

# 永磁同步發電機型風電逆變器模塊

PEK-520

---

實驗指導書

固緯料號 **NO. 82EK-1100M01**



ISO-9001 認證企業

**GW INSTEK**

本手冊所含資料受到版權保護，未經固緯電子實業股份有限公司預先授權，不得將手冊內任何章節影印、複製或翻譯成其它語言。

本手冊所含資料在印製之前已經過校正，但因固緯電子實業股份有限公司不斷改善產品，所以保留未來修改產品規格、特性以及保養維修程式的權利，不必事前通知。

# 目錄

<b>簡介</b> .....	<b>4</b>
章節說明 .....	11
<b>實驗 1 三相 SVPWM 逆變器</b> .....	<b>13</b>
電路模擬 .....	13
實驗設備 .....	17
實驗步驟 .....	18
實驗目的 .....	21
實驗結果 .....	21
結論 .....	25
<b>實驗 2 三相並網逆變器</b> .....	<b>26</b>
電路模擬 .....	26
實驗設備 .....	29
實驗步驟 .....	30
實驗目的 .....	33
實驗結果 .....	33
結論 .....	34
<b>實驗 3 PMSM(永磁同步電動機)轉速與轉矩控制</b> .....	<b>35</b>
電路模擬 .....	35
實驗設備 .....	38
實驗步驟 .....	39
實驗目的 .....	42
實驗結果 .....	42
結論 .....	44
<b>實驗 4 PMSG(永磁同步發電機)轉速控制</b> .....	<b>45</b>
電路模擬 .....	45

實驗設備.....	51
實驗步驟.....	52
實驗目的.....	54
實驗結果.....	54
結論.....	58
<b>實驗 5 風力機模擬系統.....</b>	<b>59</b>
電路模擬.....	59
實驗設備.....	62
實驗步驟.....	63
實驗目的.....	65
實驗結果.....	65
結論.....	68
<b>實驗 6 最佳風能捕獲.....</b>	<b>69</b>
電路模擬.....	69
實驗設備.....	72
實驗步驟.....	73
實驗目的.....	75
實驗結果.....	76
結論.....	80
<b>實驗 7 PMSG 風力發電系統.....</b>	<b>81</b>
電路模擬.....	81
實驗設備.....	85
實驗步驟.....	86
實驗目的.....	89
實驗結果.....	89
結論.....	94
<b>實驗 8 PMSG 低電壓穿越.....</b>	<b>95</b>
電路模擬.....	95
實驗設備.....	99



---

實驗步驟.....	100
實驗目的.....	103
實驗結果.....	103
結論.....	109
<b>附錄 A PEK-520 電路圖 .....</b>	<b>110</b>
Wind Turbine Emulator .....	111
Grid Inverter .....	117
F28335 Delfino control CARD .....	127
Gate Driver .....	128
Gate Driver Power.....	129
<b>附錄 B C code 燒錄流程.....</b>	<b>130</b>
<b>附錄 C RS232 連線.....</b>	<b>139</b>

# 簡介

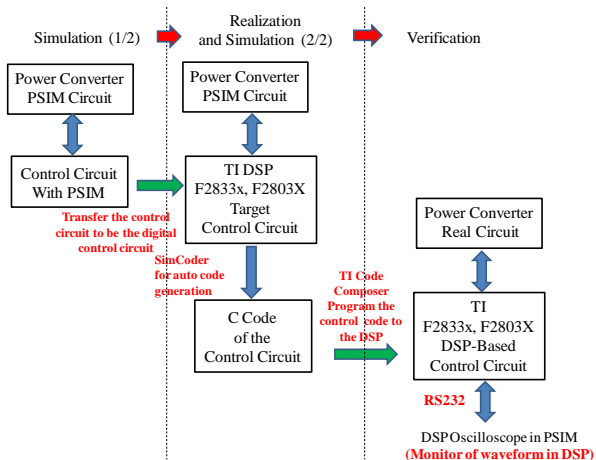
PEK-520 為永磁同步發電機型風電逆變器模塊 (Permanent Magnet Synchronous Generator Wind Inverter Module)，如圖 0.1 所示，由三個部分組成，PEK-520\_1 為風機驅動器(PMSM Driver)，PEK-520\_2 為發電機驅動器與並網逆變器(PMSG Driver and Grid-connector Inverter)，以及永磁同步馬達模組，其為全數位控制系統，實施方法如圖 0.2，目的在提供電力轉換器採用數位控制的學習平台，讓使用者透過 PSIM 軟體，除以模擬方式學習電力轉換器的原理、分析及設計外，亦可透過 PSIM 之 SimCoder 工具將控制電路轉換為數位控制程式，並可實際將以 DSP 取代之電路再作一次模擬，最後並可將透過模擬驗證過之控制程式燒錄於 DSP 晶片中，再透過 DSP 進行控制及通訊，以驗證所設計電路及控制器之正確性。

圖 0.1

永磁同步發電機  
型風電逆變器實  
驗模組



圖 0.2  
教具使用程序



PEK-520 共可完成八個實驗，分別如下：

1. 三相 SVPWM 逆變器(Three Phase Stand-alone Inverter)
2. 三相並網逆變器(Three Phase Grid-connected Inverter)
3. PMSM(永磁同步電動機)轉速與轉矩控制(Speed and Torque Control of PMSM)
4. PMSG(永磁同步發電機)轉速控制(Speed Control of PMSG)
5. 風力機模擬系統(Wind Turbine Generator (WTG) Emulation)
6. 最佳風能捕獲(Maximum Power Point Tracking of WTG)
7. PMSG 風力發電系統(Grid-connected PMSG Wind Power Generation System)
8. PMSG 低電壓穿越(Low Voltage Ride Through (LVRT) of PMSG WTG System)

進行實驗時除需要 PEK-520 本身外，仍需搭配 PEK-005A(輔助電源，如圖 0.3)與 PEK-006 (JTAG 燒錄器，如圖 0.4)並在 PTS-5000 的實驗平台上完成，如圖 0.5。

圖 0.3  
輔助電源模組

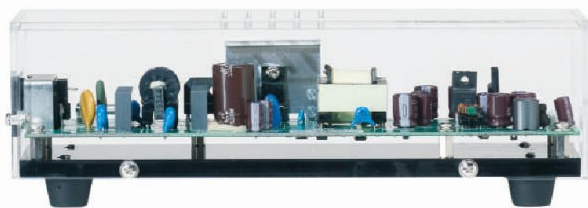


圖 0.4  
JTAG 燒錄器

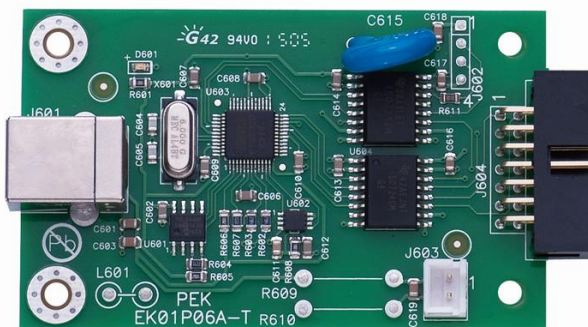


圖 0.5  
PTS-5000 實驗  
平台



PEK-520 DSP 輸入輸出腳位配置如圖 0.6、0.7，其電路圖可參考附錄 A，可區分為功率電路、感測電路、驅動電路以及保護電路。其中感測電路分為兩部分，其一為測試點量測使用，另一部分為回授 DSP 控制使用，其衰減倍率各不相同，分別如下表 0.1~0.4。

圖 0.6  
PEK-520\_1  
I/O 配置

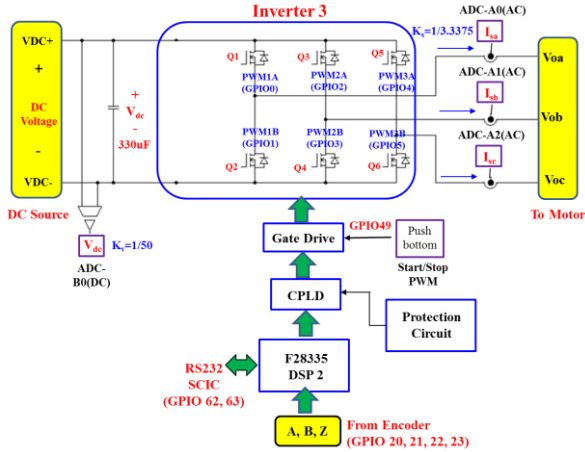


圖 0.7  
PEK-520\_2  
I/O 配置

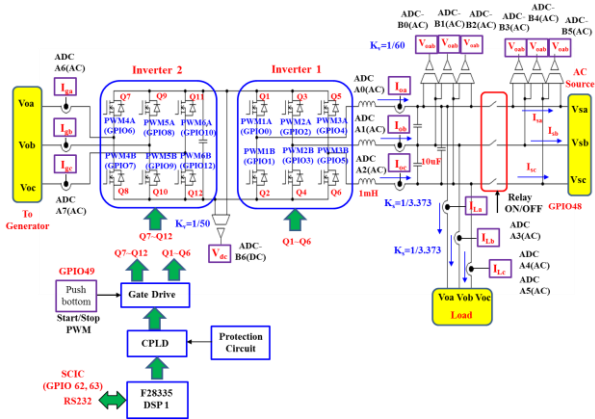


表 0.1 PEK-520\_1 測試點的量測比例

感測項目	感測比例
1 直流輸入電壓(VDC)	0.0154
2 風力機逆變器輸出 AB 臂線電壓(VO-AB)	0.0150
3 風力機逆變器輸出 BC 臂線電壓(VO-BC)	0.0150

4	風力機逆變器輸出 CA 臂線電壓(VO-CA)	0.0150
5	風力機逆變器 A 相輸出電流(IO-A)	0.4768
6	風力機逆變器 B 相輸出電流(IO-B)	0.4768
7	風力機逆變器 C 相輸出電流(IO-C)	0.4768

表 0.2 PEK-520\_2 測試點的量測比例

	感測項目	感測比例
1	發電機逆變器 A 相輸出電流(IG-A)	0.4768
2	發電機逆變器 B 相輸出電流(IG-B)	0.4768
3	發電機逆變器 C 相輸出電流(IG-C)	0.4768
4	直流鍊電壓(VBUS)	0.0154
5	並網逆變器 A 相輸出電流(IO-A)	0.4768
6	並網逆變器 B 相輸出電流(IO-B)	0.4768
7	並網逆變器 C 相輸出電流(IO-C)	0.4768
8	並網逆變器 A 相負載電流(IL-A)	0.4768
9	並網逆變器 B 相負載電流(IL-B)	0.4768
10	並網逆變器 C 相負載電流(IL-C)	0.4768
11	並網逆變器輸出 AB 臂線電壓(VO-AB)	0.0287
12	並網逆變器輸出 BC 臂線電壓(VO-BC)	0.0287
13	並網逆變器輸出 CA 臂線電壓(VO-CA)	0.0287
14	市電 AB 臂線電壓(VS-AB)	0.0287
15	市電 BC 臂線電壓(VS-BC)	0.0287
16	市電 CA 臂線電壓(VS-CA)	0.0287

表 0.3 PEK-520\_1 DSP 的回授比例

	感測項目	感測比例
1	直流輸入電壓(VDC)	0.0202
2	風力機逆變器輸出 AB 臂線電壓(VO-AB)	0.0124
3	風力機逆變器輸出 BC 臂線電壓(VO-BC)	0.0124
4	風力機逆變器輸出 CA 臂線電壓(VO-CA)	0.0124
5	風力機逆變器 A 相輸出電流(IO-A)	0.2996
6	風力機逆變器 B 相輸出電流(IO-B)	0.2996
7	風力機逆變器 C 相輸出電流(IO-C)	0.2996

表 0.4 PEK-520\_2 DSP 的回授比例

	感測項目	感測比例
1	發電機逆變器 A 相輸出電流(IG-A)	0.2996
2	發電機逆變器 B 相輸出電流(IG-B)	0.2996
3	發電機逆變器 C 相輸出電流(IG-C)	0.2996
4	直流鍊電壓(VBUS)	0.0202
5	並網逆變器 A 相輸出電流(IO-A)	0.2996
6	並網逆變器 B 相輸出電流(IO-B)	0.2996
7	並網逆變器 C 相輸出電流(IO-C)	0.2996
8	並網逆變器 A 相負載電流(IL-A)	0.2996
9	並網逆變器 B 相負載電流(IL-B)	0.2996
10	並網逆變器 C 相負載電流(IL-C)	0.2996
11	並網逆變器輸出 AB 臂線電壓(VO-AB)	0.0169
12	並網逆變器輸出 BC 臂線電壓(VO-BC)	0.0169
13	並網逆變器輸出 CA 臂線電壓(VO-CA)	0.0169
14	市電 AB 臂線電壓(VS-AB)	0.0169
15	市電 BC 臂線電壓(VS-BC)	0.0169
16	市電 CA 臂線電壓(VS-CA)	0.0169



## 章節說明

章節安排如下

---

簡介	簡略介紹本模組的實驗方式、實驗項目、電路組成以及各章節內容等。
實驗 1 三相 SVPWM 逆變器	主要學習三相 SPWM 及 SVPWM 之原理，透過 PEK-520_2 模塊瞭解電壓及電流之量測方法，同時學習 TI F28335 DSP IC 腳位、PWM 及 A/D 硬體之設定，並瞭解如何利用 RS-232 進行 DSP 內部信號之控制與量測。
實驗 2 三相並網逆變器	了解三相並網逆變器基本原理及結構，同時學習三相並網逆變器之鎖相迴路設計方法，並學習電壓迴路及電流迴路控制器設計，針對並網逆變器進行規劃後透過 SimCoder 進行程式撰寫。
實驗 3 PMSM(永磁同步電動機)轉速與轉矩控制	學習永磁同步電動機工作原理、編碼器及轉速計算方法、向量控制原理、電流及轉速控制器設計，並學習建立模擬電路並針對 DSP 數位控制電路規劃，透過 SimCoder 進行程式撰寫。
實驗 4 PMSG(永磁同步發電機)轉速控制	學習永磁同步發電機工作原理、向量控制原理、電流及轉速控制器設計，並學習建立模擬電路並學習 DSP 數位控制電路規劃後透過 SimCoder 進行程式撰寫。
實驗 5 風力機模擬系統	學習風力機工作原理及建立風力機模型，也學習以馬達模擬風力機之工作原理並建立風力機模擬系統之模擬電路及進行模擬，最終以 DSP 數位控制電路規劃風力機模擬系統。

- 
- 實驗 6  
最佳風能捕獲
- 風機在不同風速下有不同的功率曲線，為充分利用風能必須隨風速改變工作點(即調整轉速)使操作點一直保持在曲線的最高點，稱為最大功率點追蹤(MPPT)，本實驗將依據風機特性找到 MPP 曲線，再根據 MPP 曲線設計 MPPT 控制器，透過 DSP 數位控制電路實現。
- 
- 實驗 7  
PMSG 風力發電系統
- 完成整合 MPPT 發電機驅動器、並網逆變器與風力機仿真器等系統，建立整合系統之模擬電路及進行全系統模擬驗證。
- 
- 實驗 8  
PMSG 低電壓穿越
- 學習電網對風力發電機的頻率運行要求與無功要求，學習風力發電機對電網電壓的適應性要求，學習 PMSG 風力發電機的低壓穿越(low voltage ride through, LVRT)方法，並建立 LVRT 之 DSP 數位控制程式規劃並實驗驗證 LVRT 功能。
-

# 實 驗 1 三 相 SVPWM 逆 變 器

## 電路模擬

轉換器規格如下：

---

DC bus Voltage  $V_{bus} = 100V$

$F_s = 20kHz$ ,  $V_{tri} = 10V_{pp}$

$C_{Bus} = 300\mu F$ ,  $L = 1.02\mu H$ ,  $C = 10\mu F$

$K_s = 0.3$  (AC current sensing factor)

$K_v = 1/60$  (AC voltage sensing factor)

$K_v = 1/50$  (DC voltage sensing factor)

依照上述參數所建立的類比電路如下圖 1.1:

PSIM 檔名為 : PEK-520\_2\_Sim1\_3P\_SA\_Inv(50Hz)\_V11.1.5\_V1.1

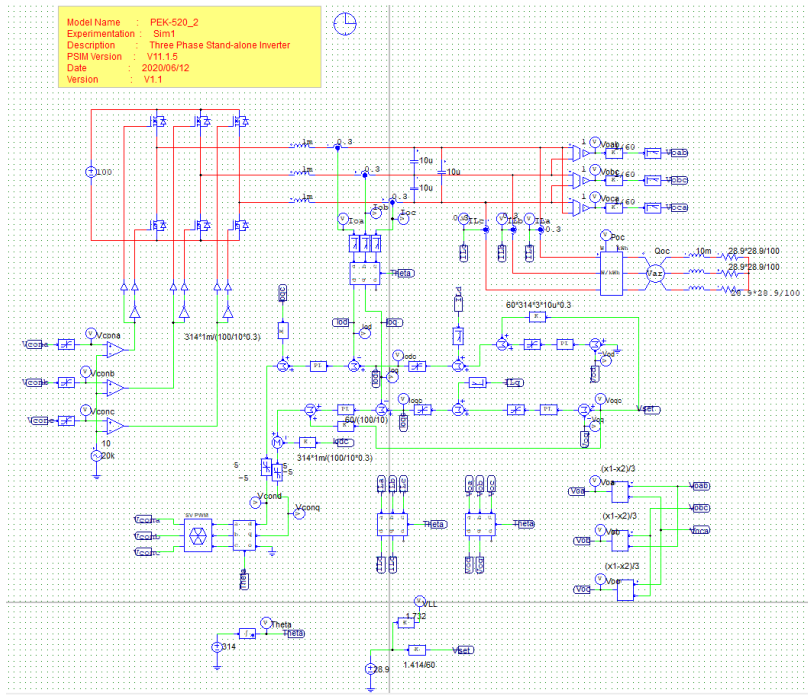


圖 1.1 實驗一 PSIM 類比電路圖

其模擬結果如圖 1.2, 1.3:

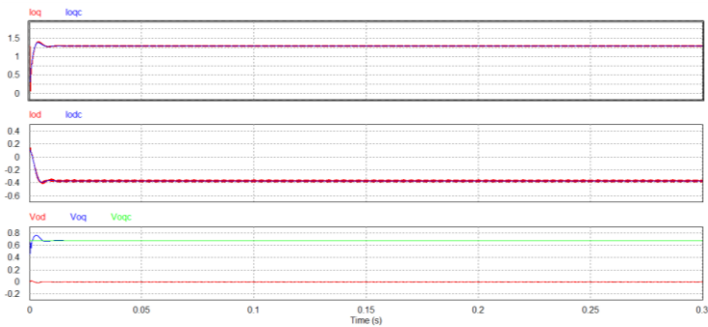


圖 1.2 實驗一類比電路模擬波形

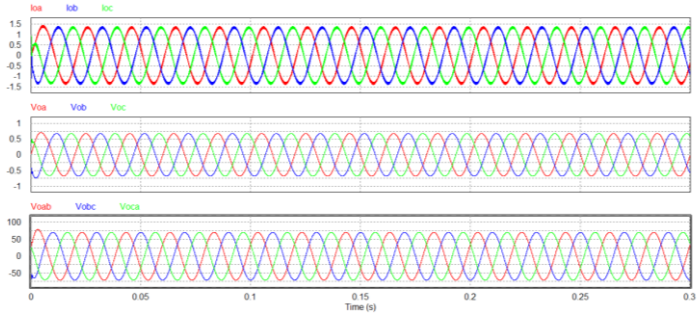


圖 1.3 實驗一類比電路模擬波形

再參照類比電路所建立的數位電路如下圖 1.4

PSIM 檔名為 : PEK-520\_2\_Lab1\_3P\_SA\_Inv(50Hz)\_V11.1.5\_V1.1

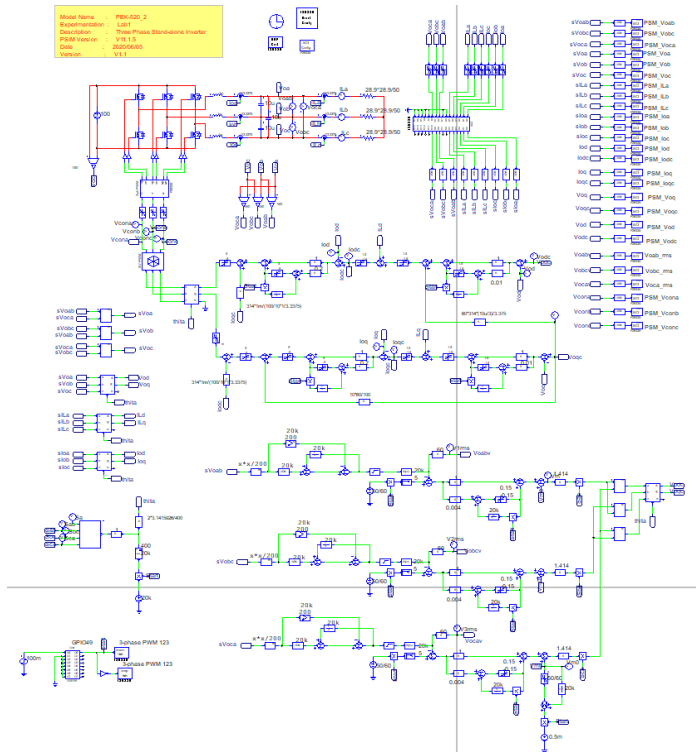


圖 1.4 實驗一 PSIM 數位電路圖

其模擬結果如圖 1.5, 1.6:

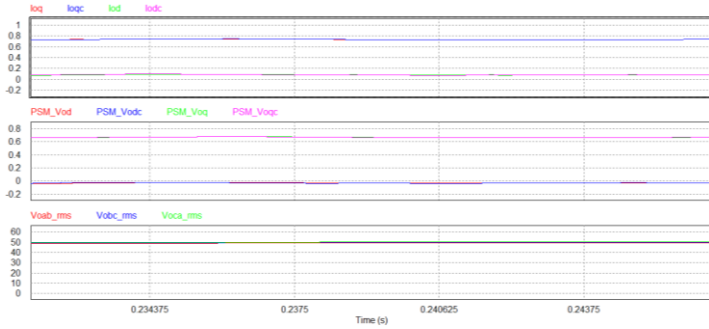


圖 1.5 實驗一數位電路模擬波形

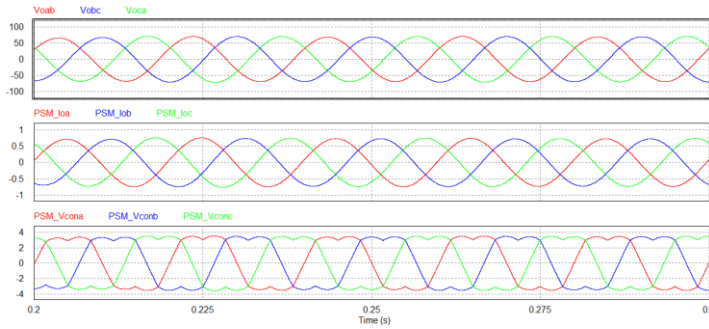


圖 1.6 實驗一數位電路模擬波形

模擬確認無誤後，利用“Simulate”的“Generate Code”自動產生對應的 C Code。

## 實驗設備

本實驗所需的設備如下，設備使用前請參照各設備使用說明書：

- PEK-520\_2 一台
- PEK-005A 一台
- PEK-006 一台
- PTS-5000 一台(其中使用 GDS-2204E, PSW160-7.2, GPL-500)
- PC 一台

## 實驗步驟

1. 實驗接線圖如圖 1.7，請依此圖完成接線。



圖 1.7 實驗一接線圖

2. 接線完畢後，先確認 PEK-520\_2 的開關為 OFF，之後開啟 PEK-005A 的開關，開啟後 DSP 的紅色顯示燈亮起，如圖 1.8，此時表示 DSP 電源正常。

圖 1.8

DSP 正常工作畫面

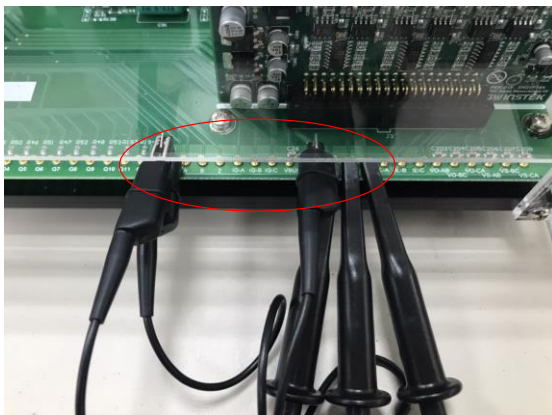


3. 請依照附錄 B(燒錄流程)進行燒錄。



- 將示波器探棒分別接至 PEK-520\_2 的 IO-A, IO-B, IO-C 上，探棒之 GND 接至模塊之 GND，模塊中量測點皆為共地，如圖 1.9

圖 1.9  
示波器探棒接線  
圖



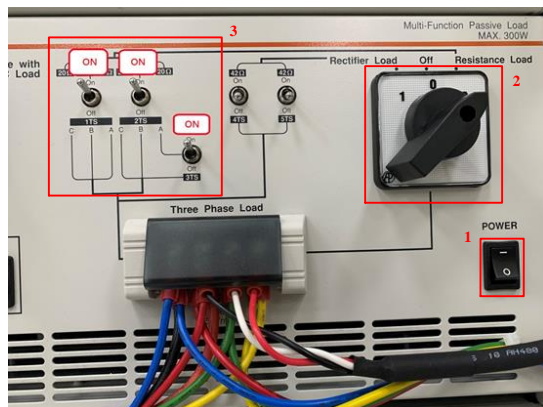
- PSW160-7.2 設定為點選 Set 鍵，查看所設定電壓、電流值，藉由電壓旋鈕調整至 100V，電流旋鈕調整至 3A，如圖 1.10

圖 1.10  
PSW 設定圖



6. GPL-500 電源開啟後，將 Three Phase Load 負載切換至 Resistance Load 模式，並將 1TS, 2TS, 3TS 開關開啟，此為滿載設定，如圖 1.11。

圖 1.11  
GPL-500 滿載設定



7. 設定完畢後，將 PSW 電源輸出開啟，最後再將 PEK-520\_2 開關開啟。

## 實驗目的

觀測 PEK-520\_2 於 Lab1 實驗中，因負載條件變化下，其三相電壓變化。

## 實驗結果

### (1) 滿載 10Ω

在滿載條件下，從示波器中可觀測出 IO-A, IO-B, IO-C 三相電流 RMS 值分別為 1.36A(實際值 2.852A)、1.38A(實際值 2.894A)、1.37A(實際值 2.873A)，如圖 1.12，此時 VO-AB, VO-BC, VO-CA 三相電壓 RMS 值分別為 1.40V(實際值 48.780V)、1.43V(實際值 49.826V)、1.41V(實際值 49.129V)，如圖 1.13。

圖 1.12  
滿載條件下三相  
電流波形

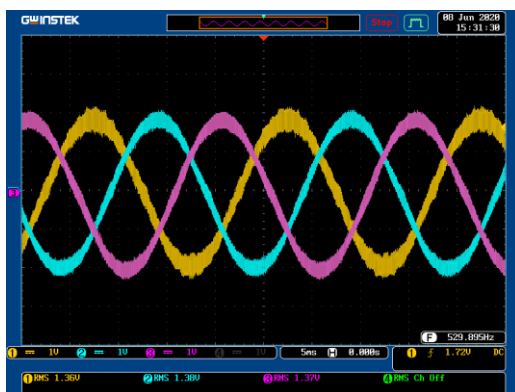
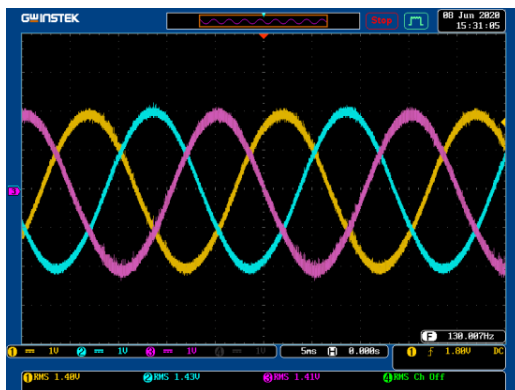


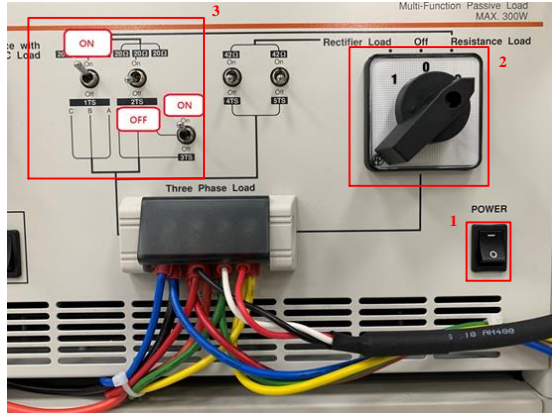
圖 1.13  
滿載條件下三相  
電壓波形



(2) 半載 20Ω

將負載調整至半載，其設定方式為 GPL-500 電源開啟後，將負載切換至 Resistance Load 模式，將 1TS、3TS 開關開啟，而 2TS 開關關閉，此為半載設定，如圖 1.14 所示。

圖 1.14  
GPL-500 半載設定



在半載條件下，從示波器中可觀測出 IO-A, IO-B, IO-C 三相電流 RMS 值分別為 0.721A(實際值 1.512A)、0.699A(實際值 1.466A)、0.694A(實際值 1.456A)，如圖 1.15，此時 VO-AB, VO-BC, VO-CA 三相電壓 RMS 值分別為 1.40V(實際值 48.780V)、1.43V(實際值 49.826V)、1.41V(實際值 49.129V)，如圖 1.16。

圖 1.15  
半載條件下三相電流波形

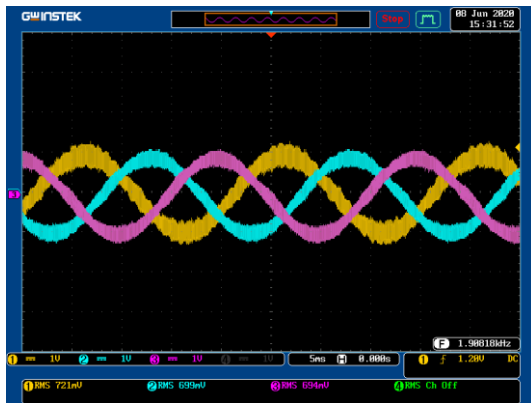
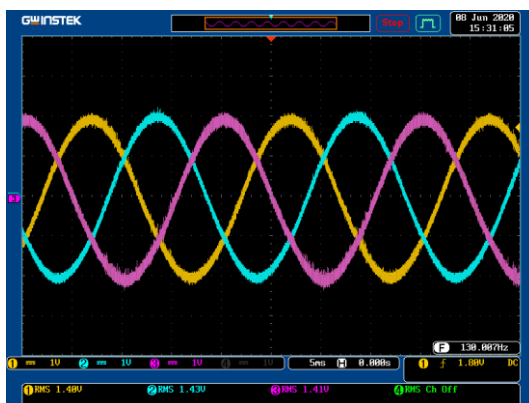


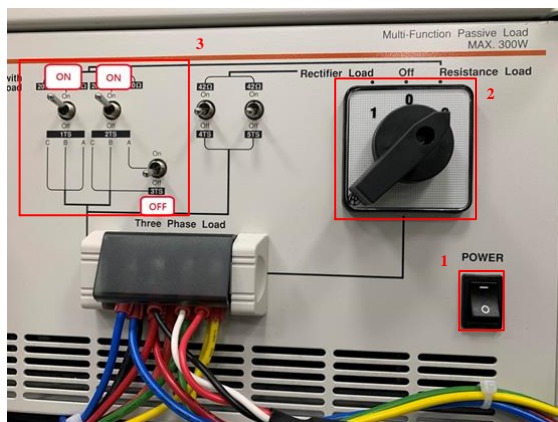
圖 1.16  
半載條件下三相  
電壓波形



### (3) 不平衡載(A 相 $20\Omega$ · B 相與 C 相 $10\Omega$ )

負載調整至不平衡載，其設定方式為 GPL-500 電源開啟後，將負載切換至 Resistance Load 模式，將 1TS、2TS 開關開啟，而 3TS 開關關閉，此為不平衡載設定，如圖 1.17 所示。

