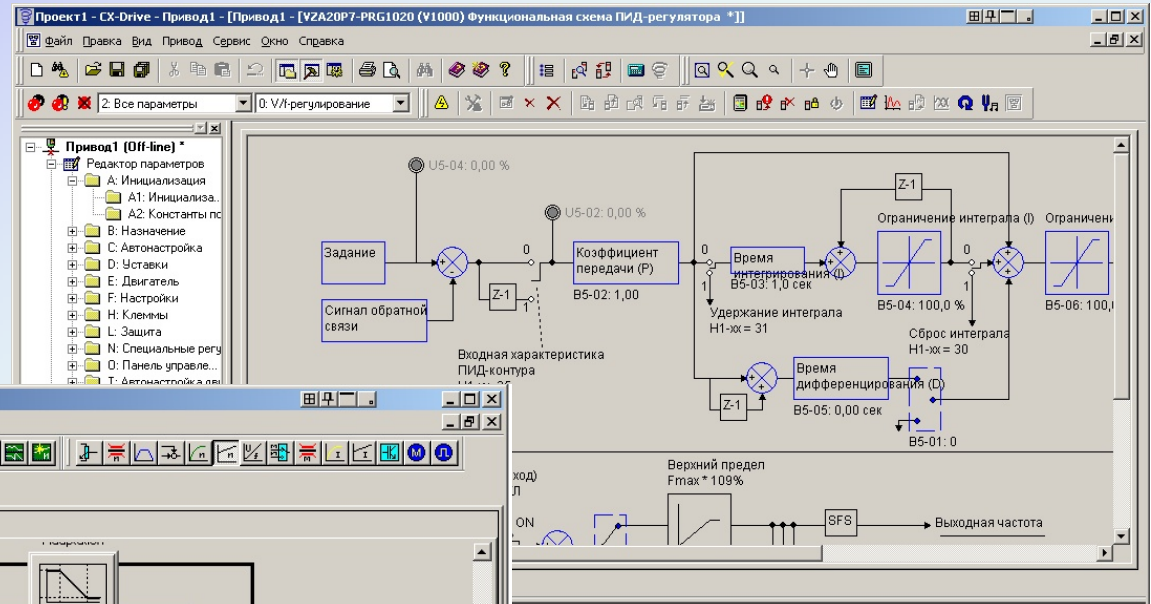
-10...+10 В

Могут быть другие варианты, например, у некоторых управляющих модулей Siemens можно спараметрировать один из аналоговых входов для подключения термопары или терморезистора для управления технологическим процессом.

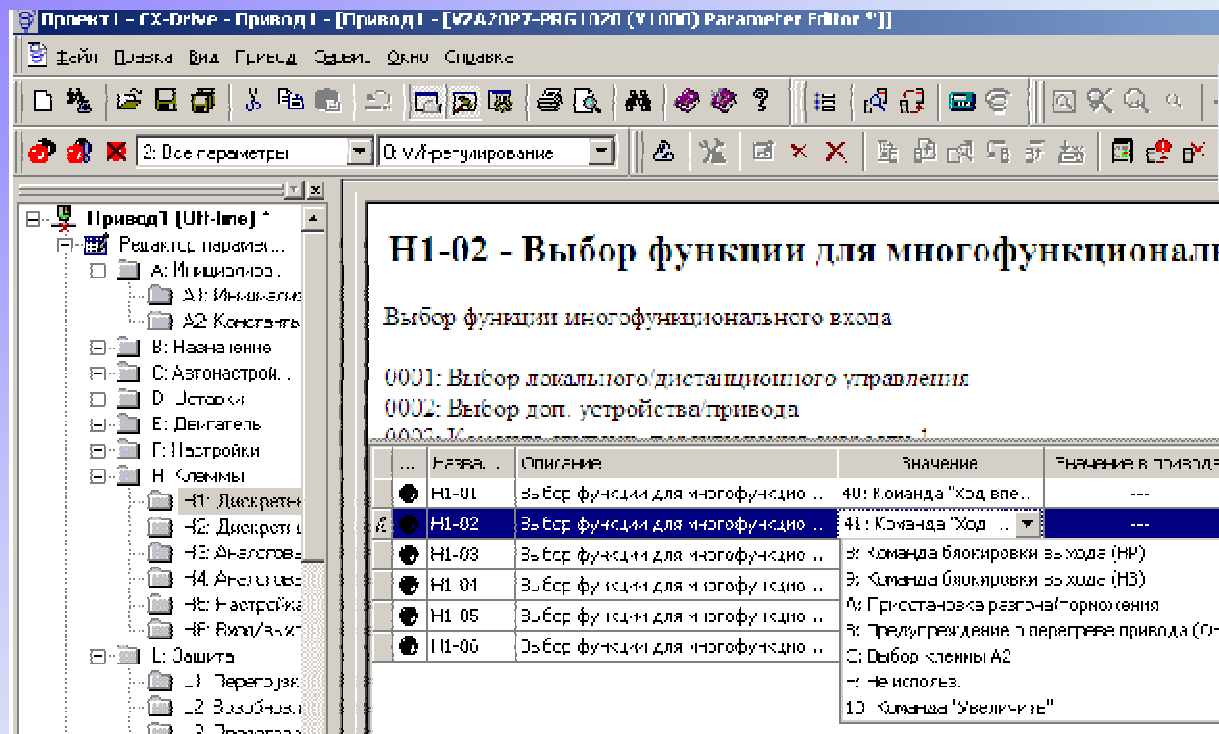
При необходимости, аналоговые входы у некоторых ПЧ можно использовать, как дискретные (требуется их параметрирование).

Настройка ПЧ

Параметрирование осуществляется с пульта управления или через ПЛК.

