

# VFD Guide

---



# مقدمة

VFD

هذا الدليل يقدم شرحًا عمليًا وبسيطًا لمغير التردد الصناعي VFD، بداية من فكرة عمله وفوائده، وحتى كيفية اختياره وتشغيله والتعامل مع أشهر الأعطال المرتبطة به.

تمت صياغة المحتوى بطريقة مباشرة وسهلة القراءة، بحيث يساعد على فهم الأساسيات بسرعة ويمنح تصورًا أوضح قبل المناقشات الفنية أو قرارات الشراء.

**مهم:** أي قيم نهائية مثل أطوال الكابلات، مقاسات القواطع، أو إعدادات التشغيل يجب مراجعتها وفقًا لكتالوج الموديل المستخدم وظروف الموقع الفعلية.

## ماذا ستجد داخل الدليل؟

- أساسيات الـ VFD بطريقة واضحة ومباشرة.
- أسئلة مهمة تساعد في الاختيار الصحيح.
- أشهر الأعطال والحلول المبدئية المقترحة.
- شرحًا للإكسسوارات ومتى تحتاج إليها.
- أفضل ممارسات التشغيل والحماية.

## فهرس مختصر

القسم	المحتوى
1	أساسيات الـ VFD وفكرته العامة
2	كيفية اختيار الـ VFD المناسب
3	الأعطال والحلول الشائعة
4	التركيب والإكسسوارات
5	البرمجة والتشغيل والتحكم

## لماذا يستخدم الـ VFD؟

الفائدة	القيمة العملية
التحكم في السرعة	تشغيل المعدة على السرعة المطلوبة بدل السرعة القصوى طوال الوقت.
توفير الطاقة	تقليل استهلاك الكهرباء خصوصاً في المضخات والمراوح.
بدء تشغيل ناعم	خفض الصدمات الكهربائية والميكانيكية عند التشغيل.
حماية أفضل	إمكانية مراقبة الأعطال والتحميلات غير الطبيعية مبكراً.
مرونة تشغيل	سهولة الدمج مع الحساسات ولوحات التحكم والـ PLC.

## أشهر التطبيقات

- المضخات وشبكات الضغط الثابت.
- المراوح ووحدات التهوية والتكييف.
- السيور الناقلة والخلطات.
- الرافعات والأوناش وبعض تطبيقات الحركة.
- الضواغط والماكينات الصناعية المختلفة.

## خريطة سريعة للإكسسوارات

الجدول التالي يقدم نظرة مبسطة على أشهر الإكسسوارات ومتى يُنصح بها.

الإكسسوار	متى تحتاجه	الفائدة الأساسية
Line Reactor	عند اضطرابات أو تشويش في التغذية	تحسين جودة التغذية وحماية الـ VFD
Output Reactor	عند كابل موتور متوسط الطول	تقليل تأثير ارتفاعات الجهد على موتور
dV/dt Filter	عند الكابلات الطويلة	حماية أفضل لعزل موتور
Sine Wave Filter	عند الكابلات الطويلة جداً أو المواتير الحساسة	أعلى مستوى من الحماية وجودة الخرج
Braking Resistor	عند الحاجة إلى توقف سريع	تصريف الطاقة الراجعة وتقليل Over Voltage
EMI Filter	عند وجود PLC أو حساسات أو اتصالات	تقليل التشويش الكهرومغناطيسي

# أساسيات ال VFD

إجابات عملية على أكثر الأسئلة شيوعًا.

## 1. ما هو ال VFD؟

**الإجابة:** ال VFD أو مغير التردد هو جهاز إلكتروني يتحكم في سرعة وعزم المحرك الكهربائي عن طريق تغيير التردد والجهد الخارج إلى الموتور.

## 2. كيف يعمل ال VFD ببساطة؟

**الإجابة:** يقوم بتحويل دخل التيار المتردد AC إلى تيار مستمر DC ثم يعيد تكوين خرج AC بتردد وجهد متغيرين بما يناسب سرعة المحرك المطلوبة.

## 3. ما أهم فوائد استخدام ال VFD؟

**الإجابة:** أهم الفوائد هي التحكم في السرعة، خفض تيار البدء، توفير الطاقة في المضخات والمراوح، وتقليل الأعطال الناتجة عن التشغيل المباشر.

## 4. هل ال VFD يوفر كهرباء فعلاً؟

**الإجابة:** نعم، خصوصًا في تطبيقات المراوح والمضخات، لأن تقليل السرعة يقلل الاستهلاك بشكل كبير مقارنة بالعمل على السرعة القصوى طوال الوقت.

## 5. ما الفرق بين ال VFD و Soft Starter؟

**الإجابة:** ال Soft Starter يسهّل بدء التشغيل فقط ثم يترك الموتور يعمل على سرعة الشبكة، أما ال VFD فيتحكم في السرعة والعزم طوال فترة التشغيل.

