

Принципы управления VLT

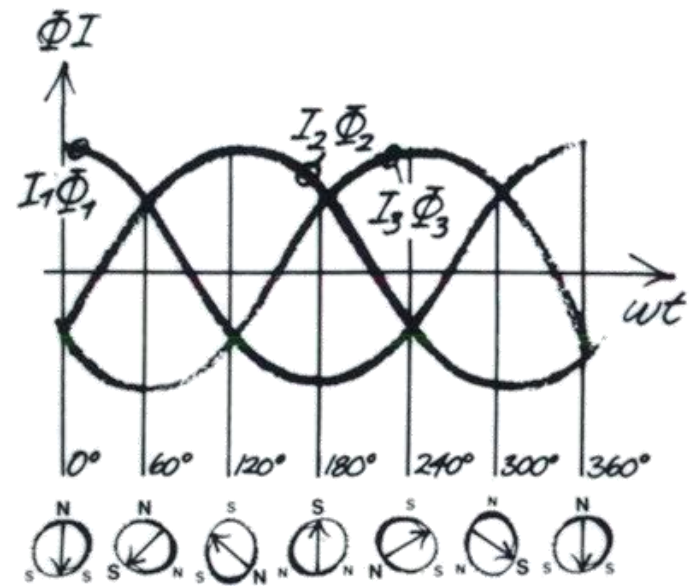
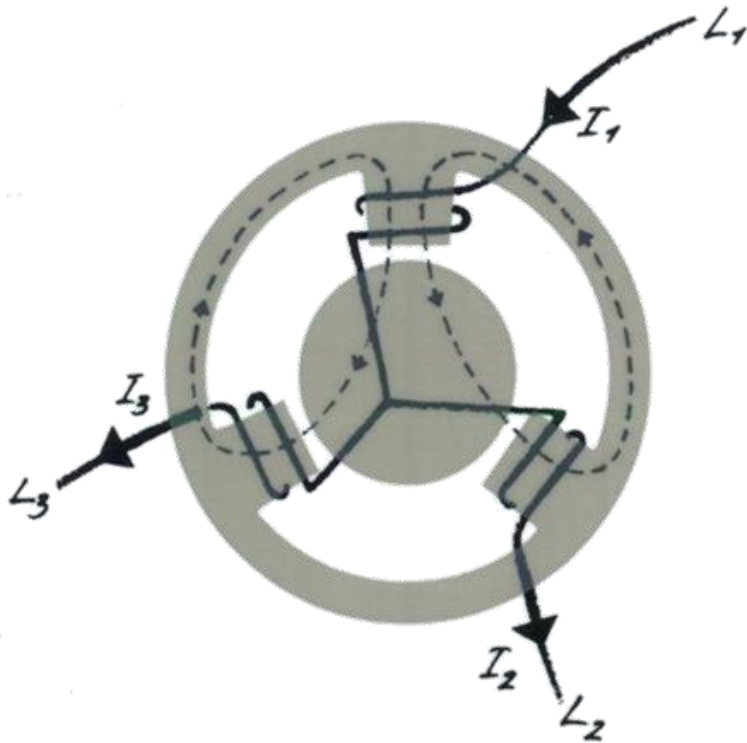
Основные принципы управления, используемые Danfoss

- Скалярный (U/f)
- Управление Вектором Напряжения Плюс (VVC+)
- Управление вектором потокосцепления (FLUX)

Преимущества плавной регулировки скорости асинхронных двигателей

- Энергосбережение
- Оптимизация процесса (технологии)
- Плавная работа механизмов
- Меньше обслуживания

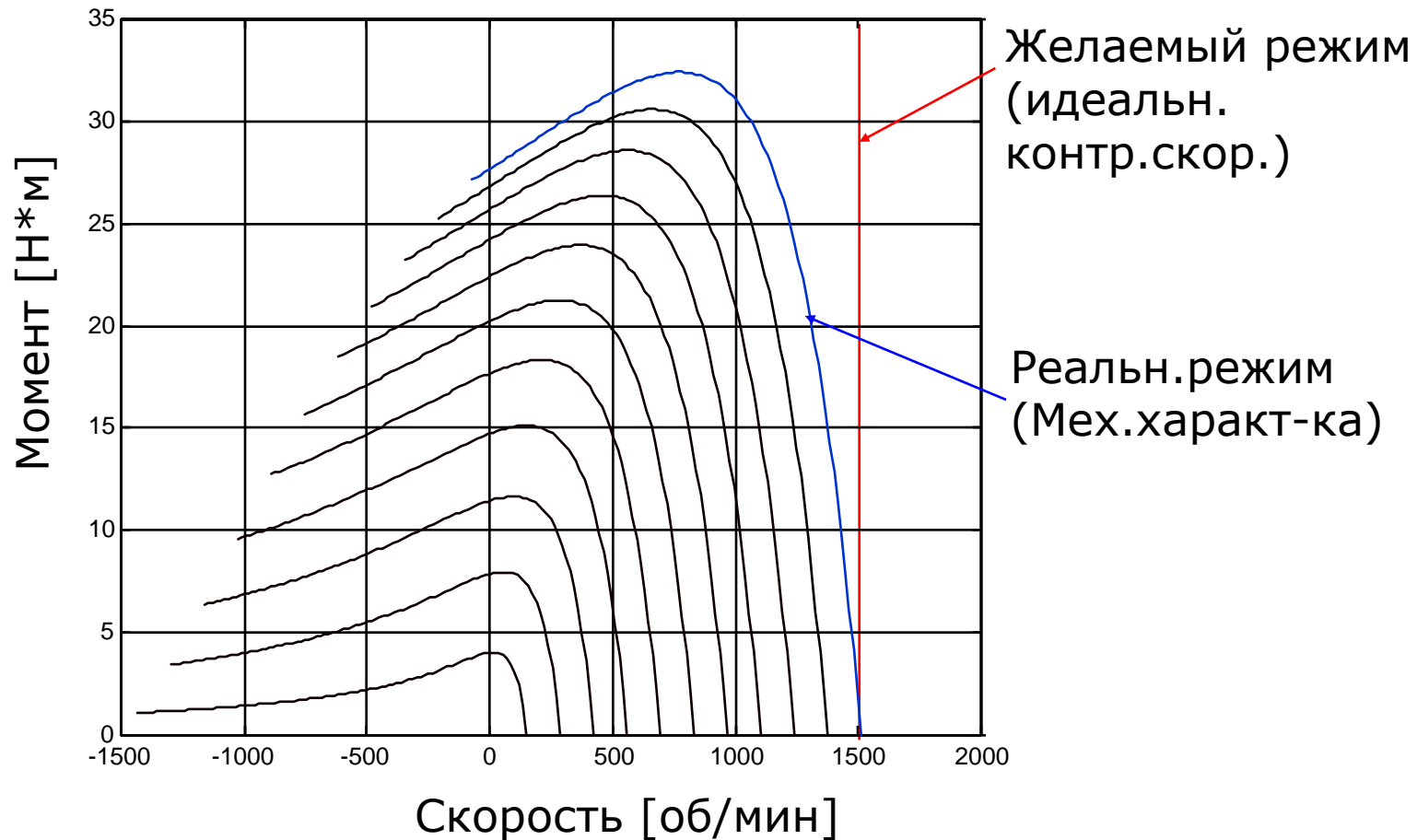
Трёхфазный ток создает симметричное вращающееся магнитное поле