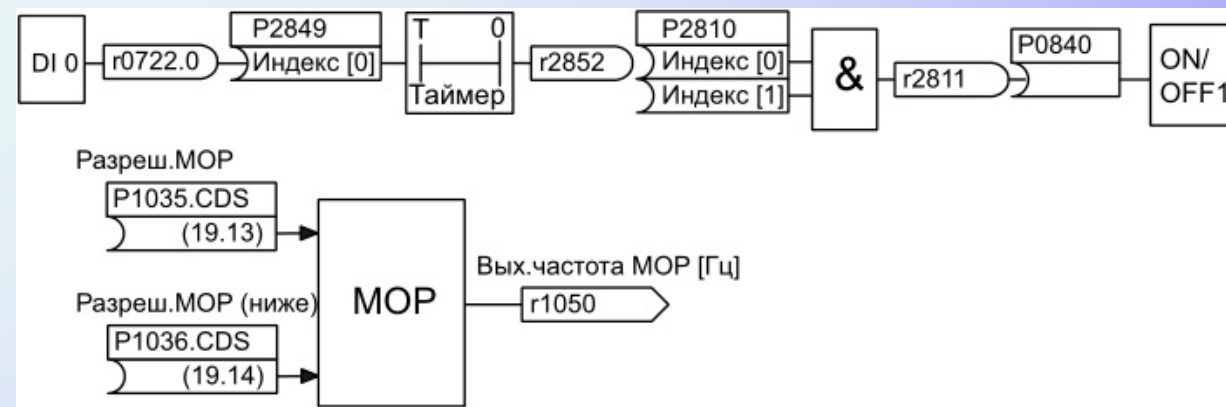


Параметрирование входов и выходов



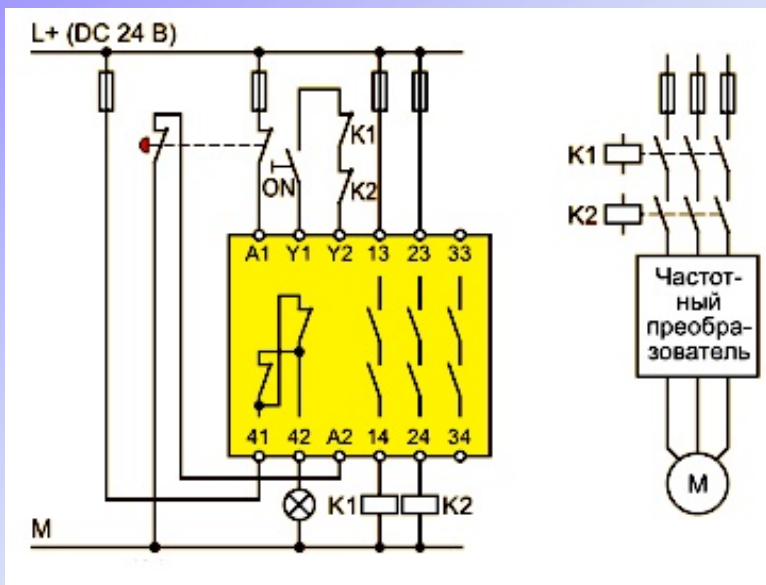
Выбор значения дискретных входов в GX-Drive (Omron)

Схема VICO для ПЧ (Siemens)

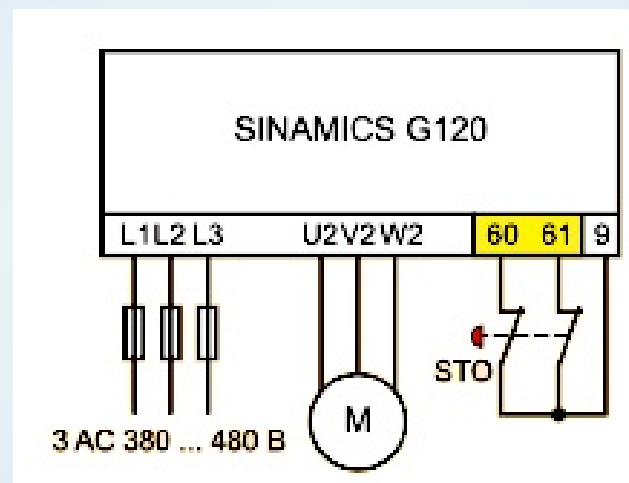


Входы безопасности

Стандартная схема отключения ПЧ



Стандартная схема отключения ПЧ

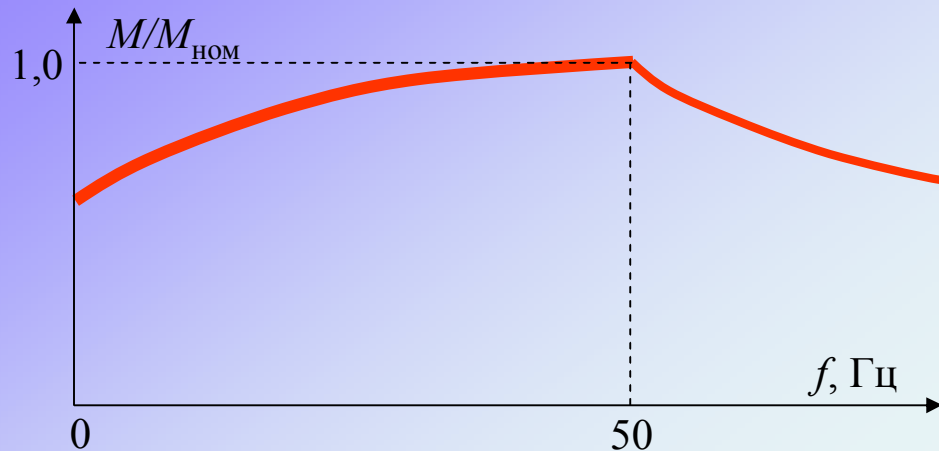


Работа ПЧ допускается, только если на обоих входах безопасности присутствует высокий уровень. Если хотя бы на одном присутствует низкий уровень, ПЧ отключается.

Входам безопасности нельзя назначить какие-либо другие функции.

Каждый вход безопасности обрабатывается своим процессором.

Контроль температуры двигателя и ПЧ



Длительно допустимый момент двигателя с самовентиляцией

Контроль температуры двигателя осуществляется

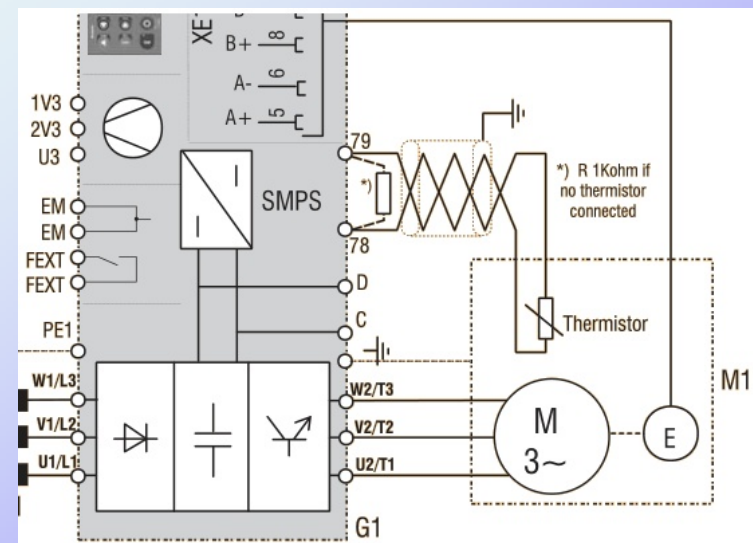
- встроенной в обмотку статора термопарой (терморезистором);
- встроенным в обмотку термоконтактом;
- косвенно по тепловой модели двигателя (расчёт I^2R).