## 6. هل يمكن تشغيل أي موتور على ال VFD؟

**الإجابة:** معظم مواثير الحث ثلاثية الأوجه يمكن تشغيلها على ال VFD، لكن يجب التأكد من بيانات اللوحة، عزل الموتور، وطول الكابل بين الجهاز والموتور.

## 7. ما معنى الأحمال ثابتة العزم ومتغيرة العزم؟

**الإجابة:** الأحمال ثابتة العزم مثل السيور والرافعات تحتاج عزمًا قويًا حتى عند السرعات المنخفضة، بينما الأحمال متغيرة العزم مثل المضخات والمراوح يقل العزم المطلوب لها مع السرعة.

### 8. هل يمكن تشغيل أكثر من موتور على VFD واحد؟

**الإجابة:** يمكن ذلك في بعض الحالات إذا كانت كل المواتير تعمل بنفس السرعة ونفس منطق التشغيل، مع توفير حماية مستقلة لكل موتور.

### 9. ما معنى Carrier Frequency؟

**الإجابة:** هو تردد التقطيع الداخلي المستخدم لتوليد خرج ال PWM. رفعه قد يقلل صوت الموتور لكنه قد يزيد سخونة ال VFD ويؤثر على طول الكابل المسموح.

### 10. ما الفرق بين دخل أحادي وثلاثي الأوجه؟

**الإجابة:** بعض موديلات ال VFD الصغيرة تقبل دخلًا أحاديًا وتخرج ثلاثي الأوجه للموتور، بينما القدرات الأكبر تحتاج غالبًا إلى تغذية ثلاثية الأوجه.

## اختيار ال VFD

إجابات عملية على أكثر الأسئلة شيوعًا.

### 11. كيف أختار قدرة ال VFD؟

**الإجابة:** ابدأ ببيانات لوحة الموتور: القدرة، الجهد، التيار، التردد، ثم قارن تيار الموتور المقنن بتيار خرج ال VFD المسموح.

### 12. هل أختار حسب kW أم حسب التيار؟

**الإجابة:** الاختيار النهائي يكون حسب تيار الموتور وتيار خرج ال VFD، لأن موديلين بنفس القدرة قد يختلفان في التيار المتاح وفي نوع ال Duty.

### 13. ما الفرق بين Normal Duty و Heavy Duty؟

**الإجابة:** Normal Duty مناسب عادة للأحمال الأخف مثل المراوح والمضخات، بينما Heavy Duty مناسب للأحمال التي تحتاج عزمًا أعلى مثل السيور والخلاطات والرافعات.

### 14. كيف أختار VFD للمضخات؟

**الإجابة:** حدد قدرة الموتور، نوع المضخة، ونمط التشغيل، ثم تأكد من الحاجة إلى PID أو حساس ضغط إذا كان الهدف هو الحفاظ على ضغط ثابت.

### 15. كيف أختار VFD للمراوح؟

**الإجابة:** المراوح من أفضل تطبيقات ال VFD. عادة يكفي اختيار مناسب حسب التيار والجهد مع مراعاة ظروف التهوية ونمط التشغيل.

### 16. كيف أختار VFD للسيور الناقلة؟

**الإجابة:** يجب مراجعة وزن الحمل، عزم البدء، وزمن التسارع والتوقف. كثير من السيور تحتاج Vector Control وأحيانًا Heavy Duty.

### 17. كيف أختار VFD للأوناش والرافعات؟

**الإجابة:** هذه التطبيقات تحتاج عزمًا قويًا وتحكمًا دقيقًا وفرملة مناسبة، وقد تتطلب Encoder أو مقاومة فرملة حسب نوع الحركة ودورة التشغيل.

### 18. متى أستخدم قدرة أكبر من قدرة الموتور؟

**الإجابة:** قد نلجأ إلى قدرة أعلى عندما تكون الحرارة المحيطة مرتفعة، أو الحمل ثقيلًا، أو دورة التشغيل قاسية، أو يتطلب التطبيق هامش أمان إضافي.

### 19. كيف أحدد نطاق السرعة المناسب؟

**الإجابة:** يعتمد ذلك على حدود الموتور والتطبيق. العمل بسرعات منخفضة جدًا لفترات طويلة قد يؤثر على تبريد الموتور، والعمل بسرعات أعلى من المقنن يحتاج مراجعة دقيقة.

### 20. ما البيانات المطلوب تجهيزها قبل الشراء؟

**الإجابة:** قدرة الموتور، الجهد، التيار، نوع الحمل، طول كابل الموتور، طريقة التحكم المطلوبة، وبيئة التشغيل هي أهم البيانات التي تساعد على الاختيار الصحيح.

