MITSUBISHI ELECTRIC
Changes for the Better

Промислова автоматика для початківців: перетворювачі частоти

Тут наведено короткий огляд перетворювачів частоти для початківців.

Copyright ©2026 Mitsubishi Electric Corporation. All Rights Reserved.

Мета курсу

Цей вступний курс призначений для здобуття основних знань про перетворювачі частоти початківцями, які з ними не знайомі.

Структура курсу

Цей курс складається із зазначених нижче розділів.
Рекомендується починати з розділу 1.

Розділ 1. Що таке перетворювачі частоти?

Вивчення основних відомостей про перетворювачі частоти, включаючи їхнє призначення, практичне застосування, будову, переваги.

Розділ 1 Що таке перетворювач частоти?

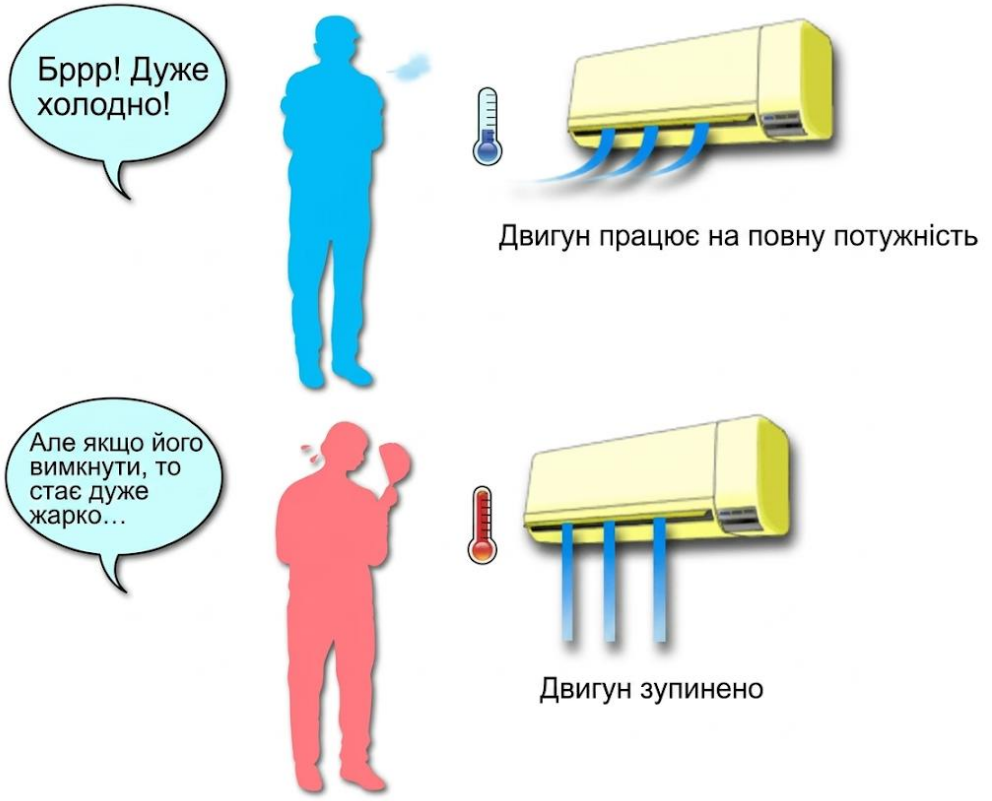
1.1 Призначення перетворювача частоти або інвертора

В останні роки з'являється все більша кількість побутової техніки, у назві якої є слово «інвертор».

Наприклад, більшість сучасних кондиціонерів називаються «інверторними».

Кондиціонери повітря регулюють температуру за рахунок відбору потужності від двигуна та її використання для циркуляції холодоагенту.

Однак кондиціонер може виявитися не дуже корисним у тому випадку, якщо він може перебувати лише у двох станах: працювати на повну потужність або бути повністю вимкненим.



1.1 Призначення перетворювача частоти або інвертора

Ви можете налаштувати кондиціонер на підтримання заданої температури, якщо у вас буде можливість плавно регулювати частоту обертання двигуна.

Якщо можна змінювати частоту обертання двигуна

Коротко кажучи, перетворювач частоти (інвертор), використаний у подібній ситуації, — це пристрій, який дозволяє на власний розсуд безперервно та ефективно змінювати частоту обертання двигуна.

1.1 Призначення перетворювача частоти або інвертора

У промисловості перетворювачі частоти зазвичай використовуються з трифазними двигунами (асинхронними) з короткозамкненим ротором.

(Далі під час курсу двигуни такого типу називатимуться «3-фазними» або просто «двигунами» для спрощення.)

[Огляд перетворювачів частоти]

Синхронна частота обертання (N_0)	N_0 = (120 x Частота джерела живлення) / кількість полюсів
Кількість полюсів	Визначається конфігурацією двигуна. Напр., 4P використовується для позначення 4-полюсного двигуна.
Ковзання (S)	При номінальній роботі S зазвичай становить від 0,03 до 0,05. Коли двигун зупинено, S стає рівним 1.

Частота обертання двигуна зазвичай визначається частотою джерела струму, що передається безпосередньо на електродвигун, і кількістю полюсів двигуна.

Кількість полюсів електродвигуна не можна змінювати безступінчасто та безперервно.З іншого боку, незважаючи на те, що частота в електромережах компаній-постачальників фіксована (або 50 Гц, або 60 Гц — для Японії), у вас є можливість плавно змінювати частоту обертання двигуна за допомогою пристрою, здатного змінювати частоту струму, що передається на двигун.

Перетворювач частоти є саме таким пристроєм. Його призначенням є плавна зміна частоти живлення.

1.1 Призначення перетворювача частоти або інвертора

[Базові характеристики двигуна (асинхронного, з короткозамкненим ротором)]

Для правильного використання перетворювача частоти вкрай важливо знати характеристики того двигуна (асинхронного, з короткозамкненим ротором), який ви збираєтеся контролювати.Нижче ми навели огляд базових характеристик двигуна для того, щоб ви краще розуміли те, як працюють перетворювачі частоти.

(1) Характеристики "Частота обертання — крутний момент/струм"

Базові параметри двигуна (асинхронного, з короткозамкненим ротором) включають характеристики "частота обертання–вихідний крутний момент" і "частота обертання–струм".

Зміни крутного моменту двигуна та струму показані нижче на графіку з моменту вмикання живлення в такій послідовності: запуск → розгін → досягнення певної частоти.

Найвищий струм протікає через двигун під час запуску. У міру зростання частоти обертання він падає. Крутний момент збільшується в міру зростання частоти обертання, однак він починає падати після того, як частота обертання перевищить певне значення. Робота з номінальною частотою обертання починається в тій точці, де крутні моменти, створювані навантаженням і двигуном, урівноважуються.

(2) Частота обертання двигуна

Частота обертання двигуна визначається не лише крутним моментом навантаження, але й кількістю полюсів у двигуні, а також частотою джерела змінного струму.

Усі ці величини зведені в наведене нижче рівняння.

$$\text{Частота обертання двигуна} = \frac{120 \times \text{Частота f [Гц]}}{\text{Кількість полюсів}} \times (1\text{-}S)\ [\text{об/хв}]$$

→ Синхронна частота обертання

→ Ковзання

3) Номінальний крутний момент двигуна

Крутний момент визначається як величина створеної сили, що приводить двигун у рух.

Стандартною одиницею вимірювання сили для прямолінійного руху є «Ньютон», що позначається символом «Н». Оскільки ротор двигуна обертається навколо своєї осі, його рух не є прямолінійним.

У підсумку крутний момент вимірюється в одиницях «Ньютон-метр», «Н·м».Номінальний крутний момент двигуна можна розрахувати за допомогою наведеної нижче формули.

$$\text{Номінальний крутний момент, } T_m = 9550 \times \frac{\text{Номінальна вихідна потужність двигуна P [кВт]}}{\text{Номінальна частота обертання N [об/хв]}}\ [\text{Н·м}]$$

(4) Ковзання

При прикладанні навантаження частота обертання двигуна починає відрізнятися (знижується) відносно синхронної частоти обертання.

