

富士高壓IGBT變頻器

富士電機系統株式會社
中美科學股份有限公司



■ 富士高壓變頻器FRENIC4600FM4/FM5

富士高壓變頻器FRENIC4600FM4/FM5

可以直接變速控制高壓電動機

高效率·高功率因數

操作穩定

節省能源

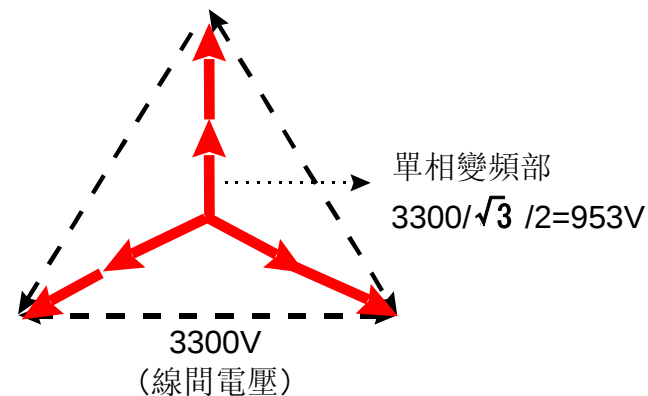
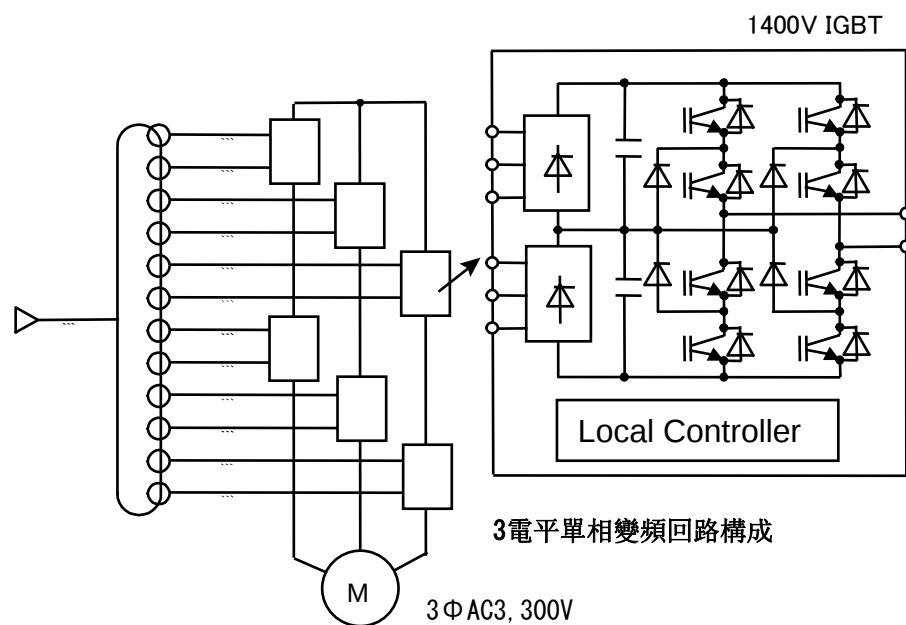


富士高壓IGBT變頻器動作原理

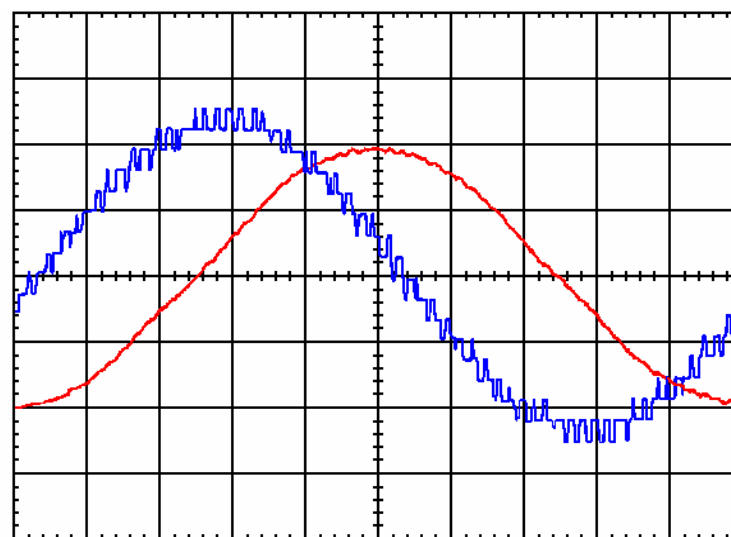
3. 3kV Inverter(400/550/825/1250/1875/2500/3750kVA)

回路方式: 2個3電平單相變頻單元串聯連接

輸出電壓等級: 相當於9電平



輸出電壓·電流波形

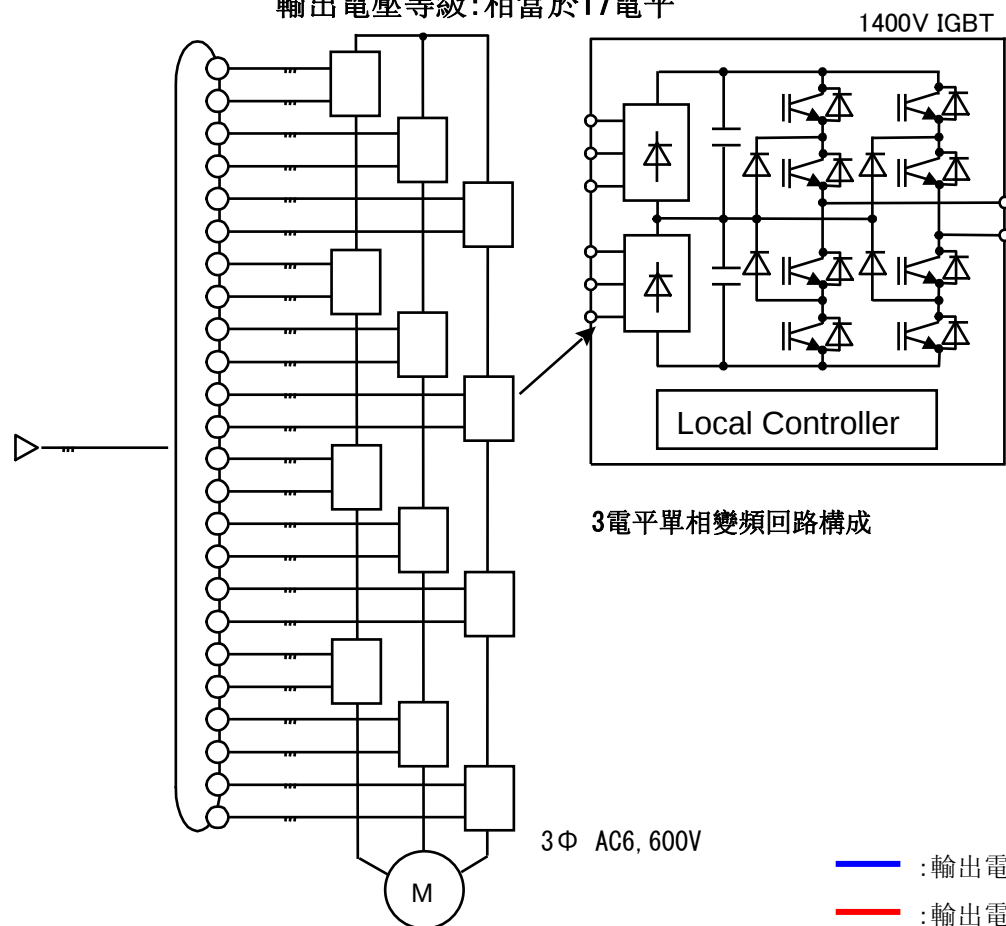


富士高壓IGBT變頻器動作原理

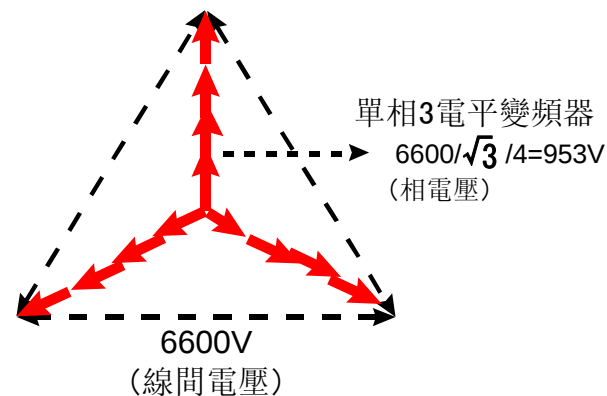
6. 6kV變頻器(560/800/1100/1650/2500/3750/5000/7500kVA)