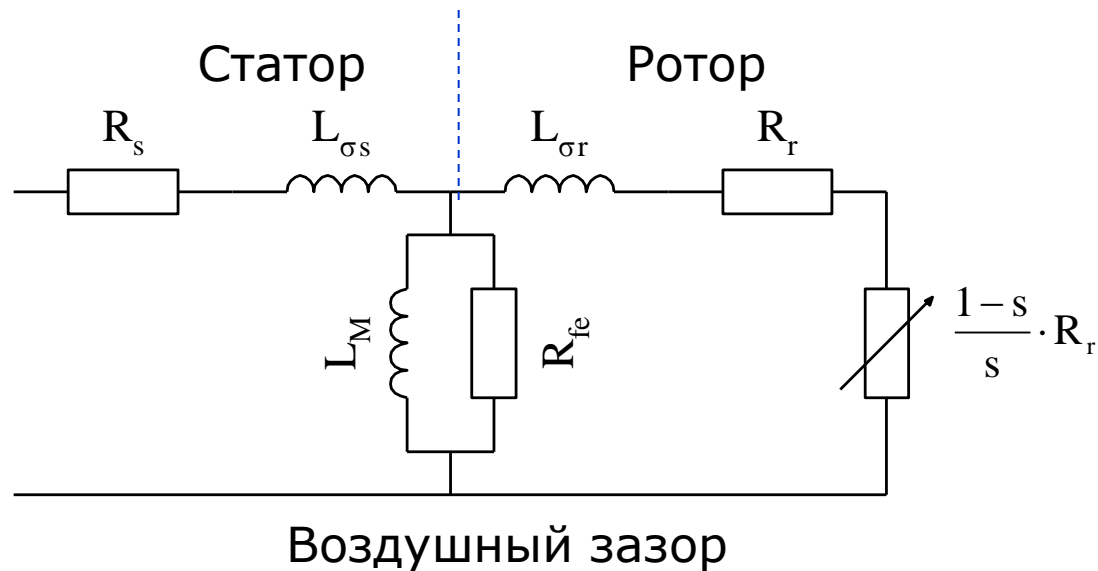
Скольжение



Расчетные кривые момента двигателя 1.5кВт
ATB 380V/50Hz, Type VAV 90L/4C-11



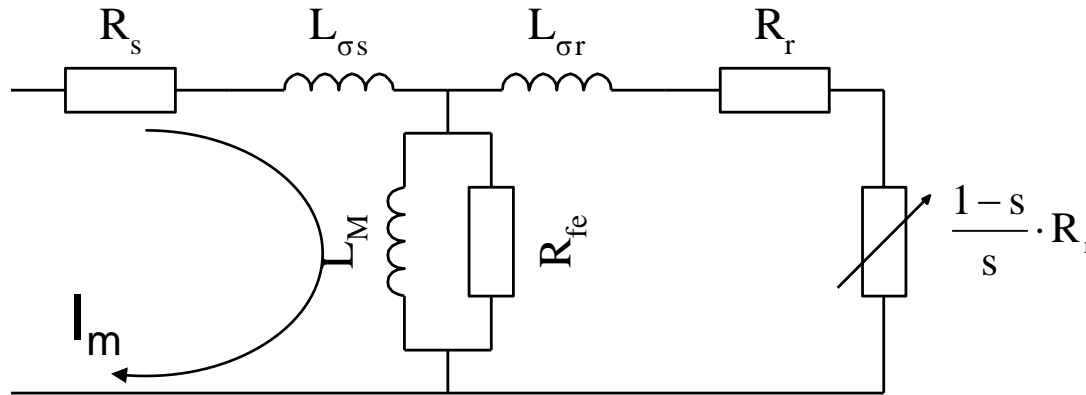
Эквивалентная диаграмма



- | | | |
|---------------|------------|-------------------------------------|
| R_s, R_r | : | Омические потери в статоре и роторе |
| R_{fe} | : | потери в железе |
| L_{ss} | (L_1): | Индуктивность рассеяния статора |
| L_{sr} | (L_2): | Индуктивность рассеяния ротора |
| L_M | (L_H): | Индуктивность намагничивания |
| $(1-s)/s R_r$ | : | Нагрузка |

Ток намагничивания

Скалярное управление



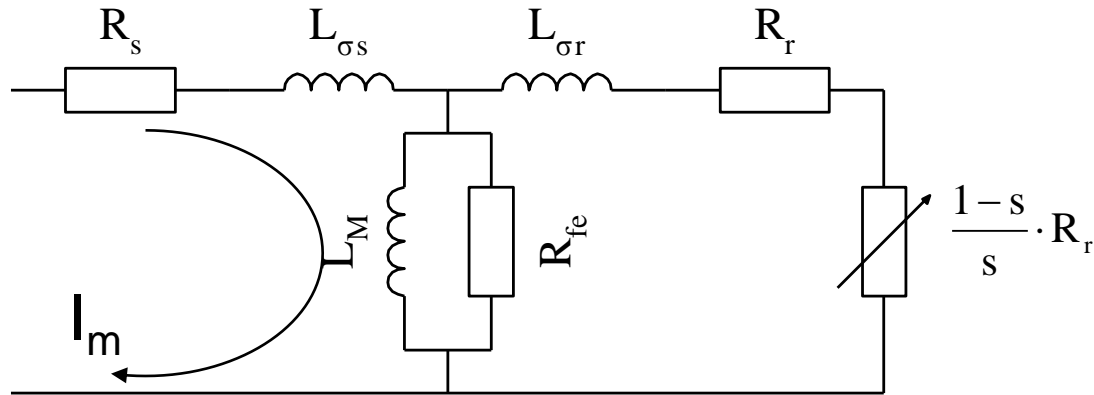
$$X_m = L_m \omega = L_m 2\pi f$$

$$I_m \approx V / X_m$$

Лучшие характеристики – при поддержании постоянного тока намагничивания.

Если не учитывать падение напряжения в статоре, мы можем контролировать I_m соотношением напряжения и частоты: V/f управление.

Ток намагничивания Скалярное управление



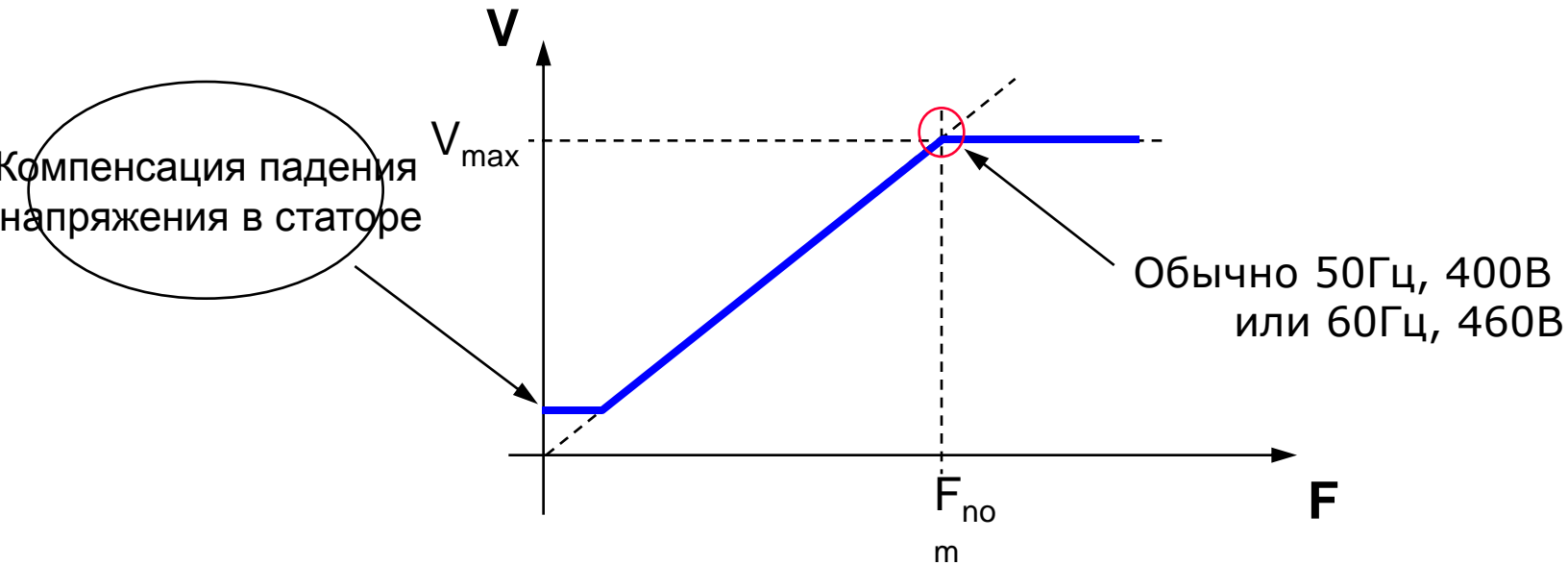
$$X_m = L_m \omega = L_m 2\pi f \quad (1)$$