## الأعطال والحلول الشائعة

إجابات عملية على أكثر الأسئلة شيوعًا.

### 21. لماذا يظهر Fault Over Voltage؟

الإجابة: يظهر غالبًا بسبب تباطؤ سريع يجعل الحمل يرجع طاقة إلى الـ DC Bus، أو بسبب ارتفاع جهد التغذية.

### 22. لماذا يظهر Under Voltage؟

الإجابة: غالبًا يكون السبب انخفاض جهد المصدر، أو ضعف في التغذية، أو هبوط جهد نتيجة كابلات أو حمل غير مناسب.

### 23. لماذا يظهر Over Current؟

الإجابة: قد ينتج عن تسارع سريع جدًا، حمل ميكانيكي زائد، قصر أو مشكلة في كابل الموتور، أو إعدادات موتور غير صحيحة.

### 24. لماذا يظهر Over Load؟

الإجابة: يعني أن الـ VFD أو الموتور يعمل فوق قدرته لفترة أطول من المسموح. يحدث ذلك مع الأحمال الزائدة أو الاختيار غير المناسب.

### 25. لماذا ترتفع حرارة الـ VFD؟

الإجابة: الأسباب الشائعة هي ارتفاع حرارة المكان، ضعف التهوية داخل اللوحة، انساخ الفلاتر، أو تشغيل الجهاز بالقرب من حدّه الأقصى لفترة طويلة.

### 26. لماذا يفصل الـ VFD عند بدء التشغيل؟

الإجابة: يحدث ذلك عادة عند حمل ثقيل، أو تسارع قصير، أو إعدادات غير صحيحة للموتور، أو اختيار غير مناسب لطريقة التحكم.

### 27. ماذا يعني Earth Fault؟

الإجابة: يدل غالبًا على تسريب أرضي أو مشكلة عزل في كابل الموتور أو الموتور نفسه، وقد يظهر أيضًا بسبب الرطوبة أو تلف الكابل.

### 28. لماذا يظهر Phase Loss؟

الإجابة: قد يكون هناك فقد في فازة من الدخل أو الخرج، أو فيوز تالف، أو مشكلة في الكونتاكتور أو التوصيلات.

### 29. لماذا يسخن الموتور مع الـ VFD؟

**الإجابة:** تشغيل طويل على سرعات منخفضة، أو كابل طويل بدون فلترة، أو Carrier Frequency غير مناسب قد يرفع حرارة الموتور.

### 30. كيف أتعامل مع Fault متكرر؟

**الإجابة:** يجب تسجيل كود العطل، وظروف حدوثه، والسرعة، والتيار، والجهد، ثم البحث عن السبب الجذري بدل الاكتفاء بإعادة التشغيل.

## التركيب والإكسسوارات

إجابات عملية على أكثر الأسئلة شيوعًا.

### 31. متى أستخدم Line Reactor؟

**الإجابة:** يستخدم على دخل الـ VFD لتحسين جودة التغذية، وتقليل تأثير اضطرابات الشبكة، وتوفير حماية إضافية للجهاز.

### 32. متى أستخدم Output Reactor؟

**الإجابة:** يستخدم على خرج الـ VFD عندما تكون المسافة إلى الموتور متوسطة أو عندما نحتاج تقليل تأثير ارتفاعات الجهد على عزل الموتور.

### 33. ما الفرق بين Output Reactor و dV/dt Filter؟

**الإجابة:** الـ Output Reactor يقلل جزءًا من الإجهاد، بينما dV/dt Filter مصمم خصيصًا لتقليل معدل تغير الجهد وحماية الموتور بشكل أفضل مع الكابلات الطويلة.

### 34. متى أستخدم Sine Wave Filter؟

**الإجابة:** يستخدم عندما نحتاج أعلى مستوى من حماية الموتور أو عند الكابلات الطويلة جدًا أو المواتير الحساسة أو القديمة.

### 35. لو المسافة بين الـ VFD والموتور كبيرة، ما الحل؟

**الإجابة:** بصورة عامة: الكابلات القصيرة قد لا تحتاج إضافة، المتوسطة قد تحتاج Output Reactor، الطويلة تحتاج dV/dt Filter، والطويلة جدًا أو المواتير الحساسة تحتاج Sine Wave Filter.

### 36. متى أستخدم Braking Resistor؟

**الإجابة:** تستخدم عند الحاجة إلى توقف سريع أو في التطبيقات التي يرجع فيها الحمل طاقة إلى الـ VFD أثناء التباطؤ مثل الرافعات والسيور الثقيلة وبعض الخلاطات.

### 37. كيف أختار مقاومة الفرملة؟

**الإجابة:** يتم الاختيار حسب قدرة الـ VFD، جهد الـ DC Bus، زمن التوقف، دورة التشغيل، والطاقة المراد تبديدها، مع الالتزام بتوصيات الشركة المصنعة.

