

出國報告書（出國類別：其他）

空調通勤電聯車 296 輛 購車案第 2 批出國專業訓練

服務機關：臺灣鐵路管理局

姓名職稱：幫工程司 李幸座

檢查主任 陳慶章

工務員 林裕盛

工務員 吳偉達

工務員 陳東平

助理工務員 施清雲

助理工務員 黃欣南

派赴國家：日本

出國期間：103 年 5 月 20 至 103 年 6 月 6 日

報告日期：103 年 8 月

公務出國報告摘要

報告名稱	空調通勤電聯車 296 輛購車案第 2 批出國專業訓練
主辦機關	交通部臺灣鐵路管理局
聯絡人/電話	李幸座/025-316,320
出國人員	檢查主任 陳慶章 工務員 林裕盛 工務員 吳偉達 工務員 陳東平 助理工務員 施清雲 助理工務員 黃欣南
出國類別	其他
出國地區	日本
出國期間	民國 103 年 5 月 20 日至民國 103 年 6 月 6 日
報告日期	民國 103 年 8 月 18 日
分類號/目	H4/鐵路/
摘要	空調通勤電聯車 296 輛購車案為本局日前採購之最新車種，為確保車輛品質、行車安全及日後之維修保養，故派出兩梯次共十四人赴日本由車輛製造商台灣車輛公司與日本車輛公司進行教育訓練。 課程範圍包含：軀機系統及 BECU 工作原理、主變壓器系統及架構、高電壓變壓器之組裝、齒輪箱、動力車輪組裝、牽引馬達、靜態變流器、TCMS 架構、系統下載說明。報告內包含部分的設計原理、保養流程、電腦化測試機台、以及組裝工廠與保養工廠的參觀。

目 次

第壹章. 出國依據及目的	11
第 1 節、 出國依據	11
第 2 節、 維修訓練目的	11
第 3 節、 訓練日程表	11
第貳章. 專題報告	13
第 1 節、 Nabtesco-軔機課程	13
第 (一) 項、 縮寫表	13
第 (二) 項、 軔機系統概要	13
第 1、 常用軔機系統	15
第 2、 緊急軔機系統	15
第 3、 暫停軔機系統	16
第 4、 停留軔機系統	16
第 5、 車輪防滑保護系統	17
第 (三) 項、 軔機設備	17
第 1、 軔機操作裝置	17
第 2、 軔機電子控制裝置(BECU)	20
第 3、 車輪防滑保護設備	27
第 4、 基本軔機裝置	29
第 5、 司軔閥	29
第 (四) 項、 供氣系統	29
第 1、 螺旋式交流馬達驅動空壓機及乾燥裝置單元	29
第 (五) 項、 現場見習	32
第 2 節、 東芝-主變壓器課程	34
第 (一) 項、 主變壓器編組構成	34
第 (二) 項、 主變壓器構造簡介	34
第 1、 主變壓器系統外觀	34
第 2、 原理：	35
第 (三) 項、 主電路	35
第 1、 主電路圖	36
第 2、 變壓器規格	36
第 (四) 項、 主要特徵	37
第 1、 外鐵式	37

第 2、 無壓密封方式	38
第 3、 FORM-FIT 構造	38
第 4、 送油風冷方式	39
第 5、 保護測量器	39
第（五）項、 主變壓器構造：	40
第 1、 內部構造	40
第 2、 電纜頭	41
第 3、 低壓端子	41
第 4、 油冷卻器	42
第 5、 電動油泵	42
第 6、 電動鼓風機	43
第 7、 油流繼電器	43
第 8、 溫度繼電器	44
第 9、 釋壓閥	44
第 10、 儲油槽	45
第 11、 油液位計	46
第 12、 過濾呼吸器	46
第 13、 排油閥	47
第 14、 真空閥	47
第 15、 可撓式配管	48
第 16、 可撓式風管	48
第 17、 防震橡膠	49
第（六）項、 主變壓器的保養檢修	50
第 1、 注意事項	50
第 2、 電纜頭：主變壓器的一次側端子。	50
第 3、 釋壓閥	51
第 4、 電動油泵	51
第 5、 油流繼電器	52
第 6、 真空閥	52
第 7、 合格判斷基準：	52
第 8、 過濾器、呼吸器	53
第 9、 油液位計	53
第 10、 低壓端子	54
第 11、 可撓式風管	54
第 12、 油冷卻器	55
第 13、 馬達與馬達接線盒	55
第 14、 儲油槽的作用特徵(無壓密封方式)	55
第 15、 點檢的週期與項目-1	56
第 16、 點檢的週期與項目-2	57
第 17、 點檢的週期與項目-3	58
第（七）項、 主變壓器的放油、注油方法	59

第 1、放油方法	59
第 2、注油方法	59
第 3、注意事項	62
第 3 節、東洋-齒輪裝置以及齒輪連結器課程	63
第（一）項、齒輪箱介紹及維修保養說明	63
第 1、齒輪裝置總成	63
第 2、構造及功能	63
第 3、保養	66
第 4、檢查要領	67
第（二）項、齒輪箱特殊工具之使用方法與步驟	71
第 1、齒輪箱	71
第 2、小齒輪周圍	72
第（三）項、齒輪箱安裝步驟	74
第 1、齒輪箱安裝	74
第（四）項、大齒輪軸承之間隙量測與調整	76
第（五）項、東洋工廠參觀紀錄	77
第 1、車輪壓入示範	77
第 2、齒輪箱側撓性聯軸器安裝示範	82
第 3、動輪組旋轉試驗	85
第 4 節、東芝-C/I、牽引馬達、SIV、TCMS 課程	88
第（一）項、感應馬達	88
第（二）項、使用 VVVF 變流器的感應馬達控制系統	89
第 1、感應馬達之轉矩特性	89
第 2、變流器操作原則	94
第 3、VVVF 變流器向量控制	104
第（三）項、整流器原則	109
第 1、概述	109
第 2、PWM 整流器控制方塊圖	109
第 3、以濾波器把交流轉成直流電源之轉換	110
第 4、交流電源以 PWM 整流器轉換為直流電源	111
第（四）項、IGBT（絕緣閘雙極電晶體）	120
第 1、IGBT 的基本結構和操作	120
第 2、TRA EMU800 列車 IGBT 的最大額定值	121
第 3、IGBT、GTO 晶閘管之比較	121
第（五）項、驅動電路規範	123
第 1、概要	123
第 2、主整流器規範	124
第（六）項、靜式變流器〈SIV〉	127
第 1、靜式變流器規格概要	127

第 2、 運作原理	127
第 3、 運作說明	130
第（七）項、 列車控制及管理系統〈TCMS〉	133
第 1、 TCMS 簡介.....	133
第 2、 TCMS 列車情報顯示.....	134
第 3、 TCMS 故障偵測.....	136
第 4、 TCMS 記錄規範.....	137
第參章. 心得及建議事項	140

表格目錄

表格 1.1 英文縮寫表.....	13
表格 1.2 供氣系統規格表.....	30
表格 2.1 變壓器規格表.....	36
表格 2.2 檢測合格判斷基準表.....	52
表格 2.3 點檢週期與項目列表 1.....	56
表格 2.4 點檢週期與項目列表 2.....	57
表格 2.5 點檢週期與項目列表 3.....	58
表格 3.1 需定期更換零件表.....	66
表格 3.2 超限更換零件表.....	66
表格 3.3 耗材零件表.....	66
表格 3.4 墊片一覽表.....	67
表格 3.5 保養週期表.....	67
表格 4.1 IGBT 的最大額定值	121
表格 4.2 IGBT 與 GTO 晶閘管特性比較表(1/2)	121
表格 4.3 IGBT 與 GTO 晶閘管特性比較表(2/2)	122
表格 4.4 TCMS 系統設備配置表.....	133
表格 4.5 DDU 故障碼優先顯示等級表.....	137
表格 4.6 TCMS 資料格式規範.....	137
表格 4.7 能以 PTE 進行確認之記錄資料	139

圖片目錄

圖 1.2 常用軔機系統方塊圖.....	15
圖 1.3 緊急軔機系統方塊圖.....	16
圖 1.4 防滑控制系統方塊圖.....	17
圖 1.5 軔機操作裝置內部空氣通道.....	20
圖 1.6 可變負荷功能方塊圖(僅適用 M 車)	21
圖 1.7 一般軔機力配置範例.....	21
圖 1.8 一般軔機力配置範例.....	23
圖 1.9 一般軔機力配置範例.....	23
圖 1.10 典型的急動控制範例.....	23
圖 1.11 顯示典型的車輪防滑保護系統範例.....	25
圖 1.12 收錄資料(摘錄)之表示範例.....	26
圖 1.13 防滑控制設備的內部空氣通道與接線圖.....	27
圖 1.14 防滑控制系統方塊圖.....	28
圖 1.15 空壓機裝置的內部空氣通徑.....	31
圖 1.16 主風泵配件剖視圖.....	32
圖 1.17 BECU 電子控制元件.....	32

圖 1.18 BC 基礎裝置總成	33
圖 2.1 車組編列示意圖	34
圖 2.2 設備位置示意圖	34
圖 2.3 主變壓器外觀圖	34
圖 2.4 變壓器工作原理示意圖	35
圖 2.5 電聯車電路分配示意圖	35
圖 2.6 變壓器主電路圖	36
圖 2.7 變壓器特徵形式示意圖	37
圖 2.8 儲油槽作用示意圖	38
圖 2.9 FORM-FIT 構造示意圖	38
圖 2.10 送油風冷工作示意圖	39
圖 2.11 主變壓器前後外觀圖	40
圖 2.12 主變壓器構造對照圖	40
圖 2.13 電纜頭外觀圖	41
圖 2.14 低壓端子連結方式與構造圖	41
圖 2.15 油冷卻器外觀與工作原理示意圖	42
圖 2.16 電動幫浦外觀與構造圖	42
圖 2.17 電動鼓風機外觀與構造圖	43
圖 2.18 油流繼電器外觀與構造圖	43
圖 2.19 溫度繼電器外觀與構造圖	44
圖 2.20 釋壓閥外觀與構造圖	44
圖 2.21 儲油槽外觀與構造圖	45
圖 2.22 油液位計外觀圖	46
圖 2.23 過濾呼吸器外觀與構造圖	46
圖 2.24 排油閥外觀圖	47
圖 2.25 真空閥外觀與構造圖	47
圖 2.26 可撓式配管圖	48
圖 2.27 可撓式風管圖	48
圖 2.28 防震橡膠外觀與構造圖	49
圖 2.29 主變壓器電纜頭連接圖	50
圖 2.30 主變壓器阻抗示意圖	50
圖 2.31 釋壓閥檢查重點示意圖	51
圖 2.32 電動幫浦外觀與構造圖	51
圖 2.33 油流繼電器圖	52
圖 2.34 真空閥與排油閥外觀圖	52
圖 2.35 過濾器外觀與構造圖	53
圖 2.36 油液位計外觀圖	53
圖 2.37 低壓端子構造圖	54
圖 2.38 油冷卻器外觀圖	54
圖 2.39 油冷卻器圖	55
圖 2.40 馬達外觀與構造圖	55

圖 2.41 儲油槽工作示意圖.....	56
圖 2.42 放油流程圖.....	59
圖 2.43 注油流程圖.....	59
圖 2.44 真空注油流程圖.....	60
圖 2.45 氮氣加壓作業示意圖.....	61
圖 2.46 油液位調整工作圖.....	62
圖 3.1 齒輪裝置分解圖.....	63
圖 3.2 齒輪蓋總成圖.....	64
圖 3.3 油面錶總成圖.....	65
圖 3.4 外觀檢查要領示意圖.....	69
圖 3.5 齒輪箱分解圖.....	71
圖 3.6 軸承蓋拆卸示意圖.....	72
圖 3.7 拆除馬達軸承內環工作示意圖.....	73
圖 3.8 軸承外環拆卸工作示意圖.....	73
圖 3.9 齒輪箱安裝步驟圖 1.....	74
圖 3.10 齒輪箱安裝步驟圖 2.....	74
圖 3.11 齒輪箱安裝步驟圖 3.....	75
圖 3.12 齒輪箱安裝步驟圖 4.....	75
圖 3.13 齒輪箱安裝步驟圖 5.....	76
圖 3.14 大齒輪軸承間隙量測工作圖.....	76
圖 3.15 車輪壓入步驟圖 1.....	77
圖 3.16 車輪壓入步驟圖 2.....	78
圖 3.17 車輪壓入步驟圖 3.....	78
圖 3.18 車輪壓入步驟圖 4.....	79
圖 3.19 車輪壓入步驟圖 5.....	79
圖 3.20 車輪壓入步驟圖 6.....	80
圖 3.21 車輪壓入步驟圖 4.....	80
圖 3.22 車輪壓入步驟圖 8.....	81
圖 3.23 車輪壓入步驟圖 9.....	81
圖 3.24 撓性聯軸器安裝步驟圖 1.....	82
圖 3.25 撓性聯軸器安裝步驟圖 2.....	82
圖 3.26 撓性聯軸器安裝步驟圖 3.....	83
圖 3.27 撓性聯軸器安裝步驟圖 4.....	83
圖 3.28 撓性聯軸器安裝步驟圖 5.....	84
圖 3.29 撓性聯軸器安裝步驟圖 6.....	84
圖 3.30 動輪組旋轉試驗步驟圖 1.....	85
圖 3.31 動輪組旋轉試驗步驟圖 2.....	85
圖 3.32 動輪組旋轉試驗步驟圖 3.....	86
圖 3.33 動輪組旋轉試驗步驟圖 4.....	86
圖 3.34 動輪組旋轉試驗步驟圖 5.....	87
圖 4.1 馬達構造圖.....	88

圖 4.2 馬達運作原理圖.....	89
圖 4.3 轉速-轉矩特性圖〈僅頻率改變時〉	90
圖 4.4 轉速-轉矩特性圖〈僅電壓改變時〉	91
圖 4.5 轉速-轉矩特性圖〈V/f 比值固定不變〉	92
圖 4.6 轉速牽引效果圖.....	93
圖 4.7 變流器操作原理.....	95
圖 4.8 三相變流器的基本電路與操作模式.....	95
圖 4.9 變流器的基本操作	96
圖 4.10 切換時間點	97
圖 4.11 PWM 原理	98
圖 4.12 輸出頻率控制	99
圖 4.13 同步、非同步脈衝模式	100
圖 4.14 動力之脈衝模式	101
圖 4.15 每個脈衝模式的輸出電壓波	102
圖 4.16 傳統式與新式之比較	103
圖 4.17 隨機 PWM 載波頻率控制方塊圖	103
圖 4.18 向量控制方塊圖	105
圖 4.19 感應馬達、電壓向量等效電路	106
圖 4.20 輸出電壓控制	106
圖 4.21 空轉頻率控制與向量控制間的差異	108
圖 4.22 PWM 整流器控制方塊圖	110
圖 4.23 AC 轉換成 DC 電源之轉換電路.....	110
圖 4.24 濾波器之操作	111
圖 4.25 整流器、變流器的比較	112
圖 4.26 馬達向量	112
圖 4.27 PWM 整流器向量	113
圖 4.28 升壓斬波器原理	114
圖 4.29 PWM 整流器切換時間點（供電）	115
圖 4.30 PWM 整流器切換時間點（制動）	115
圖 4.31 PWM 整流器的操作模式〈供電〉	116
圖 4.32 PWM 整流器的操作模式〈制動〉	117
圖 4.33 IGBT 的基本結構	120
圖 4.34 主電路方塊圖	123
圖 4.35 運作概要圖	128
圖 4.36 運作方塊圖	129
圖 4.37 IGBT 單元	130
圖 4.38 變流器切換	131
圖 4.39 脈波寬度示意圖	131
圖 4.40 AC 轉 DC 之能量轉換回路.....	132
圖 4.41 TCMS 功能配置方塊圖.....	134
圖 4.42 DDU 顯示 TCMS 收集之列車監視情報.....	135

圖 4.43 DDU 顯示故障狀態與故障碼.....	135
圖 4.44 駕駛座之 DDU 與故障顯示燈.....	136
圖 4.45 使用 PTE 讀取 TCMS 資料.....	138
圖 5.1 N700 系交流感應馬達實體圖.....	142
圖 5.2 馬達驅動裝置之傳動連結面.....	142
圖 5.3 高速動車組的驅動裝置規格.....	142
圖 5.4 N700 系新幹線三相鼠籠式感應電動機按裝 N700 系電車功能介紹.....	142
圖 5.5 永磁電動機之剖面圖.....	143
圖 5.6 EDM 永磁電動機功能說明.....	144

第壹章. 出國依據及目的

第1節、出國依據

本次維修訓練因「空調通勤電聯車 296 輛購車案」已陸續交車，故依合約派員至日本，由車輛製造商進行教育訓練。

第2節、維修訓練目的

空調通勤電聯車 296 輛購車案為本局目前採購之最新車種，為確保車輛品質、行車安全及日後之維修保養，機務處分兩批派員赴日本接受專業維修訓練，本梯次係第二批奉派赴日受訓人員，共有 7 員，於 103 年 5 月 20 日起程，至 103 年 6 月 6 日返國，為期 18 天，分別至日本神戶 NABTESCO（株）軋機系統製造廠、名古屋東芝三重工廠、橫濱東洋齒輪裝置製造廠、東芝北府中事業所等接受訓練。

第3節、訓練日程表

103 年 5 月 20 日至 6 月 6 日維修訓練行程如下：

日期	行程及地點	工作內容	備註
2014/5/20	桃園機場→關西空港→ 神戶	去程	宿神戶
2014/5/21	Nabtesco 神戶工廠	剎車管路、電路介紹	宿神戶
2014/5/22	Nabtesco 神戶工廠	主風泵、輔助風泵介紹	宿神戶
2014/5/23	Nabtesco 神戶工廠	軋機系統閥類測試設備說明 BECU 功能測試說明	宿神戶
2014/5/24	神戶→名古屋	小組討論 移動至名古屋	宿名古屋
2014/5/25	例假日	例假日	宿名古屋

2014/5/26	東芝三重工廠	主變壓器系統、構造、 維修說明	宿名古屋
2014/5/27	東芝三重工廠	東芝公司、三重工廠介紹	宿名古屋
2014/5/28	名古屋→東京	小組討論 移動至東京	宿東京
2014/5/29	東洋電機橫濱製作所	齒輪箱安裝、 大小齒輪間隙調整 車輪油壓機壓入車輪定位、 齒輪連結器油壓器壓入方法	宿東京
2014/5/30	東洋電機橫濱製作所	齒輪箱車輪旋轉試驗、 參觀工廠	宿東京
2014/5/31	例假日	小組討論	宿東京
2014/6/1	例假日	例假日	宿東京
2014/6/2	東芝北府中事業所	CI、PTE 說明	宿東京
2014/6/3	東芝北府中事業所	牽引馬達說明	宿東京
2014/6/4	東芝北府中事業所	SIV 說明	宿東京
2014/6/5	東芝北府中事業所	TCMS 說明	宿東京
2014/6/6	東京→成田機場→ 桃園機場	回程	

第貳章. 專題報告

第1節、Nabtesco-軔機課程

第（一）項、縮寫表

表格 1.1 英文縮寫表

符號	說明
AC	操控室
AS	空氣彈簧
ATP	自動列車保護
BC	軔缸
BECU	軔機電子控制裝置(含於軔機操作裝置內)
BOU	軔機操作裝置
BP	軔機管
DBV	駕駛軔機閥
EB	緊急軔機
EMU	電聯車
E-P	電子空氣控制
HRA	高階反應類比
M-car	動力車(EMA, EMB)
MVV	磁口閥
PWM	脈寬調變
SR	供氣風缸
T-car	無動力車(ED, EP)
TCU	牽引控制組

第（二）項、軔機系統概要

HRA(高反應類比)型氣軔裝置具有自動氣軔特色，適合用在電聯車操作使用。它 控制電—空緊軔。

此套氣軔裝置由下列系統所組成：

- 1 常用軔機系統(補助氣軔與電軔一同使用)
- 2 緊急軔機系統 (僅適用氣軔)
- 3 停留軔機系統
- 4 暫停軔機系統

軔機系統全體方塊圖如圖1.1所示。

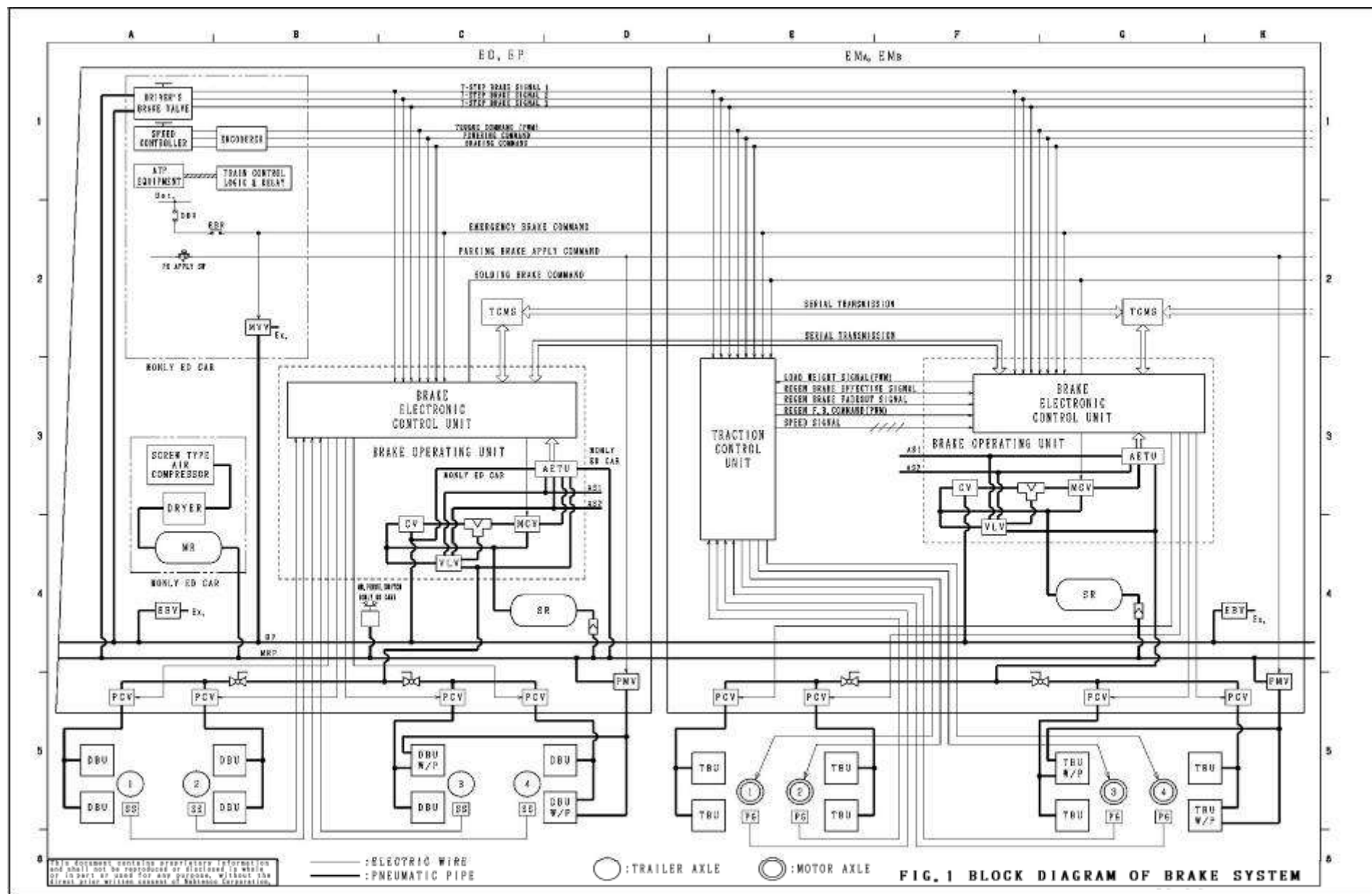


圖 1.1 全部軔機系統方塊圖

第1、常用軔機系統

常用緊軔是在正常操作中使用。根據主控制器的速度位置，藉由牽引控制組(TCU)的緊軔速率訊號(PWM 脈寬調變訊號)和動力/緊軔的選擇訊號，將緊軔指令傳送至軔機電子控制單元(BECU)。當列車暫停時，透過使用司軔閥(DBV)的七段訊號來進行摩擦緊軔。

在 M-T 編組中，M 車的軔機電子控制單元(BECU)會感應兩組 M 車與 T 空氣彈簧壓力；T 車空氣彈簧訊號會透過序列傳輸線將 T 車的軔機電子控制單元(BECU)傳送到 M 車的軔機電子控制單元(BECU)，M 車軔機電子控制(BECU)則會控制 M 車與 T 車的緊軔力。不僅調合 M 車的電軔與氣軔，而且還調合T車的氣軔，其中優先控制電軔(交叉調合)假。如M 車的牽引控制組(TCU) 電軔系統無法正確運作，軔機電子控制單元(BECU)即會操作其本身車輛的氣軔。各車軔機系統方塊圖如圖1.2所示。

此外，軔機電子控制單元(BECU)提供急動控制功能來改善乘坐的舒適感。

電-空緊軔系統因為斷電而未被啟動時，氣軔系統會自動地透過軔管系統做常用 緊軔來取代電-空緊軔系統。

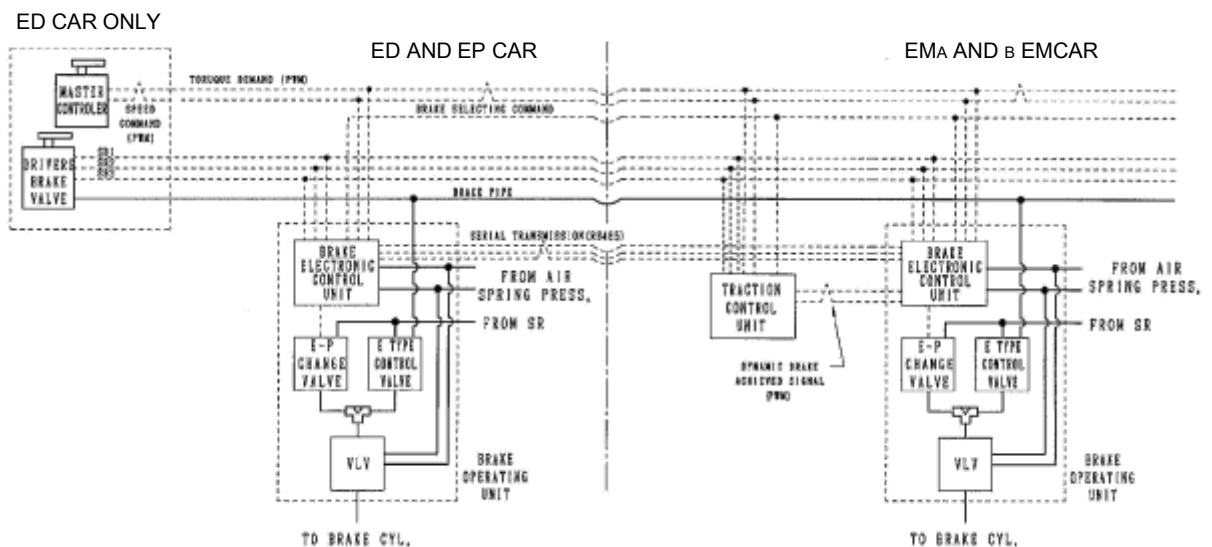


圖 1.2 常用軔機系統方塊圖

第2、緊急軔機系統

為了提供故障後的安全操作，緊急軔機以氣軔來操控。當操作司軔閥(DBV)或 緊急緊軔閥時，可透過這些緊軔閥的排氣口會將軔管(BP)壓力空氣排放而達到 緊急緊軔。

一旦啟動 ATP 指令或警報系統後，可利用大通風量的磁口閥(MVV)進行緊急緊軔。

因緊急緊軔閥或磁口閥(MVV)致使緊急軔機作用時，司機應將司軔閥(DBV)切至緊急位置。司軔閥(DBV)仍位於運轉位置時，軔管(BP)將持續供應空氣。系統之動作關係如圖1.3所示。

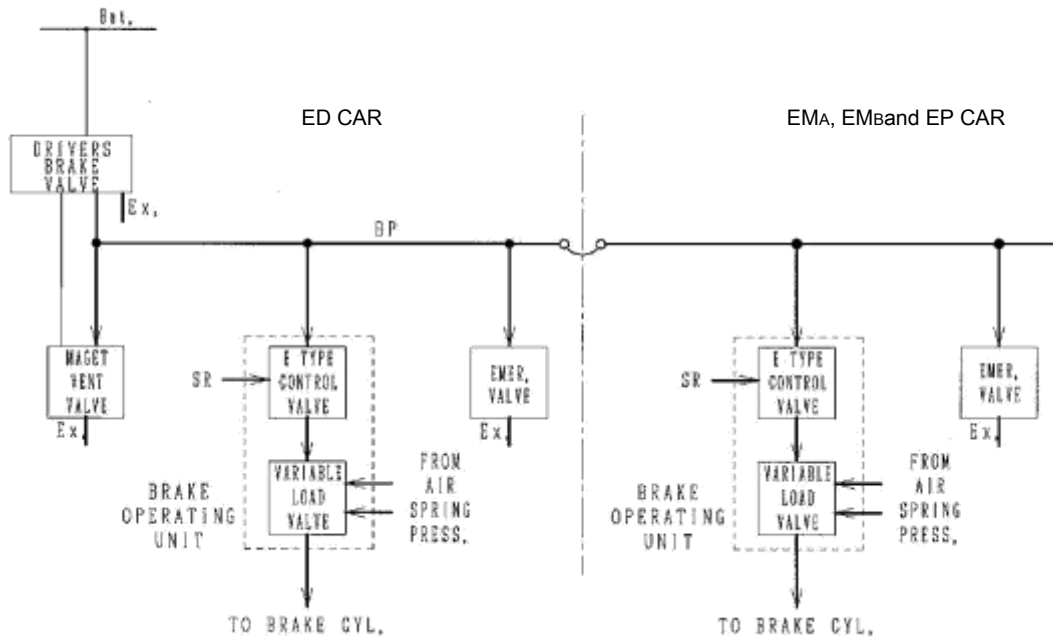


圖 1.3 緊急軔機系統方塊圖

第3、暫停軔機系統

暫停軔機會自動地操作，以確保列車暫停於車站上下乘客與防止列車啟動時向後滑行。

當列車停靠車站時，即啟動暫停緊急軔指令。軔機電子控制單元(BECU)接收到這項指令即進行摩擦緊急軔，此緊急軔力可滿足讓列車完全地停止於最大坡度；軔機電子控制單元(BECU)會比較常用緊急軔指令和暫停緊急軔指令，然後輸出較大的緊急軔要求。

當列車再次啟動行駛時，俟動力車轉矩建立後，即解除暫停緊急軔指令。

第4、停留軔機系統

停留軔缸屬於簧動式/空壓釋放式裝置。當排放停留軔缸壓力，停留軔缸即自動地啟動。操作人員可使用駕駛台的停留緊急軔開關來控制停留軔機電磁閥，以便施加壓力至停留軔缸操控停留緊急軔。停留軔缸亦可以手動操作釋放。EMA 與 EMB 車裝有帶停留軔機功能的基礎軔機裝置。ED 與 EP 車裝有軔機致動器，也帶有

停留軔機功能。

第5、車輪防滑保護系統

在 T 車上，由車軸軸頸上的速度感應器測量車軸速度，然後輸出脈衝訊號；在 M 車上，牽引控制裝置量測到車軸速度並輸出訊號給軔機電子控制單元 (BECU)，BECU 計算其四軸速度的變動率(減速度)與控制每一軸的壓力控制閥，其動作控制關係如圖1.4所示。

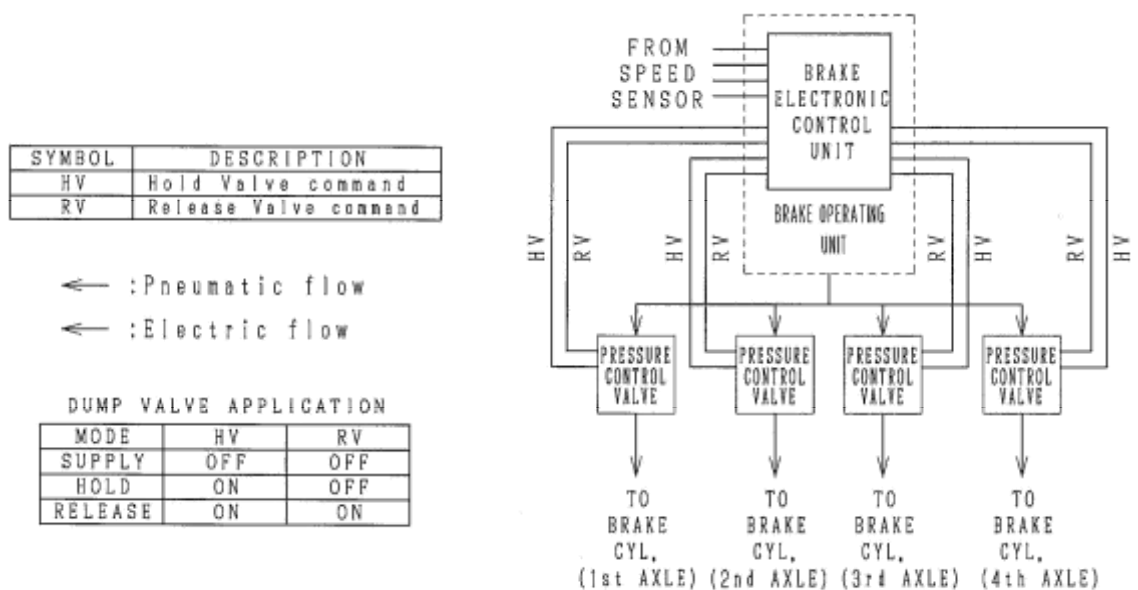


圖 1.4 防滑控制系統方塊圖

第（三）項、軔機設備

第1、軔機操作裝置

供應風缸(SR)供應空氣給軔機操作裝置，藉著使用供應風缸(SR)的空氣來製造軔缸壓力，然後電子空氣控制切換閥控制軔缸壓力，以便獲得所需的空氣軔機力。

軔機方式為運作模式或緊急模式的其中一種，如 2.1 節和 2.2 節所說明的一樣。軔機操作裝置控制運作軔機與緊急軔機的風缸壓力使用和釋放，而且可電力控制軔機器指令與調合。

常用緊軔指令與比率訊號透過列車線路來傳送，並由軔機電子控制單元(BECU)進行調合操作。當電軔不足時，其差值由電-空切換閥來補償作為氣軔力指令。

電-空切換閥可將電氣訊號轉換為空氣壓力，軔機電子控制單元(BECU)控制此

閥以提供操縱壓力予可變負荷閥使用。操控室(AC)的壓力感應器可監控到可變負荷閥的操縱壓力。軔機電子控制單元(BECU)透過控制電-空切換閥, 將操縱壓力調整至計算值;此操縱壓力送至可變負荷閥的操控室, 而此可變負荷閥供應空氣至軔缸作為軔缸壓力。

當電-空緊軔系統因斷電而無法動作時, 由逐漸降低軔管壓力來控制 E 控制閥 以控制常用緊軔。此控制閥僅適用於有軔管的氣軔系統。藉由降低軔機管壓力來產生操控室(AC)壓力。

將較高電-空切換閥的 AC 壓力和 E 控制閥, 經由複式逆止閥, 供應給可變負荷閥的操控室。

緊急軔機壓力藉由利用電控閥來控制。當降低軔機管壓力命令進行緊急軔機時, 電控閥將提供操控室(AC)壓力給先導壓力和可變負荷閥, 然後可變負荷閥接著輸出緊急軔機壓力至軔缸。

軔機操作裝置內部空氣通道如圖 1.5 所示。

圖 1.5 軔機操作裝置內部空氣通道

第2、軔機電子控制裝置(BECU)

軔機電子控制單元(BECU)裝設在軔機操控組內，它採用微處理器的數位計算系統。

每一車輛設置一套軔機電子控制單元(BECU)(參閱圖1.1)，它從列車線路接收緊軔指令與比率訊號，並讀出該車的兩組空氣彈簧壓力，再計算所需的緊軔力。

M 車上的軔機電子控制單元(BECU)接收來自 T 車軔機電子控制單元(BECU)的負荷訊號，然後計算出每對 M 車和 T 車所需的緊軔力。軔機電子控制單元(BECU)接收從牽引控制組(TCU)的電軔達成訊號，然後計算本身所需的輔助氣軔；透過序列傳輸，此與 T 車共用的電軔達成力被傳輸至 T 車的軔機電子控制單元(BECU)，做為氣軔的降低指令。

以 T 車為例，軔機電子控制單(BECU)元接收來自 M 車軔機電子控制單元(BECU)的氣軔降低指令(電軔達成與 T 車共用)，然後它會計算所需的輔助氣軔。

軔機電子控制裝置(BECU)也能提供下列功能：

I.可變負荷功能

這項功能利用平均前後空氣彈簧的壓力訊號來計算車身重量，這些訊號由軔機操控組的空氣彈簧壓力感應器所提供。

假如空氣彈簧斷裂或空氣彈簧壓力感應器訊號低於空車訊號，此時會輸出一個相當於空車負荷的空氣彈簧訊號。假如空氣彈簧壓力感應器訊號高於超載訊號，此時會輸出一個相當於超載的訊號。

可變負荷功能動作流程如圖 1.6 所示。

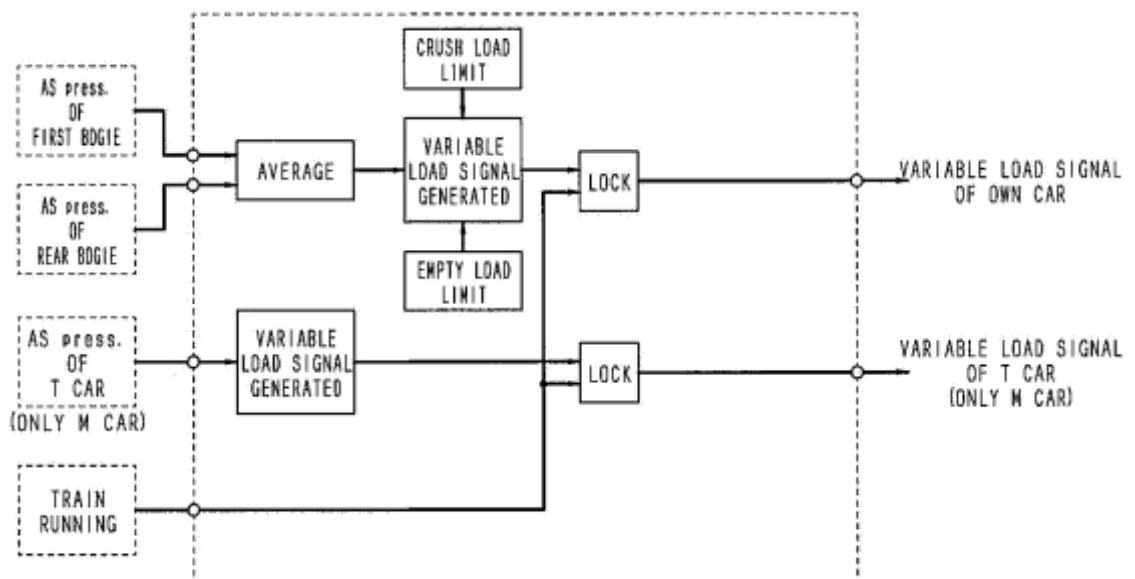


圖 1.6 可變負荷功能方塊圖(僅適用 M 車)

II. 緊軔模式產生與交叉調合

一同考慮 M 車和 T 車時, 軔機電子控制裝置(BECU)會接收到軔機指令, 然後依據 M 車和 T 車的可變負荷信號與慣性係數輸出指令。

(1). 共同使用 M 車和 T 車的軔機力

電力軔機力產生 Bx 軔機指令所需的所有軔機力。

空氣補充功能使 M 車的電力軔機可以到達 Bx 軔機指令階段。如此一來, 一輛電聯車所需的所有軔機力由 M 車提供。當軔機指令從 Bx 傳送到 Bmax 區時, 總軔機力的不足部分被分配到 T 車的空气軔機。

因此, 電力軔機的工作率可達到最大。

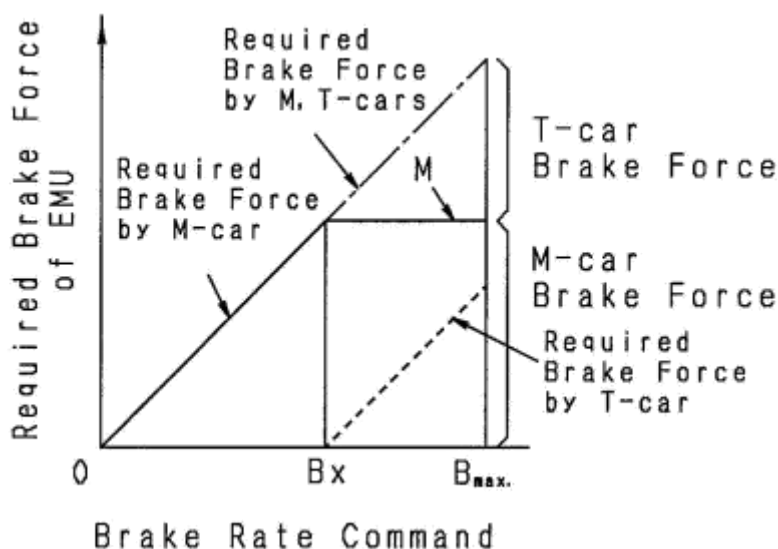


圖 1.7 一般軔機力配置範例

III. 電力與空氣軔機之協同軔機

圖 1.8 和圖1.9 顯示一般軔機力配置範例。

必要時, T 車的氣軔能補償所缺乏的電軔。由於電軔不足當需要使用到額外的緊軔力時, 優先由 T 車的氣軔供應, 然後再由 M 車的氣軔。

假如所需的軔機力低於電力軔機力, 軔機力的配置如圖1.8所示。當完全施加

M 車的電力軔機力時, M 車和 T 車的輔助空氣力就會變為零(僅有小壓力壓縮軔缸的返回空氣彈簧)。

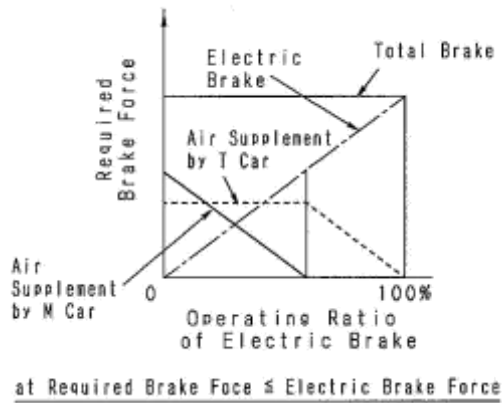


圖 1.8 一般制動力配置範例

假如所需的制動力大於電力制動力，制動力的配置如圖1.9所示。

當完全施加 M 車的電力制動力時，M 車的輔助空氣力就會變為零(僅有小壓力 壓縮制缸的返回空氣彈簧)。T 車會提供輔助空氣力，由 T 車做氣制，它會降 低一部份改由 M 車的電制供應。

