

馬達變頻驅動設備 維護保養量測技術



美國福祿克公司
台灣辦事處

edmund.teng@fluke.com

鄧旭智
Edmund Teng

馬達變頻器系統與電力品質測量

●變頻器操作原理

如何改變馬達轉速？！



馬達變頻器系統與電力品質測量

●變頻器操作原理

馬達轉速

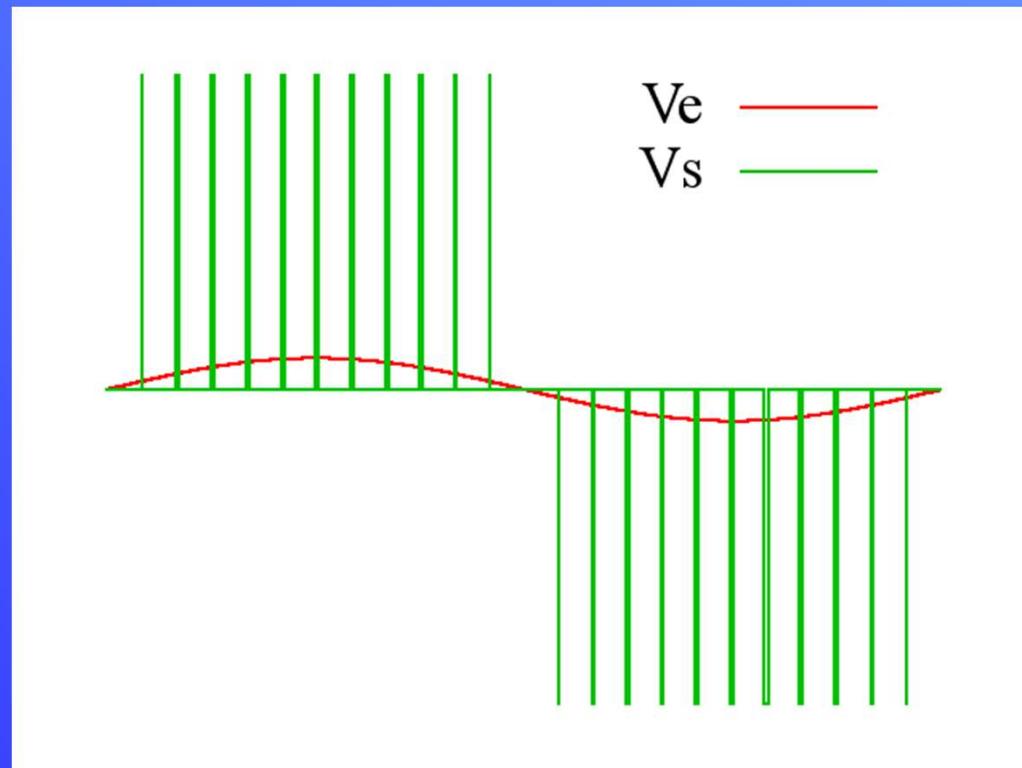
$$N_s = \frac{120f(r/min)}{P}$$

N_s : 同步轉速 (r / min)
P : 馬達極數
f : 頻率 (Hz)
120 : 常數

馬達變頻器系統與電力品質測量

●變頻器操作原理

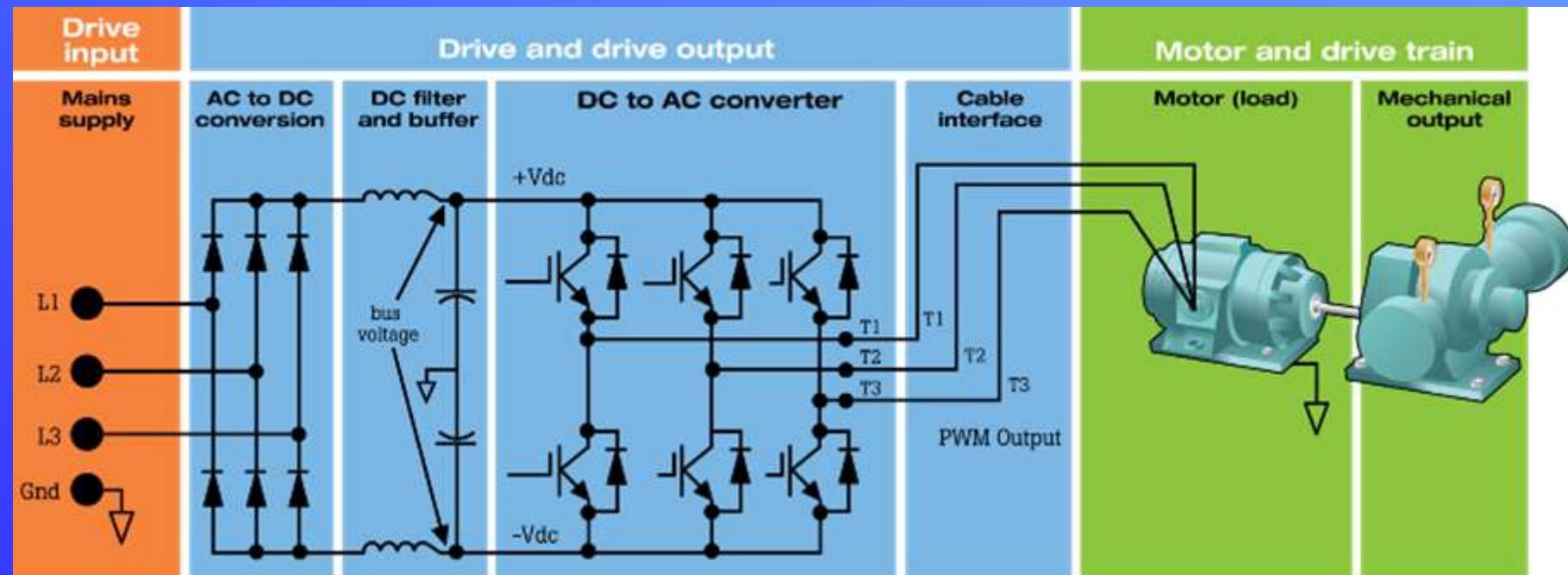
SPWM



馬達變頻器系統與電力品質測量

●變頻器操作原理

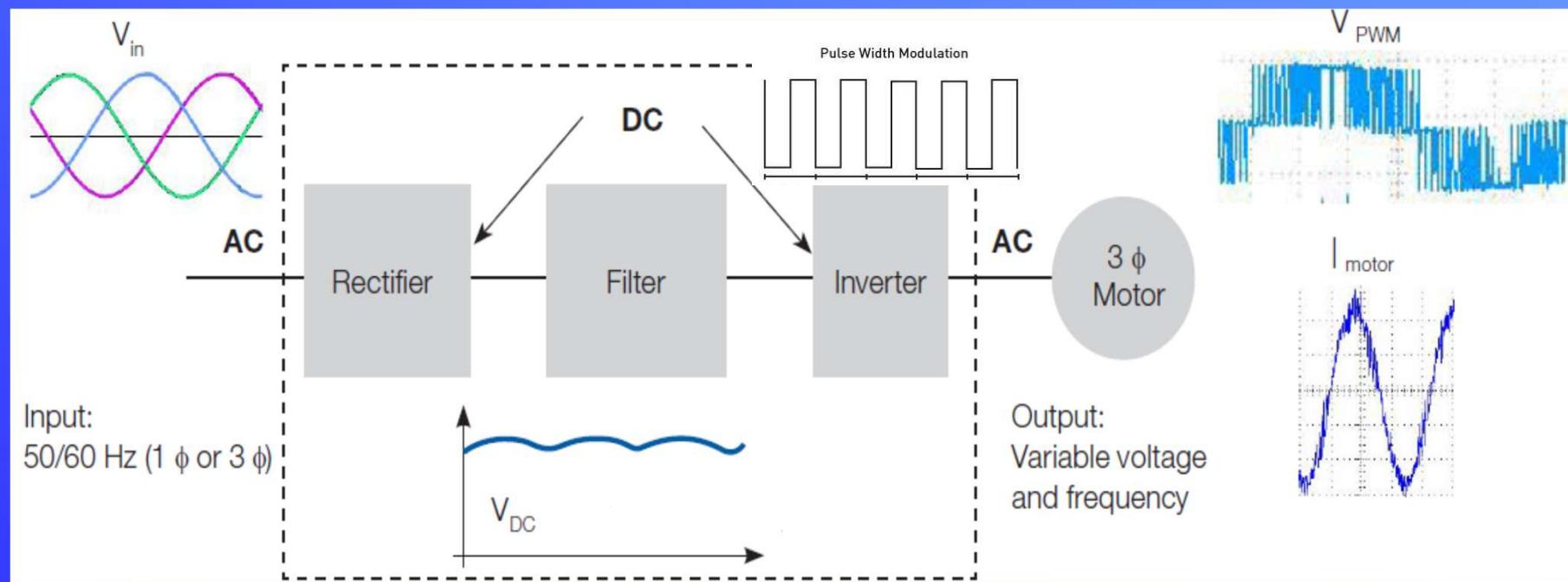
變頻驅動器架構



馬達變頻器系統與電力品質測量

●變頻器操作原理

變頻驅動器動作原理



馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量



馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

變頻器電源輸入端 – 電力品質測量

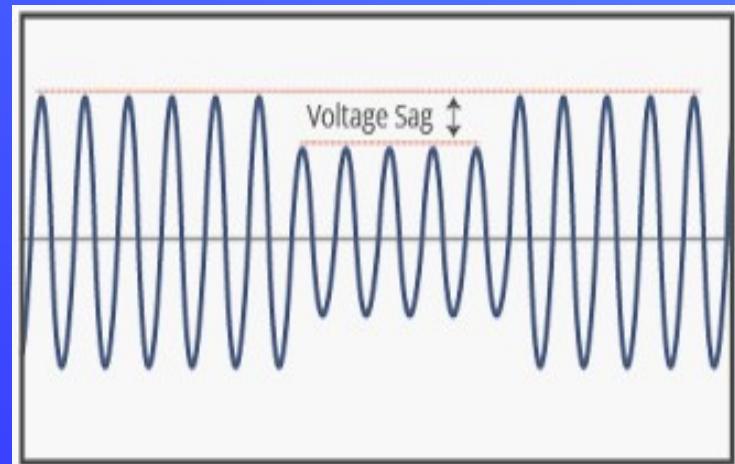


- 電壓驟降/驟升/中斷
- 電源諧波
- 不平衡

馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

變頻器電源輸入端 – 電力品質測量：電壓驟降/驟升/中斷



- 電壓驟降超出設備容忍程度, ASD 因低電壓跳脫, 馬達減速停止運轉
- 負載過重, 過電流使ASD跳脫
- 電壓擾動時間超過ASD設定而跳脫, 馬達減速進而停止運轉

馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

變頻器電源輸入端 – 電力品質測量：電壓驟降/驟升/中斷

思考 ...