Ковзання визначає величину зміщення частоти обертання двигуна від синхронної частоти.

$$\text{Ковзання } S = \frac{\text{Синхронна обертальна частота, } N_0 - \text{Частота обертання, } N}{\text{Синхронна частота обертання, } N_0} \times 100\ [\%]$$

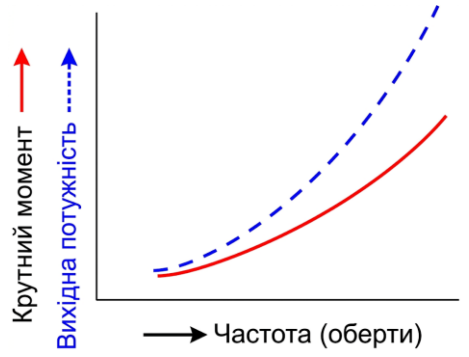
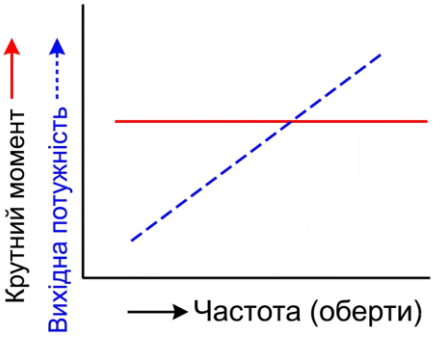
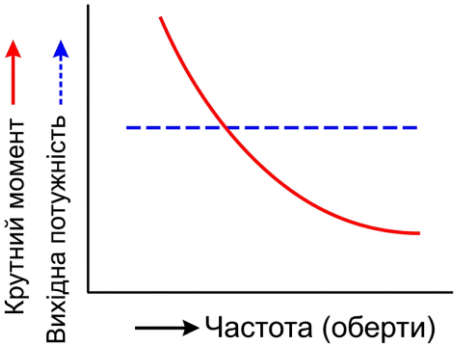
- Ковзання дорівнює 100% під час запуску (коли частота обертання ротора дорівнює 0). (Ковзання зазвичай виражається як "Ковзання = 1").
  Ковзання в кілька відсотків частоти повільно збільшується перетворювачем частоти (що також стосується частоти під час запуску).
- Коли двигун працює з номінальним крутним моментом, ковзання зазвичай становить від 3% до 5%.
- Ковзання збільшується в разі підвищення навантаження (перевантаження), що викликає збільшення струму у двигуні.Ковзання стає від'ємним, коли частота обертання перевищує синхронну частоту ($N > N_0$).

1.2 Практичне застосування перетворювачів частоти

Перетворювачі частоти часто використовуються в побутових електричних пристроях та іншому обладнанні, наприклад, у побутових кондиціонерах повітря. У цьому курсі ми переважно наведемо приклади їх використання в промисловому обладнанні.

1.Керування насосом і вентилятором (об'ємна витрата повітря, швидкість потоку)
2.Керування транспортуванням (конвеєр, візок)
3.Керування обробкою рулонів
4.Керування процесом у харчовій промисловості
5.Керування верстатом

Знання навантажувальних характеристик є вкрай важливим для правильного використання перетворювача частоти. Акцент на навантажувальних характеристиках під час оптимізації методу керування конкретною системою дозволить вам суттєво знизити витрати електроенергії, поліпшити параметри процесу та отримати інші додаткові переваги. Типові навантажувальні характеристики показані нижче на схемі.

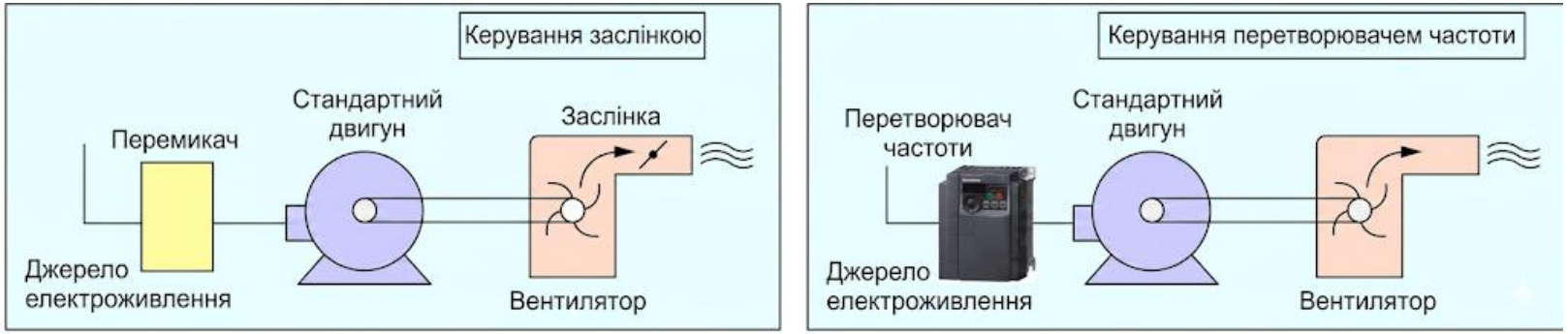
Тип	Навантаження зі зменшенням крутного моменту	Навантаження при постійному крутному моменті	Навантаження при постійній вихідній потужності
Залежності			
Особливості	Навантаження вимагає наявності крутного моменту, який майже прямо пропорційний квадрату частоти обертання. Необхідна величина динамічної енергії майже прямо пропорційна кубу частоти обертання.	Навантаження вимагає наявності практично постійного крутного моменту, який не залежить від частоти обертання. Необхідна динамічна енергія зменшується прямо пропорційно зменшенню частоти обертання. (Конвеєр, шліфувальна машина та інше обладнання).	Навантаження вимагає наявності крутного моменту, який обернено пропорційний обертам двигуна. (Головні осі верстатів та інші галузі).

1.2 Практичне застосування перетворювачів частоти

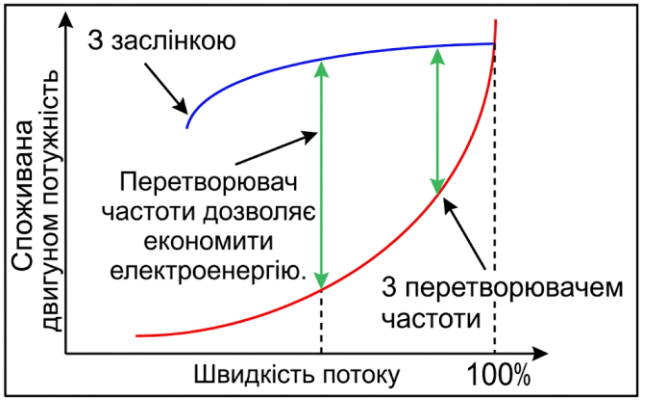
[Керування насосом і вентилятором (об'ємна витрата повітря, швидкість потоку)]

Перший текстовий блок:Раніше для регулювання об'ємної витрати повітря та швидкості потоку під час використання промислових джерел енергії для роботи насосів і вентиляторів використовувалися заслінки або клапани.

Однак у таких випадках було важко зменшити кількість енергії, що споживається двигуном, навіть у разі зниження об'ємної витрати повітря або швидкості потоку.



У разі привода вентилятора або насоса крутний момент пропорційний квадрату, а кількість енергії — кубу обертів за хвилину.Керування за допомогою перетворювача частоти дозволяє значно знизити споживання енергії, особливо в області низьких обертів.

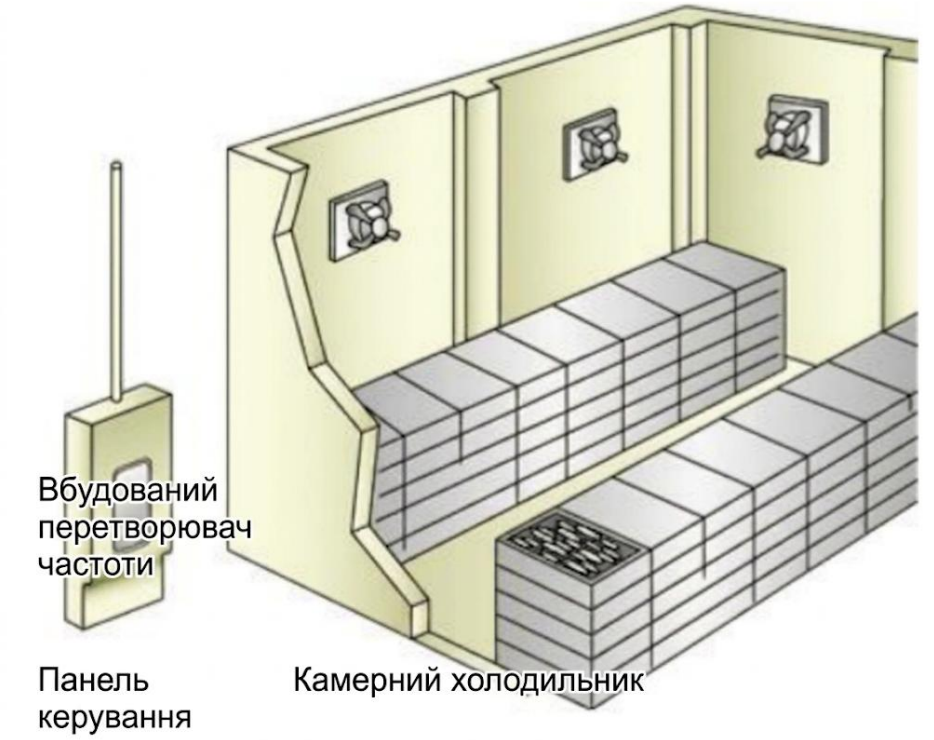


Як видно зі схеми, перетворювач частоти є енергозберігаючим пристроєм у разі використання разом із вентилятором або насосом.

1.2 Практичне застосування перетворювачів частоти

Вентилятор:

Обґрунтування використання перетворювачів частоти:	○ Ви можете точніше контролювати температуру та економити енергію, підключивши послідовно три вентилятори до перетворювача частоти та контролюючи їхній запуск і оберти.