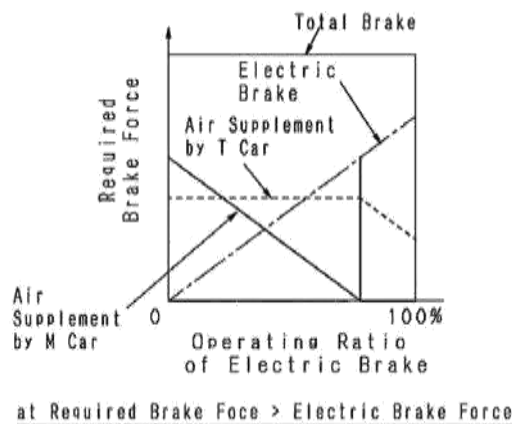


圖 1.9 一般制動力配置範例

IV.急動控制功能

當制機電子控制單元(BECU)接收常用緊制指令時，會將緊制訊號的“階梯”模 式轉換為“斜坡”模式，有助於確保乘客乘坐時的舒適感。一般制機急動控制訊號的模式轉換如圖1.10 所示。

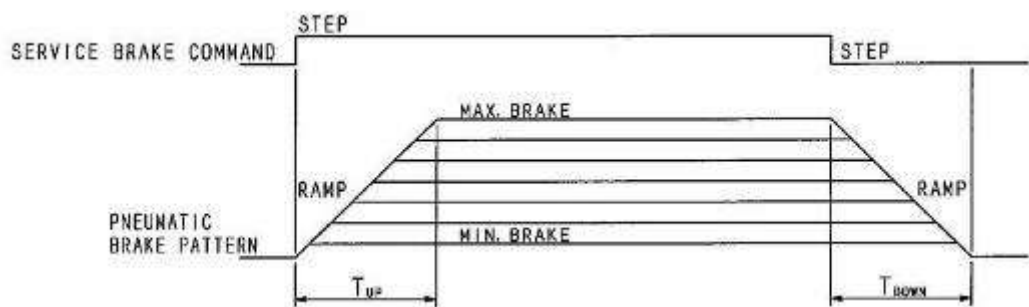


圖 1.10 典型的急動控制範例

V.車輪防滑保護功能

(1). 減速偵測

假如偵測到任何車軸滑動，由於減速信號超過預設值，使得軔機電子控制裝置(BECU)傳送信號來釋放該車軸的軔缸壓力。

當受到影響的車軸快速加速時，由於車輪與鐵道的附著力恢復，使得加速信號超過預設值，然後軔機電子控制裝置(BECU)重新啟動該車軸的軔缸壓力。

(2). 速度差偵測

由所有車軸速度信號和減速率計算模擬速度。四組車軸速度信號除了彼此比較，還與模擬速度比較。假如任何兩組車軸之間的速度差超過臨界值，軔機電子控制裝置(BECU)就會傳送信號來釋放該臺車的軔缸壓力。

(3). 全軸滑行檢知

全部軸的減速度都超過規定值時，檢知全軸滑行的軔機控制器(BECU)會送出信號到止滑閥並將全軸的BC壓力排出。

當重新恢復足夠的附著力而使速度差低於預設值時，軔機電子控制單元(BECU)就會保持或在再作用軔缸壓力於該車軸。

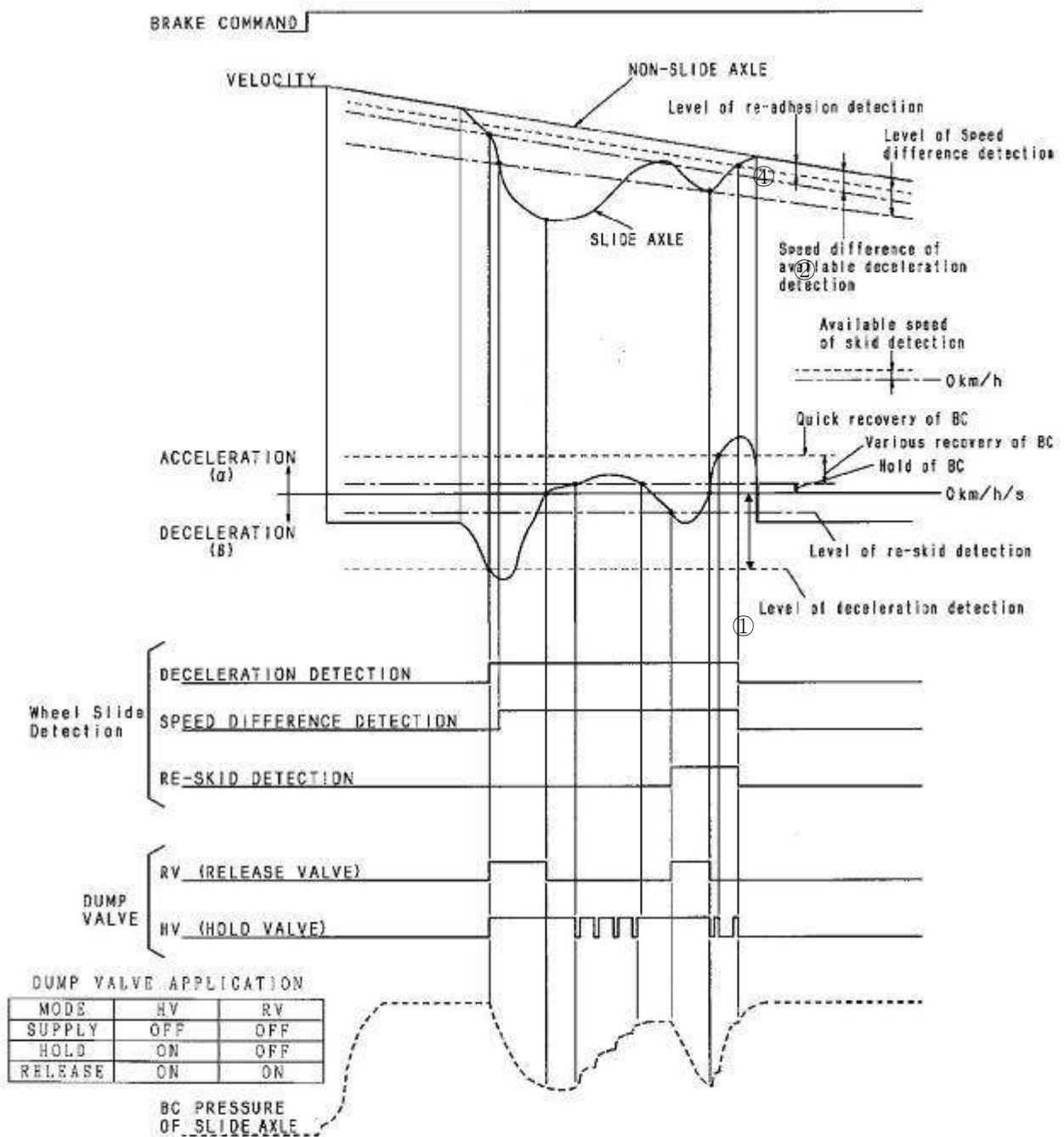


圖 1.11顯示典型的車輪防滑保護系統範例
表. 滑行控制 檢知條件以及恢復條件

	檢知項目		設定	偵測速度差時的脈衝差	
				PG	SS
①	減速度檢知	軸滑行	滑行軸的減速度 $\geq 20 \text{ km/h/s}$ 且	-	--
②			最大車軸速度和滑行軸的速度差 $\geq 2 \text{ km/h}$	80Hz	140
		全軸滑行	全軸的減速度 $\geq 20 \text{ km/h/s}$	-	-
③	速度差檢知		最大車軸速度和滑行軸的速度差 $\geq 3 \text{ km/h}$	120Hz	20Hz
④	再黏著檢知		最大車軸速度與滑行軸的速度差 $\leq 1 \text{ km/h}$	40Hz	7Hz

PG: Pulse Generator (M 車), SS: Speed Sensor (T 車)

VI.自我診斷功能

假如有錯誤發生, 軔機電子控制單元(BECU)會輸出錯誤訊號給監控裝置。此外, 收集並儲存錯誤偵測前後的資料, 如圖1.12所示。

檢查並儲存下列項目：

緊急軔指令	一號輪軸速度訊號
數位訊號邏輯	二號輪軸速度訊號
T車空氣彈簧訊號	三號輪軸速度訊號
電軔回饋指令(僅適用EMA,EMB車)	四號輪軸速度訊號
降低氣軔指令	一號車軸壓力控制閥
A C 操控室壓力	二號車軸壓力控制閥
B C 軔缸壓力	三號車軸壓力控制閥
MR 壓力(僅適用ED車)	四號車軸壓力控制閥
B P 壓力(僅適用ED車)	電磁控制閥
A S 1空氣彈簧壓力	
A S 2空氣彈簧壓力	

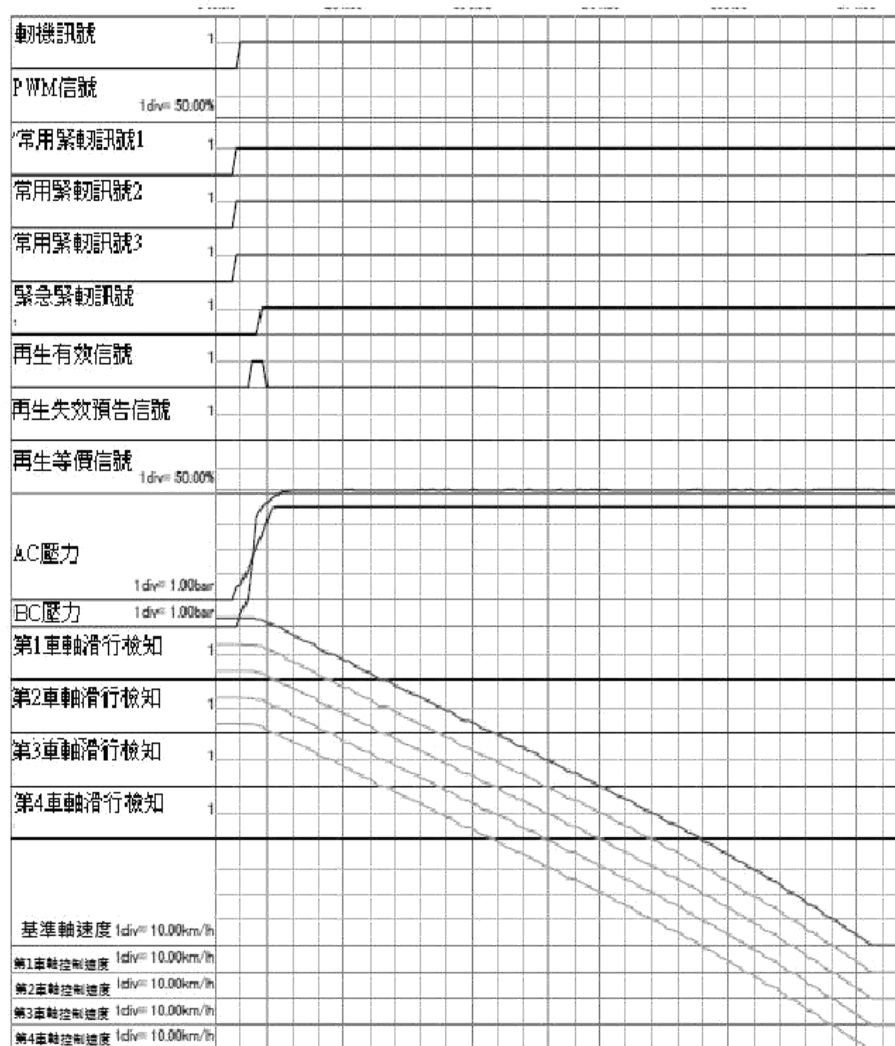


圖 1.12 收錄資料(摘錄)之表示範例

VII.監控資訊

軔機電子控制單元(BECU)利用序列傳輸方式來傳送不同的訊號。

監控設計時，會分別提供傳輸監控的訊號種類。

此外，數位輸出電路須能透過硬體傳輸異常訊號，尤其微處理器因軟硬體問題無法透過序列傳輸進行傳送時。包含下列的傳輸訊號：

- 控制之電源供應故障
- 由計時器(W.D.T)監控程式執行

VIII. 訊息監視

BECU 可監視 TCMS、TCU 以及與其他 BECU 之間的訊息，並檢知訊息是否有異常。與 TCMS 之間發生異常訊息時會在 TCMS 端檢知其異常。於 TCU 以及與其他 BECU 之間發生異常訊息時會向 TCMS 通知有訊息異常狀況，並留下訊息異常紀錄。

第3、車輪防滑保護設備

軔機電子控制裝置(BECU)讀取每一軸的速度，而且控制車輪防滑保護操作。

每一軸的速度偵測器以正比於車軸速度傳送脈衝信號給軔機電子控制裝置(BECU)。

軔機電子控制裝置(BECU)控制每一車軸的壓控閥，將軔缸壓力抽取、維持或加壓給軔缸。

圖 1.13 顯示車輪防滑保護設備方塊圖。

圖 1.14 顯示車輪防滑保護系統方塊圖。

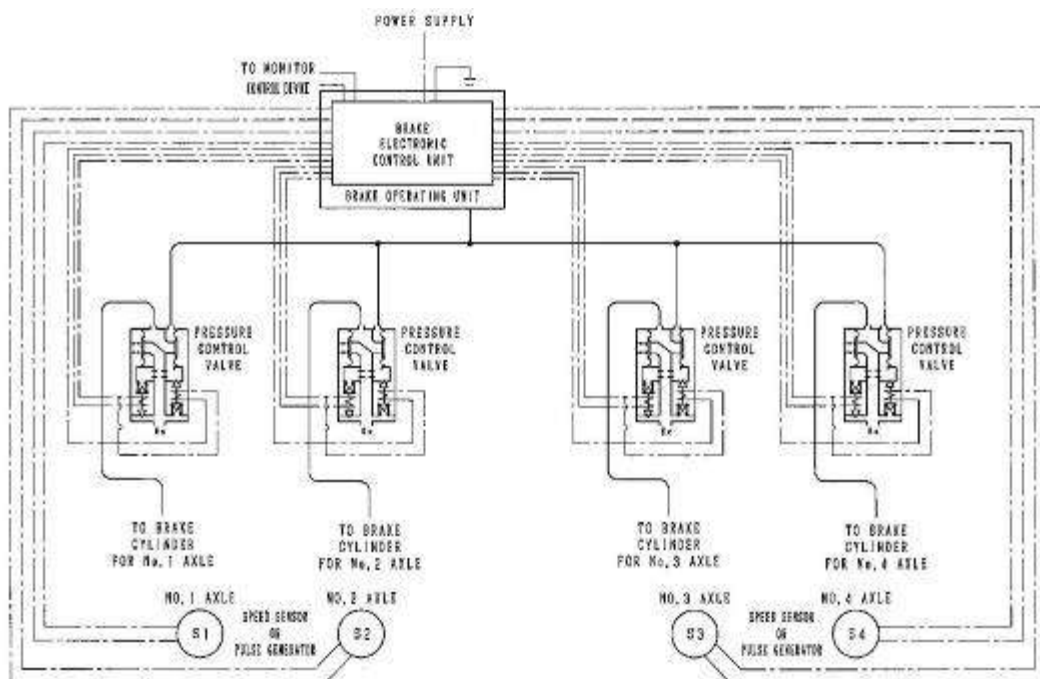


圖 1.13 防滑控制設備的內部空氣通道與接線圖

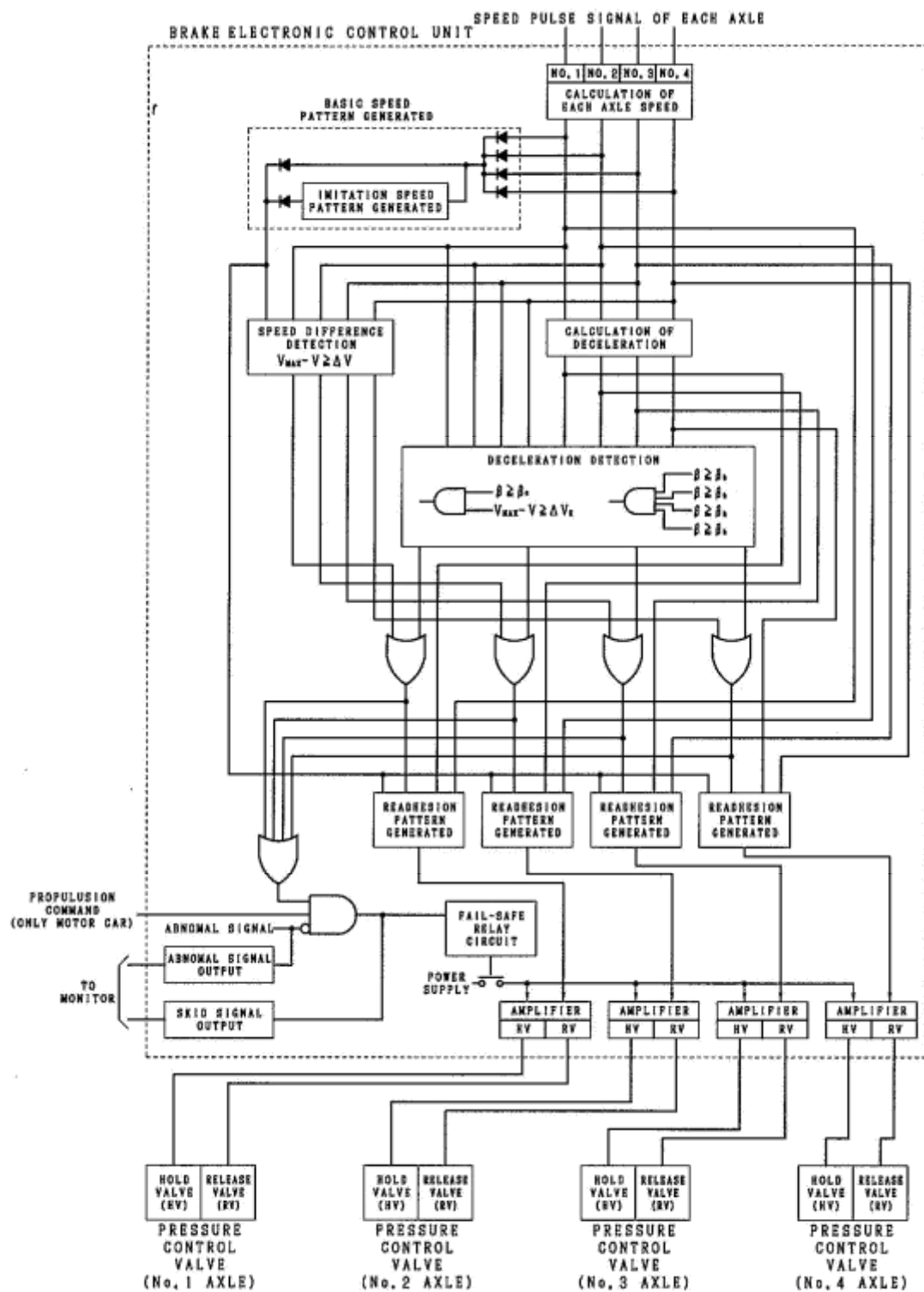


圖 1.14 防滑控制系統方塊圖

第4、基本軔機裝置

每輛動力車裝配有 2.5 MA 型煞車卡鉗和軔機致動器，每輛無動力車上裝配 Unit-PC 型 TBU。軔機致動器和 TBU 的軔缸上裝有自動間隙調整器，間隙調整器有一個維持預設間隙做為閘瓦及煞車片磨損的補償。

於每輛車之尾端轉向架的裝有彈簧式停留軔機及帶有停留軔機功能的致動啟，以彈簧軔缸內的空氣壓力將彈簧停留軔缸保持在鬆軔位置。使用彈簧式停留緊軔時，將空氣排出。帶有停留軔機功能的軔機致動器及 TBU 都具有手動釋放停留軔機功能。

第5、司軔閥

司軔閥位於駕駛室，包含電氣開關以產生七段緊軔指令，藉列車傳輸三線和一個氣軔閥以控制軔管壓力及其自動重疊功能。

七段緊軔指令控制電軔和氣軔工作。氣軔控制氣軔工作。

第（四）項、供氣系統

每四輛 EMU 電聯車的 ED 車廂均安裝空壓機、附自動排水閥的乾燥機、保安閥、附自動排水閥的主風缸和空壓機啟動裝置。不僅自動地控制供氣系統，而且透過列車的主風缸管供應壓縮空氣給主風缸、供給風缸與輔助風缸。

第1、螺旋式交流馬達驅動空壓機及乾燥裝置單元

ED 車均裝設有空壓機，屬於螺旋式交流馬達驅動。

裝有經過測試的油液隔離部件，用來防止油液洩漏。

空壓機經由四組橡膠振動隔離器懸掛於車體，進氣過濾器固定於入口；透過軟管將輸出空氣傳送到列車管路，這些軟管能配合空壓機移動固定。當空壓機停止時，背壓會排出至大氣以利下次啟動時使用。固定在主氣管上的壓力開關能控制空壓機的開與關，空壓機同時也裝有一個氣壓安全閥。

空氣乾燥裝置整合在空壓縮機單元內，用來移除壓縮空氣中的水氣、油/水氣和粒子；萬一突然發生空壓機撓性軟管損壞或空壓機故障，還裝設一逆止閥來預防主風缸管內的氣體洩漏。空氣乾燥裝置中採用了中空纖維膜，利用空氣滲透壓原理乾燥空氣，並且能夠長時間連續工作。

另外，為了降低吸入空氣中的水分濃度，抑制內部冷凝水的產生，藉由使經乾燥機乾燥的部分壓縮空氣透過乾燥空氣回流導管回流至空氣壓縮機的進氣管路。但是此機能為 MR 約從 3.5bar 以下開始蓄積到 MR 壓力達到 9bar 為止，會從回流導管上的切換閥進行作用。

各空氣單元與管路如圖1.15所示

規格如下：

表格 1.2 供氣系統規格表

項目		規格
空壓機	機型	裝有油注冷卻功能的單階雙轉子裝置
	放電壓力	最大 1MPa
	位移量	896 公升/分鐘
	冷卻系統	裝有風扇的油氣冷卻機與空氣冷卻機
馬達	電力馬達	交流 3 相 4 極馬達
	電源要求	14.5kW
	電壓	AC440V (60Hz)
	允許功率循環	20%~40%

	保護等級	IP55
空氣乾燥部份	乾燥方式	中空系膜乾燥器
	空氣流量	1600公升/分鐘級空壓機
	最大使用壓力	1Mpa
	空氣乾燥性能	最大相對溼度35%

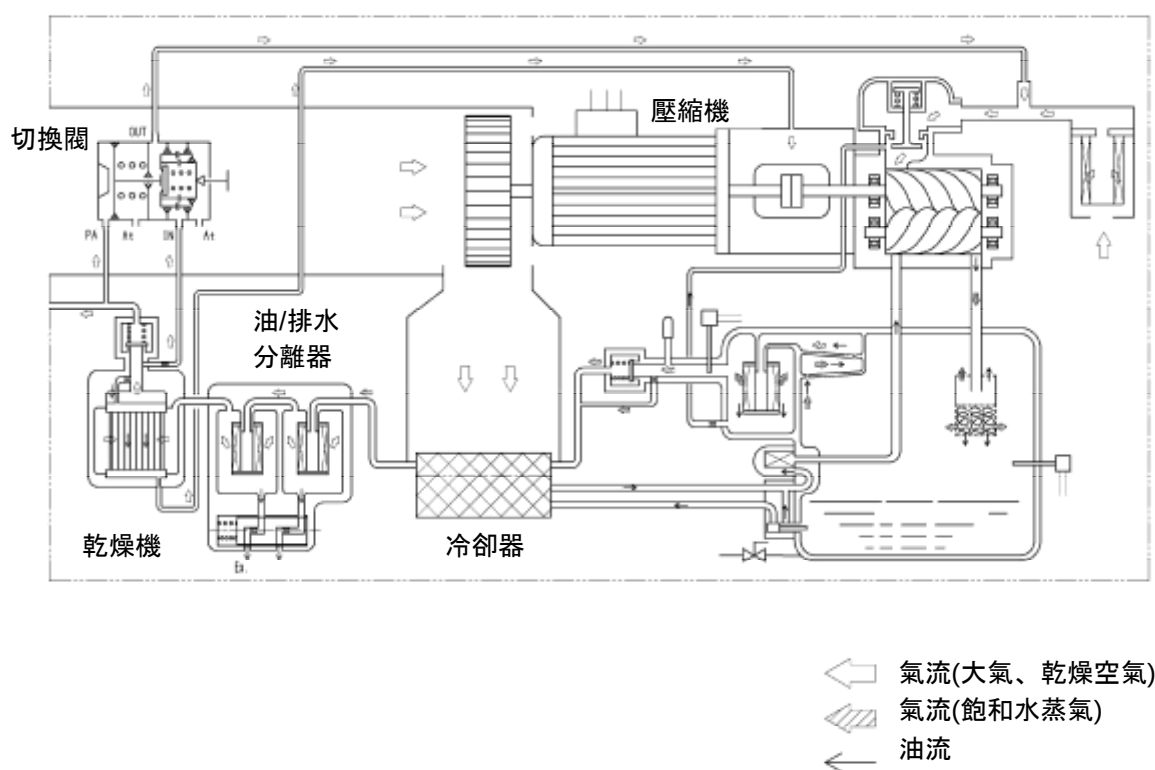


圖 1.15 空壓機裝置的內部空氣通徑

第（五）項、現場見習

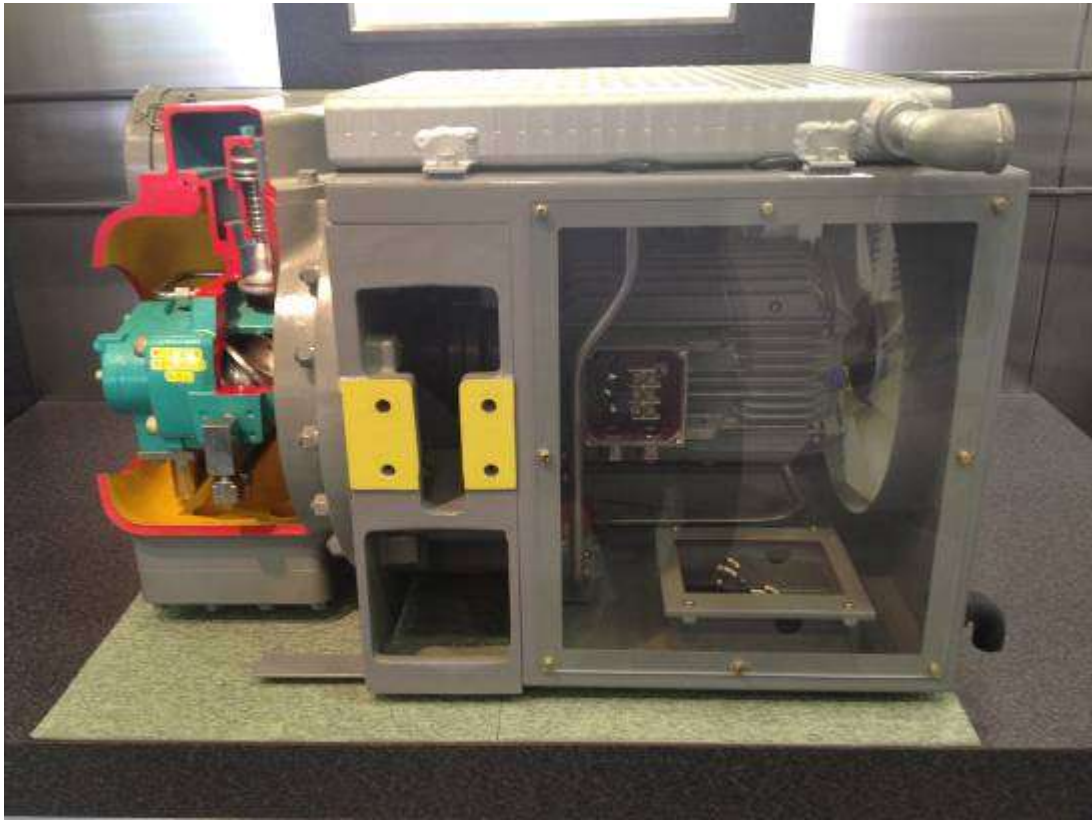


圖 1.16 主風泵配件剖視圖



圖 1.17 BECU 電子控制元件

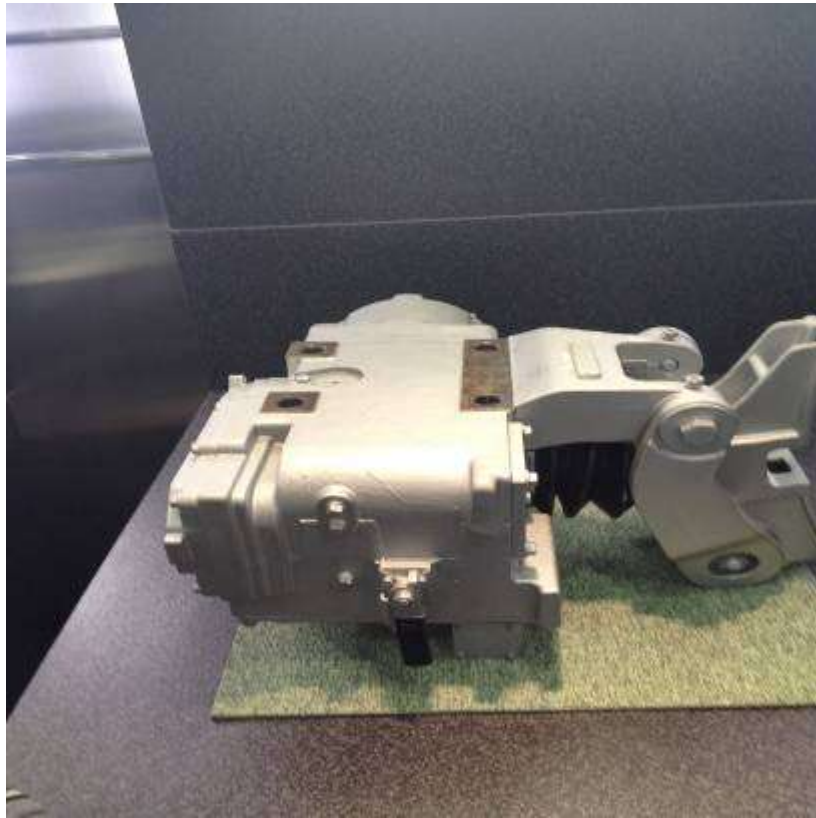


圖 1.18 BC 基礎裝置總成

第2節、東芝-主變壓器課程

第（一）項、主變壓器編組構成

EMU800 型電聯車由兩組電聯車組 8 輛車組成一編組，主變壓器配備於各電聯車組 EP 車下。

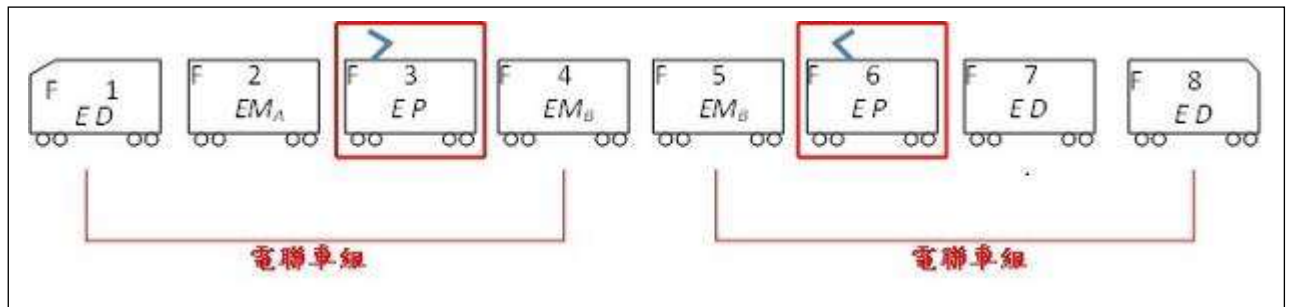


圖 2.1 車組編列示意圖

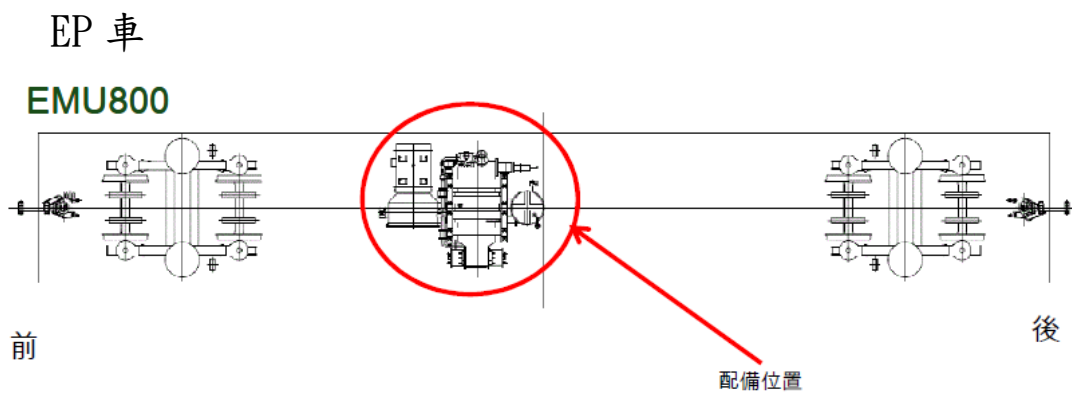


圖 2.2 設備位置示意圖

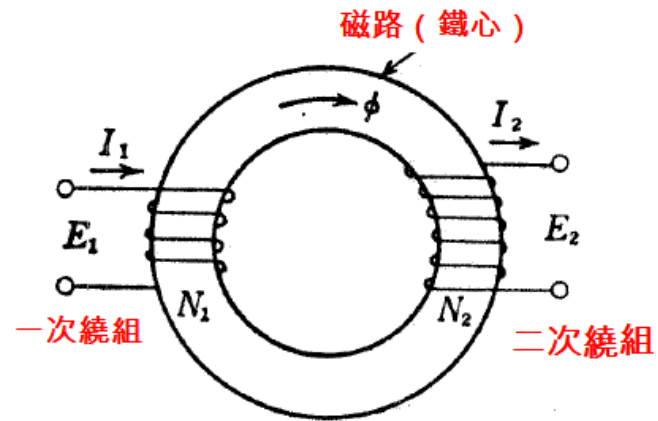
第（二）項、主變壓器構造簡介

第1、主變壓器系統外觀



圖 2.3 主變壓器外觀圖

第2、原理：



$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

圖 2.4 變壓器工作原理示意圖

第(三)項、主電路

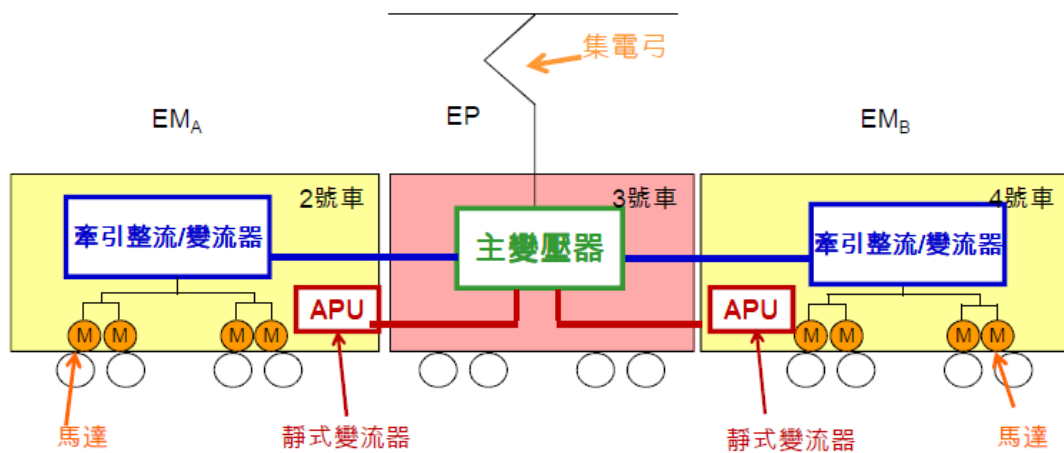


圖 2.5 電聯車電路分配示意圖

第1、主電路圖

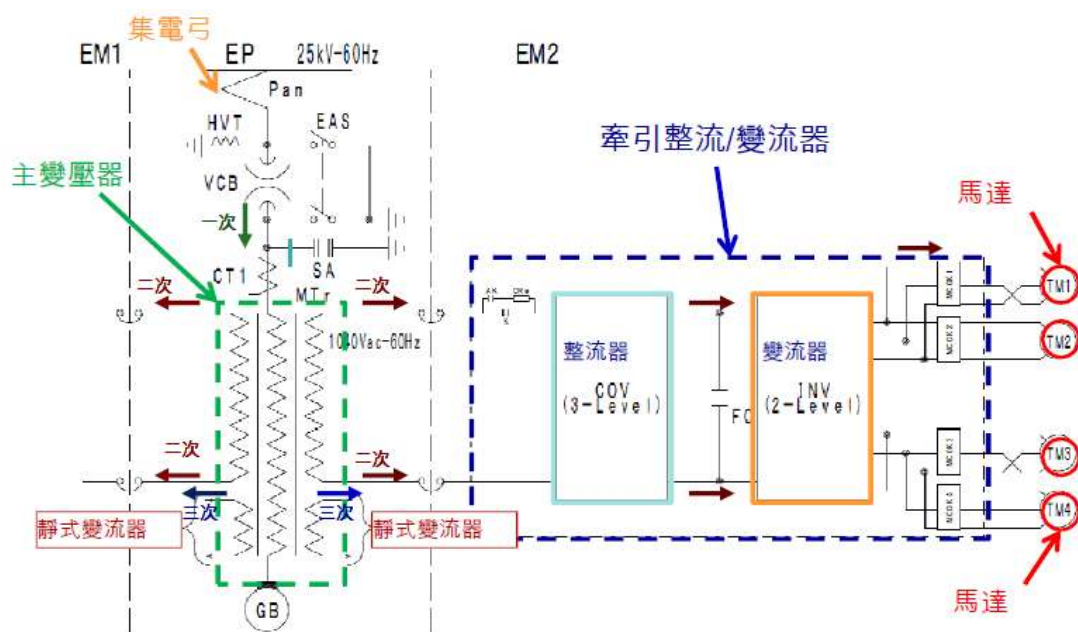


圖 2.6 變壓器主電路圖

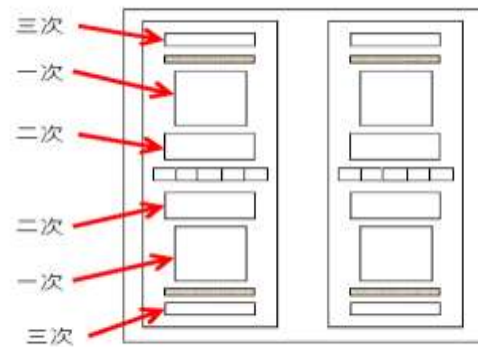
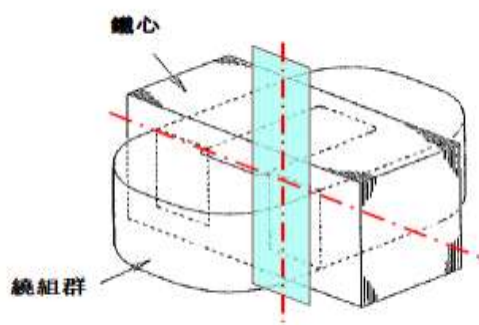
第2、變壓器規格

表格 2.1 變壓器規格表

型式	SIFP8			
額定值	一次	1980kVA	26125V	75.8A
	二次	1590kVA	2X1087V	731A
	三次	390kVA	2X469V	416A
頻率	60Hz			
方式	單相、外鐵式、無壓密封、強制油循環、強制風冷			
油：	矽油	絕緣等級：	A	
重量：	3450kg	塗裝顏色：	N5	