При перегреве двигателя

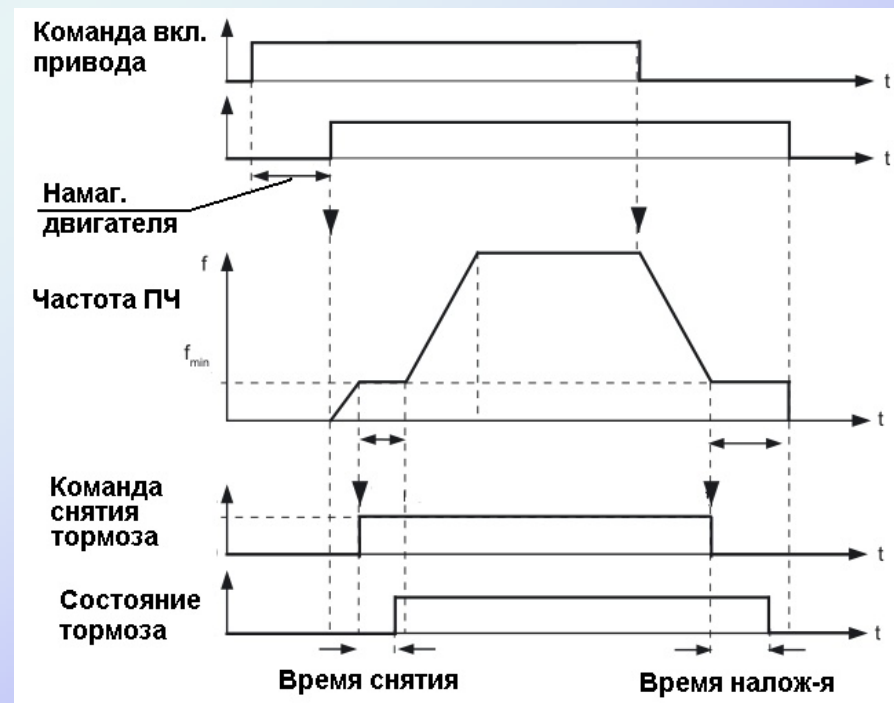
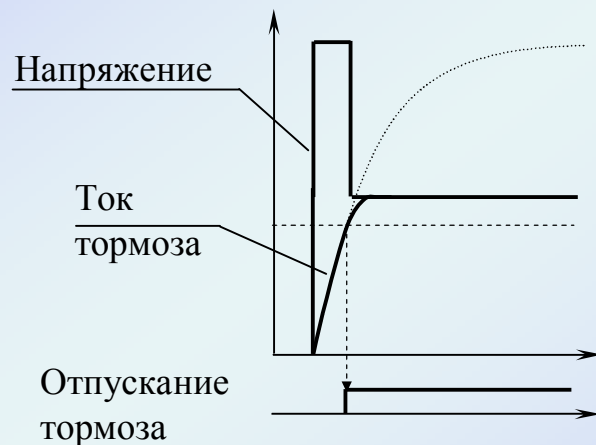
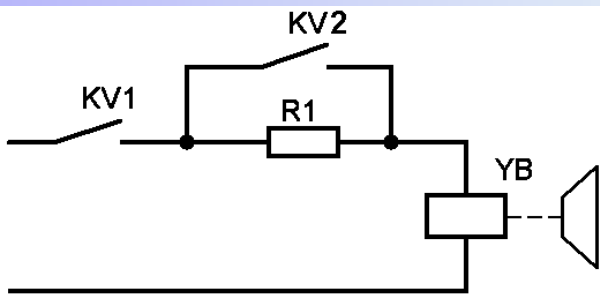
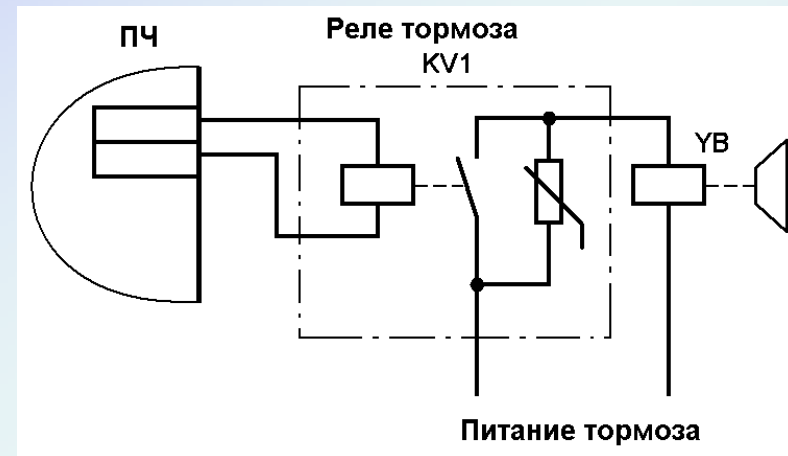
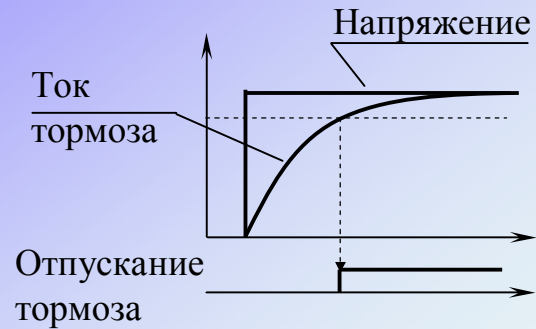
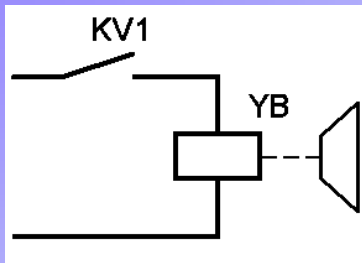
- производится снижение частоты питания;
- если температура продолжает расти, двигатель отключается.

При перегреве ПЧ

- производится снижение частоты ШИМ;
- производится снижение частоты питания;
- если температура продолжает расти, двигатель отключается.

