



## Технічна примітка

### Режими керування двигуном VFD



#### Дистриб'ютор в Україні

Україна: ТОВ "Системи реального часу - Україна"

[www.delta-electronics.com.ua](http://www.delta-electronics.com.ua)

вул. Святослава Хороброго, 29-А, 49001, м.Дніпро

Пошта: [sales@rts.ua](mailto:sales@rts.ua)

ТЕЛ : +38 0562 392223 / +38 068 2392223

**Delta Electronics (Нідерланди) BV**

Automotive Campus 260, 5708JZ, Хелмонд, Нідерланди

Контактна особа технічної підтримки:

[iatechnicalsupport@deltaww.com](mailto:iatechnicalsupport@deltaww.com) [www.delta-emea.com](http://www.delta-emea.com)

## історія

Рев.	Коментарі	Дата
V1.0	Вперше опубліковано	14 вересня 2022 р

# Зміст

---

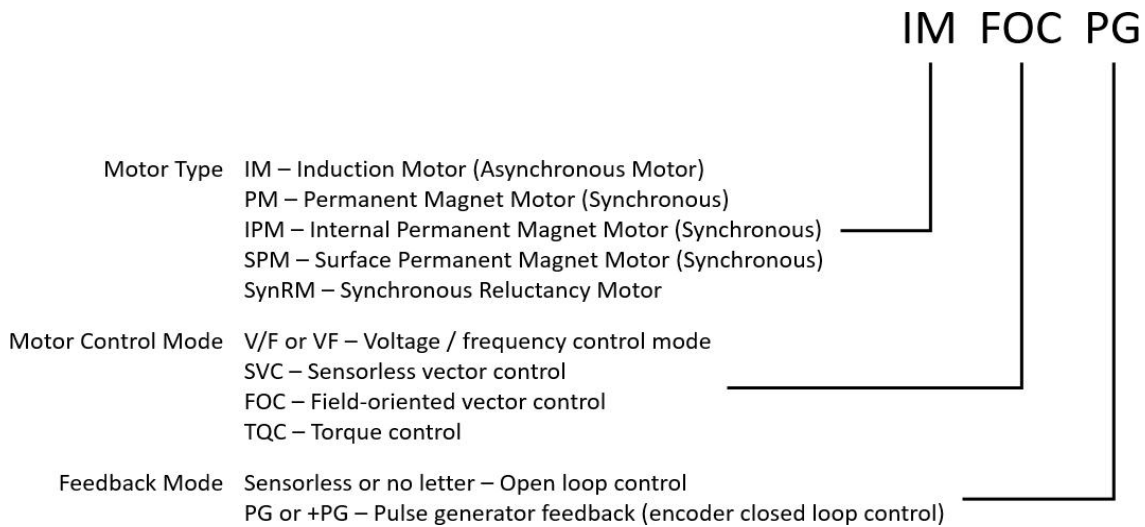
1	Вступ .....	4
2	Код режиму керування двигуном .....	5
2.1	Тип двигуна .....	5
2.2	Режим керування двигуном .....	6
2.3	Режим зворотного зв'язку .....	7
3	Властивості режиму керування двигуном .....	8

## 1 вступ

Ця технічна примітка роз'яснює значення таких абревіатур, як IM VF + PG, IPM FOC, PM TQC тощо. Тут також пояснюється, як працюють відповідні режими та коли їх використовувати.

Майте на увазі, що цей документ призначений для кваліфікованих осіб і не може замінити глибоку технічну освіту та навчання.

## 2 Код режиму керування двигуном



Не всі комбінації режимів можливі. Наявність режимів залежить від моделі накопичувача і може змінюватися. Будь ласка, зверніться до контактної особи Delta або у відповідному посібнику користувача.