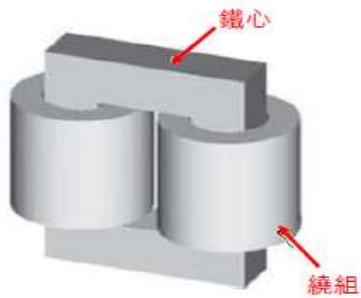
第（四）項、主要特徵

第1、外鐵式



線圈斷面

內鐵式：磁路在繞組的內部



外鐵式：磁路在繞組的外部

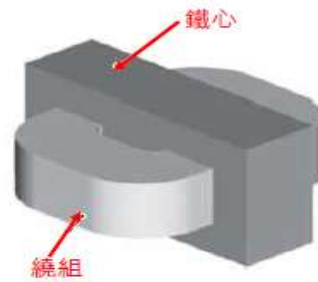
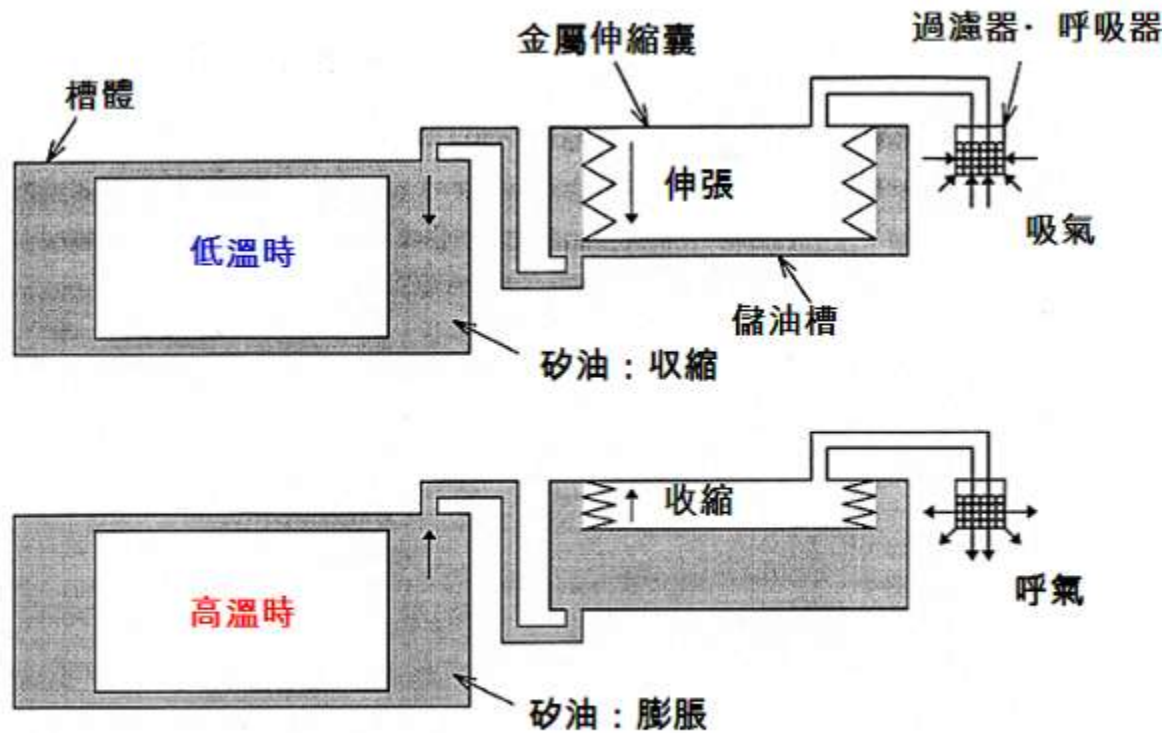


圖 2.7 變壓器特徵形式示意圖

第2、無壓密封方式



儲油槽的作用

圖 2.8 儲油槽作用示意圖

第3、FORM-FIT 構造

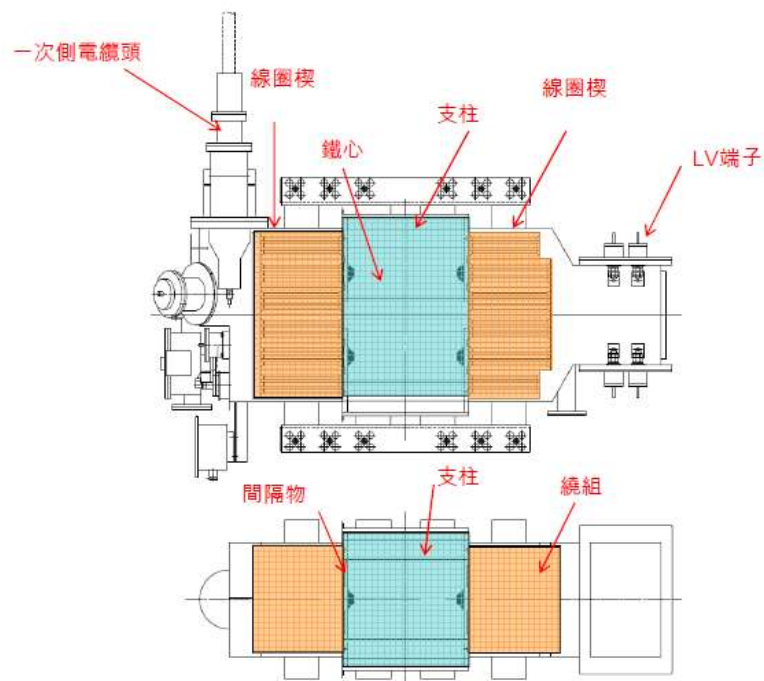


圖 2.9 FORM-FIT 構造示意圖

第4、送油風冷方式

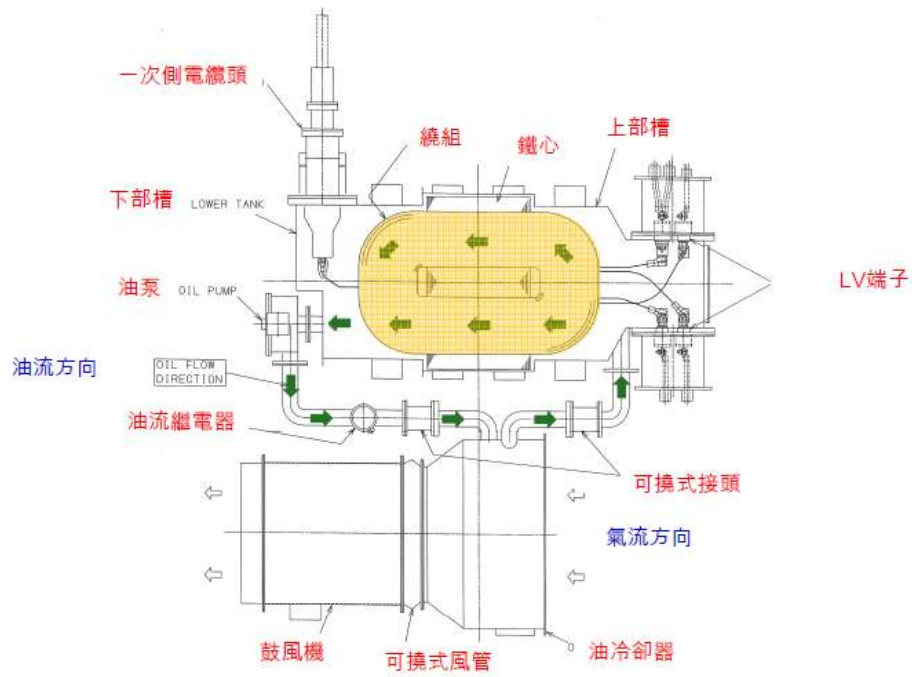


圖 2.10 送油風冷工作示意圖

第5、保護測量器

溫度繼電器：檢測油溫異常

油流繼電器：檢測油流下降及停止

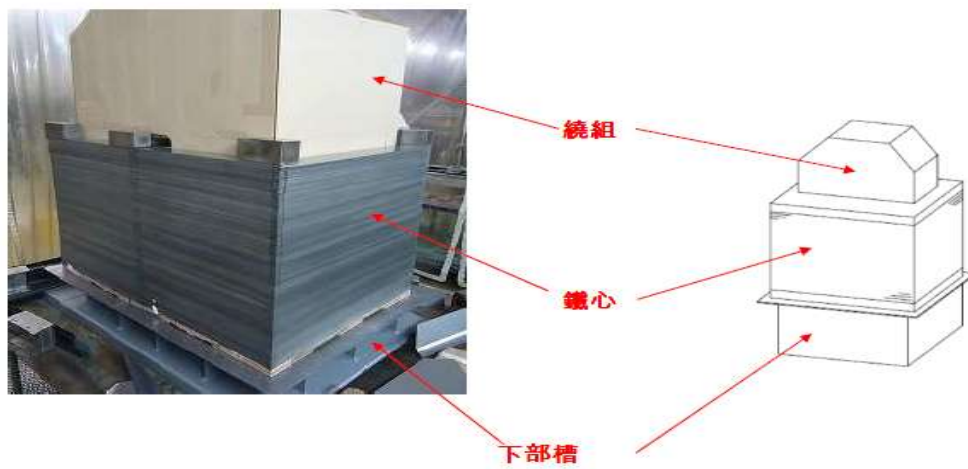
釋壓閥：釋放因內部故障所產生氣體的異常壓力

第（五）項、主變壓器構造：



圖 2.11 主變壓器前後外觀圖

第1、內部構造



堆疊鐵心後，將上部槽蓋上。

圖 2.12 主變壓器構造對照圖

第2、電纜頭



圖 2.13 電纜頭外觀圖

第3、低壓端子



圖 2.14 低壓端子連結方式與構造圖

第4、油冷卻器

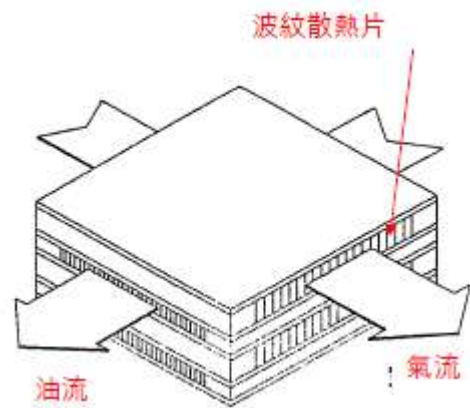


圖 2.15 油冷卻器外觀與工作原理示意圖

利用全鋁製來達到輕量化, 波紋散熱片提升熱交換率

第5、電動油泵

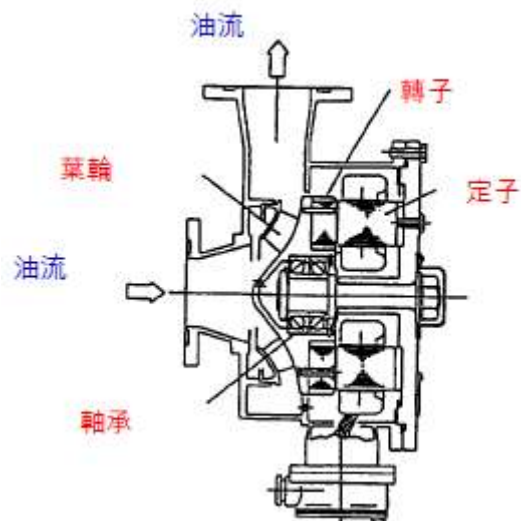


圖 2.16 電動幫浦外觀與構造圖

利用馬達~油泵一體成型, 變壓器油直接循環來進行冷卻和供油, 因此軸承不需要供油

第6、電動鼓風機



- 藉由離心軸流實現低噪音化
並藉由防震橡膠來實現低噪音・低震動
- 排風側採用不會將風向上卷起的構造

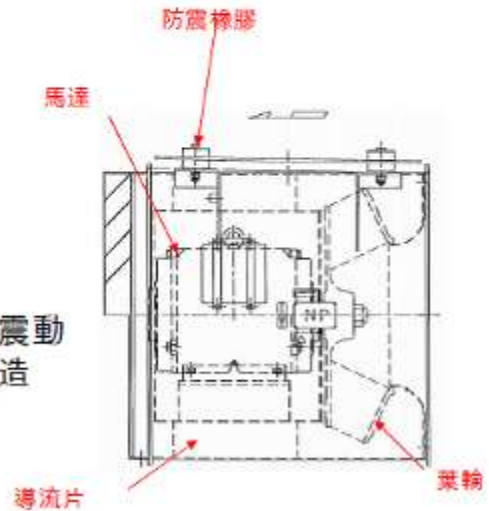
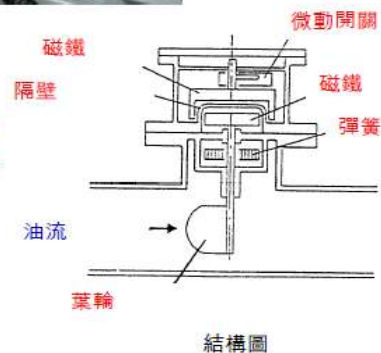


圖 2.17 電動鼓風機外觀與構造圖

第7、油流繼電器



油流量在 $120 \pm 15\%$ L/min時「關閉」
在 $150 \pm 10\%$ L/min時「開啟」
(正常運轉時為「開啟」)



結構圖

圖 2.18 油流繼電器外觀與構造圖

第8、溫度繼電器



圖 2.19 溫度繼電器外觀與構造圖

第9、釋壓閥

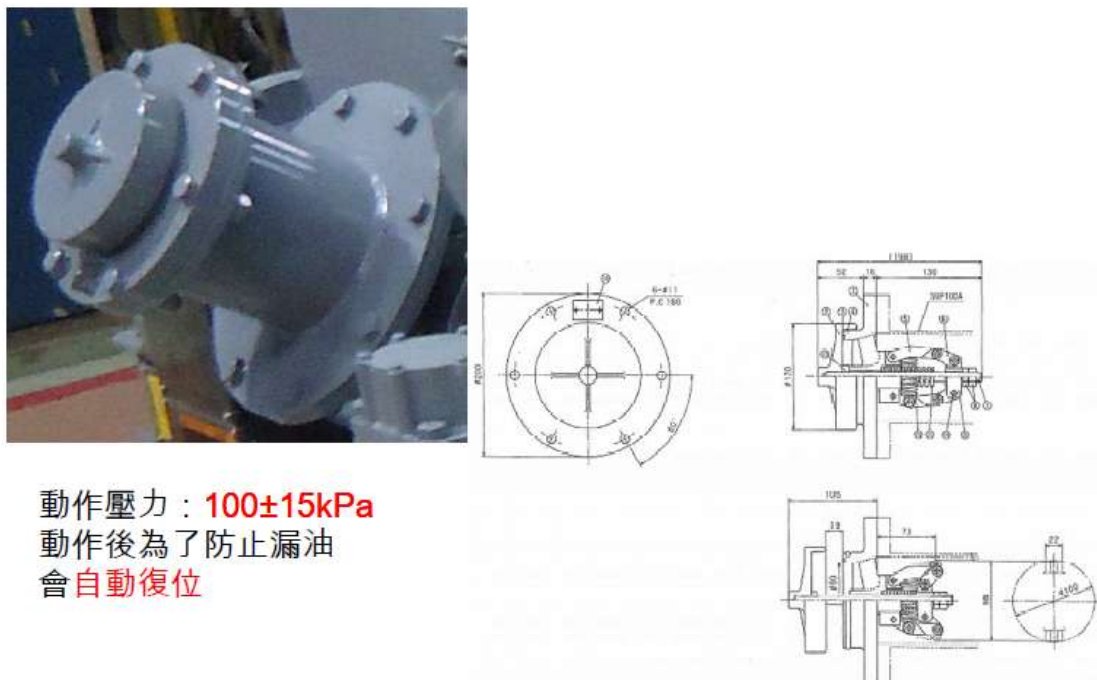
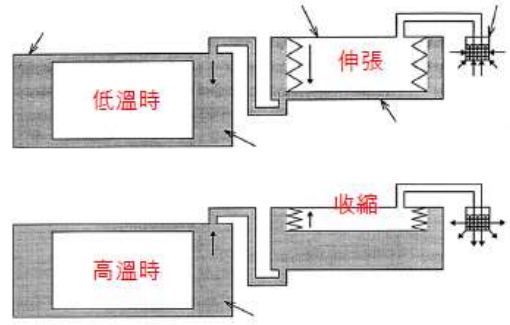


圖 2.20 釋壓閥外觀與構造圖

第10、儲油槽



藉由金屬伸縮囊吸收油的膨脹・收縮，
使變壓器內部一直保持與大氣壓相同。

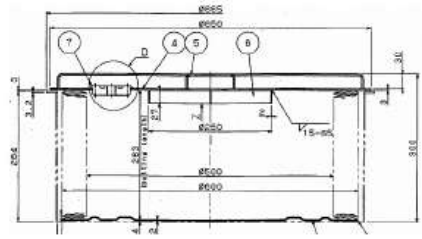


圖 2.21 儲油槽外觀與構造圖

第11、油液位計



圖 2.22 油液位計外觀圖

利用安裝在儲油槽金屬伸縮囊下表面板子上的藍/紅色標記來確認油面置

第12、過濾呼吸器

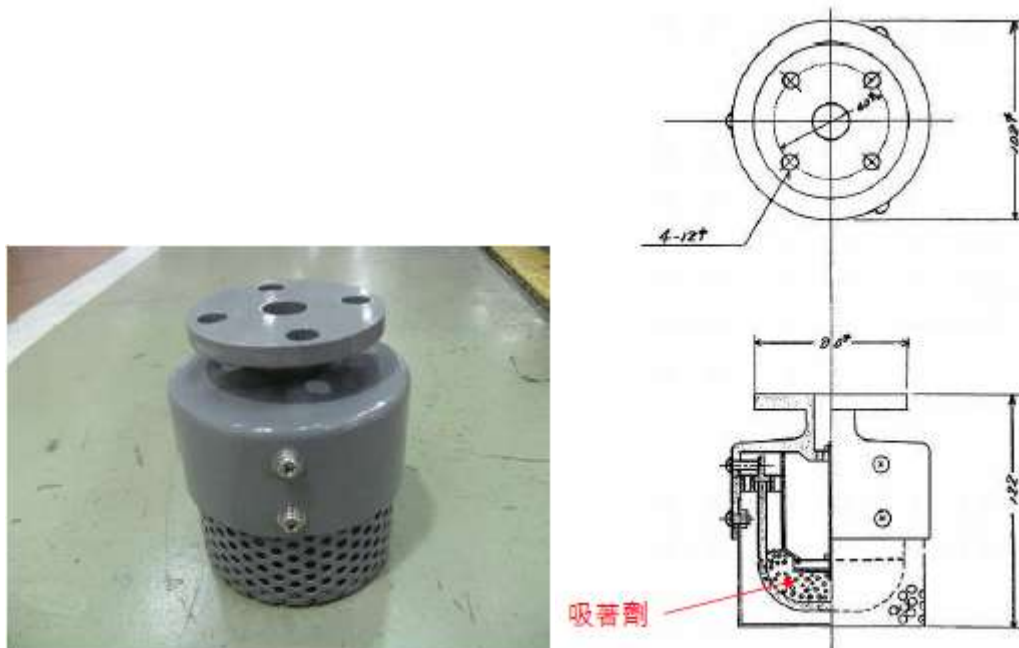


圖 2.23 過濾呼吸器外觀與構造圖

內置吸著劑，進到金屬伸縮囊中的空氣，會透過這個呼吸器除去塵埃，成為乾淨的空氣再送入

第13、排油閥

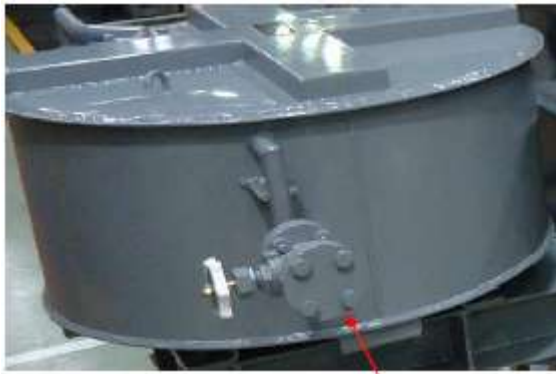


排油閥

在交換本體的油或進行採油時使用

圖 2.24 排油閥外觀圖

第14、真空閥



真空閥

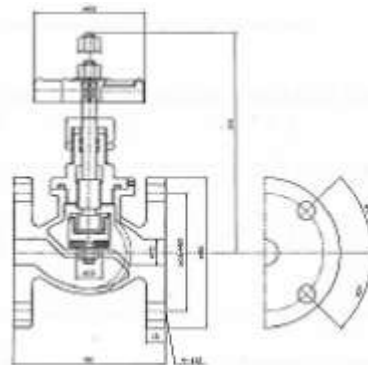


圖 2.25 真空閥外觀與構造圖

第15、可撓式配管



可撓式配管

在油冷卻器的油入口與出口各使用1個。
利用震動來吸收位移。

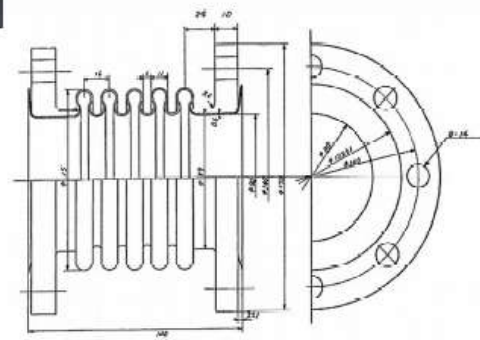


圖 2.26 可撓式配管圖

第16、可撓式風管



油冷卻器

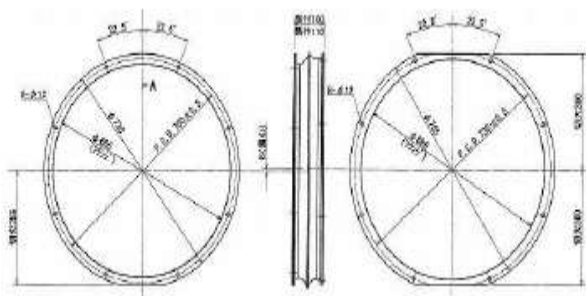


圖 2.27 可撓式風管圖

作為電動送風機與油冷卻器間的導管來使用，以吸收因組裝尺寸誤差及震動產生的相對位移

第17、防震橡膠

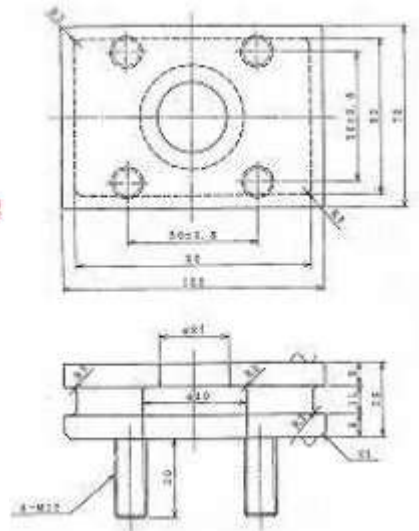
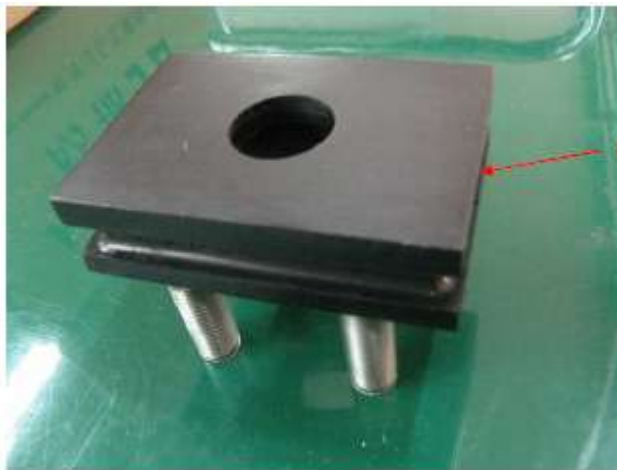


圖 2.28 防震橡膠外觀與構造圖

為了降低震動及噪音,採用防震橡膠支撐結構

第（六）項、主變壓器的保養檢修

第1、注意事項

為了將變壓器一直維持在正的狀態,並且安全地使用,請注意以下的事項

I.跳脫時的再投入:當跳脫電路動作時,在確定原因前請不要投入超過2次以上

II.閥的開關操作:非必要時,請勿隨意開關閥門

III.防止危險

- (1). 在主變器運轉中,請不要接近一次絕緣套、低壓端子
- (2). 請勿在活線狀態下進行作業:請務必在切斷電源,並將電路接地後,再進行作業。此外,電容請將端子短路,並進行放電後,再進行作業。
- (3). 槽體、冷卻器等,在運轉後會變成高溫狀態,請注意不要立刻觸碰

第2、電纜頭:主變壓器的一次側端子。

I.檢查各部份螺絲是否栓緊及外觀是否清潔。



圖 2.29 主變壓器電纜頭連接圖

II.主變壓器本體阻抗測試,以 $1000\text{M}\Omega$ 電阻計,測試要在 $200\text{M}\Omega$ 以上為合格。

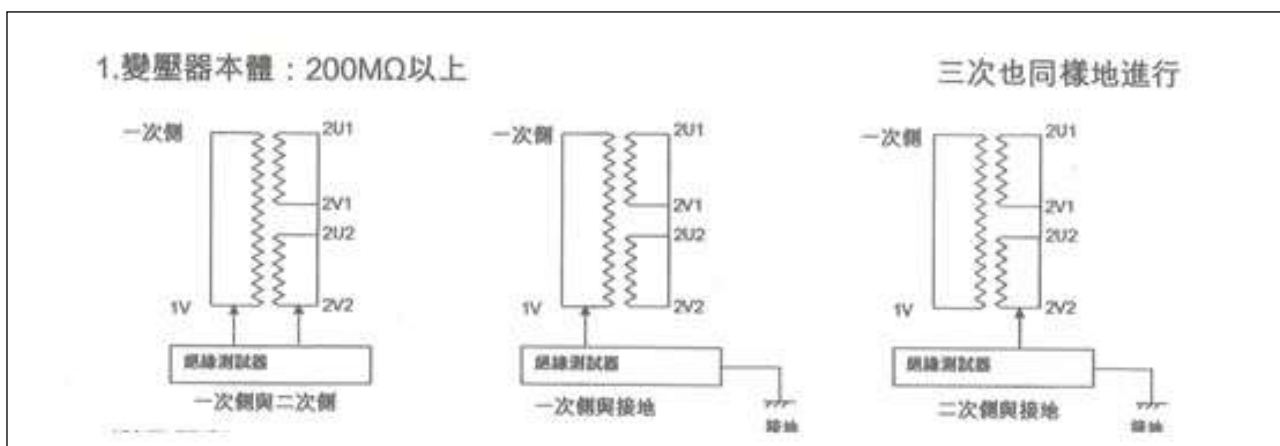


圖 2.30 主變壓器阻抗示意圖

第3、釋壓閥

I.傾確認螺栓是否鬆動。

II.動作壓力： $100\pm 15\text{kPa}$ ，動作後為了防止漏油會自動復位，請確認油是否有噴出。



圖 2.31 釋壓閥檢查重點示意圖

第4、電動油泵

I.馬達是利用油泵一體型變壓器油的直接循環來進行冷卻、供油，因此軸承不需要注油。

II.請確認油泵是否有出現異音。

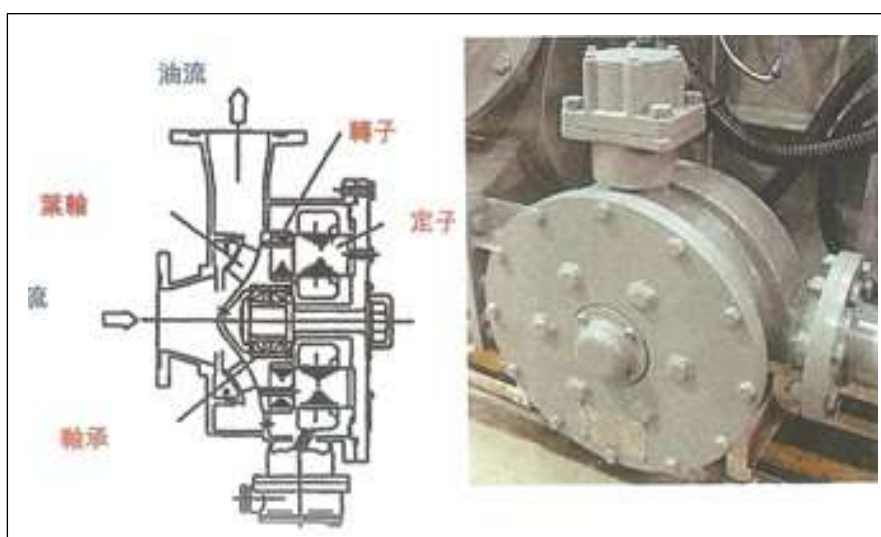


圖 2.32 電動幫浦外觀與構造圖

第5、油流繼電器

- I.油流量在 $120 \pm 15\% \text{L/min}$ 時「關閉」，在 $150 \pm 10\% \text{L/min}$ 時「開啟」，正常運轉時為「開啟」。
- II.油泵運轉時，確認指針是否擺動到「流動(RUN)」的位置。



圖 2.33 油流繼電器圖

第6、真空閥

- I.在交換本體的油或進行採油時使用。
- II.採油管、採油罐請使用新品。
- III.採油前，請以變壓器裡的油清洗採油管、採油罐。
- IV.請將油倒入至滿出為止，再以蓋子進行密封。
- V.絕緣油特性測試：
 - (1). 測量絕緣破壞電壓。
 - (2). 測量水分。



圖 2.34 真空閥與排油閥外觀圖

第7、合格判斷基準：

表格 2.2 檢測合格判斷基準表

測試項目	測試方法	合格判斷基準
絕緣破壞電壓	根據 JIS C 2101 第 22 項。 但 1 檢體測量 1 次，並採用測量 5 次的平均	30KV/2.5mm 以上
水分測量	JIS C 2101 第 20 項。使用卡爾費歇爾法進行	60ppm 以下

第8、過濾器、呼吸器

- I. 裡面放有吸著劑，進到金屬伸縮囊中的空氣，會透過這個呼吸器去除塵埃，成為潔淨的空氣再送入。
- II. 請確認吸著劑的髒污狀態，當吸著劑變黑變髒時，請以矽油洗淨或與新品進行更換。



圖 2.35 過濾器外觀與構造圖

第9、油液位計

- I. 利用安裝在儲油槽金屬伸縮囊下表面板子上的藍/紅色標記來確認油面位置。
- II. 通常：確認藍色的線與左側的刻度來確認溫度。
- III. 超過 100°C 時：確認紅色的線與右側的刻度來確認溫度。
- IV. 黃色指針為油溫指示；藍色指針為使用過後最高溫度顯示；橙色指針為上、下警報。



圖 2.36 油液位計外觀圖

第10、低壓端子

- I.請檢查導體連接部是否有鬆動，外露充電部與接地間的絕緣距離不能少於30mm。
- II.二次端子螺絲鎖緊扭矩： $1000\text{Kg} \cdot \text{cm}$ 。
- III.三次端子螺絲鎖緊扭矩： $450\text{Kg} \cdot \text{cm}$ 。

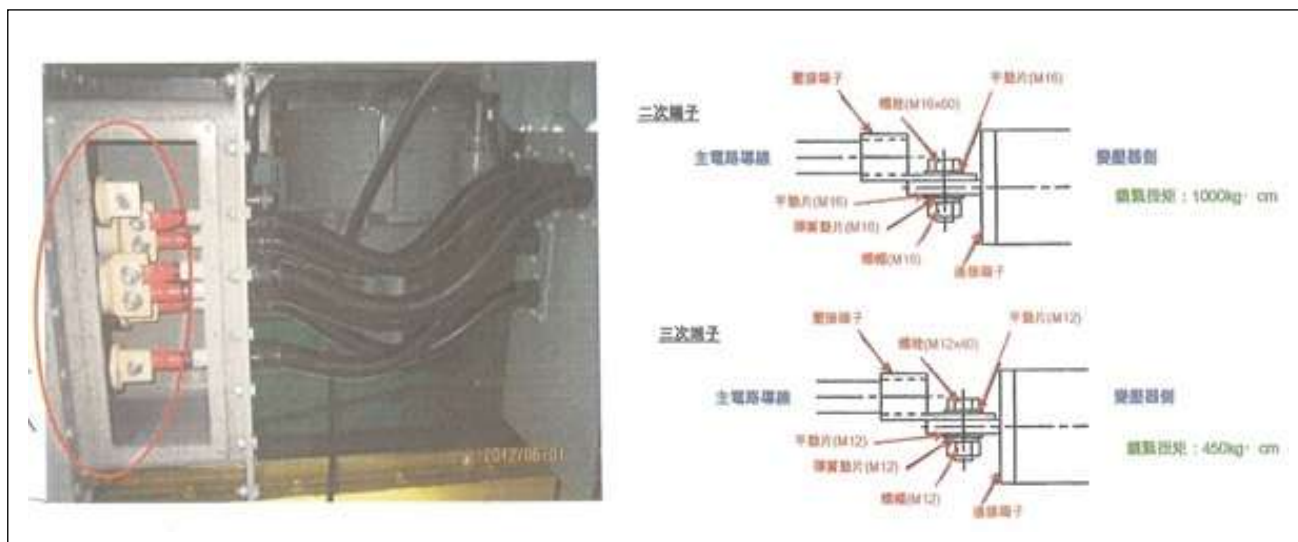


圖 2.37 低壓端子構造圖

第11、可撓式風管

- I.作為電動送風機與油冷卻器間的導管來使用，以吸收因組裝尺寸誤差及震動產生的相對位移。
- II.平時檢查風口是否有破損及漏氣之現象。

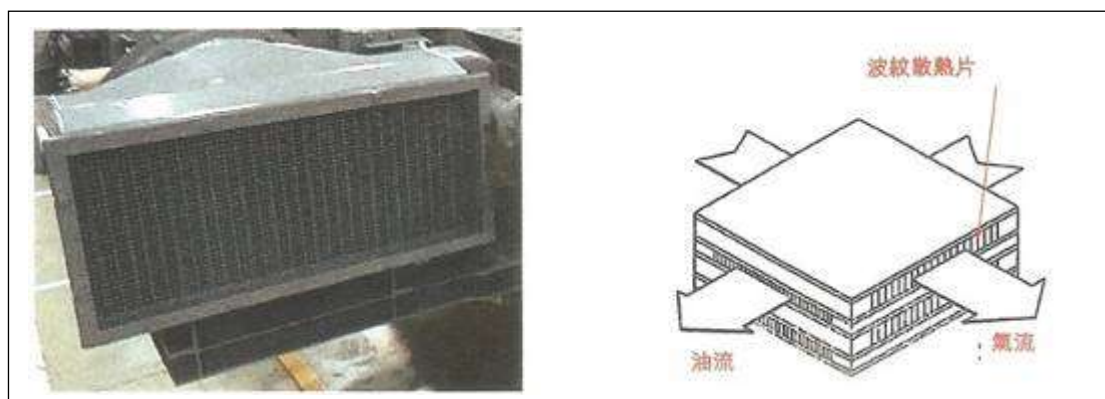


圖 2.38 油冷卻器外觀圖

第12、油冷卻器

- I.阻塞部的清潔拆除不可超出 20%的阻塞物。
- II.拆除可撓式風管並從與電動鼓風機之間吸走垃圾。
- III.若無法以壓縮空氣去除時請噴灑水蒸氣。
- IV.(噴灑後請充分進行乾燥，以防鏽蝕)。
- V.油冷卻器周圍是否有漏油的情形。

圖 2.39 油冷卻器圖



第13、馬達與馬達接線盒

- I.藉由離心軸流實現低噪音化，並藉由防震橡膠來實現低噪音、低震動。
- II.排風側採用不會將風向上卷起的構造。
- III.請確認電動鼓風機的運轉音，確認是否有出現異音。
- IV.馬達接線端子是否有栓緊。
- V.檢查防震橡膠是否有老化現象。



圖 2.40 馬達外觀與構造圖

第14、儲油槽的作用特徵(無壓密封方式)

- I.儲油槽內有金屬伸縮囊，金屬伸縮囊隨著溫度的高低而伸張收縮的功能。

II.拆除可撓式風管並從與電動鼓風機之間吸走垃圾。

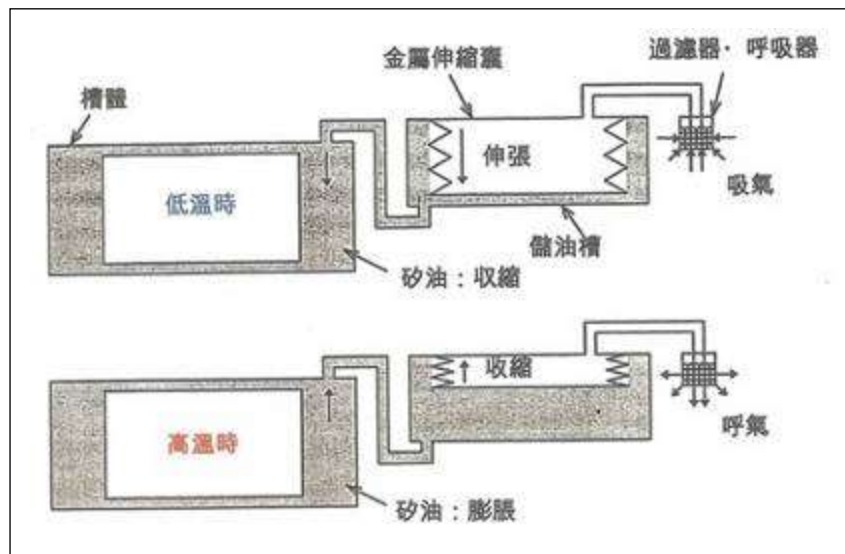


圖 2.41 儲油槽工作示意圖

第15、點檢的週期與項目-1

表格 2.3 點檢週期與項目列表 1

項目	點檢週期			
	48 小時以內	30 天以下或 15,000km 以下	18 個月以下或 250,000km 以下	3 年以下或 500,000km 以下
1.外觀檢查	○	○	○	○
2.過濾器呼吸器的點檢	○	○	○	○
3.油液位的確認	○	○	○	○
4.油泵的確認	○	○	○	○
5.油流繼電器的確認	○	○	○	○
6.電動鼓風機運轉音的確認	○	○	○	○
7.釋壓閥的確認	○	○	○	○

第16、點檢的週期與項目-2

表格 2.4 點檢週期與項目列表 2

項目	點檢週期			
	48 小時以內	30 天以下或 15,000km 以下	18 個月以下或 250,000km 以下	3 年以下或 500,000km 以下
8. 過濾呼吸器的污損點檢		○	○	○
9. 低壓端子部的點檢		○	○	○
10. 絕緣油特性測試			○	○
11. 絕緣阻抗測試			○	○
12. 絕緣耐力測試			○	○
13. 溫度繼電器的點檢			○	○
14. 油流繼電器的點檢			○	○
15. 絕緣套的清潔			○	○
16. 油冷卻器的清潔			○	○
17. 端子箱的點檢			○	○
18. 電動鼓風機的點檢、清 潔				○