回路方式: 4個3電平單相變頻單元串聯連接

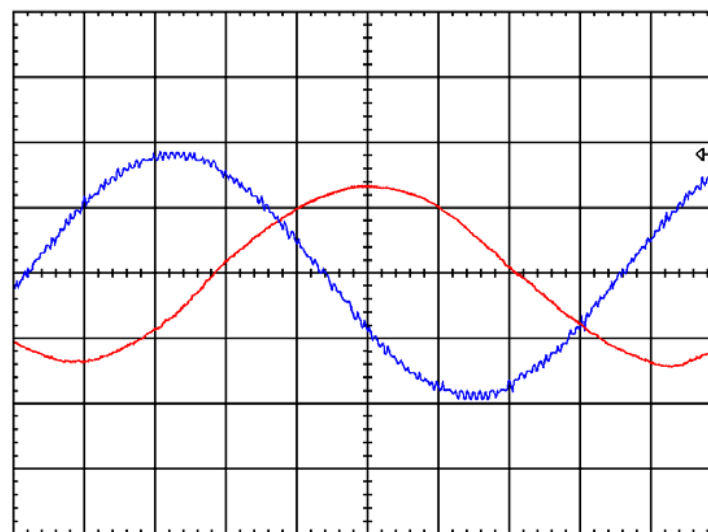
輸出電壓等級: 相當於17電平



3電平單相變頻回路構成



輸出電壓·電流波形



— : 輸出電壓
— : 輸出電流

■ 富士高壓變頻器FRENIC4600FM4/FM5

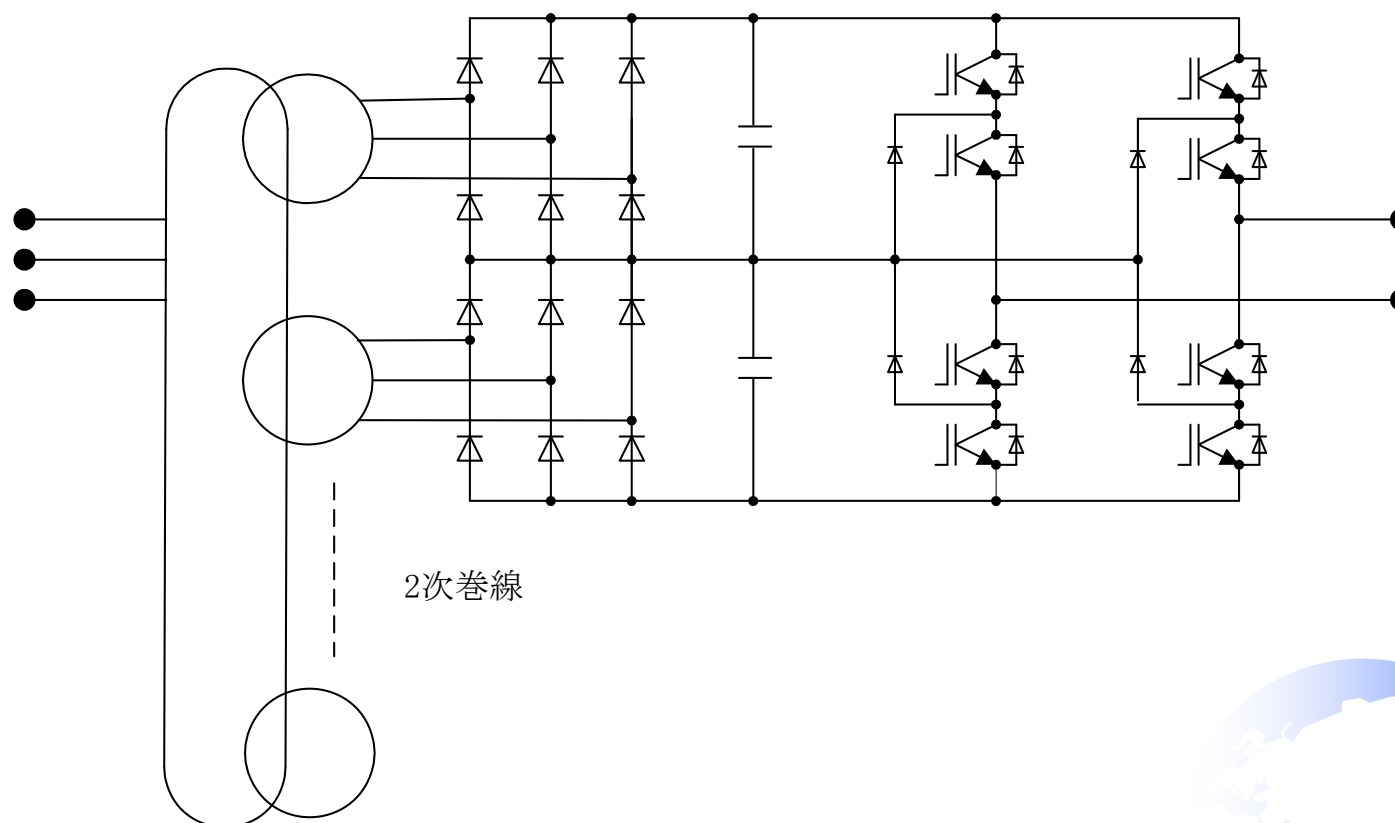
特點

- 沒有輸出變壓器
- 回路構成簡單
- 保護電動機
 - 產生的衝擊電壓 (Surge Voltage) 低, 可以直接用於控制現有電動機
- 電源穩定
 - 高次諧波產生量符合國際規定指標
 - 電源功率因數達0.95以上。不須另外配置功率補償設備。
 - 綜合效率（含輸入分相變壓器）可達97%以上。
- 可以搭載智慧功能
- 操作·監視功能豐富



■ 富士高壓變頻器特點

回路構成簡單新穎

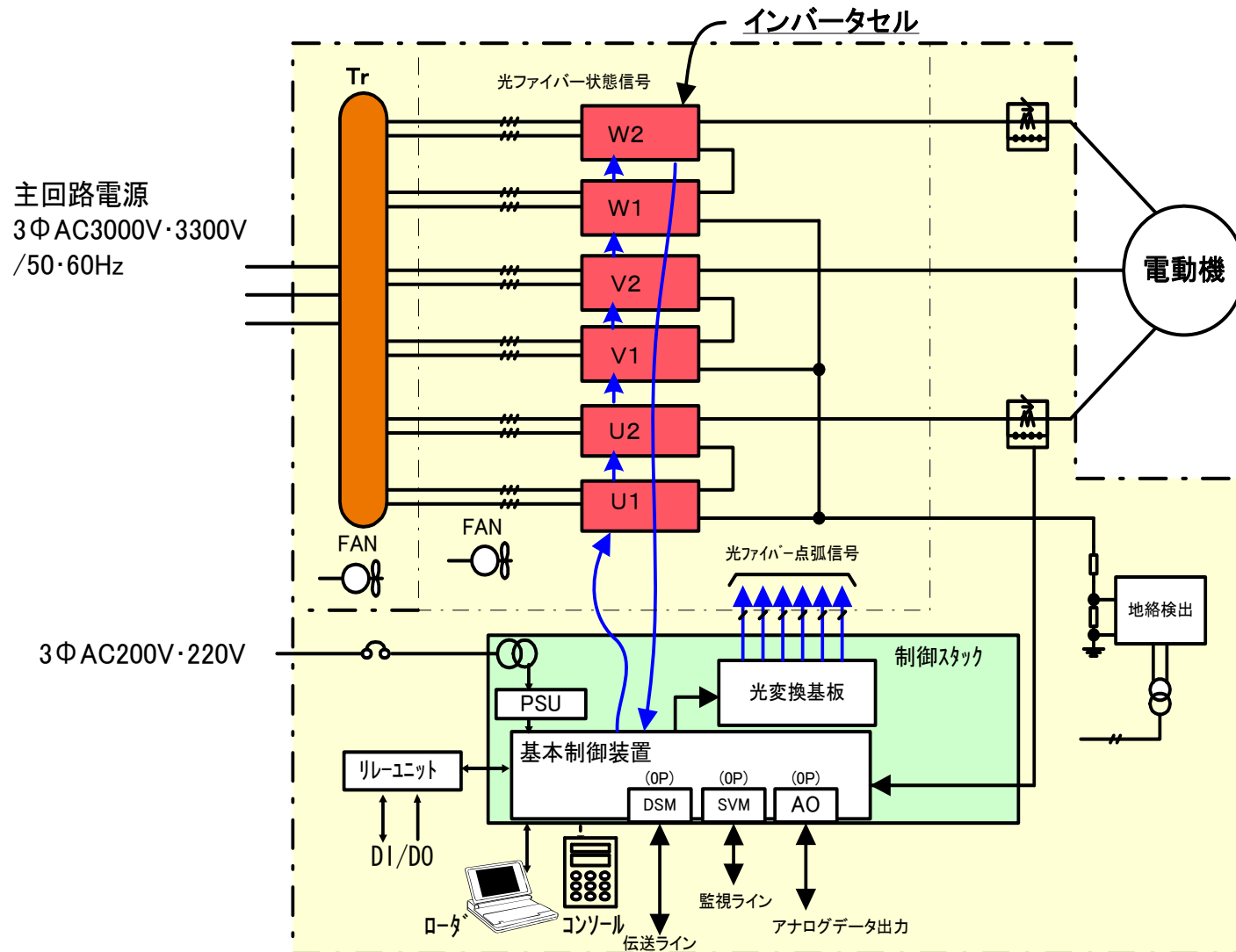


- 整流回路採用二極體整流方式，變頻回路採用單相3電平方式。
由於主回路使用元件數量降低，提高了裝置的可靠性。
- 不須再配置直流電抗器和交流電抗器（單機構成）。



富士高壓IGBT變頻器的回路構成

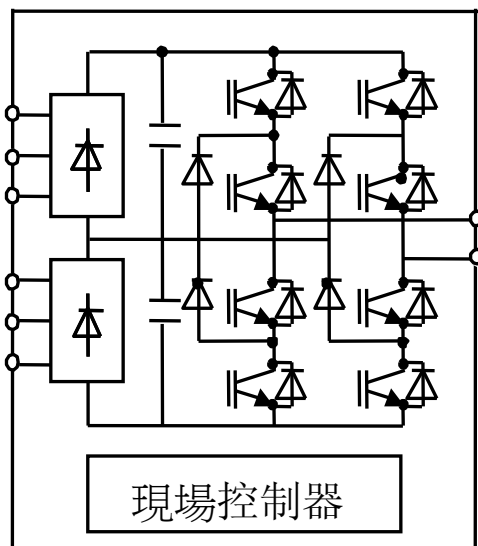
高壓變頻器回路構成圖 (3.3 k V)



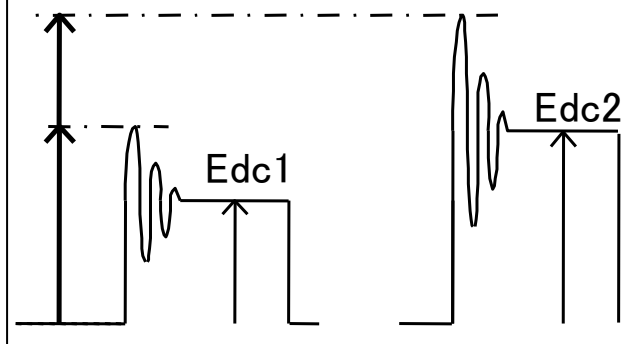
富士高壓IGBT變頻器的原理・特點

3電平單相變頻方式

變頻器單元

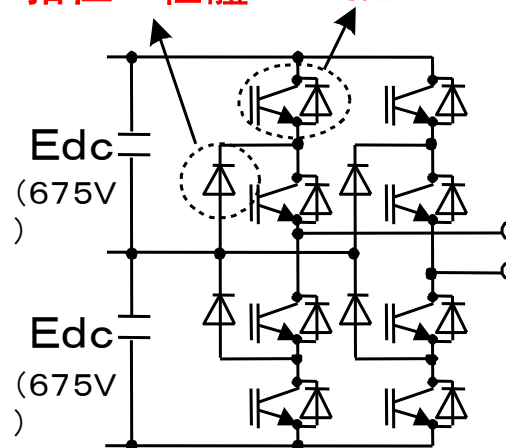


電機受到的衝擊電壓
($\approx 2 \times E_{dc}$)

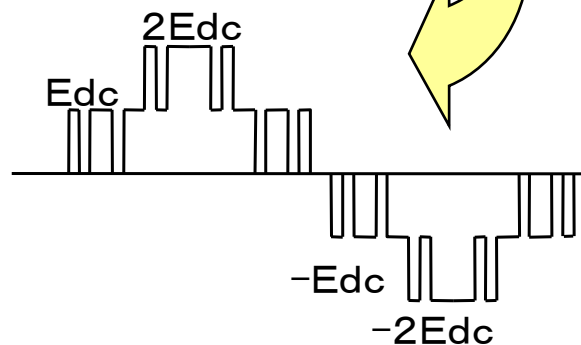


箝位二極體

IGBT



IGBT和通用變頻器採用同樣的
1400V元件



一個單元單側2電平輸出變化
(2電平沒有同時變化)

