

國立臺灣大學工學院機械工程學系

碩士論文

Department of Mechanical Engineering

College of Engineering

National Taiwan University

Master Thesis

離合器元件組成之機車油電混合動力系統

Fuel-Electric Hybrid Systems Composed of
Mechanical Clutching Units for Scooters



陳昇名

CHEN, I-MING

指導教授：劉 霆 博士

Advisor: Tyng Liu, Ph.D.

中華民國 98 年 6 月

June, 2009

國立臺灣大學碩士學位論文
口試委員會審定書

離合器元件組成之機車油電混合動力系統
Fuel-Electric Hybrid Systems Composed of Mechanical
Clutching Units for Scooters

本論文係陳羿名君（R96522602）在國立臺灣大學機械工程學系
完成之碩士學位論文，於民國 98 年 6 月 23 日承下列考試委員審查通
過及口試及格，特此證明

口試委員：

劉 霆

劉 霆

陽毅平

陽毅平

尤正吉

尤正吉

系 主 任

張所鎔

張所鎔

誌謝

首先要感謝劉霆教授，在我研究所的日子裡給予熱心的指導與鼓勵。老師具啟發性的教學方式總能激發我更多的想法，並使我迷惑時豁然開朗，在我研究的路程上指引出一條明路。此外也感謝老師讓我有機會參與混合動力機車計畫，將所學實際應用於系統設計及製作上，獲得了寶貴的實務經驗。

感謝巨獅創意股份有限公司的楊泰和先生在混合動力機車計畫進行時對我的協助與指教，與楊先生的討論使我獲得許多新的知識與觀點，增廣了我的眼界，並使我對於機器的設計與發明產生濃厚的興趣。

感謝陽毅平教授及尤正吉教授在期末抽空審閱我的碩士論文，並提供許多寶貴的意見，使我的論文更趨於完善。

感謝 MMT 實驗室的夥伴們。感謝江霸與我一同在實驗室裡奮鬥和搞笑，讓我度過快樂又充實的碩一生活。感謝思佳、冠澄、建欣對我的照顧與鼓勵。感謝玉楚、沛宗、盈秀、中興在學期中藉著聊天抒發彼此研究的壓力。感謝洪毓、文傑、誌明、國瑋時常與我討論並提供意見，讓我得到新的想法與靈感。

感謝昉昞、順原、泓崧，沒有你們 Micro Hybrid 不可能完成，一起實現了一輛混合動力機車真是叫人感動。

感謝楊斌學長帶我們到米蘭參觀世界機車展，感謝期間阿讚、小帥帥名凱、柏元、承儒的陪伴及歡笑。

感謝父母在研究過程中對我的鼓勵以及父親對於研究中的指點。感謝女友昭慧在我埋首論文時的陪伴，並提醒我要有適度的休息。

感謝曾經給予我幫助的人，因為有你們我才能順利完成論文，在此謹獻上本論文給所有指導過我的師長及親人朋友們，希望與你們分享這份喜悅。

離合器元件組成之機車油電混合動力系統

陳羿名

摘要

本研究之目的在於分析及發展以傳統離合器組成之機車用油電混合動力系統。研究首先建立功能動力圖示法，該圖示法可表示所有以離合器元件組成之油電混合動力系統，並使系統各元件的連接關係更明確。為使各系統之評估有統一之標準，建立系統功能及系統複雜度評估方法。其次，針對現有文獻中以離合器元件組成之混合動力系統進行分析，釐清現有系統之功能及特性。接著以合成方法進行系統設計，發展 Matlab 自動化程式建立完整的系統配置資料庫。研究最後針對三種合成所得之創新系統進行驗證。本研究經由上述過程，客觀的分析了現有系統之功能及複雜度，並以合成方法設計出創新的機車混合動力系統，其結果可作為混合動力機車後續發展時之參考。

關鍵字：離合器、機車、混合動力系統、功能動力圖、分析與合成

Fuel-Electric Hybrid Systems Composed of Mechanical Clutching Units for Scooters

CHEN, I-MING

Abstract

The Purpose of this study is to analyze and develop fuel-electric hybrid systems composed of traditional mechanical clutching units for scooters. In the research, firstly, the graph called “functional power graph” is developed, which can transform the traditional mechanical diagrams into a simplified graph for representing its mechanical structure and function. To make the evaluation of all systems objectively, a standard evaluative method is also proposed. Then, some current hybrid systems which composed of traditional mechanical clutching unit are analyzed and their functions and complexity have been assessed. By synthesis method, some new systems have been developed, and the automatical synthesis using Matlab program have been established. Finally, three new systems have been inspected. In this study, the characteristics of current systems have been clarified, and new systems have been invented. The result could be a considerable consultation for further research in hybrid scooters.

Key words : clutch, scooter, hybrid power system, function power graph,
analysis and synthesis.

目錄

誌謝.....	III
摘要.....	IV
Abstract.....	V
目錄.....	VI
圖目錄.....	IX
表目錄.....	XI
第一章 緒論.....	1
1-1 研究背景	1
1-2 文獻回顧	2
1-3 研究動機與目的	3
1-4 研究架構與步驟	3
第二章 理論基礎及分析方法.....	5
2-1 油電混合動力系統之介紹	5
2-1-1 油電混合動力系統之基本原理	5
2-1-2 油電混合動力系統之分類	6
2-2 功能動力圖	6
2-2-1 系統組成元件	7
2-2-2 功能動力圖之建立步驟與規則	12
2-3 系統分析與評估方法	14
2-3-1 車輛行車模態	15
2-3-2 系統動力模式	16
2-3-3 系統功能	18
2-3-4 系統複雜度	21
2-4 小結	22
第三章 現有系統之整理與分析.....	23
3-1 系統簡介	23
3-2 現有系統之功能動力圖	35
3-2-1 功能動力圖建立步驟實例	35
3-2-2 各系統之功能動力圖	38
3-3 系統連接線路結構分類	40
3-4 系統離合器配置整理及分析	42
3-4-1 Y 形線路系統	42
3-4-2 YD 形線路系統	45
3-4-3 YT 形線路系統	49
3-4-4 Δ 形線路系統	50
3-5 現有系統功能及複雜度評估	52

3-5-1 Y 形線路系統	52
3-5-2 YD 形線路系統	54
3-5-3 YT 形線路系統	57
3-5-4 Δ 形線路系統	58
3-6 小結	59
第四章 系統合成與評估	61
4-1 系統合成	61
4-1-1 Y 形線路系統	61
4-1-2 YD 形線路系統	63
4-1-3 Δ 形線路系統	64
4-2 系統評估	66
4-2-1 Y 形線路系統	67
4-2-2 YD 形線路系統	68
4-2-3 Δ 形線路系統	69
4-3 系統合成與評估自動化程式	70
4-4 系統合成與評估結果	70
4-4-1 Y 形線路系統	71
4-4-2 YD 形線路系統	73
4-4-3 Δ 形線路系統	76
4-5 小結	77
第五章 創新系統之檢驗與實現	78
5-1 系統檢驗	78
5-2 系統實現	79
5-2-1 Y 形線路創新系統	79
5-2-2 YD 形線路創新系統	83
5-2-3 Δ 形線路創新系統	87
5-3 小結	91
第六章 結論與建議	92
6-1 結論	92
6-2 未來發展與建議	93
參考文獻	94
附錄	97
附錄一 US Patent No. 6,843,751 B2 系統功能動力圖	97
附錄二 Y 形線路系統達成各項功能之系統數	103
附錄三 YD 形線路系統達成各項功能之系統數	105
附錄四 Δ 形線路系統達成各項功能之系統數	107
附錄五 Y 形線路系統合成與評估自動化 Matlab 程式	110
附錄六 YD 形線路系統合成與評估自動化 Matlab 程式	113

附錄七 Δ 形線路系統合成與評估自動化 Matlab 程式.....	116
附錄八 Y 形線路系統合成與評估結果.....	119
附錄九 YD 形線路系統合成與評估結果.....	121
附錄十 Δ 形線路系統合成與評估結果.....	125



圖目錄

圖 2- 1 離心離合器機構圖	11
圖 2- 2 單向離合器機構圖	12
圖 2- 3 電磁離合器機構圖	12
圖 2- 4 功能動力圖標準配置圖形	14
圖 3- 1 Keith Hoffman 與 Dennis Grieve 採用之系統機構圖	24
圖 3- 2 Massimo Ceraolo 等人採用之系統機構圖	24
圖 3- 3 Jian-Feng TSAI 與 Yon-Ping CHEN 採用之系統機構圖	25
圖 3- 4 Kuen-Bao Sheu 與 Tsung-Hua Hsu 採用之系統機構圖	25
圖 3- 5 US Patent No. 3,888,325 系統機構圖	26
圖 3- 6 US Patent No. 4,148,192 系統機構圖	27
圖 3- 7 US Patent No. 4,407,132 系統機構圖	27
圖 3- 8 US Patent No. 4,553,011 系統機構圖	28
圖 3- 9 US Patent No. 4,697,660 全車構造圖	29
圖 3- 10 US Patent No. 4,697,660 系統機構圖	29
圖 3- 11 US Patent No. 5,193,634 系統 1 號及系統 2 號機構圖	30
圖 3- 12 US Patent No. 5,644,200 系統 1 號至系統 5 號機構圖	31
圖 3- 13 US Patent No. 6,663,524 系統機構圖	32
圖 3- 14 US Patent No. 6,752,229 B2 系統機構立體圖及正視圖	33
圖 3- 15 US Patent No. 6,843,751 B2 系統 1 號至系統 2 號機構圖	34
圖 3- 16 US Patent No. 6,843,751 B2 系統 3 號至系統 8 號機構圖	35
圖 3- 17 US Patent No. 5,193,634 系統 1 號功能動力圖	36
圖 3- 18 US Patent No. 5,644,200 系統 2 號功能動力圖	37
圖 3- 19 Y 形線路結構	41
圖 3- 20 YD 形線路結構	41
圖 3- 21 YT 形線路結構	41
圖 3- 22 Δ 形線路結構	41
圖 3- 23 Y 形線路系統離合器安裝位置圖	42
圖 3- 24 YD 形線路系統離合器安裝位置圖	45
圖 3- 25 YT 形線路系統離合器安裝位置圖	49
圖 3- 26 Δ 形線路系統離合器安裝位置圖	50
圖 4- 1 Y 形線路系統離合器安裝位置圖	62
圖 4- 2 YD 形線路系統離合器安裝位置圖	63
圖 4- 3 Δ 形線路系統離合器安裝位置圖	65
圖 5- 1 Y33 系統功能動力圖	79
圖 5- 2 Y33 系統機構圖	82
圖 5- 3 YD5 系統功能動力圖	83

圖 5- 4 YD57 系統機構圖.....	86
圖 5- 5 $\Delta 5$ 系統功能動力圖.....	87
圖 5- 6 $\Delta 5$ 系統機構圖.....	91



表目錄

表 2-1 動力元件符號表	8
表 2-2 輸出元件符號表	9
表 2-3 線路元件符號表	9
表 2-4 離合器元件符號表	10
表 2-5 速可達機車之功能動力圖建立步驟	13
表 2-6 離心離合器安裝方向與文字代號對照表	14
表 2-7 車輛行車模態	15
表 2-8 單一動力流動情形	16
表 2-9 兩種動力流動情形	16
表 2-10 系統動力模式	17
表 2-11 系統功能表	18
表 3-1 US Patent No. 5,193,634 系統 1 號之功能動力圖建立步驟	36
表 3-2 US Patent No. 5,644,200 系統 2 號之功能動力圖建立步驟	37
表 3-3 現有系統之功能動力圖	38
表 3-4 現有 Y 形線路系統離合器配置方式	43
表 3-5 Y 形線路系統位置 a 離合器性質表	44
表 3-6 Y 形線路系統位置 b 離合器性質表	44
表 3-7 Y 形線路系統位置 c 離合器性質表	45
表 3-8 現有 YD 形線路系統離合器配置方式	46
表 3-9 YD 形線路系統位置 a 離合器性質表	47
表 3-10 YD 形線路系統位置 b 離合器性質表	47
表 3-11 YD 形線路系統位置 c 離合器性質表	47
表 3-12 YD 形線路系統位置 d 離合器性質表	48
表 3-13 YD 形線路系統位置 e 離合器性質表	48
表 3-14 YD 形線路系統位置 f 離合器性質表	49
表 3-15 現有 YT 形線路系統離合器配置方式	50
表 3-16 現有 Δ 形線路系統離合器配置方式	51
表 3-17 Δ 形線路系統位置 h 離合器性質表	51
表 3-18 Δ 形線路系統位置 i 離合器性質表	51
表 3-19 Δ 形線路系統位置 j 離合器性質表	52
表 3-20 Y 形線路系統各功能達成條件	53
表 3-21 現有 Y 形線路系統功能及複雜度評估結果	54
表 3-22 YD 形線路系統各功能達成條件	55
表 3-23 現有 YD 形線路系統功能及複雜度評估結果	56
表 3-24 YT 形線路系統各功能達成條件	57
表 3-25 現有 YT 形線路系統功能及複雜度評估結果	58

表 3- 26 Δ 形線路系統各功能達成條件	59
表 3- 27 現有 Δ 形線路系統功能及複雜度評估結果	59
表 3- 28 現有系統評估結果整理	60
表 4- 1 Y 形線路系統位置 c 新增離合器性質表	62
表 4- 2 Y 形線路系統合成各配置表	63
表 4- 3 YD 形線路系統合成配置表	64
表 4- 4 Δ 形線路系統位置 h 新增離合器性質表	65
表 4- 5 Δ 形線路系統位置 i 新增離合器性質表	65
表 4- 6 Δ 形線路系統位置 j 新增離合器性質表	66
表 4- 7 Δ 形線路系統合成配置表	66
表 4- 8 Y 形線路合成系統各功能達成條件	67
表 4- 9 YD 形線路合成系統各功能達成條件	68
表 4- 10 Δ 形線路系統各功能達成條件	69
表 4- 11 合成系統與現有系統對照表	71
表 4- 12 Y 形線路可達全部功能系統資料表	71
表 4- 13 Y 形線路可達全部功能系統功能動力圖	72
表 4- 14 YD 形線路可達全部功能系統資料表	73
表 4- 15 YD 形線路可達全部功能系統功能動力圖	74
表 4- 16 Δ 形線路可達全部功能系統資料表	76
表 4- 17 Δ 形線路可達全部功能系統功能動力圖	76
表 5- 1 Y33 系統合成及評估結果	79
表 5- 2 Y33 系統操作模式	80
表 5- 3 Y33 系統操作流程	80
表 5- 4 Y33 系統車輛起步至巡航流程	81
表 5- 5 Y33 系統車輛減速	81
表 5- 6 Y33 系統車輛倒車	82
表 5- 7 Y33 系統停車充電流程	82
表 5- 8 Y33 系統引擎起步	82
表 5- 9 YD57 系統合成及評估結果	83
表 5- 10 YD57 系統操作模式	84
表 5- 11 YD57 系統操作流程	84
表 5- 12 YD57 系統車輛起步至巡航流程	85
表 5- 13 YD57 系統車輛減速	85
表 5- 14 YD57 系統車輛倒車	86
表 5- 15 YD57 系統停車充電流程	86
表 5- 16 YD57 系統引擎起步	86
表 5- 17 Δ 5 系統合成及評估結果	87
表 5- 18 Δ 5 系統操作模式	88

表 5- 19 $\Delta 5$ 系統操作流程	88
表 5- 20 $\Delta 5$ 系統車輛起步至巡航流程	89
表 5- 21 $\Delta 5$ 系統車輛減速	89
表 5- 22 $\Delta 5$ 系統車輛倒車	90
表 5- 23 $\Delta 5$ 系統停車充電流程	90
表 5- 24 $\Delta 5$ 系統引擎起步	90
表 5- 25 Y33、YD57、 $\Delta 5$ 系統複雜度對照表	91



第一章 緒論

1-1 研究背景

隨著環保觀念的抬頭，近年來世人漸漸意識到節能減碳的重要，政府也相繼推出新的環保法規以管制車輛廢氣的排放量。目前全台灣機車總數共有高達一千四百多萬輛[1]，其排放廢氣 CO 及 HC 分別佔全部道路運輸工具總排放量的 38%及 64%[2]，可知機車對於台灣空氣品質有重大之影響，若能發展油電混合動力機車，將有助於降低機車的廢氣排放量。

目前油電混合動力機車之研發已開始起步，部份廠商如 Honda 已有其產品或概念車推出。在 2008 年 11 月於義大利米蘭舉辦之第六十六屆國際腳踏車及摩托車展(66 MILAN International Cycle and Motorcycle Exhibition, EICMA)，共有四輛油電混合機車或概念車參與展出，包括：(1) Malagull 的串聯式油電混合系統機車、(2)中國大陸製造之 HEV01、(3) Peugeot 的 Prototipo hybrid 3 route 及(4) Piaggio 的 MP3 hybrid。然而，油電混合動力機車仍未成為市場主流

探究油電混合動力機車難以獲得市場青睞的原因，可發現其發展常遇到幾項困難而難以實現：(1)機車車體空間狹窄，配置混合動力系統有其困難。(2)現今市面上的機車的動力系統相當簡易，若安裝過於複雜的混合動力系統將導致維修困難。(3)機車若安裝混合動力系統，其成本及售價勢必提高，影響民眾購買的慾望。

由上述困難可知，一套符合市場需求的機車油電混合動力系統，須具備體積小、結構簡單、維修容易、成本低等特點。而傳統離合器元件組成之混合動力系統即具備有上述之特點，適合於混合動力機車的使用。

為使油電混合動力機車早日為市場所接受，本研究針對以傳統離合器元件組成之油電混合動力系統進行分析與設計，期望找出適合機車使用的混合動力系統配置方式，以供後續研究時之參考。

1-2 文獻回顧

文獻回顧首先針對混合動力機車相關之期刊論文進行搜尋，查得自 2005 年至 2008 年的七篇與機車混合動力系統設計相關之論文[3-9]，各論文分別針對不同的機車混合動力系統進行模擬分析、系統設定或制定操控策略等研究，以下對各論文內容做簡單介紹。

2005 年，Keith Hoffman 及 Dennis Grieve 發表之研究中[3]，將一輛 Aprilia SR50 Scooter 以離合器元件改裝為並聯式混合動力系統機車，並測試該車的動力曲線。

2006 年 5 月，Massimo Ceraolo 等人發表的研究中[4]，將一般使用引擎的速可達機車加裝一具電動機，構成一套並聯式混合動力系統。針對該系統使用之電動機、整流器、及電池作相關設定，制定系統控制策略，最後以 Matlab/Simulink 模擬機車之運行狀況。

2006 年 9 月，Tsai 及 Chen 發表之論文中[5]，針對一輛採用並聯式混合動力系統的機車設計一具內含離心離合器之切換式磁阻馬達(Switched Reluctance motor, SRM)，建立馬達模型進行模擬，使該馬達適用於混合動力機車之應用。

2006 年 9 月，Sheu 及 Hsu 發表的論文中[6]，在一般機車上安裝一電動機，配合離心離合器及單向離合器，組成一並聯式混合動力系統。該研究對最終減速比、CVT 減速比、離心離合器及皮帶等元件進行設定，使系統可配合混合動力機車之各種行車模式，最後架設該系統之平台以驗證該系統運作狀況。

2007 及 2008 年 Sheu 發表的三篇論文中[7][8][9]，針對由兩組行星齒輪組構成之混合動力系統進行研究，內容包括行星齒輪組各桿件的速比分析、機械效率分析，以找出較佳的齒數比設定，最後將該系統應用於混合動力系統的各個模式，計算各情況下馬力及扭力輸出狀況。

前四篇論文採用離合器組成油電混合動力系統，而後三篇則採用行星齒輪組組成之油電混合動力系統。綜觀以上研究，各論文針對一套混合動力系統進行系統設定及模擬，並探討系統運作之狀況及可行性，但論文中對於所採用的系統

元件配置方式並未清楚交代其緣由，亦未探討該配置方式對於系統功能之限制。

除搜尋混合動力機車之相關研究論文外，對於美國專利及中華民國專利中使用傳統離合器元件組成之混合動力系統進行搜尋，查得自 1957 年至 2008 年的十項美國專利[19-28]及五項中華民國專利[29-33]的混合動力系統符合搜尋目標，各專利內容主要針對其系統結構及功能作說明。但各專利對系統功能的描述方式皆不同，造成系統間比較時的困難。

系統各元件的配置及連接關係直接影響車輛各功能的表現，有必要釐清各種配置方式對於車輛功能之影響。為便於比較各系統之差異，有必要訂定一套統一的系統評估方法。本研究建立一套系統分析方法用以評估現有系統可達成的功能，並以其結果作為系統設計之參考，發展出多樣的混合動力系統配置方式，奠定後續相關研究之基礎。

1-3 研究動機與目的

現有混合動力機車系統的相關研究及專利中，包含了各式各樣的系統配置方式。但大部分研究僅針對其研究主題做探討，並未分析其系統配置對系統功能及特性所造成之影響；而各專利對於其系統的說明方式不一，導致比較各系統之差異有困難。

本研究期望建立一套系統分析方法，使系統之分析更順利，各系統的評估有統一的標準，便於不同系統間的比較。除此以外，亦期望以合成方法，對離合器元件組成之油電混合動力系統做完整的系統配置搜尋，以找出各種適用於混合動力機車之系統配置方式，作為進一步研究時的參考。

1-4 研究架構與步驟

本研究針對機車使用之混合動力系統做探討，研究架構可分為混合動力系統之分析與合成兩大部分。分析方面，首先建立功能動力圖規則，以圖畫表示法簡化現有系統之結構，並訂定一套系統評估方法，用以描述各系統的功能及複雜

度。並以以上方法對現有系統進行分析。

合成方面，首先訂定系統合成方法及功能與複雜度之評估標準，並撰寫 Matlab 自動化程式使合成與評估更有效率。最後對合成所得的三種創新系統進行檢驗與實現，確認合成所得之系統確實可行。

本研究之各章節重點分述如下：

第一章 緒論：研究背景、相關文獻、動機與目的，以及論文架構及研究步驟。

第二章 理論基礎及分析方法：包含基本的混合動力系統理論介紹、離合器元件組成之油電混合動力系統的定義、功能動力圖及其建立步驟的介紹、系統分析及評估的項目與方法。

第三章 現有系統整理與分析：針對由離合器元件組成之油電混合動力系統進行文獻搜尋，整理並分析各論文及專利採用的系統。

第四章 系統合成與評估：以合成方法做系統設計搜尋，並對合成所得的系統進行評估。發展 Matlab 自動化程式使合成與評估之過程更有效率。

第五章 創新系統之檢驗與實現：針對合成與評估結果中可達到較多功能且複雜度較低的創新系統進行各種功能之檢驗，並說明系統運用於混合動力機車時的操作情形。

第六章 結論與建議：本研究之研究成果，與未來可繼續研究之方向。

第二章 理論基礎及分析方法

本章首先對油電混合動力系統的基本原理及系統分類做介紹，接著說明本研究所採用之圖畫表示法：功能動力圖，包含圖形的組成元件、圖形繪製規則以及建立步驟。最後訂定系統評估方法，使各系統的分析有統一的標準。

2-1 油電混合動力系統之介紹

混合動力車是指由兩個以上能量來源(power source)產生動力之車輛[10]。目前以油電混合動力車為市場主流。本節對油電混合動力系統做基本原理的介紹，並對系統的分類方法做說明。

2-1-1 油電混合動力系統之基本原理

傳統車輛是以內燃機引擎作為驅動車輛的動力源，但內燃機引擎運作時會排放廢氣，且在低速運轉時有效率不佳之問題；電動車輛則是以馬達作為驅動車輛的動力源，但馬達所使用的電能須以電池儲存，受限於電池的容量，至今電動車仍無法達到令人滿意的續航能力，且馬達於高速運轉時有動力輸出不足的現象發生，影響車輛的性能表現。

油電混合動力車輛結合了引擎車及電動車兩者的優點。低速時以馬達作為驅動車輛的動力源，達到靜音及零污染的優點，並避免引擎於低效率區域運轉；中高速時以引擎作為驅動車輛的動力源，不但使引擎的運轉更有效率，同時減少電池的需求量，提升了車輛的續航力。

油電混合動力系統使能量的使用更為合理，讓石化能及電能以最有效率的方式轉為驅動車輛的動能，達到減少廢氣排放、提升車輛性能、降低油耗等目標。

2-1-2 油電混合動力系統之分類

一般油電混合動力系統分類時，可依據能量的轉換方式予以分類為串聯及並聯兩類[11]。串聯的系統中，引擎產生之動能先由發電機轉為電能，再由馬達負責驅動車輛；並聯系統中，引擎產生之動能直接輸出驅動車輛，藉由調配各動力元件的輸出比例，達到引擎或馬達單獨驅動車輛，或兩者同時驅動車輛之功能。

除傳統的串並聯系統分類外，本研究以是否使用行星齒輪組作為動力混合元件做判斷依據，將混合動力系統分為「使用行星齒輪組之油電混合動力系統」及「離合器元件組成之油電混合動力系統」兩大類。

使用行星齒輪組之油電混合動力系統包含一個以上的行星齒輪組，利用其兩個以上的自由度進行引擎及馬達動力的混合。離合器元件組成之油電混合動力系統未使用行星齒輪組作為動力混合元件，而是單純以離合器的接合與分離來做動力之切換與混合。

現有的混合動力汽車多為使用行星齒輪組之油電混合動力系統，其原因在於行星齒輪組使各動力元件可單獨控制其輸出，系統可隨時運作於最佳效率的區域中。但行星齒輪組的控制複雜、成本較高、體積較大，並不適合應用於如機車等小型混合動力車輛上。

離合器元件組成之油電混合動力系統雖僅能進行簡單的動力切換，無法使各動力元件精確的運作在最高效率區域中，但仍可達到馬達動力與引擎動力之切換，完成基本的混合動力系統功能，且其具備控制簡單、成本較低、體積較小等特性，更適用於機車等小型混合動力車輛之應用。

2-2 功能動力圖

現有論文或專利中的系統機構圖形皆未依一定的規則繪製，不易釐清各元件間之連接關係，造成系統比較時的困難。在此建立統一的系統繪製方法，使系統的分析與比較更容易。

本研究所採用之圖畫表示法稱為「功能動力圖」(function-power graph)，其

理論是由江承舜的混合動力系統之理念設計方法[12]中的功能拓樸圖(function graph)發展而來。

功能動力圖利用能量線連接各系統元件，可清楚描述系統之組成構造及動力流動路徑，有利於判斷系統可達成之功能。功能動力圖相同之系統，應具備相同之功能。

以下就功能動力圖的組成元件及建立步驟做說明。

2-2-1 系統組成元件

江承舜[12]所建立的功能拓樸圖對於系統的能量流動與轉換做探討，系統能量的形式包含動能、石化能、電能三種，其圖形元件包含儲能元件(油箱、電池、飛輪)、能量轉換器(引擎、電動機)、能量控制器(動力分配裝置、耦合器、電能耦合器)、輸出元件四種。而功能動力圖主要針對系統的機械結構進行分析，探討動能於系統中的流動時所能達成的功能，圖形所包含的元件與功能拓樸圖有所差異。

與功能拓樸圖不同的是，功能動力圖中僅考慮動能的流動情形，圖形中將不表示儲能元件。能量轉換器，即引擎及電動機，主要功能在於提供系統運作時的動能，在功能動力圖中改命名為動力元件。功能動力圖並沒有動力分配裝置，即行星齒輪組等多自由度元件。為探討各種離合器於系統中的配置方式，功能動力圖在圖形中增加離合器元件。

功能動力圖在設定基本組成元件時，對於 CVT、車輪差速器及齒輪組等造成轉速變化之變速機構，及萬向接頭等調整軸間角度之連接機構，由於不影響動力之流動方向，於圖形中不以表示。

綜合以上各點，功能動力圖之組成可分為四種元件：動力元件、輸出元件、線路元件、離合器元件。以下就各元件之符號及特性進行說明。

1. 動力元件

動力元件指提供系統動力來源之元件，包含引擎(Internal Combustion Engine, 簡寫為 ICE)及電動機(Motor/Generator, 簡寫為 M/G)，此兩元件在功能動力圖中須置於一連接線段末端，且僅與一條連接線段連接。其符號及各種操作狀態如表 2-1 所示。元件特性說明於後。

表 2-1 動力元件符號表

名稱	圖示	操作狀態
引擎		ON / OFF
電動機		M _f / M _r / G / OFF

a. 引擎

引擎泛指各種內燃機引擎，如汽油或柴油引擎。一般的引擎本身包含一具啟動馬達及一具發電機，此二裝置將視為引擎的一部分，在圖形中不另外表示。

引擎之狀態可分為運轉(ON)、關閉(OFF)兩種，運轉表示引擎將石化能轉為動能使曲軸轉動，關閉表示引擎不做石化能轉動能之能量轉換。

b. 電動機

電動機泛指各種馬達及發電機。馬達及發電機兩者基本結構相同，通常一具電動機可切換為馬達或發電機使用。

電動機的狀態可分為馬達正轉 (M_f)、馬達反轉 (M_r)、發電機發電(G)、關閉(OFF)四種。馬達正轉代表電動機將電能轉為動能驅動車輛前進；馬達反轉代表電動機將電能轉為動能驅動車輛後退；發電機發電代表電動機將動能轉為電能；關閉代表電動機不將電能轉為動能或將動能轉電能。

2. 輸出元件

輸出元件表示系統動力輸出的位置，通常即為車輛的車輪，亦可為傳動軸，此元件在功能動力圖中須置於連接線段末端。其符號及操作狀態如表 2-2 所示。

表 2-2 輸出元件符號表

名稱	圖示	操作狀態
輸出		D / F / B

輸出元件的狀態可分為被驅動(driven,簡寫為 D)、自由滾動(free-rolling,簡寫為 F)、煞車(braking,簡寫為 B)三種。被驅動代表系統動力元件之動能經由線路傳至輸出元件，包含受引擎驅動、受馬達驅動、或同時受二者驅動三種狀態；自由滾動指車輪未接受到動力元件之動能，車輛呈現滑行狀態；煞車則代表車輪轉動方向與受力方向相反，發生於車輛減速或停車時。

3. 線路元件

線路元件包含連接線段及耦合點，系統之動力線路由其兩者組成，不同的動力線路使動力元件及輸出元件有不同的連接方式。連接線段及耦合點的符號如表 2-3 所示。元件特性說明於後。

表 2-3 線路元件符號表

名稱	圖示
連接線段	
耦合點	

a. 連接線段

系統中的所有動力流動路徑皆可以連接線段表示，包含軸、齒輪對、皮帶、鏈條、萬向接頭、或是 CVT 等機械動力運動鏈。連接線段繪製有以下四項規則。

- (1) 連接線段不得有交叉之情形。
- (2) 連接線段的兩端點必須為動力元件、輸出元件或耦合點。

- (3) 一連接線段中可安裝或不安裝離合器元件。
- (4) 若一連接線段的兩端皆為耦合點，且該連接線段中未安裝離合器，則該連接線段及兩耦合點可合併為一個耦合點。

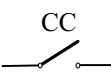
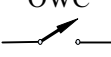
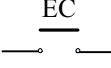
b. 耦合點

當系統中有三條以上連接線端交匯時，需在交匯點加入一耦合點。耦合點可為實際之機構交匯點，如三個直接啮合之齒輪；亦可能無一實際之機械位置。

4. 離合器元件

離合器元件指控制系統各線段接合與分離之元件，包含離心離合器 (centrifugal clutch, 簡寫為 CC)、單向離合器 (one way clutch, 簡寫為 OWC)、可控離合器 (engagement-controllable clutch, 簡寫為 EC) 三種。各種離合器之作用可類比於電路系統中的開關，其狀態可分為接合 (ON) 與分離 (OFF)，離合器接合時動力可通過離合器傳遞，分離時動力無法通過離合器傳遞。離合器元件的符號及各種操作狀態如表 2-4 所示。以下分別就三種離合器的特性做說明。

表 2-4 離合器元件符號表

名稱	圖示	操作狀態
離心離合器		ON / OFF
單向離合器		
可控離合器		

a. 離心離合器

離心離合器是一種利用旋轉產生離心力而能自動接合與分離的離合器，其基本結構由三個元件組成：主動件、離心體、從動件，如圖 2-1 所示[13]，離心體滑裝於主動件上，由原動機驅動主動件旋轉加速而將其徑向甩出，從動件是鼓形圓筒狀零件與主動件同心裝配，當主動件達到規定角速度時，甩出的離心體與從動件內壁壓緊，由摩擦力強制其進入運動狀態而傳遞扭矩[14]。

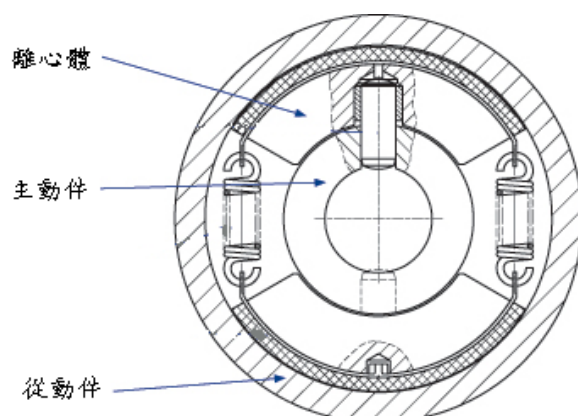


圖 2-1 離心離合器機構圖

離心離合器於功能動力圖中的圖示以一類似電路學[15]中開刀開關之符號表示，圖示中開刀與連接線段接觸的一端為離合器主動件，未與連接線段接觸端為離合器從動件。

b. 單向離合器

單向離合器又稱為超越離合器或單向軸承，是一種隨速度的變化或迴轉方向的變化而能自動接合與分離的離合器，其基本結構由三個元件組成：主動件、滾柱、從動件，如圖 2-2 所示[16]，當圖中主動件(圖中 Hub)以順時針方向相對於從動件(圖中 Ring)旋轉時離合器不接合，當主動件以逆時針方向相對於從動件旋轉時，滾柱(圖中 Roller)對主動件及從動件發生楔緊作用使離合器接合。

單向離合器於功能動力圖中的圖示以一類似電路學中開刀開關之符號表示，並於開刀頂端以箭頭表示離合器動力可傳動的方向，圖示中開刀與連接線段接觸的一端為離合器主動件，未與連接線段接觸端為離合器從動件。

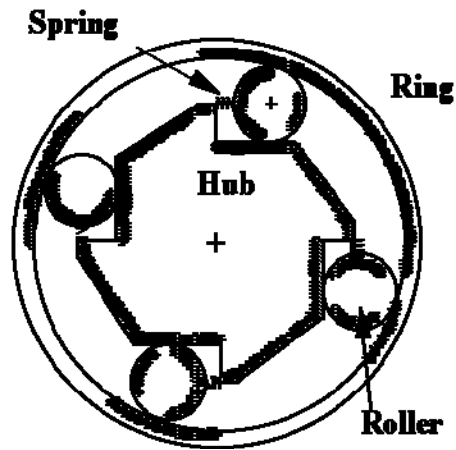


圖 2-2 單向離合器機構圖

c. 可控離合器

可控離合器泛指各種可由人為或電腦指令控制之離合器，如機械離合器、氣動離合器、液壓離合器、電磁離合器等。電磁離合器之機構突如圖 2-3 所示 [17]，其結構分為桿件 1 及桿件 2 兩部分，兩者平時為分離狀態，當離合器通電時，桿件 2 內部的線圈產生磁場吸引桿件 1，而使離合器達接合狀態。

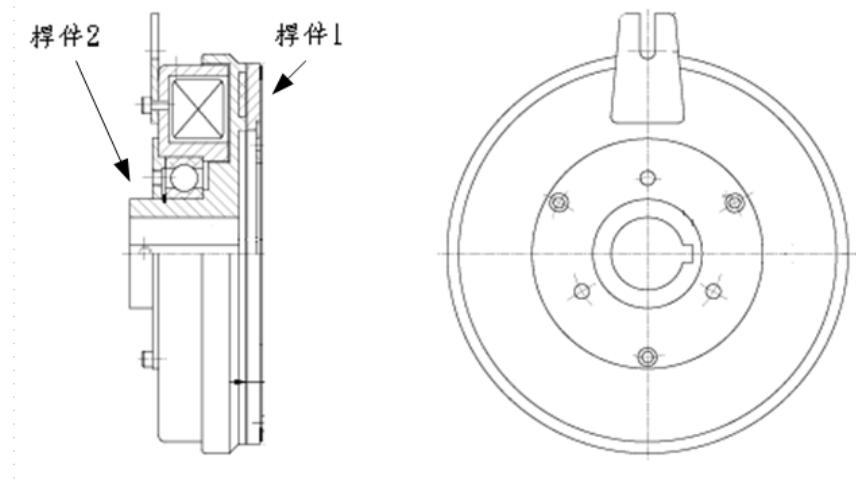


圖 2-3 電磁離合器機構圖

可控離合器於功能動力圖中的圖示以一類似電路學中電磁繼電器之符號表示，該離合器安裝方向並無主動件與從動件之區別。

2-2-2 功能動力圖之建立步驟與規則

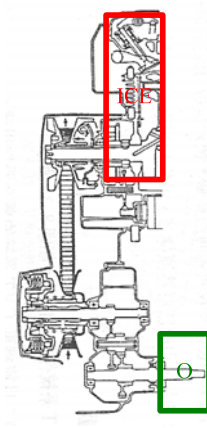
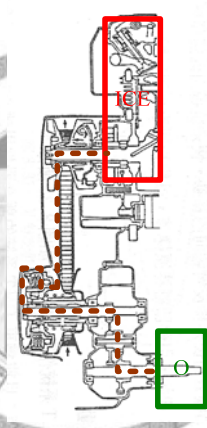
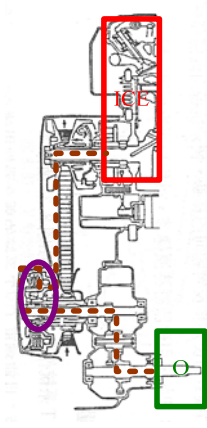
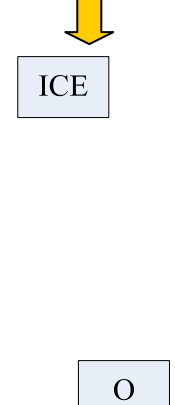
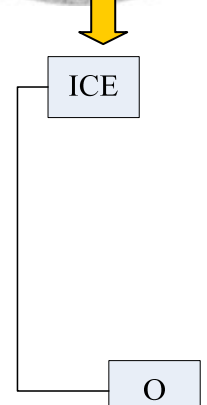
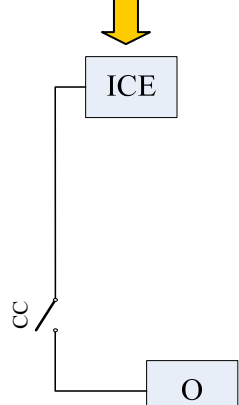
欲將論文或專利中的混合動力系統機械結構圖轉為功能動力圖時，可依據