第17、點檢的週期與項目-3

表格 2.5 點檢週期與項目列表 3

零件名稱	更換週期
溫度繼電器	10 年
油流繼電器	
墊圈	
防震橡膠	
電動油泵	僅軸承 10 年
呼吸器的吸著劑	視點檢結果的需求進行更換
閥類	
絕緣油	

第(七)項、主變壓器的放油、注油方法

第1、放油方法

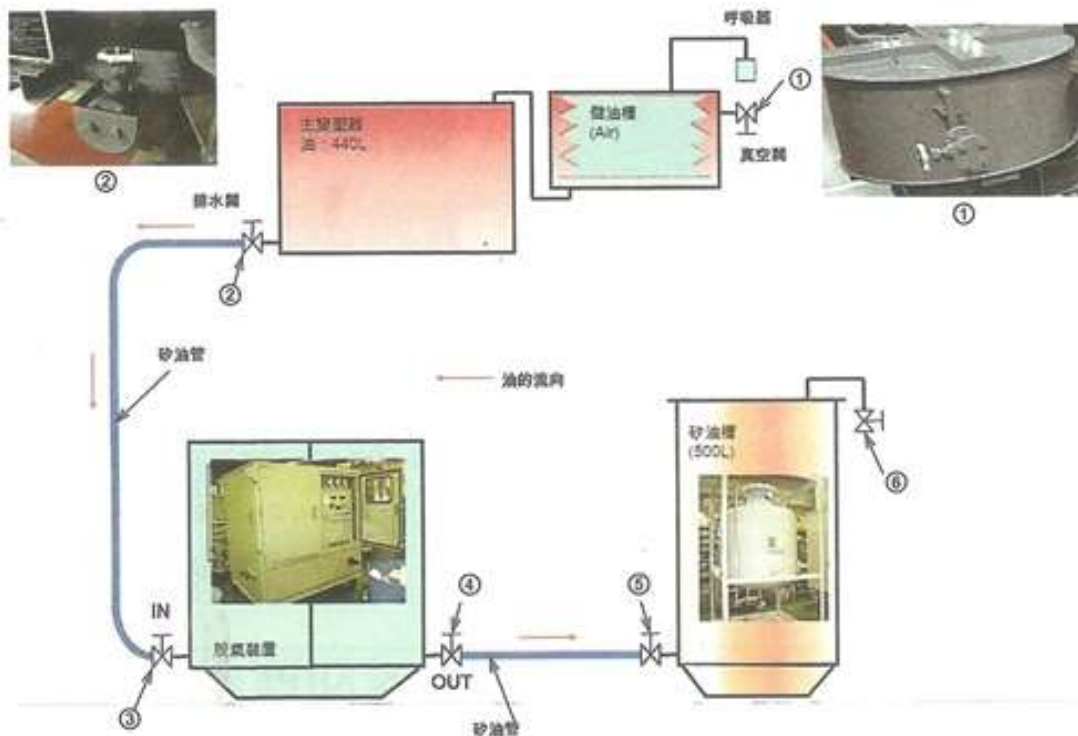


圖 2.42 放油流程圖

第2、注油方法

1. 抽真空

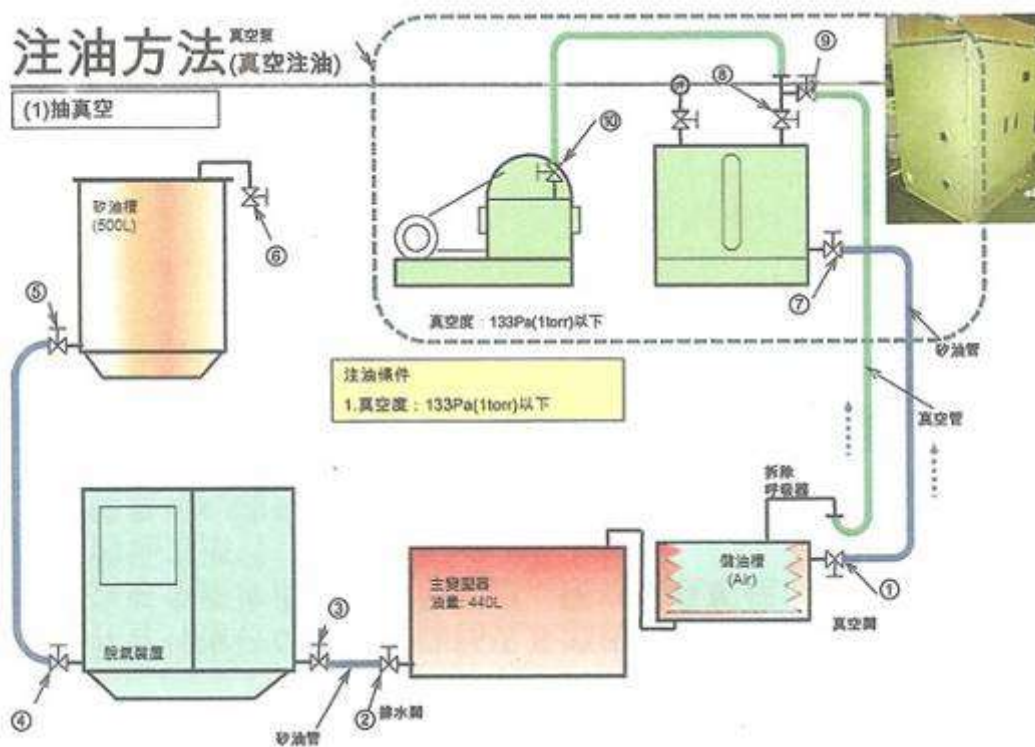


圖 2.43 注油流程圖

II.一邊抽真空一邊注油

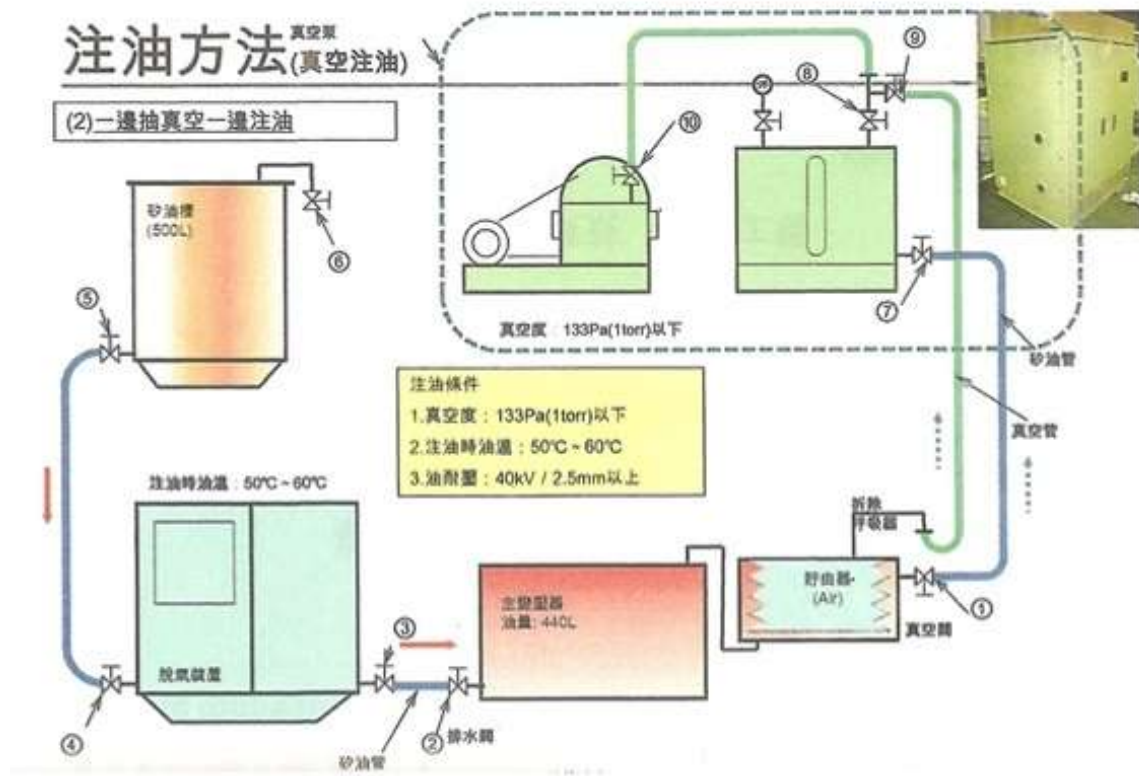


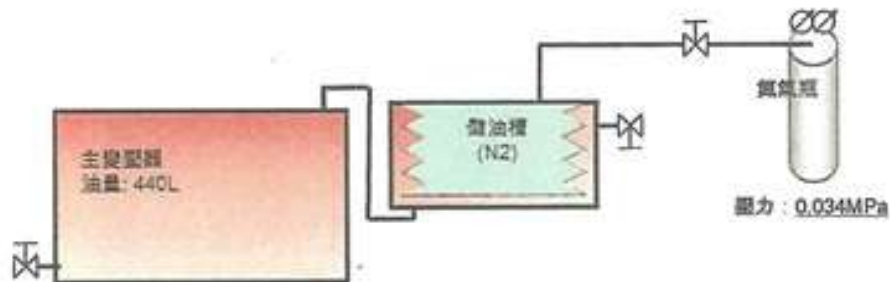
圖 2.44 真空注油流程圖

III.封入氮氣&加壓作業

- (1). 放置時間：兩小時以上。
- (2). 放置後請進行以下確認：
 - a 確認壓力(壓力下降的量是否在 0.0049Mpa 以內)。
 - b 確認是否有漏油(螺栓部)。
 - c 確認油面位置。

注油方法(封入氮氣 & 加壓作業)

(3)封入氮氣



(4)氮氣加壓放置

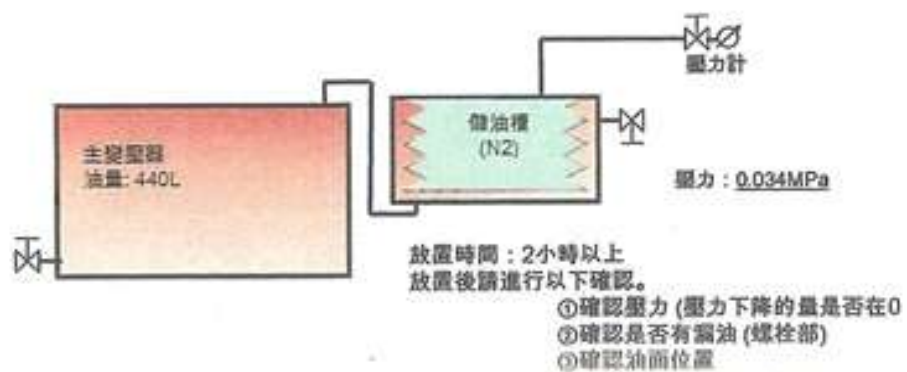


圖 2.45 氮氣加壓作業示意圖

IV.油液位調整

- (1). 請恢復成大氣壓。
- (2). 請調整油的液位，使油液位計的溫度與溫度繼電器的值相同。
- (3). 請安裝呼吸器。
- (4). 請進行油分析。

注油方法(油液位調整)

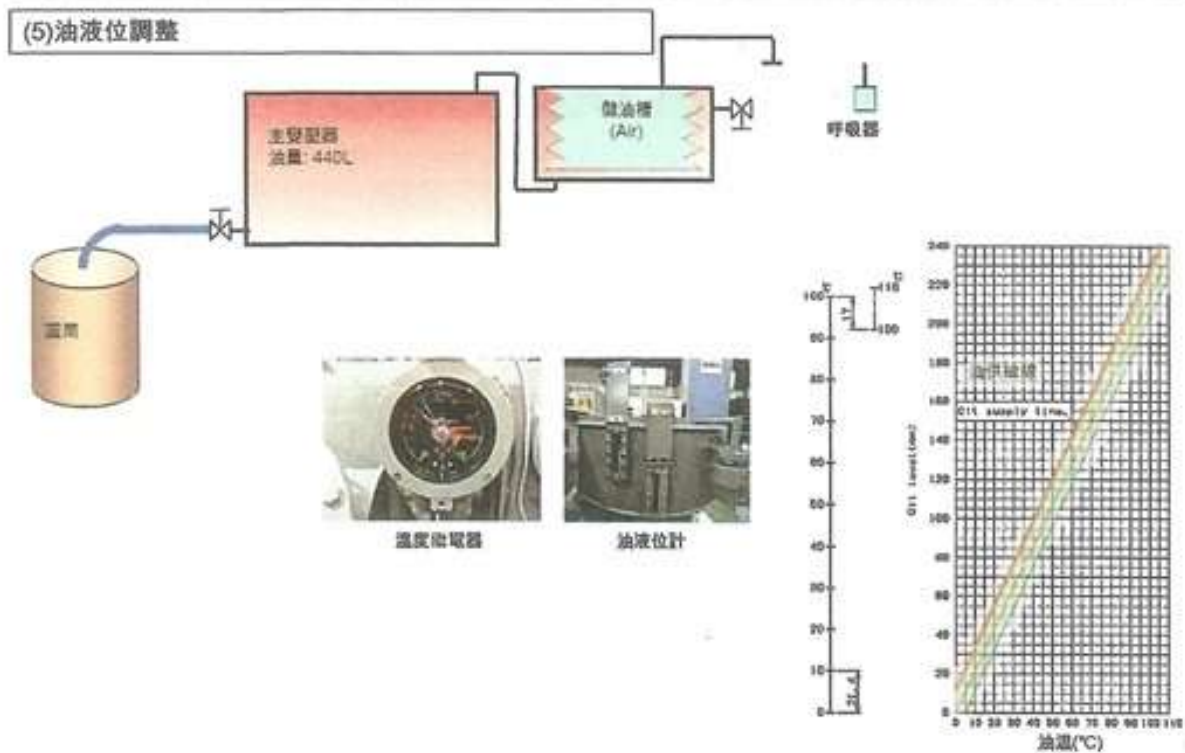


圖 2.46 油液位調整工作圖

第3、注意事項

- I.在室外進行時，請避開雨天及濕度高時。
- II.為避免塵埃混入變壓器內部，請在環境較佳的地方進行。
- III.請盡可能縮短開放變壓器內部的時間。

第3節、東洋-齒輪裝置以及齒輪連結器課程

第（一）項、齒輪箱介紹及維修保養說明

第1、齒輪裝置總成

I.規格

- (1). 型號 KD576-A-M
- (2). 齒輪比 $85/14=6.07$
- (3). 齒輪模數 7mm(齒直角)
- (4). 齒型 壓力角 26° 螺旋角 20°
- (5). 傳動方式 齒輪形平行萬向接頭軸驅動方式
- (6). 質量 315kg

第2、構造及功能

I.齒輪裝置(附圖 1、2、3)

齒輪裝置是藉由螺旋齒輪做單級減速，小齒輪是以鎳鉻鉬鋼滲碳淬火後再研削成形。大齒輪是以碳鋼做高周波淬火後再研削成型。齒輪箱則是為了降低噪音而採用FCD(球狀墨鑄鐵)材質。

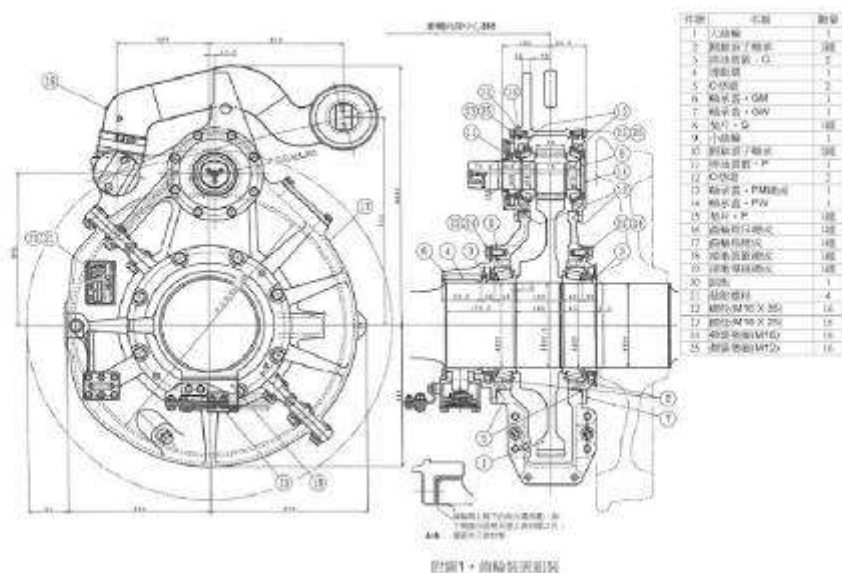


圖 3.1 齒輪裝置分解圖

小齒輪以及齒輪箱是以圓錐滾子軸承支持的。齒輪以及各個軸承的潤滑使用共同的潤滑油，潤滑方式是以大齒輪的回轉產生飛沫以潤滑各部件。齒輪箱下方設有磁力栓，用以吸除油裡面的鐵粉。

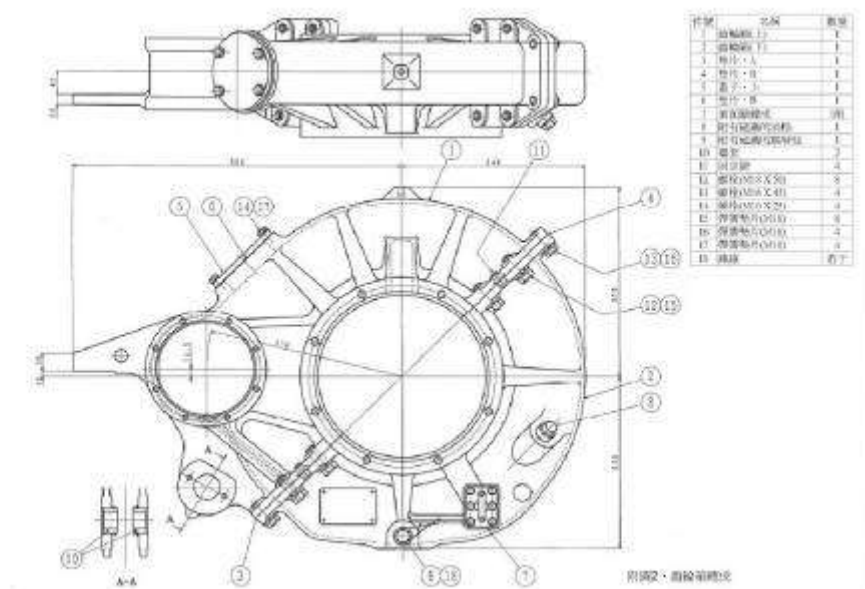
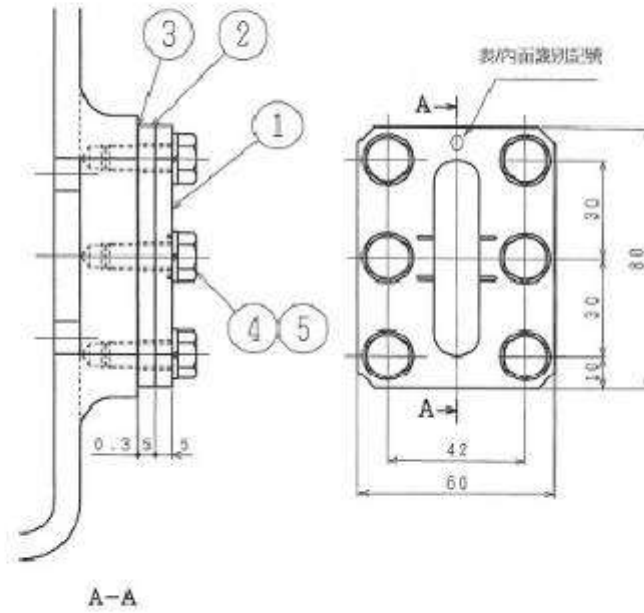


圖 3.2 齒輪蓋總成圖

另外，齒輪箱設有油面錶，油面錶上面的兩條紅線各代表上限及下限，用以管理潤滑油、使油面保持在油量最高限與最低限之間。

件號	名稱	數量
1	蓋子	1
2	透明板	1
3	墊圈	1
4	螺栓(M8 X 22)	6
5	彈簧墊片(M8)	6



附圖3·油面錶總成

圖 3.3 油面錶總成圖

第3、保養

I.需定期更換的零件

表格 3.1 需定期更換零件表

品名	使用場所	零件名稱及品牌	更換週期	備註
潤滑油	齒輪箱內	Shell Spirax EP90 (Shell)	依從步驟(5) 的週期表	發生乳化或者 非常髒時要沖 洗更換

II.超過使用(磨耗)限度後更換的零件

表格 3.2 超限更換零件表

品名	使用部位	零件型號	使用(磨耗限 度)	備考
接地用碳刷	附圖 4- 件號 1	G349358-01	磨耗量 20mm	定期檢查
滑動環	附圖 1-4 碳刷滑動面	G209341-01	磨耗量	

III.拆卸後不重複使用而需要更換的零件(耗材)

表格 3.3 耗材零件表

品名	使用部位		零件型號
墊圈類	齒輪箱接合面	附圖 2-件號 2	G327392-01
	齒輪箱接合面	附圖 2-件號 3	G327393-01
	齒輪箱檢查蓋	附圖 2-件號 6	G231306-01
	接地裝置蓋	附圖 4-件號 6	G233308-01
O 型環	軸承蓋・G	附圖 1-件號 5	G235384-01
	軸承蓋・P	附圖 1-件號 12	G235383-01
圖形金屬墊片	接地裝置	附圖 4-件號 8	G250422-01
鐵絲	排油栓	附圖 2-件號 18	線徑 $\varphi 1.2$

除了上述零件外，若在檢查時發現異常的零件也需更換。

IV.調整用墊片(更換軸承時務必準備一份)

表格 3.4 墊片一覽表

品名	使用部位		部品編號	板厚
墊片・G	軸承蓋・GM	附圖 1- 件號 8	G315353-01-04	0.5、0.3、 0.15、0.1
墊片・P	軸承蓋・PM	附圖 1- 件號 15	G316021-02-05	0.3、0.15、 0.13、0.1

V.保養檢查週期

表格 3.5 保養週期表

	第一年				第二年		每	每
	試 運 轉 後	1 個 月	6 個 月	12 個 月	6 個 月	12 個 月	3 年	6 年
潤滑油的更換	—	O	—	—	—	—	O	O
磁性栓(供油栓)的檢查	O	O	O	O	O	O	O	O
小齒輪軸承間隙測量・調整	—	—	—	—	—	—	—	O
齒輪箱支撐軸承間隙測量	—	—	—	—	—	—	—	O
接地用碳刷的檢查	—	—	O	O	O	O	O	O
吊舉裝置的檢查	—	—	—	—	—	—	—	O
齒輪的檢查	—	—	—	—	—	—	O	O

第4、檢查要領

I.潤滑油

每月進行車輛檢查時務必觀察油面錶，確認潤滑油的油量以及有無乳
化、劣化等狀況發生。

(1). 確認油量

空車停止(迴轉停止後經過 15 分鐘以上)狀態下，透過油面錶確

認油量情況。如果油面低於上下界線中間值的話，就要加油至上線標線。

油量超過上限標線的話容易發生漏油，但如果低於下限標線的話，軸承可能會被燒壞。

II. 確認潤滑油有無乳化、劣化

保管時的結露或雨水侵入，或者在雨季運行都可能引起乳化，產生白色混濁物。驅動裝置中如果有水侵入的話，可能會導致潤滑油劣化、生鏽，繼而引發設備故障。透過油面錶觀察窗，確認潤滑油有無乳化或者變色。如果發黑狀況很嚴重的話，請檢察磁性栓。若有發現異常則排出潤滑油，沖洗過後換上新的潤滑油。

(1). 磁性栓

供油栓(附圖 2-件號 8)的前端設有磁鐵，會吸引潤滑油內部的鐵片或磨耗鐵粉，用以判斷軸承有無異常。定期拆下供油栓，按下表確認有無異常。並且，確認後務必清潔磁鐵周邊，摻上密封膠布後再進行組裝。

(2). 軸承

為了防止因使用中的軸承不良造成車輛故障，軸承被定義為驅動裝置的重要保養裝置，檢查或更換時需要特別注意操作。另外再更換軸承時，要事先準備設備、治具等。同時要準備調整間隙用的墊片。

III. 外觀檢查

進行全面檢查而分解時，檢查磁性栓、軸承邊緣部以及保持器的狀態，看是否有電腐蝕，有異常的話應及時更換。

〔 檢查項目 〕

- (1). 軸承邊緣部有無因被燒焊發熱而導致變色。
- (2). 保持器有無裂紋、龜裂、部分破損、凹痕。
- (3). 內外環的軌道面和滾子的迴轉面有無電腐蝕(看到條紋或者很多的坑窪)脫落、生銹等。

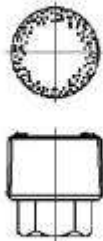
正 常	異 常
磁鐵周邊僅有少量黑灰色的粉末與油附着 	除左邊所述狀況以外還在磁鐵表面附著黑色的鱗狀的薄鐵片  · 很可能是軸承過壞。 · 拆卸檢查或者用內視鏡確認。
	附著相當大的鐵片  · 很可能是軸承保持器損壞。 · 拆卸檢查或者用內視鏡確認。

圖 3.4 外觀檢查要領示意圖

IV.間隙的量測

軸承的間隙在新製作時雖然會調整，但在行駛過程中會因為磨損而產生變化，所以在全面檢查時務必測量，如果偏離了規定範圍的話需要於拆卸後重新調整。

V.接地碳刷

車輛上的接地碳刷是接地迴路上非常重要的零件。碳刷發生異常磨損或是與其他零件有干涉的話，馬達和驅動裝置的軸承以及齒輪齒面都會發生電腐蝕，進而造成設備故障。所以務必定期檢查，有異常的話應及時更換。

- (1). 有無裂紋和變色。
- (2). 電線和端子有無變色和斷線。
- (3). 碳刷支架(附圖 4-件號 3)內碳刷是否能順暢的移動(有無卡住等)。
- (4). 滑動環(附圖 1-件號 4)的碳刷滑動面有無生銹或異常磨損。
- (5). 確認碳刷長度。

VI.齒輪

在重要部位檢查和全面檢查時，請以目視齒面來對齒輪進行外觀檢查。

- (1). 能夠看到剝落和龜裂的地方用磁粉探傷進行確認，嚴重的話請進行

更換。

- (2). 齒面上如果發現有犁地狀的坑窪時，可判斷是發生電腐蝕。尋找電腐蝕發生原因並排除，嚴重的話請更換。

第（二）項、齒輪箱特殊工具之使用方法與步驟

第1、齒輪箱

- I. 分解齒輪箱時將排油栓 (附圖 2-件號 9) 拆下，並將潤滑油排出。
- II. 拆卸用來鎖固齒輪箱上下部份的六角螺栓、墊片 (附圖 2-件號 12、13、15、16)。
- III. 以木塊支撐使齒輪箱接合面保持水平，然後拆下軸箱蓋・GW(附圖 1-件號 7)與軸承蓋・GM(附圖 1-件號 6)上的螺栓、墊片 (附圖 1-件號 22、24)，卸下軸承蓋(附有軸承外環的狀態)。
- IV. ③使用環首螺栓吊起齒輪箱(上)，同時將在步驟②拆下的兩個六角螺栓 (附圖 1-件號 22) 插入齒輪箱(下)接合面 (附圖 2-件號 2) 的拆卸攻牙孔 (M16、2 處)，並以鎖螺絲的作法拆下齒輪箱(上)。另外，齒輪箱接合面的墊片 (附圖 2-件號 3、4) 不可重複使用。
- V. 分解油面錶之後清潔時，請注意不可以使用有機溶劑擦拭油面錶面。
- VI. 請注意不可損傷齒輪箱接合面以及車輪側迷宫密封處，以避免造成漏油或與大齒輪干涉。

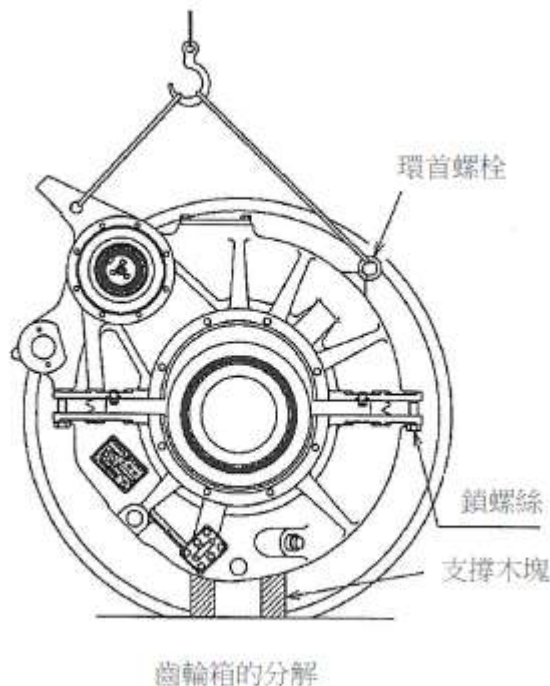


圖 3.5 齒輪箱分解圖

第2、 小齒輪周圍

I.分解小齒輪周圍之前請先卸下齒輪箱(上) (附圖 2-件號 1)。另外、齒輪箱在組裝狀態下將無法拆卸小齒輪。(小齒輪軸承蓋用的螺栓：M12、螺牙長度 45mm 以上、2 根)

II.拆下軸承蓋・PM 總成 (附圖 1-件號 13)的六角螺栓、墊片 (附圖 1-件號 23、25)，利用拆卸攻牙孔(M12、2 處)卸下軸承蓋・PM。然後取下小齒輪 (附圖 1-件號 9、附有軸承內環及排油裝置)

III.軸承蓋・PW (附圖 1-件號 14)也比照拆下 (參考圖 5.1.6-3)，此時一同拆下軸承蓋側的 O 型環 (附圖 1-件號 12)。另外，此 O 型環不可重複使用。

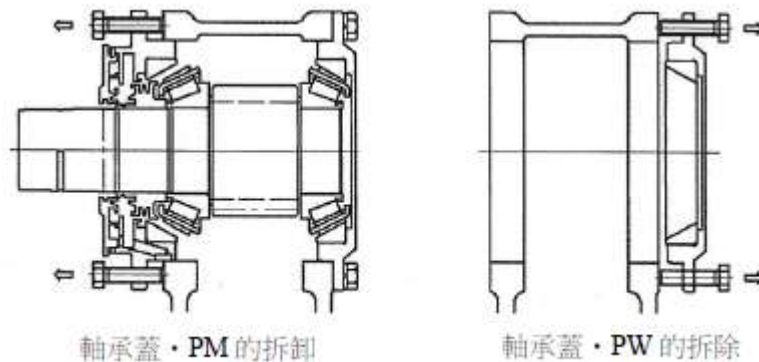


圖 3.6 軸承蓋拆卸示意圖

IV.O 型環不可重複使用的原因是：鎖固力降低的同時也將會成為漏油的原因。

V.將馬達側的軸承內環 (附圖 1-件號 10)與排油裝置・P (附圖 1-件號 11)一同以沖壓器與推出工具(G251417) 及 夾具(小齒輪軸承內環拔除器 - G301539)將其從小齒輪軸上拆下。

VI.④用沖壓器與推出工具(G251417) 及 夾具(小齒輪軸承內環拔除器 - G301539)將車輪側軸承內環拆下。

沖壓器：500kN(50tonf)立式沖壓器

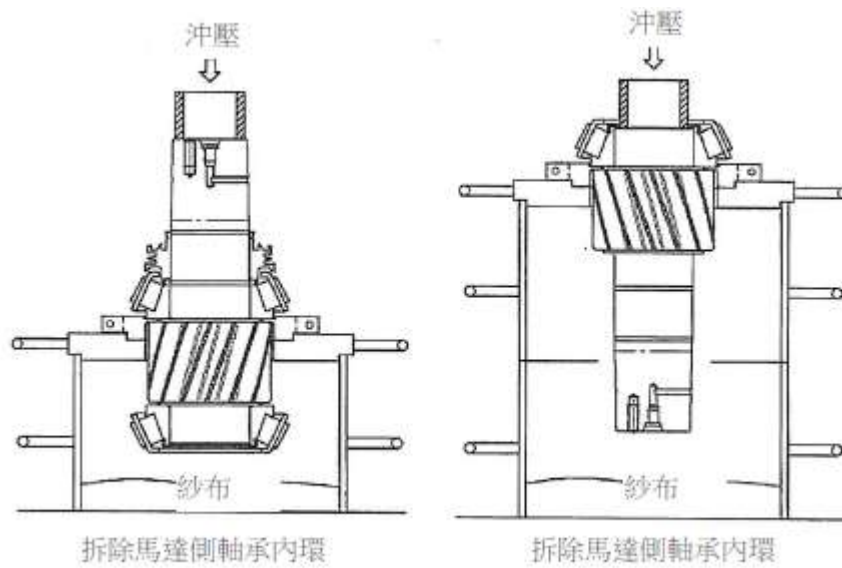


圖 3.7 拆除馬達軸承內環工作示意圖

VII. 為了防止損傷軸承和小齒輪，沖壓拆除時請在底部墊上紗布。

VIII. 用治具(小齒輪軸承外環拔除器 - G301540) 將車輪側軸承外環從軸

承蓋與 PW 上拆下。馬達側的外環也採用相同的方法拆除。

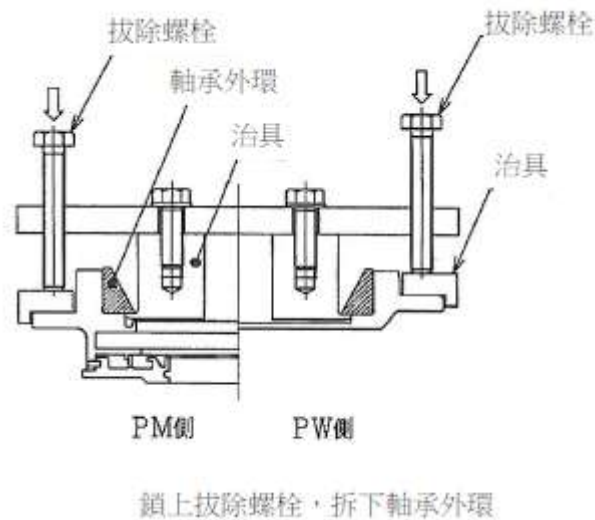


圖 3.8 軸承外環拆卸工作示意圖

第（三）項、齒輪箱安裝步驟

第1、齒輪箱安裝

齒輪箱下蓋先安裝



圖 3.9 齒輪箱安裝步驟圖 1

下蓋安裝完畢後，再倒裝於下部。用止車楔固定



圖 3.10 齒輪箱安裝步驟圖 2

下齒輪箱要與上齒輪箱組合之前，先放置墊片。



圖 3.11 齒輪箱安裝步驟圖 3

安裝上齒輪箱



圖 3.12 齒輪箱安裝步驟圖 4

上下齒輪箱蓋結合後，再以螺栓逐一固定完成。



圖 3.13 齒輪箱安裝步驟圖 5

第（四）項、大齒輪軸承之間隙量測與調整

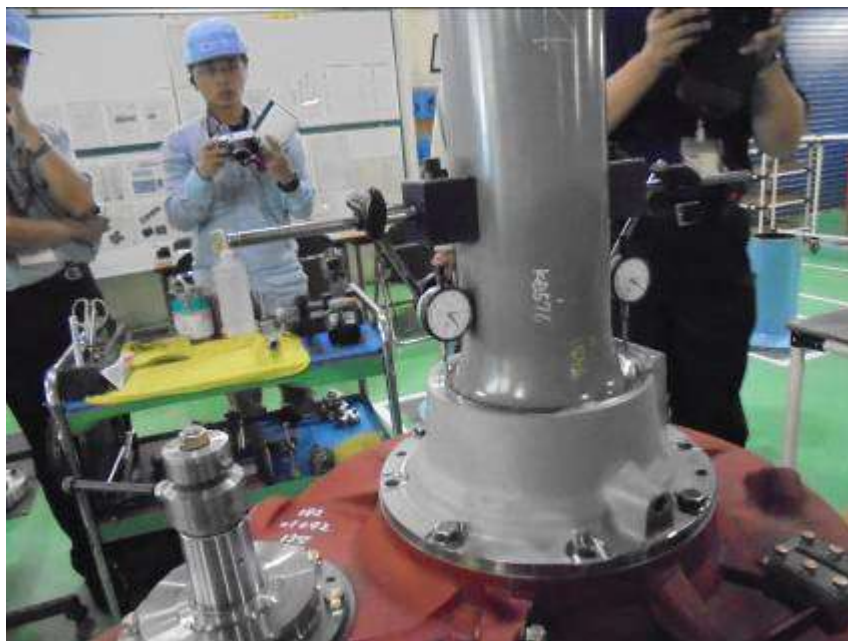


圖 3.14 大齒輪軸承間隙量測工作圖

I.將車軸豎立

II.將千分表放置於軸承蓋・GM（附圖 1-件號 6）法蘭上，一邊旋轉一邊將車軸往下壓，讀取千分計的數值。隨後吊起車軸量測相同位置測得軸向的間隙，當測量軸向間隙時，必須旋轉數次使得內外環軸承的滾子與錐面更加緊密。

III.將車軸 180°旋轉，與步驟 II 相同方式測量軸向間隙，若兩個測量值差距

很小，則間隙值取其平均值。確認間隙值介於 **0.100~0.160mm**。若兩個測量值差距很大，則可能是軸承安裝錯誤或測量方式不正確，請再次確認。

IV.假使間隙值超出規定範圍，增加調整墊片以調整間隙。

第（五）項、東洋工廠參觀紀錄

第1、車輪壓入示範

車軸倒立直裝，安裝軸承及蓋



圖 3.15 車輪壓入步驟圖 1

於軸頸塗裝和車輪內面黏結之接觸劑



圖 3.16 車輪壓入步驟圖 2

車輪內面也塗裝相同之接觸劑，塗上特殊白漆可減少鐵屑產生，降低摩擦阻力易將車輪壓入



圖 3.17 車輪壓入步驟圖 3

在車輪側加裝一條綠色油管，當車輪壓入車軸時，安裝小齒輪端撓性接頭



圖 3.18 車輪壓入步驟圖 4

安裝前先確認軸承是否有異常或異物

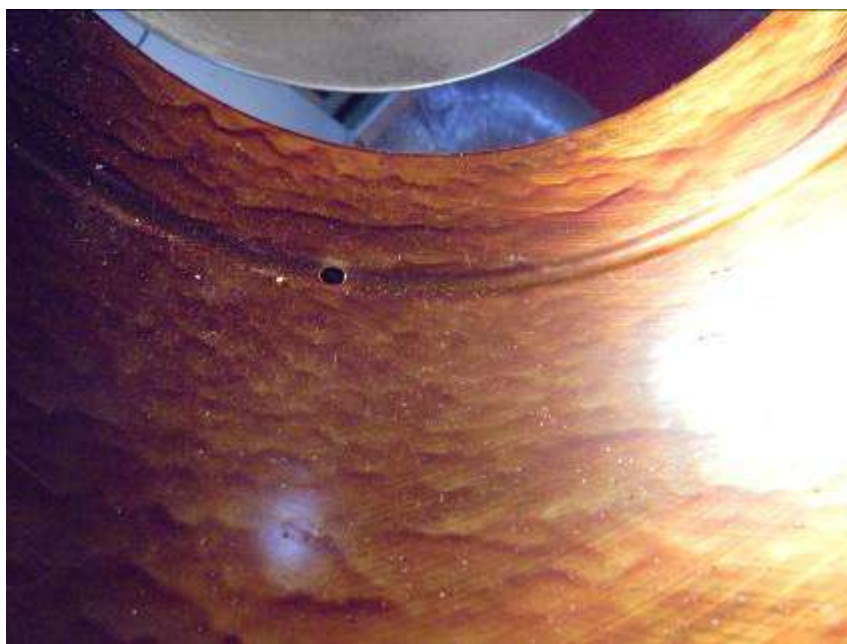


圖 3.19 車輪壓入步驟圖 5

將車輪壓入，與軸頸塗裝處結合



圖 3.20 車輪壓入步驟圖 6

車輪與車軸組裝完成



圖 3.21 車輪壓入步驟圖 4

以油壓機加壓使車輪與車軸壓緊密合



圖 3.22 車輪壓入步驟圖 8

完成車輪壓入

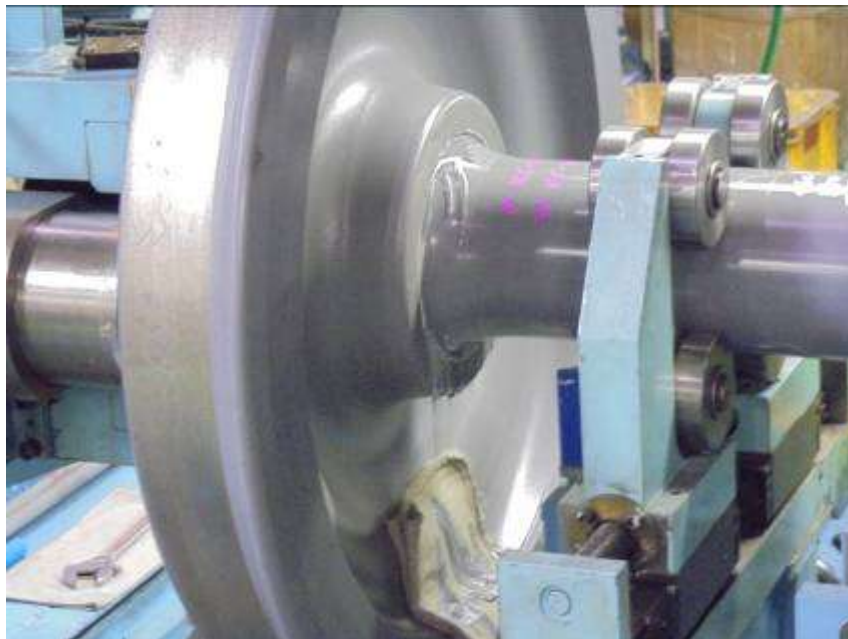


圖 3.23 車輪壓入步驟圖 9

第2、齒輪箱側撓性聯軸器安裝示範

小齒輪聯結器安裝之前，先檢查軸頸是否有損傷



圖 3.24 撓性聯軸器安裝步驟圖 1

以特殊金屬製造之撓性聯結器，安裝前檢查內面是否有損傷



圖 3.25 撓性聯軸器安裝步驟圖 2

安裝方鍵定位於軸頸溝槽



圖 3.26 撓性聯軸器安裝步驟圖 3

用油壓將撓性聯結器壓入



圖 3.27 撓性聯軸器安裝步驟圖 4

若欲分解撓性聯結器體時，需使用油壓注入器體內，使其內部壓力將聯結器彈出



圖 3.28 撓性聯軸器安裝步驟圖 5

開始壓入液體，如圖示壓力表顯示當前內部壓力



圖 3.29 撓性聯軸器安裝步驟圖 6

第3、動輪組旋轉試驗

將小齒輪軸頸利用皮帶和試驗轉速機連結



圖 3.30 動輪組旋轉試驗步驟圖 1

聯結後準備測試



圖 3.31 動輪組旋轉試驗步驟圖 2

測試過程由 0RPM 開始，圖中紅色梯形線顯示設定測試行程之轉速、時間與方向變化



圖 3.32 動輪組旋轉試驗步驟圖 3

旋轉測試下部情形



圖 3.33 動輪組旋轉試驗步驟圖 4

測試條件為小齒輪轉速到達 3100rpm(79km/h)正反轉各持續 30 分鐘，再將轉速提高為 5500rpm(140km/hr)，再做一次。

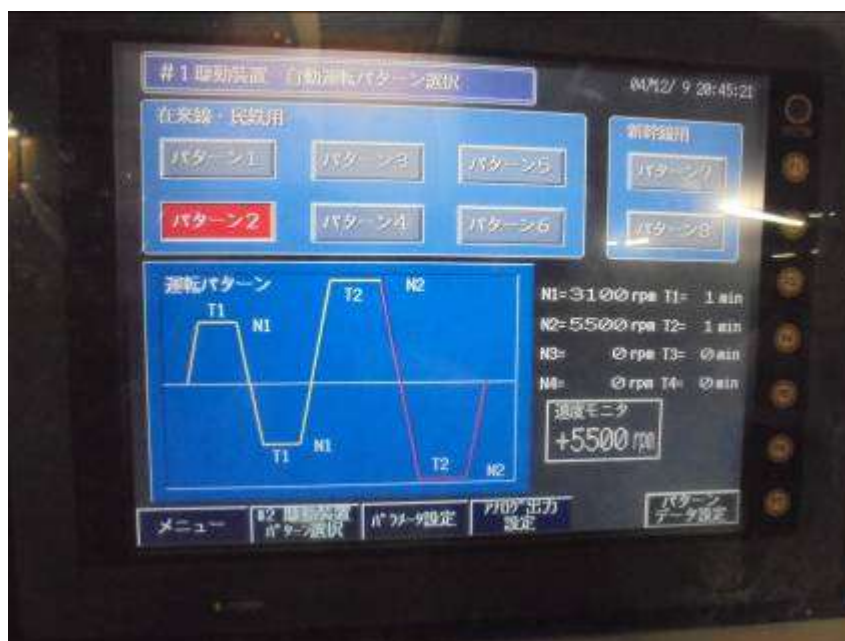


圖 3.34 動輪組旋轉試驗步驟圖 5

第4節、東芝-C/I、牽引馬達、SIV、TCMS 課程

第（一）項、感應馬達

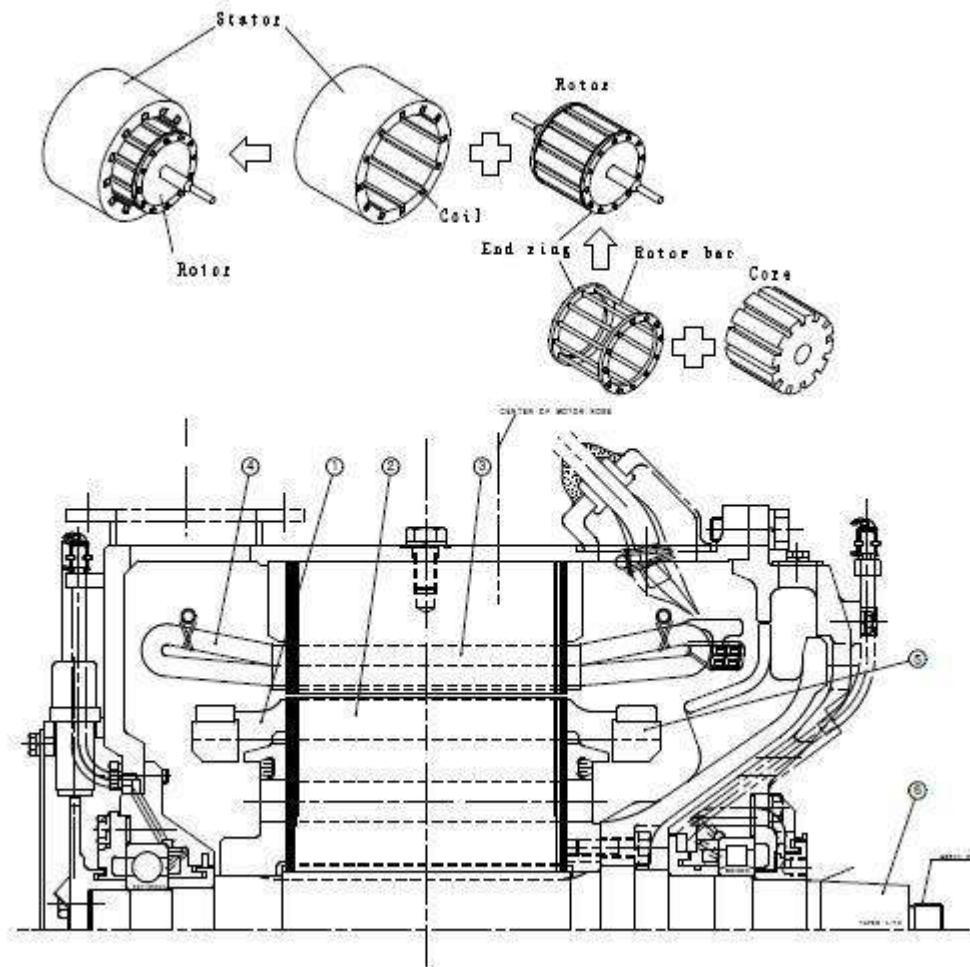


圖 4.1 馬達構造圖

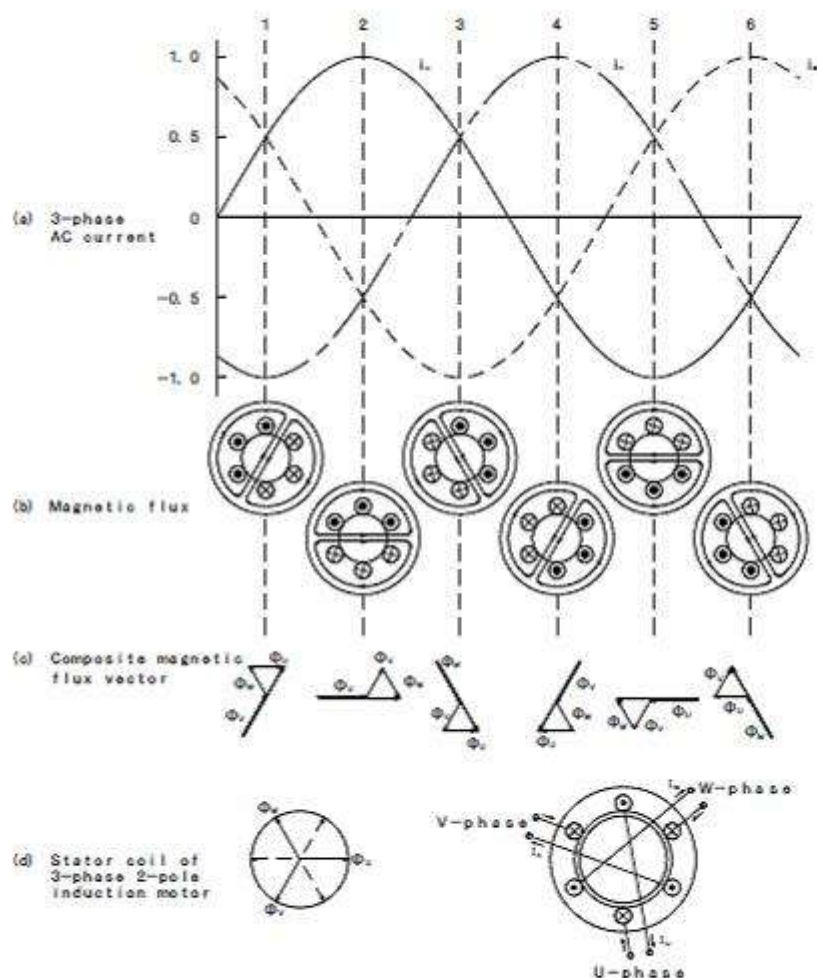


圖 4.2 馬達運作原理圖

第（二）項、使用 VVVF 變流器的感應馬達控制系統

第1、感應馬達之轉矩特性

感應馬達驅動之電力軌道車輛不需要直流馬達驅動之電力軌道車輛使用的速度牽引效果特性。然而，考慮到電力軌道車輛可以混合使用傳統常規的軌道車輛或在搶救故障車輛或掌握駕駛技術的設施時，感應馬達具有與直流馬達相同的特性時，會比較方便。