$$I_m \approx V / X_m$$

$$(2) \quad \frac{V}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot L} \approx \frac{V}{f} \cdot K \quad (3)$$

$$I_m \approx \frac{V}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot L} \approx \frac{V}{f} \cdot K_m \quad (4)$$

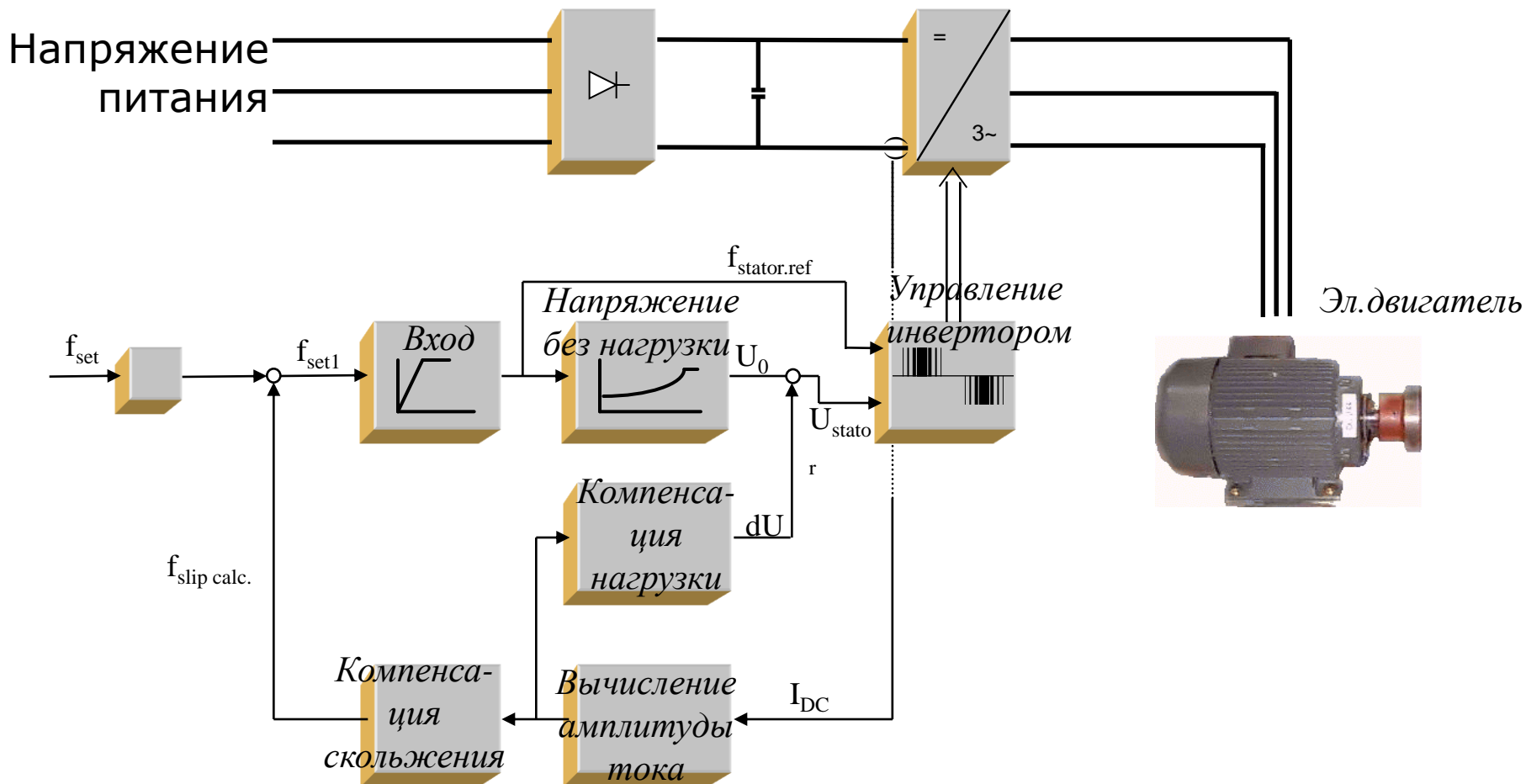
V/F



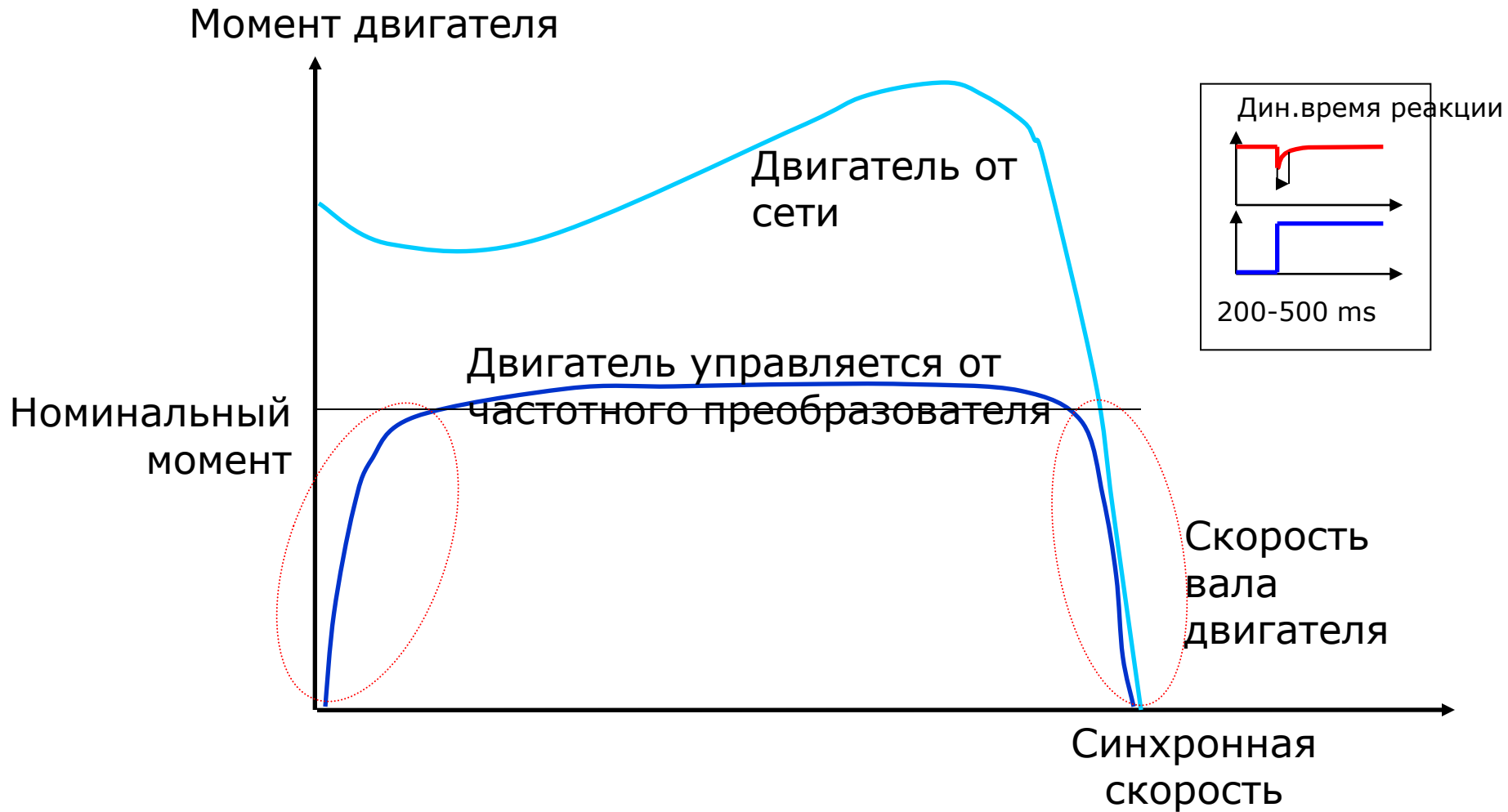
Номинальные значения для V и F обычно используется для значений F_{nom} и