

Зміст презентації

- Вступні коментарі
- Що таке сучасний перетворювач частоти, його основні функціональні можливості
- Особливості частотного керування АД- словник частотного керування
- Презентація перетворювачів частоти від SE-короткий огляд серії Altivar
- Проблеми інтегрування ПЧ у середовище:
 - Взаємодія ПЧ з мережею
 - взаємодія ПЧ з двигуном
 - взаємодія ПЧ з середовищем, проблема EMC
 - класифікація середовища та електроприводів з точки зору EMC
- Ефективність використання ПЧ Altivar- кіноролики

Серія ПЧ типу “Altivar”

Прості механізми



Складні механізми



Вентилятори,
насоси



Установки кондиц.
та вентиляції



ATV12
0,18- 4,0 кВт

ATV312
0,18-15 кВт

ATV32

ATV71
0,37-630 кВт

ATV71plus
90-2000кВт

ATV61
0,37-800 кВт

ATV61plus
90-2400кВт

ATV212
0,75-75кВт

Пристрої плавного пуску серії “Altistart”

ATS 01



1,1-75кВт

ATS 48



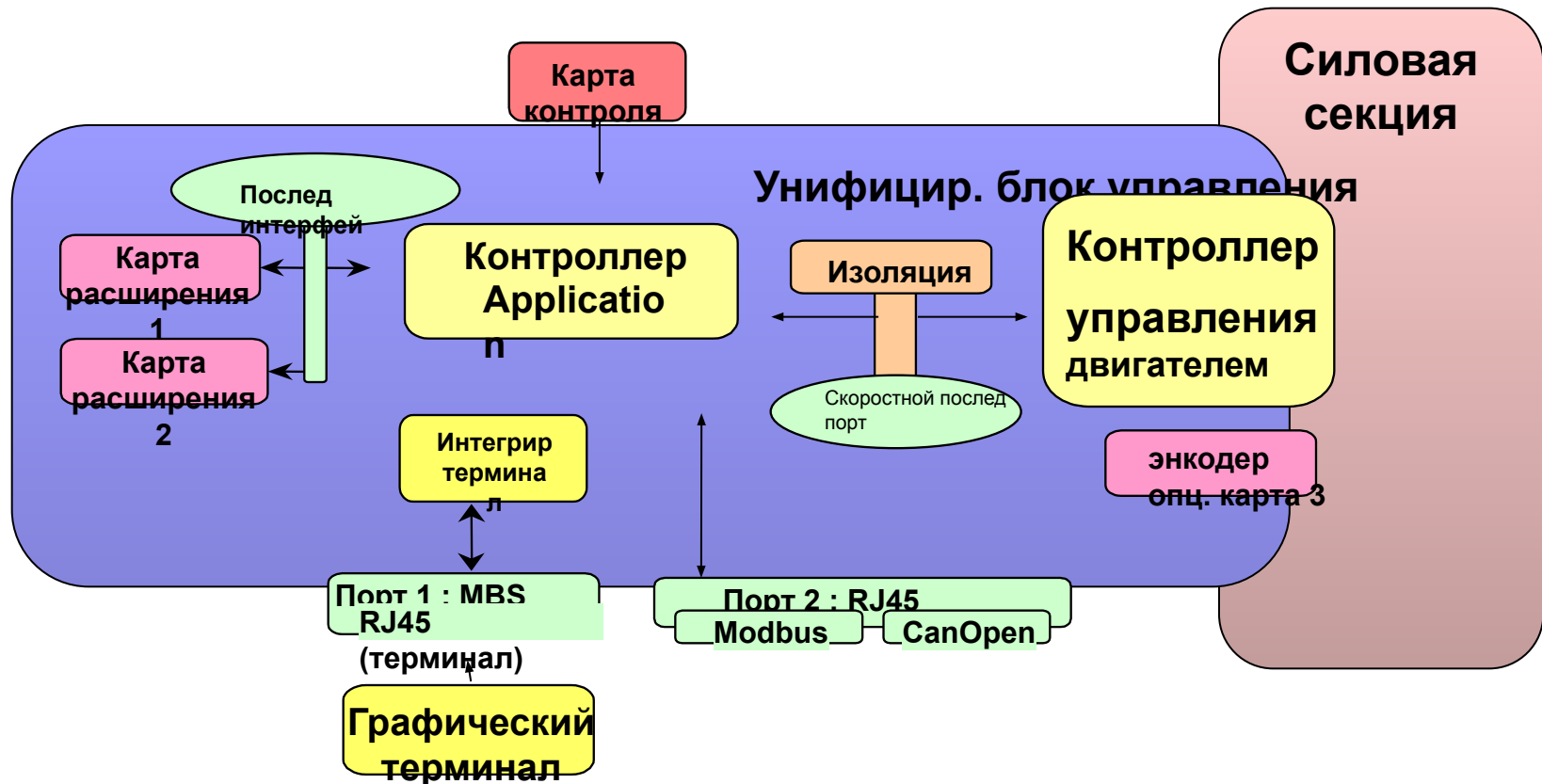
4 - 1200 кВт

ATS 22



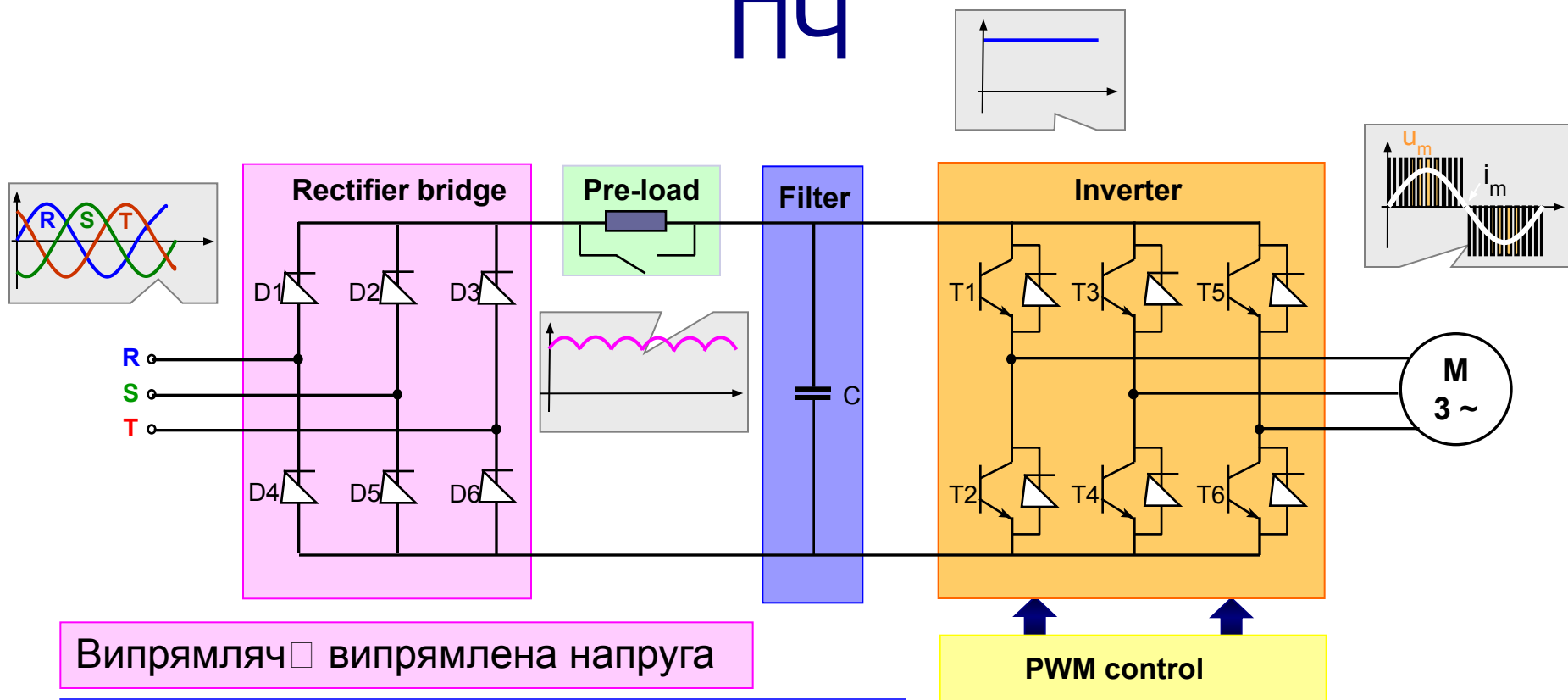
4-500 кВт

Спрощена архітектура сучасного ПЧ (типу ATV71)



Структурна схема силового кола

ПЧ



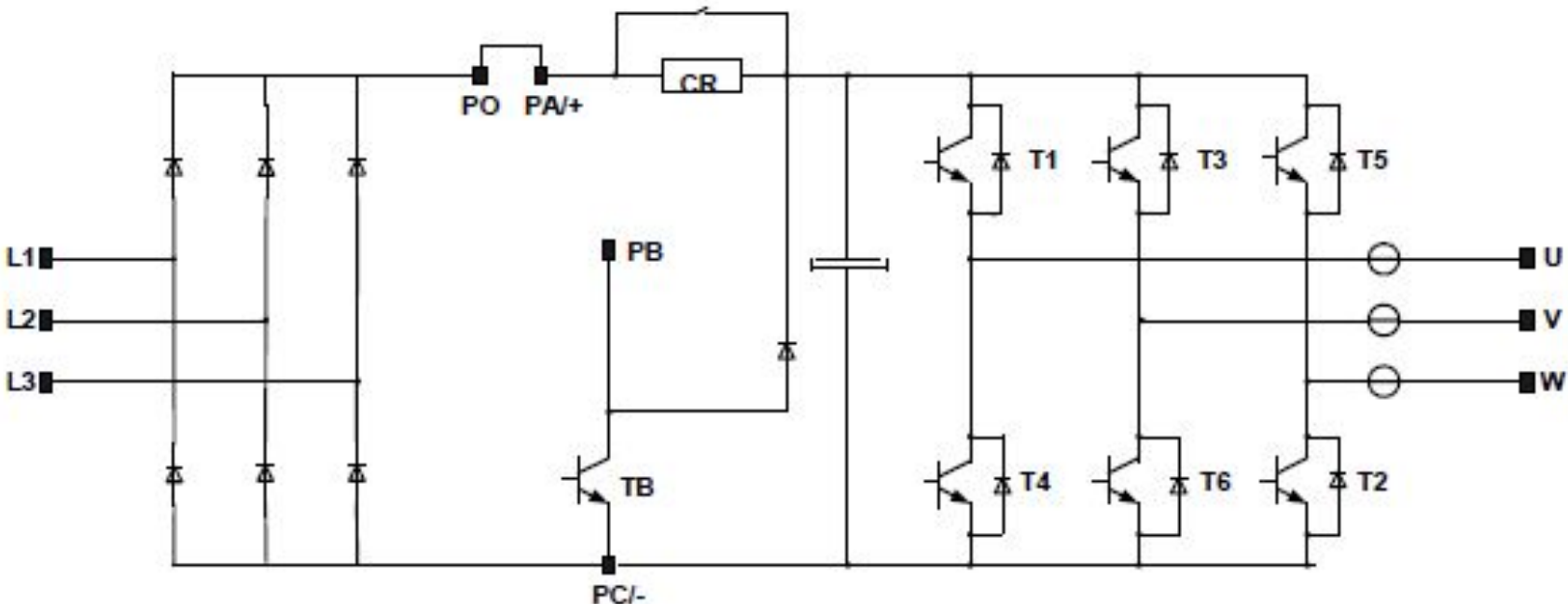
Випрямляч □ випрямлена напруга

Фільтр □ згладжування пульсацій напруги

Інвертор □ Отримання 3-фазної напруги регульованої амплітуди та частоти

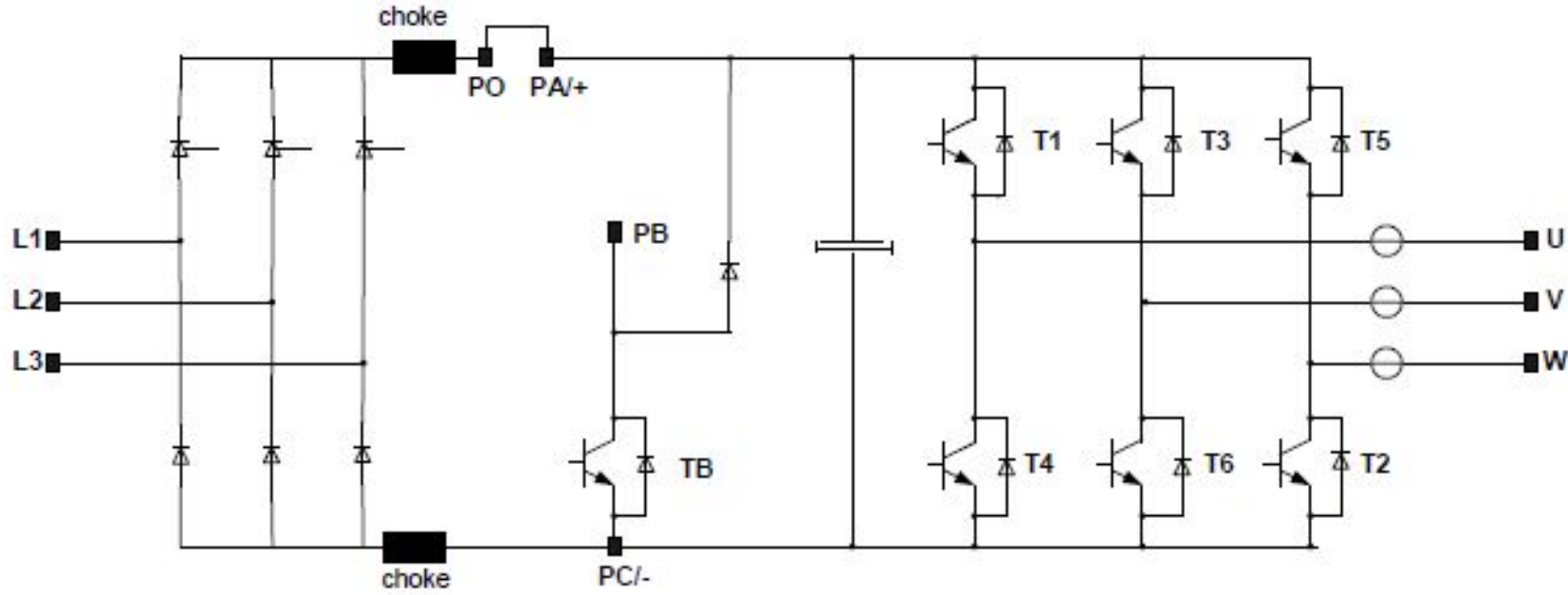
Структурна схема силового кола ПЧ

8.1.1 Power schematic for the Altivar < 18.5 kW (230V & 480V)



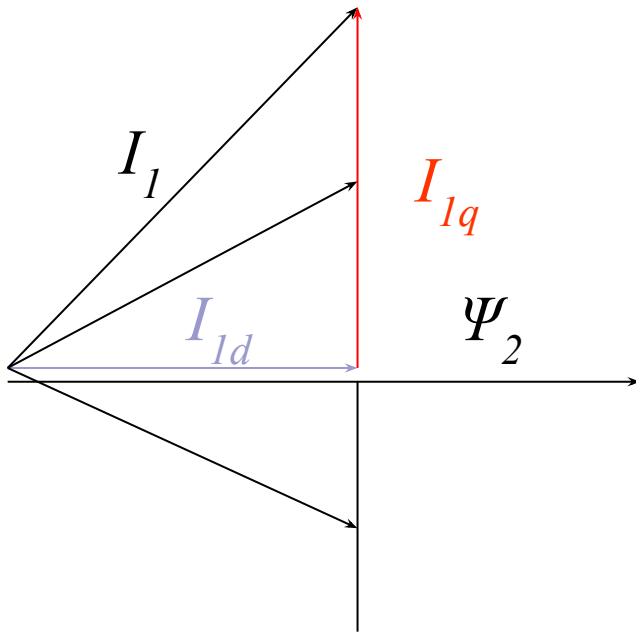
Структурна схема силового кола ПЧ

8.1.2 Power schematic for the Altivar >18.5 kW (230V, 480V & 690V (range up to 90kW))



Векторне керування

$$M = k \operatorname{Im}(\overset{\Delta}{\Phi}_2 * \overset{\Delta}{I}_1)$$



$$M = k \frac{L_{12}}{L_2} \Phi_2 I_{1q}$$

$$I_{d1} = \frac{T_2 \frac{d\Phi_2}{dt} + \Phi_2}{L_{12}}$$

Основні функціональні можливості

- Керування координатами електроприводу (струм, момент, швидкість)
- Керування технологічними параметрами (положення робочих органів, керування тиском, рівнем , натягом, синхронізація валів, керування продуктивністю, тощо)
- Моніторинг, діагностика та захист електроприводу
- Програмування, налаштування та параметрування ПЧ
- Забезпечення діалогу з користувачем та АСУТП

Ефективність впровадження ПЧ

□ Технічні аспекти

- *Покращення технології*
- *Автоматизація механізму та можливість його інтеграції в АСУ ТП*

□ Економічні аспекти

- *Економія електроенергії*
- *Зменшення експлуатаційних витрат на планово-попереджувальні ремонти*

Особливості частотного керування АД

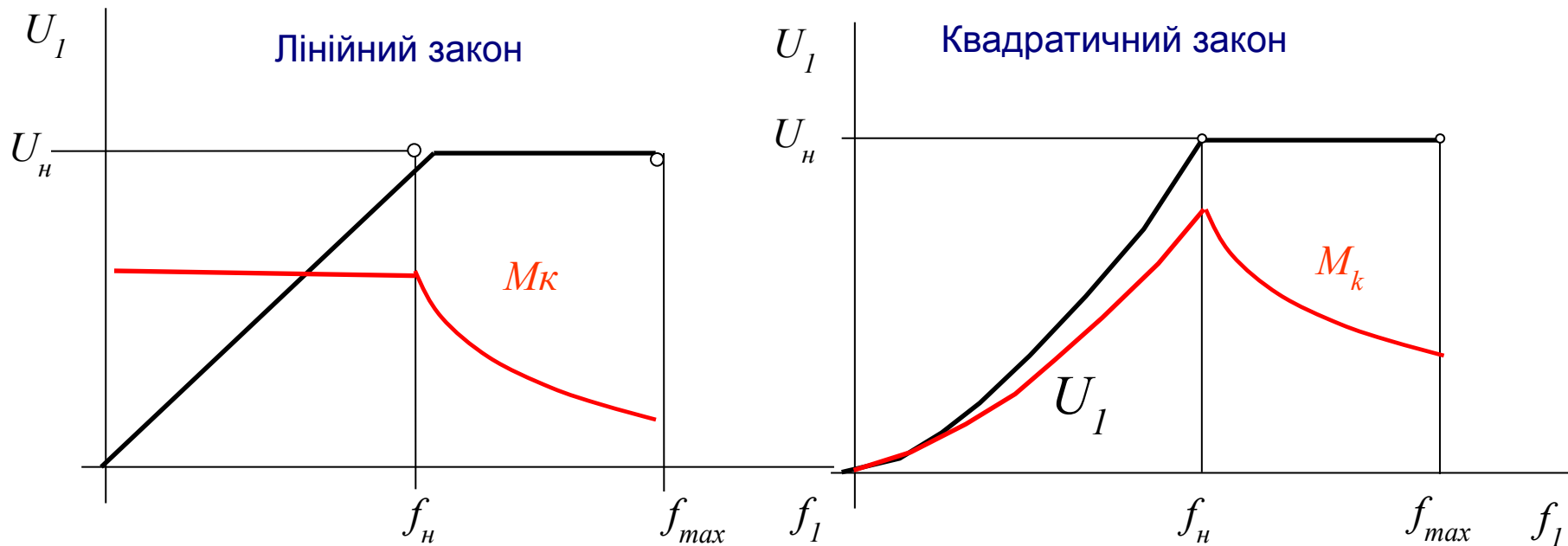
- Поняття про скалярне керування:
 - критичний момент двигуна на основі схеми заміщення асинхронного двигуна

$$M_k = \frac{3pU_1^2}{2\omega_1 \left(r_1 + \sqrt{r_1^2 + x_k^2} \right)};$$

$$M_k \approx \frac{3pU_1^2}{2\omega_1 x_k} = \frac{3pU_1^2}{2L_k \omega_1^2} = \frac{3pU_1^2}{8\pi^2 L_k f_1^2} = \text{const} \text{ при } \frac{U_1}{f_1} = \text{const};$$

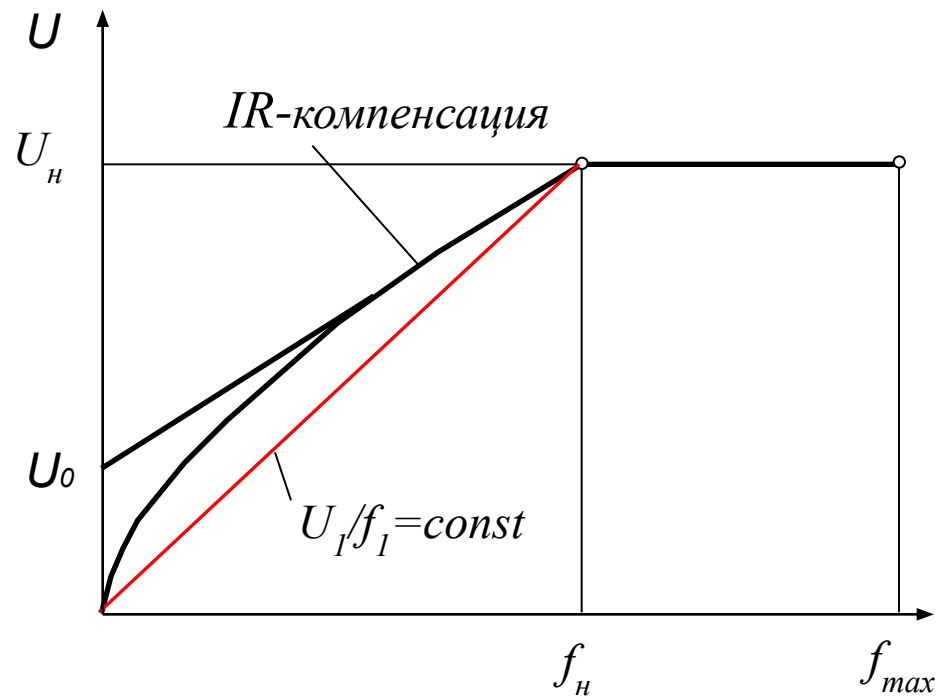
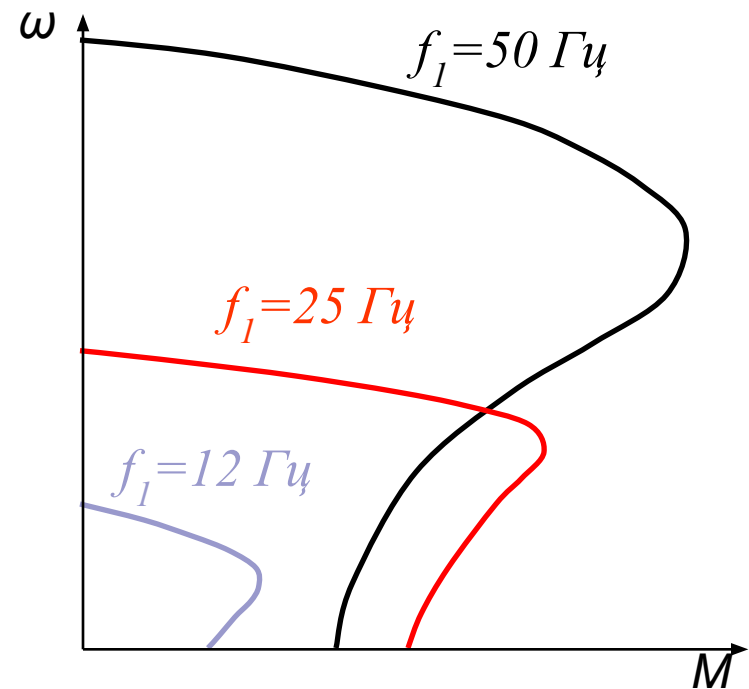
Особливості частотного керування АД

■ Закони скалярного керування



Особливості частотного керування АД

IR-компенсація (оптимізація моменту на низьких частотах)



$$\Omega_r = \frac{2\pi f}{p}(1-s)$$

Векторне керування

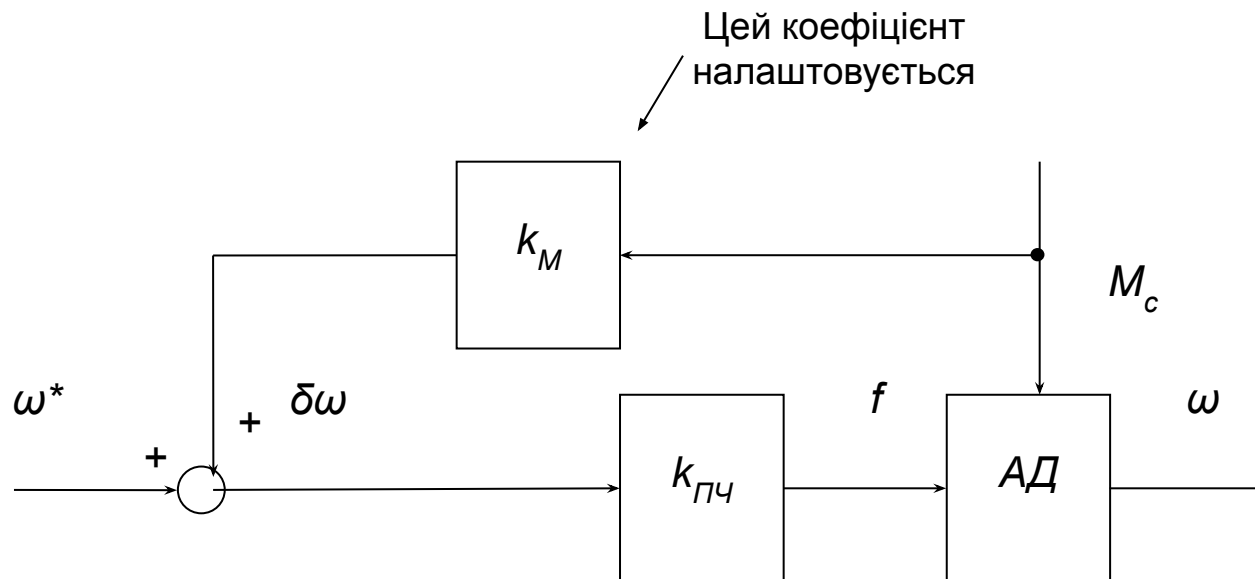
Словник термінів

- Бездавачеве векторне керування **SVC** (Sensorless Vector Control)
- **SVCU** -Векторне керування за напругою
- **SVCI** – Векторне керування за струмом
- Векторне керування магнітним потоком **FVC** (Flux Vector Control)
- Компенсація ковзання $\Omega_r = \frac{2\pi f}{p}(1-s)$

Векторне керування

Словник термінів

■ Компенсація ковзання

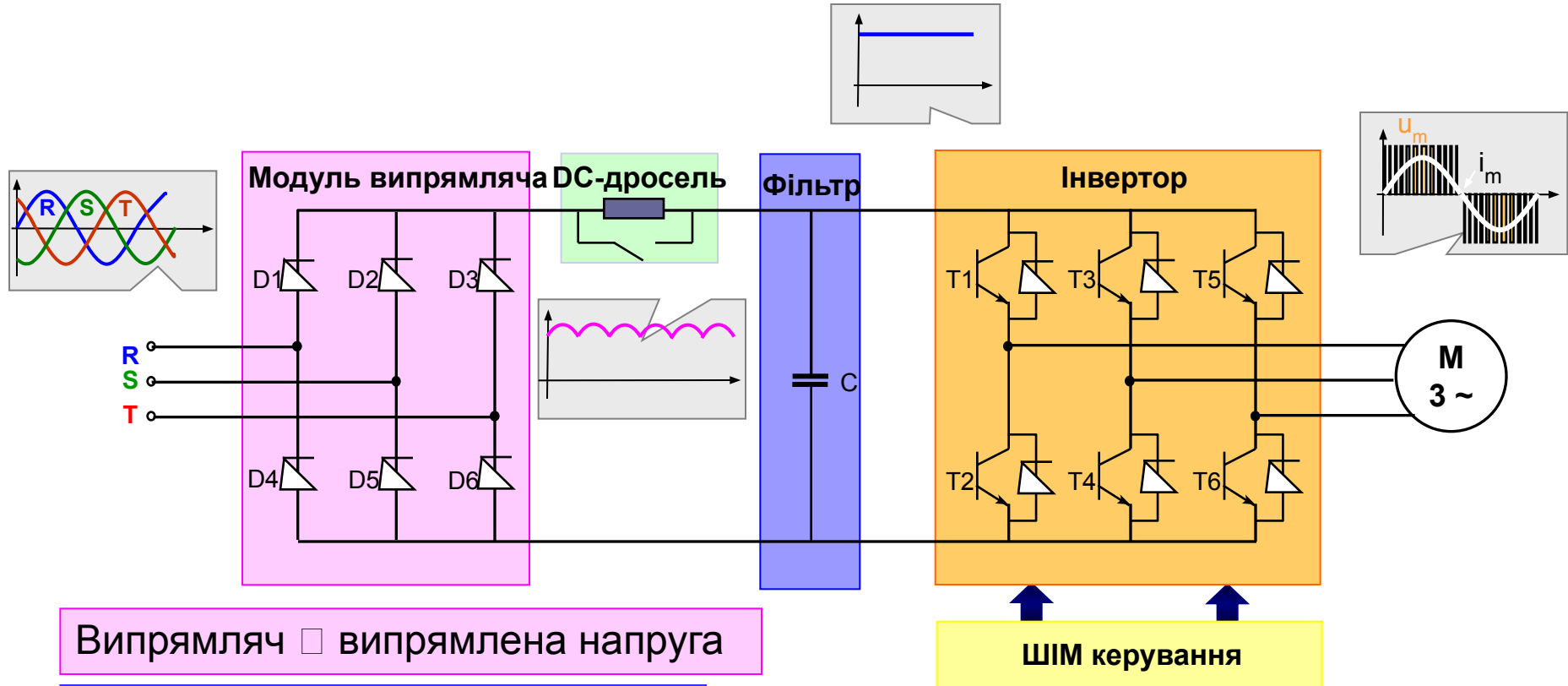


Векторне керування

Словник термінів

- Спосіб керування з економією електричної енергії.
(закон керування типу **nLd**- ATV312)
- Пряме керування моментом асинхронного двигуна
DTC (**D**irect **T**orque **C**ontrol)- приклад ACS800 (ABB)

Принцип роботи перетворювача частоти

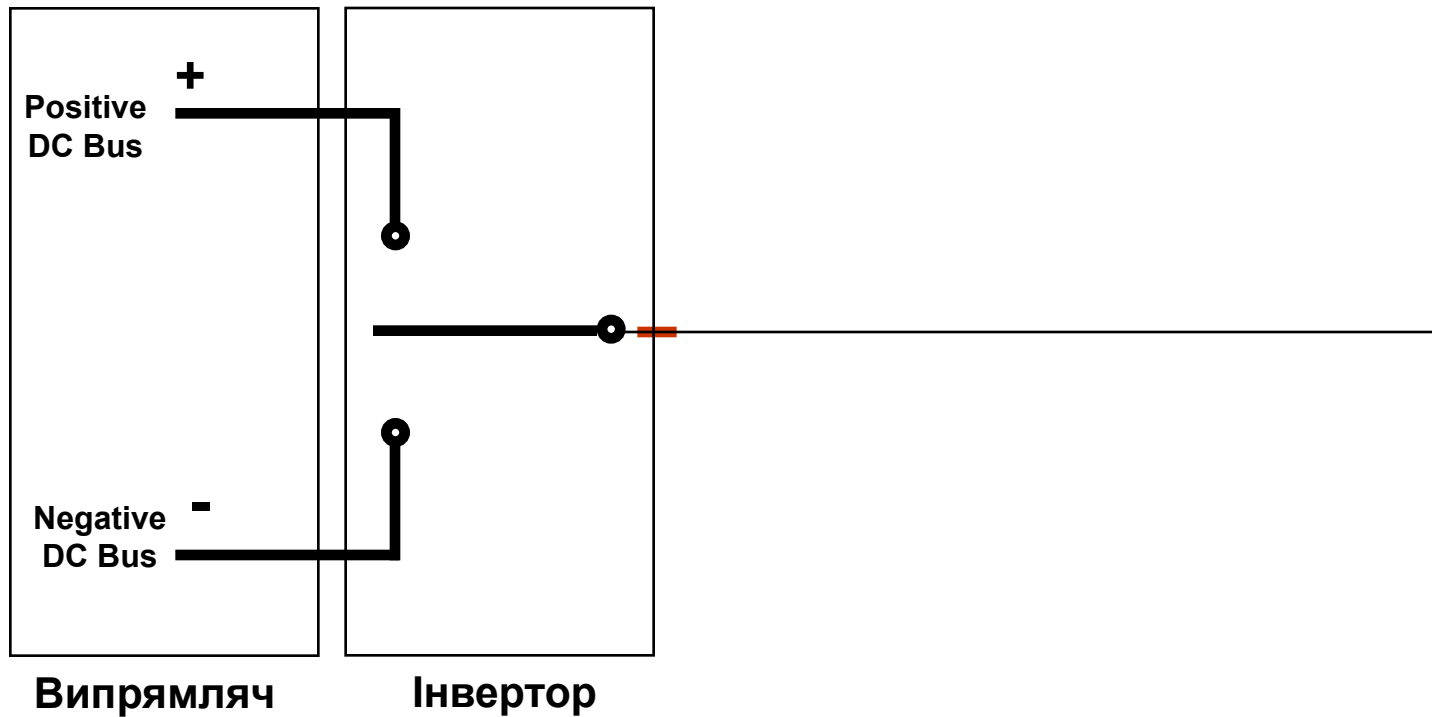


Випрямляч □ випрямлена напруга

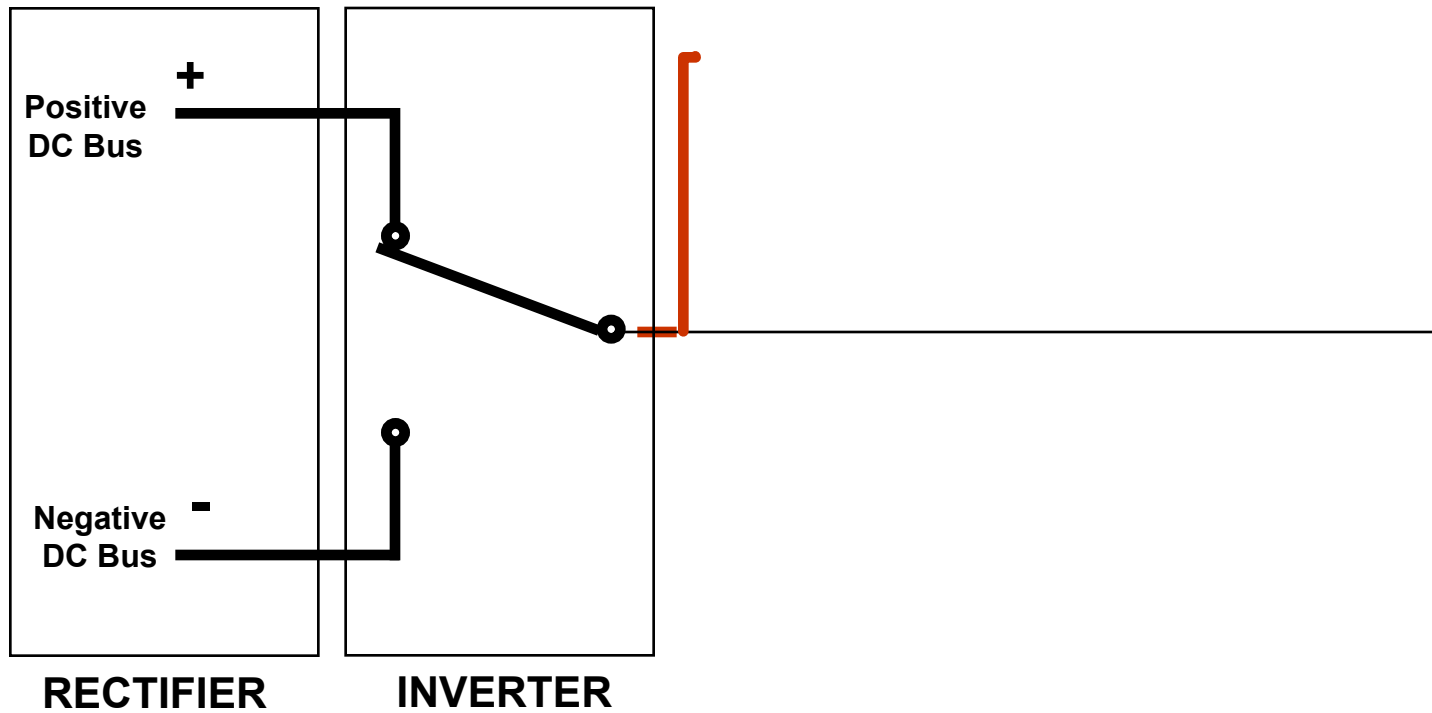
Фільтр □ згладжування напруги

Інвертор □ Отримання трифазної змінної напруги з регульованою амплітудою та частотою