如果運轉設備因電力中斷

我們希望獲得哪些電力方面的訊息？



馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

變頻器電源輸入端 – 電力品質測量：電壓驟降/驟升/中斷

DIPS & SWELLS					EVENT 6 / 6
P UNIT		0:00:39			
DATE	TIME	TYPE	LEVEL	DURATION	
07/31/19	15:23:57:465	A DIP	8.1 U	0:00:00:257	
07/31/19	15:23:57:722	A TRA	> 115U		
07/31/19	15:23:56:217	A CHG	14.8 U	0:00:01:473	
07/31/19	15:24:05:912	B DIP	10.1 U	0:00:00:226	
07/31/19	15:24:15:285	C DIP	7.9 U	0:00:00:259	
07/31/19	15:24:15:285	C TRA	> 115U		

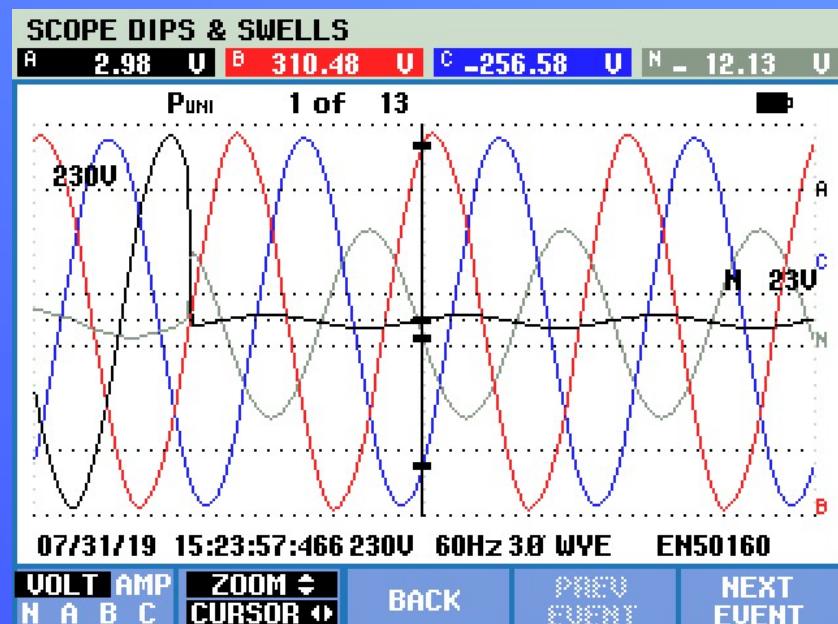
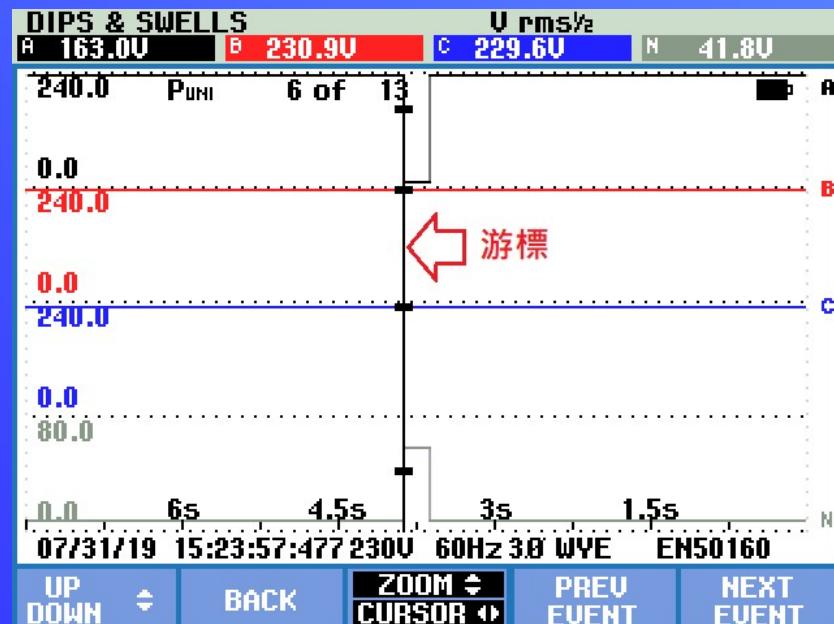
07/31/19 15:24:26 230U 60Hz 3Ø WYE EN50160

WAVE EVENT RMS EVENT NORMAL DETAIL BACK

馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

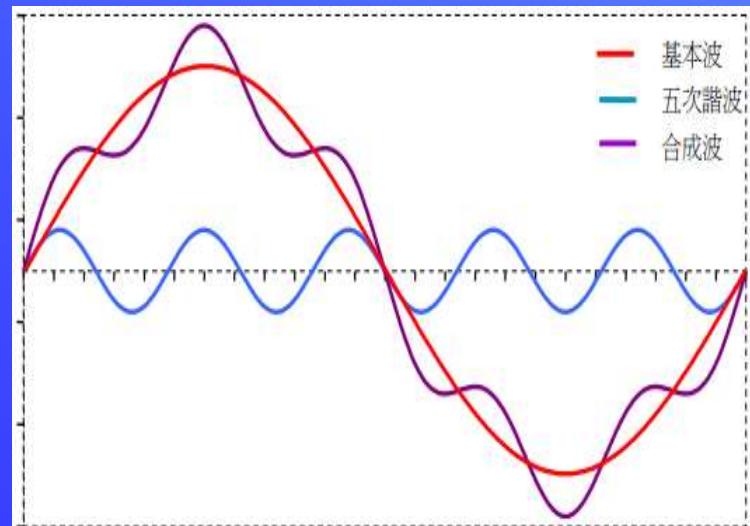
變頻器電源輸入端 – 電力品質測量：電壓驟降/驟升/中斷



馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

變頻器電源輸入端 – 電力品質測量 : 諧波

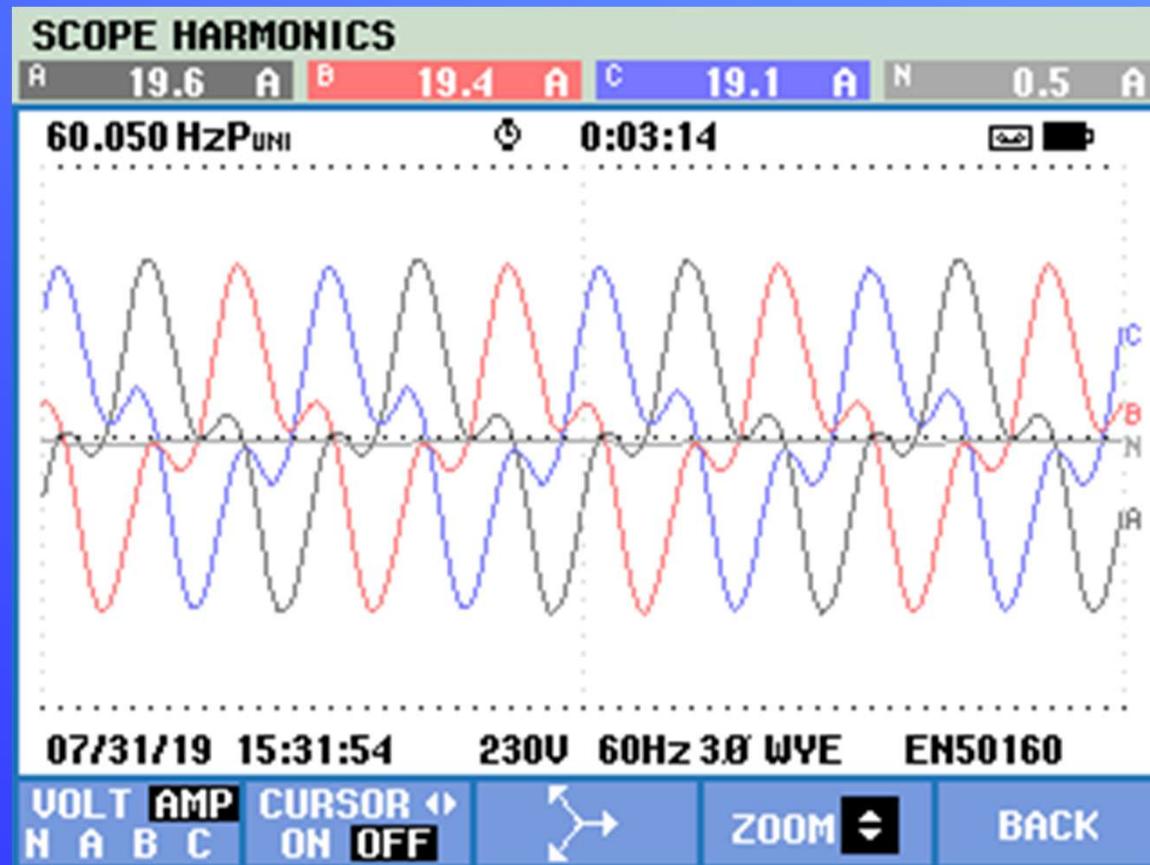


- 電纜線之中,若存在諧波,會過熱問題,進而損壞電纜絕緣
- 電容器也會因為諧波產生過熱現象,也會造成介電質的損壞
- 使變頻器系統在運行中出現驅動故障、過熱故障

馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

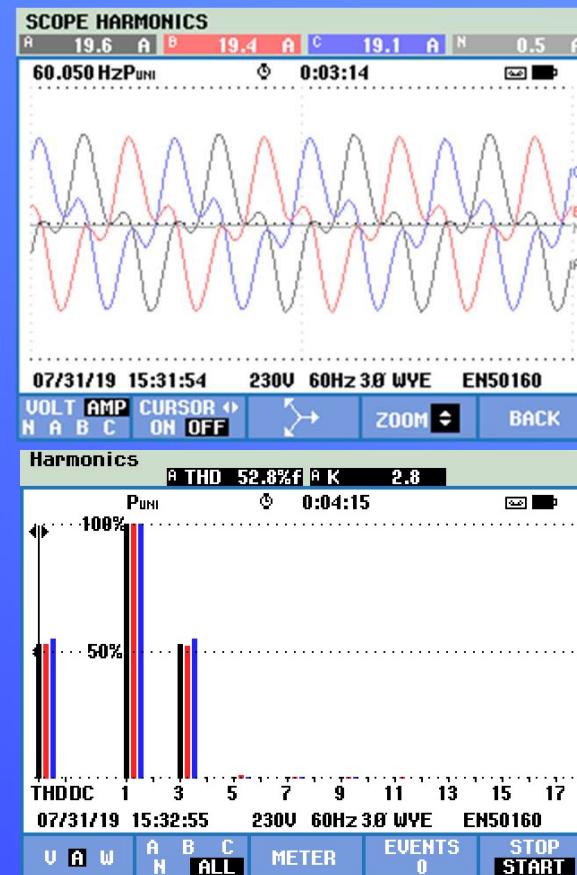
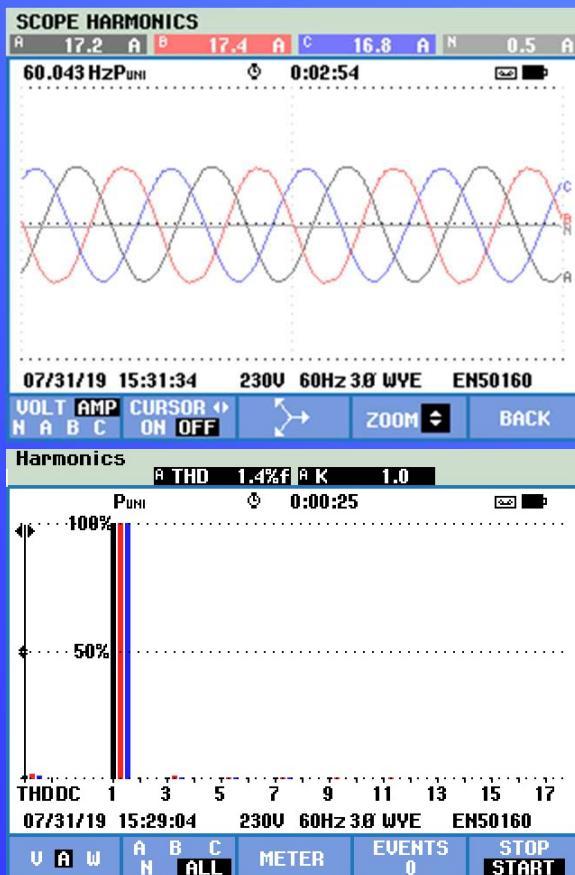
變頻器電源輸入端 – 電力品質測量：諧波-波形



馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

變頻器電源輸入端 – 電力品質測量：諧波-條狀圖



馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

變頻器電源輸入端 – 電力品質測量 : 諧波-數據列表

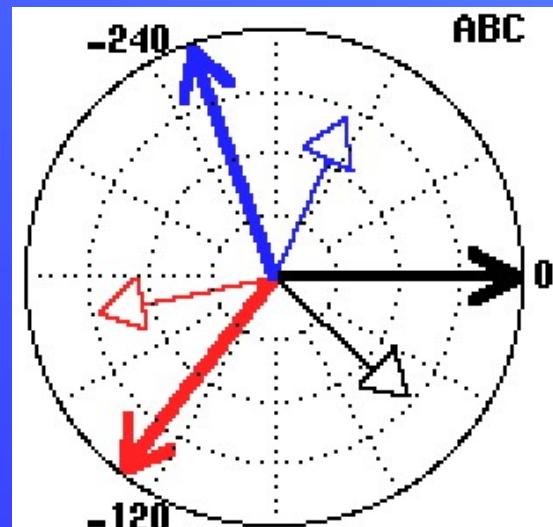
諧波表格				
PuH	A	B	C	N
Volt	A	B	C	N
THD%f	1.3	1.3	1.3	7.7
Volt	A	B	C	N
DC%f	0.0	0.1	0.0	1.0
Volt	A	B	C	N
H1%f	100.0	100.0	100.0	100.0
Volt	A	B	C	N
H2%f	0.0	0.0	0.0	0.1
07/31/19 15:29:53 230V 60Hz 3Ø WYE EN50160				
UP DOWN	HARMONIC GRAPH	TREND	EVENTS 0	STOP START

諧波表格				
PuH	A	B	C	N
Amp	A	B	C	N
THD%f	52.5	52.1	54.8	7.7
Amp	A	B	C	N
DC%f	0.0	0.0	0.0	0.0
A	B	C	N	
K-factor	2.7	2.7	2.8	1.4
Amp	A	B	C	N
H1%f	100.0	100.0	100.0	100.0
07/31/19 15:32:35 230V 60Hz 3Ø WYE EN50160				
UP DOWN	HARMONIC GRAPH	TREND	EVENTS 0	STOP START

馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

變頻器電源輸入端 – 電力品質測量 : 三相不平衡

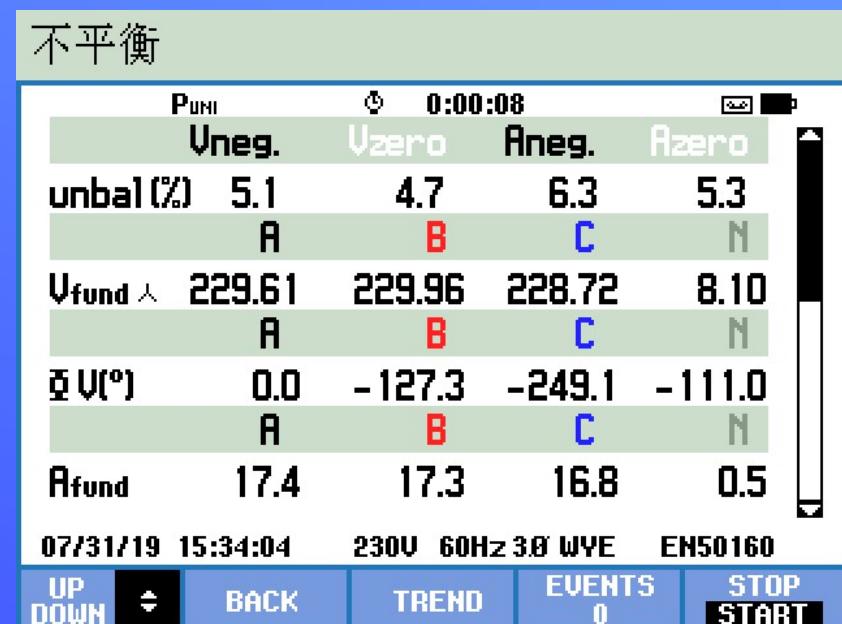
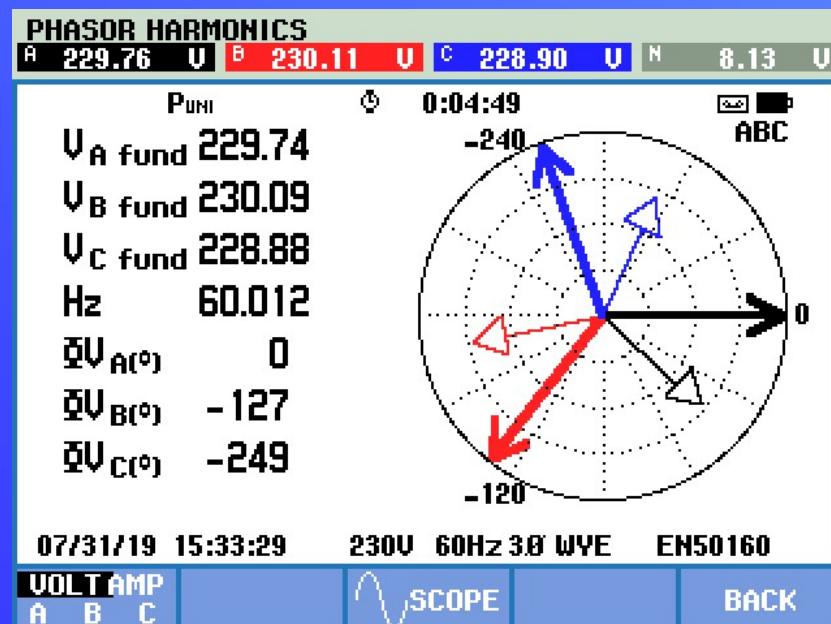


- 驅動器輸入端2%~3%的電壓不平衡，也會導致電壓缺口,造成一相或多相過電流，導致過電流保護裝置跳閘
- 電流不平衡 **應該小於6%**(具體取決於負載電流和電路容量)
- **1%的電壓不平衡會導致3~4%電流不平衡**; 過大的電流不平衡會造成驅動器整流器出現問題而使得馬達過熱

馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

變頻器電源輸入端 – 電力品質測量：三相不平衡



馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

電壓&電流不平衡計算

不平衡%(電壓或電流)
 $\% \text{ (V or I) Imbalance} =$

電壓或電流最大偏差
 $\frac{\text{Max. Deviation (V or I)}}{\text{Average (V or I)}} \times 100$

For example:

$$\begin{array}{r} 449 \\ 470 \\ +462 \\ \hline 1381 \end{array}$$

三相值加總

$$\textcircled{2} \quad \frac{1381}{3} = 460$$

除以3(求平均值)

$$\textcircled{3} \quad \frac{11}{460} \times 100 = 2.39 \%$$

$$449 - 460 = 11$$

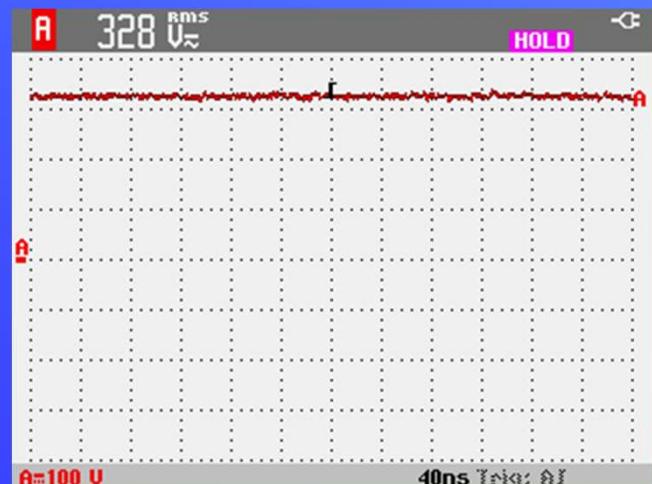
(偏差11為最大)

馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

變頻驅動整流/濾波 – DC Bus & 漣波測量

- DC Bus 測量



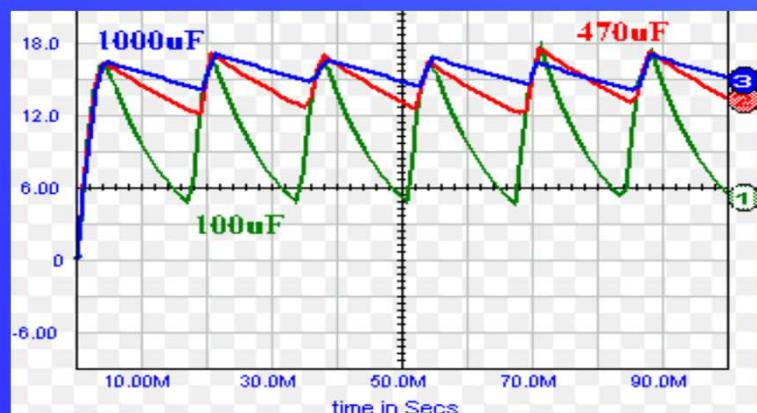
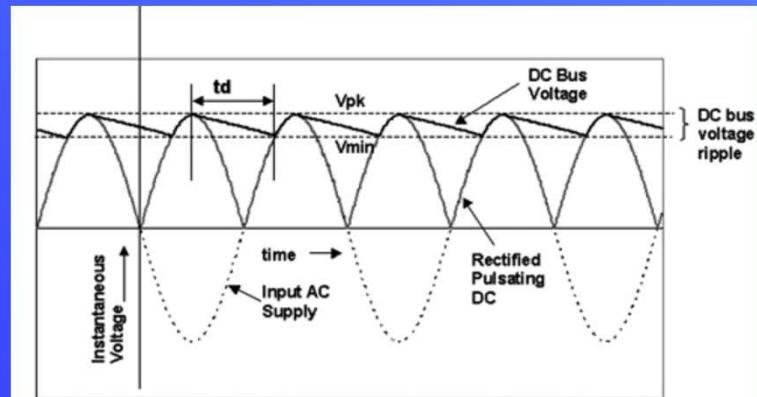
- 直流電壓電為用來檢查驅動器內部DC Bus的數值及穩定性
- 可調速驅動器跳脫問題
 1. DC Bus 過電壓
 2. DC Bus 欠電壓

馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

變頻驅動整流/濾波 – DC Bus & 漣波測量

- 漣波測量

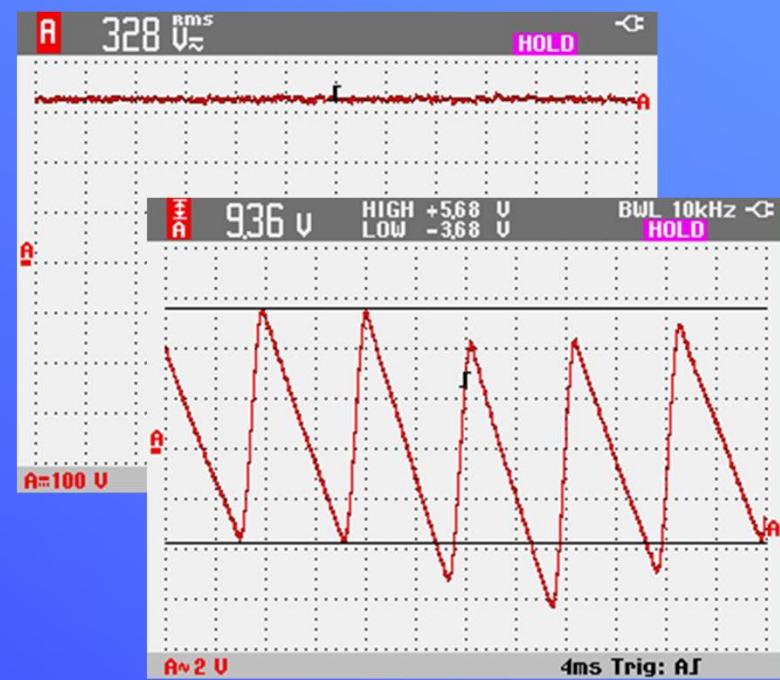
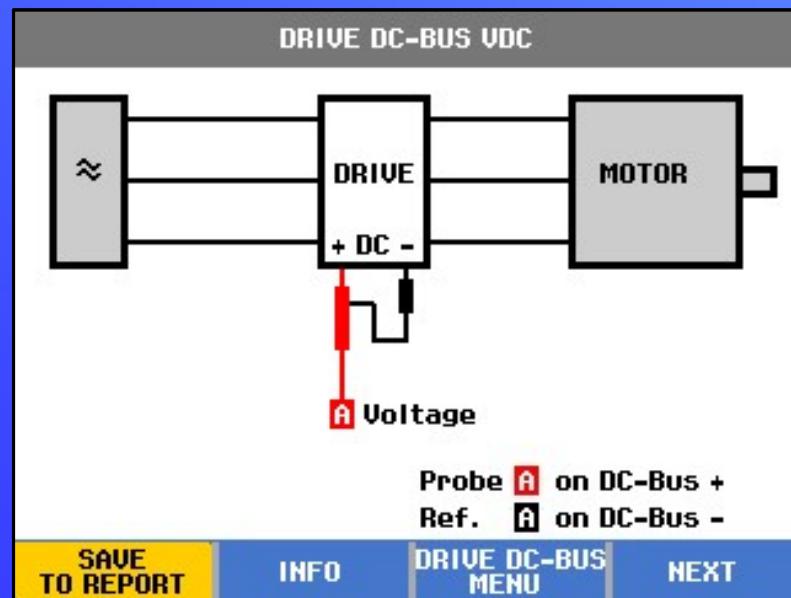


- 交流電壓漣波用於檢測DC Bus上的快速波棟及交流分量
- 漣波峰值具有不同的重複電位, 可能為其中一個整流器故障
- 超過40V的漣波電壓可能由電容器故障引起

馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

變頻驅動整流/濾波 – DC Bus & 漣波測量

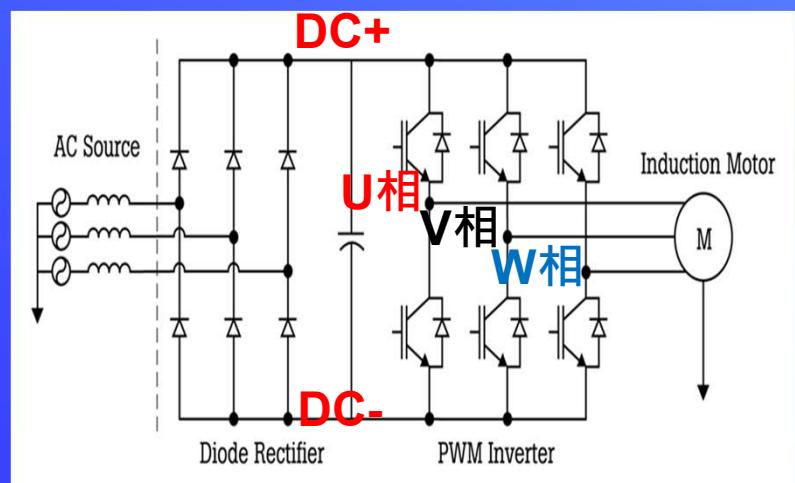


馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

變頻驅動直流轉交流轉換器 – IGBT測量

- IGBT波形測量



觀察IGBT波形接線

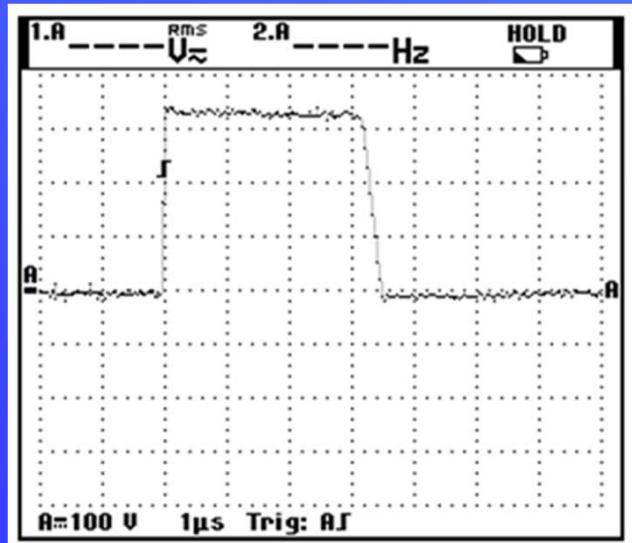
1. 通過將示波器公共導線連接到 dc+ 母線，並在變頻器的電機輸出端子處測量三相中的每一相來檢查正向導通IGBT。
2. 通過將公共導線連接到 dc- 母線，並在變頻器的電機端子處對三相中的每一相進行與上面第 1 步中所述相同的測量，來檢查反相導通IGBT

馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

變頻驅動直流轉交流轉換器 – IGBT測量

- IGBT波形測量



1. 檢查是否顯示邊沿清晰的良好方波
2. 脈衝內應沒有任何可見的雜訊
3. 檢查是否所有三相的波形具有相同外觀

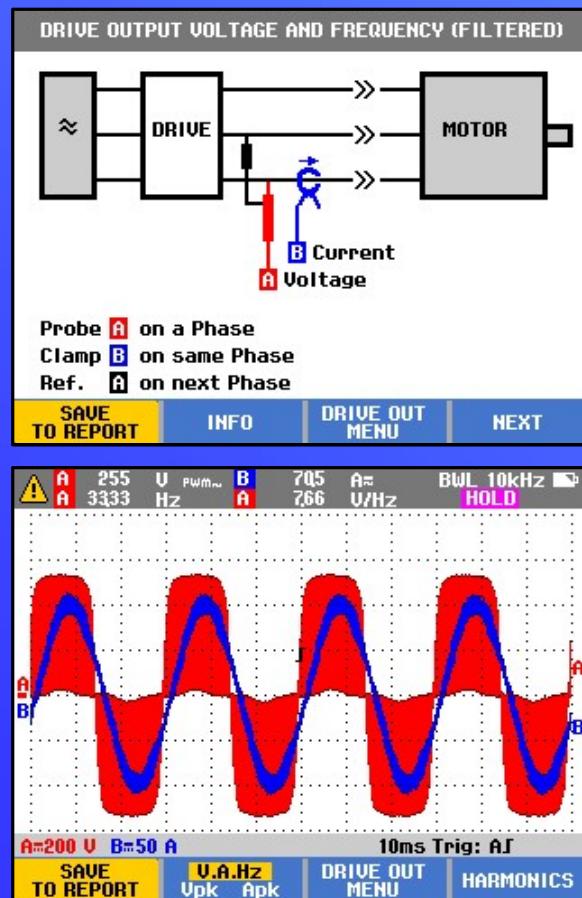
IGBT洩漏檢查

- 啟動驅動器，速度設定為零，量測變頻器的馬達輸出端子之間的電壓。應該是 <40 VAC
檢查有無輸出電晶體洩漏
- 若有洩漏電流，此電壓將會比正常值高過3~4倍
- 測量已知正常的驅動器上進行測量，已確定正常的電壓

馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

變頻驅動輸出 – V/pwm 相間測量: V/Hz比例

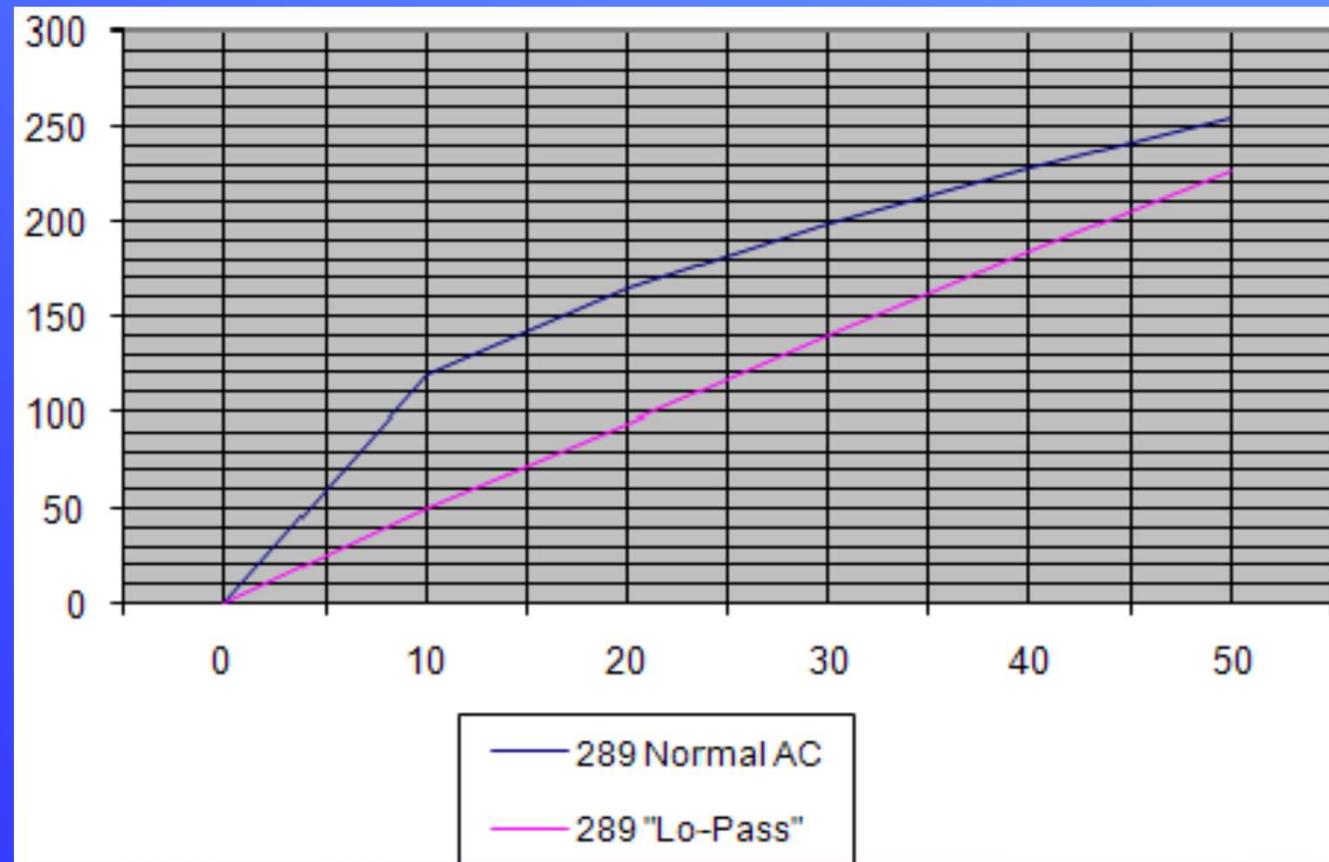


- 測量兩相之間的電壓和其中一相的電流。
- 檢查變頻器輸出電壓和電流是否在馬達極限範圍內。如果輸出電流過高，馬達可能會變熱並導致定子絕緣壽命降低。
- 檢查電壓/頻率比 (V / Hz) 是否在馬達的規定範圍內。如果V / Hz過高，馬達可能會過熱，如果V / Hz過低，馬達將失去扭矩。
- 穩定的Hz，不穩定的V指向DC Bus問題。
不穩定的Hz，穩定的V指向IGBT問題。不穩定的Hz和V指向速度控制電路。.

馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

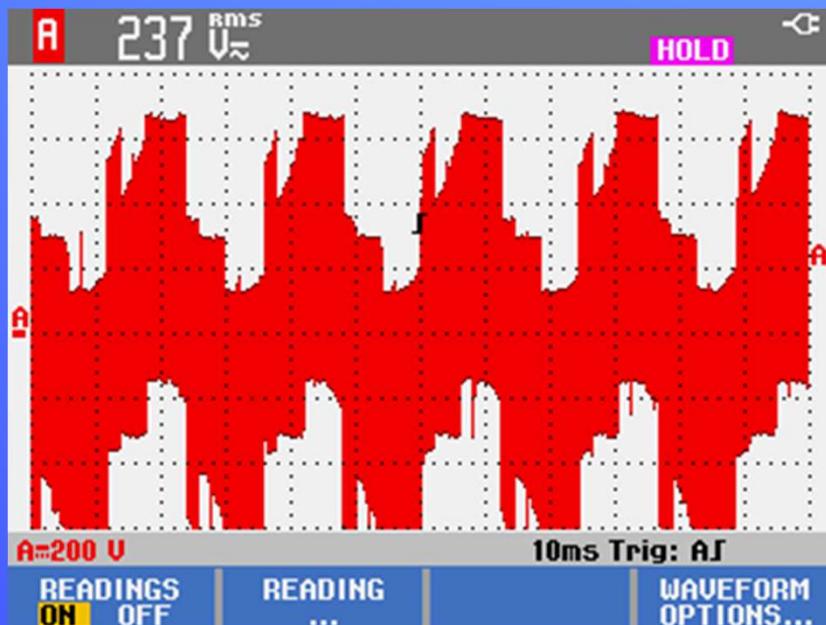
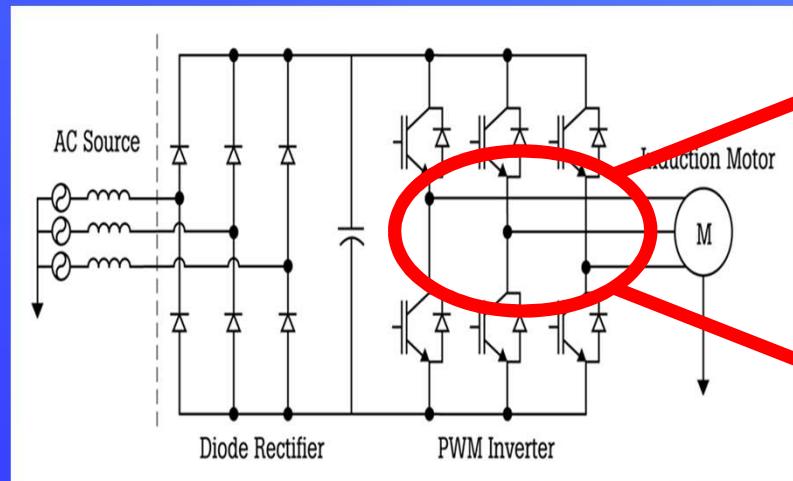
變頻驅動輸出 – V_{pwm} 相間測量: V/Hz比例



馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

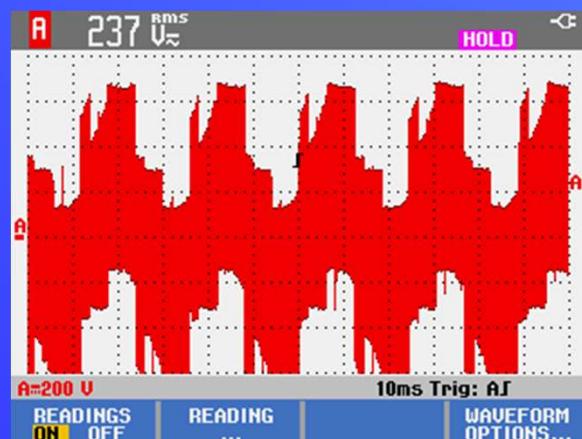
變頻驅動輸出 – V_{pwm} 相間測量: 馬達端子觸過電壓震盪



馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

變頻驅動輸出 – V_{pwm} 相間測量: 馬達端子觸過電壓震盪



過電壓震盪原因

- 脈衝上升時間短及較長電纜結合, 造成電纜與馬達間阻抗不匹配, 而產生震盪波形

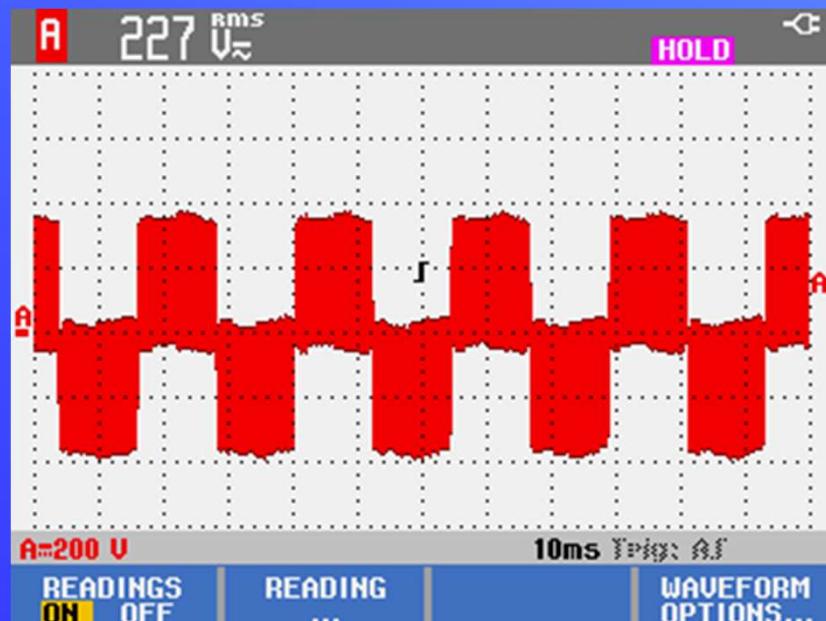
過電壓震盪影響

- 普通馬達繞阻絕緣很快被擊穿
- 產生高於正常值的軸電壓, 造成軸承提前出現故障
- 過高的共模雜訊(洩漏電流)可能干擾低壓控制訊號

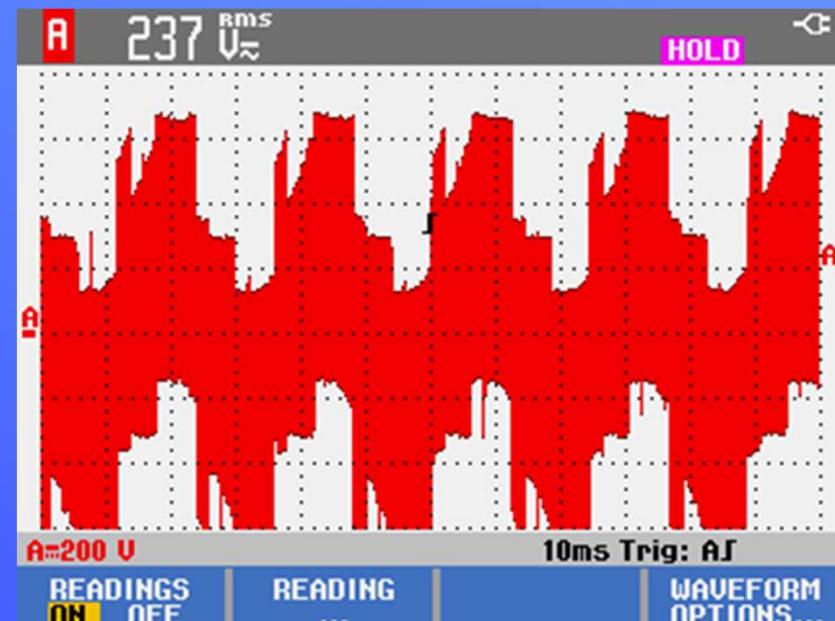
馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

變頻驅動輸出 – V_{pwm} 相間測量: 馬達端子觸過電壓震盪



正常PWM波形

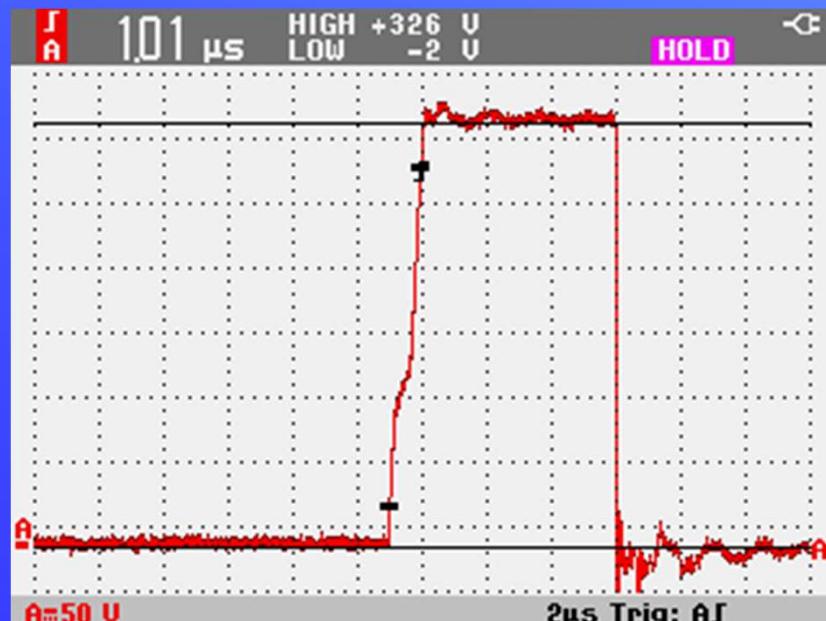


有反射電壓PWM波形

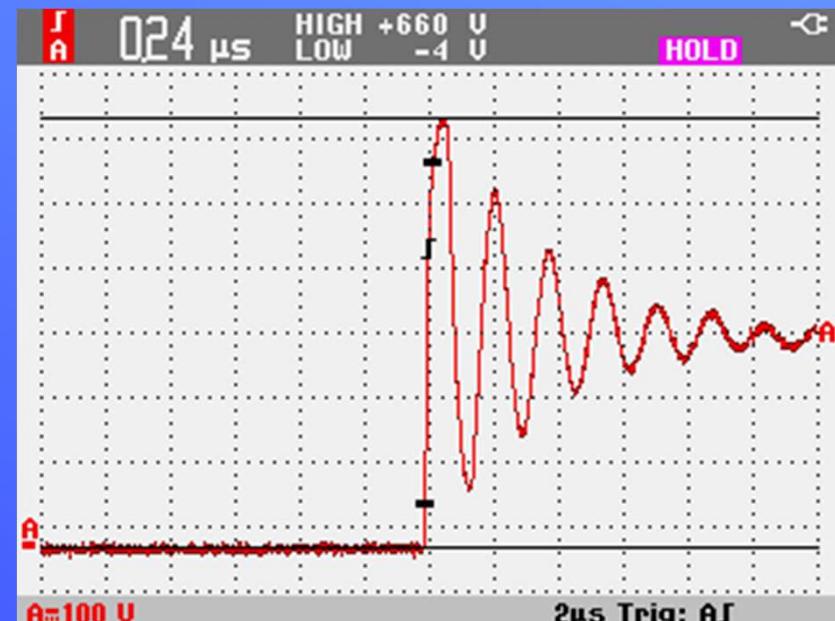
馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