同時，使用直流馬達時，基本上速度是由電壓控制與現場控制來控制；而使用感應馬達時，需要適當地控制許多因素（馬達端子電壓、電流、電源頻率、空轉頻率等）。

I.感應馬達之轉矩特性

圖 4.1 至圖4.2 說明當馬達電壓、電流、頻率、空轉因數改變時，轉矩隨之改變的情形。圖4.3 說明僅當頻率改變，電壓維持不變時之特性狀態。當僅僅頻率改變時，轉矩隨 $1/f^2$ 等比例降低

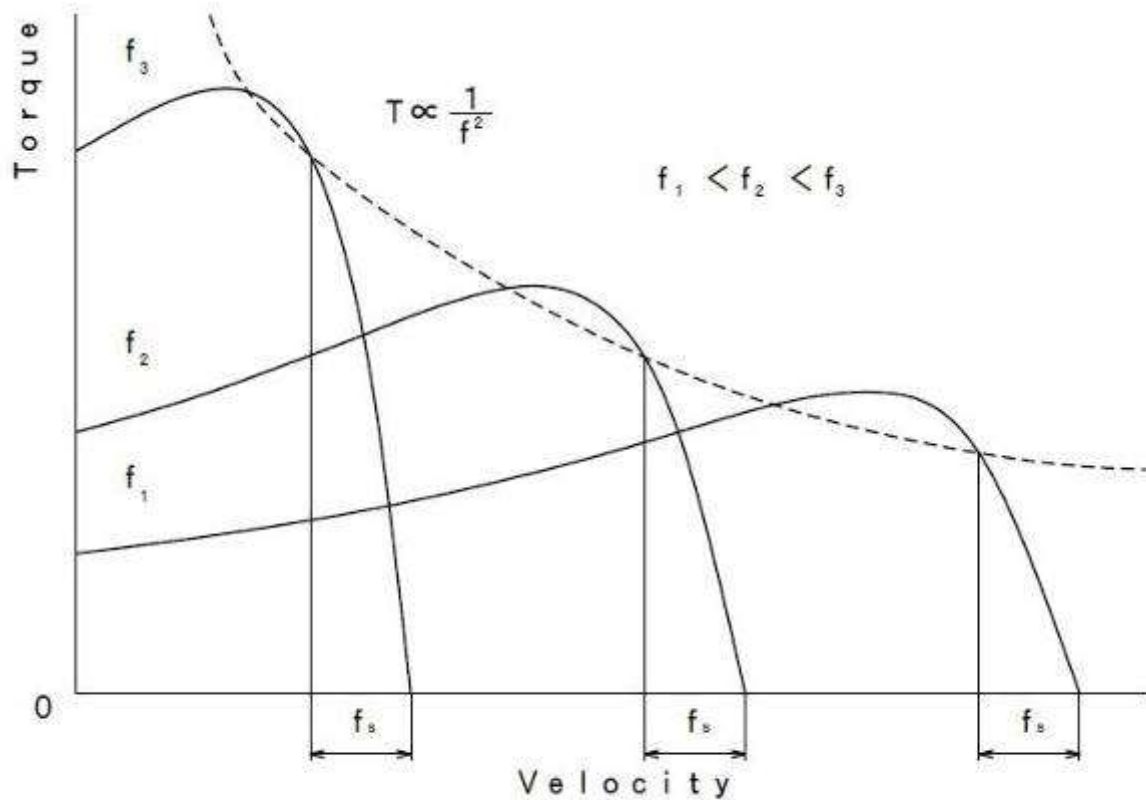


圖 4.3 轉速-轉矩特性圖〈僅頻率改變時〉

圖4.4 顯示頻率固定不變，僅改變電壓時的特性圖。當僅為電壓改變時，轉矩轉矩隨 V^2 等比例增加，但是速度不會增加。

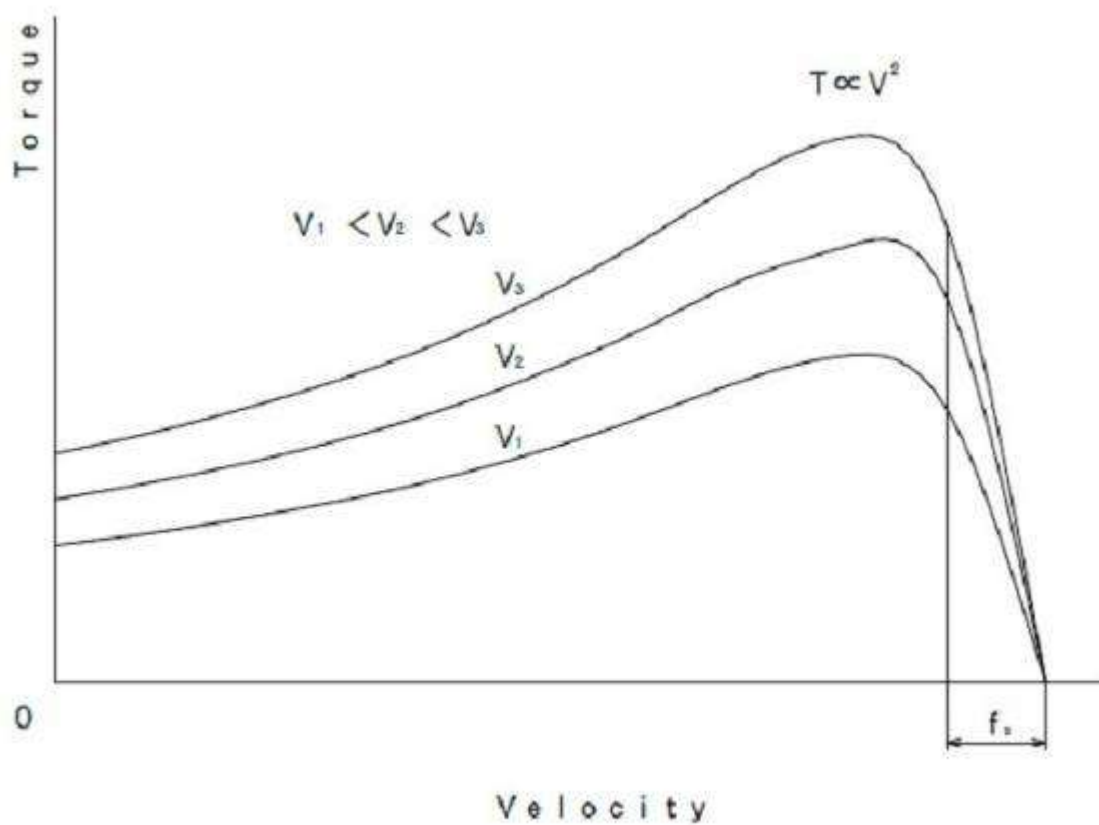


圖 4.4 轉速-轉矩特性圖〈僅電壓改變時〉

圖 4.5 顯示當電壓、頻率改變，然而電壓/頻率比值 (V/f) 固定不變時的特性圖。可以於轉矩固定不變時，藉由改變電壓、頻率值，來改變速度，但 V/f 值維持定值不變。

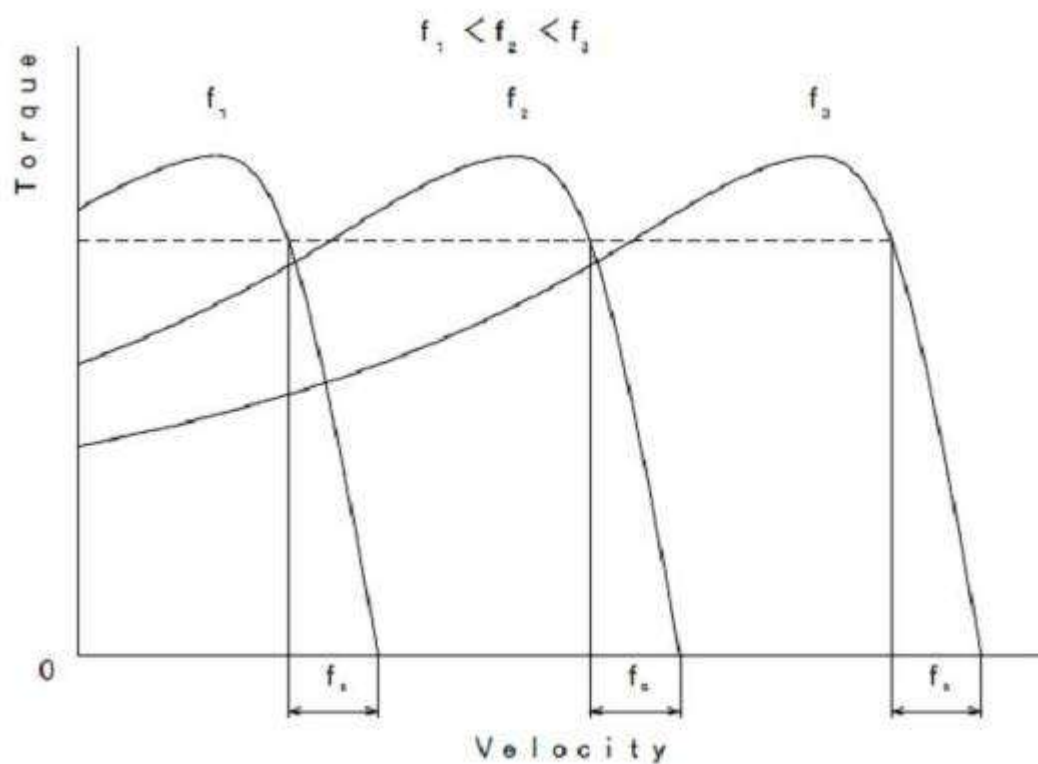


圖 4.5 轉速-轉矩特性圖〈V/f 比值固定不變〉

II. 基本控制方法

利用上述的感應馬達特性的解釋，能夠使感應馬達驅動之電力軌道車輛，具有與傳統常規的直流馬達驅動之電力軌道車輛相同的轉速-牽引效果特性，如圖 4.6 所示。

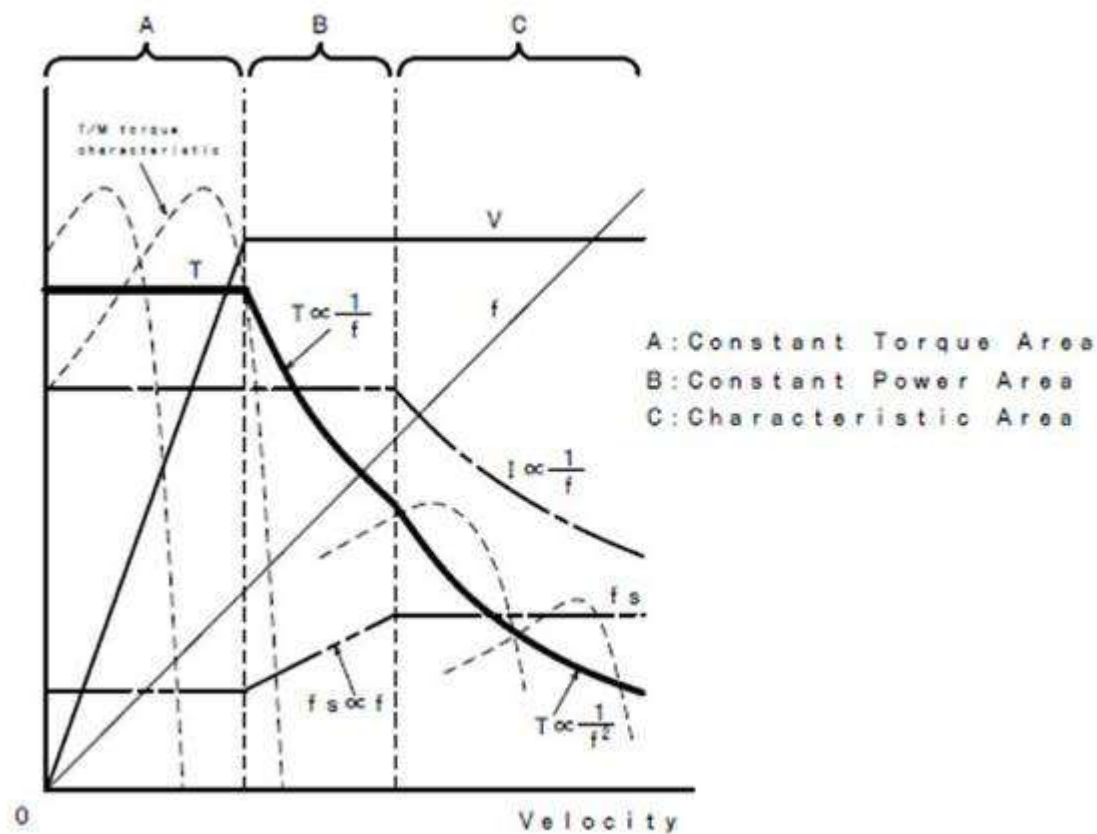


圖 4.6 轉速牽引效果圖

損耗被最小化，並且結構緊湊，重量輕。本特性表示式顯示如下：

空轉因數 “ f_s ”較小的區域中，馬達扭矩 “ T ”、端子電壓 “ V ”、馬達 電流 “ I ”、變流器頻率 “ f ”之間的關係能以下述 ①~ ③式表示：↵

$$T = k_1 \cdot \phi \cdot I \dots\dots\dots ① \downarrow$$

其中 $\phi = k_2 \cdot \frac{V}{f} \dots\dots\dots ② \downarrow$

$$I = k_3 \cdot \phi \cdot f_s \dots\dots\dots ③ \uparrow$$

將式 ②中的“磁場 ϕ ” 與式③中的“馬達電流”代入式①，可得↵

$$T = k_4 \cdot \left(\frac{V}{f}\right)^2 \cdot f_s \dots\dots\dots ④ \uparrow$$

其中 $k_4 = k_1 \cdot k_2^2 \cdot k_3$ (常數) ↵

另外，馬達輸出功率“ P ”、馬達扭矩之間的關係式可用式⑤表示，其中， k_5 為常數。↵

$$T = k_5 \cdot \frac{P}{f} \dots\dots\dots ⑤ \uparrow$$

每一區域中轉矩特性細節詳述於下：

(1). 固定轉矩區域

於固定扭矩的區域中，保持馬達電流“ I ”、空轉頻率“ f_s ”為常數，控制馬達端子電壓“ V ”、變流器頻率“ f ”，使“ V/f ”比值保持固定。其結果為，輸出扭矩變為常數。當依據負載條件需要改變扭矩，但需保持“ V/f ”值不變時，改變空轉頻率來變更馬達電流值，藉以得到所需之扭矩。

(2). 固定功率區

於固定功率的區域中，馬達端子電壓“ V ”為固定值，因此頻率“ f_s ”與變流器頻率“ f ”等比例增大，馬達電流“ I ”為固定值，可防止牽引效果“扭矩”之降低。此時，因磁通量“ ϕ ”與變流器頻率成反比例減小，致扭矩與變流器頻率“ f ”（ $\propto$ 轉速）成反比例降低。

(3). 特性區域

於特性區域中，因馬達端子電壓位於可控制之最大值，補償因變流器頻率增大致磁通量“ ϕ ”降低的空轉頻率將無法再增加，“ V ”、“ f_s ”變成固定值；因此，如式④所示，扭矩與速度之平方成反比例下降。

第2、變流器操作原則

I.變流器概論

早期的工業界，感應馬達為定轉速使用。為能將感應馬達的最佳優點（詳附註）應用於車輛上，需要大範圍的轉速控制與轉矩控制。

要達成此目的，因而發展出 VVVF（可變電壓、可變頻率）變流器，可自由改變輸出電壓、輸出頻率，因而能控制感應馬達轉速。

註：由於結構簡單、體積小、重量輕、無產生跳火之換向器等優點，故具有較少的容易發生之故障，並便於維修

II.變流器之構造與操作

以單相變流器為例，直流功率轉換成交流（變流器操作）圖示說明如下。

圖 4.7（a）說明開關A和D開啟的情形，而圖 4.7（b）則顯示開關B和C開啟的情形。雖然此電路採用的是直流電源，操作這些開關可以施加逆向

電壓的負荷。即，通過重複這些開關操作，可對負荷施加交流(AC)電壓。此為DC-AC轉換的基本原理。

圖 4.8 顯示 3 相變流器的操作；此時半導體元件被用來取代在上述圖 4.7 中使用的開關。經由按照下表中的定時模式 1 至 6 開啟/關閉這些元素的組合，矩形波組成U相的E V and 0 V，於是可以得到V、W相。然後自U和V、V和W、W和U之間，每兩相之間的電位差取為線電壓；因此，能夠得到三相交流電壓的 120° 相位差。圖 4.9 顯示出在 $60^\circ \sim 120^\circ$ 區段中，個體相電流的流動路徑，圖 4.8 則顯示 $180^\circ \sim 240^\circ$ 、 $300^\circ \sim 360^\circ$ 區段中個體相電流的流動路徑。其中 Z_u 、 Z_v 、 Z_w 應該是純電阻。

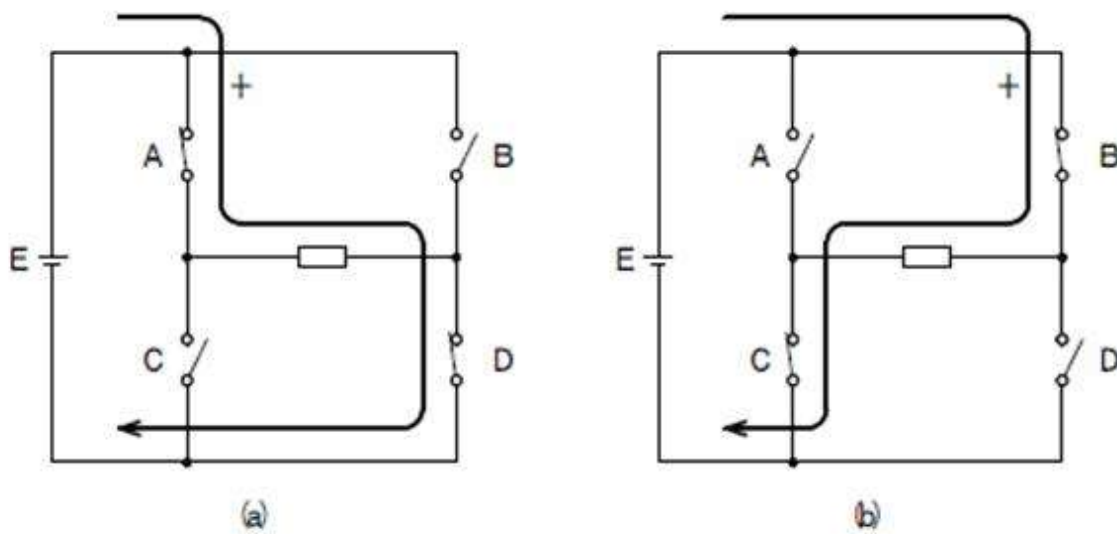


圖 4.7 變流器操作原理

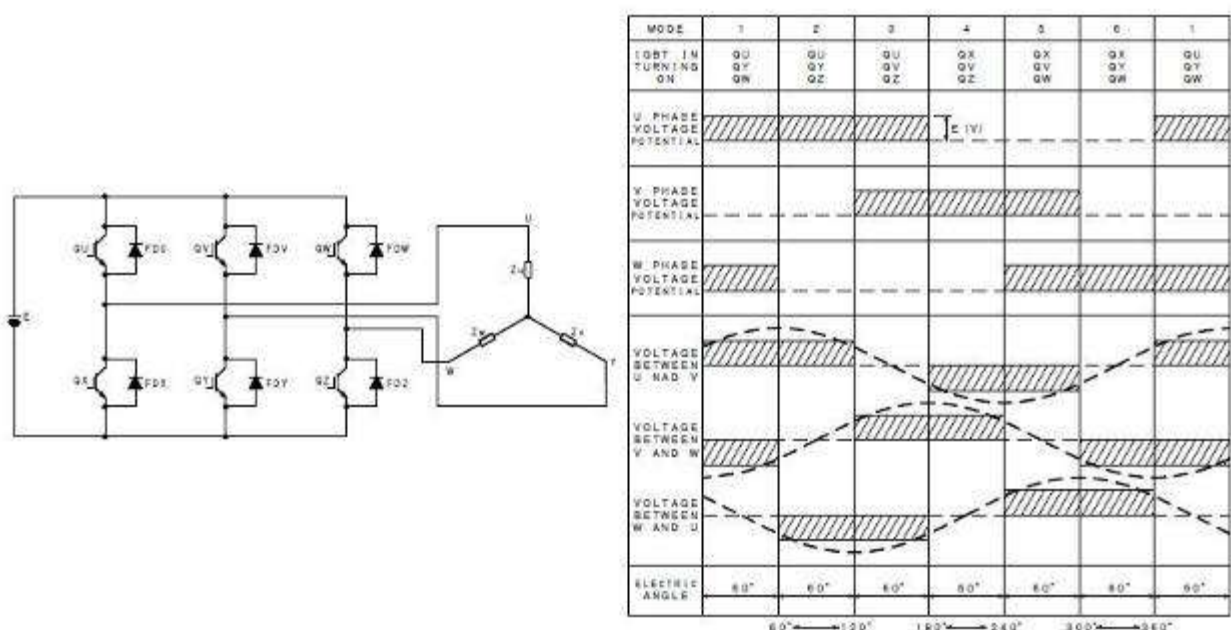


圖 4.8 三相變流器的基本電路與操作模式

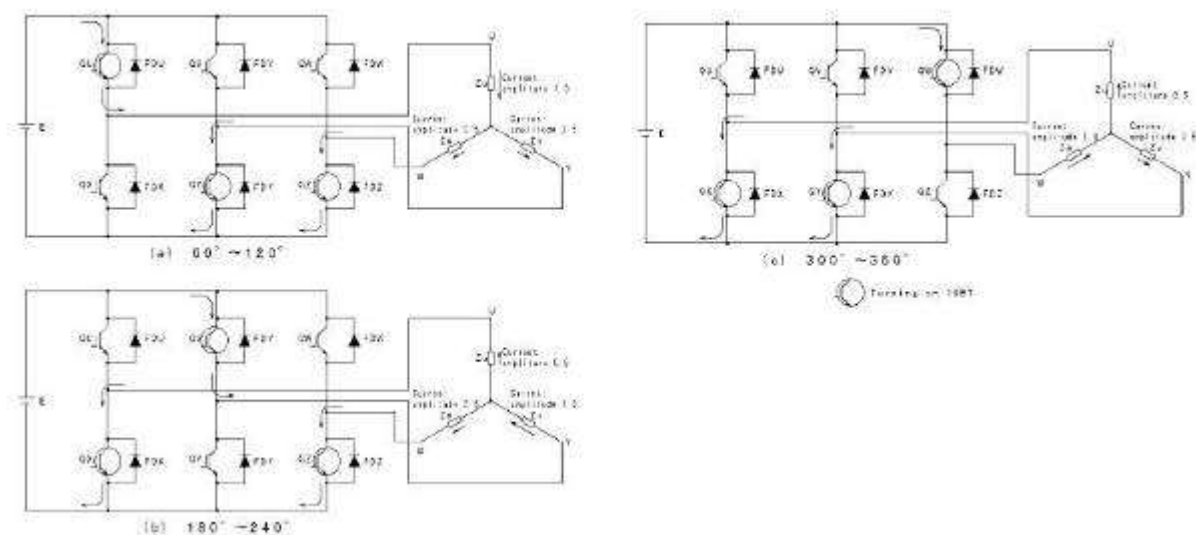


圖 4.9 變流器的基本操作

III.開關元件之切換時間點

要實現PWM〈脈衝寬度調整〉控制，此部分將於稍後章節解釋，VVVF變流器適當地控制接通/關斷的開關元件的時間點。切換時間點由比較，用於與變流器輸出電壓基波成分同步的正弦波〈調整波〉載體來確定。

圖 4.10 顯示切換時間點之範例。

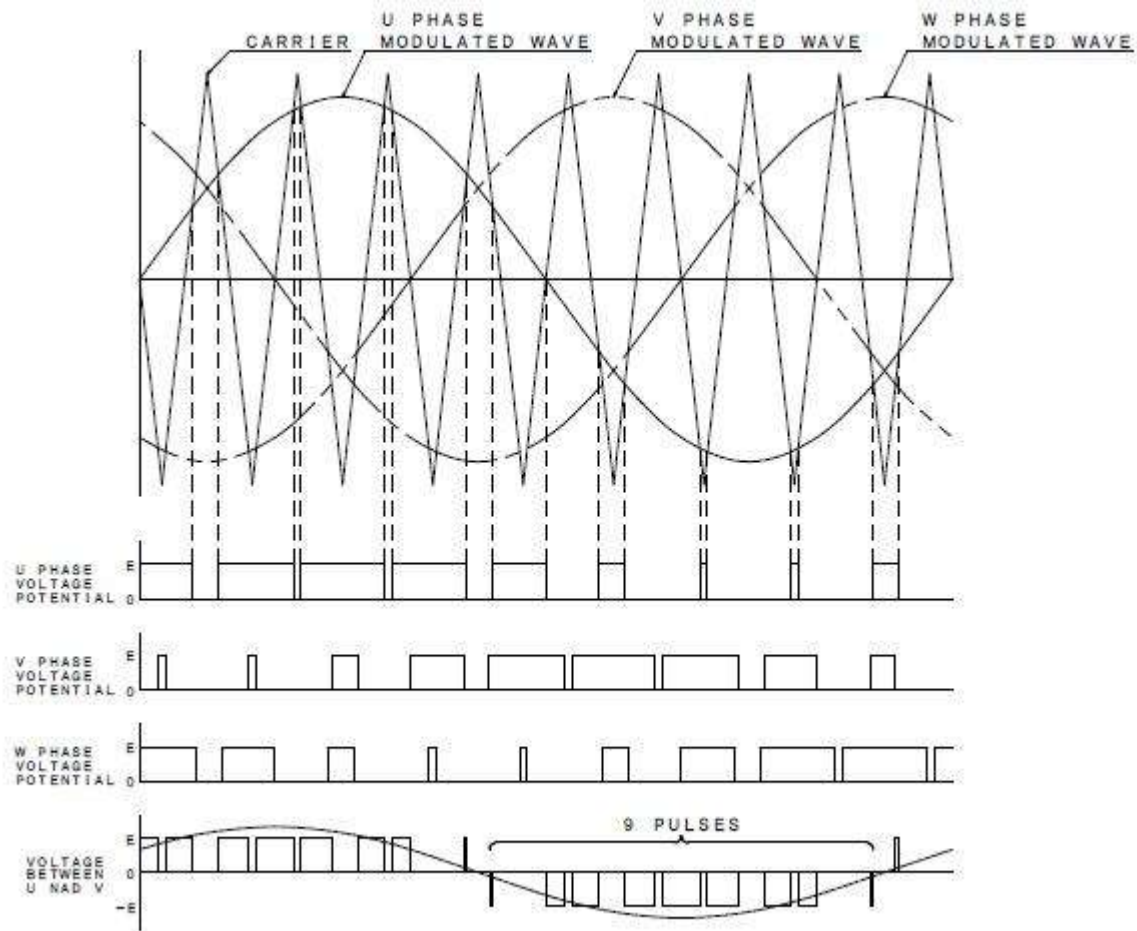


圖 4.10 切換時間點

IV.PWM（脈衝寬度調整）控制

增加/減少變流器輸出電壓的方法，為控制平均電壓。此種方法可開啟/關閉開關元件，切斷恆定電壓成為數個片段，從而改變平均電壓。因此，這種方法被稱為“PWM控制”。

PWM是[脈衝寬度調整] 的縮寫。如圖 4.11 所示，恆定波高的電壓被做成數個片段，經由改變這些片段的寬度，可以控制平均電壓。

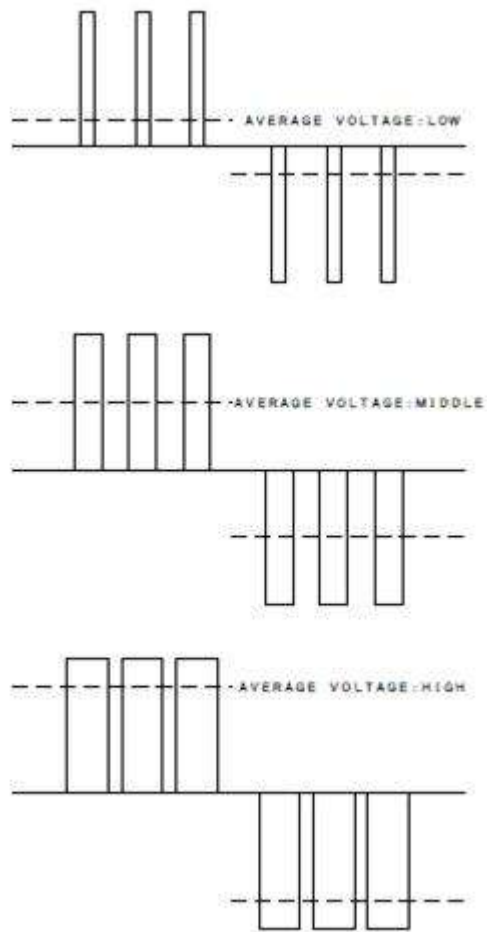


圖 4.11 PWM 原理

為了控制變流器輸出頻率，單位時間內的開關頻率被改變；即，IGBT 或其它開關元件的開關頻率被改變。

圖 4.12 顯示了變流器輸出波切換開關元件的切換頻率改變，同時保持其導通時間不變時的一個範例。

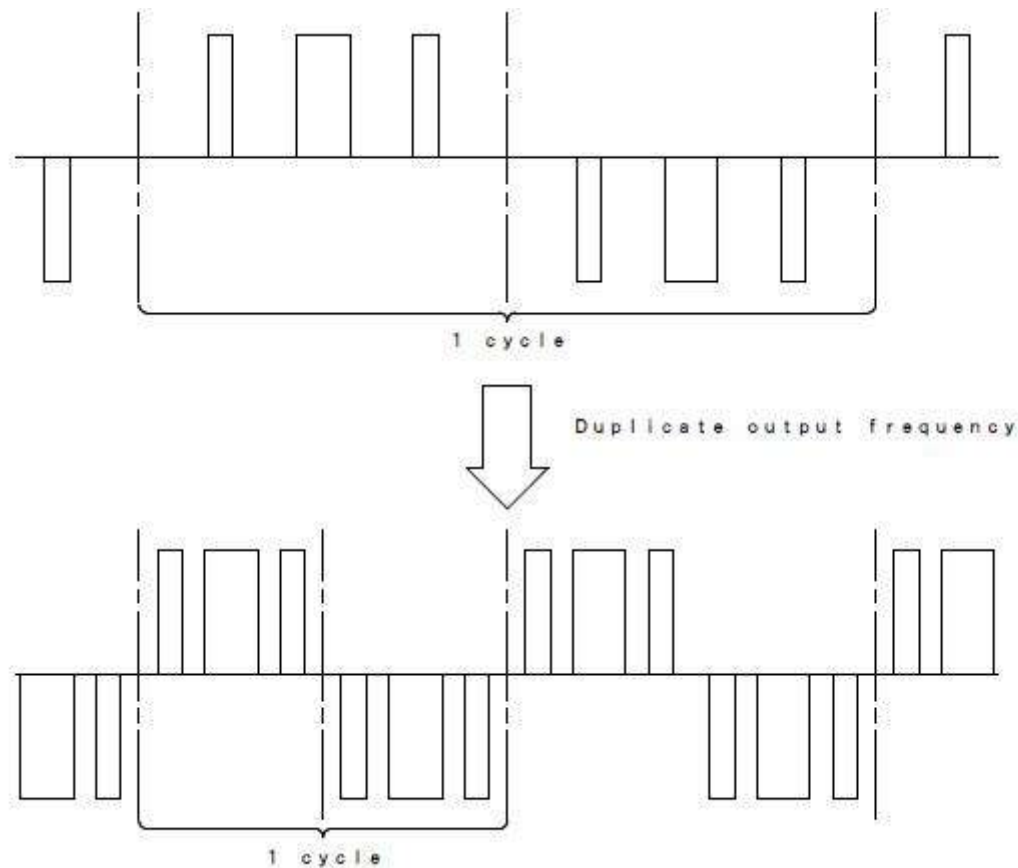


圖 4.12 輸出頻率控制

V. 脈衝模式

VVF變流器電壓經由開關固定電壓的電路輸出方型波。因此，變流器輸出電壓具有涉及高諧波的正弦波形。一方面，通過提高開關頻率，有可能使輸出電壓接近正弦波；另一方面，從元件的開關損失的觀點，存在有切換頻率的限制。

由於用於驅動車輛之變頻調速變流器，需要廣泛的輸出頻率，在每個轉速區域中需選擇最適合的切換方法（脈衝模式）：在低轉速區域中選用非同步脈衝模式，中高轉速區域中則選用同步脈衝模式。

VI. 同步、非同步脈衝模式間之差異

(1). 同步脈衝模式

載體之零穿越點與調整波有交點（下圖中的"a"、"b"點）。

脈衝模式時，調整波單周期內的載體波循環數量為固定整數。

當脈衝模式相同時，切換頻率隨變流器頻率同步改變。

$f_c = N_p \cdot f_{inv}$ 關係式成立。

f_{inv} : 調整波頻率 f_c : 載體頻率 N_p : 脈衝模式

(2). 非同步脈衝模式

載體之零穿越點與調整波無交點。

調整波單周期內的載體波循環數量隨調整波頻率而改變。

變流器頻率改變時，切換頻率不變。

上述關於調整波頻率、載體頻率間之關係式不成立。

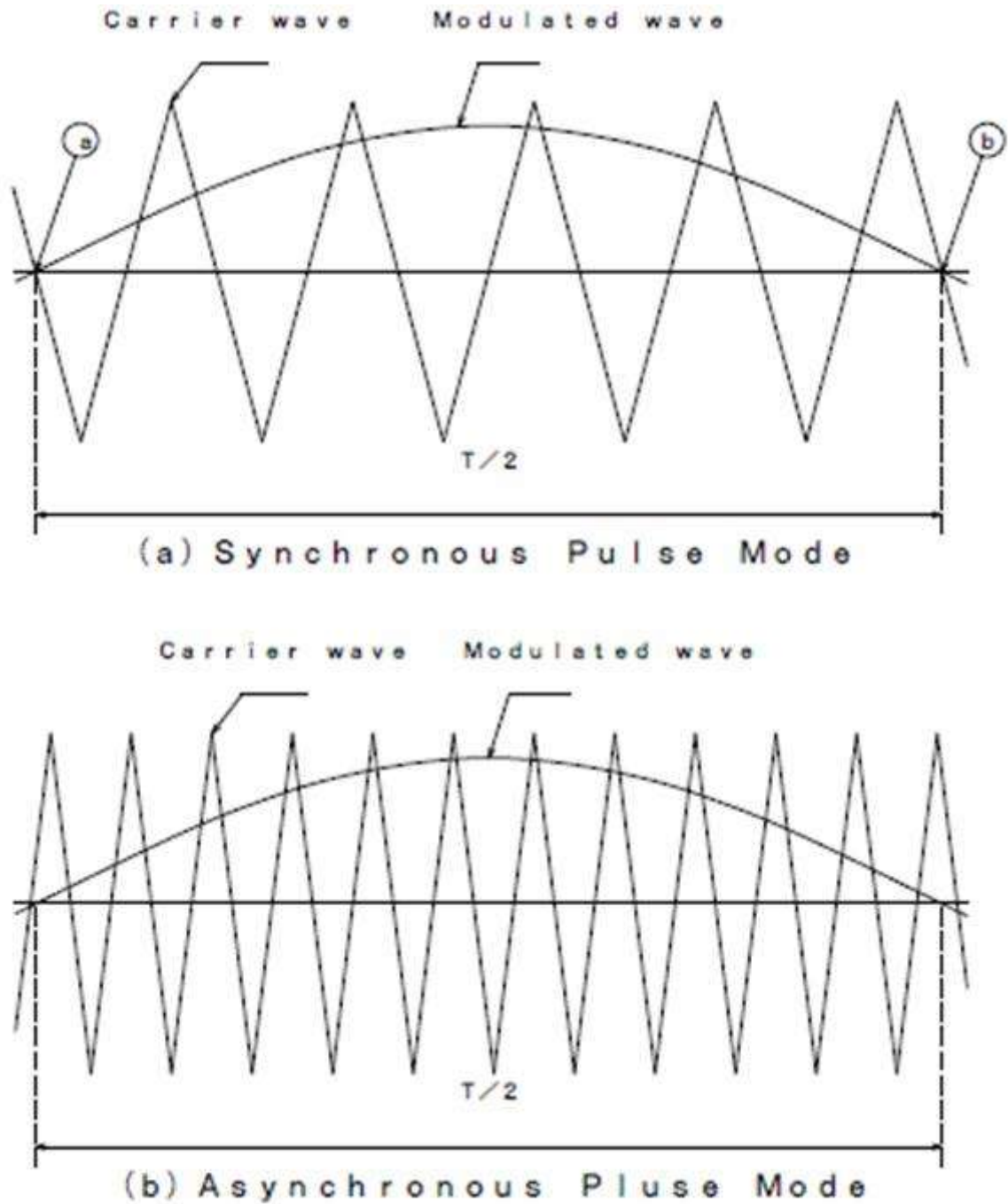


圖 4.13 同步、非同步脈衝模式

VII. 脈衝模式控制

圖 4.14 說明每個 IGBT 和脈衝模式之間開關頻率的關係。在中低轉速區域中，使用非同步 PWM 模式，藉由比較電壓輸出命令與載波三角波，執行 PWM 控制。在高轉速區域中，變流器輸出電壓為最大值，單脈衝模式被使用。此外，為了平滑地改變這些模式秒之間的輸出電壓波，在非同步 PWM 模式和

