

## 知識物件上傳表

計畫名稱：102 年度新及再生能源技術先期研發－增程型電動車發電控制系統暨多類型電池儲能調控系統創新前瞻計畫

上傳主題：增程型發電機控制策略

提報機構：財團法人車輛研究測試中心

提報時間：103 年 1 月 20 日

與計畫相關	<input checked="" type="checkbox"/> 1.是 <input type="checkbox"/> 2. 否
國別	<input checked="" type="checkbox"/> 1.國內 <input type="checkbox"/> 2. 國外：(註明國家名稱)
能源業務	<input type="checkbox"/> 1.能源政策(包含政策工具及碳交易、碳稅等) <input type="checkbox"/> 2.石油及瓦斯 <input type="checkbox"/> 3.電力及煤碳(包含電力供應、輸配、煤炭、核能等) <input checked="" type="checkbox"/> 4.新及再生能源 <input type="checkbox"/> 5.節約能源(包含工業、住商、運輸等部門) <input type="checkbox"/> 6.其他
能源領域	<input type="checkbox"/> 1.能源總體政策與法規 <input type="checkbox"/> 2.能源安全 <input type="checkbox"/> 3.能源供需 <input type="checkbox"/> 4.能源環境 <input type="checkbox"/> 5.能源價格 <input type="checkbox"/> 6.能源經濟 <input checked="" type="checkbox"/> 7.能源科技 <input type="checkbox"/> 8.能源產業 <input type="checkbox"/> 9.能源措施 <input type="checkbox"/> 10.能源推廣 <input type="checkbox"/> 11.能源統計 <input type="checkbox"/> 12.國際合作
決策知識類別	<input type="checkbox"/> 1.建言 (策略、政策、措施、法規) <input checked="" type="checkbox"/> 2.評析(先進技術或方法、策略、政策、措施、法規) <input type="checkbox"/> 3.標竿及統計數據：技術或方法、產業、市場等趨勢分析 <input type="checkbox"/> 4.其他：
重點摘述	<p>增程式電動車由於搭載了引擎發電機模組(Genset)的增程器，近年來許多車廠積極投入相關研發，並將其視為解決電動車續航力問題的短期替代方案，透過妥適的能量管理控制策略可確保將 Genset 控制在最有效率的操作點運轉。本文針對增程型電機的能量管理策略進行說明，策略使發電機模組可以在滿足動力需求命令下，運轉在最有效率的操作點上，可使巴士油耗表現較現有柴油引擎巴士改善達 16.5%，且可有效延伸電動巴士行駛距離。</p>
詳細說明	<p><input type="checkbox"/> 研究背景與目的</p> <p>因應全球環保議題與暖化問題持續惡化，世界各大車廠因應石油枯竭問題著手開發下一世代新能源車輛，例如混合動力車(Hybrid Electric Vehicle, HEV)、純電動車、氫氣動力車、燃料電池電動車、生質燃料電動車、太陽能電動車等車種也都有車廠投入開發。其中電動車因具有低污染及零油耗的優點，一直是車廠所發展的重點項目之一。增程式電動車(Range Extended Electric Vehicle, REEV)也可視為串聯式油電混合電動車(Series Hybrid Electric Vehicle, SHEV)中的一種，主要以電動馬達驅動車輛同時搭配汽油或柴油引擎驅動發電機對電池充電，可增加行駛續航力，近年來許多車廠積極投入相關研發，並將其視為解決電動車續航力問題的短期替代方案。REEV根據動力系統架構的優點並搭配能量管理控制策略，找出雙電力源(電池、增程式發電機)的最佳動力分配比例以同時滿足駕駛動力需求，可以提高整體燃油經濟性、降低排放汙染。本文中所述之控制策略是基於以規則為基礎的混合模式(Rule-based blended)，此類控制策略會根據規則分配增程式</p>