以下步驟進行：

1. 確認系統之動力元件及輸出元件，並繪製於圖紙上。
2. 設定所有離合器皆為接合狀態，將所有可能之動力流動路徑以連接線段及偶合點繪出。
3. 將離合器依安裝方向及種類繪於所在的連接線段上，即完成功能動力圖繪製。

在此以一般速可達機車[18]為例，示範將其傳動系統機械結構圖轉為功能動力圖之步驟如表 2-5 所示。

表 2-5 速可達機車之功能動力圖建立步驟

	步驟 1	步驟 2	步驟 3
原 系 統 機 構 圖			
↓			
功 能 動 力 圖			

功能動力圖未強制規定各元件應擺放位置，但動力元件及輸出元件位置不一，將導致系統比較時的困難。為比較不同的系統，規定當系統具備一具引擎、一具電動機及一個輸出時，將引擎置於圖形左側，電動機置於圖形右上方，輸出置於圖形右下方，虛線內為系統連接線路以及離合器，如圖 2-4 所示。

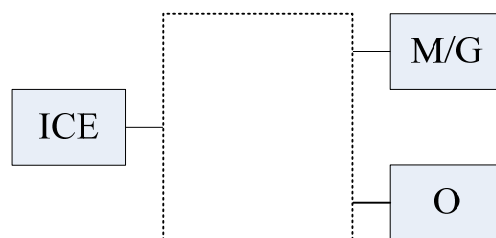
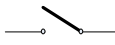


圖 2-4 功能動力圖標準配置圖形

離心離合器及單向離合器有主動件與從動件的分別，需注意其安裝放向。本研究規定：在標準配置圖形中，當啟動離合器之動力方向由圖形左方向右方流動，或由圖形下方向上方流動時，以離合器英文簡寫後方加入一正號表示，如 CC+、OWC+；反之則在離合器英文簡寫後方加入一負號表示，如 CC-、OWC-。表 2-6 以離心離合器為例說明安裝方向與文字代號的對應關係。

表 2-6 離心離合器安裝方向與文字代號對照表

離合器於標準配置圖形中的安裝方向		
離合器的文字代號	CC+	CC-

各線段可以串聯的方式安裝兩個以上的離合器。如離心離合器與單向離合器串聯形成的離心單向離合器，以及離心離合器與可控離合器串聯形成的離心可控離合器兩種，各離合器代號依安裝順序及方向依序標示，如 OWC-CC-、CC+EC。

2-3 系統分析與評估方法

現有之文獻及專利對於系統描述的方法不一，導致各系統在功能及特性上無法有明確的闡述，造成系統比較時的困難。為使系統的比較更為容易，本節訂定一套完整且統一的系統功能評估及複雜度評估方法。

一般文獻對系統功能介紹時，常以行車模態及動力模式做說明，本研究訂定功能時，先討論各種車輛行車模態，接著探討動力在系統中所有的流動方式，藉由分析及比較行車模態及動力模式，訂定出完整且統一的系統功能評估項目。

為能判斷各系統是否過於複雜，將系統複雜度分為結構複雜度、元件複雜

度、控制複雜度三種，分別訂定其計算公式。將系統功能及複雜度評估方式建立完成後，有助於往後系統之評估與比較。

2-3-1 車輛行車模態

車輛行駛之狀態稱為行車模態，一般指車輛的速度、加速度及負載狀態。本研究在此僅考慮車輛的運動狀態，僅就車輛的速度及加速度作比對，不考慮車輛之負載，各種行車模態如表 2- 7 所示。

表 2- 7 車輛行車模態

		速度				
		倒車	停車	起步	低速	中高速
加速度	加速	倒車加速	-	起步	低速加速	中高速加速
	等速	等速倒車	停車	-	低速巡航	中高速巡航
	減速	倒車減速	-	-	低速減速	中高速減速

在此依據各速度做分類，對各模態作進一步之說明：

1. 倒車模態：動力系統驅動車輛後退，使車速為負值時稱為倒車模態，依據加速度又可分為倒車加速、等速倒車、及倒車減速。
2. 停車模態：無動力驅動車輛，速度及加速度皆為零時稱為停車模態。
3. 起步模態：動力系統驅動車輛，速度為零而加速度為正時稱為起步模態。
4. 低速模態：動力系統驅動車輛於一定速度(如 30km/h)以下行駛時稱為低速模態，又可依加速度分為三種模態，加速度為正時稱低速加速，加速度為零時稱低速巡航，加速度為負時稱低速減速。
5. 中高速模態：動力系統驅動車輛於一定速度(如 30km/h)以上行駛時稱為中高速模態，又可依加速度分為三種模態，加速度為正時稱中高速加速，加速度為零時稱中高速巡航，加速度為負時稱中高速減速。

2-3-2 系統動力模式

系統中的動力於各元件間的流動方式稱為系統動力模式，不同的動力模式將導致不同的系統運作方式，而達成不同的系統功能。為使系統評估時考慮到各種動力模式，在此依據動力的起點與終點做完整的搜尋。

混合動力系統運作時，其動力流動必有起點與終點的存在。若考慮一個具備有一具引擎、一具電動機、一個輸出的系統，此三種元件皆有可能為動力起點或終點。

一元件為動力起點、一元件為動力終點、一元件不參予動力流動之情形，依數學計算共有 6 種(3*2)形式，將此 6 種動力流動方式整理如表 2-8 所示。

表 2-8 單一動力流動情形

		動力終點		
		M/G	ICE	O
動力起點	M/G		馬達動力進入引擎	馬達動力進入車輪
	ICE	引擎動力進入發電機		引擎動力進入車輪
	O	車輪動力進入發電機	車輪動力進入引擎	

兩種動力流動同時進行之情形有二元件為動力起點，一元件為動力終點的 3 種情形，以及一元件為動力起點，二元件為動力終點的 3 種情形。兩動力流動形式同時發生的情形整理如表 2-9 所示。

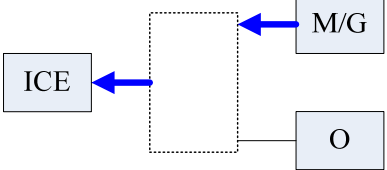
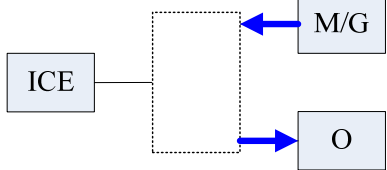
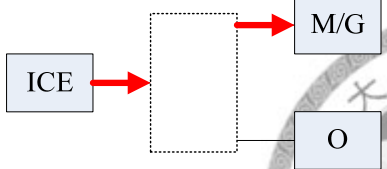
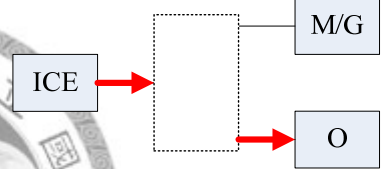
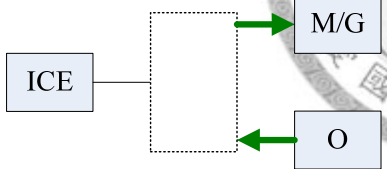
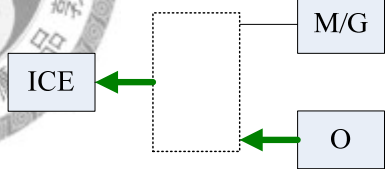
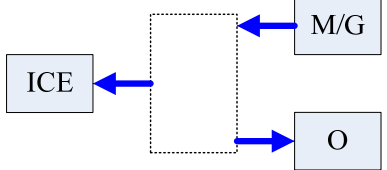
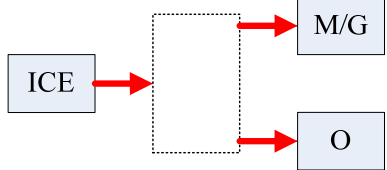
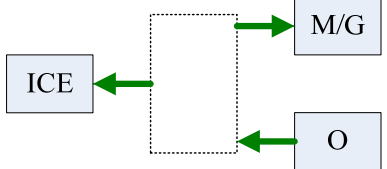
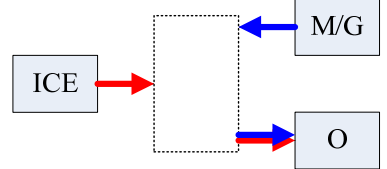
表 2-9 兩種動力流動情形

同動力起點	M/G	馬達動力進入引擎	馬達動力進入車輪
	ICE	引擎動力進入發電機	引擎動力進入車輪
	O	車輪動力進入發電機	車輪動力進入引擎
同動力終點	M/G	引擎動力進入發電機	車輪動力進入發電機
	ICE	馬達動力進入引擎	車輪動力進入引擎
	O	馬達動力進入車輪	引擎動力進入車輪

表 2-9 中，同動力起點之三種情形皆可成立，而同動力終點僅馬達及引擎動力進入車輪可能成立，其餘兩種情形動力流動出現矛盾之情形而無法實現。

由上述整理可知，配備有一具引擎 ICE、一具電動機 M/G、一個車輪輸出 O 之混合動力系統，其系統可達之動力模式共有 10 種，此 10 種系統動力模式於功能動力圖中的流動方式如表 2-10 所示，虛線內為系統線路。

表 2-10 系統動力模式

 (1) 馬達動力進入引擎	 (2) 馬達動力進入車輪
 (3) 引擎動力進入發電機	 (4) 引擎動力進入車輪
 (5) 車輪動力進入發電機	 (6) 車輪動力進入引擎
 (7) 馬達動力進入引擎及車輪	 (8) 引擎動力進入發電機及車輪
 (9) 車輪動力進入發電機及引擎	 (10) 馬達及引擎動力進入車輪

2-3-3 系統功能

觀察現有文獻對其系統功能之描述，發現各文獻中對系統功能的描述方式包含車輛行車模態及系統動力模式兩種。為使系統功能的描述更為統一且明確，且考慮到所的狀況，依據前兩小節對車輛行車模態及系統動力模式的分析，將各種混合動力系統功能整理如表 2- 11 所示。

表 2- 11 系統功能表

功能分類	功能代碼	功能名稱	動力模式	應用之行車模態及狀況
驅動車輛	A	馬達單獨驅動車輛	(2)	起步及低速行駛
	B	引擎及馬達同時驅動車輛	(10)	中速或高負荷(急加速及爬坡)
	C	引擎單獨驅動車輛	(4)	中高速行駛
	D	行車充電	(8)	中高速巡航或需電力時
	E	馬達倒車	(2)	倒車
車輛減速	F	單獨煞車回充	(5)	減速充電
	G	單獨引擎煞車	(6)	減速
	H	同時煞車回充及引擎煞車	(9)	急減速充電
馬達啟動引擎	I	停車時馬達啟動引擎	(1)	預停車充電時
	J	行車時馬達啟動引擎	(7)	動力由馬達轉為引擎時
停車充電	K	停車充電	(3)	車輛停止時可以充電
引擎起步	L	引擎起步	(4)	引擎以人力或啟動馬達啟動後可輸出動力驅動車輛

系統功能共可分為五類，即驅動車輛、車輛減速、馬達啟動引擎、停車充電、引擎起步，以下就此五類功能逐一介紹：

1. 驅動車輛功能

此類功能應用於驅動車輛行駛，共包含五種功能，以下逐一介紹。

(1) 功能 A：馬達單獨驅動車輛

此功能對應至動力模式馬達動力進入車輪，引擎不參予動力流動。馬達於低轉速效率較佳，可彌補引擎的低效率區域，此功能多應用至車輛起步及低速行駛，並可達降低噪音及達零排污的效果。

(2) 功能 B：引擎及馬達同時驅動車輛

此功能對應至動力模式馬達及引擎動力進入車輪。當車輛達中速，動力將由馬達轉為引擎時，馬達輸出扭力漸小、而引擎仍未達高效率轉速，需兩者同時驅動車輛以維持可接受之驅動力。若車輛突然需大馬力驅動時，如爬坡或加速，亦可利用此功能達其目的。

(3) 功能 C：引擎單獨驅動車輛

此功能對應至動力模式引擎動力進入車輪，電動機不參與動力流動。當車速到達中高速，引擎進入高效率運轉區域時，可利用引擎單獨驅動車輛，減少馬達運作時間以降低電池需求量。

(4) 功能 D：行車充電

此功能對應至動力模式引擎動力進入發電機及車輪。當車輛於中高速行駛，引擎於高效率區域運轉，若需充電則可將部分動力導入電動機進行發電，達成行車充電之功能。

(5) 功能 E：馬達倒車

此功能對應至動力模式馬達動力進入車輪。當車輛需倒車時，馬達可直接轉換正負極使其反轉，讓倒車功能更容易達成。

2. 車輛減速功能

此類功能應用於車輛減速，共包含三種功能，以下逐一介紹。

(1) 功能 F：單獨煞車回充

此功能對應至動力模式車輪動力進入發電機，引擎不參與動力流動。當車輛欲減速且電池電量不足時，可利用電動機轉為發電機將車輛動能回收，並達到輔助煞車的效果。

(2) 功能 G：單獨引擎煞車

此功能對應至動力模式車輪動力進入引擎，電動機不參與動力流動。當車輛欲減速而電池電量充足時，可利用引擎阻力消耗掉車輛之動能，達到輔助車輛減速之功能。

(3) 功能 H：同時煞車回充及引擎煞車

此功能對應至動力模式車輪動力進入發電機及引擎。當車輛欲急減速且電池電量不足時，可利用此功能將車輛部份的動能回收以電能方式儲存，部分動能則利用引擎阻力消耗掉，如此可快速降低車速，並達到能量回收之功效。

3. 馬達啟動引擎功能

此類功能應用於利用驅動馬達啟動引擎時，共包含兩種功能，需注意的是此處所指的馬達即為功能動力圖中的 M/G，而非引擎本身的啟動馬達。系統若具備此類功能，即可以驅動馬達取代啟動馬達，省去安裝啟動馬達的成本。以下就此類的兩種功能做介紹。

(1) 功能 I：停車時馬達啟動引擎

此功能對應至動力模式馬達動力進入引擎，引擎不參與動力流動。當車輛欲停車充電時，可利用此功能將引擎啟動。

(2) 功能 J：行車時馬達啟動引擎

此功能對應至動力模式馬達動力進入引擎及車輪。車輛於低速時以馬達驅動，當車速到達中速，系統欲切換為引擎驅動時，可利用此功能在行進間將馬達動力導入引擎使引擎啟動。

4. 停車充電功能

此類功能應用於車輛停車充電時，共包含一種功能。須注意的是，本研究所指的行車充電及停車充電，皆是指功能動力圖中的 M/G 作為發電機之情形，而非引擎本身發電機發電之情形。以下對該功能做介紹。

(1) 功能 K：停車充電

此功能對應至動力模式引擎動力進入發電機，車輪不參與動力流動。當車輛靜止且發現電池電力不足時，若此時引擎已啟動，則可利用此功能進行停車充電，將引擎動能直接由發電機轉為電能儲存。

5. 引擎起步功能

此類功能應用於需要引擎起步時，共包含一種功能。

(1) 功能 L：引擎起步

當電池電力不足，馬達無法正常起步並驅動車輛時，可以啟動馬達或人力啟動引擎，並利用此功能將引擎動力輸出驅動車輛，避免系統無法運作的窘境。

2-3-4 系統複雜度

系統評估時，除注意系統的功能外，亦需注意系統的複雜度。系統複雜度越高，則成本勢必提高，同時易導致維修困難及不易控制等問題，故系統複雜度需越低越好。

本研究將複雜度分為線路結構複雜度、離合器元件複雜度、控制複雜度三種，以下說明各項複雜度之意義及計算公式。

1. 複雜度 X：線路結構複雜度

線路結構複雜度指系統功能動力圖中的連接線路的複雜度，若系統線路中包含的連接線段數量越多，則線路結構複雜度越高。當線路結構複雜度較高時，實際的機械結構就可能越複雜，能量傳遞時的損耗機會也越多。

線路結構複雜度的數值以字母 X 為代號表示，計算公式如方程式(2.1)所示。

$$\text{線路結構複雜度 } X = (\text{系統包含的連接線段數量}) \quad (2.1)$$

2. 複雜度 Y：離合器元件複雜度

離合器元件複雜度指系統使用的離合器數量，系統使用的離合器越多，則離合器元件複雜度越高。離合器元件複雜度越高，不但增加系統成本，同時易提高系統維修成本。

離合器元件複雜度之值以字母 Y 為代號表示，計算方式如方程式(2.2)所示。

$$\text{離合器元件複雜度 } Y = (\text{系統離合器數量}) \quad (2.2)$$

3. 複雜度 Z：控制複雜度

控制複雜度指系統需人為或電子控制的元件數量，即系統使用的引擎、電動機及可控離合器之數量。控制複雜度越高，則系統的控制線路及程式就越複雜，不但提高控制成本，過多的控制電路亦會影響系統的穩定度，且一般技師無法維修損壞之控制系統，亦將導致維修的不便。

控制複雜度的數值以字母 Z 為代號做示，計算方式如方程式(2.3)所示。

$$\text{控制複雜度 } Z = (\text{引擎數量}) + (\text{電動機數量}) + (\text{可控離合器數量}) \quad (2.3)$$

2-4 小結

本章首先對油電混合動力系統做基本原理的介紹，並說明離合器元件組成之油電混合動力系統的定義，確立研究目標。第二節說明功能動力圖的功用、組成元件及繪製方法，建立完整的功能動力圖理論，統一系統機構圖示，有助於未來各系統的分析。第三節依據車輛行車模態及系統動力模式，並參考一般文獻中對混合動力車輛功能之描述，對各種系統功能明確定義，使系統功能的描述不再混亂，並訂定各種系統複雜度的計算公式，便於判斷系統是否過於複雜。

經由功能動力圖與系統分析及評估方法的建立，各系統的分析將更為容易，其結果也更能反應出系統之特性，有助於比較不同系統間的差異。

第三章 現有系統之整理與分析

本研究搜尋現有文獻及專利中以離合器元件組成之油電混合動力系統進行整理及分析。本章第一節先介紹符合搜尋目標的系統，第二節將各文獻及專利中的系統機構圖轉化為功能動力圖，第三節將系統依據功能動力圖之線路做分類，第四節分析各連接線段安裝離合器時對系統功能之影響，第五節分析各系統可達成的功能及其複雜度。

3-1 系統簡介

本研究之目的在於分析及發展適用於機車之混合動力系統，系統需以簡單為原則。離合器元件組成之混合動力系統因具有結構簡單、控制容易的特點，針對該類系統中具備有一具引擎、一具電動機、一個輸出的系統進行搜尋，搜尋之範圍包含各國際期刊之論文及美國專利。

搜尋結果發現共有 19 項現有文獻或專利採用之系統符合搜尋條件，其中包含 4 篇期刊論文、10 篇美國專利、5 篇中華民國專利。5 篇中華民國專利之系統多與美國專利雷同且年代較晚，在此不重複介紹。以下依年代對各期刊論文及美國專利中的系統作簡單之配置及操作方式介紹。

1. Keith Hoffman 與 Dennis Grieve 所採用之系統

澳洲的 Keith Hoffman 與 Dennis Grieve 於 2005 年提出的論文[4]，採用的混合動力系統機構如圖 3-1 所示。此系統的主要元件包含引擎 IC Engine、電動機 BDCM、離心離合器 C1、可控離合器 C2 及 C3、後車輪 Rear wheel。

此系統於該論文中有五種操作方式：(1) 電池電量充足時，C1、C3 接合，引擎驅動車輛以等速於平地行駛。(2) 停車時，C1、C2 接合，可停車充電。(3) C1、C2、C3 皆接合，引擎驅動車輛以等速於平地行駛同時充電。(4) 爬坡時，C1、C2、C3 皆接合，引擎與馬達同時驅動車輛。(5) C2、C3 接合，車輛煞車回充。

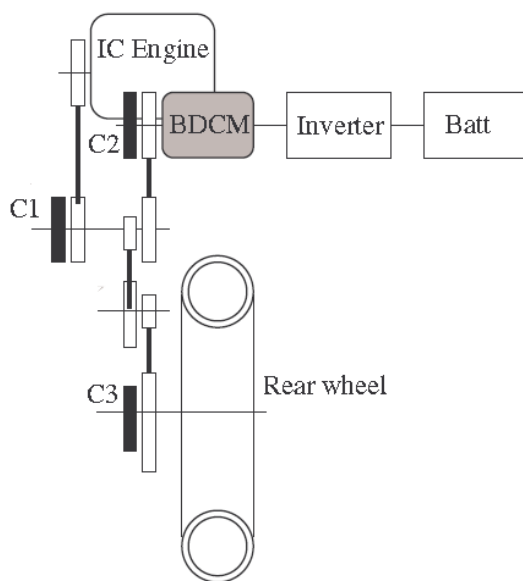


圖 3- 1 Keith Hoffman 與 Dennis Grieve 採用之系統機構圖

2. Massimo Ceraolo 等人所採用之系統

義大利的 Massimo Ceraolo 等人於 2006 年提出的論文[5]，採用的混合動力系統機構如圖 3- 2 所示。此系統的主要元件包含引擎 ICE、電動機 EMC、離心離合器 CC、車輪 W。

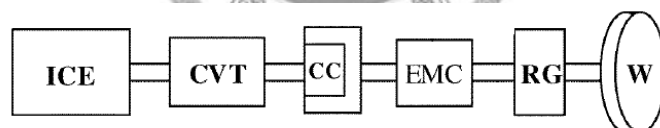


圖 3- 2 Massimo Ceraolo 等人採用之系統機構圖

此系統可分兩種操作模式：(1)混動模式，即引擎及馬達同時驅動車輛。(2)零排污模式，即馬達單獨驅動車輛。

3. Jian-Feng Tsai 與 Yon-Ping Chen 所採用之系統

台灣的 Jian-Feng Tsai 與 Yon-Ping Chen 於 2006 年提出的論文[6]，採用的混合動力系統機構如圖 3- 3 所示。此系統的主要元件包含引擎、電動機 DSRM、離心離合器、最終傳動。圖中的符號(1)代表連接電動機及 CVT 的軸，符號(2)代表連接引擎曲軸的盤狀物。

低速時以 DSRM 驅動車輛，隨車速增加，離心離合器接合，DSRM 扮演啟動馬達的角色啟動引擎，隨後可由引擎單獨驅動車輛，或當負載叫大時兩者同時驅動車輛。此外，DSRM 於減速時可作為發電機進行煞車回充。

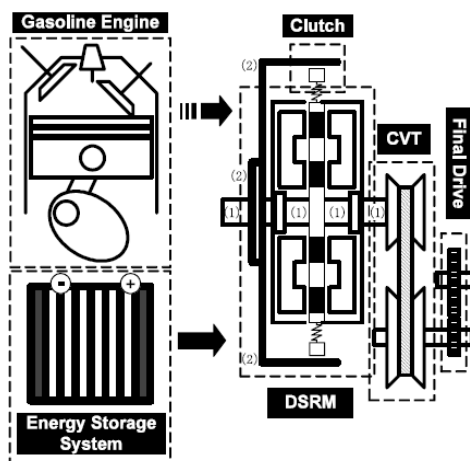


圖 3- 3 Jian-Feng TSAI 與 Yon-Ping CHEN 採用之系統機構圖

4. Kuen-Bao Sheu 與 Tsung-Hua Hsu 所採用之系統

台灣的 Kuen-Bao Sheu (許坤寶)與 Tsung-Hua Hsu 於 2005 年提出的論文[7]，採用的混合動力系統機構如圖 3- 4 所示。此系統的主要元件包含引擎、電動機、一個離心離合器、兩個單向離合器、及後車輪。

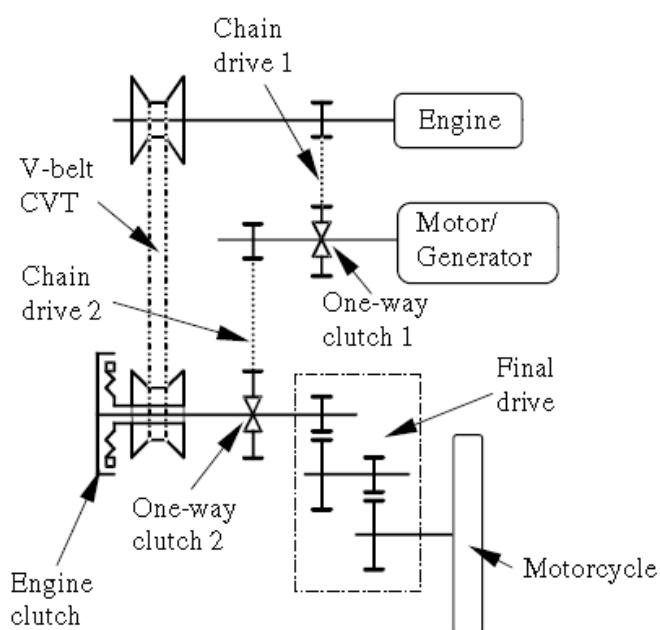


圖 3- 4 Kuen-Bao Sheu 與 Tsung-Hua Hsu 採用之系統機構圖

此系統於該論文中有四種操作方式：(1) 電動模式：馬達運轉使 one-way clutch1 接合驅動車輛，此時引擎關閉，one-way clutch2 及 engine clutch 分離。(2) 引擎模式一及模式二：車輛到達中高速時，系統啟用引擎模式一，此時 engine clutch 分離，兩個單向離合器皆接合，引擎動力經由 chain drive 1 及 chain drive 2 輸出至車輪；車速再提高時，engine clutch 接合，引擎動力經由 CVT 輸出至車輪。(3) 引擎/充電模式：中高速時，engine clutch 及 one-way clutch1 接合，one-way clutch2 分離，此時引擎部分動力可導入電動機發電。(4) 動力模式：爬坡時，引擎及馬達可同時出力驅動車輛。

5. US Patent No. 3,888,325

德國的 Hans Reinbeck 及 Stuttgart 於 1975 年發表之專利[19]。系統機構如圖 3-5 所示。此系統的主要元件包含引擎 10、電動機 12、第一離合器 11、第二離合器 13、車輪 16。系統利用兩離合器之接合與分離達到各種動力模式的切換。

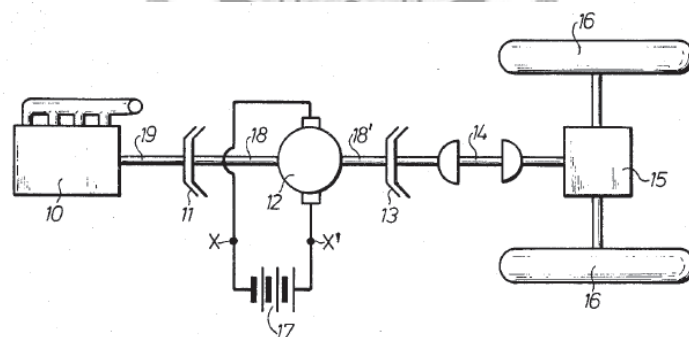


圖 3- 5 US Patent No. 3,888,325 系統機構圖

擁擠之交通環境下，離合器 11 分離，離合器 13 接合時，電動機 12 作為馬達驅動車輪。郊區等較空曠之行車環境下，離合器 11 接合，引擎動力可通過電動機 12 輸出至車輪，若此時引擎動力充足，則電動機可轉為發電機對電瓶充電，車輛可同時由引擎驅動同時發電。當需要停車充電時，離合器 13 分離，離合器 11 接合，系統以電動機 12 作為馬達啟動引擎，隨後電動機轉為發電機，將引擎輸出之動能轉為電能儲存。

6. US Patent No. 4,148,192

芝加哥的 Troy A. Commings 於 1979 年發表之專利[20]。系統機構如圖 3-6 所示。此系統的主要元件包含引擎 13、電動機 15、離合器 21、車輪 24。

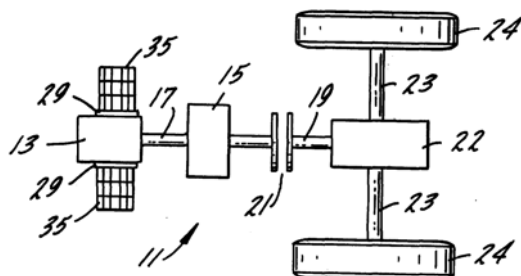


圖 3-6 US Patent No. 4,148,192 系統機構圖

加速時，離合器 21 接合，引擎及電動機同時輸出動力使車輛到達巡航速度。到達巡航車速後，電動機即關閉，車輛由引擎單獨驅動，或馬達與引擎同時驅動車輛。車輛減速時，電動機轉為發電機將動能轉為電能儲存於電池中。

7. US Patent No. 4,407,132

由日本的 Shiro Kawakatsu 及 Shoji Honda 於 1983 年發表的專利[21]。系統機構如圖 3-7 所示。此系統的主要元件包含引擎 1、電動機 3、單向離合器 9、離合器 11、車輪 17,20。此系統利用單向離合器及離合器作各種動力模式之切換。

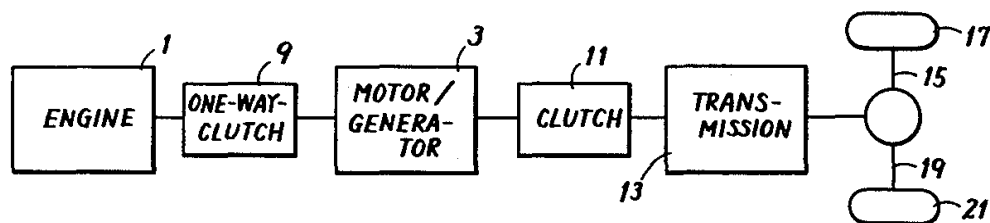


圖 3-7 US Patent No. 4,407,132 系統機構圖

為確保引擎之效率，引擎運轉時機設定在一定轉速及扭力需求範圍。在此範圍以外電動機將轉為馬達做為驅動車輛之主要動力源。當引擎輸出動力超過驅動車輛所需動力時，電動機將多餘動能轉為電能儲存。當引擎輸出動力不足時，電動機協助驅動車輛。當車輛減速時，電動機進行煞車回充電能。

8. US Patent No. 4,553,011

德國的 Paulus Heidemeyer 及 Werner Zantopp 於 1985 年發表之專利[22]。系統機構如圖 3- 8 所示。其機械結構與 US Patent No. 3,888,325 的系統類似，系統的主要元件包含引擎 1、電動機 2、離合器 4、離合器 5、車輪軸 6。

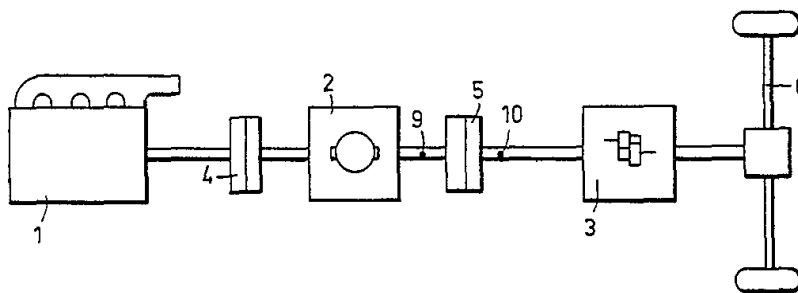


圖 3- 8 US Patent No. 4,553,011 系統機構圖

起步時，離合器 4 分離，離合器 5 接合，電動機做為馬達驅動車輛；或離合器 5 暫不接合，當馬達轉到一定轉速使質量塊儲存一定動能後方接上離合器 5 起步車輛。純電動行車模式下，引擎關閉，離合器 4 分離，離合器 5 接合，電動機做為馬達驅動車輛。減速時，電動機轉為發電機發電。

以純電動起步後啟動引擎時，離合器 4 接合將電動機之動力導入引擎以啟動引擎，當引擎開始點火啟動時離合器 4 又立刻分離，減低啟動引擎所造成的車輛頓挫感，當引擎到達一定轉速後離合器 4 方再接合使引擎動力得以輸出。

引擎啟動後，可依動力需求決定以純引擎動力驅動或引擎馬達同時驅動。爬坡或加速時，電動機以馬達形式驅動車輛；下坡或減速時，電動機以發電機形式回收動能對電瓶充電。

9. US Patent No. 4,697,660

台灣的 C. H. Wu 及 Gerald P. T. W 於 1987 年發表之專利[23]。系統全車構造圖及系統機構如圖 3- 9、圖 3- 10 所示。此系統的主要元件包含引擎 1、電動機 2、離合器 5、車輪軸 41。

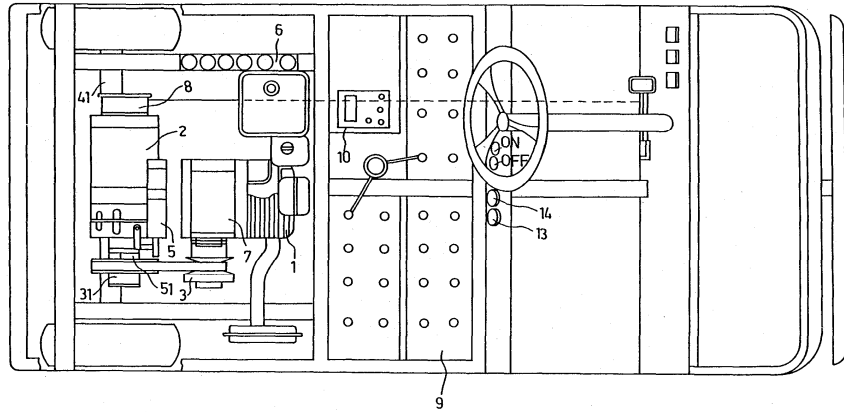


圖 3- 9 US Patent No. 4,697,660 全車構造圖

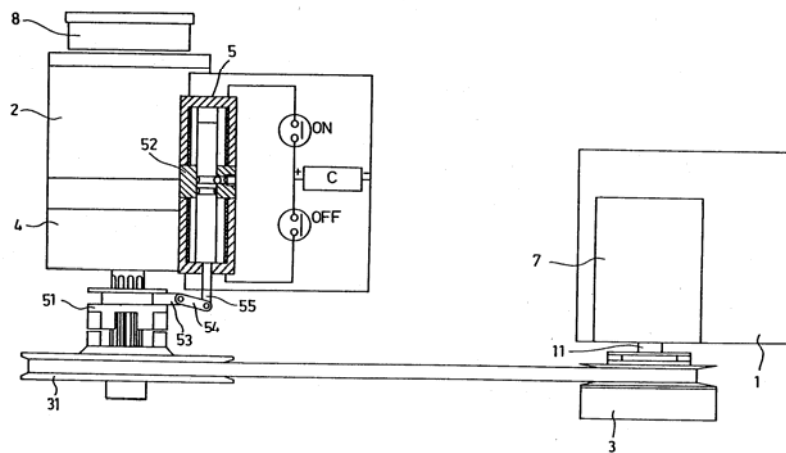


圖 3- 10 US Patent No. 4,697,660 系統機構圖

離合器以按鈕手動控制，選擇離合器分離時，馬達開啟輸出動力驅動車輛；選擇離合器接合時，引擎開啟動力可輸出驅動車輛；若需引擎動力及馬達動力同時驅動車輛時，則將離合器接合，馬達及引擎皆開啟做輸出。

10. US Patent No. 5,193,634

由義大利 Piaggio 車廠的 Lucio Masut 於 1993 年發表的專利[24]。兩個系統機構如圖 3- 11 所示。系統 1 號的主要元件包含引擎 10、電動機 20、離心離合器 14、單向離合器 24、車輪 26；系統 2 號的主要元件包含引擎 10'、電動機 20'、離心離合器 28、離心離合器 29、車輪 26'。