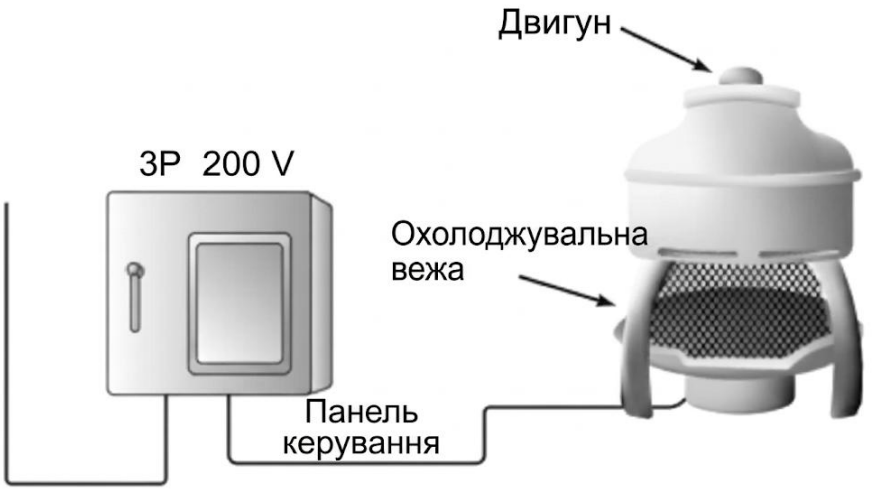


1.2 Практичне застосування перетворювачів частоти

Охолоджувальна вежа:

Обґрунтування використання перетворювачів частоти:	○ Можуть використовуватися для контролю температури за допомогою датчиків температури. Таким чином економиться електроенергія.
	○ Можуть бути налаштовані для роботи в автоматичному режимі.
	○ Можуть працювати в тихому режимі шляхом регулювання об'ємної витрати повітря (керування обертами в нічний час).

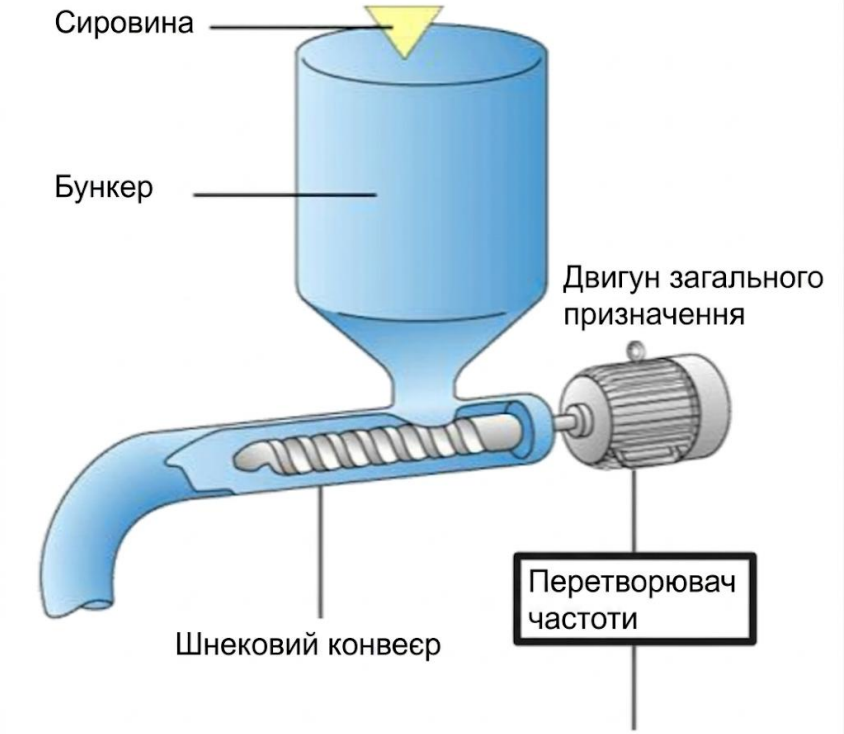
*УВАГА: Перетворювачі частоти обов'язково повинні встановлюватися в приміщенні.



1.2 Практичне застосування перетворювачів частоти

Шнековий конвеєр:

Обґрунтування використання перетворювачів частоти:	○ Дозволяють регулювати подачу сировини в пристрій за допомогою однієї ручки.
	○ Дозволяють регулювати оберти шнекового конвеєра та величину подачі сировини в пристрій до заданої величини.
	○ Можуть використовуватися із зовнішніми двигунами загального призначення та іншими стандартними компонентами.



1.2 Практичне застосування перетворювачів частоти

[Керування транспортуванням (конвеєр, візок)]

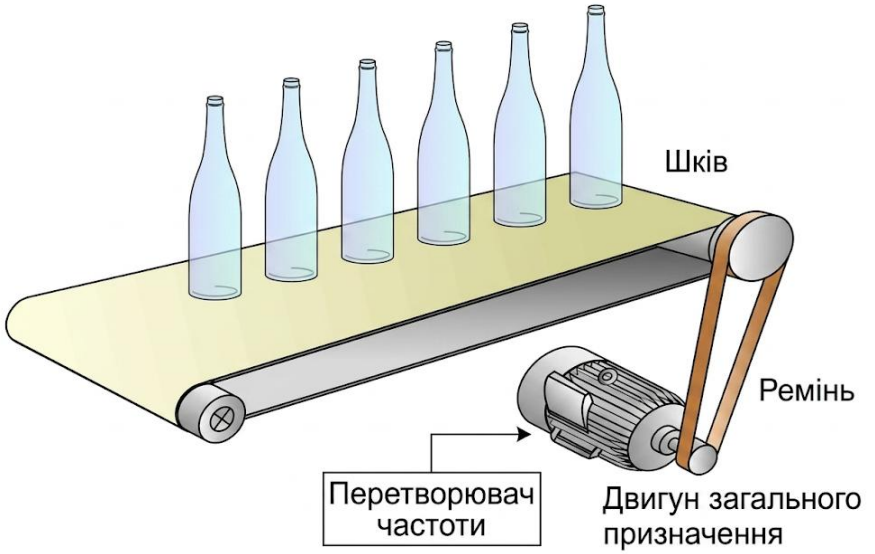
Пристрої для транспортування є незамінними елементами в різних галузях промисловості в міру того, як виробництво стає складнішим та автоматизованим.

Використання перетворювачів частоти для таких пристроїв дає наступні переваги:

- Роблять пристрої простішими та компактнішими.
- Полегшують налаштування швидкості без застосування механічних систем.
- Запобігають падінню вантажу за рахунок повільного початку руху та зупинки.
- Можуть використовуватися на певній відстані від керованих пристроїв.

Стрічковий конвеєр:

Обґрунтування використання перетворювачів частоти:	○ Можуть використовуватися як пристрої плавного пуску та зупинки конвеєра, які запобігатимуть перекиданню та розбиванню транспортованих скляних пляшок або розливанню їхнього вмісту.
	○ Можуть використовуватися для підвищення експлуатаційної ефективності завдяки зміні швидкості залежно від типу скляних пляшок.
	○ Можуть використовуватися в різних умовах застосування та адаптуватися до типу двигуна, наприклад, водонепроникного, захищеного від корозії, для роботи поза приміщеннями тощо.



1.2 Практичне застосування перетворювачів частоти

Шнековий конвеєр:

Обґрунтування використання перетворювачів частоти:	○ Можуть використовуватися для покращення експлуатаційної ефективності шляхом регулювання швидкості транспортування до оптимальної в заданих умовах.
	○ Можуть використовуватися для збільшення або зменшення швидкості з меншим ударним навантаженням на механізм, а також для захисту механізму від ударів.
	○ При використанні перетворювачів частоти з функцією гальмування можливе виконання гальмування з рекуперацією енергії. Рекуперативний перетворювач частоти для живлення обладнання може передавати регенеровану енергію назад у мережу живлення при виникненні необхідності в більш активному гальмуванні.
	○ Можуть використовуватися в приміщенні, оскільки вони не виділяють вихлопних газів.

1.2 Практичне застосування перетворювачів частоти

[Керування обробкою рулонів]

Під рулонами тут маються на увазі продукти, які складаються з довгих смуг паперу, плівки, гуми, тканини або іншого матеріалу.

Матеріал згортається в рулон як одна довга смуга, яка не переривається від початку і до кінця.

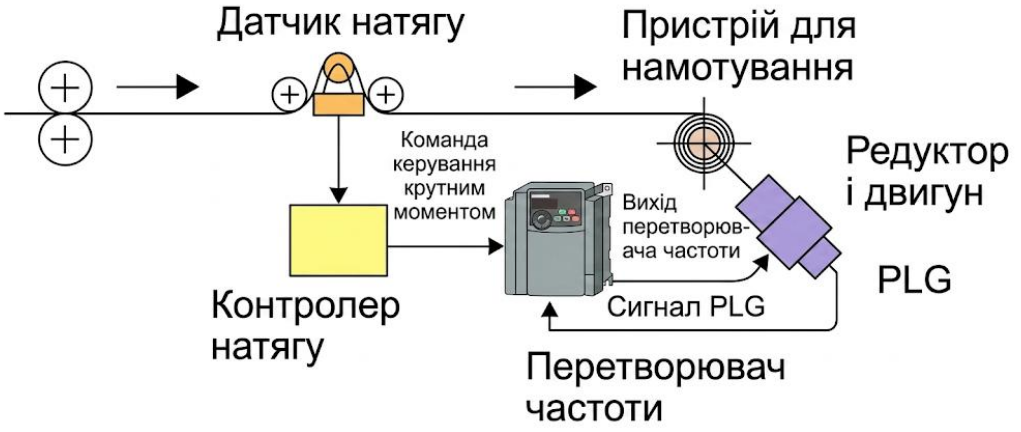
Для цієї смуги необхідно підтримувати певний натяг у міру розгортання або перемотування.