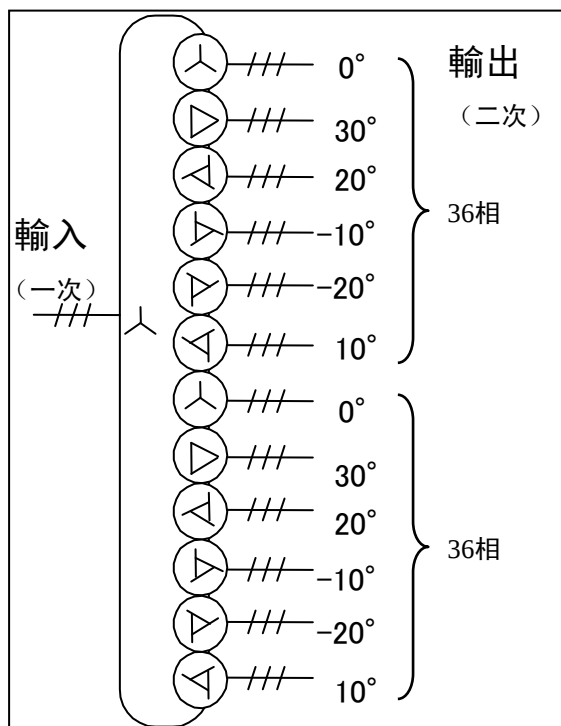
富士高壓IGBT變頻器的優點

不易損傷電源

■實現相當於36相整流（變壓器採用乾式變壓器）。

通過使設置在變頻器輸入側的變壓器（多相繞組）二次側繞組產生相位差，從而使輸入側的整流相數為36相。

輸入變壓器繞組參考例



■3. 3kV變頻器的情况

1個輸入變壓器；1輸入×1 2輸出（左圖）

36相×2組構成

■6. 6kV變頻器的情况

輸入變壓器根據變頻器容量的不同可分別使用1個或2個
1個的情况；1輸入×24輸出（相位構成爲左圖×2回路）

36相×4組結構

2個的情况；裝置由左圖×2個構成

36相×2組×2個結構

■受電電壓不是3/6kV級的情况

可製作繞組相位結構不變、同時使一次側輸入適應受電電壓的規格。

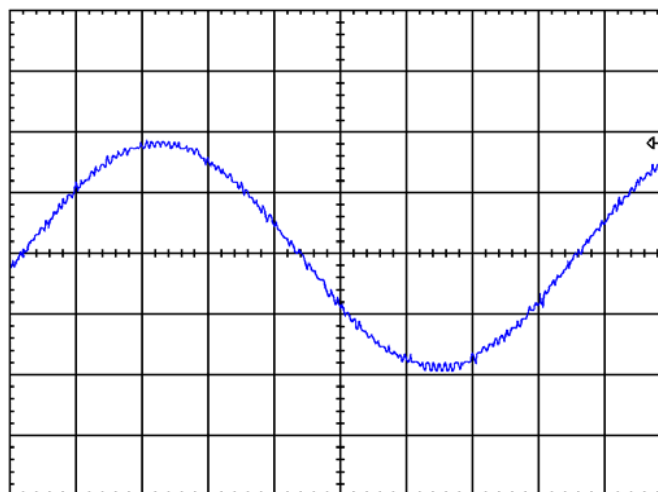
■ 富士高壓變頻器特點

保護電機

(Low Motor Stress)

以6.6KV變頻器為例

輸出電壓波形



可以直接控制原有電動機

- 採用本公司獨自開發的多電平PWM控制方式, 輸出電流波形幾乎為正弦波
 - 降低了電機的轉矩脈動
- 採用多電平PWM控制, 使開關損耗 (switching loss) 降至最低
 - 降低了電機的電動應力

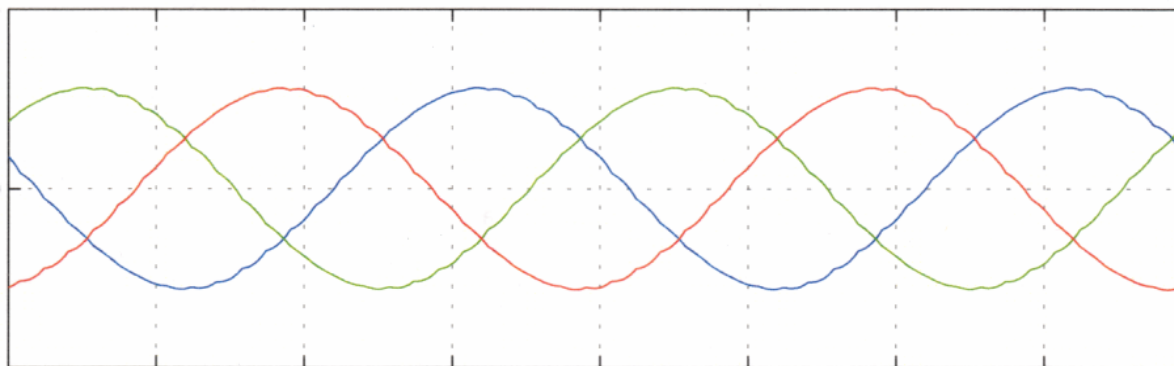


富士高壓變頻器特點

穩定電源

輸入電流波形

transformer input current



高次諧波電流含有率

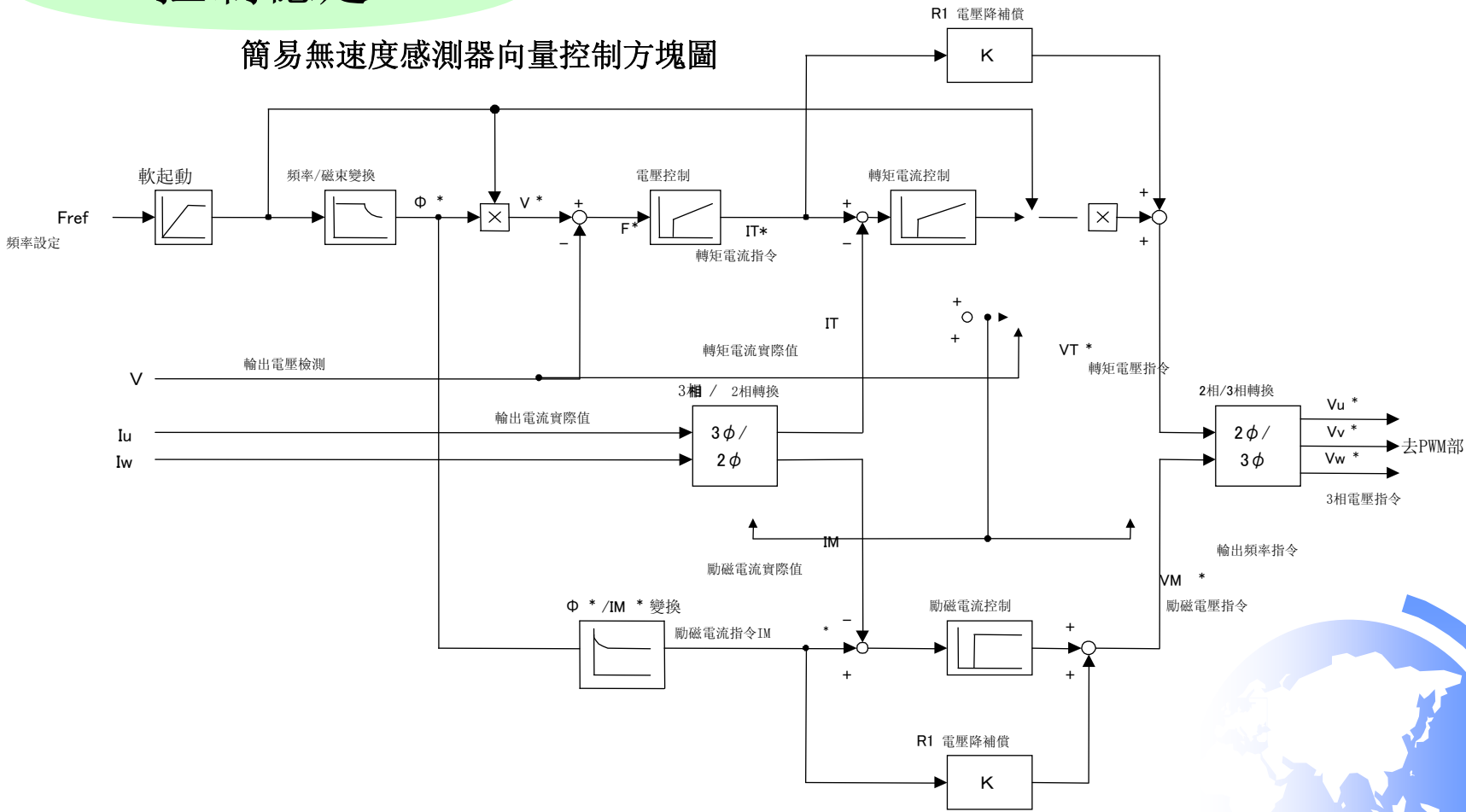
次數	5次	7次	11次	13次	17次	19次	23次	25次	35次	37次	
電流量 %	4.00	2.86	1.83	1.49	1.14	1.02	0.87	0.80	0.80	0.80	
計算值 %	0.58	1.00	0.20	0.32	0.75	0.54	0.06	0.24	0.58	0.27	

- 實現36相整流。
- 高次諧波產生量完全小於IEEE-519規定的高次諧波發生量, 不須配置高次諧波濾波器。
- 電源功率因數達到0.95以上, 不需要配置功率補償設備。



控制穩定

簡易無速度感測器向量控制方塊圖



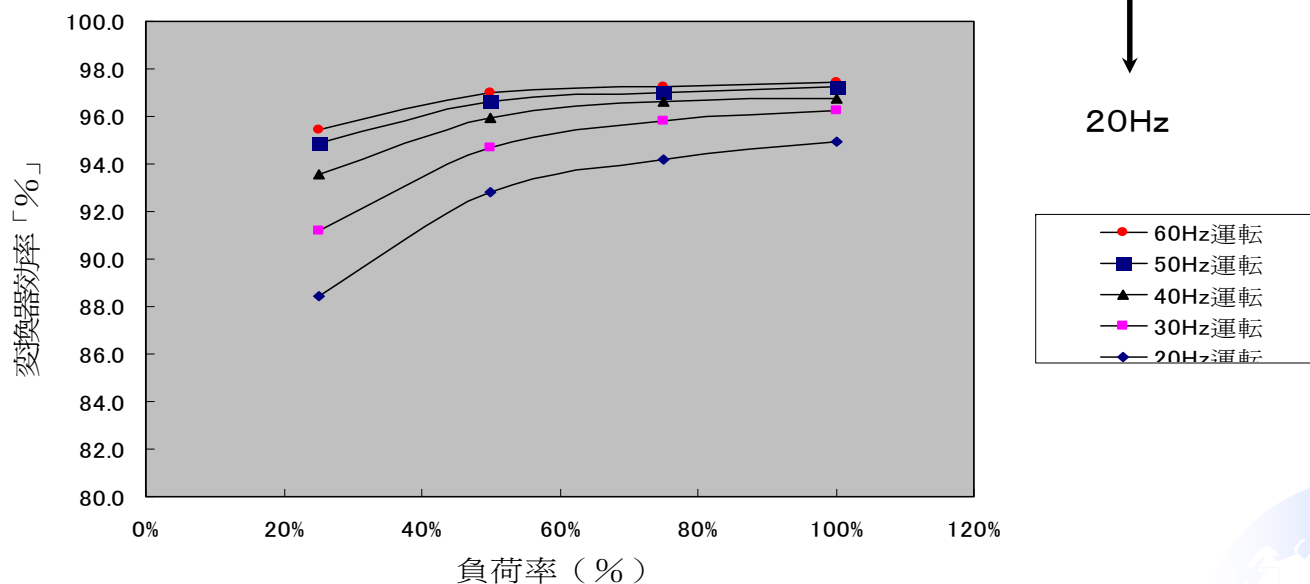
- 配備簡易型無速度感測器向量控制V/F控制功能,即使負荷變動時也能保障電動機穩定運行,通過自動跟蹤功能,可輕易調整常數不明的電動機。
- 控制裝置內裝有32位元MPU,回應速度快,控制精度高。