系統 1 號

系統 2 號

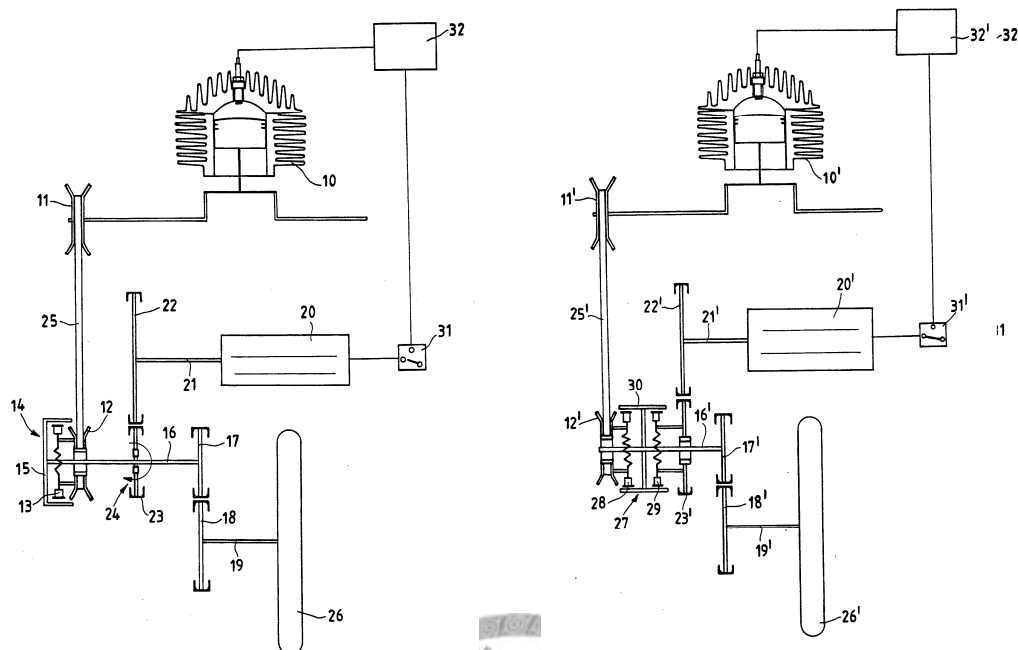


圖 3- 11 US Patent No. 5,193,634 系統 1 號及系統 2 號機構圖

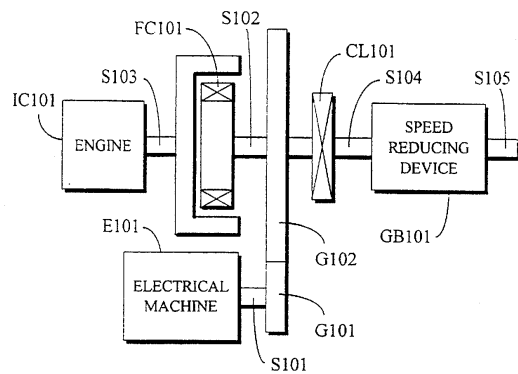
系統 1 號：引擎作動時，動力經引擎、變速裝置、離心離合器 14 等至車輪，單向離合器 24 防止引擎動力進入馬達。馬達作動時，動力經馬達，單向離合器 24 等至車輪，離心離合器 14 分離防止馬達動力進入引擎。

系統 2 號：引擎作動時，動力經引擎、變速裝置、離心離合器 28 等至車輪，離心離合器 29 分離防止引擎動力進入馬達。馬達作動時，動力經馬達，離心離合器 29 等至車輪，離心離合器 28 分離防止馬達動力進入引擎。

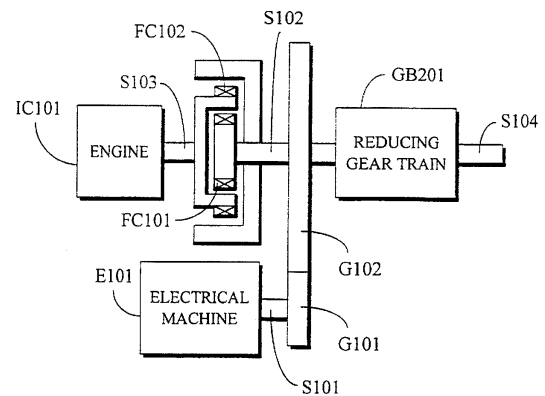
11. US Patent No. 5,644,200

台灣的 Tai-Her Yang (楊泰和)於 1997 年發表的專利[25]。五個系統機構如圖 3- 12 所示。五個系統皆安裝有引擎 IC101、電動機 E101、離心離合器 FC101、動力輸出軸 S104 或 S105。系統 1 號及系統 5 號安裝有可控離合器 CL101；系統 2 號至系統 5 號安裝有離心離合器 FC102；系統 3 號安裝有可控離合器 CL301。該專利特別將系統 2 號至系統 5 號中，兩反向相對安裝之離心離合器 FC101、FC102 的組合稱為「雙動式離心離合器」。

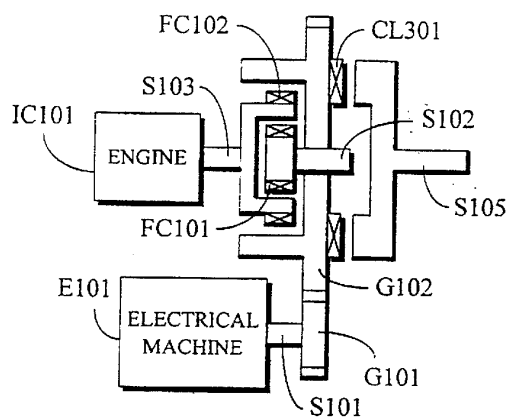
系統 1 號



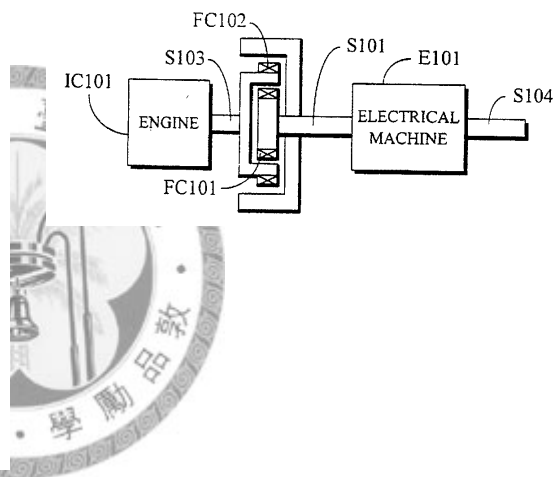
系統 2 號



系統 3 號



系統 4 號



系統 5 號

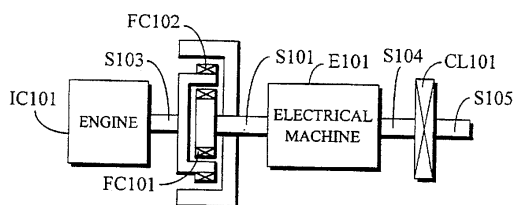


圖 3- 12 US Patent No. 5,644,200 系統 1 號至系統 5 號機構圖

車輛起步時，先利用電動機 E101 作為馬達驅動車輛於低速行駛，此時引擎關閉不作動。當達到一定車速時時，離心離合器 FC101 接合啟動引擎，電動機 E101 作為啟動馬達啟動引擎。引擎啟動後除了驅動車輛外，也將能量導入電動機，電動機則轉為發電機對電瓶充電。

減速時，低速離心離合器未接合時，電動機可作為發電機進行煞車回充；當車速較快離心離合器接合時，車輛動能除導入發電機充電外，亦導入引擎而產生引擎煞車之效果。

12. US Patent No. 6,663,524 B2

台灣的 Huan-Lung Gu 等五人於 2003 年發表之專利[26]。系統機構如圖 3- 13 所示。此系統的主要元件包含引擎 10、電動機 50、離心離合器 60、車輪軸 40。該離心離合器主動端連接引擎曲軸，當引擎轉速到達一定值時可使離合器接合。

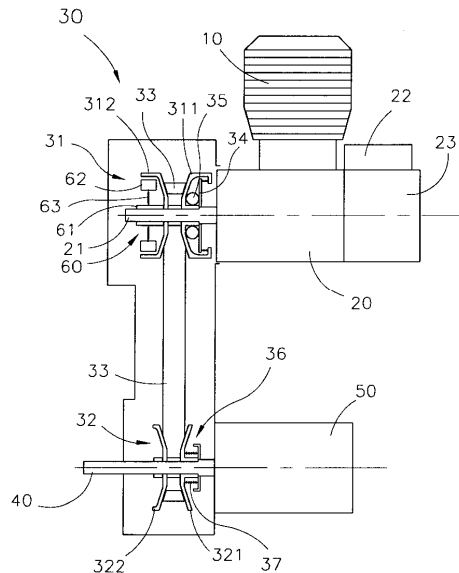


圖 3- 13 US Patent No. 6,663,524 系統機構圖

此系統於該專利中有十二種操作方式：(1) 停車：引擎怠速或關閉，離心離合器分離，電動機不作動。(2) 起步：引擎怠速或關閉，離心離合器分離，電動機驅動車輛前進。(3) 倒車：引擎怠速或關閉，離心離合器分離，電動機驅動車輛後退。(4) 中速巡航：引擎驅動車輛，離心離合器接合，電動機不作動。(5) 中高速行車充電：引擎驅動車輛，離心離合器接合，電動機發電。(6) 急加速：引擎驅動車輛，離心離合器接合，電動機協助驅動車輛前進。

(7) 煞車回充：引擎減速或關閉，離心離合器接合或分離，電動機發電。(8) 低速巡航：引擎關閉，離心離合器分離，電動機驅動車輛前進。(9) 停車：引擎

關閉，離心離合器分離，電動機準備驅動車輛前進。(10) 低速行車充電：引擎驅動車輛，離心離合器接合，電動機發電。(11) 停車充電：引擎以本身發電機發電，離心離合器分離，電動機不作動。(12) 無電起步：以腳發開關以人力啟動引擎，引擎運轉驅動本身發電機發電，電力充足後再以馬達驅動車輛起步。

13. US Patent No. 6,752,229 B2

台灣的 Chien-Chang Ho 於 2004 年發表之專利[27]。系統機構如圖 3- 14 所示。系統主要元件包含引擎 30、電動機 40、離心離合器 32、可控離合器 70、後車輪 22。可控離合器控制馬達啟動引擎時機，離心離合器控制引擎動力之輸出。

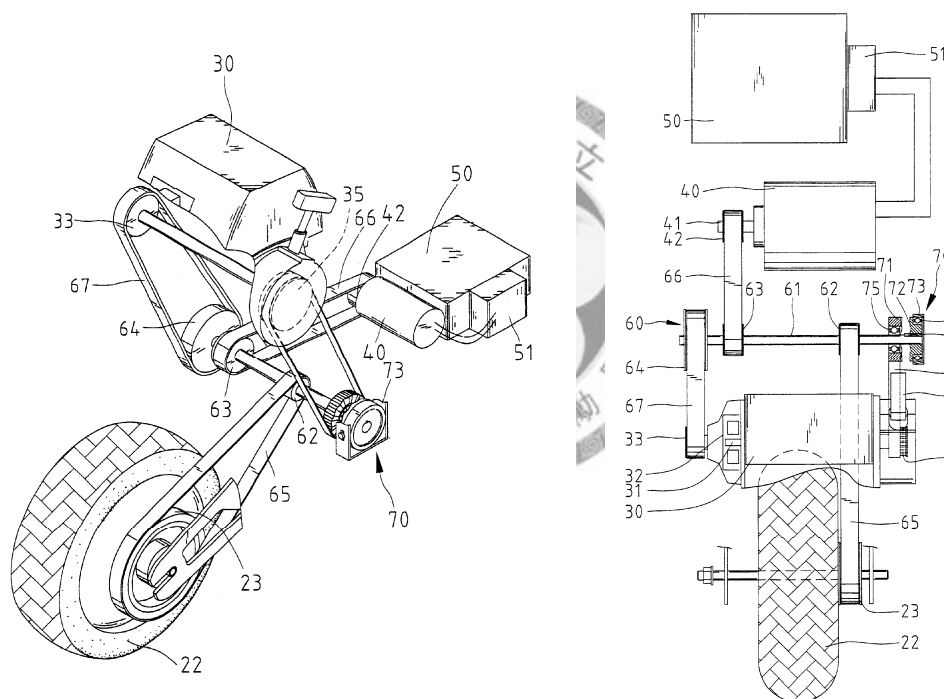


圖 3- 14 US Patent No. 6,752,229 B2 系統機構立體圖及正視圖

引擎啟動時可以自動或手動兩種方式，自動啟動時，馬達 40 先運轉到一定速度，可控離合器 70 接合將馬達動力導入引擎，引擎隨之啟動；手動啟動引擎時，可控離合器 70 分離，以人力拉動引擎啟動裝置即可啟動引擎。引擎啟動後轉速到達一定後，離心離合器 32 接合，引擎動力輸出驅動車輛，此時可控離合器 70 需設定為分離狀態。

14. US Patent No. 6,843,751 B2

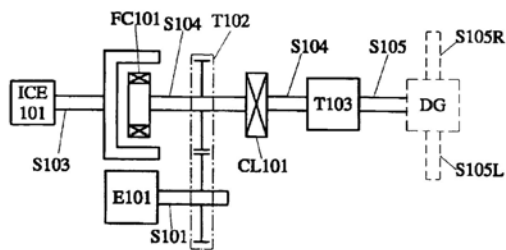
台灣的 Tai-Her Yang (楊泰和)於 2005 年發表之美國專利 6,843,751 B2[28]包含多達 61 種系統，各系統皆屬離合器元件組成之油電混合動力系統。

系統主要元件均包含引擎 ICE101、電動機 E101、車輪軸 S105R 及 S105L，各系統搭配不同之離合器，包含離心離合器(FC101、FC102)、單向離合器(SWC101)、或可控離合器(CL101、CL102、CL301)，以不同之安裝方式組合出多種混合動力系統。

此專利大部分系統採用雙動離合器，系統動力之切換方式有三種：(1) 若引擎尚未啟動，車輛可以馬達 E101 驅動，當車速到達中高速時離心離合器 FC101 接合使引擎啟動，引擎動力藉由 FC101 或 FC102 輸出驅動車輛。(2) 若引擎已啟動但離合器未接合，則引擎為怠速狀態，可先由馬達 E101 驅動車輛，當引擎動力須輸出時，引擎轉速提高，使離心離合器 FC102 接合，引擎動力及可驅動車輛。(3) 停車狀態下引擎已啟動，可利用引擎轉速提高使 FC102 接合驅動車輛起步。

專利系統之數量過於龐大，在此僅列出系統 1 號至系統 8 號之機構圖如圖 3- 15、圖 3- 16 所示，其餘系統之機構圖及詳細資料請參閱專利本身。

系統 1 號



系統 2 號

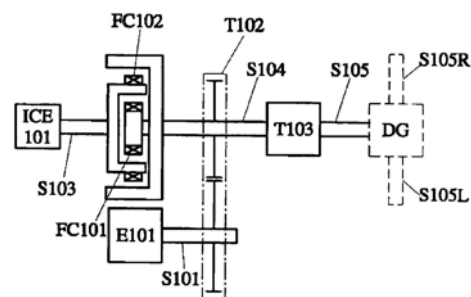
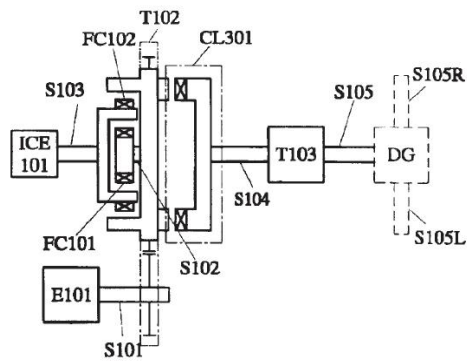
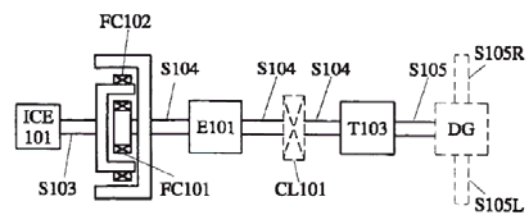


圖 3- 15 US Patent No. 6,843,751 B2 系統 1 號至系統 2 號機構圖

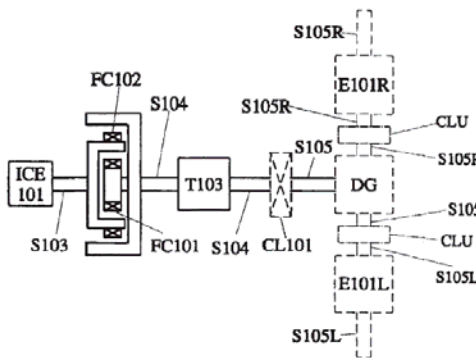
系統 3 號



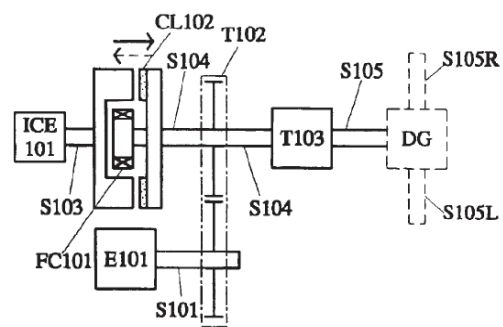
系統 4 號



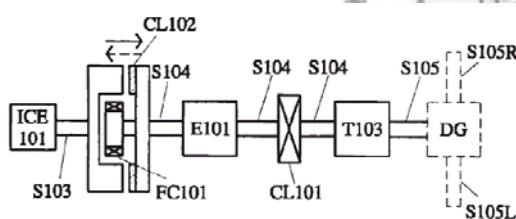
系統 5 號



系統 6 號



系統 7 號



系統 8 號

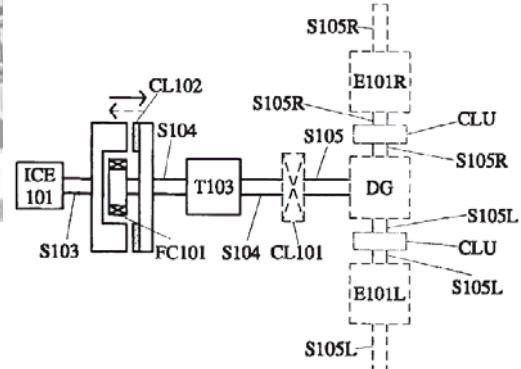


圖 3- 16 US Patent No. 6,843,751 B2 系統 3 號至系統 8 號機構圖

3-2 現有系統之功能動力圖

由以上介紹可知，各文獻中系統機構圖的繪製方法皆不相同，且對系統之操作方式描述亦不同，造成系統比較時的困難。為便於比較及判斷各系統的功能與特色，本節依據 2-2 節的規則將系統機構圖轉為功能動力圖，以利之後的分析。

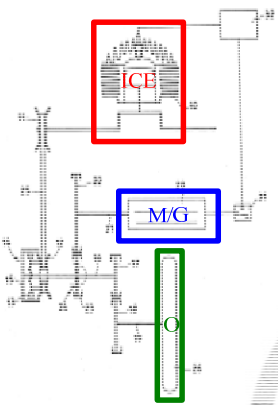
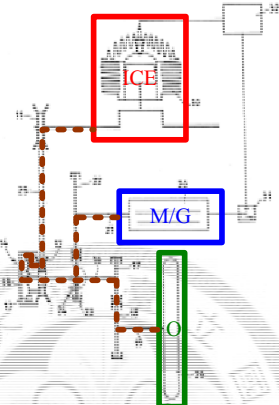
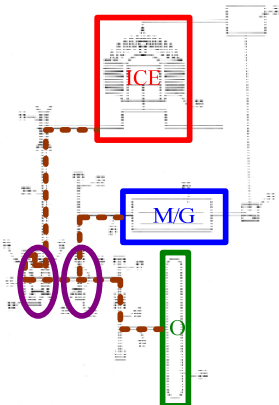
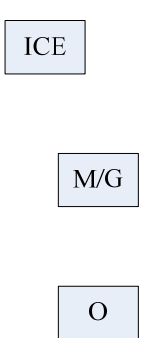
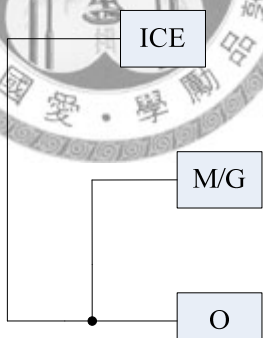
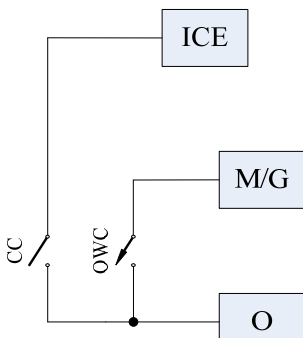
3-2-1 功能動力圖建立步驟實例

在此舉兩專利為例，說明系統機構圖轉化為功能動力圖之實際過程。

1. US Patent No. 5,193,634 系統 1 號之功能動力圖建立步驟

依據 2-2 節功能動力圖的建立步驟，首先繪製出動力元件及輸出元件，接著畫出系統連接線路，最後將離合器依照其安裝方式於所在的連接線段上繪出。其圖形建立過程如表 3-1 所示。

表 3-1 US Patent No. 5,193,634 系統 1 號之功能動力圖建立步驟

	步驟 1	步驟 2	步驟 3
原系統機構圖			
↓			
↓			
功能動力圖			

將繪製所得的功能動力圖依元件及線路的標準圖形配置方式予以整理，得到 US Patent No. 5,193,634 系統 1 號最終的功能動力圖如圖 3-17 所示。

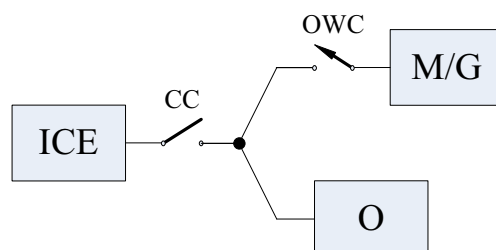
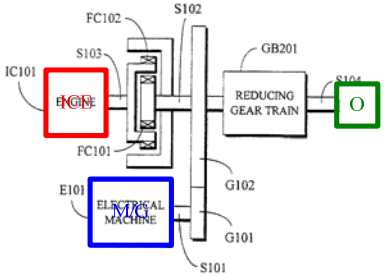
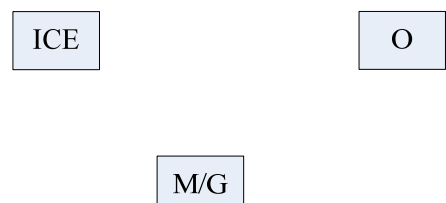
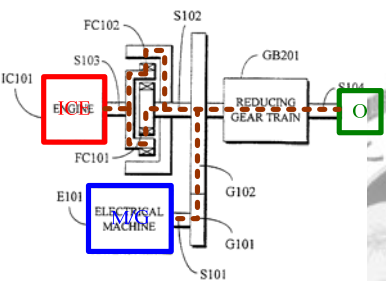
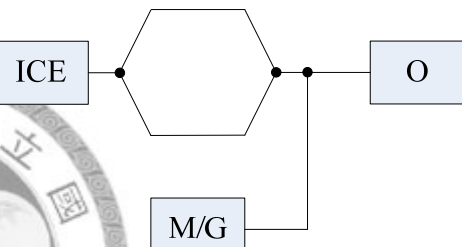
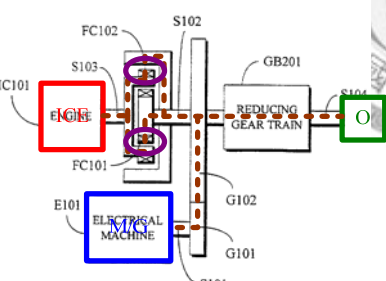
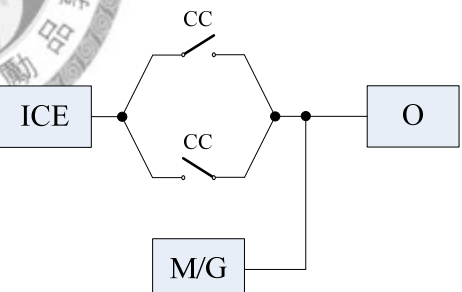


圖 3-17 US Patent No. 5,193,634 系統 1 號功能動力圖

2. US Patent No. 5,644,200 系統 2 號之功能動力圖建立步驟

依據 2-2 節的建立步驟進行其功能動力圖之繪製，其過程如表 3- 2 所示。

表 3- 2 US Patent No. 5,644,200 系統 2 號之功能動力圖建立步驟

	原系統機構圖	功能動力圖
步驟 1		
步驟 2		
步驟 3		

將繪製所得的功能動力圖依元件及線路的標準圖形配置方式予以整理，得到 US Patent No. 5,644,200 系統 2 號最終的功能動力圖如圖 3- 18 所示。

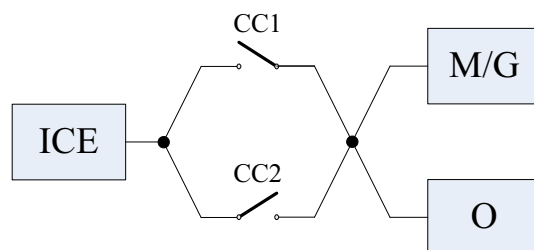


圖 3- 18 US Patent No. 5,644,200 系統 2 號功能動力圖

3-2-2 各系統之功能動力圖

在 3-1 節所介紹的混合動力系統，皆可如上述之步驟將系統機構圖轉化為功能動力圖。各系統之功能動力圖整理如表 3-3 所示，各圖示左上角標明該系統之專利號碼或文獻第一作者，若同一專利包含多個系統，則在專利號碼後以小括弧註明專利中的系統編號。US Patent No. 6,843,751 B2 因系統過多，在此僅列出該專利系統 1 號至系統 8 號之功能動力圖，其餘系統之功能動力圖則置於附錄一。

表 3-3 現有系統之功能動力圖

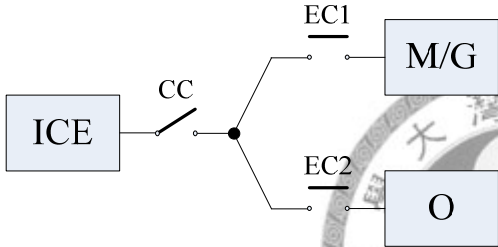
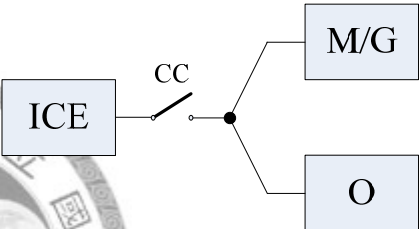
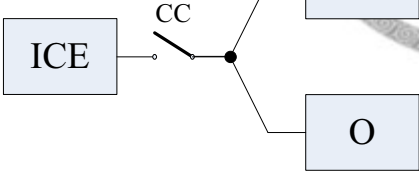
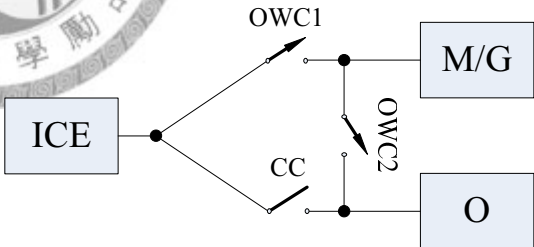
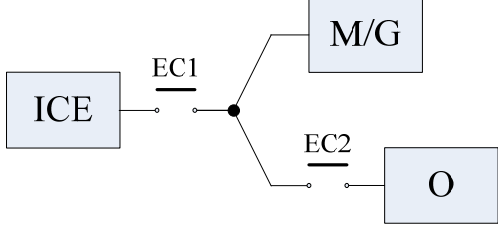
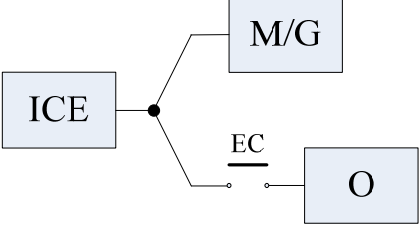
Keith Hoffman[3] 	Massimo Ceraolo[4] 
Jian-Feng TSAI[5] 	Kuen-Bao Sheu[6] 
US Patent No. 3,888,325[19] 	US Patent No. 4,148,192[20] 

表 3-3 現有系統之功能動力圖(續)

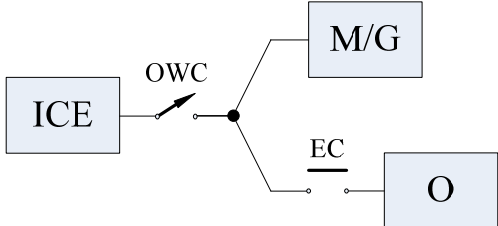
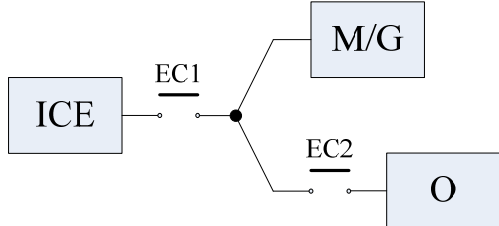
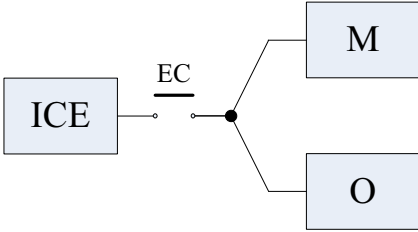
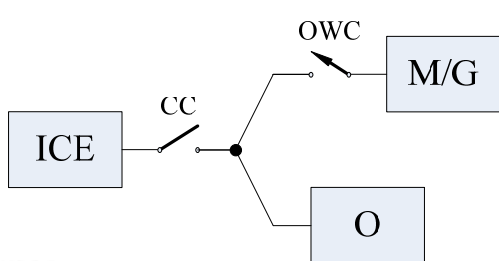
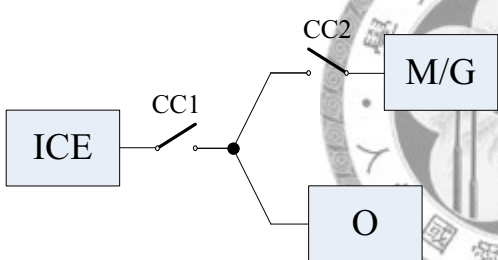
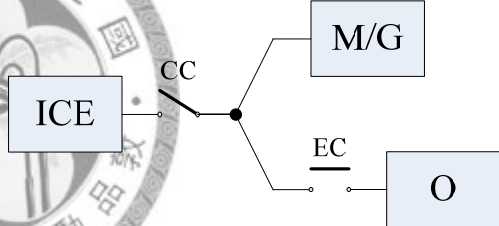
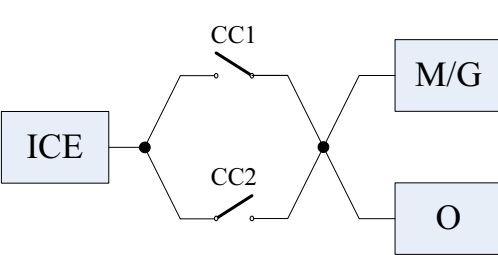
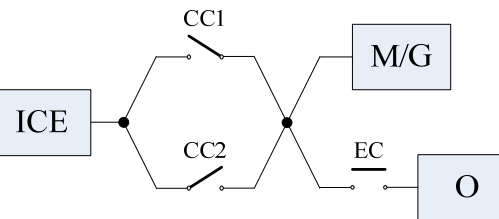
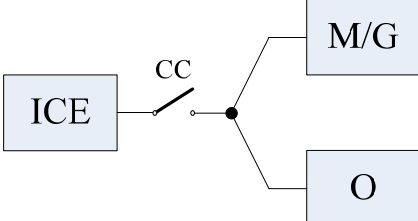
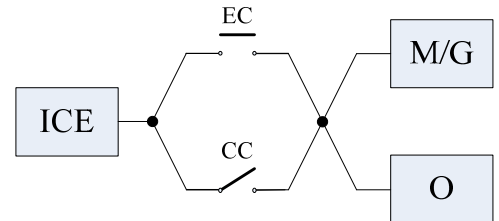
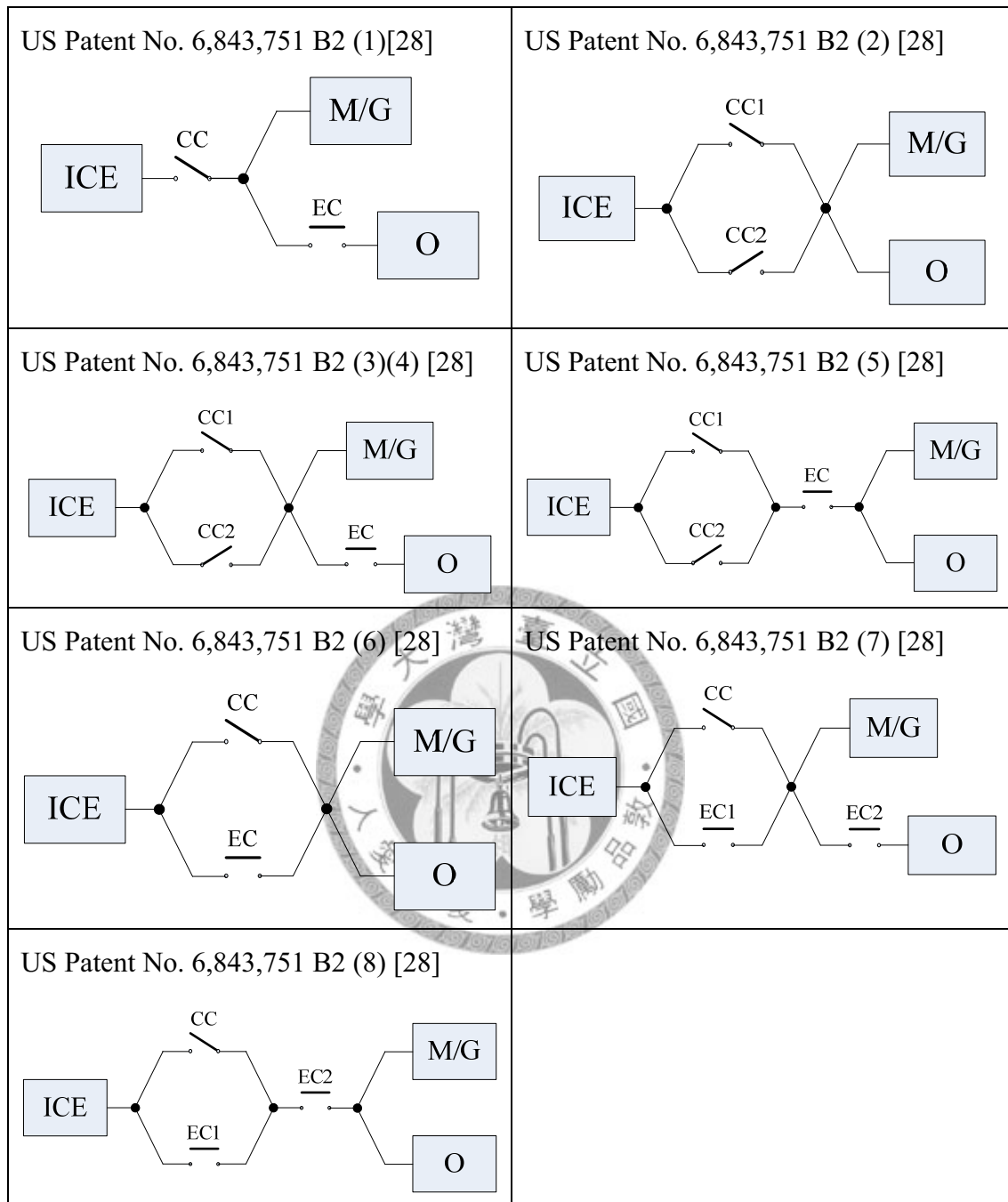
US Patent No. 4,407,132[21] 	US Patent No. 4,553,011[22] 
US Patent No. 4,697,660[23] 	US Patent No. 5,193,634 (1)[24] 
US Patent No. 5,193,634 (2)[24] 	US Patent No. 5,644,200 (1)[25] 
US Patent No. 5,644,200 (2)(4)[25] 	US Patent No. 5,644,200 (3)(5)[25] 
US Patent No. 6,663,524[26] 	US Patent No. 6,752,229 B2[27] 

表 3-3 現有系統之功能動力圖(續)



將所有現有系統轉為功能動力圖後，總計共有 58 種現有系統功能動力圖。

3-3 系統連接線路結構分類

觀察現有系統的功能動力圖，發現系統的線路結構可分為如圖 3- 19、圖 3- 20、圖 3- 21、圖 3- 22 所示的四種線路結構。

圖 3-19 之線路結構中，引擎、電動機、及輸出三者連接線段交於一耦合點，其形狀類似英文字母的 Y，因此命名為 Y 形線路結構。

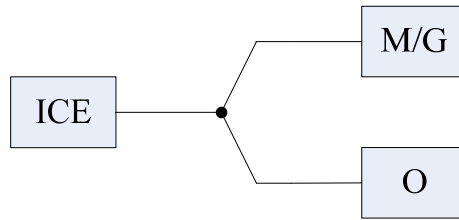


圖 3-19 Y 形線路結構

圖 3-20 之線路可視為 Y 形線路結構的變型，若將 Y 形線路中的耦合點至引擎間的連接線路改為並聯雙線路，即成為圖 3-20 所示之線路結構。本研究將該線路結構命名為 YD(Y Double-parallel)形線路結構。

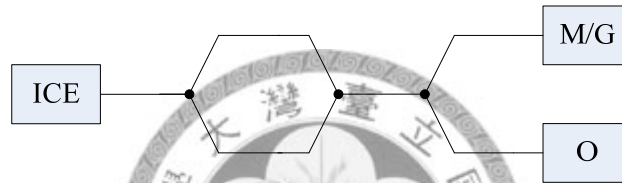


圖 3-20 YD 形線路結構

圖 3-21 之線路則是將 Y 形線路中的耦合點至引擎間的連接線路改為並聯三線路，本研究將該線路結構命名為 YT(Y Triple-parallel)形線路結構。