### 2.1 Тип двигуна

Асинхронні двигуни IM є найпоширенішими типами двигунів. Їх легко виготовити та отримати, вони надійні та доступні за розумними цінами. Донедавна користувачі вважали їх ефективність задовільною. Нові правила та законодавство вимагають вищих рейтингів ефективності. Асинхронні двигуни досягають фізичних обмежень, коли мова заходить про подальші вдосконалення в цьому відношенні. Іншим недоліком є те, що вони страждають від ковзання. Це означає, що швидкість їх ротора залежить від навантаження і не є синхронною зі швидкістю електричного поля.

Двигуни з постійними магнітами PM є класичними синхронними машинами. Вони забезпечують більший ККД, ніж асинхронні двигуни, але рідкоземельні магніти в них роблять їх дорогими. Їм потрібні розширені алгоритми керування, що вимагає більших зусиль під час введення в експлуатацію. Електронно комутовані електродвигуни ЕС, також відомі як безщіточні двигуни постійного струму, поводяться як двигуни PM. Для них підходять однакові режими управління.

Двигуни з внутрішнім постійним магнітом IPM мають магніти всередині ротора. Така конструкція більш складна у виготовленні і збільшує ціну даного типу мотора.

Двигуни SPM з постійними магнітами, що встановлюються на поверхні, мають магніти на зовнішній стороні ротора, що робить їх простіше та дешевше у виробництві. Точність виготовлення магнітів поступається сталі. Отже, повітряний зазор між статором і ротором має бути більшим, ніж у двигунах IPM. У результаті двигуни SPM мають дещо нижчу ефективність, ніж двигуни IPM.

Синхронні реактивні двигуни SynRM на даний момент є чемпіонами, коли справа доходить до ефективності. Їх виготовлення і вартість матеріалів невисокі, тому що вони не потребують магнітів або мідних обмоток на роторі. Недоліком є те, що цей тип двигуна має дуже малу переважувальну здатність, що робить його придатним лише для застосувань із невеликим переваженням, наприклад, для відцентрових насосів. Двигуни SynRM потребують розширених алгоритмів керування, особливо для їх запуску. Тому на момент написання цієї замітки лише деякі приводи можуть керувати двигунами SynRM.

### 2.2 Режим керування двигуном

Режим керування напругою/частотою  $V/f$  є режимом керування за замовчуванням для більшості VFD. Відповідно до параметрів  $V/f$ , привод створює таблицю, яка визначає значення частоти для кожного значення напруги. Привід створює відповідну вихідну напругу та частоту без урахування фактичної швидкості ротора. Асинхронні двигуни будуть обертатися повільніше, ніж вихідна частота приводу через ковзання, що є результатом їх принципу роботи.

$V/f$  - це режим вибору для застосувань, які не вимагають точного контролю швидкості та крутного моменту, наприклад, відцентрові насоси або вентилятори.

Безсенсорний режим векторного керування SVC не потребує таблиці  $V/f$ . Він починається з припущення про лінійну криву між найвищими та найнижчими частотами та напругами. Відповідно до струму двигуна контролер оцінює фактичну швидкість ротора. Якщо швидкість не збігається з командою швидкості, привод змінює вихідну напругу, поки ротор не досягне потрібної швидкості. Цей режим активує автоматичну компенсацію ковзання. Для асинхронних двигунів це означає, що вихідна частота приводу може бути вищою за максимальне налаштування частоти, оскільки максимальна частота відноситься до частоти ротора, а не до вихідної частоти приводу.

Режим SVC підходить для застосувань, які потребують трохи більшої швидкості та точності крутного моменту на низькій швидкості, наприклад, конвеєри або об'ємні насоси.

Режим керування FOC, орієнтований на поле, забезпечує поведінку, подібну до сервоприводу. Перетворення Кларка-Парка дозволяють точно розрахувати фактичний стан двигуна та необхідні команди напруги та частоти для керування поведінкою двигуна.

Зворотній зв'язок цього режиму базується на вимірюванні струму, що робить його більш точним, ніж режими  $V/f$  і SVC, особливо при дуже низькій швидкості двигуна.

Режими FOC можуть вирішувати завдання, які потребують високого пускового моменту на дуже низькій швидкості, наприклад, камендробарки або ліфти. Вони також добре підходять для точного контролю швидкості, крутного моменту та положення.