У продукті немає розривів від початку рулону і до його кінця. Нижче наведено приклад зі згортанням рулону.

Такий тип керування використовується також і в інших галузях, наприклад, при згортанні електрокабелів або оптоволокна.

Згортання плівкового матеріалу:

Обґрунтування використання перетворювачів частоти:	○ Можуть використовуватися для вимірювання фактичного натягу листового матеріалу та згортання в рулон з оптимальним натягом.
	○ Можуть використовуватися для компенсації варіацій властивостей матеріалу внаслідок температури та вологості, а також зміни крутних моментів усередині механізмів.
	○ Для керування крутним моментом можуть використовуватися як векторні перетворювачі напруги, так і сервоприводи. Однак векторні перетворювачі частоти простіші у використанні в тих випадках, коли відсутні різкі зміни швидкості роботи, інерція обладнання досить висока і механізми повинні працювати постійно.



1.2 Практичне застосування перетворювачів частоти

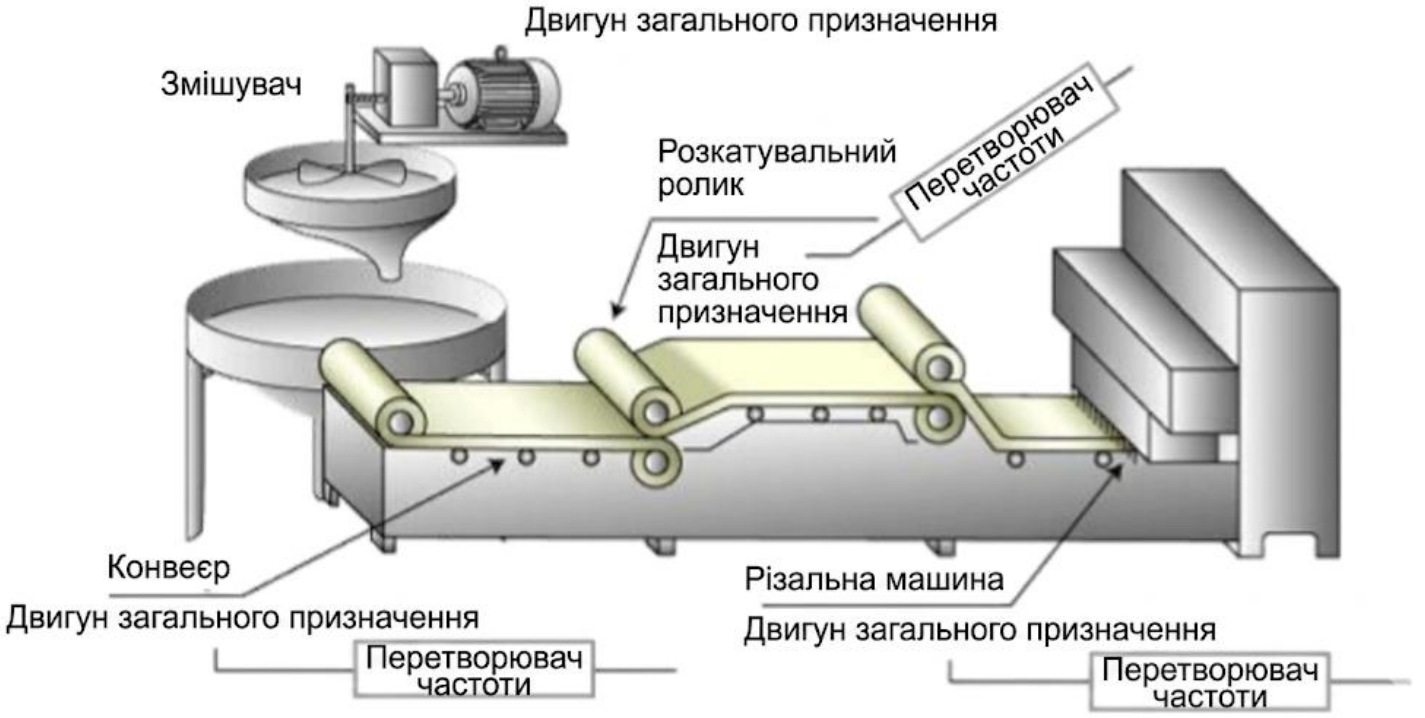
[Керування процесом у харчовій промисловості]

Наразі існує потреба в ускладненні виробництва харчових продуктів, а також у підвищенні якості та безпеки процесів харчової промисловості.

У зв'язку з цим використання перетворювачів частоти в цій галузі постійно розширюється.

Машина для виробництва локшини:

Обґрунтування використання перетворювачів частоти:	○ Можуть використовуватися для точного регулювання швидкості подачі на розкочувальний ролик.
	○ Можуть використовуватися для плавного регулювання товщини локшини.
	○ Допомагають спростити керування машиною.



1.2 Практичне застосування перетворювачів частоти

Машина для переробки чаю:

Обґрунтування використання перетворювачів частоти:	○ Можуть використовуватися для оптимізації частоти обертання вентилятора печі залежно від кількості завантаженого в машину чаю.
	○ Можуть використовуватися для покращення якості чаю.

1.2 Практичне застосування перетворювачів частоти

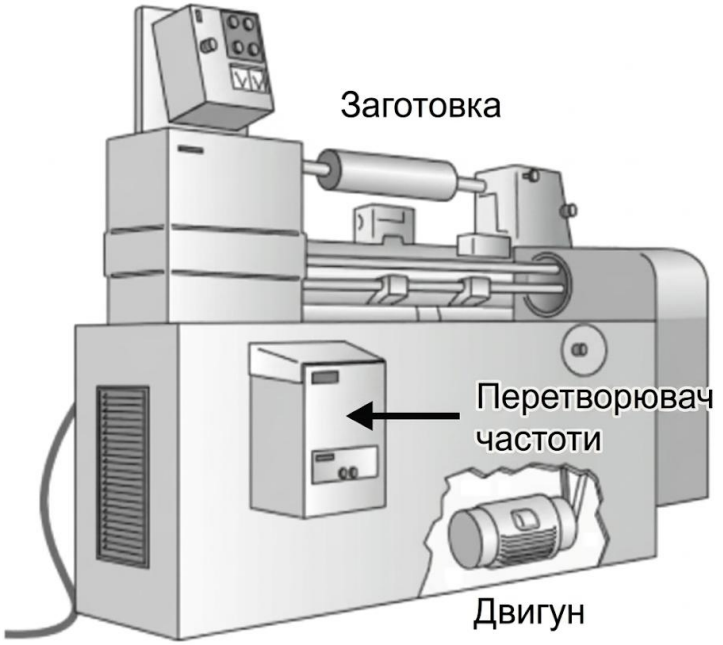
[Керування верстатом]

Перетворювачі частоти часто використовуються на головних осях верстатів (фіксована вісь, навколо якої обертається заготовка або інструмент).

Зокрема, за необхідності точної механообробки може використовуватися комбінація векторного перетворювача частоти та датчика положення (імпульсного шифратора), які зупинятимуть головний вал у заданому положенні (функція орієнтації) та підтримуватимуть постійні оберти двигуна навіть при зміні навантаження, завдяки зворотному зв'язку від датчика.

Привід по головній осі верстата:

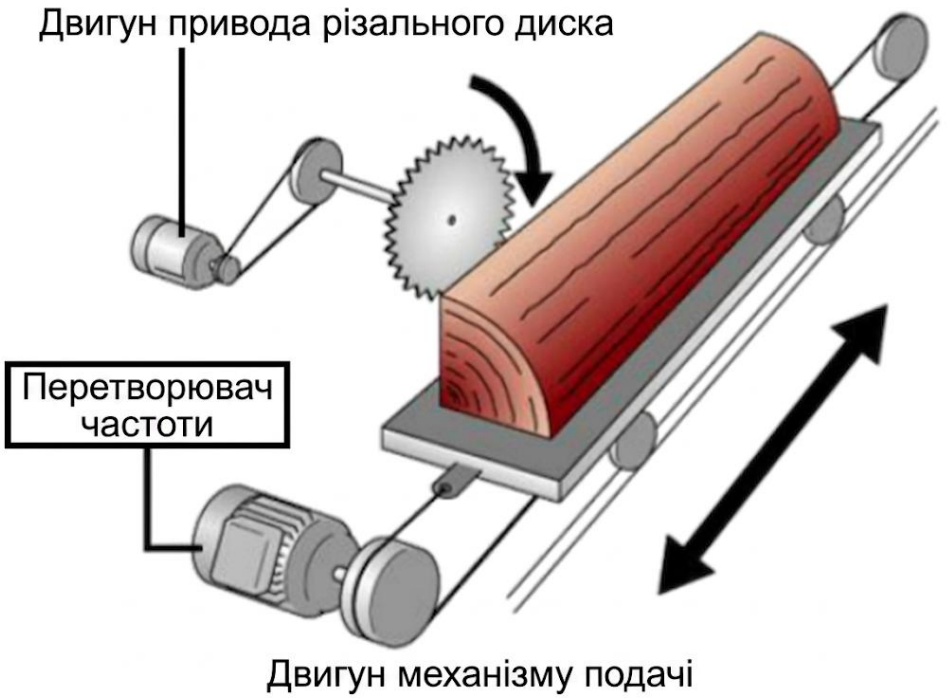
Обґрунтування використання перетворювачів частоти:	○ Раніше частота обертання по головній осі керувалася шляхом зміни обертів шківа у відповідь на різні розміри заготовок. При використанні перетворювача частоти механізм зміни обертів можна спростити, що зробить його більш компактним.
	○ Можна покращити точність обробки заготовки завдяки точному регулюванню обертів головного вала.