發電機與電池的電力，針對已知的行駛距離實現最大化Charge-depleting(CD)模式的動作，若超過預先規劃行駛距離時，將切換至Charge Sustain(CS)模式。此控制策略將增程式發電機視為主要電力源，控制器會使用Genset滿足駕駛者動力需求，不足部分將由電池輸出電力補足。常見的動力追隨控制策略(Power Follower Control Strategy, PFCS)，在都市行駛的行車型態有較佳的油耗表現，且有較低的平均充放電功率。

#### □ 動力追隨控制策略(PFCS)

本文所提出的動力追隨控制策略使電動車輛達到最佳能源的使用效率，應在車輛行駛到終點時，將電池所儲存的電網能量(grid energy)耗盡，也就是剛好將電池SOC使用至所允許的下限值。故本文根據行駛距離規劃電池SOC放電參考命令，將其加減一個可調校的SOC門檻值 $\Delta SOC$ ，得到可隨著行駛距離改變的電池SOC門檻值 $SOC_H$ 與 $SOC_L$ ，PFCS應將SOC維持在 $SOC_H$ 與 $SOC_L$ 之內，以達到CD模式。

如圖 錯誤! 所指定的樣式的文字不存在文件中。1所示，其中 $P_{g,max}$ 為Genset最大的動力輸出， $D$ 為行駛距離，Genset啟動下限門檻值 $P_{g,min}$ ， $SOC_L$ 為預定下限門檻值，第1區塊：此範圍內電池SOC高於所規劃之電池 $SOC_H$ 放電路徑且行駛動力需求較小，所以應該盡可能去使用電池電力以避免Genset運作在低效率區域；第2區塊：此範圍內電池SOC低於所規劃之電池 $SOC_H$ 放電路徑，且 $P_{req}$ 小於 $P_{g,min}$ ，故此時的策略規劃為，若Genset為未啟動狀態則繼續使用電池輸出功率，若Genset為已啟動狀態則繼續啟動並且運轉在 $P_{g,min}$ ；第3區塊：此範圍內電池SOC高於所規劃之電池 $SOC_H$ 放電路徑且行駛動力需求較大，故Genset將操作於 $P_{g,min}$ ，不足的部分將由電池輸出電力補足；第4區塊：此範圍內電池SOC低於所規劃之電池SOC放電路徑且行駛動力需求較大，所以優先使用Genset產生電力來滿足行駛動力需求，若Genset已運轉於 $P_{g,max}$ 仍無法滿足動力需求，不足的部分將由電池輸出電力補足；第5區塊：此範圍內電池SOC低於下限值 $SOC_L$ ，Genset需操作在 $P_{g,max}$ ，避免電池過度放電造成電池損壞，若有剩餘電力需對電池充電。

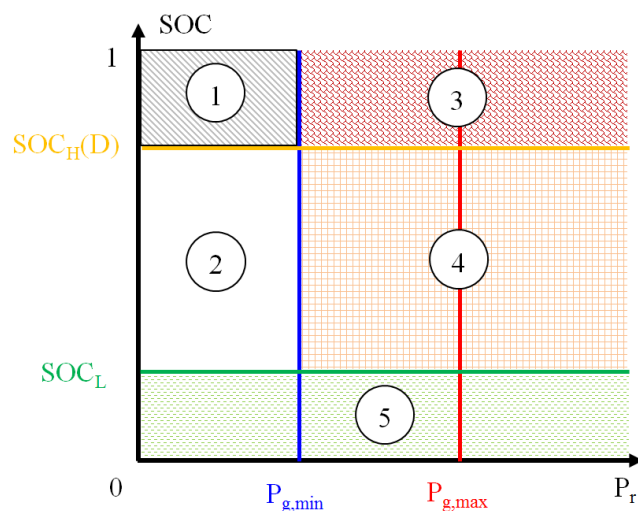


圖 錯誤! 所指定的樣式的文字不存在文件中。1 PFCS控制邏輯圖

由於PFCS控制策略，引擎不只是運轉在最佳效率點，故在模擬時規劃一最佳油耗之操作軌跡，以進行功率需求查表，如圖 錯誤! 所指定的樣式的文字不存在文件中。2所示，可由需求功率求出對應的轉速與扭力。增程式電