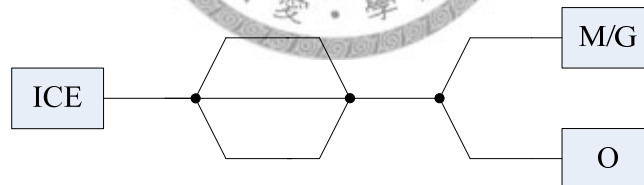


圖 3-21 YT 形線路結構

圖 3-22 中，引擎、電動機、輸出之連接線路之耦合點構成一環形結構，其形狀類似希臘字母的 Δ ，故命名為 Δ 形線路結構。

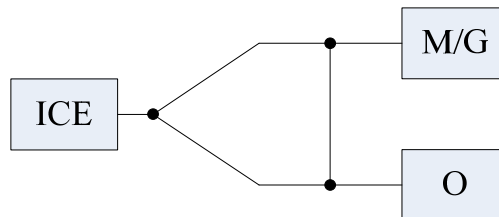


圖 3-22 Δ 形線路結構

Y 形線路結構包含三篇論文[3-5]及九篇美國專利[19-26][28]，共十四種系統。YD 形線路結構包含 US Patent No.5,644,200[25]、US Patent No.6,752,299 B2[27]、US Patent No.6,843,751 B2[28]三篇專利共三十種系統。YT 形線路結構包含 US Patent No.6,843,751 B2[28]一項專利十三種系統。Δ 形線路結構僅包含 Kuen-Bao Sheu 發表之論文[6]中的一種系統。

3-4 系統離合器配置整理及分析

本節整理各種線路系統可安裝離合器的位置，並整理現有系統所採用的離合器種類及安裝方式，最後分析各位置離合器的性質，以歸納系統設計之構想。以下分四種線路結構系統做說明。

3-4-1 Y 形線路系統

觀察 3-2 中現有 Y 形線路系統的功能動力圖，發現 Y 形線路結構中有三個安裝離合器之可能位置，即位於引擎及耦合點間的位置 a、位於電動機及耦合點間的位置 b、及位於輸出及耦合點間的位置 c。其圖形如圖 3-23 所示。

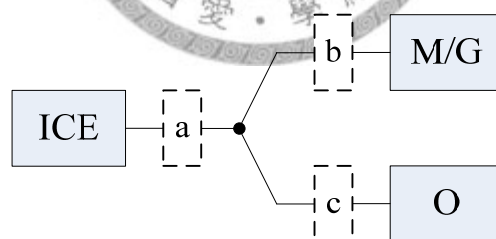


圖 3-23 Y 形線路系統離合器安裝位置圖

將十四種現有 Y 形線路系統的離合器配置方式予以整理如表 3-4 所示，表中以美國專利編號或論文第一作者代表各系統，專利編號後方括號內的數字為該系統在該專利中的系統編號，若未安裝離合器則以符號-表示。

表 3-4 現有 Y 形線路系統離合器配置方式

系統文獻名稱及編號	位置 a	位置 b	位置 c
US patent No.6,843,751 B2 (22)	OWC-CC-	-	EC
Jian-Feng TSAI	CC-	-	-
US patent No.5,644,200 (1)	CC-	-	EC
US patent No.6,843,751 B2 (1)			
US patent No.4,148,192	-	-	EC
US patent No.4,697,660	EC	-	-
US patent No.3,888,325	EC	-	EC
US patent No.4,553,011			
US patent No.6,663,524	CC+	-	-
US patent No.6,843,751 B2 (17)(18)(21)			
Massimo Ceraolo	CC+	-	EC
US patent No.6,843,751 B2 (9)			
US patent No.5,193,634 (1)	CC+	OWC-	-
US patent No.5,193,634 (2)	CC+	CC-	-
Keith Hoffman	CC+	EC	EC
US patent No.4,407,132	OWC+	-	EC
US patent No.6,843,751 B2 (54)			
US patent No.6,843,751 B2 (30)	CC+OWC+	-	EC
US patent No.6,843,751 B2 (19)(20)	CC+EC	-	-

觀察表 3-4 發現現有 Y 形線路系統位置 a 有 7 種不同的離合器組合方式，位置 b 有 3 種不同的離合器組合方式，位置 c 有 1 種不同的離合器組合方式。以下整理現有 Y 形線路系統位置 a、位置 b、位置 c 所採用的離合器接合與分離時機及動力可流動之方向。

表 3-5 整理 Y 形線路系統位置 a 離合器的性質。位置 a 控制引擎動力的輸入輸出，該位置在現有系統中有七種離合器的選擇。安裝 OWC-CC-時，可利用電動機啟動引擎，但引擎動力無法輸出。安裝 CC-時，電動機達到一定轉速即可啟動引擎，引擎動力亦可經由離合器輸出。安裝 EC 時，系統可任意控制電動機啟動引擎及引擎動力輸出的時機。安裝 CC+或 OWC+或 CC+OWC+或 CC+EC 時，引擎須以啟動馬達或經由人力啟動，無法以電動機啟動引擎。

表 3-5 Y 形線路系統位置 a 離合器性質表

離合器 配置方式	接合時機	分離時機	動力可否 輸入引擎	引擎動力 可否輸出
無	隨時	無	可	可
OWC-CC-	耦合點端轉速足以使 CC-接合，且引擎端轉速低於耦合點端轉速。	耦合點端轉速不足以使 CC-接合，或引擎端轉速高於耦合點端轉速。	可	不可
CC-	耦合點端轉速足以使 CC-接合	耦合點端轉速不足以使 CC-接合	可	可
EC	控制 EC 接合	控制 EC 分離	可	可
CC+	引擎端轉速足以使 CC+接合	引擎端轉速不足以使 CC+接合	可	可
OWC+	引擎端轉速高於耦合點端轉速	引擎端轉速低於耦合點端轉速	不可	可
CC+OWC+	引擎端轉速足以使 CC+接合，且引擎端轉速高於耦合點端轉速。	引擎端轉速不足以使 CC+接合，或引擎端轉速低於耦合點端轉速。	不可	可
CC+EC	引擎端轉速足以使 CC+接合，且 EC 接合。	引擎端轉速不足以使 CC+接合，或 EC 分離。	可	可

表 3-6 Y 形線路系統位置 b 離合器性質表

離合器 配置方式	接合時機	分離時機	動力可否輸 入電動機	電動機動力 可否輸出
無	隨時	無	可	可
OWC-	電動機端轉速高於耦合點端轉速	電動機端轉速低於耦合點端轉速	不可	可
CC-	電動機端轉速足以使 CC-接合	電動機端轉速不足以使 CC-接合	可	可
EC	控制 EC 接合	控制 EC 分離	可	可

表 3-6 整理 Y 形線路系統位置 b 離合器的性質。位置 b 控制電動機動力的輸入輸出，該位置在現有系統中有三種離合器的選擇。安裝 OWC-時，電動機動力僅能輸出，無法輸入動力使其發電，但卻可防止電動機軸轉速過高的問題。安

裝 CC-時，電動機轉速提高使離合器接合後動力方輸出，當離合器不接合時可避免電動機軸轉速過高。安裝 EC 時，則可任意控制電動機與系統之接合狀態，在需要輸出動力或發電時使離合器接合，防止電動機轉速過高時使離合器分離。

表 3-7 Y 形線路系統位置 c 離合器性質表

離合器配置方式	接合時機	分離時機	車輪動力可否輸入系統	系統動力可否輸出至車輪
無	隨時	無	可	可
EC	控制 EC 接合	控制 EC 分離	可	可

表 3-7 整理 Y 形線路系統位置 c 離合器的性質。位置 c 控制車輪動力的輸入輸出，該位置在現有系統中僅有一種離合器的選擇。安裝 EC 時，可任意控制引擎及電動機的動力是否輸出車輪，停車充電時可使離合器分離，驅動車輛時則使離合器接合。

3-4-2 YD 形線路系統

觀察 3-2 中現有 YD 形線路系統的功能動力圖，YD 形線路系統較 Y 形線路系統增加三個離合器可能安裝的位置，即位於引擎端並聯雙線路的位置 e 及位置 f，及中間與右側兩耦合點間的位置 d。其圖形如圖 3-24 所示。

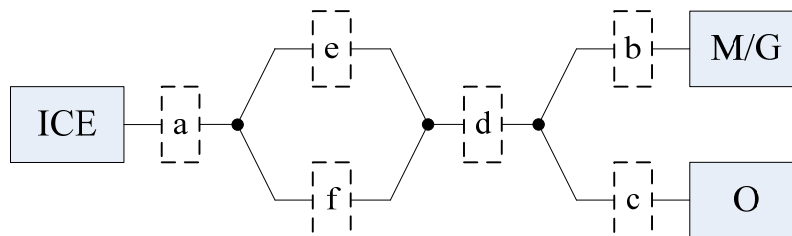


圖 3-24 YD 形線路系統離合器安裝位置圖

將三十種現有 YD 形線路系統的離合器配置方式予以整理如表 3-8 所示，該系統特色在於位置 e 及位置 f 兩並聯雙線路位置，整理時以此兩位置離合器配置方式為主要依據作分類。

表 3-8 現有 YD 形線路系統離合器配置方式

系統文獻名稱及編號	離合器位置					
	a	b	c	d	e	f
US patent No. 6,843,751 B2 (38)	-	-	EC	-	OWC-	CC-
US patent No. 6,843,751 B2 (6)	-	-	-	-	CC-	EC
US patent No. 6,843,751 B2 (7)	-	-	EC	-		
US patent No. 6,843,751 B2 (8)	-	-	-	EC		
US patent No. 6,843,751 B2 (27)	OWC-	-	-	-		
US patent No. 6,843,751 B2 (28)		-	EC	-		
US patent No. 6,843,751 B2 (29)		-	-	EC		
US patent No. 5,644,200 (2)(4)	-	-	-	-	CC-	CC+
US patent No. 6,843,751 B2 (2)(10)						
US patent No. 5,644,200 (3)(5)	-	-	EC	-		
US patent No. 6,843,751 B2 (3)(4)(12)						
US patent No. 6,843,751 B2 (5)(13)	-	-	-	EC		
US patent No. 6,843,751 B2 (11)	EC	-	-	-		
US patent No. 6,843,751 B2 (23)		-	-	-		
US patent No. 6,843,751 B2 (24)(25)	OWC-	-	EC	-		
US patent No. 6,843,751 B2 (26)		-	-	EC		
US patent No. 6,843,751 B2 (31)	-	-	-	OWC+		
US patent No. 6,843,751 B2 (32)	EC	-	-			
US patent No. 6,843,751 B2 (33)	-	-	EC			
US patent No. 6,843,751 B2 (34)	-	-	-	OWC+EC		
US patent No. 6,752,229 B2	-	-	-	-	EC	CC+
US patent No. 6,843,751 B2 (14)						
US patent No. 6,843,751 B2 (15)	-	-	EC	-		
US patent No. 6,843,751 B2 (16)	-	-	-	EC		
US patent No. 6,843,751 B2 (35)	-	-	-	OWC+		
US patent No. 6,843,751 B2 (36)	-	-	EC			
US patent No. 6,843,751 B2 (37)	-	-	-	OWC+EC		
US patent No. 6,843,751 B2 (59)	-	-	-	-	EC	OWC+
US patent No. 6,843,751 B2 (60)	-	-	EC	-		
US patent No. 6,843,751 B2 (61)	-	-	-	EC		
US patent No. 6,843,751 B2 (55)	-	-	-	-	CC+	OWC+
US patent No. 6,843,751 B2 (46)(56)(57)	-	-	EC	-		
US patent No. 6,843,751 B2 (58)	-	-	-	EC		

觀察表 3-8 發現現有 YD 形線路系統位置 a 有 2 種不同的離合器組合方式，位置 b 有 0 種，位置 c 有 1 種，位置 d 有 3 種，位置 e 有 4 種，位置 f 有 4 種。以下整理現有 YD 形線路系統位置 a、位置 b、位置 c、位置 d、位置 e、位置 f 所採用的離合器接合與分離時機及動力可流動之方向。

表 3-9 YD 形線路系統位置 a 離合器性質表

離合器 配置方式	接合時機	分離時機	動力可否 輸入引擎	引擎動力 可否輸出
無	隨時	無	可	可
OWC-	左側耦合點轉速高於引擎端轉速	左側耦合點轉速低於引擎端轉速	可	不可
EC	控制 EC 接合	控制 EC 分離	可	可

表 3-9 整理 YD 形線路系統位置 a 離合器的性質。位置 a 與位置 d、位置 e、位置 f 共同控制引擎動力的輸入輸出，該位置在現有系統中有兩種離合器的選擇。安裝 OWC-時，引擎動力無法輸出。安裝 EC 時，可隨時將引擎與系統分離。

表 3-10 YD 形線路系統位置 b 離合器性質表

離合器 配置方式	接合時機	分離時機	動力可否輸 入電動機	電動機動力 可否輸出
無	隨時	無	可	可

表 3-10 整理 YD 形線路系統位置 b 離合器的性質。位置 b 控制電動機動力的輸入輸出，該位置在現有系統中皆未安裝離合器。

表 3-11 YD 形線路系統位置 c 離合器性質表

離合器 配置方式	接合時機	分離時機	車輪動力可 否輸入系統	動力可否輸 出至車輪
無	隨時	無	可	可
EC	控制 EC 接合	控制 EC 分離	可	可

表 3-11 整理 YD 形線路系統位置 c 離合器的性質。位置 c 控制車輪動力的輸入輸出，該位置在現有系統中有一種離合器的選擇。安裝 EC 時，可將車輪與系統分離以進行停車充電。

表 3- 12 YD 形線路系統位置 d 離合器性質表

離合器 配置方式	接合時機	分離時機	動力可否 輸入引擎	引擎動力 可否輸出
無	隨時	無	可	可
EC	控制 EC 接合	控制 EC 分離	可	可
OWC+	中間耦合點轉速高於右側轉速	中間耦合點轉速低於右側轉速	不可	可
OWC+EC	中間耦合點轉速高於右側轉速，且 EC 接合。	中間耦合點轉速低於右側轉速，或 EC 分離。	不可	可

表 3- 12 整理 YD 形線路系統位置 d 離合器的性質。位置 d 與位置 a、位置 e、位置 f 共同控制引擎動力的輸入輸出，該位置在現有系統中有三種離合器的選擇。安裝 EC 時，可隨時控制將引擎與系統接合與分離。安裝 OWC+時，引擎動力只能輸出，動力無法輸入引擎。安裝 OWC+EC 時，引擎動力只能輸出，且可控離合器可隨時將引擎與系統分離。

表 3- 13 YD 形線路系統位置 e 離合器性質表

離合器 配置方式	接合時機	分離時機	動力可否經 此位置輸入 引擎	引擎動力可 否經此位置 輸出
OWC-	中間耦合點轉速高於左側耦合點轉速	中間耦合點轉速低於左側耦合點轉速	可	不可
CC-	中間耦合點轉速足以使 CC-接合	中間耦合點轉速不足以使 CC-接合	可	可
EC	控制 EC 接合	控制 EC 分離	可	可
CC+	左側耦合點轉速足以使 CC-接合	左側耦合點轉速不足以使 CC-接合	可	可

表 3- 13 整理 YD 形線路系統位置 e 離合器的性質。位置 e 與位置 a、位置 d、位置 f 共同控制引擎動力的輸入輸出，該位置在現有系統中有四種離合器的選擇。安裝 OWC-時，動力可經此流入引擎，可利用電動機啟動引擎。安裝 CC-時，電動機到達一定轉速則可將動力導入啟動引擎。安裝 EC 時，控制此位置是否傳遞動力輸入或輸出引擎。安裝 CC+時，引擎端轉速提高動力可由此輸出。

表 3-14 YD 形線路系統位置 f 離合器性質表

離合器配置方式	接合時機	分離時機	動力可否經此位置輸入引擎	引擎動力可否經此位置輸出
CC-	中間耦合點轉速足以使 CC-接合	中間耦合點轉速不足以使 CC-接合	可	可
EC	控制 EC 接合	控制 EC 分離	可	可
CC+	左側耦合點轉速足以使 CC-接合	左側耦合點轉速不足以使 CC-接合	可	可
OWC+	左側耦合點轉速高於中間耦合點轉速	左側耦合點轉速低於中間耦合點轉速	不可	可

表 3-14 整理 YD 形線路系統位置 f 離合器的性質。位置 f 與位置 a、位置 d、位置 e 共同控制引擎動力的輸入輸出，該位置在現有系統中有四種離合器的選擇。。安裝 CC-時，電動機到達一定轉速則可將動力導入啟動引擎。安裝 EC 時，控制此位置是否傳遞動力輸入或輸出引擎。安裝 CC+時，引擎端轉速提高動力可由此輸出。安裝 OWC+時，引擎動力可由此輸出，但動力無法由此進入引擎。

3-4-3 YT 形線路系統

觀察 3-2 中現有 YT 形線路系統的功能動力圖，YT 形線路系統較 YD 形線路系統增加一個離合器可能安裝的位置，即與位置 e 及位置 f 並聯的位置 g。其圖形如圖 3-25 所示。

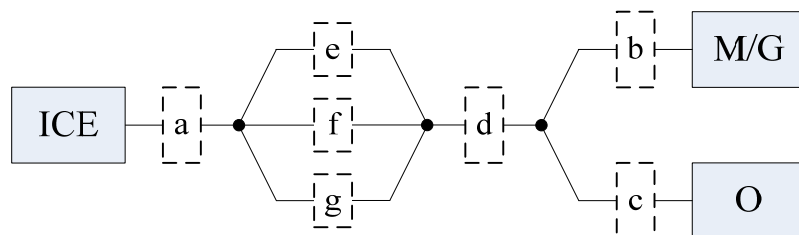


圖 3-25 YT 形線路系統離合器安裝位置圖

將十三種現有 YT 形線路系統的離合器配置方式予以整理如表 3-15 所示，該系統特色在於位置 e、位置 f 及位置 g 三個並聯離合器位置，整理時以此三位置離合器配置方式為主要依據作分類。

表 3- 15 現有 YT 形線路系統離合器配置方式

系統文獻名稱及編號	離合器位置						
	a	b	c	d	e	f	g
US patent No. 6,843,751 B2 (43)	-	-	-	-	OWC-	CC-	EC
US patent No. 6,843,751 B2 (44)	-	-	EC	-			
US patent No. 6,843,751 B2 (45)	-	-	-	EC			
US patent No. 6,843,751 B2 (39)	-	-	-	-			CC+
US patent No. 6,843,751 B2 (40)(41)	-	-	EC	-			
US patent No. 6,843,751 B2 (42)	-	-	-	EC			
US patent No. 6,843,751 B2 (47)	-	-	-	-	CC-	CC+	OWC+
US patent No. 6,843,751 B2 (48)	EC	-	-	-			
US patent No. 6,843,751 B2 (49)	-	-	EC	-			
US patent No. 6,843,751 B2 (50)	-	-	-	EC			
US patent No. 6,843,751 B2 (51)	-	-	-	-	EC		
US patent No. 6,843,751 B2 (52)	-	-	EC	-			
US patent No. 6,843,751 B2 (53)	-	-	-	EC			

觀察表 3- 15 發現現有 YT 形線路系統位置 a 有 1 種不同的離合器組合方式，位置 b 有 0 種，位置 c 有 1 種，位置 d 有 1 種，位置 e 有 3 種，位置 f 有 2 種，位置 g 有 3 種。YT 形線路系統七個離合器位置位置中，位置 g 與位置 e、位置 f 的性質相同，而位置 a、位置 b、位置 c、位置 d 採用的離合器與 YD 形線路系統相同，其離合器性質請參考 3-4-2 節，在此不多作贅述。

3-4-4 Δ 形線路系統

觀察 3-2 中現有 Δ 形線路系統的功能動力圖，Δ 形線路結構中有三個安裝離合器的可能位置，即位於引擎及電動機間的位置 h、位於引擎及輸出間的位置 i、及位於電動機及輸出間的位置 j。其圖形如圖 3- 26 所示。

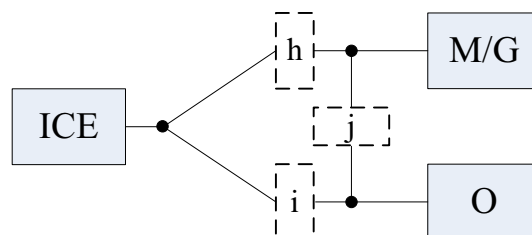


圖 3- 26 Δ 形線路系統離合器安裝位置圖

將現有唯一的 Δ 形線路系統的離合器配置整理如表 3-16 所示。觀察表 3-16 發現現有 Δ 形線路系統位置 h 有 1 種不同的離合器組合方式，位置 i 有 1 種，位置 j 有 1 種。以下整理現有 Δ 形線路系統位置 h、位置 i、位置 j 所採用的離合器接合與分離時機及動力可流動之方向。

表 3-16 現有 Δ 形線路系統離合器配置方式

系統文獻名稱及編號	位置		
	h	i	j
Kuen-Bao Sheu	OWC+	CC+	OWC-

表 3-17 Δ 形線路系統位置 h 離合器性質表

離合器配置方式	接合時機	分離時機	引擎動力可否進入電動機	電動機動力可否進入引擎
OWC+	引擎端轉速高於電動機端轉速	引擎端轉速低於電動機端轉速	可	不可

表 3-17 整理 Δ 形線路系統位置 h 離合器的性質。位置 h 控制引擎及電動機間動力的流動，該位置在現有系統中有一種離合器的選擇。安裝 OWC+時，引擎動力可經由此處進入電動機，而電動機動力無法由此處進入引擎。

表 3-18 Δ 形線路系統位置 i 離合器性質表

離合器配置方式	接合時機	分離時機	引擎動力可否進入車輪	車輪動力可否進入引擎
CC+	引擎端轉速足以使 CC+接合	引擎端轉速不足以使 CC+接合	可	可

表 3-18 整理 Δ 形線路系統位置 i 離合器的性質。位置 i 控制引擎及車輪間動力的流動，該位置在現有系統中有一種離合器的選擇。安裝 CC+時，引擎轉速提高使離心離合器接合後，其動力即可經此處輸出至車輪。

表 3- 19 Δ 形線路系統位置 j 離合器性質表

離合器 配置方式	接合時機	分離時機	電動機動力可 否進入車輪	車輪動力可否 進入電動機
OWC-	電動機端轉速高 於車輪端轉速	電動機端轉速低 於車輪端轉速	可	不可

表 3- 19 整理 Δ 形線路系統位置 j 離合器的性質。位置 j 控制電動機及車輪間動力的流動，該位置在現有系統中有一種離合器的選擇。安裝 OWC-時，電動機可由此處輸出動力驅動車輪，但車輪動力無法由此進入電動機，導致系統無法煞車回充。

3-5 現有系統功能及複雜度評估

本節依據上節各位置離合器的性質，分析達成各種系統功能之離合器配置條件，以作為判斷各系統功能之標準。建立系統功能的判斷標準後，比對各系統的離合器配置，判斷各系統之功能。複雜度則依公式計算，將現有系統功能及複雜度評估結果列表並做說明。以下為四種現有線路系統之功能及複雜度分析。

3-5-1 Y 形線路系統

訂定 Y 形線路系統各功能的達成條件時，依據各功能搭配的動力模式，分析各位置離合器配置是否可滿足該動力模式。Y 形線路系統各功能的達成條件整理如表 3- 20 所示。

分析各功能的達成條件，建立系統功能判斷標準後，對各系統的離合器配置逐一比對，若符合功能條件則比紹該系統具備該項功能，系統各項複雜度則依公式計算。表 3- 21 為現有 Y 形線路各系統之功能及複雜度評估結果，表中以圓點表示系統據該項功能。

表 3- 20 Y 形線路系統各功能達成條件

功能代碼	功能名稱	達成該功能之離合器配置條件
A	馬達單獨驅動車輛	位置 a 需安裝離合器以避免馬達動力進入引擎。
B	引擎及馬達同時驅動車輛	引擎動力需輸出，位置 a 不可安裝 OWC-CC-。
C	引擎單獨驅動車輛	引擎動力需輸出，位置 a 不可安裝 OWC-CC-。
D	行車充電	引擎動力需輸出，位置 a 不可安裝 OWC-CC-。動力需進入電動機，位置 b 不可安裝 OWC-。
E	馬達倒車	位置 a 需安裝離合器使引擎不與馬達同步運轉，但不可安裝 OWC+，因其反轉時動力將導入引擎。位置 b 不可安裝 OWC-，因其反轉動力無法輸出。
F	單獨煞車回充	位置 a 需安裝離合器以使引擎分離。動力需進入電動機，位置 b 不可安裝 OWC-。位
G	單獨引擎煞車	動力需進入引擎，位置 a 不可安裝 OWC+ 或 CC+OWC+。
H	同時煞車回充及引擎煞車	動力需進入引擎，位置 a 不可安裝 OWC+ 或 CC+OWC+。動力需進入電動機，位置 b 不可安裝 OWC-。
I	停車時馬達啟動引擎	動力需進入引擎，位置 a 不可安裝 OWC+ 或 CC+OWC+。位置 c 需安裝離合器使動力不輸出至車輪。
J	行車時馬達啟動引擎	動力需進入引擎，位置 a 不可安裝 OWC+ 或 CC+OWC+。
K	停車充電	動力需進入電動機，位置 b 不可安裝 OWC-。位置 c 需安裝離合器使動力不輸出至車輪。
L	引擎起步	位置 a 需安裝可控離合器或主動端為引擎之離合器。

表 3- 21 現有 Y 形線路系統功能及複雜度評估結果

系統文獻名稱及編號	系統功能												複雜度		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	X	Y	Z
US Patent No.6,843,751 B2 (22)	●				●	●	●	●	●	●			3	3	3
Jian-Feng TSAI	●	●	●	●	●	●	●	●		●			3	1	2
US patent No.5,644,200 (1) US patent No.6,843,751 B2 (1)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		3	2	3
US patent No.4,148,192		●	●	●		●	●	●	●		●	●	3	1	3
US patent No.4,697,660	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	3	1	3
US patent No.3,888,325 US patent No.4,553,011	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	3	2	4
US patent No.6,663,524 US patent No.6,843,751 B2 (17)(18)(21) Massimo Ceraolo	●	●	●	●	●	●	●	●				●	3	1	2
US patent No.6,843,751 B2 (9)	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	3	2	3
US patent No.5,193,634 (1)	●	●	●				●					●	3	2	2
US patent No.5,193,634 (2)	●	●	●	●	●		●	●				●	3	2	2
Keith Hoffman	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	3	3	4
US patent No.4,407,132 US patent No.6,843,751 B2 (54)	●	●	●	●		●					●	●	3	2	3
US patent No.6,843,751 B2 (30)	●	●	●	●	●	●					●	●	3	3	3
US patent No.6,843,751 B2 (19)(20)	●	●	●	●	●	●	●	●				●	3	2	3

由表 3- 21 發現，現有 Y 形線路系統中有一種系統可達全部功能，即 US patent No.3,888,325[19]及 US patent No.4,553,011[22]之系統。。

3-5-2 YD 形線路系統

訂定 YD 形線路系統各功能的達成條件時，依據各功能搭配的動力模式，分析各位置離合器配置是否可滿足該動力模式。YD 形線路系統各功能的達成條件整理如表 3- 22 所示。

分析各功能的達成條件，建立系統功能判斷標準後，對各系統的離合器配置逐一比對，若符合功能條件則比紹該系統具備該項功能，系統各項複雜度則依公式計算。表 3- 23 為現有 YD 形線路各系統之功能及複雜度評估結果。

表 3-22 YD 形線路系統各功能達成條件

功能代碼	功能名稱	達成該功能之離合器配置條件
A	馬達單獨驅動車輛	電動機動力需輸出至車輪。
B	引擎及馬達同時驅動車輛	引擎動力需輸出，位置 a 不可安裝 OWC-。
C	引擎單獨驅動車輛	引擎動力需輸出，位置 a 不可安裝 OWC-。
D	行車充電	引擎動力需輸出，位置 a 不可安裝 OWC-。
E	馬達倒車	若位置 f 安裝 OWC+，則位置 a 或位置 d 需安裝離合器，以避免動力進入引擎。
F	單獨煞車回充	若位置 e 安裝 OWC-，則位置 a 或位置 d 需安裝離合器，以避免動力進入引擎。
G	單獨引擎煞車	動力需輸入引擎，位置 d 不可安裝 OWC+ 或 OWC+EC。
H	同時煞車回充及引擎煞車	動力需輸入引擎，位置 d 不可安裝 OWC+ 或 OWC+EC。
I	停車時馬達啟動引擎	位置 c 需安裝離合器以避免動力輸出至車輪。引擎動力需輸出，位置 d 不可安裝 OWC+ 或 OWC+EC。馬達動力需進入引擎，位置 e 需安裝 OWC- 或 CC- 或 EC 將。
J	行車時馬達啟動引擎	動力需進入引擎，位置 d 不可安裝 OWC+ 或 OWC+EC，位置 e 需安裝 CC- 或 EC 將。
K	停車充電	引擎動力需輸出，位置 a 不可安裝 OWC-。位置 c 需安裝離合器避免動力輸出至車輪。
L	引擎起步	引擎動力需輸出，位置 a 不可安裝 OWC-，位置 f 需安裝 EC 或 CC+ 或 OWC+。

表 3-23 現有 YD 形線路系統功能及複雜度評估結果

系統文獻名稱及編號	系統功能												複雜度		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	X	Y	Z
US patent No. 6,843,751 B2 (38)	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●		5	3	3
US patent No. 6,843,751 B2 (6)	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	5	2	3
US patent No. 6,843,751 B2 (7)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	3	4
US patent No. 6,843,751 B2 (8)	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	6	3	4
US patent No. 6,843,751 B2 (27)	●				●	●	●	●		●			5	3	3
US patent No. 6,843,751 B2 (28)	●				●	●	●	●	●	●			5	4	4
US patent No. 6,843,751 B2 (29)	●				●	●	●	●		●			6	4	4
US patent No. 5,644,200 (2)(4) US patent No. 6,843,751 B2 (2)(10)	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	5	2	2
US patent No. 5,644,200 (3)(5) US patent No. 6,843,751 B2 (3)(4)(12)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	3	3
US patent No. 6,843,751 B2 (5)(13)	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	6	3	3
US patent No. 6,843,751 B2 (11)	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	5	3	3
US patent No. 6,843,751 B2 (23)	●				●	●	●	●		●			5	3	2
US patent No. 6,843,751 B2 (24)(25)	●				●	●	●	●	●	●			5	4	3
US patent No. 6,843,751 B2 (26)	●				●	●	●	●		●			6	4	3
US patent No. 6,843,751 B2 (31)	●	●	●	●	●	●	●	●				●	6	3	2
US patent No. 6,843,751 B2 (32)	●	●	●	●	●	●	●	●				●	6	4	3
US patent No. 6,843,751 B2 (33)	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	6	4	3
US patent No. 6,843,751 B2 (34)	●	●	●	●	●	●	●	●				●	6	4	3
US patent No. 6,752,229 B2 US patent No. 6,843,751 B2 (14)	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	5	2	3
US patent No. 6,843,751 B2 (15)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	3	4
US patent No. 6,843,751 B2 (16)	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	6	3	4
US patent No. 6,843,751 B2 (35)	●	●	●	●	●	●	●	●				●	6	3	3
US patent No. 6,843,751 B2 (36)	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	6	4	4
US patent No. 6,843,751 B2 (37)	●	●	●	●	●	●	●	●				●	6	4	4
US patent No. 6,843,751 B2 (59)	●	●	●	●		●	●	●		●		●	5	2	3
US patent No. 6,843,751 B2 (60)	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	5	3	4
US patent No. 6,843,751 B2 (61)	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	6	3	4
US patent No. 6,843,751 B2 (55)	●	●	●	●	●	●	●	●				●	5	2	2
US patent No. 6,843,751 B2 (46)(56)(57)	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	5	3	3
US patent No. 6,843,751 B2 (58)	●	●	●	●	●	●	●	●				●	6	3	3

由表 3- 23 可知，現有 YD 形線路系統中，共有三種可達全部功能，即 US patent No. 6,843,751 B2 (7)[28]、US patent No. 5,644,200 (2)(4)[25]、US patent No. 6,843,751 B2 (2)(10)[28]、US patent No. 6,843,751 B2 (15)[28]。

3-5-3 YT 形線路系統

YT 形線路系統各功能的達成條件整理如表 3- 24 所示。對各系統的離合器配置逐一比對，若符合功能條件則比紹該系統具備該項功能，系統各項複雜度則依公式計算。表 3- 25 為現有 YT 形線路各系統之功能及複雜度評估結果。

表 3- 24 YT 形線路系統各功能達成條件

功能代碼	功能名稱	達成該功能之離合器配置條件
A	馬達單獨驅動車輛	電動機動力需輸出至車輪。
B	引擎及馬達同時驅動車輛	引擎及電動機動力需輸出至車輪。
C	引擎單獨驅動車輛	引擎動力需輸出至車輪。
D	行車充電	引擎動力需輸出至電動機及車輪。
E	馬達倒車	若位置 g 安裝 OWC+，則位置 a 或位置 d 需安裝離合器，以避免動力進入引擎。
F	單獨煞車回充	若位置 e 安裝 OWC-，則位置 a 或位置 d 需安裝離合器，以避免動力進入引擎。
G	單獨引擎煞車	車輪動力需進入引擎。
H	同時煞車回充及引擎煞車	車輪動力需進入電動機及引擎。
I	停車時馬達啟動引擎	位置 c 需安裝離合器以避免動力輸出至車輪。馬達動力需進入引擎，位置 e 需安裝 OWC-或 CC-或 EC。
J	行車時馬達啟動引擎	動力需進入引擎，位置 e 需安裝 CC-或 EC。
K	停車充電	位置 c 需安裝離合器避免動力輸出至車輪。
L	引擎起步	引擎動力需輸出至車輪。

表 3- 25 現有 YT 形線路系統功能及複雜度評估結果

系統文獻名稱及編號	系統功能												複雜度		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	X	Y	Z
US patent No. 6,843,751 B2 (43)	●	●	●	●			●	●				●	6	3	3
US patent No. 6,843,751 B2 (44)	●	●	●	●			●	●	●		●	●	6	4	4
US patent No. 6,843,751 B2 (45)	●	●	●	●	●	●	●	●				●	7	4	4
US patent No. 6,843,751 B2 (39)	●	●	●	●			●	●				●	6	3	2
US patent No. 6,843,751 B2 (40)(41)	●	●	●	●			●	●	●		●	●	6	4	3
US patent No. 6,843,751 B2 (42)	●	●	●	●	●	●	●	●				●	7	4	3
US patent No. 6,843,751 B2 (47)	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	6	3	2
US patent No. 6,843,751 B2 (48)	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	6	4	3
US patent No. 6,843,751 B2 (49)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	6	4	3
US patent No. 6,843,751 B2 (50)	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	7	4	3
US patent No. 6,843,751 B2 (51)	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	6	3	3
US patent No. 6,843,751 B2 (52)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	6	4	4
US patent No. 6,843,751 B2 (53)	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	7	4	4

由

表 3- 25 可知，現有 YT 形線路系統共有兩種可達全部功能，即 US patent No. 6,843,751 B2 (49)[28]、US patent No. 6,843,751 B2 (52)[28]。

3-5-4 Δ 形線路系統

Δ 形線路僅一種現有系統，判斷系統功能時，依據各功能搭配的動力模式，分析各位置離合器配置是否可滿足該動力模式。 Δ 形線路系統各功能達成的條件整理如表 3- 26 所示。

分析各功能的達成條件，建立系統功能判斷標準後，對各系統的離合器配置逐一比對，若符合功能條件則比紹該系統具備該項功能，系統各項複雜度則依公式計算。表 3- 27 為現有 Δ 形線路各系統之功能及複雜度評估結果。

表 3- 26 Δ 形線路系統各功能達成條件

功能代碼	功能名稱	達成該功能之離合器配置條件
A	馬達單獨驅動車輛	馬達動力需輸出至車輪。
B	引擎及馬達同時驅動車輛	引擎及馬達動力可輸出至車輪。
C	引擎單獨驅動車輛	引擎動力可輸出至車輪。
D	行車充電	引擎動力可輸出至車輪及電動機。
E	馬達倒車	位置 j 不可安裝 OWC-。
F	單獨煞車回充	動力需進入電動機，位置 j 不可安裝 OWC- 可使。
G	單獨引擎煞車	車輪動力可輸入引擎。
H	同時煞車回充及引擎煞車	動力需進入電動機，位置 j 不可安裝 OWC- 可使。
I	停車時馬達啟動引擎	電動機動力輸入引擎但不輸出至車輪。
J	行車時馬達啟動引擎	電動機動力同時輸入引擎及輸出至車輪。
K	停車充電	引擎動力輸入電動機但不輸出至車輪。
L	引擎起步	引擎動力可輸出至車輪。

表 3- 27 現有 Δ 形線路系統功能及複雜度評估結果

系統文獻名稱及編號	系統功能												複雜度		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	X	Y	Z
Kuen-Bao Sheu	●	●	●	●			●					●	6	3	2

由表 3- 27 可知，Kuen-Bao Sheu 論文[6]中所採用之系統，可達 6 種功能。

3-6 小結

本章將現有系統之機械結構圖轉為功能動力圖，使各元件間的連接關係更容易觀察，有利於分析各離合器配置方式對系統功能的影響。探討離合器之性質後，對系統功能及複雜度進行評估，建立現有系統之功能及複雜度資料。

觀察現有系統之功能動力圖，依據各系統線路之幾何形狀分為四類線路結

構，Y 形線路結構中，引擎、電動機、輸出三者連接線段交於一耦合點，若將 Y 形線路中的耦合點至引擎間的連接線路增加為並聯雙線路，即成為 YD 形線路結構，若耦合點至引擎間的連接線路增加為並聯三線路則為 YT 形線路結構。△ 形線路結構之引擎、電動機、輸出連接線路則為一環形結構。