1.2 Практичне застосування перетворювачів частоти

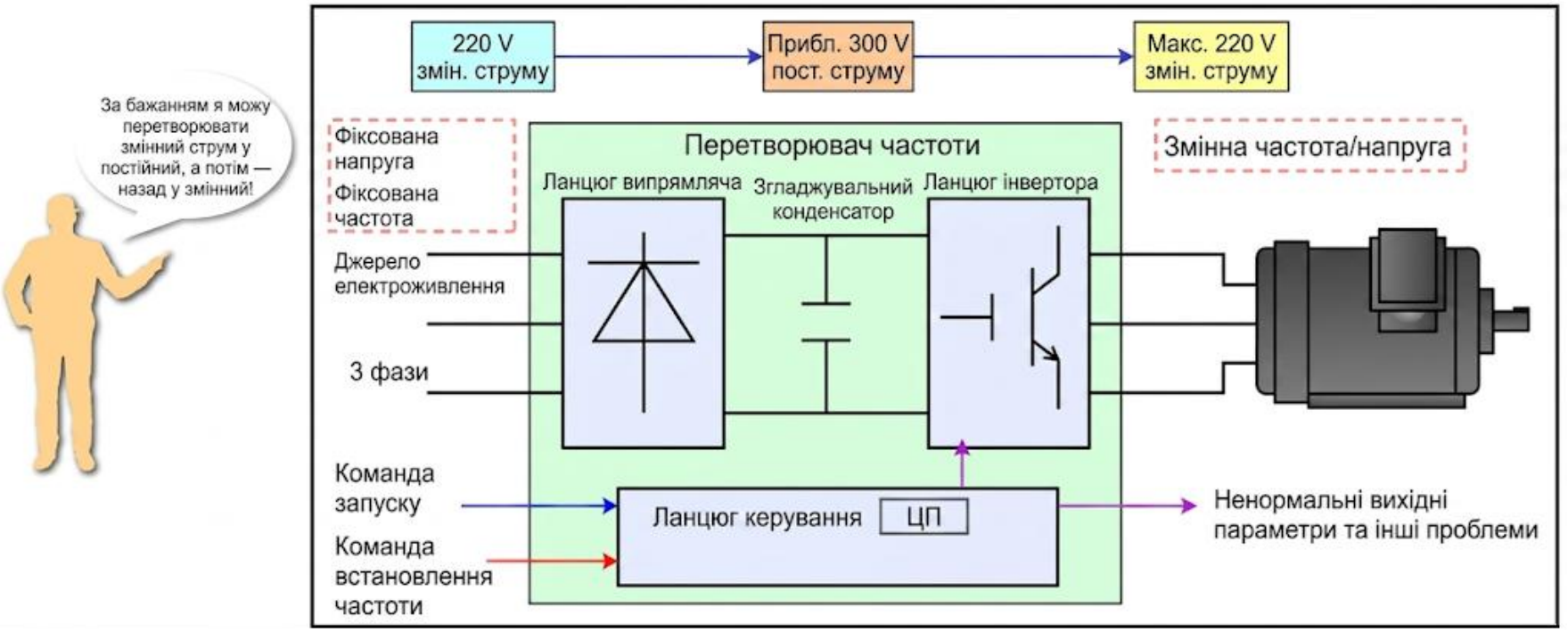
Деревообробний верстат:

Обґрунтування використання перетворювачів частоти:	○ Допомагають покращити ефективність різання деревини.
	○ Дозволяють встановлювати оптимальну швидкість каретки відповідно до якості деревини.
	○ Можуть використовуватися для підвищення експлуатаційної ефективності та зупинки каретки в заданому положенні.
	○ Захищають різальний круг під час плавного пуску.



1.3 Будова перетворювача частоти

Нижче показана схема перетворювача частоти, який дозволяє плавно змінювати фіксовану частоту мережі електроживлення.



[Огляд будови перетворювача частоти]

Ланцюг випрямляча	Перетворює змінний струм на постійний. У ньому використовується напівпровідниковий елемент — діод.
Згладжувальний конденсатор	Згладжує піки постійного струму, створюваного ланцюгом випрямляча.
Ланцюг інвертора	Використовується для створення напруги змінного струму з постійного. Цей пристрій, що називається "інвертором", має протилежне випрямлячу призначення. Використовується для живлення двигуна створеною змінною напругою/частотою. Використовуються напівпровідникові перемикальні елементи (БТІЗ або аналогічні компоненти), які можуть вмикатися та вимикатися.
Ланцюг керування	Керує контуром інвертора.

1.3 Будова перетворювача частоти

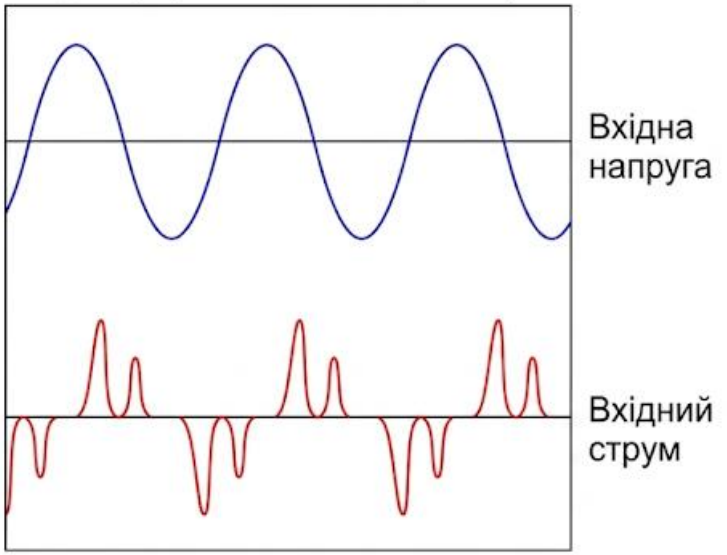
[Характеристики форми коливань]

Які будуть відмінності між вхідними та вихідними коливаннями при використанні перетворювача частоти?

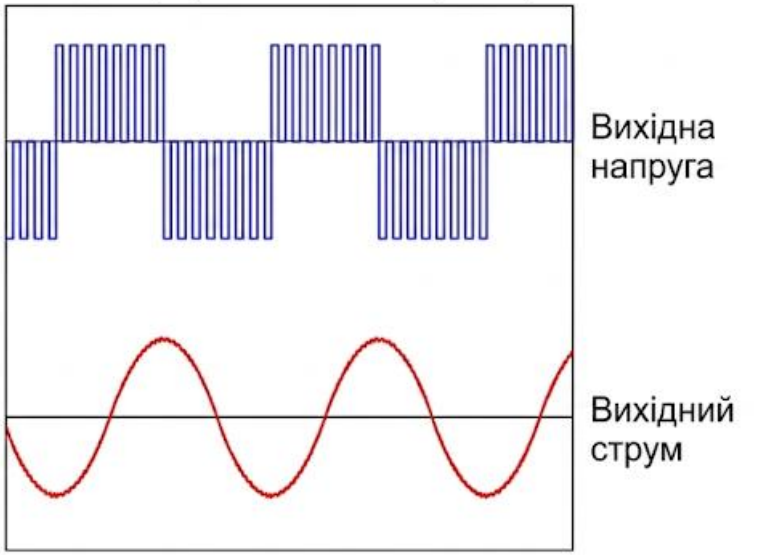
- Вхідний струм ... Форма кривої струму виглядає як "заячі вуха" [включає високочастотні компоненти]
- Вихідна напруга ... Форма кривої схожа на набір смуг (прямокутників) [Включає високочастотні компоненти та піки напруги]

Така форма кривої напруги виникає внаслідок операцій перемикання напівпровідникових елементів в інверторі.

Вхідна форма коливань перетворювача частоти



Вихідна форма коливань перетворювача частоти



1.3 Будова перетворювача частоти

[Принципи роботи блока випрямляча]

(a) Принципи роботи блока випрямляча

<Як створюється напруга постійного струму з напруги змінного (комерційної) мережі електроживлення>

Розгляньмо цей принцип на простому прикладі однофазного змінного струму.