富士高壓變頻器特點

高效率·高功率因數

效率特性（負荷率－效率）



- 不需要輸出變壓器。
- 採用本公司獨特的多級PWM控制技術, 減少了開關損耗 (switching loss)。
- 由於減少了主回路使用元件的數量, 從而有效降低了變頻器主回路的損耗。
- 輸出電流幾乎為完整的正弦波形, 有效降低了電動機的高次諧波損耗。
- 採用多相式二極體全波整流控制, 可保證設備在高功率因數下運轉 (95%以上), 另外, 由於減少了電源側高次諧波電流量, 有效抑制了輸入變壓器1次繞線的高次諧波損耗。

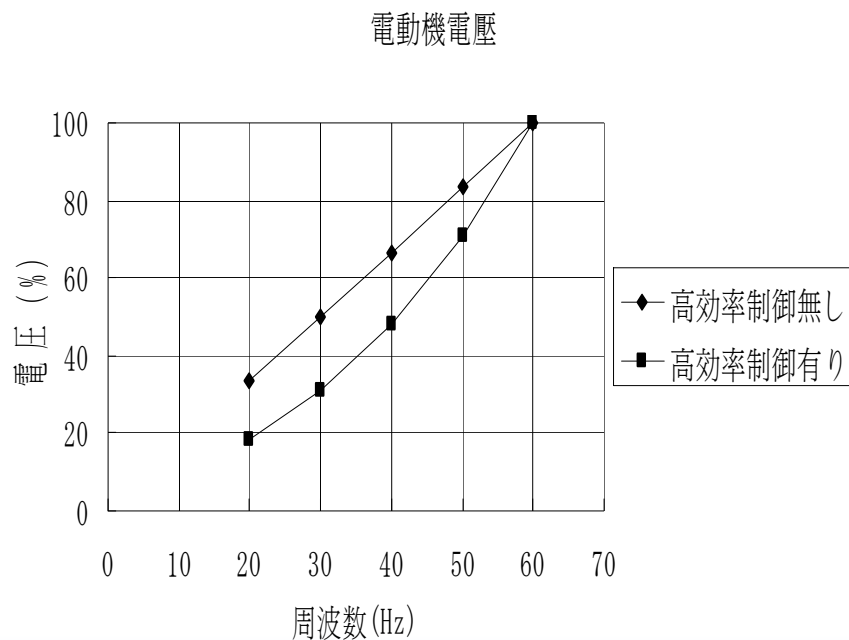
富士高壓變頻器特點

省能效果顯著

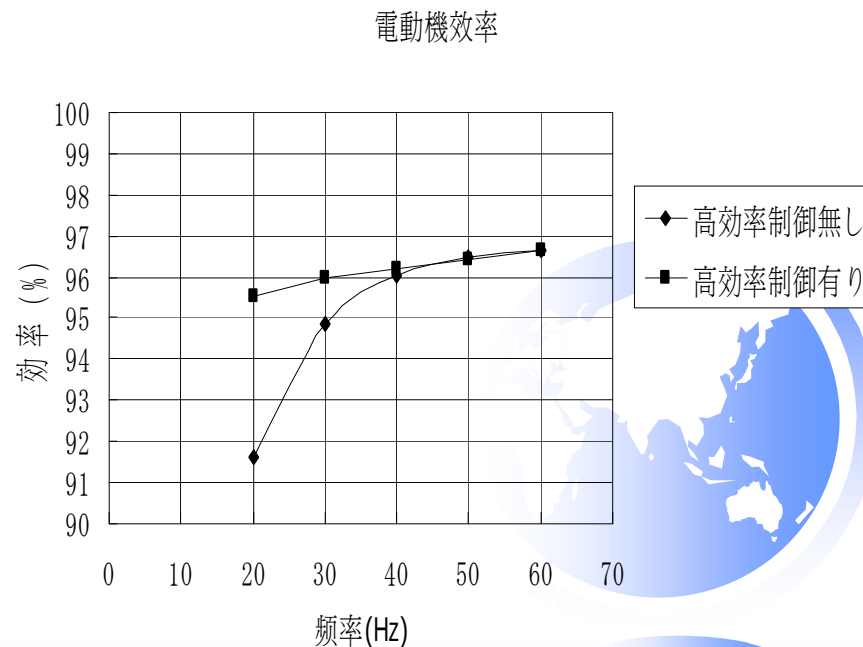
電動機高效運轉功能（省能運轉方式）

- 在平方遞減轉矩特性狀態下，變頻器的電壓走向趨勢如下圖所示，通過函數衰減降低電動機的鐵損損失，保證電動機高效運轉。

V/F方式



電動機效率



■ FRECIN4600FM5 / VM5功能強化點

加強溫度保護功能

■ 加強溫度保護功能、在惡劣條件下標準配置也能實現自我保護

FM5系列(標準配置加強監視)

冷卻風扇停止監視 + 冷卻風扇溫度監視 (N T C 熱敏電阻)
+ 主控制板溫度監視 (N T C 熱敏電阻、監視周圍溫度)

注) 可以對外類比輸出冷卻風扇溫度和控制板溫度

F M 4 系列[一部為選件 (O P)]

標準 冷卻風扇停止監視 + 冷卻風扇溫度監視接點 (O P) + 排氣溫度監視 (O P)

加強瞬停(瞬間降壓)功能表選件

■ 標準規格 瞬停重故障

■ 選件規格

- ①瞬停 3 0 0 m s 以內 繼續運轉、空轉再起動
- ②瞬停 6 0 0 m s 以內 繼續運轉、空轉再起動
- ③瞬停 1 2 0 0 m s 以內 繼續運轉、空轉再起動

以上選件不用UPS電源就可實現。

但是, 給控制電源做後備的選件設備需要追加。



富士高壓IGBT變頻器的優點

可瞬停再起動

■ 發生暫態低電壓時，可根據用途選擇運行處理模式。

1. 選擇重故障

選擇重故障停止變頻器，使電動機處於空轉狀態。

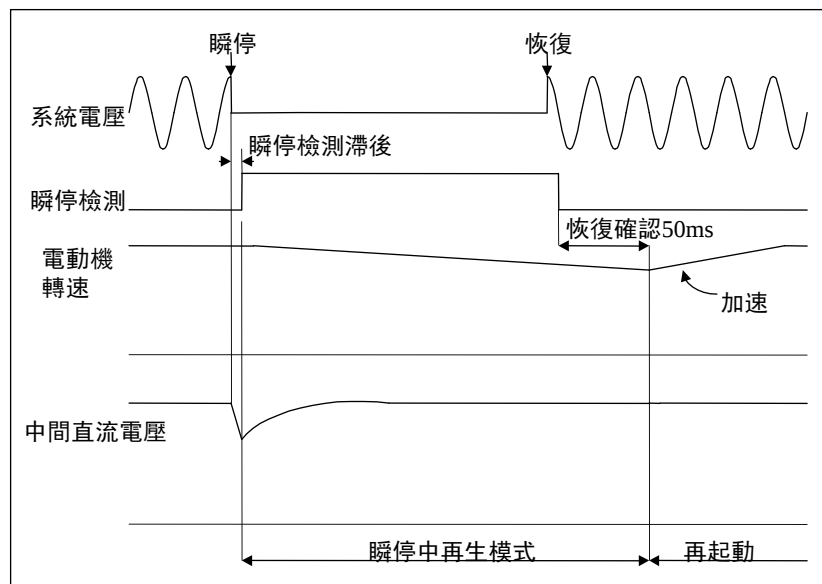
2. 空轉再起動選擇

停止變頻器運轉，使電動機處於空轉狀態。
電源重新接通時，通過速度檢索功能，使處於空轉減速中或停止中的電動機自動加速。

3. 選擇繼續運行

發生暫態低電壓時不使電動機處於空轉狀態，
而是繼續運行變頻器。
(瞬間低電壓時減速運行)
電源電壓恢復後，立即再加速，恢復運行速度。

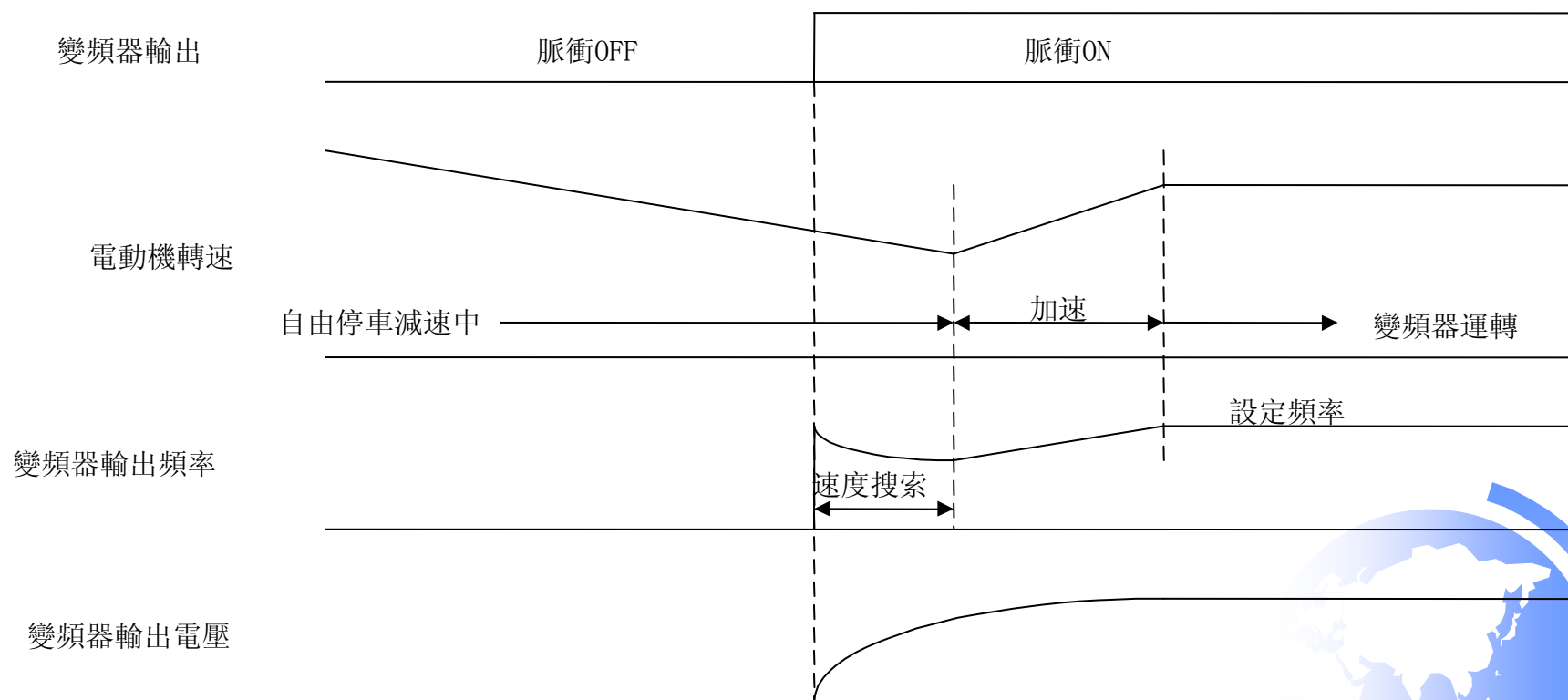
繼續運行時的時間表



■ 富士高壓變頻器特點

停車再起動功能

停車再起動動作



■當從商用電源切換到變頻運轉,或裝置瞬停後又恢復供電設備再起動時,富士變頻器可以將正處於自由停車減速狀態中的電動機自動加速到規定的頻率上。

■ 富士高壓變頻器特點

便於維護

- 採用LCD液晶顯示觸控螢幕, 操作簡單·明快
- 故障診斷簡單易行
- 冷卻方式採用風冷
- 採用乾式輸入變壓器

變頻盤與其他部份為配電盤結構, 不需要進行外部敷線作業

- 可從盤體前面進行維修
- 搭載試驗調整用簡易自整定功能, 調試方便
- 可以對多個變頻器同時進行集中監視(選配)