單脈衝模式之間使用過調整PWM模式。圖 4.15 顯示了在每個輸出電壓波形的脈衝模式。

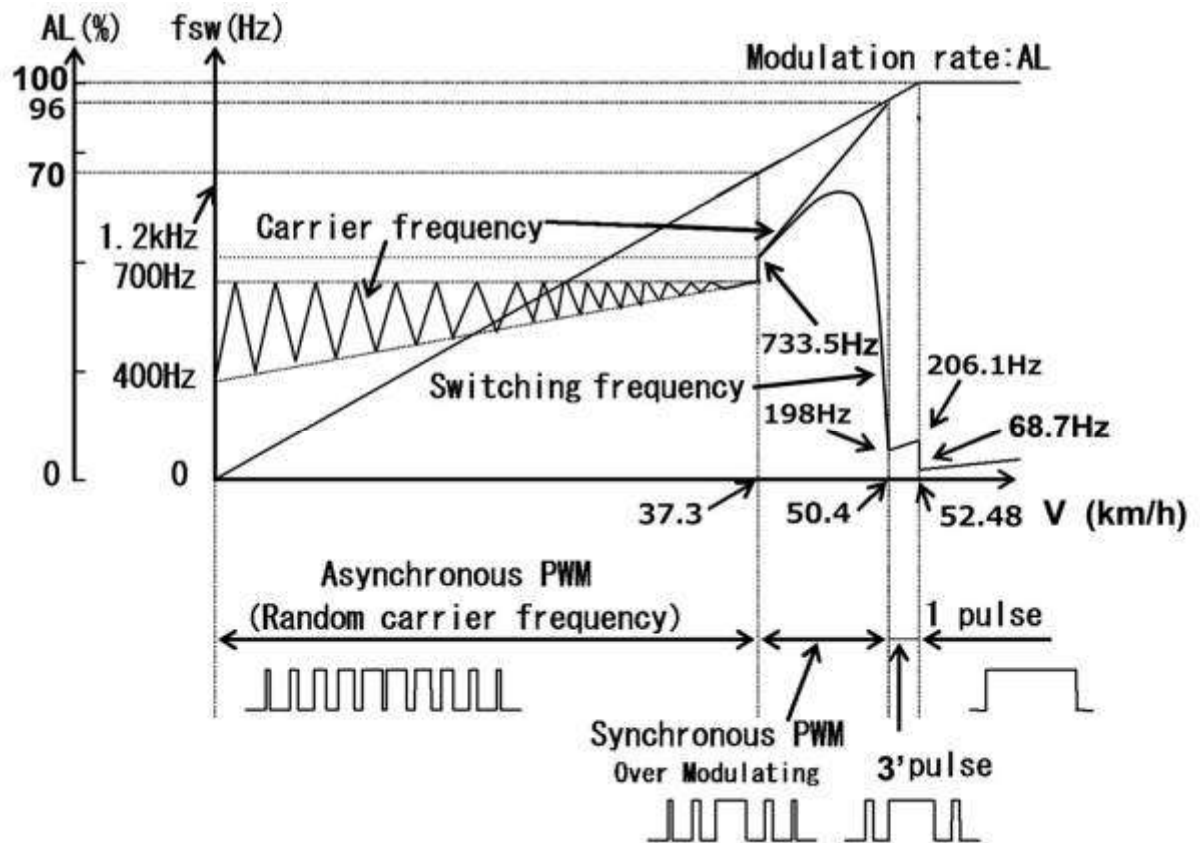


圖 4.14 動力之脈衝模式

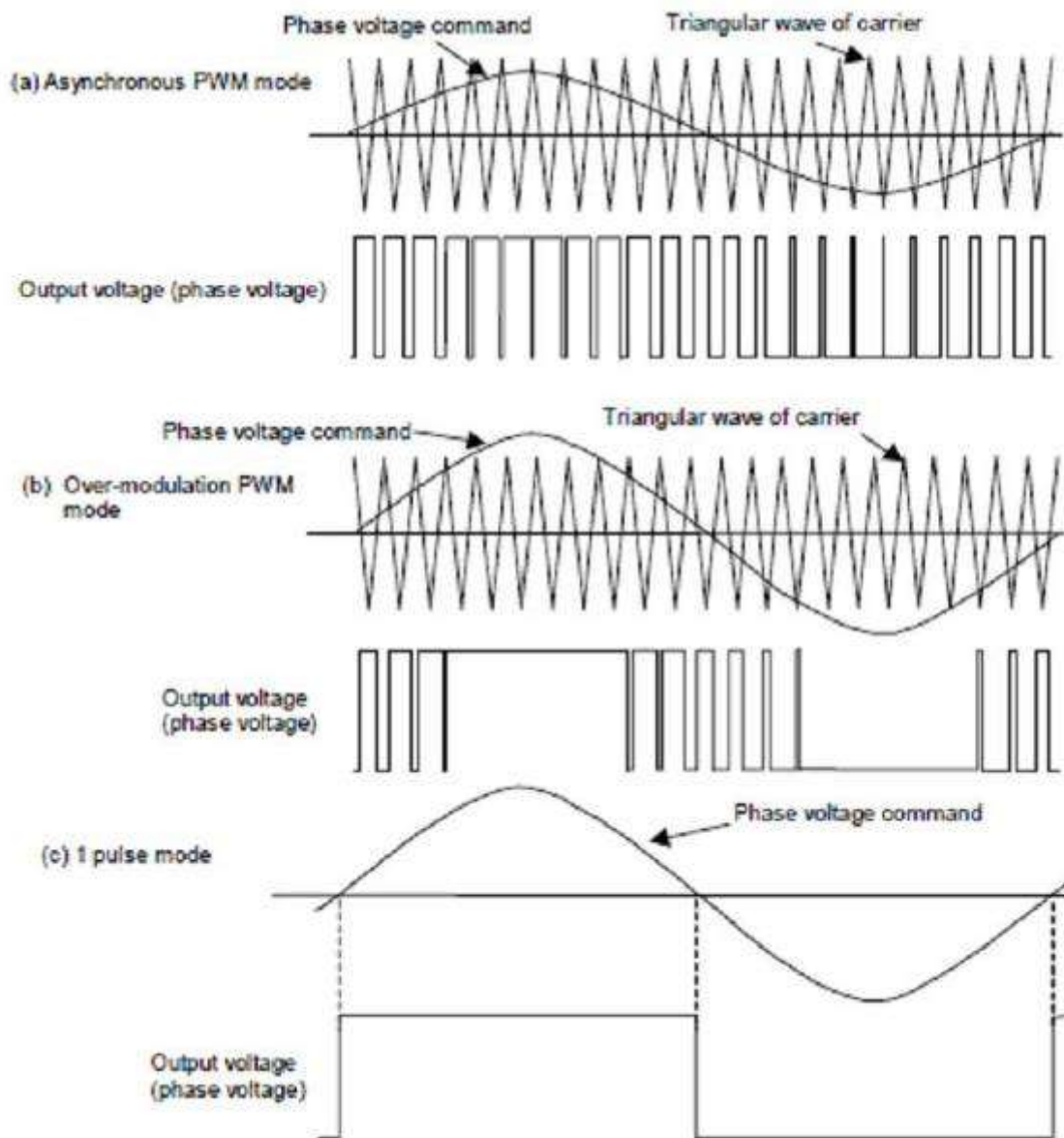


圖 4.15 每個脈衝模式的輸出電壓波

VIII. 隨機 PWM 載體頻率控制

傳統的異步PWM系統，因為載波三角波的頻率保持恆定，且由於馬達電流含有特定的諧波成分，因此開始發生電磁雜訊。為了減少由諧波電流產生的純音調雜訊，VVVF變流器系統適用於隨機PWM載波頻率控制。

降低純音調雜訊的關鍵技術，為隨機分配載波頻率，使諧波頻譜平坦。

圖 4.16 比較了傳統的非同步PWM系統和隨機PWM載波系統之間的切換頻率

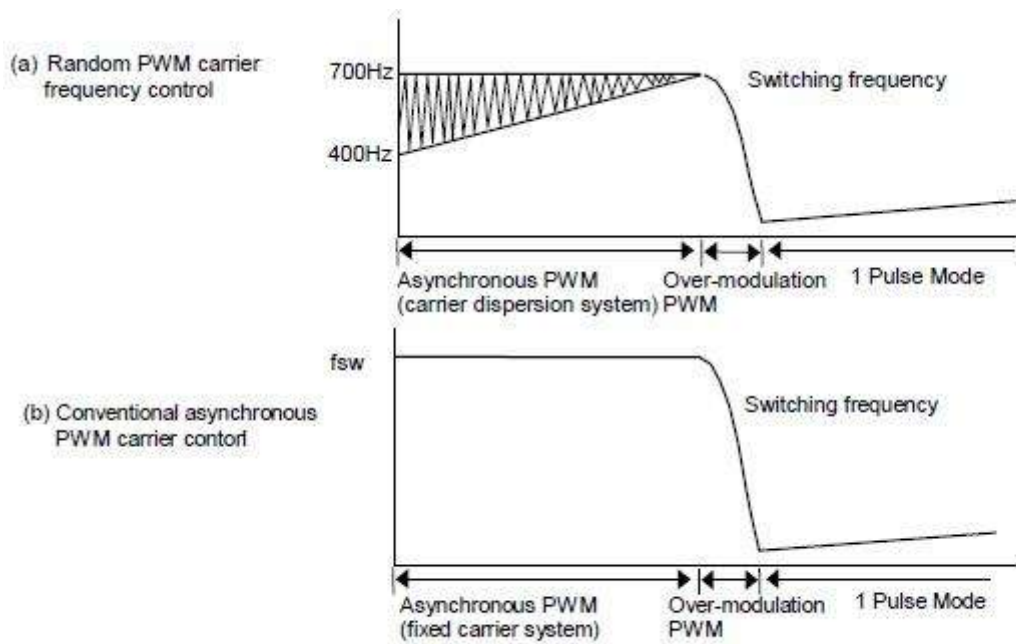


圖 4.16 傳統式與新式之比較

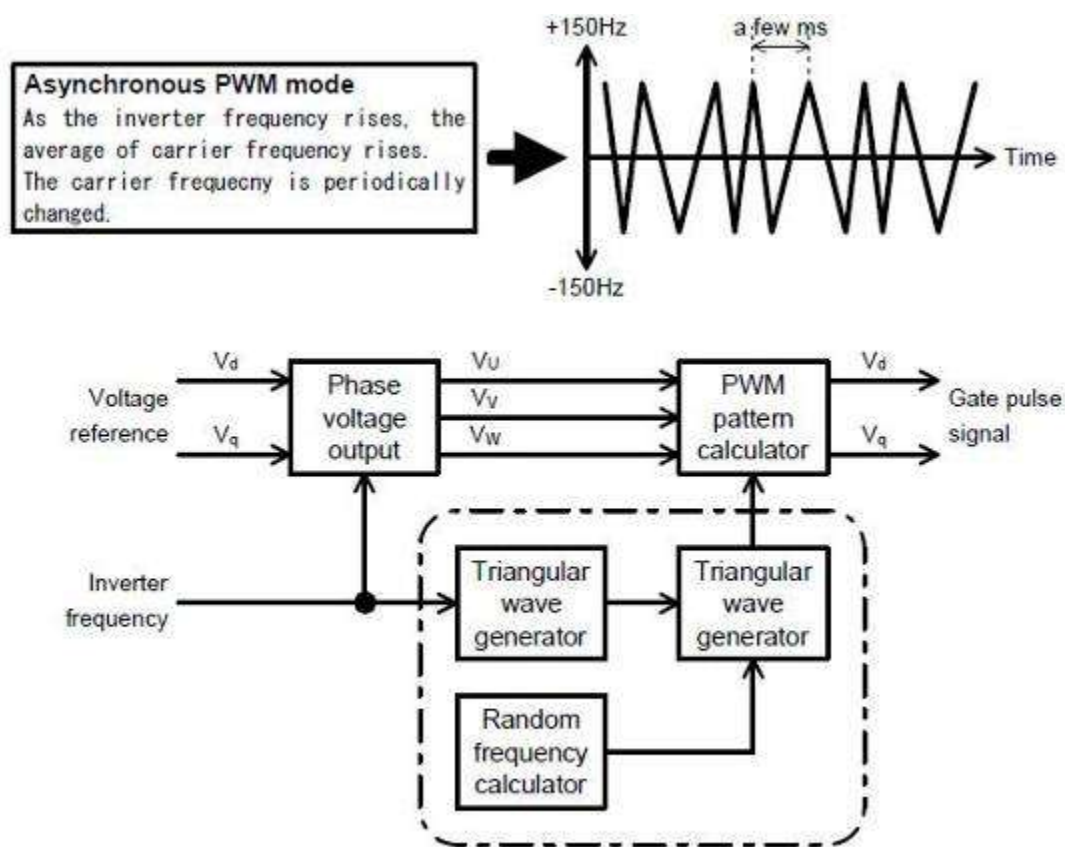


圖 4.17 隨機 PWM 載波頻率控制方塊圖

第3、VVVF 變流器向量控制

I.隨機 PWM 載體頻率控制

軌道車輛對感應馬達控制系統採用向量控制。相較於傳統上使用的車輛驅動控制系統的空轉頻率控制，向量控制可迅速控制感應馬達輸出轉矩的目標值，改善了如空轉和打滑等之瞬態響應現象。

II.向量控制原則

向量控制顯示出良好的瞬態特性，並能迅速控制感應馬達的輸出轉矩。眾所周知，分別激磁之直流馬達具有良好的瞬態轉矩特性。向量控制可以達到同樣或更高的轉矩控制與感應馬達的性能。

“空轉頻率控制”已被常規地用作驅動車輛之感應馬達的控制系統，變流器輸出電壓之空轉頻率和幅度，根據轉矩指令（缺口指令）的變化而改變。另一方面，使用“空轉頻率型式量控制”時，空轉頻率和變流器輸出電壓改變的幅度會改變，電壓相位也發生瞬間變化。與常規方法相比，這將導致非常快的轉矩反應。

(1). 向量控制方塊圖

使用向量控制時，為輸出所需的轉矩，經由分解馬達電流獲得的轉矩電流向量 I_q 和磁通電流向量 I_d ，為獨立控制者。 I_q 和 I_d 交叉成直角，並對應直流馬達的馬達電流和磁通量。圖 4.18 顯示出用於向量控制的方塊圖。

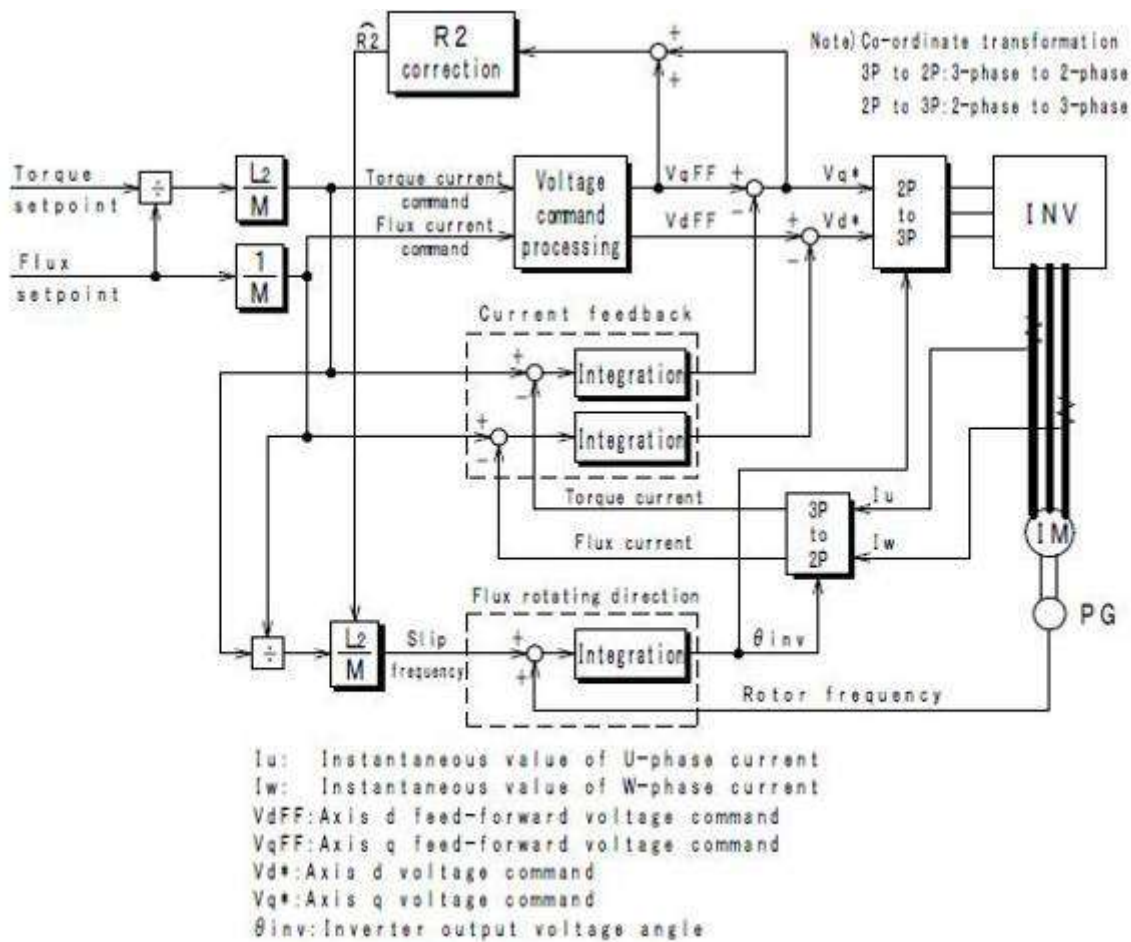


圖 4.18 向量控制方塊圖

(2). 控制元件

向量控制時，為了能控制物理元件、轉矩和磁通量，會將其轉換成電機元件；電機元件為磁通量電流 I_d 、轉矩電流 I_q 、空轉頻率 f_s 。轉矩、磁通量、馬達常數之關聯性如下所述：

$$I_d^* = \frac{\phi^*}{M} \quad \text{其中} \quad \begin{array}{ll} I_d^*: & \text{磁通量電流指令} \\ f_s: & \text{空轉頻率} \\ L_2: & \text{二次漏電抗} \\ R_2: & \text{二次電阻} \end{array} \quad \begin{array}{ll} I_q^*: & \text{轉矩電流指令} \\ \phi^*: & \text{磁通量指令} \\ M: & \text{共同電抗} \end{array}$$

$$I_q^* = \frac{L_2}{M} * \frac{T_{rq}^*}{\phi^*}$$

$$f_s = \frac{R_2}{L_2} * \frac{I_q^*}{I_d^*}$$

(3). 輸出指令

為能輸出所需之轉矩，VVVF變流器會控制輸出電壓 V_1 及其相位。圖 4.19 顯示向量控制中的感應馬達、電壓向量等效電路。

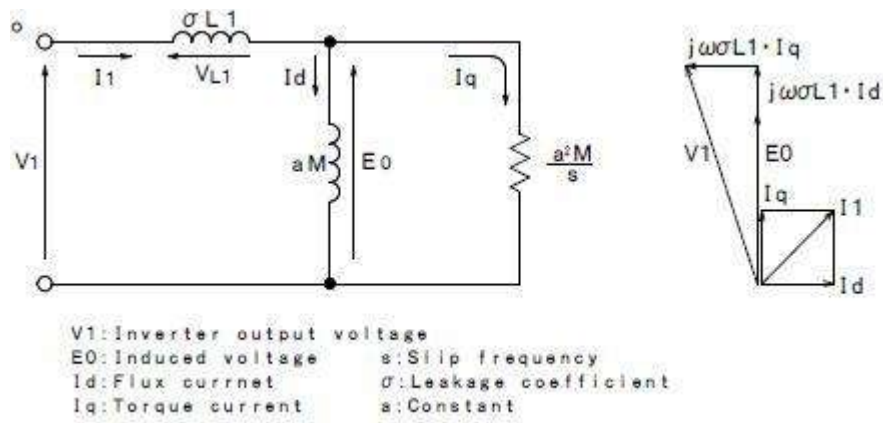


圖 4.19 感應馬達、電壓向量等效電路

此處 σ 為漏電係數，以下式表示：
$$\sigma = 1 - \frac{M^2}{L_1 * L_2}$$

控制變流器輸出電壓，使輸出轉矩加倍的方式如下所述：〈以單脈衝模式為例〉

只有當轉矩電流 I_q 加倍而感應電壓 E_0 不變時，能使輸出加倍。要使 I_q 加倍，空轉須加倍。因此，需控制變流器輸出電壓 V_1 的大小與相位成為如圖 4.20 所示之向量。

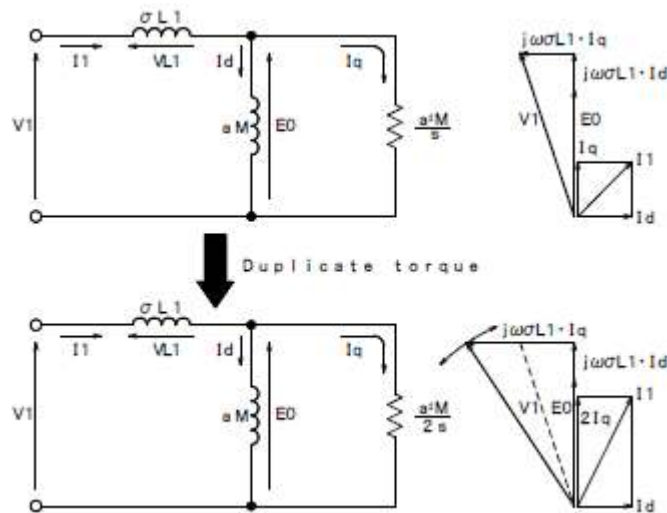


圖 4.20 輸出電壓控制

因此，為能控制感應馬達之輸出轉矩，經由控制輸出電壓及其相位，VWF 變流器之向量控制間接控制磁通量 ϕ ，轉矩電流。

III.與傳統空轉頻率控制之差異

經由向量控制或空轉頻率控制，當感應馬達的輸出轉矩被減小到 $1/2$ 時，變流器輸出電壓、感應馬達感應電壓等之間的關係分別以圖示於圖 4.21 (a) 和 (b)。在這兩種情況下，變流器頻率最終設定在降低了輸出轉矩到 $1/2$ 的空轉頻率點。向量控制的特徵是，變流器輸出電壓的幅度和相位同時發生變化。

從變流器流入感應馬達的電流 I_1 是由初級阻抗的端子電壓 V_L1 和相對於變流器輸出電壓 V_1 的感應電壓 E_0 之間的向量關係來決定，如圖 4.20 所示的感應馬達等效電路。在圖 4.20 中， I_d 是磁通量電流，用以對感應馬達的主線圈激磁， I_q 是轉矩電流。

在向量控制的情況下，如圖 4.21 所示，經由瞬間改變變流器輸出電壓的幅值和相位，同時保持 E_0 不變，即可能迅速地僅降低轉矩電流 I_q 至原值之 $1/2$ ，而不改變磁通量電流 I_d 。由於感應馬達的輸出轉矩正比於磁通量電流 I_d 與轉矩電流 I_q 的乘積，且因為磁通量電流 I_d 是控制在恆定的水平，因此轉矩電流 I_q 改變時，輸出轉矩迅速地變化。

另一方面，在傳統的空轉頻率控制的情況下，變流器輸出電壓的幅值和相位不發生變化，而空轉頻率，亦即頻率本身被改變。其結果為，感應電壓 E_0 變化後，此時從變流器流入的感應馬達之電流 I_1 只能隨之變化。因為感應電壓 E_0 的變化是由感應馬達主磁通量的變化所導致，反應得很慢。基於這個原因，就不可能提高電流控制的響應轉速。

換句話說，用向量控制，於空轉頻率控制時，電流經由其對應於圖 4.20 中所示的等效漏感 L_1 ，隨時間常數而變化，電流通過它對應的互感 aM 時間常數而變化。使用一般用於驅動車輛的感應馬達的常數，向量控制的時間常數為約 10 毫秒，而空轉頻率控制的時間常數為 100 毫秒或更長時間。亦即，兩者間對於反應轉速有 10 倍以上的巨大差異。

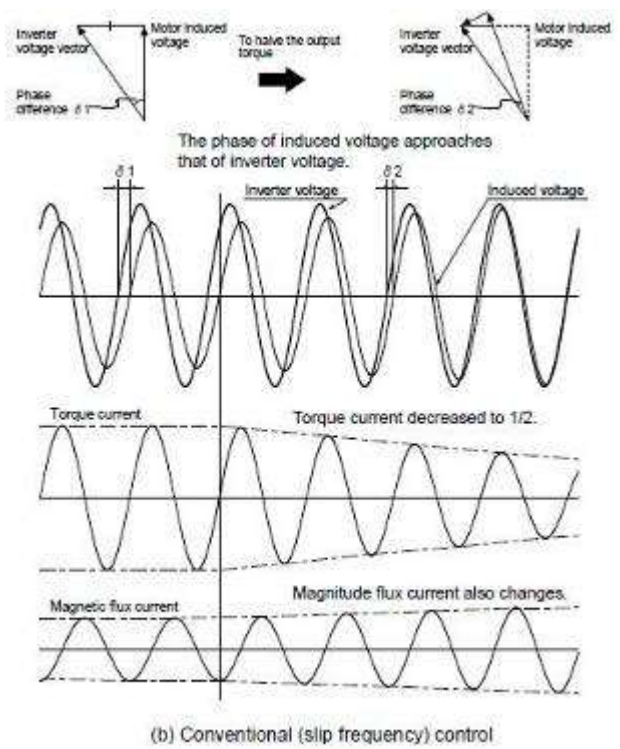
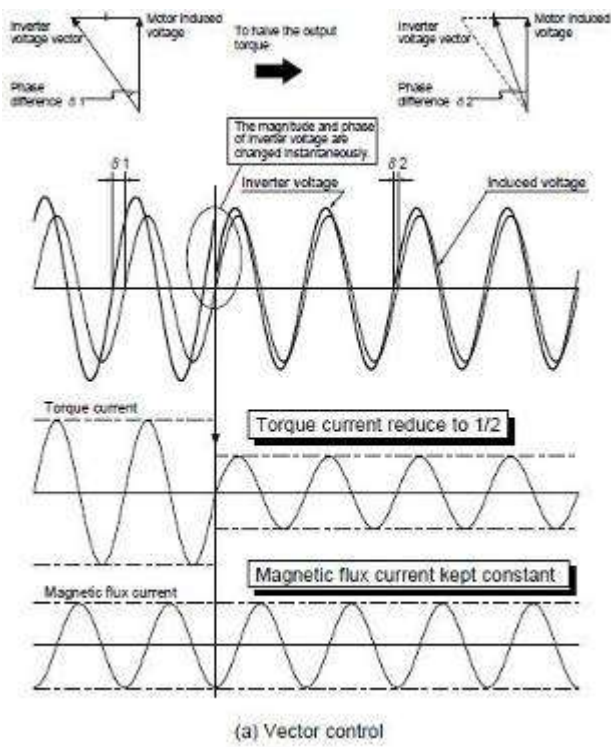


圖 4.21 空轉頻率控制與向量控制間的差異

第（三）項、整流器原則

第1、概述

PWM 整流器與 VVVF 變流器一樣，是一個系統，使用 IGBT 產生功率轉換。VVVF 變流器基本上把直流電轉換成可變電壓、可變頻率的交流電源，PWM 整流器則是將交流電源轉換成直流電源。即，對應於變流器的再生，整流器執行供電操作。

PWM 整流器的功能包括：

與二極管電橋相比，雖然 IGBT 的方向是相反的，PWM 整流器把電源從交流轉換到直流。直流輸出電壓比交流輸入電壓有更大幅度的增加。即使電抗存在於交流電路側，功率因數為 1.0 的控制是可能的。即使當交流電源和/或直流負載變化時，直流輸出的控制電壓恆定是可能的。

一般單相交流電源，用於機車車輛，傾斜式列車也適用於單相 PWM 整流器。與傳統的二極

管橋型整流器相比，PWM 整流器解釋從單相交流電源轉換成直流電源的轉換方式（PWM 整流器的操作）。

圖 4.22 所示為 PWM 的控制框圖整流器。當 PWM 整流器從 DC 負載側，其連接在它的直流電路側看，它不僅可作為直流穩壓電源。也就是說，在 PWM 整流器連續監測直流輸出電壓，並將其控制 s 交流電流增大或按比例減少至直流電壓，分別下降和上升。

此外，作為 PWM 整流器控制 S，使得主變壓器的初級電流是在相同的相位與電源電壓，它可以監控接觸網電壓和控制的輸入的相位電流。

第2、PWM 整流器控制方塊圖

圖 4.22 顯示 PWM 整流器的控制方塊圖。當自 PWM 整流器連接在直流電路側的 DC 負載側看時，它作為直流穩壓電源。也就是說，PWM 整流器連續監測直流輸出電壓，並控制交流電流，按直流電壓下降或上升比例，增大或減少交流電流。

此外，經由 PWM 整流器控制，使得主變壓器的一次側電流與電源電壓是在相同的相位，它可以監控受電弓接觸電壓和控制的輸入電流的相位控制電路圖圖號：1W3R9353，推動控制電路方塊圖。

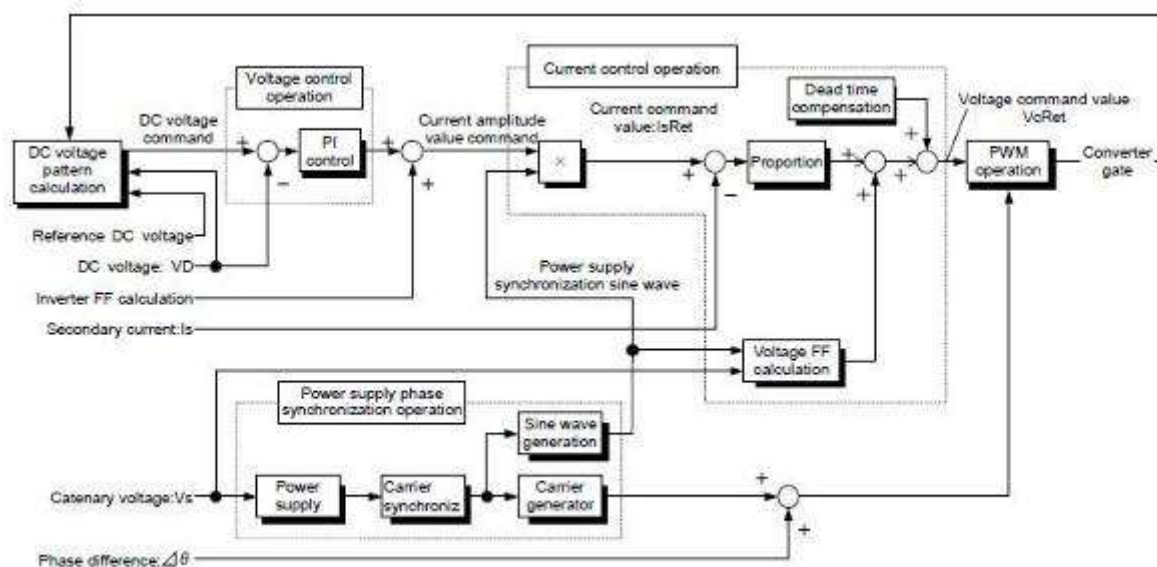


圖 4.22 PWM 整流器控制方塊圖

第3、以濾波器把交流轉成直流電源之轉換

圖 4.23 比較 PWM 整流器和濾波器把交流轉換成直流電源的基本電路；即使當使用 PWM 整流器的情況下，因為該 IGBT 不工作，而濾波電容器（FC）在 IGBT 閘極開始輸出之前被做動充電時，在此期間的 PWM 整流器的動作與整流器是一樣的。

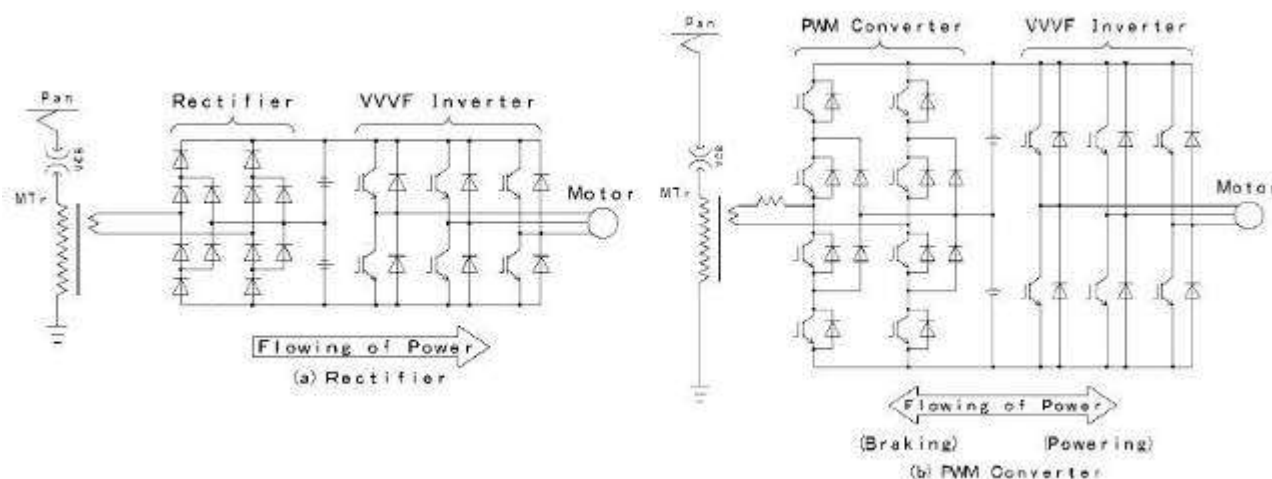


圖 4.23 AC 轉換成 DC 電源之轉換電路

用濾波器進行電源整流轉換決定於交流電源。如果在在圖 4.23 (a) 所示的電路中沒有電抗分量時，當正向電壓在陽極和陰極之間施加時，二極管導通。二極管在交流電源電壓下如何變為導電之方式如下圖所示

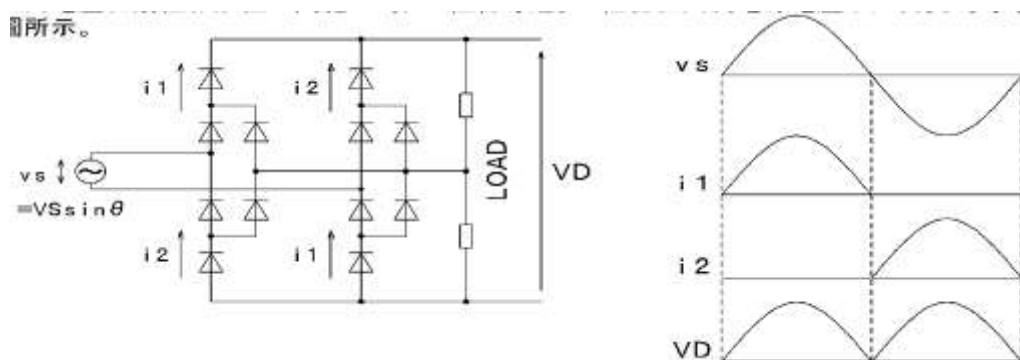


圖 4.24 濾波器之操作

在供給電壓為正的半週期內，電流 i_1 流過負載，而在供給電壓為負的半週期內，電流 i_2 流過二極管。這裡被施加於負載的電壓 V_D 是整流後的直流全波。這是 AC-DC 變換的基本原理。

在一般情況下，由於該電路包括電抗元件，例如主變壓器、馬達等，以及電容元件，例如濾波電容，從交流電源側來看時，功率因數不會成為 1.0。此外，如圖 4.24 所示，整流得到的直流電壓 V_D 變為大於電源電壓是不可能的。

第4、交流電源以 PWM 整流器轉換為直流電源

如前所述，像是 VVVF 變流器組成的 PWM 整流器是一個使用 IGBT 的供電轉換系統，PWM 整流器的供電操作與變流器相反，或者是對應於變流器的再生，將交流電轉換成直流電。PWM 的操作整流器電路解釋如下，與 VVVF 變流器的操作相互做比較。

I.VVVF 變流器和 PWM 整流器之比較

圖 4.25 比較了 PWM 整流器與單相變流器的電路。在該圖中，作為 PWM 整流器輸入電源的主變壓器（MTR）被單相感應馬達替換。

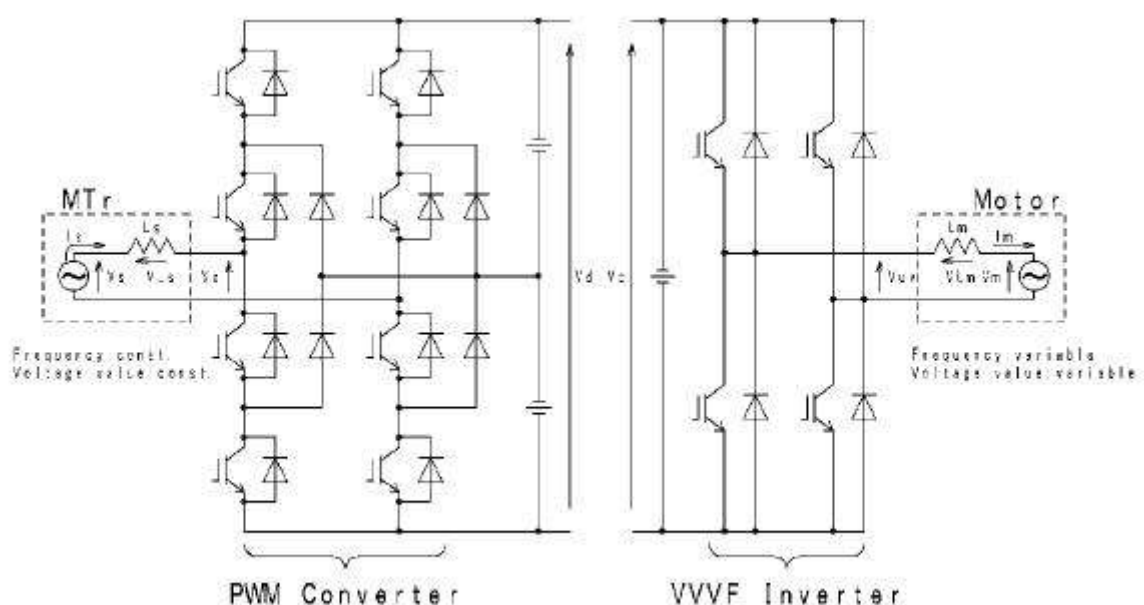


圖 4.25 整流器、變流器的比較

當一個 VVVF 變流器驅動一感應馬達時，正如前述圖 4.19 中所說明者，馬達輸入端子電壓 V_{uv} 分為電壓 V_{Lm} ，此分量被施加在馬達的內部電感 L_m 上，及誘導電壓 V_m 。

這些電壓和電流可用如下所述的向量表示。因為感應馬達具有電感分量，馬達電流 I_m 相對於馬達輸入端子的電壓（變流器輸出電壓） V_{uv} ，以相位 ϕ 延遲，導致功率因數小於 1.0。

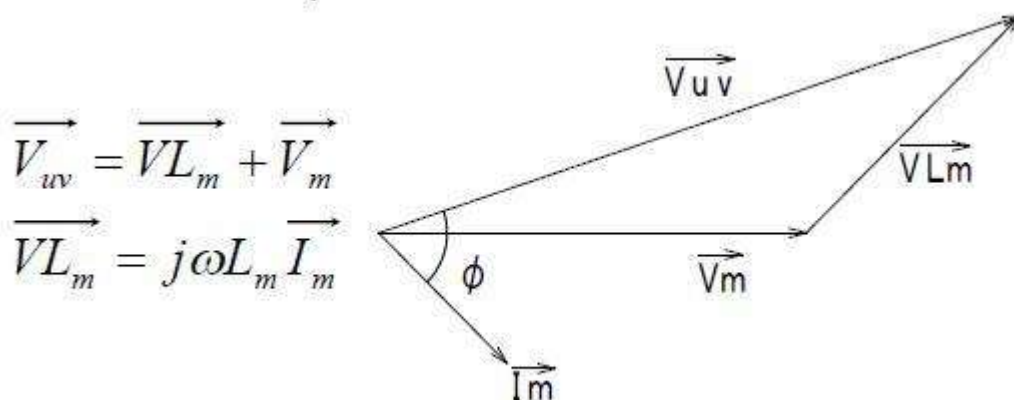


圖 4.26 馬達向量

此處，由於感應馬達的感應電壓隨 VVVF 變流器的輸出電壓或頻率變化而改變，不可能控制由馬達的輸入端子電壓與感應電壓決定的馬達電流幅值和相位，也不會控制功率因數。另一方面，使用 PWM 整流器，感應電壓的幅值和相位對應於變壓器二次側繞線的值是幾乎是恆定值。

因此，有可能控制交流電流 I_s 的幅值和相位，即，經由控制整流

器交流輸入電壓 V_c 的幅度和相位，控制功率因數。

II. 功率因數控制

圖 4.27 顯示 PWM 整流器的基本電路圖和交流部分個別電壓、電流向量之間的關係。

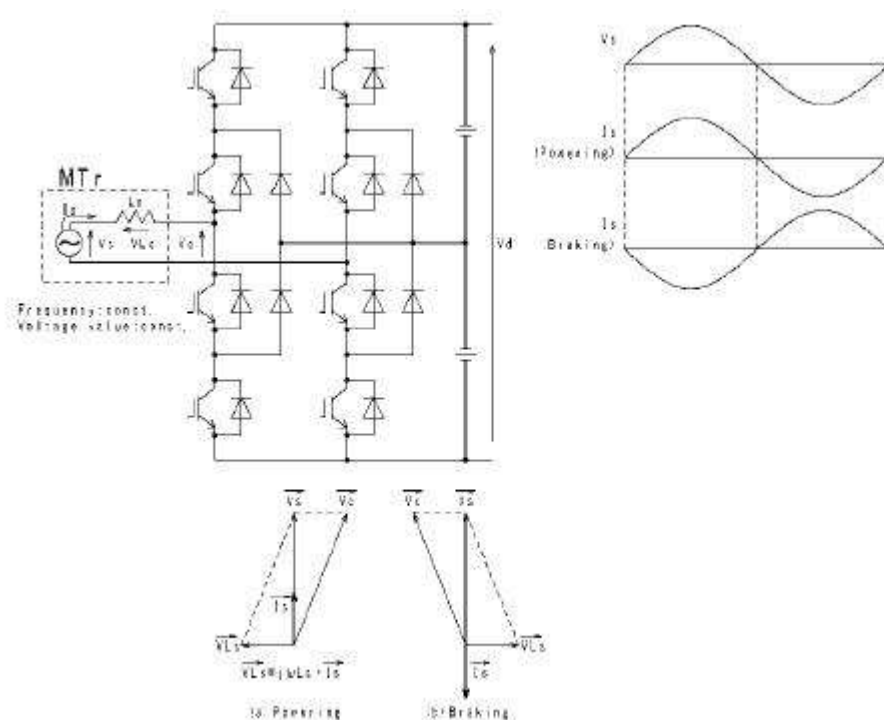


圖 4.27 PWM 整流器向量

要控制在主變壓器的一次側的功率因數在 1.0，PWM 整流器需控制交流電流 I_s 與主變壓器的二次側電壓 V_s 在相同的相位。為控制 I_s 、 V_s 在相同的相位，被施加在輸入電路電抗 L_s 的電壓 V_L 為一個很重要的因數，並且有必要控制整流器輸入端子電壓 V_c 與電源電壓 V_s 同步，使得個 V_L 的相位領先 V_s 相位。