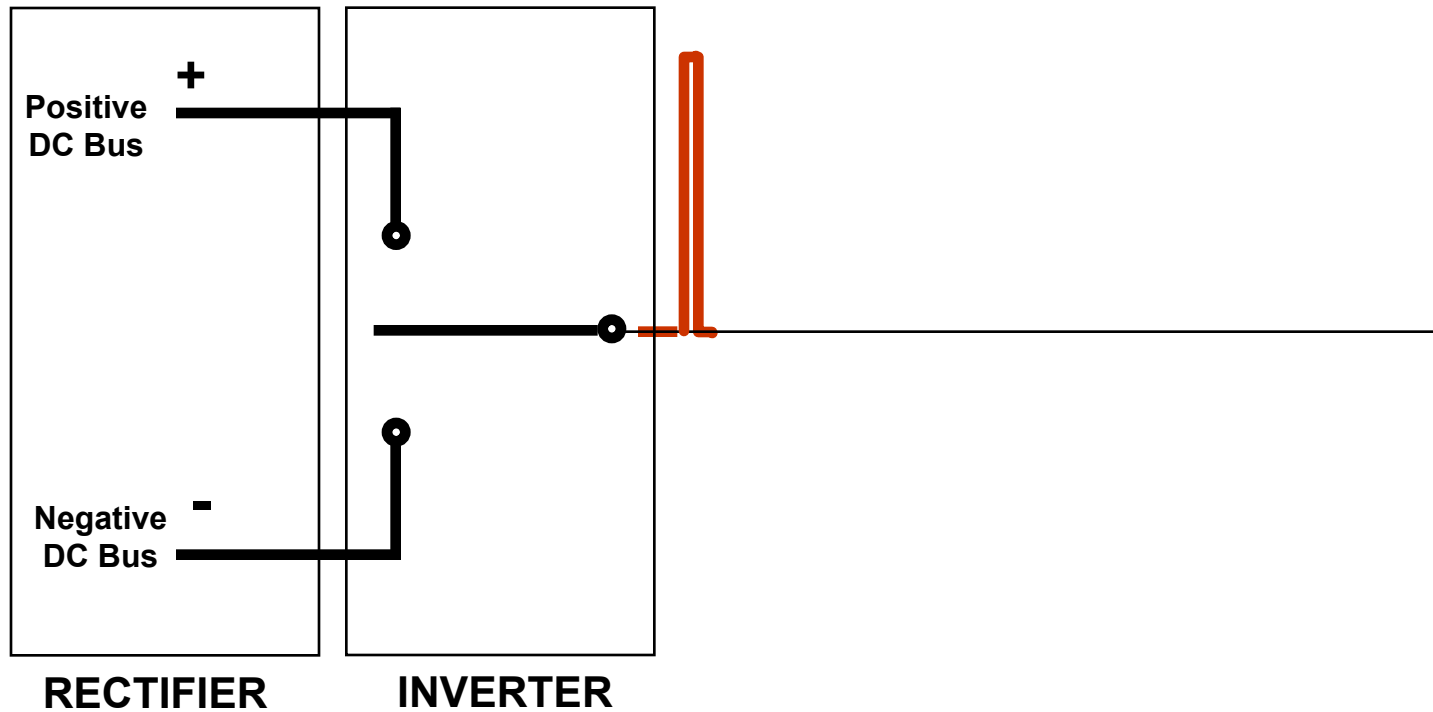
Принцип роботи інвертора



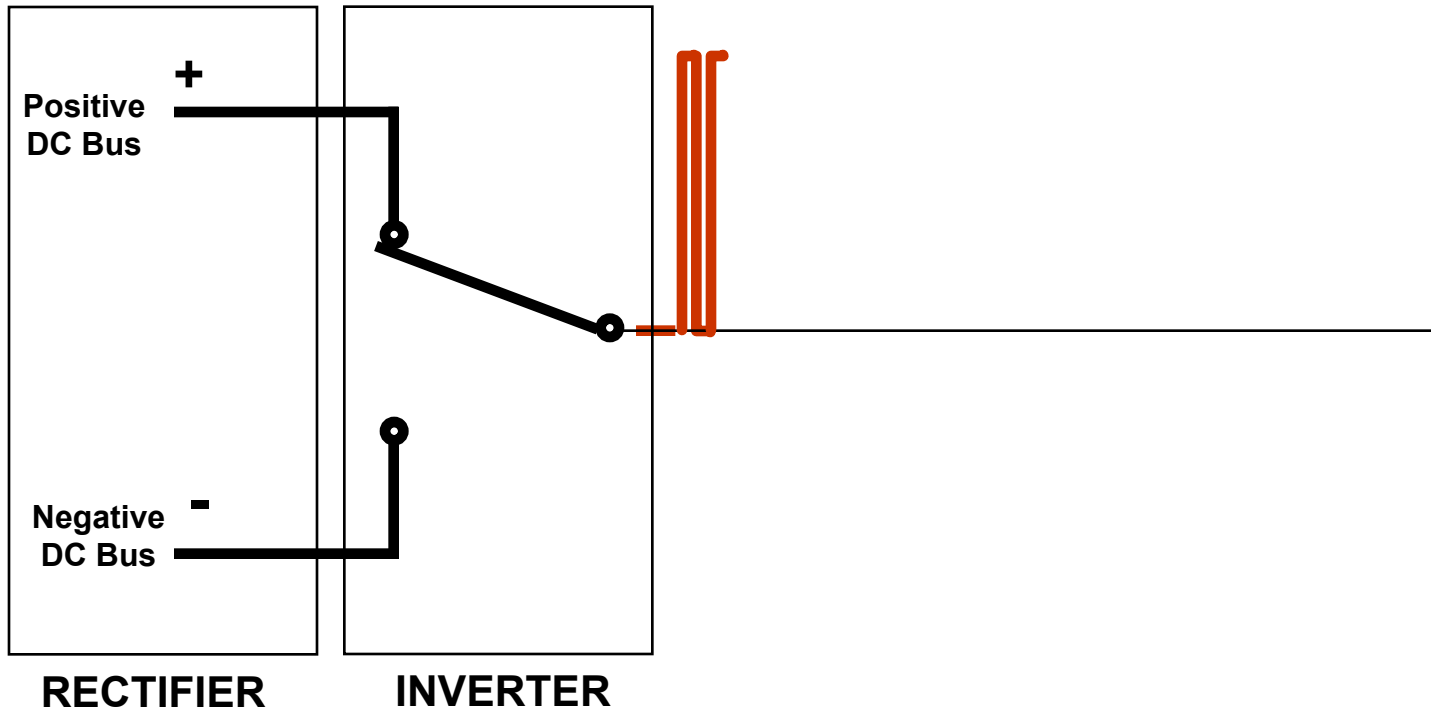
Принцип роботи інвертора



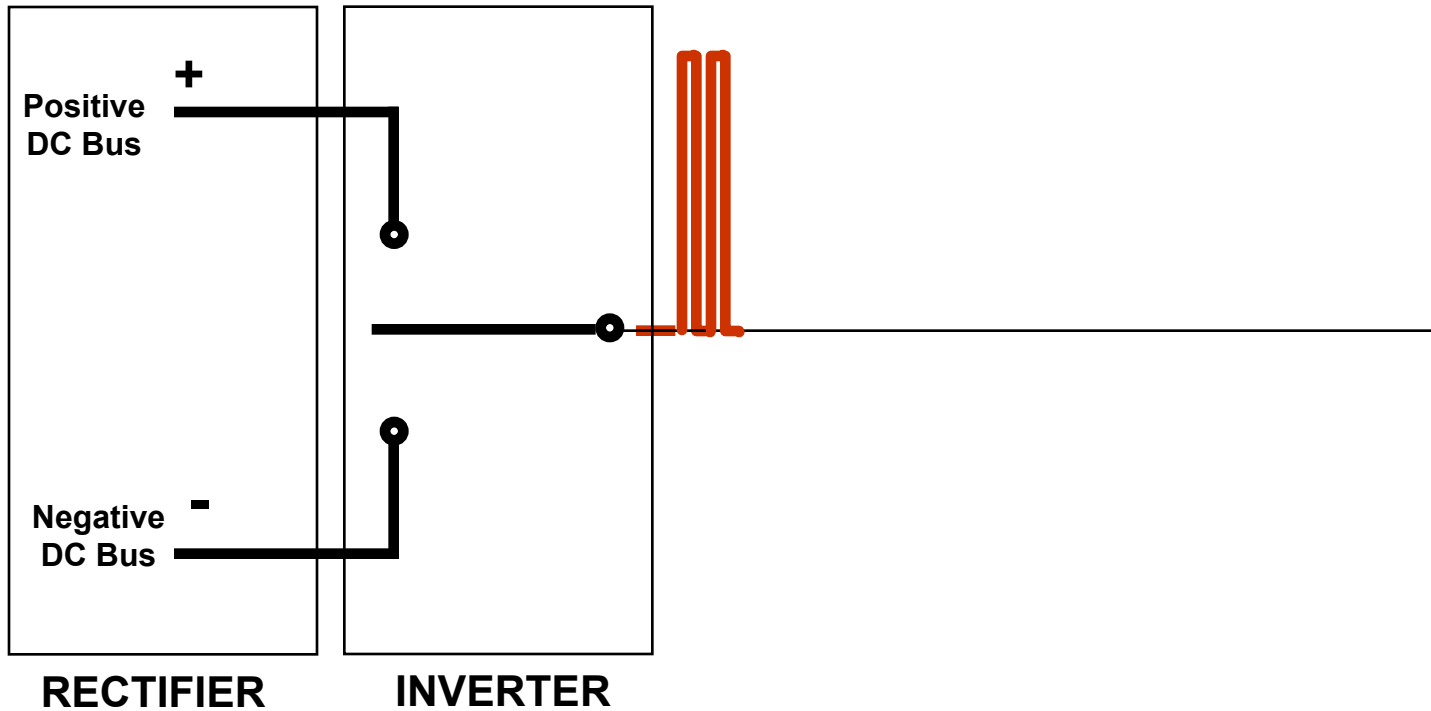
Принцип роботи інвертора



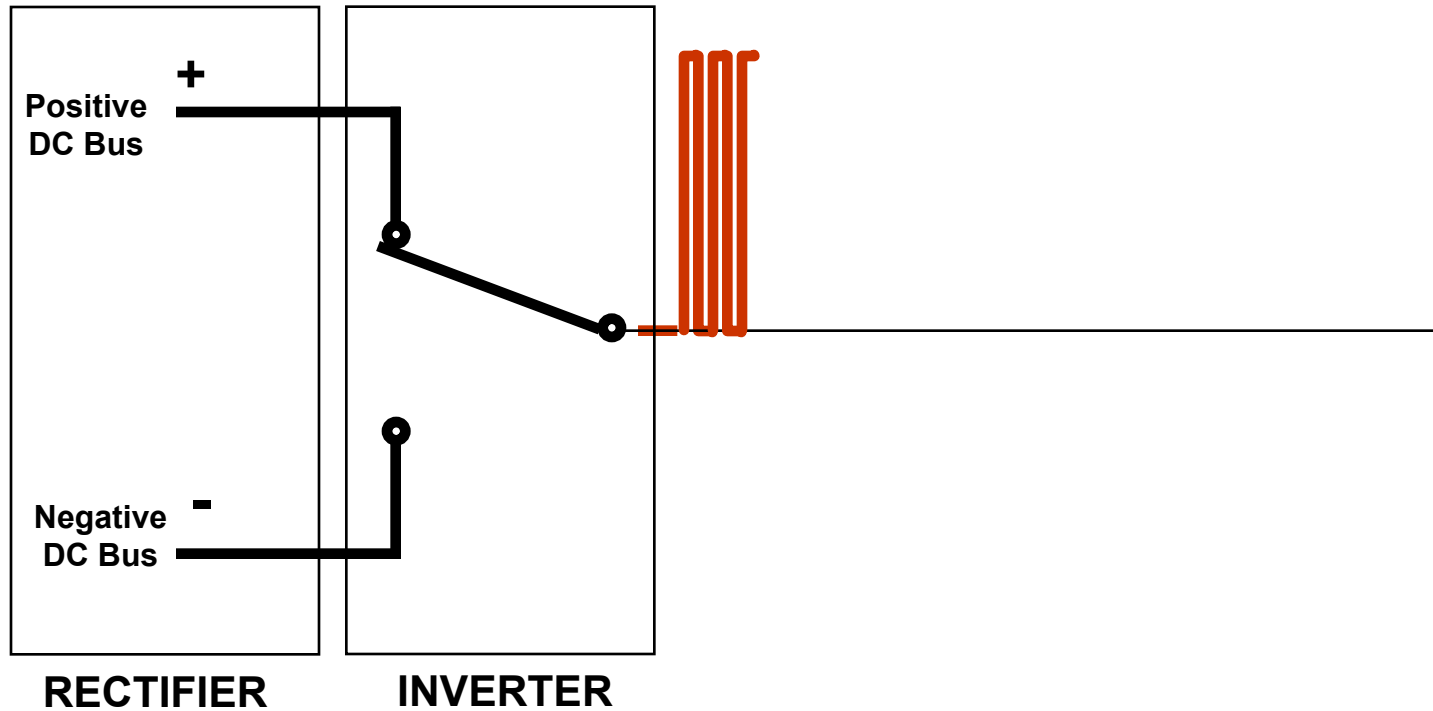
Принцип роботи інвертора



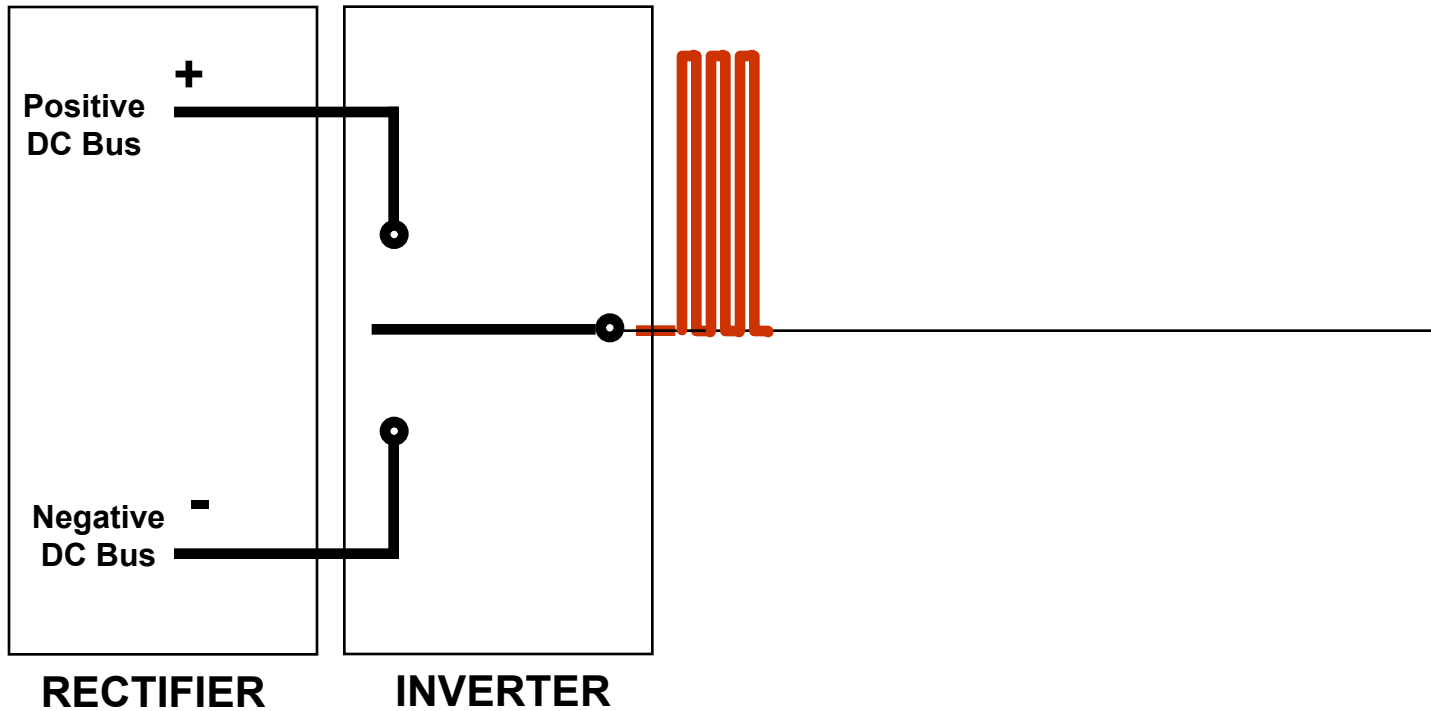
Принцип роботи інвертора



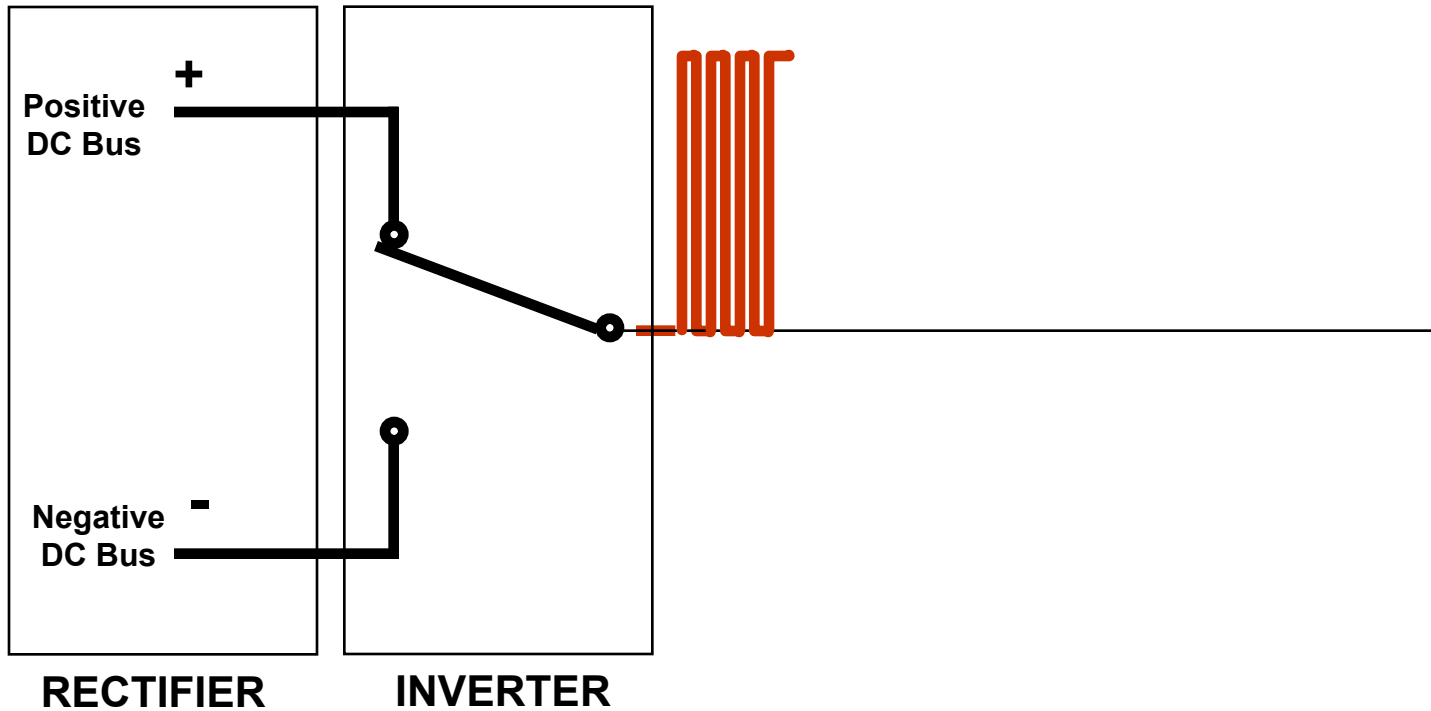
Принцип роботи інвертора



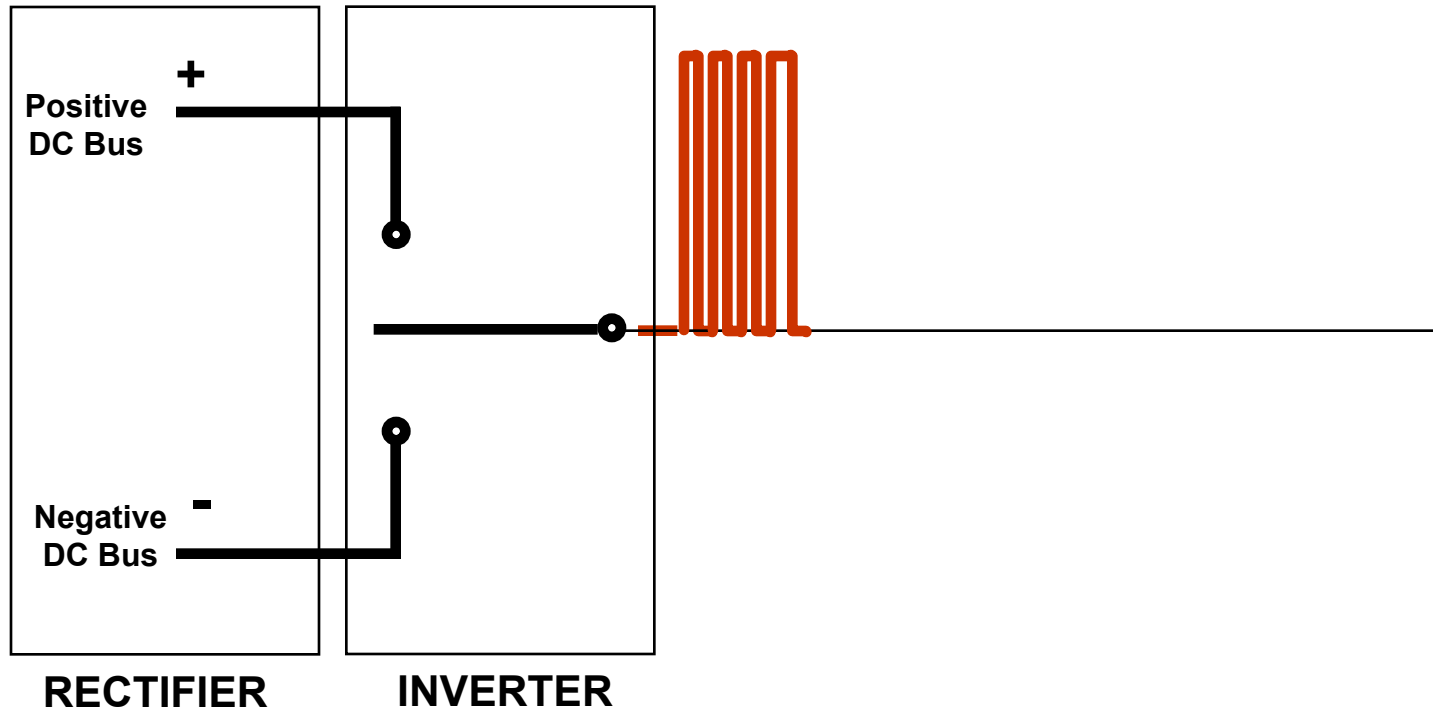
Принцип роботи інвертора



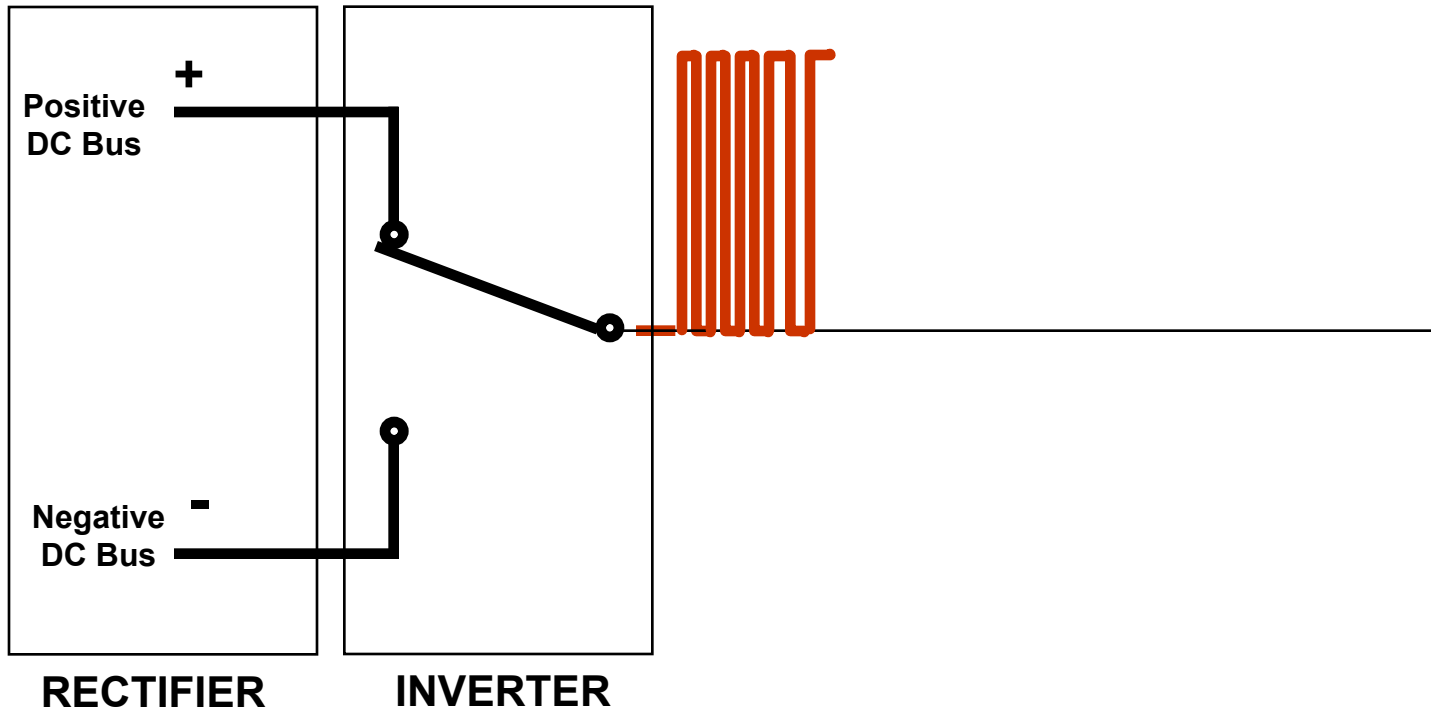
Принцип роботи інвертора



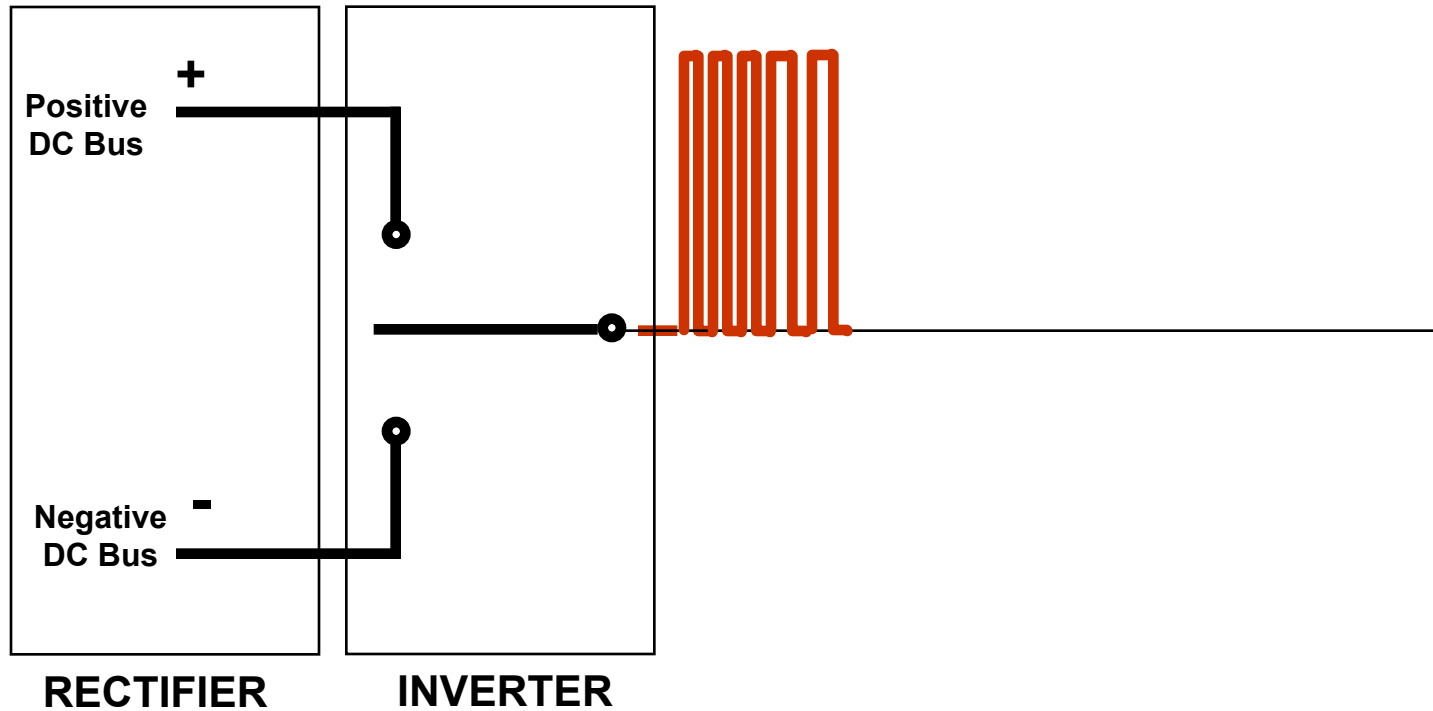
Принцип роботи інвертора



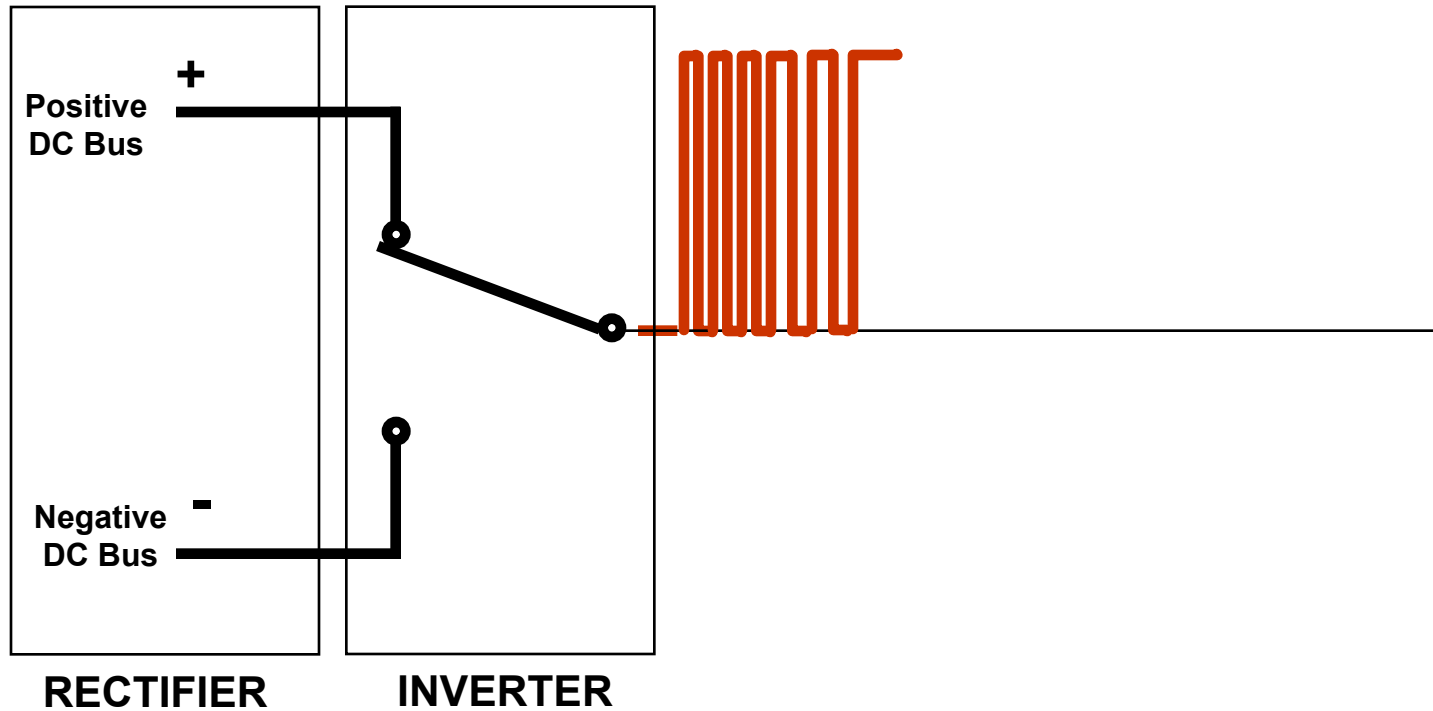
Принцип роботи інвертора



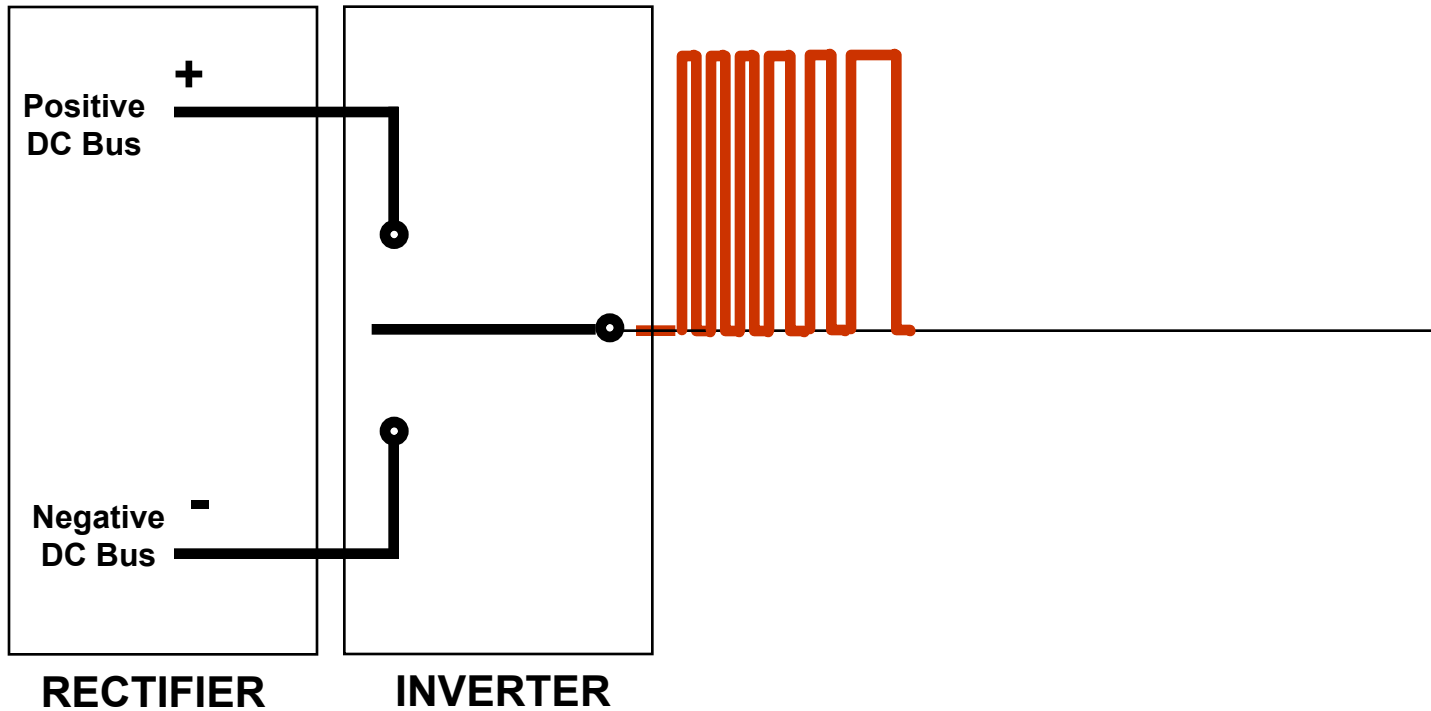
Принцип роботи інвертора



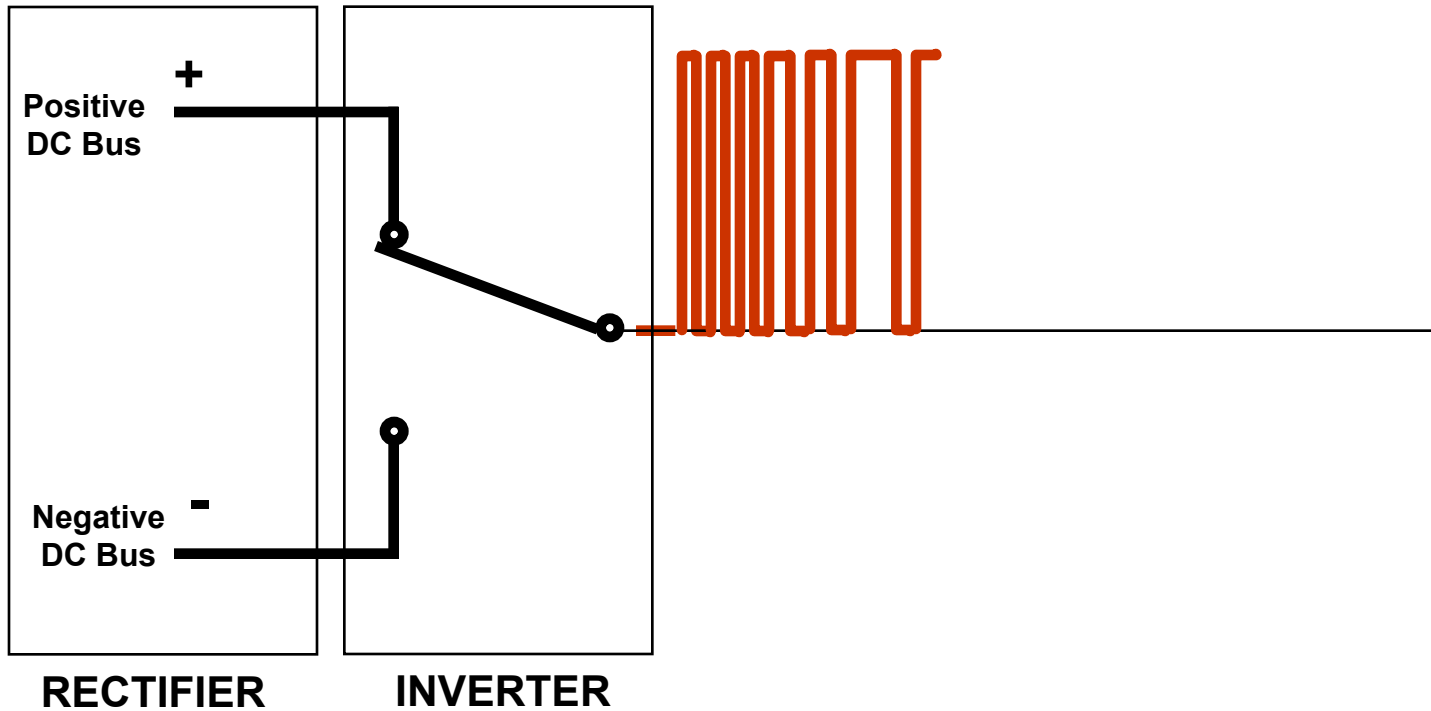
Принцип роботи інвертора



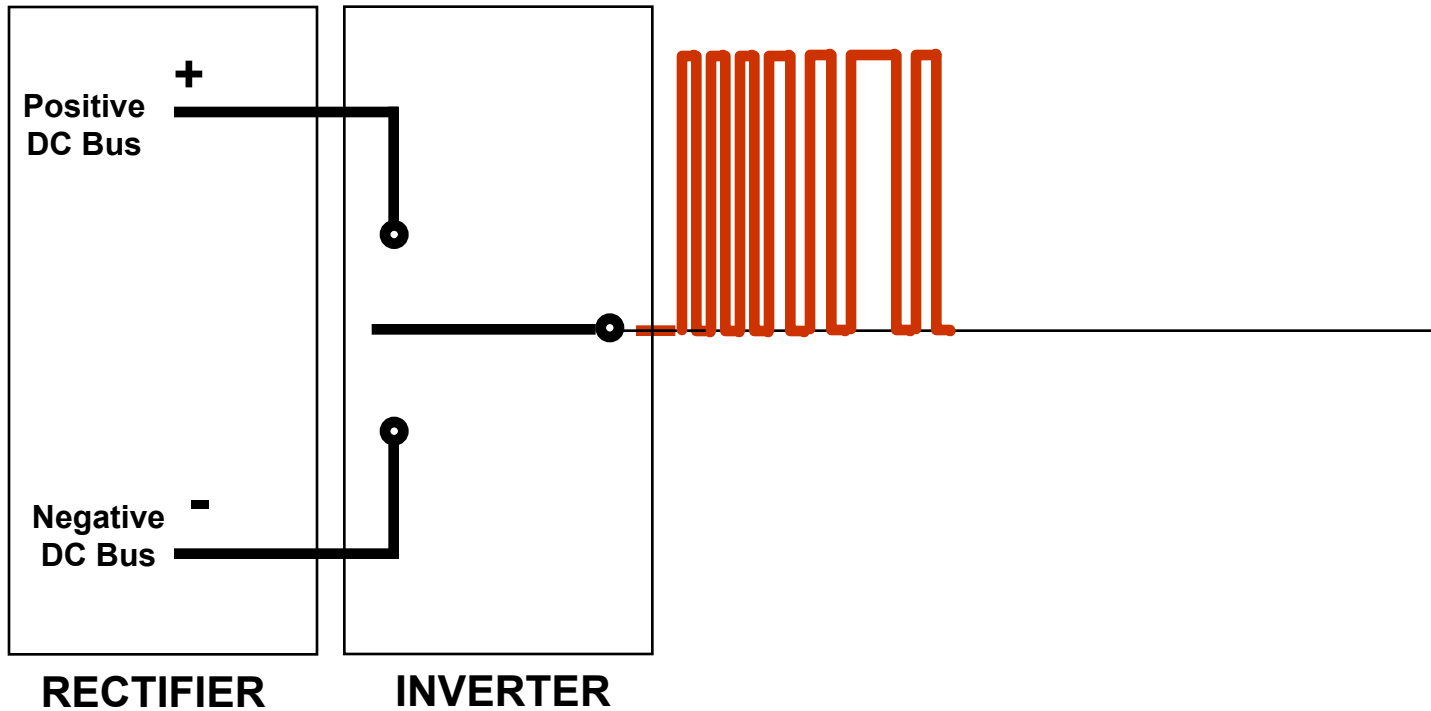
Принцип роботи інвертора



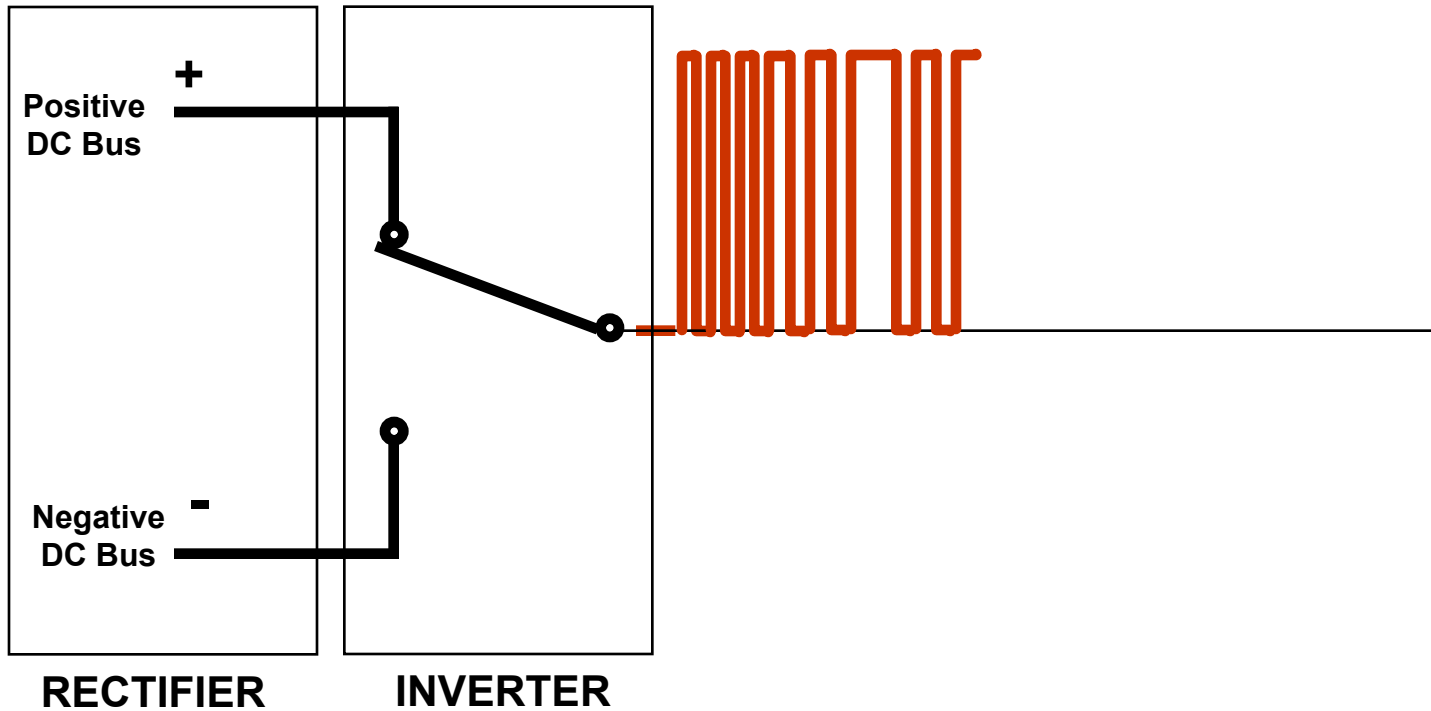
Принцип роботи інвертора



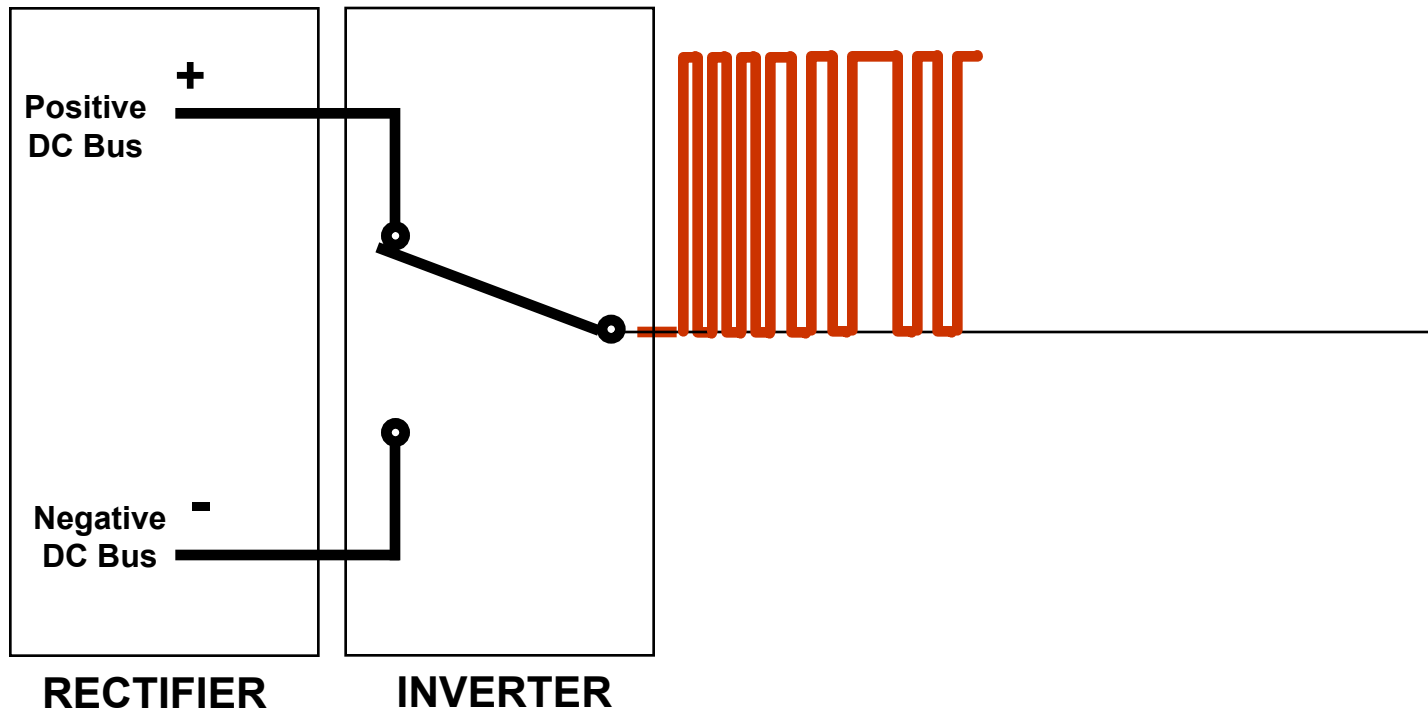
Принцип роботи інвертора



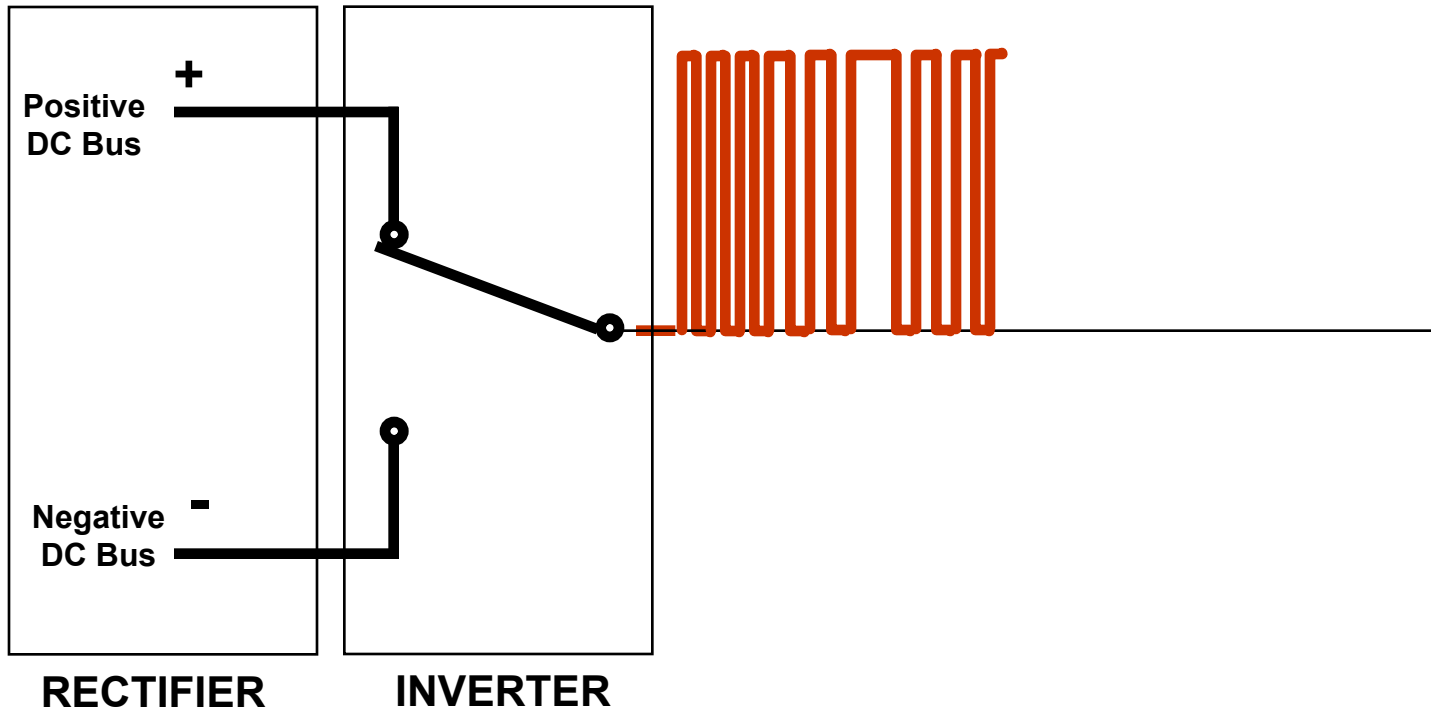
Принцип роботи інвертора



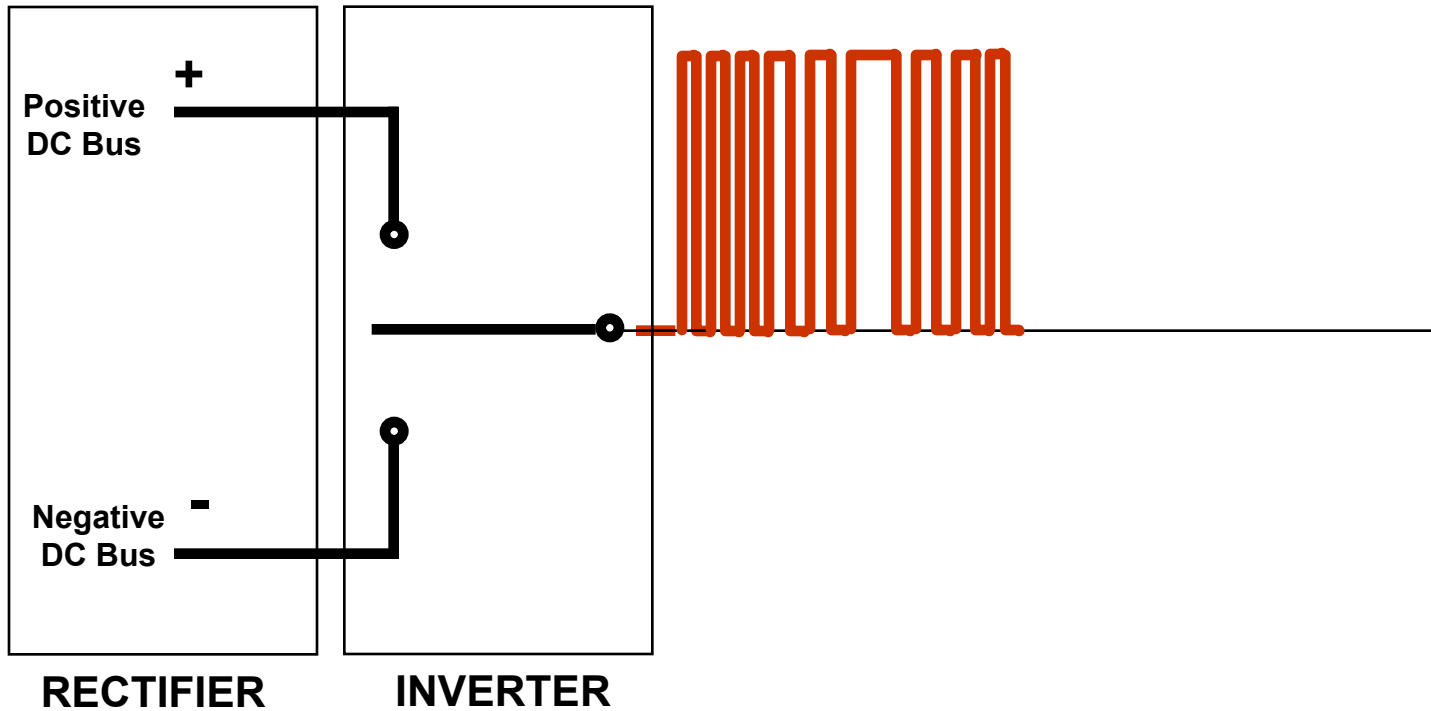