圖 1.17  
GPL-500 不平衡  
載設定



在不平衡載條件下，從示波器中可觀測出 IO-A, IO-B, IO-C 三相電流 RMS 值分別為 0.864A(實際值 1.812A)、1.28A(實際值 2.684A)、1.26A(實際值 2.643A)，如圖 1.18，此時 VO-AB, VO-BC, VO-CA 三相電壓 RMS 值分別為 1.40V(實際值 48.780V)、1.43V(實際值 49.826V)、1.41V(實際值 49.129V)，如圖 1.19。

圖 1.18  
不平衡載條件下  
三相電流波形

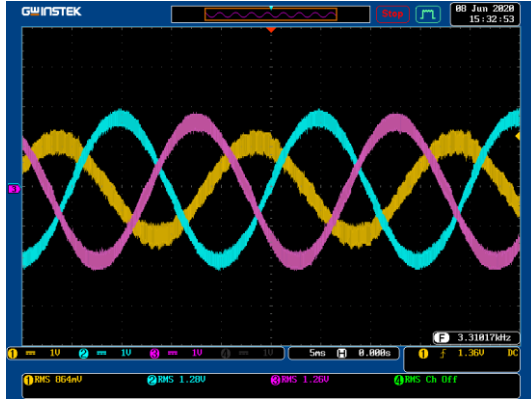
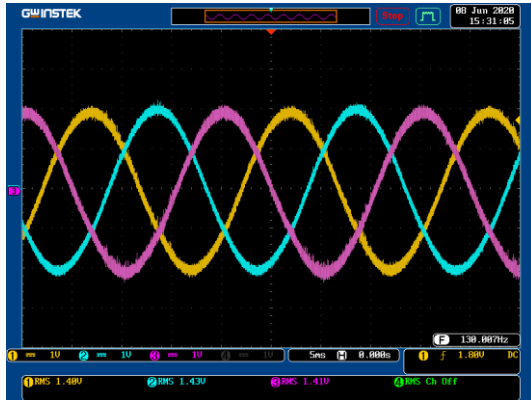


圖 1.19  
不平衡載條件下  
三相電壓波形



依照不同負載的操作，依序將結果填入表 1.1，感測比例請參照表 0.1。

表 1.1 不同負載時三相輸出電壓電流量測數據

	IO-A (Arms)	IO-B (Arms)	IO-C (Arms)	VO-AB (Vrms)	VO-BC (Vrms)	VO-CA (Vrms)	
滿載 (10Ω)	量測值	1.36A	1.38A	1.37A	1.4V	1.43V	1.41V
	實際值	2.852A	2.894A	2.873A	48.780V	49.826V	49.129V
半載 (20Ω)	量測值	0.721A	0.699A	0.694A	1.4V	1.43V	1.41V
	實際值	1.512A	1.466A	1.456A	48.780V	49.826V	49.129V
不平衡載	量測值	0.864A	1.28A	1.26A	1.4V	1.43V	1.41V
	實際值	1.812A	2.648A	2.643A	48.780V	49.826V	49.129V

## 結論

由表 1.1 可以發現，在閉迴路三相逆變器系統中，負載變動情況下，輸出電流會隨著負載變化而改變，而輸出三相電壓維持平衡。

# 實驗 2 三相並網逆變器

## 電路模擬

轉換器規格如下：

DC bus Voltage  $V_{bus} = 100V$

AC Source Voltage  $V_{LL} = 50V_{rms}$

$F_s = 20kHz$ ,  $V_{tri} = 10V_{pp}$

$C_{Bus} = 400\mu F$ ,  $L = 1.02\mu H$ ,  $C = 10\mu F$

$K_s = 0.3$  (AC current sensing factor)

$K_v = 1/60$  (AC voltage sensing factor)

$K_v = 1/50$  (DC voltage sensing factor)

依照上述參數所建立的類比電路如下圖 2.1:

PSIM 檔名為 : PEK-520\_2\_Sim2\_3P\_GC\_Inv(50Hz)\_V11.1.5\_V1.1

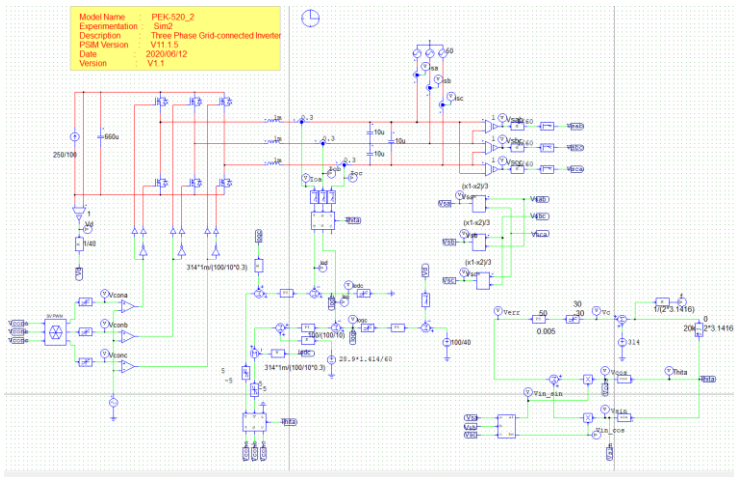


圖 2.1 實驗二 PSIM 類比電路圖



其模擬結果如圖 2.2:

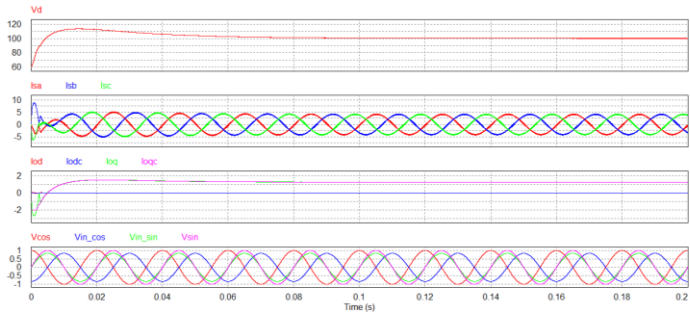


圖 2.2 實驗二類比電路模擬波形

再參照類比電路所建立的數位電路如下圖 2.3

PSIM 檔名為 : PEK-520\_2\_Lab2\_3P\_GC\_Inv(50Hz)\_V11.1.5\_V1.1

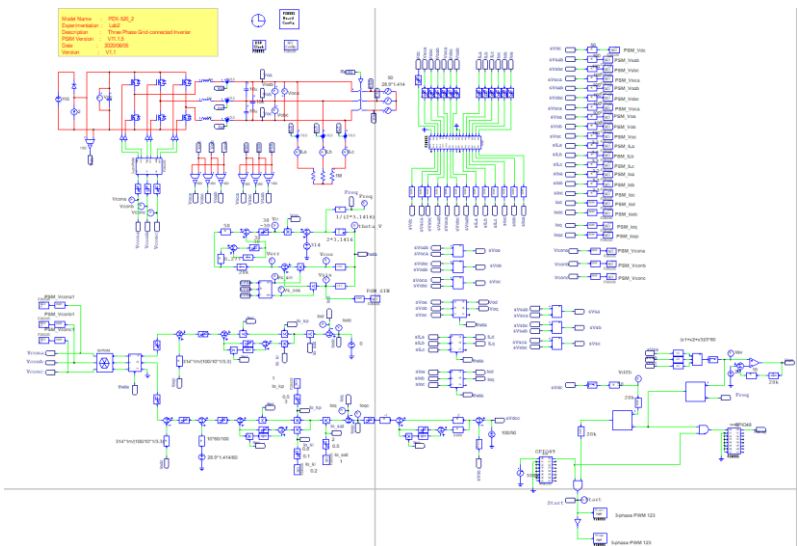


圖 2.3 實驗二 PSIM 數位電路圖

其模擬結果如圖 2.4:

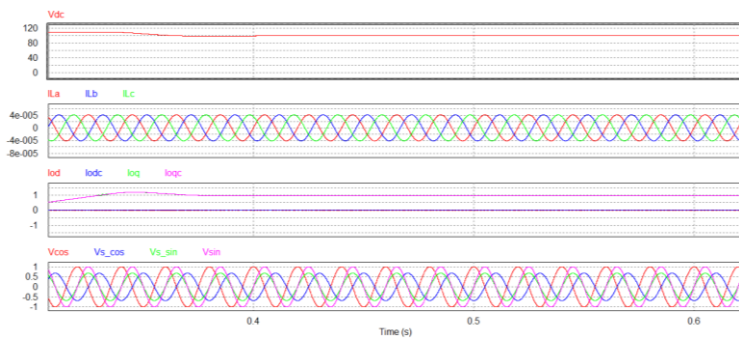


圖 2.4 實驗二數位電路模擬波形

模擬確認無誤後，利用“Simulate”的“Generate Code”自動產生對應的 C Code。

## 實驗設備

本實驗所需的設備如下，設備使用前請參照各設備使用說明書：

- PEK-520\_2 一台
- PEK-005A 一台
- PEK-006 一台
- PTS-5000 一台(其中使用 GDS-2204E, PSW160-7.2, GPL-500, APS-300)
- PC 一台

## 實驗步驟

1. 實驗接線圖如圖 2.5，請依此圖完成接線。



圖 2.5 實驗二接線圖

2. 接線完畢後，先確認 PEK-520\_2 的開關為 OFF，之後開啟 PEK-005A 的開關，開啟後 DSP 的紅色顯示燈亮起，如圖 2.6，此時表示 DSP 電源正常。

圖 2.6

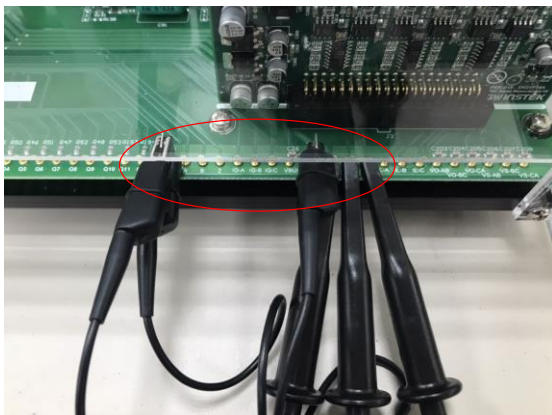
DSP 正常工作畫面



3. 請依照附錄 B(燒錄流程)進行燒錄。

- 將示波器探棒分別接至 PEK-520\_2 的 IO-A, IO-B, IO-C 上，探棒之 GND 接至模塊之 GND，模塊中量測點皆為共地，如圖 2.7

圖 2.7  
示波器探棒接線  
圖



- PSW160-7.2 設定為點選 Set 鍵，查看所設定電壓、電流值，藉由電壓旋鈕調整至 110V，電流旋鈕調整至 1A，如圖 2.8

圖 2.8  
PSW 設定圖



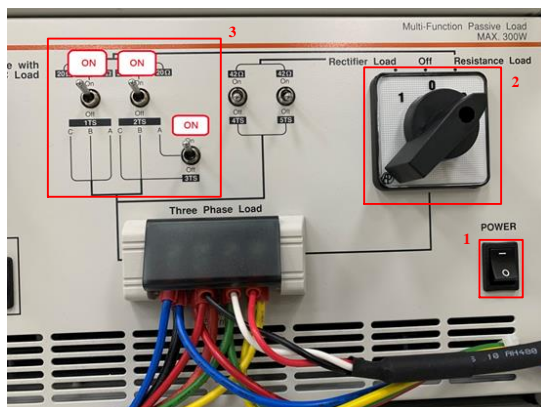
6. APS-300 電源開啟後，設定頻率為 50Hz，模式為 3P4W，輸出電壓為 28.86V，如圖 2.9 所示。

圖 2.9  
APS-300 設定圖



7. GPL-500 電源開啟後，將負載切換至 Resistance Load 模式，並將 1TS, 2TS, 3TS 開關開啟，此為滿載設定，如圖 2.10。

圖 2.10  
GPL-500 滿載設定



8. 設定完畢後，將 PSW 及 APS-300 電源輸出開啟，最後再將 PEK-520\_2 開關開啟。

## 實驗目的

在不同的逆變器功率輸出功率下，觀測逆變器與市電間的功率變化。

## 實驗結果

### (1) 逆變器輸出功率 100W

當滿載條件下，負載所需功率為 250W，透過逆變器與市電共同提供，因此逆變器提供 98.9W 輸出功率時，不足的 151.1W 功率由市電提供，因 APS-300 所顯示為單相功率，故三相功率為 153.9W，如圖 2.11、圖 2.12 所示。

圖 2.11  
PSW 輸出功率



圖 2.12  
APS-300 輸出功率



## (2) 逆變器輸出功率 200W

藉由旋轉 PSW 的電流旋鈕將輸出電流調整為 2A，此時逆變器提供 197.8W 輸出功率時，在滿載條件下，負載所需功率為 250W，透過逆變器與市電共同提供，不足的 52.2W 功率由市電提供，因 APS-300 所顯示為單相功率，故三相功率為 63.6W，如圖 2.13、圖 2.14 所示。

圖 2.13  
PSW 輸出功率



圖 2.14  
APS-300 輸出功率



## 結論

由實驗中可以發現，在市電並網的系統中，電網的功率(實驗中以 APS-300 模擬)會依據系統功率變化來決定所提供的功率，以維持系統之功率平衡。



# 實驗 3 PMSM(永磁同步 電動機)轉速與轉矩控制

## 電路模擬

電動機驅動器規格如下:

---

DC Voltage  $V_d = 130V$

$F_s = 20kHz$ ,  $V_{tri} = 10V_{pp}$  (PWM)

$C_b = 330\mu F$

$K_s = 0.3$  (AC current sensing factor)

$K_v = 1/50$  (DC voltage sensing factor)

永磁同步馬達規格如下:

---

額定功率：400W

額定轉速：3000 轉

額定電流：2.6A，瞬時最大電流：7.8A

反電動勢：17.4 mV/min<sup>-1</sup>

電動機阻抗：1.55  $\Omega$ ，電動機感抗：6.71mH

馬達極數：10 極

依照上述參數所建立的類比電路如下圖 3.1:

PSIM 檔名為:

PEK-520\_1\_Sim3\_Speed\_Torque\_PMSM\_V11.1.5\_V1.1

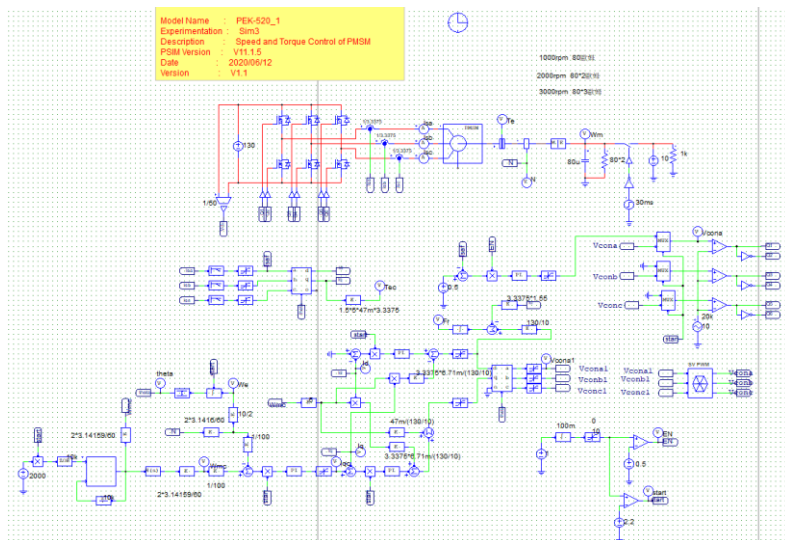


圖 3.1 實驗三 PSIM 類比電路圖

其模擬結果如圖 3.2:

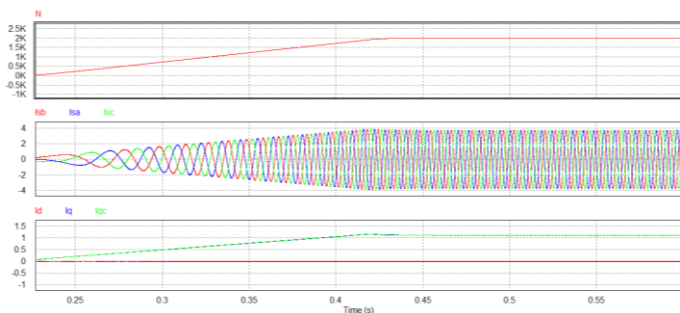


圖 3.2 實驗三類比電路模擬波形

再參照類比電路所建立的數位電路如下圖 3.3

PSIM 檔名為：

PEK-520\_1\_Lab3\_Speed\_Torque\_PMSM\_V11.1.5\_V1.1

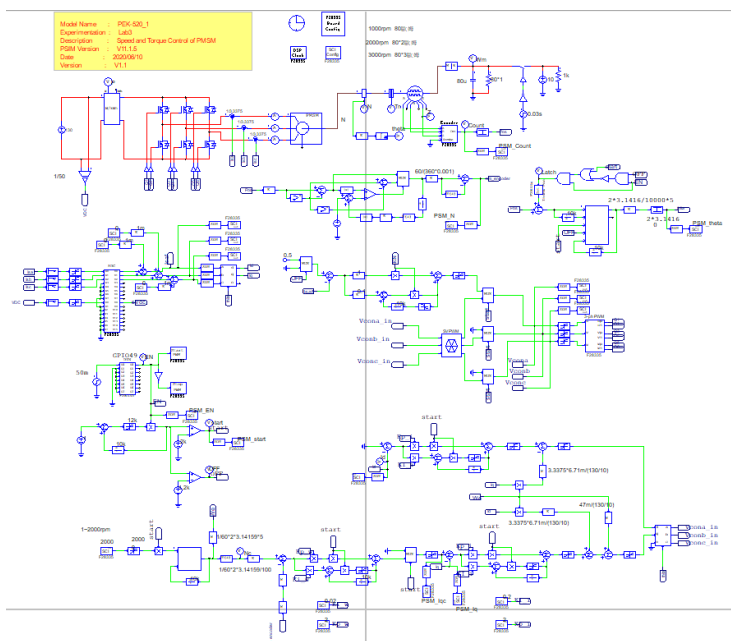


圖 3.3 實驗三 PSIM 數位電路圖

其模擬結果如圖 3.4:

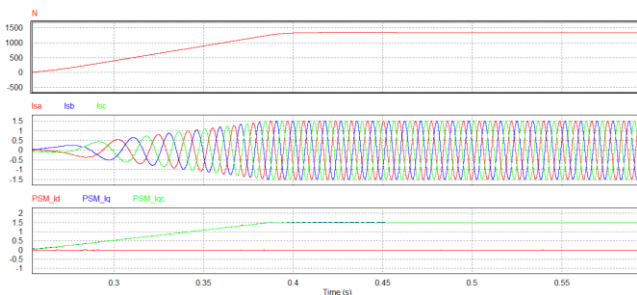


圖 3.4 實驗三數位電路模擬波形

模擬確認無誤後，利用“Simulate”的“Generate Code”自動產生對應的 C Code。

## 實驗設備

本實驗所需的設備如下，設備使用前請參照各設備使用說明書：

- PEK-520\_1 一台
- PEK-005A 一台
- PEK-006 一台
- PTS-5000 一台(其中使用 GDS-2204E, PSW160-7.2, GPL-500)
- 馬達模組一台
- 動力線一條、編碼線一條與負載線一條
- PC 一台

## 實驗步驟

1. 實驗接線圖如圖 3.5，請依此圖完成接線。

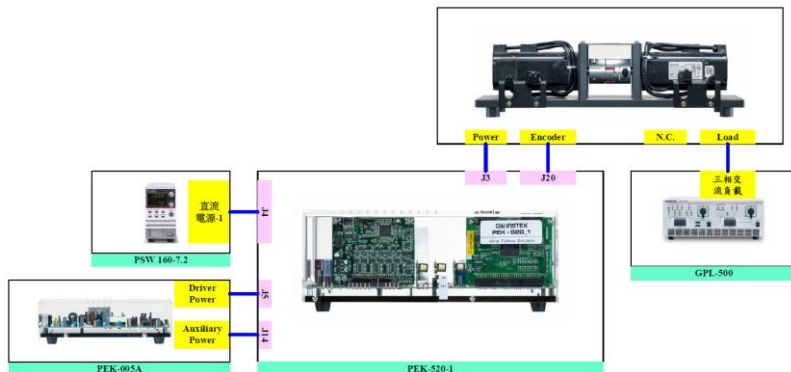


圖 3.5 實驗三接線圖

2. 接線完畢後，先確認 PEK-520\_1 的開關為 OFF，之後開啟 PEK-005A 的開關，開啟後 DSP 的紅色顯示燈亮起，如圖 3.6，此時表示 DSP 電源正常。

圖 3.6  
DSP 正常工作畫面



3. 請依照附錄 B(燒錄流程)進行燒錄，再請依照附錄 C(RS232 連線)進行連線。

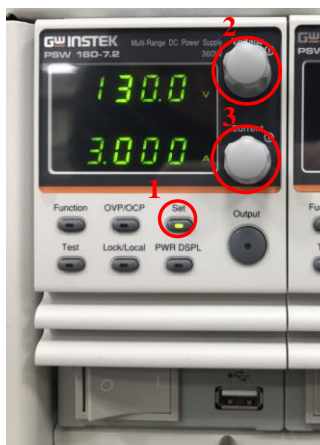
- 將示波器探棒分別接至 PEK-520\_1 的 IO-A, IO-B, IO-C 上，探棒之 GND 接至模塊之 GND，模塊中量測點皆為共地，如圖 3.7

圖 3.7  
示波器探棒接線圖



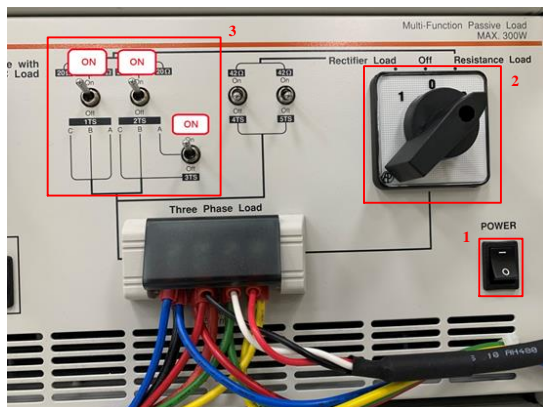
- PSW160-7.2 設定為點選 Set 鍵，查看所設定電壓、電流值，藉由電壓旋鈕調整至 130V，電流旋鈕調整至 3A，如圖 3.8

圖 3.8  
PSW 設定圖



6. GPL-500 電源開啟後，將 Three Phase Load 負載切換至 Resistance Load 模式，並將 1TS, 2TS, 3TS 開關開啟，此為滿載設定，如圖 3.9。

圖 3.9  
GPL-500 滿載設定



7. 設定完畢後，將 PSW 電源輸出開啟，最後再將 PEK-520\_1 開關開啟。

## 實驗目的

觀測馬達轉速改變時，驅動器輸出電流的變化。

## 實驗結果

### (1) 馬達轉速 2000 轉時

馬達轉速可由 DSP 示波器中的輸入參數“PSM\_Nc”調整，初始命令設定為 2000rpm，另外亦可透過 DSP 示波器的“PSM\_N”觀測馬達目前的轉速，如圖 3.10 所示，目前轉速確為 2000rpm。

而從示波器中可觀測 IO-A、IO-B 與 IO-C 三相電流 RMS 值分別為 1.16A(實際值 2.433A)、1.14A(實際值 2.391A)、1.12A(實際值 2.349A)、頻率 166.76Hz，如圖 3.11。

圖 3.10

DSP 示波器馬達轉速量測值

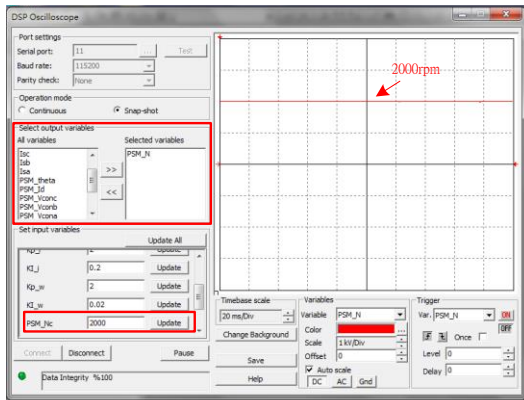
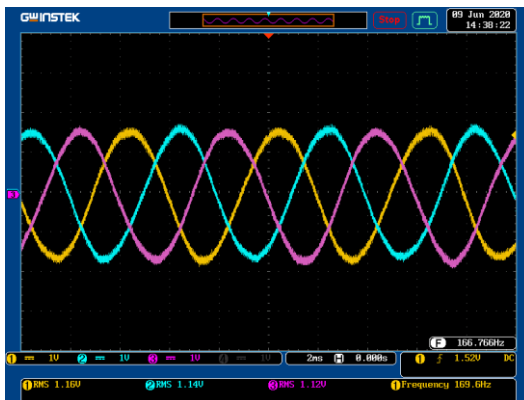




圖 3.11  
馬達三相電流波形



(2) 轉速 1000 轉時

將轉速命令“PSM\_Nc”由 2000rpm 改為 1000rpm 後，點選 Update，可看到 DSP 示波器轉速量測(PSM\_N)確實為 1000rpm，如圖 3.12。而從示波器中可觀測 IO-A、IO-B 與 IO-C 三相電流 RMS 值分別為 0.713A(實際值 1.495A)、0.745A(實際值 1.563A)、0.756A(實際值 1.586A)、頻率 83.33Hz，如圖 3.13。

圖 3.12  
DSP 示波器馬達轉速量測值

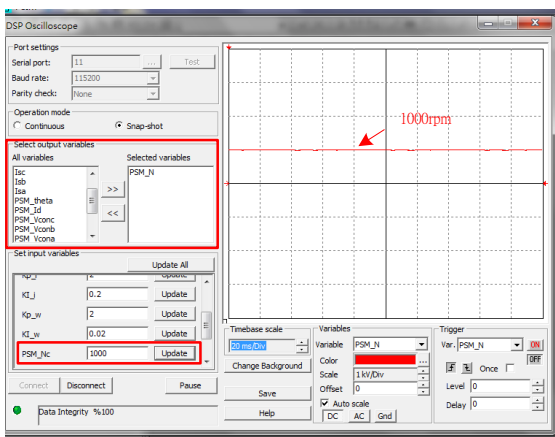
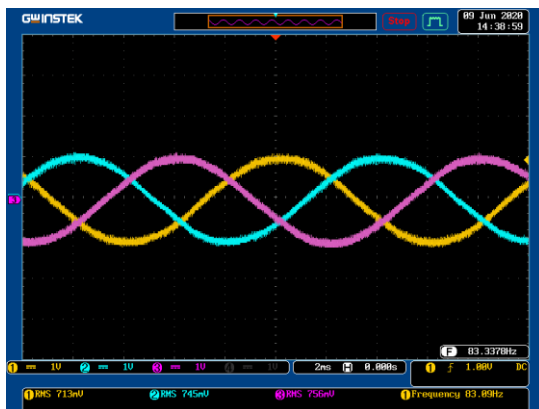


圖 3.13  
馬達三相電流波形



依照不同負載的操作，依序將結果填入表 3.1，感測比例請參照表 0.1。

表 3.1 不同轉速時輸出三相電流量測數據

轉速	IO-A(Arms)	IO-B(Arms)	IO-C(Arms)	Frequency(Hz)
2000rpm	量測值 1.16A	1.14A	1.12A	166.76Hz
	實際值 2.433A	2.391A	2.349A	
1000rpm	量測值 0.713A	0.745A	0.756A	83.33Hz
	實際值 1.495A	1.563A	1.586A	

## 結論

由實驗中可以發現，當馬達轉速增加時輸出電流大小及頻率隨之增加，因此馬達轉速與電流大小及頻率成正比。

# 實驗 4 PMSG(永磁同步發電機)轉速控制

## 電路模擬

電動機驅動器規格如下:

---

DC Voltage  $V_d = 130V$   
 $F_s = 20kHz$ ,  $V_{tri} = 10V_{pp}$  (PWM)  
 $C_b = 330\mu F$   
 $K_s = 0.3$  (AC current sensing factor)  
 $K_v = 1/50$  (DC voltage sensing factor)

發電機驅動器規格如下:

---

BUS Voltage  $V_{bus} = 130V$   
 $F_s = 20kHz$ ,  $V_{tri} = 10V_{pp}$  (PWM)  
 $C_{bus} = 940\mu F$   
 $K_s = 0.3$  (AC current sensing factor)  
 $K_v = 1/50$  (DC voltage sensing factor)

永磁同步馬達規格如下:

---

額定功率：400W  
額定轉速：3000 轉  
額定電流：2.6A，瞬時最大電流：7.8A  
反電動勢：17.4 mV/min<sup>-1</sup>  
電動機阻抗：1.55 Ω，電動機感抗：6.71mH

轉子慣量：27.7u kg · m<sup>2</sup>，機械常數：0.53 ms

馬達極數：10 極

依照上述參數所建立的風機及發電機類比電路如下圖 4.1、圖 4.2:

風機 PSIM 檔名為：PEK-520\_1\_Sim4\_Torque\_PMSM\_V11.1.5\_V1.1

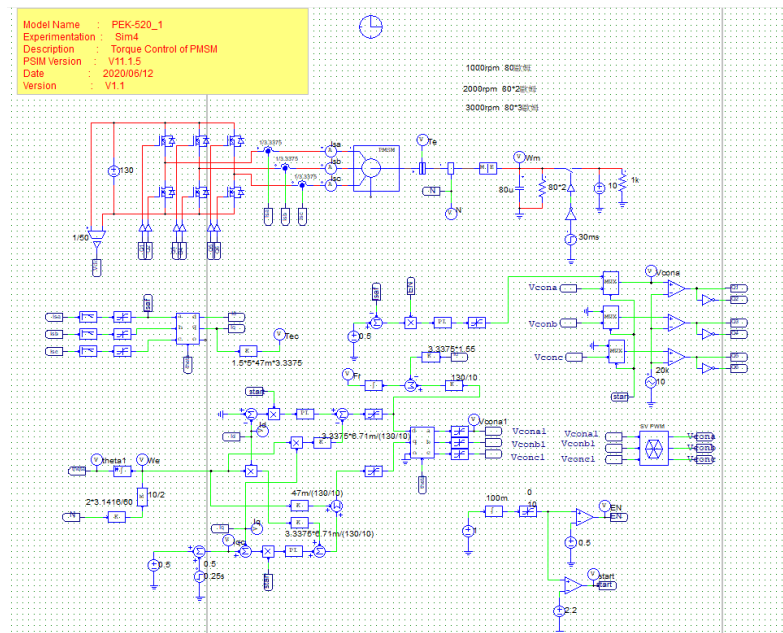


圖 4.1 實驗四風機 PSIM 類比電路圖

發電機 PSIM 檔名為 : PEK-520\_2\_Sim4\_Speed\_PMSG\_V11.1.5\_V1.1

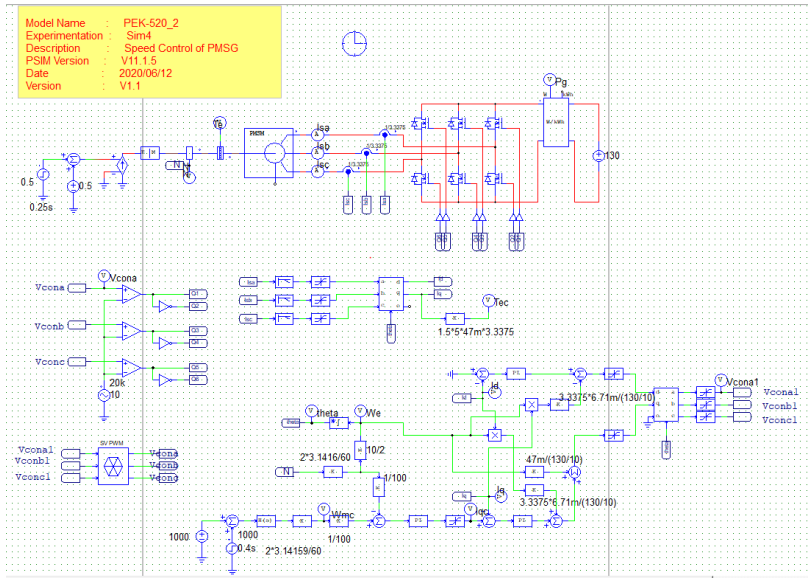


圖 4.2 實驗四發電機 PSIM 類比電路圖

風機模擬結果如圖 4.3:

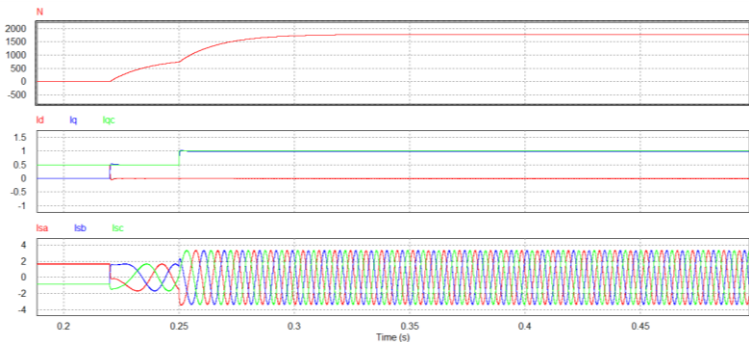


圖 4.3 實驗四風機類比電路模擬波形

發電機模擬結果如圖 4.4:

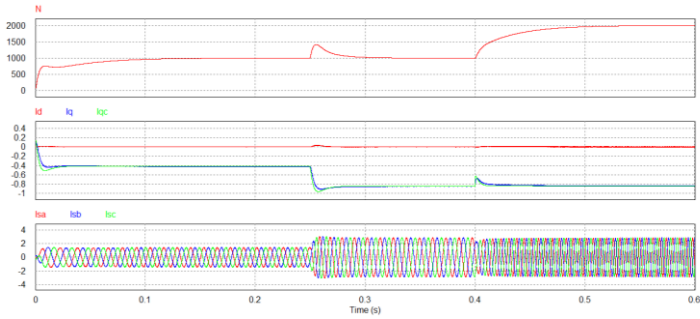


圖 4.4 發電機類比電路模擬波形

再參照類比電路所建立的風機及發電機數位電路如下圖 4.5、圖 4.6:  
風機 PSIM 檔名為 : PEK-520\_1\_Lab4\_Torque\_PMSM\_V11.1.5\_V1.1

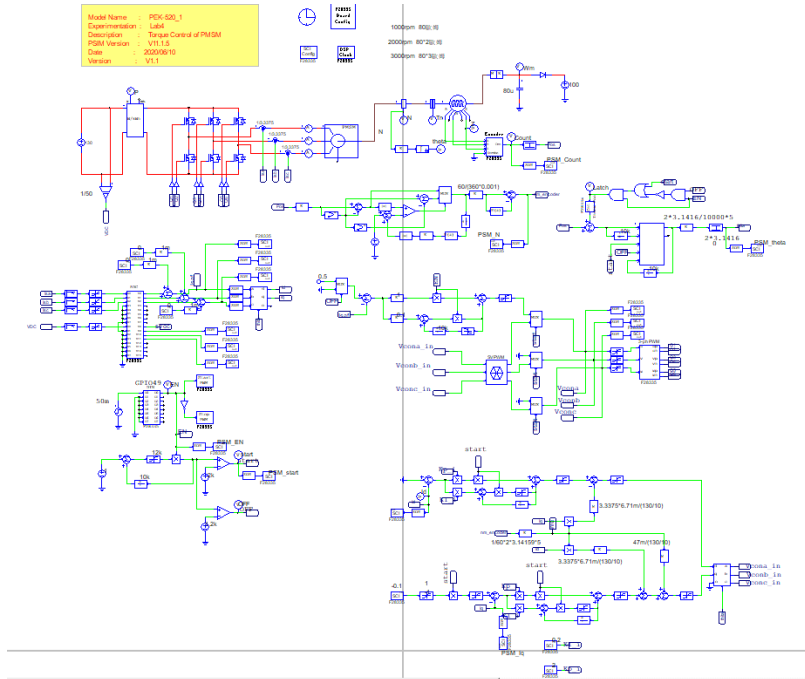


圖 4.5 實驗四風機 PSIM 數位電路圖

發電機 PSIM 檔名為：

PEK-520\_2\_Lab4\_Speed\_PMSG\_V11.1.5\_V1.11

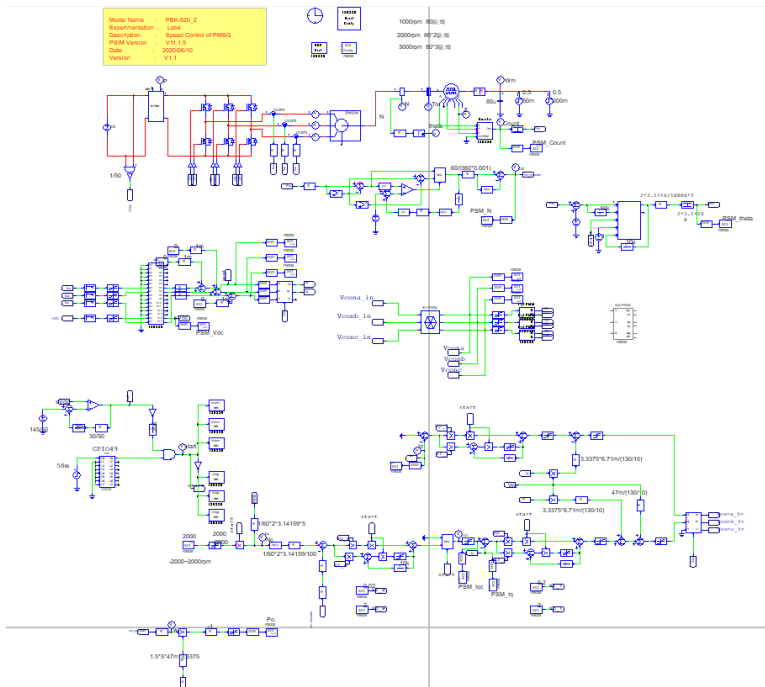


圖 4.6 實驗四發電機 PSIM 數位電路圖

風機模擬結果如圖 4.7:

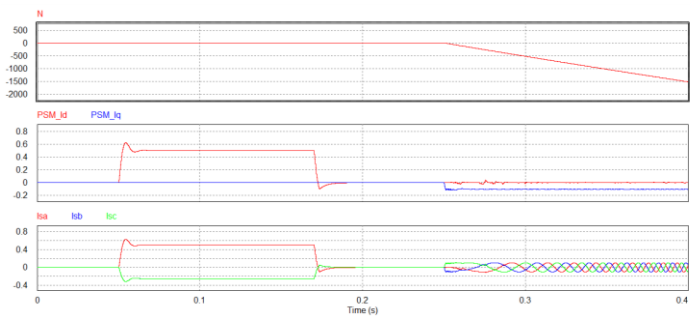


圖 4.7 實驗四風機數位電路模擬波形

發電機模擬結果如圖 4.8:

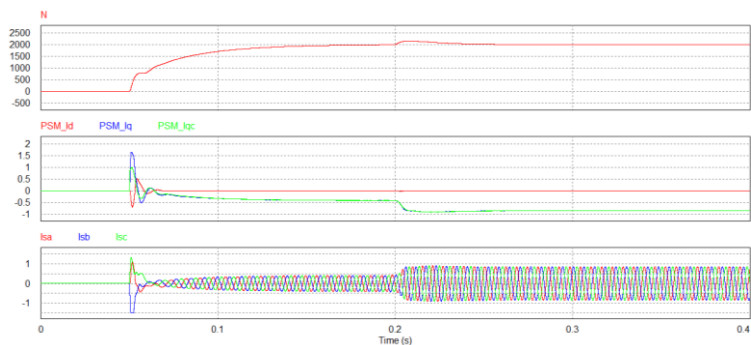


圖 4.8 發電機數位電路模擬波形

模擬確認無誤後，利用“Simulate”的“Generate Code”自動產生對應的 C Code。



## 實驗設備

本實驗所需的設備如下，設備使用前請參照各設備使用說明書：

- PEK-520\_1 及 PEK-520\_2 各一台
- PEK-005A 二台
- PEK-006 一台
- PTS-5000 一台(其中使用 GDS-2204E, PSW160-7.2)
- 馬達模組一台
- 動力線與編碼線各兩條
- PC 一台

## 實驗步驟

1. 實驗接線圖如圖 4.9，請依此圖完成接線。

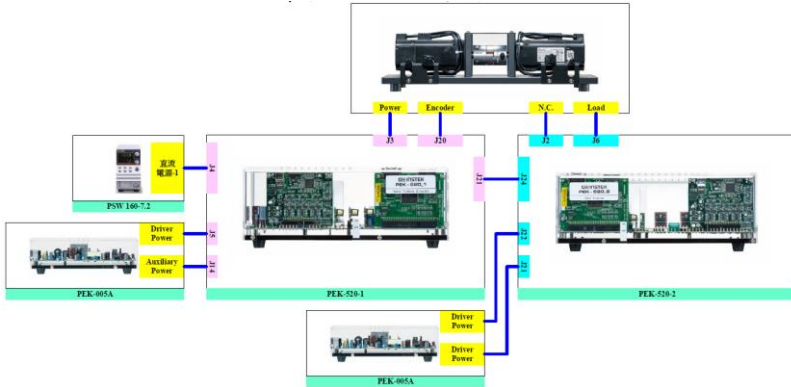


圖 4.9 實驗四接線圖

2. 接線完畢後，先確認 PEK-520\_1 及 PEK-520\_2 的開關為 OFF，之後開啟 PEK-005A 的開關，開啟後 DSP 的紅色顯示燈亮起，如圖 4.10 所示，此時代表 DSP 電源正常。

圖 4.10  
DSP 正常工作畫面



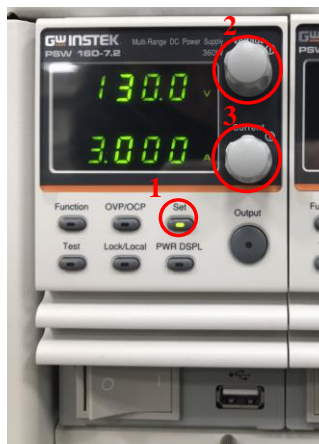
- 請依照附錄 B(燒錄流程)進行燒錄，再請依照附錄 C(RS232 連線)進行連線，PEK-520\_1 與 PEK-520\_2 皆須使用 RS232 連線，故需開啟兩個 PSIM 視窗個別與 PEK 連線。
- 將示波器探棒分別接至 PEK-520\_1 的 IO-A, IO-B, IO-C 上，探棒之 GND 接至模塊之 GND，模塊中量測點皆為共地，如圖 4.11

圖 4.11  
示波器探棒接線圖



- PSW160-7.2 設定為點選 Set 鍵，查看所設定電壓、電流值，藉由電壓旋鈕調整至 130V，電流旋鈕調整至 3A，如圖 4.12

圖 4.12  
PSW 設定圖



- 設定完畢後，將 PSW 電源輸出開啟後，依序將 PEK-520\_1 開關開啟，最後再將 PEK-520\_2 開關開啟。

## 實驗目的

此實驗為馬達帶發電機系統，馬達為轉矩控制，藉由改變電流命令來表示轉矩變化，而發電機為轉速控制，觀測轉矩及轉速變化時逆變器電流振幅及頻率的變化。

## 實驗結果

### (1) 發電機轉速為 2000rpm，馬達電流命令為-0.1

當馬達(PEK-520\_1)電流命令(PSM\_Iqc)初始設定為-0.1時，如圖 4.13，藉由 DSP 示波器可觀測到此時馬達電流(PSM\_Iq)為-0.1A，如圖 4.14。而發電機(PEK-520\_2)轉速(PSM\_N)的初始命令為 2000rpm，如圖 4.15，亦可藉由 DSP 示波器觀測，如圖 4.16。而從示波器中可看到 IO-A、IO-B 與 IO-C 三相電流 RMS 值分別為 0.233A(實際值 0.489A)、0.239A(實際值 0.501A)、0.154A(實際值 0.323A)、頻率 166.7Hz，如圖 4.17。

圖 4.13  
DSP 示波器之馬達電流命令值

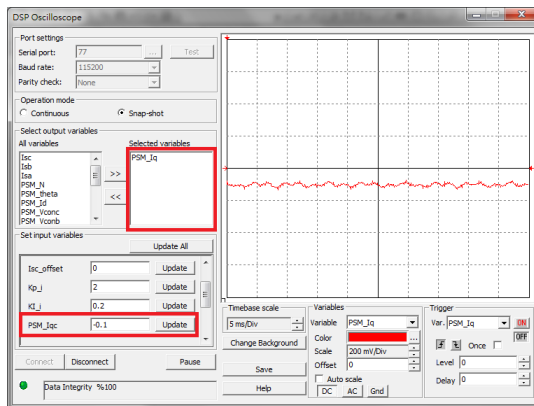


圖 4.14  
DSP 示波器之馬達電流量測值

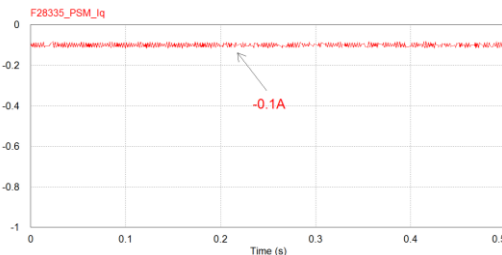


圖 4.15  
DSP 示波器之發電機轉速命令值

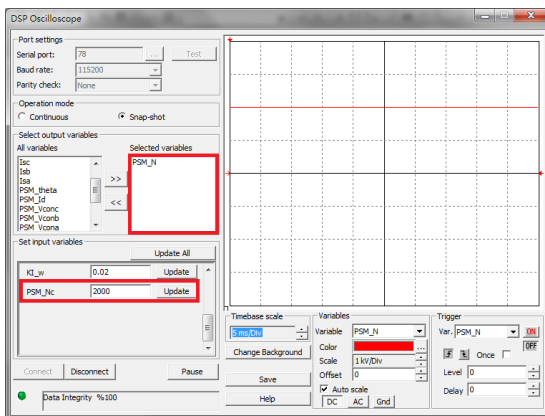


圖 4.16  
DSP 示波器之發電機轉速量測值

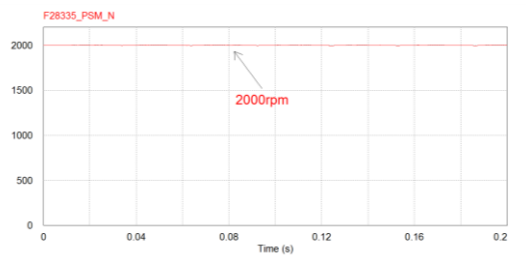
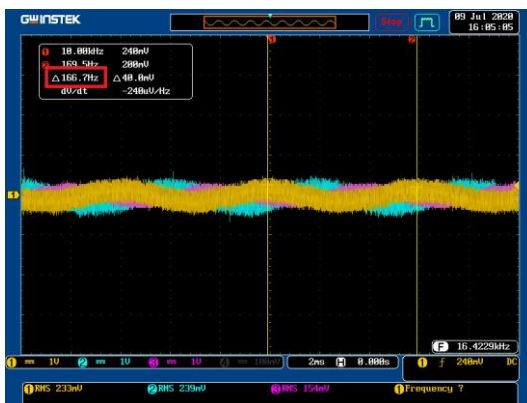


圖 4.17  
馬達三相電流波形



(2) 發電機轉速為 2000rpm，馬達電流命令為-0.5

將馬達電流命令(PSM\_Iq)由-0.1 改為-0.5 後點選 Update，如圖 4.18，藉由 DSP 示波器可觀測到此時的馬達電流(PSM\_Iq)為-0.5A，如圖 4.19。而從示波器中可觀測出 IO-A, IO-B 與 IO-C 三相電流

RMS 值分別為 0.572A(實際值 1.200A)、0.602A(實際值 1.263A)、0.581A(實際值 1.219A)、頻率 166.7Hz，如圖 4.20。

圖 4.18  
DSP 示波器之馬達電流命令值

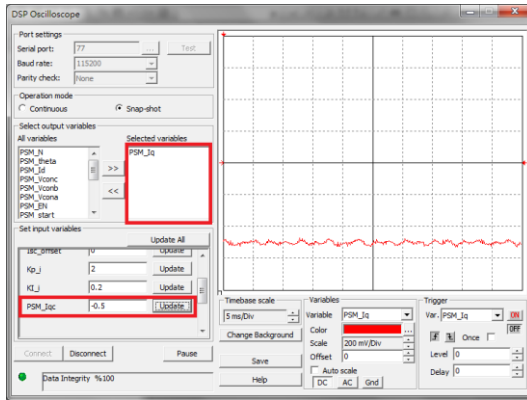


圖 4.19  
DSP 示波器之馬達電流量測值

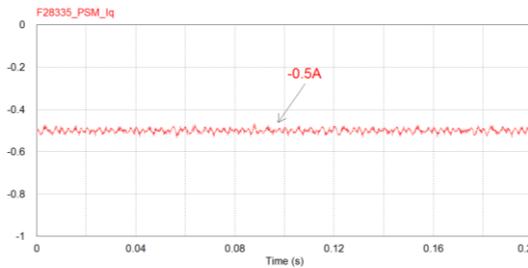
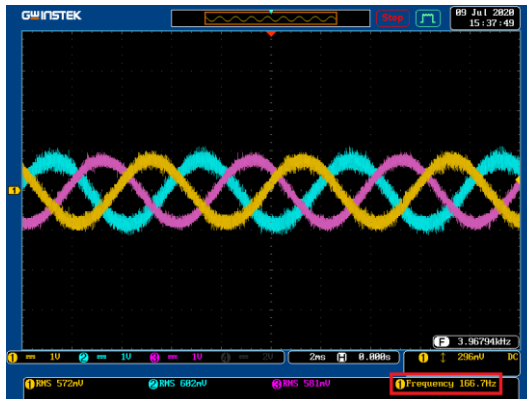


圖 4.20  
馬達三相電流波形



## (3) 發電機轉速為 1000rpm，馬達電流命令為-0.5

將發電機轉速(PSM\_Nc)由 2000rpm 改為 1000rpm 後點選 Update，如圖 4.21，藉由 DSP 示波器可觀測到此時發電機轉速(PSM\_N)為 1000rpm，如圖 4.22。而從示波器中可觀測出 IO-A, IO-B 與 IO-C 三相電流 RMS 值分別為 0.596A(實際值 1.25A)、0.600A(實際值 1.258A)、0.547A(實際值 1.147A)、頻率 83.33Hz，如圖 4.23。

圖 4.21  
DSP 示波器之發電機轉速命令值

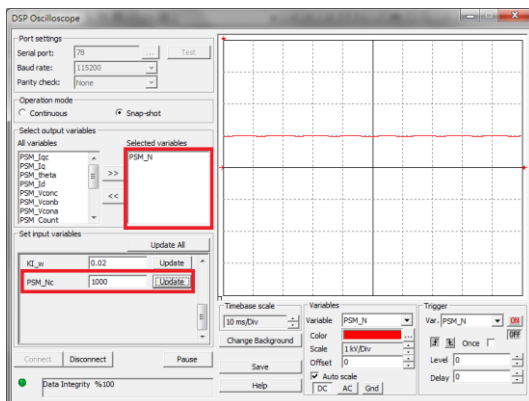


圖 4.22  
DSP 示波器之發電機轉速量測值

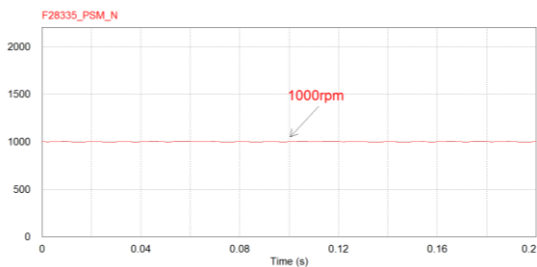
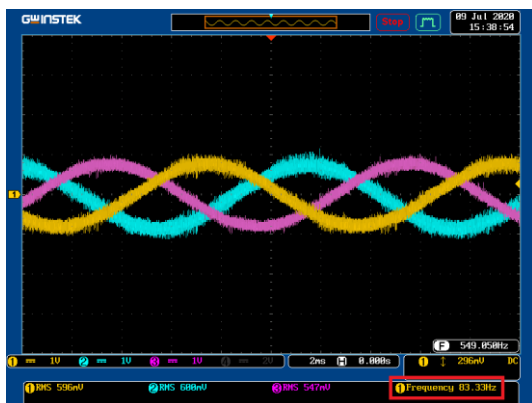


圖 4.23  
馬達三相電流波形



依照不同轉速及電流命令條件，依序將結果填入表 4.1，感測比例請參照表 0.1 與 0.2

4.1 不同轉速及電流命令時輸出三相電流量測數據

電流命令	轉速	IO-A(Arms)	IO-B(Arms)	IO-C(Arms)	Frequency(Hz)
0.1A	2000rpm	量測值 0.233A	0.239A	0.154A	166.7Hz
		實際值 0.489A	0.510A	0.323A	
0.5A	2000rpm	量測值 0.572A	0.602A	0.581A	166.7Hz
		實際值 1.200A	1.263A	1.219A	
0.5A	1000rpm	量測值 0.596A	0.600A	0.547A	83.33Hz
		實際值 1.25A	1.258A	1.147A	

## 結論

由實驗結果得知，調整馬達轉矩可發現逆變器輸出電流振幅跟著變化，而調整發電機轉速則輸出電流頻率隨之變化。



# 實驗 5 風力機模擬系統

## 電路模擬

風機驅動器規格如下:

---

DC Voltage  $V_d = 130V$   
 $F_s = 20kHz$ ,  $V_{tri} = 10V_{pp}$  (PWM)  
 $C_b = 330\mu F$   
 $K_s = 0.3$  (AC current sensing factor)  
 $K_v = 1/50$  (DC voltage sensing factor)

發電機驅動器規格如下:

---

BUS Voltage  $V_{bus} = 130V$   
 $F_s = 20kHz$ ,  $V_{tri} = 10V_{pp}$  (PWM)  
 $C_{bus} = 940\mu F$   
 $K_s = 0.3$  (AC current sensing factor)  
 $K_v = 1/50$  (DC voltage sensing factor)

永磁同步馬達規格如下:

---

額定功率：400W  
額定轉速：3000 轉  
額定電流：2.6A，瞬時最大電流：7.8A  
反電動勢：17.4 mV/min<sup>-1</sup>  
電動機阻抗：1.55  $\Omega$ ，電動機感抗：6.71mH  
轉子慣量：27.7u kg · m<sup>2</sup>，機械常數：0.53 ms  
馬達極數：10 極

依照上述參數所建立的類比風機電路如下圖 5.1 (而發電機使用 Sim4 之類比程式):

風機 PSIM 檔名為 : PEK-520\_1\_Sim5\_WTG\_PMSM\_V11.1.5\_V1.1

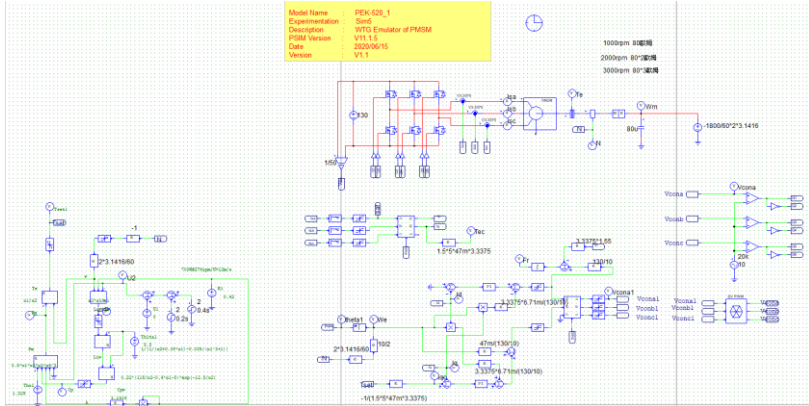


圖 5.1 實驗五 PSIM 類比風機電路圖

風機模擬結果如圖 5.2:

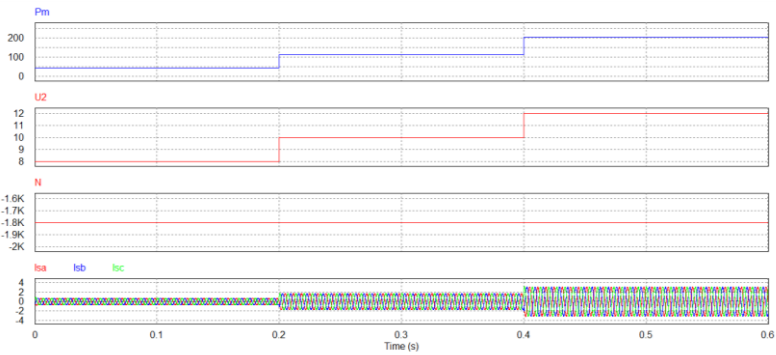


圖 5.2 實驗五 類比風機電路模擬波形

再參照類比電路所建立的數位風機電路(而發電機使用 Lab4 之數位程式)如下圖 5.3:

風機 PSIM 檔名為: PEK-520\_1\_Lab5\_WTG\_PMSM\_V11.1.5\_V1.1

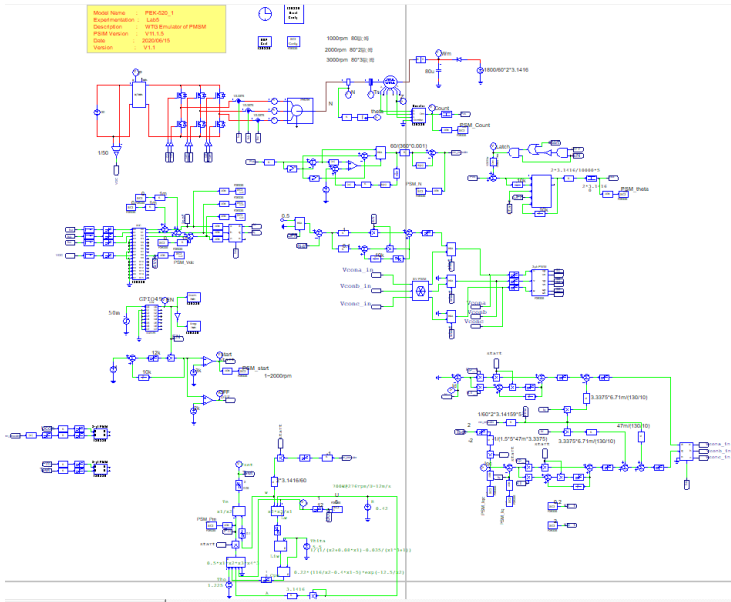


圖 5.3 實驗五 PSIM 數位風機電路圖

風機模擬結果如圖 5.4:

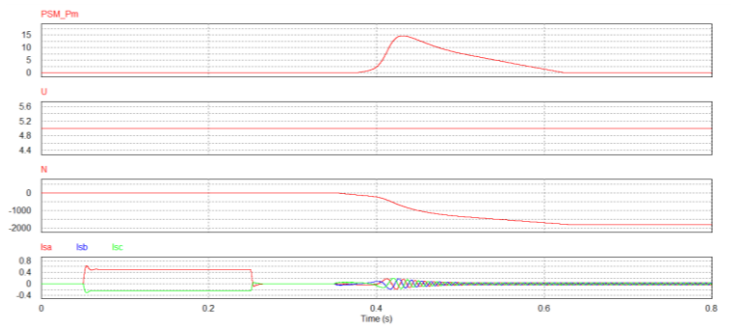


圖 5.4 實驗五 數位風機電路模擬波形

模擬確認無誤後，利用“Simulate”的“Generate Code”自動產生對應的 C Code。

## 實驗設備

本實驗所需的設備如下，設備使用前請參照各設備使用說明書：

- PEK-520\_1 及 PEK-520\_2 各一台
- PEK-005A 二台
- PEK-006 一台
- PTS-5000 一台(其中使用 GDS-2204E, PSW160-7.2)
- 馬達模組一台
- 動力線與編碼線各兩條
- PC 一台

## 實驗步驟

1. 實驗接線圖如圖 5.5，請依此圖完成接線。

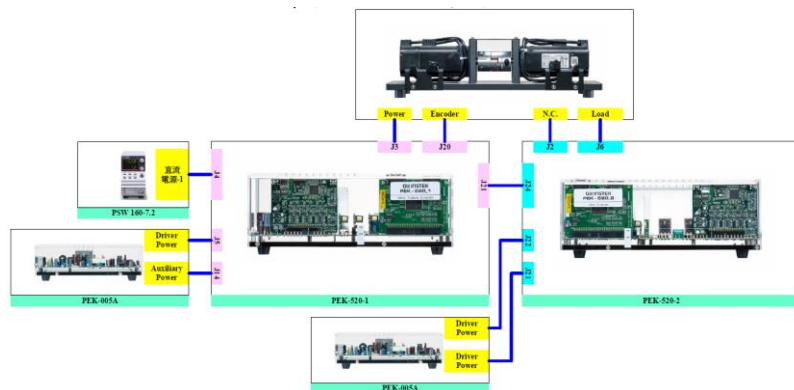
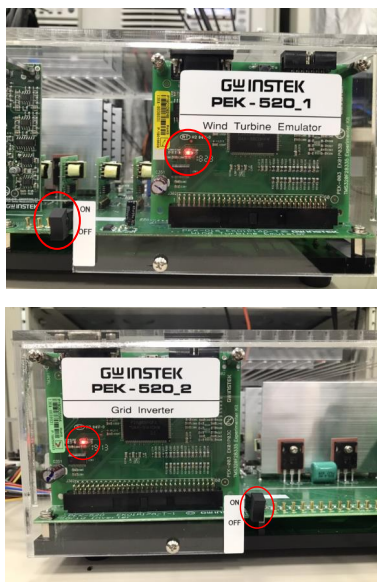


圖 5.5 實驗五接線圖

2. 接線完畢後，先確認 PEK-520\_1 及 PEK-520\_2 的開關為 OFF，之後開啟 PEK-005A 的開關，開啟後 DSP 的紅色顯示燈亮起，如圖 5.6 所示，此時代表 DSP 電源正常。

圖 5.6  
DSP 正常工作畫面



3. 請依照附錄 B(燒錄流程)進行燒錄，再請依照附錄 C(RS232 連線)進行連線，PEK-520\_1 與 PEK-520\_2 皆須使用 RS232 連線，故需開啟兩個 PSIM 視窗個別與 PEK 連線。
4. 將示波器探棒分別接至 PEK-520\_1 的 IO-A, IO-B, IO-C 上，探棒之 GND 接至模塊之 GND，模塊中量測點皆為共地，如圖 5.7

圖 5.7  
示波器探棒接線圖



5. PSW160-7.2 設定為點選 Set 鍵，查看所設定電壓、電流值，藉由電壓旋鈕調整至 130V，電流旋鈕調整至 3A，如圖 5.8

圖 5.8  
PSW 設定圖

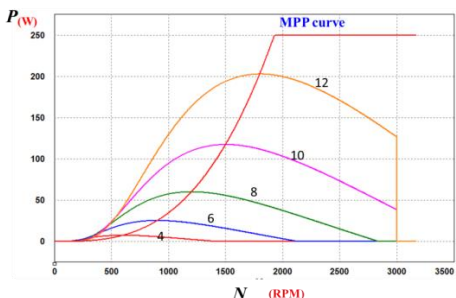


6. 設定完畢後，將 PSW 電源輸出開啟後，依序將 PEK-520\_1 開關開啟，最後再將 PEK-520\_2 開關開啟。

## 實驗目的

延續 Lab4 的實驗，在 Lab5 中，將馬達的轉矩命令規劃成由風速與轉速決定，如此可繪出相對應的功率轉速曲線(PN Curve)，以此模擬風機行為，如圖 5.9。當發電機改變轉速時，觀測風機的輸出功率是否依照功率曲線輸出。