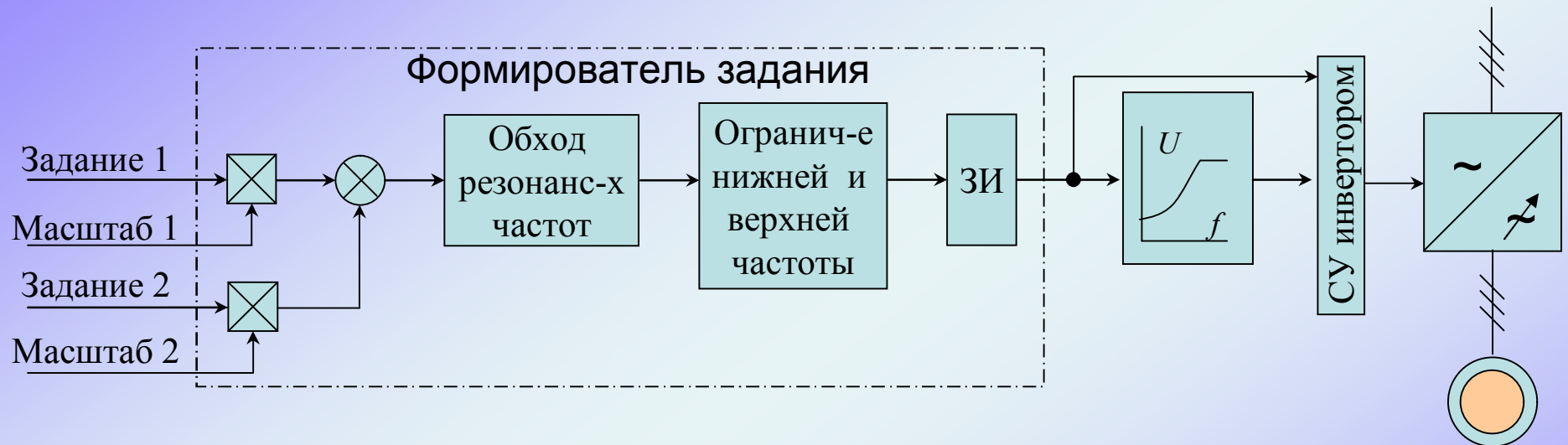


Управление тормозом

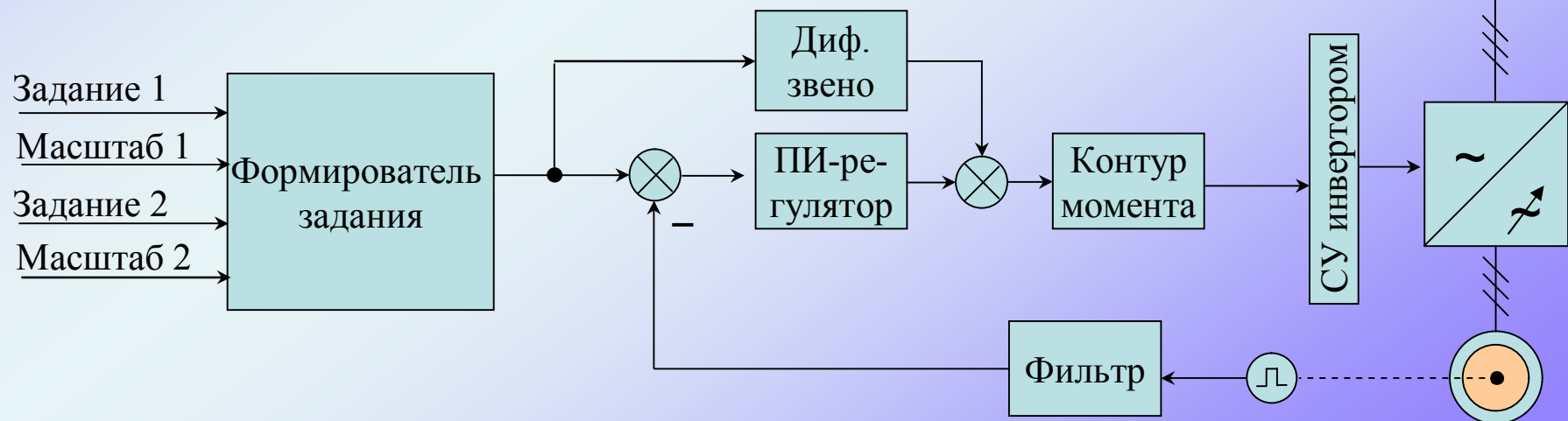


Типовые структуры управления ЭП

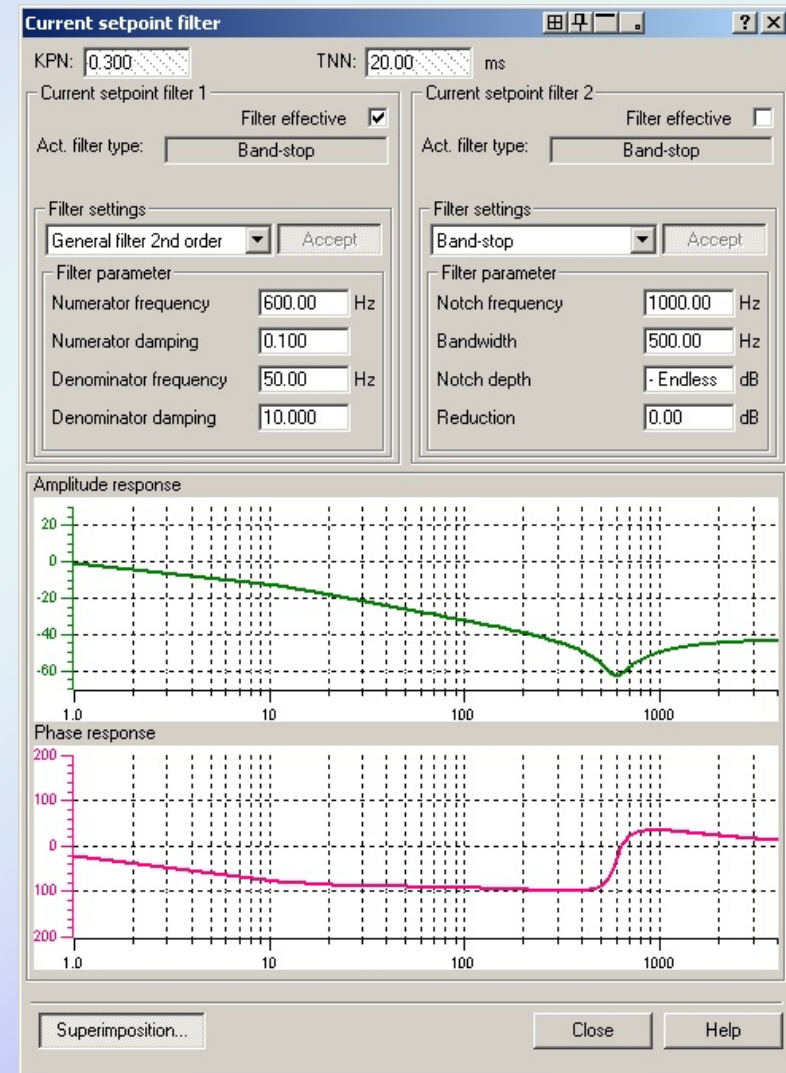
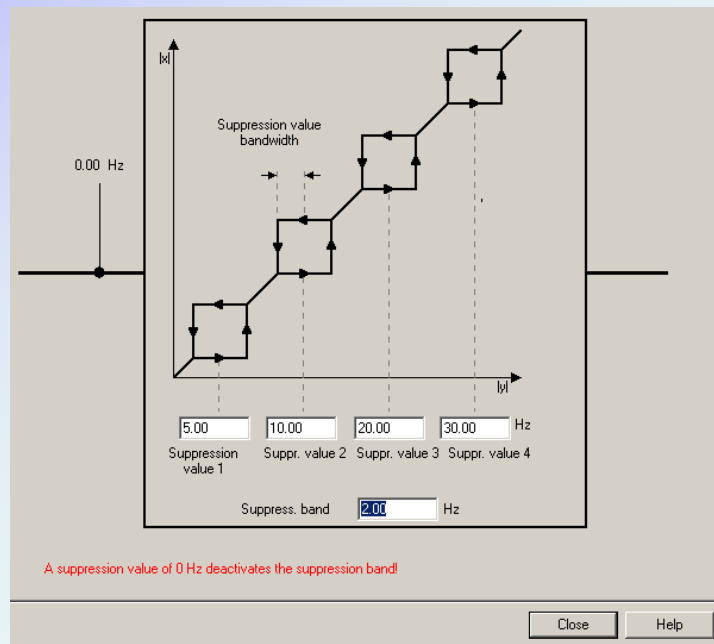
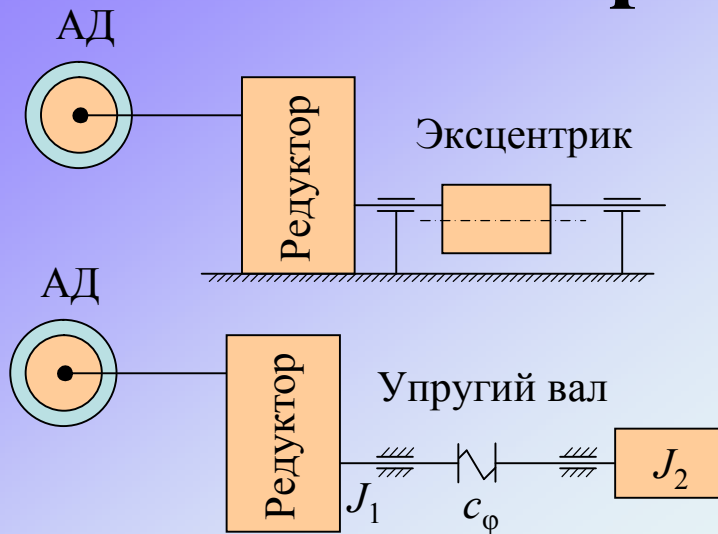
Разомкнутая система управления