Принцип роботи інвертора



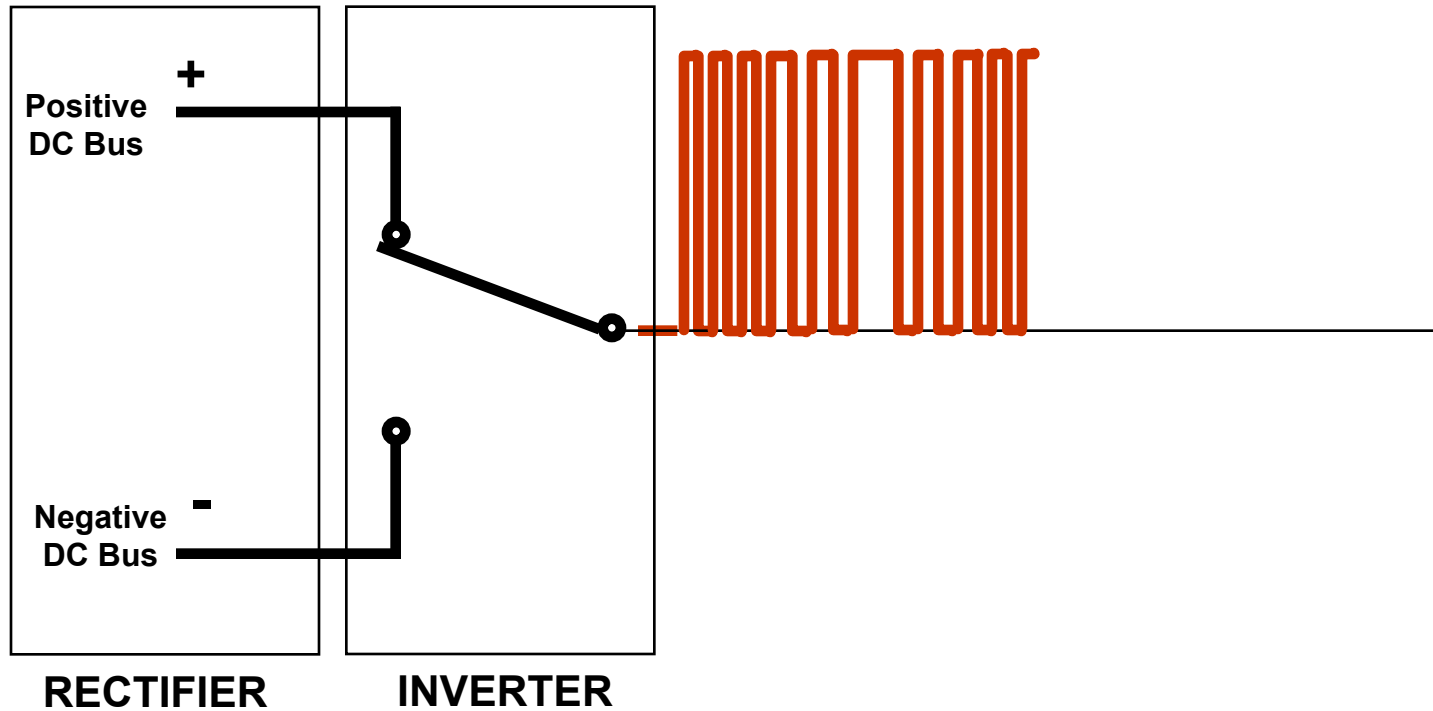
Принцип роботи інвертора



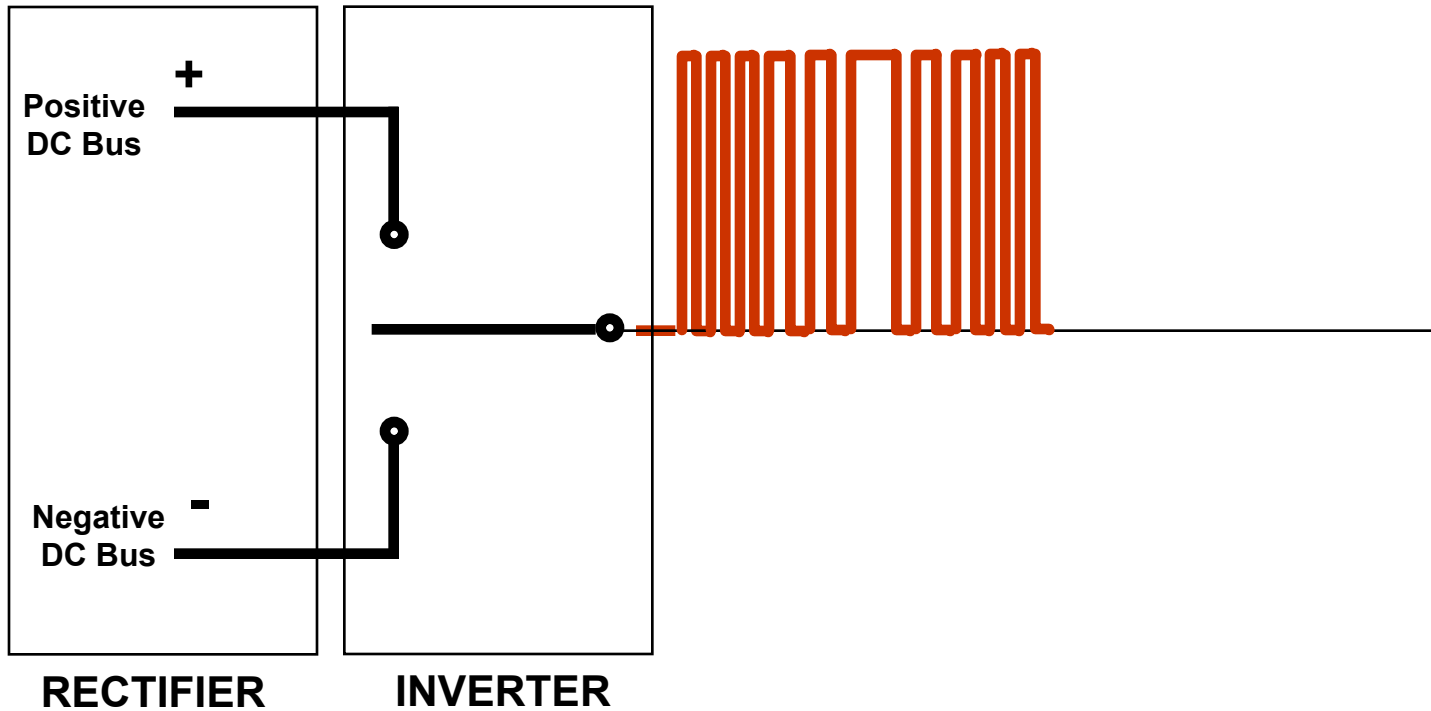
Принцип роботи інвертора



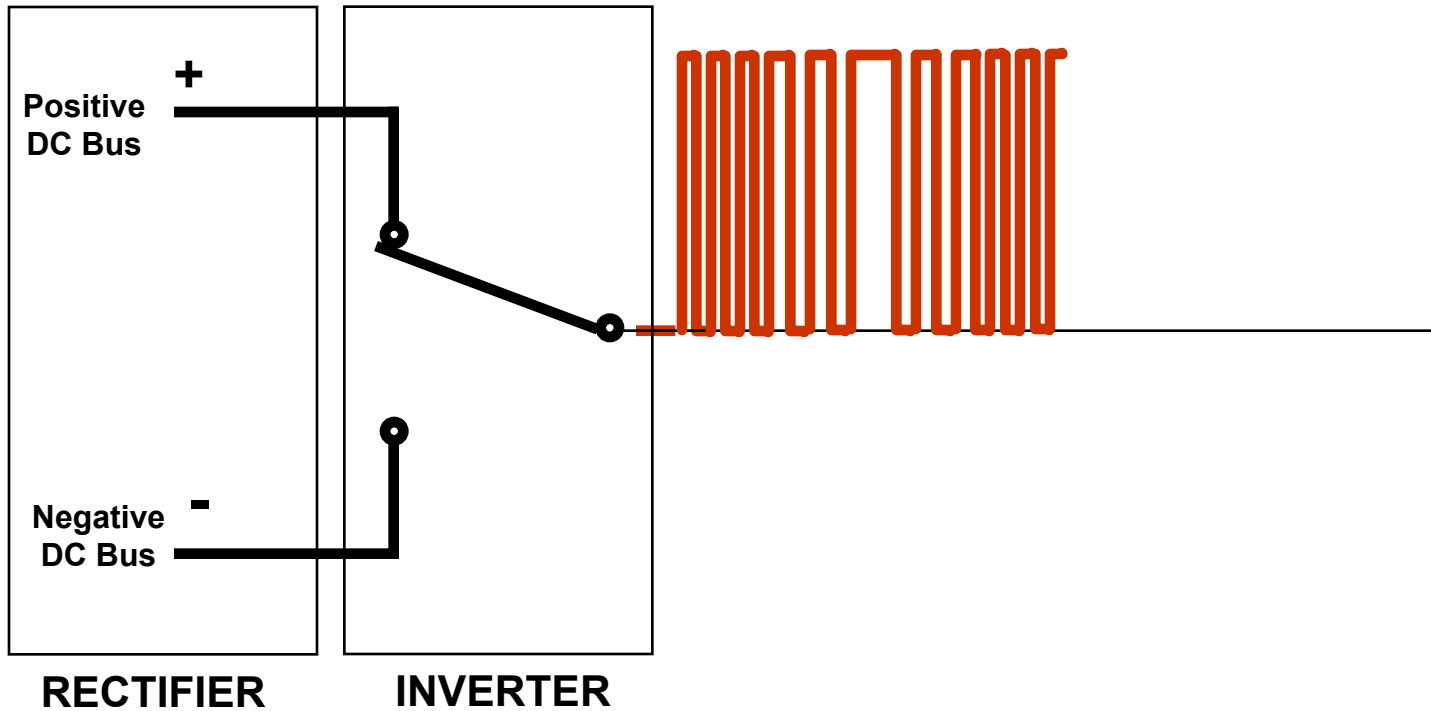
Принцип роботи інвертора



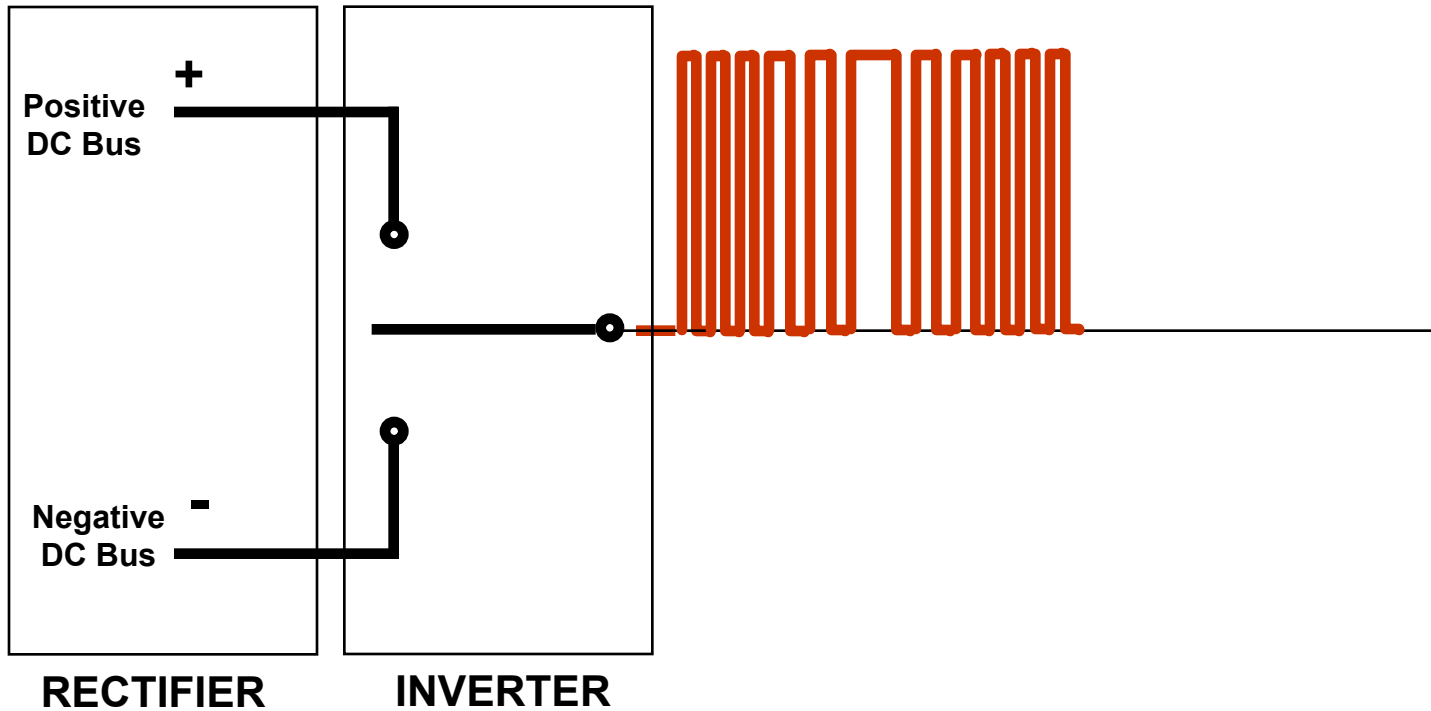
Принцип роботи інвертора



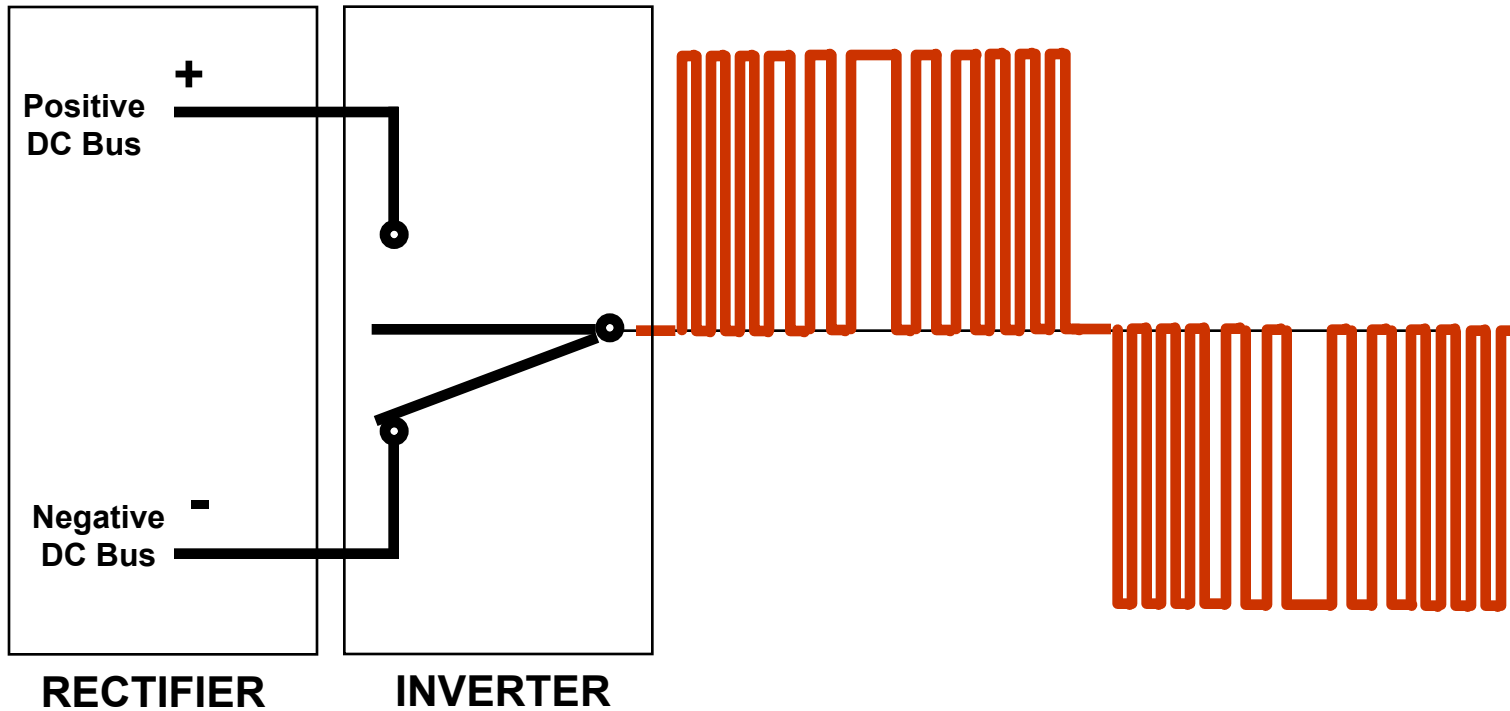
Принцип роботи інвертора



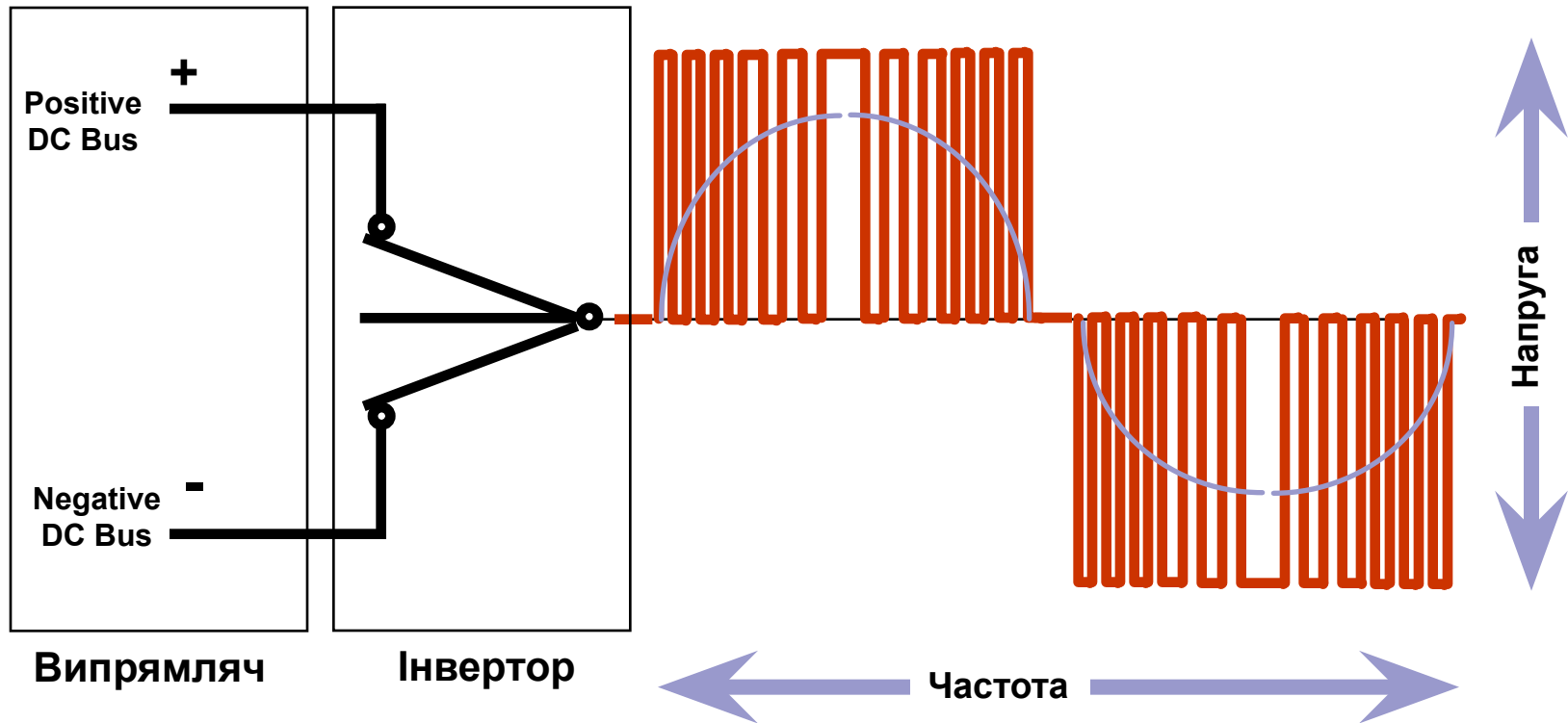
Принцип роботи інвертора



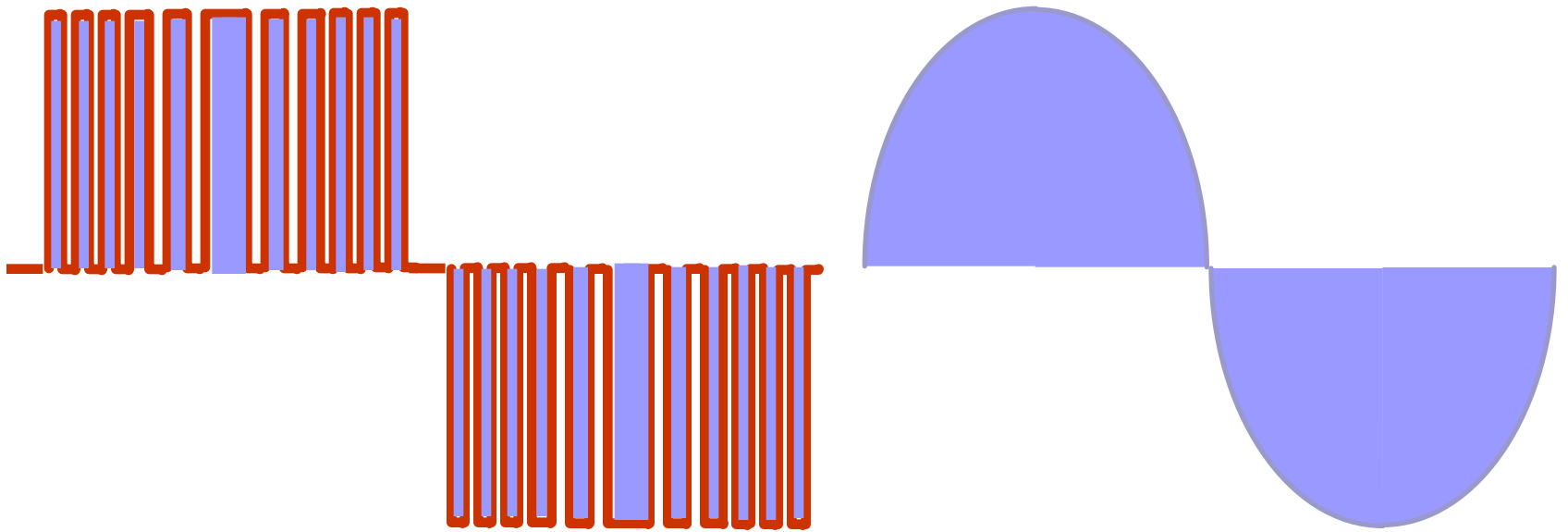
Принцип роботи інвертора



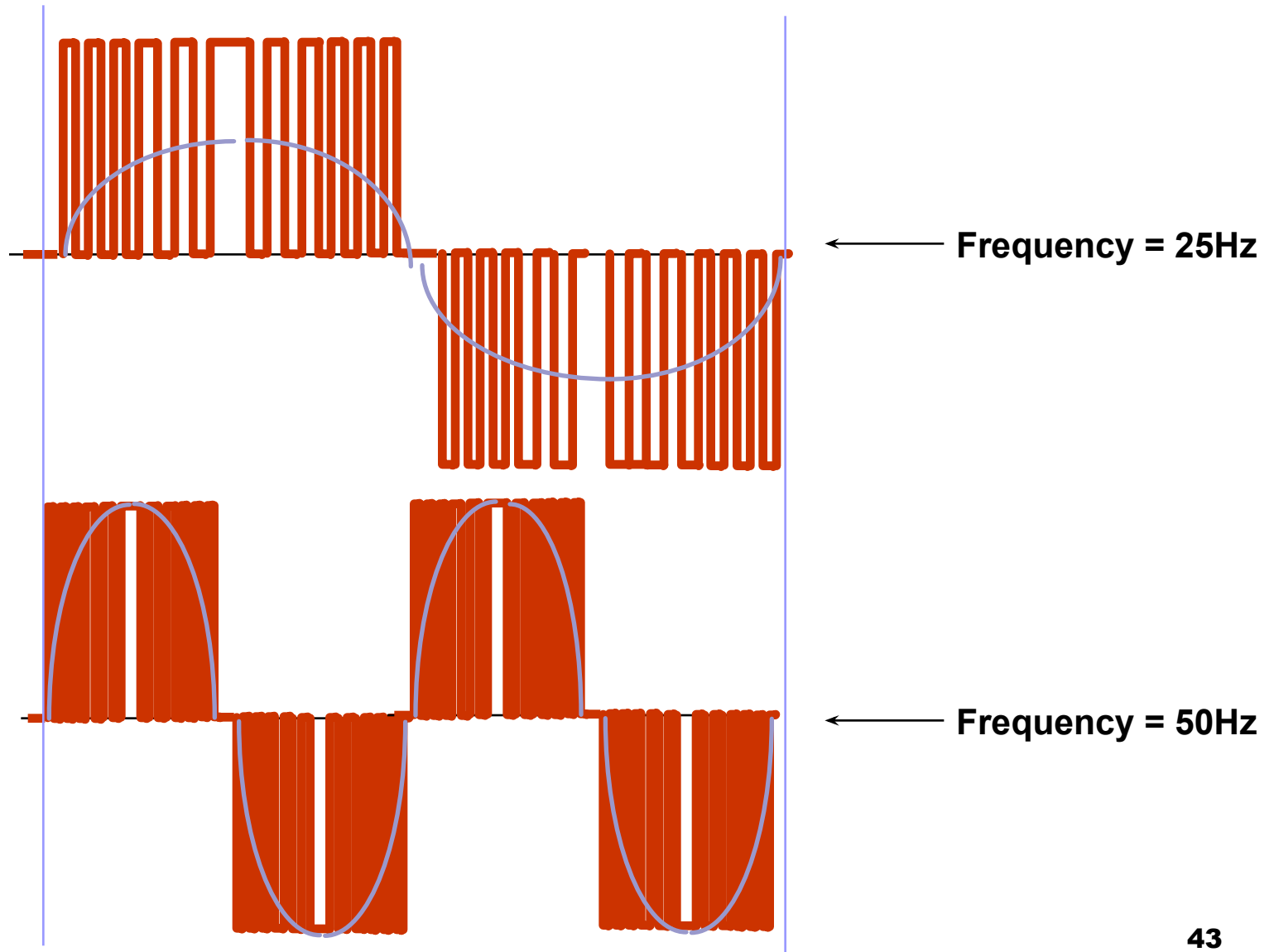
Принцип роботи інвертора



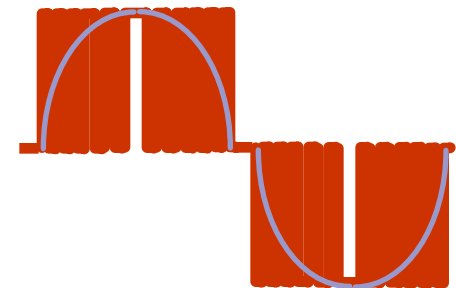
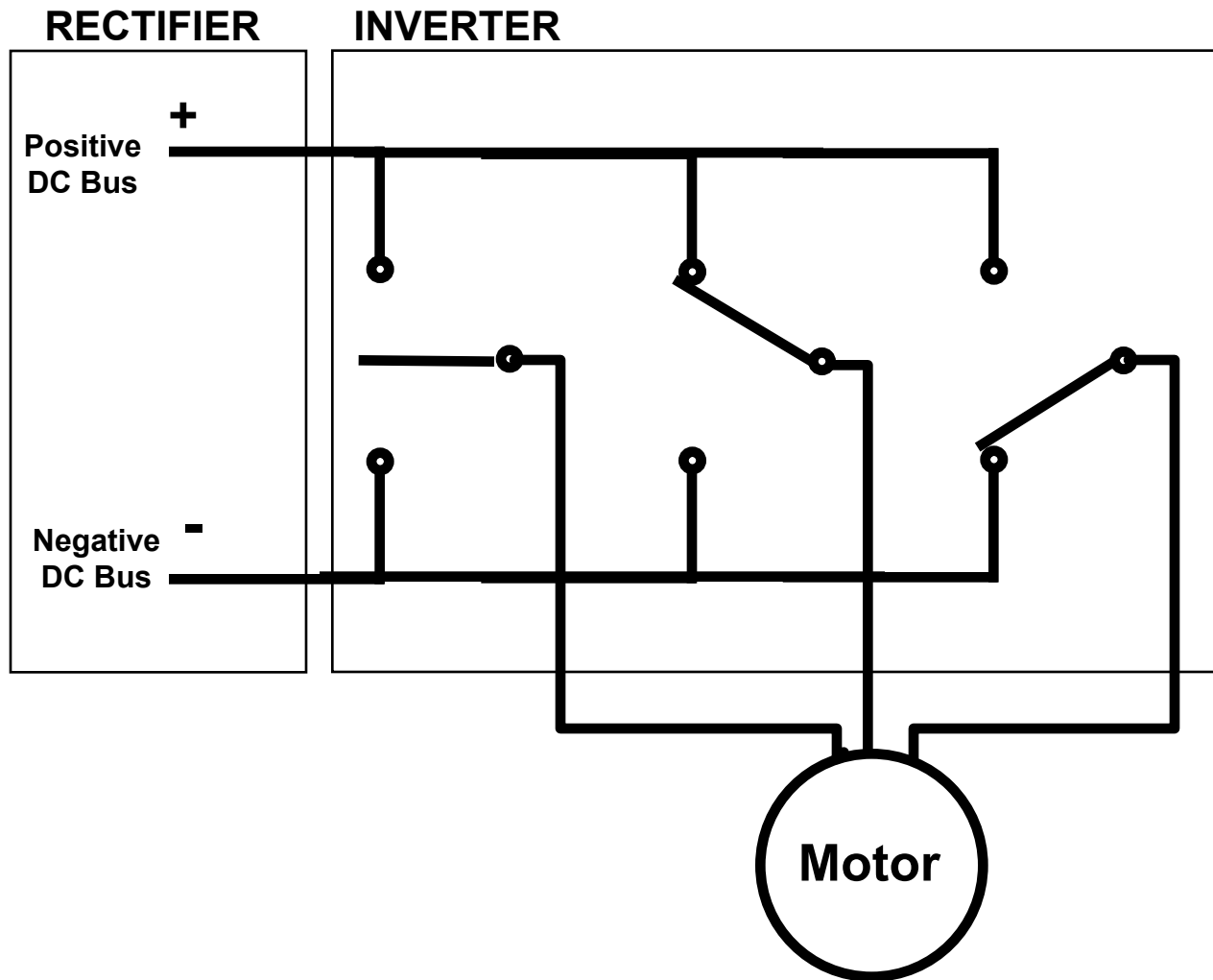
Принцип роботи інвертора



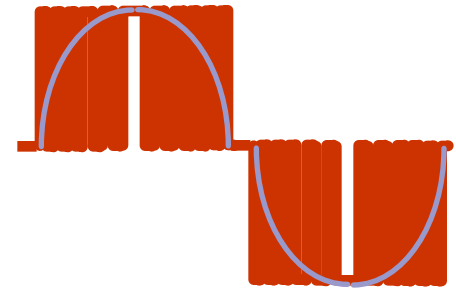
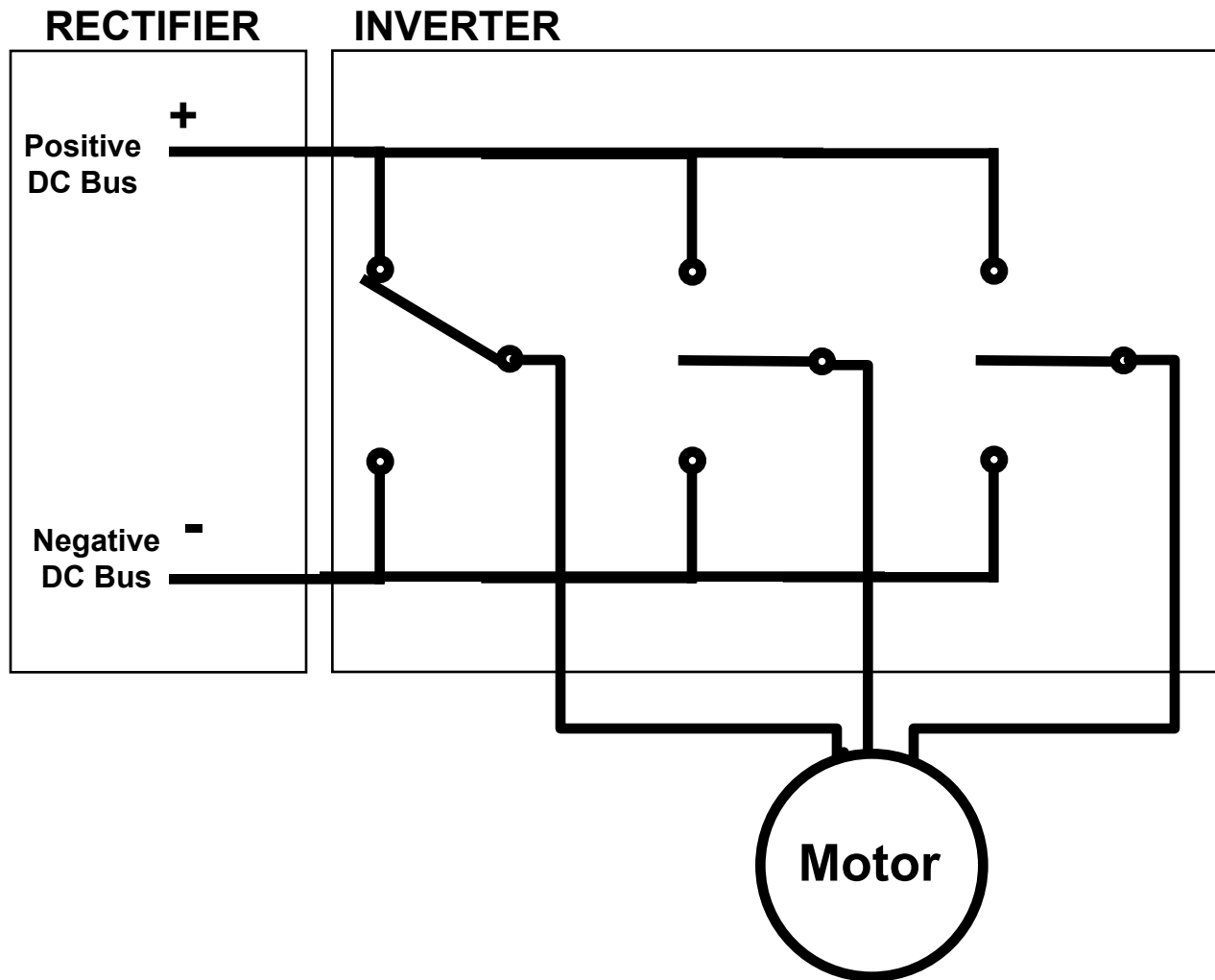
Принцип роботи інвертора



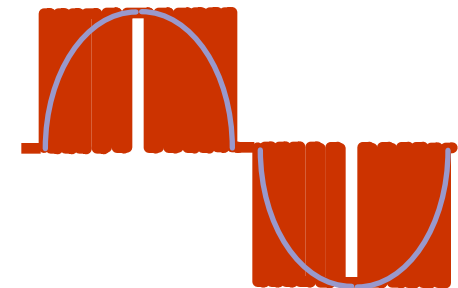
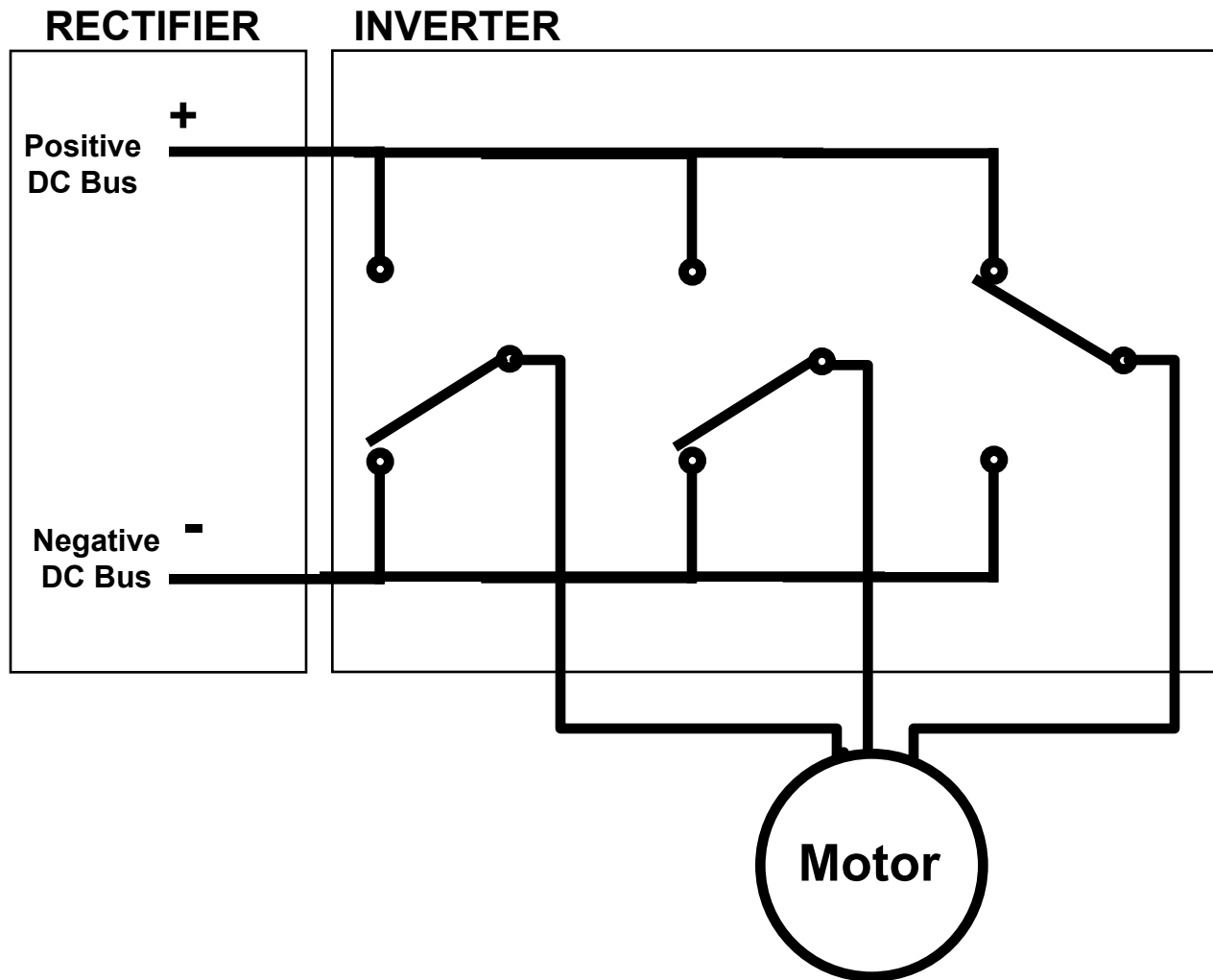
Принцип роботи інвертора



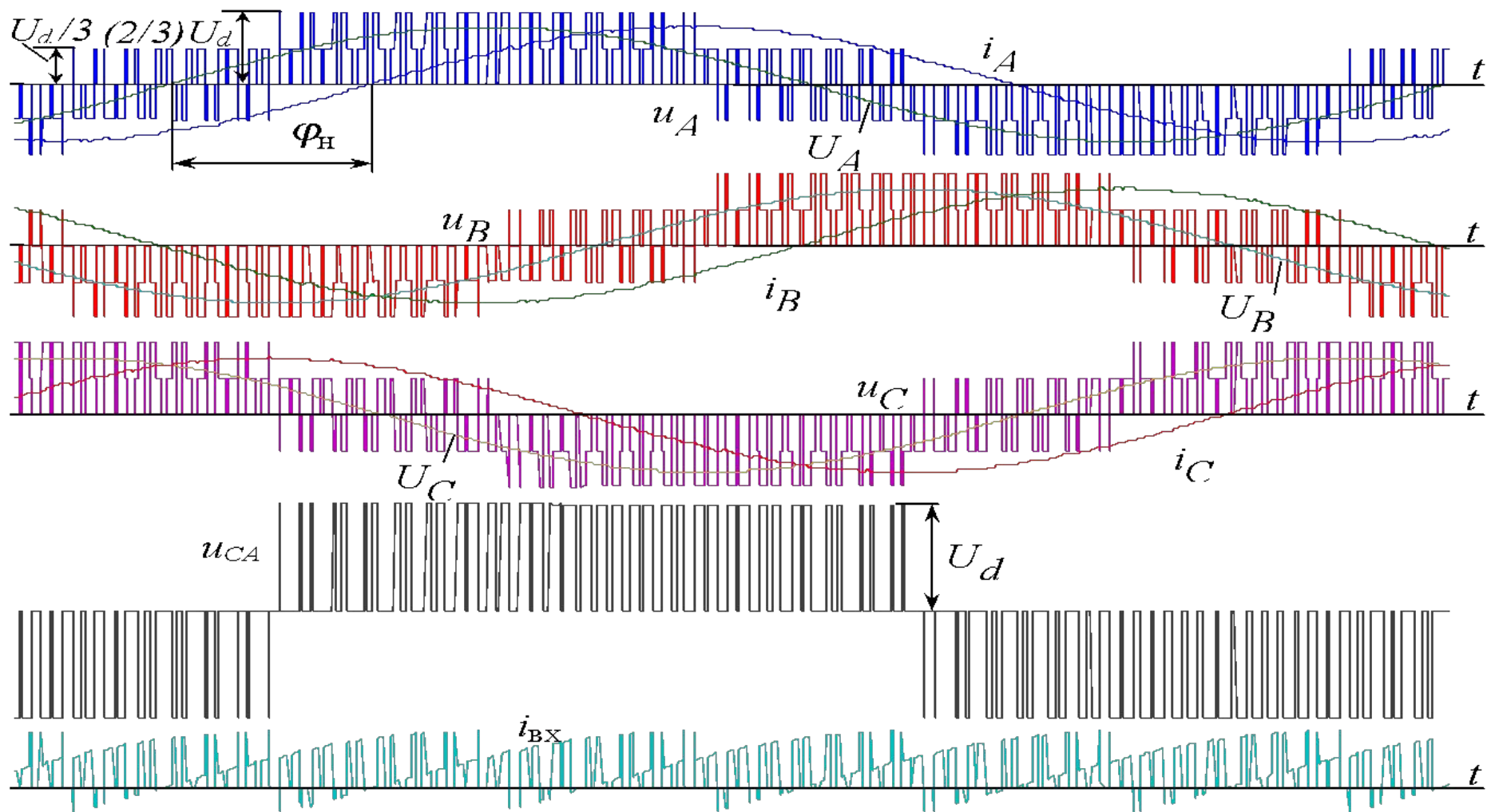
Принцип роботи інвертора



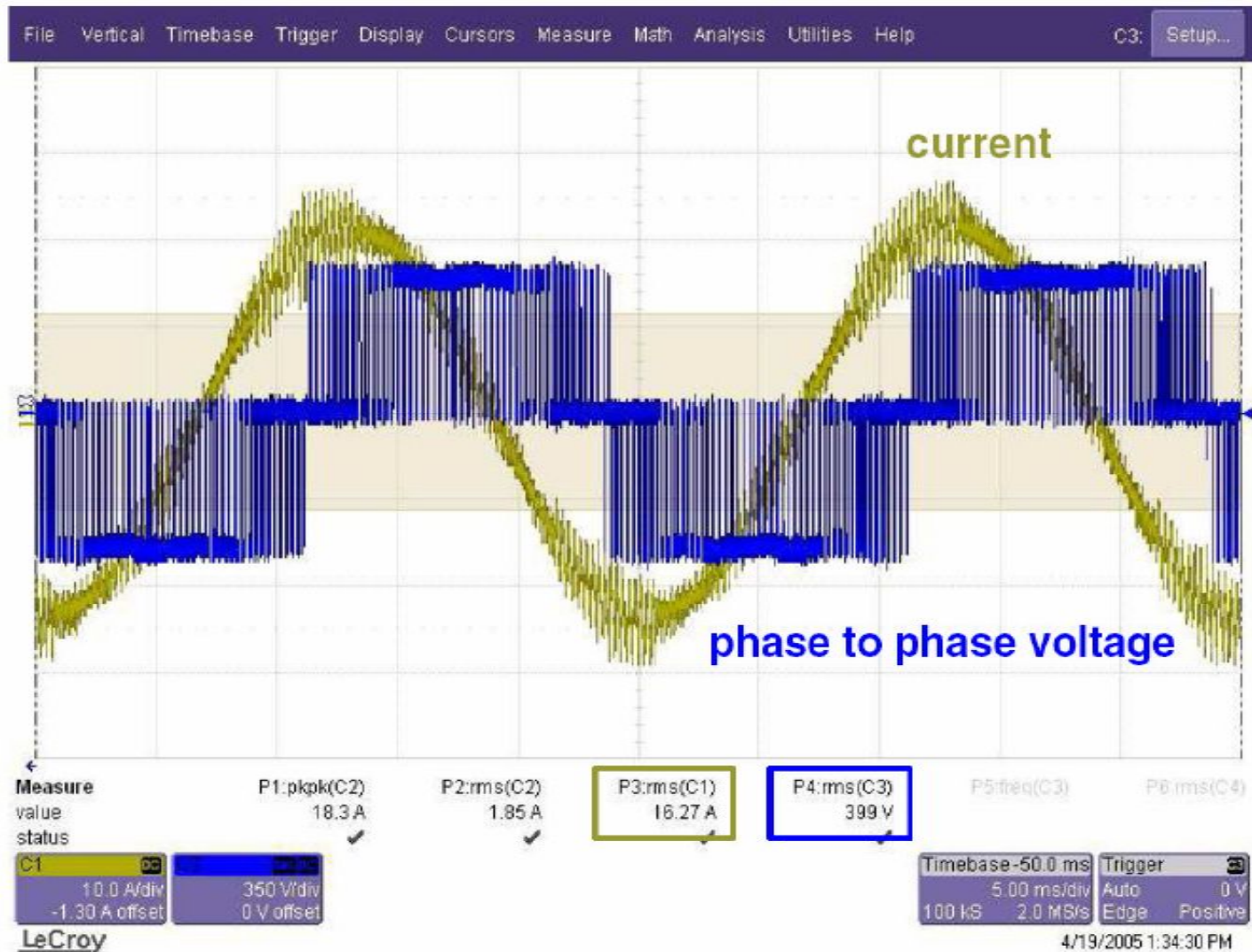
Принцип роботи інвертора



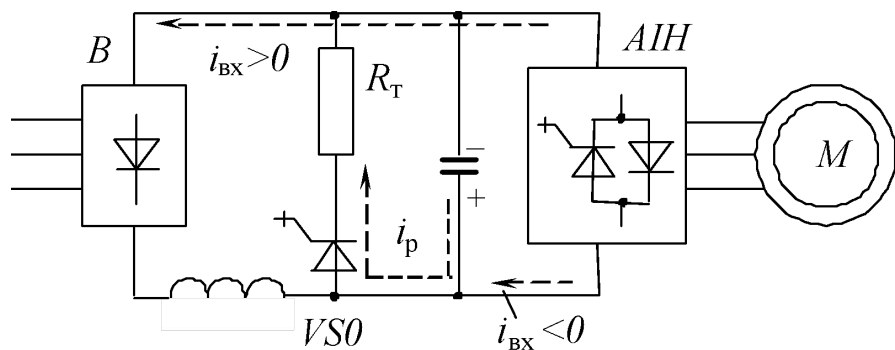
Трифазний АІН з широтно-імпульсною модуляцією