V_{max} . Напряжение V_{max} привода ограничено напряжением питания. Частота не ограничена.

Для $F > F_{nom}$ отношение V / F уменьшается из-за ограничения напряжения – ведет к ослаблению поля.

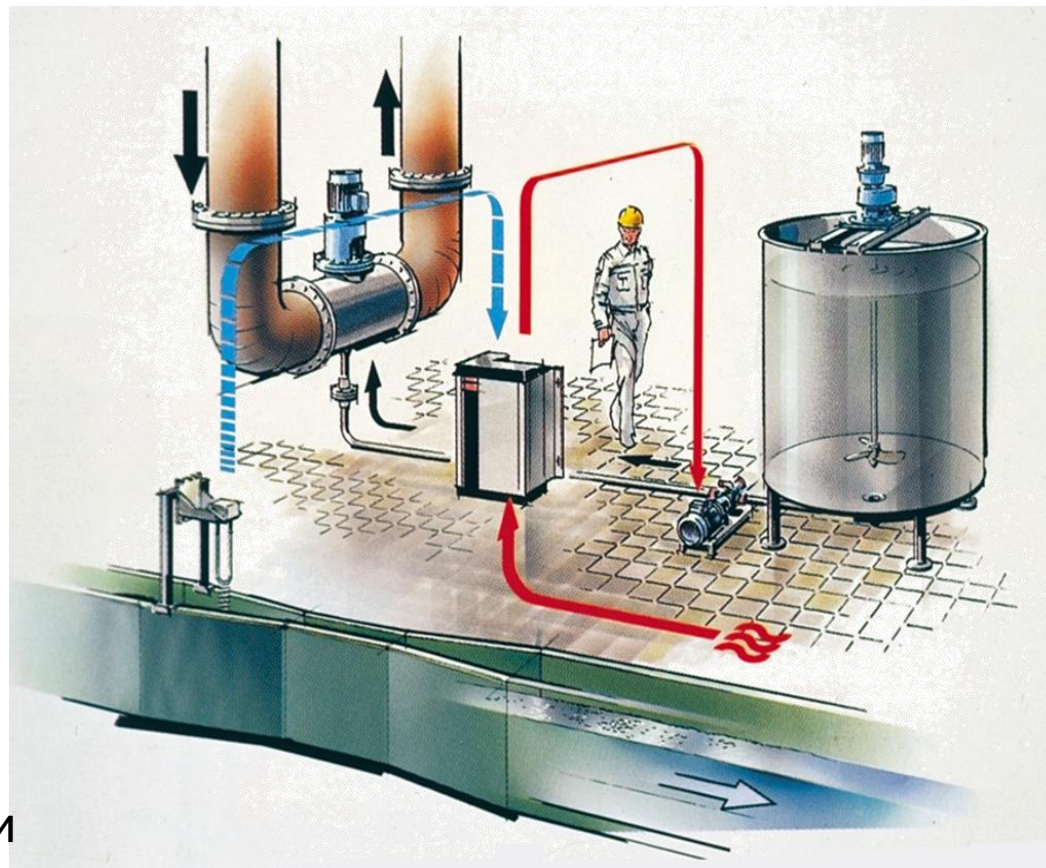
Скалярное управление с компенсациями (Micro Drive FC-051)



Механическая характеристика (М/п диаграмма)

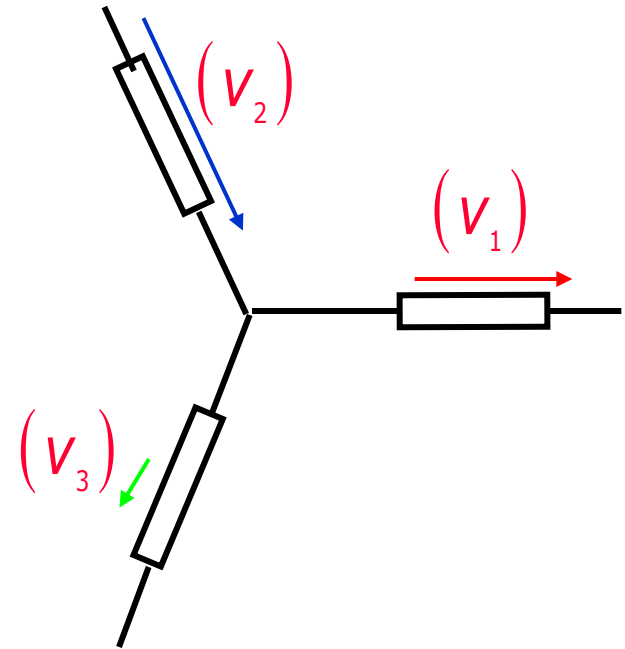
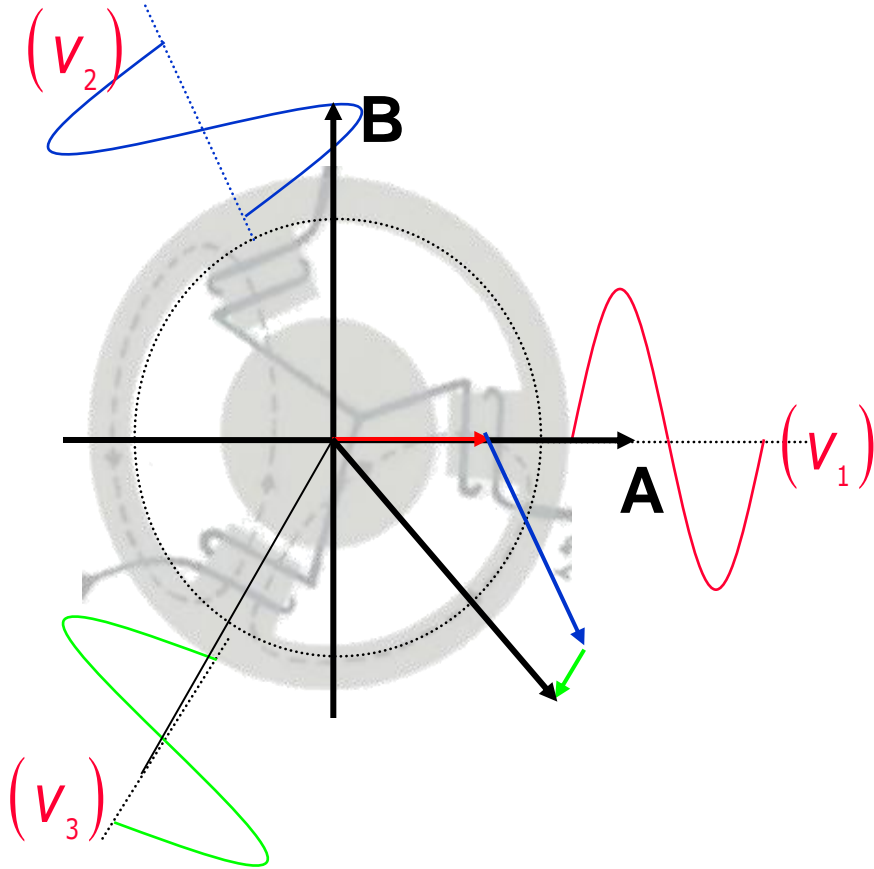