Замкнутая система управления

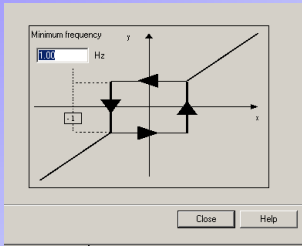


Обход резонансных частот

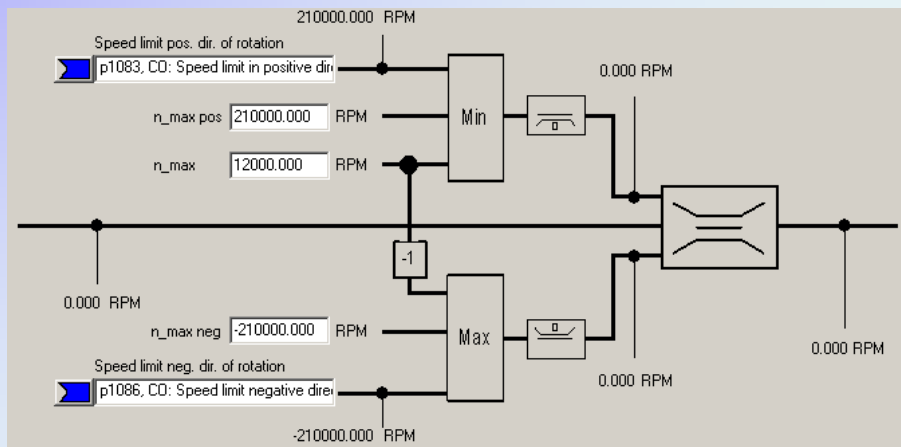


Ограничение заданной скорости

Ограничение нижней частоты

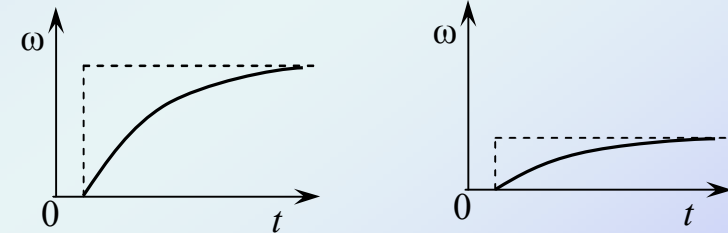


Ограничение верхней частоты



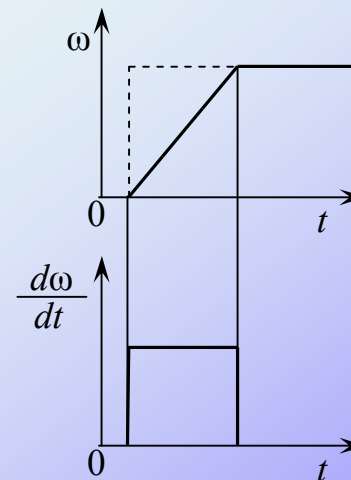
Верхняя граница частоты не превышает обычно 20 % из-за снижения критического момента

Использование фильтра, как задатчика интенсивности

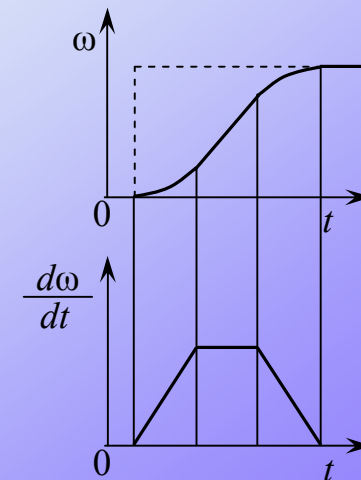


Задатчик интенсивности

Линейная хар-ка



S-образная хар-ка



Скалярное (частотное) управление АД

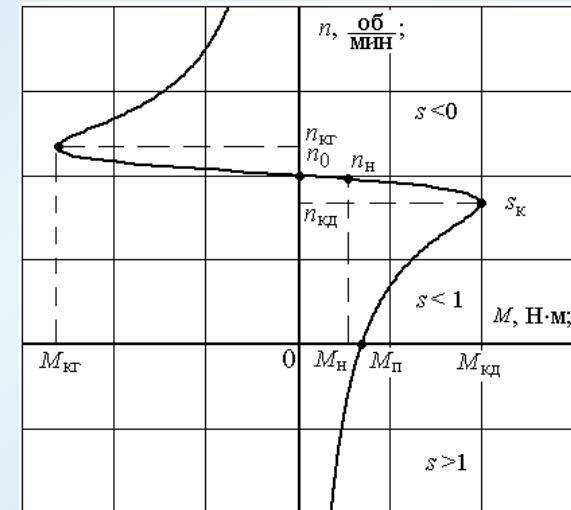
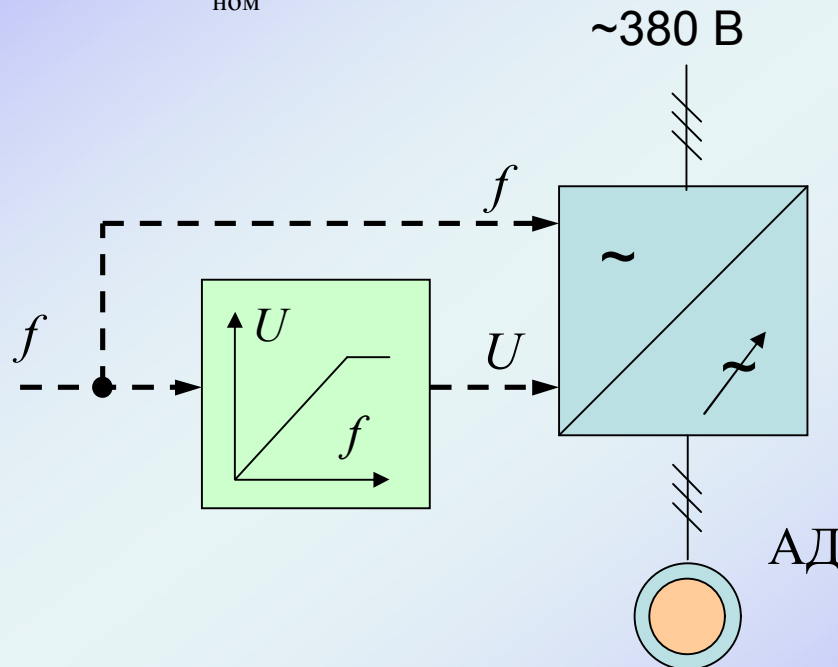
Общая формулировка закона управления Костенко

$$\frac{U_1}{U_{\text{НОМ}}} \cdot \frac{f_{\text{НОМ}}}{f_1} = \sqrt{\frac{M_1}{M_{\text{НОМ}}}}$$