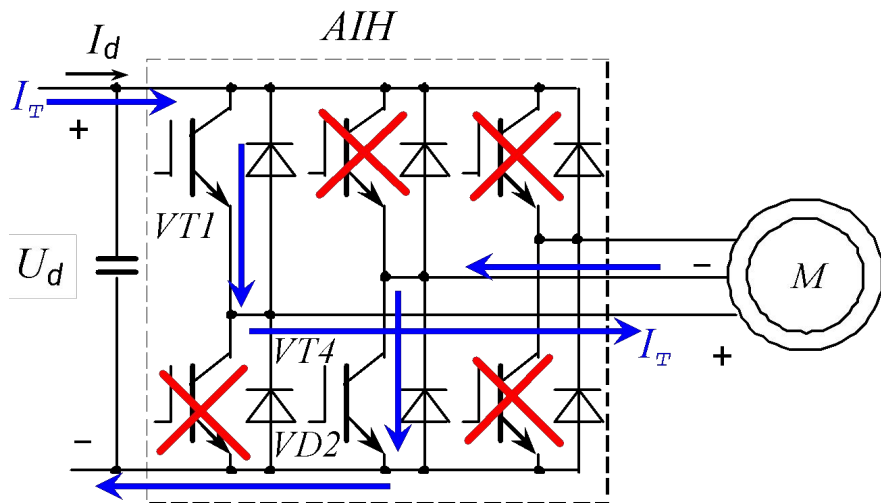
Вимірювання на виході інвертора



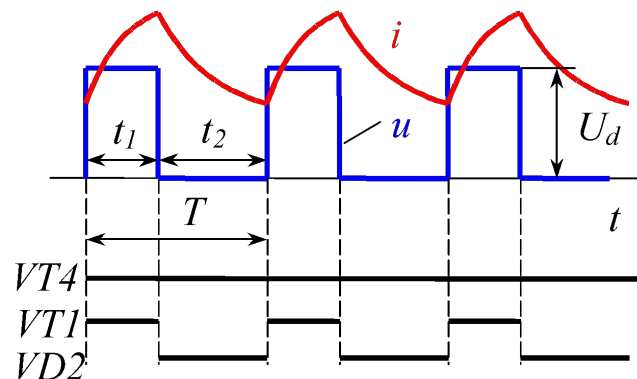
Способи гальмування в електроприводах з ПЧ



Рекуперативне з гальмівним резистором



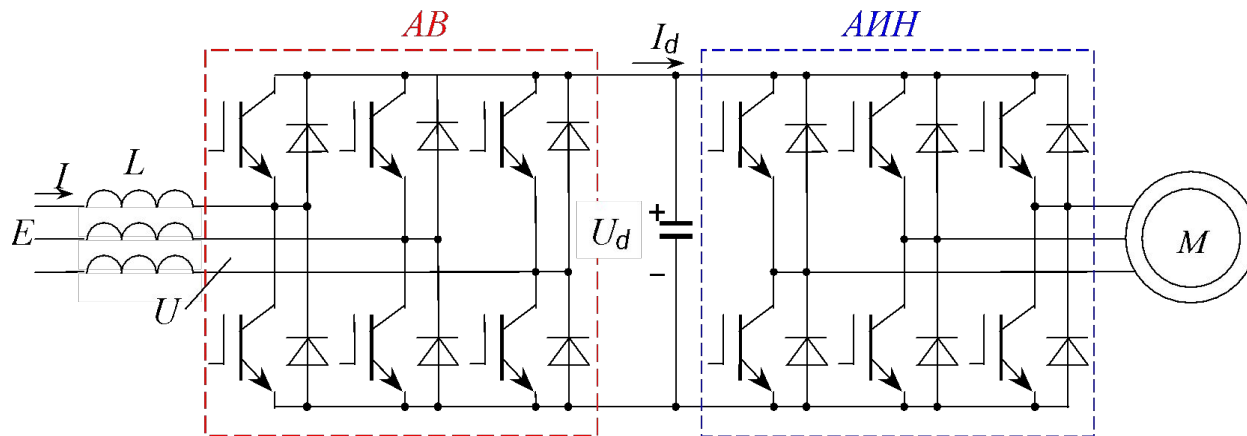
Динамічне гальмування (гальмування постійним струмом)



Способи гальмування в електроприводах з ПЧ

Рекуперативне гальмування:

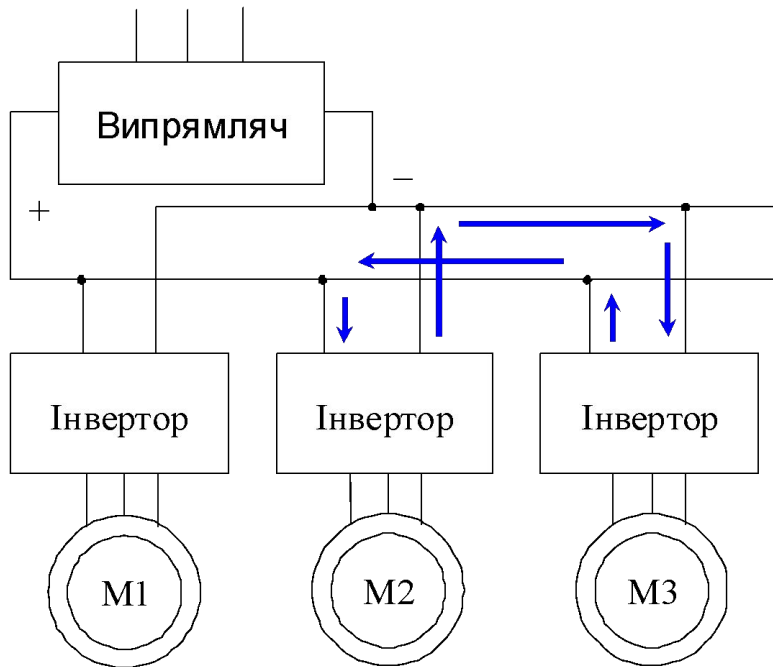
- енергоощадність;
- додаткові капітальні витрати



З активним випрямлячем АВ

- Синусоїдальна форма вхідного струму
- $\cos\phi=1$

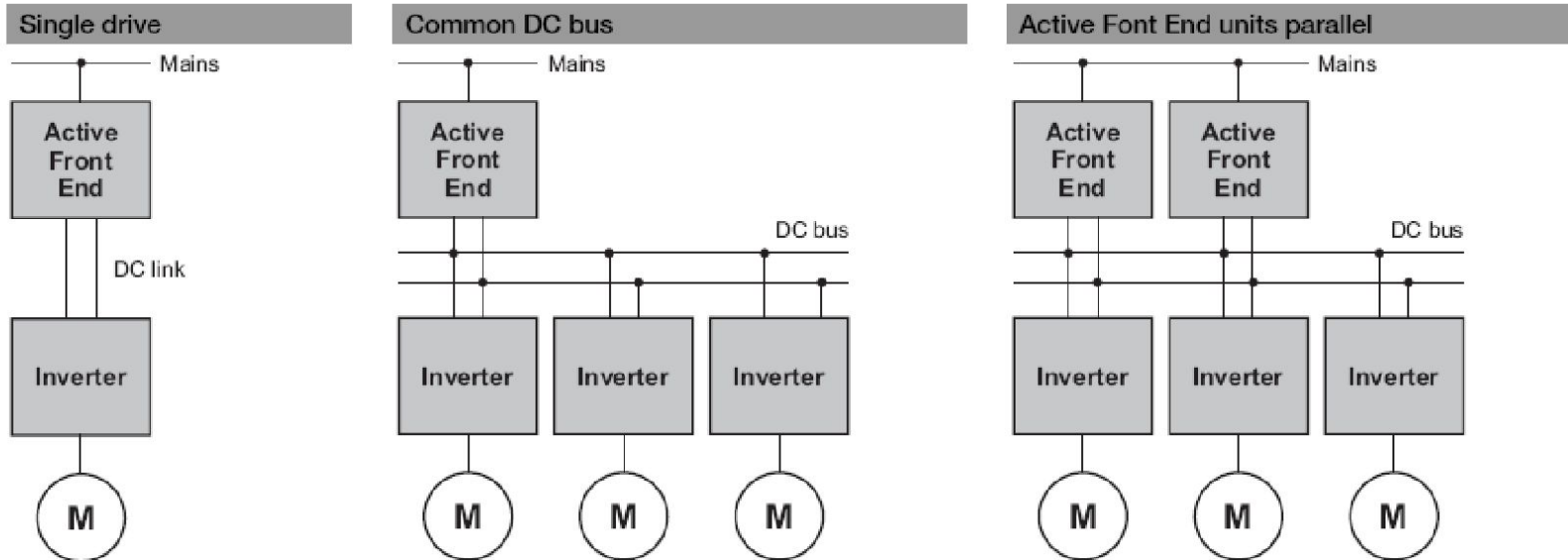
Способи гальмування в електроприводах з ПЧ



Обмін гальмівною енергією по шині постійного струму

- рекуперована енергія може бути використана іншими користувачами
- потужність випрямляча є меншою за сумарну потужність інверторів
- доцільно використовувати у багатодвигунних електроприводах

Способи гальмування в електроприводах з ПЧ

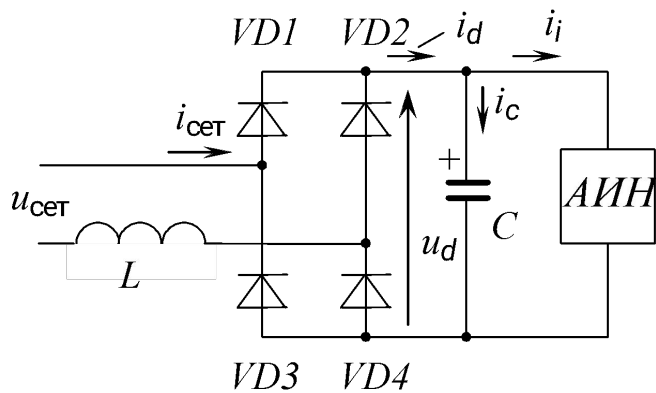




ВПЛИВ ПЧ НА МЕРЕЖУ

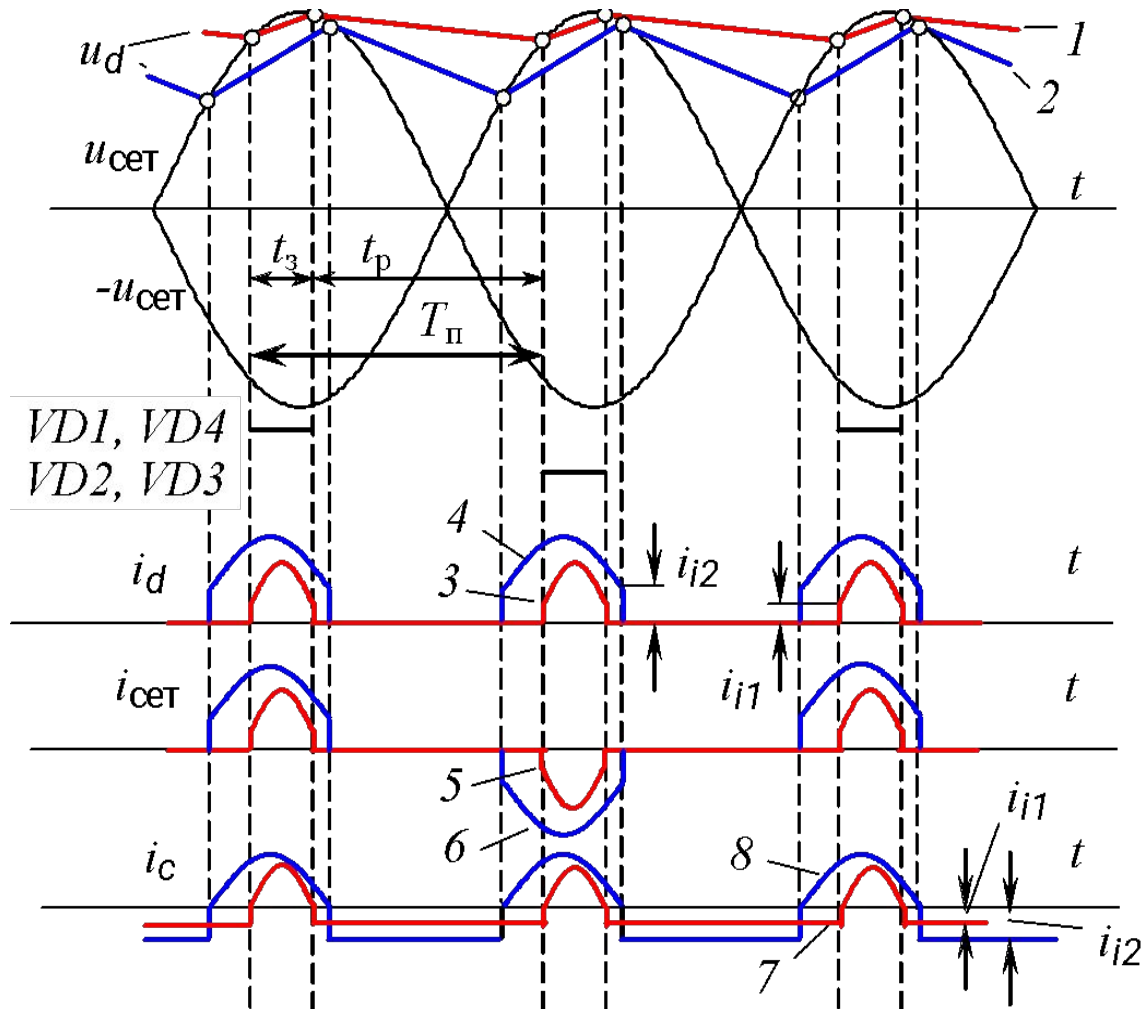
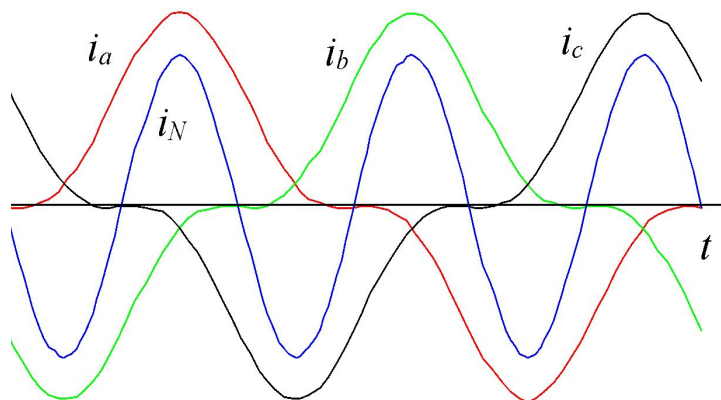
- Причини спотворення вхідного струму ПЧ
- Негативні наслідки спотворення струму
- Способи зменшення впливу ПЧ на мережу

Особливість роботи вхідного випрямляча ПЧ

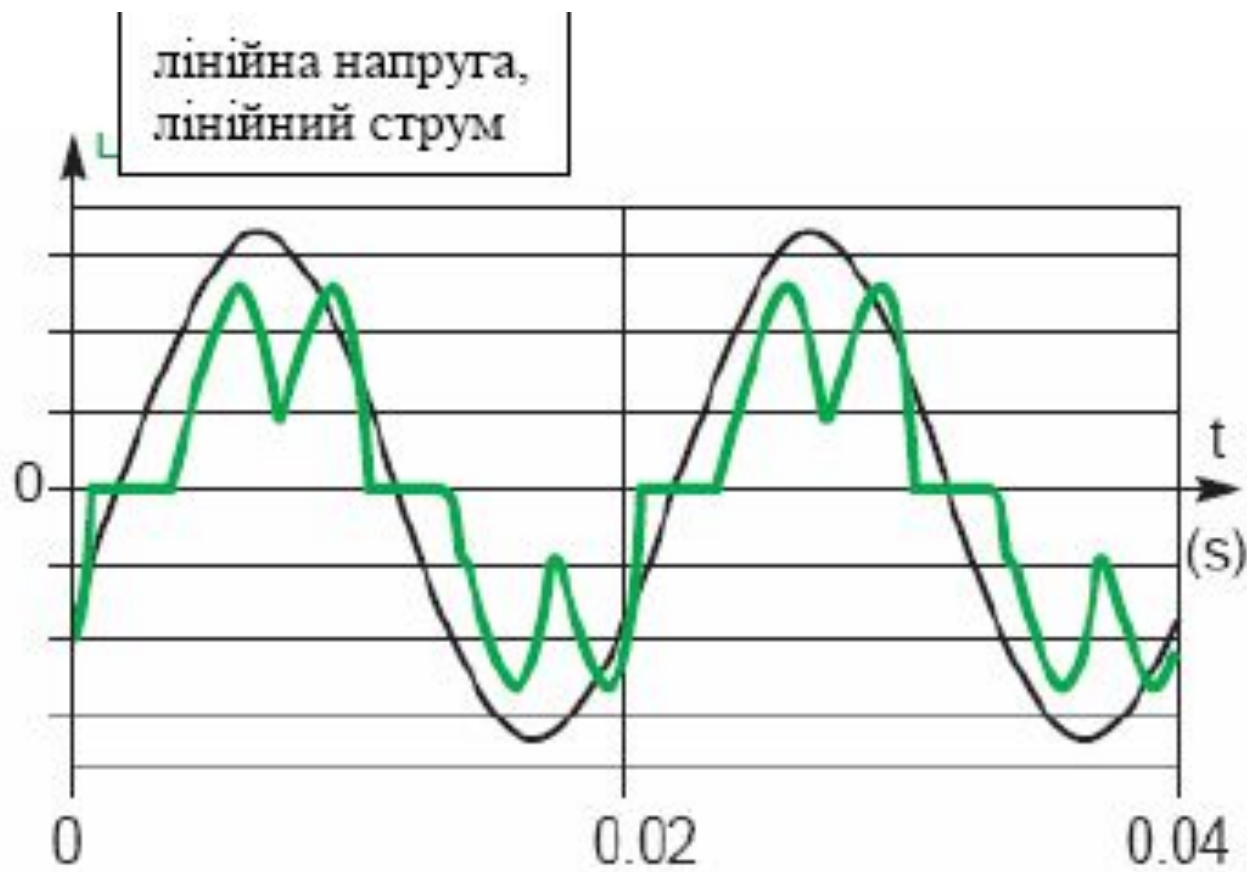


Особенности:

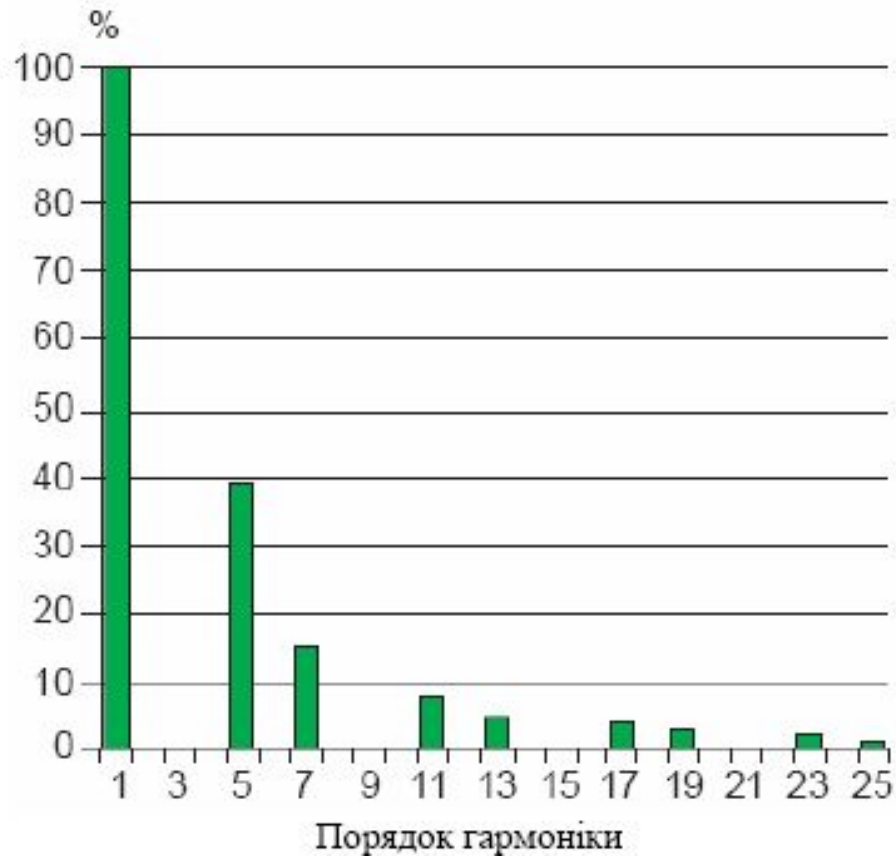
- выпрямленный ток прерывистый;
- потребляемый из сети ток существенно несинусоидальный



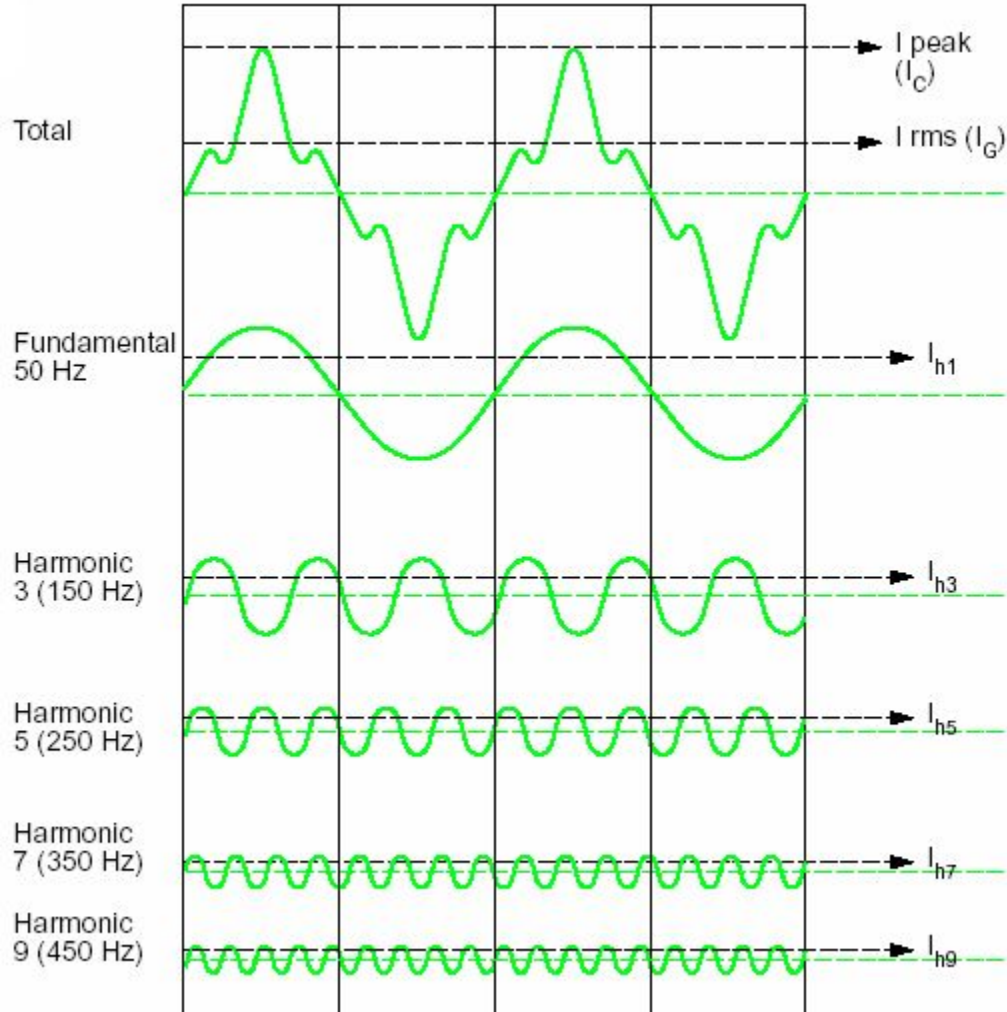
Вплив ПЧ на мережу



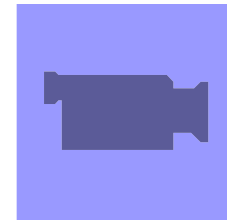
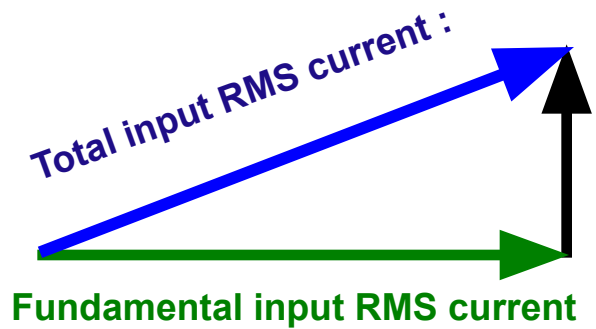
Спектральний склад гармонік струму



Спотворення струму



$$I_{RMS} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2}$$



Коефіцієнт потужності

$$P = UI\sqrt{3} * D$$

Power factor

$$PF = \frac{\cos \varphi}{\sqrt{1 + THDi^2}}$$

$$THD\% = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 \dots + I_n^2}}{I_1} * 100$$

Засоби зменшення впливу ПЧ на мережу

- Використання мережного дроселя
- Використання дроселя постійного струму
- Використання додаткового вхідного фільтра радіочастот

Варианты подавления гармоник

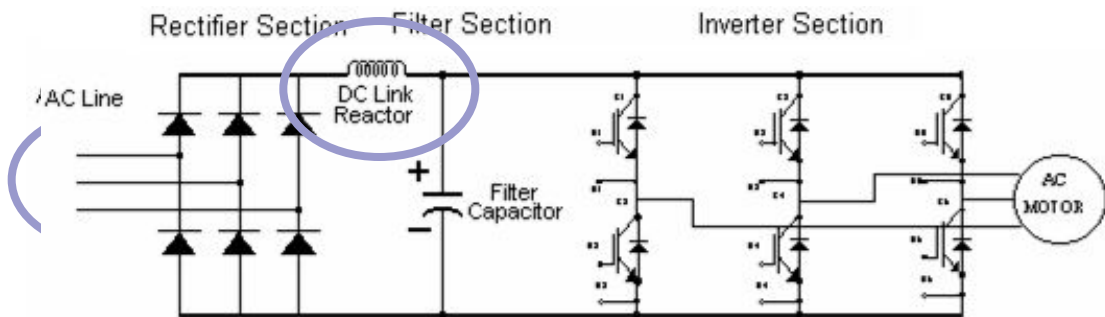
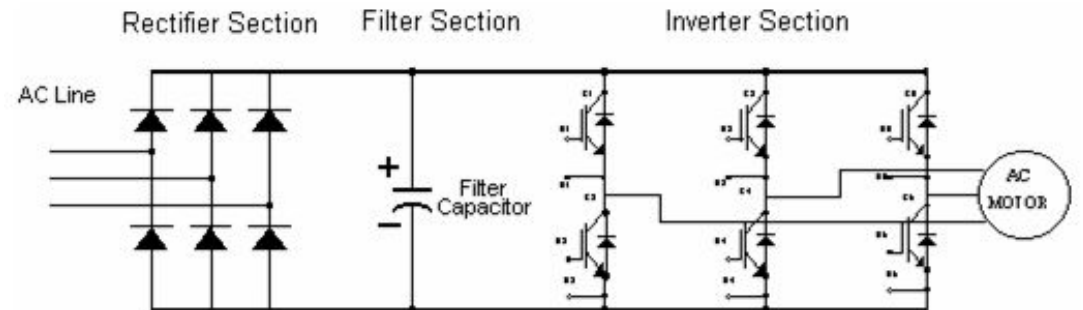
- Сетевой дроссель или DC дроссель



Wave form current:

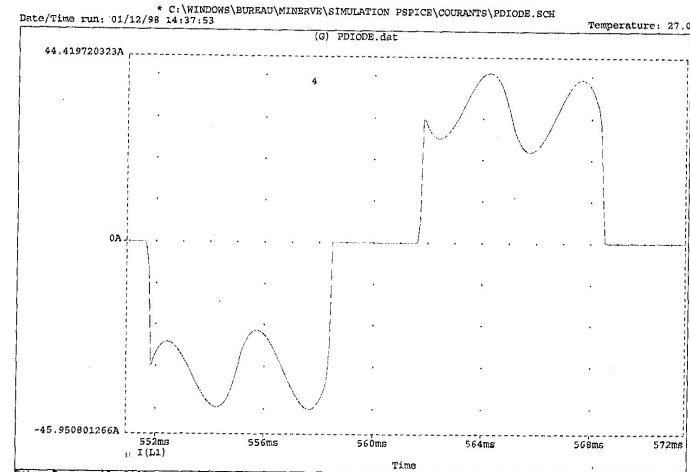
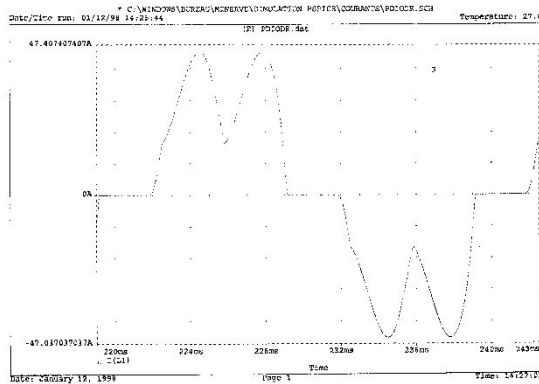


Wave form current:

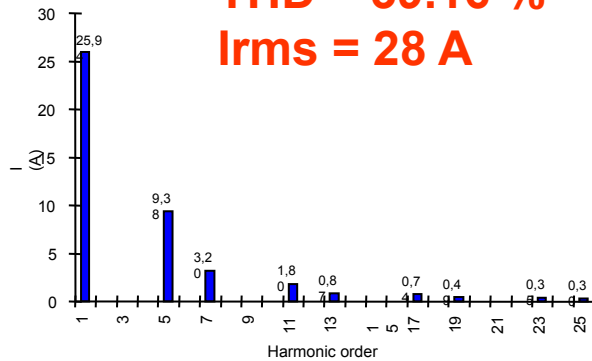


Мережевий дросель чи дросель DC

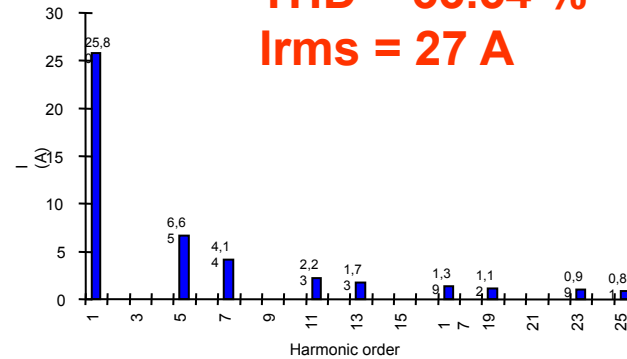
Line inductor 3 x 1mH



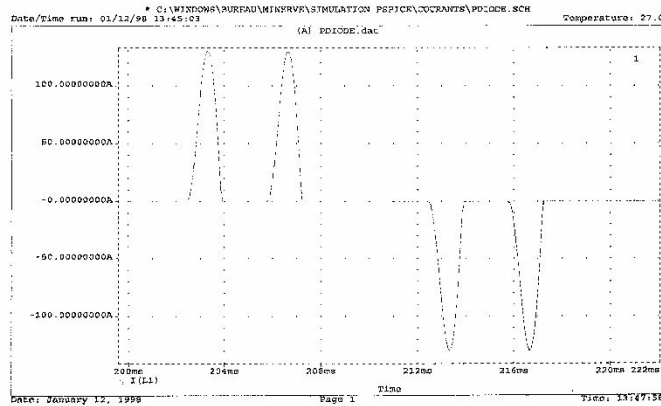
THD = 39.16 %
Irms = 28 A



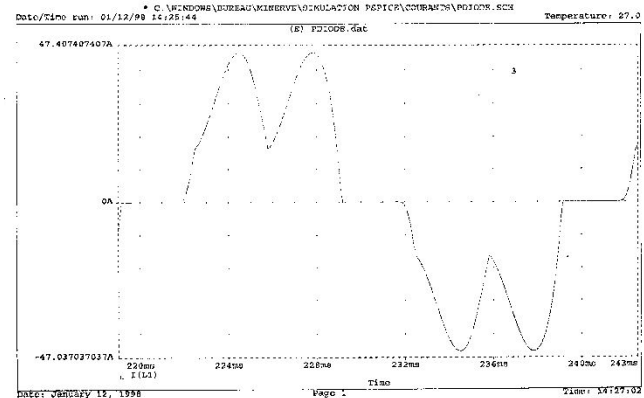
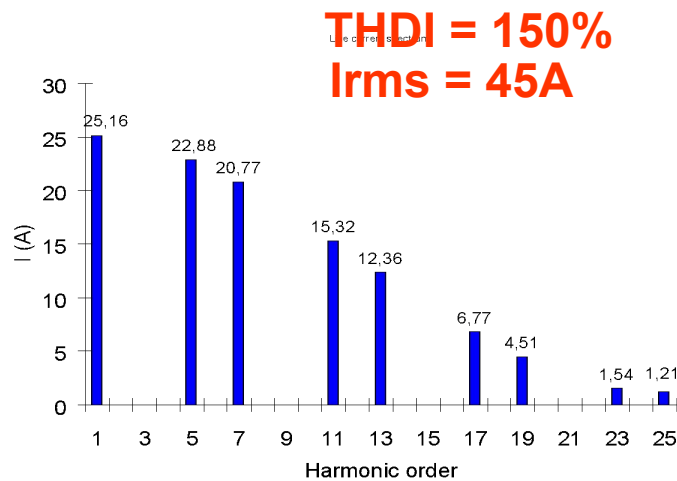
THD = 33.54 %
Irms = 27 A



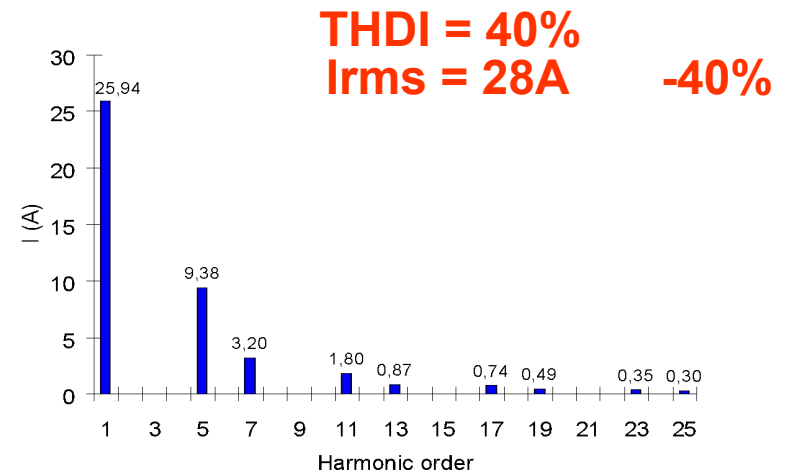
Застосування мережевого дроселя



Without additional choke



With additional choke 3%



Використання мережевого дроселя



Мережеві дроселі необхідно застосовувати у наступних випадках:

- За наявності у мережі живлення значних завад від іншого обладнання
- За наявності асиметрії між фазної напруги більше $1,8 \% U_n$,
- Коли мережа має низький повний опір (потужність трансформатора перевищує у 6-10 разів потужність ПЧ,
- Коли від шин живиться значна група ПЧ,
- За наявності на розподільчих шинах конденсаторних батарей (компенсація реактивної потужності)

Застосування Active Front End

Модуль
вхідного
фільтра

Мережевий
дросель

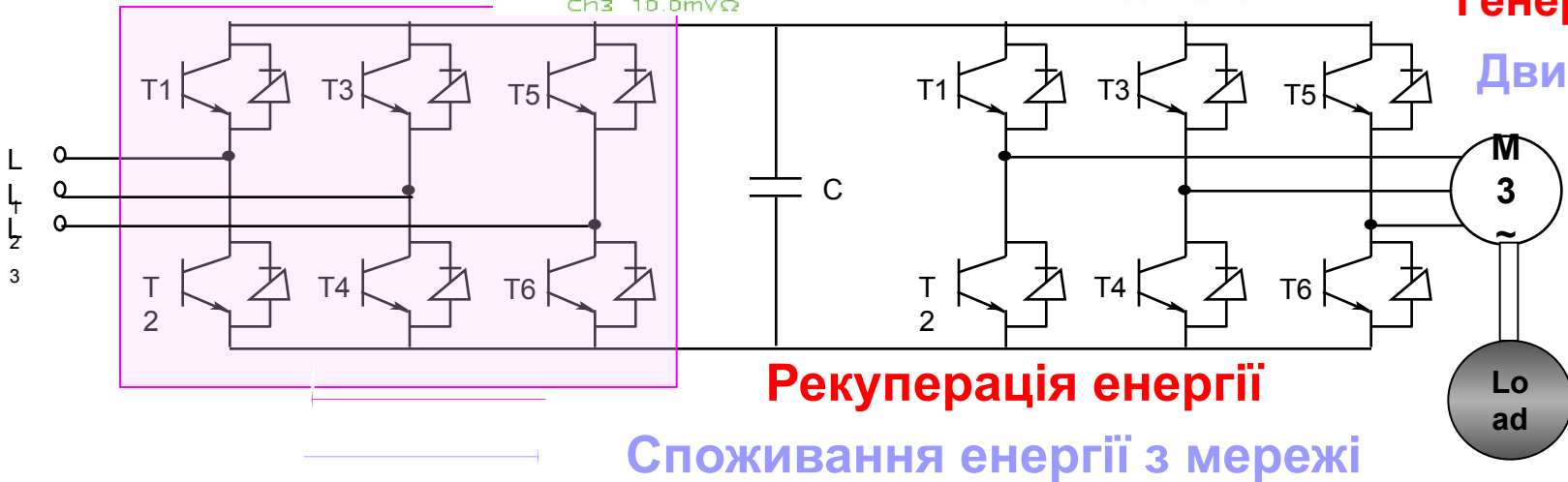
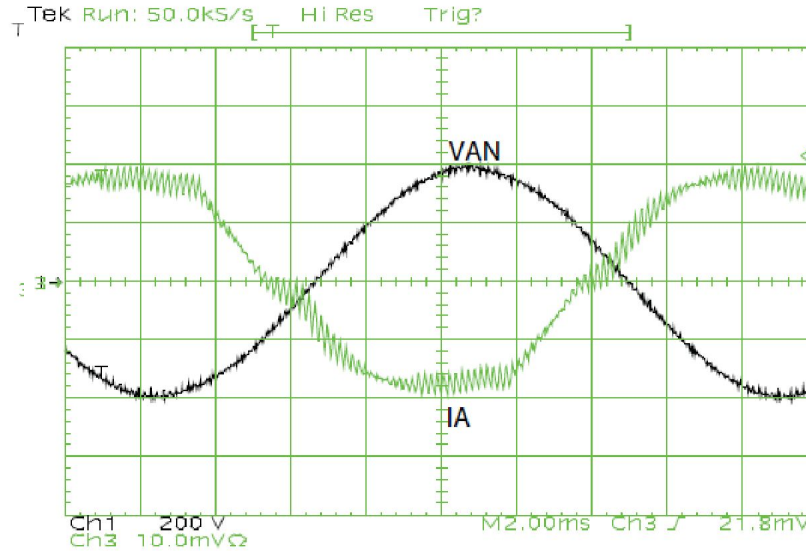
Активний
випрямляч

Перетворювач
частоти Altivar
61/71



**Active Front
End**

Застосування Active Front End

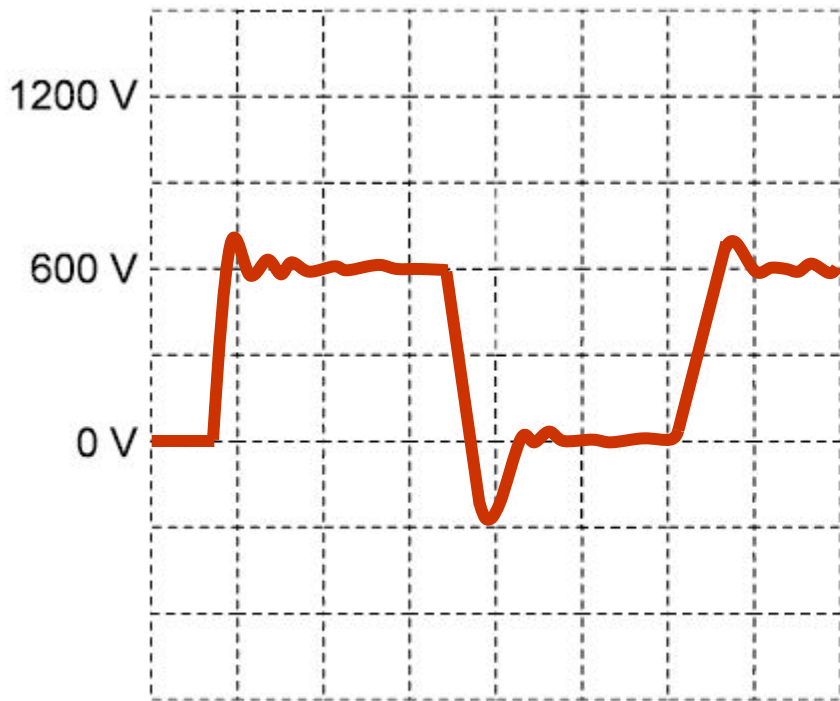


Вплив ПЧ на двигун

- Проблема градієнту dU/dt
- Проблема довгого кабелю

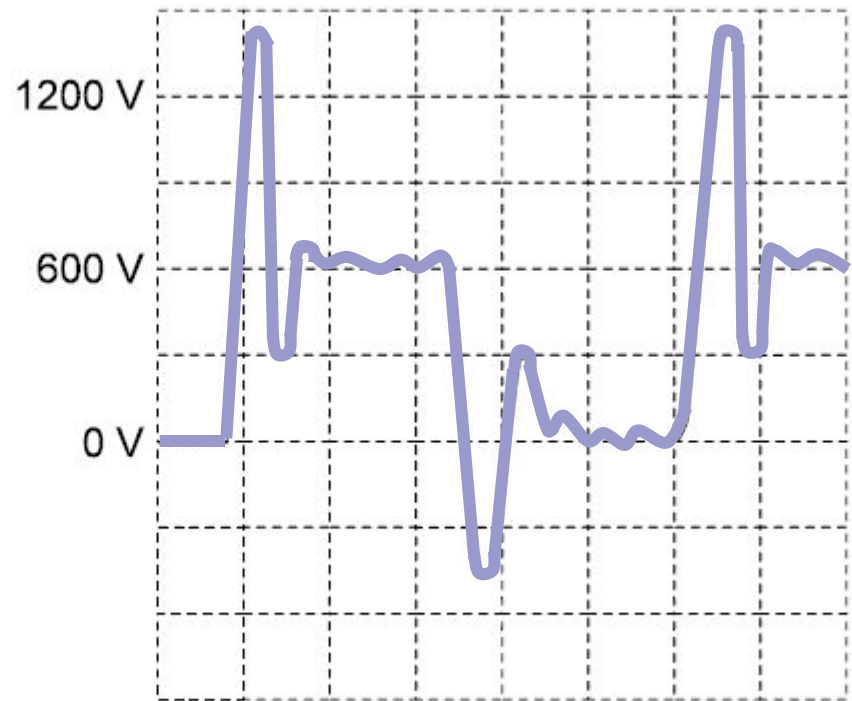
Перенапруги на обмотках двигуна dV/dt

Напруга на виході
інвертора



Inverter output voltage (4 kHz)

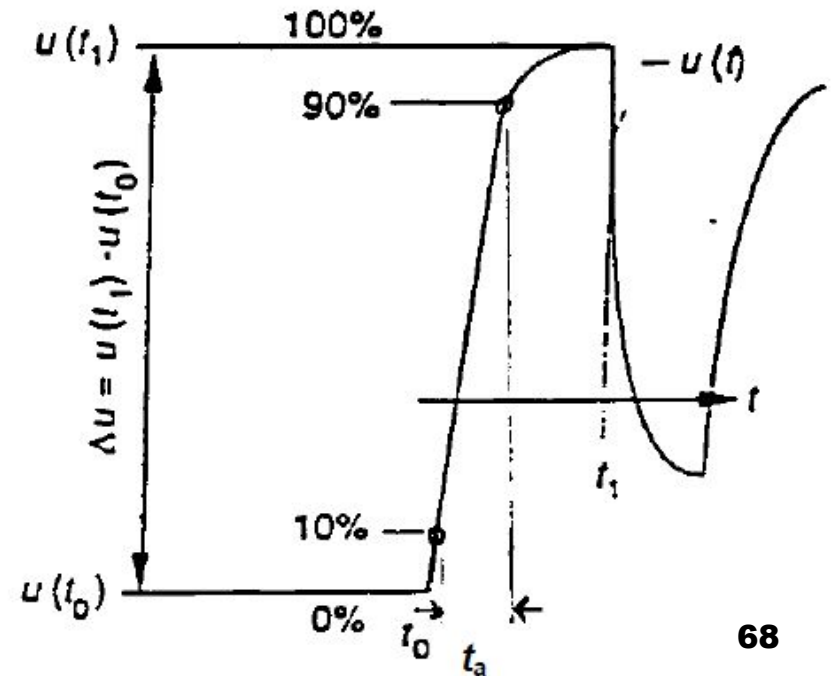
Напруга на
обмотках двигуна



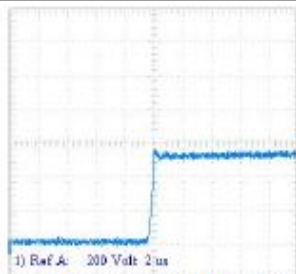
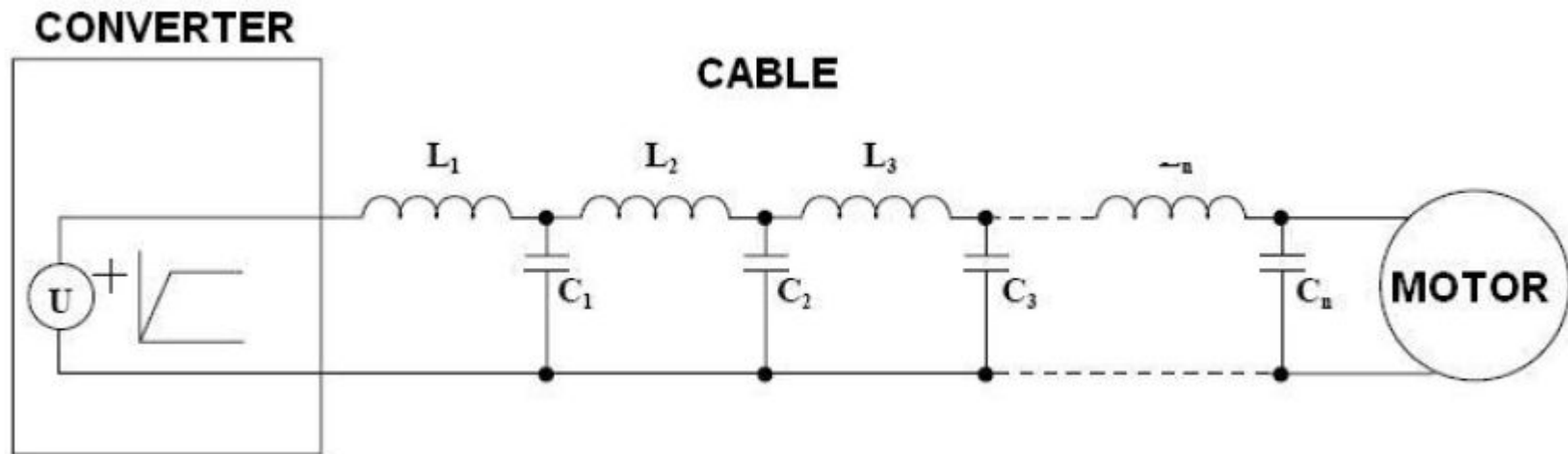
Motor input voltage (100 m cable)