變頻驅動輸出 – V_{pwm} 相間測量: 馬達端子觸過電壓震盪



正常PWM波形放大

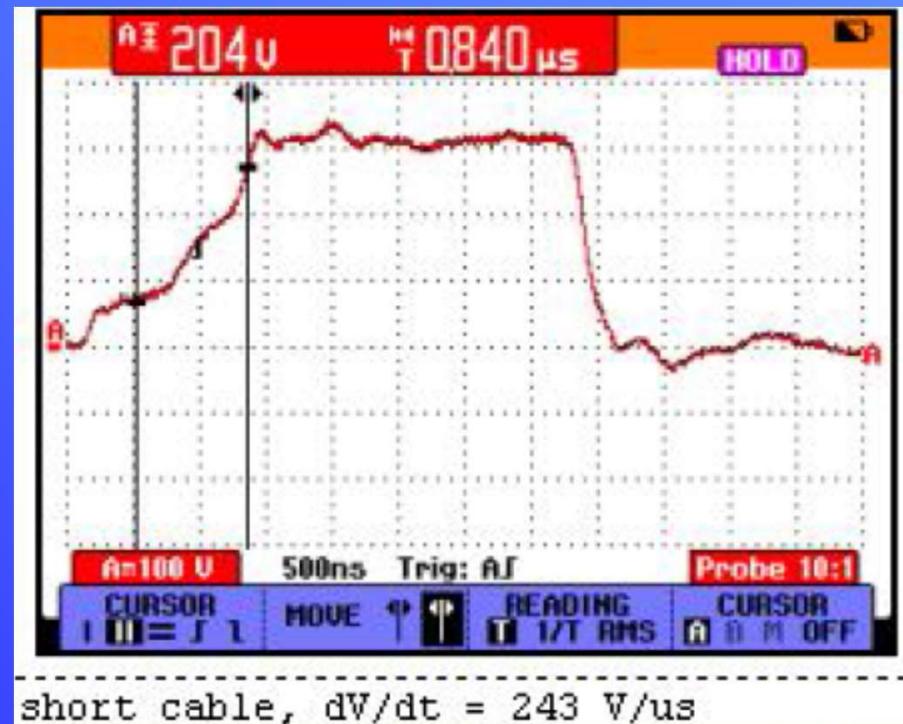


有反射電壓PWM波形放大

馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

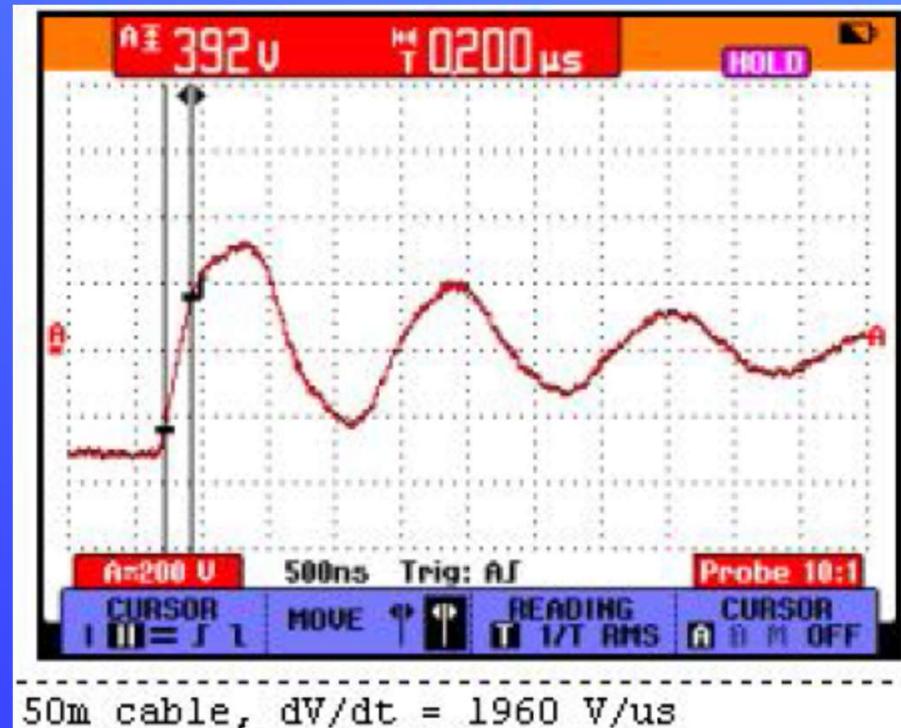
變頻驅動輸出 – V_{pwm} 相間測量: 馬達端子觸過電壓震盪
舉例: Short Cable



馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

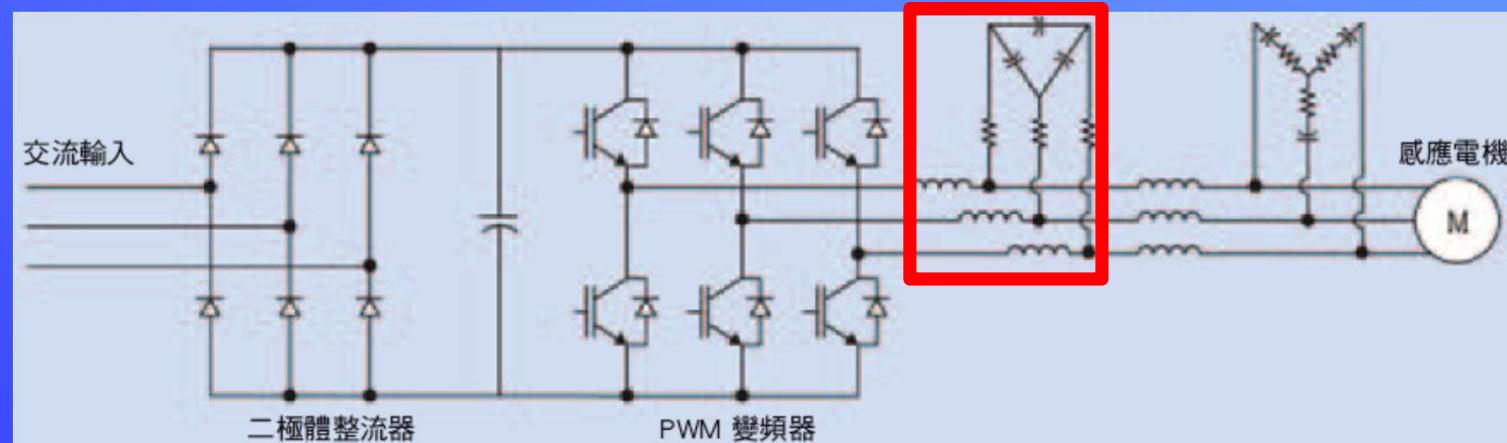
變頻驅動輸出 – V_{pwm} 相間測量: 馬達端子觸過電壓震盪
舉例: 50m cable



馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

變頻驅動輸出 – V_{pwm} 相間測量: 馬達端子觸過電壓震盪
解決方案

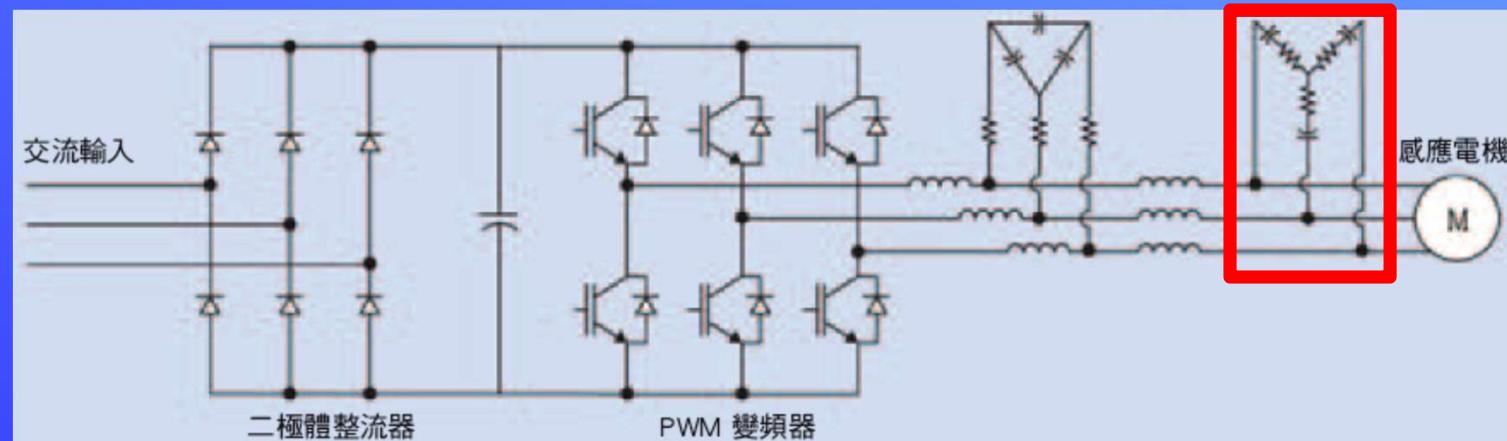


1. 可在 PWM 輸出端子與連接到電機的電纜之間安裝一個“附加的”外部低通濾波器，以延長上升時間。

馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

變頻驅動輸出 – V_{pwm} 相間測量: 馬達端子觸過電壓震盪
解決方案

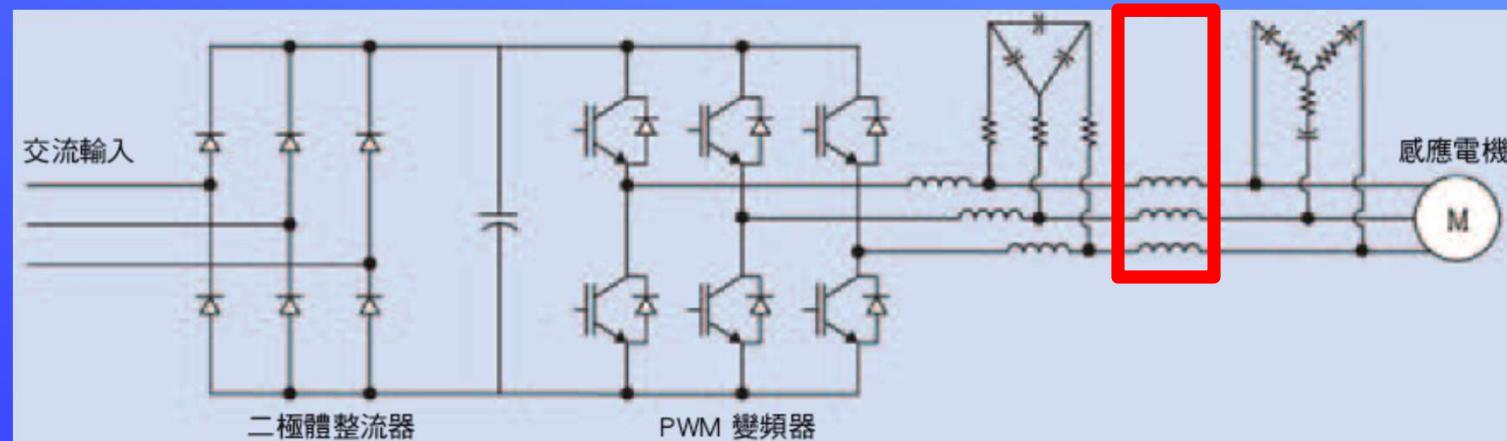


1. 可在 PWM 輸出端子與連接到電機的電纜之間安裝一個“附加的”外部低通濾波器，以延長上升時間。
2. 在電機端子處安裝一個 R-C 阻抗匹配濾波器，以將過電壓或振盪效應降到最低程度。

馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

變頻驅動輸出 – V_{pwm} 相間測量: 馬達端子觸過電壓震盪
解決方案

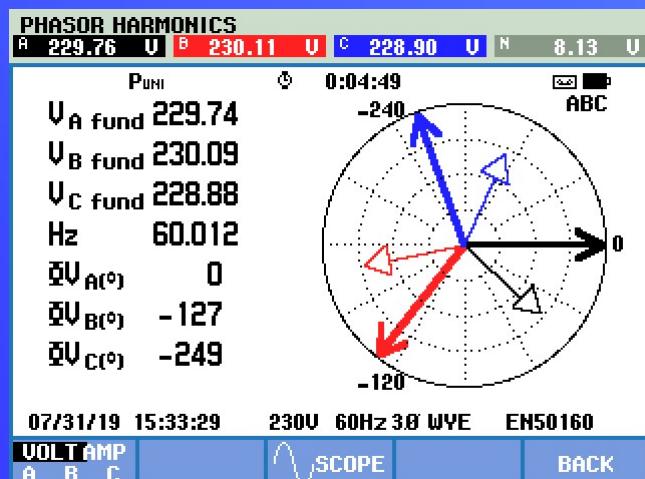


1. 可在 PWM 輸出端子與連接到電機的電纜之間安裝一個“附加的”外部低通濾波器，以延長上升時間。
2. 在電機端子處安裝一個 R-C 阻抗匹配濾波器，以將過電壓或振盪效應降到最低程度。
3. 在 PWM 輸出端子與連接到電機的電纜之間安裝串聯電抗器

馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

機械接端 - 電壓&電流不平衡



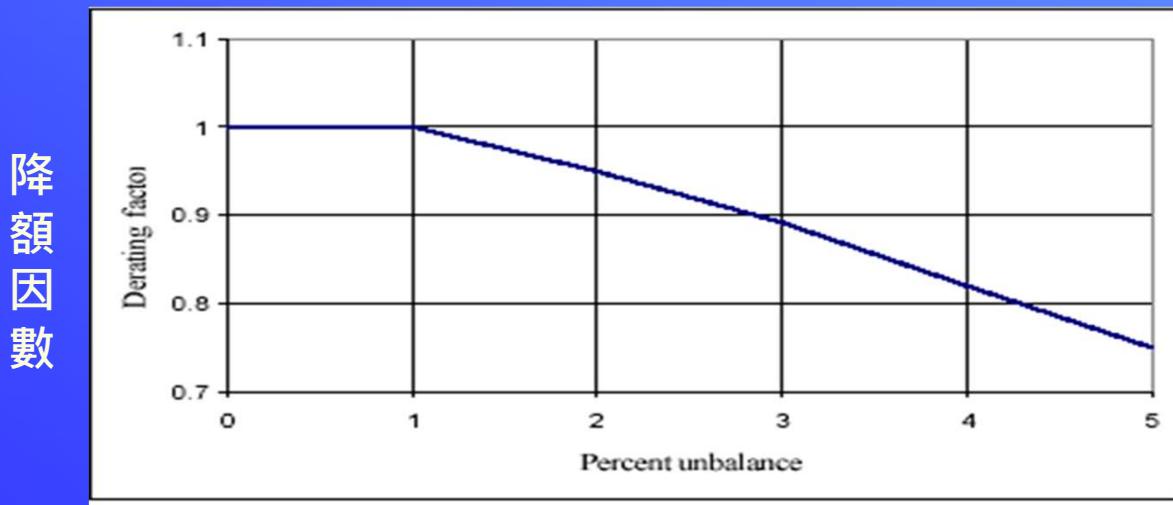
- 檢查三個電機端子相間電壓不平衡, 僅僅2%電壓不平衡也能造成固定子繞組中流過不平衡電流而發生過熱.並導致電機轉矩損失.
- 檢查電流不平衡(< 10 %).確保電流不超過電機銘牌連續額定電流.
- 如果電壓不平衡在可接受的限度內, 則任何檢測到電流不平衡都可能表明電機繞組發生短路.或一相或多相對地短路.

馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

機械接端 - 電壓&電流不平衡

- 3%不平衡將讓馬達只能達到90%額定馬力規格運轉,馬達將會有「降額」的現象
- 重新分配每相負載，以達平衡

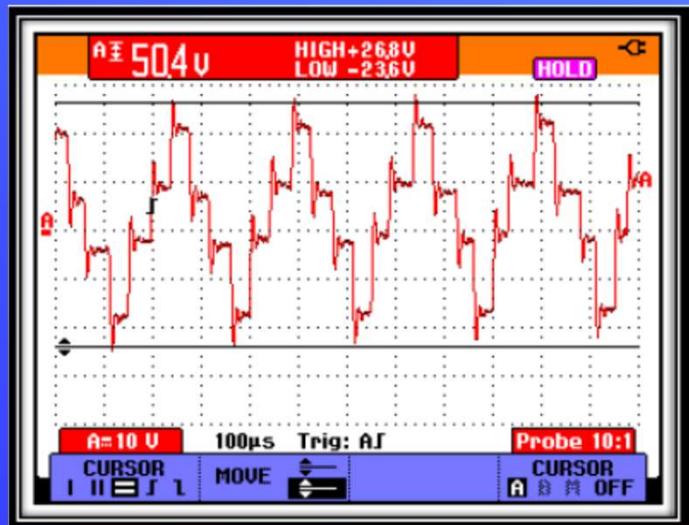


不平 衡%

馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

機械接端 - 馬達軸承電壓

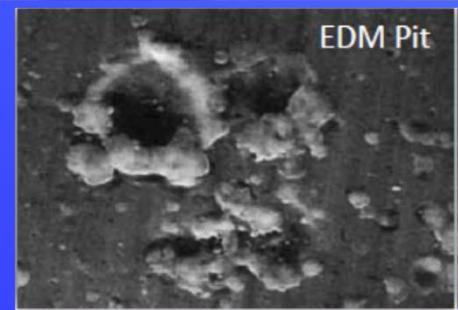


- 由於氣隙中的磁場具有很小的不對稱性，因此定子繞組到轉子軸之間存在不可避免的正常軸承電壓。這種電壓在電機設計中是固有的。大多數感應電機都具有 $< 1 \text{ Vrms}$ 的對機座接地端的最大軸電壓。
- 電機軸電壓的另一個來源是內部靜電耦合源，包括：皮帶傳動聯軸器、通過轉子風扇葉片的電離空氣或通過轉子風扇葉片的高速空氣（如蒸汽輪機的空氣）。

馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

機械接端 - 馬達軸承電壓



在 60 Hz 正弦波操作中，軸承擊穿電壓大約為 0.4 至 0.7V。

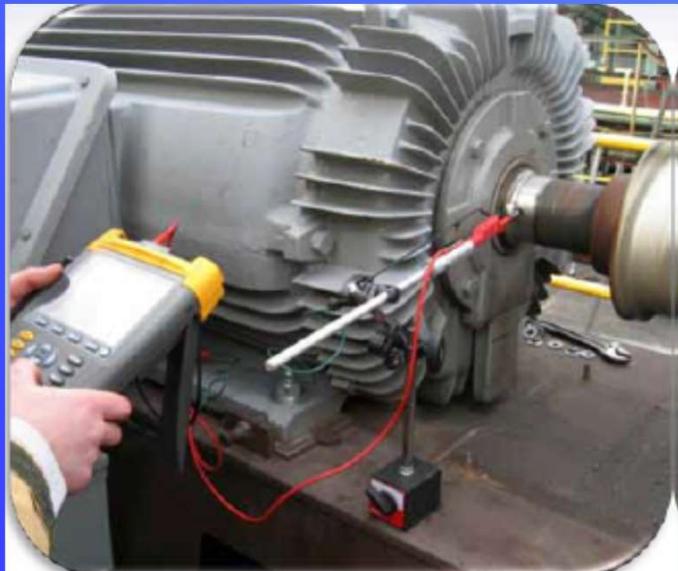
對於 PWM 驅動器中發生的瞬變電壓的快速邊沿來說，潤滑脂絕緣擊穿實際上是在更高的電壓下（大約為 8 至 15 V）發生的。這個較高擊穿電壓會產生較高的軸承閃絡電流，可在較短時間內對軸承造成較高程度的破壞。