Приложения



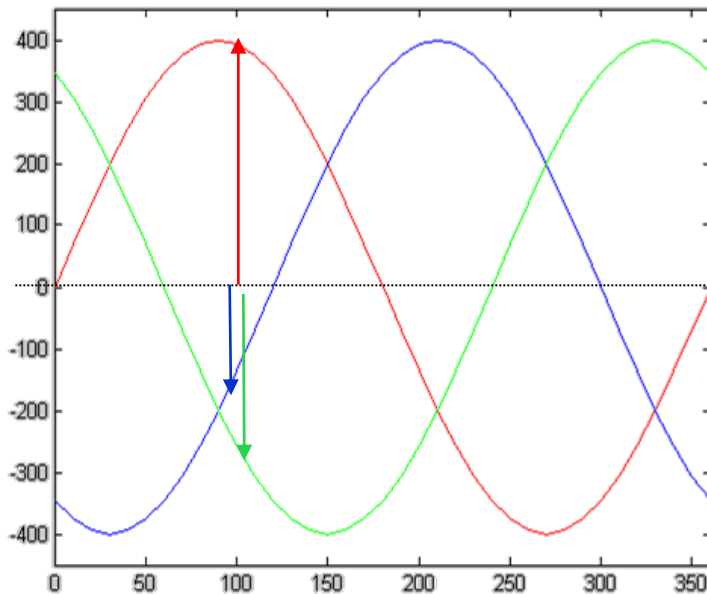
Момент – функция скорости

Определение вектора напряжения



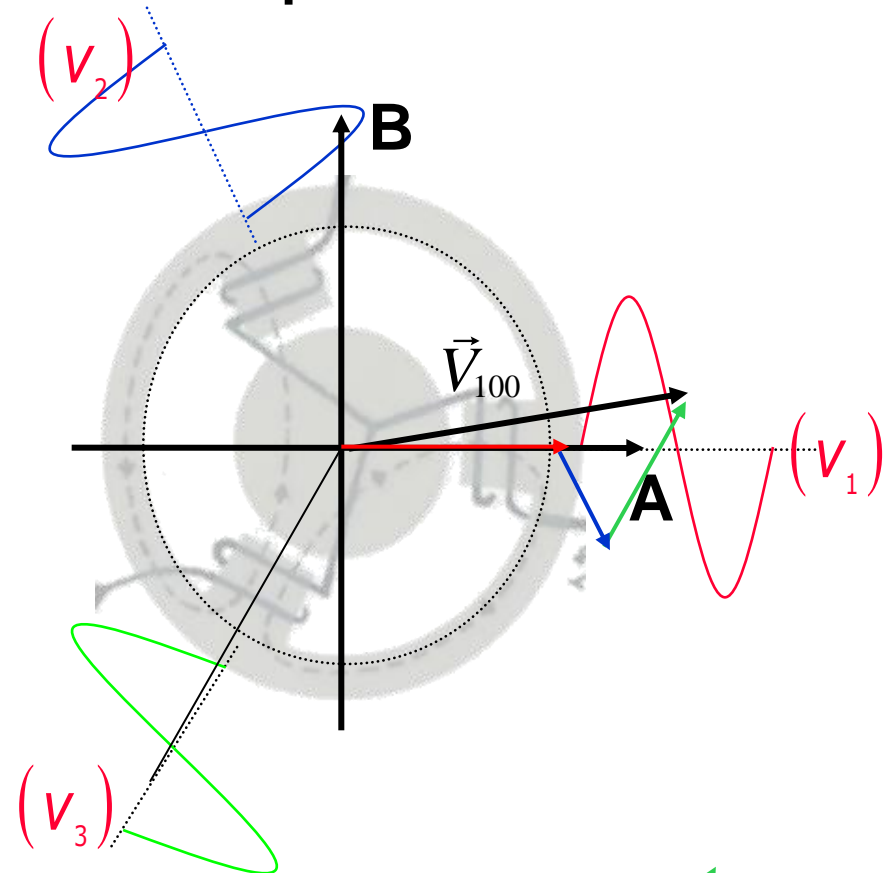
Сложение векторов напряжения

$$\vec{V} = \left(v_1 + v_2 e^{j\frac{2\pi}{3}} + v_3 e^{j\frac{4\pi}{3}} \right)$$



*

$$\vec{V}_{100} = (v_1) + (v_2) + (v_3)$$



The vectors are: (v_1) (v_2) (v_3)

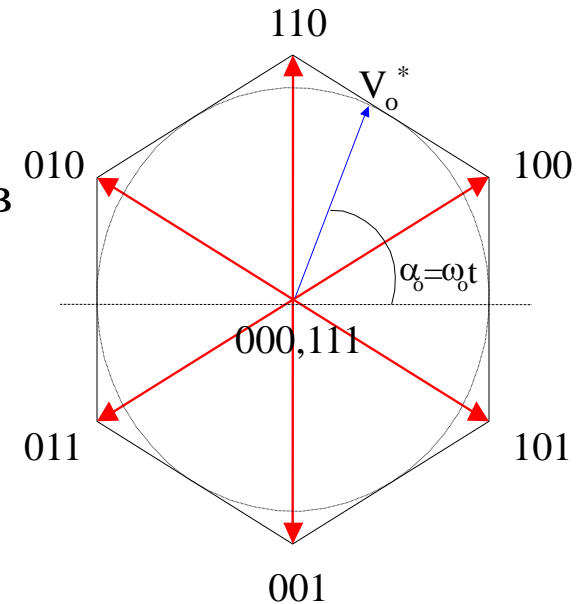
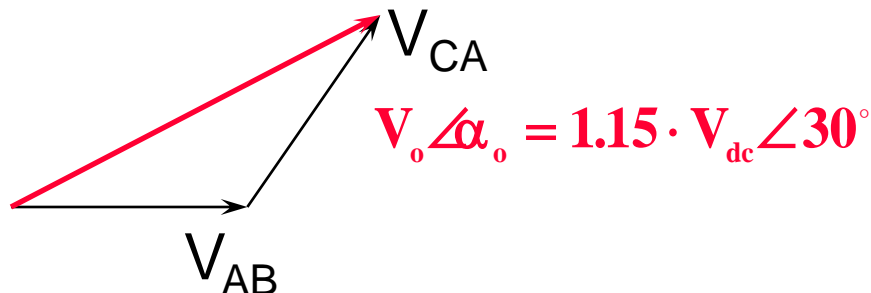
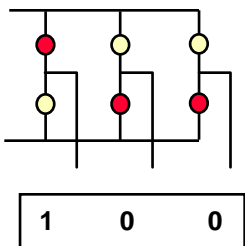
Модуляция положения вектора в пространстве