Крутизна фронту прямокутного імпульсу dV/dt

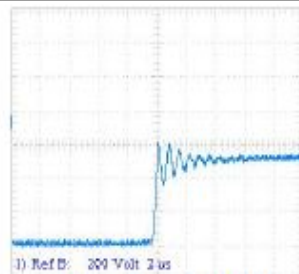
- Частота комутації
- Вихідна частота
- Довжина кабельної лінії



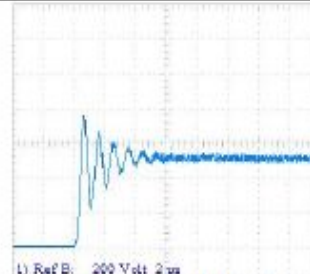
Перенапряги на обмотках двигателя dV/dT



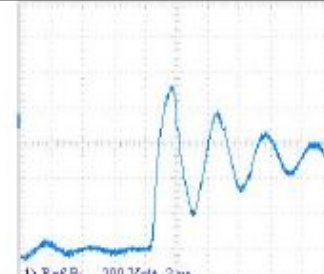
$V_{peak} = 560 V$



$V_{peak} = 630 V$

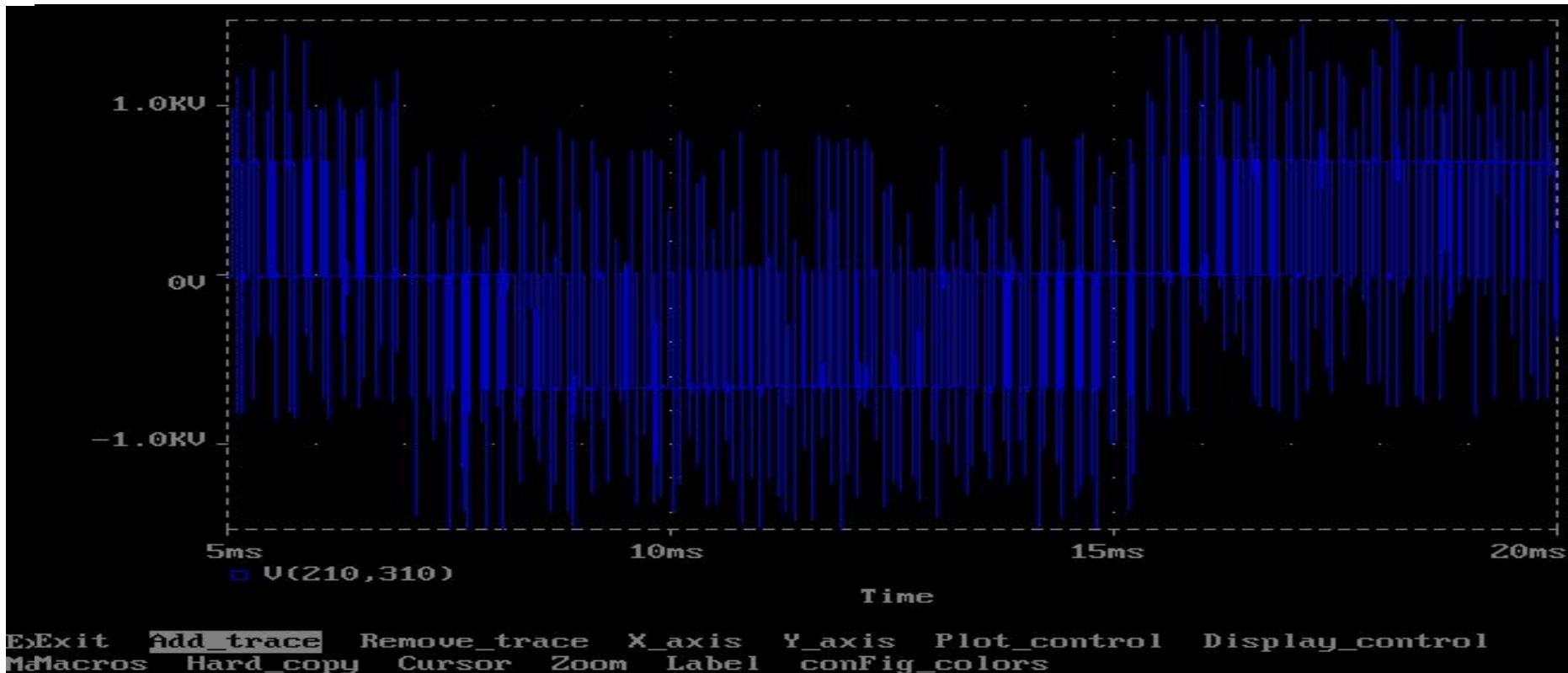


$V_{peak} = 750 V$



$V_{peak} = 990 V$

Перенапряги на обмотках двигателя dV/dt

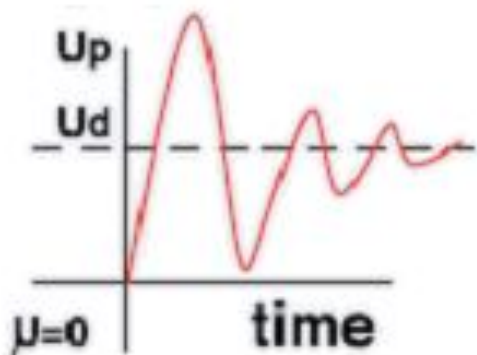


Наслідки такої вихідної напруги ПЧ:

- ❖ Виникнення хвильових процесів у кабелі та явища накладання падаючої та відбитої хвилі- результат: перенапруга на обмотці двигуна
- ❖ Круті фронти імпульсів напруги (dU/dt) викликають нерівномірний розподіл напруги між витками обмотки двигуна

Різниця напруг на витках обмотки двигуна

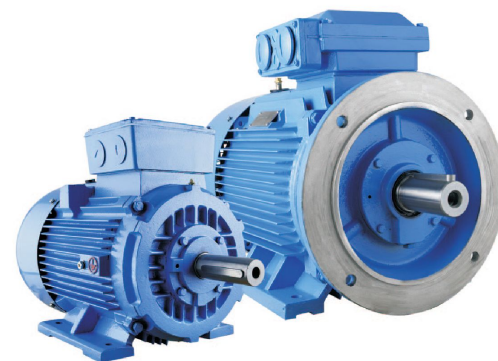
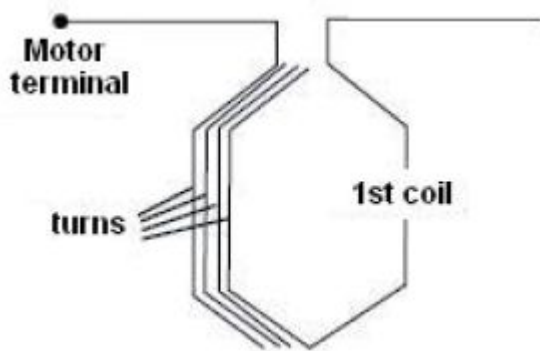
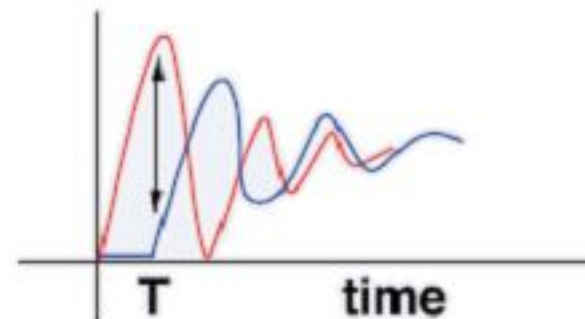
Напруга на першому витку



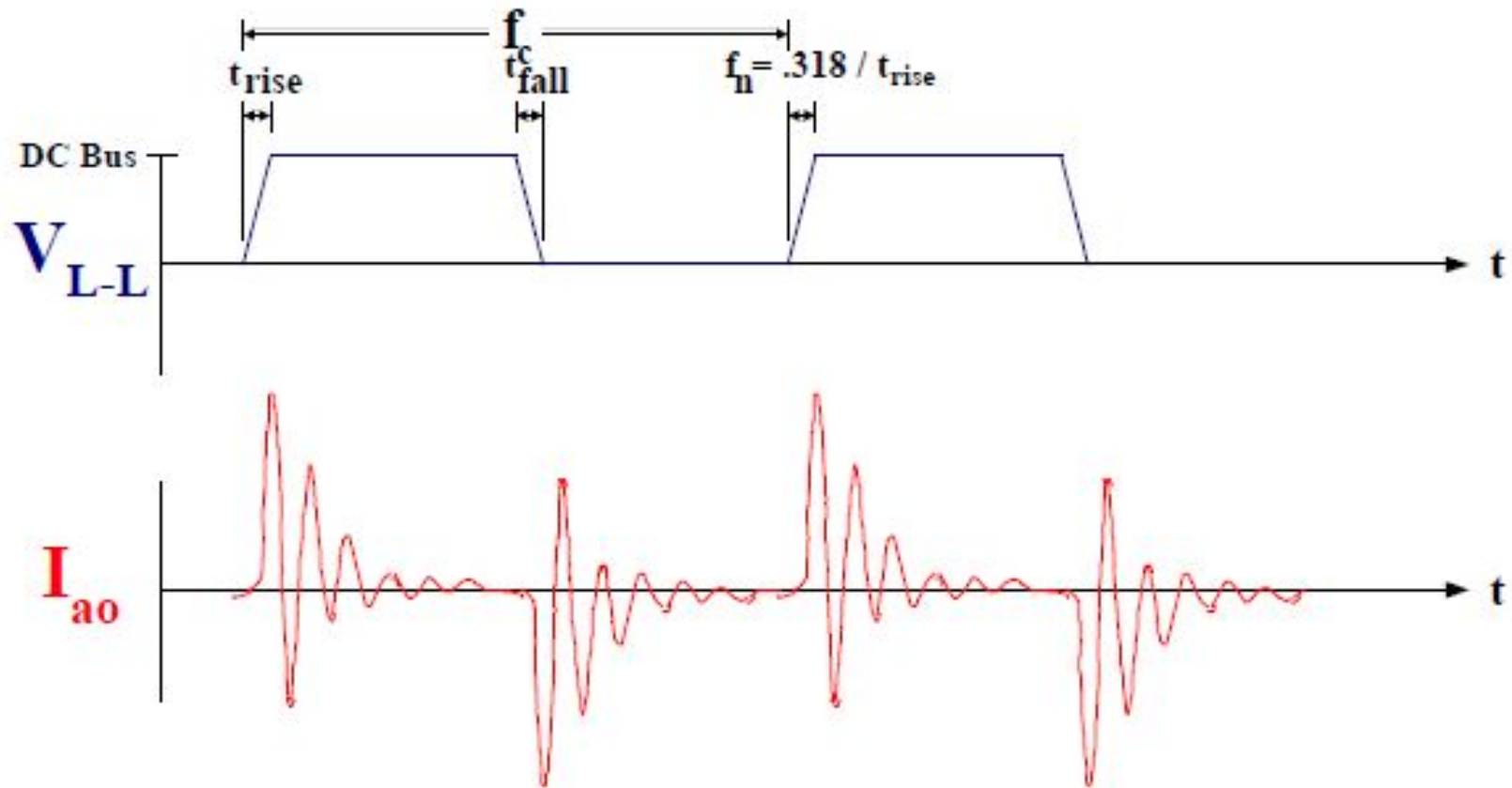
Напруга на останньому витку



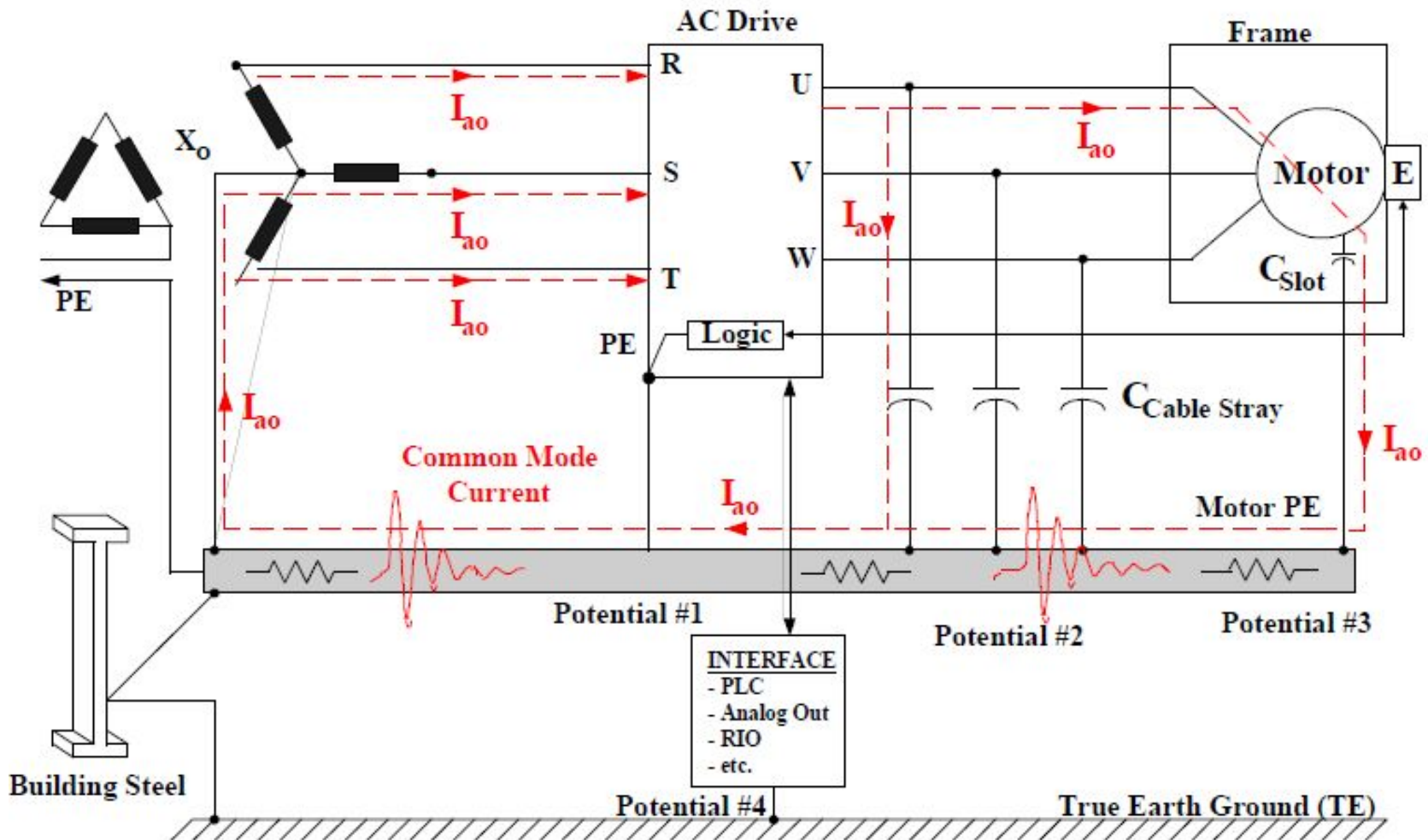
Різниця напруг між витками



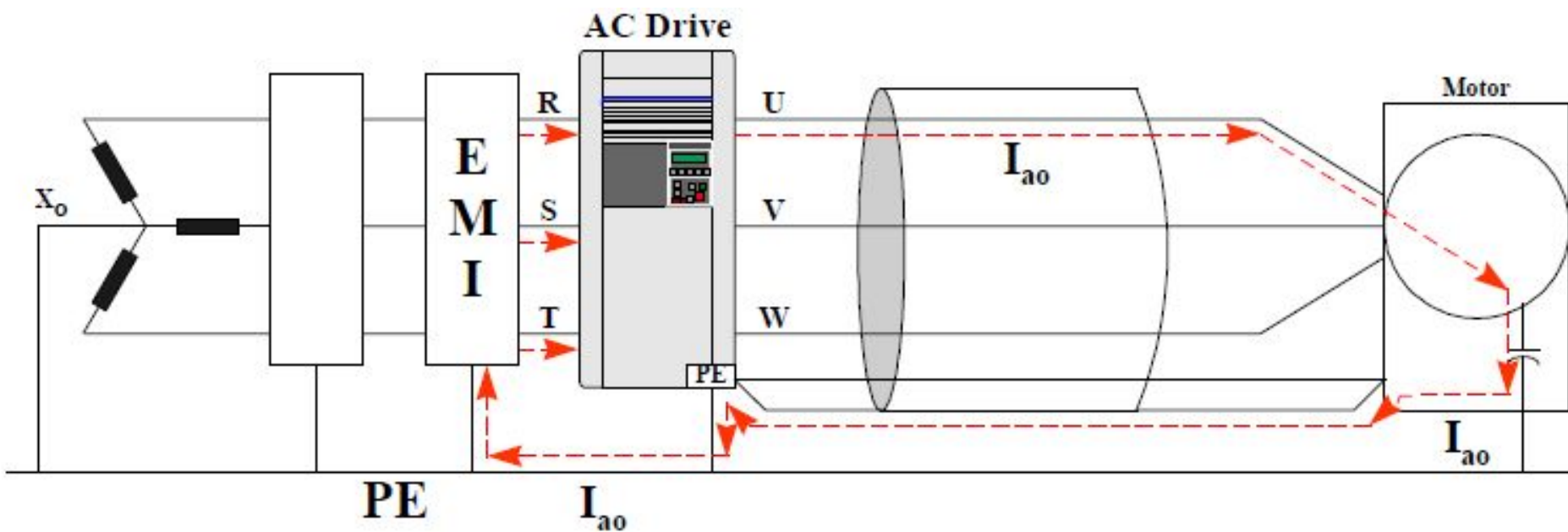
Струми витоку на землю



Струми витоку на землю

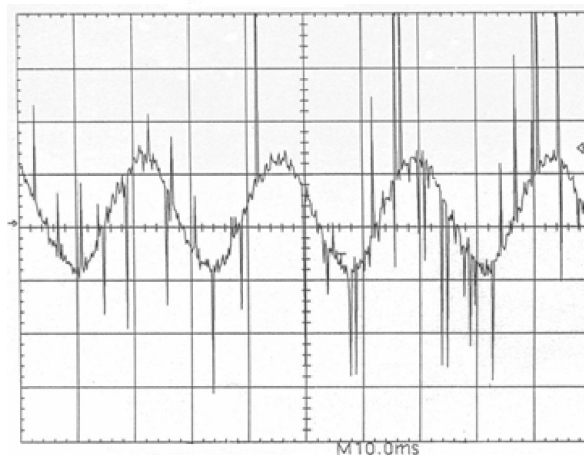
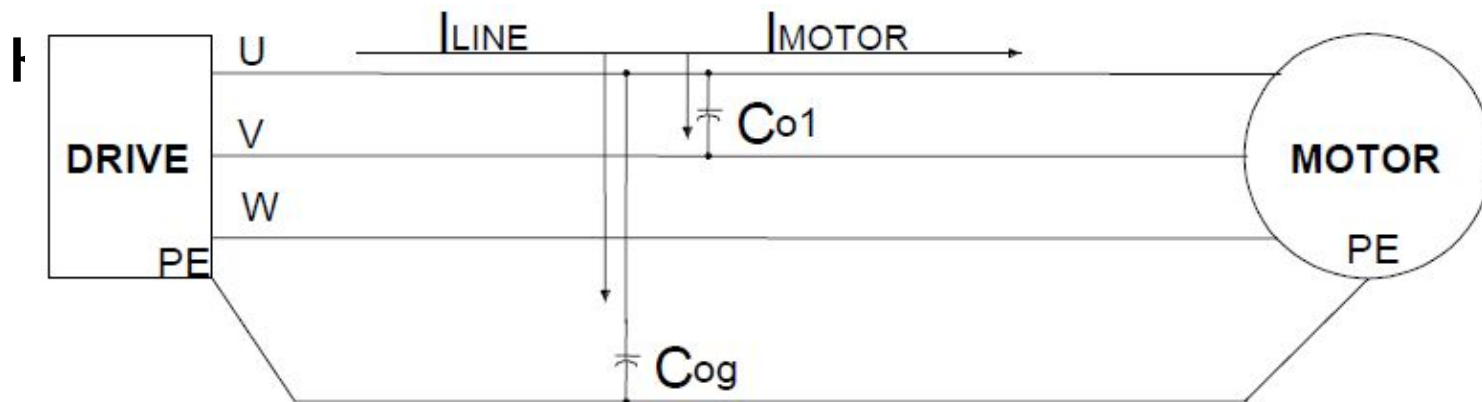


Використання екранованих кабелів та фільтрів ЕМС

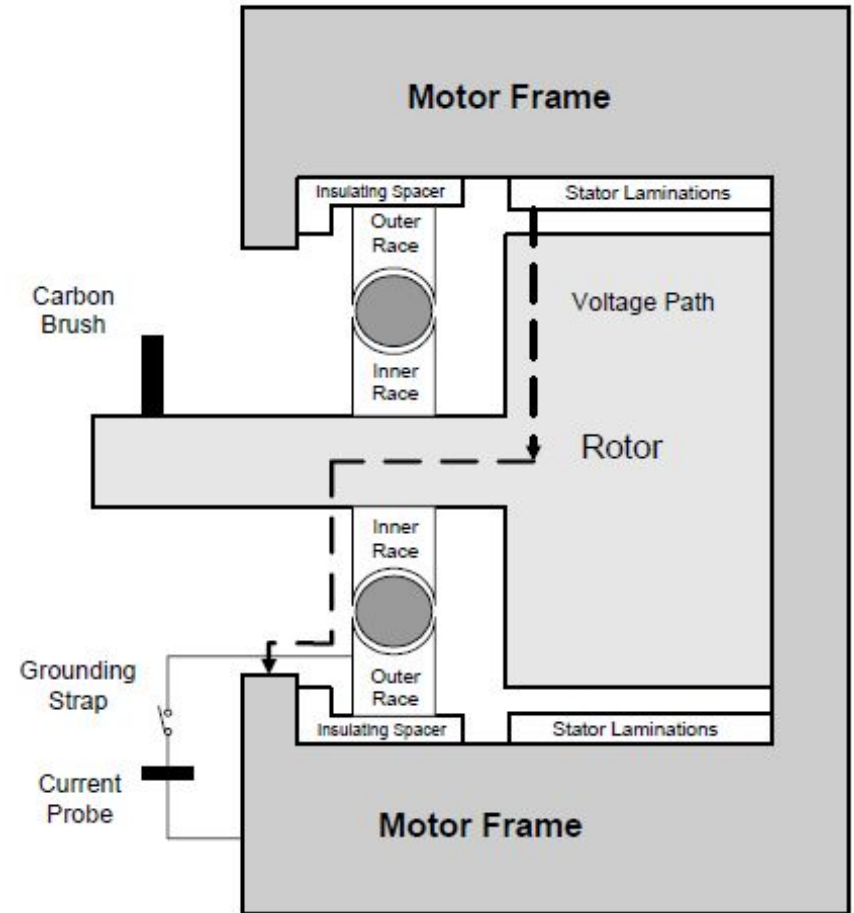
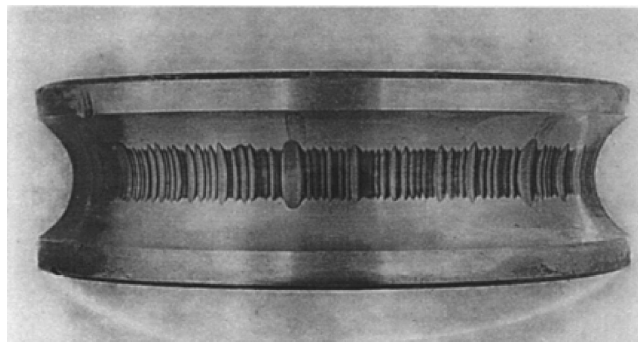
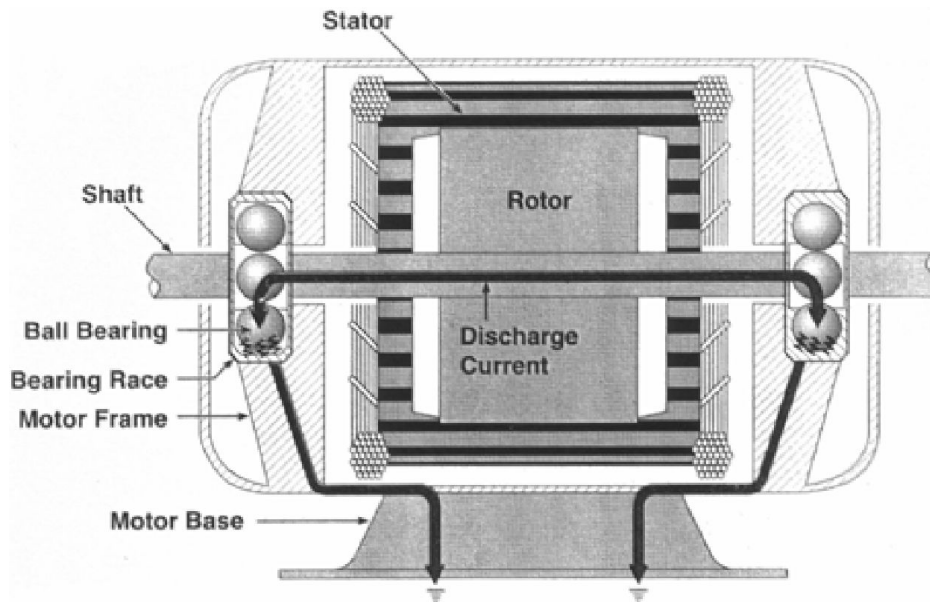


Обмеження за використання екранованих кабелів

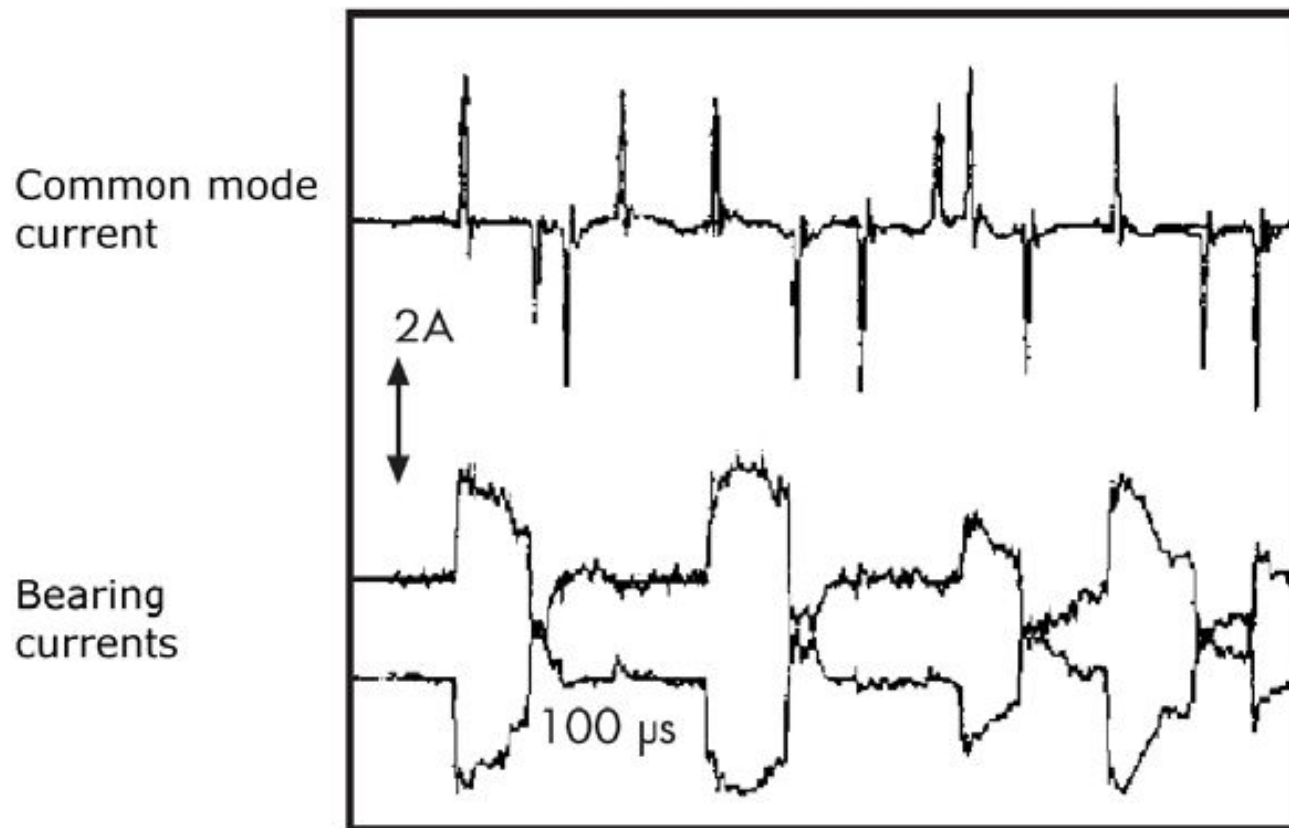
- Протікання зарядних струмів у кабелі



Пошкодження підшипників



Струми у підшипниках двигуна



Засоби зменшення впливу ПЧ на двигун

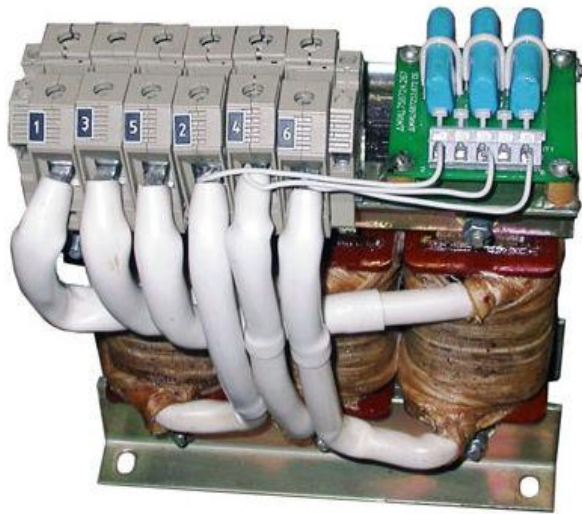
- ❖ Використання дроселя двигуна
- ❖ Використання вихідного фільтра (у тому числі т.з. синусного фільтра)
- ❖ Активізація у програмі ПЧ спеціальної функції (ATV71)

Застосування фільтрів dV/dt

Мета:

- зменшити перенапруги на обмотках двигуна за рахунок зменшення dU/dt до 500В/мкс,
- Зменшити ємнісні струми витоку

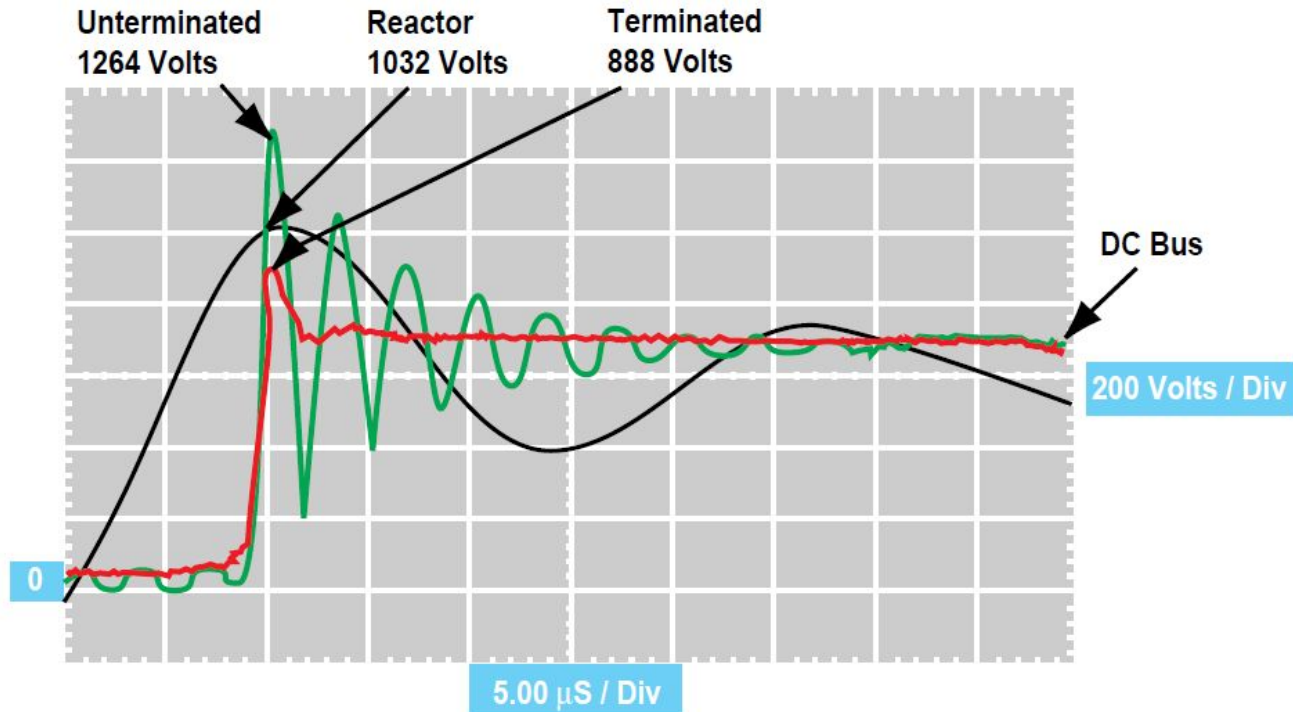
Конструкція: Г-подібний фільтр



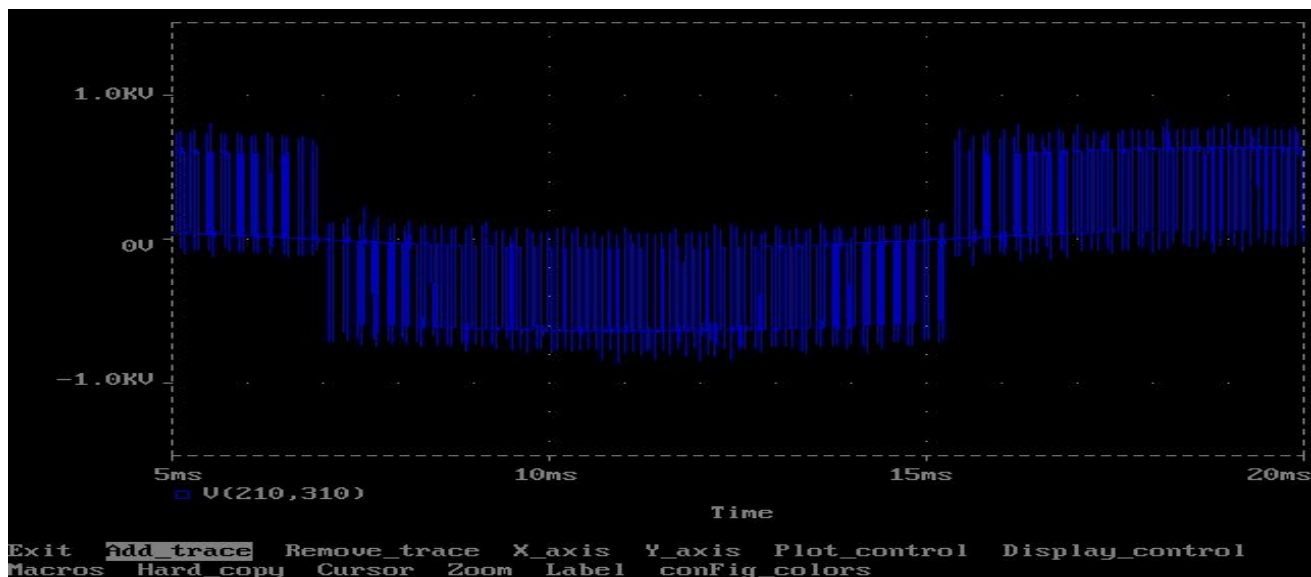
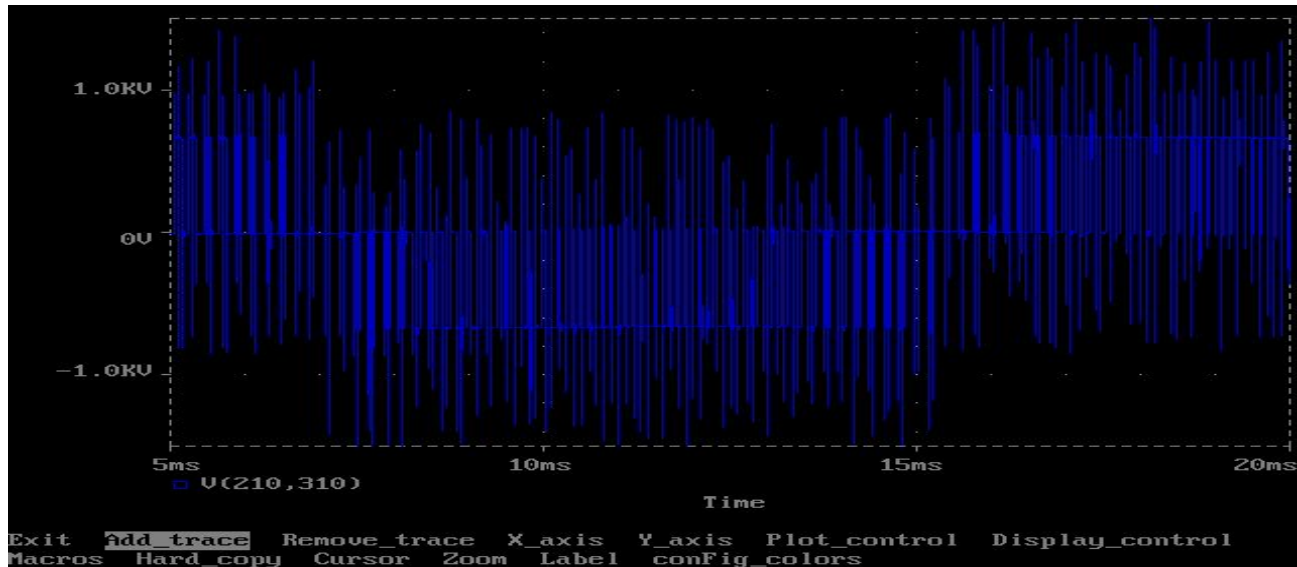
Застосування фільтрів dV/dT

Придушення dV/dT

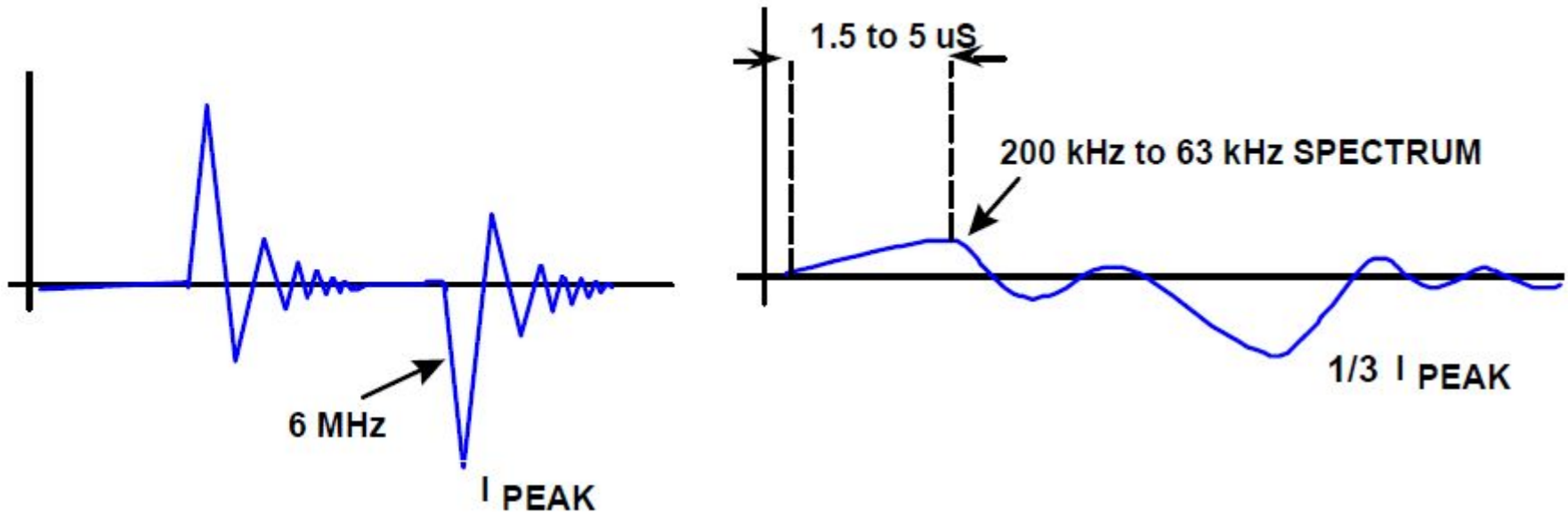
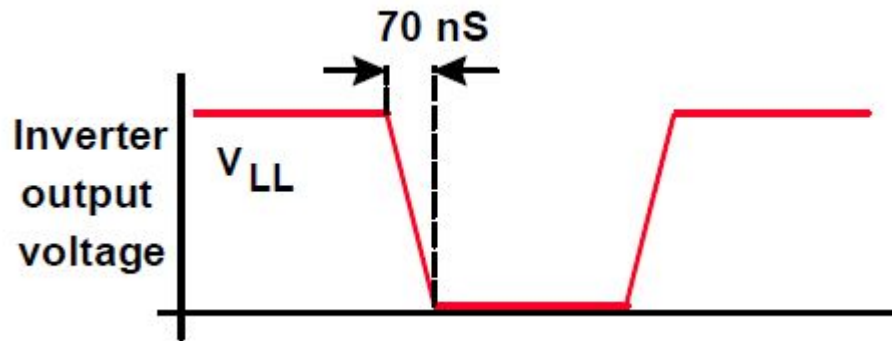
Зменшення мтрумів витоку



Застосування фільтрів dV/dT

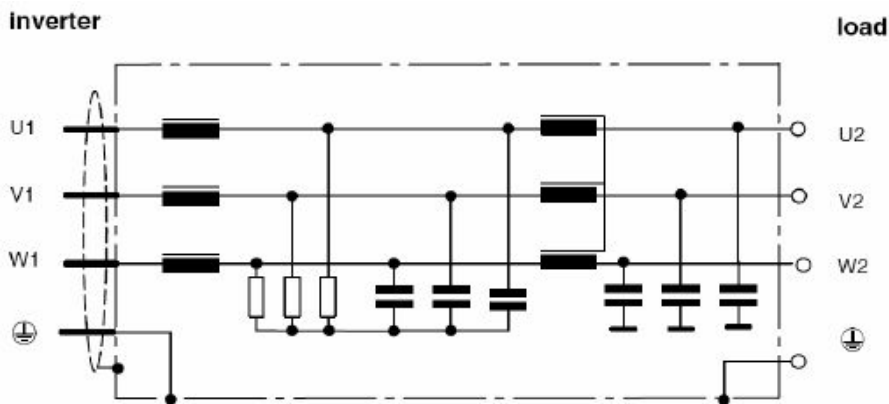
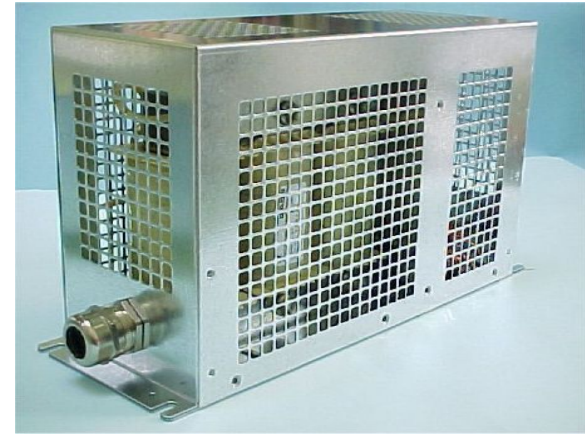


Зменшення рівня струмів витоків



Синусний ЕМС фільтр

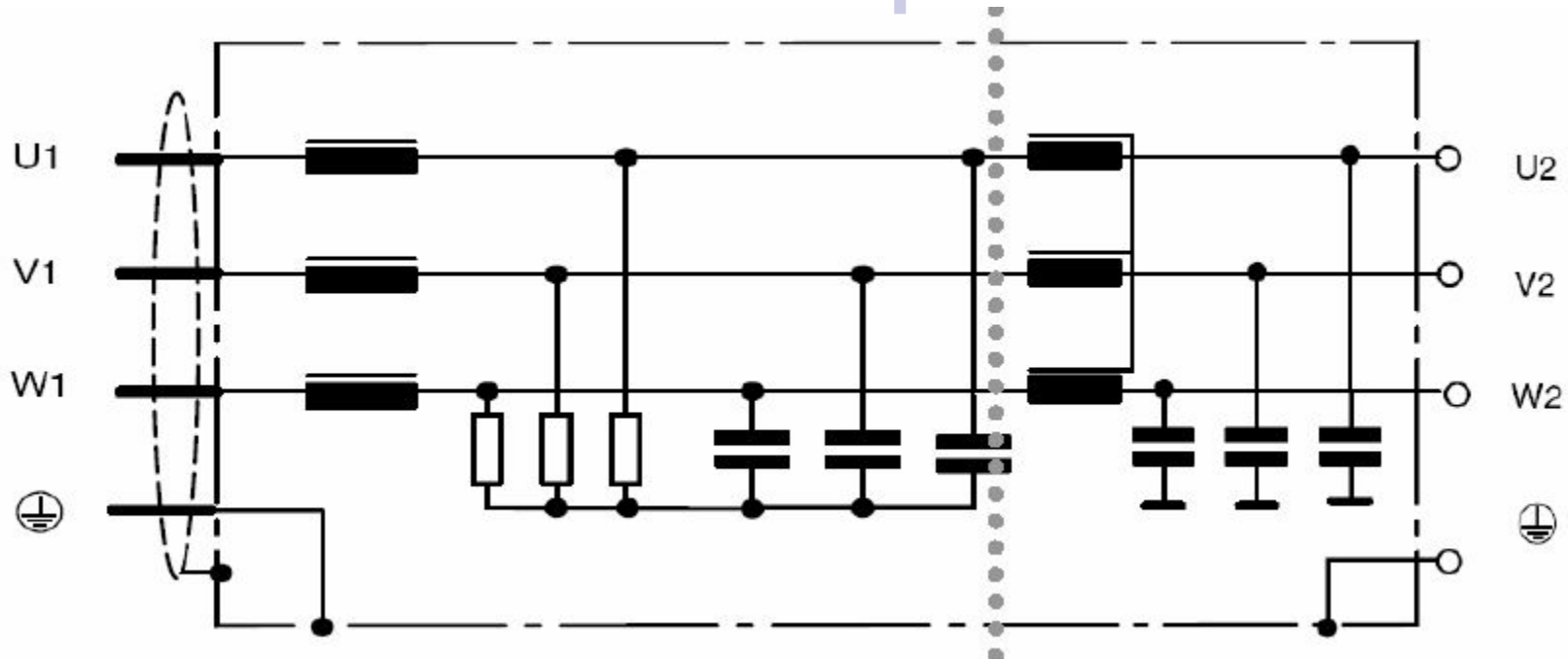
- Вихідна частота 0 - 100 Гц
- Довжина кабелю до 1000 м
- Частота комутації 4 - 8 кГц
- Можливість застосування кабелів без екрану



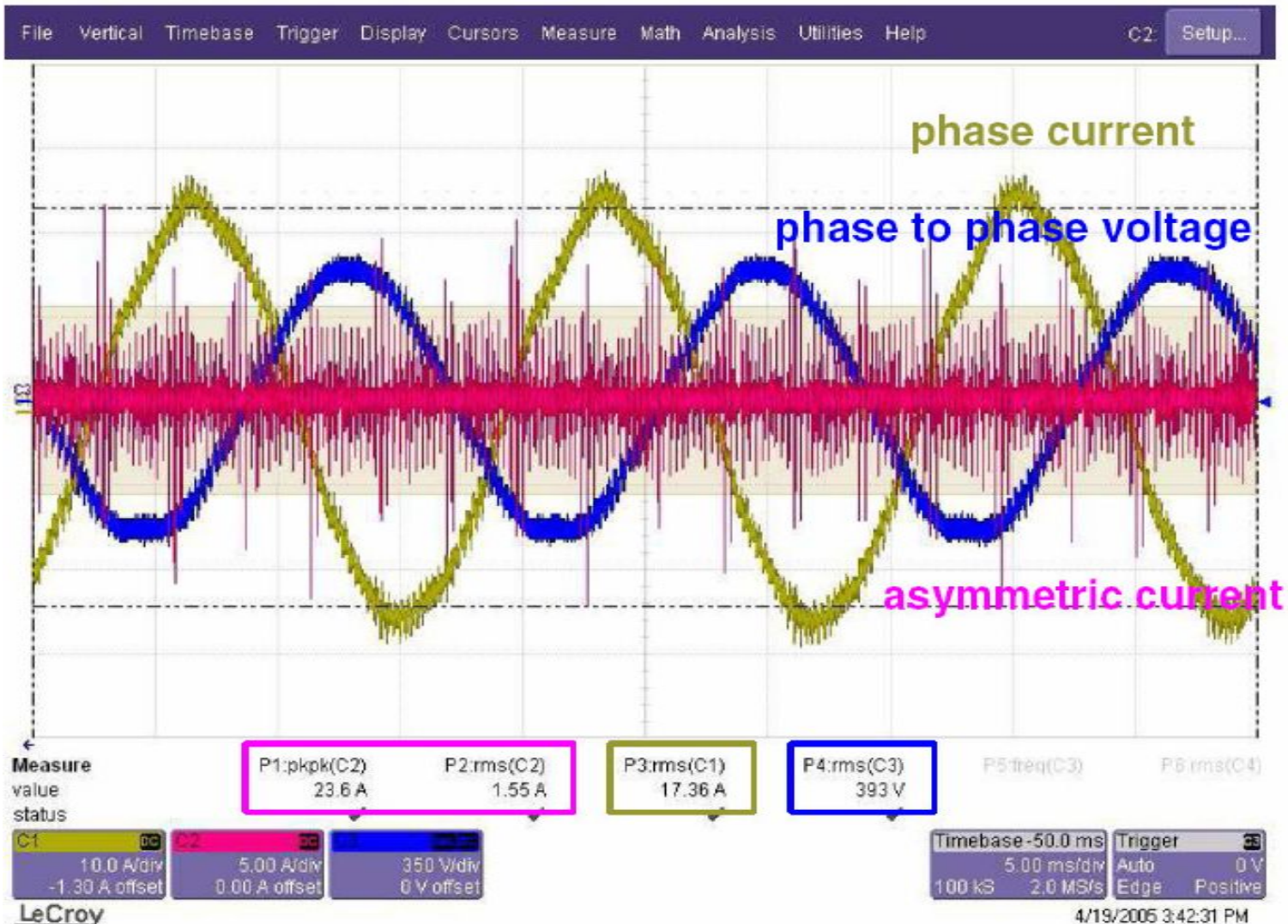
Синусний ЕМС фільтр

- придушення dV / dT
- синусоїдальна міжфазна напруга
- придушення піків струму

- придушення струмів витоку
- придушення електромагнітного випромінювання



Синусний ЕМС фільтр



Обмеження у застосуванні вихідних фільтрів

- Синусний фільтр ніколи не використовується з векторним законом управління по струму з датчиком зворотного зв'язку
- Втрати напруги до 10% - необхідно завищувати потужність двигуна



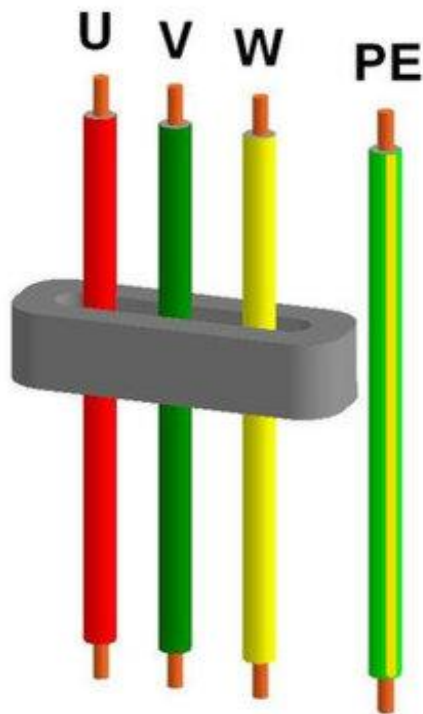
Обмеження у застосуванні вихідних фільтрів

Дроселі dU / dt , моторні дроселі та синусні фільтри повинні з'єднуватися з виходом перетворювача частоти екранованим кабелем мінімально можливої довжини.