動車控制中PFCS控制引擎發電機(Genset)的發電量與駕駛者需求動力直接相關，故發電量變動範圍相當大。需找出引擎發電機最佳操作軌跡，並設計控制器進行軌跡追隨控制，在最佳操作軌跡部分使用引擎燃油效率圖並考慮轉矩變化量及轉速變化量，搜尋最佳化軌跡。在最佳軌跡追隨中使用交互耦合控制(如圖 錯誤! 所指定的樣式的文字不存在文件中。3所示)，同時考慮轉速與扭矩的誤差。利用PID控制器調整軌跡誤差，使引擎發電機能夠更貼近最佳軌跡運轉，提升整體發電效率。

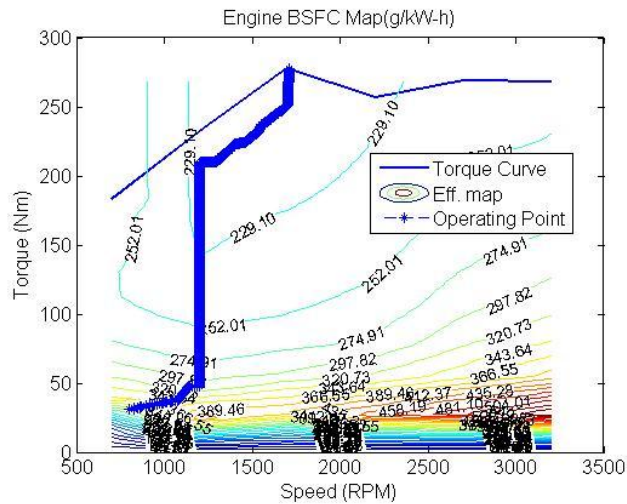


圖 錯誤! 所指定的樣式的文字不存在文件中。2 125kW引擎操作軌跡圖

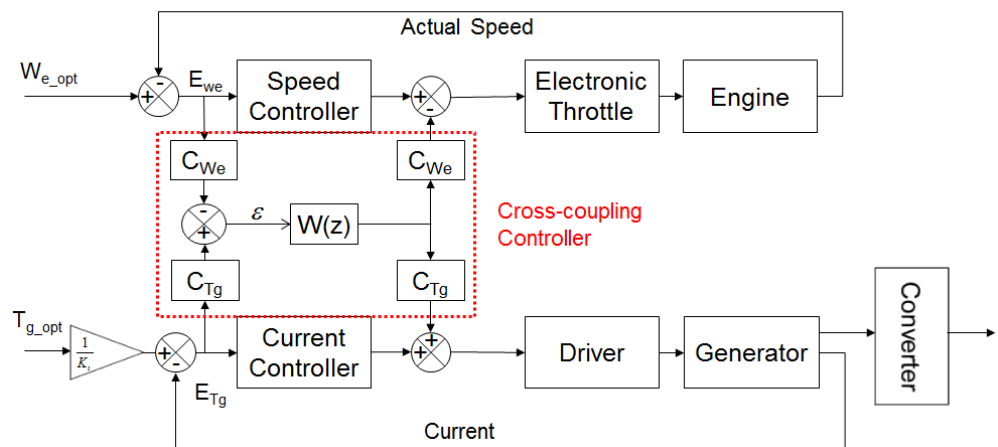


圖 錯誤! 所指定的樣式的文字不存在文件中。3 交互耦合控制架構

#### □ Genset最佳操作點規劃與控制結果

REEV行進時控制器將駕駛者功率需求以及目前Genset操作軌跡換算獲得轉速及扭力需求，由引擎控制器進行扭力控制，發電控制器進行轉速控制，由圖 錯誤! 所指定的樣式的文字不存在文件中。4可看出於轉速命令變化時發電機為了追隨轉速變化而偏離操作軌跡，因此扭力變化跳動較大，但由發電機效率圖可看出，發電機扭力的跳動對整體Genset效率影響相對於引擎扭力跳動小，故此控制結果Genset效率較理想，因此本研究透過此一控制架構使引擎能夠維持於較佳的操作區間，由圖 錯誤! 所指定的樣式的文字不存在文件中。5可看出Genset可滿足預先設定之功率需求。