Контроль крутного моменту TQC дозволяє використовувати привід як регулятор крутного моменту замість регулятора швидкості, наприклад, для програм контролю натягу. Він заснований на режимі FOC.

## 2.3 Режим зворотного зв'язку

Режими зі зворотним зв'язком PG кодера працюють за тими ж принципами, що і режими без кодера. Різниця полягає в тому, що для режимів без PG параметром зворотного зв'язку є виміряна вихідна частота приводу. З PG параметром зворотного зв'язку є виміряна швидкість кодера. На рисунку 2.3.1 показана різниця на прикладі режимів V/f і V/f + PG.

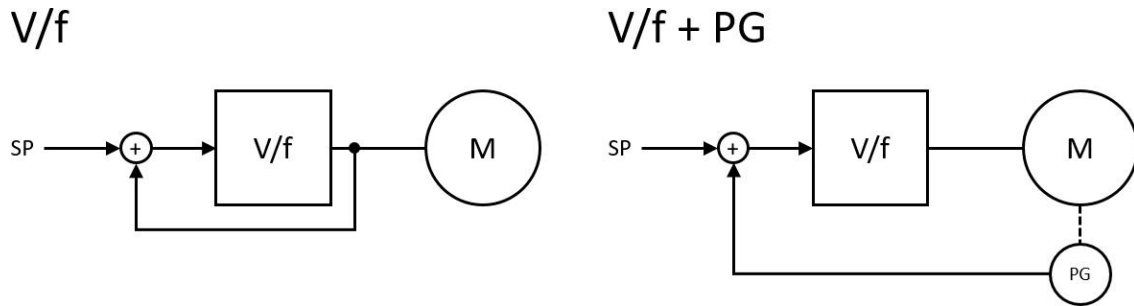


Рисунок 2.3.1 Спрощена блок-схема V/f

У режимах PM FOC кодер також визначає кут ротора для оптимізації керування двигуном.

### 3 Властивості режиму керування двигуном

Таблиця 3.1 Ефективність режиму керування двигуном

Режим	Діапазон швидкості	Пусковий момент
IM V.F IM VF + PG IM SVC	1:50	150% при 3 Гц
PM SVC	1:20	100% при $\frac{\text{Пар. 01-01 (номінальна швидкість двигуна)}}{20}$
IM FOC без сенсора	1:100	200% при 0,5 Гц
IPM FOC без сенсора	1:100	150% при 0 Гц
PM FOC без сенсора	1:50	100% при $\frac{\text{Пар. 01-01 (номінальна швидкість двигуна)}}{50}$
IM FOC + PG	1:100	200% при 0 Гц
PM FOC + PG	1:1000	200% при 0 Гц
SynRM без сенсора	1:20	100% при $\frac{\text{Пар. 01-01 (номінальна швидкість двигуна)}}{20}$

Наведені вище значення залежать від правильного налаштування, а також від зовнішніх обставин і можуть бути не завжди досяжними.

Діапазон швидкості пов'язаний з параметром 01-00 (максимальна швидкість). Використовуючи як приклад режим V/f, максимальне налаштування швидкості 100 Гц призведе до корисного діапазону швидкості 1:50 від 2 Гц до 100 Гц.

Це не означає, що двигун взагалі не працюватиме з частотою нижче 2 Гц, але якість керування не буде такою хорошою, як між 2 Гц і 100 Гц.

У практичних застосуваннях вимоги до такої низької швидкості часто будуть менш суворими, тому якість керування часто є прийнятною.

Те саме стосується пускового моменту. Двигун зможе працювати з частотою нижче 3 Гц, але лише за умови низького крутного моменту, наприклад, для насосів, вентиляторів або конвеєрів. Початковий крутний момент відноситься до номінального крутного моменту двигуна як 100%.

Для застосувань, які вимагають високого пускового моменту на дуже низькій швидкості, переконайтеся, що ви вибрали відповідний режим керування двигуном.