III. 升壓斬波器

造成 PWM 整流器直流輸出的電壓變得比交流電壓的振幅高的原因說明如下；取升壓斬波器之操作為例；如圖 4.28 所示，當在交流電源電壓為正的半週期內，IGBT QV 導電時，此時交流電源經由主變壓器的內部電感 L_s 被短路，並且磁能被聚集在 L_s 。當 IGBT 在這種情況下被關斷時，儲存在 L_s 的磁能以電流流入直流電路的濾波電容器 FC ，直流電壓 V_d 因此增加。

IGBT 重複這些操作，使直流電壓增加至超過交流電壓的幅度。

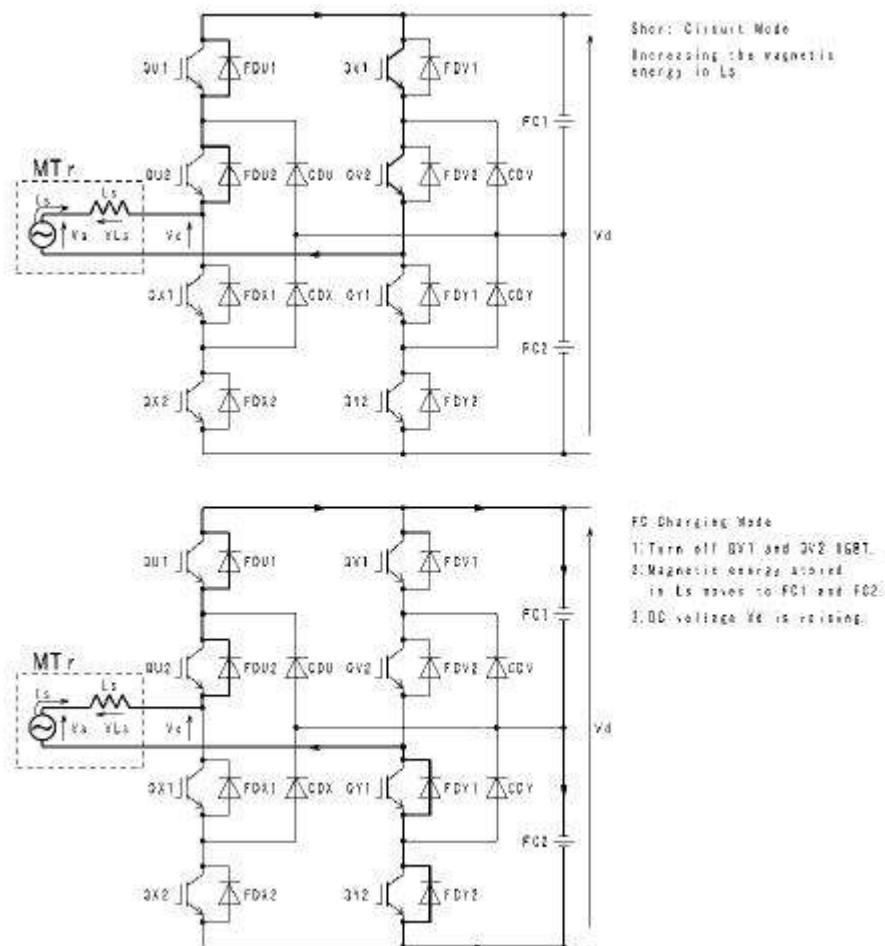


圖 4.28 升壓斬波器原理

IV.PWM 整流器切換時間點

電源電壓和控制直流電壓固定不變時，為了控制在相同相位的交流電流，PWM 整流器，類似 VVVF 變流器，會在適當的時間點控制開關元件之開啟/關斷。對於 VVVF 變流器的切換時間點，同步和非同步模式兩個開關模式，根據馬達旋轉的轉速被選用。

而對於 PWM 整流器，只有一個同步模式，處理交流電源頻率。圖 4.29 與圖 4.30 顯示單相 PWM 整流器電路 9-脈衝模式的切換時間點。

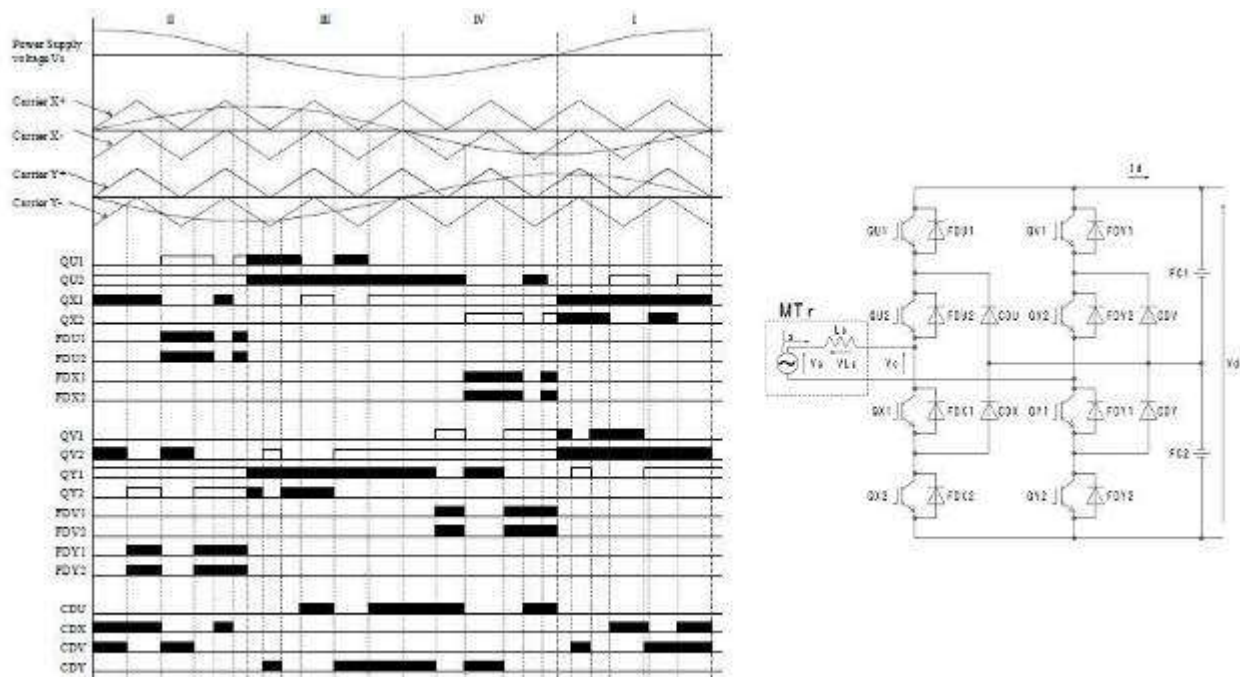


圖 4.29 PWM 整流器切換時間點（供電）

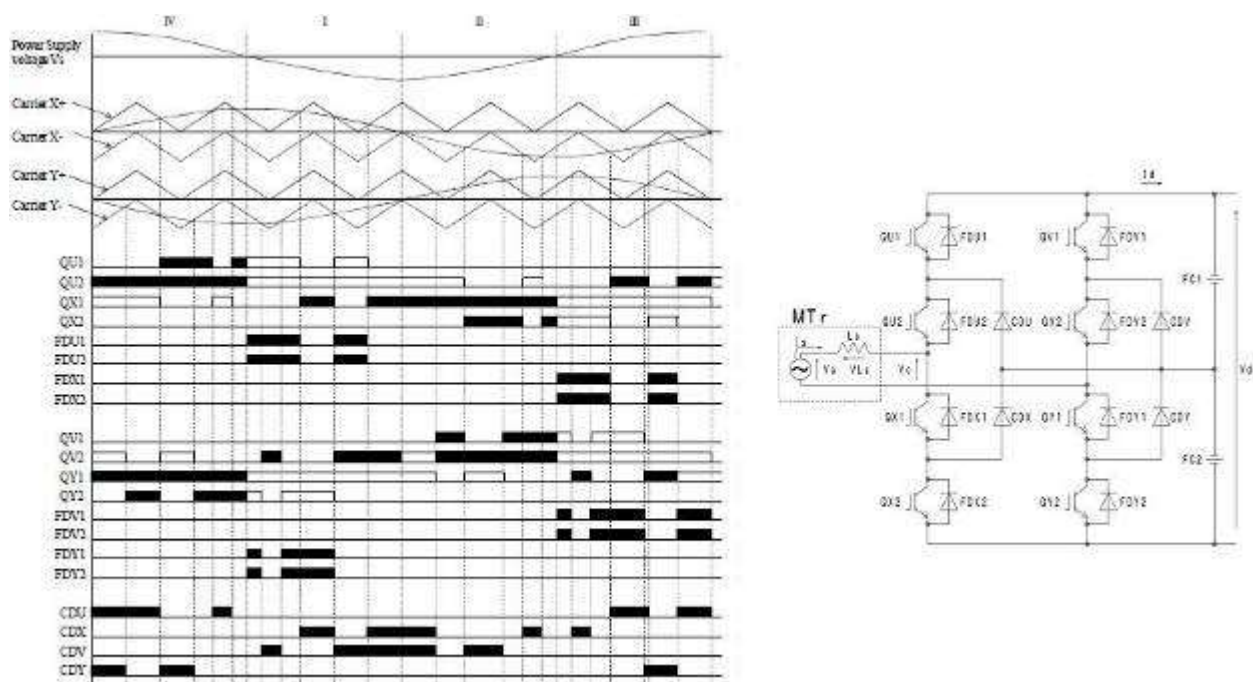


圖 4.30 PWM 整流器切換時間點（制動）

如圖 4.29 與圖 4.30 所示，PWM 的整流器的操作包含 4 個時段，即交流輸入電流只增加的時段交流輸入電流被控制為增加、減少的時段。

供應電壓是負的，但是整流器操作與時段 I 相同的時段。

供應電壓是負的，但是整流器操作與時段 II 相同的時段。

各時段可分為微時間模式 1 至 4 和 1' 至 4'，交流電路在這些模式操作時所採取的路徑如圖 4.31 與圖 4.32 所示。

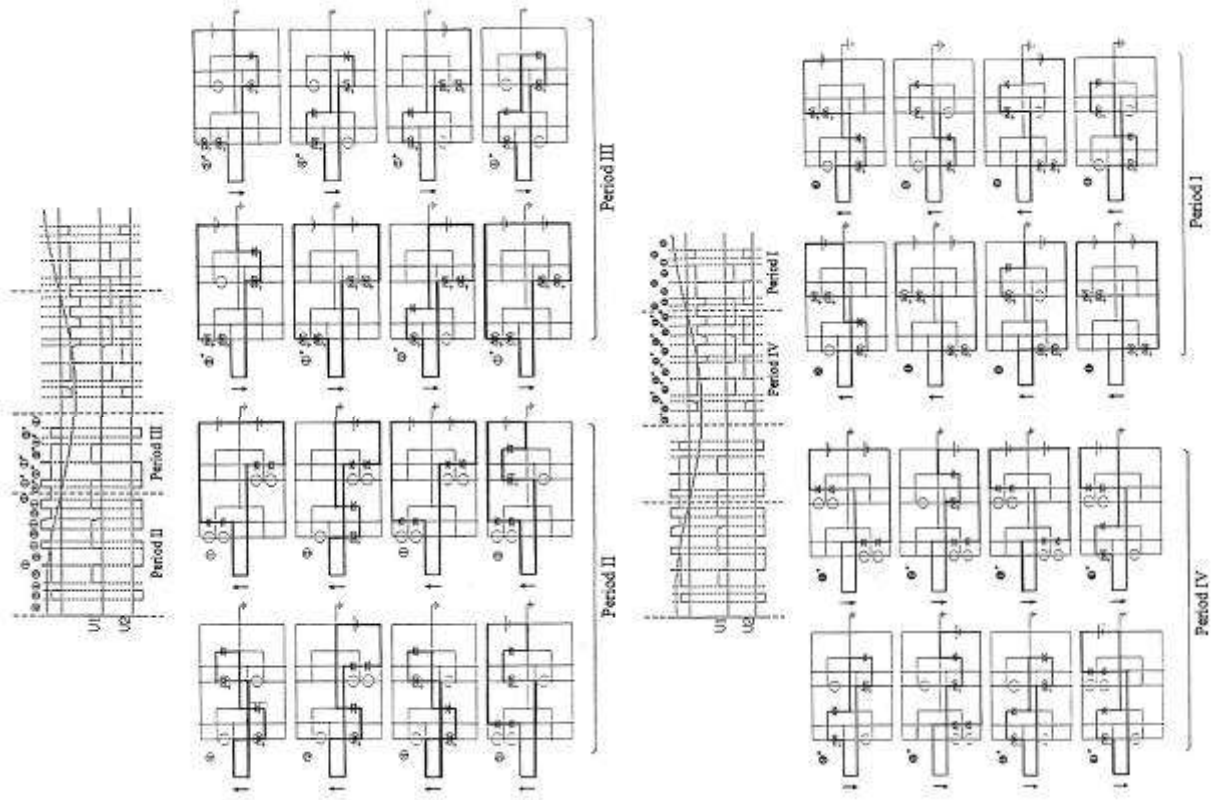


圖 4.31 PWM 整流器的操作模式〈供電〉

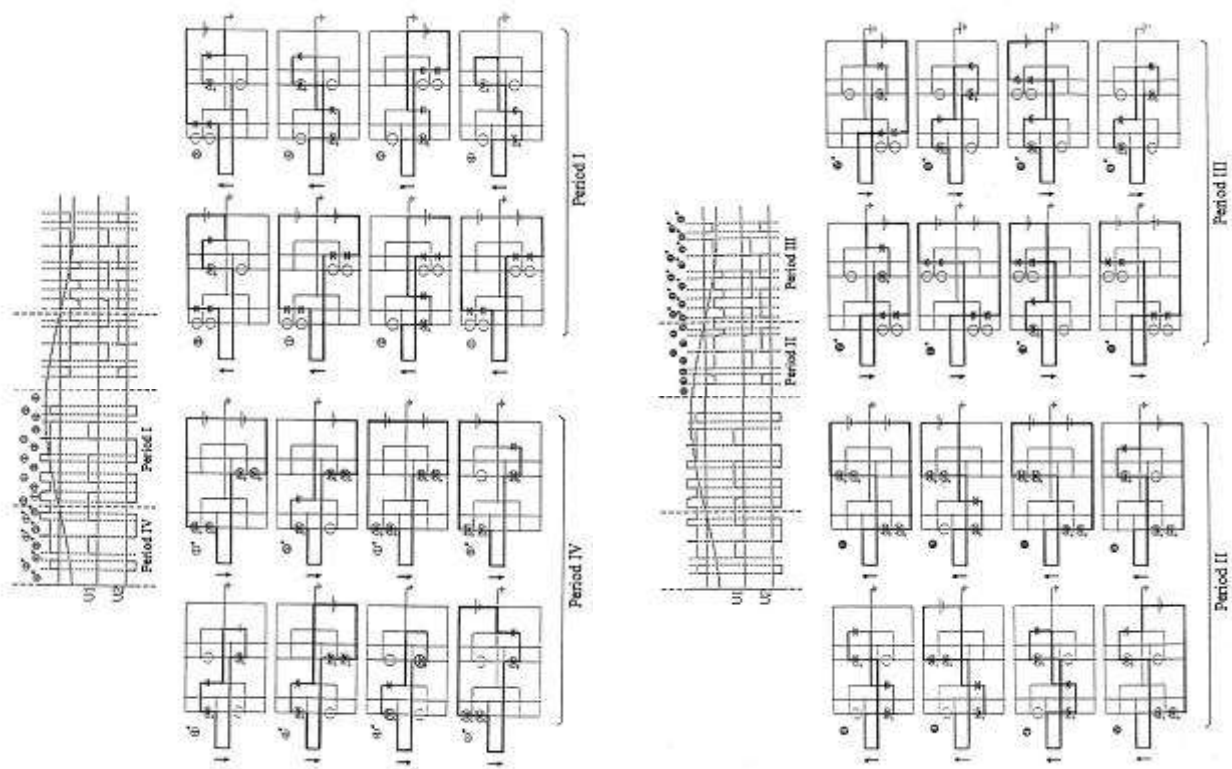


圖 4.32 PWM 整流器的操作模式〈制動〉

時段 I（供電）

在模式 1 至 4 中，供給電壓 V_s 為正，調整波為負。

[模式 I -1]

在這個模式，因為直流電壓 V_d 高於交流電壓，電流從濾波電容器 FC1 和 FC2，通過 IGBT-QX1、QX2、QV1 和 QV2，流到交流電源。其結果為，交流電流 I_s 增加至高流率。

[模式 I -2]

如同模式 I-1，在此模式時，電流從濾波電容器 FC2 流經 IGBT-QX1、QX2、QV2 和 CDV 到交流電源。其結果是，交流電流 I_s 增加至高流率。

[模式 I -3]

如同模式 I-1，在此模式時，電流從濾波電容器 FC1 流經 IGBT-QX1、QV1、QV2 和 CDX 到交流電源。其結果是，交流電流 I_s 增加至高流率。

[模式 I -4]

在這種模式下，交流電源短路通過 IGBT-QX1、QV2 和續流二極管 CDX、CDV。在此，整流器輸入電壓 V_c 與是交流電源電壓的極性相反，但交流電流因為電抗 L_s 而增加，使得電流繼續流動。

然而，與上述模式 I-1 相比，交流電流的增加速度較低

時段 II（供電）

在此時段內，調整波的極性反向為正，整流器輸入電壓與電源電壓具有相同的極性。

[模式 II -1]

IGBT -QV2 已流過 IGBT -QV2 之關閉交流短路電流。其結果是，交流電路中的電抗 L_s 被感應到一個電壓，用以防止電流減小，在 L_s 蓄積的磁能，經由 FDU1、FDU2、FDY1 和 FDY2，充電（推動）直流電路中的濾波電容器 FC1 和 FC2。在這種情況下，根據是從 L_s 排出的磁能量的移動，交流電流被減小。

因此，由於 L_s 的升壓效果，FC 強制充電，使得有可能讓直流電壓 V_d 變得比交流電源電壓 V_s 的幅度更高。

[模式 II -2]

如同模式 II-1，在此模式下，交流電路中的電抗 L_s 被感應到一個

電壓，用以防止電流減小，在 L_s 蓄積的磁能，經由 IGBT-QX1、CDX、FDY1、FDY2，充電（推動）直流電路中的濾波電容器 FC1 和 FC2。

[Mode II-3]

如同模式 II-1，在此模式下，交流電路中的電抗 L_s 被感應到一個電壓，用以防止電流減小，在 L_s 蓄積的磁能，經由 IGBT-QX1、FDY1、FDY2、CDV，充電（推動）直流電路中的濾波電容器 FC1。

[模式 II -4]

因為交流電源經由 IGBT-QX1、QV2、CDX 和 CDV 短路，交流電流增加。其結果是，在交流電路電抗 L_s 蓄積的磁能增加。經由重複這些模式，PWM 整流器可以產生的正弦交流波形電流，可以提高直流電壓，使其高於交流電壓，並且可以控制功率因數在 1.0。

第（四）項、IGBT（絕緣閘雙極電晶體）

本章介紹用來作為變流器和整流器開關元件的 IGBT（絕緣閘雙極型晶體管），與傳統使用的 GTO（閘極關斷）可控矽基本結構和操作兩者間的比較。

第1、IGBT 的基本結構和操作

IGBT 為經由切換施加到閘端子電壓的正值和負值，使射極和集極之間的通道導通/關斷的開關元件。圖 4.33 顯示 IGBT 的基本結構（剖面圖和等效電路）。

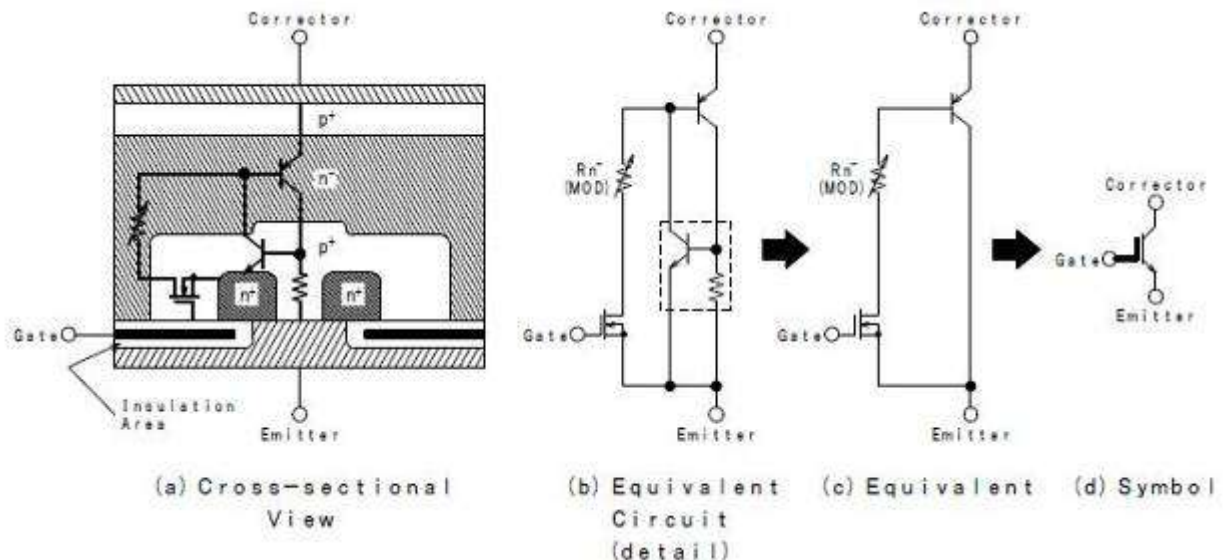


圖 4.33 IGBT 的基本結構

IGBT 為具有由 MOSFET 代表的“電壓驅動”、和大電流雙極型晶體為代表的“小開啟電壓降”優勢的開關元件。基本原理如圖 4.33（a）所示，IGBT 是由連接一個 MOSFET 到晶閘管（4 層 PNPN）的閘極所構成。圖 4.33（b）表示 IGBT 的等效電路。然而，由虛線包圍的 npn 型晶體管不工作，因此，實際上，它是一個 pnp 晶體管，其射極接地，其基極與一個 MOSFET 連接（參見圖 4.33（c））。

如圖 4.33（a）所示，從其 4 層 PNPN 的構造和被 n+射極的接地角度觀之，IGBT 類似於晶閘管，但從操作上來看，它不同於晶閘管。IGBT 的基本操作說明如下。

要開啟一個 IGBT，正電壓信號被施加到 MOSFET 的閘極。接著，在閘極端子上方的 p+層形成 n 通道，超越了絕緣層。電子從射極的 n+層通過 n-通道注入到 n-層，使 MOSFET 開啟。另外，因為 MOSFET 在集極的 p+和 n-層的連結點正向偏壓的條件下開啟，PNP 晶體管的基極被驅動，電洞從 p+層注入到 n-層，導通 PNP 晶體管。因此，IGBT 的集極和射極間變為開啟狀態

第2、TRA EMU800 列車 IGBT 的最大額定值

IGBT 被用作開關元件，用於驅動軌道車輛。表 4.1 顯示 EMU800 列車 1.7 千伏-2400 安培的 IGBT 和 3.3 千伏-1200 安培的 IGBT 的最大額定值。

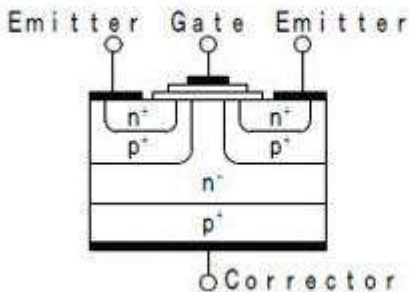
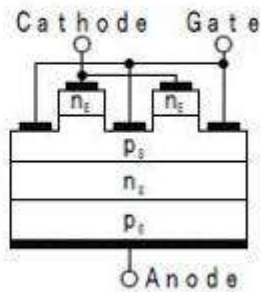
表格 4.1 IGBT 的最大額定值

項目↵		符號↵	額定值↵		單位↵	附註↵
			CONV↵	INV↵		
集、射極間電壓↵		VCES↵	1700↵	3300↵	V↵	Ta=25°C↵
柵、射極間電壓↵		VGES↵	±20↵	±20↵	V↵	Ta=25°C↵
集極電流↵	DC↵	IC↵	2400↵	1200↵	A↵	↵
	1ms↵	ICP↵	4800↵	2400↵		
接合溫度↵		Tj↵	-40 to 125↵	-40 to 125↵	°C↵	↵

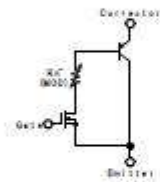
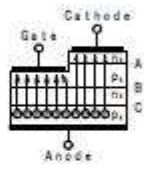
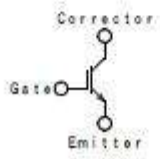
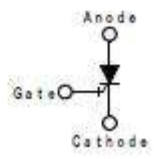
第3、IGBT、GTO 晶閘管之比較

表 4.2 為 IGBT 與 GTO 晶閘管之比較

表格 4.2 IGBT 與 GTO 晶閘管特性比較表(1/2)

	IGBT (絕緣閘雙極晶體管)	GTO (晶閘管)
通則	IGBT 具有 MOSFET 的高阻抗及雙極電晶體低飽和電壓的特性。	GTO 具有自我關斷功能，當閘極電流向前進方向流動、或自閘極向陰極流動時，GTO 會自關斷狀態改為開啟導通狀態；當閘極電流反向自陰極朝向閘極流動時，GTO 會自開啟導通狀態改為關斷狀態。
基本結構	IGBT 與晶閘管相同，具有 4 層 pnpn 結構；然而，因為電壓驅動，IGBT 之構造為具有一組 MOSFET 連結閘極。 	未得到優良的關斷特性，GTO 晶閘管的 nE 被分為數個區。 

表格 4.3 IGBT 與 GTO 晶閘管特性比較表(2/2)

名稱	IGBT (絕緣閘雙極晶體管)	GTO (晶閘管)
操作原則	當電壓在閘極和射極之間(正向偏置)時, MOSFET 導通, 供應基極電流到 PNP 晶體管, 因此開啟了 IGBT。當閘極和發射極之間的電壓是零或反向偏置時, IGBT 被關斷。 	GTO 晶閘管的“反向阻斷狀態”、“關閉狀態”、“開路狀態”與普通的晶閘管相同。當反向電壓被施加在閘極和陰極之間時, GTO 晶閘管為“接通狀態”, 讓電流流動方向相反, PN 結合點 A 被反向偏置, 陽極電流在閘極被吸收而下降, 導致不可能保持開路狀態。在這種情況下, 當施加一個電壓來改變陽極為正電壓時, pn 結合點 B 是反向偏置, 且 GTO 晶閘管變為關閉狀態。 
特點	1) 驅動: 電壓驅動 2) 驅動電流: 小 3) 功率損失: 低 4) 切換頻率: 高 5) 自鎖關斷功能: 提供 6) 耐壓電壓: 高	1) 驅動: 電流驅動 2) 驅動電流: 大 3) 功率損失: 高 4) 切換頻率: 低 5) 自鎖關斷功能: 提供 6) 耐壓電壓: 高
符號		

第（五）項、驅動電路規範

第1、概要

此主整流器系統採用 IGBT 作為整流器和變流器部分的開關元件，以實現小型化以及向量控制需求，並實現高性能的控制單元。此系統的特點如下：

主電路系統

PWM 整流器連續控制的直流連結電壓，使懸垂線電壓波動的影響減小。

藉由採用 IGBT，VVVF 變流器可以實現高轉速運行。

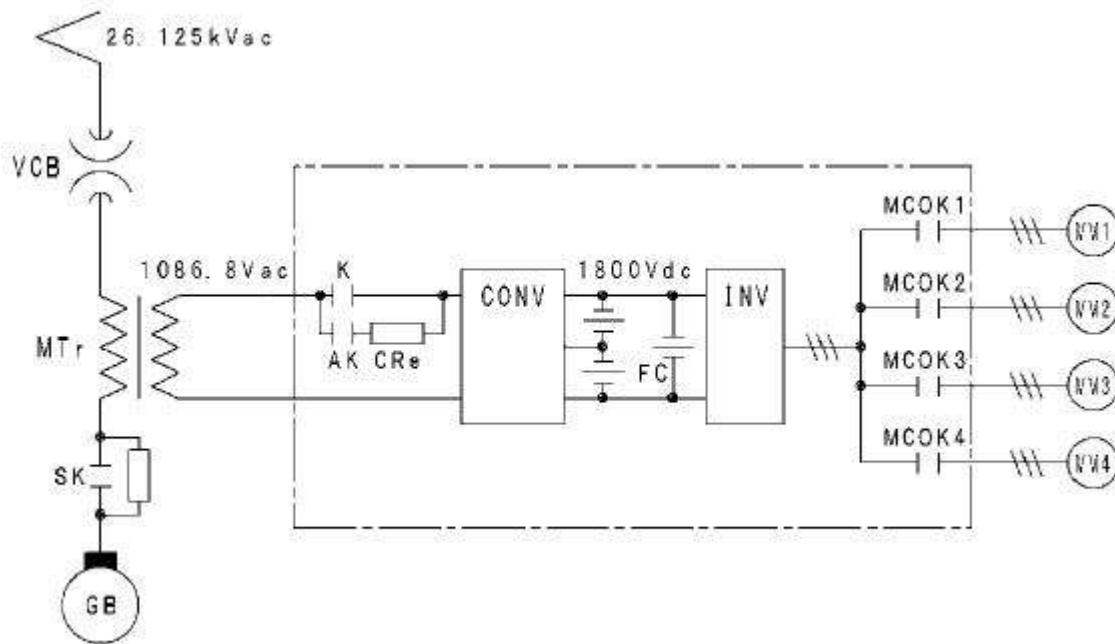


圖 4.34 主電路方塊圖

■ 高耐受電壓，大容量的 IGBT 元件

IGBT 元件具有 1.7KV- 2400A 的額定值，可以實現 3 級整流器和 3.3kV - 1200A、2 級變流器。

另外，由於不需要緩衝電路，零件的數目大範圍的減少，損耗被最小化，並且結構緊湊，重量輕。

■ 緊湊型控制單元與客製化的 32 位元處理器

經由使用被開發使用於電力電子控制的客製化 32 位元處理器，和表面固定之元件，零件係高密度安裝，同時其控制單元亦為小型化設計。

■ 向量控制，無節拍控制

VVVF 變流器應用空轉頻率型向量控制結合無節拍控制。通過控制瞬時馬達電流，得以實現高響應和高穩定性的控制。

■ 低雜訊 PWM 系統

為了降低在起動時從牽引馬達產生的電磁雜訊，採用非同步隨機 PWM 載波頻率控制，而不是傳統的固定載波類型。採用此系統，因為電磁雜訊在特定的頻率不具有峰值，諧波的頻譜被分散，可以降低從牽引馬達產生的崎嶇的、可被聽到的噪聲。

■ 高轉速記錄儀

為了便於調查發生故障的原因，使用高轉速跟踪和記錄（1 微秒採樣）閘門控制信號和 IGBT 閘極反饋信號之功能。

第2、主整流器規範

一般規範

I. 主電路

1) 主電路

PWM 整流器+VVVF 變流器+4 組牽引馬達控制

2) 型式

(A) 整流器 單相電壓式 PWM 整流器

(B) 變流器 三相電壓式 VVVF 變流器

II. 規範

1) 受電弓供電電壓

26.125kVac-60Hz (19.0kV~28.7kV, 17.5kV-1s, 29kV-瞬間)

2) 輸入電壓

1086.8Vac-60Hz (二次側繞線, 790Vac ~1194Vac)

3) 直流連結電壓

1800Vdc $\pm$ 5%

4) 輸出電壓

0 to 1370Vac

5) 控制功率電壓

110Vdc (72Vdc~121Vdc)

6) 額定輸出功率

800kW / M 車 (200kW-連續. $\times$ 4 T/M)

7) 最高轉速

140km/h

8) 加速度

0.7m/s² (壓扁負載至 50km/h)

9) 減速度

1.09m/s² (緊急制動制車: 1.4m/s²)

III. 列車組成與車輛重量

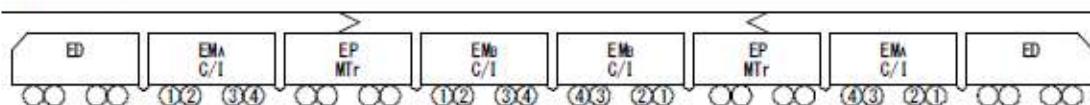


圖5.2.1 列車組成

表5.2.1 列車重量(單位:噸)

載重	Vehicle								合計.
	ED	EMa	EP	EMb	EMb	EP	EMa	ED	
皮重	40.8	40.7	42.8	40.7	40.7	42.8	40.7	40.8	330
總重	51.6	51.5	53.6	51.5	51.5	53.6	51.5	51.6	416.4
壓扁	58.8	58.7	60.8	58.7	58.7	60.8	58.7	58.8	474

IV. 輪徑、減速比

輪徑: 780mm~860mm

減速比: 6.07 (85/14)

V. 操作模式

EMU800系列有下述3種操作模式；每個模式是由主控制器控制與ATP保護。

✓寸動模式是用來轉軌運動。

✓自動轉速控制模式是用在正常的主線運轉。

✓緊急模式使用在自動轉速控制模式故障時的主線運轉。

此模式使用重量信號正確控制加速度。

I.單位切操作條件

2.0%的梯度啟動可在 50%的牽引馬達切斷時使用。

高牽引開關使其可以於皮重負載時，從 1.0 % 梯度，75%牽引馬達切斷下開始運作。

II.制動系統

電氣指令混合制動，自動轉速控制模式時，採用氣動再生剎車與制動閥手柄操作使用。

然而，再生制動不在寸動模式、緊急模式、ATP 應用、緊急剎車操作時使用

III.環境溫度

最高環境溫度： 40 °C

最低環境溫度： 0 °C

平均環境溫度： 25 °C

主整流器控制系統規範

IV.控制單元: (1 PWM 整流器/1 VVVF 變流器/4 馬達) /馬達驅動車輛

V.PWM 整流器控制系統

固定電壓/固定功率因數控制

VI.VVVF 變流器控制系統

VII.空轉頻率式電壓/電流向量控制

VIII.a)供電

低轉速區域: 可變電壓可變頻率 (VVVF) 固定轉矩控制 (磁通量電流、轉矩電流固定)

中轉速區域: 固定電壓可變頻率 (CVVF) 固定功率控制 (電壓、轉矩電流固定)

高轉速區域: CVVF 特性控制 (電壓、空轉頻率固定)

IX.b)再生制動

高轉速區域: CVVF 特性控制 (電壓、空轉頻率固定)

中轉速區域: CVVF 特性控制 (電壓固定)

低轉速區域: VVVF constant 轉矩 控制 (磁通量電流、轉矩電流固定)

X.電流控制系統

以向量控制及無節拍控制執行瞬間值控制

XI.迴路斷路系統

正常:變流器、整流器執行電流限制斷路

緊急:以真空迴路斷路器執行斷路

XII. 啟動系統

PWM 整流器:以同步 PWM 控制執行軟啟動系統

VVVF 變流器:以非同步 PWM、電壓/電流向量控制執行軟啟動系統

XIII. 整流器系統

3 級、單相電壓式 PWM 整流器

XIV. 變流器系統

2 級、三相電壓型 PWM 變流器

主整流器規範

項目	規範
型式	COV098-A0
系統	主迴路系統
	整流器 3 級、單相電壓型 PWM 整流器系統
	變流器 2 級、三相電壓型 PWM 變流器系統
	供電單元
	型號
	STC305-B0
	使用元件 (IGBT)
	CMD400HC-34N 1.7kV-2.4kA
	濾波電容器
	945V-4000 μ F x 2S x 3P
	臂結構
	2S1P-2臂 / 變流器
	元件冷卻方式
	以熱管自然風冷
	供電單元
	型號
	STC301-B0
	使用元件 (IGBT)
	MG1200FXFIUS61 (P2) 3.3kV-1.2kA
	濾波電容器
	1890V-1000 μ F x 2P x 2P
	臂結構
	1S1P-6臂/2NV
	元件冷卻方式
	以熱管自然風冷
	OVT 單元
	型號
	STC304-E0
	使用元件 (IGBT)
	MG800FXFIUS33 (P1) 3.3kV-800A
	電容器單元
	945V-4000 μ F x 2S x 3P
	接地電容器
	1950V-1 μ F
	ACPT 單元
	AC 壓變壓器
	100V _{ac} / 5V _{dc}
	DCPT 單元
	DC 壓變壓器
	2000V _{dc} / 10V _{dc} x 2
	接觸器
	AC 接觸器
	CM77-A5 1500V _{ac} -1000A
	充電接觸器
	LTC6250
	馬達切斷接觸器
	SHD-V320FJ 1500V _{ac} -320A
	DC 放電接觸器
	CM33-C
	電流感應器
	AC 電流 CT 孔
	CP4000 4000A/10V
	變流器電流 CT 孔
	CP3000 3000A/10V
	(僅使用 U - W 相)
	每一馬達電流之 CT 孔
	CP3000 3000A/10V
	(僅使用每一馬達之 U 相)
	接地 CT 孔
	HC-M1025V10V15DMQ 25A/10V
	OV _{dc} 電流 CT 孔
	CA3-250 250A/10V
輸入額定值	主電路
	額定電壓
	AC26.125kV-60Hz
輸出額定值	控制電路
	額定電壓
	AC19.0kV to AC28.7kV
輸出額定值	額定電壓
	DC110V
	Operation guarantee range
	DC 72V to DC121V
輸出額定值	控制容量
	牽引馬達:200kWx4
	輸出電壓
	牽引馬達:0~1370V _{dc}
輸出額定值	輸出頻率
	牽引馬達:-5~+183Hz
	絕緣
	最低20M Ω ，以DC 1000V電錶（主電路至控制電路、框架）
	最低10M Ω ，以DC 1000V電錶（控制電路、框架之間）
工作條件	絕緣強度
	AC 3300V，1分鐘（主電路至控制電路、框架）
	AC 1500V，1分鐘（控制電路至框架）

第(六)項、靜式變流器〈SIV〉

第1、靜式變流器規格概要

I.操作環境

(1). 大氣溫度：

◆ 啟動溫度：0°C ~ + 45°C

(2). 輸入電壓：

◆ 標稱：469 V ac -60Hz

◆ 範圍：41Vac -516 V ac (無負載時)

◆ 短時間限度：314Vac〈1 秒鐘，無負載時〉/521Vac〈短時間〉

(3). 控制電壓：

◆ 標稱：110Vdc

◆ 最大值：121Vdc

◆ 最小值：72Vdc

II.輸出特性

(1). 電壓/容量：440Vac +/-3%，三相，195kVA，p. f = 0.85

(2). 頻率：60Hz +/- Hz

(3). 過載：於額定輸入電壓下，可承受 150%負載 10 秒鐘

第2、運作原理

SIV 之概要連接圖與方塊圖如圖 4.35 與圖 4.36 所示

I.輸入迴路部份

此迴路包含兩個磁性接觸器與電阻，於 PWM 整流器運作之前，AK 磁性接觸器與電阻進行 FC1, FC2, FC3 & FC4 濾波電容之預先充電，預充電結束後，K1 磁性接觸器閉合。

II.PWM 整流器部分

PWM 整流器為一使用 IGBT 進行能量轉換之系統，PWM 整流器轉換 AC 電源成為 DC 電源，其整流器之能量運作與變流器成正反饋(regeneration)。

PWM 整流器含以下特性:相較於二極體電橋，即使 IGBT 方向呈反向，可轉交流電為直流電，直流輸出電壓比交流輸入電壓幅增加快。

即使於交流電路部分有電抗存在，依然有可能控制能量參數為 1.0。即便交流能量供應與/或直流負載變化，依然有可能控制直流輸出電壓維持一定。

III.變流器迴路部分

此迴路轉換電壓由 825Vdc 至 440Vac 基本頻為 60Hz，其與此設備之輸出相同，而 IGBT 切換頻率則是接近 2.1kHz。

IV.AC 濾波部分

因為由變流器輸出之交流電壓含梳狀波並其頻率與 IGBT 切換相同，並成形為交流電壓帶順滑正弦波且其頻率為 60Hz:也就是基本頻率，並含由交流電抗與交流電容組成的濾波電路。