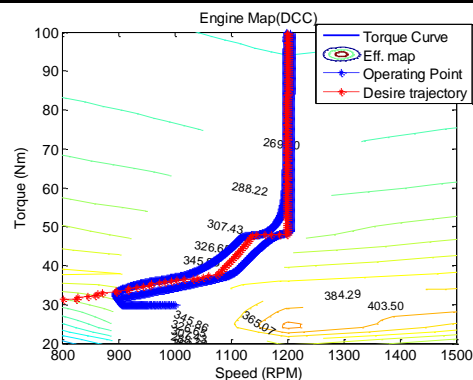
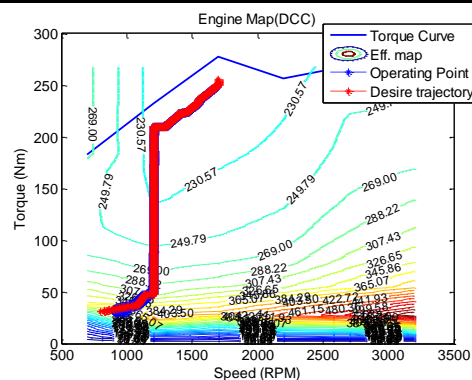


圖 錯誤! 所指定的樣式的文字不存在文件中。4 扭力控制結果圖(右為放大圖)

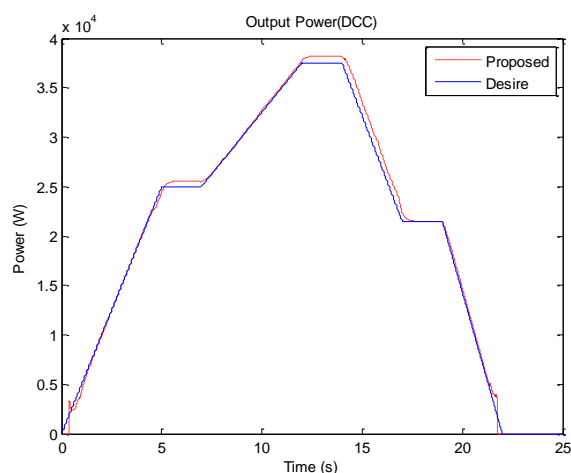


圖 錯誤! 所指定的樣式的文字不存在文件中。5 參考功率及實際輸出功率

#### □ 結論及後續建議工作

本計畫針對增程型引擎發電機模組依據目標車輛規格發電控制策略建立，預期相較柴油巴士車輛可改善16.5%之油耗表現。後續透過實車搭載測試發電機系統與控制策略之實際效能表現，可進一步調整及修正控制系統，提高整體效率表現。

#### 參考文獻

- [1] <http://www.moeaboe.gov.tw/>
- [2] C. Bacher and G. Hohenberg, "Electric Vehicle with Combustion Engine Assist (EV-CEA)," *SAE Technical Paper 2011-24-0069*, 2011.
- [3] S. G. Wirasingha and A. Emadi, "Classification and Review of Control Strategies for Plug-In Hybrid Electric Vehicles," *Vehicular Technology, IEEE Transactions on*, vol. 60, pp. 111-122, 2011.
- [4] J. P. Gao, G. M. G. Zhu, E. G. Strangas, and F. C. Sun, "Equivalent fuel consumption optimal control of a series hybrid electric vehicle," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, vol. 223, pp. 1003-1018, 2009.

註：1.請計畫執行單位上傳提供較具策略性的知識物件，不限計畫執行有關內容。  
2.請計畫執行單位每季更新與上傳一次，另有新增政策建議可隨時上傳。

3.文字精要具體，量化數據盡量輔以圖表說明。