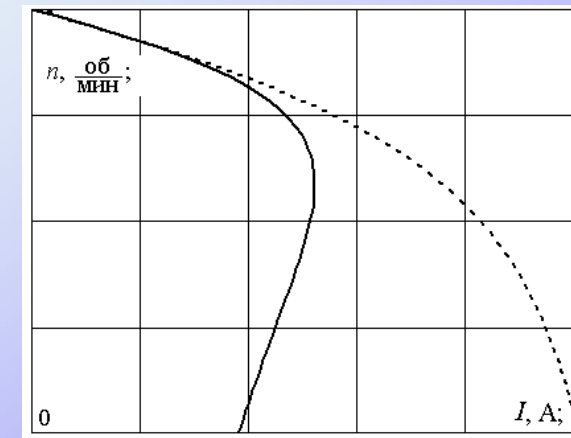
Критерий оптимальности

$$\lambda = \frac{M_1}{M_{\text{НОМ}}} = \text{const}$$

Диапазон регулирования
не более 1:10

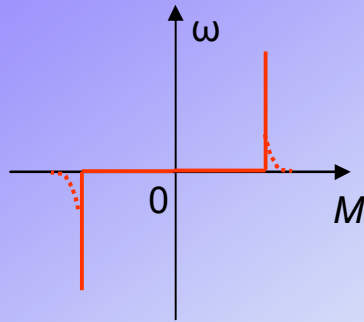


Механическая характеристика АД



Электромеханическая характеристика АД

$U/f = \text{const}$



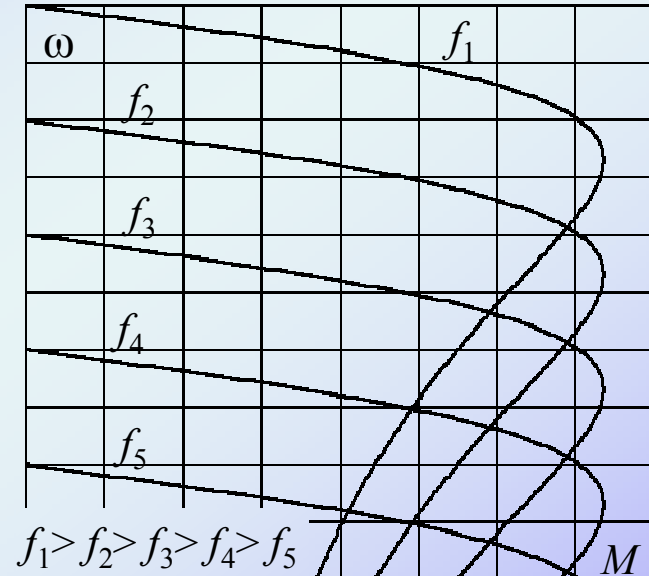
Момент сухого трения

$$\frac{U_1}{U_{\text{НОМ}}} \cdot \frac{f_{\text{НОМ}}}{f_1} = \sqrt{\frac{M_1}{M_{\text{НОМ}}}} = \sqrt{\frac{M_{\text{НОМ}}}{M_{\text{НОМ}}}} = 1$$

$$\frac{U_1}{f_1} = \frac{U_{\text{НОМ}}}{f_{\text{НОМ}}} = \text{const}$$

IR-компенсация

$$\frac{U_1 - I_1 r_s}{f_1} = \text{const}$$

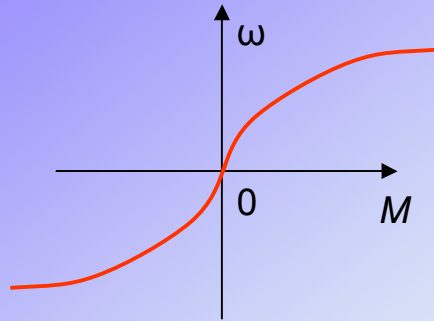


Механические характеристики
АД при разных частотах
питающего напряжения

Критический момент

$$M_{\text{кр}} = \frac{mU_1^2}{2\omega_0 \left(r_s + \sqrt{r_s^2 + x_{\text{кз}}^2} \right)}$$

$$U/f^2 = \text{const}$$



Момент вязкого трения

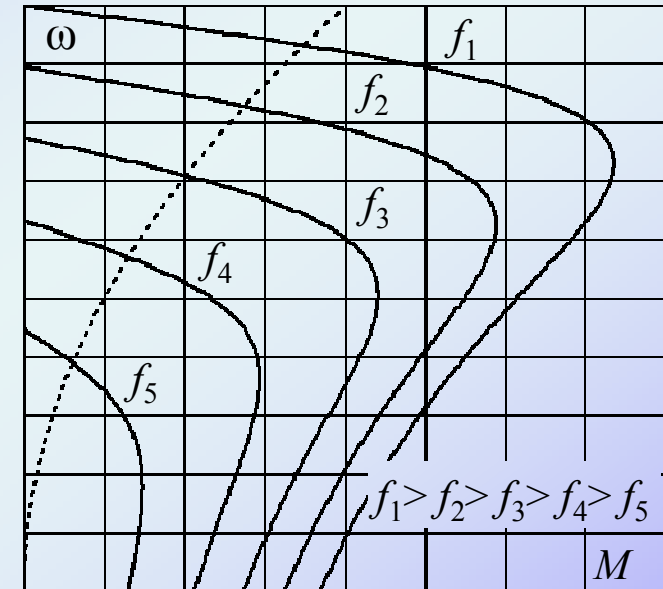
$$\frac{U_1}{U_{\text{НОМ}}} \cdot \frac{f_{\text{НОМ}}}{f_1} = \sqrt{\frac{M_1}{M_{\text{НОМ}}}}$$

$$M_1 = k\omega_1^2$$

$$\omega_1 \approx 2\pi f_1 / p_{\text{II}}$$

$$\frac{U_1}{U_{\text{НОМ}}} \cdot \frac{f_{\text{НОМ}}}{f_1} = \sqrt{\frac{k\omega_1^2}{k\omega_{\text{НОМ}}^2}} = \frac{\omega_1}{\omega_{\text{НОМ}}} \approx \frac{2\pi f_1 / p_{\text{II}}}{2\pi f_{\text{НОМ}} / p_{\text{II}}}$$

$$\frac{U_1}{U_{\text{НОМ}}} \cdot \frac{f_{\text{НОМ}}}{f_1} \approx \frac{f_1}{f_{\text{НОМ}}}$$