F O R S - 7 0 0 0



■ 操作器



操作器顯示內容

操作器顯示內容如下

No.	內 容	項目數
1	電流，電壓，頻率顯示(同時顯示)	1
2	參數設定項目	約 145
3	DI/DO 狀態顯示	10
4	控制裝置 RAM 數據	約 90
5	類比量(選配)項目設定*	8
6	發送接收數據	約 30
7	故障原因	約 130
8	現在時間	1

操作器為 7 段 LED 及 LCD 液晶顯示。

畫面顯示規格

LED 部 ： 7 段 4 位數 / 3 X LED

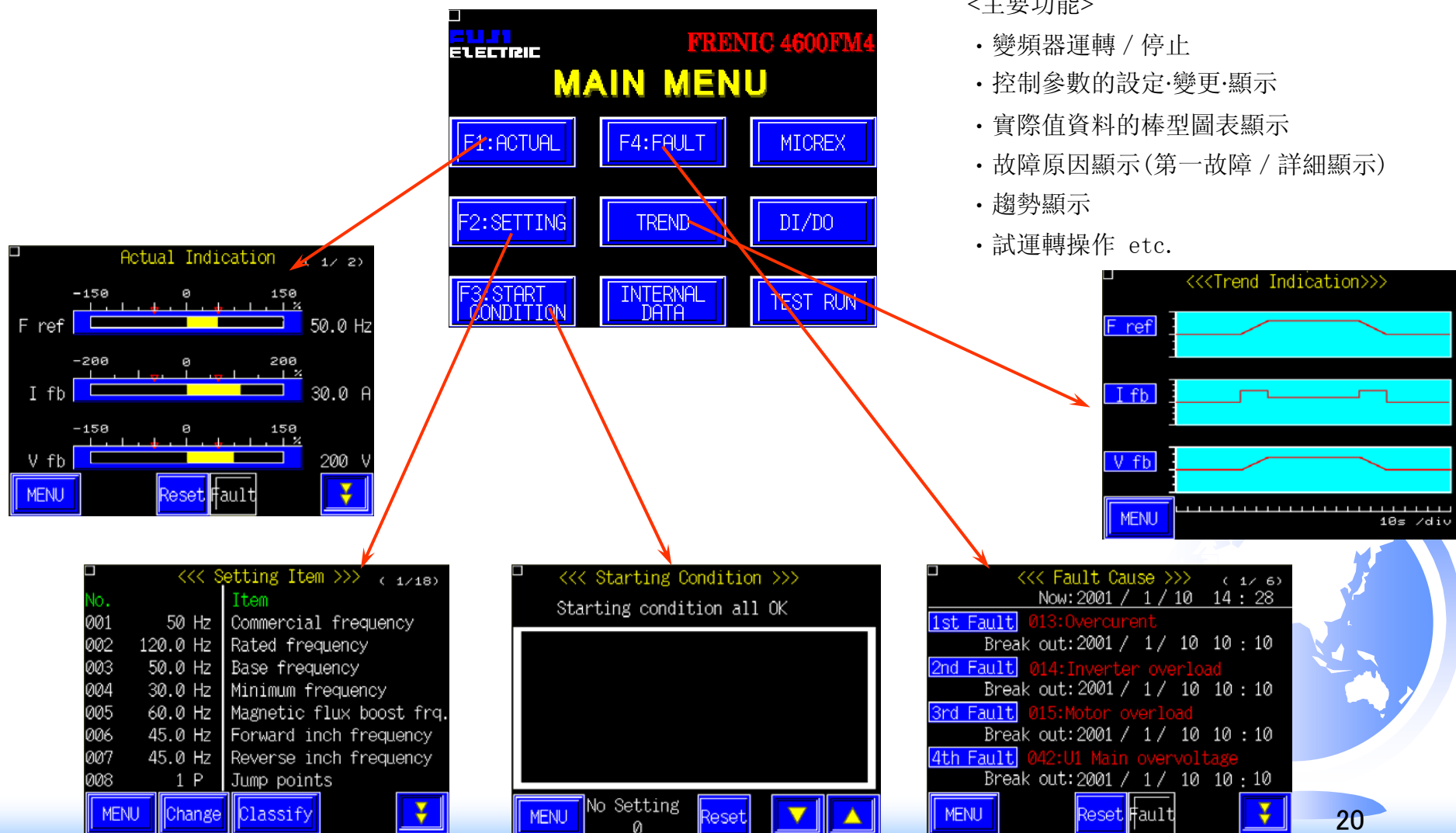
液晶部 ： 13 文字 X 4 行

* No.5 類比量輸出項目可以以約 100 個項目中任意選擇項目輸出。



■ LCD觸控螢幕顯示<選配>

- 採用大型LCD顯示器(5,7英寸,STN彩色液晶)
- 可以像編程器一樣從盤面進行調整和維修

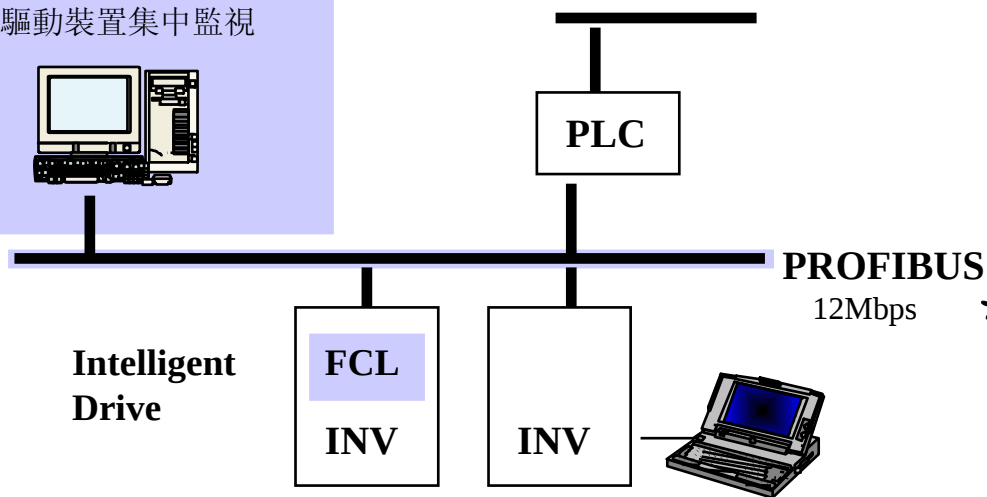


<主要功能>

- 變頻器運轉 / 停止
- 控制參數的設定·變更·顯示
- 實際值資料的棒型圖表顯示
- 故障原因顯示 (第一故障 / 詳細顯示)
- 趨勢顯示
- 試運轉操作 etc.

■ FORS-7000<選配>

可以將多個驅動裝置的各種資料進行集中監視和管理
→ 維修方便快捷



<主要功能>

- 線上監視
- Trace Back
- 故障履歷收集 / 故障檢查引導功能
- 常數顯示·印刷
- 記錄儀輸出 其他功能
- * 可以同時監視PLC



■ 富士高壓變頻器特點

介面豐富

從獨立單元到綜合系統可以針對各種不同需求靈活配置。

- PI/O介面(速度指令:0~10V,4~20mA,運轉·停止指令等) <標準>
- 富士標準通訊介面 T-Link <選配>

選配介面

可以通過強大的通用通訊網絡**PROFIBUS**與其他介面連接<選配>

- ·可在多用戶環境下系統配置
- 可以實現和控制系統的高速通訊(傳送速度:12Mbps)



■ 富士高壓變頻特點

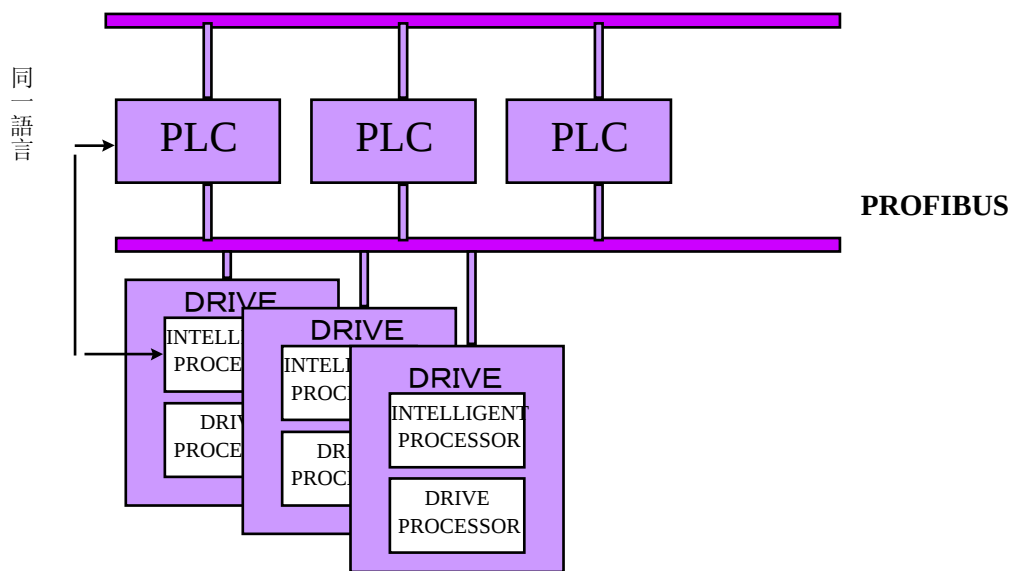
智慧驅動系統

變頻裝置內搭載應用程式軟體〈選配〉

- 可以構築無PLC裝置系統
- 用與富士PLC（ICS/ACS系列）同一語言（FCL）構築系統
（可以適用各種豐富多彩的裝置・系統軟體）

適用例

- 風機・鼓風機在商用運轉切換時控制風量
- 控制泵群的運轉台數
- 自動控制節省人力資源



■ 富士高壓變頻器主要諸元（3.3KV）

容量	400kVA	550kVA	825kVA	1250kVA	1875kVA	2500kVA	3750kVA
過負荷耐量	120%，1分鐘						
輸入電壓	3000／3300V±10% 3相						
	50／60Hz±5%						
輸出電壓	3000／3300V，3相						
輸出頻率	0.2～60Hz（オプション120Hz）						
整流器	二極體整流						
控制方式	多電平PWM控制						
	V／F穩定控制（簡易向量控制）						
	（通過選項配置可以實現向量控制）						
頻率控制精度	±0.5%（類比頻率標準輸入時）						
輸出頻率分解能	0.1Hz						
綜合效率	97%以上						
綜合功率因數	95%以上						
盤構造	室內閉鎖自立盤（IP20）						
冷卻方式	強制風冷						
外部接口/介面	類比輸入（選項 PROFIBUS，T-Link）						
適用電動機最大輸出（※）	300kW	450kW	670kW	1060kW	1600kW	2150kW	3200kW
注）※印指富士3.3KV 4極電動機標準規格參數。							