Максимальна рекомендована довжина кабелю між перетворювачем частоти і вихідним фільтром:

- 2 метри при потужності приводу до 7,5 кВт;
- 5-10 метрів при потужності приводу від 7,5 до 90 кВт;
- 10-15 метрів при потужності приводу вище 90 кВт.

Конструкція і область застосування високочастотних фільтрів синфазних завад



Високочастотний фільтр синфазних завад являє собою диференційний трансформатор з феритовим осердям, "обмотками" якого є фазні провідники моторного кабелю.

Застосування феритів

Високочастотний фільтр:

- знижує високочастотні синфазні струми, пов'язані з електричними розрядами в підшипнику двигуна,
- зменшує високочастотні випромінювання від кабелю двигуна, наприклад, у випадках застосування не екранованих кабелів.



ПРИКЛАДНІ ФУНКЦІЇ

Логіка керування гальмом

Логіка керування визначає послідовність керування накладанням та зняттям гальма

Це забезпечує утримання вантажу за любых обставин.

Логіка керування адаптована для горизонтального та вертикального переміщення вантажу

Налаштування дозволяють отримати плавний пуск та гальмування

Застосування:

Лебідки

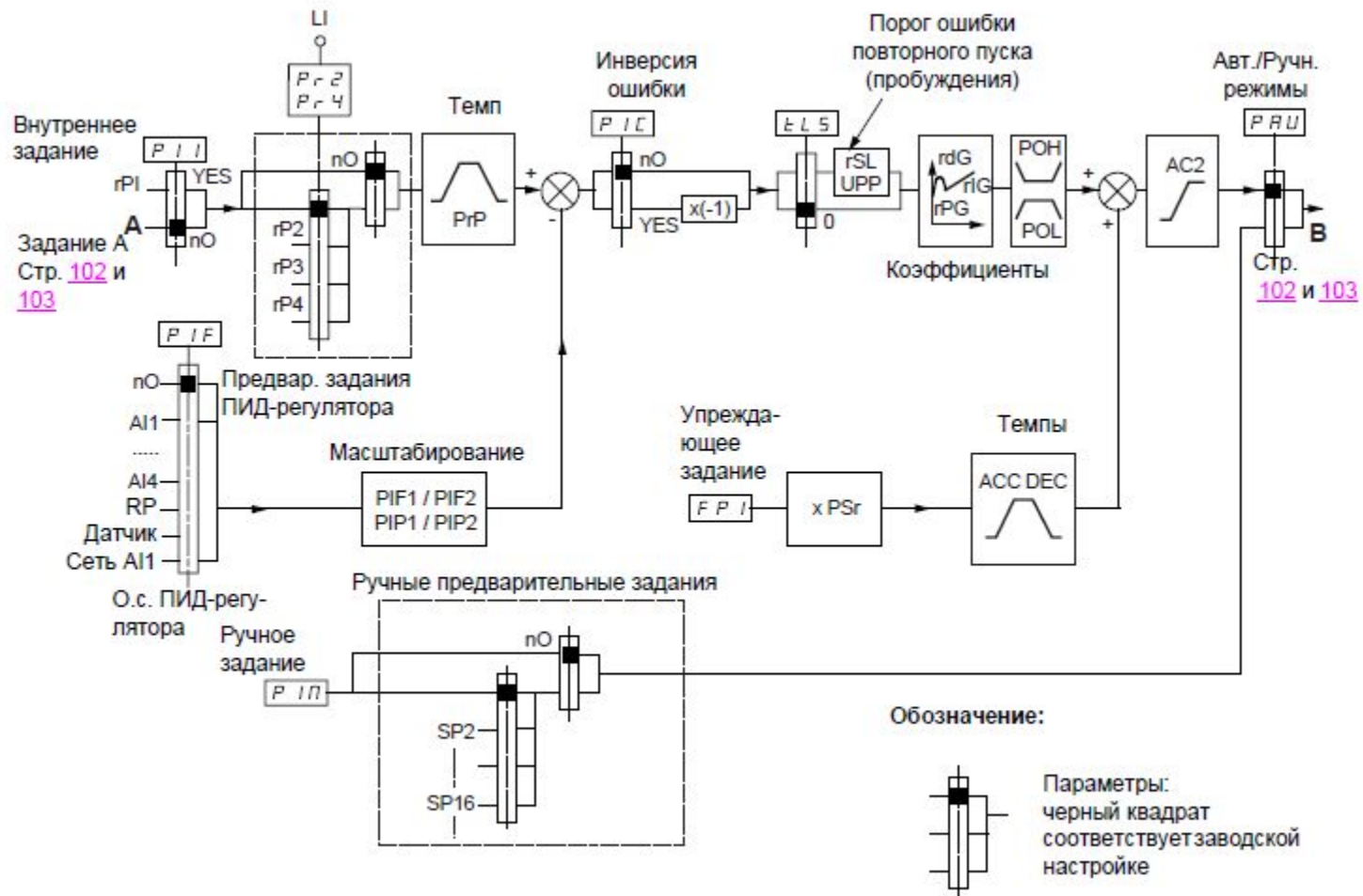
Крани

Підйомні механізми

Ліфти та інші механізми

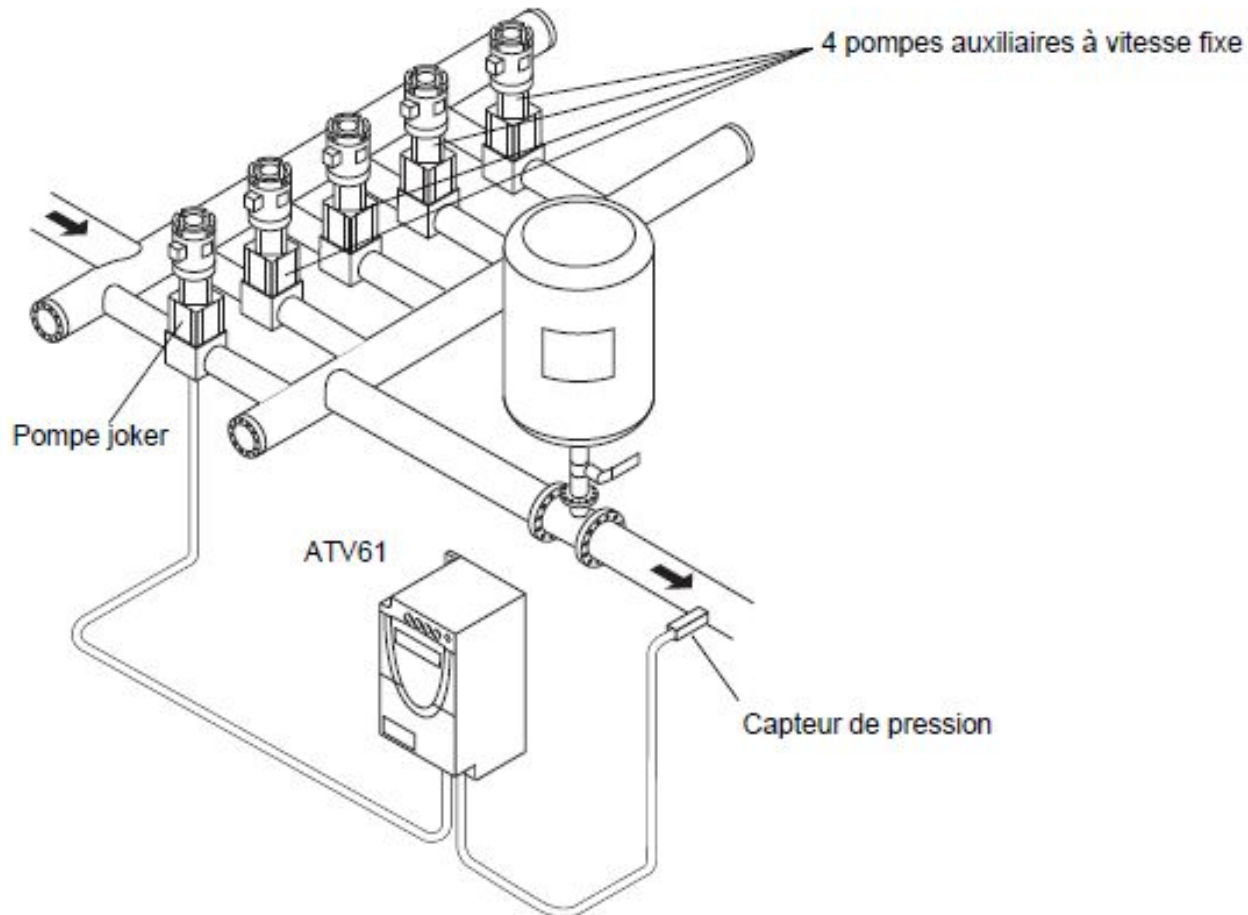


ПРИКЛАДНІ ФУНКЦІЇ ПІД-регулятор

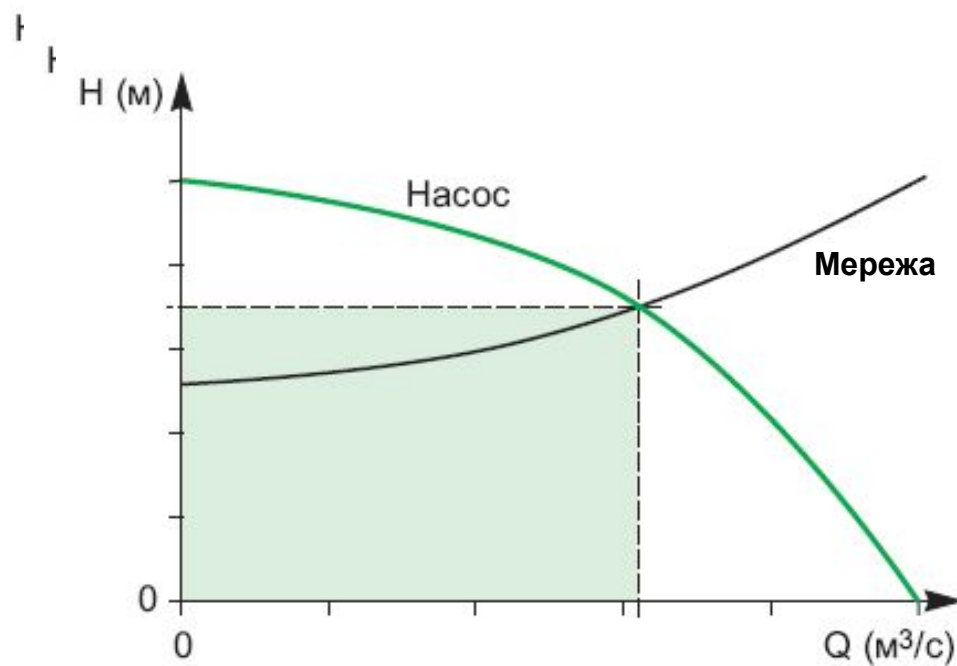


ПРИКЛАДНІ ФУНКЦІЇ

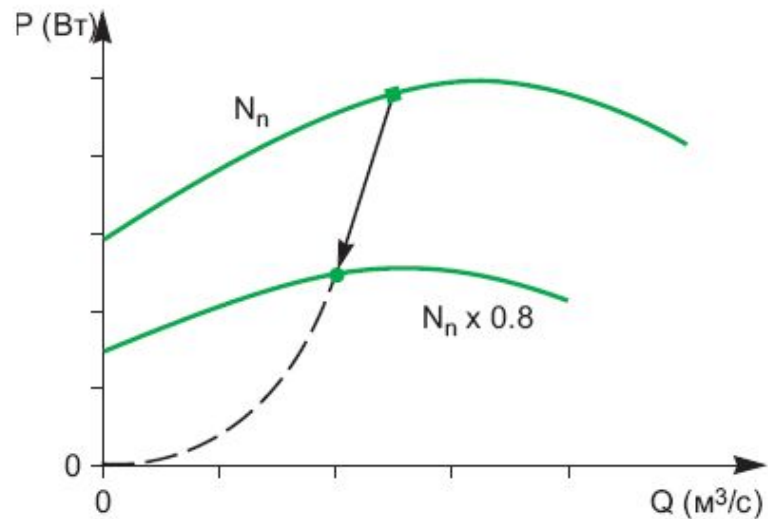
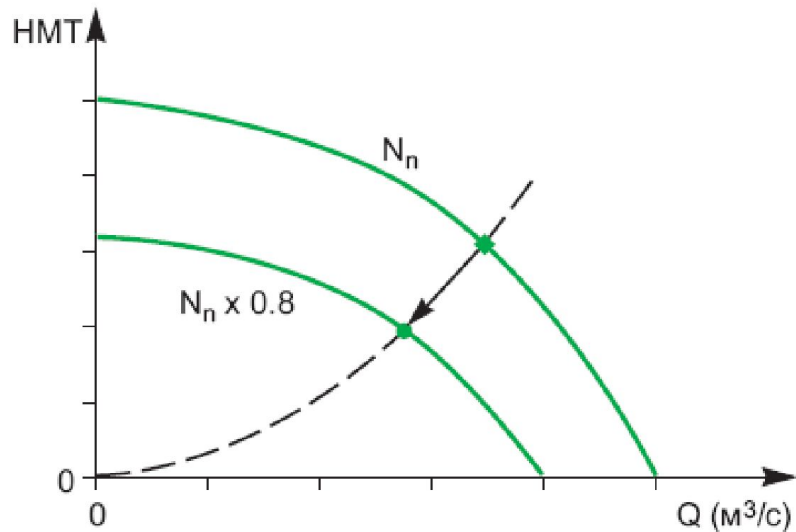
Каскадне керування групою насосів



Робоча точка насоса



Робота насоса при регульованій частоті обертання

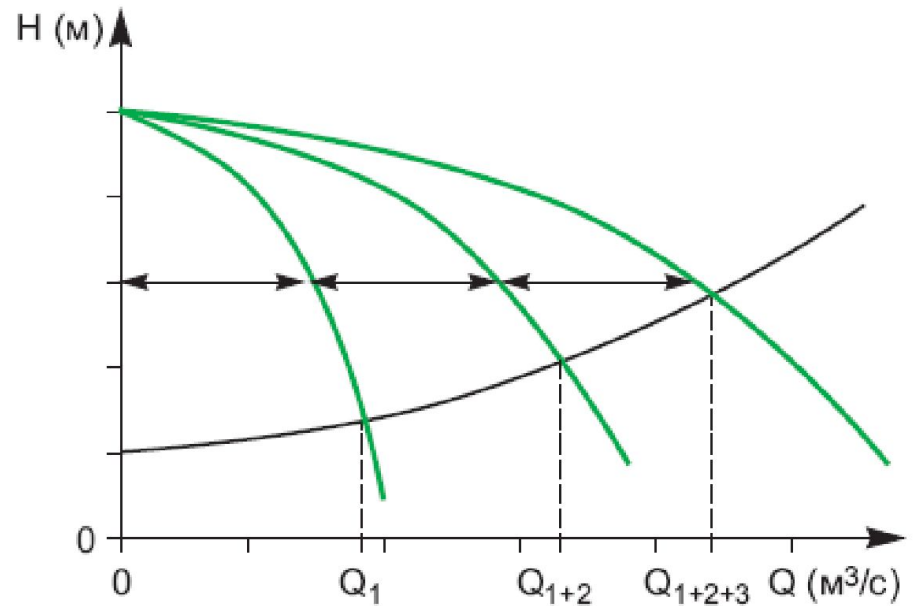
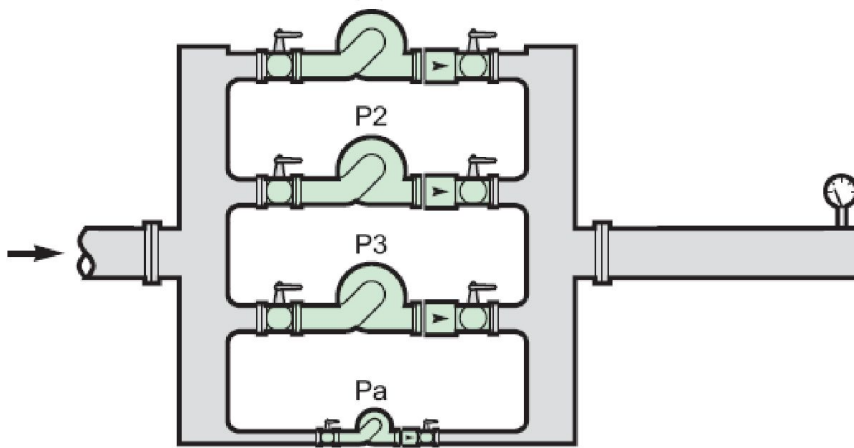


$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\omega_2}{\omega_1}$$

$$\frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^3$$

Зміна витрат при постійній швидкості

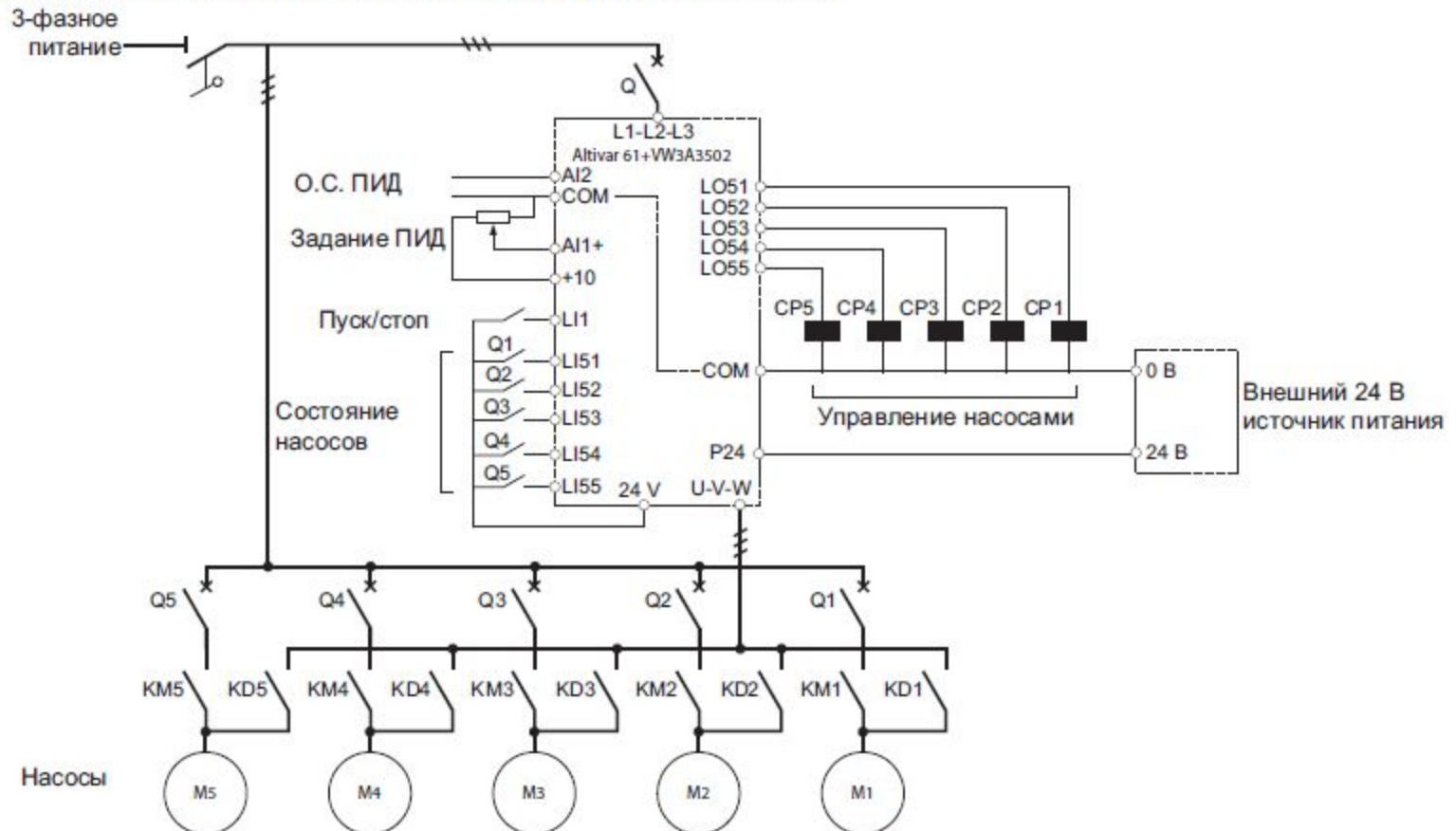


Паралельна робота насосів

ПРИКЛАДНІ ФУНКЦІЇ

Каскадне керування групою насосів

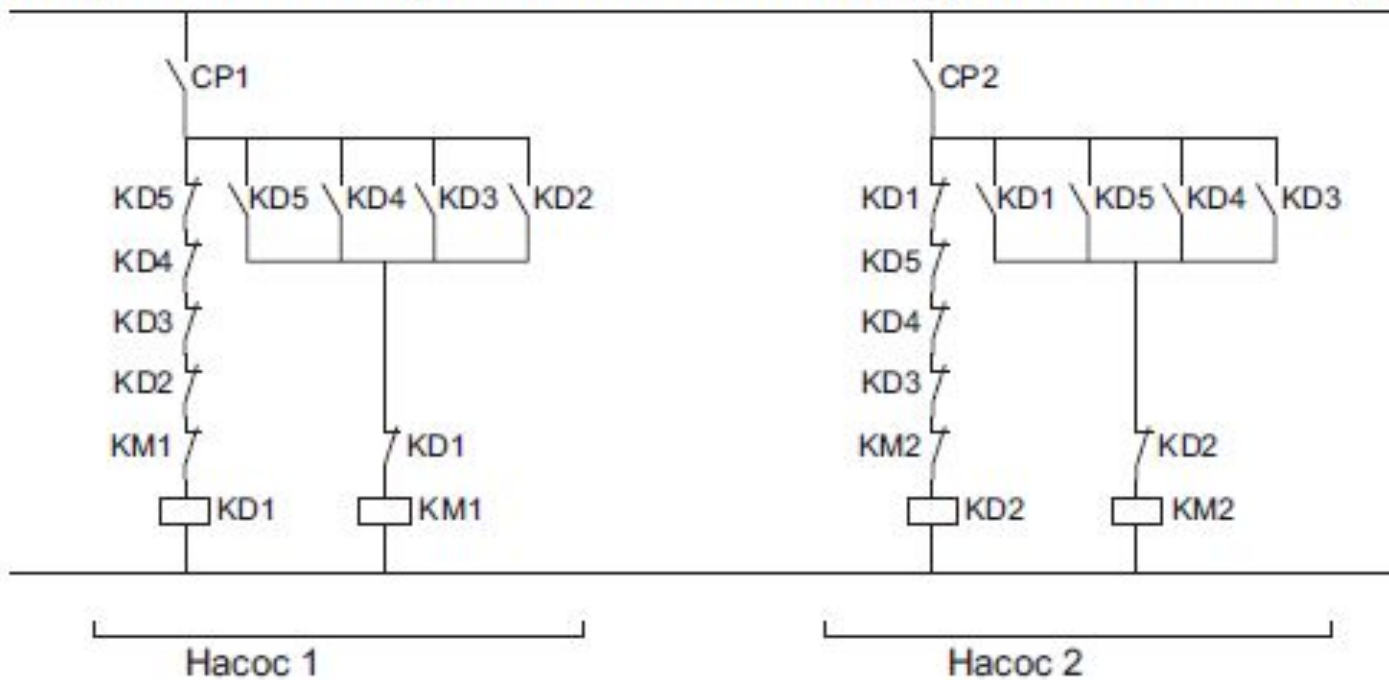
Пример схемы станции с 5 насосами и чередуемым основным



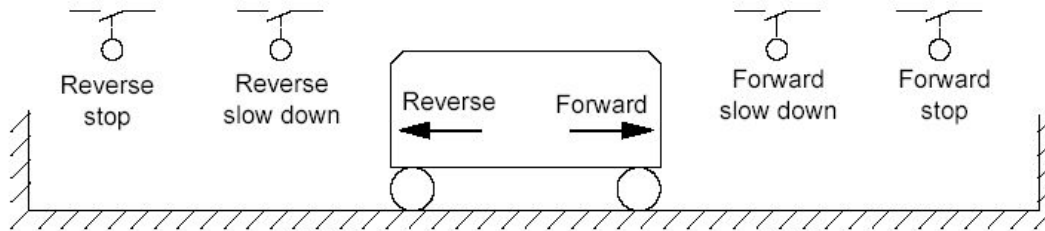
ПРИКЛАДНІ ФУНКЦІЇ

Каскадне керування групою насосів

Пример схемы станции с 5 насосами и чередуемым основным (продолжение)

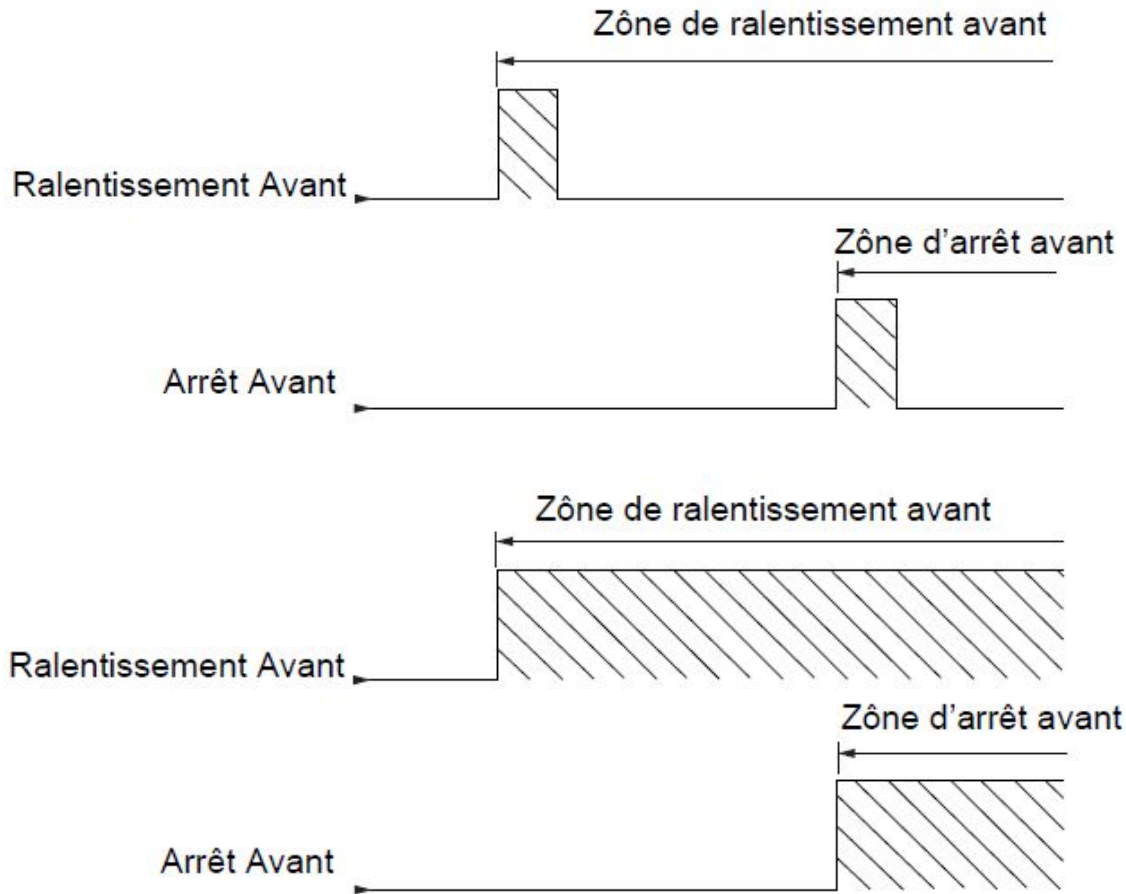


Позиціювання механізма за використання кінцевих вимикачів



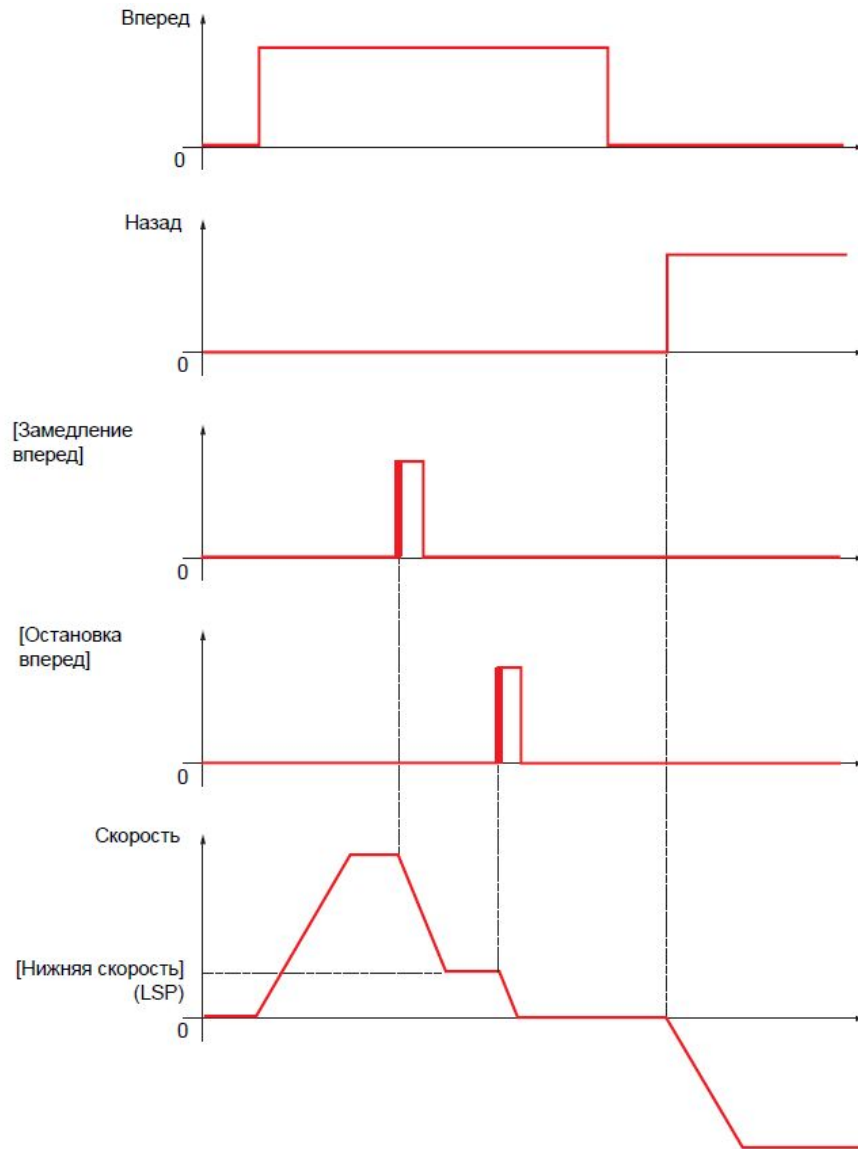
- ❑ При програмуванні виходи 4-х датчиків назначены на 4 логических входа
- ❑ 2 логических входа назначены на движение вперед и назад
- ❑ Скорость движения между датчиками перехода на пониженную скорость определяется действующим заданием
- ❑ Скорость переключается на пониженное значение **LSP**, когда достигается датчик пониженной скорости
- ❑ Остановка может быть запрограммирована:
 - В соответствии с профилем
 - Быстрая остановка
 - Свободный выбег или с использованием логического управления тормозом.
- ❑ Вход назначенный на **CLS** позволяет отменить запрограммированное движение после его завершения.

Позиціювання механізма за використання кінцевих вимикачів

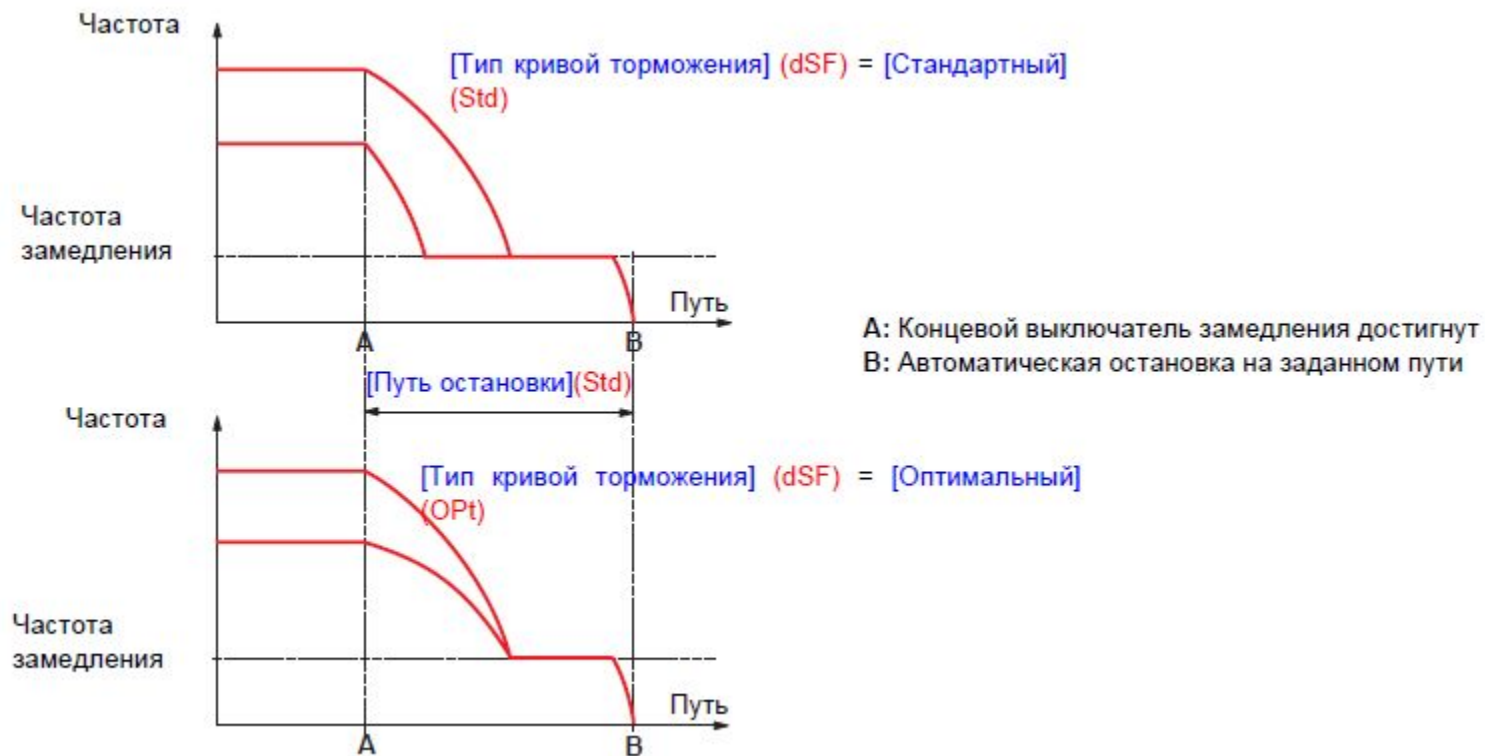


Позиціювання механізму

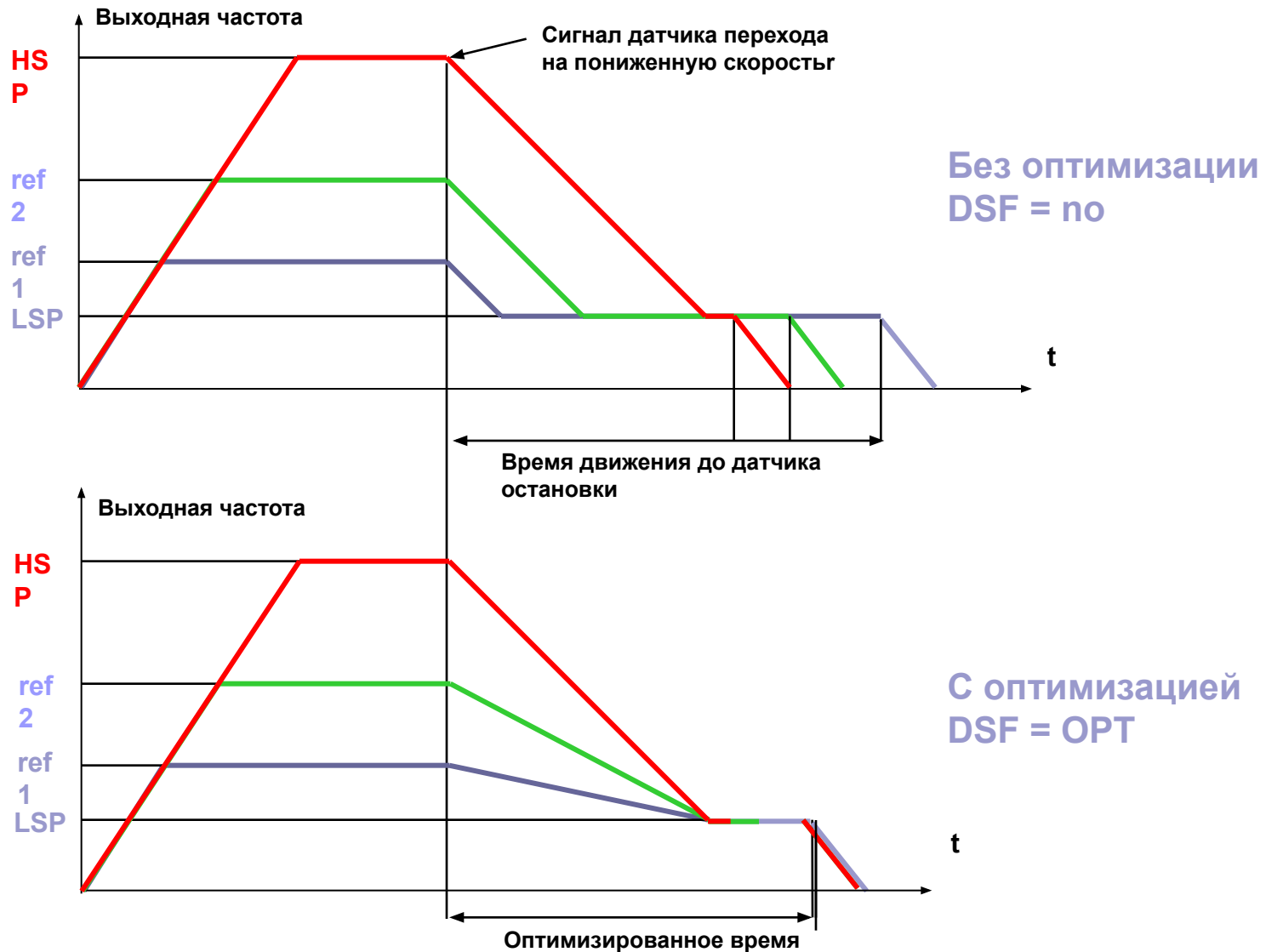
Формування зупинки



Позиціювання механізма за використання кінцевих вимикачів



Позиціювання механізма за використання кінцевих вимикачів

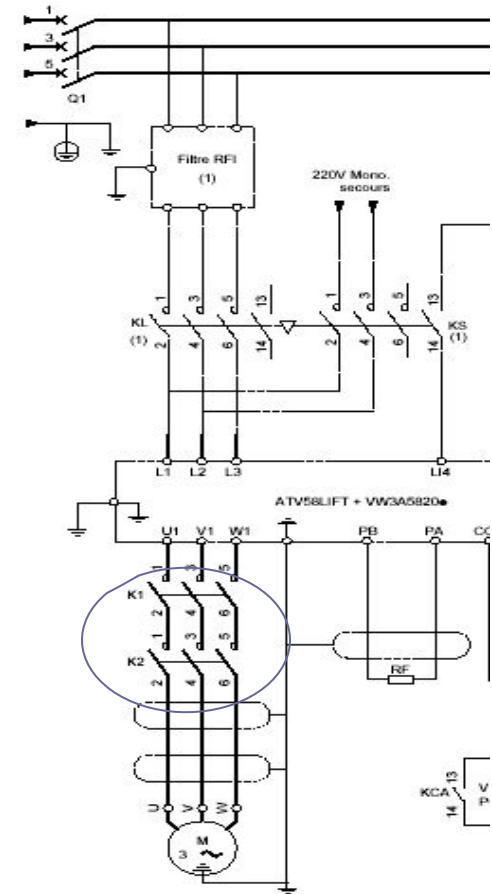


Керування вихідним контактором

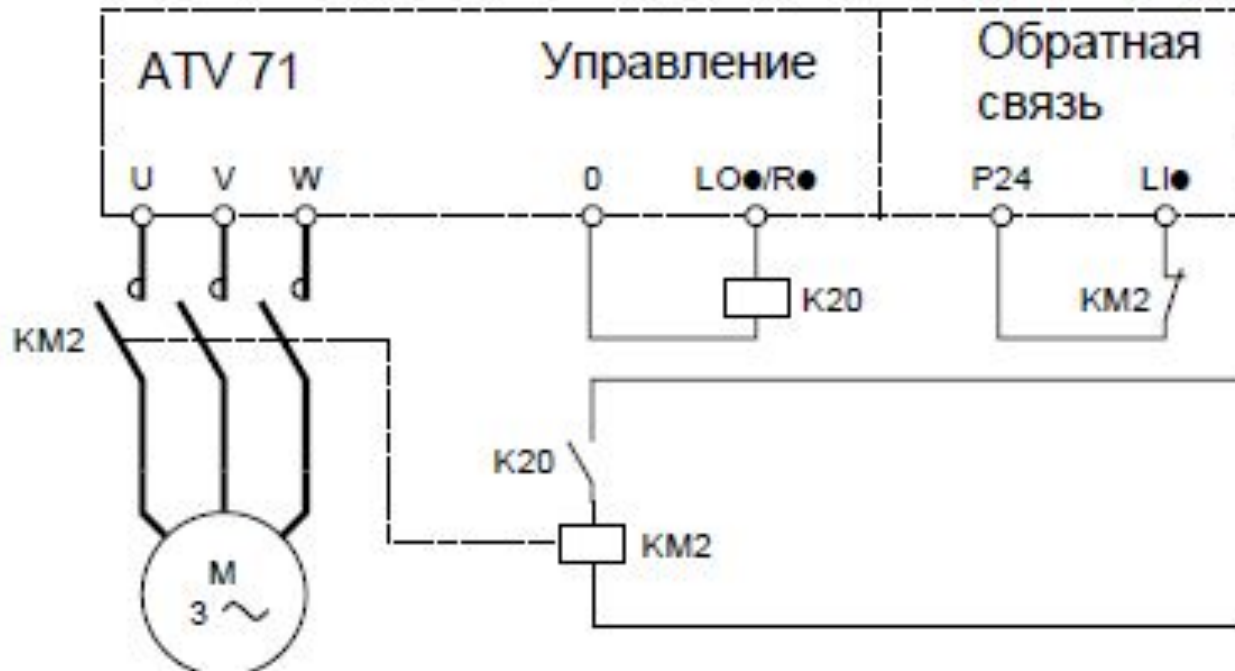
- ❑ Эта функция предназначена для подъемников
- ❑ Она позволяет управлять состоянием выходного контактора.
- ❑ Она учитывает рекомендации по безопасности для подъемников

Применение

- ❑ Лифты,
- ❑ Эскалаторы ..