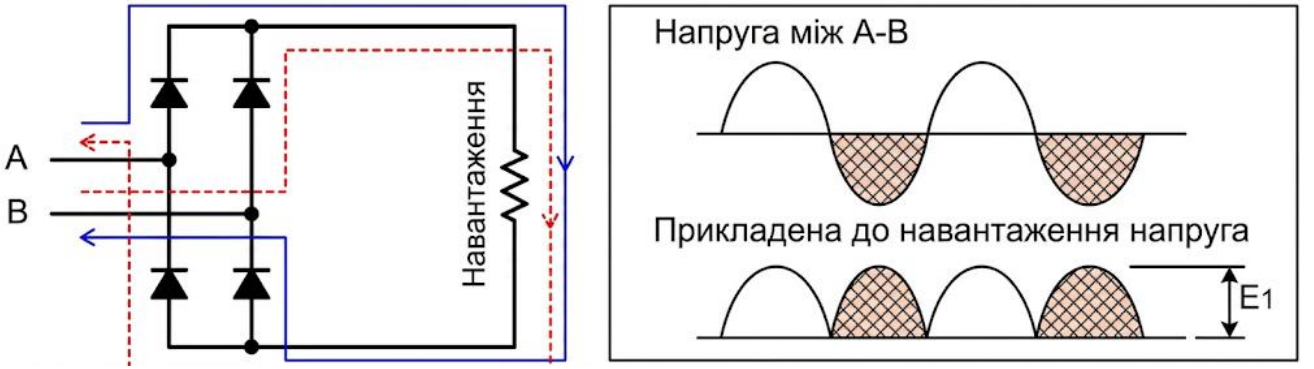
Для спрощення давайте використовувати в цьому прикладі навантаження у вигляді резистора.

Використовуваний елемент — це діод.

Діод дозволяє струму проходити лише в одному напрямку відповідно до прикладеної до нього напруги.

Завдяки цій властивості, при прикладенні напруги між точками A і B у ланцюзі випрямляча, напруга прикладається до навантаження в одному й тому ж напрямку.

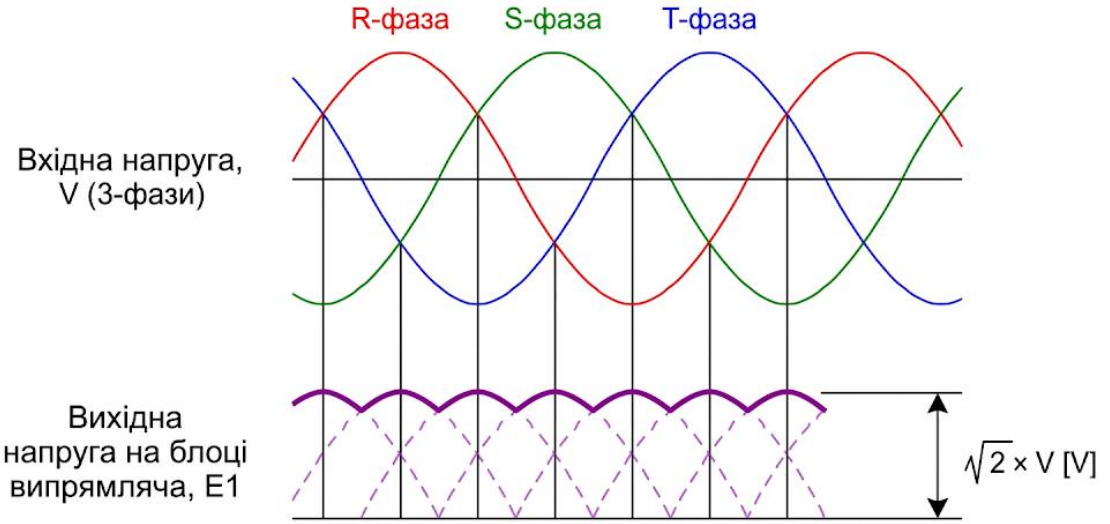
Іншими словами, змінна напруга перетворюється (випрямляється) на постійну напругу.



[Принципи роботи блока випрямляча]

(b) Принципи роботи блока випрямляча

Для випрямлення 3-фазного змінного струму, що надходить від джерела живлення, використовується комбінація з шести діодів, яка створює вихідну напругу, показану нижче на схемі.



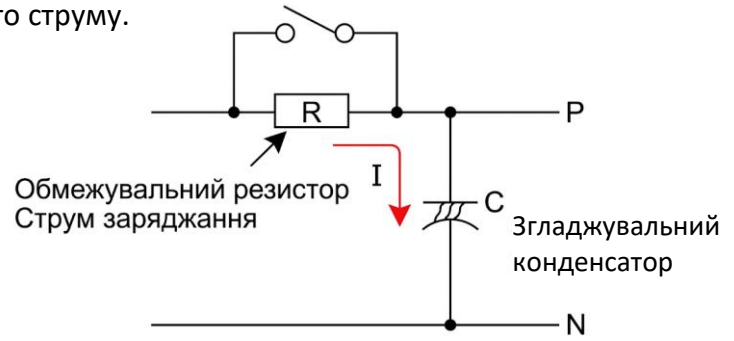
(c) Принципи роботи згладжувального контуру

1.3 Будова перетворювача частоти

[Принципи роботи блока випрямляча]

(d) Ланцюг обмеження кидків пускового струму

Під час пояснення принципу роботи випрямляча використовувалося навантаження у вигляді резистора. Однак у реальних установках як навантаження використовується згладжувальний конденсатор. Відразу ж після прикладення напруги конденсатор починає заряджатися, і через ланцюг починає проходити великий пусковий струм.
Для запобігання пошкодженню діодів випрямляча таким великим пусковим струмом, у ланцюг послідовно встановлено резистор, який обмежує пусковий струм протягом короткого проміжку часу після ввімкнення. Після виконання свого завдання контакти резистора замикаються, що виключає його з електричного ланцюга. Такий ланцюг називається ланцюгом обмеження кидків пускового струму.



При використанні ланцюга обмеження кидків пускового струму пік струму зменшується, що захищає модуль випрямляча від пошкодження.

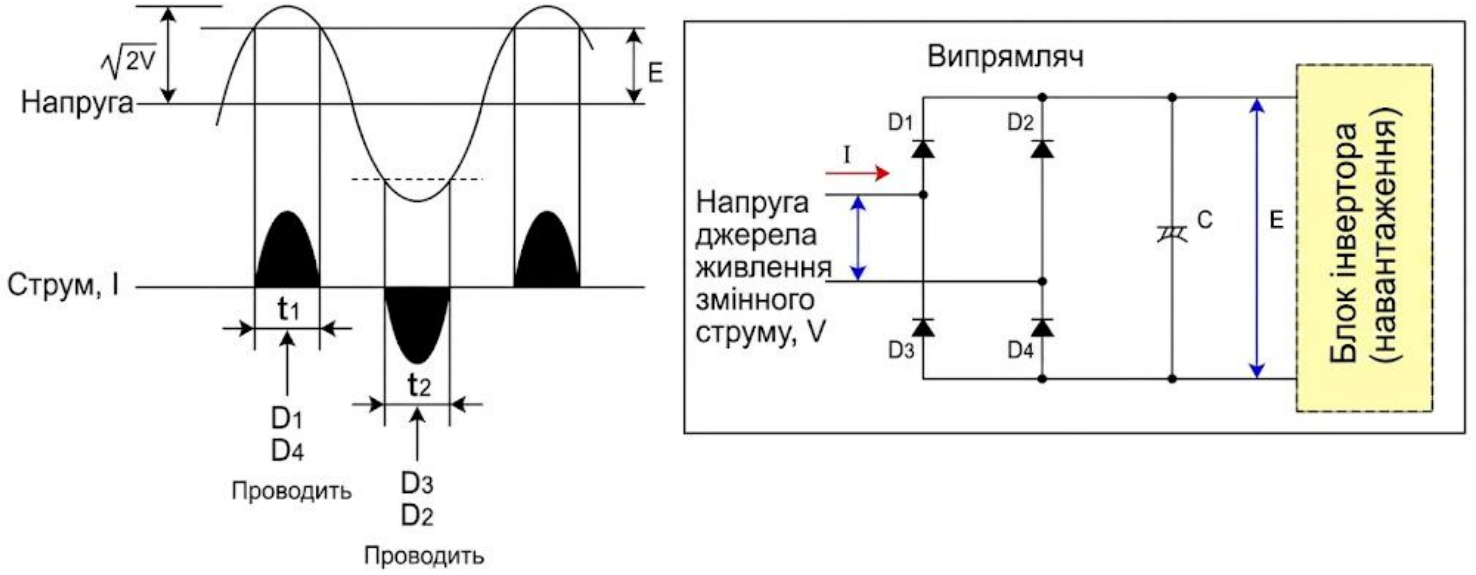
KCK АВТОМАТИЗАЦІЯ
kck.ua

1.3 Будова перетворювача частоти

[Принципи роботи блока випрямляча]

(e) Форма вхідних коливань при ємнісному навантаженні

Під час пояснення принципу роботи випрямляча використовувалося навантаження у вигляді резистора. Однак у реальних установках як навантаження використовується згладжувальний конденсатор. Змінний вхідний струм у цьому випадку виникає лише тоді, коли змінна напруга перевищує постійну. У цьому випадку форма сигналу спотворюється, як показано на схемі. Вона перестає бути синусоїдальною.