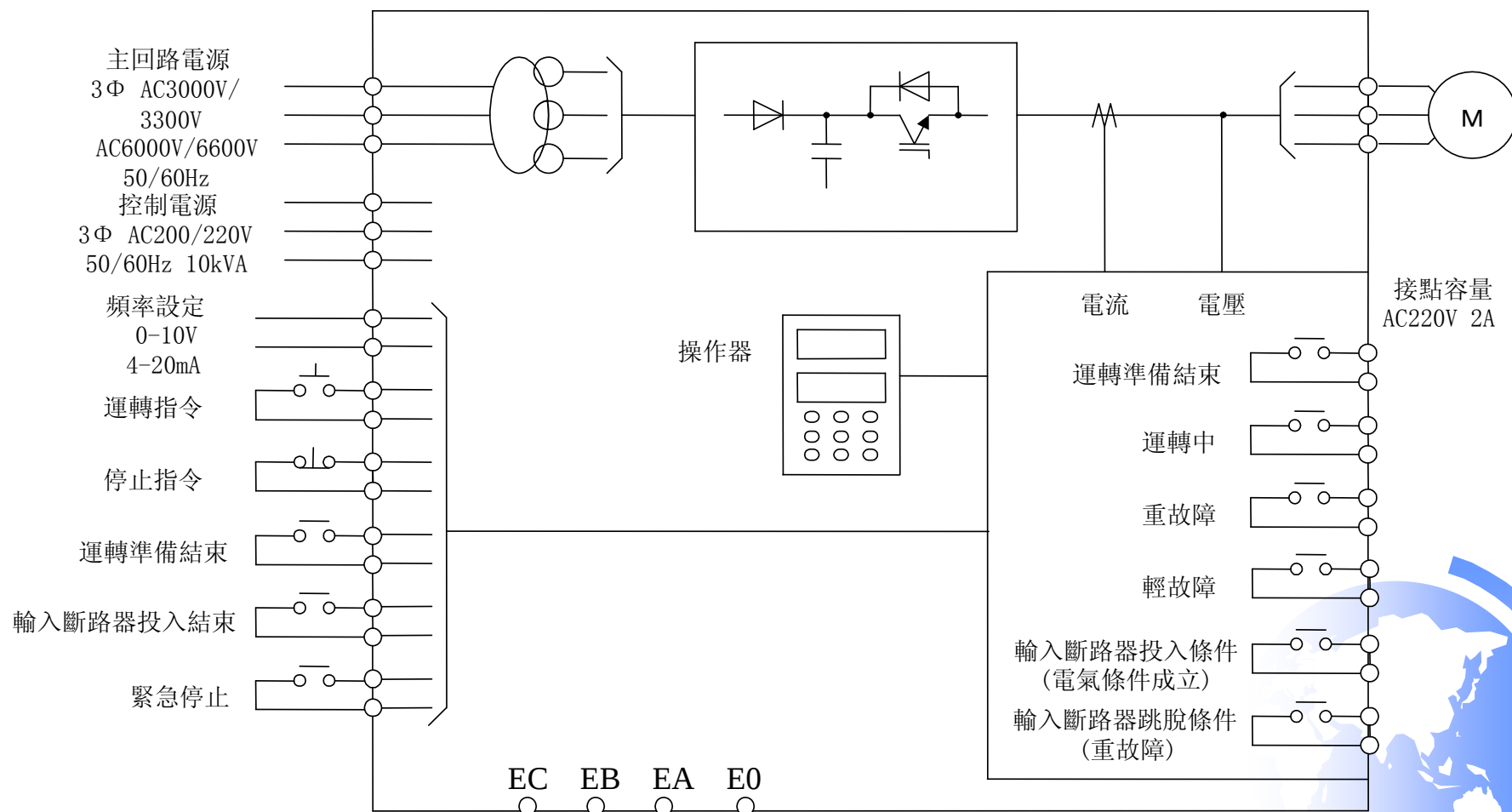


■ 富士高壓變頻器主要諸元(6.6KV)

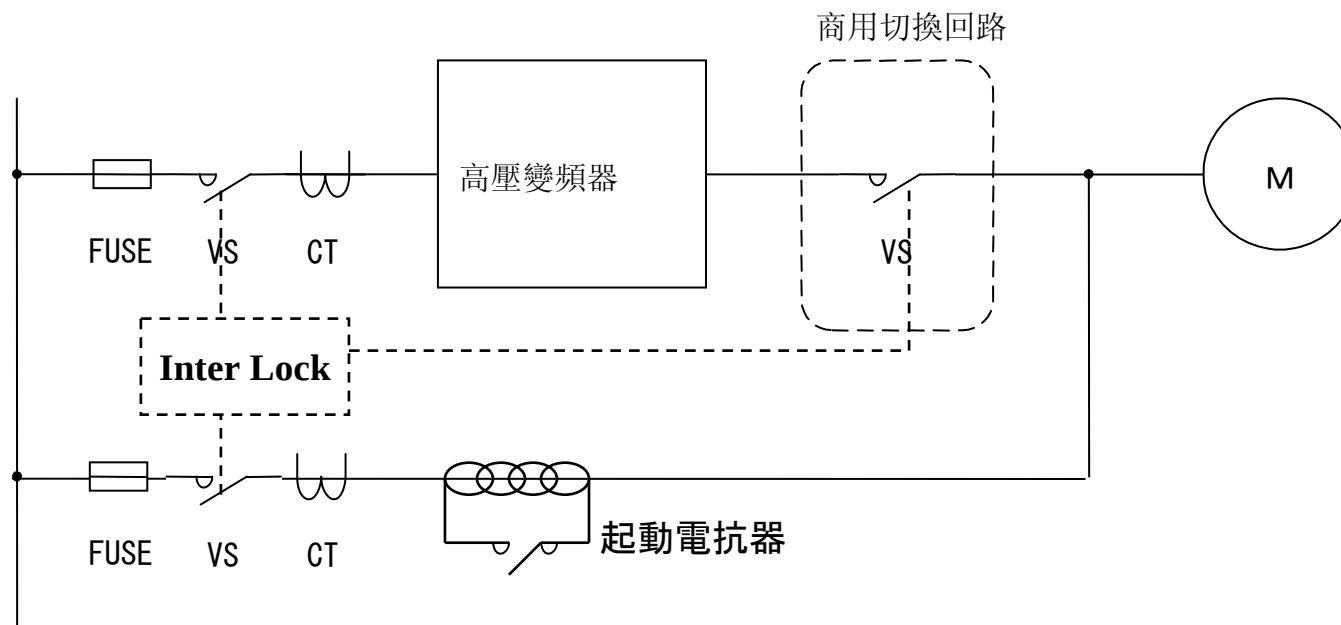
容量	560kVA	800kVA	1100kVA	1650kVA	2500kVA	3750kVA	5000kVA	7500kVA
過負荷耐量	120%，1分鐘							
輸入電壓	6000／6600V±10% 3相							
	50／60Hz±5%							
輸出電壓	6000／6600V，3相							
輸出頻率	0.2～60Hz（オプション120Hz）							
整流器	二極體整流							
控制方式	多電平PWM控制							
	V／F穩定控制（簡易向量控制）							
	（通過選項配置可以實現向量控制）							
頻率控制精度	最高頻率±0.5%（類比頻率標準輸入時）							
輸出頻率分解能	0.1Hz							
綜合效率	97%以上							
綜合功率因數	95%以上							
盤構造	室內閉鎖自立盤（IP20）							
冷卻方式	強制風冷							
外部接口/介面	類比輸入（選項PROFIBUS，T-link）							
適用電機最大輸出（※）	450kW	670kW	900kW	1400kW	2100kW	3250kW	4400kW	6400kW
注）※印指富士6.6KV 4極電動機標準規格參數。								



標準線路圖



■ 商用電源切換(商用旁路切換)



- 追加商用電源切換回路可以構成雙電源驅動系統, 保障電動機運行萬無一失。
(本回路由一面商用切換盤構成)

富士高壓IGBT變頻器外形尺寸

圖1

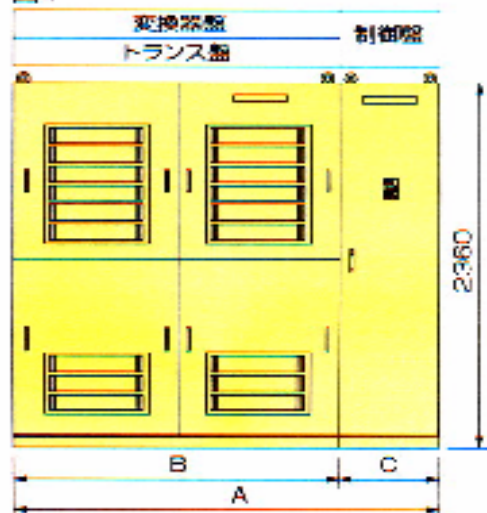
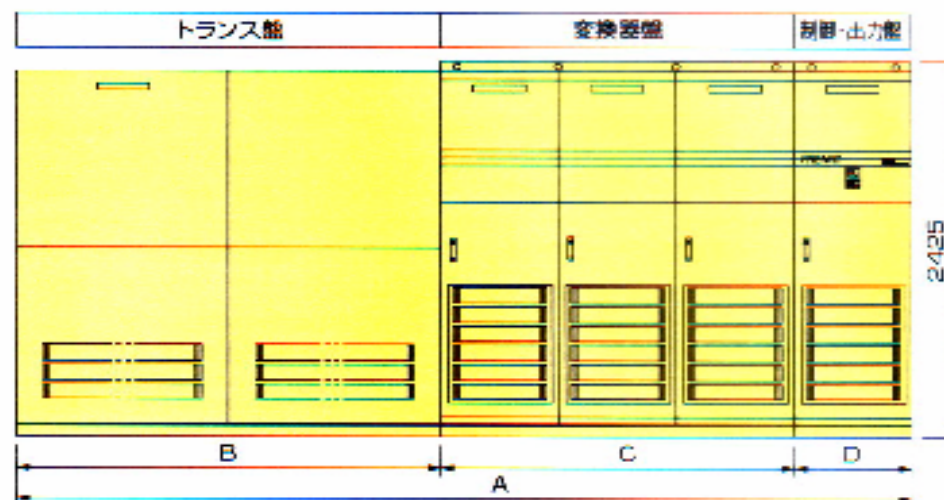