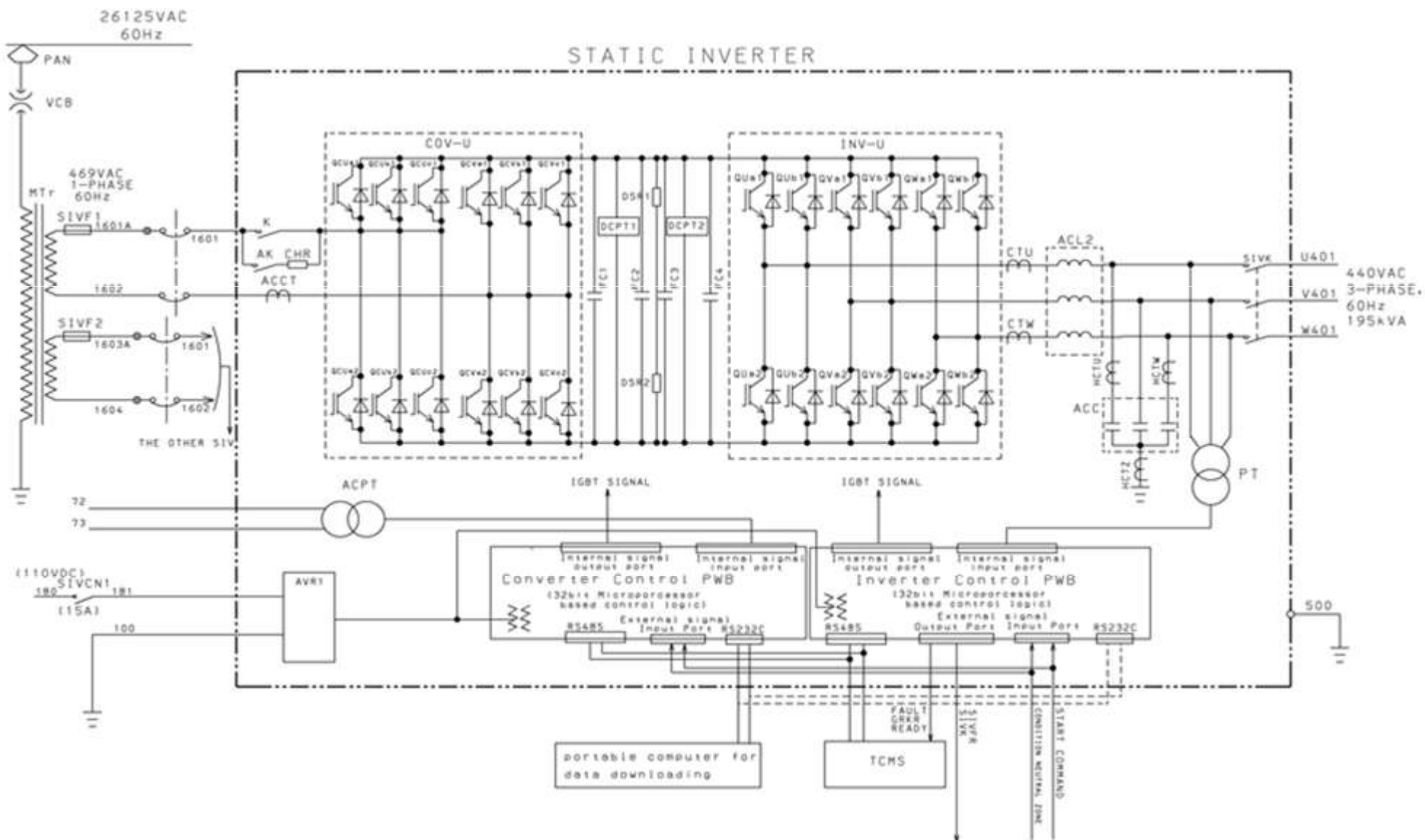


圖 4.35 運作概要圖

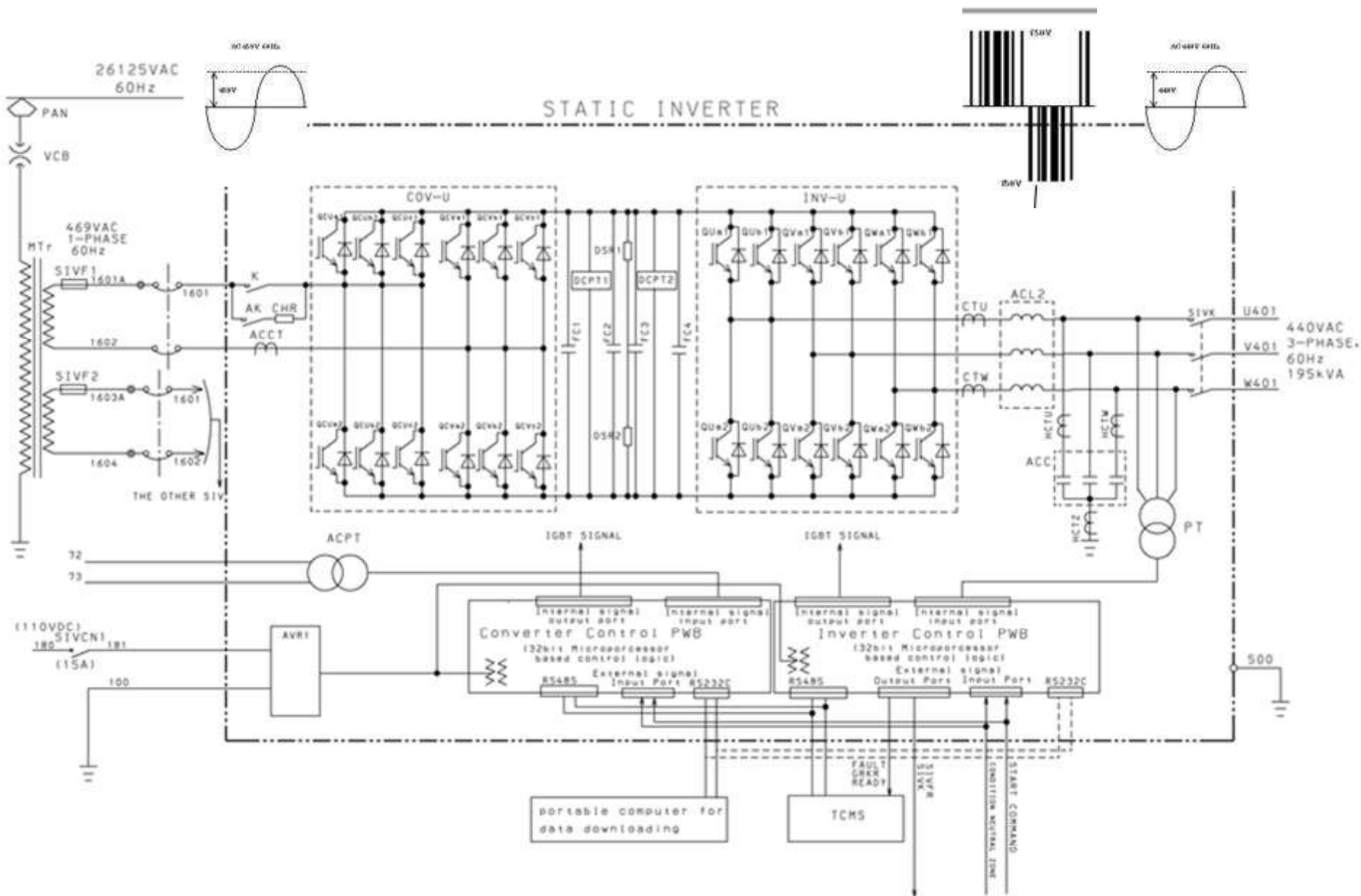


圖 4.36 運作方塊圖

第3、運作說明

變流器之運作原理如下所示:

變流器會盡量保持輸出電壓穩定於設定值若 SIV 輸入電壓出現急速上升或降低，即便是短時間內，825Vdc 之整流器輸出電壓也會出現上升或下降之現象。

另一方面，因為變流器部分之切換頻率如前所述接近 2.1kHz，其電壓可快速跟隨因此即便是 SIV 輸入電壓出現急遽變化，輸出電壓依舊有良好之穩定性。

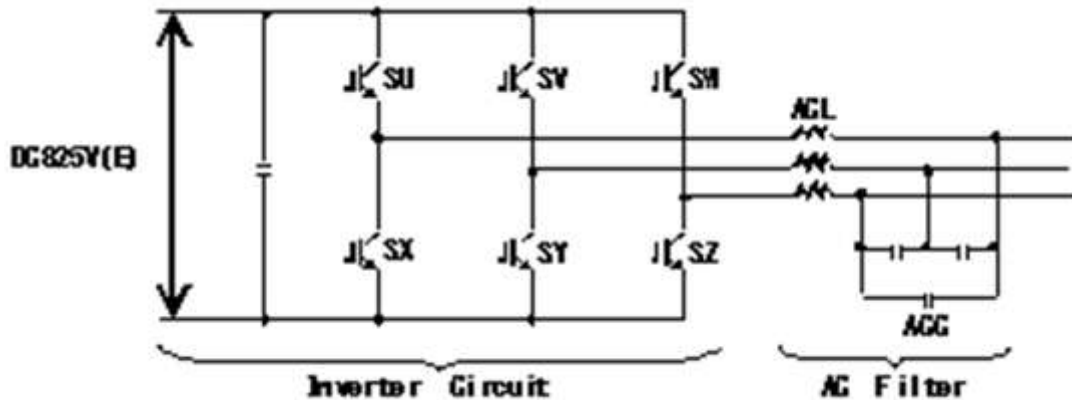


圖 4.37 IGBT 單元

圖 4.37 用以解釋變流器運作原理

SU~SZ 之記號代表 IGBT 單元

I.變流器切換

圖 4.38 中顯示藉切換 SU 至 SZ 之方式生成三相交流電，變流器輸出電壓波形於此刻呈現交流方波，因輸出波形為含高頻諧波的失真波，藉通過一 AC 濾波器使之接近正弦波。

若 ON/OFF 之切換時間維持穩定，輸入電壓之變化將同樣呈現於其輸出端，像本系統之輸入電壓會出現變化的情況下，必須隨輸入電壓變化控制 ON/OFF 切換的時間，以保持輸出電壓穩定於某種程度。

因此本系統便採用 PWM(pulse width modulation control system)控制系統，以作為控制 ON/OFF 之切換時間的方式。

切換時間的方式

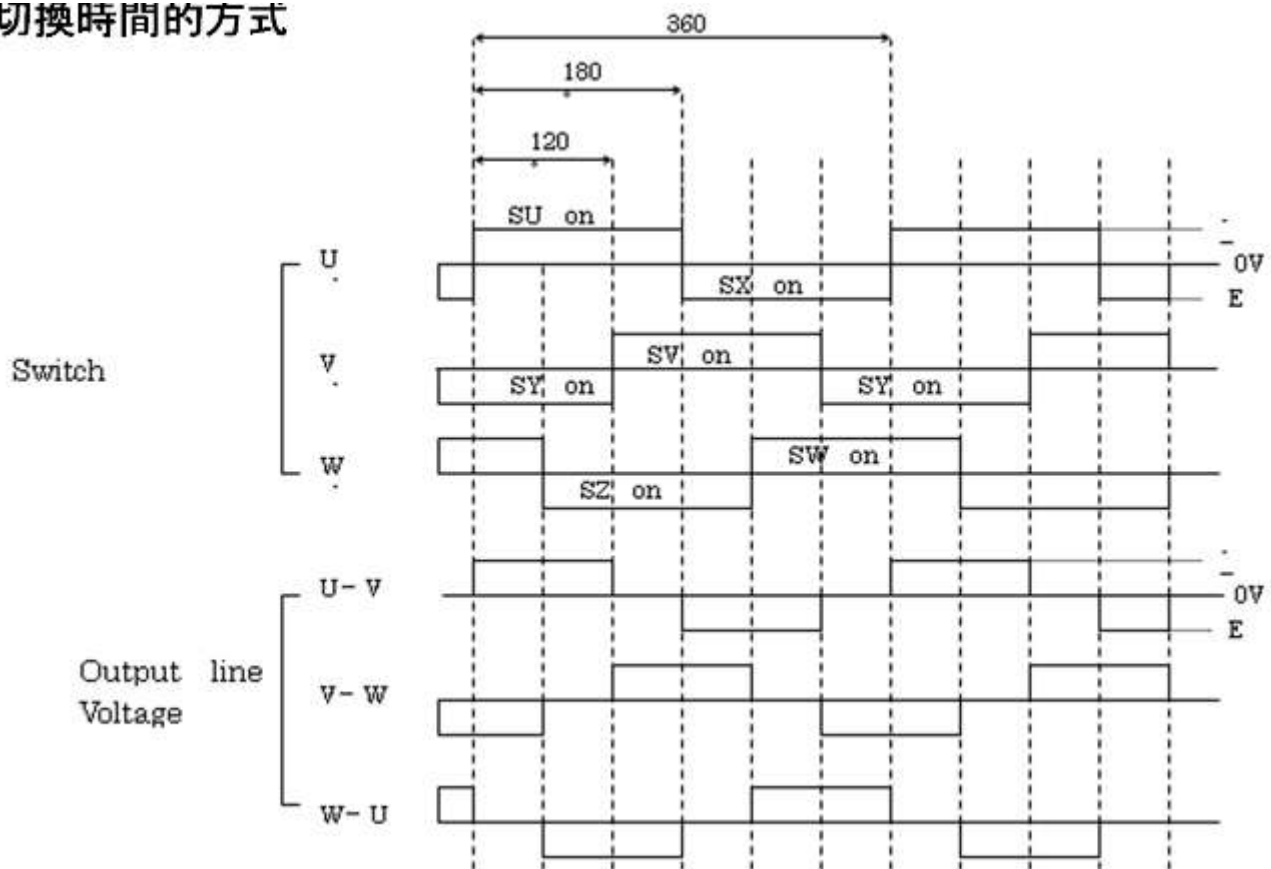


圖 4.38 變流器切換

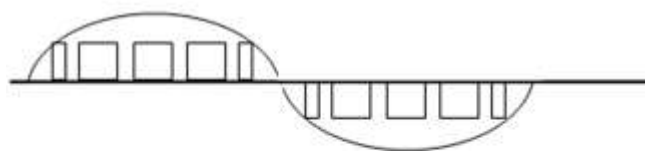
II.PWM 控制

PWM 控制(pulse width modulation control) 切割方波成為較小的方波(脈波)並控制它們的時間寬度，藉減少方波中較高之諧波成分以使之接近正弦波。

伴隨著 PWM 控制，當輸入電壓變高時是利用減少脈波寬度以保持輸出電壓穩定，而當輸入電壓變低時是利用增加脈波寬度之方式進行。

因此隨輸入電壓或負載變化，可藉調整脈衝寬度(ON/OFF 時間比:調變比)以控制輸出電壓。

當輸入電壓低時加大脈波寬度



當輸入電壓低時降脈波寬度

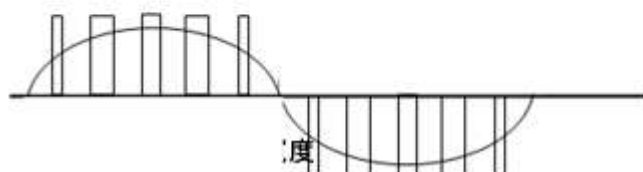


圖 4.39 脈波寬度示意圖

圖 4.39 雖僅以數個脈波進行示意，但實際上當為 60Hz 運作時應有約 33 個脈波。

圖 4.40 比較直流轉交流的基本電路,一個為使用 PWM 整流而另一個則為使用整流器(rectifier)。

即使當使用 PWM 整流器時,因於 IGBT 閘極未開始輸出前的濾波電容器前置充電時,IGBT 並不會工作。

於此期間 PWM 整流器如同整流器(rectifier)。

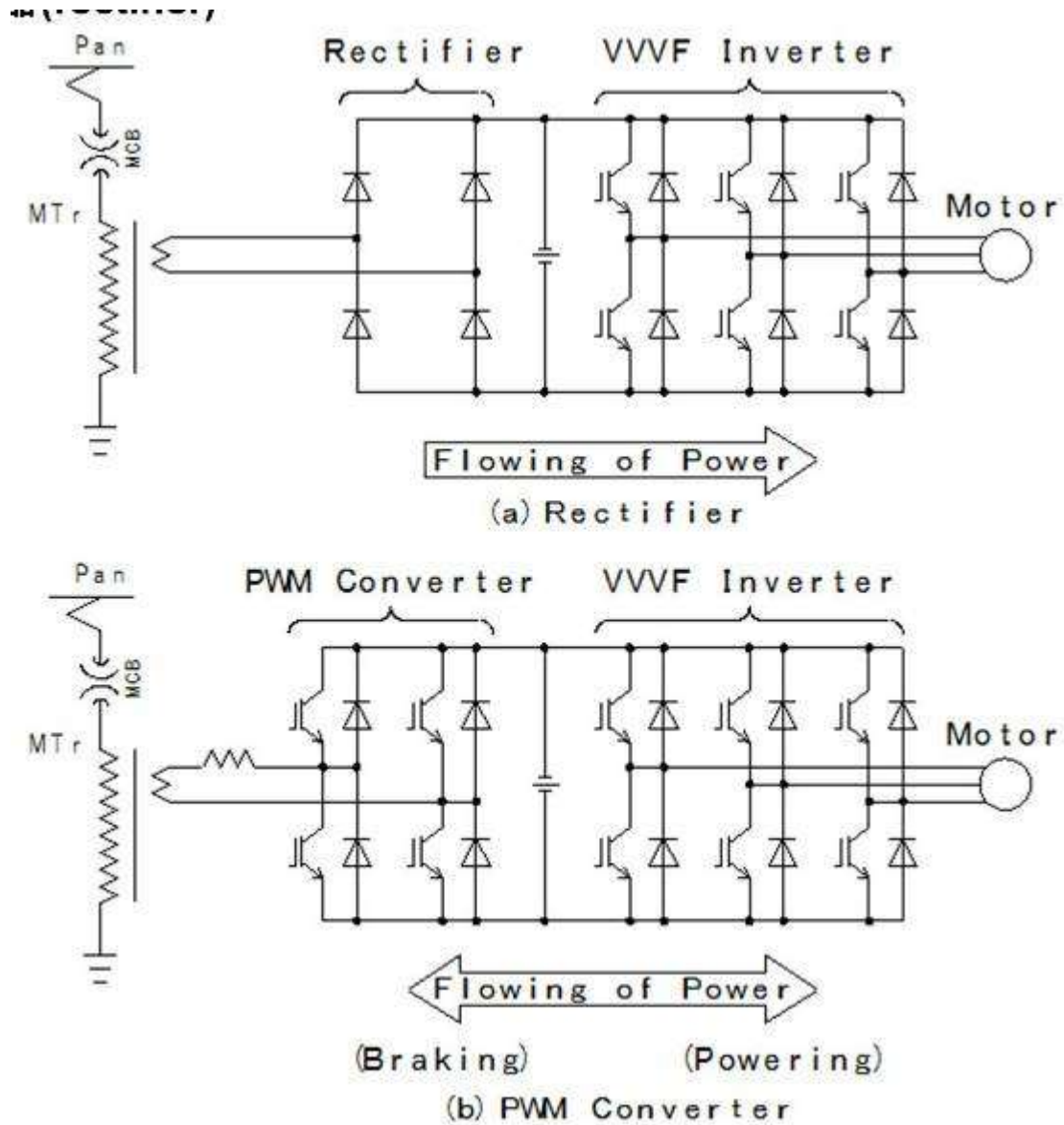


圖 4.40 AC 轉 DC 之能量轉換回路

第（七）項、列車控制及管理系統〈TCMS〉

第1、TCMS 簡介

EMU800 是以 2 組 4 輛構成之電聯車組,組合成 8 輛車編組營運之車種,以 ED-EM A -EP-EM B -EM B -EP-EM A -ED」的順序連結。其中,TCMS 系統之中央單元(Central Unit)及駕駛台顯示器(Driver' s Display Unit: DDU)設置於 ED 車。終端單元(Terminal Unit)則設置於中間車輛(EMA、EP、EMB 車)。中央單元及終端單元間以 busline(TCMS LAN)連結,彼此進行情報交換。

中央單元與終端單元,將收集設置於各車之車上機器所取得之資料,在駕駛台顯示器上,顯示車輛狀態。發生故障時,將故障情報通知駕駛員,並可收集故障記錄,下載到 USB 隨身碟中。

表格 4.4 TCMS 系統設備配置表

項 目	EDC 車廂	EM1 車廂	EP 車廂	EM2 車廂	供應商
中央單元(CU)	1	-	-	-	Toshiba
終端單元(TU)	-	1	1	1	Toshiba
終端單元箱 (Under BOX)	-	1	-	1	Toshiba
駕駛顯示單元 (DDU)	1	-	-	-	Toshiba
TCMS數據讀取工具	-	-	-	-	Toshiba

TCMS 之功能項目如下所述：

I.列車情報之監視及顯示

監視項目包含：集電弓狀態、VCB 狀態、變壓器油溫、牽引整流/變流器狀態、馬達電流、馬達扭力、軀機系統狀態、空氣軀機壓力、停留軀機狀態、空壓機狀態、防滑系統狀態、乘客門狀態、靜式變流器(SIV)狀態、電池充電器狀態、電池電壓、自動電力控置系統(APC)狀態、ATP 車上裝置狀態、空調系統狀態、真空廁所系統狀態、揚水裝置狀態、車內/車外溫度、PISC、終站顯示器、站名顯示器、車內顯示器、終站顯示器、防護無線電狀態、行調無線電狀態、主要開關及 MCB 狀態、列車速度及行駛距離、電量。

II.故障檢測及異常狀態檢測

TCMS 一旦檢測出列車內故障情況,會從駕駛台顯示幕鳴響警報聲,將故障訊息顯示於 DDU 畫面上。

III.運轉資訊記錄

TCMS 將進行下列記錄：運轉記錄、故障記錄、追蹤資料、車上檢查記

圖 4.41 顯示 TCMS 運作功能於各車之分佈狀況。



TCMS 收集到之列車監視情報，會以色彩、圖案方式動態顯示於駕駛台之 DDU 畫面上，告知駕駛員目前列車各功能運作情形，使駕駛員能即時得知目前列車各功能的運作實況，並從而能對列車運轉進行立即性的調整或處理。

圖 4.43 則顯示列車動態運轉時，DDU 會動態即時更新車輛狀況，以紅色圖示提醒故障部位，並於下方訊息列提示故障碼。



圖 4.42 DDU 顯示 TCMS 收集之列車監視情報



圖 4.43 DDU 顯示故障狀態與故障碼

第3、TCMS 故障偵測

TCMS 會檢測出列於故障檢設項目一覽表中的故障，並於 DDU 畫面中顯示，同時也會將之紀錄於 TCMS 的內部記憶體，此外發生重大故障時,DDU 的蜂鳴器將會鳴響。

I.故障檢測顯示格式

以下是故障檢測一覽表的格式

- (1). 故障名稱：DDU 畫面將會顯示故障名稱
- (2). 故障碼：針對各故障所製作的表格
- (3). 車廂號碼：針對有「O」的標記的車輛，將會進行故障檢測動作
- (4). 故障等級：目前分成 A 故障 / B 故障 / C 故障 3 種的故障等級
 - ◆ A 故障：只需要連絡到列車服務人員，無需特別的故障處理。
 - ◆ B 故障：必須要到由檢修人員來確認故障的必要程序。
 - ◆ C 故障：必須由列車人員來立即處理的故障程度。

以上均為針對有「O」標記而定的故障等級。

II.故障顯示燈控制

TCMS 以下列方式進行故障顯示燈控制。

- (1). 一般故障燈: 設置於駕駛台的 LED。TCMS 在檢知出突發重大故障、中度故障或突發輕微故障時，一般故障燈將閃爍。
- (2). 在駕駛畫面的指引區域將顯示所有的重大故障、中度故障、或突發輕微故障，故障鍵被按下時，TCMS 的一般故障燈將亮起。故障排除後，TCMS 一般故障燈將熄滅



圖 4.44 駕駛座之 DDU 與故障顯示燈

III.DDU 故障碼顯示之優先規則

在同時發生多起故障時，TCMS 將會優先顯示列車服務人員應該要優先處理的故障狀況。

優先顯示的順序為：C 故障 > B 故障 > A 故障。

如果故障等級相同時，將會依照表 4.5 的優先度來顯示。

表格 4.5 DDU 故障碼優先顯示等級表

優先顯示等級	項 目
1	車門
2	ATP
3	BECU
4	空氣壓縮機斷流器
5	TCU
6	SIV
7	蓄電池
8	其他(車輛的電路)
9	行車調度無線電
10	空調機
11	PIS
12	廁所
13	TCMS

第4、TCMS 記錄規範

TCMS 會將內容保存到 SRAM，被保存的內容可以連接到 DDU 的 USB 記憶體進行讀取。記錄資料的格式規範如表 4.6 所示。

表格 4.6 TCMS 資料格式規範

項目	內容	記錄方法	最大記錄容量 (位元組)	
			CU	TU
行駛記錄	HCR開啟端CU 記錄HCR開啟時的駕駛台操作訊號、列車行駛資訊(電車線電壓、速度、里程、PWM訊號等)。 TU、HCR關閉端CU 記錄HCR開啟時的各DI資訊。	類比數據是以1秒週期，數位數據是以200ms週期來記錄。	3MB	每輛車 3MB
故障記錄	根據故障感測規格書進行故障感測時，記錄「故障碼、發生／恢復、日期與時間、車廂、列車編號、列車速度、列車位置、電車線電壓、馬達電流、馬達扭矩、剎車壓力(MR壓、BP壓、BC壓)、ATP剎車狀態」。	故障的發生與恢復時進行記錄。	32k	-

追蹤資料	記錄特定傳輸裝置（BECU、TCU、SIV1-CONV、SIV1-INV、SIV2-CONV、SIV2-INV）的追蹤資料（裝置故障發生時的詳細資訊）。	當傳輸裝置製作追蹤資料後，追蹤裝置會對TCMS宣告有追蹤資料。TCMS在接收到本資訊後，會對裝置下達取得要求，以取得追蹤資料資訊，並記錄到TCMS內部。	66520	EM1： 16235 EP車： 88735 EM2車： 66520
車上檢查記錄	記錄車上檢查的實施結果（判定與數值）。	在進行車上檢查後會自動地進行記錄。（不含車上檢查強制結束時）	全體： 2.56k 選擇： 3.6k	-
解析數據	記錄總行走距離、TCU管理累積電力（2次：電源運轉消耗電力／再生消耗電力）、SIV管理累積電力（3次）、壓縮機運轉時間。	TCMS演算結果的記錄，或是進行從裝置接收到的資訊之記錄。	74	-
事件記錄	記錄在列車行駛上，特別必須注意的DI資訊（開放訊號、緊急剎車、接觸器資訊等）之變化。	記錄有變化時。	22k	-
其他	在上述以外，TCMS電源切斷時記憶以下的最新數值。	DDU畫面設定、或TCMS內部演算的最新數值等	20k	-

被記錄於 TCMS 的資料，可在 DDU 插入 USB 隨身碟讀取出來。

被讀取出之記錄資料可以使用 PTE 予以確認，如圖 4.45 所示。

No.	Fault Code	Device Name	Fault Name	Date and Time	Event Type	Trainset No.	Car No.	Car Type	N
1	0520	Radio	Radio transmission fault	12/12/12 17:18:00:80	Occurrence	01	1	TED	Yilar
2	0910	TILT	TILT transmission fault	12/12/12 13:16:24:40	Recovery	02	4	TEM_B	Yilar
3	0910	TILT	TILT transmission fault	12/12/12 13:15:47:40	Occurrence	02	4	TEM_B	Yilar
4	0900	TILT	NFB for Tilting circuit	12/12/12 13:15:46:40	Recovery	02	4	TEM_B	Yilar
5	0910	TILT	TILT transmission fault	12/12/12 13:15:43:40	Recovery	04	5	TEM_B	Yilar
6	0910	TILT	TILT transmission fault	12/12/12 13:15:22:80	Recovery	01	2	TEM_A	Yilar
7	0910	TILT	TILT transmission fault	12/12/12 13:15:16:80	Recovery	03	7	TEM_A	Yilar
8	0910	TILT	TILT transmission fault	12/12/12 13:15:09:80	Recovery	01	1	TED	Yilar
9	0910	TILT	TILT transmission fault	12/12/12 13:15:07:60	Recovery	01	3	TEP	Yilar
10	0910	TILT	TILT transmission fault	12/12/12 13:15:06:40	Occurrence	04	5	TEM_B	Yilar
11	0900	TILT	NFB for Tilting circuit	12/12/12 13:15:05:40	Recovery	04	5	TEM_B	Yilar
12	0910	TILT	TILT transmission fault	12/12/12 13:15:03:80	Recovery	02	6	TEP	Yilar
13	0910	TILT	TILT transmission fault	12/12/12 13:14:56:0	Recovery	02	8	TED	Yilar
14	0910	TILT	TILT transmission fault	12/12/12 13:14:45:80	Occurrence	01	2	TEM_A	Yilar
15	0900	TILT	NFB for Tilting circuit	12/12/12 13:14:44:80	Recovery	01	2	TEM_A	Yilar
16	0910	TILT	TILT transmission fault	12/12/12 13:14:39:40	Occurrence	03	7	TEM_A	Yilar
17	0900	TILT	NFB for Tilting circuit	12/12/12 13:14:38:40	Recovery	03	7	TEM_A	Yilar
18	0910	TILT	TILT transmission fault	12/12/12 13:14:32:40	Occurrence	01	1	TED	Yilar
19	0900	TILT	NFB for Tilting circuit	12/12/12 13:14:31:40	Recovery	01	1	TED	Yilar
20	0910	TILT	TILT transmission fault	12/12/12 13:14:30:80	Occurrence	01	3	TEP	Yilar
21	0900	TILT	NFB for Tilting circuit	12/12/12 13:14:29:60	Recovery	01	3	TEP	Yilar
22	0910	TILT	TILT transmission fault	12/12/12 13:14:26:80	Occurrence	02	6	TEP	Yilar
23	0900	TILT	NFB for Tilting circuit	12/12/12 13:14:26:60	Recovery	02	6	TEP	Yilar
24	0910	TILT	TILT transmission fault	12/12/12 13:14:15:80	Occurrence	02	8	TED	Yilar
25	0900	TILT	NFB for Tilting circuit	12/12/12 13:14:14:80	Recovery	02	8	TED	Yilar
26	0900	TILT	NFB for Tilting circuit	12/12/12 13:14:00:80	Occurrence	02	8	TED	Yilar
27	0910	TILT	TILT transmission fault	12/12/12 13:13:33:80	Recovery	02	8	TED	Yilar

圖 4.45 使用 PTE 讀取 TCMS 資料

可使用 PTE 讀取之資料如表 4.7 所列。

表格 4.7 能以 PTE 進行確認之記錄資料

記錄	說明
故障記錄	進行故障記錄之讀取・顯示・保存（CSV形式）・列印。
統計資料 (電力・行進距離等)	進行統計資料之讀取・顯示・保存（CSV形式）・列印。
事件記錄	進行事件記錄之讀取・顯示・保存（CSV形式）・列印。
追蹤資料	進行軌跡記錄之讀取・顯示・保存（CSV形式）・列印。
車上檢查記錄	進行車上檢查記錄（全部測試）之讀取・顯示・保存（CSV形式）・列印。
運轉記錄	進行運轉記錄之圖表顯示。

第參章. 心得及建議事項

1、此次日本行一共參觀過 Nabtesco、東洋電機、東芝三重、東芝府中四個工廠，進入廠房後發現他們的環境非常整潔、乾淨，其一的東芝府中有關 TCMS 的工廠，外部環境規劃中，綠色林地與花圃會為工廠有貢獻或領受專業技術國家認證的人員，特別栽植紀念樹木。所謂前人種樹、百年樹人，給後代學習之典範。

對照本局現況，每年雖然設有模範勞工與模範檢修機務人員、模範乘務人員等獎項，但事過境遷後，隔年就被遺忘，僅留下個人紀念的獎品，對團體無法產生實質有效的激勵，也沒有具體的榮譽象徵物讓所有人員看到，進而體認本局對於有貢獻員工的重視，無法達成工作文化傳承的效果。因此，建議能於各單位設置長久性的榮譽紀念園地，不僅給本局退休人員一個悠遊懷念往昔服務的場所，也透過這個場所能讓家人知道自身在交通事業上所付出的努力與奉獻。讓局內人員對於所謂的「鐵路人」之工作熱誠有具體的標竿，也讓社會人士了解因每位路局從業人員的付出，才有高品質的運輸服務。

2、日本的企業對員工有完整的專業教育訓練，不僅延續企業專業技術之傳承，又鼓勵員工勇於創新。並針對沿襲舊有思維、人員使用工具之習慣、改善遲滯、不良的人為習性等項目，定期檢討。也會檢討改進後的工作效能是否有確實提升。對於提出改善方案的從業人員，除了給予實質獎薪外，亦於定期檢討會中，當成範例給予新進人員作為學習鼓勵及提攜之精神內涵。

對照本局現況，雖每年都舉辦創新、創意獎之鼓勵，但門檻過高，以至於從業人員會因為難度過高而退縮，從業人員偶有小小的改善創意，也因認為影響有限而無法得到鼓勵或表揚，進而無法產生積極向上之熱誠，失去團體互相激勵的氛圍。因此，建議能比照日本企業，在每個部門都廣設小型的創新、創意獎勵機制，讓每個從業人員都有機會因為改良現有機制或提出良好的構想而獲得工作上的肯定，不只是對於個人，對於團體也能產生互相激勵進取的工作士氣，如此，從小小團體的進步開始，就能帶動路局這部大機器的運作文化產生改變與提升。

3、日本的鐵路以準時和高安全性著稱，而台鐵目前趨勢，亦以打破舊有思維模式，朝向更高精確與效率的方向前進。透過立即檢討非自然因素造成的列車誤點，改善與防範類似故障重複發生的做法，除了提升營運效能的實際功效以外，更有提昇社會大眾對鐵路企業形象的無形功效。然而，本局有諸多二十年以上之老舊車輛，故障率高且零件取得困難，甚至因零件停產而不得不使用前車養後車的方式運用，造成此類車輛之誤點情況居高不下。因此，建議本局對於老舊的車輛，尤其是使用二十年以上的舊車種，除了維持功能之穩定性以外，亦應逐步編列預算汰換之。

針對路局購置 EMU800 型通勤電聯車 296 輛案來汰換舊有通勤區間車，過去 EMU400 型及 EMU500 型故障率過高的問題，已獲有實質改善。但邇來 EMU800 型在試車階段偶有發生摩擦動力關係而導致噪音分貝過高，但尚未開始營運之前，仍不知對旅客搭乘體驗會產生多大的影響。俟陸續與北中南開始投入實際營運後，迭有旅客投書在煞車狀態發生噪音過大之情況，經與日

車人員實測，在模擬載重狀態進入月台車速低時，使用摩擦軔力之噪音分貝隨即提高，如果使用速控選擇電軔時，上述噪音就減低很多，甚至不會發生，但是選擇牽引力控制時，在摩擦軔力產生時，因碟煞盤受來令片接觸摩擦產生阻力使得車輛停車，該來令片乃陶瓷成份，硬度稍高，以致摩擦狀態中產生高分貝噪音。

解決方案有二，經與日車人員研究，在無法改善來令片之材質狀況下，如果以目前合成閘瓦來替代陶瓷閘瓦改善噪音狀況，該合成閘瓦的磨耗率會高於陶瓷閘瓦〈以單位公里數計算〉，則不符合規範。因此在不違反規範前提下，做後述二方案之修正，來改善低速摩擦軔力之噪音：

A、在速度控制之下，原設計車速 5 公里以下取消電軔，只能做摩擦軔力，改為車速 2 公里以下才取消電軔，縮短摩擦軔力噪音的發生時間。

B、在速度控制之下，原設計在開始電軔之前，預設碟煞盤與來令片送出每平方公分 0.5 公斤之預控壓力，來補助電軔未產生前之軔力，以防止車輛編組軔機空走時間過長，影響煞車距離。現改為預控壓力為每平方公分 0.3 公斤，防止因摩擦壓力過高而產生的高分貝噪音，且煞車距離仍合於規範之內。

5、目前路局策劃購置 EMU900 型電聯車，以因應未來之需求。建議將 EMU800 型的碟煞來令片硬度太高造成煞車之噪音問題，於 EMU900 型之購車規範內容進行檢討與設定，使目前 EMU800 型所發生的問題一次解決，避免旅客詬病。

6、N700 系新幹線三相感應電動機介紹。

定格出力：305KW，電壓：AC 2300V，重量：393Kg，用於東海道山陽新幹線 NOZOMI 號，列車運轉最高速度 270 公里。

這種電動機輸出功率大、體積小、重量輕、保養性佳，是車輛用交流主電動機的最佳產品。

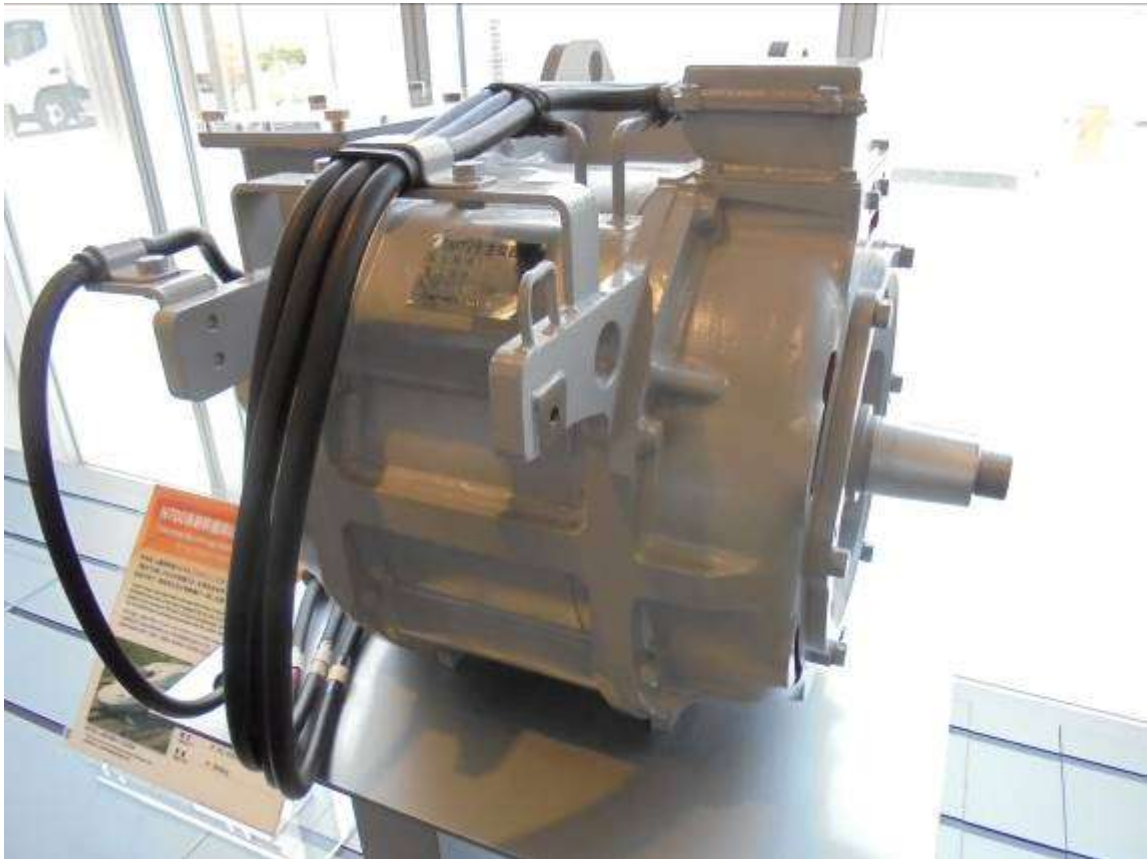


圖 5.1 N700 系交流感應馬達實體圖



圖 5.2 馬達驅動裝置之傳動連結面



圖 5.3 高速動車組的驅動裝置規格



圖 5.4 N700 系新幹線三相鼠籠式感應電動機按裝 N700 系電車功能介紹

6、EDM 系列永磁電動機之介紹。

新型交流同步電動機，為鐵路車輛先進概念設計之電動機，具有比目前使用之感應電動機之優點如下：

- (1). 高效率：約 5%之效率提升。
- (2). 小型輕量：比同輸出功率交流馬達重量減輕 32~57%。
- (3). 低噪音：同樣運轉速度的交流馬達，永磁式馬達可減低 7~10db
- (4). 使用壽命：可提升約 1.5~2 倍之使用壽命。

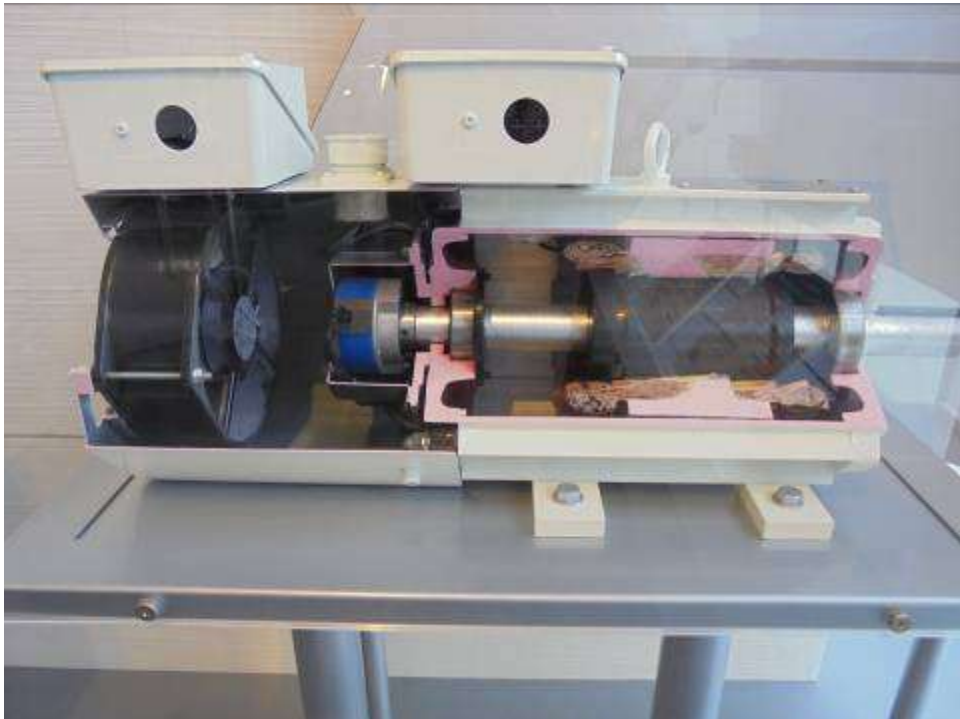


圖 5.5 永磁電動機之剖面圖，電樞是永久磁鐵



圖 5.6 EDM 永磁電動機功能說明