Используя трансформацию

$$\vec{V}_o = \frac{2}{3} \left(v_{AB} + v_{BC} e^{j\frac{2\pi}{3}} + v_{CA} e^{j\frac{4\pi}{3}} \right) = V_o \angle \alpha_o$$

восемь комбинаций состояния IGBT-транзисторов трансформируются в шесть активных и два нулевых вектора

Пример: комбинация ключей 100
 $V_{AB} = V_{dc}$ $V_{BC} = 0$ $V_{CA} = -V_{dc}$

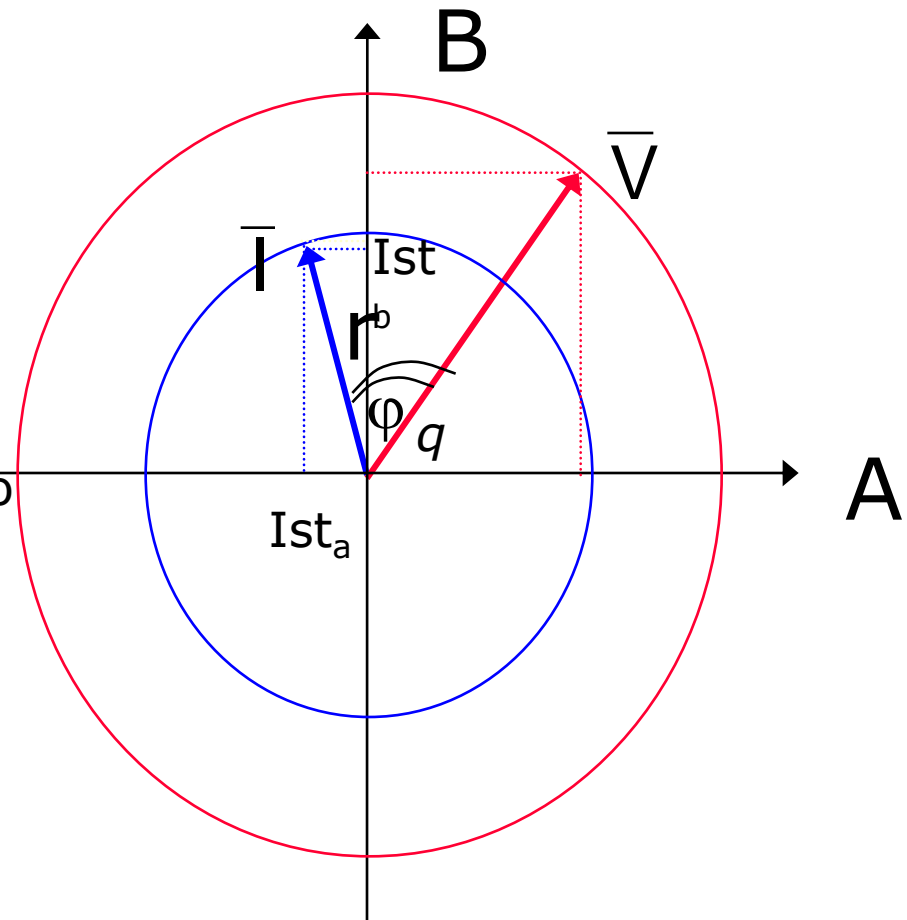


Вектор тока

Вектор тока определяется так же как и напряжения

Каждый вектор представляется либо I_{st} (a,b) координатами либо величиной и углом (r, q)

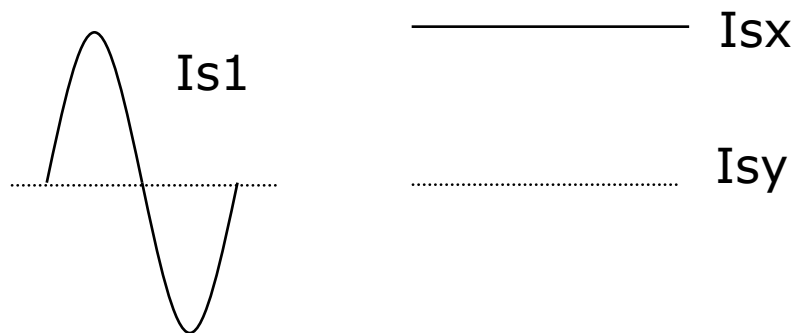
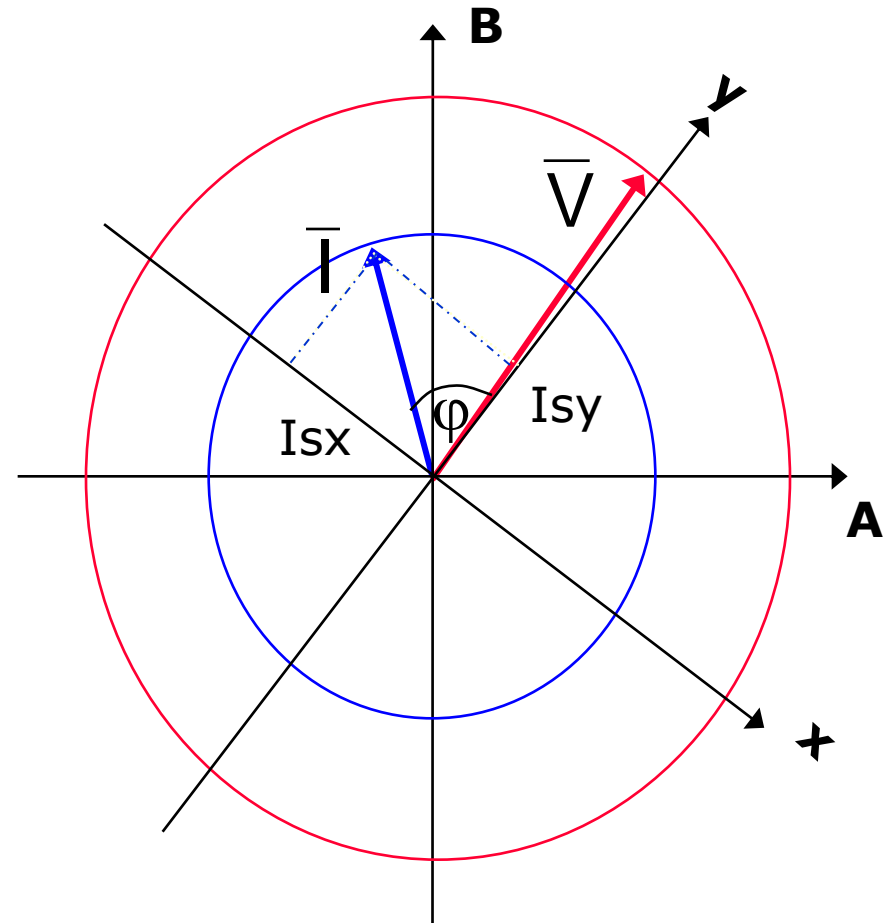
Для кругового пути a- и b-компоненты меняются во времени по \sin и \cos