圖3



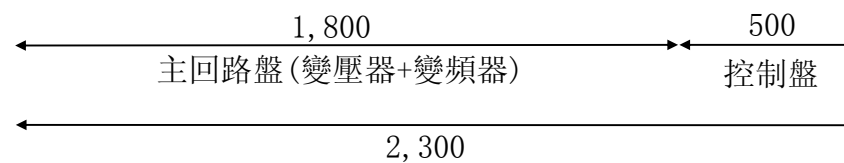
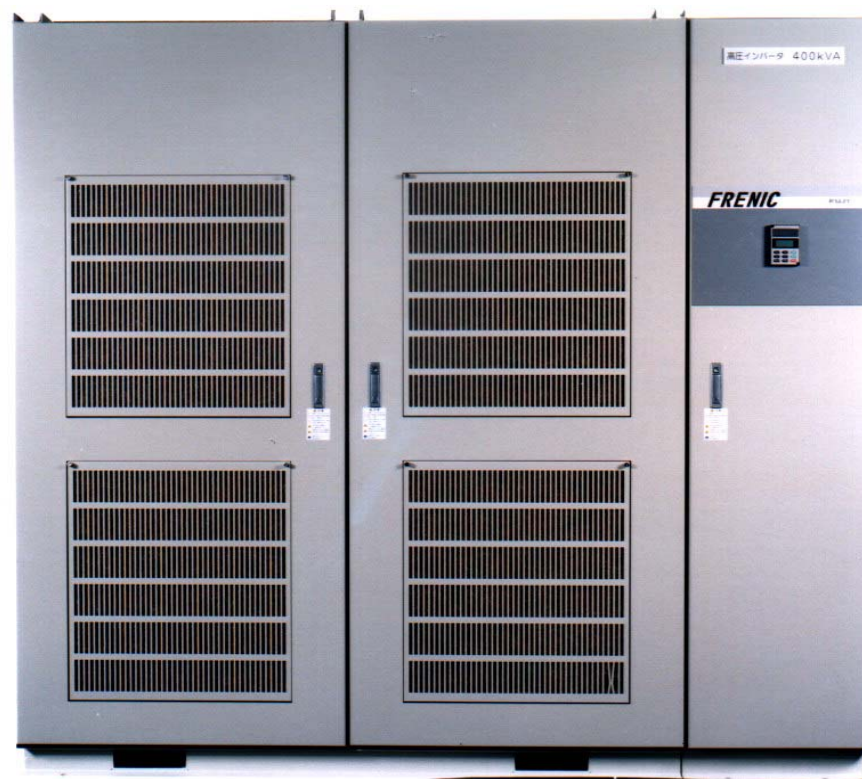
Voltage [KV]	Capacity [KVA]	Dimensions 「mm」					Mass 「kg」	Outline diagram
		A	Depth	B	C	D		
3. 3								Fig.1
	400	2300	1000	—	1800	500	3200	
	550	2600	1000	—	2100	500	4100	
	825	2700	1200	—	2200	500	4900	
	1250	4300	1200	2500	1200	600	7500	Fig.2
	1875	5100	1200	2500	2000	600	10500	Fig.3
	2500	5100	1200	2500	2000	600	11000	Fig.4
	3750	10200	1600	5600	3600	1000	20500	
6. 6	560	3600	1100	2000	1000	600	4600	Fig.2
	800	3600	1100	2000	1000	600	5600	
	1100	4200	1200	2100	1500	600	6400	
	1650	5100	1200	2500	2000	600	7400	Fig.3
	2500	8000	1200	5000	2400	600	14500	Fig.5
	3750	10200	1200	5600	4000	600	21200	Fig.6
	5000	10600	1200	6000	4000	600	23700	Fig.7
	7500	20400	1600	11200	7200	2000	41000	

注1. 上述圖為代表例。
部分變頻控制盤的配置根據容量不同
略有差異。

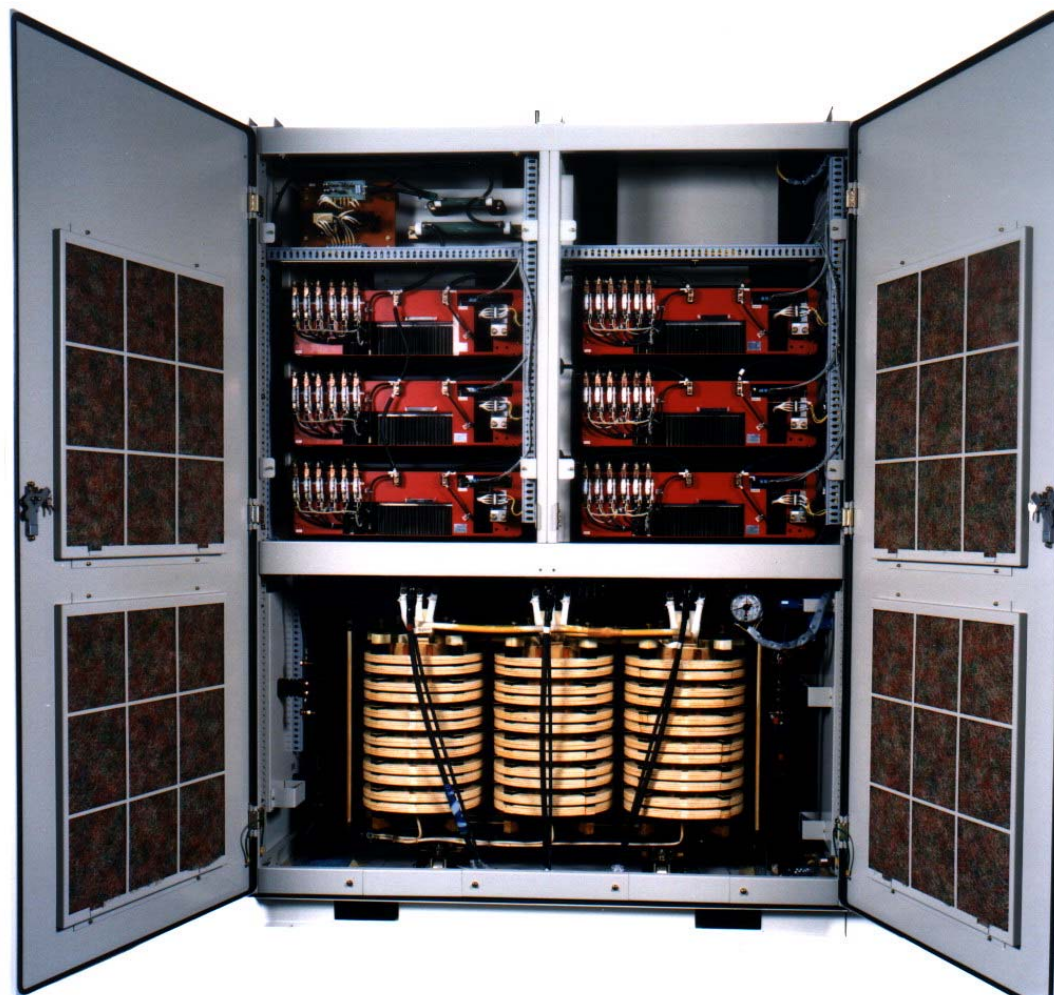
注2. 盤體高度未含風扇高度



■ 3. 3kV 400kVA高壓變頻器(1. 4kV 150A IGBT元件)



■ 3. 3kV 400kVA高壓變頻器(1.4kV 150A IGBT元件)