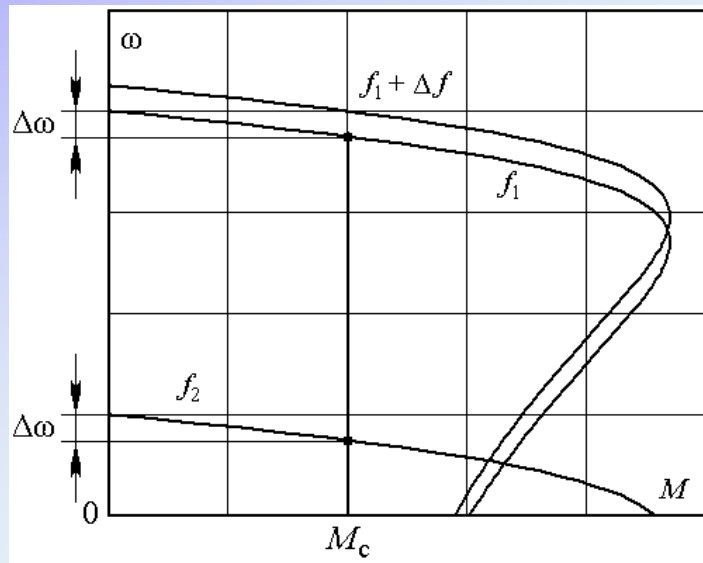


Механические характеристики АД при разных частотах питающего напряжения

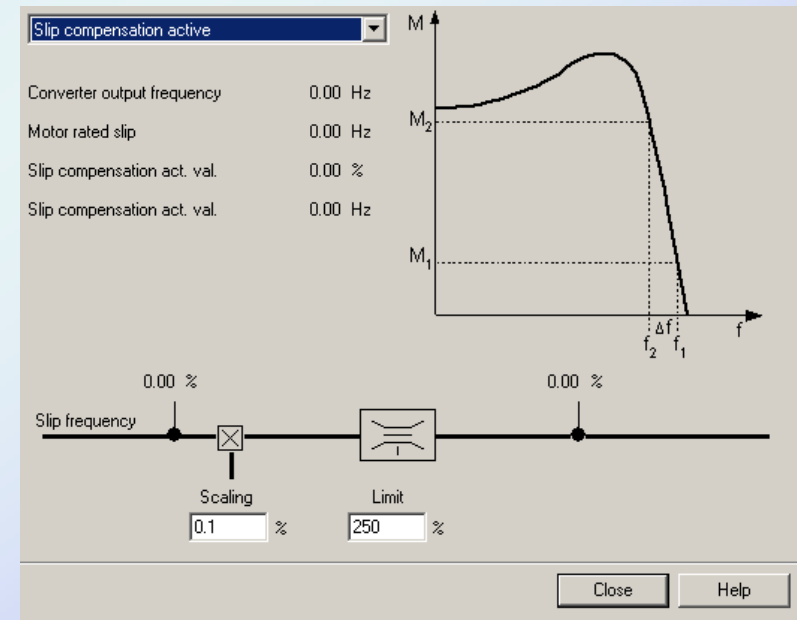
$$\frac{U_1}{f_1^2} \approx \frac{U_{\text{НОМ}}}{f_{\text{НОМ}}^2} = \text{const}$$

Компенсация скольжения

Для повышения жёсткости механических характеристик и точности поддержания скорости при разомкнутом управлении вводятся компенсация скольжения. По активному току оценивается момент двигателя, и частота на выходе ПЧ увеличивается на добавку, пропорциональную этому моменту.



Механические характеристики АД при регулировании скорости и компенсации скольжения