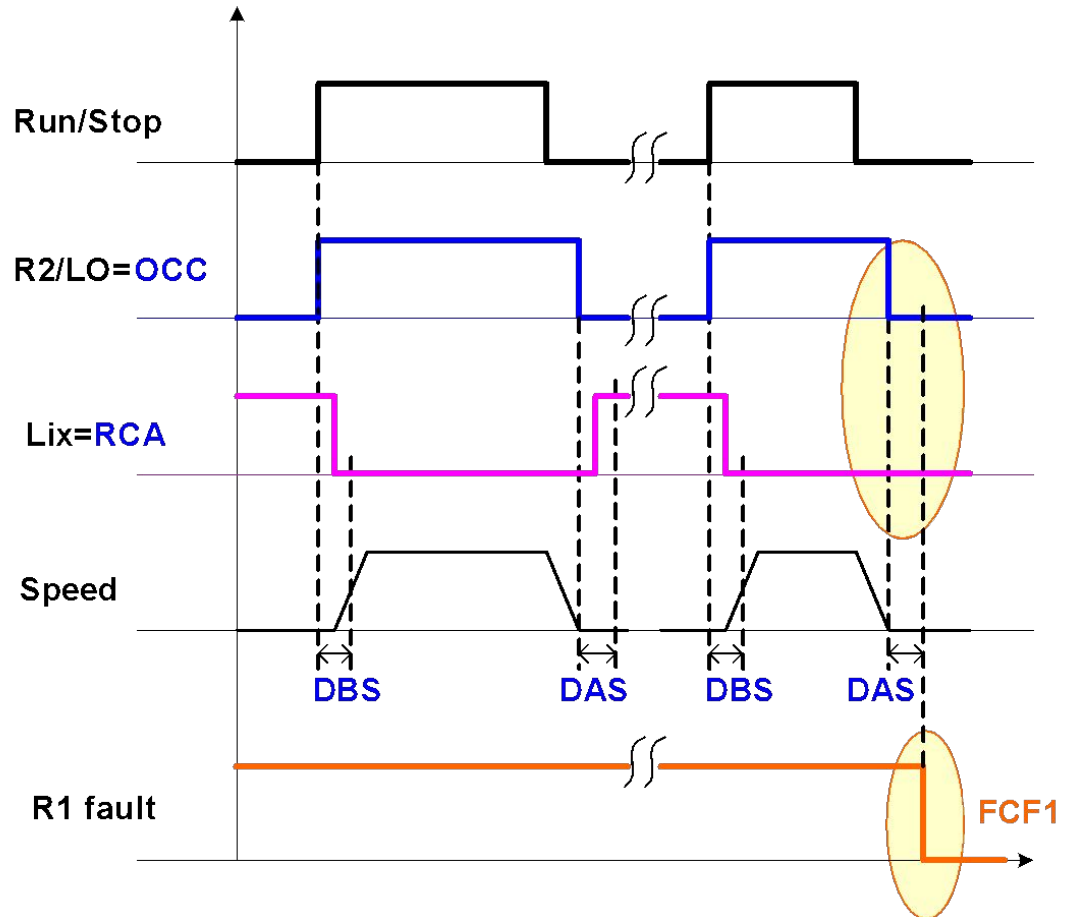
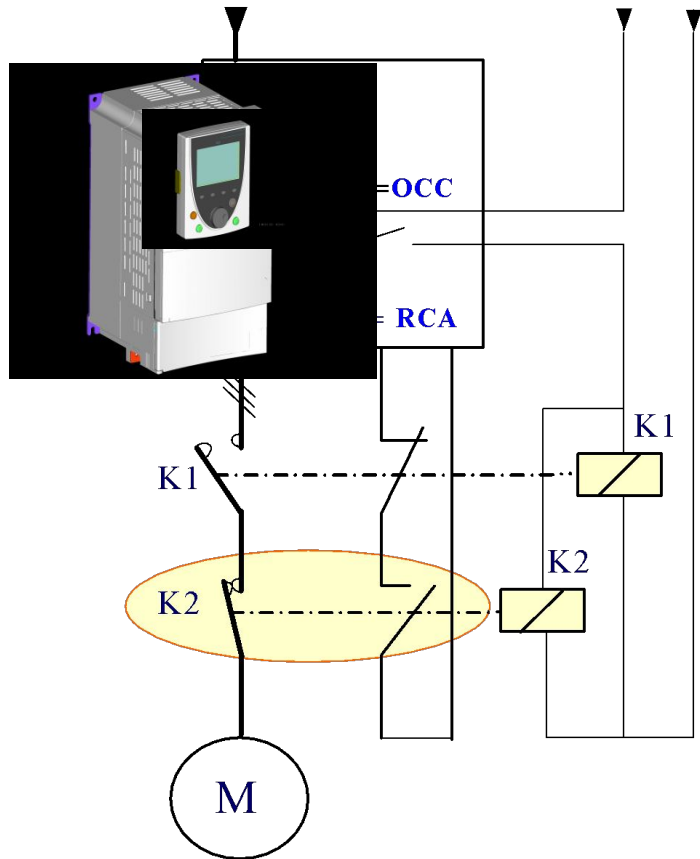


Керування вихідним контактором



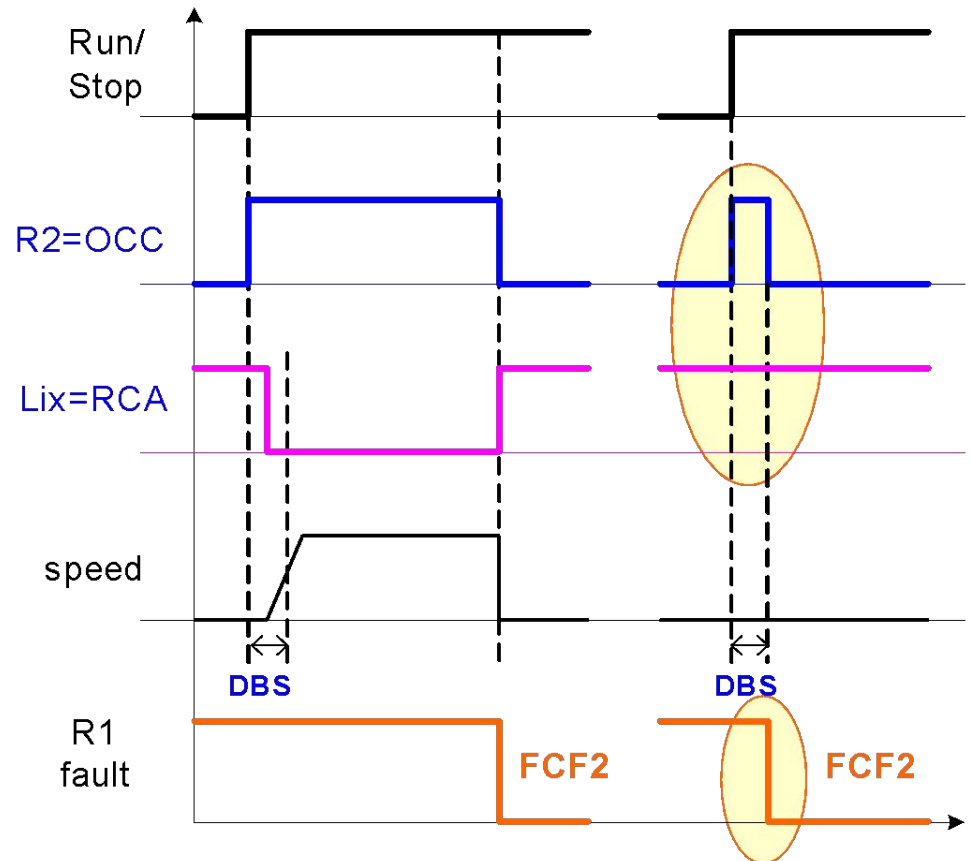
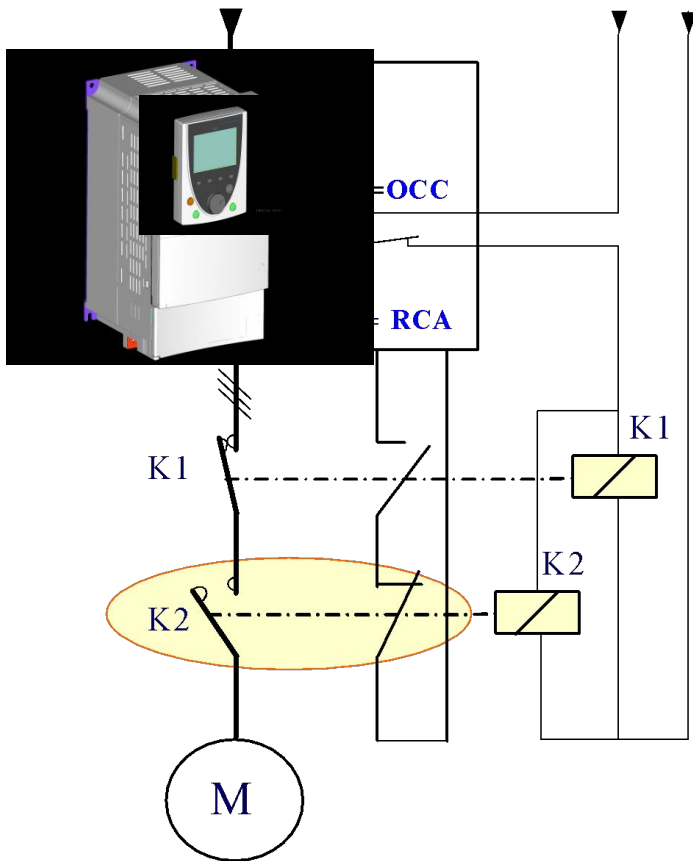
Керування вихідним контактором

- ❑ Випадок приварювання контакта(несправність FCF1)



Керування вихідним контактором

Випадок блокування контактів у відкритому стані



Керування гальмом

Логика управления тормозом определяет последовательность механического торможения двигателя

Управление снятием и наложением тормоза обеспечивает удержание груза при любых обстоятельствах.

Оно адаптировано к вертикальному и горизонтальному (или круговому) движениям

Настройки дают возможность обеспечить плавный пуск и торможение

Применения:

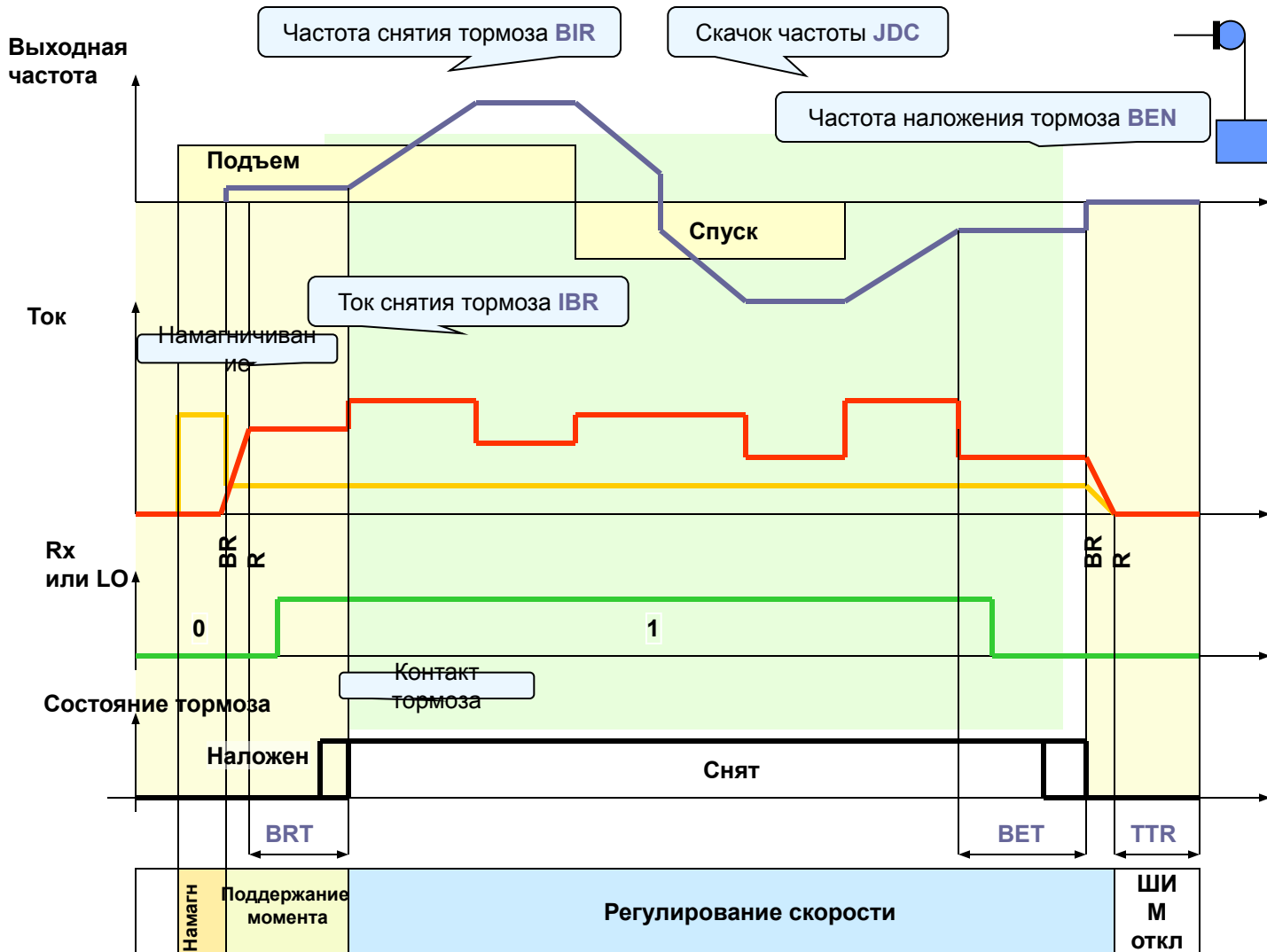
- Лебедки
- Краны
- Мостовые краны
- Подъемные механизмы
- Лифты
-





Логіка керування гальмом

вертикальне переміщення, розімкнене керування SVC)



BIR, JDC, BEN
 =Автоматически настраиваются в функции скольжения.

BED=NO
 Скачок частоты JDC
BED= YES
 Последовательность торможения активируется, когда скорость проходит через 0 при реверсе

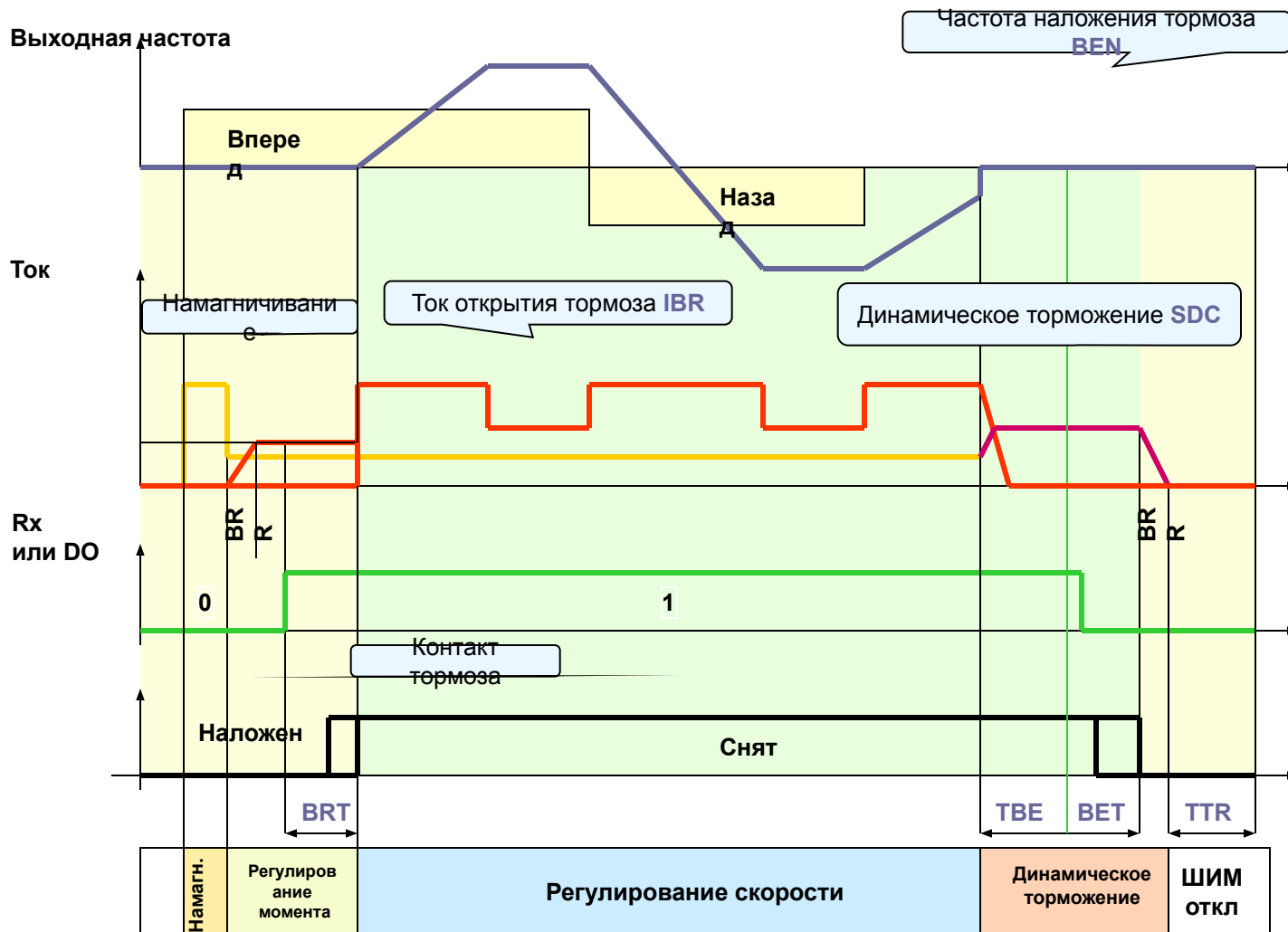
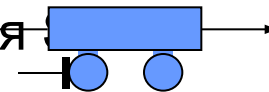
IBR может быть :
 -Со знаком, соответствующим направлению
BIP=NO
 -Всегда положительным
BIP=YES
 - Различным при подъеме (**IBR**) спуске (**IRD**)
BIP=2IBr
 - Функция веса
BIP=NO + вес

BCL=Lix
 Контакт положения тормоза используется для его управления. В Expert Меню возможно установить приоритет сигнала контакта перед сигналами таймеров BRT, BET



Логіка керування гальмом

горизонтальне переміщення, розімкнене керування

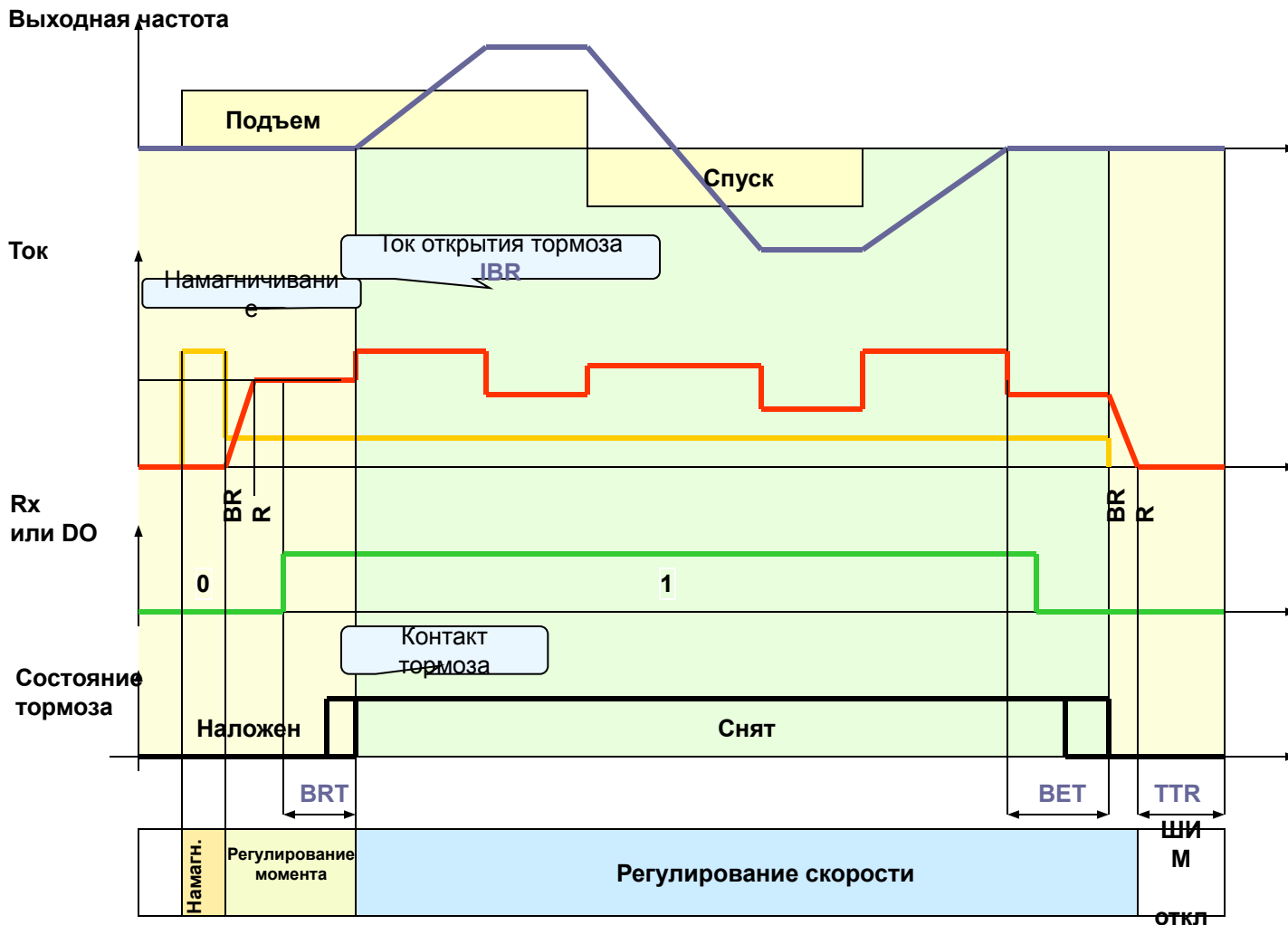
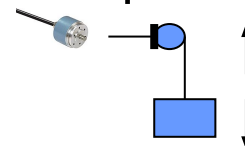


TBE позволяет стабилизировать движение путем использования динамического торможения перед наложением тормоза



ПРИКЛАДНІ ФУНКЦІЇ

(Логіка керування гальмом, вертикальне переміщення, замкнене керування FVC)



IBR может быть :

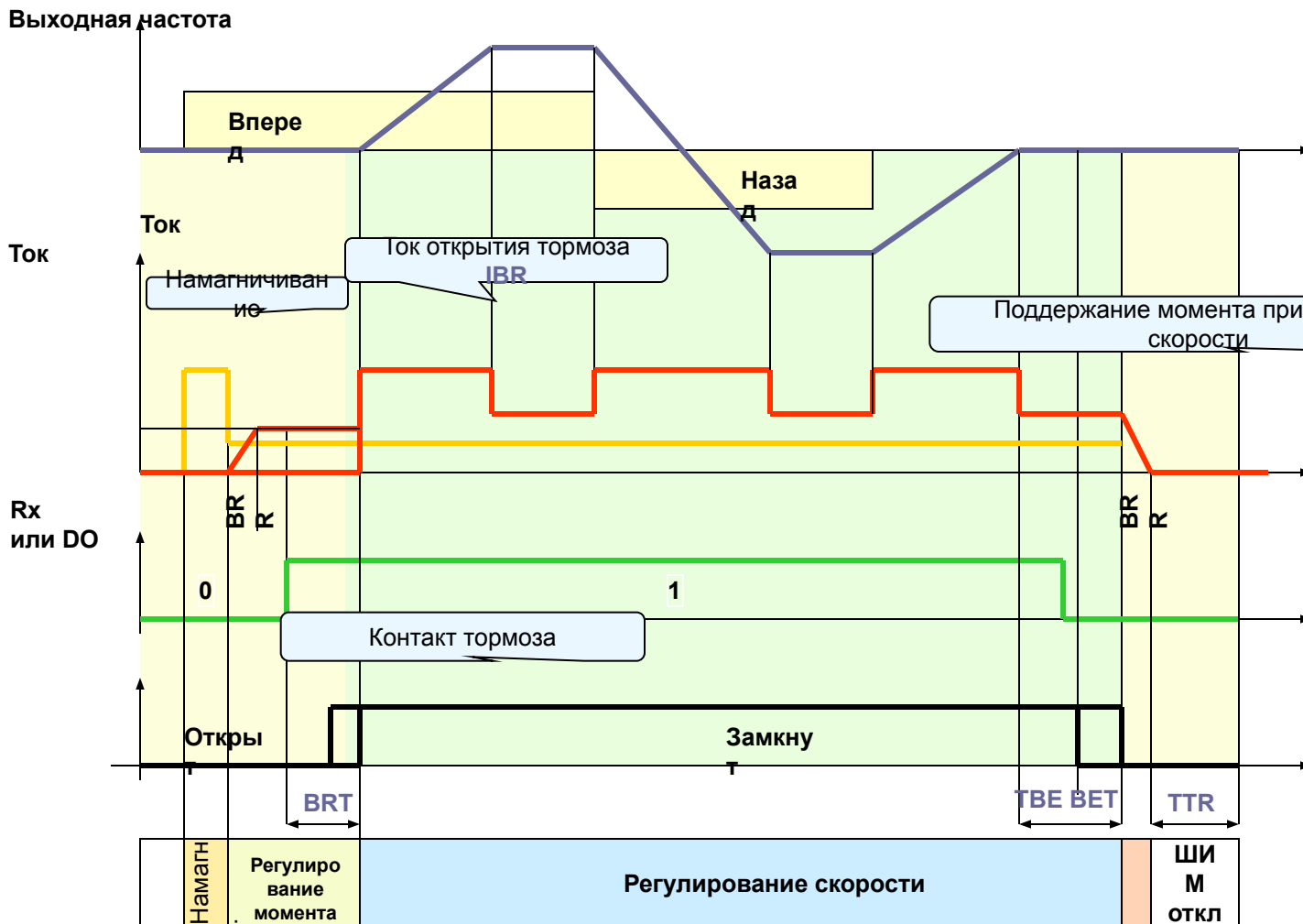
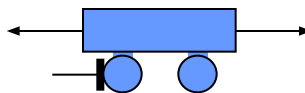
- Со знаком, соответствующим направлению **BIP=NO**
- Всегда положителен **BIP=YES**
- Различным при подъеме (**IBR**) спуске (**IRD**) **BIP=2IBr**
- Функция веса **BIP=NO + вес**

Если $Lix = BCI$, то контакт состояния тормоза используется для управления им. В Expert Меню возможно установить приоритет сигнала контакта перед сигналами таймеров **BRT, BET**

TTR минимальное время между двумя циклами

ПРИКЛАДНІ ФУНКЦІЇ

(Логіка керування гальмом, горизонтальне переміщення, замкнене керування FVC)



IBR при горизонтальном движении обычно устанавливается на 0
VIP=No
 Предотвращает толчки

Если Lix = **BCI** контакт положения тормоза используется для его управления.
 В Expert Меню возможно установить приоритет сигнала контакта перед сигналами таймеров **BRT, BET**

TBE позволяет стабилизировать скорость путем поддержания момента при нулевой скорости.



ПРИКЛАДНІ ФУНКЦІЇ

(Логіка керування гальмом. Переваги)

Простота

Спеціалізоване меню

Налаштування, адаптовані до вертикального або горизонтального переміщення

Автоматичне налаштування основних параметрів

Струм зняття гальма адаптується для забезпечення плавності руху та подовження тривалості служби гальма

Велика перевантажувальна здатність за моментом

Повний момент при нульовій швидкості (замкнена система)

Безпека

Налаштування параметрів, котрі забезпечують безпеку

Спостереження за станом моменту перед зняттям гальма

Врахування стану гальма

Спостереження за напрямком руху та перевищенням швидкості (замкнена система)

Утримання вантажу у випадку відмови гальма (замкнена система)

Пауза між двома циклами



ПРИКЛАДНІ ФУНКЦІЇ

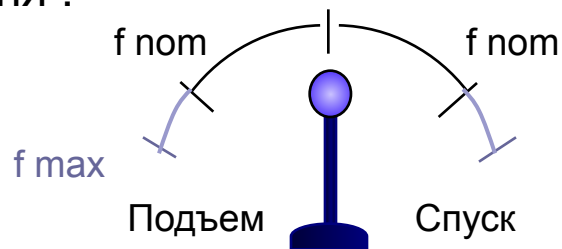
(підйом з підвищеною швидкістю)

Ця функція дозволяє скоротити час роботи при підйомі легких вантажів

Робота в режимі “постійна потужність” при швидкості вище за номінальну та струмах, котрі не перевищують номінальний струм двигуна.

Застосування :

Крани
Лебідки





ПРИКЛАДНІ ФУНКЦІЇ

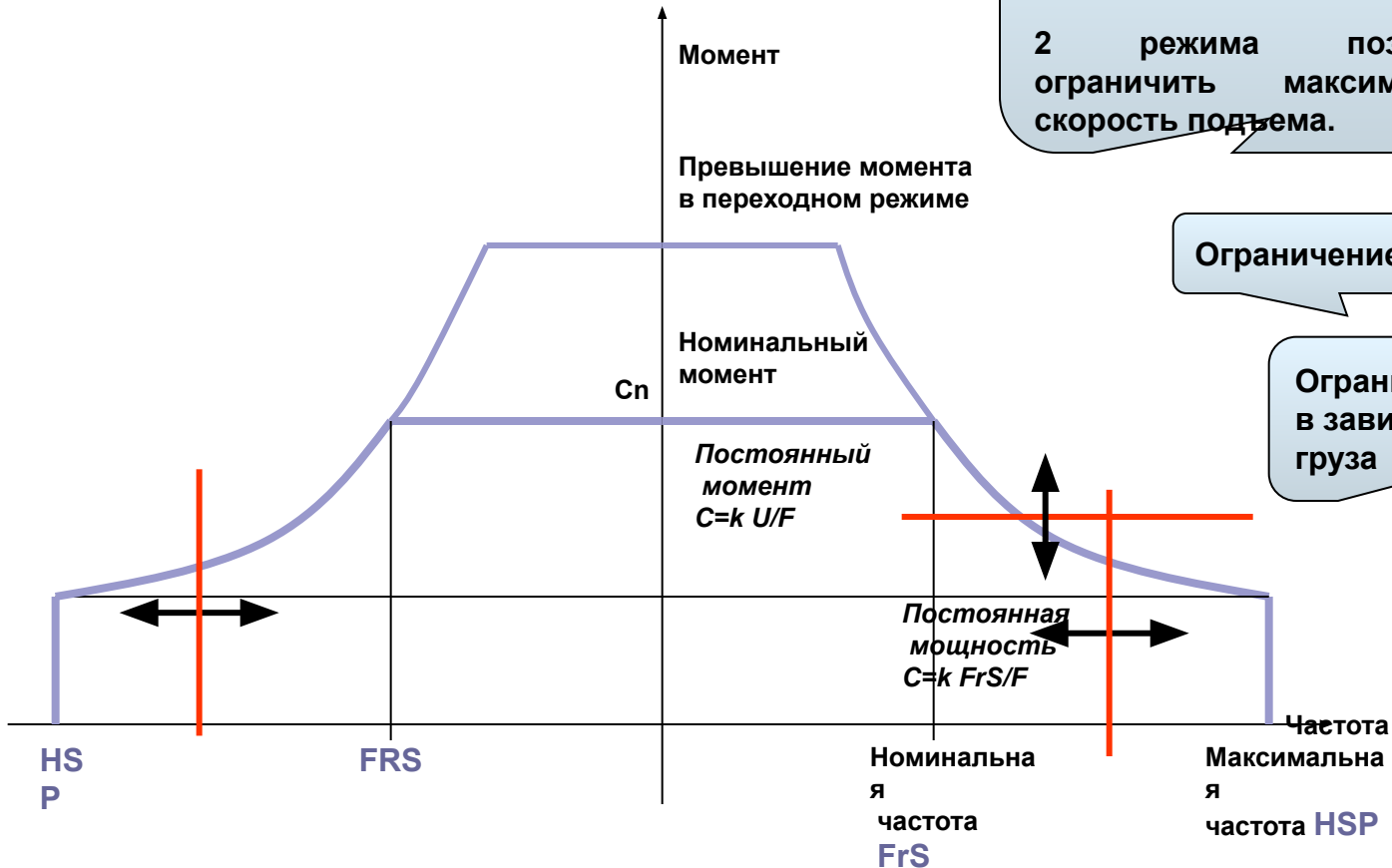
(підйом з підвищеною швидкістю)

Возможность работы со скоростью выше номинальной, но при уменьшенном моменте.

2 режима позволяют ограничить максимальную скорость подъема.

Ограничение тока

Ограничение скорости в зависимости от веса груза





ПРИКЛАДНІ ФУНКЦІЇ

(підйом з підвищеною швидкістю)

Два режими роботи

Режим “Задання швидкості” :

Максимально допустима швидкість розраховується перетворювачем в залежності від навантаження

Перевага : профілі розгону залишаються лінійними

Незручності : необхідний певний час для зважування вантажу

Режим “Обмеження струму” :

Максимальна швидкість визначається обмеженням струму при підйомі.
Функція переходить на режим «Задання швидкості» при спуску (режим генератора)

Переваги:

Відсутня часова затримка при визначені швидкості підйому

Робота при постійній потужності вище номінальної швидкості

Струм не досягає номінального значення при швидкостях вище за номінальне значення

Недоліки :

Профілі розгону нелінійні, коли настає обмеження струму

Цей режим можна використовувати тільки для режиму двигуна.

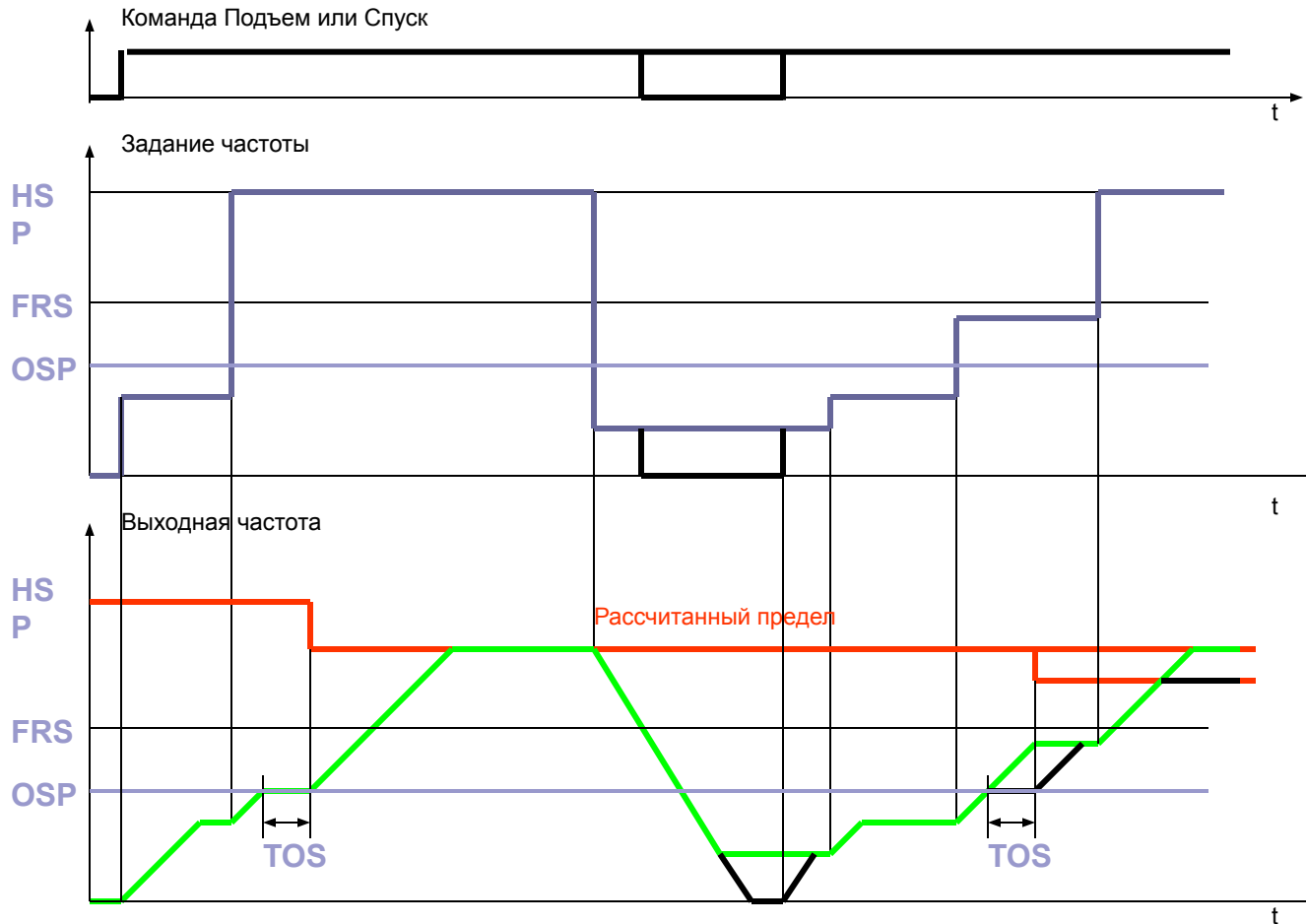


ПРИКЛАДНІ ФУНКЦІЇ

(підйом з підвищеною швидкістю)

Режим задання швидкості:

Швидкість можна збільшувати до межі, розрахованої при зважуванні вантажу



После команды ПУСК, когда достигается скорость **OSP**, она стабилизируется на время **tOS** для взвешивания груза.

OSP: Установившаяся скорость для измерения веса груза

tOS: Время, требуемое для измерения веса груза.

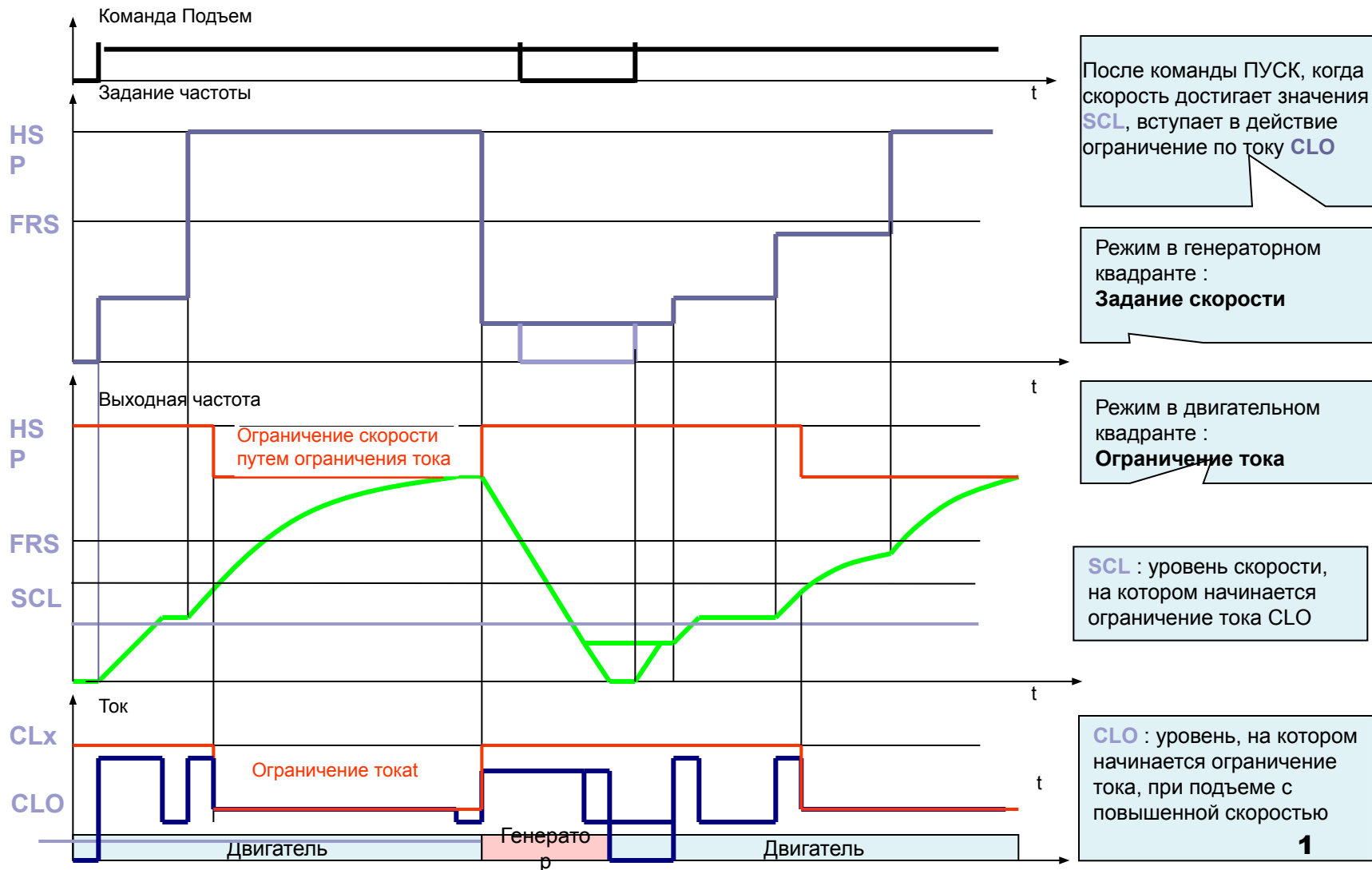
Ограничение скорости активно до подачи команды на остановку или реверс.