圖 5.9  
不同風速下的  
PN 曲線



## 實驗結果

(1) 風速(U)為 10，發電機轉速為 2000rpm 時

將風機(PEK-520\_1)風速命令(U)由 5 改為 10 後點選 Update，如圖 5.10。當發電機(PEK-520\_2)轉速命令(PSM\_Nc)為 2000rpm 時，如圖 5.11，藉由 DSP 示波器可觀測到此時的風機功率(PSM\_Pm)為 102W，如圖 5.12。

圖 5.10  
風機風速命令由  
5 改為 10

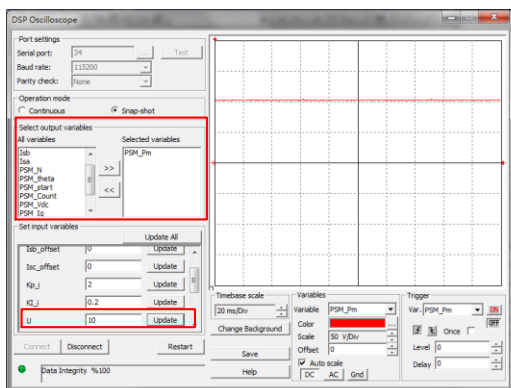


圖 5.11  
發電機轉速命令  
值

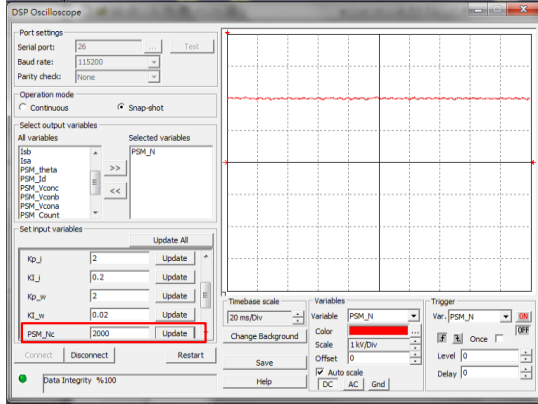
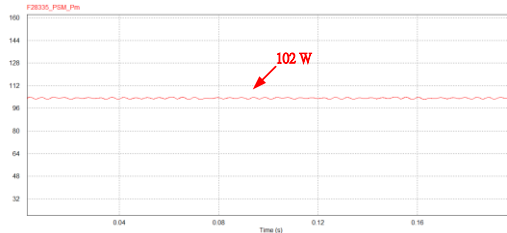


圖 5.12  
DSP 示波器之風  
機功率量測值



(2) 風速(U)為 10，發電機轉速為 1000rpm 時

當風速命令(U)維持在 10，將發電機轉速命令(PSM\_Nc)由 2000rpm 調降至 1000rpm 後點選 Update，如圖 5.13。藉由 PDSP 示波器可觀測到此時的風機的功率(PSM\_Pm)為 95W，如圖 5.14。

圖 5.13  
發電機轉速命令  
由 2000 調至  
1000

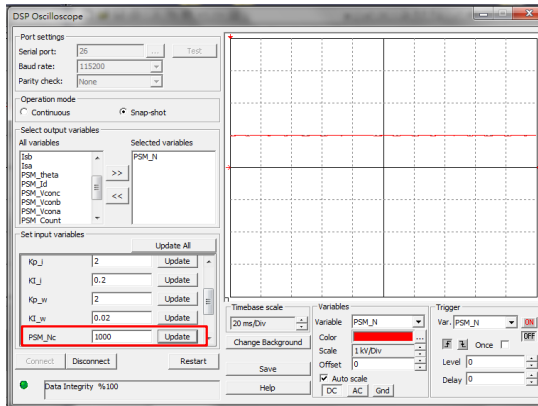
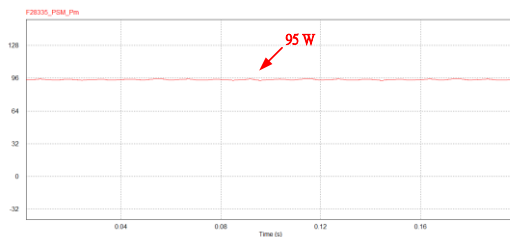




圖 5.14  
DSP 示波器之風  
機功率量測值



(3) 風速(U)為 10，發電機轉速為 1498 轉時

當風速命令(U)維持至 10，將發電機轉速命令(PSM\_Nc)由 1000rpm 調整為 1498rpm 後點選 Update，如圖 5.15。藉由 DSP 示波器可觀測到此時的風機的功率(PSM\_Pm)為 117W，如圖 5.16。

圖 5.15  
發電機轉速命令  
由 1000 調至  
1498

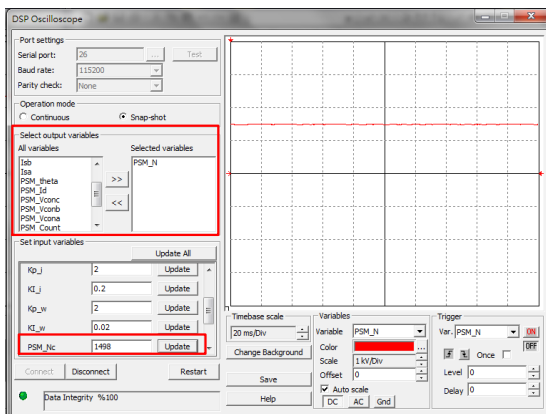
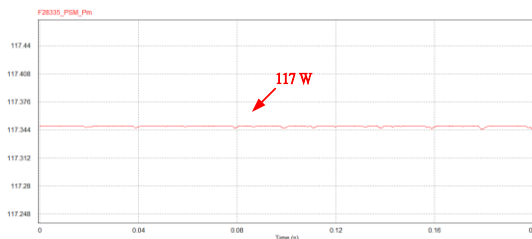


圖 5.16  
DSP 示波器之風  
機功率量測值



將不同轉速下所量測的功率，依序將結果填入表 5.1，並與給定的 PN Curve 比較。

表 5.1 不同轉速下風機功率理論與實際數據

風速	轉速	風機功率(PSM_Pm)	
10	2000rpm	量測值	102 W
		計算值	103 W
10	1000rpm	量測值	95 W
		計算值	94 W
10	1498rpm	量測值	117 W
		計算值	117.3 W

## 結論

由表 5.1 可以得知，在風速為 10 時，調整轉速可發現，風機的輸出功率與圖 5.9 的 PN 曲線相符，故風機功率確實依功率曲線輸出。

# 實驗 6 最佳風能捕獲

## 電路模擬

風機驅動器規格如下:

---

DC Voltage  $V_d = 130V$   
 $F_s = 20kHz$ ,  $V_{tri} = 10V_{pp}$  (PWM)  
 $C_b = 330\mu F$   
 $K_s = 0.3$  (AC current sensing factor)  
 $K_v = 1/50$  (DC voltage sensing factor)

發電機驅動器規格如下:

---

BUS Voltage  $V_{bus} = 130V$   
 $F_s = 20kHz$ ,  $V_{tri} = 10V_{pp}$  (PWM)  
 $C_{bus} = 940\mu F$   
 $K_s = 0.3$  (AC current sensing factor)  
 $K_v = 1/50$  (DC voltage sensing factor)

永磁同步馬達規格如下:

---

額定功率：400W  
額定轉速：3000 轉  
額定電流：2.6A，瞬時最大電流：7.8A  
反電動勢：17.4 mV/min<sup>-1</sup>  
電動機阻抗：1.55  $\Omega$ ，電動機感抗：6.71mH  
轉子慣量：27.7u kg · m<sup>2</sup>，機械常數：0.53 ms  
馬達極數：10 極

依照上述參數所建立的發電機類比電路(而風機使用 Sim5 之類比電路程式)如下圖 6.1:

發電機 PSIM 檔名為 : PEK-520\_2\_Sim6\_MPPT\_PMSG\_V11.1.5\_V1.1

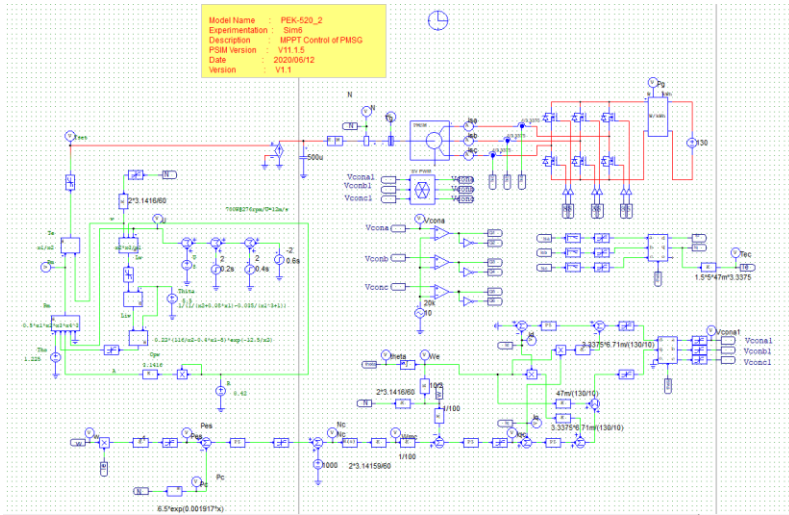


圖 6.1 實驗六 PSIM 發電機類比電路圖

發電機模擬結果如圖 6.2:

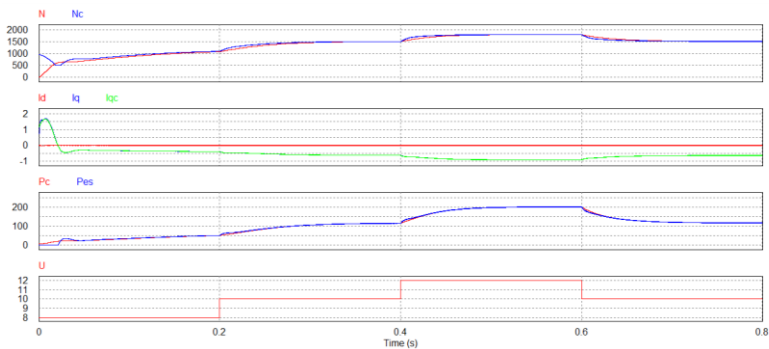


圖 6.2 實驗六 類比發電機電路模擬波形

再參照類比電路所建立的發電機數位電路(而風機使用 Lab5 之數位電路程式)如下圖 6.3:

發電機 PSIM 檔名為 : PEK-520\_2\_Lab6\_MPPT\_PMSG\_V11.1.5\_V1.1

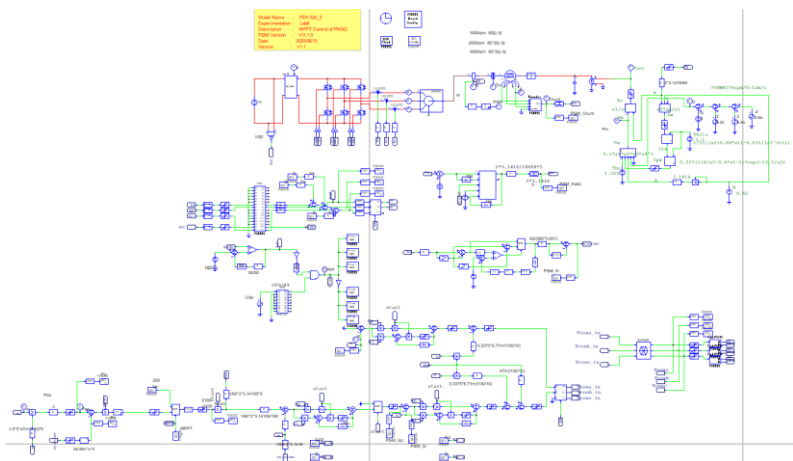


圖 6.3 實驗六 PSIM 發電機數位電路圖

發電機模擬結果如下圖 6.4:

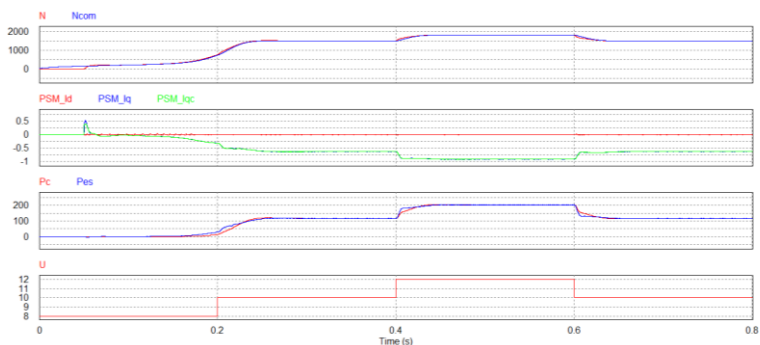


圖 6.4 實驗六 數位發電機電路模擬波形

模擬確認無誤後，利用“Simulate”的“Generate Code”自動產生對應的 C Code。

## 實驗設備

本實驗所需的設備如下，設備使用前請參照各設備使用說明書：

- PEK-520\_1 及 PEK-520\_2 各一台
- PEK-005A 二台
- PEK-006 一台
- PTS-5000 一台(其中使用 GDS-2204E, PSW160-7.2)
- 馬達模組一台
- 動力線與編碼線各兩條
- PC 一台

## 實驗步驟

1. 實驗接線圖如圖 6.5，請依此圖完成接線。

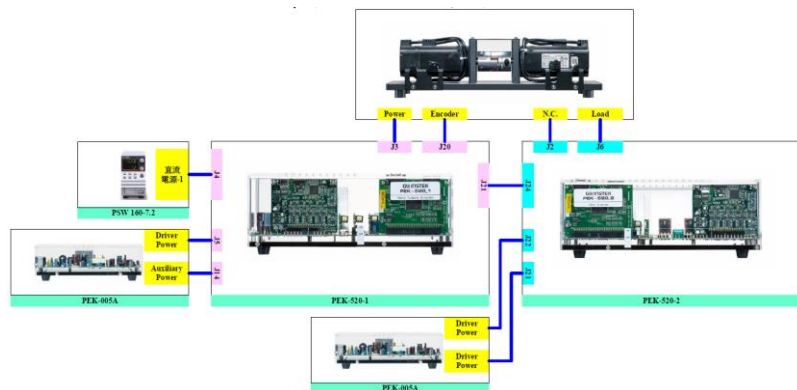
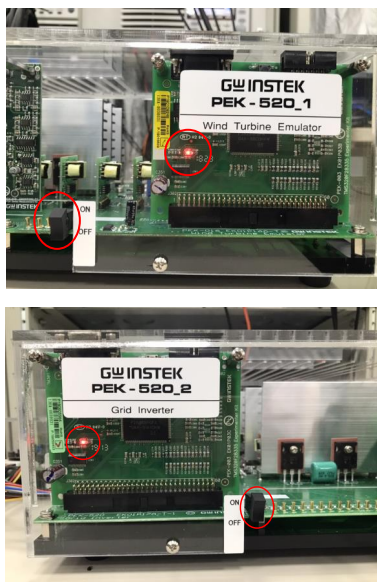


圖 6.5 實驗六接線圖

2. 接線完畢後，先確認 PEK-520\_1 及 PEK-520\_2 的開關為 OFF，之後開啟 PEK-005A 的開關，開啟後 DSP 的紅色顯示燈亮起，如圖 6.6 所示，此時代表 DSP 電源正常。

圖 6.6  
DSP 正常工作畫面



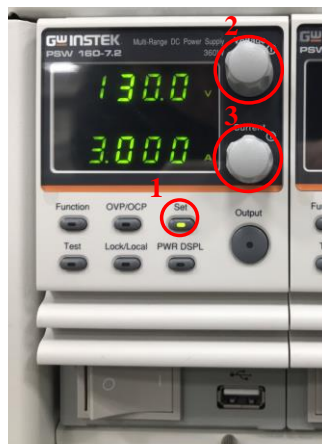
3. 請依照附錄 B(燒錄流程)進行燒錄，再請依照附錄 C(RS232 連線)進行連線，PEK-520\_1 與 PEK-520\_2 皆須使用 RS232 連線，故需開啟兩個 PSIM 視窗個別與 PEK 連線。
4. 將示波器探棒分別接至 PEK-520\_1 的 IO-A, IO-B, IO-C 上，探棒之 GND 接至模塊之 GND，模塊中量測點皆為共地，如圖 6.7

圖 6.7  
示波器探棒接線圖



5. PSW160-7.2 設定為點選 Set 鍵，查看所設定電壓、電流值，藉由電壓旋鈕調整至 130V，電流旋鈕調整至 3A，如圖 6.8

圖 6.8  
PSW 設定圖



6. 設定完畢後，將 PSW 電源輸出開啟後，依序將 PEK-520\_1 開關開啟，最後再將 PEK-520\_2 開關開啟。



## 實驗目的

當風速改變時，風機的功率曲線也會隨之變化，其最大功率點也會不同，將不同風速下的最大功率點繪出一條最大功率曲線(MPP Curve)，如圖 6.9，各風速下的最大功率與對應轉速如表 6.1。試著改變風速並觀察風機輸出功率是否保持在當下的最大功率點上。

圖 6.9  
不同風速下的  
PN 曲線

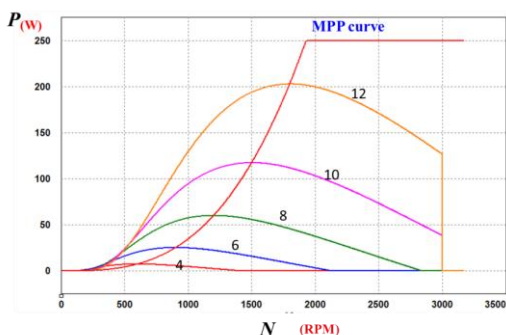


表 6.1 不同風速下最大功率點的對應轉速

風速(U)	轉速(N)	功率(P)
1	145	0.11
2	300	0.93
3	449	3.16
4	599	7.51
5	749	14.6
6	898	25.3
7	1048	40.2
8	1198	60
9	1348	85.5
10	1198	117.3
11	1647	156.2
12	1797	202.7

## 實驗結果

### (1) 當風速(U)為 5

當風機(PEK-520\_1)風速命令(U)為 5 時，藉由 DSP 示波器可觀測到此時的風機功率(PSM\_Pm)為 14.5W，發電機(PEK-520\_2)轉速(PSM\_N)為 691rpm，如圖 6.10 及圖 6.11 所示。

圖 6.10  
DSP 示波器之風機功率量測值

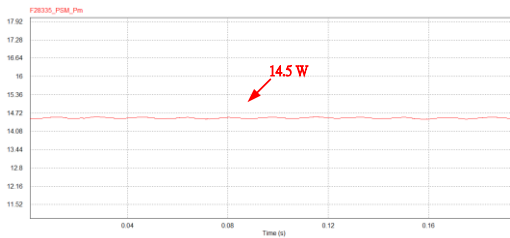
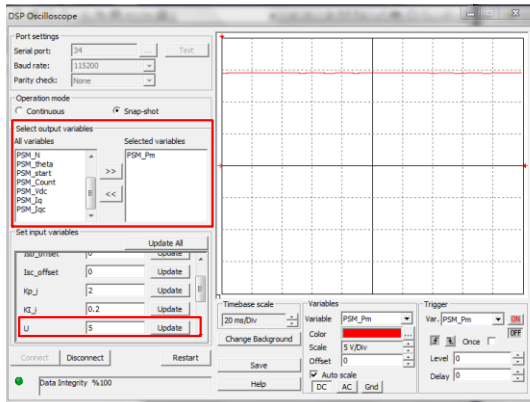
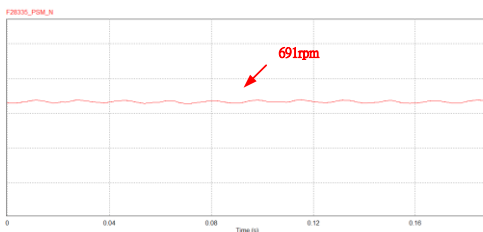
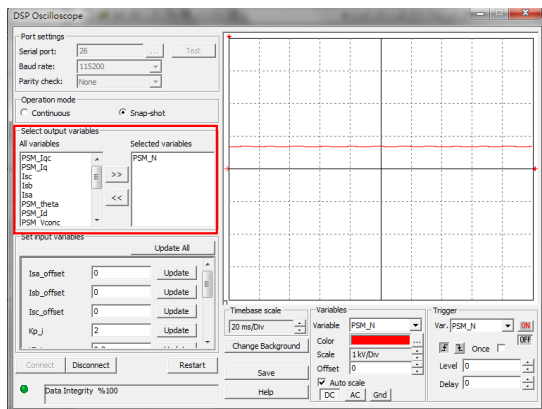


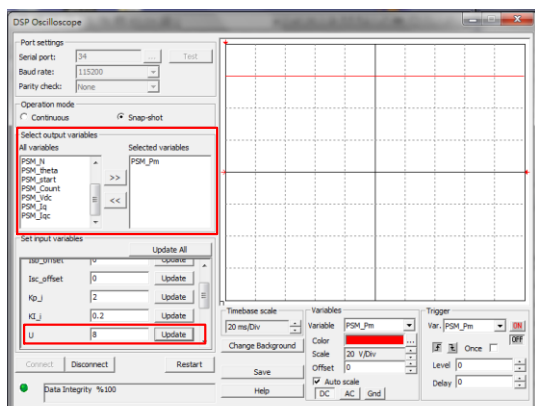
圖 6.11  
DSP 示波器之發電機轉速量測值



(2) 當風速(U)為 8

當風機風速命令(U)由 5 改為 8 後點選 Update，藉由 DSP 示波器可觀測到此時的風機功率(PSM\_Pm)為 60W，發電機轉速(PSM\_N)為 1161rpm，如圖 6.12 及圖 6.13 所示。

圖 6.12  
DSP 示波器之風機功率量測值



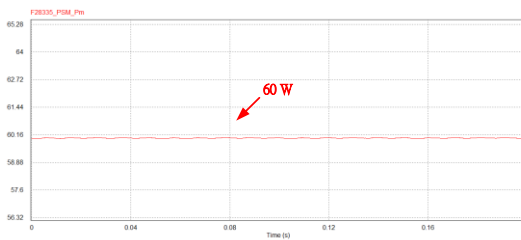
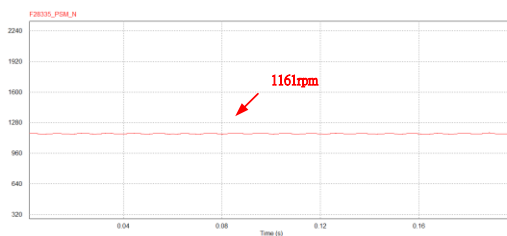
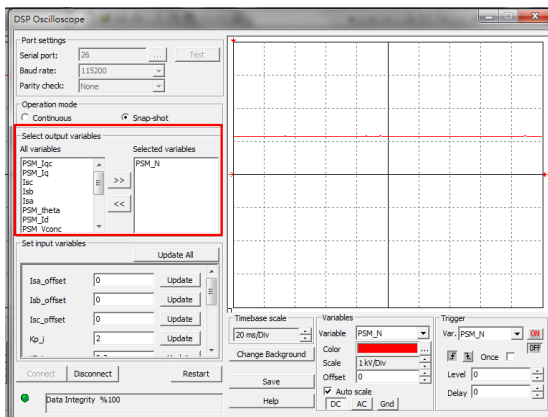


圖 6.13  
DSP 示波器之發  
電機轉速量測值



(3) 當風速(U)為 10

當風機風速命令(U)由 8 改為 10 後點選 Update，藉由 DSP 示波器可觀測到此時的風機功率(PSM\_Pm)為 117W，發電機轉速(PSM\_N)為 1474rpm，如圖 6.14 及圖 6.15 所示。

圖 6.14  
DSP 示波器之風機功率量測值

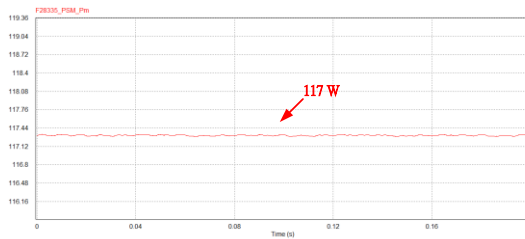
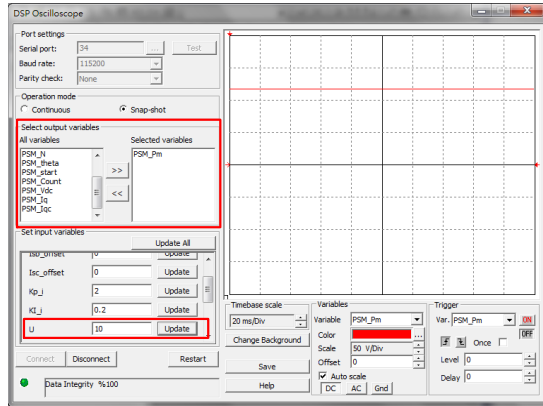
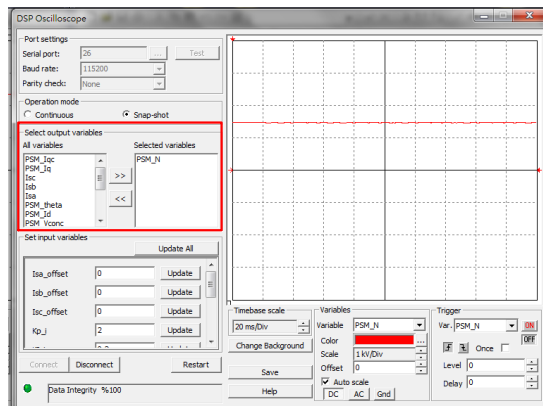
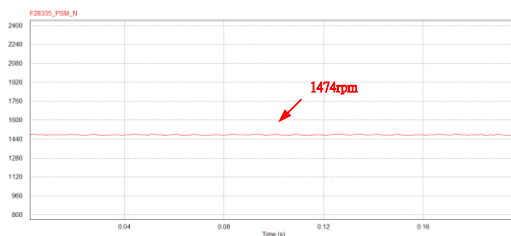


圖 6.15  
DSP 示波器之發電機轉速量測值





依照不同風速條件，依序將結果填入表 6.2

表 6.2 不同風速下風機功率量測數據

風速		轉速	風機功率(PSM_Pm)
5	量測值	691rpm	14.5 W
	計算值	749rpm	14.6 W
8	量測值	1161rpm	60 W
	計算值	1198rpm	60 W
10	量測值	1474rpm	117 W
	計算值	1498rpm	117.3 W

## 結論

由實驗中可以發現，當風速改變時，透過最大功率追蹤控制，調整發電機轉速，以達到當下風速之最大功率點。

# 實驗 7 PMSG 風力發電系統

## 電路模擬

風機驅動器規格如下:

---

DC Voltage  $V_d = 130V$   
 $F_s = 20kHz$ ,  $V_{tri} = 10V_{pp}$  (PWM)  
 $C_b = 330\mu F$   
 $K_s = 0.3$  (AC current sensing factor)  
 $K_v = 1/50$  (DC voltage sensing factor)

發電機驅動器規格如下:

---

BUS Voltage  $V_{bus} = 100V$   
 $F_s = 20kHz$ ,  $V_{tri} = 10V_{pp}$  (PWM)  
 $C_{bus} = 940\mu F$   
 $K_s = 0.3$  (AC current sensing factor)  
 $K_v = 1/50$  (DC voltage sensing factor)

並網逆變器規格如下:

---

BUS Voltage  $V_{bus} = 100V$   
AC Source Voltage  $V_{LL} = 50V_{rms}$   
 $F_s = 20kHz$ ,  $V_{tri} = 10V_{pp}$  (PWM)  
 $C_d = 940\mu F$ ,  $L = 1.02mH$ ,  $C = 10\mu F$   
 $K_s = 0.3$  (AC current sensing factor)

$K_v = 1/60$  (AC voltage sensing factor)

$K_v = 1/50$  (DC voltage sensing factor)

永磁同步馬達規格如下:

額定功率：400W

額定轉速：3000 轉

額定電流：2.6A，瞬時最大電流：7.8A

反電動勢：17.4 mV/min<sup>-1</sup>

電動機阻抗：1.55 Ω，電動機感抗：6.71mH

轉子慣量：27.7u kg·m<sup>2</sup>，機械常數：0.53 ms

馬達極數：10 極

依照上述參數所建立的發電機類比電路(而風機使用 Sim5 之類比電路程式)如下圖 7.1:

發電機 PSIM 檔名為：

PEK-520\_2\_Sim7\_3P\_MPPT\_GC\_Inv(50Hz)\_V11.1.5\_V1.1

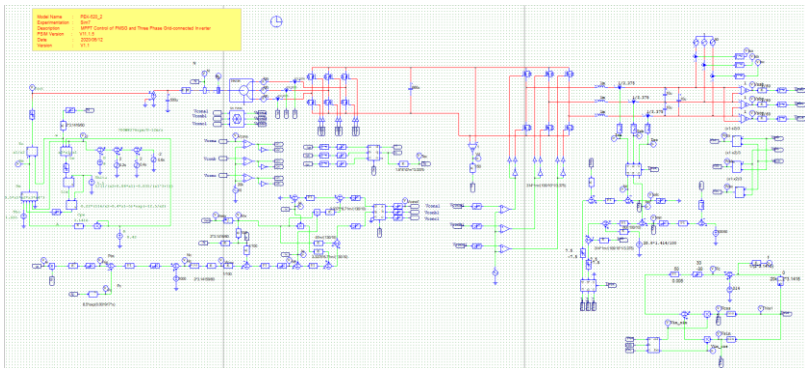


圖 7.1 實驗七 PSIM 類比發電機電路圖



發電機模擬結果如圖 7.2:

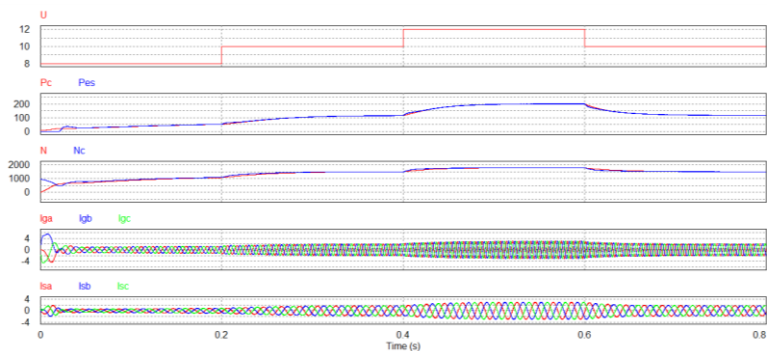


圖 7.2 實驗七 類比發電機電路模擬波形

再參照類比電路所建立的數位發電機電路(而風機使用 Lab5 之數位電路程式)如下圖 7.3:

發電機 PSIM 檔名為：

PEK-520\_2\_Lab7\_3P\_MPPT\_GC\_Inv(50Hz)\_V11.1.5\_V1.1

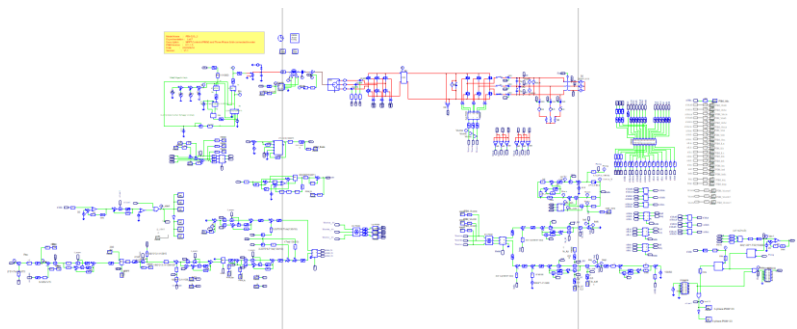


圖 7.3 實驗七 PSIM 數位發電機電路圖

發電機模擬結果如下圖 7.4:

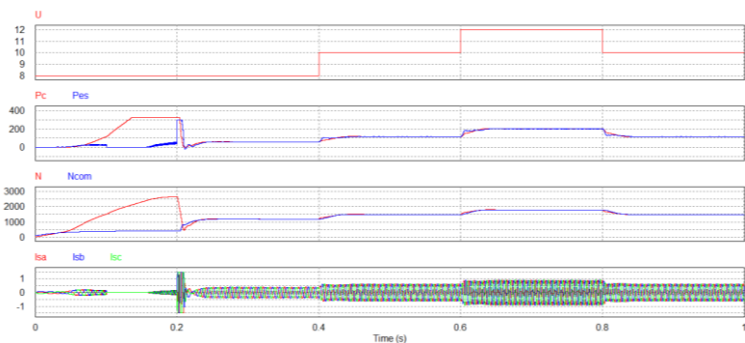


圖 7.4 實驗七 數位發電機電路模擬波形

模擬確認無誤後，利用“Simulate”的“Generate Code”自動產生對應的 C Code。

## 實驗設備

本實驗所需的設備如下，設備使用前請參照各設備使用說明書：

- PEK-520\_1 及 PEK-520\_2 各一台
- PEK-005A 二台
- PEK-006 一台
- PTS-5000 一台(其中使用 GDS-2204E, PSW160-7.2, GPL-500, APS-300)
- 馬達模組一台
- 動力線與編碼線各兩條
- PC 一台

## 實驗步驟

1. 實驗接線圖如圖 7.5，請依此圖完成接線。

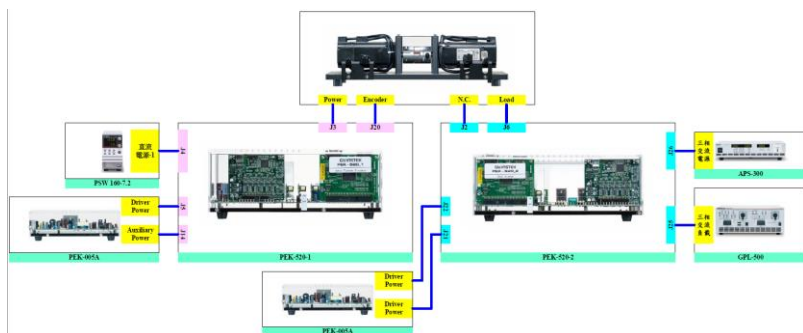


圖 7.5 實驗七接線圖

2. 接線完畢後，先確認 PEK-520\_1 及 PEK-520\_2 的開關為 OFF，之後開啟 PEK-005A 的開關，開啟後 DSP 的紅色顯示燈亮起，如圖 7.6 所示，此時代表 DSP 電源正常。

圖 7.6  
DSP 正常工作畫面



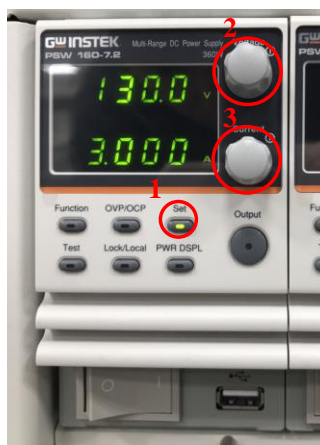
3. 請依照附錄 B(燒錄流程)進行燒錄，再請依照附錄 C(RS232 連線)進行連線，PEK-520\_1 與 PEK-520\_2 皆須使用 RS232 連線，故需開啟兩個 PSIM 視窗個別與 PEK 連線。
4. 將示波器探棒分別接至 PEK-520\_1 的 IO-A, IO-B, IO-C 上，探棒之 GND 接至模塊之 GND，模塊中量測點皆為共地，如圖 7.7

圖 7.7  
示波器探棒接線圖



5. PSW160-7.2 設定為點選 Set 鍵，查看所設定電壓、電流值，藉由電壓旋鈕調整至 130V，電流旋鈕調整至 3A，如圖 7.8

圖 7.8  
PSW 設定圖



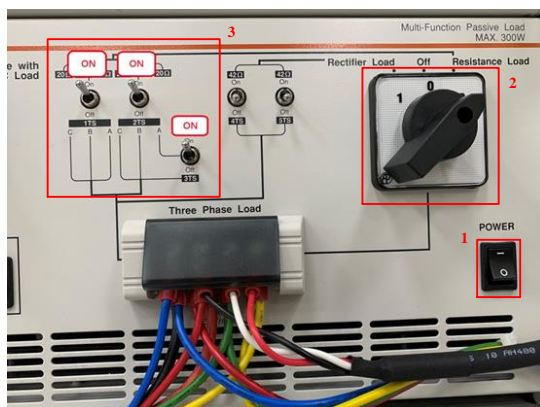
6. APS-300 電源開啟後，設定頻率為 50Hz，模式為 3P4W，輸出電壓為 28.86V，如圖 7.9 所示。

圖 7.9  
APS-300 設定圖



7. GPL-500 電源開啟後，將負載切換至 Resistance Load 模式，將 1TS, 2TS, 3TS 開關開啟，此為滿載設定，如圖 7.10。

圖 7.10  
GPL-500 滿載設定



8. 設定完畢後，將 PSW 及 APS-300 電源輸出開啟後，依序將 PEK-520\_1 開關開啟，最後再將 PEK-520\_2 開關開啟。

## 實驗目的

當風機輸出功率因風速改變而變化時，觀察逆變器與市電間的功率變化。

## 實驗結果

### (1) 當風速(U)為 5

風機(PEK-520\_1)的風速命令(U)初始為 5，藉由 DSP 示波器可觀測到此時的風機功率(PSM\_Pm)為 15W，轉速(PSM\_N)為-689rpm，如圖 7.11。同時透過另一 DSP 示波器觀測發電機(PEK-520\_2)功率(PSM\_Po)為 12W，轉速(PSM\_N)為 694rpm，如圖 7.12。此時負載為滿載所需功率為 250W，故不足的 238W 功率由市電(APS-300)提供，因 APS-300 所顯示為單相功率，故三相功率為 237.9W，如圖 7.13。

圖 7.11  
DSP 示波器之風機功率與轉速量測值

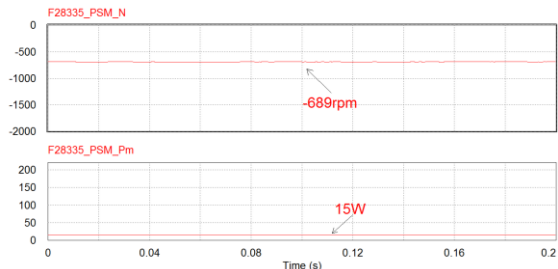
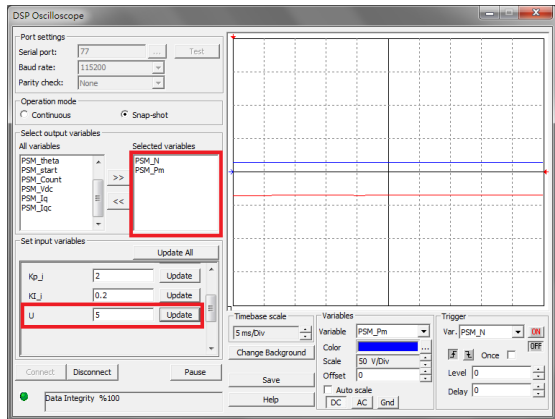


圖 7.12  
DSP 示波器之發電機功率與轉速量測值

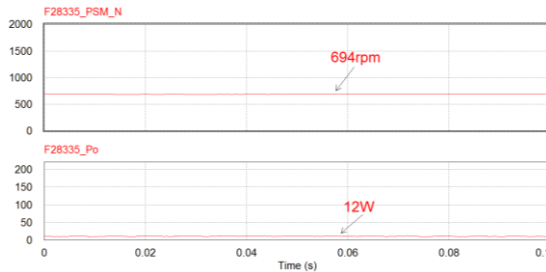
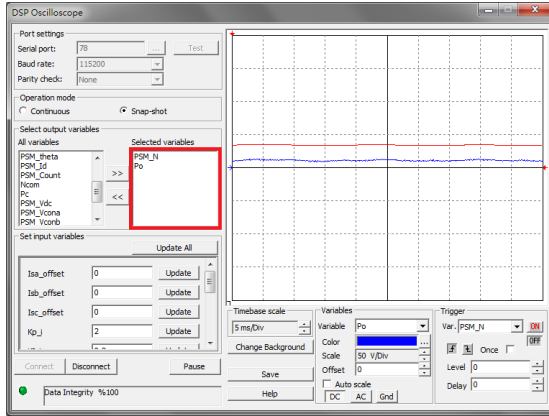


圖 7.13  
APS-300 輸出功率



(2) 當風速(U)為 8

藉由風機的 DSP 示波器將風速命令由 5 調整至 8，此時可觀測風機功率(PSM\_Pm)為 60W，轉速(PSM\_N)為-1160rpm，如圖 7.14。而發電機功率(PSM\_Po)為 56W，轉速(PSM\_N)為 1163rpm，如圖 7.15。此時負載為滿載所需功率為 250W，故不足的 194W 功率由市電(APS-300)提供，因 APS-300 所顯示為單相功率，故三相功率為 201.6W，如圖 7.16。



圖 7.14  
DSP 示波器之風機功率與轉速量測值

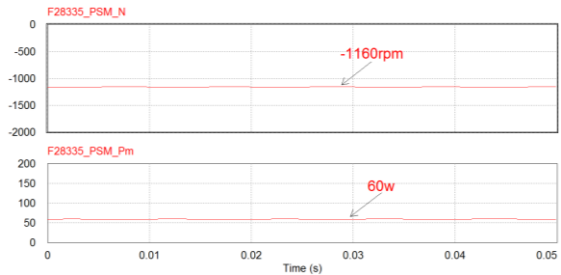
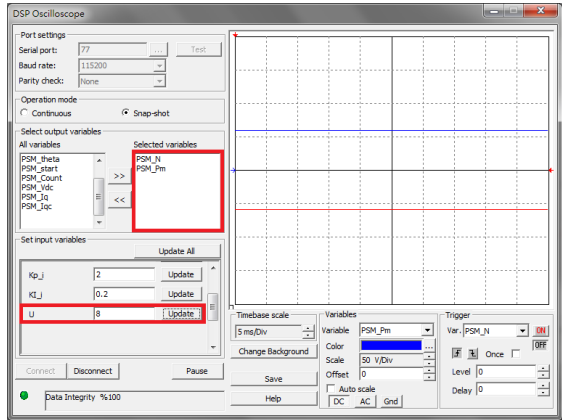
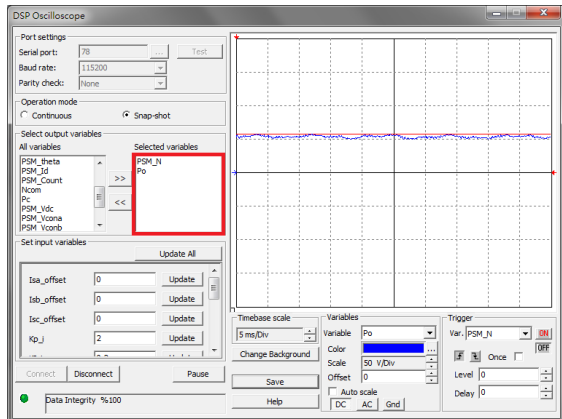


圖 7.15  
DSP 示波器之發電機功率與轉速量測值



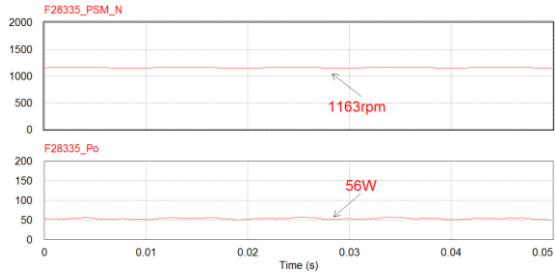


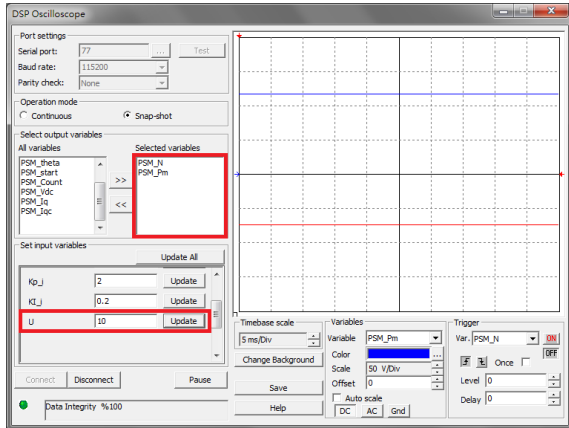
圖 7.16  
APS-300 輸出功  
率



(3) 當風速(U)為 10

藉由風機的 DSP 示波器將風速命令由 8 調整至 10，此時可觀測風機功率(PSM\_Pm)為 117W，轉速(PSM\_N)為-1462rpm，如圖 7.17。而發電機功率(PSM\_Po)為 109W，轉速(PSM\_N)為 1462rpm，如圖 7.18。此時負載為滿載所需功率為 250W，故不足的 141W 功率由市電(APS-300)提供，因 APS-300 所顯示為單相功率，故三相功率為 158.7W，如圖 7.19。

圖 7.17  
DSP 示波器之風  
機功率與轉速量  
測值



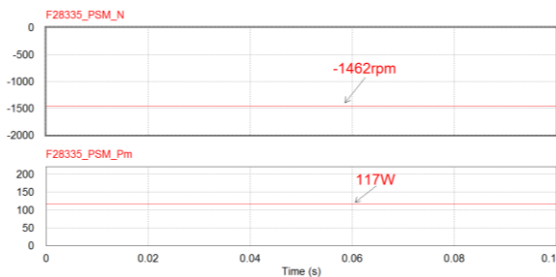


圖 7.18  
DSP 示波器之發電機功率與轉速量測值

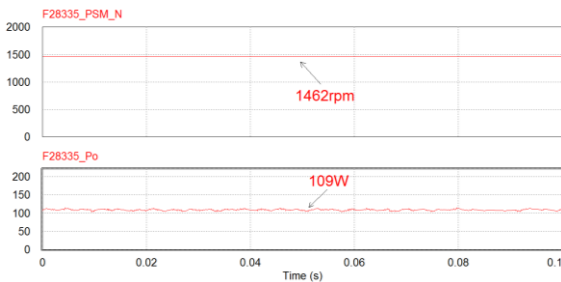
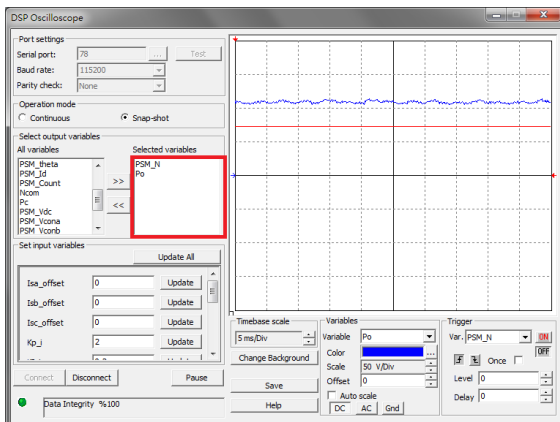


圖 7.19  
APS-300 輸出功率



將上述結果依序填入表 7.1

表 7.1 不同風速下發電機與市電的功率變化

風速	發電機轉速(rpm)	發電機功率(W)	市電功率(W)	負載功率(W)
5	694	12	237.9	250
8	1163	56	201.6	250
10	1462	109	158.7	250

## 結論

由實驗中可以發現，市電並網的系統中，電網的功率(實驗中以 APS-300 模擬)會依據發電機功率的不同來調節所提供的功率，以維持系統之功率平衡。

# 實驗 8 PMSG 低電壓穿越

## 電路模擬

風機驅動器規格如下:

---

DC Voltage  $V_d = 130V$   
 $F_s = 20kHz$ ,  $V_{tri} = 10V_{pp}$  (PWM)  
 $C_b = 330\mu F$   
 $K_s = 0.3$  (AC current sensing factor)  
 $K_v = 1/50$  (DC voltage sensing factor)

發電機驅動器規格如下:

---

BUS Voltage  $V_{bus} = 100V$   
 $F_s = 20kHz$ ,  $V_{tri} = 10V_{pp}$  (PWM)  
 $C_{bus} = 940\mu F$   
 $K_s = 0.3$  (AC current sensing factor)  
 $K_v = 1/50$  (DC voltage sensing factor)

並網逆變器規格如下:

---

BUS Voltage  $V_{bus} = 100V$   
AC Source Voltage  $V_{LL} = 50V_{rms}$   
 $F_s = 20kHz$ ,  $V_{tri} = 10V_{pp}$  (PWM)  
 $C_d = 940\mu F$ ,  $L = 1.02mH$ ,  $C = 10\mu F$   
 $K_s = 0.3$  (AC current sensing factor)  
 $K_v = 1/60$  (AC voltage sensing factor)  
 $K_v = 1/50$  (DC voltage sensing factor)

永磁同步馬達規格如下：

- 額定功率：400W
- 額定轉速：3000 轉
- 額定電流：2.6A，瞬時最大電流：7.8A
- 反電動勢：17.4 mV/min<sup>-1</sup>
- 電動機阻抗：1.55 Ω，電動機感抗：6.71mH
- 轉子慣量：27.7u kg·m<sup>2</sup>，機械常數：0.53 ms
- 馬達極數：10 極

依照上述參數所建立的發電機類比電路(而風機使用 Sim5 之類比電路程式)如下圖 8.1:

發電機 PSIM 檔名為：

PEK-520\_2\_Sim8\_3P\_MPPT\_GC\_Inv\_LVRT(50Hz)\_V11.1.5\_V1.1

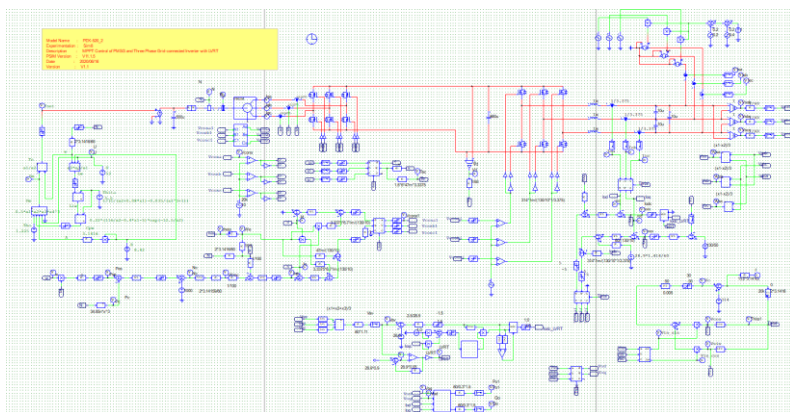


圖 8.1 實驗八 PSIM 類比發電機電路圖

發電機模擬結果如圖 8.2:

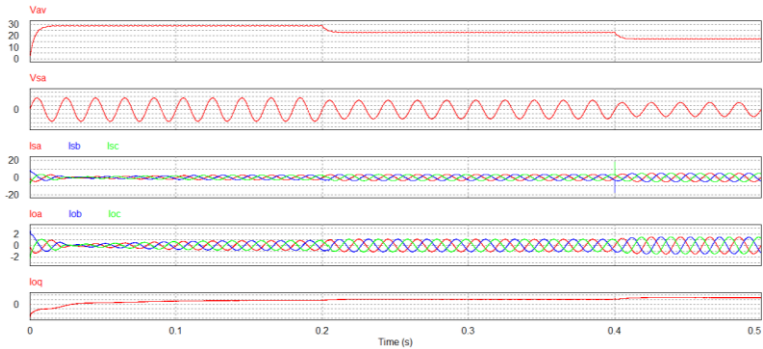


圖 8.2 實驗八 類比發電機電路模擬波形

再參照類比電路所建立的數位發電機電路(而風機使用 Lab5 之數位電路程式)如下圖 8.3:

發電機 PSIM 檔名為：

PEK-520\_2\_Lab8\_3P\_MPPT\_GC\_Inv\_LVRT(50Hz)\_V11.1.5\_V1.1

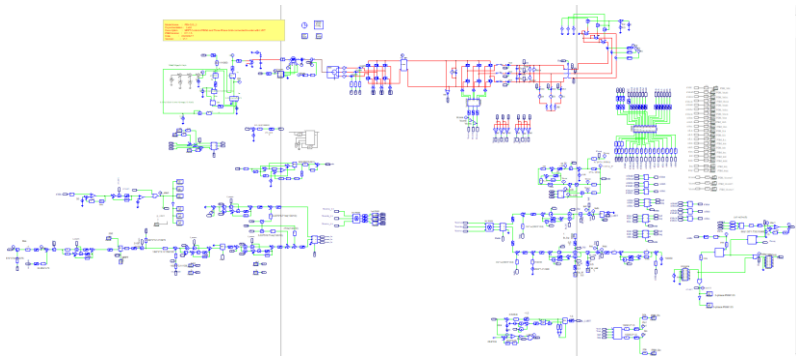


圖 8.3 實驗八 PSIM 數位發電機電路圖

發電機模擬結果如下圖 8.4:

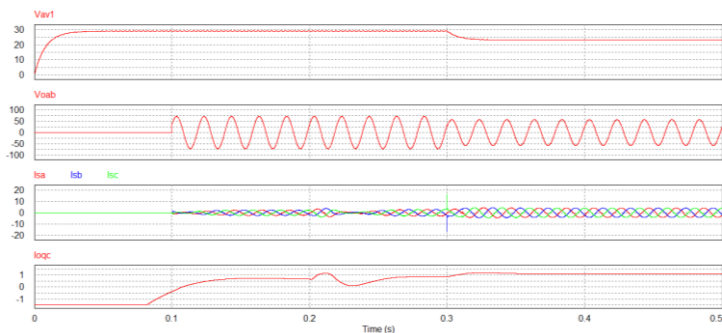


圖 8.4 實驗八 數位發電機電路模擬波形

模擬確認無誤後，利用“Simulate”的“Generate Code”自動產生對應的 C Code。



## 實驗設備

本實驗所需的設備如下，設備使用前請參照各設備使用說明書：

- PEK-520\_1 及 PEK-520\_2 各一台
- PEK-005A 二台
- PEK-006 一台
- PTS-5000 一台(其中使用 GDS-2204E, PSW160-7.2, GPL-500, APS-300)
- 馬達模組一台
- 動力線與編碼線各兩條
- PC 一台

## 實驗步驟

1. 實驗接線圖如圖 8.5，請依此圖完成接線。

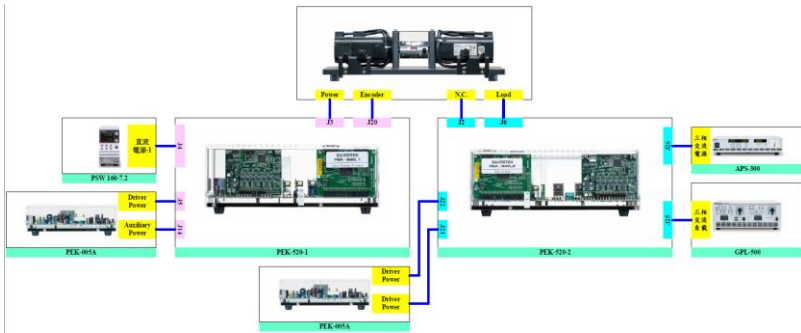


圖 8.5 實驗八接線圖

2. 接線完畢後，先確認 PEK-520\_1 及 PEK-520\_2 的開關為 OFF，之後開啟 PEK-005A 的開關，開啟後 DSP 的紅色顯示燈亮起，如圖 8.6 所示，此時代表 DSP 電源正常。

圖 8.6  
DSP 正常工作畫面



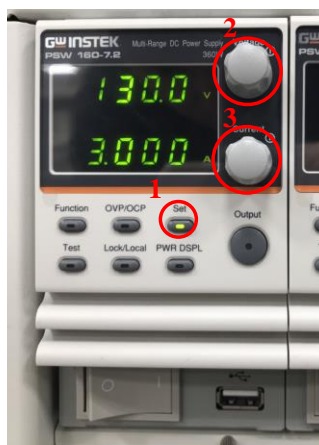
3. 請依照附錄 B(燒錄流程)進行燒錄，再請依照附錄 C(RS232 連線)進行連線，PEK-520\_1 與 PEK-520\_2 皆須使用 RS232 連線，故需開啟兩個 PSIM 視窗個別與 PEK 連線。
4. 將示波器探棒分別接至 PEK-520\_1 的 IO-A, IO-B, IO-C 上，探棒之 GND 接至模塊之 GND，模塊中量測點皆為共地，如圖 8.7

圖 8.7  
示波器探棒接線圖



5. PSW160-7.2 設定為點選 Set 鍵，查看所設定電壓、電流值，藉由電壓旋鈕調整至 130V，電流旋鈕調整至 3A，如圖 8.8

圖 8.8  
PSW 設定圖



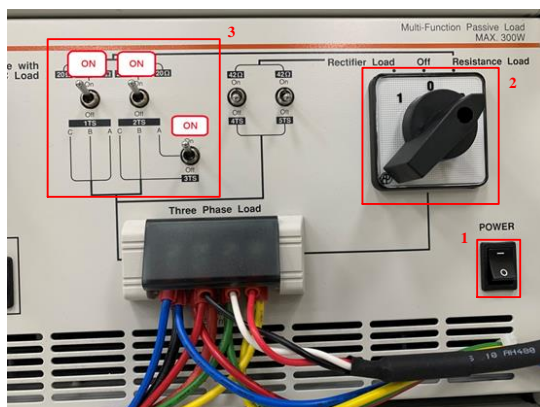
6. APS-300 電源開啟後，設定頻率為 50Hz，模式為 3P4W，輸出電壓為 28.86V，如圖 8.9 所示。

圖 8.9  
APS-300 設定圖



7. GPL-500 電源開啟後，將負載切換至 Resistance Load 模式，將 1TS, 2TS, 3TS 開關開啟，此為滿載設定，如圖 8.10。

圖 8.10  
GPL-500 滿載設定



8. 設定完畢後，將 PSW 及 APS-300 電源輸出開啟後，依序將 PEK-520\_1 開關開啟，最後再將 PEK-520\_2 開關開啟。

## 實驗目的

當風力發電系統運行時，如遭遇市電電壓下降時，逆變器須進入低壓穿越模式(LVRT)以協助維持市電電壓。觀察當市電電壓下降時，逆變器的輸出功率變化。

## 實驗結果

### (1) 當風速(U)為 5，市電電壓為 28.86V

風機(PEK-520\_1)的風速命令(U)初始為 5，此時風機的轉速為 -694rpm，如圖 8.11 與 8.12。同時透過另一個 DSP 示波器觀測發電機(PEK-520\_2)的輸出功率 PSM\_Po 為 15W，PSM\_Qo 為 0W，如圖 8.13 與 8.14。

圖 8.11  
風速為 5 時 DSP  
示波器之風機轉速

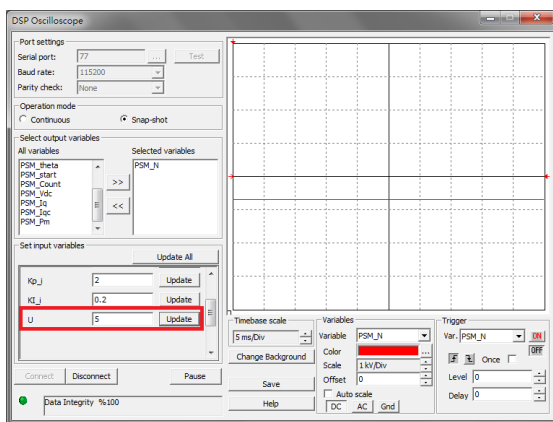


圖 8.12  
以 Simview 量測  
風機轉速

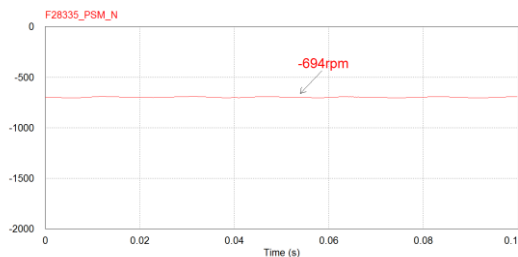


圖 8.13  
風速為 5 時 DSP 示波器之發電機的輸出功率

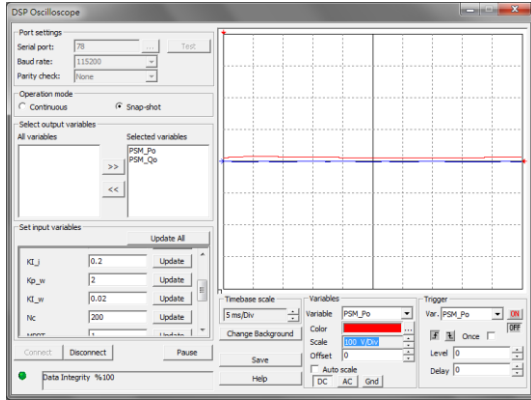
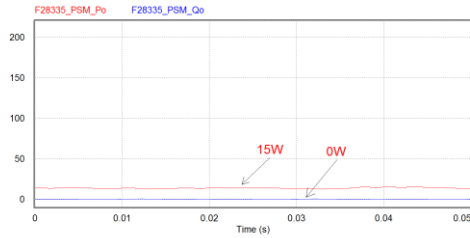


圖 8.14  
以 Simview 量測發電機的輸出實功與虛功



(2) 當風速(U)為 10，市電電壓為 28.86V

藉由風機的 DSP 示波器將風速命令(U)由 5 調整至 10，此時風機的轉速為-1453rpm，如圖 8.15 與 8.16，同時透過另一個 DSP 示波器觀測發電機的輸出功率 PSM\_Po 為 147W，PSM\_Qo 為 0W，如圖 8.17 與 8.18。

圖 8.15  
風速為 10 時 DSP 示波器之風機轉速

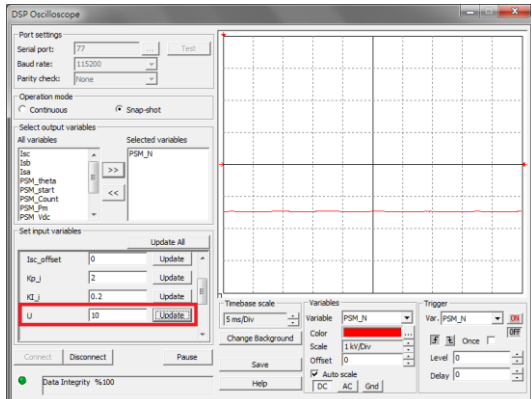


圖 8.16  
以 Simview 量測  
風機轉速

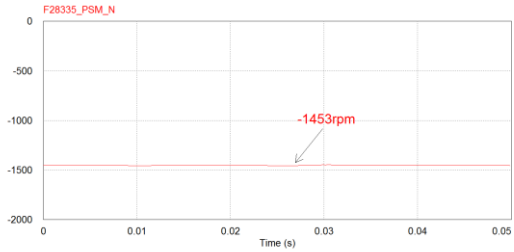


圖 8.17  
風速為 10 時 DSP  
示波器之發電機  
的輸出功率

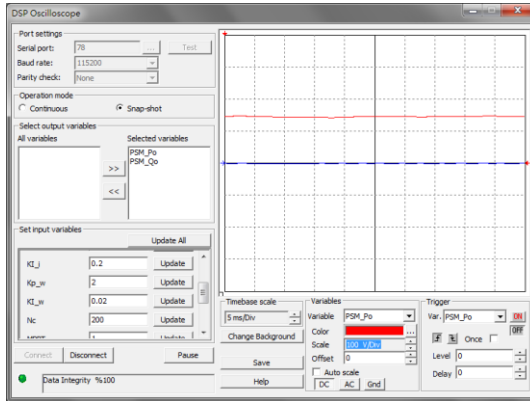
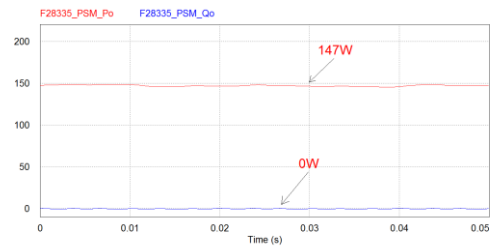