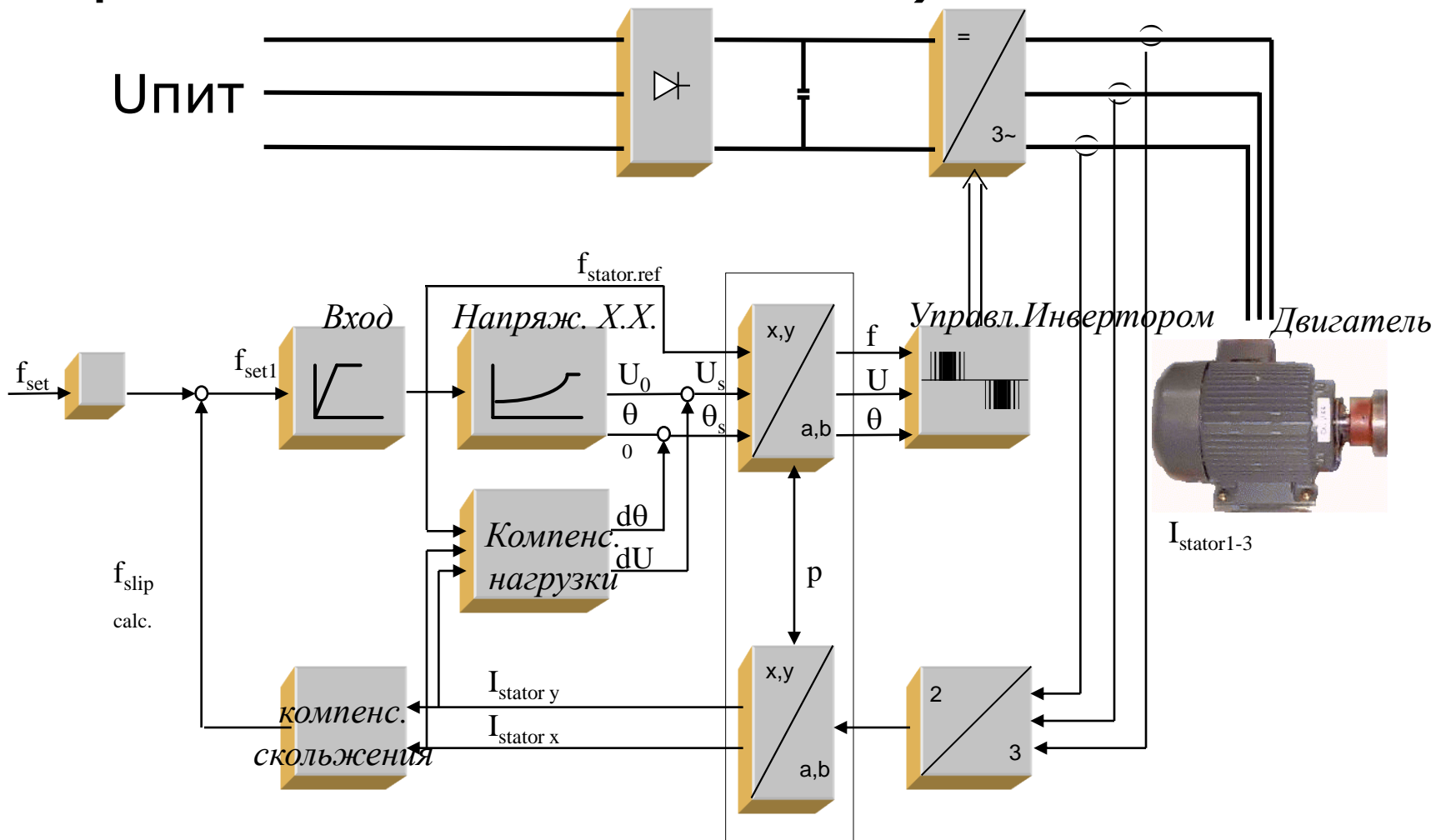
Вращающиеся координаты

Токи могут быть представлены в системе координат (x, y) , одна из осей которой расположена на векторе напряжения. Эта система координат вращается со скоростью напряжения.

В этой системе координат i_x and i_y постоянны во времени (при неизменной нагрузке)



Управление вектором потока без обратной связи (FC-302 режим Flux Sensorless)



VVC+ Приложения

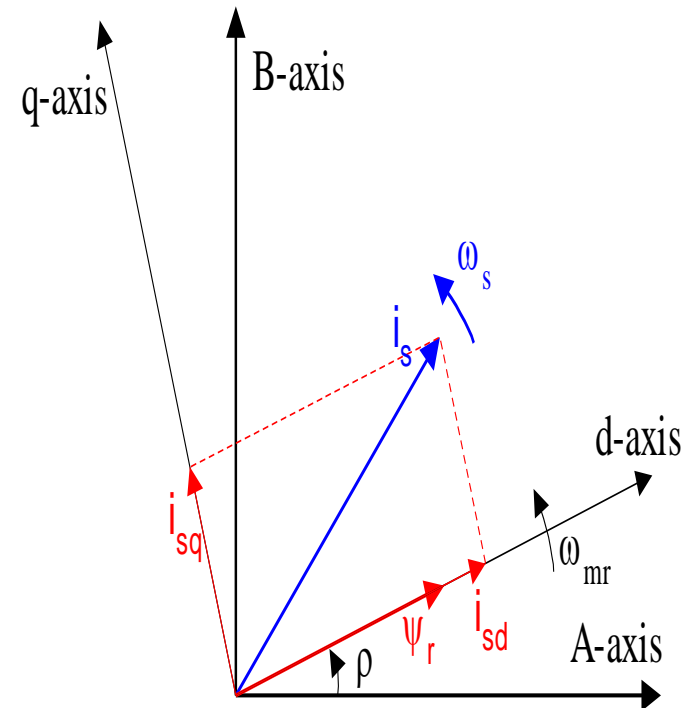
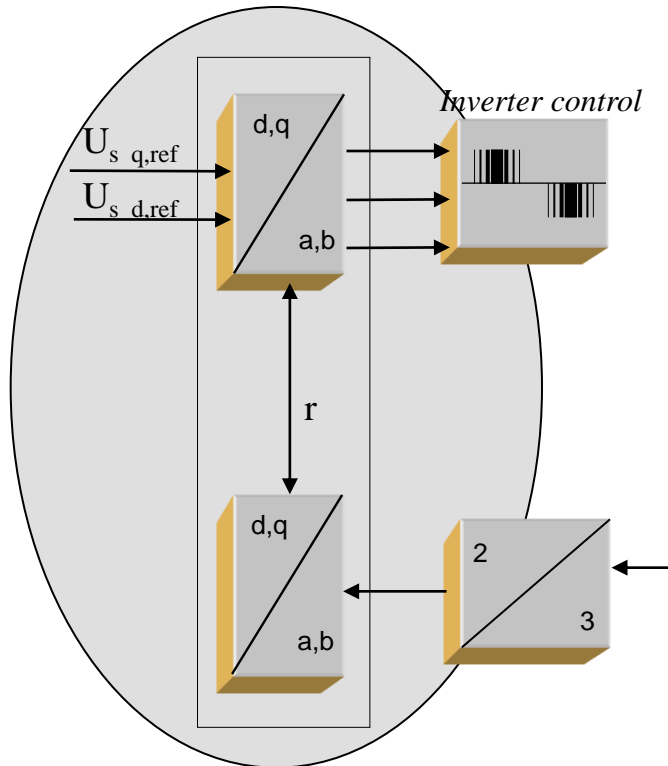