本章整理現有系統各位置之離合器配置方式，並分析其特性，不但有助於系統功能之判斷，更可作為系統設計時離合器選擇之依據。系統功能及複雜度分析結果與各文獻本身對系統功能之描述一置，部分系統更發現文獻中未說明之可達功能，證實本研究之分析方法確實有效。

各類系統評估結果整理如表 3-28 所示。由本章之分析可知，現有之 Y 形線路系統、YD 形線路系統、YT 形線路系統皆有可達全部 12 種功能之系統，唯一的 △ 形線路系統則僅可達 6 種系統功能。

表 3-28 現有系統評估結果整理

系統類型	數量	可達全部 12 種功能之系統數量	線路結構複雜度範圍	離合器元件複雜度範圍	控制複雜度範圍
Y 形線路	14	1	3	1~3	2~4
YD 形線路	30	3	5~6	2~4	2~4
YT 形線路	13	2	6~7	3~4	2~4
△ 形線路	1	0	6	3	2

由各類線路系統比較可知，Y 形線路系統具有複雜度較低之優點。YD 形線路雖結構較為複雜，但透過多樣的配置方式，達成全部功能之系統數量較多。YT 形線路則過於複雜，且系統功能較 YD 形線路並無明顯的增加，並非適當之設計。△ 形線路則因現有系統過少而較難評估此類系統之發展性。

第四章 系統合成與評估

由前章對現有系統離合器配置方式的整理，發現各文獻及專利並未依統一的規則進行系統設計搜尋，未包含所有離合器的配置方法，可能遺漏了部份適用於混合動力機車之離合器元件組成之油電混合動力系統。

本章期望以合成方法進行系統設計，對系統各位置各種離合器的可能配置方式做完整的設計搜尋，以建立完整的系統配置方式資料庫。之後依據系統功能及複雜度之定義，分析各種配置對系統特性之影響，並訂定出統一的功能判斷標準。最後發展 Matlab 系統合成與評估自動化程式，以提升系統合成與評估的效率，使該工作更迅速且確實的完成。

4-1 系統合成

本節針對上章所介紹的三種線路系統，即 Y 形線路系統、YD 形線路系統、 Δ 形線路系統，進行離合器的配置搜尋。而 YT 形線路系統三並聯位置之離合器功能容易重疊，線路結構出現不必要之多餘連接線段，並非適當之線路結構，因此本研究不討論此類線路系統之合成。

系統合成時，依據前章對各位置各種離合器之分析，保留適用之離合器配置，刪除不合理之配置，並新增可用之配置方式，以各位置較合理的配置做系統設計搜尋，將各位置各種離合器依依配對，建立完整的系統配置資料庫，期望發現適用於混合動力機車使用的動力系統。

4-1-1 Y 形線路系統

Y 形線路系統合成時，參考上章對各位置離合器性質的分析，延用合適的配置選擇，刪除不合理的選擇。在此依 Y 形線路位置 a、位置 b、位置 c 三個可能安裝離合器之位置一一進行討論。Y 形線路系統離合器安裝位置圖如圖 4-1 所示。

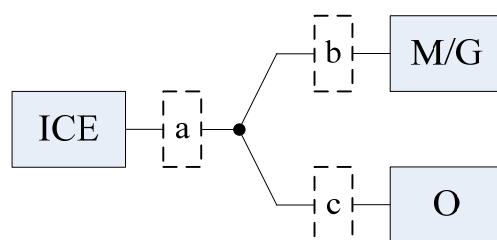


圖 4-1 Y 形線路系統離合器安裝位置圖

系統合成時，位置 a 延用現有系統中的五種配置選擇，不安裝離合器時引擎直接與耦合點接合；配置 CC-時耦合點轉速提高使離合器接合，可由馬達帶動引擎啟動；配置 EC 時可任意控制引擎與系統之接合，提高系統控制彈性；配置 CC+時，引擎轉速使離合器接合動力即可輸出，當耦合點轉速降低時離合器自動分離，避免引擎轉速過低；配置 OWC+時引擎轉速高於耦合點轉速則動力由馬達切換為引擎，並可避免動力流入引擎。刪除的三種離合器配置中，OWC-CC-無法使引擎動力輸出，嚴重影響系統功能；CC+OWC+及 CC+EC 因離合器較複雜，且兩串聯之離合器作用重疊，故不選用。

位置 b 則延用現有系統的四種配置選擇。不安裝離合器時，電動機直接與耦合點連接；配置 OWC-時，可使動力無法進入電動機，避免電動機軸轉速過快；配置 CC-可利用電動機轉速控制離合器接合；配置 EC 可任意控制電動機與耦合點之接合。

位置 c 除保留原有的兩種配置選擇外，另增加 CC+之配置方式，其特性如表 4-1 所示。不安裝離合器時，車輪直接與耦合點連接；安裝 EC 時，可任意控制引擎或電動機之動力是否輸出車輪，主要應用於停車充電；配置 CC+時，則由耦合點轉速控制引擎或電動機之動力是否輸出車輪。

表 4-1 Y 形線路系統位置 c 新增離合器性質表

離合器 配置方式	接合時機	分離時機	車輪動力 可否輸入 系統	系統動力 可否輸出 至車輪
CC+	耦合點端轉速足以使 CC+接合。	耦合點端轉速不足以使 CC+接合。	可	可

表 4-2 Y 形線路系統合成各配置表

	離合器位置		
	a	b	c
配置選擇	無	無	無
	CC-	OWC-	EC
	EC	CC-	CC+
	CC+	EC	
	OWC+		
配置種數	5	4	3
合成可得之系統總數	60		

將 Y 形線路系統合成時各位置可能的配置選擇、配置種數，及合成時可得到的系統總數整理如表 4-2 所示。位置 a 有 5 種配置方式，位置 b 有 4 種配置方式，位置 c 有 3 種配置方式。依數學計算，總計共可合成出 60 種($5*4*3$)Y 形線路系統。

4-1-2 YD 形線路系統

YD 形線路系統合成時，延用合適的配置選擇，刪除不合理的選擇。YD 形線路系統共有位置 a、位置 b、位置 c、位置 d、位置 e、位置 f 六個可安裝離合器之位置，如圖 4-2 所示。在此依續對各位置配置之方式進行討論。

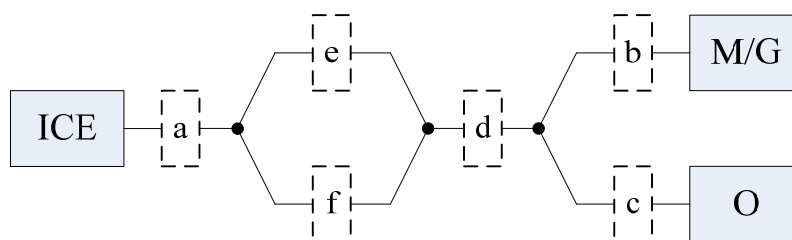


圖 4-2 YD 形線路系統離合器安裝位置圖

系統合成時，位置 a 及位置 d 於前章現有系統分析中，發現此兩處是否安裝離合器對於系統功能並無明顯之影響，合成時此兩處皆不安裝離合器。位置 b 及位置 c 合成時，除保有現有系統之配置選擇外，並參考 Y 形線路系統增加數種離合器配置方式，新增的離合器特性請參考 Y 形線路系統位置 b 及位置 c 離合器之說明。

位置 e 及位置 f 兩者所處位置性質相同，為避免其離合器功能重複，設定位置 e 負責控制動力進入引擎，而位置 f 則負責控制動力輸出引擎。位置 e 配置之離合器 OWC-時，當引擎未發動時馬達動力可經此處輸入啟動引擎，但引擎動力不經此離合器輸出；配置 CC-時，耦合點轉速提高使離合器接合時可利用馬達啟動引擎；配置 EC 時可隨時控制馬達啟動引擎之時機。而位置 f 配置 OWC+時，引擎動力可經由此處輸出，但動力無法由此輸入引擎；配置 CC+時，引擎轉速提高使離合器接合即可輸出動力；配置 EC 時，可任意控制引擎動力之輸出與否。

表 4-3 YD 形線路系統合成配置表

	離合器位置					
	a	b	c	d	e	f
配置選擇	無	無	無	無	OWC-	EC
		OWC-	EC		CC-	CC+
		CC-	CC+		EC	OWC+
		EC				
配置種數	1	4	3	1	3	3
合成可得之系統總數	108					

將 YD 形線路系統合成時各位置可能的配置選擇、配置種數，及合成時可得到的系統總數整理如表 4-3 所示。位置 a 有 1 種配置方式，位置 b 有 4 種配置方式，位置 c 有 3 種配置方式，位置 d 有 1 種配置方式，位置 e 有 3 種配置方式，位置 f 有 3 種配置方式。依數學計算，總計共可合成出 108 種($1*4*3*1*3*3$)YD 形線路系統。

4-1-3 Δ 形線路系統

Δ 形線路系統合成時，延用合適的配置選擇，刪除不合理的選擇。Δ 形線路系統共有位置 h、位置 i、位置 j 三個可安裝離合器之位置，如圖 4-3 所示。在此依續對各位置配置之方式進行討論。

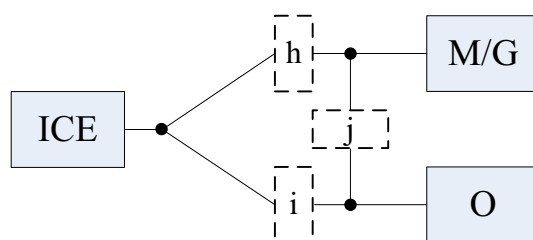


圖 4-3 Δ 形線路系統離合器安裝位置圖

統合成時，保有原系統所搭配的離合器，並在位置 h 增加了 CC-、EC、CC+ 三種配置選擇，其性質如表 4-4 所示。配置 CC-時，馬達轉速提高使離合器接合可啟動引擎；配置 EC 時可任意控制馬達啟動引擎之時機；配置 CC+時，引擎轉速提高使離合器接合可將動力導入電動機發電；配置 OWC+時，引擎轉速高於電動機轉速時動力可經由此線路輸入電動機發電。

表 4-4 Δ 形線路系統位置 h 新增離合器性質表

離合器 配置方式	接合時機	分離時機	引擎動力可否進 入電動機	電動機動力可 否進入引擎
CC-	電動機端轉速足以使 CC-接合	電動機端轉速不足以使 CC-接合	可	可
EC	控制 EC 接合	控制 EC 接合	可	可
CC+	引擎端轉速足以使 CC+接合	引擎端轉速不足以使 CC+接合	可	可

位置 i 增加 EC 及 OWC+兩種選擇，其性質如表 4-5 所示。配置 EC 時，可任意控制引擎動力是否輸出至車輪；配置 CC+時由引擎轉速控制其動力是否輸出至車輪；配置 OWC+時，車輪動力不經由此處傳入引擎。

表 4-5 Δ 形線路系統位置 i 新增離合器性質表

離合器 配置方式	接合時機	分離時機	引擎動力可 否進入車輪	車輪動力可 否進入引擎
EC	控制 EC 接合	控制 EC 接合	可	可
OWC+	引擎端轉速高於車輪端轉速	引擎端轉速低於車輪端轉速	可	不可

位置 j 增加 CC-及 EC 兩種選擇，其性質如表 4-6 所示。配置 OWC-時，動力可經由此處輸出這車輪，但車輪動力無法輸入電動機發電；配置 CC-時，當馬達轉速使離合器接合時其動力方輸出至車輪；配置 EC 時可任意控制馬達動力輸

出至車輪之時機。

表 4-6 Δ 形線路系統位置 j 新增離合器性質表

離合器 配置方式	接合時機	分離時機	電動機動力可 否進入車輪	車輪動力可否 進入電動機
CC-	電動機端轉速足以使 CC-接合	電動機端轉速不足以使 CC-接合	可	可
EC	控制 EC 接合	控制 EC 接合	可	可

表 4-7 Δ 形線路系統合成配置表

	離合器位置		
	h	i	j
配置選擇	CC-	EC	OWC-
	EC	CC+	CC-
	CC+	OWC+	EC
	OWC+		
配置種數	4	3	3
合成可得 之系統總數	36		

將 Δ 形線路系統合成時各位置可能的配置選擇、配置種數，及合成時可得到的系統總數整理如表 4-7 所示。位置 h 有 4 種配置方式，位置 i 有 3 種配置方式，位置 j 有 3 種配置方式。依數學計算，總計共可合成出 36 種($4*3*3$) Δ 形線路系統。

4-2 系統評估

利用合成方法做系統之搜尋雖可快速且大量的建立各種系統配置方式，但並不能保證所有合成所得的系統皆符合設計需求，仍需透過評估之過程以確認各系統特性。

本節依照 3-5 對現有系統的評估方法，分析達成各種系統功能所需的配置條件，對合成所得之系統進行功能判斷及複雜度的評估。以下為三種合成線路系統之評估說明。

4-2-1 Y 形線路系統

訂定 Y 形線路合成系統各功能的達成條件時，依據各功能搭配的動力模式，分析各位置離合器配置是否可滿足該動力模式。Y 形線路合成系統各功能的達成條件整理如表 4-8 所示。

表 4-8 Y 形線路合成系統各功能達成條件

功能代碼	功能名稱	達成該功能之離合器配置條件
A	馬達單獨驅動車輛	位置 a 需安裝離合器以避免馬達動力進入引擎。
B	引擎及馬達同時驅動車輛	引擎及馬達動力需輸出至車輪。
C	引擎單獨驅動車輛	引擎動力需輸出至車輪。
D	行車充電	動力需進入電動機，位置 b 不可安裝 OWC-。
E	馬達倒車	位置 a 需安裝離合器避免動力進入引擎，但不可安裝 OWC+，因其反轉時動力將導入引擎。位置 b 則不可安裝 OWC-，因其反轉動力無法輸出。
F	單獨煞車回充	位置 a 需安裝離合器避免動力進入引擎。動力需進入電動機，位置 b 不可安裝 OWC-。
G	單獨引擎煞車	動力需進入引擎，位置 a 不可安裝 OWC+。
H	同時煞車回充及引擎煞車	動力需進入引擎，位置 a 不可安裝 OWC+。動力需進入電動機，位置 b 不可安裝 OWC-。
I	停車時馬達啟動引擎	動力需進入引擎，位置 a 不可安裝 CC+或 OWC+。位置 c 需安裝離合器使動力不輸出至車輪。
J	行車時馬達啟動引擎	動力需進入引擎，位置 a 不可安裝 CC+或 OWC+。
K	停車充電	動力需進入電動機，位置 b 不可安裝 OWC-。位置 c 需安裝離合器使動力不輸出至車輪。
L	引擎起步	位置 a 需安裝可控離合器或主動端為引擎之離合器。

依據表 4-8 整理 Y 形線路合成系統於各項功能可達成之系統數附於附錄二。其結果顯示，60 個 Y 形線路合成系統中，48 種可達成功能 A，60 種可達成

功能 B，60 種可達成功能 C，45 種可達成功能 D，27 種可達成功能 E，36 種可達成功能 F，48 種可達成功能 G，36 種可達成功能 H，24 種可達成功能 I，36 種可達成功能 J，30 種可達成功能 K，48 種可達成功能 L。

4-2-2 YD 形線路系統

訂定 YD 形線路合成系統各功能的達成條件時，依據各功能搭配的動力模式，分析各位置離合器配置是否可滿足該動力模式。YD 形線路合成系統各功能的達成條件整理如表 4-9 所示。

表 4-9 YD 形線路合成系統各功能達成條件

功能代碼	功能名稱	達成該功能之離合器配置條件
A	馬達單獨驅動車輛	馬達動力需輸出至車輪。
B	引擎及馬達同時驅動車輛	馬達與引擎動力需輸出至車輪。
C	引擎單獨驅動車輛	引擎動力需輸出至車輪。
D	行車充電	動力需進入電動機，位置 b 不可安裝 OWC-。
E	馬達倒車	動力需進入電動機，位置 b 不可安裝 OWC-。位置 f 不可安裝 OWC+，因其反轉時動力將導入引擎。
F	單獨煞車回充	動力需進入電動機，位置 b 不可安裝 OWC-。位置 e 不可安裝 OWC-以避免動力進入引擎。
G	單獨引擎煞車	動力需進入引擎。
H	同時煞車回充及引擎煞車	動力需進入電動機，位置 b 不可安裝 OWC-。
I	停車時馬達啟動引擎	位置 c 需安裝離合器避免動力輸出至車輪。
J	行車時馬達啟動引擎	動力需進入引擎。
K	停車充電	動力需進入電動機，位置 b 不可安裝 OWC-。位置 c 需安裝離合器避免動力輸出至車輪。
L	引擎起步	引擎動力需出至車輪。

依據表 4-9 整理 YD 形線路合成系統於各項功能可達成之系統數附於附錄三。其結果顯示，108 個 YD 形線路合成系統中，108 種可達成功能 A，108 種可達成功能 B，108 種可達成功能 C，81 種可達成功能 D，54 種可達成功能 E，54 種可達成功能 F，108 種可達成功能 G，81 種可達成功能 H，72 種可達成功能 I，108 種可達成功能 J，54 種可達成功能 K，108 種可達成功能 L。

4-2-3 Δ 形線路系統

Δ 形線路合成系統各功能的達成條件整理如表 4-10 所示。

表 4-10 Δ 形線路系統各功能達成條件

功能代碼	功能名稱	達成該功能之離合器配置條件
A	馬達單獨驅動車輛	馬達動力需輸出至車輪。
B	引擎及馬達同時驅動車輛	馬達與引擎動力需輸出至車輪。
C	引擎單獨驅動車輛	引擎動力需輸出至車輪。
D	行車充電	引擎動力需輸入電動機。
E	馬達倒車	位置 h 及位置 i 不可安裝 OWC+，以避免馬達動力導入引擎。位置 j 不可安裝 OWC-，因其反轉時動力無法輸出。
F	單獨煞車回充	動力需進入電動機，位置 j 不可安裝 OWC-。
G	單獨引擎煞車	動力需進入引擎，位置 h 不可為 OWC+。或位置 i 不為 OWC+ 且位置 j 不為 OWC-。
H	同時煞車回充及引擎煞車	動力需進入引擎，位置 h 不可安裝 OWC+。或位置 i 不安裝 OWC+。動力需進入電動機，位置 j 不可安裝 OWC-。
I	停車時馬達啟動引擎	馬達動力需進入引擎，位置 h 需安裝 CC- 或 EC。動力不可輸出至車輪，位置 i 不可安裝 OWC+，位置 j 不可安裝 OWC-。
J	行車時馬達啟動引擎	馬達動力需進入引擎，位置 h 需安裝 CC- 或 EC，或位置 i 安裝 EC。
K	停車充電	動力不可輸出至車輪，位置 i 不安裝 OWC+ 且位置 j 不安裝 OWC-。
L	引擎起步	引擎動力需輸出至車輪。

依據表 4-10 整理 Δ 形線路合成系統於各項功能可達成之系統數附於附錄四。其結果顯示，36 個 Δ 形線路合成系統中，有 36 種可達成功能 A，36 種可達成功能 B，36 種可達成功能 C，36 種可達成功能 D，12 種可達成功能 E，24 種可達成功能 F，31 種可達成功能 G，31 種可達成功能 H，8 種可達成功能 I，24 種可達成功能 J，16 種可達成功能 K，36 種可達成功能 L。

4-3 系統合成與評估自動化程式

設計搜尋時產生大量的合成系統，若以人力進行合成及評估將過於費時費力，故利用電腦強大之運算能力進行設計搜尋及評估之工作，以 Matlab 軟體撰寫程式，迅速地產生大量的系統配置方式，同時依評估標準判斷各系統具備之功能，計算各系統複雜度，使系統合成及評估更有效率並避免人為錯誤。

系統合成與評估自動化之概念是將各種離合器及其配置方式以阿拉伯數字表示，利用電腦程式的迴圈結構排列出所有離合器的搭配方式，並將其結果建為矩陣。評估時則依 4-2 節所訂定之評估標準，以電腦程式核對各系統離合器編號，若符合該功能之離合器配置方式，則在矩陣中以 1 代表系統具備該功能，若不符合則以 0 代表系統不具備該功能。系統複雜度則依公式直接由電腦進行計算。

合成及評估完成後，將程式的結果以矩陣形式輸出，即完成系統自動化合成與評估之過程。三種線路系統合成評估的自動化 Matlab 程式請見附錄五、附錄六、附錄七。

4-4 系統合成與評估結果

合成的系統數量龐大，將其合成與評估結果整理於附錄中，附錄八為 Y 形線路合成系統，附錄九為 YD 形線路合成系統，附錄十為 Δ 形線路合成系統。各類合成系統中，共包含 20 種現有之系統，整理於表 4-11 中。

表 4- 11 合成系統與現有系統對照表

合成系統編號	系統文獻名稱及編號	合成系統編號	系統文獻名稱及編號
Y7	Jian-Feng TSAI[5]	Y56	US patent No.4,407,132[21] US patent No.6,843,751 B2 (54) [28]
Y8	US patent No.5,644,200 (1)[25] US patent No.6,843,751 B2 (1)[28]		
Y20	US patent No.4,148,192[20]	YD43	US patent No. 6,843,751 B2 (6) [28]
Y31	US patent No.4,697,660[23]	YD44	US patent No. 6,843,751 B2 (7) [2/]
Y32	US patent No.3,888,325[19] US patent No.4,553,011[22]	YD55	US patent No. 5,644,200 (2)(4) [25] US patent No. 6,843,751 B2 (2)(10)
Y37	US patent No.5,193,634 (1) [24]	YD56	US patent No. 5,644,200 (3)(5) [25] US patent No. 6,843,751 B2 (3)(4)(12)
Y43	US patent No.6,663,524[26] US patent No.6,843,751 B2 (17)(18)(21) Massimo Ceraolo[4]	YD91	US patent No. 6,752,229 B2[27] US patent No. 6,843,751 B2 (14)[28]
Y44	US patent No.6,843,751 B2 (9) [28]	YD92	US patent No. 6,843,751 B2 (15) [28]
Y40	US patent No.5,193,634 (2) [24]	YD103	US patent No. 6,843,751 B2 (59) [28]
Y47	Keith Hoffman[3]	YD106	US patent No. 6,843,751 B2 (60) [28]
		Δ31	Kuen-Bao Sheu[6]

以下就三種線路系統之合成與評比結果做討論。

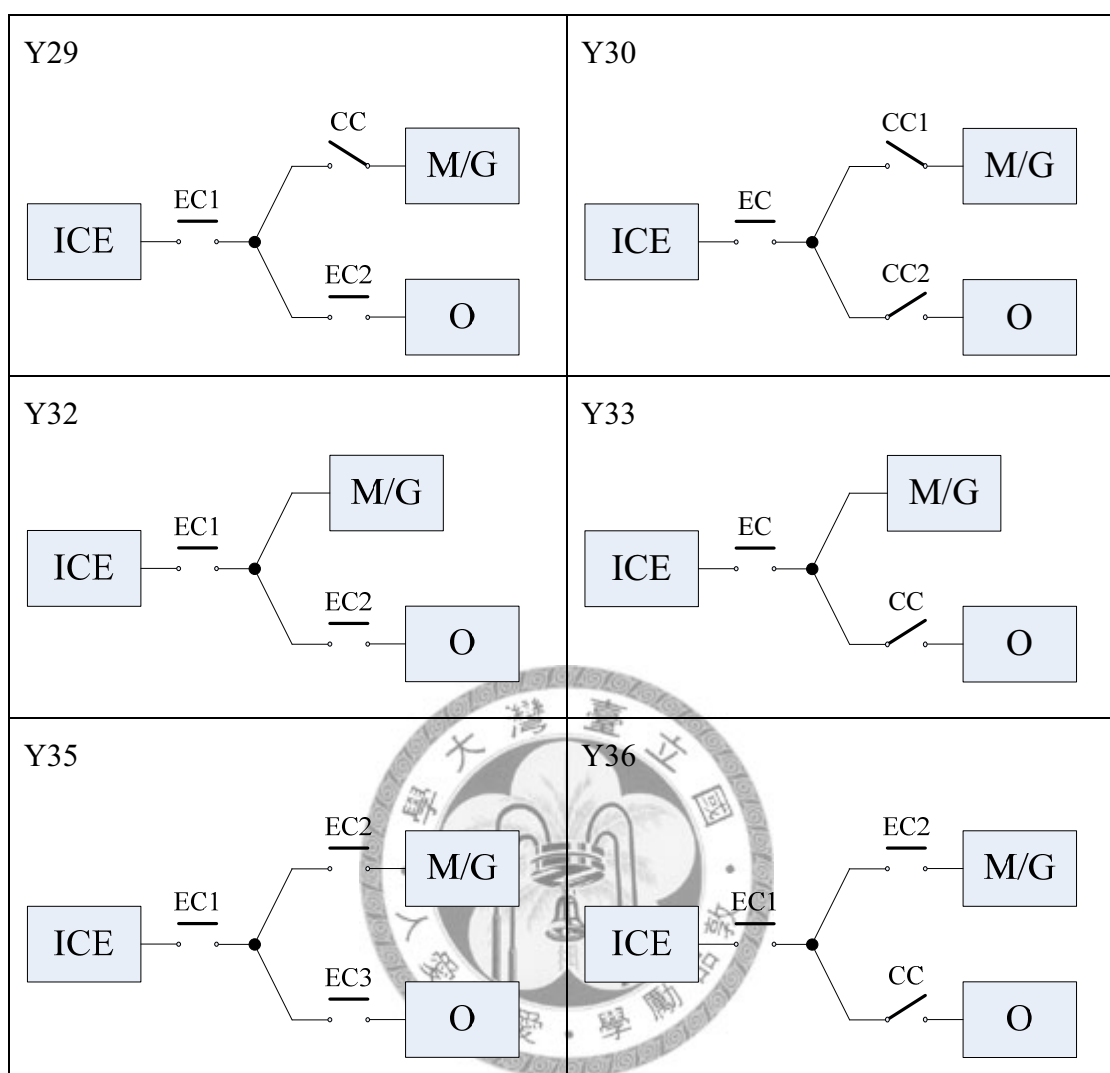
4-4-1 Y 形線路系統

全部 60 個 Y 形線路合成系統中，包含了 11 種現有系統，及 49 種創新系統。其中共有 6 種系統可達全部十二種系統功能。各系統線路結構複雜度皆為 3，離合器元件複雜度範圍由 0 至 3，控制複雜度範圍則由 2 至 5。6 種可達全部十二種功能之系統資料整理於表 4- 12，各系統功能動力圖如表 4- 13 所示。

表 4- 12 Y 形線路可達全部功能系統資料表

系統編號	離合器配置			複雜度		
	a	b	c	X	Y	Z
Y29	EC	CC-	EC	3	3	4
Y30	EC	CC-	CC+	3	3	3
Y32	EC	-	EC	3	2	4
Y33	EC	-	CC+	3	2	3
Y35	EC	EC	EC	3	3	5
Y36	EC	EC	CC+	3	3	4

表 4- 13 Y 形線路可達全部功能系統功能動力圖



觀察以上可達全部功能之 Y 形線路系統，發現各系統可達全部功能之共同點在於位置 a 安裝有可控離合器 EC，位置 b 未安裝單向離合器 OWC-，位置 c 安裝有可控離合器 EC 或離心離合器 CC+。

欲達到所有功能，Y 形線路系統必需使用可控離合器 EC，提高了系統控制複雜度，若不希望使用可控離合器，則必須捨棄部份系統功能。位置 b 未安裝單向離合器 OWC-雖可使系統達成電動機發電之功能，卻可能遇到電動機軸轉速過高之問題。由此可知，可達所有功能之系統未必符合設計者之需求，選擇系統時仍須以設計需求為準，挑選適合之系統作應用。

4-4-2 YD 形線路系統

全部 108 個 YD 形線路合成系統中，包含了 8 種現有系統，及 100 種創新系統。其中共有 24 種系統可達全部十二種系統功能。各系統線路結構複雜度皆為 5，離合器元件複雜度範圍由 2 至 4，控制複雜度範圍則由 2 至 6。24 種可達全部十二種功能之系統資料整理於表 4- 14，各系統功能動力圖如表 4- 15 所示。

觀察可達全部功能之 YD 形線路系統，發現各系統可達全部功能之共同點在於位置 e 及位置 f 安裝有可控離合器 EC 或離心離合器 CC+或 CC-，位置 b 未安裝單向離合器 OWC-，位置 c 安裝有可控離合器 EC 或離心離合器 CC+。與 Y 形線路不同的是，YD 形系統中包含不使用可控離合器即可達全部功能之系統，主因即為兩並聯位置可分別控制動力的輸入與輸出。

表 4- 14 YD 形線路可達全部功能系統資料表

系統 編號	離合器配置				複雜度		
	b	c	e	f	X	Y	Z
YD41	CC-	EC	CC-	EC	5	4	4
YD42	CC-	CC+	CC-	EC	5	4	3
YD44	-	EC	CC-	EC	5	3	4
YD45	-	CC+	CC-	EC	5	3	3
YD47	EC	EC	CC-	EC	5	4	5
YD48	EC	CC+	CC-	EC	5	4	4
YD53	CC-	EC	CC-	CC+	5	4	3
YD54	CC-	CC+	CC-	CC+	5	4	2
YD56	-	EC	CC-	CC+	5	3	3
YD57	-	CC+	CC-	CC+	5	3	2
YD59	EC	EC	CC-	CC+	5	4	4
YD60	EC	CC+	CC-	CC+	5	4	3
系統 編號	離合器配置				複雜度		
	b	c	e	f	X	Y	Z
YD77	CC-	EC	EC	EC	5	4	5
YD78	CC-	CC+	EC	EC	5	4	4
YD80	-	EC	EC	EC	5	3	5
YD81	-	CC+	EC	EC	5	3	4
YD83	EC	EC	EC	EC	5	4	6
YD84	EC	CC+	EC	EC	5	4	5
YD89	CC-	EC	EC	CC+	5	4	4
YD90	CC-	CC+	EC	CC+	5	4	3
YD92	-	EC	EC	CC+	5	3	4
YD93	-	CC+	EC	CC+	5	3	3
YD95	EC	EC	EC	CC+	5	4	5
YD96	EC	CC+	EC	CC+	5	4	4

表 4-15 YD 形線路可達全部功能系統功能動力圖

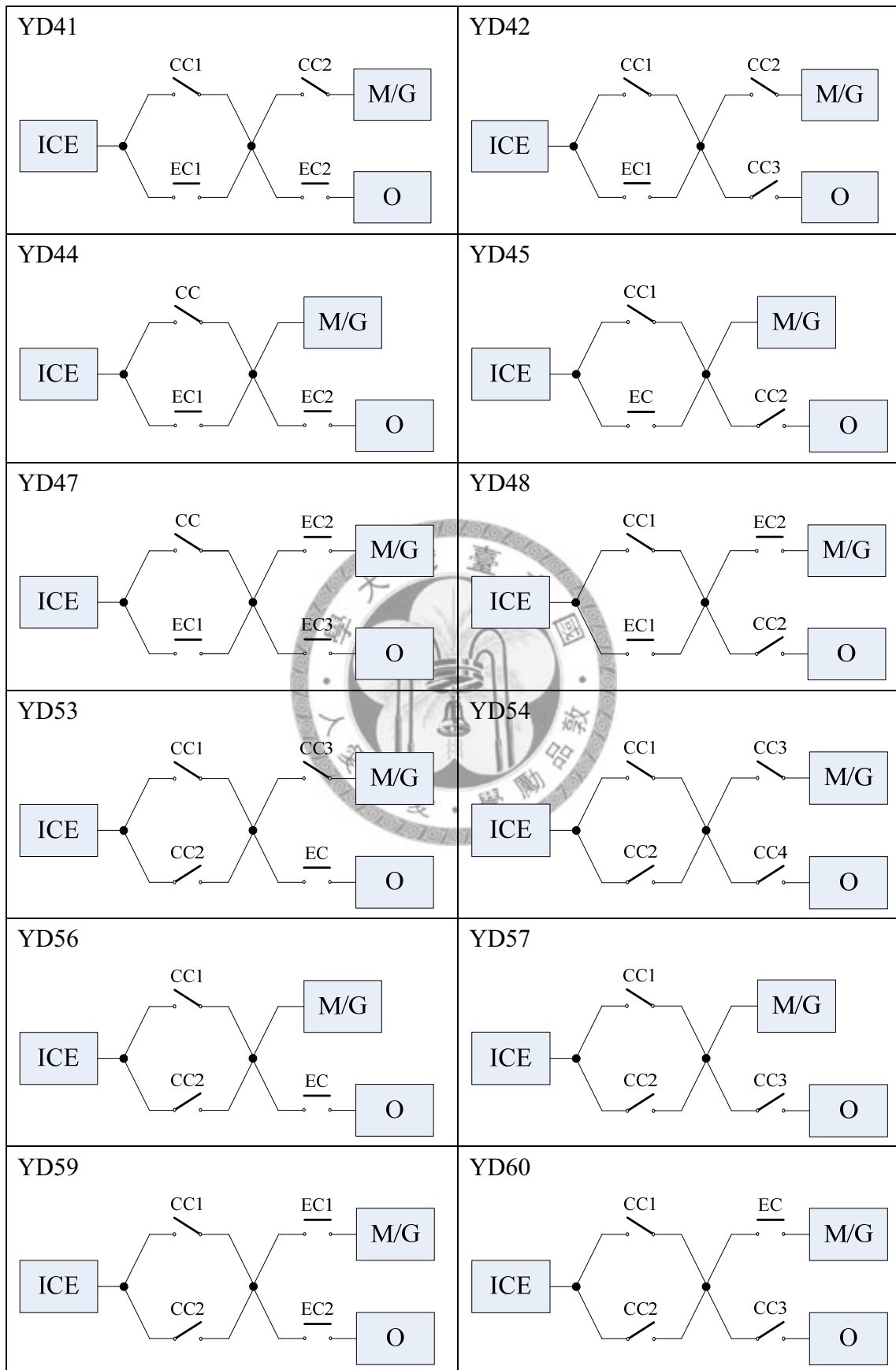
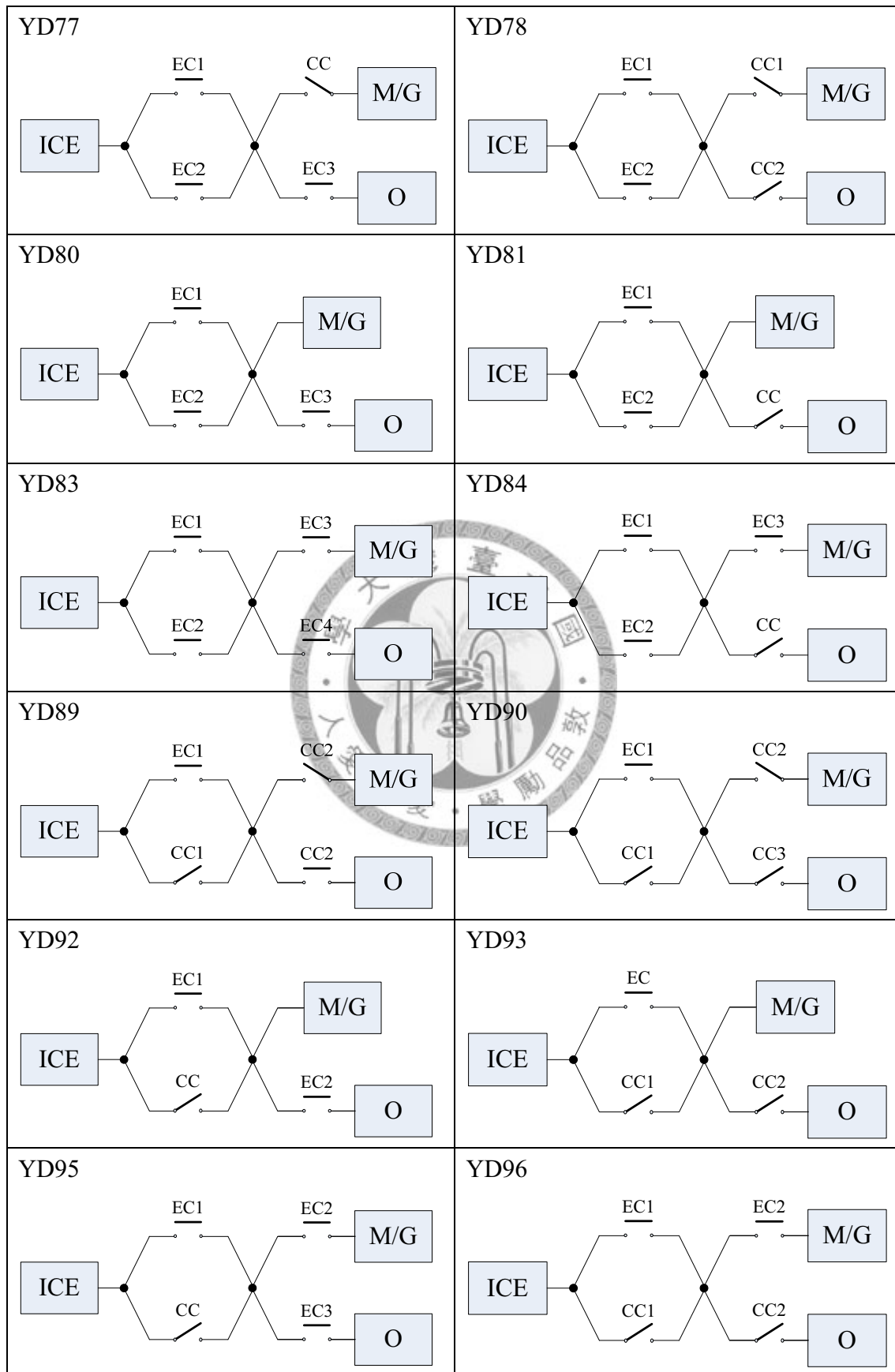