圖 8.18  
以 Simview 量測  
發電機的輸出實  
功與虛功



(3) 當風速(U)為 10，市電電壓為 24.66V

當風速命令(U)為 10 時，將市電電壓調降為 24.66V，如圖 8.19。藉由發電機的 DSP 示波器觀測輸出功率 PSM\_Po 為 140W，PSM\_Qo 為 101W，如圖 8.20 與 8.21。

圖 8.19  
將 APS-300 電壓調至 24.66V



圖 8.20  
APS-300 電壓 24.66V 時 DSP 示波器的發電機的輸出功率

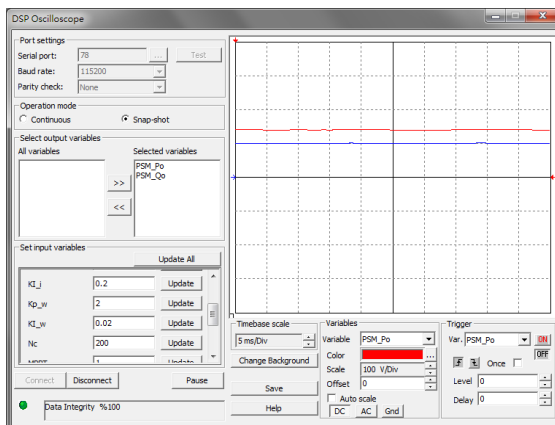
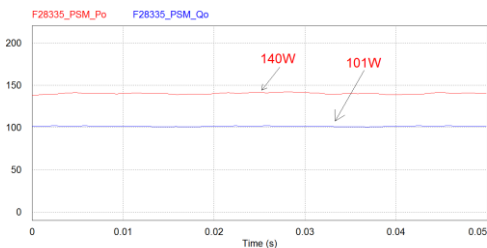


圖 8.21  
以 Simview 量測發電機的輸出實功與虛功





(4) 當風速(U)為 10，市電電壓為 14.86V

當風速命令(U)為 10 時，將市電電壓調降 14.86V，如圖 8.22。藉由發電機的 DSP 示波器觀測輸出功率 PSM\_Po 為 112W，PSM\_Qo 為 212W，如圖 8.23 與 8.24。

圖 8.22  
將 APS-300 電壓  
調至 14.86V



圖 8.23  
APS-300 電壓  
14.86V 時 DSP 示  
波器之發電機的  
輸出功率

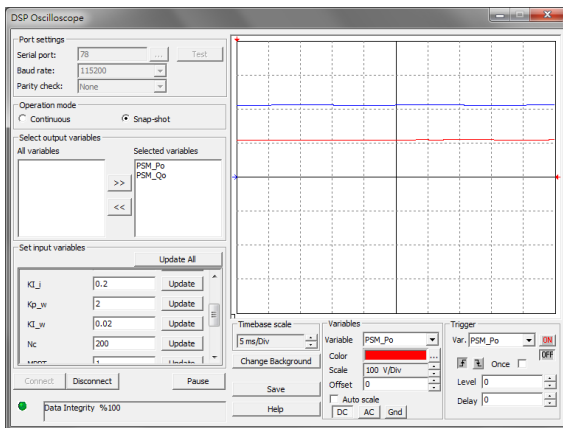
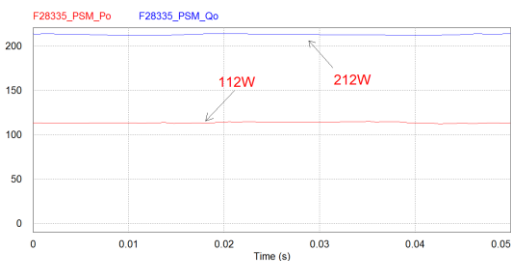


圖 8.24  
以 Simview 量測  
發電機的輸出實  
功與虛功



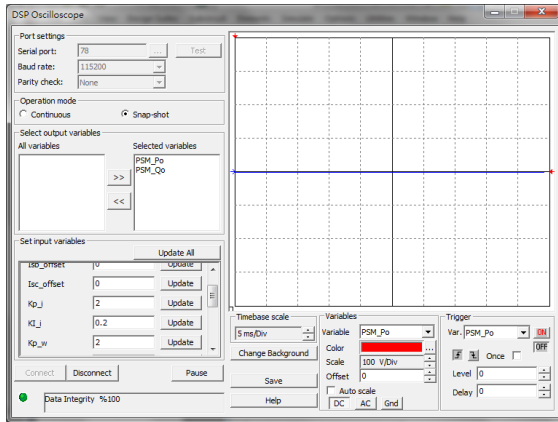
(5) 當風速(U)為 10 · 市電電壓為 13V

當風速命令(U)為 10 時，將市電電壓調降為 13V，如圖 8.25。藉由發電機的 DSP 示波器觀測輸出功率輸出功率 PSM\_Po 為 0W，PSM\_Qo 為 0W，如圖 8.26

圖 8.25  
將 APS-300 電壓調至 13V



圖 8.26  
APS-300 電壓 13V 時 DSP 示波器之發電機的輸出功率



將上述各種情況下的發電機功率填入表 8.1

表 8.1 不同市電電壓下風電機輸出功率

風速	市電電壓(V)	發電機實功(W)	發電機虛功(W)
5	28.86	15	0
	28.86	147	0
8	24.66	140	101
	14.86	112	212
	13	0	0

## 結論

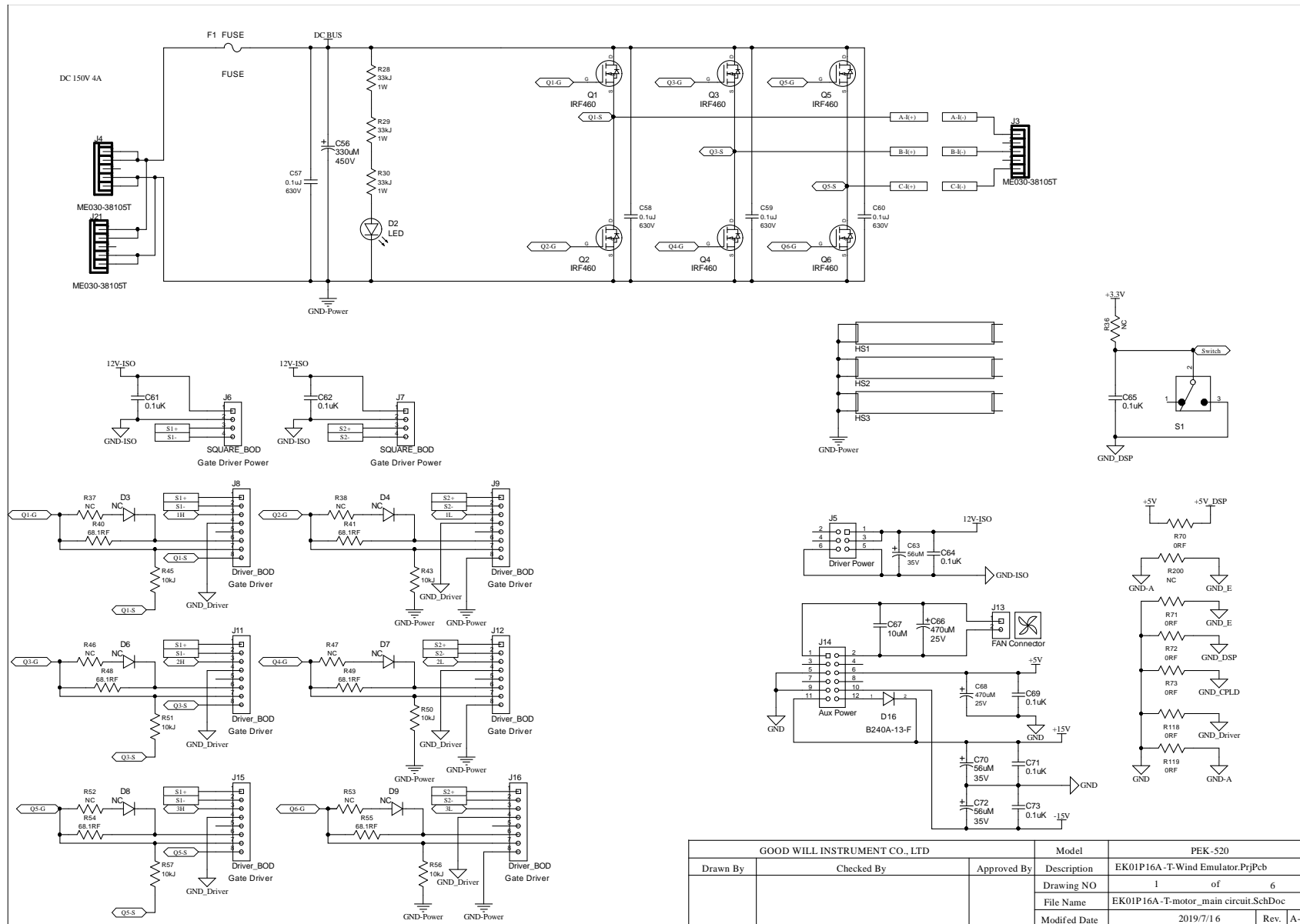
由表 8.1 可以發現，在市電並網的系統中，當市電電壓持續下降至 24.7V 時，逆變器將進入 LVRT 模式，並開始提供虛功，隨著電壓低至 13V，逆變器跳脫系統關機。

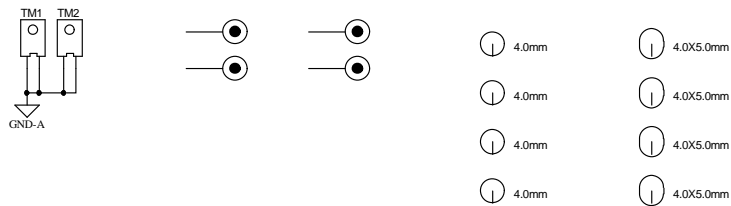
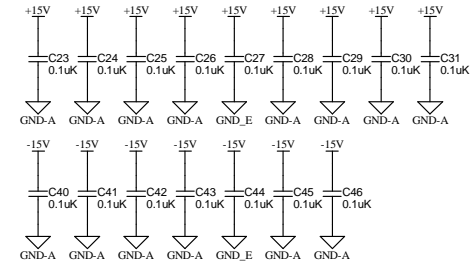
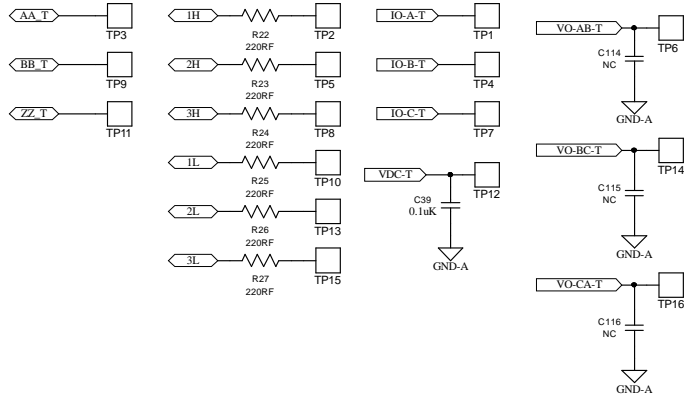
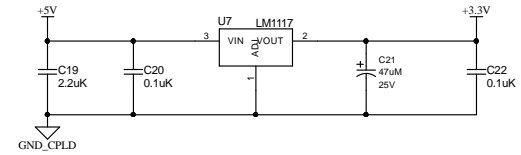
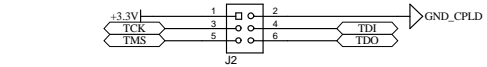
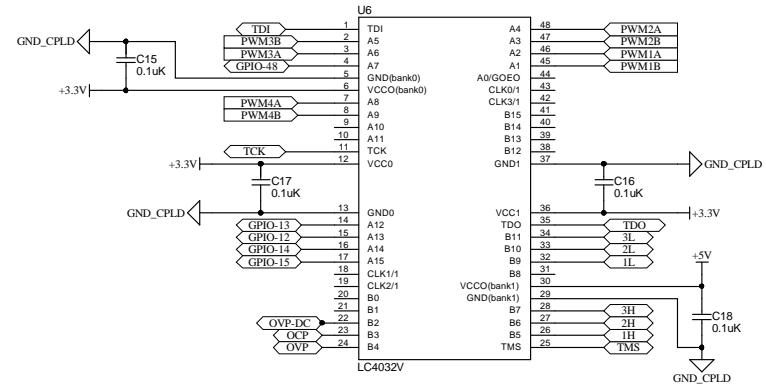
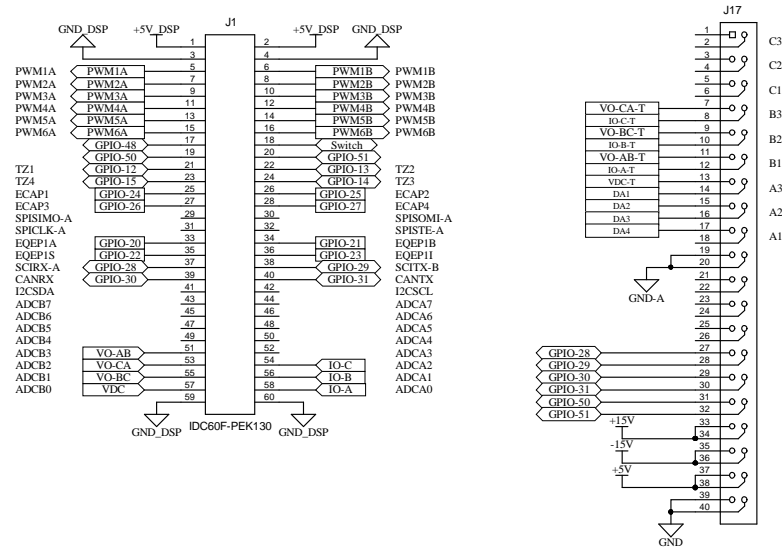
# 附錄 A PEK-520 電路圖

---

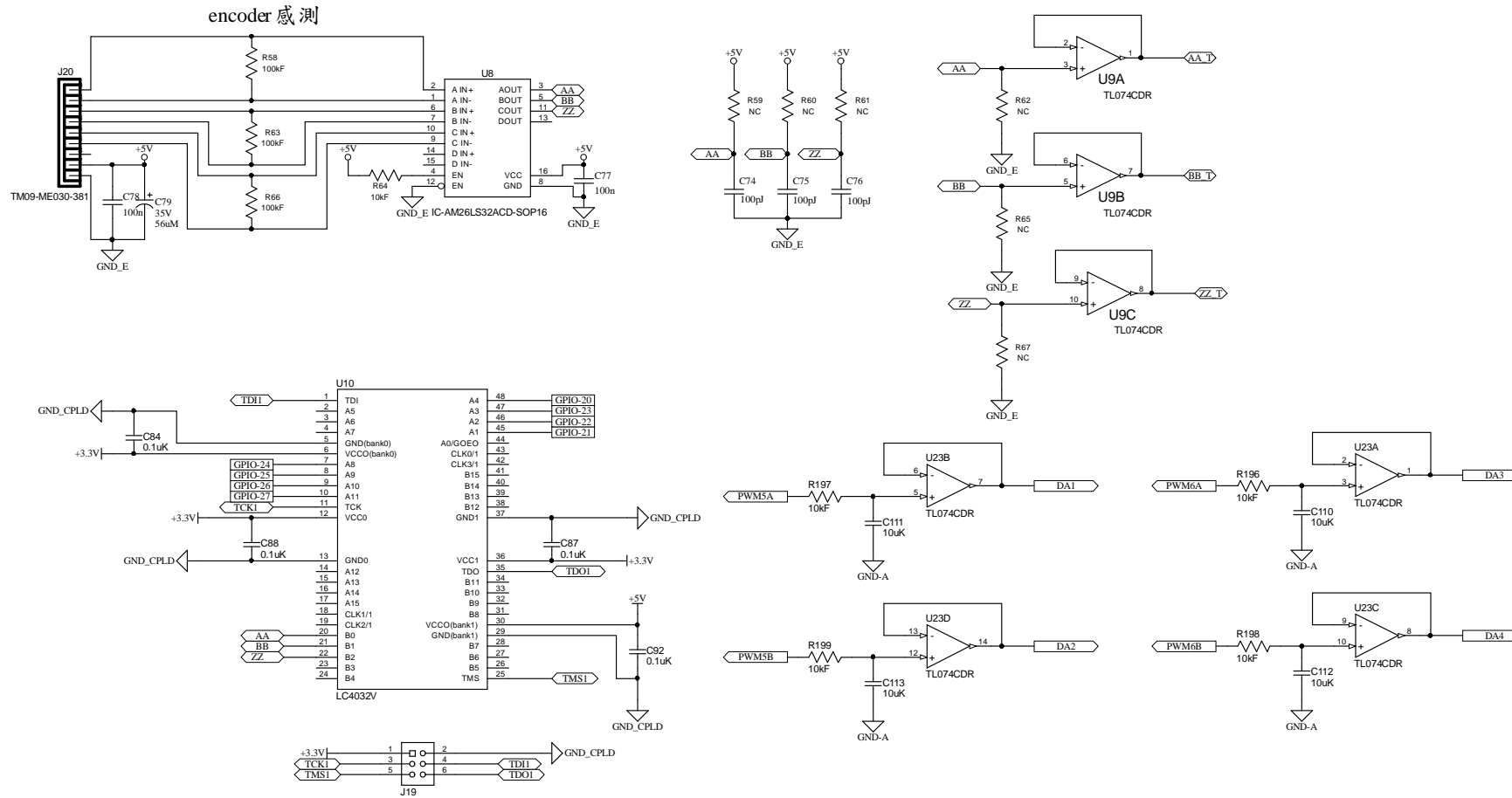
Wind Turbine Emulator .....	111
Grid Inverter .....	117
F28335 Delfino control CARD .....	127
Gate Driver .....	128
Gate Driver Power .....	129

# Wind Turbine Emulator

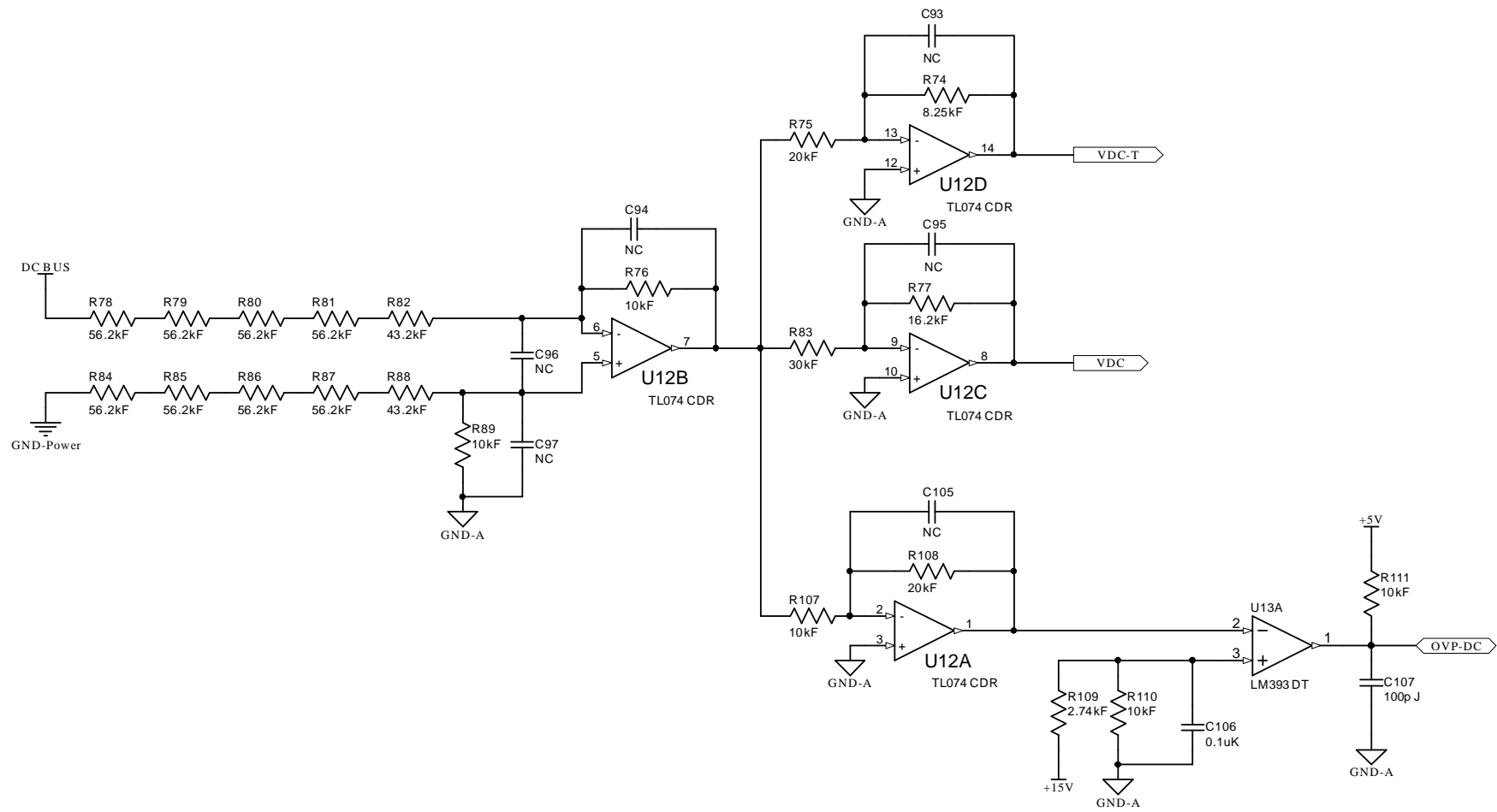




GOOD WILL INSTRUMENT CO., LTD			Model	PEK-520	
Drawn By	Checked By	Approved By	Description	EK01P16A-T-Wind Emulator.PrfPcb	
			Drawing NO	2	of 6
			File Name	EK01P16A-T-Interface_CPLD.SchDoc	
			Modified Date	2019/7/16	Rev. A-T

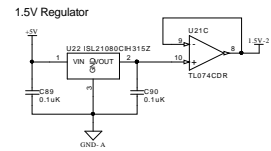
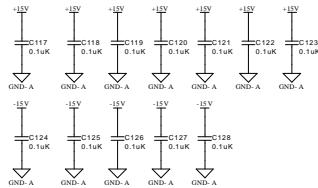
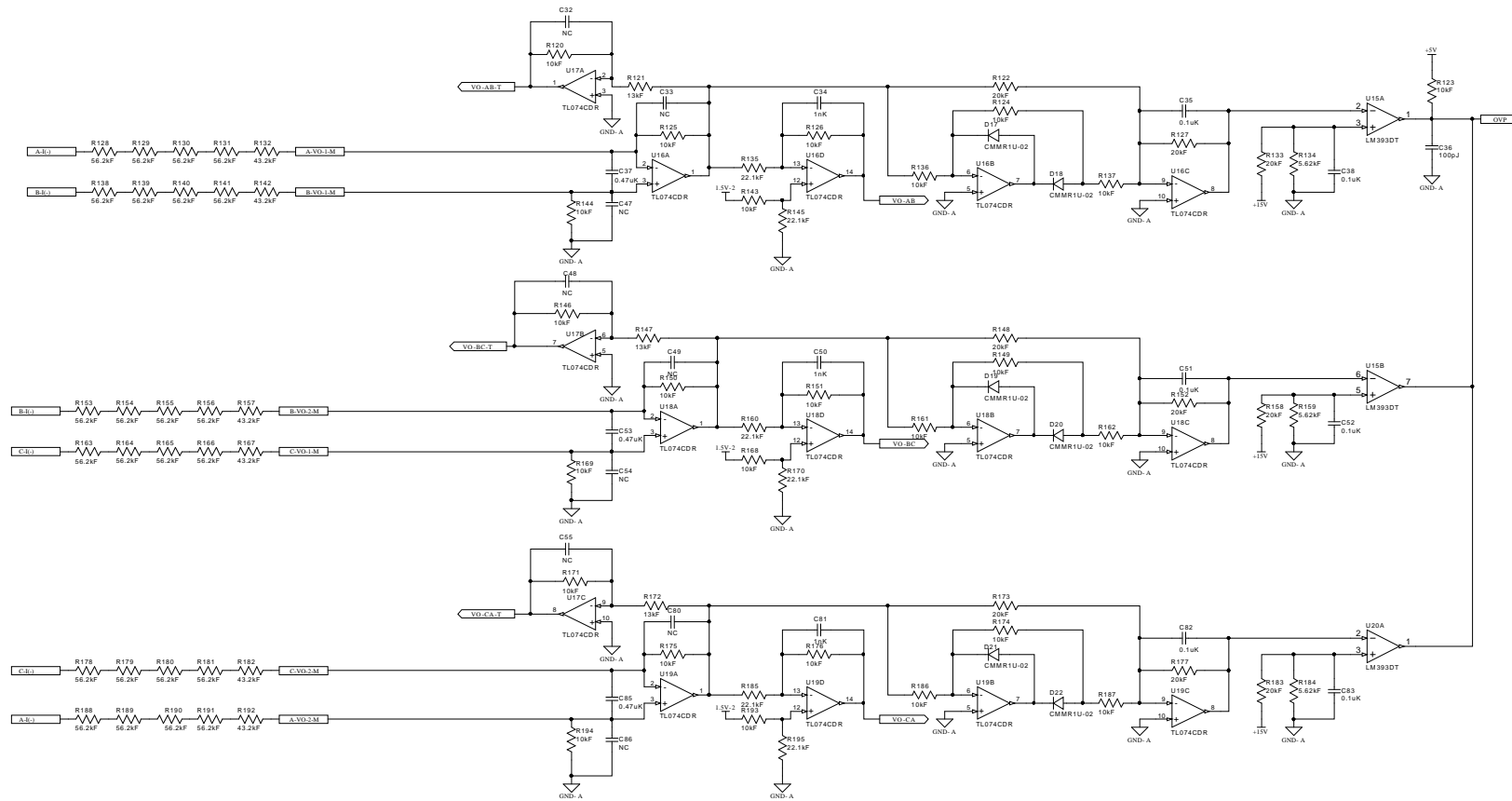


GOOD WILL INSTRUMENT CO., LTD			Model	PEK-520	
Drawn By	Checked By	Approved By	Description	EK01P16A-T-Wind Emulator.PrjPcb	
			Drawing NO	3	of 6
			File Name	EK01P16A-T-position_sensor.SchDoc	
			Modified Date	2019/7/16	Rev. A-T

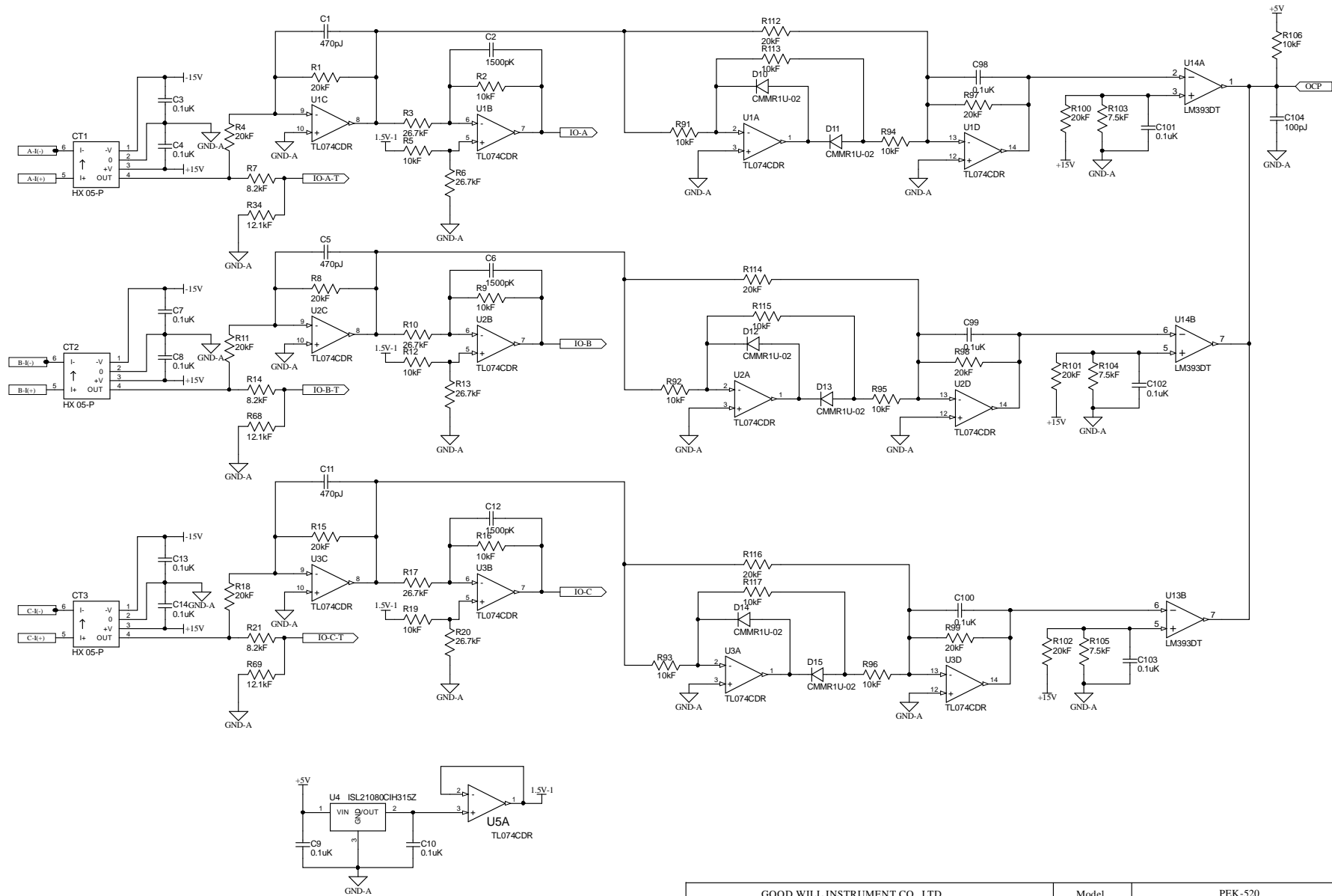


GOOD WILL INSTRUMENT CO., LTD			Model	PEK-520
Drawn By	Checked By	Approved By	Description	EK01P16A-T-Wind Emulator.Prj
			Drawing NO	4 of 6
			File Name	EK01P16A-T-voltage_sensor.SchDoc
			Modified Date	2019/7/16
			Rev.	A-T