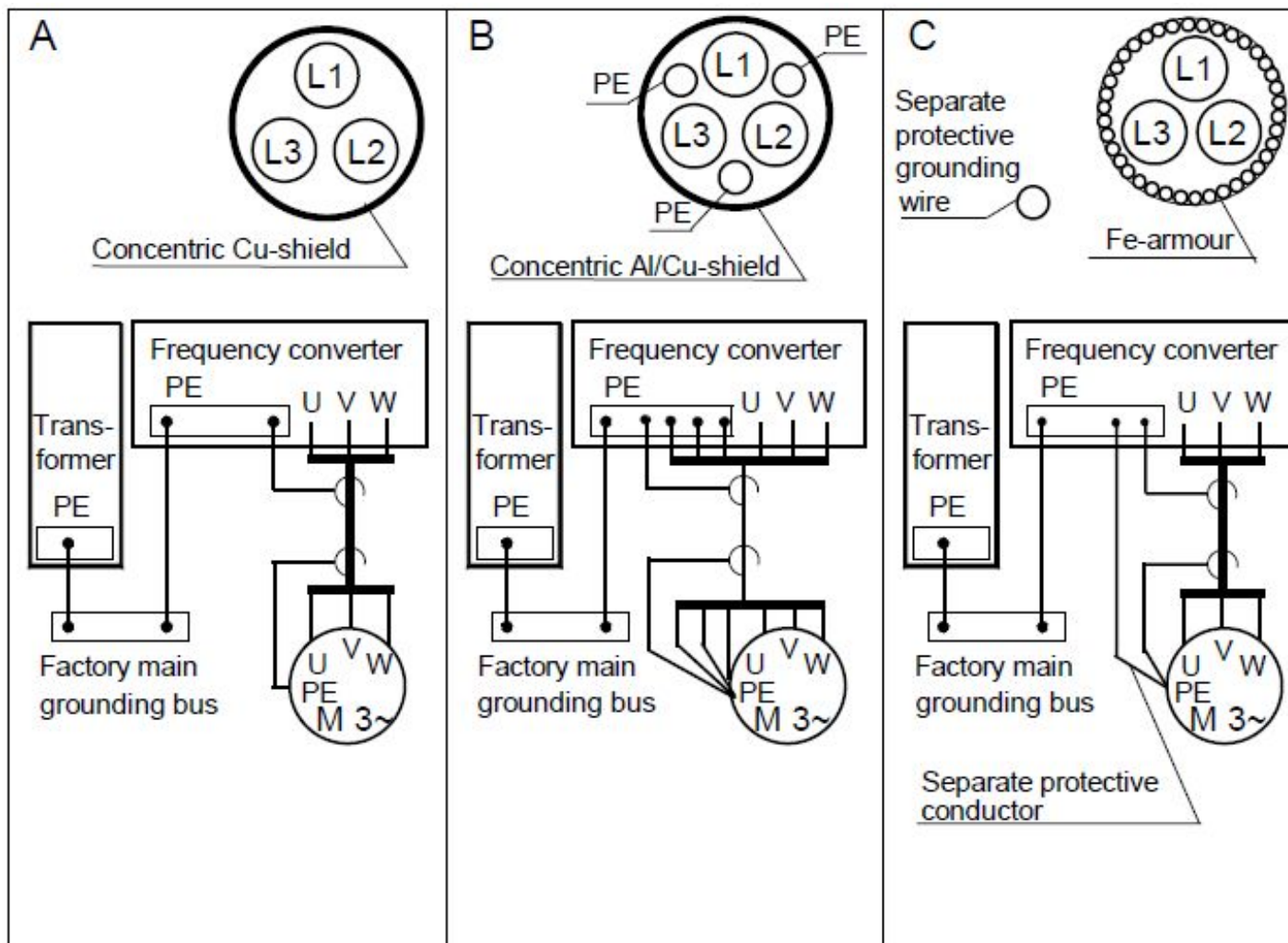
ПРИКЛАДНІ ФУНКЦІЇ

(підйом з підвищеною швидкістю)

Режим обмеження струму



Рекомендуемые схемы подключения кабелей согласно IEC 60034-25

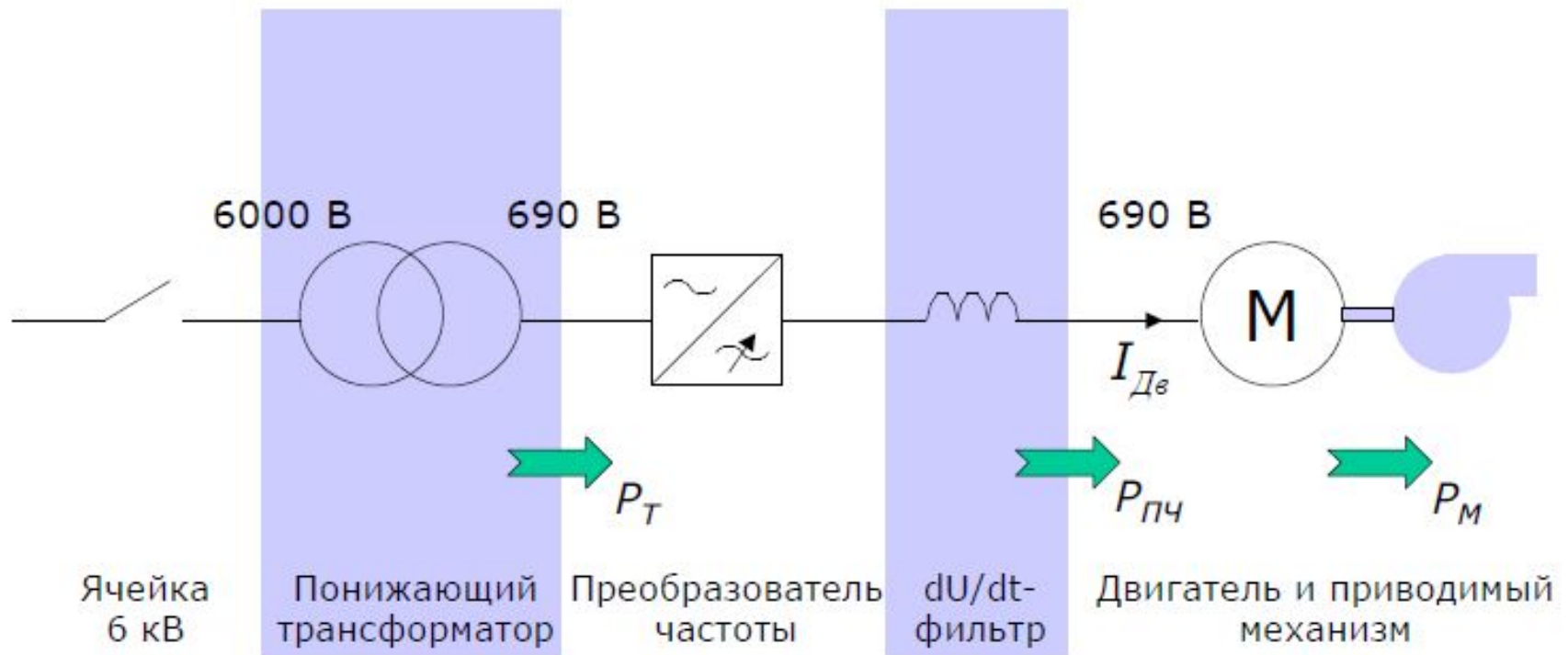


Перетворювачі частоти для високовольтних АД та СД

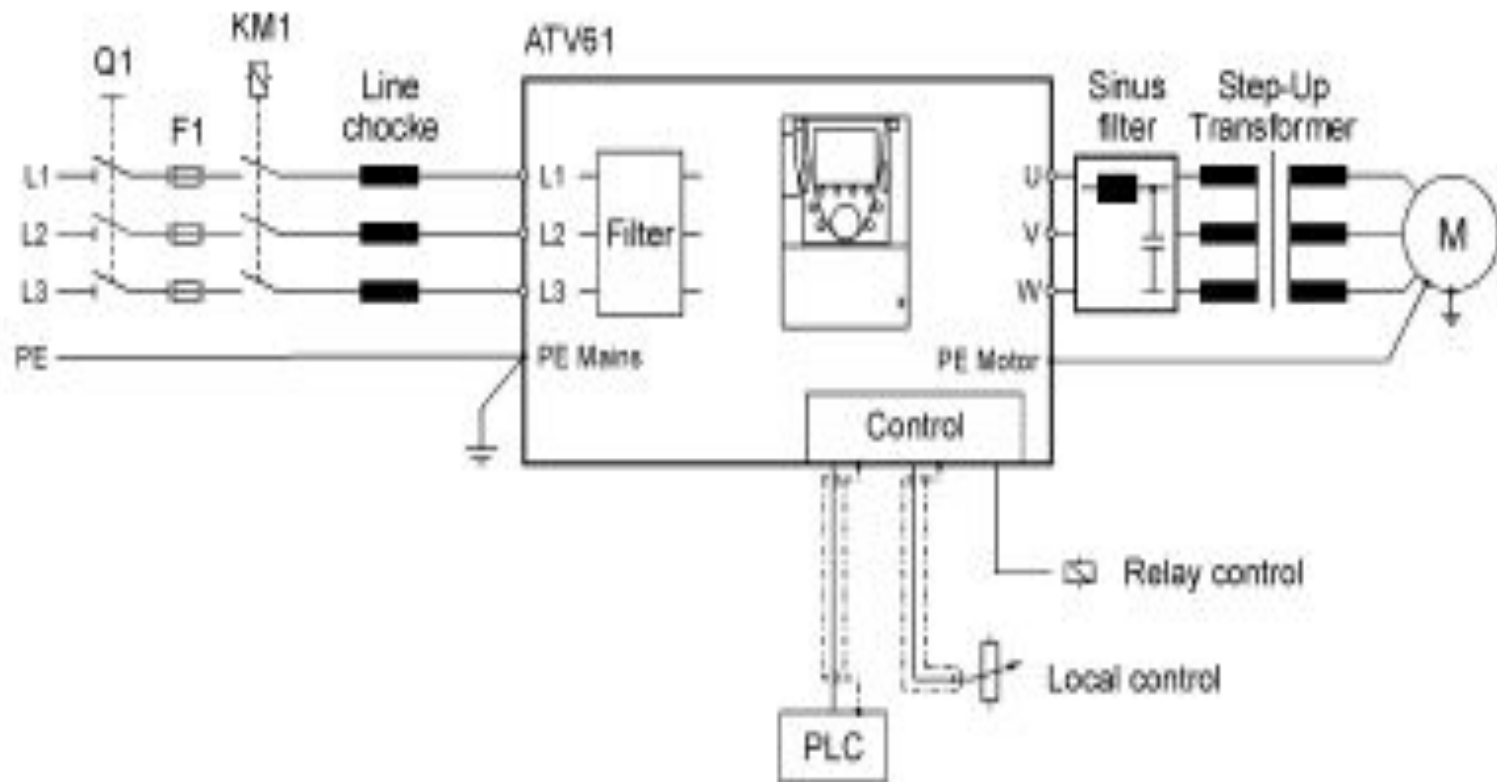
Зміст

- Вступні коментарі
- Використання низьковольтного ПЧ (2-х трансформаторна схема)
- Високовольтні схеми ПЧ:
 - ❖ Типи напівпровідникових ключів
 - ❖ Типові структури високовольтних ПЧ

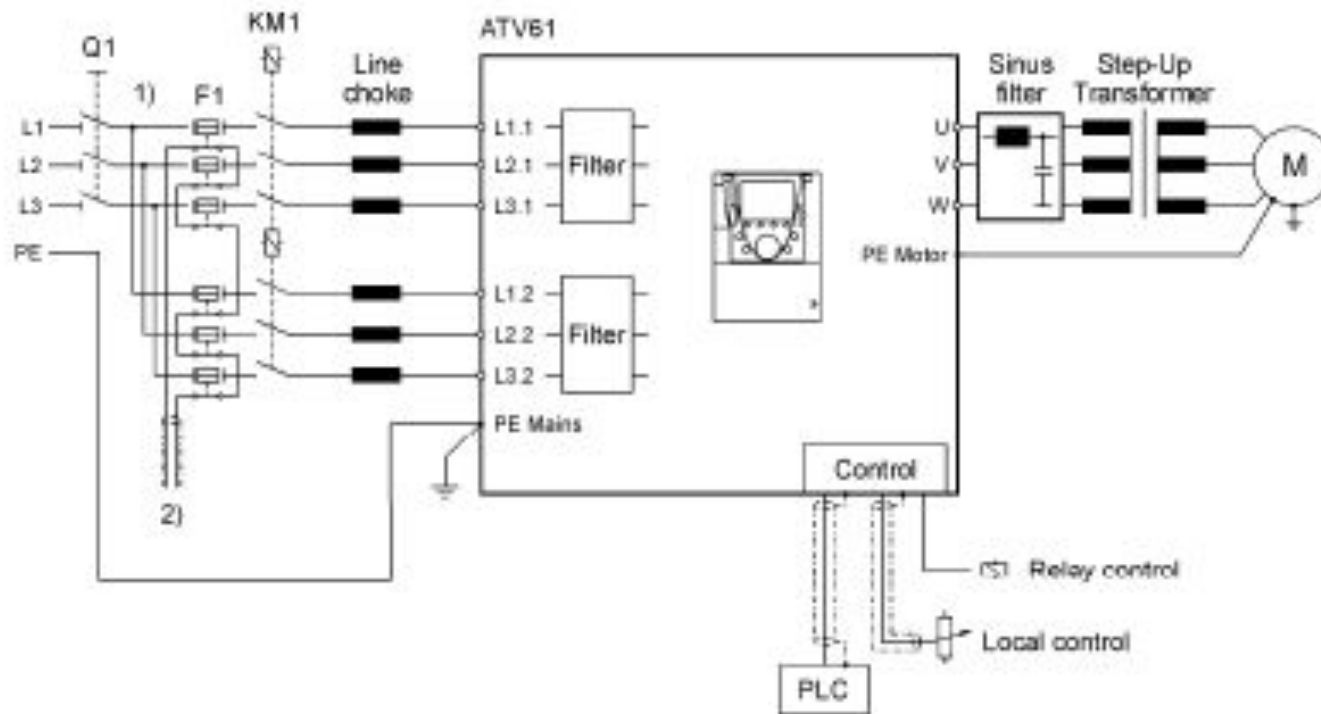
Перетворювачі частоти для високовольтних АД та СД Використання 2-х трансформаторної схеми



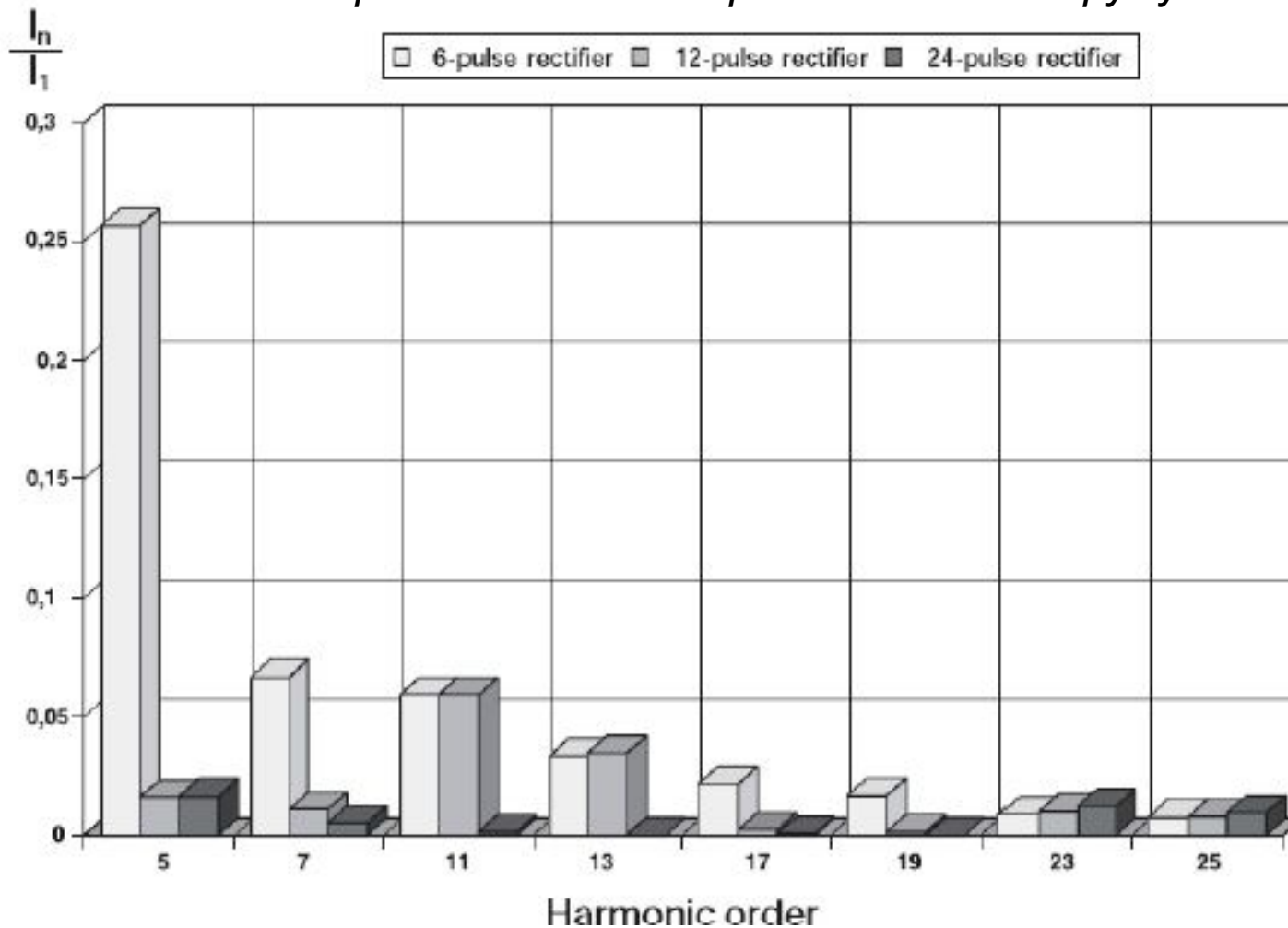
Перетворювачі частоти для високовольтних АД та СД Використання 2-х трансформаторної схеми



Перетворювачі частоти для високовольтних АД та СД Використання 2-х трансформаторної схеми

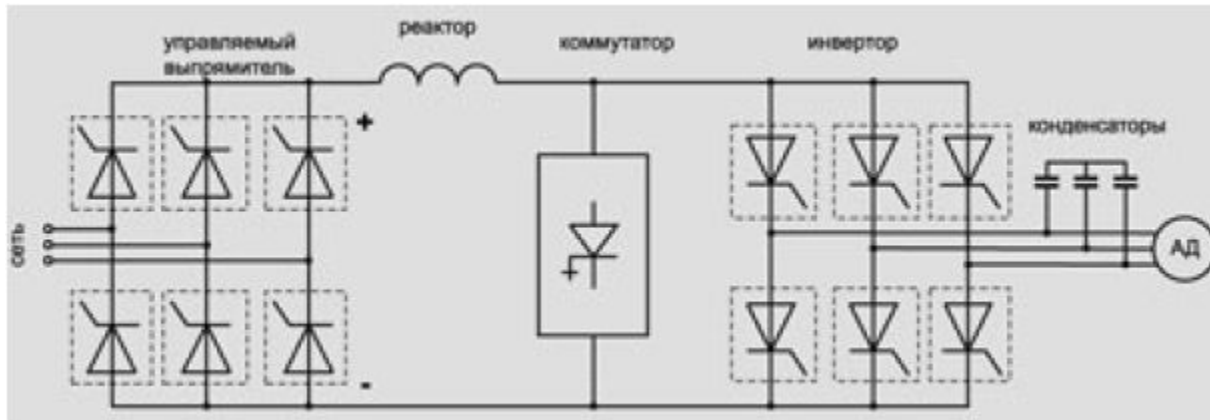


Перетворювачі частоти для високовольтних АД та СД Використання 2-х трансформаторної схеми *Рівень гармонічних спотворень вхідного струму*

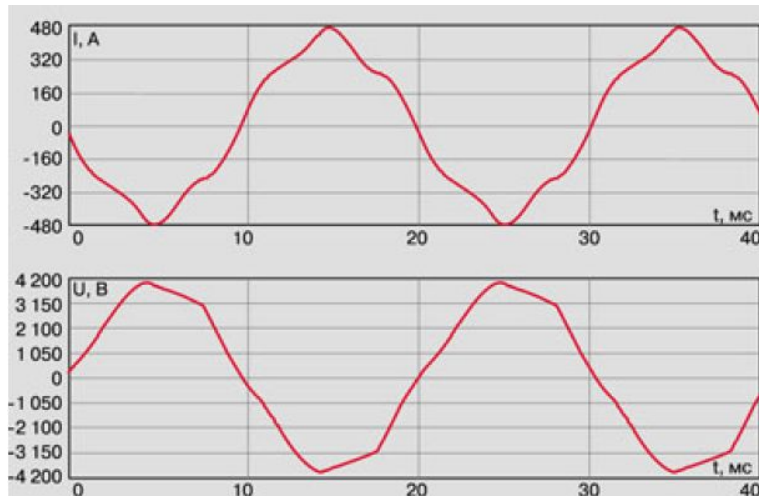


Високовольтні ПЧ

класична схема за використання інвертора струму на SCR- тиристорах



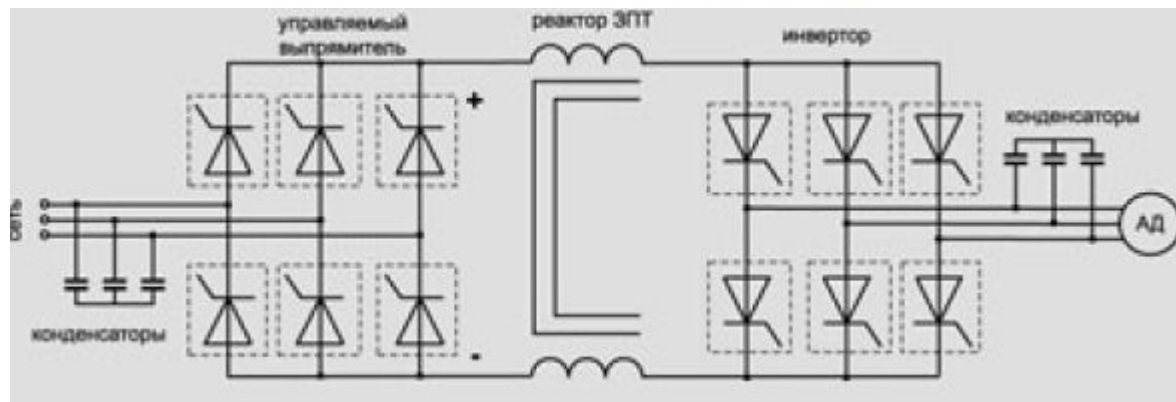
Напряга-3300В
Потужність 1570кВт
Діапазон регулювання
50-20Гц



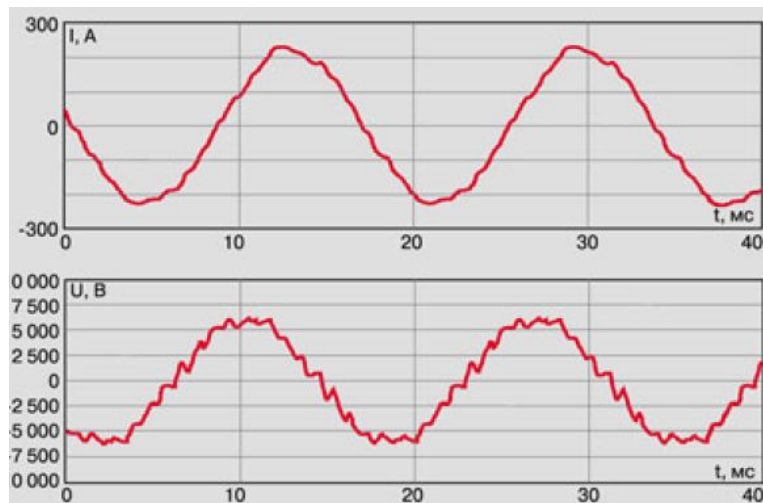
Високовольтні ПЧ

класична схема за використання інвертора з ШІМ

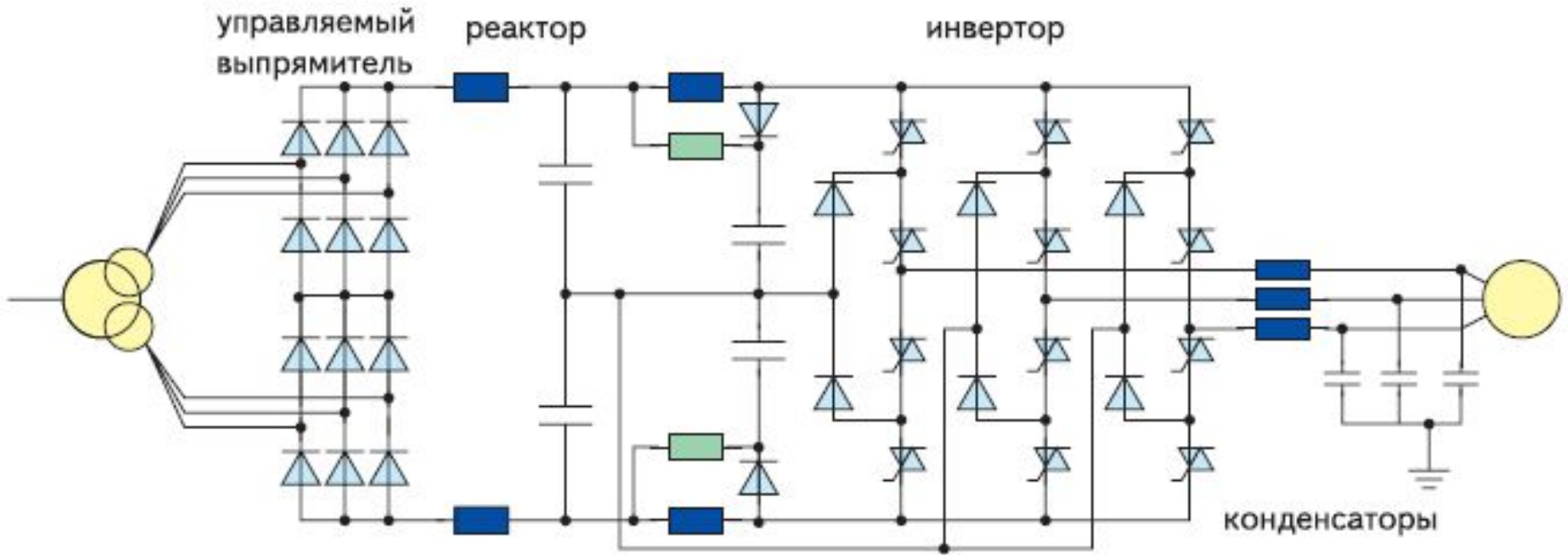
Power Flex 7000 Allen-Bradley



Асинхронный двигатель:
1250кВт, 6кВ

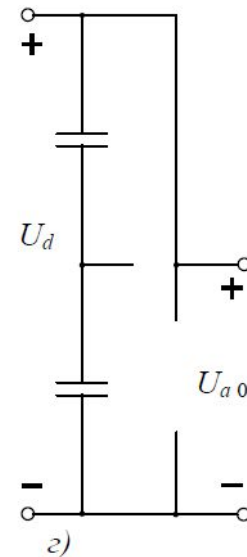
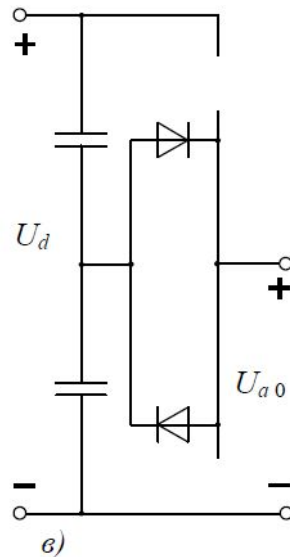
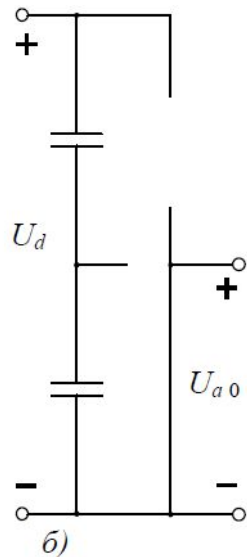
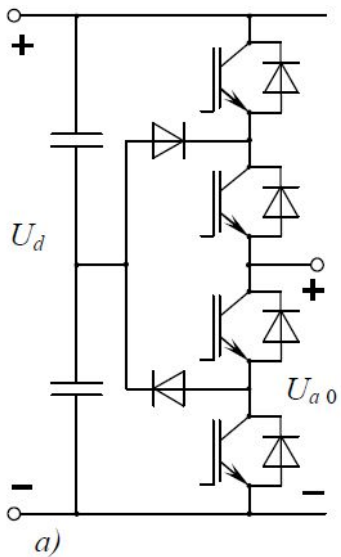
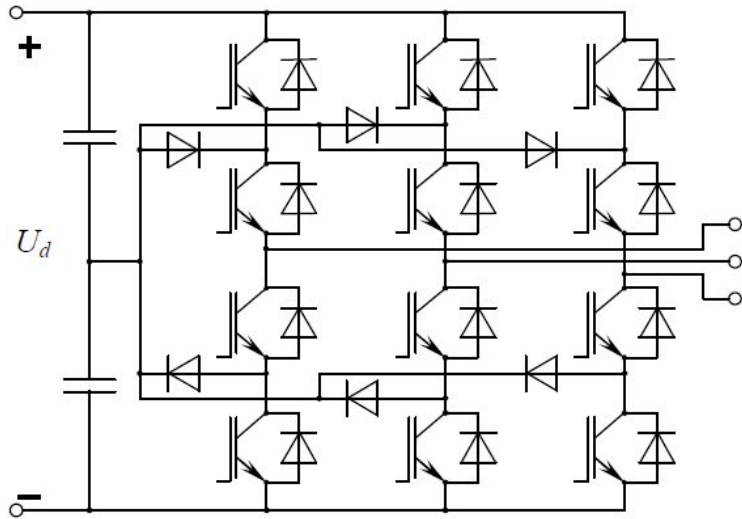


Високовольтний ПЧ за використання 3-х рівньового АІН на ІGСТ



Трирівньовий АІН

з прив'язкою середньої точки конденсаторів

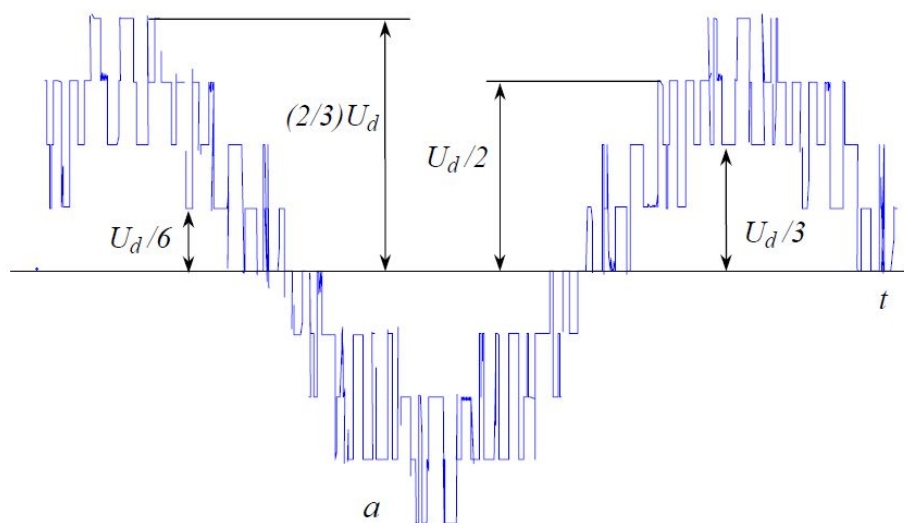


б) $U_{a0} = -0,5U_d$

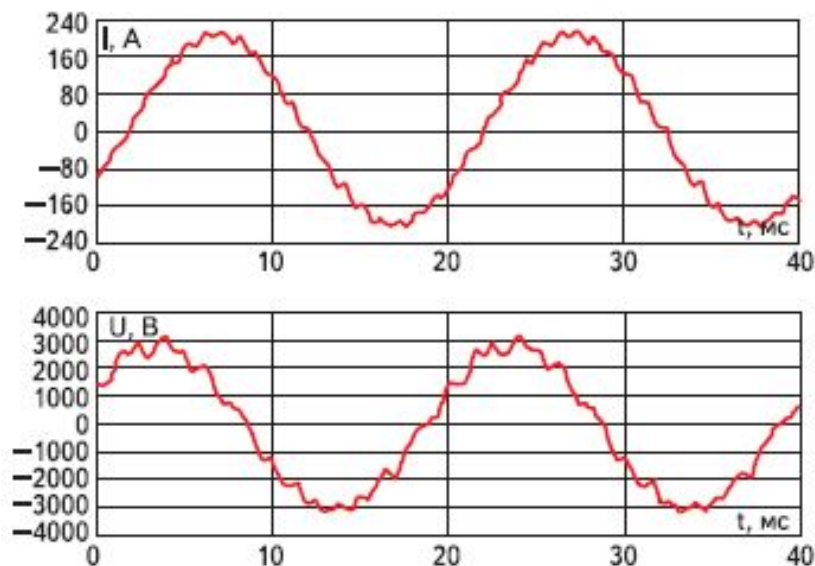
в) $U_{aj} = 0$

г) $U_{a0} = 0,5U_d$

Високовольтний ПЧ за використання 3-х рівньового АІН на IGCT

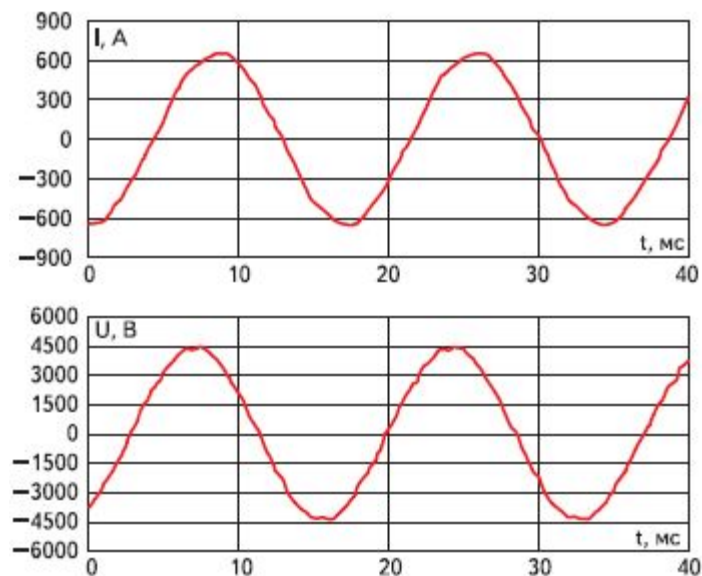
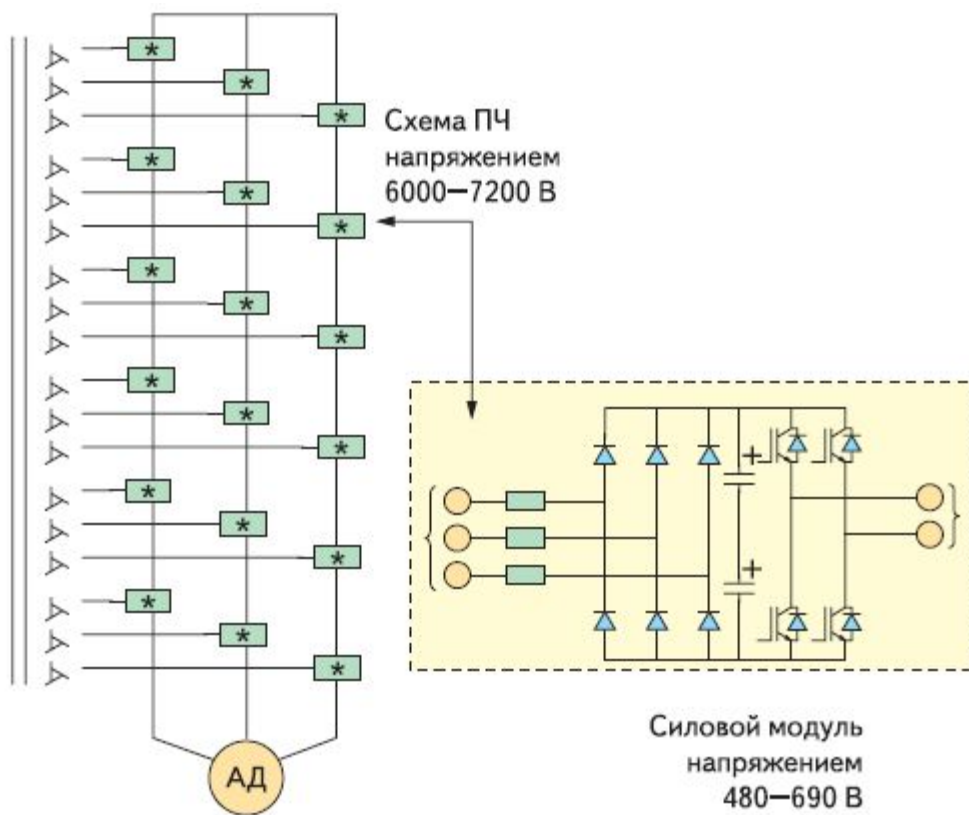


Напряга на виході інвертора



Напряга та струм на виході
синусного фільтра

Високовольтні перетворювачі частоти з каскадним інвертором напруги



Приклад реалізації високовольтного ПЧ з каскадним інвертором напруги

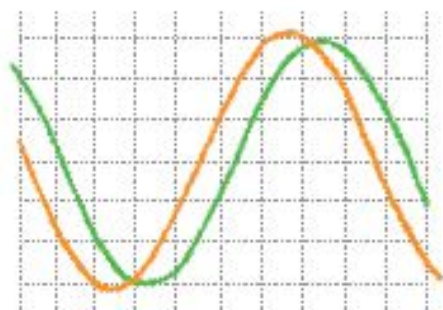
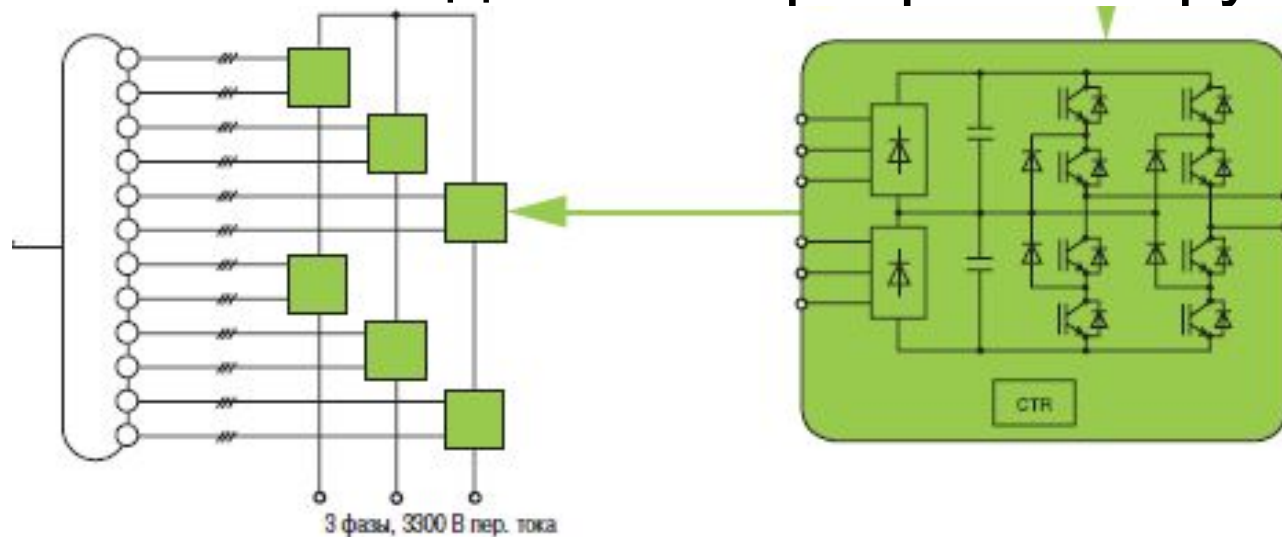


Altivar 1100

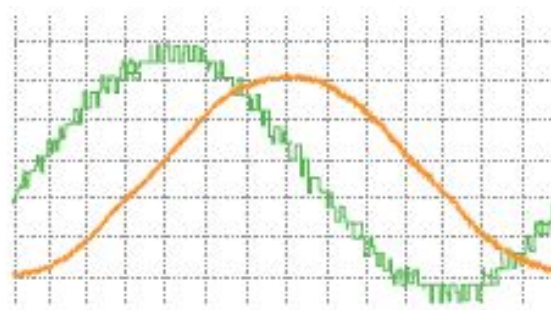
Преобразователь частоты среднего напряжения мощностью от 0.3 до 10 МВт



Приклад реалізації високовольтного ПЧ з каскадним інвертором напруги



Вхідні напруга та струм



Вихідні напруга та струм

Взаємодія ПЧ з середовищем. Проблема ЕМС

- ЕМС- це характеристика обладнання (електромеханічної системи)

Визначення ЕМС (згідно зі словником МЕК 161-01-07):

Здатність пристрою, обладнання чи системи задовільно функціонувати у своєму електромагнітному середовищі без внесення недопустимих завад для всього того, що знаходиться у цьому середовищі.

Взаємодія ПЧ з середовищем. Проблема ЕМС

- ЕМС - як інженерна дисципліна(мистецтво інженера-розробника та інтегратора проекту,
- Впровадження ЕМС вимагає:
 - А) *проведення трикомпонентного аналізу:*
 - Джерела (генератора завад),
 - Середовища розповсюдження завад,
 - Системи(обладнання) як жертви електромагнітної завади
 - Б) *Розв'язання питань проектування живлення, заземлення, розміщення обладнання у шафах, прокладання кабелів, використання певних схемо-технічних рішень*

EMC: стандартизація електроприводів

EMC може бути досягнута в особливому середовищі електромеханічної системи, якщо дві умови виконуються одночасно;

Завади, що діють на електропривод, в певних межах, визначених стандартами, не порушують його нормальне функціонування,

Завади, породжувані електроприводом, не погіршують функціонування апаратури та систем, що знаходяться поряд.

Умови EMC для електроприводів визначає стандарт **МЕК 61800-3** (Електроприводи з регулюванням швидкості-частина 3: Вимоги EMC та специфічні методи випробування)

У цьому стандарті класифікуються два середовища:

середовище 1 зв'язане з громадською та житловою інфраструктурою, **середовище 2**-промислова зона

EMC повинна бути розглянута і реалізована у всьому спектрі частот від низьких до високих для електромагнітних явищ, що передаються провідниками або випромінюванням

Класифікація середовища

Середовище 1

Середовище яке включає місця побутового користування, де електропостачання відбувається від громадської мережі низької напруги без проміжного трансформатора, яка живить також будівлі побутового користування.

Приклад: Будинки, квартири, комерційні та адміністративні будівлі, офіси в житлових будинках відносяться до цього середовища

Середовище 2

Середовище, яке включає місця інші, ніж ті, що отримують електропостачання безпосередньо від громадської мережі низької напруги

Приклад: Промислова зона, технічні приміщення всіх будівель, що отримують електропостачання від спеціального трансформатора

Категорії електроприводів

Нижченаведені категорії враховують вимоги EMC до випромінювання і до імунітету електроприводів у відповідності до середовища та призначення електроприводу.

Так наприклад, для середовища 2 вимоги до імунітету є високими, в той же час вимоги до випромінювання є низькими. Зрозуміло, що для середовища 1 ці вимоги будуть протилежними.

Електроприводи категорії C1-

це електроприводи з номінальною напругою нижчою за 1000В, призначені для використання у середовищі 1

Електроприводи категорії C2-

це електроприводи, які не є ні апарат ззі шнуром живлення і вилкою, ні руховий апарат, і котрий, коли він використовується у середовищі 1 встановлюється і вводиться в роботу професіоналом (особа або організація, котра має відповідну компетентність, для уведення в роботу електроприводів з врахуванням вимоги EMC)

Категорії електроприводів

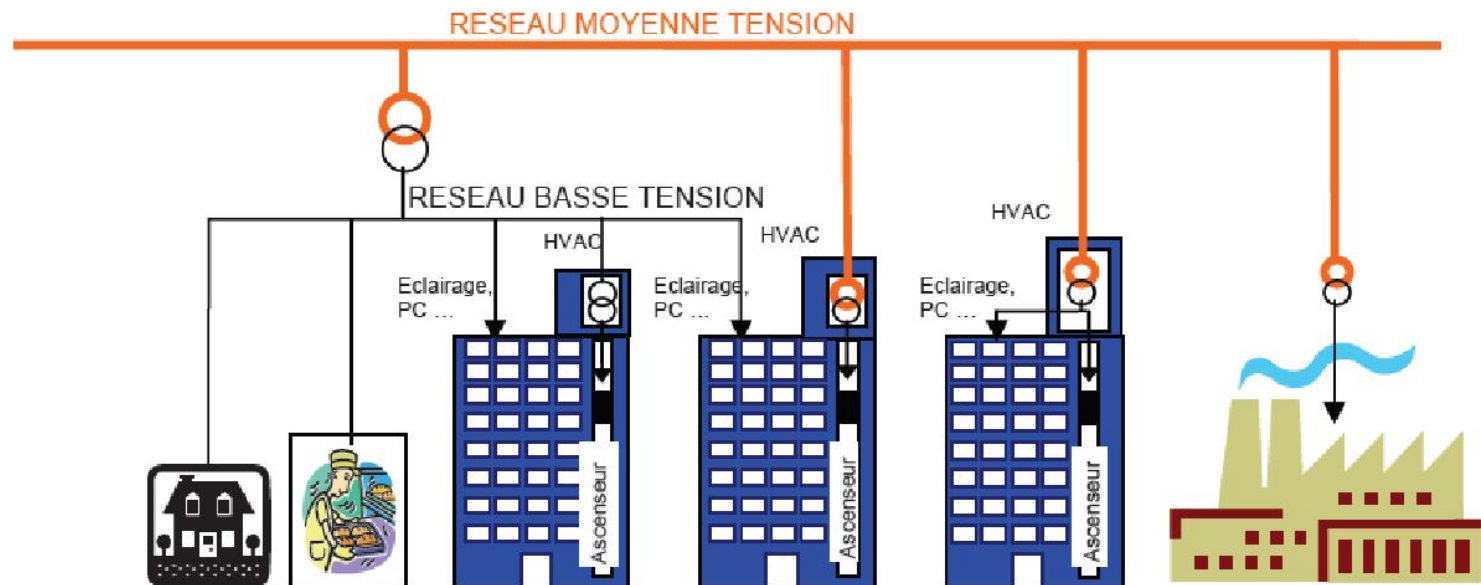
- **Електроприводи категорії 3-**

Це електроприводи з напругою живлення нижчою за 1000В, котрі можуть працювати у середовищі 2 і котрі не передбачені для використання у середовищі 1.

- **Електроприводи категорії 4-**

Це- електроприводи напругою понад 1000В або з номінальним струмом 400А і вище, або передбачені для використовування в складних системах середовища 2

Приклади категорій середовища та електроприводів



Середовище	1	1	1	1 et 2	2	2
Катег. приводу	C1	C1/C2	C1/C2	C1/C2 et C3	C3	C3/C4

ПОРАДИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОСНОВНИХ ВИМОГ ЕМС

- Основні вимоги стосовно категорій електроприводу
 - **Категорія С1:** цей тип електроприводу не створює ніяких обмежень для використання в середовищі 1. Однак, рекомендації виробника повинні бути обов'язково враховані
 - **Категорія С2:** електропривод повинен встановлюватися фахівцем (професіоналом), котрий повинен передбачити всі необхідні заходи з використання рекомендацій виробника для виконання вимог ЕМС на місці встановлення і використання електроприводу
 - **Категорія С3 :** Ця категорія електроприводу передбачена для використання у середовищі 2 і вона не відповідає вимогам категорій С1,С2. Тому інструкції з експлуатації повинні мати попередження, котрі відмічають, що:
 - Цей тип електроприводу не передбачений для використання в громадській мережі низької напруги, котра живить житлові будівлі
 - Використання приводу у цій мережі може привести до ризику паразитних наводок радіо-завад. Виробник надає в інструкції з використання поради стосовно використання додаткових пристроїв, щоби зменшити вплив цих завад.
- Якщо покупець електроприводу передбачає його встановлювати в агрегат, то він повинен реалізувати технічний проект з врахуванням рекомендацій з ЕМС

ПОРАДИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОСНОВНИХ ВИМОГ ЕМС

- **Категорія С4.** Для встановлення обладнання категорії С4 кінцевий користувач та монтажник (разом з проектантом) повинні виробити план ЕМС для того, щоби виконати всі вимоги ЕМС в конкретному випадку.
- Користувач визначає характеристики ЕМС середовища, враховуючи основне обладнання, що у ньому перебуває.
- Проектант повинен надати користувачеві всю інформацію стосовно типового рівня завад, що створює електропривод.
- Відповідність на ЕМС встановлюється не на кількісній базі обмежень, визначених стандартом МЕК 61800-3, а на основі нормального функціонування обладнання на місці встановлення
- **У всіх випадках необхідно переконатися , що буде забезпечений захист персоналу та майна, який не був би вибраний тип електроприводу. Це обумовлено тим, що забезпечення на відповідність нормам ЕМС може погіршити роботу засобів захисту, приводячи до їх непередбачуваного спрацювання або неспрацювання взагалі.**