Часть окна настройки компенсации скольжения в программе Starter

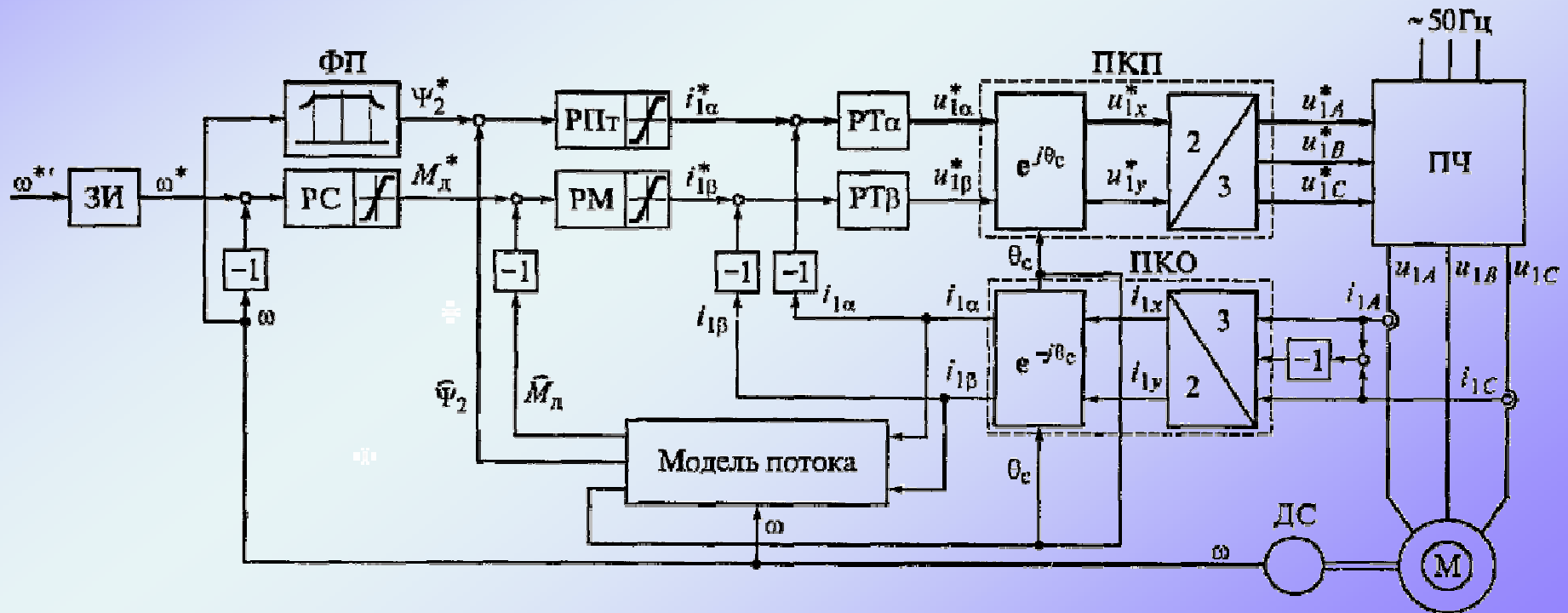
Векторное управление

Без датчика скорости

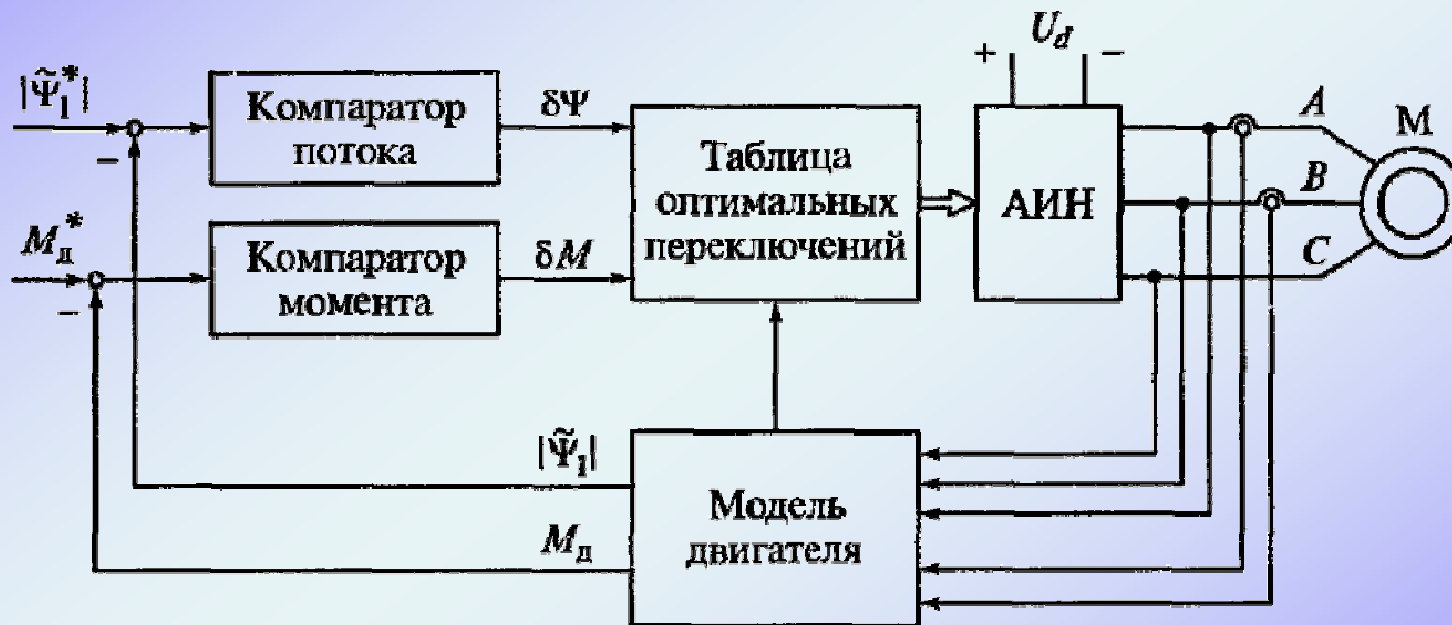
С датчиком скорости

Диапазон регулирования до 1:100

Диапазон регулирования до 1:10000

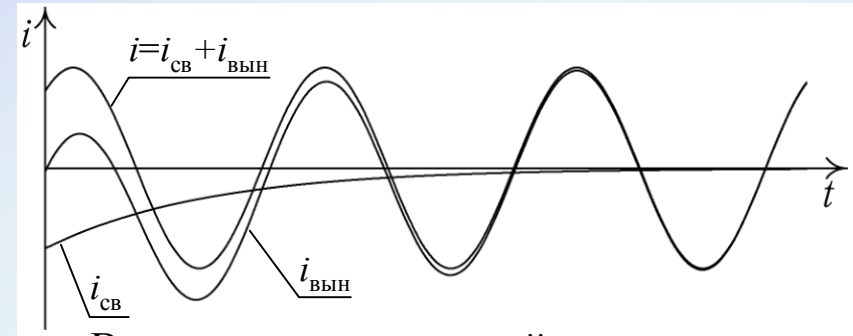


Прямое управление моментом

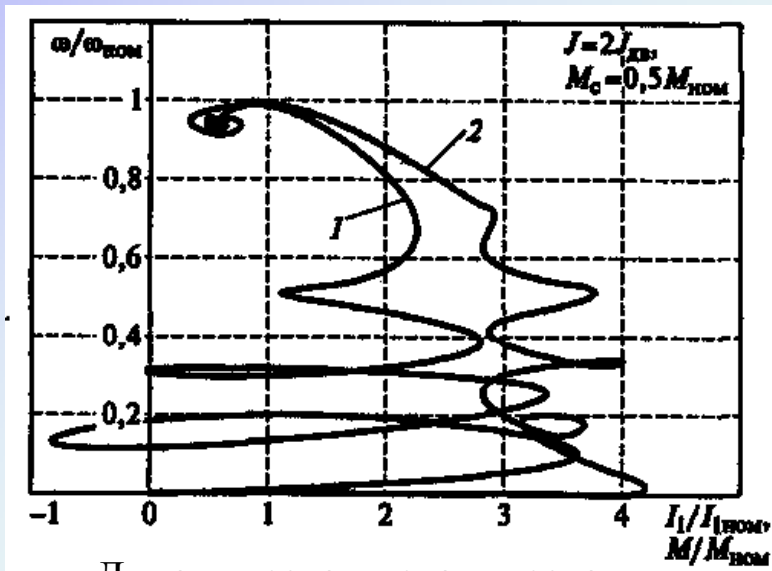


Пуск привода, подхват на ходу

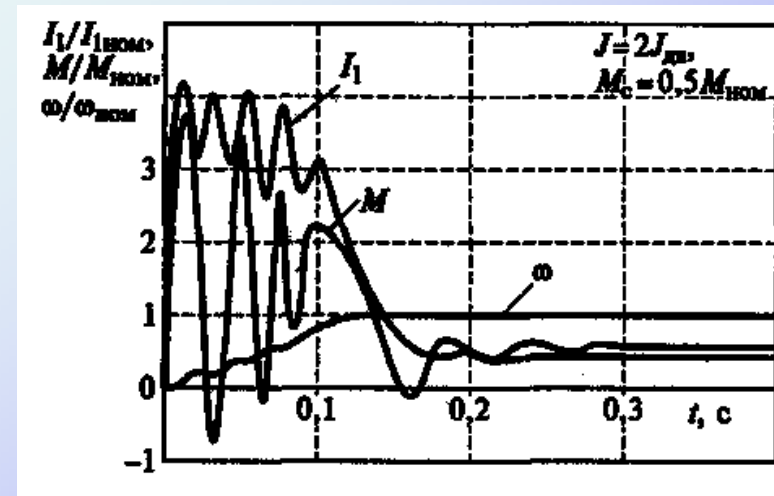
При прямом пуске в электромагнитной цепи АД возникают переходные процессы, при этом ток и момент могут превышать значения, которые они должны принимать по статическим механической и электромеханической характеристикам.



Включение индуктивной нагрузки на синусоидальное напряжение



Динамическая механическая и электромеханическая характеристики



Переходные процессы по току, скорости и моменту

Торможение привода

- на выбеге
- динамическое
- рекуперативное
- смешанное
- противовключением