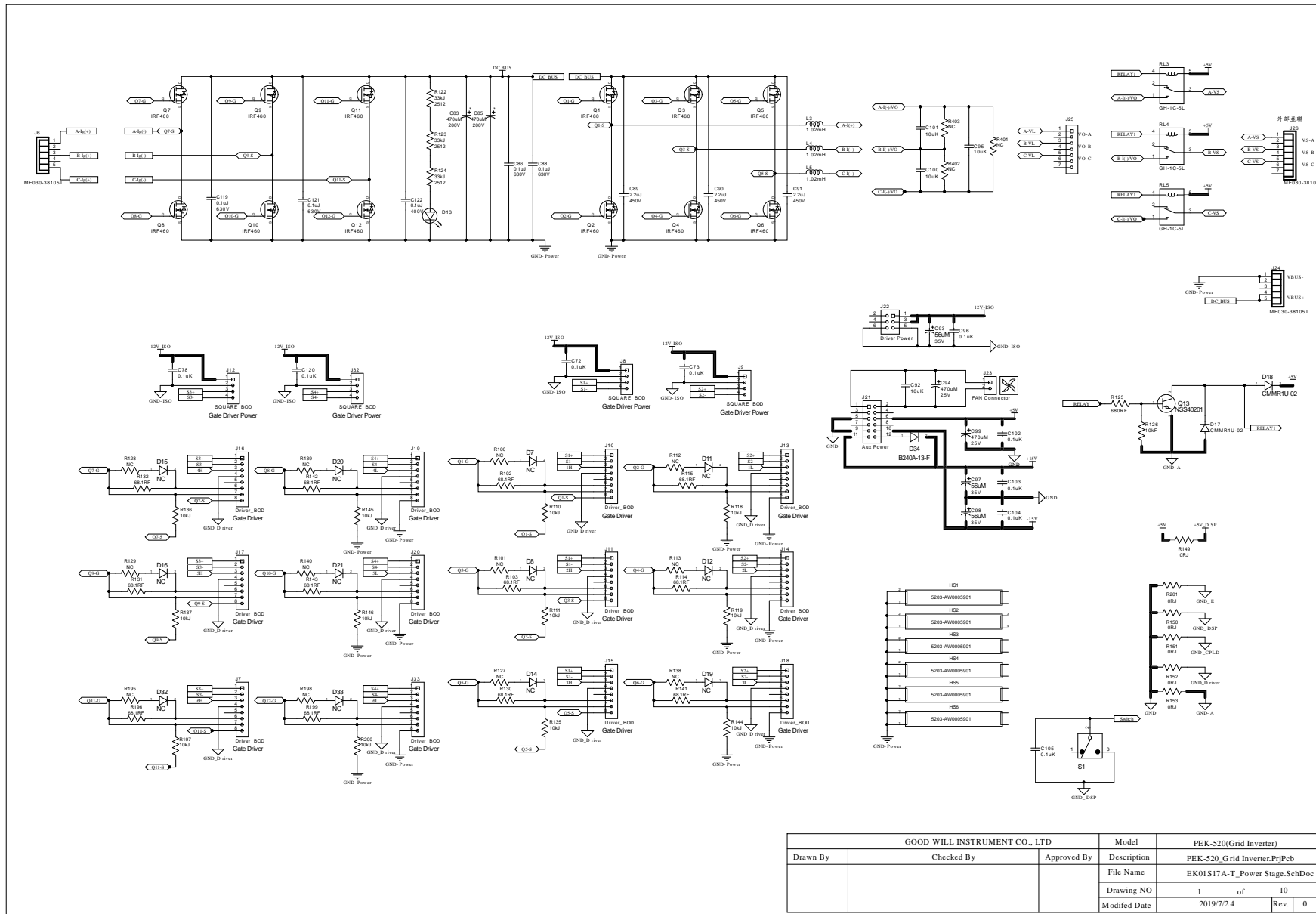


GOOD WILL INSTRUMENT CO., LTD			Model	PEK-520
Drawn By	Checked By	Approved By	Description	EK01P16A-T-Wind Emulator.PrjPcb
			File Name	EK01P16A-T-output_voltage_sensor.SchDoc
			Drawing NO	5 of 6
			Modified Date	2019/7/16 Rev. A-T

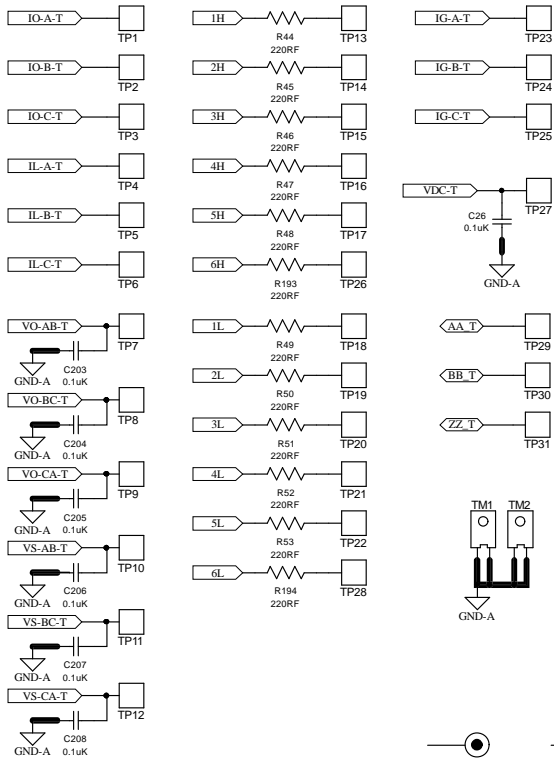
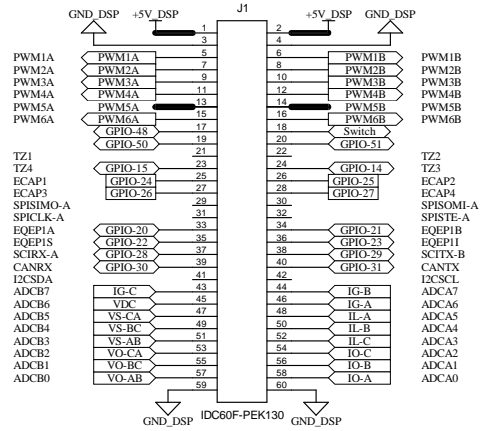


GOOD WILL INSTRUMENT CO., LTD			Model	PEK-520	
Drawn By	Checked By	Approved By	Description	EK01P16A-T-Wind Emulator.PrjPcb	
			Drawing NO	6	of 6
			File Name	EK01P16A-T-current_sensor.SchDoc	
			Modified Date	2019/7/16	Rev. A-T

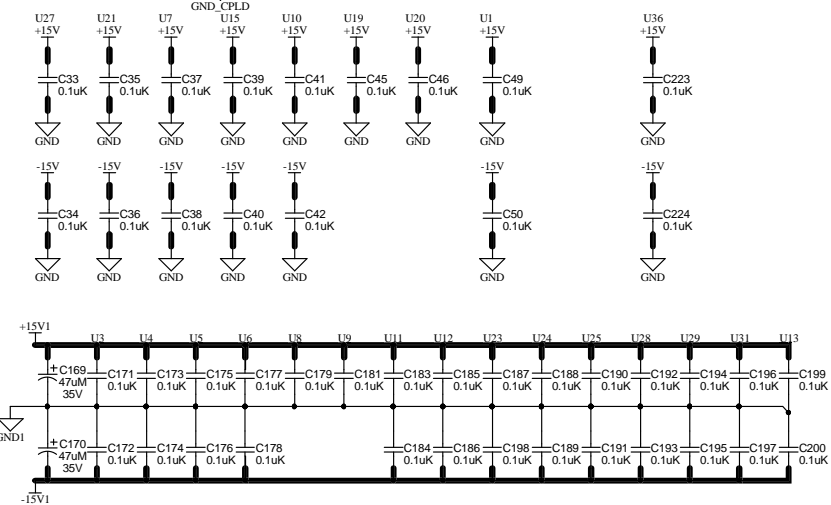
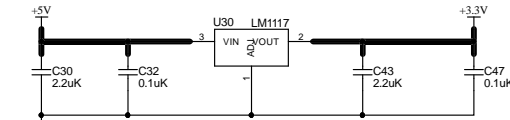
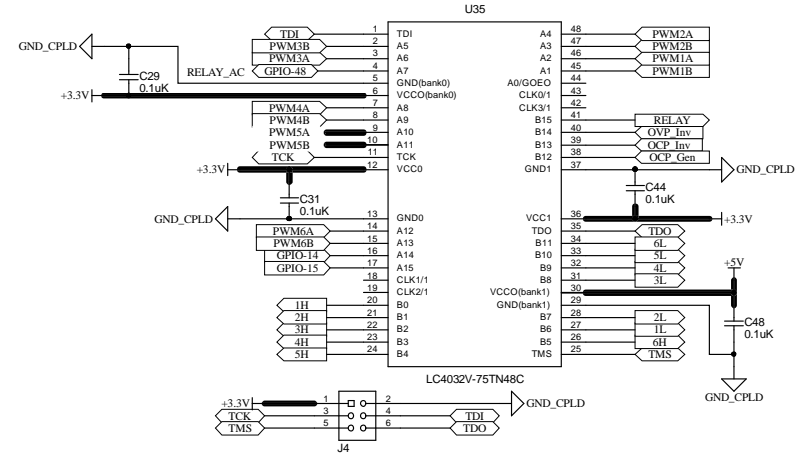
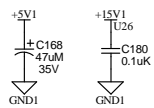
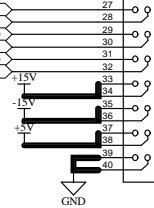
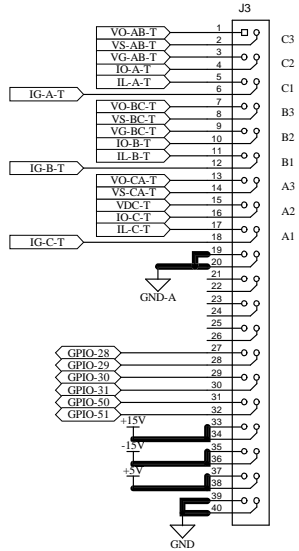
# Grid Inverter



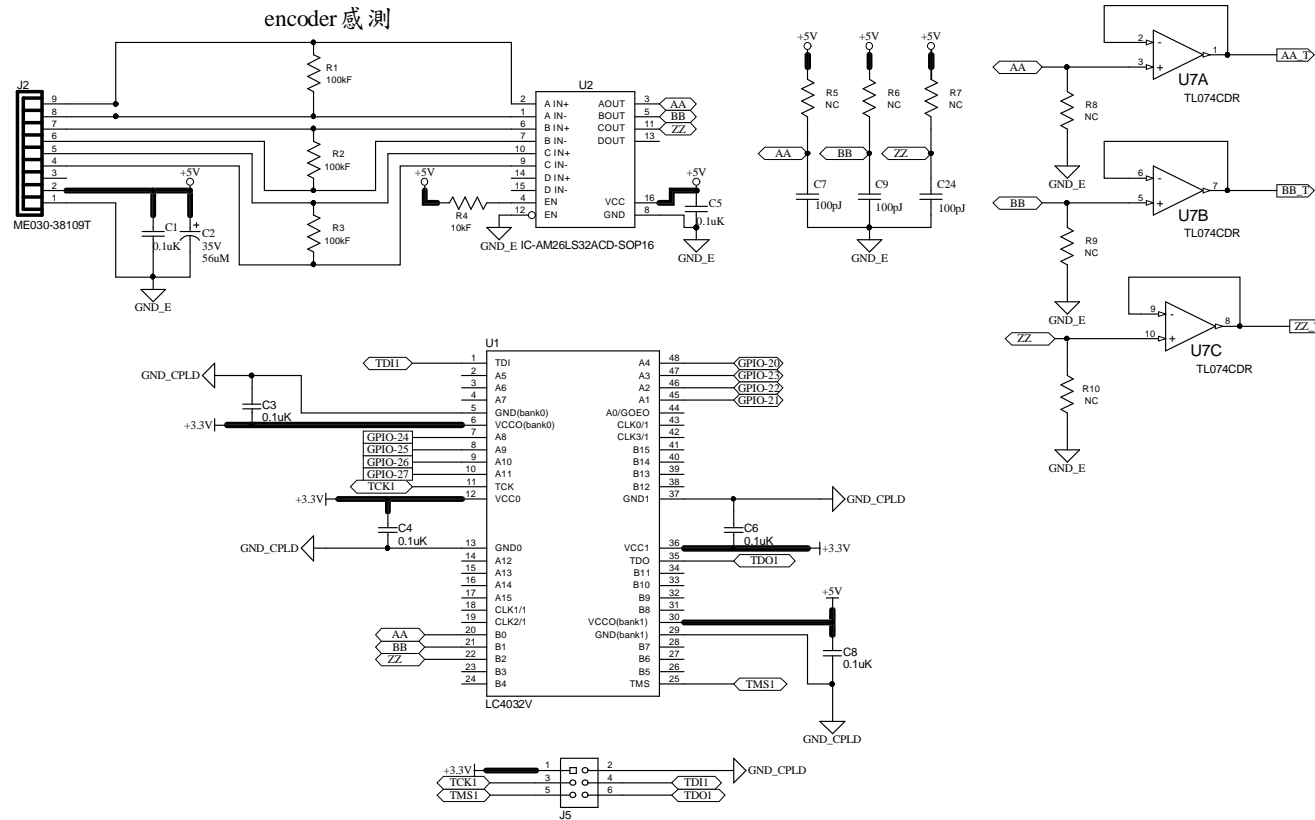
GOOD WILL INSTRUMENT CO., LTD			Model	PEK-520(Grid Inverter)	
Drawn By	Checked By	Approved By	Description	PEK-520_Grid Inverter.PrjPcb	
			File Name	EK01S17A-T_Power Stage.SchDoc	
			Drawing NO	1	of 10
			Modified Date	2019/7/24	Rev. 0



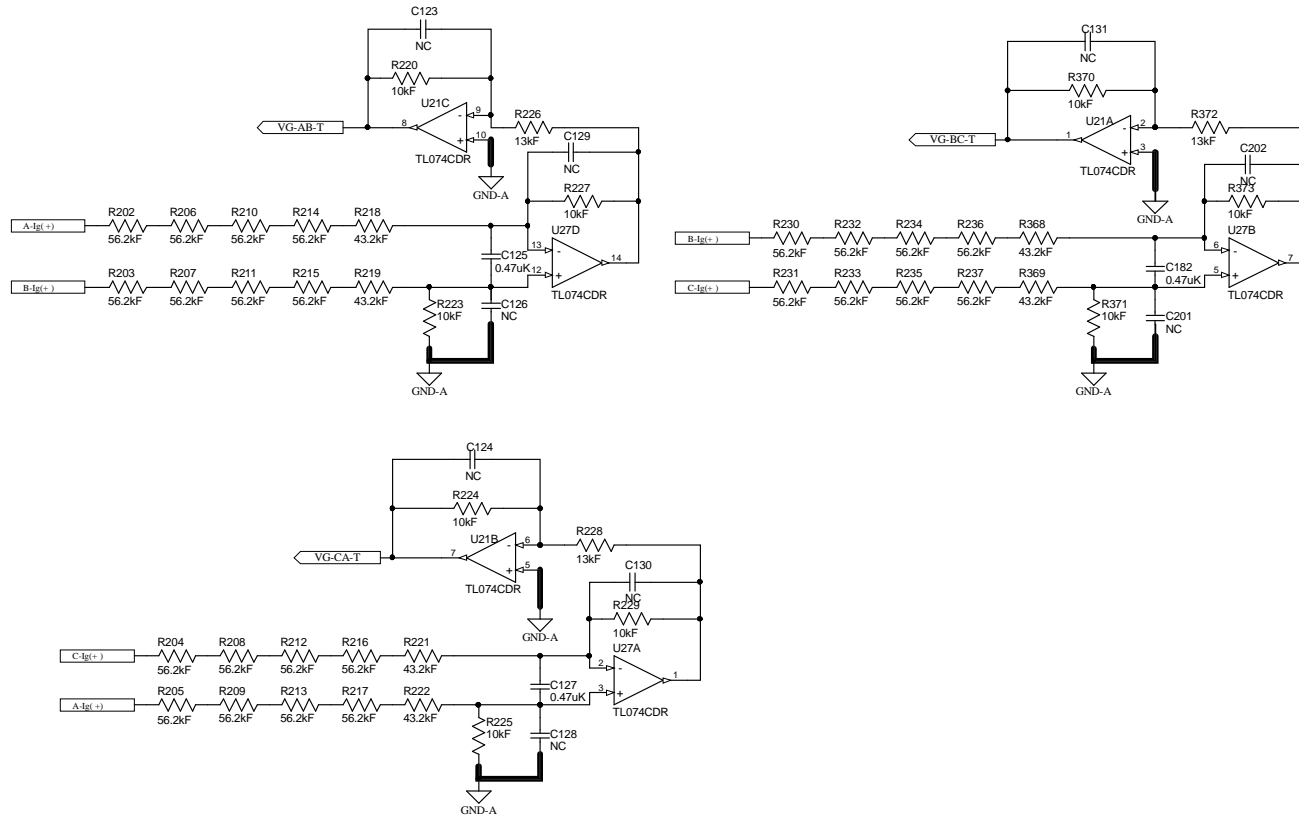
TP13-22 GND TP23-28 GND TP1-12



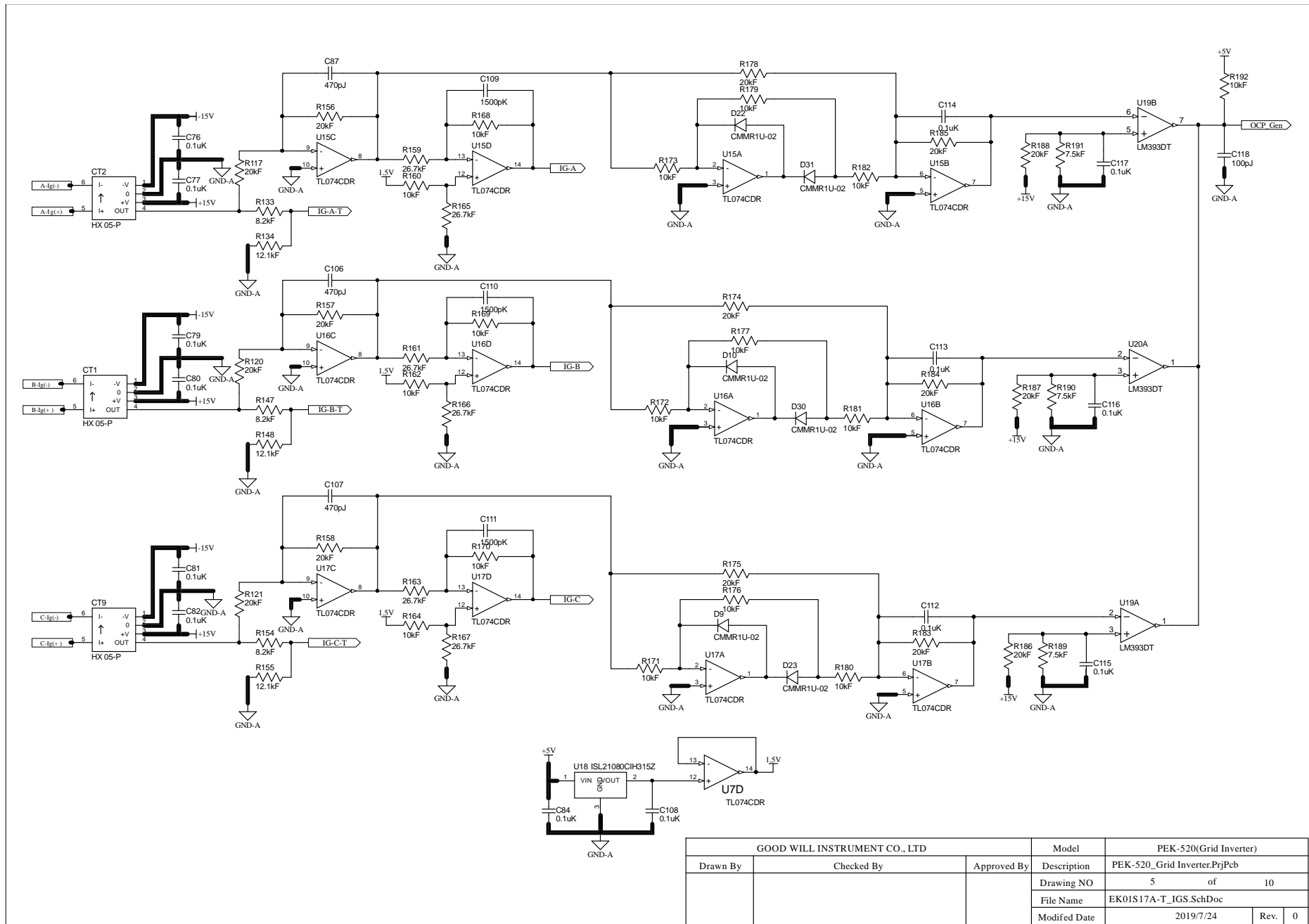
GOOD WILL INSTRUMENT CO., LTD			Model	PEK-520(Grid Inverter)	
Drawn By	Checked By	Approved By	Description	PEK-520_Grid Inverter.PrjPcb	
			Drawing NO	2 of 10	
			File Name	EK01S17A-T_Interface.SchDoc	
			Modified Date	2019/7/24	Rev. 0



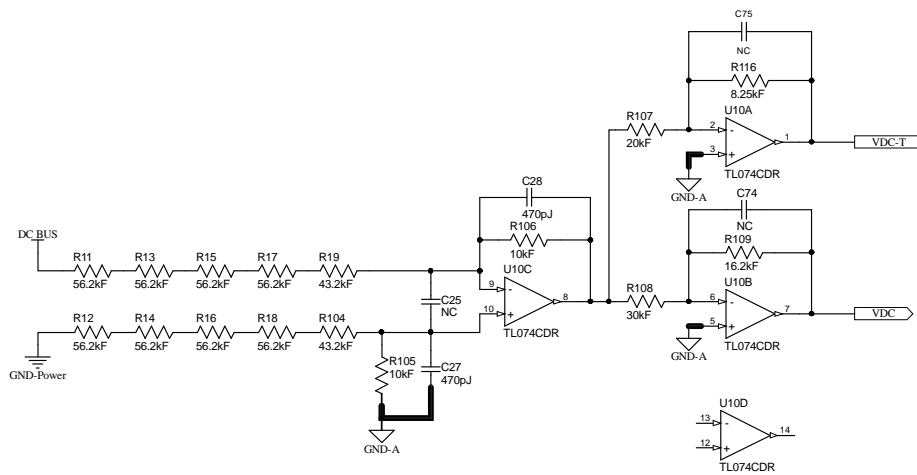
GOOD WILL INSTRUMENT CO., LTD			Model	PEK-520(Grid Inverter)	
Drawn By	Checked By	Approved By	Description	PEK-520_Grid Inverter.PrjPcb	
			Drawing NO	3	of 10
			File Name	EK01S17A-T_Encoder.SchDoc	
			Modified Date	2019/7/24	Rev. *



GOOD WILL INSTRUMENT CO., LTD			Model	PEK-520(Grid Inverter)	
Drawn By	Checked By	Approved By	Description	PEK-520_Grid Inverter.PrjPcb	
			Drawing NO	4	of 10
			File Name	EK01S17A-T_VIS.SchDoc	
			Modified Date	2019/7/24	Rev. 0

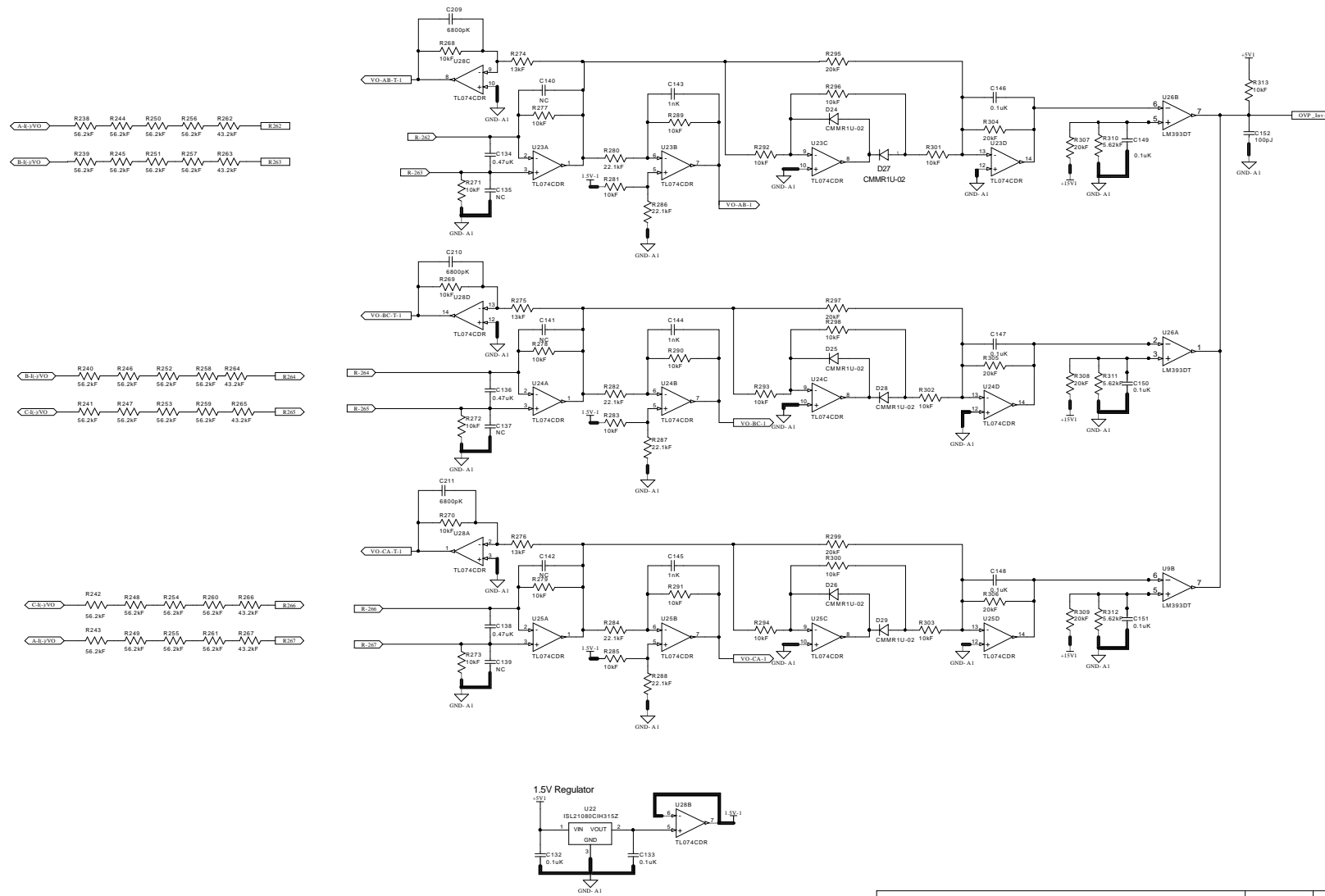


GOOD WILL INSTRUMENT CO., LTD			Model	PEK-520(Grid Inverter)	
Drawn By	Checked By	Approved By	Description	PEK-520_Grid Inverter.PrjPcb	
			Drawing NO	5	of 10
			File Name	EK01S17A-T_IGS.SchDoc	
			Modified Date	2019/7/24	Rev. 0

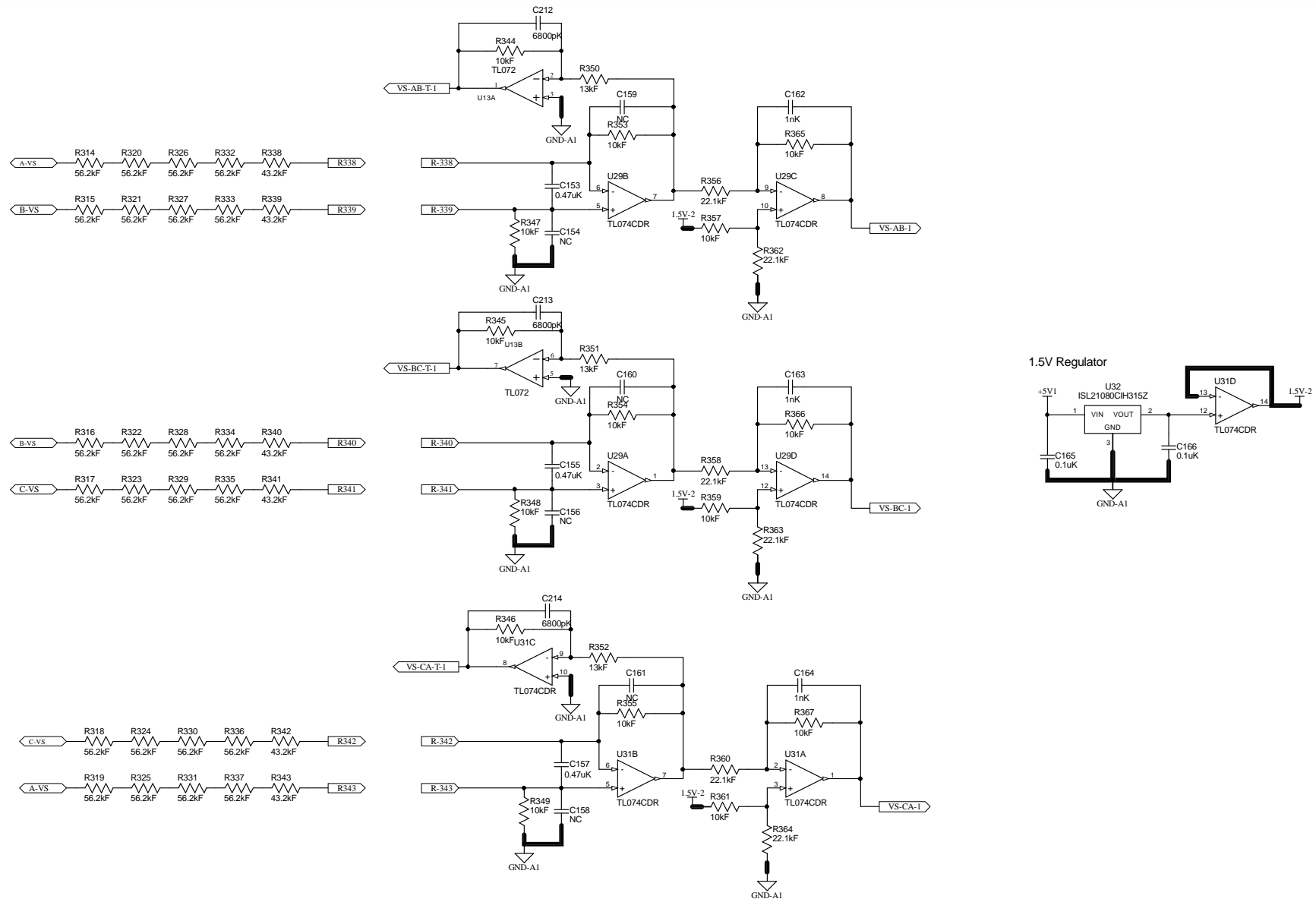


GOOD WILL INSTRUMENT CO., LTD			Model	*	
Drawn By	Checked By	Approved By	Description	PEK-520_Grid Inverter.PrjPcb	
			Drawing NO	6	of 10
			File Name	EK01S17A-T_VBS.SchDoc	
			Modified Date	2019/7/24	Rev. *