研究表明，低於 0.3 V 的軸電壓是安全的，不足以產生具破壞力的軸承電流

馬達變頻器系統與電力品質測量

對可調速驅動器進行電氣測量

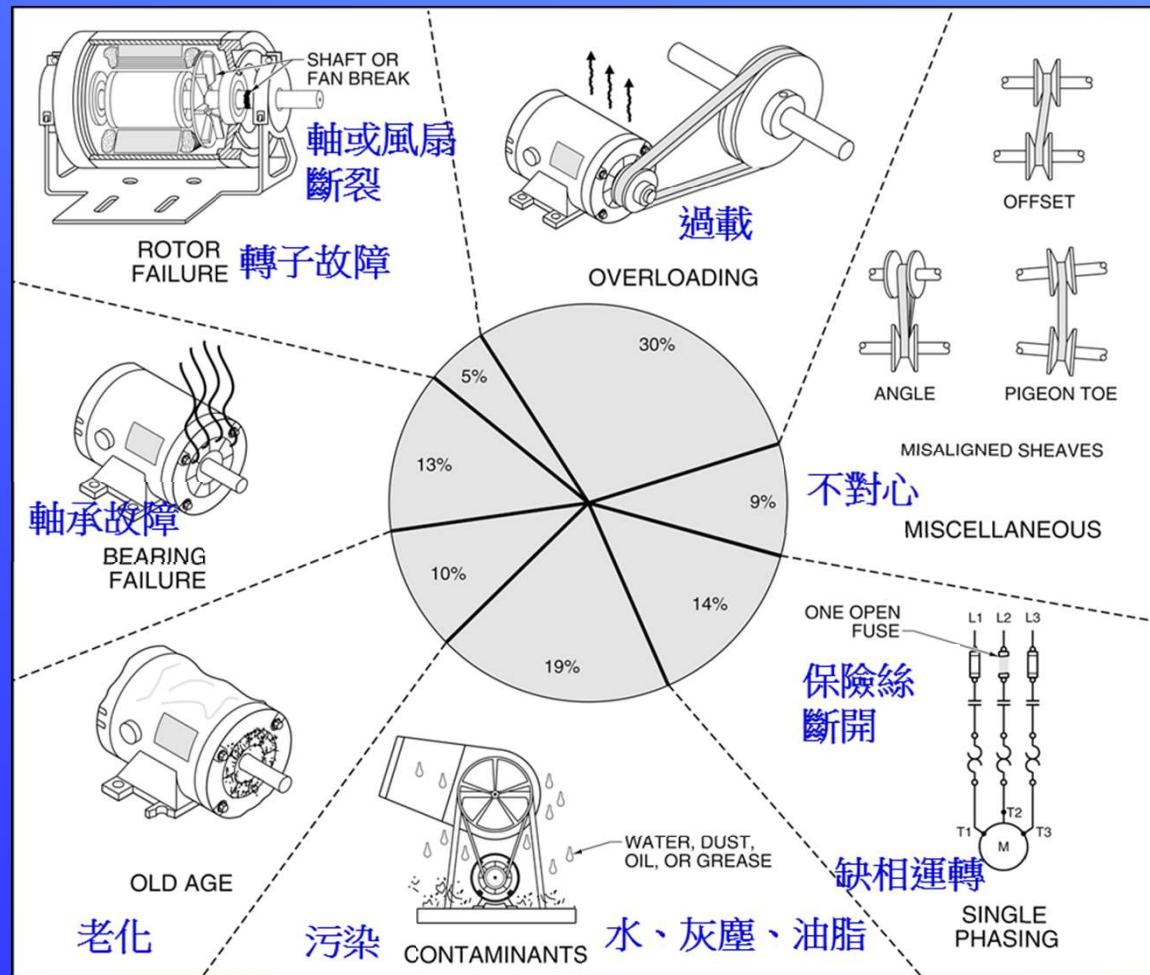
機械接端 - 馬達軸承電壓



- 馬達軸承雜散電流:當軸電壓超過潤滑油的絕緣能力之後就會出現軸承雜散電流
- 在馬達發熱後，進行測量
- 最簡單解決方案是將載波頻率降10kHz以下，儘可能降至4 kHz以下
- 馬達內的軸承接地設備，軸承絕緣，法拉第屏蔽，ASD和馬達之間導熱潤滑油或進行濾波

馬達變頻器系統與電力品質測量

馬達常見故障問題及測量



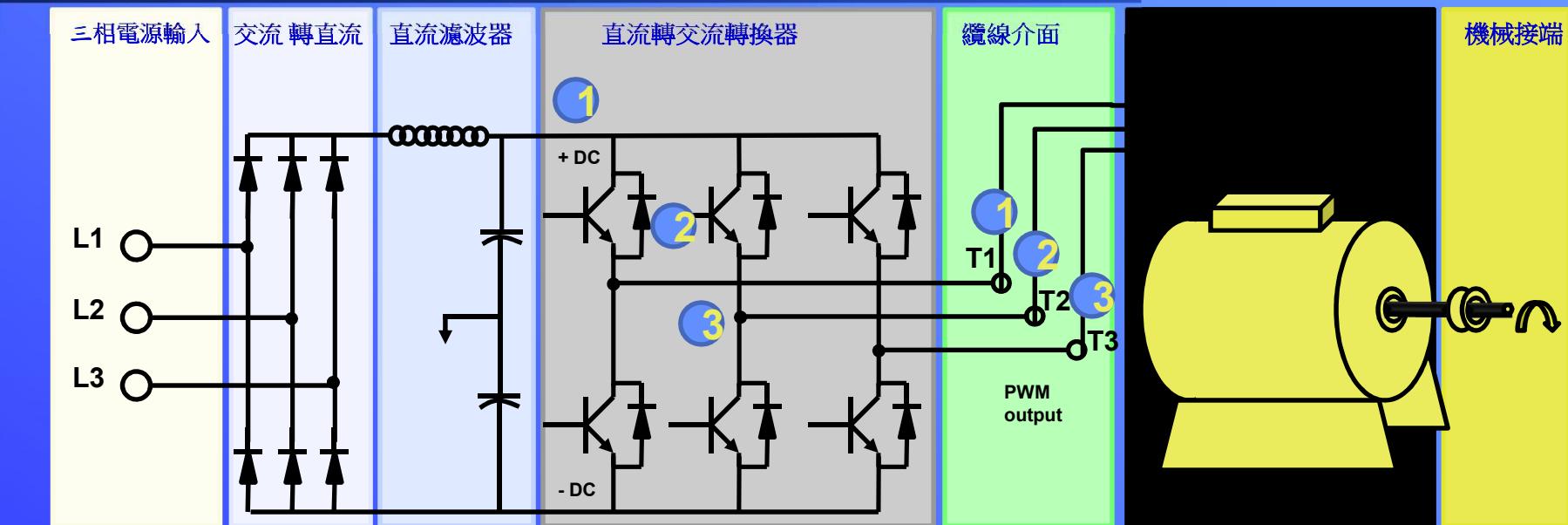
馬達變頻器系統與電力品質測量

馬達常見故障問題及測量

造成馬達內部發熱原因

- 相電壓、電流不平衡
- 缺相運轉 - 其中一相斷開
- 過載
- 馬達過度重複啟動、停止運轉
- 缺乏良好通風
- 汚染
- 軸承磨耗，潤滑不當

變頻系統檢測儀器介紹



問題

- 諧波
- 缺陷整流器
- 電解電容故障
- 突波
- 雜訊過多
- 故障IGBT閘極
- “Slivers” – 閘極不同步
- 反射
- 突波
- 功率/過載
- $\emptyset, V/Hz$ (扭力)
- 軸承電流
- 軸承故障
- 過熱
- 聯軸器振動
- 過載



F435II
電力品質分析儀



F 289
電表

F125
示波器

F190
示波器



F190
示波器



Ti 401PRO
熱影像儀

F1555
絕緣電阻計

F810
振動測試計

變頻系統測儀器介紹

Fluke 電力品質分析儀

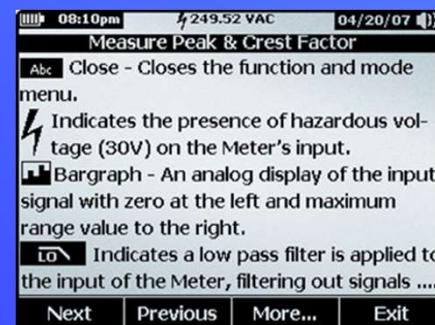
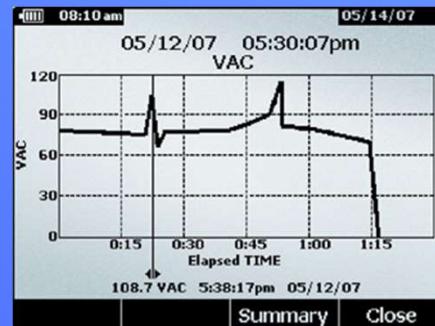
- 測量諧波，以判斷諧波是否造成馬達或驅動器過熱或提早故障
- 測量電壓、電流不平衡+向量圖
- 決定馬達的起動電流，以解決斷路器跳脫問題



變頻系統檢測儀器介紹

Fluke 289 紀錄功能數位電表

- 先進資料記錄與趨勢繪圖功能，協助您偵測間歇性故障問題
- 利用LoZ、低通濾波器&低電阻等功能，以快速準確的解決電力&電子問題
- 按下i按鈕，做即時協助指引操作步驟



變頻系統檢測儀器介紹

Fluke 190 系列彩色示波器

- 觀看信號最細節，更準確地分析問題
- 深入對**IGBT**電晶體做的故障排除
- 檢查所有因為電纜長度所造成電壓暫態或反射
- 相位的測量
- 馬達相序測試
- 變頻器分析與故障排除
- 自動捕捉並重播100個畫面



變頻系統檢測儀器介紹

Fluke 381/376 AC/DC 真有效值電流鉤錶

- 測量馬達起動時的起動電流
- 測試有無缺相運轉問題
- 測量電壓&電流不平衡
- 測量馬達輸入端供應電壓&電流



變頻系統檢測儀器介紹

Fluke 9062 馬達相序計



在多相式電源供電處，
(如工業性插座)
判斷其極性及相序



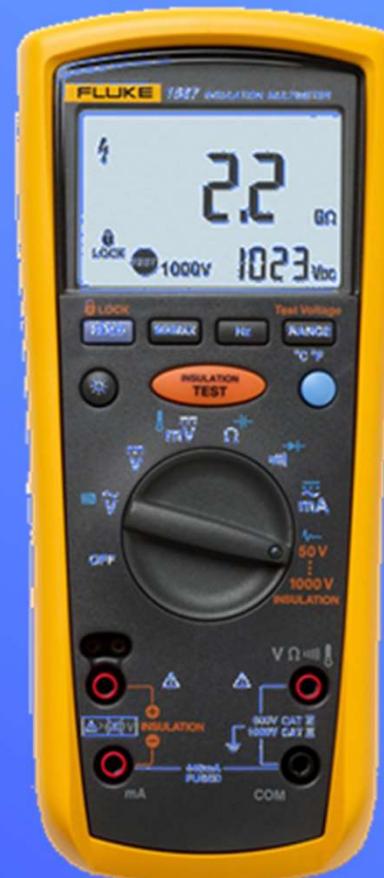
在接線之前，檢查
正確的相序。可以
避免馬達損壞或確
認接線方式，是否
會造成馬達轉向不
正確

只要輕鬆地將儀器放在馬達的
機殼上，即可判斷運轉中馬達
的轉向。適用於看不到軸承時
應用(如冷凍空調泵浦)

變頻系統檢測儀器介紹

Fluke 1587 絶緣高阻計

- 將高阻計與數位電表結合於一部單機
- 測試馬達繞線、供電電纜的絕緣
- 使用低電阻功能來測試不良的連接點
- 測量馬達電源輸入端電壓/電流,來判斷電壓/電流不平衡



變頻系統檢測儀器介紹

Fluke 絶緣電阻計

- 馬達與電纜的絕緣測試最高達10kV
- 步階電壓測試揭露絕緣上的缺陷、物理性破壞或材質脆化程度
- 多段式電壓輸出，應用的靈活性
- 低電阻測試功能執行接點量測



變頻系統檢測儀器介紹

Fluke Ti400 热影像儀

- 提供快速清晰圖像偵測問題所在
- 热影像與可見光圖像融合在一起，讓紅外熱影像更容易被瞭解
- 完整套组，包含您所需的每一樣產品



變頻系統檢測儀器介紹

Fluke 810 振動分析儀

- 告訴您
 - 哪裡有問題
 - 問題是什麼
 - 問題多嚴重
- 四個主要問題
 - 不平衡
 - 未對準
 - 鬆動
 - 軸承問題