1.3 Будова перетворювача частоти

[Принципи роботи блока випрямляча]

<Резюме>

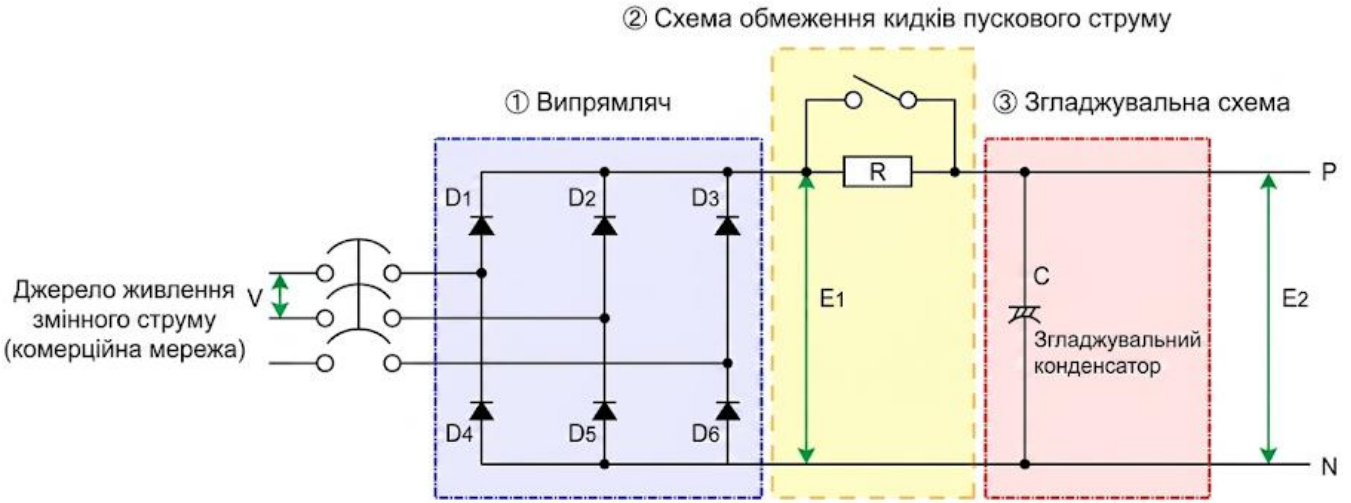
Принципи випрямлення

Як описано вище, блок випрямляча включає такі компоненти:

1.Випрямляч

2.Ланцюг обмеження кидків пускового струму

3.Згладжувальний ланцюг

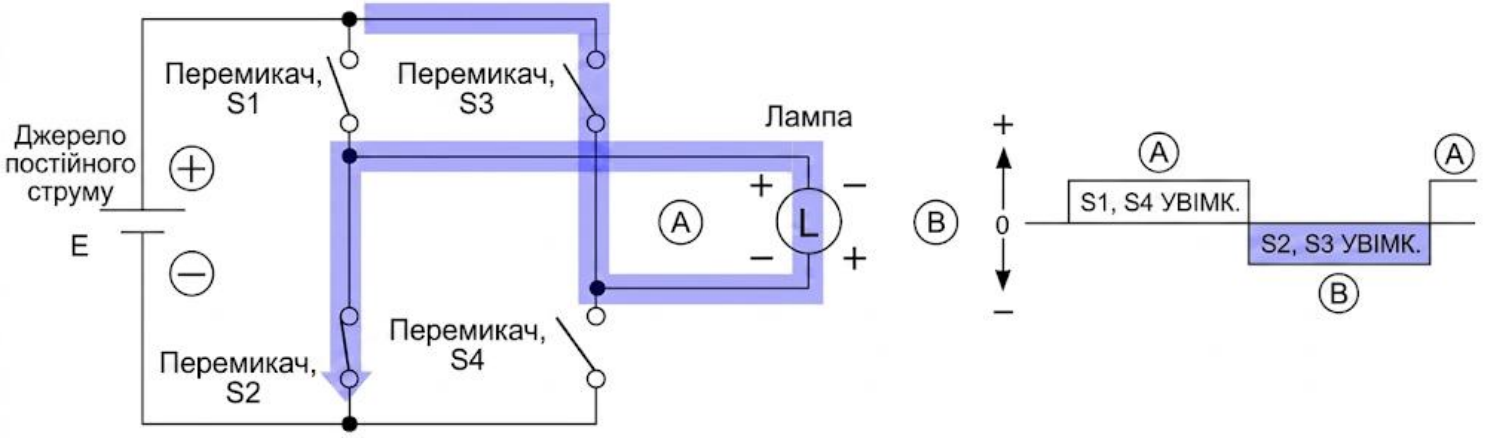


1.3 Будова перетворювача частоти

[Принципи роботи блока інвертора]

(а) Як отримати змінну напругу з постійної?

Розгляньмо цей принцип на простому прикладі однофазного змінного струму.
Опишімо, як працює цей пристрій, використовуючи як навантаження не двигун, а лампу.
Чотири перемикачі, від S1 до S4, приєднані до джерела постійного струму попарно: S1 і S4, S2 і S3. У міру перемикання пар перемикачів через лампу починає проходити струм, як показано нижче на схемі.



Форма струму

- Коли вмикаються перемикачі S1 і S4, струм проходить через лампу в напрямку A.
- Коли вмикаються перемикачі S2 і S3, струм проходить через лампу в напрямку B.

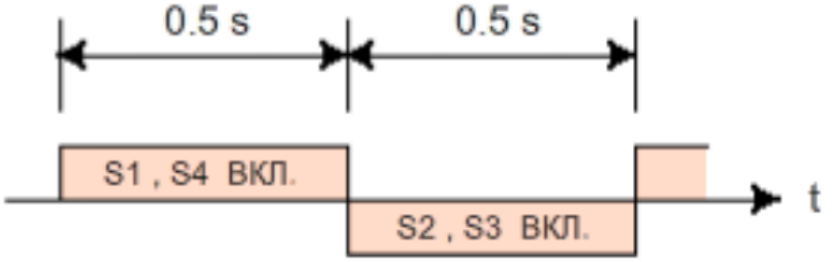
Якщо робота цих перемикачів повторюватиметься через певний період, то почергове змінення напрямку струму створить змінний струм.

1.3 Будова перетворювача частоти

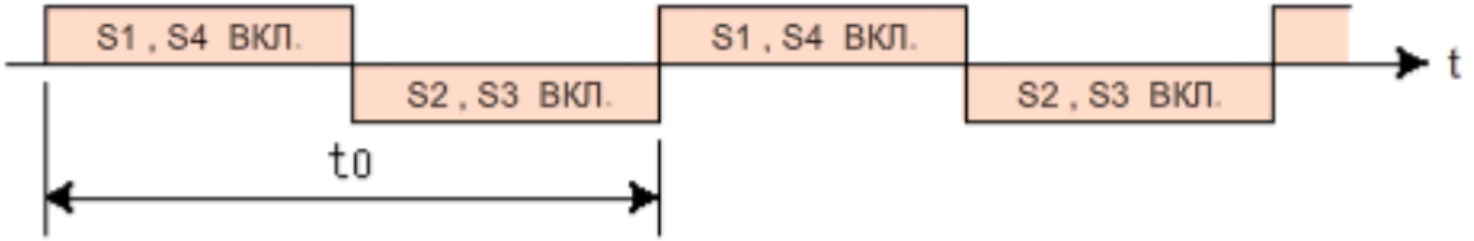
[Принципи роботи блока інвертора]

(b) Як можна змінити частоту?

Частота буде змінюватися в міру зміни проміжку часу між перемиканнями S1 — S4.Наприклад, якщо ми по черзі вмикаємо S1 і S4 на 0,5 с, а потім — S2 і S3 на 0,5 с, то ми створюємо змінний струм, який змінює напрямок один раз на секунду, що еквівалентно частоті 1 Гц.



У загальному випадку частота визначається як f = 1/t0 (Гц), де t0 — це час циклу в секундах.



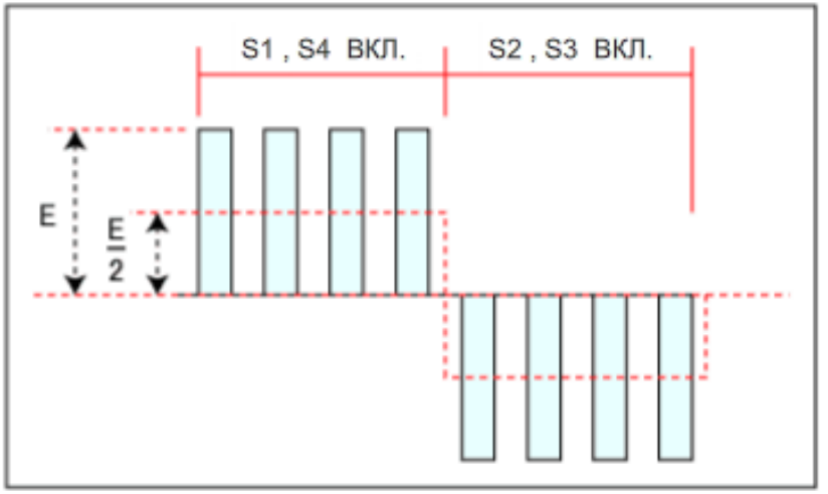
Іншими словами, частота буде змінюватися разом зі зміною часу t0.