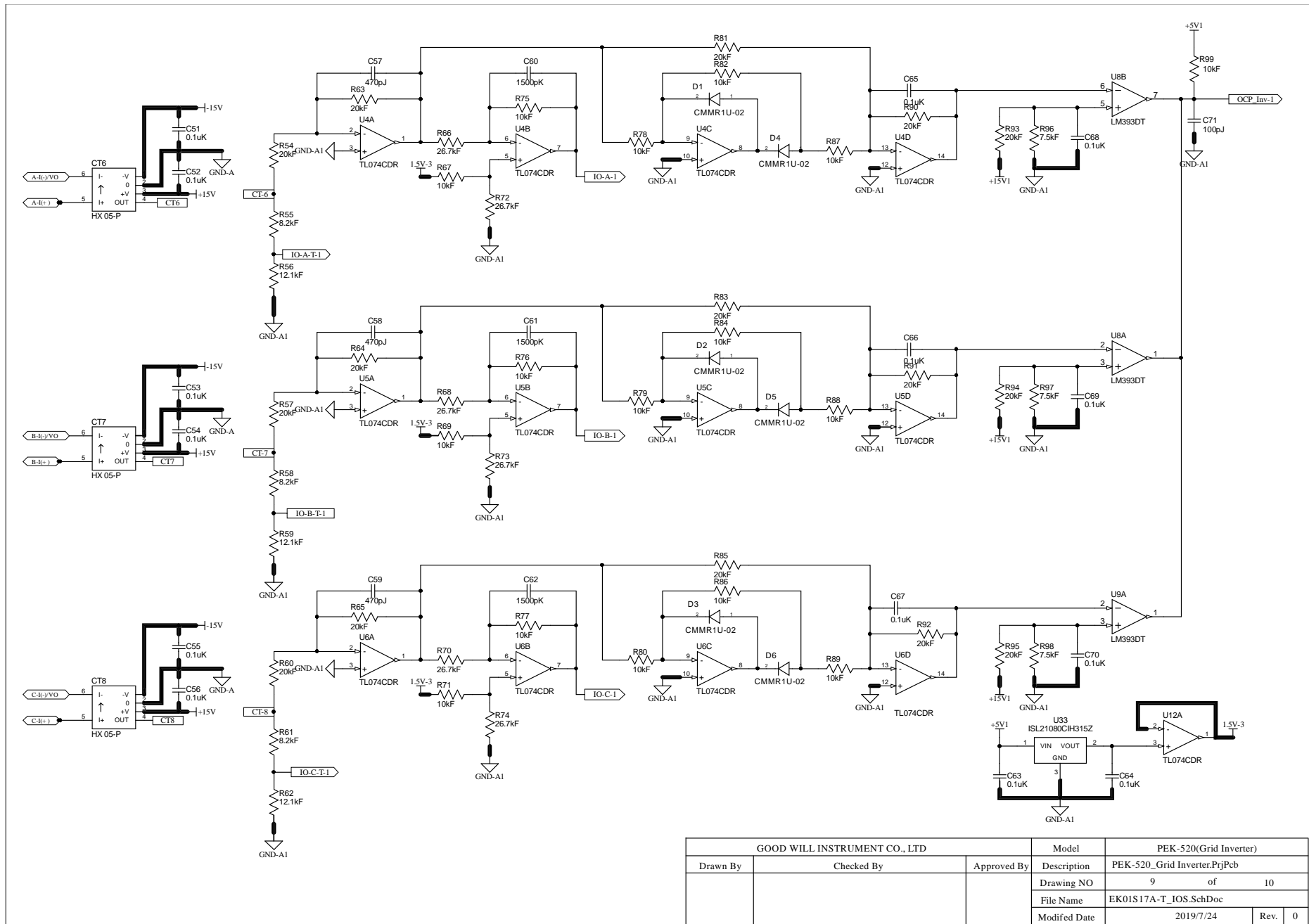




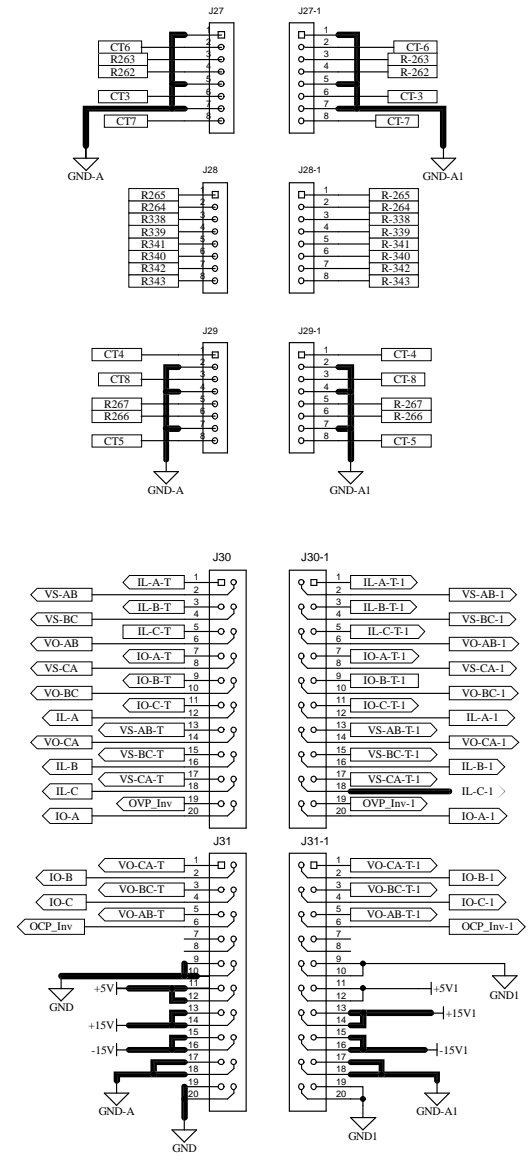
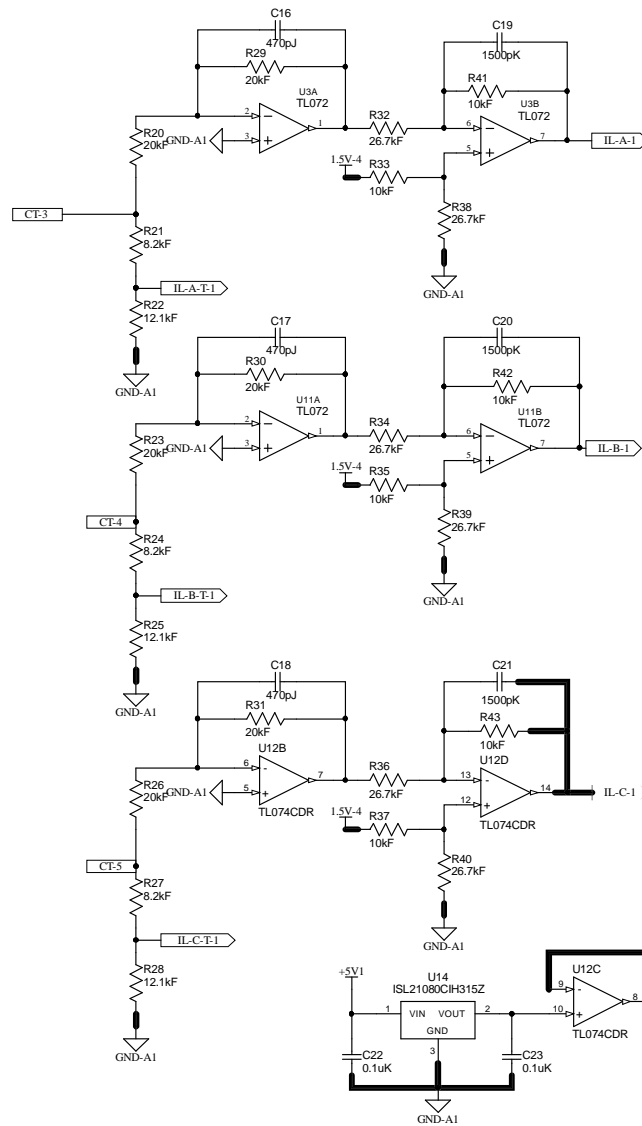
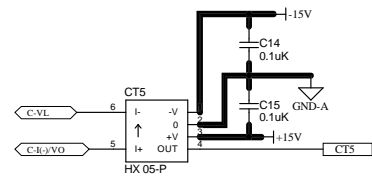
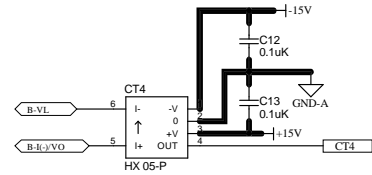
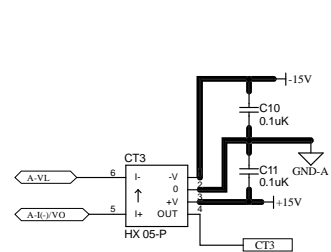
GOOD WILL INSTRUMENT CO., LTD			Model	PEK-520(Grid Inverter)	
Drawn By	Checked By	Approved By	Description	PEK-520_Grid Inverter.PrjPcb	
			File Name	EK01S17A-T_VOS.SchDoc	
			Drawing NO	7	of 10
			Modified Date	2019/7/24	Rev. 0



GOOD WILL INSTRUMENT CO., LTD			Model	PEK-520(Grid Inverter)	
Drawn By	Checked By	Approved By	Description	PEK-520_Grid Inverter.PrjPcb	
			Drawing NO	8	of 10
			File Name	EK01S17A-T_VSS.SchDoc	
			Modified Date	2019/7/24	Rev. 0

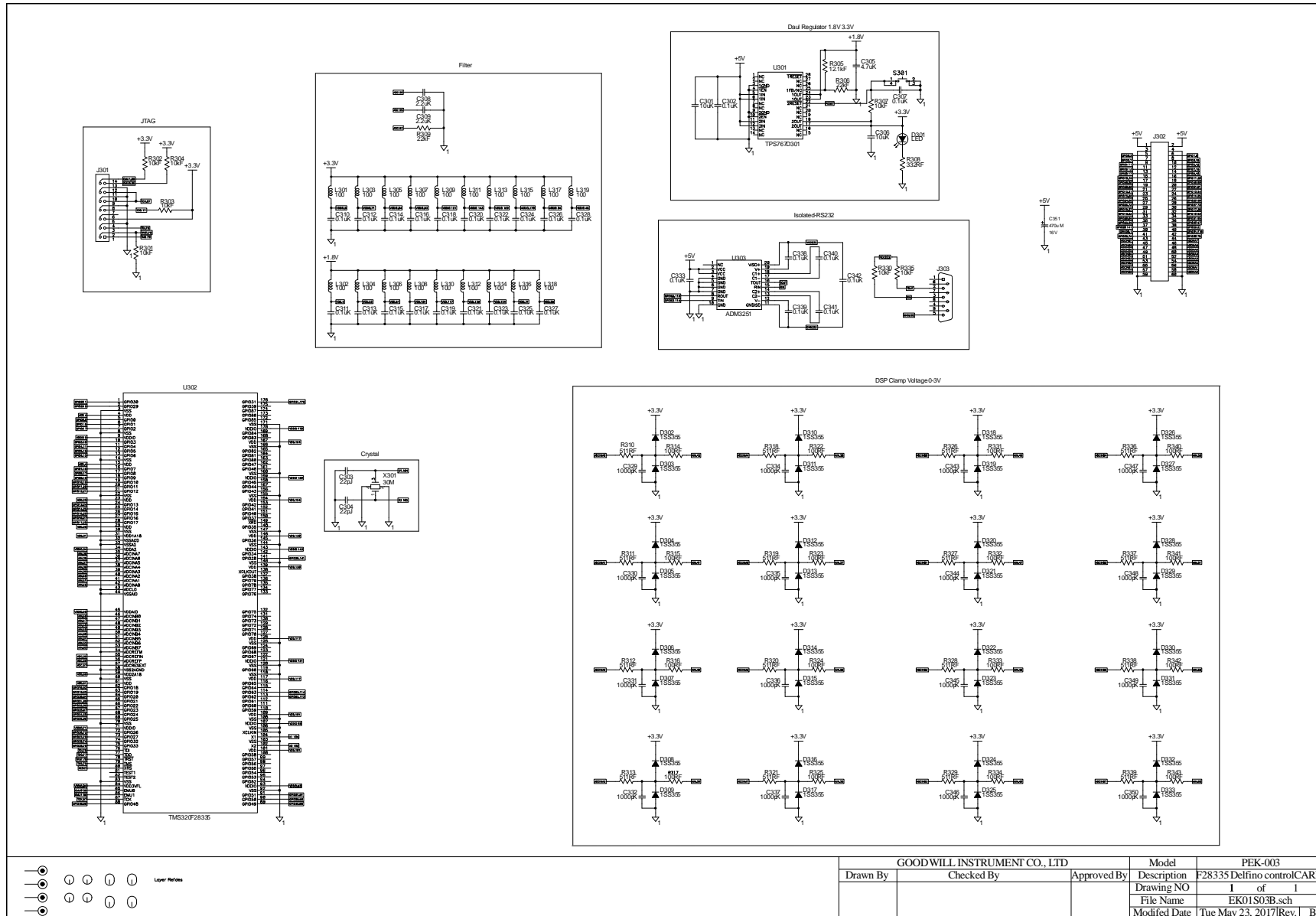


GOOD WILL INSTRUMENT CO., LTD			Model	PEK-520(Grid Inverter)	
Drawn By	Checked By	Approved By	Description	PEK-520_Grid Inverter.PrjPcb	
			Drawing NO	9	of 10
			File Name	EK01S17A-T_IOS.SchDoc	
			Modified Date	2019/7/24	Rev. 0

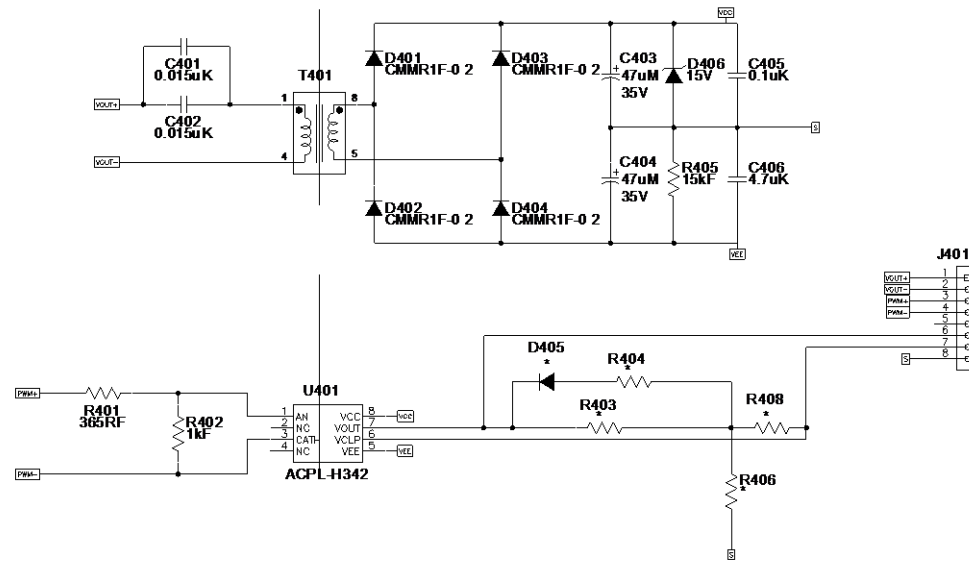


GOOD WILL INSTRUMENT CO., LTD			Model	PEK-520(Grid Inverter)	
Drawn By	Checked By	Approved By	Description	PEK-520_Grid Inverter.PrjPcb	
			Drawing NO	10	of 10
			File Name	EK01S17A-T_ILS.SchDoc	
			Modified Date	2019/7/24	Rev. 0

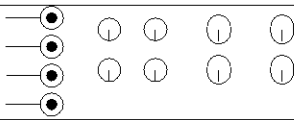
# F28335 Delfino control CARD



Gate Driver

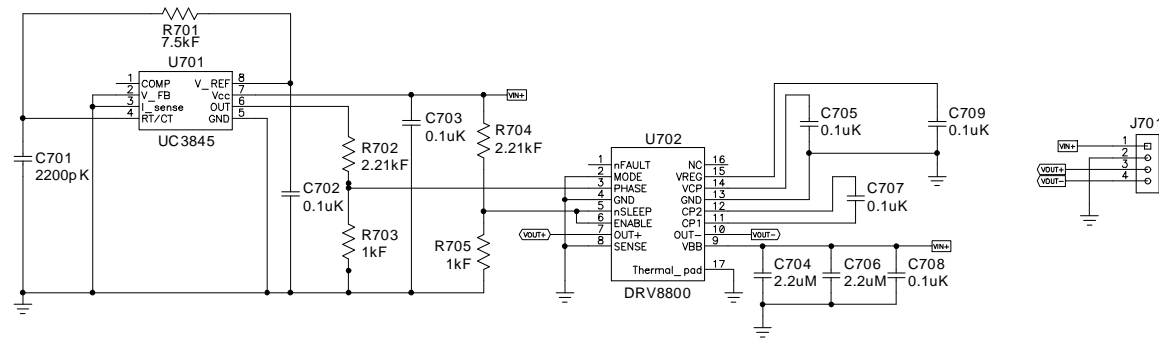


Layer Refdes

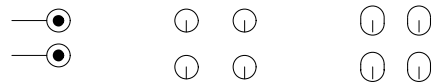


GOOD WILL INSTRUMENT CO., LTD			Model	PEK-004
Drawn By	Checked By	Approved By	Description	Gate Driver
			Drawing NO	1 of 1
			File Name	EK01S04B.sch
			Modified Date	Fri May 19, 2017 Rev. B

Gate Driver Power



Layer Refdes



GOOD WILL INSTRUMENT CO., LTD

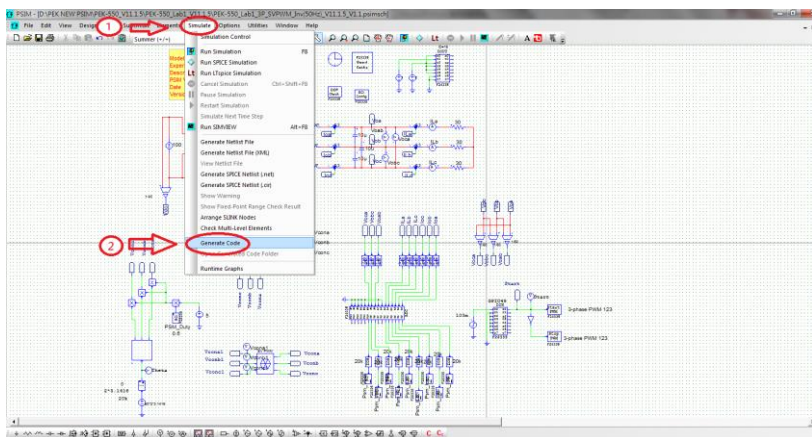
Model	PEK-100
Description	Gate Driver Power
Drawing NO	1 of 1
File Name	EK01S07A.sch
Modified Date	Mon Mar 09, 2015 Rev. A

# 附錄 B C code 燒錄流程

本附錄以“PEK-550\_Lab1\_3P\_SVPWM\_Inv(50Hz)\_V11.1.5\_V1.1”為例進行操作說明，步驟如下。

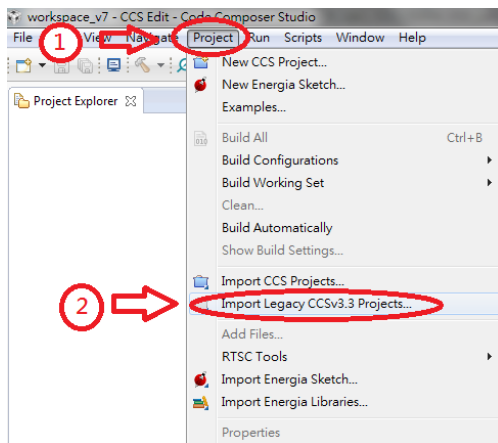
## 操作步驟

1. 在 PSIM 程式中開啟數位電路檔案“PEK-550\_Lab1\_3P\_SVPWM\_Inv(50Hz)\_V11.1.5\_V1.1”，在“Simulate”下擊點“Generate Code”，PSIM 會自動生成 C Code，如下圖。

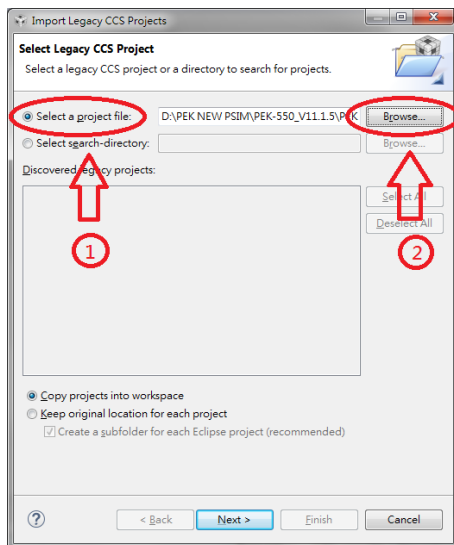


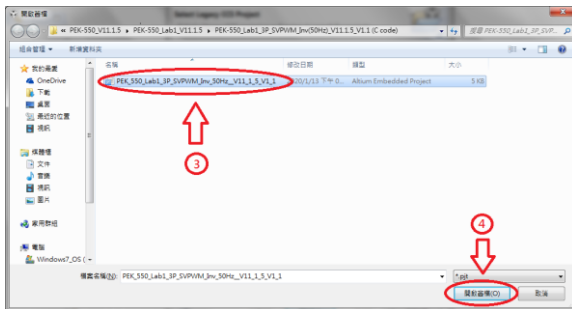




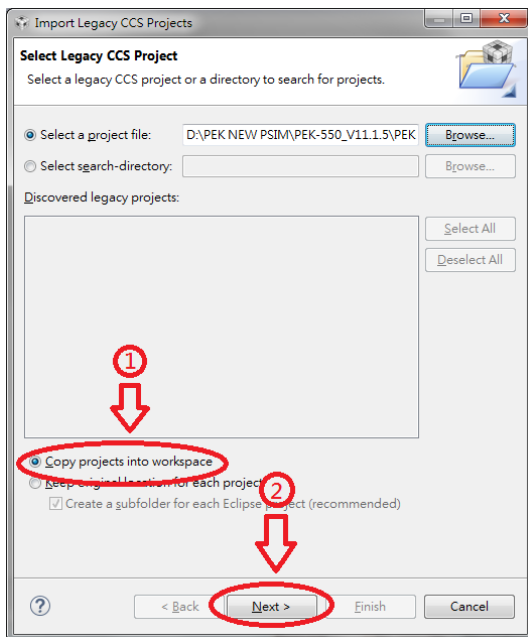


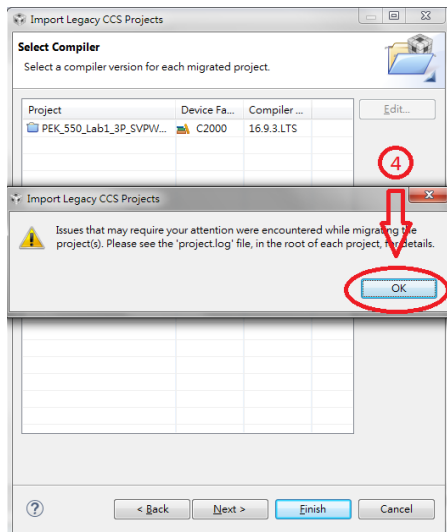
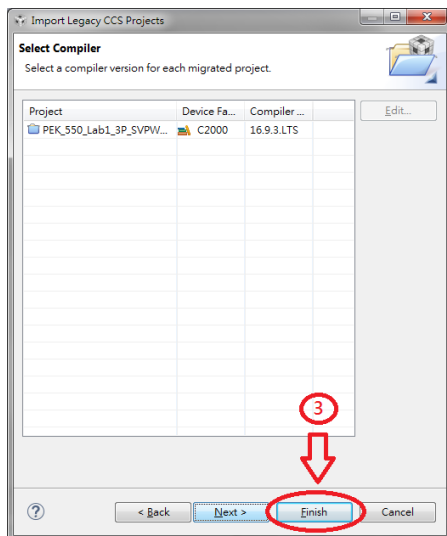
4. 在“Select a project file”中，擊點“Browse”，尋找 C Code 所在的資料夾並選取副檔名為.pjt 的檔案，如下圖。



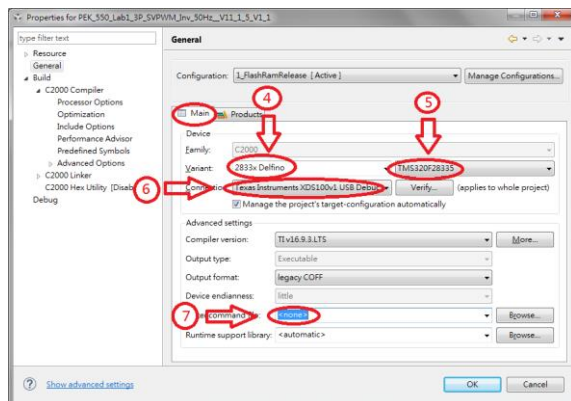
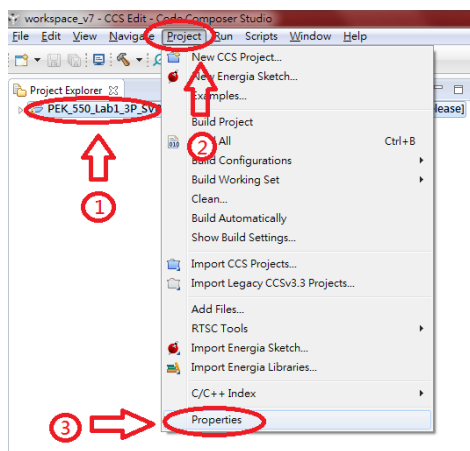


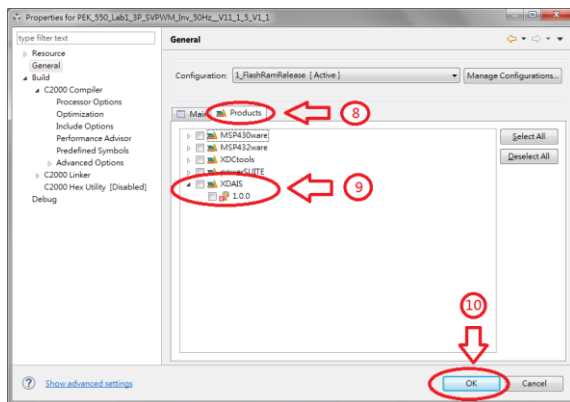
5. 選擇“Copy projects into workspace”後，擊點“Next”後，再擊點“Finish”，即可將 C Code 導入到 CCS 程式中，如下圖。



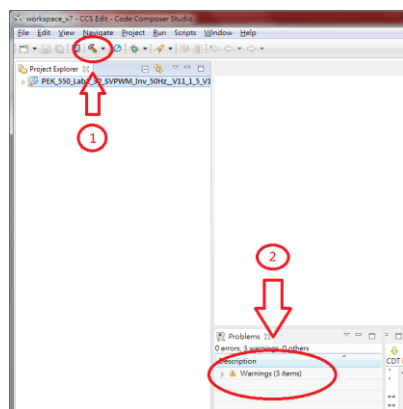


6. 選擇 C Code 檔案後，在 "Project" 下選擇 "Properties"，設定如下：
  - (1) 在 Main 中 Variant 選取 "2833X Delfino 中的 TMS320F28335"
  - (2) 在 Main 中 Connection 選取 "Texas Instruments XDS100v1 USB Debug Probe"
  - (3) 在 Main 中 Linker command file 選取 "none"
  - (4) 在 Products 中將 XDAIS 取消選擇 (如果你的 CCS 版本無此選項，則不須理會)



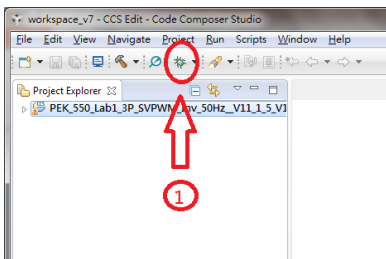


- 設定完畢後，擊點“Build”，進行編譯。編譯結束，如無 Errors，代表此程式可進行燒錄，Warnings 不影響燒錄，可忽略。

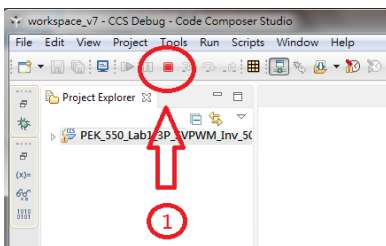


- 將 PEK-006 分別連接到 PC 與 PEK 模塊上，之後擊點“Debug”，進行燒錄。

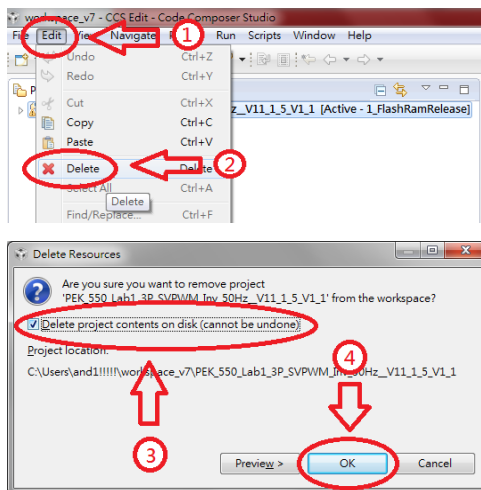




9. 燒錄結束後，擊點“Terminate”，並移除 PEK-006，如此即完成燒錄程序。



10. 如需刪除檔案，選取 C Code 檔案後，在“Edit”下選擇“Delete”，勾選“Delete project contents on disk”後，擊點“OK”後完成。





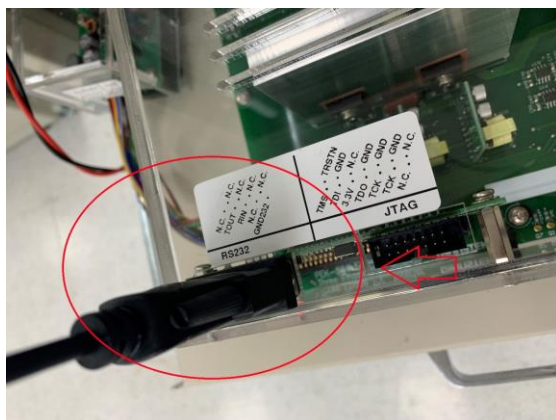
# 附錄 C RS232 連線

## 操作步驟

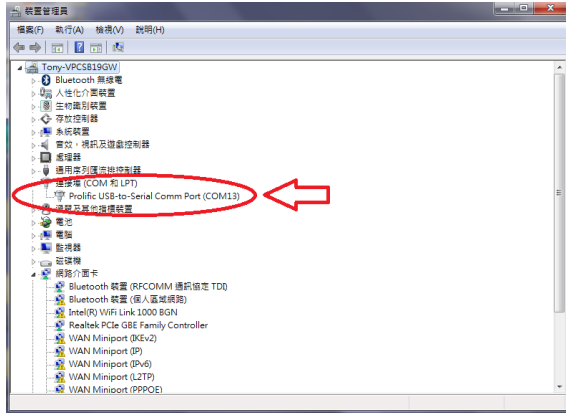
1. 將 PEK-005A 接至 PEK 模塊，確保 DSP 工作狀態正常。



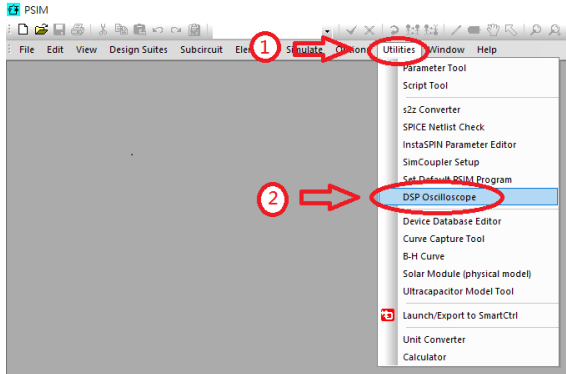
2. 將 RS232 一端連接至電腦 PC，另一端接到 PEK 的 RS232 端口。



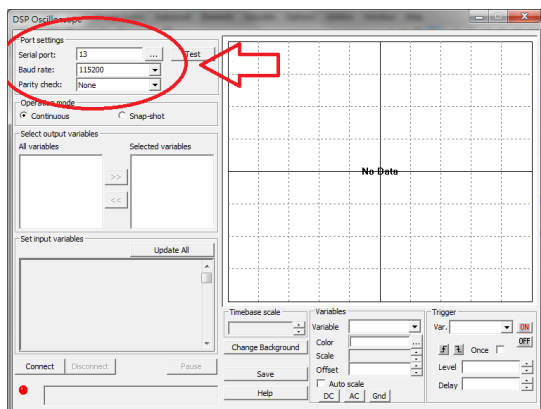
3. 開啟電腦的裝置管理員，確認 RS232 所使用的連接埠(COM)位置。



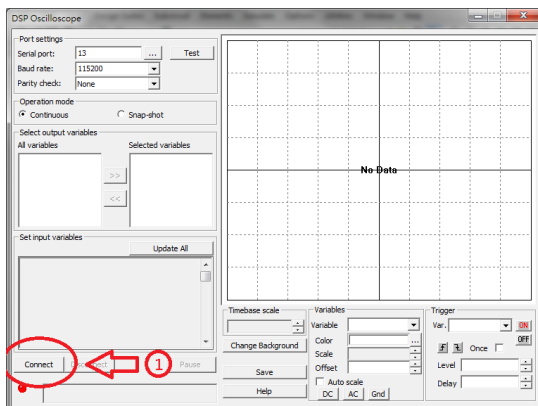
4. 開啟 PSIM 程式，點選上方選單 Utilities 中 DSP Oscilloscope 選項。



5. Port settings 的設定如下:
  - (1) Serial port 選取 RS232 所使用的連接埠 (COM)位置。
  - (2) Baud rate 設定為 115200。
  - (3) Parity check 設定為 None。



6. 設定完成後點選 Connect 進行 RS232 連線。



7. 正確連線後，即可看到 PSIM 電路內所規劃的 output variables 與 input variables。