表 4- 15 YD 形線路可達全部功能系統功能動力圖(續)



4-4-3 Δ 形線路系統

全部 36 個 Δ 形線路合成系統中，包含了 1 種現有系統，及 35 種創新系統。其中共有 8 種系統可達全部十二種系統功能。各系統線路結構複雜度皆為 6，離合器元件複雜度皆為 3，控制複雜度範圍則由 2 至 5。8 種可達全部十二種功能之系統資料整理於，各系統功能動力圖如表 4-17 所示。

表 4-16 Δ 形線路可達全部功能系統資料表

系統 編號	離合器配置			複雜度		
	h	i	j	X	Y	Z
$\Delta 2$	CC-	EC	CC-	6	3	4
$\Delta 3$	CC-	EC	EC	6	3	4
$\Delta 5$	CC-	CC+	CC-	6	3	2
$\Delta 6$	CC-	CC+	EC	6	3	3
$\Delta 11$	EC	EC	CC-	6	3	4
$\Delta 12$	EC	EC	EC	6	3	5
$\Delta 14$	EC	CC+	CC-	6	3	3
$\Delta 15$	EC	CC+	EC	6	3	4

表 4-17 Δ 形線路可達全部功能系統功能動力圖

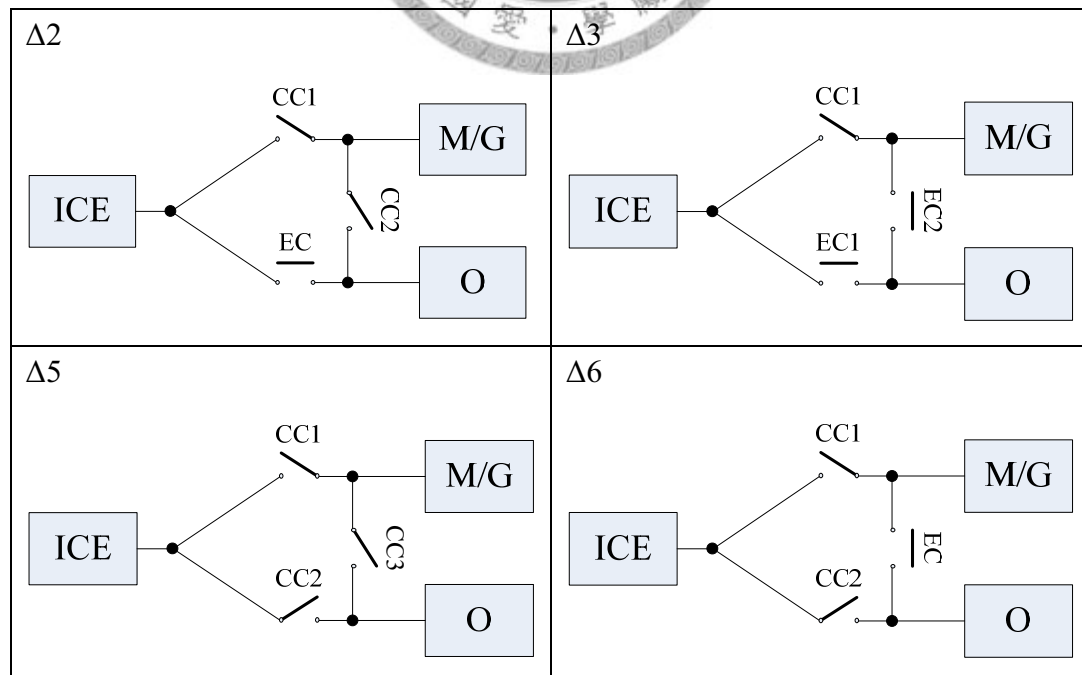
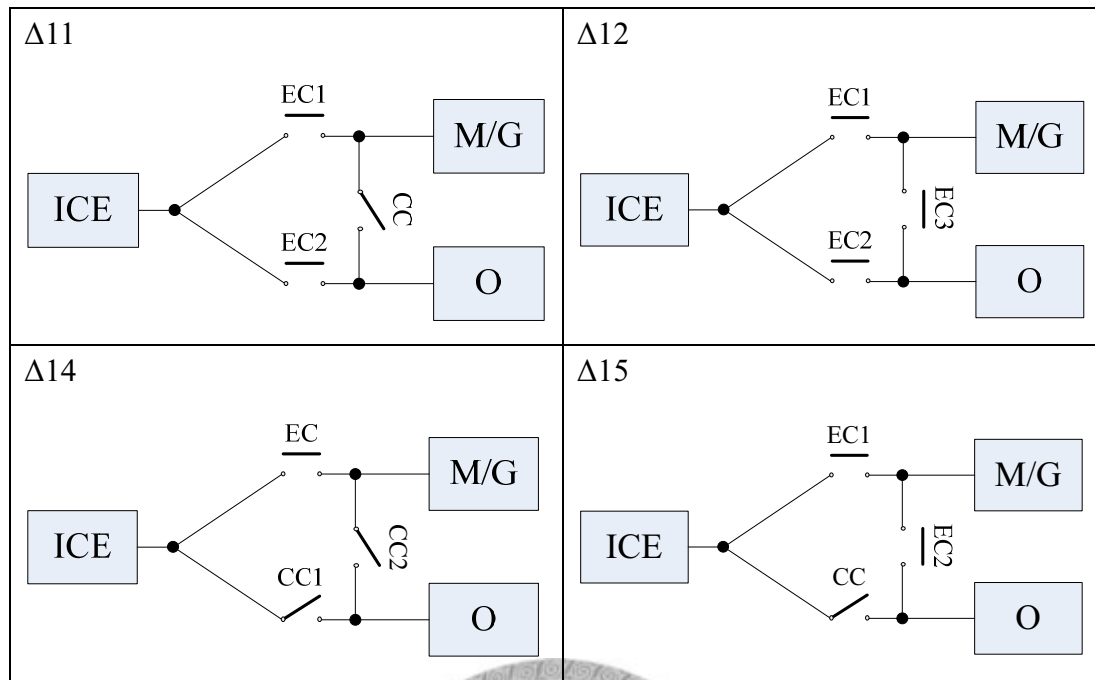


表 4- 20 Δ 形線路可達全部功能之系統功能動力圖(續)



觀察可達全部功能之 Δ 形線路系統，發現各系統可達全部功能之共同點在於位置 h 安裝有可控離合器 EC 或離心離合器 CC-，位置 i 安裝有可控離合器 EC 或離心離合器 CC+，位置 j 安裝可控離合器 EC 或離心離合器 CC-。

4-5 小結

本章以合成方法對 Y 形線路系統、YD 形線路系統、 Δ 形線路系統進行設計搜尋，參考上章現有系統離合器之分析，選擇適用的離合器配置方式，並增加新的配置方式，以逐一配對的方法建立完整的系統配置資料庫，其中包含 60 種 Y 形線路系統，108 種 YD 型線路系統，36 種 Δ 形線路系統，共合成出 204 種系統。

合成系統評估時，判斷各功能對各位置離合器特性的要求，訂定可達該功能之條件，使功能評估有統一的標準。接著以 Matlab 自動化程式實際進行系統合成與評估工作。

本章建立了三種線路結構之離合器元件組成之油電混合動力系統配置資料庫，可作為往後選擇系統配置時的參考依據，有助於更快速的找到符合設計需求的混合動力系統。

第五章 創新系統之檢驗與實現

第四章之合成結果中，Y 形線路發展出 49 種創新系統，YD 形線路發展出 100 種創新系統， Δ 形線路發展出 35 種創新系統，總計共發展出 184 種創新之離合器組成之混合動力系統。

第四章對於合成系統的功能評估並未討論各功能切換時之情形，亦未對系統中各離合器的接合順序做設定，為檢驗合成所得之系統是否可確實達成評估之功能，應對於系統之操作模式進行分析，檢查功能之切換時是否有衝突或矛盾之處，若有則需設法解決。

本章以第四章合成所得之創新系統中，可達較多功能且複雜度較低之系統為例，檢驗各項功能之切換是否合理，並設法解決功能間的衝突。接著設定系統操作模式，依車輛行駛時之操作流程配合功能動力圖做說明，最後依功能動力圖設計一實際系統機構圖，以證明本研究所發展之系統確實可行。

5-1 系統檢驗

第四章對於合成系統功能之評估僅就個別功能做討論，並未考慮功能間的相互關係。實際系統運作時必須在各功能間進行切換，有必要討論功能切換時是否有衝突與矛盾之情形。

檢驗系統時，先列出各種功能各元件的操作狀態，接著比較功能切換時各元件的操作狀態是否有衝突，如離合器的接合順序是否一致，若兩個操作模式中離合器接合的順序不同，則必須討論離合器之設定。

常見的衝突發生於功能 A 馬達單獨驅動車輛與功能 I 停車時馬達啟動引擎。以 Y 形線路為例，馬達單獨驅動車輛時，位置 c 離合器之接合需早於位置 a 離合器；而停車充電時，位置 a 離合器接合需早於位置 c 離合器，兩功能離合接合的順序正好相反。若兩位置離合器皆為可控離合器，則系統可達成此兩種功能。若兩者皆非可控離合器，則系統無法同時達成此兩種功能。若其中一個離合

器為可控離合器，則系統可達成兩種功能但兩功能的運作範圍受到限制。

當系統發生上述之矛盾時，若欲使系統達成兩種功能，可在系統線路中安裝變速機構調整傳動時的減速比，降低離合器主動端之轉速以改變接合的順序。

5-2 系統實現

本節針對合成所得之創新系統中，各線路系統可達全部功能且複雜度最低之系統進行檢驗，並設定系統操作模式，檢查各功能間是否有衝突與矛盾，接著配合功能動力圖說明系統的操作流程，最後提出該系統實際的機械結構圖，以證實本研究發展之系統確實可行。

5-2-1 Y 形線路創新系統

Y 形線路創新系統中，Y33 系統可達所有十二種系統功能，且在可達全部功能之系統中其複雜度最低，在此選擇該系統進行檢驗與並說明其操作情形。

Y33 系統合成及評估結果如表 5-1 所示，其功能動力圖如圖 5-1 所示。

表 5-1 Y33 系統合成及評估結果

系統 編號	離合器配置			複雜度		
	a	b	c	X	Y	Z
Y33	EC	-	CC+	3	2	3

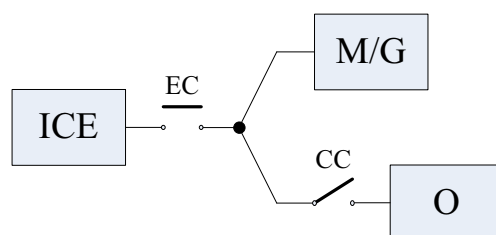


圖 5-1 Y33 系統功能動力圖

Y33 系統於位置 a 安裝可控離合器 EC，使引擎之動力可隨時與系統結合或分離，增加了系統控制的彈性。位置 c 則安裝離心離合器 CC，使系統動力輸出由耦合點轉速自動控制。離心離合器之接合時機須配合馬達動力輸出之時機，可控離合器之接合則依據功能需求做切換。各系統功能與對應之系統元件操作狀態

如表 5-2 所示。表中「-」符號表示該元件各狀況皆可達該功能。

表 5-2 Y33 系統操作模式

功能分類	功能代碼	功能名稱	各元件操作狀態				
			ICE	M/G	EC	CC	O
車輛驅動	A	馬達單獨驅動車輛	-	M _f	OFF	ON	D
	B	引擎及馬達同時驅動車輛	ON	M _f	ON	ON	D
	C	引擎單獨驅動車輛	ON	OFF	ON	ON	D
	D	行車充電	ON	G	ON	ON	D
	E	馬達倒車	-	M _f	OFF	ON	D
車輛減速	F	單獨煞車回充	-	G	OFF	ON	B
	G	單獨引擎煞車	-	OFF	ON	ON	B
	H	同時煞車回充及引擎煞車	-	G	ON	ON	B
馬達啟動引擎	I	停車時馬達啟動引擎	OFF	M _f	ON	OFF	B
	J	行車時馬達啟動引擎	OFF	M _f	ON	ON	D
停車充電	K	停車充電	ON	G	ON	OFF	B
引擎起步	L	引擎起步	ON	OFF	ON	ON	D

觀察表 5-2 中各元件操作狀態，發現功能 A 與功能 I 離合器接合之順序相反。控制可控離合器雖可在離心離合器未接合時即啟動引擎，但引擎提高轉速於高效率區域運轉時離心離合器仍可能接合將動力輸出至車輪。為避免此情形的發生，離心離合器至耦合點的連接線段應安裝一變速機構以降低離心離合器主動端轉速，避免停車充電時離心離合器接合。

Y33 系統應用於混合動力機車行駛及停車充電時之操作流程請見表 5-3。各操作流程或系統功能實際運作狀態配合功能動力圖說明如表 5-4 至表 5-8。

表 5-3 Y33 系統操作流程

流程名稱	操作流程
車輛起步至巡航	A→J→B→C→D
停車充電流程	I→K

表 5-4 Y33 系統車輛起步至巡航流程

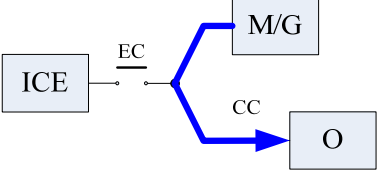
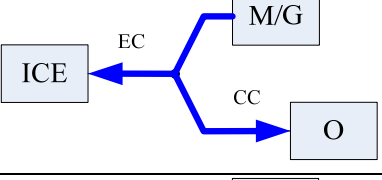
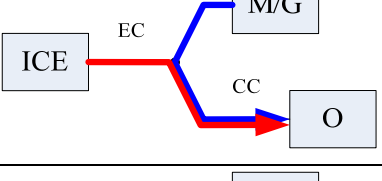
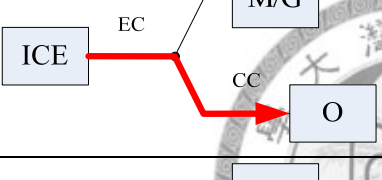
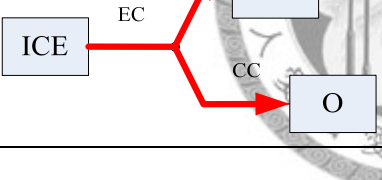
功能	動力流圖示	說明
A	 Diagram A shows the ICE connected to a junction. From this junction, a blue line labeled 'EC' goes to the M/G, and another blue line labeled 'CC' goes to the O.	車輛起步時，電動機轉速提高使離心離合器 CC 接合，馬達動力輸出至車輪驅動車輛，起步後以馬達驅動車輛於低速行駛。
J	 Diagram J shows the M/G connected to a junction. From this junction, a blue line labeled 'EC' goes to the ICE, and another blue line labeled 'CC' goes to the O.	車速提高至中速時，可控離合器 EC 接合，車輛慣性力及馬達動力使引擎曲軸旋轉，引擎因此點火啟動。
B	 Diagram B shows the ICE connected to a junction. From this junction, a red line labeled 'EC' goes to the M/G, and another red line labeled 'CC' goes to the O.	引擎啟動後動力輸出，與馬達同時驅動車輛前進。
C	 Diagram C shows the ICE connected to a junction. From this junction, a red line labeled 'EC' goes to the M/G, and another red line labeled 'CC' goes to the O.	當車速到達中高速時，引擎進入高效率運轉區域，此時可關閉馬達，由引擎單獨驅動車輛。
D	 Diagram D shows the ICE connected to a junction. From this junction, a red line labeled 'EC' goes to the M/G, and another red line labeled 'CC' goes to the O.	車輛由引擎驅動時，若發現電池電量不足，亦可將電動機轉為發電機模式進行行車充電。

表 5-5 Y33 系統車輛減速

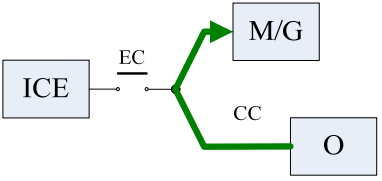
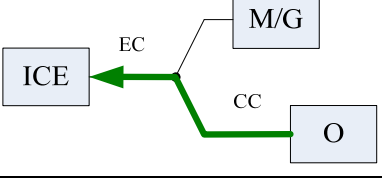
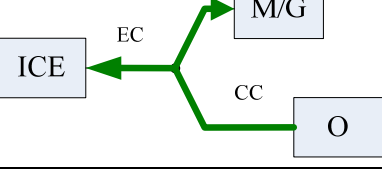
功能	動力流圖示	說明
F	 Diagram F shows the ICE connected to a junction. From this junction, a green line labeled 'EC' goes to the M/G, and another green line labeled 'CC' goes to the O.	一般減速可利用電動機轉為發電機進行煞車回充，補充電池電量並協助車輛減速。
G	 Diagram G shows the M/G connected to a junction. From this junction, a green line labeled 'EC' goes to the ICE, and another green line labeled 'CC' goes to the O.	當電池電量充足不須充電時，可將電動機關閉不作動，僅以引擎煞車協助車輛減速。
H	 Diagram H shows the ICE connected to a junction. From this junction, a green line labeled 'EC' goes to the M/G, and another green line labeled 'CC' goes to the O.	若須急減速時，可將發電機煞車回充與引擎煞車同時作用，提高車輛煞車效果。

表 5-6 Y33 系統車輛倒車

功能	動力流圖示	說明
E		倒車時，電動機作為馬達反轉，使離心離合器 CC 接合，動力輸出驅動車輛倒車。

表 5-7 Y33 系統停車充電流程

功能	動力流圖示	說明
I		調整離心離合器 CC 主動端變速機構以加大此線段減速比。可控離合器 EC 接合，馬達運轉啟動引擎。
K		引擎啟動後將動力輸入電動機發電，達成停車充電功能。

表 5-8 Y33 系統引擎起步

功能	動力流圖示	說明
L		車輛電池無電而以人力啟動引擎後，控離合器 EC 接合，引擎提高轉速使離心離合器 CC 接合，即可以引擎動力驅動車輛起步。

由以上說明可知，Y33 系統在離心離合器至耦合點的連接線段中安裝一變速機構後，即可達成評估時的各項功能，證實該系統確實可行。在此繪製一 Y33 系統之機械結構圖如圖 5-2 所示，以供實際應用時參考，圖中 T 為變速機構。

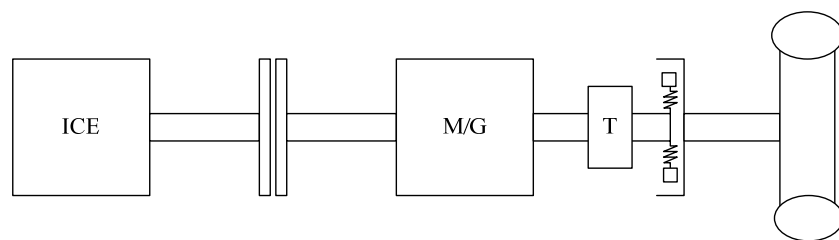


圖 5-2 Y33 系統機構圖

5-2-2 YD 形線路創新系統

YD 形線路創新系統中，YD57 系統可達所有十二種系統功能，且在可達全部功能之系統中複雜度最低，在此選擇該系統進行檢驗並說明其操作狀態。

YD57 系統合成及評估結果如表 5-9 所示，其功能動力圖如圖 5-3 所示。

表 5-9 YD57 系統合成及評估結果

系統 編號	離合器配置				複雜度		
	e	f	b	c	X	Y	Z
YD57	CC-	CC+	-	CC+	5	3	2

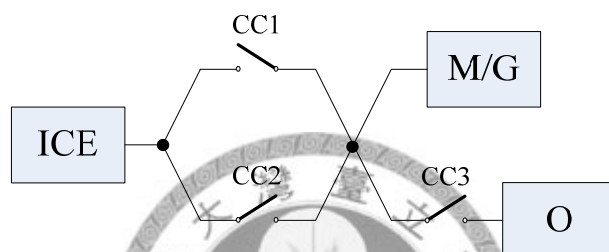


圖 5-3 YD5 系統功能動力圖

YD57 系統於位置 e 安裝離心離合器 CC1，當馬達轉速提高使 CC1 接合時即可自動啟動引擎。位置 f 安裝離心離合器 CC2，當引擎轉速提高使 CC2 接合時，引擎動力可由兩並聯線路同時輸出，增加動力傳輸量，該離合器亦使系統可達引擎起步之功能。位置 b 安裝離心離合器 CC3，使系統動力輸出由耦合點轉速自動控制。CC1 接合時機須配合馬達啟動引擎之時機，CC2 接合時機須配合引擎高效率動力輸出之時機，CC3 接合時機則須配合馬達動力輸出之時機。將 YD57 系統之操作模式整理於表 5-10。

觀察表 5-10 中各元件操作狀態，發現功能 A 與功能 I 離合器 CC1 及 CC3 接合之順序相反，顯示此系統無法同時達成此兩項功能。為使系統可達此兩項功能，離心離合器 CC3 至右側耦合點的連接線段應安裝一變速機構，以降低離心離合器 CC3 主動端轉速，避免停車充電時離心離合器接合。

表 5- 10 YD57 系統操作模式

功能分類	功能代碼	功能名稱	各元件操作狀態					
			ICE	M/G	CC1	CC2	CC3	O
車輛驅動	A	馬達單獨驅動車輛	-	M _f	OFF	OFF	ON	D
	B	引擎及馬達同時驅動車輛	ON	M _f	ON	OFF	ON	D
	C	引擎單獨驅動車輛	ON	OFF	ON	ON	ON	D
	D	行車充電	ON	G	ON	ON	ON	D
	E	馬達倒車	-	M _r	OFF	OFF	ON	D
車輛減速	F	單獨煞車回充	-	G	OFF	OFF	ON	B
	G	單獨引擎煞車	-	OFF	ON	-	ON	B
	H	同時煞車回充及引擎煞車	-	G	ON	-	ON	B
馬達啟動引擎	I	停車時馬達啟動引擎	OFF	M _f	ON	OFF	OFF	B
	J	行車時馬達啟動引擎	OFF	M _f	ON	OFF	ON	D
停車充電	K	停車充電	ON	G	ON	ON	OFF	B
引擎起步	L	引擎起步	ON	OFF	ON	ON	ON	D

系統應用於混合動力機車行駛及停車充電時之操作流程請見表 5- 11。各操作流程及功能操作狀況說明於表 5- 12 至表 5- 16，圖中虛線線段表示該線段可為接合或分離狀態。

表 5- 11 YD57 系統操作流程

流程名稱	操作流程
車輛起步至巡航流程	A→J→B→C→D
停車充電流程	I→K

表 5- 12 YD57 系統車輛起步至巡航流程

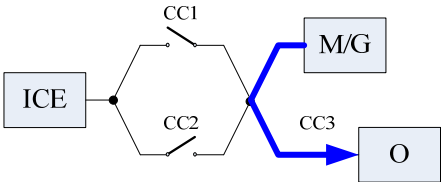
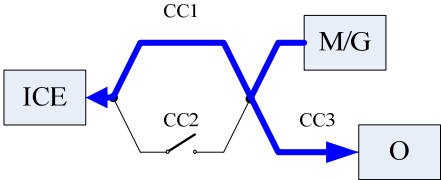
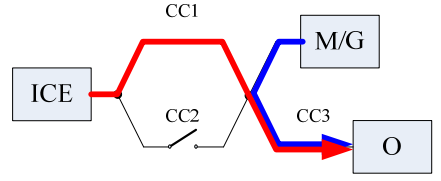
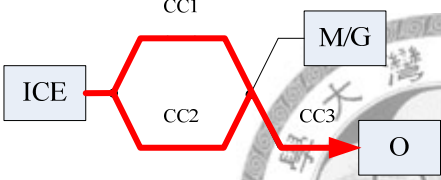
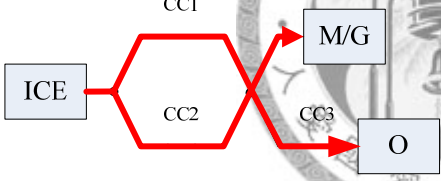
功能	動力流圖示	說明
A		車輛起步時，電動機轉速提高使離心離合器 CC3 接合，馬達動力輸出至車輪驅動車輛，起步後以馬達驅動車輛於低速行駛。
J		車速提高至中速時，離心離合器 CC1 接合，車輛慣性力及馬達動力使引擎曲軸旋轉，引擎因此點火啟動。
B		引擎啟動後動力由 CC1 輸出，與馬達同時驅動車輛前進。
C		當車速到達高速時，引擎進入高效率運轉區域，CC1 與 CC2 皆接合，可提高扭力輸出量。此時可關閉馬達，由引擎單獨驅動車輛。
D		車輛由引擎驅動時，若發現電池電量不足，可將電動機轉為發電機模式進行行車充電。

表 5- 13 YD57 系統車輛減速

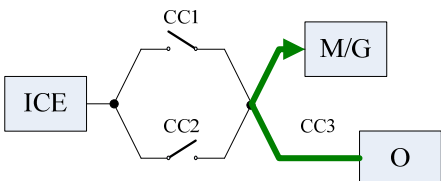
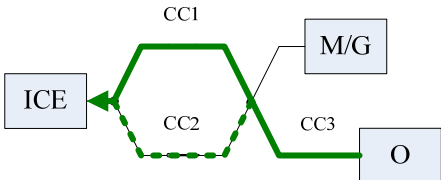
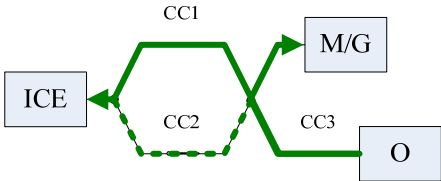
功能	動力流圖示	說明
F		低速 CC1、CC2 皆分離時，減速可利用電動機轉為發電機進行煞車回充，補充電池電量並協助車輛減速。
G		當 CC1 或 CC2 接合而電池電量充足不須充電時，可將電動機關閉不作動，僅以引擎煞車協助車輛減速。
H		若 CC1 或 CC2 接合且須急減速時，可將發電機煞車回充與引擎煞車同時作用，提高車輛煞車效果並補充電能。

表 5- 14 YD57 系統車輛倒車

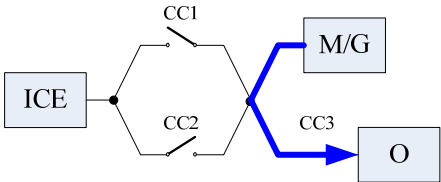
功能	動力流圖示	說明
E		倒車時，電動機作為馬達反轉，使離心離合器 CC3 接合，動力輸出驅動車輛倒車。

表 5- 15 YD57 系統停車充電流程

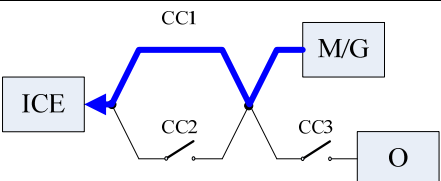
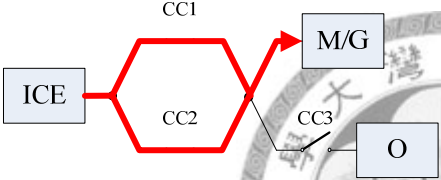
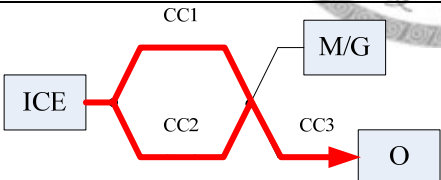
功能	動力流圖示	說明
I		調整離心離合器 CC3 主動端變速機構以加大此線段減速比。馬達運轉使 CC1 接合啟動引擎
K		引擎啟動後於高效率區域運轉，此時 CC2 接合，動力經由 CC1 及 CC2 輸入電動機發電，達成停車充電功能。

表 5- 16 YD57 系統引擎起步

功能	動力流圖示	說明
L		車輛電池無電而以人力啟動引擎後，引擎提高轉速使離心離合器 CC2 及 CC3 接合，即可以引擎動力驅動車輛起步。

由以上說明可知，YD57 系統在離心離合器 CC1 至耦合點的連接線段中安裝一變速機構後，即可達成評估時的各項功能，證實該系統確實可行。在此繪製一 YD57 系統之機械結構圖如圖 5- 4 所示，以供實際應用時參考。

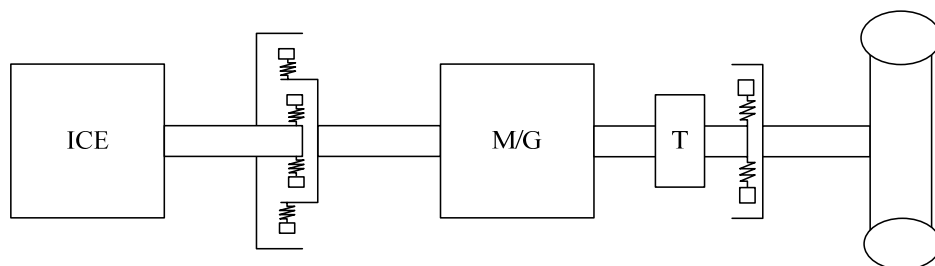


圖 5- 4 YD57 系統機構圖

5-2-3 Δ 形線路創新系統

Δ 形線路創新系統中， $\Delta 5$ 系統可達所有十二種系統功能，且在可達全部功能之系統中其複雜度最低，在此選擇該系統進行檢驗及操作說明。

$\Delta 5$ 系統合成及評估結果如表 5-17 所示，其功能動力圖如圖 5-5 所示。

表 5-17 $\Delta 5$ 系統合成及評估結果

系統 編號	離合器配置			複雜度		
	h	i	j	X	Y	Z
$\Delta 5$	CC-	CC+	CC-	6	3	2

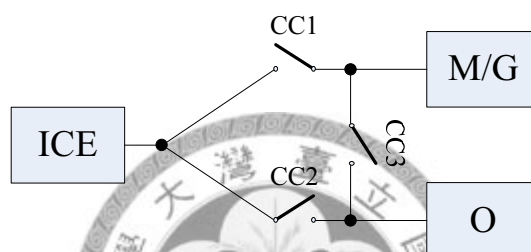


圖 5-5 $\Delta 5$ 系統功能動力圖

$\Delta 5$ 系統於位置 h 安裝離心離合器 CC1，當馬達轉速提高使 CC1 接合時即可自動啟動引擎。位置 i 安裝離心離合器 CC2，當引擎轉速提高使 CC2 接合時，引擎動力可由兩並聯線路同時輸出，增加動力傳輸量，該離合器亦使系統可達引擎起步之功能。位置 j 安裝離心離合器 CC3，當馬達轉速提高使 CC1 接合時馬達動力即可輸出驅動車輛。CC1 接合時機須配合馬達啟動引擎之時機，CC2 接合時機須配合引擎高效率動力輸出之時機，CC3 接合時機則須配合馬達動力輸出之時機。將 $\Delta 5$ 系統之操作模式整理於表 5-18。

觀察表 5-18 中各元件操作狀態，發現功能 A 與功能 I 及功能 K 的離心離合器 CC1、CC2 及 CC3 接合之順序相反，顯示此系統無法同時達成此兩項功能。為使系統可達此兩項功能，離心離合器 CC2 至左側耦合點及 CC3 至右上側耦合點的連接線段應各安裝一變速機構，降低離心離合器主動端轉速，避免停車充電時離心離合器 CC2 及 CC3 接合。

表 5- 18 Δ5 系統操作模式

功能分類	功能代碼	功能名稱	各元件操作狀態					
			ICE	M/G	CC1	CC2	CC3	O
車輛驅動	A	馬達單獨驅動車輛	-	M _f	OFF	OFF	ON	D
	B	引擎及馬達同時驅動車輛	ON	M _f	ON	OFF	ON	D
	C	引擎單獨驅動車輛	ON	OFF	ON	ON	ON	D
	D	行車充電	ON	G	ON	ON	ON	D
	E	馬達倒車	-	M _r	OFF	OFF	ON	D
車輛減速	F	單獨煞車回充	-	G	OFF	OFF	ON	B
	G	單獨引擎煞車	-	OFF	ON	-	ON	B
	H	同時煞車回充及引擎煞車	-	G	ON	-	ON	B
馬達啟動引擎	I	停車時馬達啟動引擎	OFF	M _f	ON	OFF	OFF	B
	J	行車時馬達啟動引擎	OFF	M _f	ON	OFF	ON	D
停車充電	K	停車充電	ON	G	ON	ON	OFF	B
引擎起步	L	引擎起步	ON	OFF	ON	ON	ON	D

系統應用於混合動力機車行駛及停車充電時之操作流程請見表 5- 19。各操作流程及功能進行時之情形說明於表 5- 20 至表 5- 24。

表 5- 19 Δ5 系統操作流程

流程名稱	操作流程
車輛起步至巡航流程	A→J→B→C→D
停車充電流程	I→K

表 5- 20 $\Delta 5$ 系統車輛起步至巡航流程

功能	動力流圖示	說明
A		車輛起步時，電動機轉速提高使離心離合器 CC3 接合，馬達動力輸出至車輪驅動車輛，起步後以馬達驅動車輛於低速行駛。
J		車速提高至中速時，離心離合器 CC1 接合，車輛慣性力及馬達動力使引擎曲軸旋轉，引擎因此點火啟動。
B		引擎啟動後動力由 CC1 輸出，與馬達同時驅動車輛前進。
C		當車速到達高速時，引擎進入高效率運轉區域，CC1 與 CC2 皆接合，可提高扭力輸出量。此時可關閉馬達，由引擎單獨驅動車輛。
D		車輛由引擎驅動時，若發現電池電量不足，可將電動機轉為發電機模式進行行車充電。

表 5- 21 $\Delta 5$ 系統車輛減速

功能	動力流圖示	說明
F		低速 CC1、CC2 皆分離時，減速可利用電動機轉為發電機進行煞車回充，補充電池電量並協助車輛減速。
G		當 CC1 或 CC2 接合而電池電量充足不須充電時，可將電動機關閉不作動，僅以引擎煞車協助車輛減速。
H		若 CC1 或 CC2 接合且須急減速時，可將發電機煞車回充與引擎煞車同時作用，提高車輛煞車效果並補充電能。

表 5- 22 $\Delta 5$ 系統車輛倒車

功能	動力流圖示	說明
E		倒車時，電動機作為馬達反轉，使離心離合器 CC3 接合，動力輸出驅動車輛倒車。

表 5- 23 $\Delta 5$ 系統停車充電流程

功能	動力流圖示	說明
I		調整離心離合器 CC2 及 CC3 主動端變速機構以加大此二線段減速比。馬達運轉使 CC1 接合啟動引擎。
K		引擎啟動後於高效率區域運轉，動力經由 CC1 輸入電動機發電，達成停車充電功能。

表 5- 24 $\Delta 5$ 系統引擎起步

功能	動力流圖示	說明
L		車輛電池無電而以人力啟動引擎後，引擎提高轉速使離心離合器 CC2 接合，即可以引擎動力驅動車輛起步。

由以上說明可知， $\Delta 5$ 系統在離心離合器 CC2 至左側耦合點及 CC3 至右上側耦合點的連接線段應各安裝一變速機構後，即可達成評估時的各項功能，證實該系統確實可行。在此繪製一 $\Delta 5$ 系統之機械結構圖如圖 5- 6 所示，以供實際應用時參考。

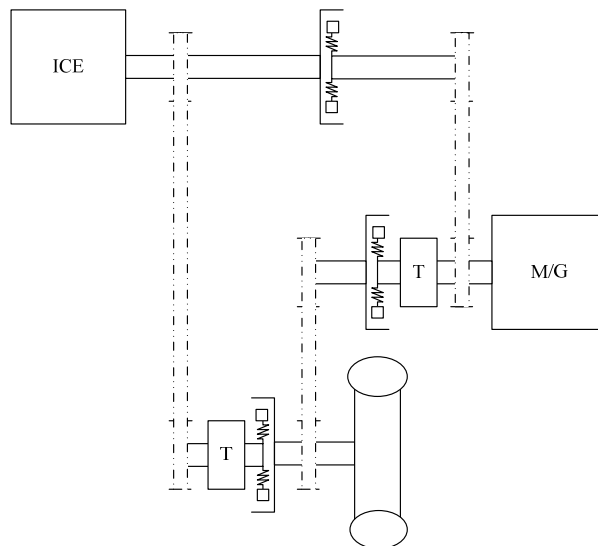


圖 5-6 $\Delta 5$ 系統機構圖

5-3 小結

本章針對合成所得的創新系統 Y33、YD57、 $\Delta 5$ 做檢驗，訂定系統之操作模式，並找出發生衝突的功能加以解決，依據車輛行駛時的操作流程或功能搭配功能動力圖說明系統運作時的情形。結果發現，三種創新系統皆可達成各項評估之功能，實現各種混合動力車輛功能，證實本研究之設計方法確實有效，發展之系統具備實際應用之可行性。

Y33、YD57、 $\Delta 5$ 系統的三種複雜度如表 5-25 所示。觀察表 5-25 可知，三種系統的線路結構複雜度以 Y33 最低；離合器複雜度以 Y33 系統使用兩個離合器最低，YD57 及 $\Delta 5$ 系統則皆使用三個離合器；控制複雜度則以 Y33 系統最高。

表 5-25 Y33、YD57、 $\Delta 5$ 系統複雜度對照表

系統編號	線路結構複雜度	離合器元件複雜度	控制複雜度
Y33	3	2	3
YD57	5	3	2
$\Delta 5$	6	3	2

Y33 系統使用可控離合器能更精確的控制引擎於高效率區域運轉。而 YD57 及 $\Delta 5$ 以離心離合器控制引擎的輸出時機，雖無法如 Y33 系統具較佳的引擎效率，卻有效的降低了系統的控制複雜度。