1.3 Будова перетворювача частоти

[Принципи роботи блока інвертора]

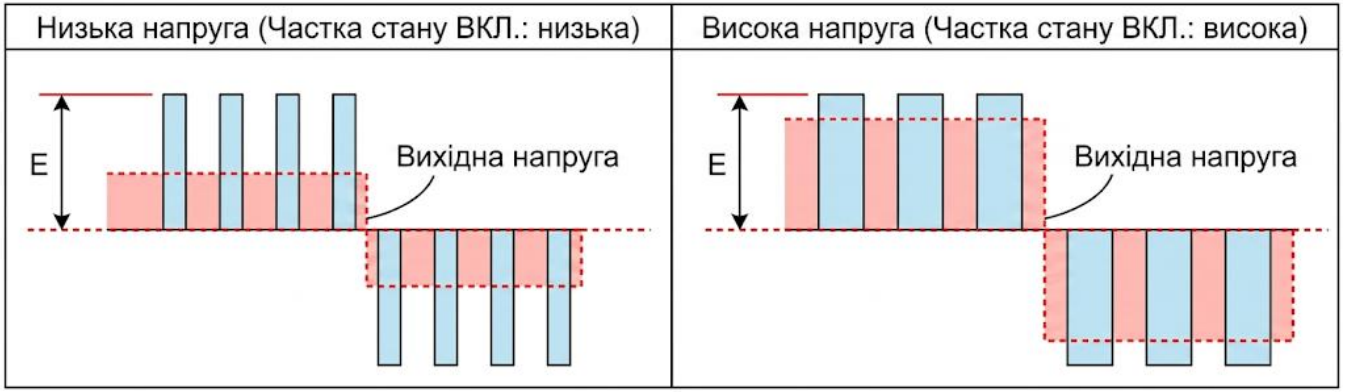
(c) Як можна змінити напругу?

Напругу (середню) можна змінити шляхом зміни часового співвідношення вмикання/вимикання перемикачів, яке, зі свого боку, можна поміняти шляхом зміни часу циклу — t0 за рахунок скорочення часу перемикання напруги. Частота таких коротких імпульсів називається несною.



Наприклад, якщо зменшити наполовину час увімкнення перемикачів S1 і S4, то (середня) вихідна напруга змінного струму дорівнюватиме E/2, тобто половині напруги постійного струму, E.

Для зниження (середньої) напруги необхідно знизити співвідношення часу ввімкнення, а для підвищення (середньої) напруги — підвищити.



Ширина імпульсу та співвідношення вмикання/вимикання змінюються з метою контролю напруги.

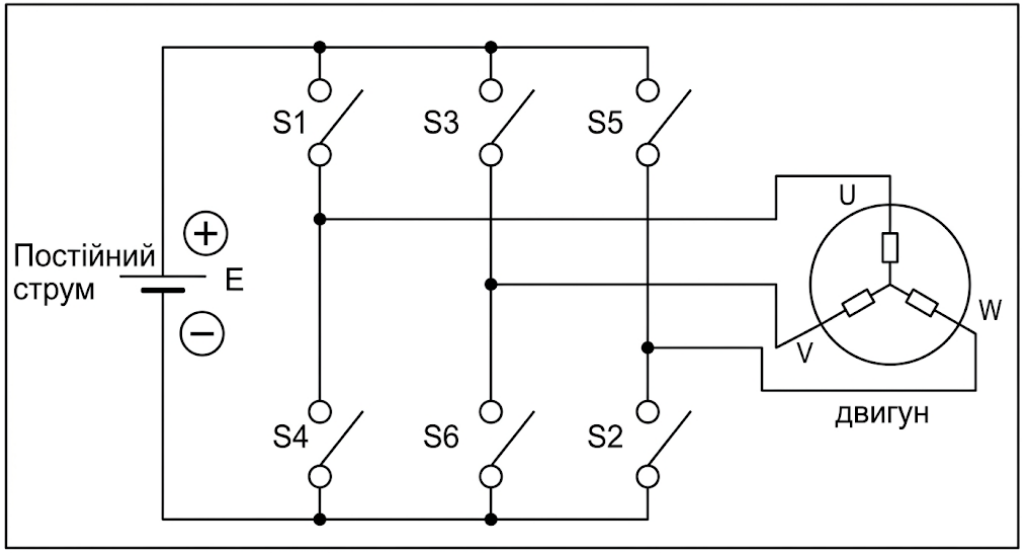
Такий метод керування називається широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ). Нині він найчастіше використовується в інверторах та інших електронних компонентах.

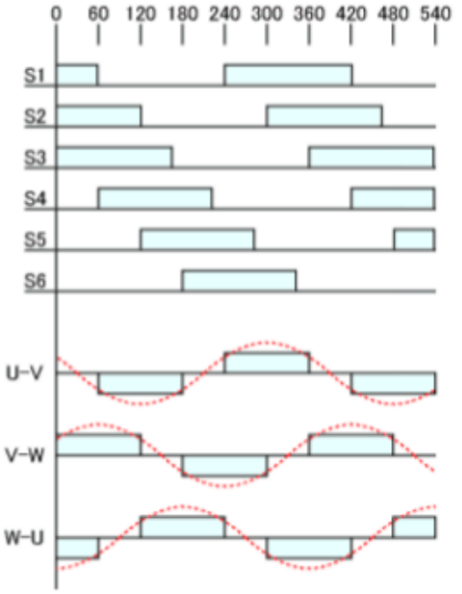
1.3 Будова перетворювача частоти

[Принципи роботи блока інвертора]

(d) А як бути з 3-фазною напругою змінного струму?

На схемі внизу показана базова будова блока 3-фазного інвертора та 3-фазної напруги змінного струму. Якщо ви зміните порядок вмикання/вимикання шести перемикачів, то послідовність для U-V, V-W і W-U зміниться. Це може використовуватися для зміни напрямку обертання двигуна.





Зверніть увагу, що напівпровідникові елементи, які перемикають напругу та обговорювалися вище, дозволяють виконувати це перемикання з винятково високою швидкістю.

1.4 Методи керування перетворювачем частоти

У 80-х роках двадцятого століття єдиним доступним перетворювачем частоти загального призначення був перетворювач із керуванням типу V/F (напруга/частота). Однак у 90-х роках минулого століття був представлений метод керування без датчиків (обертів), призначенням якого було підвищення крутного моменту в нижньому діапазоні керування V/F.

Характеристики інверторів значно покращилися внаслідок нововведень в обладнанні та технологіях керування, включно з використанням напівпровідників.

Векторне керування з генератором PLG почало застосовуватися для асинхронних двигунів починаючи з 90-х років у тих сферах застосування, де була потрібна висока точність керування обертами.

Нижче в таблиці наведено список звичайних методів керування перетворювачами частоти, більшість із яких включає контроль обертів.

У загальних рисах пам'ятайте, що в міру просування вправо по таблиці технічні характеристики та точність зростатимуть з одночасним зниженням гнучкості та економічної ефективності.

Для керування без датчиків методи та назви можуть відрізнятися залежно від виробника. Наведений у таблиці метод є власною розробкою Mitsubishi Electric.

1.4 Методи керування перетворювачем частоти

Метод керування	Керування характеристикою напруга-частота (V/F)	Керування без датчиків		Векторне керування з PLG
		Керування з орієнтацією по полю	Реальне бездатчикове векторне керування	
Діапазон контролю обертів	1 : 10 (від 6 Гц до 60 Гц: лінії електроживлення)	1 : 120 (від 0,5 Гц до 60 Гц: лінії електроживлення)	1 : 200 (від 0,3 Гц до 60 Гц: лінії електроживлення)	1 : 1500 (1 об./хв / 1500 об./хв: лінії електроживлення з рекуперацією)
Реакція	від 10 до 20 (рад/с)	від 20 до 30 (рад/с)	120 (рад/с)	300 (рад/с)
Керування швидкістю	(ТАК)	(ТАК)	(ТАК)	(ТАК)
Керування крутним моментом	(НІ)	(НІ)	(ТАК)	(ТАК)
Керування положенням	(НІ)	(НІ)	(НІ)	(ТАК)
Короткий опис	Найпоширеніший метод керування перетворювачем частоти. Напруга та частота підтримуються на постійному рівні.	Для усунення проблем із провалом крутного моменту на низьких обертах при керуванні за типом V/F, використовується метод керування, який коригує вихідну напругу за допомогою векторних розрахунків для струму двигуна.	У стандартних двигунах без PLG керування здійснюється шляхом розрахунку та оцінки обертів двигуна на основі параметрів двигуна та характеристики напруга/струм.	У цьому методі струм двигуна поділяється на орієнтовані по полю компоненти та компоненти, що створюють крутний момент. Кожен із них контролюється незалежно один від одного. Це дозволяє з високою точністю та швидкою реакцією контролювати крутний момент і положення.
Загальне призначення	Цей метод є дуже гнучким при використанні зі стандартними двигунами, які мають невелику кількість елементів керування.	Цей метод є дуже гнучким при використанні зі стандартними двигунами, які мають невелику кількість елементів керування.	Цей метод вимагає знання параметрів двигуна, а також налаштування коефіцієнта підсилення в системі керування.	Цей метод вимагає наявності двигуна з PLG, а також налаштування коефіцієнта підсилення в системі керування.
Доступні для використання двигуни	Стандартний двигун (без PLG)	Стандартний двигун (без PLG)	Стандартний двигун (без PLG)	Стандартний двигун (з PLG) Спеціальний двигун із векторним керуванням

Офіційний дистриб'ютор в Україні

КСК® АВТОМАТИЗАЦІЯ

ТОВ «КСК-Автоматизація»

Адреса: ***02660, м. Київ, вул. Євгена Сверстюка, 4-Б***

Телефон: ***+38 (044) 494-33-55***

E-mail: ***kck@kck.ua***

Вебсайт: ***kck.ua***