- Резкие изменения нагрузки
- Точное поддержание скорости

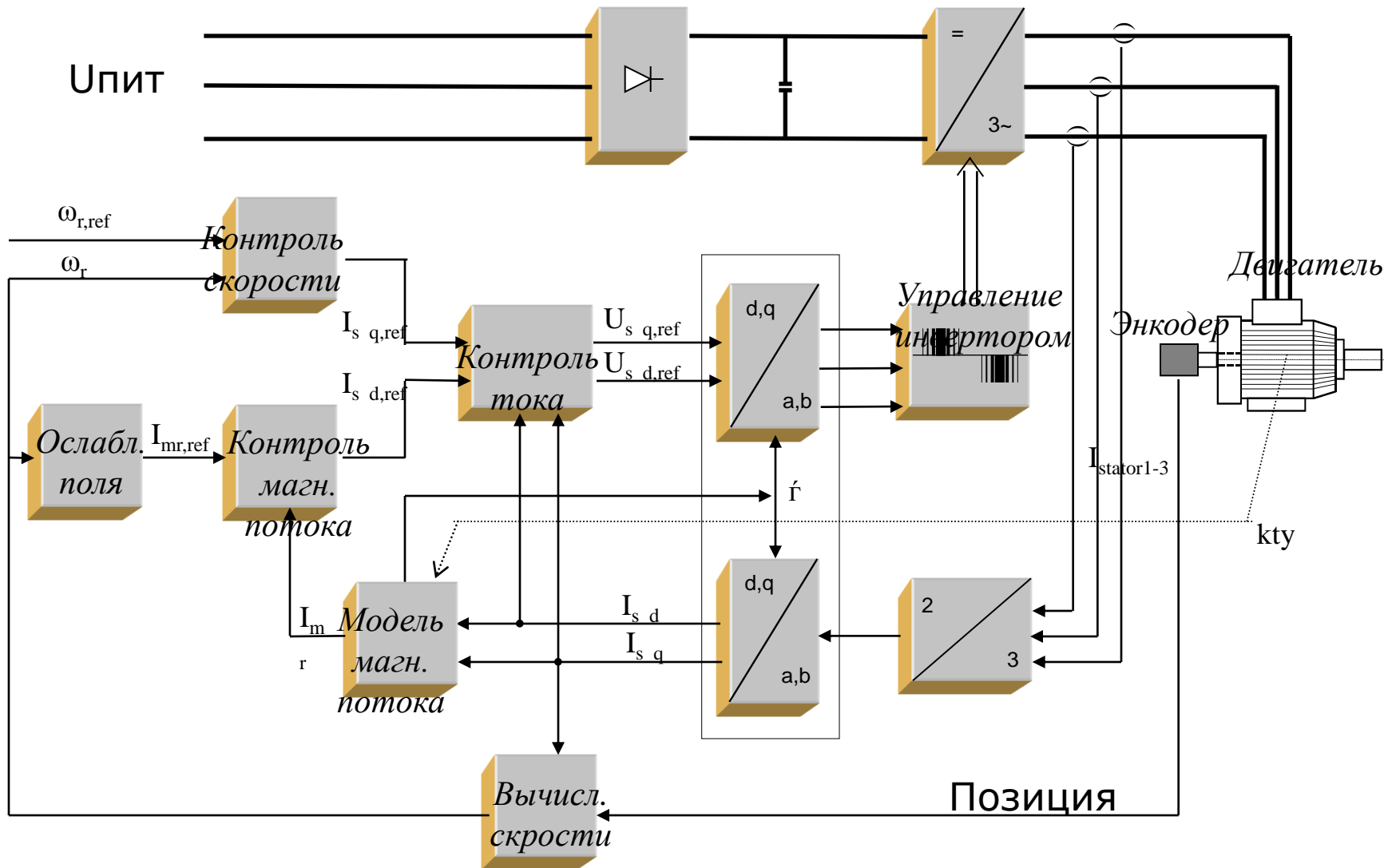
Flux Vector Control

(Управление вектором магнитного потока)

Векторы тока a и b преобразуются во вращающуюся систему координат q - d . Эта система координат связана с вектором магнитного потока в воздушном зазоре, ω_s . При постоянной нагрузке токи i_q и i_d не изменяются во времени.



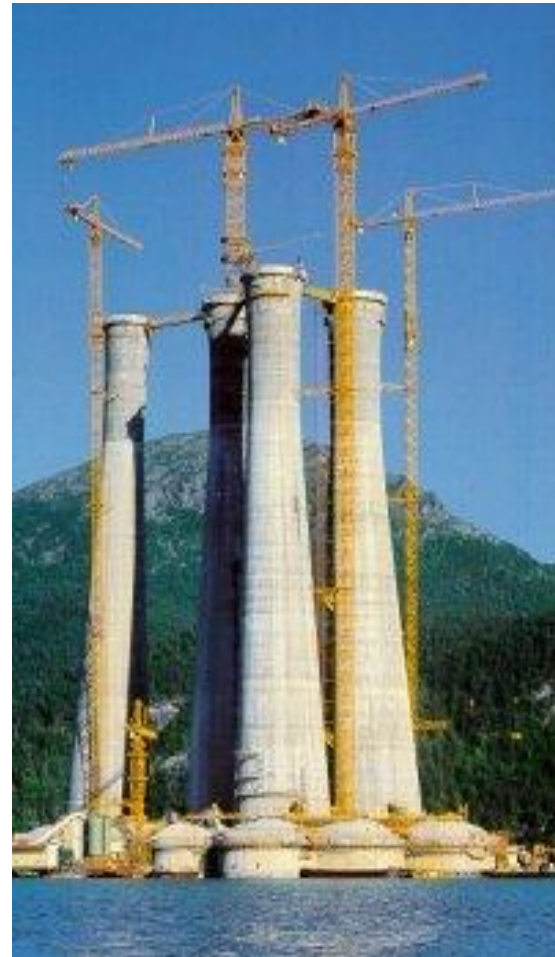
Управление вектором потока (замкнутый контур)



Управление вектором потока. Применение: Кран



- Полный момент при нулевой скорости
- Постоянный момент, не зависящий от скорости



Заключение

Для пользователя, оптимальное решение заключается в методы, которые сочетают в себе грубые свойства скалярного V/F способа управления с более высокой динамикой поля-ориентированного (векторного) принципа управления.

	Скалярное управление	Векторное управление U (без ОС)	Векторное управление U (с ОС)	Векторное управление Потокосцеплением (без ОС)	Векторное управление Потокосцеплением (с ОС)
Диапазон регулирования скорости	1:25	1:100	1:1000-10000 зависит от датчика	1:100	1:1000-10000 зависит от датчика
Точность поддержания скорости	+/-1% в осн. диапа-зоне скорости	+/-0.5% в осн. диапа-зоне скорости	зависит от датчика	+/-0.5% в осн. диапа-зоне скорости	зависит от датчика
Ускорение момента	40-90% от номин. момента	80-130% от номин. момента		100-150% от номин. момента	100-160% от номин. момента
Время реакции на изменение скорости	200-500мс	50-300мс		10-100мс	5-50мс
Время реакции на изменение момента	отсутствует	20-50мс		0.5-5мс	0.5-5мс