### 38. هل أحتاج EMI/RFI Filter؟

**الإجابة:** نحتاجه عندما توجد حساسات أو PLC أو أنظمة اتصال قد تتأثر بالتشويش الكهرومغناطيسي الناتج عن التشغيل الإلكتروني.

### 39. كيف أختار MCCB المناسب؟

**الإجابة:** يعتمد الاختيار على تيار دخل ال VFD، جهد التشغيل، وقدرة القصر المطلوبة، ولا يتم فقط على أساس قدرة الموتور.

### 40. هل أستخدم Contactor قبل أم بعد ال VFD؟

**الإجابة:** في الغالب يوضع الكونتاكتور على دخل ال VFD للفصل والتشغيل. استخدام كونتاكتور بين ال VFD والموتور أثناء التشغيل يجب أن يكون وفق تصميم مدروس فقط.

# البرمجة والتشغيل والتحكم

إجابات عملية على أكثر الأسئلة شيوعًا.

## 41. ما الفرق بين Scalar و Vector Control؟

**الإجابة:** Scalar أو V/f مناسب للتطبيقات البسيطة مثل المضخات والمراوح، بينما Vector يوفر تحكمًا أفضل في العزم والسرعة خاصة عند السرعات المنخفضة.

## 42. ما هو Sensorless Vector؟

**الإجابة:** هو نوع من التحكم الـ Vector دون استخدام Encoder، حيث يقدر حالة الموتور داخليًا ليعطي أداءً أعلى من V/f في كثير من التطبيقات.

## 43. ما هو PID Control؟

**الإجابة:** وظيفته أن يضبط سرعة الموتور تلقائيًا للوصول إلى قيمة مطلوبة مثل ضغط أو مستوى أو تدفق محدد.

## 44. كيف أضبط زمن التسارع والتوقف؟

**الإجابة:** يجب أن يكونا مناسبين للحمل. تقليل زمن التسارع جدًا قد يسبب Over Current، وتقليل زمن التوقف جدًا قد يسبب Over Voltage.

## 45. كيف أعكس اتجاه دوران الموتور؟

**الإجابة:** يمكن ذلك من الإعدادات أو عبر مدخل رقمي مخصص، بشرط أن يسمح التطبيق بالعكس دون تأثير ميكانيكي أو تشغيلي ضار.

## 46. كيف أشغل الـ VFD من لوحة خارجية؟

**الإجابة:** يمكن التحكم فيه بواسطة أزرار Start/Stop، أو بوتينشيومتر، أو إشارات رقمية وتناظرية من لوحة تحكم خارجية.

## 47. كيف أوصل Potentiometer؟

**الإجابة:** عادة يتم توصيله على أطراف الجهد المرجعي والإشارة والـ Common، ثم ضبط دخل الـ Analog Input ليقرأ قيمة السرعة المطلوبة.

#### 48. كيف أوصل حساس ضغط أو مستوى؟

**الإجابة:** غالبًا يستخدم خرج 4-20mA أو 0-10V حسب الحساس ونوع الـ VFD، ثم يتم ضبط نوع الإشارة ونطاق القراءة داخل البراميترات.

#### 49. كيف أوصل الـ VFD مع PLC عبر Modbus؟

**الإجابة:** يتم توصيل شبكة الاتصال مثل RS485 ثم ضبط عنوان الجهاز، سرعة الاتصال، ونوع الـ Parity ومراجعة خرائط الـ رجسترات.

#### 50. ما أفضل الممارسات لإطالة عمر الـ VFD؟

**الإجابة:** الاختيار الصحيح، التهوية الجيدة، الحماية المناسبة، تنظيف اللوحة، التأريض السليم، والتعامل مع الأعطال من جذورها كلها عوامل تطيل عمر الجهاز.

## أفضل الممارسات

- اختيار القدرة المناسبة حسب تيار الموتور الفعلي وليس القدرة الاسمية فقط.
- الاهتمام بالتهوية والتأريض الجيدين داخل اللوحة.
- التأكد من إعداد بيانات الموتور بشكل صحيح داخل الـ VFD.
- عدم تجاهل الأعطال المتكررة والبحث عن سببها الجذري.
- إضافة الإكسسوارات المناسبة عندما يفرض التطبيق ذلك، خصوصًا في الكابلات الطويلة أو التوقف السريع.

الخلاصة: الـ VFD ليس مجرد جهاز للتحكم في السرعة، بل هو جزء مهم من حل تشغيل أكثر كفاءة واعتمادية. الاختيار الصحيح من البداية يوفر وقتًا وتكلفةً وأعطالًا كثيرة لاحقًا. يمكن استخدام هذا الدليل كمرجع مختصر في المناقشات الفنية الأولية واختيار الحل المناسب بصورة أسرع.