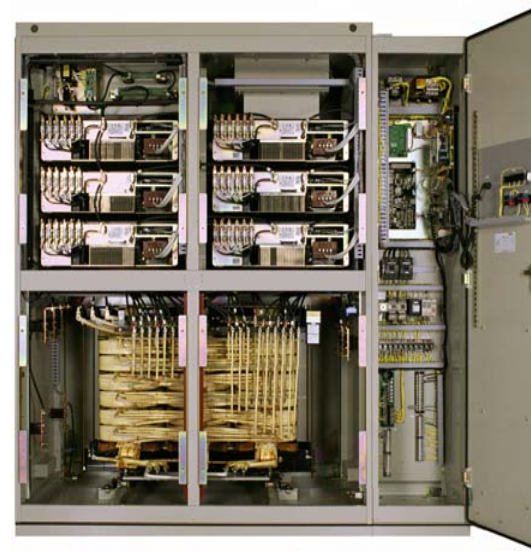
■ 3. 3kV 高壓變頻器盤外形

盤外觀（罩式）

標準



3.3kV 400kVA示例



盤外觀（門式）

配帶內部保護罩





6. 6kV 高壓變頻器盤外觀

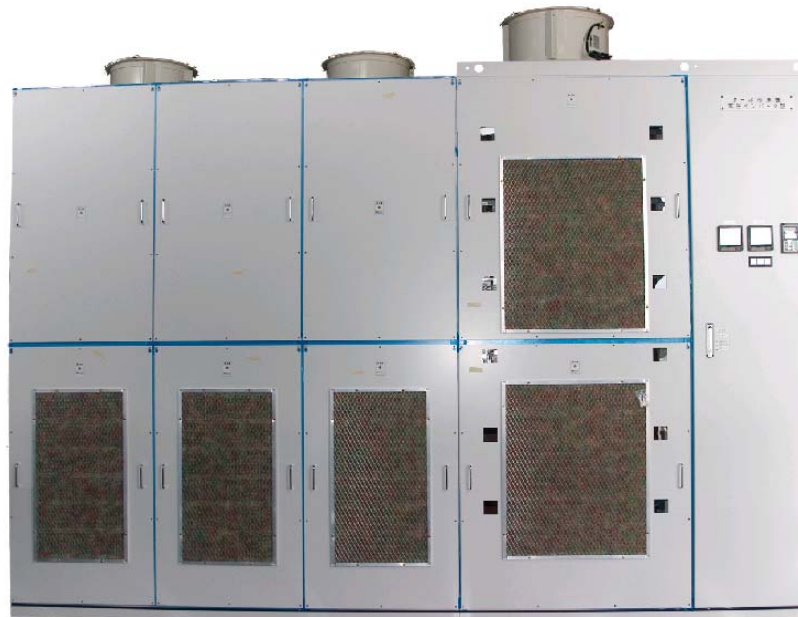
盤外觀（罩式）

6.6 k V 800 k VA的示例

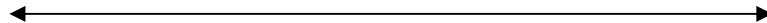
變壓器盤

變頻器盤

控制輸出盤



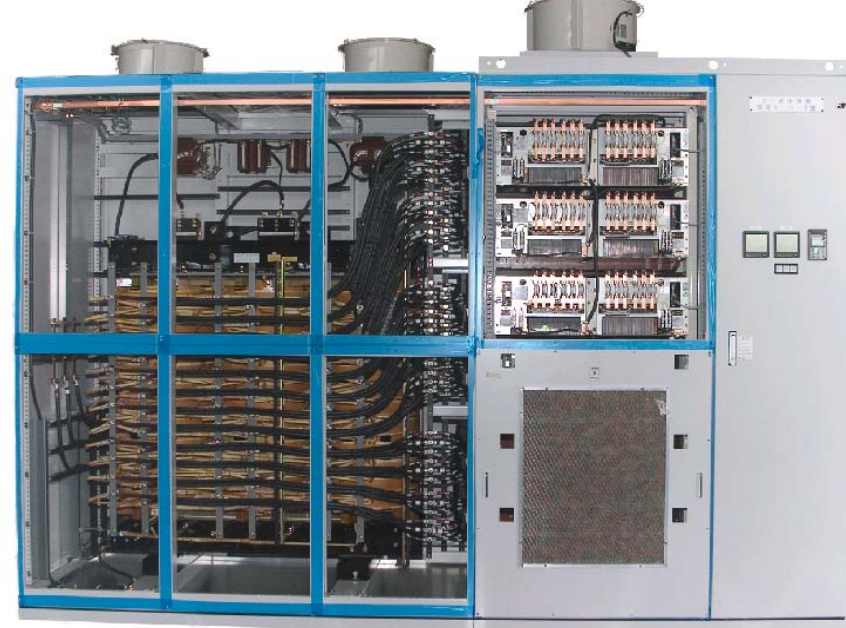
3600



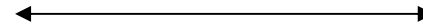
變壓器盤

變頻器盤

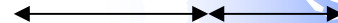
控制輸出盤



2000



1000



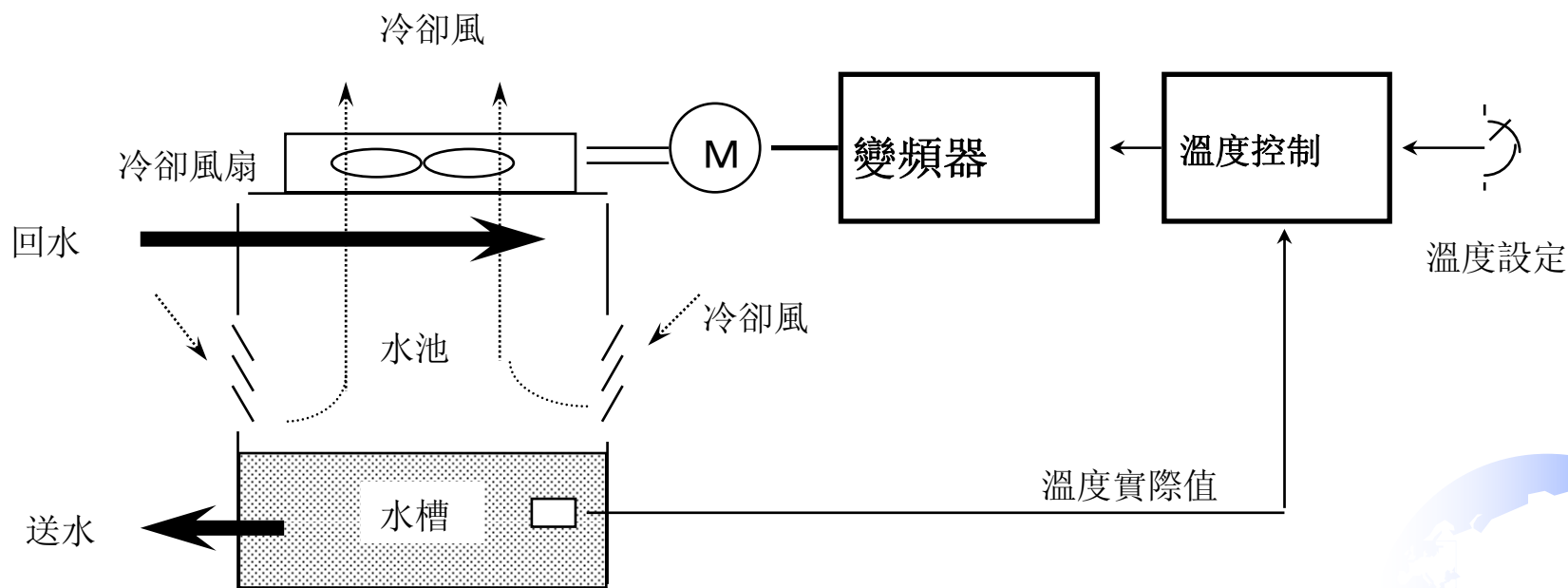
600



■ 高壓變頻器適用例

設備名稱 水塔冷卻風扇省能示意圖

■ 冷水塔的需求狀況受晝夜和季節溫度條件的變化波動較大, 冷卻風扇的運轉動力也將受其影響。如果對風扇進行變頻調速控制, 就可以根據冷卻系統的負荷變化隨時調整風扇的轉速, 進而最大限度的節省能源。下圖是根據冷卻水溫度對風扇自動進行變頻控制的例子。



■ 要點

- 冷水塔能力一般不是按100%進行設計, 而是留有一定餘量, 是節能的首選物件。
- 可以根據冷水的實際溫度值進行控制。



■ 高壓變頻器適用例

用變頻控制取代擋板控制時的省能效果計算例。

■ 計算條件

電機輸出	600KW, 年運轉時間	8500小時
運轉方式	85%流量	4250小時
	60%流量	4250小時

■ 計算例

● 定速運轉時(擋板控制)

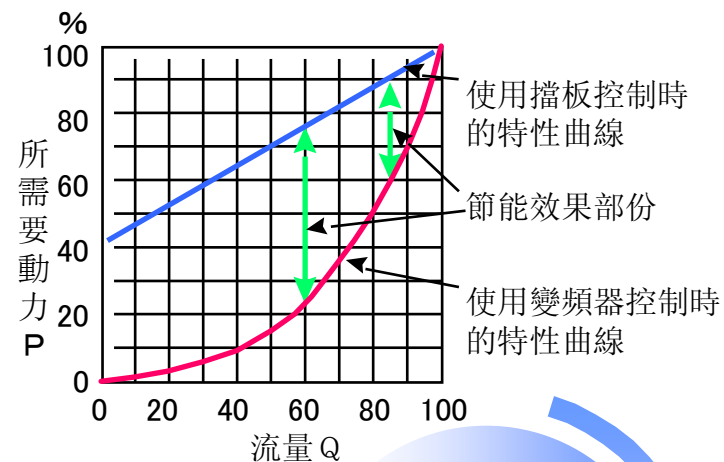
流量85%時	需要動力=91% $\times$ 600KW=546KW
流量60%時	需要動力=76% $\times$ 600KW=456KW
年耗電量	546KW $\times$ 4250h+456KW $\times$ 4250h =4,258,500KWh

● 變頻運轉時

流量85%時	需要動力=61% $\times$ 600KW=366KW
流量60%時	需要動力=22% $\times$ 600KW=132KW
年耗電量	366KW $\times$ 4250h+132KW $\times$ 4250h =4,116,500KWh

● 年省能效果

4,258,500-4,116,500=142,000KWh
1KWh=10日元, 可以節約電費2,142,000日元。





節能效果原理及計算

依定律：

1. FAN的吐出量和轉速成『正比』。
2. 產生的壓力和轉速成『平方比』。
3. 所需的軸動力(軸馬力)和轉速成『立方比』，
→也就是FAN的吐出量和軸動力成『立方比』值。

例：需風量50%時其需多少軸動力輸出(所需馬力)?

$$\begin{aligned}\text{所需動力} &= KW \times 0.5^3 / \text{馬達效率} / \text{變頻器效率} \\ &= 100 \times 0.5^3 / 0.965 / 0.97 = 13.35\%\end{aligned}$$

風量50%時，只需13.35%的馬力

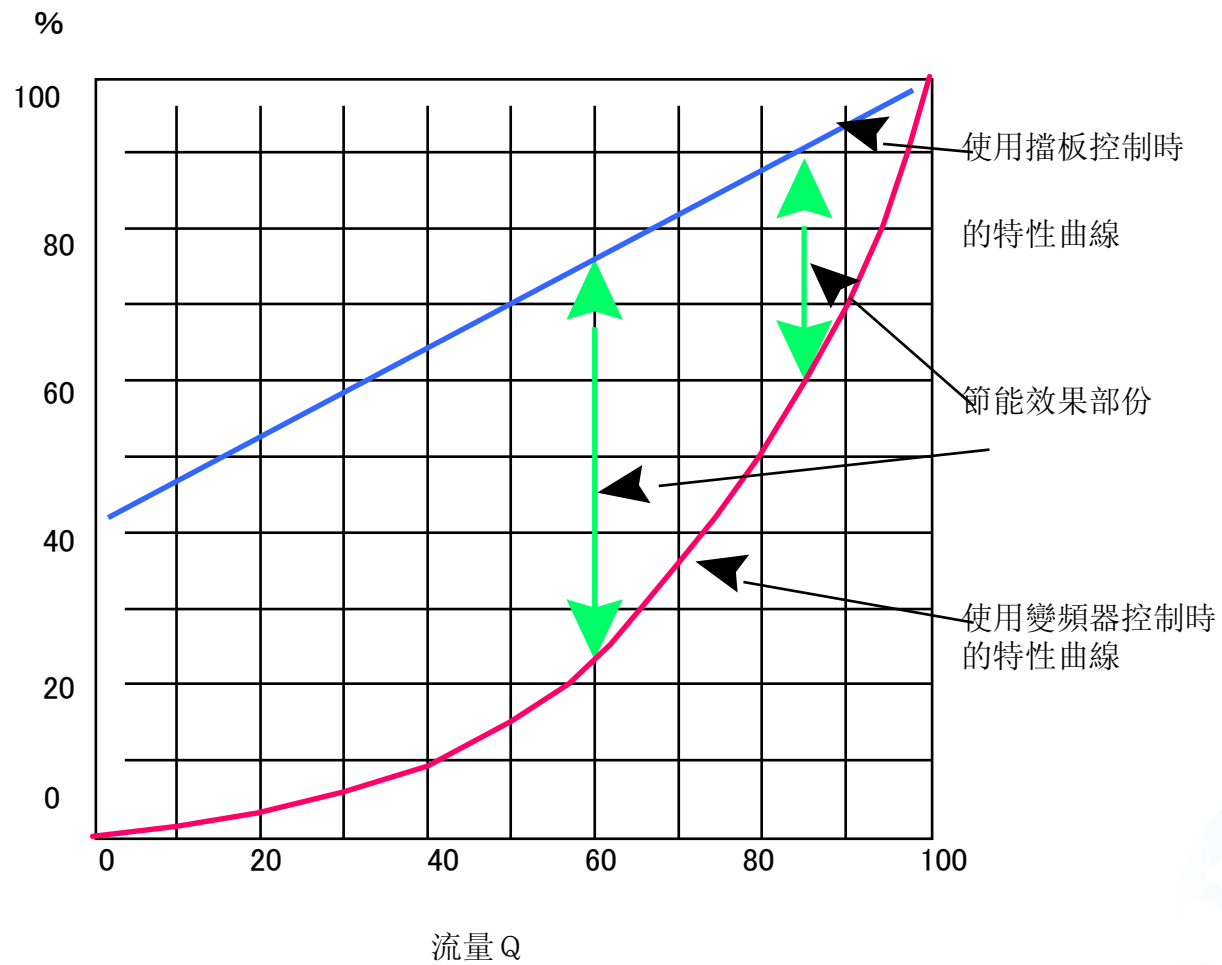
※可得知FAN吐出量和所需動力的比值如下：

10%→0.11%	60%→23.07%
20%→0.85%	70%→36.64%
30%→2.88%	80%→54.69%
40%→6.83%	90%→77.88%
50%→13.35%	





所需要動力 P





適用領域



富士電機產品系列



■ 實際運轉效益

Model	使用位置	Motor kW	使用風 (水)量% 平均值	Ⓐ各平均 值使用的 電量	Ⓑ計算式 $\text{kW} \times X^3 / \text{Motor 效率} / \text{Inv效率}$ =實際用電量	Ⓐ-Ⓑ=Ⓒ 實際所省	Ⓒ $\times 24\text{h} \times$ $352 = \text{Ⓓ}$	Ⓓ $\times 1.47\text{元}$ =一年所 省金額
FM4 3.3kV	OB FDF	340	26.3%	187kW	$340 \times 0.263^3 / 0.96 / 0.97 = 6.64\text{kW}$	$187 - 6.64$ =180kWH	1,520,640 kWH	223.5萬元
FM4 3.3kV	RB IDF	430	40%	279.5kW	$430 \times 0.4^3 / 0.96 / 0.97 = 29.6\text{kW}$	$279.5 - 29.6$ =249.9kWH	2,111,155 kWH	310萬元
FM4 3.3kV	RB IDF	390	40%	253.6kW	$390 \times 0.4^3 / 0.96 / 0.97 = 26.8\text{kW}$	$253.6 - 26.8$ =226.8kWH	1,916,006 kWH	281.6萬元
FM5 3.3kV	OB RB Feed Water Pump x 2	675	66%	526.5kW	$675 \times 0.66^3 / 0.96 / 0.97 = 208\text{kW}$	$526.5 - 208$ =318.5kWH	2,690,688 kWH	395.5萬元