第六章 結論與建議

6-1 結論

本研究已建立了用以分析離合器元件組成之油電混合動力系統的方法，利用功能動力圖簡化系統的構造，使各系統之分析更容易，並訂定統一的系統評估標準，使各混合動力系統之比較更清楚明瞭。以下為本研究對現有系統分析方面所做的貢獻。

1. 建立功能動力圖表示法：參考江承舜[12]之功能拓撲圖理論並稍作修改，針對離合器組成之油電混合動力系統發展出一套圖形表示法，稱之為功能動力圖。功能動力圖可使系統構造明確化，使易於觀察動力於系統中的流動方式，有助於各種系統功能的判斷。藉由觀察功能動力圖，可幫助了解各系統之設計重點及特色，有助於比較不同系統之差異。
2. 明確地訂定各系統功能及複雜度之意義：依據車輛之行車模式及動力流動方式，並參考現有混合動力車輛之文獻，對各種常見的混合動力車功能明確定義，使系統功能評估時有統一之標準，並配合功能動力圖表示法對於各種系統複雜度予以定義，使各系統之特性更為清楚明確，並有助於不同系統間之比較。
3. 分析並整理現有由離合器組成之油電混合動力系統：針對適用於機車使用之離合器組成之油電混合動力系統進行搜尋，並將收集所得之論文或專利系統進行整理及分析，使各系統之功能及特性更清楚且明確，有助於驗證各論文之研究內容，並提供各系統後續發展之參考。

除系統分析外，本研究已利用合成的方法，搭配 Matlab 自動化合成及評估程式，將離合器元件組成之油電混合動力的三種線路系統做完整的系統配置搜尋，並利用評估方法找出種適用於混合動力機車之系統配置方式。搜尋結果除包含現有之系統外，亦發現未曾出現過且適用於混合動力機車之新系統，顯示本研究之合成方法確實可行且有效。以下為本研究對系統合成及發展所做的貢獻。

1. 建立系統合成方法：參考現有系統之分析結果，配合功能動力圖建立了系統合成之步驟。依循該合成步驟，可對離合器組成之油電混合動力系統的各式線路系統進行設計搜尋。
2. 以合成方法對離合器組成之油電混合動力系統進行設計搜尋：以系統化的方法進行設計搜尋，建立了完整的系統配置可能，避免遺漏可能的配置方式，增加系統設計時的廣度。針對三種線路系統進行設計搜尋，並得到大量之系統可能配置，建立了完整的系統配置資料庫。
3. 撰寫 Matlab 程式，發展自動化方法進行系統合成及評估：成功撰寫出 Matlab 程式用以進行系統合成及評估，可快速處理大量的系統資料，提升了系統合成的效率。
4. 發展出適用於混合動力機車使用之創新系統：系統合成結果中，包含了現有適用於混合動力機車之配置方式，證明本研究之方法確實有其可行性。此外更發現未曾出現在現有論文及專利中之創新設計，提供了混合動力系統研究之新方向。

本研究最終對合成所得適用於混合動力機車之系統進行驗證，並說明車輛實際運作之狀況，發現系統皆可達成預期之功能，證明本研究對於發展適用於機車之油電混合動力系統確實有其助益。

6-2 未來發展與建議

本研究著重於分析及發展適用於混合動力機車之動力系統，探討具備有一具引擎、一具電動機、一個輸出的系統。但現有之混合動力系統亦有搭配多具電動機之設計，對於此類較多動力元件之系統，可依據本論文之分析及合成方法進行研究，增加系統搜尋的廣度。

本研究以合成方法，發現了數個創新的混合動力系統，將來可針對其系統做進一步之分析與研究，如建立模型、系統模擬、效能分析、能量管理等研究，以建立完整的研究資料，並期望能實際應用於混合動力機車上。

參考文獻

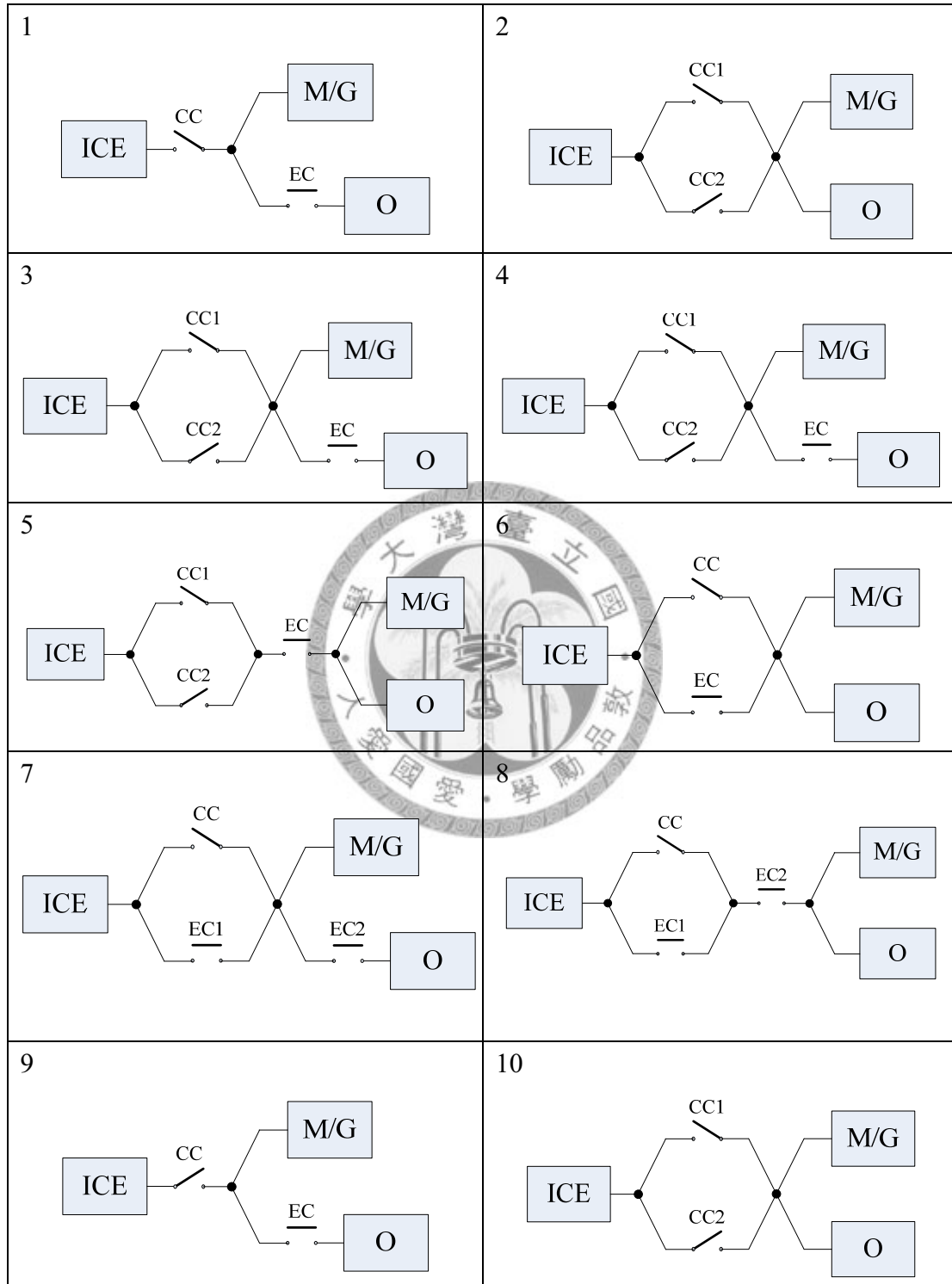
1. 中華民國交通部 98 年三月機動車輛登記數
2. Jiun-Horng Tsai, Yih-Chyun Hsu, Hung-Cheng Weng, Wen-Yinn Lin, Fu-Tien Jeng. "Air-pollution emission factors from new and in-use motorcycles." ATMOSPHERIC ENVIRONMENT, Volume: 34, Issue: 28, Pages: 4747-4754, Published: 2000.
3. Keith Hoffman, Dennis Grieve. "Designing a Hybrid Electric Scooter." AUPEC2005, Volume1, S075.
4. Massimo Ceraolo, Alessandro Caleo, Paolo Capozzella, Maurizio Marcacci, Luca Carmignani, Alberto Pallottini. "A parallel-hybrid drive-train for propulsion of a small scooter." IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS. Volume: 21, Issue: 3, Pages: 768-778, Published: MAY 2006.
5. Jian-Feng Tsai, Yon-Ping Chen. "Design and performance analysis of an axial-flux disk-type switched reluctance motor for hybrid scooters." JSME INTERNATIONAL JOURNAL SERIES C-MECHANICAL SYSTEMS MACHINE ELEMENTS AND MANUFACTURING, Volume: 49, Issue: 3, Pages: 882-889, Published: SEP 2006.
6. Kuen-Bao Sheu, Tsung-Hua Hsu. "Design and implementation of a novel hybrid-electric-motorcycle transmission." APPLIED ENERGY, Volume: 83, Issue: 9, Pages: 959-974, Published: SEP 2006.
7. Kuen-Bao Sheu. "Analysis and evaluation of hybrid scooter transmission systems." APPLIED ENERGY, Volume: 84, Pages: 1289-1304, Published: 2007.
8. Kuen-Bao Sheu. "Conceptual design of hybrid scooter transmissions with planetary gear-trains." APPLIED ENERGY, Volume: 84, Issue: 5, Pages: 526-541, Published: MAY 2007.

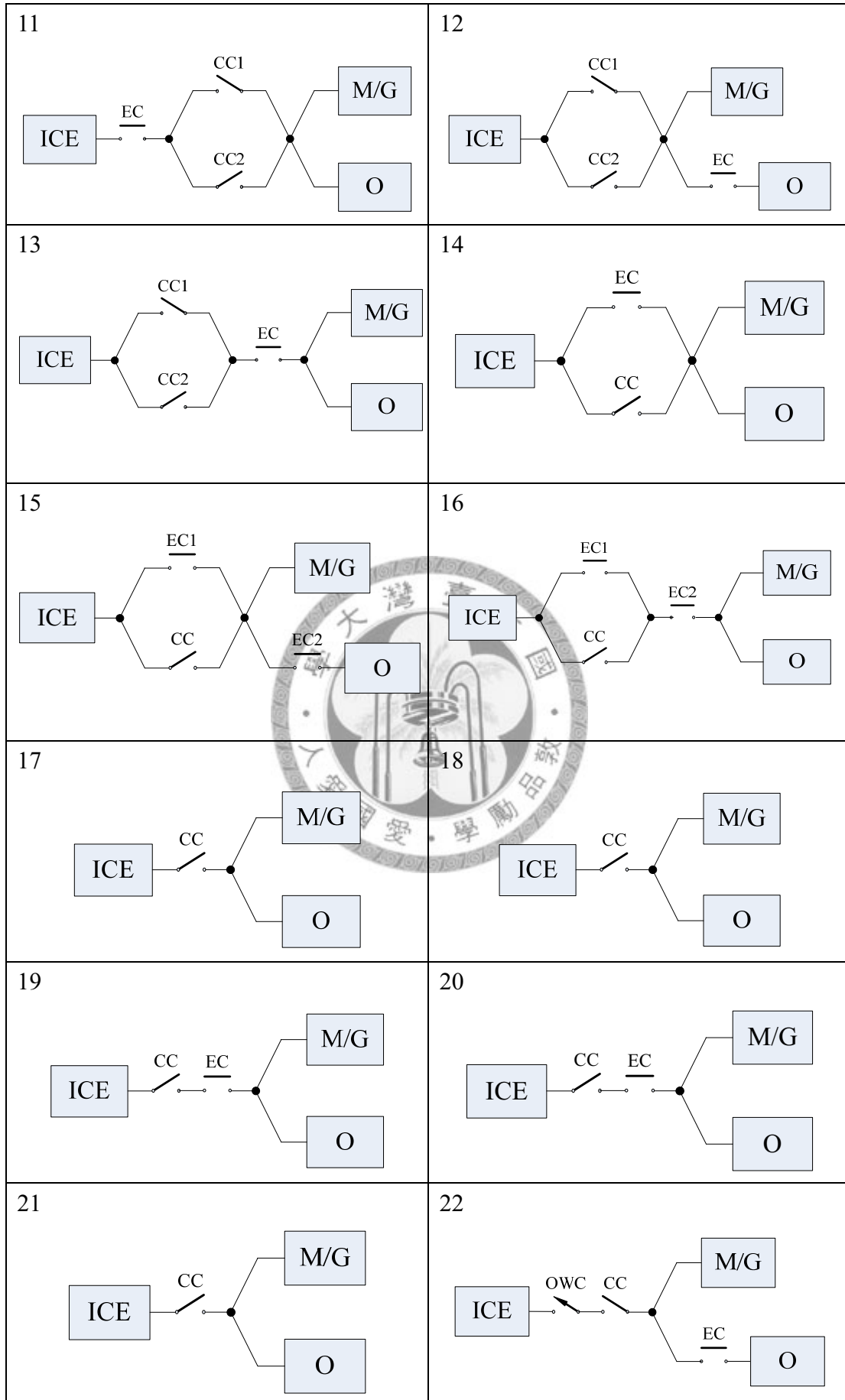
9. Kuen-Bao Sheu. "Simulation for the analysis of a hybrid electric scooter powertrain." APPLIED ENERGY, Volume: 85, Issue: 7, Pages: 589-606, Published: 2008.
10. Michael H. Westbrook. "The Electric and Hybrid Electric Car." SAE international, Page: 142-164, 2001.
11. K.T. Chau, Y.S. Wong. "Overview of power management in hybrid electric vehicles" Energy Conversion and Management, 43, Page: 1953-1968, 2002.
12. 江承舜. "混合動力系統之理念設計方法." 國立台灣大學工學院機械工程學系碩士論文, July 2008.
13. <http://www.ferret.com.au/c/Norman-G-Clark/Norman-G-Clark-offer-W-Type-pin-guided-centrifugal-clutches-n815660>
14. 離合器結構圖冊 國防工業
15. 鄭振東編譯 實用圖解自動控制基礎篇 建興出版社 民國 81 年
16. http://adcats.et.byu.edu/ADCATS/Example_Problems/ProE_Analyzer/5Clutch/5Clutch.html
17. http://www.yanclutch.com.tw/CHINESE/c_esc.htm
18. 蕭瑞聖編著 科學圖書大庫 機車原理與機構 徐氏文教基金會 民國 94 年
19. Hans Reinbeck. "Motor-Driven Vehicle with Hybrid Internal Combustion and Electrical Drive." US Patent No. 3,888,325, June 10, 1975.
20. Troy A. Cummings. "Internal Combustion Electric Power Hybrid Power Plant." US Patent No. 4,148,192, Apr. 10, 1979.
21. Shiro Kawakatsu, Shoji Honda. "Control Apparatus and Method for Engine/Electric Hybrid Vehicle." US Patent No. 4,407,132, Oct. 4, 1983.
22. Paulus Heidemeyer, Werner Zantopp. "Hybrid Drive for A Vehicle, in Particular An Automobile." US Patent No. 4,553,011, Aug. 6, 1985.

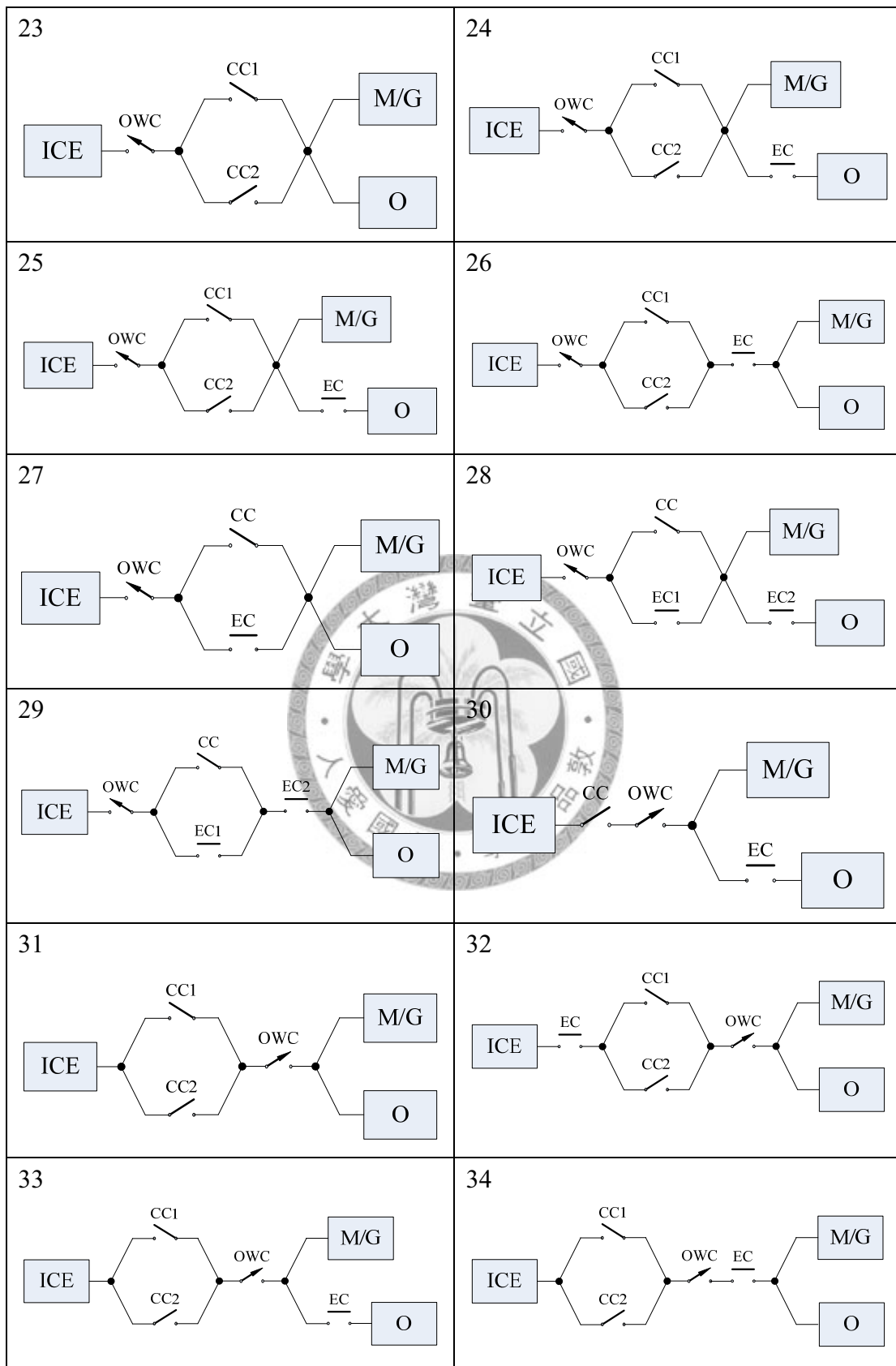
23. C.H. Wu, Gerald P.T. Wu. "Vehicle with Multiple Power Source." US Patent No. 4,697,660, Oct. 6, 1987.
24. Lucio Masut. "Hybrid Propulsion System for Vehicles, in Particular for Road Vehicles." US Patent No. 5,193,634, Mar. 16, 1993.
25. Tai-Her Yang. "Driving Electrical Machine Speed Controlled Power Combined System and Device." US Patent No. 5,644,200, Jul. 1, 1997.
26. Huan-Lung Gu, Chin-Taz Wu, Pan-Hsiang Hsieh, Wen-Bin Lee, Chun-Hsien Lu. "Hybrid Power System." US Patent No. 6,663,524 B2, Dec. 16, 2003.
27. Chien-Chang Ho. "Vehicle with Motor and Engine." US Patent No. 6,752,229 B2, Jun. 22, 2004.
28. Tai-Her Yang. "Dynamo-Electric Drive Unit Controlled Compound Power System." US Patent No. 6,843,751 B2, Jan. 18, 2005.
29. 吳仙堯, 吳國南, 李美宏. "混合動力機車系統." 497564, 2002.
30. 廖白光. "馬達與引擎混合動力傳輸結構." 513359, 2002.
31. 葉啓南, 王啓良, 游建長. "機車混合動力系統." 200637744, 2006.
32. 陳柏全, 吳浴沂, 黃銀大. "機車混合動力裝置." 200637745, 2006.
33. 許坤寶, 許源鏞, 邱國慶, 朱存權. "結合電動馬達與內燃機引擎之混合動力裝置." 200815217, 2008.

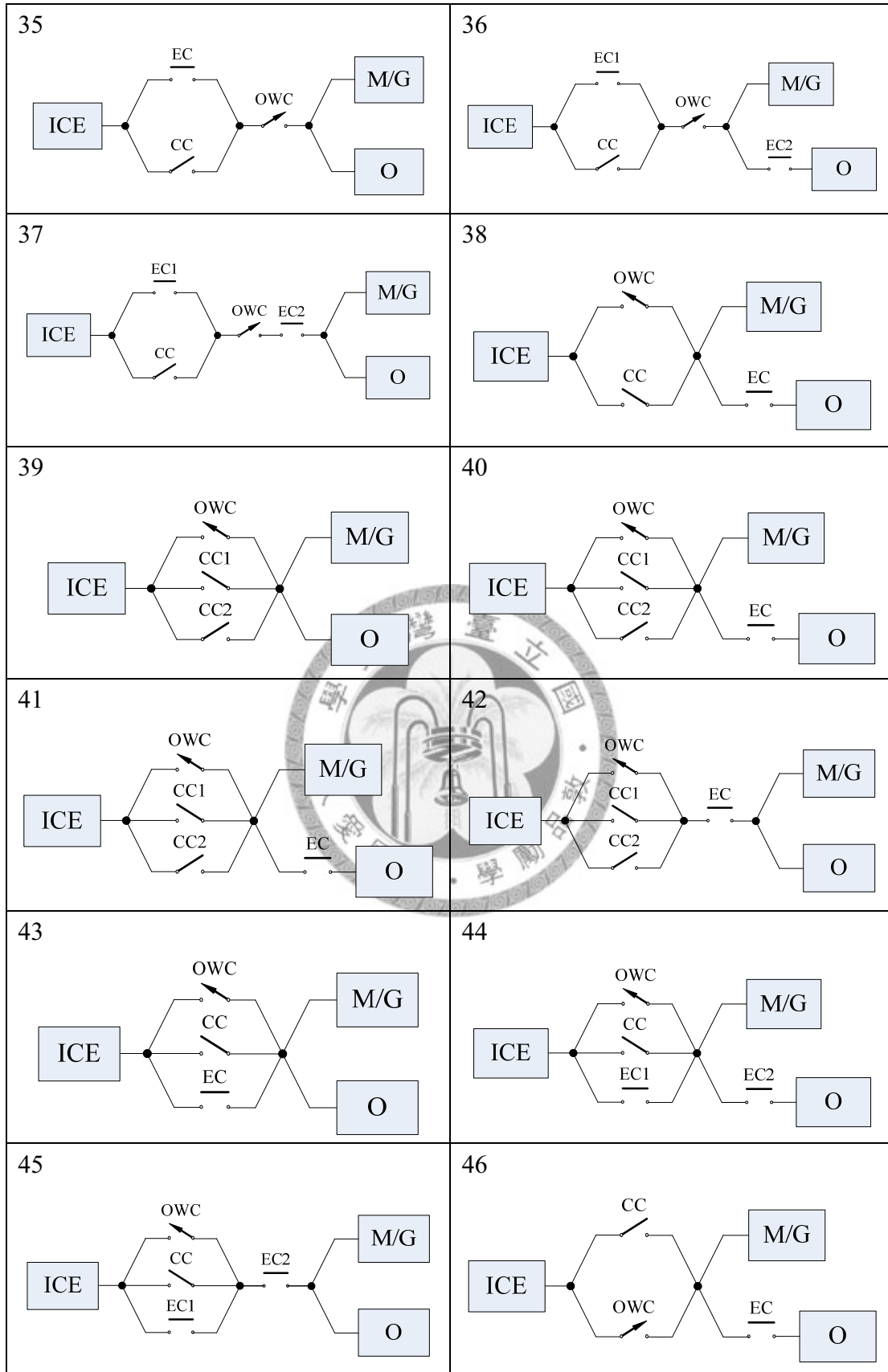
附錄

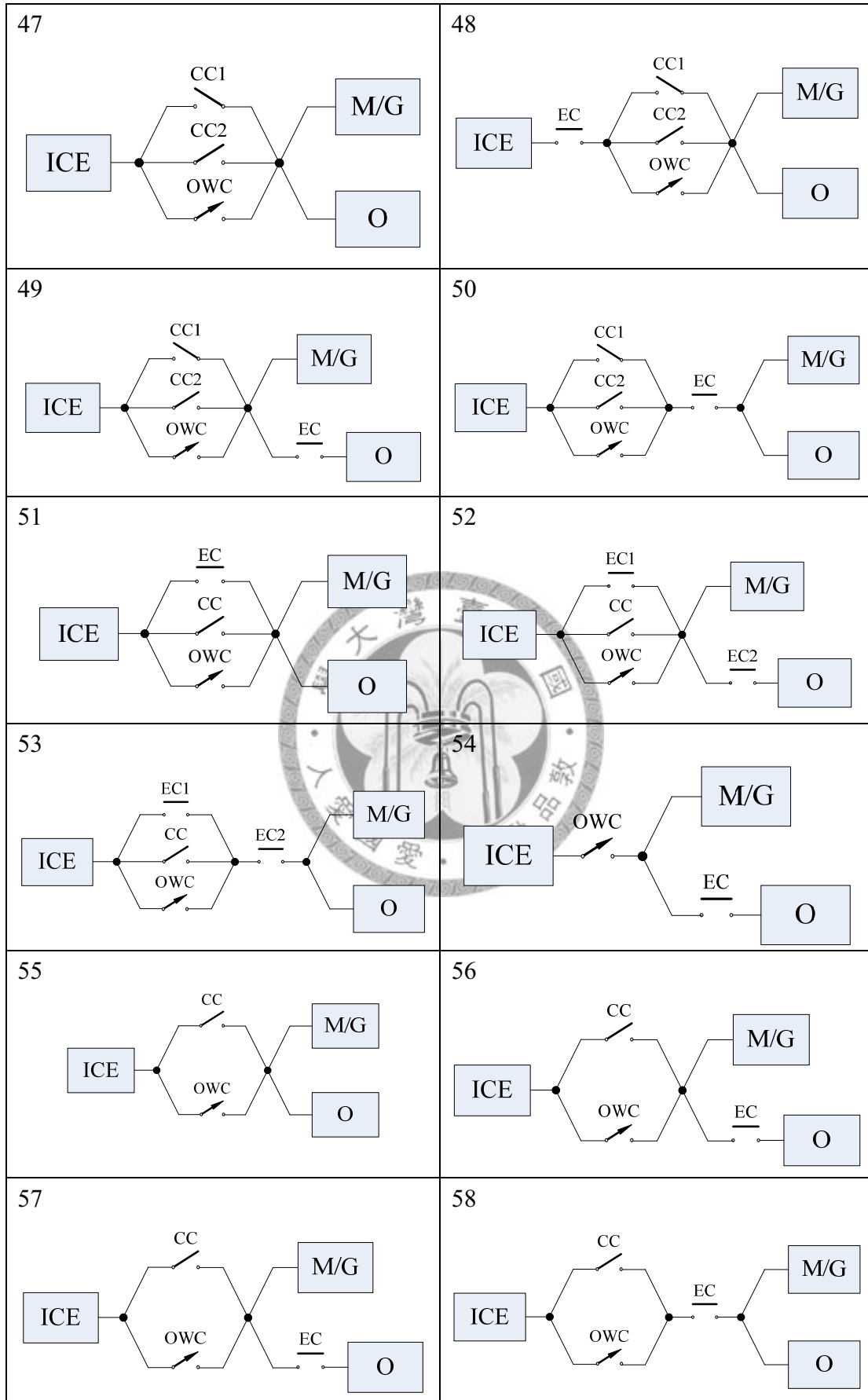
附錄一 US Patent No. 6,843,751 B2 系統功能動力圖



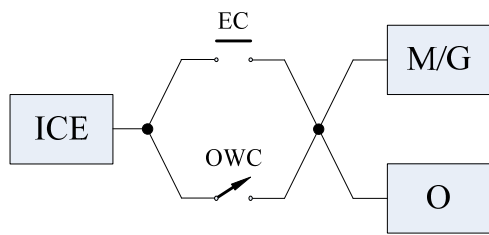




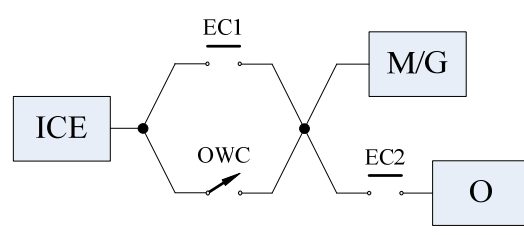




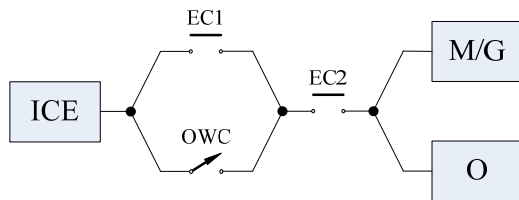
59



60



61



附錄二 Y 形線路系統達成各項功能之系統數

功能 A	離合器位置		
	a	b	c
配置種類	CC-	-	-
	EC	OWC-	EC
	CC+	CC-	CC+
	OWC+	EC	
配置種數	4	4	3
可達成之系統種數	48		

功能 B	離合器位置		
	a	b	c
配置種類	-	-	-
	CC-	OWC-	EC
	EC	CC-	CC+
	CC+	EC	
	OWC+		
配置種數	5	4	3
可達成之系統種數	60		

功能 C	離合器位置		
	a	b	c
配置種類	-	-	-
	CC-	OWC-	EC
	EC	CC-	CC+
	CC+	EC	
	OWC+		
配置種數	5	4	3
可達成之系統種數	60		

功能 D	離合器位置		
	a	b	c
配置種類	-	-	-
	CC-	CC-	EC
	EC	EC	CC+
	CC+		
	OWC+		
配置種數	5	3	3
可達成之系統種數	45		

功能 E	離合器位置		
	a	b	c
配置種類	CC-	-	-
	EC	CC-	EC
	CC+	EC	CC+
配置種數	3	3	3
可達成之系統種數	27		

功能 F	離合器位置		
	a	b	c
配置種類	CC-	-	-
	EC	CC-	EC
	CC+	EC	CC+
	OWC+		
配置種數	4	3	3
可達成之系統種數	36		

功能 G	離合器位置		
	a	b	c
配置種類	-	-	-
	CC-	OWC-	EC
	EC	CC-	CC+
	CC+	EC	
配置種數	4	4	3
可達成之系統種數	48		

功能 H	離合器位置		
	a	b	c
配置種類	-	-	-
	CC-	CC-	EC
	EC	EC	CC+
	CC+		
配置種數	4	3	3
可達成之系統種數	36		

功能 I	離合器位置		
	a	b	c
配置種類	-	-	EC
	CC-	OWC-	CC+
	EC	CC-	
		EC	
配置種數	3	4	2
可達成之系統種數	24		

功能 J	離合器位置		
	a	b	c
配置種類	-	-	-
	CC-	OWC-	EC
	EC	CC-	CC+
		EC	
配置種數	3	4	3
可達成之系統種數	36		

功能 K	離合器位置		
	a	b	c
配置種類	-	-	EC
	CC-	CC-	CC+
	EC	EC	
	CC+		
	OWC+		
配置種數	5	3	2
可達成之系統種數	30		

功能 L	離合器位置		
	a	b	c
配置種類	-	-	-
	EC	OWC-	EC
	CC+	CC-	CC+
	OWC+	EC	
配置種數	4	4	3
可達成之系統種數	48		

附錄三 YD 形線路系統達成各項功能之系統數

功能 A	離合器位置					
	a	b	c	d	e	f
配置 種類	-	-	-	-	OWC-	EC
		OWC-	EC		CC-	CC+
		CC-	CC+		EC	OWC+
		EC				
配置 種數	1	4	3	1	3	3
可達成之 系統種數	108					

功能 B	離合器位置					
	a	b	c	d	e	f
配置 種類	-	-	-	-	OWC-	EC
		OWC-	EC		CC-	CC+
		CC-	CC+		EC	OWC+
		EC				
配置 種數	1	4	3	1	3	3
可達成之 系統種數	108					

功能 C	離合器位置					
	a	b	c	d	e	f
配置 種類	-	-	-	-	OWC-	EC
		OWC-	EC		CC-	CC+
		CC-	CC+		EC	OWC+
		EC				
配置 種數	1	4	3	1	3	3
可達成之 系統種數	108					

功能 D	離合器位置					
	a	b	c	d	e	f
配置 種類	-	-	-	-	OWC-	EC
		CC-	EC		CC-	CC+
		EC	CC+		EC	OWC+
配置 種數	1	3	3	1	3	3
可達成之 系統種數	81					

功能 E	離合器位置					
	a	b	c	d	e	f
配置 種類	-	-	-	-	OWC-	EC
		CC-	EC		CC-	CC+
		EC	CC+		EC	
配置 種數	1	3	3	1	3	2
可達成之 系統種數	54					

功能 F	離合器位置					
	a	b	c	d	e	f
配置 種類	-	-	-	-	CC-	EC
		CC-	EC		EC	CC+
		EC	CC+			OWC+
配置 種數	1	3	3	1	2	3
可達成之 系統種數	54					

功能 G	離合器位置					
	a	b	c	d	e	f
配置 種類	-	-	-	-	OWC-	EC
		OWC-	EC		CC-	CC+
		CC-	CC+		EC	OWC+
		EC				
配置 種數	1	4	3	1	3	3
可達成之 系統種數	108					

功能 H	離合器位置					
	a	b	c	d	e	f
配置 種類	-	-	-	-	OWC-	EC
		CC-	EC		CC-	CC+
		EC	CC+		EC	OWC+
配置 種數	1	3	3	1	3	3
可達成之 系統種數	81					

功能 I	離合器位置					
	a	b	c	d	e	f
配置 種類	-	-	EC	-	OWC-	EC
		OWC-	CC+		CC-	CC+
		CC-			EC	OWC+
		EC				
配置 種數	1	4	2	1	3	3
可達成之 系統種數	72					

功能 J	離合器位置					
	a	b	c	d	e	f
配置 種類	-	-	-	-	OWC-	EC
		OWC-	EC		CC-	CC+
		CC-	CC+		EC	OWC+
		EC				
配置 種數	1	4	3	1	3	3
可達成之 系統種數	108					

功能 K	離合器位置					
	a	b	c	d	e	f
配置 種類	-	-	EC	-	OWC-	EC
		CC-	CC+		CC-	CC+
		EC			EC	OWC+
配置 種數	1	3	2	1	3	3
可達成之 系統種數	54					

功能 L	離合器位置					
	a	b	c	d	e	f
配置 種類	-	-	-	-	OWC-	EC
		OWC-	EC		CC-	CC+
		CC-	CC+		EC	OWC+
		EC				
配置 種數	1	4	3	1	3	3
可達成之 系統種數	108					

附錄四 △形線路系統達成各項功能之系統數

功能 A	離合器位置		
	h	i	j
配置種類	CC-	EC	OWC-
	EC	CC+	CC-
	CC+	OWC+	EC
	OWC+		
配置種數	4	3	3
可達成之系統種數	36		

功能 B	離合器位置		
	h	i	j
配置種類	CC-	EC	OWC-
	EC	CC+	CC-
	CC+	OWC+	EC
	OWC+		
配置種數	4	3	3
可達成之系統種數	36		

功能 C	離合器位置		
	h	i	j
配置種類	CC-	EC	OWC-
	EC	CC+	CC-
	CC+	OWC+	EC
	OWC+		
配置種數	4	3	3
可達成之系統種數	36		

功能 D	離合器位置		
	h	i	j
配置種類	CC-	EC	OWC-
	EC	CC+	CC-
	CC+	OWC+	EC
	OWC+		
配置種數	4	3	3
可達成之系統種數	36		

功能 E	離合器位置		
	h	i	j
配置種類	CC-	EC	CC-
	EC	CC+	EC
	CC+		
配置種數	3	2	2
可達成之系統種數	12		

功能 F	離合器位置		
	h	i	j
配置種類	CC-	EC	CC-
	EC	CC+	EC
	CC+	OWC+	
	OWC+		
配置種數	4	3	2
可達成之系統種數	24		

功能 G(1)	離合器位置		
	h	i	j
配置種類	CC-	EC	CC-
	EC	CC+	EC
	CC+		
配置種數	3	2	2
可達成之系統種數	12		

功能 H(1)	離合器位置		
	h	i	j
配置種類	CC-	EC	CC-
	EC	CC+	EC
	CC+		
配置種數	3	2	2
可達成之系統種數	12		

功能 G(2)	離合器位置		
	h	i	j
配置種類	OWC+	EC	CC-
		CC+	EC
配置種數	1	2	2
可達成之系統種數	4		

功能 H(2)	離合器位置		
	h	i	j
配置種類	OWC+	EC	CC-
		CC+	EC
配置種數	1	2	2
可達成之系統種數	4		

功能 G(3)	離合器位置		
	h	i	j
配置種類	CC-	OWC+	OWC-
	EC		CC-
	CC+		EC
配置種數	3	1	3
可達成之系統種數	9		

功能 H(3)	離合器位置		
	h	i	j
配置種類	CC-	OWC+	OWC-
	EC		CC-
	CC+		EC
配置種數	3	1	3
可達成之系統種數	9		

功能 G(4)	離合器位置		
	h	i	j
配置種類	CC-	EC	OWC-
	EC	CC+	
	CC+		
配置種數	3	2	1
可達成之系統種數	6		

功能 H(4)	離合器位置		
	h	i	j
配置種類	CC-	EC	OWC-
	EC	CC+	
	CC+		
配置種數	3	2	1
可達成之系統種數	6		

功能 I	離合器位置		
	h	i	j
配置種類	CC-	EC	CC-
	EC	CC+	EC
配置種數	2	2	2
可達成之系統種數	8		

功能 J(1)	離合器位置		
	h	i	j
配置種類	CC-	EC	OWC-
	EC	CC+	CC-
		OWC+	EC
配置種數	2	3	3
可達成之系統種數	18		

功能 K	離合器位置		
	h	i	j
配置種類	CC-	EC	CC-
	EC	CC+	EC
	CC+		
	OWC+		
配置種數	4	2	2
可達成之系統種數	16		

功能 J(2)	離合器位置		
	h	i	j
配置種類	CC+	EC	OWC-
	OWC+		CC-
			EC
配置種數	2	1	3
可達成之系統種數	6		

功能 L	離合器位置		
	h	i	j
配置種類	CC-	EC	OWC-
	EC	CC+	CC-
	CC+	OWC+	EC
	OWC+		
配置種數	4	3	3
可達成之系統種數	36		

附錄五 Y 形線路系統合成與評估自動化 Matlab 程式

<pre> clear all; % 離合器代號 % OWC-(-3) CC-(-2) % 未安裝離合器(0) % EC (1) CC+(2) OWC+ (3) %各位置可能之離合器 a = [-2 0 1 2 3]; b = [-3 -2 0 1]; c = [0 1 2]; %行行編號 for ii = 1:19; X(1,ii) = ii; end %(1)合成系統編號 for i=1: length(a)* length(b)* length(c); X(i+1,1)=i; end %(2)(3)(4)離合器配置排列 j=2; for aa=1: length(a); for bb=1: length(b); for cc=1: length(c); X(j,2)=a(aa); X(j,3)=b(bb); X(j,4)=c(cc); j=j+1; end end end end </pre>	<pre> %功能評估 %(5) A 馬達單獨驅動車輛 for k=2:j-1 if (X(k,2)=-2 X(k,2)=1 X(k,2)=2 X(k,2)=3) & (X(k,3)=-3 X(k,3)=-2 X(k,3)=0 X(k,3)=1) & (X(k,4)=0 X(k,4)=1 X(k,4)=2) ; X(k,5)=1; k=k+1; end end %(6) B 引擎及馬達同時驅動車輛 for k=2:j-1 if (X(k,2)=-2 X(k,2)=0 X(k,2)=1 X(k,2)=2 X(k,2)=3) & (X(k,3)=- -3 X(k,3)=-2 X(k,3)=0 X(k,3)=1) & (X(k,4)=0 X(k,4)=1 X(k,4)=2) ; X(k,6)=1; k=k+1; end end %(7) C 引擎單獨驅動車輛 for k=2:j-1 if (X(k,2)=-2 X(k,2)=0 X(k,2)=1 X(k,2)=2 X(k,2)=3) & (X(k,3)=- -3 X(k,3)=-2 X(k,3)=0 X(k,3)= 1) & (X(k,4)=0 X(k,4)=1 X(k,4)=2) ; X(k,7)=1; k=k+1; end end </pre>	<pre> %(8) D 行車充電 for k=2:j-1 if (X(k,2)=-2 X(k,2)=0 X(k,2)=1 X(k,2)=2 X(k,2)=3) & (X(k,3)=-2 X(k,3)=0 X(k,3)=1) & (X(k,4)=0 X(k,4)=1 X(k,4)=2) ; X(k,8)=1; k=k+1; end end %(9) E 馬達倒車 for k=2:j-1 if (X(k,2)=-2 X(k,2)=1 X(k,2)=2) & (X(k,3)=-2 X(k,3)=0 X(k,3)=1) & (X(k,4)=0 X(k,4)=1 X(k,4)=2) ; X(k,9)=1; k=k+1; end end %(10) F 單獨煞車回充 for k=2:j-1 if (X(k,2)=-2 X(k,2)=1 X(k,2)=2 X(k,2)=3) & (X(k,3)=-2 X(k,3)=0 X(k,3)=1) & (X(k,4)=0 X(k,4)=1 X(k,4)=2) ; X(k,10)=1; k=k+1; end end </pre>
--	--	--

% (11) G 單獨引擎煞車 <pre> for k=2:j-1 if (X(k,2)==-2 X(k,2)==0 X(k,2)==1 X(k,2)==2) & (X(k,3)==-3 X(k,3)==-2 X(k,3)==0 X(k,3)==1) & (X(k,4)==0 X(k,4)==1 X(k,4)==2) ; X(k,11)=1; k=k+1; end end </pre> % (12) H 同時煞車回充及引擎煞車 <pre> for k=2:j-1 if (X(k,2)==-2 X(k,2)==0 X(k,2)==1 X(k,2)==2) & (X(k,3)==-2 X(k,3)==0 X(k,3)==1) & (X(k,4)==0 X(k,4)==1 X(k,4)==2) ; X(k,12)=1; k=k+1; end end </pre> % (13) I 停車時馬達啟動引擎 <pre> for k=2:j-1 if (X(k,2)==-2 X(k,2)==0 X(k,2)==1) & (X(k,3)==-3 X(k,3)==-2 X(k,3)==0 X(k,3)==1) & (X(k,4)==1 X(k,4)==2) ; X(k,13)=1; k=k+1; end end </pre>	% (14) J 行車時馬達啟動引擎 <pre> for k=2:j-1 if (X(k,2)==-2 X(k,2)==0 X(k,2)==1) & (X(k,3)==-3 X(k,3)==-2 X(k,3)==0 X(k,3)==1) & (X(k,4)==0 X(k,4)==1 X(k,4)==2) ; X(k,14)=1; k=k+1; end end </pre> % (15) K 停車充電 <pre> for k=2:j-1 if (X(k,2)==-2 X(k,2)==0 X(k,2)==1 X(k,2)==2 X(k,2)==3) & (X(k,3)== 1 X(k,3)==-2 X(k,3)==0) & (X(k,4)==1 X(k,4)==2) ; X(k,15)=1; k=k+1; end end </pre> % (16) L 引擎起步 <pre> for k=2:j-1 if (X(k,2)==3 X(k,2)==0 X(k,2)==1 X(k,2)==2) & (X(k,3)==-3 X(k,3)==-2 X(k,3)==0 X(k,3)==1) & (X(k,4)==0 X(k,4)==1 X(k,4)==2) ; X(k,16)=1; k=k+1; end end </pre>	% (17) 線路結構複雜度 X <pre> for k=2:j-1 X(k,17)=3; k=k+1; end </pre> % (18) 離合器元件複雜度 Y <pre> for k=2:j-1 n=0; if (X(k,2)==0); n=n; else n=n+1; end if (X(k,3)==0); n=n; else n=n+1; end if (X(k,4)==0); n=n; else n=n+1; end X(k,18)=n; k=k+1; end </pre>
--	---	--

```
% (19) 控制複雜度 Z
```

```
for k=2:j-1
```

```
    n=2;
```

```
        if (X(k,2)==1);
```

```
            n=n+1;
```

```
        end
```

```
        if (X(k,3)==1);
```

```
            n=n+1;
```

```
        end
```

```
        if (X(k,4)==1);
```

```
            n=n+1;
```

```
        end
```

```
    X(k,19)=n;
```

```
        k=k+1;
```

```
end
```

```
% 顯示合成與評估結果
```

```
X
```



附錄六 YD 形線路系統合成與評估自動化 Matlab 程式

<pre> clear all; %各位置可能之離合器 e = [-3 -2 1]; f = [1 2 3]; a = [0]; b = [-3 -2 0 1]; c = [0 1 2]; d = [0]; %行數編號 for ii = 1:22; X(1,ii) = ii; end % (1) 編號 for i=1: 99; X(i+1,1)=i; end % (2)(3)(4)(5)(6)(7) 離合器配置排列 j=2; for ee=1: length(e); for ff=1: length(f); for aa=1: length(a); for bb=1: length(b); for cc=1: length(c); for dd=1: length(d); X(j,2)=e(ee); X(j,3)=f(ff); X(j,4)=a(aa); X(j,5)=b(bb); X(j,6)=c(cc); X(j,7)=d(dd); j=j+1; end end end end end end </pre>	<pre> end end end end end % (8) ~ (19) 功能評估 % (8) A 馬達單獨驅動車輛 for k=2:j-1 if (X(k,2)=-3 X(k,2)=-2 X(k,2)=1) & (X(k,3)=1 X(k,3)=2 X(k,3)=3) & (X(k,4)=0) & (X(k,5)=-3 X(k,5)=-2 X(k,5)=0 X(k,5)=1) & (X(k,6)=0 X(k,6)=1 X(k,6)=2) & (X(k,7)=0); X(k,8)=1; k=k+1; end end % (9) B 引擎及馬達同時驅動車輛 for k=2:j-1 if (X(k,2)=-3 X(k,2)=-2 X(k,2)=1) & (X(k,3)=1 X(k,3)=2 X(k,3)=3) & (X(k,4)=0) & (X(k,5)=-3 X(k,5)=-2 X(k,5)=0 X(k,5)=1) & (X(k,6)=0 X(k,6)=1 X(k,6)=2) & (X(k,7)=0); X(k,9)=1; k=k+1; end end </pre>	<pre> % (10) C 引擎單獨驅動車輛 for k=2:j-1 if (X(k,2)=-3 X(k,2)=-2 X(k,2)=1) & (X(k,3)=1 X(k,3)=2 X(k,3)=3) & (X(k,4)=0) & (X(k,5)=-3 X(k,5)=-2 X(k,5)=0 X(k,5)=1) & (X(k,6)=0 X(k,6)=1 X(k,6)=2) & (X(k,7)=0); X(k,10)=1; k=k+1; end end % (11) D 行車充電 for k=2:j-1 if (X(k,2)=-3 X(k,2)=-2 X(k,2)=1) & (X(k,3)=1 X(k,3)=2 X(k,3)=3) & (X(k,4)=0) & (X(k,5)=-2 X(k,5)=0 X(k,5)=1) & (X(k,6)=0 X(k,6)=1 X(k,6)=2) & (X(k,7)=0); X(k,11)=1; k=k+1; end end % (12) E 馬達倒車 for k=2:j-1 if (X(k,2)=-3 X(k,2)=-2 X(k,2)=1) & (X(k,3)=1 X(k,3)=2) & (X(k,4)=0) & (X(k,5)=-2 X(k,5)=0 X(k,5)=1) & (X(k,6)=0 X(k,6)=1 X(k,6)=2) & (X(k,7)=0); X(k,12)=1; k=k+1; end end </pre>
--	---	--

%(13) F 單獨煞車回充 <pre> for k=2:j-1 if (X(k,2)=-2 X(k,2)=1) & (X(k,3)=1 X(k,3)=2 X(k,3)=3) & (X(k,4)=0) & (X(k,5)=-2 X(k,5)=0 X(k,5)=1) & (X(k,6)=0 X(k,6)=1 X(k,6)=2) & (X(k,7)=0); X(k,13)=1; k=k+1; end end </pre>	%(16) I 停車時馬達啟動引擎 <pre> for k=2:j-1 if (X(k,2)=-3 X(k,2)=-2 X(k,2)=1) & (X(k,3)=1 X(k,3)=2 X(k,3)=3) & (X(k,4)=0) & (X(k,5)=-3 X(k,5)=-2 X(k,5)=0 X(k,5)=1) & (X(k,6)=1 X(k,6)=2) & (X(k,7)=0); X(k,16)=1; k=k+1; end end </pre>	%(19) L 引擎起步 <pre> for k=2:j-1 if (X(k,2)=-3 X(k,2)=-2 X(k,2)=1) & (X(k,3)=1 X(k,3)=2 X(k,3)=3) & (X(k,4)=0) & (X(k,5)=-3 X(k,5)=-2 X(k,5)=0 X(k,5)=1) & (X(k,6)=0 X(k,6)=1 X(k,6)=2) & (X(k,7)=0); X(k,19)=1; k=k+1; end end </pre>
%(14) G 單獨引擎煞車 <pre> for k=2:j-1 if (X(k,2)=-3 X(k,2)=-2 X(k,2)=1) & (X(k,3)=1 X(k,3)=2 X(k,3)=3) & (X(k,4)=0) & (X(k,5)=-3 X(k,5)=-2 X(k,5)=0 X(k,5)=1) & (X(k,6)=0 X(k,6)=1 X(k,6)=2) & (X(k,7)=0); X(k,14)=1; k=k+1; end end </pre>	%(17) J 行車時馬達啟動引擎 <pre> for k=2:j-1 if (X(k,2)=-3 X(k,2)=-2 X(k,2)=1) & (X(k,3)=1 X(k,3)=2 X(k,3)=3) & (X(k,4)=0) & (X(k,5)=-3 X(k,5)=-2 X(k,5)=0 X(k,5)=1) & (X(k,6)=0 X(k,6)=1 X(k,6)=2) & (X(k,7)=0); X(k,17)=1; k=k+1; end end </pre>	%(20) 線路結構複雜度 <pre> for k=2:j-1 X(k,20)=5; k=k+1; end </pre>
%(15) H 同時煞車回充及引擎煞車 <pre> for k=2:j-1 if (X(k,2)=-3 X(k,2)=-2 X(k,2)=1) & (X(k,3)=1 X(k,3)=2 X(k,3)=3) & (X(k,4)=0) & (X(k,5)=-2 X(k,5)=0 X(k,5)=1) & (X(k,6)=0 X(k,6)=1 X(k,6)=2) & (X(k,7)=0); X(k,15)=1; k=k+1; end end </pre>	%(18) K 停車充電 <pre> for k=2:j-1 if (X(k,2)=-3 X(k,2)=-2 X(k,2)=1) & (X(k,3)=1 X(k,3)=2 X(k,3)=3) & (X(k,4)=0) & (X(k,5)=-2 X(k,5)=0 X(k,5)=1) & (X(k,6)=1 X(k,6)=2) & (X(k,7)=0); X(k,18)=1; k=k+1; end end </pre>	%(21) 離合器元件複雜度 <pre> for k=2:j-1 n=0; if (X(k,2)=0); n=n; else n=n+1; end if (X(k,3)=0); n=n; else n=n+1; end if (X(k,4)=0); n=n; else n=n+1; end end </pre>

<pre> if (X(k,5)==0); n=n; else n=n+1; end if (X(k,6)==0); n=n; else n=n+1; end if (X(k,7)==0); n=n; else n=n+1; end X(k,21)=n; k=k+1; end %(22) 控制複雜度 for k=2:j-1 n=2; if (X(k,2)==1); n=n+1; end if (X(k,3)==1); n=n+1; end if (X(k,4)==1); n=n+1; end if (X(k,5)==1); n=n+1; end if (X(k,6)==1); n=n+1; end end </pre>	<pre> if (X(k,7)==1); n=n+1; end X(k,22)=n; k=k+1; end %顯示合成與評估結果 X </pre>	
--	---	--



附錄七 △形線路系統合成與評估自動化 Matlab 程式

<pre> clear all; %各位置可能之離合器 a = [-2 1 2 3]; b = [1 2 3]; c = [-3 -2 1]; %行數編號 for ii = 1:19; X(1,ii) = ii; end %(1)編號 for i=1: length(a)* length(b)* length(c); X(i+1,1)=i; end %(2)(3)(4)離合器配置排列 j=2; for aa=1: length(a); for bb=1: length(b); for cc=1: length(c); X(j,2)=a(aa); X(j,3)=b(bb); X(j,4)=c(cc); j=j+1; end end end </pre>	<pre> %(5)~(16) 功能評估 %(5) A 馬達單獨驅動車輛 for k=2:j-1 if (X(k,2)=-2 X(k,2)=1 X(k,2)=2 X(k,2)=3) & (X(k,3)= 1 X(k,3)=2 X(k,3)=3) & (X(k,4)=-3 X(k,4)=-2 X(k,4)=1) ; X(k,5)=1; k=k+1; end end %(6) B 引擎及馬達同時驅動車輛 for k=2:j-1 if (X(k,2)=-2 X(k,2)=1 X(k,2)=2 X(k,2)=3) & (X(k,3)= 1 X(k,3)=2 X(k,3)=3) & (X(k,4)=-3 X(k,4)=-2 X(k,4)=1) ; X(k,6)=1; k=k+1; end end %(7) C 引擎單獨驅動車輛 for k=2:j-1 if (X(k,2)=-2 X(k,2)=1 X(k,2)=2 X(k,2)=3) & (X(k,3)= 1 X(k,3)=2 X(k,3)=3) & (X(k,4)=-3 X(k,4)=-2 X(k,4)=1) ; X(k,7)=1; k=k+1; end end </pre>	<pre> %(8) D 行車充電 for k=2:j-1 if (X(k,2)=-2 X(k,2)=1 X(k,2)=2 X(k,2)=3) & (X(k,3)= 1 X(k,3)=2 X(k,3)=3) & (X(k,4)=-3 X(k,4)=-2 X(k,4)=1) ; X(k,8)=1; k=k+1; end end %(9) E 馬達倒車 for k=2:j-1 if (X(k,2)=-2 X(k,2)=1 X(k,2)=2) & (X(k,3)= 1 X(k,3)=2) & (X(k,4)=-2 X(k,4)=1) ; X(k,9)=1; k=k+1; end end %(10) F 單獨煞車回充 for k=2:j-1 if (X(k,2)=-2 X(k,2)=1 X(k,2)=2 X(k,2)=3) & (X(k,3)= 1 X(k,3)=2 X(k,3)=3) & (X(k,4)=-2 X(k,4)=1) ; X(k,10)=1; k=k+1; end end </pre>
---	--	--

<pre> %(11) G 單獨引擎煞車 for k=2:j-1 if (X(k,2)=-2 X(k,2)=1 X(k,2)=2) & (X(k,3)=1 X(k,3)=2) & (X(k,4)=-2 X(k,4)=1); X(k,11)=1; k=k+1; end end for k=2:j-1 if (X(k,2)=3) & (X(k,3)=1 X(k,3)=2) & (X(k,4)=-2 X(k,4)=1); X(k,11)=1; k=k+1; end end for k=2:j-1 if (X(k,2)=-2 X(k,2)=1 X(k,2)=2) & (X(k,3)=3) & (X(k,4)=-3 X(k,4)=-2 X(k,4)=1); X(k,11)=1; k=k+1; end end for k=2:j-1 if (X(k,2)=-2 X(k,2)=1 X(k,2)=2) & (X(k,3)=1 X(k,3)=2) & (X(k,4)=-3); X(k,11)=1; k=k+1; end end </pre>	<pre> %(12) H 同時煞車回充及引擎煞車 for k=2:j-1 if (X(k,2)=-2 X(k,2)=1 X(k,2)=2) & (X(k,3)=1 X(k,3)=2) & (X(k,4)=-2 X(k,4)=1); X(k,12)=1; k=k+1; end end for k=2:j-1 if (X(k,2)=3) & (X(k,3)=1 X(k,3)=2) & (X(k,4)=-2 X(k,4)=1); X(k,12)=1; k=k+1; end end for k=2:j-1 if (X(k,2)=-2 X(k,2)=1 X(k,2)=2) & (X(k,3)=3) & (X(k,4)=-3 X(k,4)=-2 X(k,4)=1); X(k,12)=1; k=k+1; end end for k=2:j-1 if (X(k,2)=-2 X(k,2)=1 X(k,2)=2) & (X(k,3)=1 X(k,3)=2) & (X(k,4)=-3); X(k,12)=1; k=k+1; end end </pre>	<pre> %(13) I 停車時馬達啟動引擎 for k=2:j-1 if (X(k,2)=-2 X(k,2)=1) & (X(k,3)=1 X(k,3)=2) & (X(k,4)=-2 X(k,4)=1); X(k,13)=1; k=k+1; end end %(14) J 行車時馬達啟動引擎 for k=2:j-1 if (X(k,2)=-2 X(k,2)=1) & (X(k,3)=1 X(k,3)=2 X(k,3)=3) & (X(k,4)=-3 X(k,4)=-2 X(k,4)=1); X(k,14)=1; k=k+1; end end for k=2:j-1 if (X(k,2)=-2 X(k,2)=3) & (X(k,3)=1) & (X(k,4)=-3 X(k,4)=-2 X(k,4)=1); X(k,14)=1; k=k+1; end end </pre>
---	--	--

<pre> %(15) K 停車充電 for k=2:j-1 if (X(k,2)=-2 X(k,2)=1 X(k,2)=2 X(k,2)=3) & (X(k,3)= 1 X(k,3)=2) & (X(k,4)=-2 X(k,4)=1) ; X(k,15)=1; k=k+1; end end </pre>	<pre> if (X(k,3)==0); n=n; else n=n+1; end if (X(k,4)==0); n=n; else n=n+1; end X(k,18)=n; k=k+1; end </pre>
<pre> %(16) L 引擎起步 for k=2:j-1 if (X(k,2)=-2 X(k,2)=1 X(k,2)=2 X(k,2)=3) & (X(k,3)= 1 X(k,3)=2 X(k,3)=3) & (X(k,4)=-3 X(k,4)=-2 X(k,4)=1) ; X(k,16)=1; k=k+1; end end </pre>	<pre> end </pre>
<pre> %(17) 線路結構複雜度 for k=2:j-1 X(k,17)=6; k=k+1; end </pre>	<pre> %(19)控制複雜度 for k=2:j-1 n=2; if (X(k,2)==1); n=n+1; end if (X(k,3)==1); n=n+1; end if (X(k,4)==1); n=n+1; end X(k,19)=n; k=k+1; end </pre>
<pre> %(18) 離合器元件複雜度 for k=2:j-1 n=0; if (X(k,2)==0); n=n; else n=n+1; end end </pre>	<pre> %顯示合成與評估結果 X </pre>

附錄八 Y 形線路系統合成與評估結果

系統 編號	離合器配置			系統功能												複雜度		
	a	b	c	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	X	Y	Z
Y1	CC-	OWC-	-	●	●	●				●			●			3	2	2
Y2	CC-	OWC-	EC	●	●	●				●		●	●			3	3	3
Y3	CC-	OWC-	CC+	●	●	●				●		●	●			3	3	2
Y4	CC-	CC-	-	●	●	●	●	●	●	●	●		●			3	2	2
Y5	CC-	CC-	EC	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		3	3	3
Y6	CC-	CC-	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		3	3	2
Y7	CC-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●		●			3	1	2
Y8	CC-	-	EC	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		3	2	3
Y9	CC-	-	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		3	2	2
Y10	CC-	EC	-	●	●	●	●	●	●	●	●		●			3	2	3
Y11	CC-	EC	EC	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		3	3	4
Y12	CC-	EC	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		3	3	3
Y13	-	OWC-	-	●	●	●				●			●		●	3	1	2
Y14	-	OWC-	EC	●	●	●				●		●	●		●	3	2	3
Y15	-	OWC-	CC+	●	●	●				●		●	●		●	3	2	2
Y16	-	CC-	-	●	●	●	●			●	●		●		●	3	1	2
Y17	-	CC-	EC	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	3	2	3
Y18	-	CC-	CC+	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	3	2	2
Y19	-	-	-	●	●	●	●			●	●		●		●	3	0	2
Y20	-	-	EC		●	●	●			●	●	●	●	●	●	3	1	3
Y21	-	-	CC+		●	●	●			●	●	●	●	●	●	3	1	2
Y22	-	EC	-		●	●	●			●	●		●		●	3	1	3
Y23	-	EC	EC		●	●	●			●	●	●	●	●	●	3	2	4
Y24	-	EC	CC+		●	●	●			●	●	●	●	●	●	3	2	3
Y25	EC	OWC-	-	●	●	●				●			●		●	3	2	3
Y26	EC	OWC-	EC	●	●	●				●		●	●		●	3	3	4
Y27	EC	OWC-	CC+	●	●	●				●		●	●		●	3	3	3
Y28	EC	CC-	-	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	3	2	3
Y29	EC	CC-	EC	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	3	3	4
Y30	EC	CC-	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	3	3	3

系統 編號	離合器配置			系統功能												複雜度		
	a	b	c	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	X	Y	Z
Y31	EC	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	3	1	3
Y32	EC	-	EC	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	3	2	4
Y33	EC	-	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	3	2	3
Y34	EC	EC	-	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	3	2	4
Y35	EC	EC	EC	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	3	3	5
Y36	EC	EC	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	3	3	4
Y37	CC+	OWC-	-	●	●	●				●					●	3	2	2
Y38	CC+	OWC-	EC	●	●	●				●					●	3	3	3
Y39	CC+	OWC-	CC+	●	●	●				●					●	3	3	2
Y40	CC+	CC-	-	●	●	●	●	●	●	●	●				●	3	2	2
Y41	CC+	CC-	EC	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	3	3	3
Y42	CC+	CC-	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	3	3	2
Y43	CC+	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●				●	3	1	2
Y44	CC+	-	EC	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	3	2	3
Y45	CC+	-	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	3	2	2
Y46	CC+	EC	-	●	●	●	●	●	●	●	●				●	3	2	3
Y47	CC+	EC	EC	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	3	3	4
Y48	CC+	EC	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	3	3	3
Y49	OWC+	OWC-	-	●	●	●									●	3	2	2
Y50	OWC+	OWC-	EC	●	●	●									●	3	3	3
Y51	OWC+	OWC-	CC+	●	●	●									●	3	3	2
Y52	OWC+	CC-	-	●	●	●	●		●						●	3	2	2
Y53	OWC+	CC-	EC	●	●	●	●		●					●	●	3	3	3
Y54	OWC+	CC-	CC+	●	●	●	●		●					●	●	3	3	2
Y55	OWC+	-	-	●	●	●	●		●						●	3	1	2
Y56	OWC+	-	EC	●	●	●	●		●					●	●	3	2	3
Y57	OWC+	-	CC+	●	●	●	●		●					●	●	3	2	2
Y58	OWC+	EC	-	●	●	●	●		●						●	3	2	3
Y59	OWC+	EC	EC	●	●	●	●		●					●	●	3	3	4
Y60	OWC+	EC	CC+	●	●	●	●		●					●	●	3	3	3

附錄九 YD 形線路系統合成與評估結果

系統 編號	離合器配置				系統功能												複雜度		
	b	c	e	f	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	X	Y	Z
YD1	OWC-	-	OWC-	EC	●	●	●				●			●		●	5	3	3
YD2	OWC-	EC	OWC-	EC	●	●	●				●		●	●		●	5	4	4
YD3	OWC-	CC+	OWC-	EC	●	●	●				●		●	●		●	5	4	3
YD4	CC-	-	OWC-	EC	●	●	●	●	●		●	●		●		●	5	3	3
YD5	CC-	EC	OWC-	EC	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	5	4	4
YD6	CC-	CC+	OWC-	EC	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	5	4	3
YD7	-	-	OWC-	EC	●	●	●	●	●		●	●		●		●	5	2	3
YD8	-	EC	OWC-	EC	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	5	3	4
YD9	-	CC+	OWC-	EC	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	5	3	3
YD10	EC	-	OWC-	EC	●	●	●	●	●		●	●		●		●	5	3	4
YD11	EC	EC	OWC-	EC	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	5	4	5
YD12	EC	CC+	OWC-	EC	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	5	4	4
YD13	OWC-	-	OWC-	CC+	●	●	●				●			●		●	5	3	2
YD14	OWC-	EC	OWC-	CC+	●	●	●				●		●	●		●	5	4	3
YD15	OWC-	CC+	OWC-	CC+	●	●	●				●		●	●		●	5	4	2
YD16	CC-	-	OWC-	CC+	●	●	●	●	●		●	●		●		●	5	3	2
YD17	CC-	EC	OWC-	CC+	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	5	4	3
YD18	CC-	CC+	OWC-	CC+	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	5	4	2
YD19	-	-	OWC-	CC+	●	●	●	●	●		●	●		●		●	5	2	2
YD20	-	EC	OWC-	CC+	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	5	3	3
YD21	-	CC+	OWC-	CC+	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	5	3	2
YD22	EC	-	OWC-	CC+	●	●	●	●	●		●	●		●		●	5	3	3
YD23	EC	EC	OWC-	CC+	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	5	4	4
YD24	EC	CC+	OWC-	CC+	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	5	4	3
YD25	OWC-	-	OWC-	OWC+	●	●	●				●			●		●	5	3	2
YD26	OWC-	EC	OWC-	OWC+	●	●	●				●		●	●		●	5	4	3
YD27	OWC-	CC+	OWC-	OWC+	●	●	●				●		●	●		●	5	4	2
YD28	CC-	-	OWC-	OWC+	●	●	●	●			●	●		●		●	5	3	2
YD29	CC-	EC	OWC-	OWC+	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	5	4	3
YD30	CC-	CC+	OWC-	OWC+	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	5	4	2

系統 編號	離合器配置				系統功能												複雜度		
	b	c	e	f	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	X	Y	Z
YD31	-	-	OWC-	OWC+	●	●	●	●			●	●		●		●	5	2	2
YD32	-	EC	OWC-	OWC+	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	5	3	3
YD33	-	CC+	OWC-	OWC+	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	5	3	2
YD34	EC	-	OWC-	OWC+	●	●	●	●			●	●		●		●	5	3	3
YD35	EC	EC	OWC-	OWC+	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	5	4	4
YD36	EC	CC+	OWC-	OWC+	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	5	4	3
YD37	OWC-	-	CC-	EC	●	●	●				●			●		●	5	3	3
YD38	OWC-	EC	CC-	EC	●	●	●				●		●	●		●	5	4	4
YD39	OWC-	CC+	CC-	EC	●	●	●				●		●	●		●	5	4	3
YD40	CC-	-	CC-	EC	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	5	3	3
YD41	CC-	EC	CC-	EC	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	4	4
YD42	CC-	CC+	CC-	EC	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	4	3
YD43	-	-	CC-	EC	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	5	2	3
YD44	-	EC	CC-	EC	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	3	4
YD45	-	CC+	CC-	EC	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	3	3
YD46	EC	-	CC-	EC	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	5	3	4
YD47	EC	EC	CC-	EC	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	4	5
YD48	EC	CC+	CC-	EC	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	4	4
YD49	OWC-	-	CC-	CC+	●	●	●				●			●		●	5	3	2
YD50	OWC-	EC	CC-	CC+	●	●	●				●		●	●		●	5	4	3
YD51	OWC-	CC+	CC-	CC+	●	●	●				●		●	●		●	5	4	2
YD52	CC-	-	CC-	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	5	3	2
YD53	CC-	EC	CC-	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	4	3
YD54	CC-	CC+	CC-	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	4	2
YD55	-	-	CC-	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	5	2	2
YD56	-	EC	CC-	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	3	3
YD57	-	CC+	CC-	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	3	2
YD58	EC	-	CC-	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	5	3	3
YD59	EC	EC	CC-	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	4	4
YD60	EC	CC+	CC-	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	4	3

系統 編號	離合器配置				系統功能												複雜度		
	b	c	e	f	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	X	Y	Z
YD61	OWC-	-	CC-	OWC+	●	●	●				●			●		●	5	3	2
YD62	OWC-	EC	CC-	OWC+	●	●	●				●		●	●		●	5	4	3
YD63	OWC-	CC+	CC-	OWC+	●	●	●				●		●	●		●	5	4	2
YD64	CC-	-	CC-	OWC+	●	●	●	●		●	●	●		●		●	5	3	2
YD65	CC-	EC	CC-	OWC+	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	5	4	3
YD66	CC-	CC+	CC-	OWC+	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	5	4	2
YD67	-	-	CC-	OWC+	●	●	●	●		●	●	●		●		●	5	2	2
YD68	-	EC	CC-	OWC+	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	5	3	3
YD69	-	CC+	CC-	OWC+	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	5	3	2
YD70	EC	-	CC-	OWC+	●	●	●	●		●	●	●		●		●	5	3	3
YD71	EC	EC	CC-	OWC+	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	5	4	4
YD72	EC	CC+	CC-	OWC+	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	5	4	3
YD73	OWC-	-	EC	EC	●	●	●				●			●		●	5	3	4
YD74	OWC-	EC	EC	EC	●	●	●				●		●	●		●	5	4	5
YD75	OWC-	CC+	EC	EC	●	●	●				●		●	●		●	5	4	4
YD76	CC-	-	EC	EC	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	5	3	4
YD77	CC-	EC	EC	EC	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	4	5
YD78	CC-	CC+	EC	EC	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	4	4
YD79	-	-	EC	EC	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	5	2	4
YD80	-	EC	EC	EC	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	3	5
YD81	-	CC+	EC	EC	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	3	4
YD82	EC	-	EC	EC	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	5	3	5
YD83	EC	EC	EC	EC	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	4	6
YD84	EC	CC+	EC	EC	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	4	5
YD85	OWC-	-	EC	CC+	●	●	●				●			●		●	5	3	3
YD86	OWC-	EC	EC	CC+	●	●	●				●		●	●		●	5	4	4
YD87	OWC-	CC+	EC	CC+	●	●	●				●		●	●		●	5	4	3
YD88	CC-	-	EC	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	5	3	3
YD89	CC-	EC	EC	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	4	4
YD90	CC-	CC+	EC	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	4	3

系統 編號	離合器配置				系統功能												複雜度		
	b	c	e	f	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	X	Y	Z
YD91	-	-	EC	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	5	2	3
YD92	-	EC	EC	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	3	4
YD93	-	CC+	EC	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	3	3
YD94	EC	-	EC	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	5	3	4
YD95	EC	EC	EC	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	4	5
YD96	EC	CC+	EC	CC+	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5	4	4
YD97	OWC-	-	EC	OWC+	●	●	●				●			●		●	5	3	3
YD98	OWC-	EC	EC	OWC+	●	●	●				●		●	●		●	5	4	4
YD99	OWC-	CC+	EC	OWC+	●	●	●				●		●	●		●	5	4	3
YD100	CC-	-	EC	OWC+	●	●	●	●		●	●	●		●		●	5	3	3
YD101	CC-	EC	EC	OWC+	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	5	4	4
YD102	CC-	CC+	EC	OWC+	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	5	4	3
YD103	-	-	EC	OWC+	●	●	●	●		●	●	●		●		●	5	2	3
YD104	-	EC	EC	OWC+	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	5	3	4
YD105	-	CC+	EC	OWC+	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	5	3	3
YD106	EC	-	EC	OWC+	●	●	●	●		●	●	●		●		●	5	3	4
YD107	EC	EC	EC	OWC+	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	5	4	5
YD108	EC	CC+	EC	OWC+	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	5	4	4

附錄十 Δ 形線路系統合成與評估結果

系統 編號	離合器配置			系統功能												複雜度		
	h	i	j	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	X	Y	Z
$\Delta 1$	CC-	EC	OWC-	●	●	●	●			●	●		●		●	6	3	3
$\Delta 2$	CC-	EC	CC-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	6	3	4
$\Delta 3$	CC-	EC	EC	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	6	3	4
$\Delta 4$	CC-	CC+	OWC-	●	●	●	●			●	●		●		●	6	3	2
$\Delta 5$	CC-	CC+	CC-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	6	3	2
$\Delta 6$	CC-	CC+	EC	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	6	3	3
$\Delta 7$	CC-	OWC+	OWC-	●	●	●	●			●	●		●		●	6	3	2
$\Delta 8$	CC-	OWC+	CC-	●	●	●	●		●	●	●		●		●	6	3	2
$\Delta 9$	CC-	OWC+	EC	●	●	●	●		●	●	●		●		●	6	3	3
$\Delta 10$	EC	EC	OWC-	●	●	●	●			●	●		●		●	6	3	4
$\Delta 11$	EC	EC	CC-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	6	3	4
$\Delta 12$	EC	EC	EC	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	6	3	5
$\Delta 13$	EC	CC+	OWC-	●	●	●	●			●	●		●		●	6	3	3
$\Delta 14$	EC	CC+	CC-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	6	3	3
$\Delta 15$	EC	CC+	EC	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	6	3	4
$\Delta 16$	EC	OWC+	OWC-	●	●	●	●			●	●		●		●	6	3	3
$\Delta 17$	EC	OWC+	CC-	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	6	3	3
$\Delta 18$	EC	OWC+	EC	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	6	3	4
$\Delta 19$	CC+	EC	OWC-	●	●	●	●			●	●		●		●	6	3	3
$\Delta 20$	CC+	EC	CC-	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	6	3	3
$\Delta 21$	CC+	EC	EC	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	6	3	4
$\Delta 22$	CC+	CC+	OWC-	●	●	●	●			●	●				●	6	3	2
$\Delta 23$	CC+	CC+	CC-	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	6	3	2
$\Delta 24$	CC+	CC+	EC	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	6	3	3
$\Delta 25$	CC+	OWC+	OWC-	●	●	●	●			●	●				●	6	3	2
$\Delta 26$	CC+	OWC+	CC-	●	●	●	●		●	●	●				●	6	3	2
$\Delta 27$	CC+	OWC+	EC	●	●	●	●		●	●	●				●	6	3	3
$\Delta 28$	OWC+	EC	OWC-	●	●	●	●						●		●	6	3	3
$\Delta 29$	OWC+	EC	CC-	●	●	●	●		●	●	●		●	●	●	6	3	3
$\Delta 30$	OWC+	EC	EC	●	●	●	●		●	●	●		●	●	●	6	3	4

系統 編號	離合器配置			系統功能												複雜度		
	h	i	j	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	X	Y	Z
Δ31	OWC+	CC+	OWC-	●	●	●	●								●	6	3	2
Δ32	OWC+	CC+	CC-	●	●	●	●		●	●	●			●	●	6	3	2
Δ33	OWC+	CC+	EC	●	●	●	●		●	●	●			●	●	6	3	3
Δ34	OWC+	OWC+	OWC-	●	●	●	●								●	6	3	2
Δ35	OWC+	OWC+	CC-	●	●	●	●		●						●	6	3	2
Δ36	OWC+	OWC+	EC	●	●	●	●		●						●	6	3	3

