



油壓混合動力車發展及零組件設計

陳志鏗 教授
大葉大學機械與自動化工程學系
2015/12/10

1

陳志鏗教授個人簡介

- 大葉大學機械與自動化工程學系教授
- 大葉大學國際暨兩岸交流處 執行長
- 美國凱斯西儲大學控制系統工程博士 (1993)
- 臺灣成功大學機械系學士(1986)碩士(1988)
- 研究專長：機械固力、控制工程、油壓系統
- 近年研究：
 - 能源節約於液壓傳動與控制系統之研發
 - 主動式車輛防撞電控系統開發與實作
 - 車身動態穩定控制系統硬體回路模擬與實車驗證
 - 汽車線傳煞車系統之分析發展與實作
 - 機車操控機器人設計與騎乘控制之研究

System Dynamic Simulation and Control Lab
System Dynamics Simulation and Control Lab

2



大綱

液壓混合動力車簡介

- 液壓混合系統原理
- 實際商業產品

液壓混合動力系統模擬

液壓混合動力硬體與實車測試

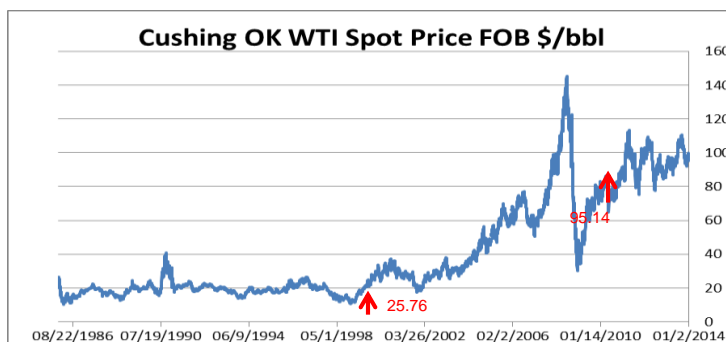
結論

System Dynamic Simulation and Control Lab



前言

- 國際原油飆漲近4倍
- 全球暖化及氣候變遷，面臨環境保護的困難
- 2015年後，各國車輛排放標準將趨嚴格



西德州原油 (West Texas Intermediate · WTI)
 U.S. Energy Information Administration, "Spot Prices," http://www.eia.gov/dnav/pet/pet_pri_spt_s1_d.htm

System Dynamic Simulation and Control Lab

4



各國未來碳排及能耗標準

比較參考：2013年 Honda Fit 車種，車重1100 kg，排氣量1497 c.c.
市區11.08 km/l，高速17.63 km/l，平均14.5 km/l

國家	2015年後標準 (以EC歐盟測試標準)	
歐盟	碳排量：130 g/km 油耗量：19.2 km/l	
日本	碳排量：172 g/km 油耗量：18.6 km/l	
美國	碳排量：250 g/mile(172 g/km) 油耗量：15.1 km/l	(2016年後) (2016年後)
中國大陸	油耗量：14.3 km/l	
韓國	碳排量：140 g/km 油耗量：14.7 km/l	
臺灣	碳排量：163 g/km 油耗量：14.1 km/l	(2013年底增訂排放標準)

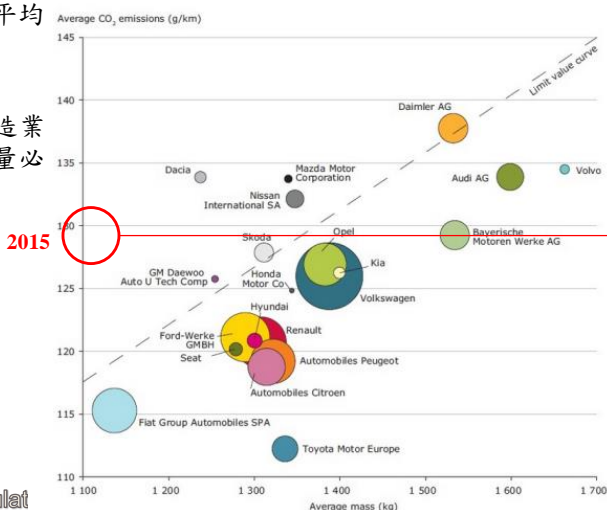
5



歐盟2012年車廠碳平均情況

Figure: Distance to 2012 target by individual manufacturers in 2010 (only manufacturers registering > 100 000 vehicles in Europe)

- 2012年，歐盟國家新車平均碳排量為140.3 g/km
- 2015年開始強制規定製造業者出廠新車，平均碳排量必須要低於130 g/km



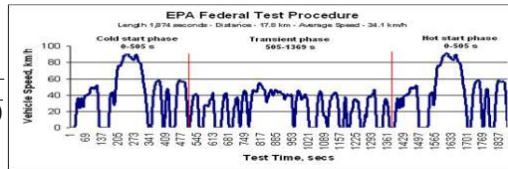
System Dynamic Simulat



測試方式

美國FTP-75

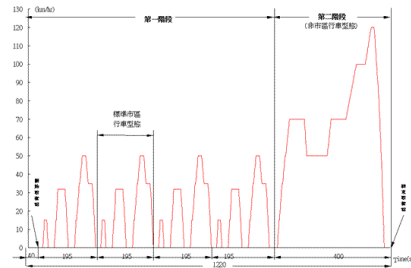
$$\text{測試值}(km/L) = \frac{l(km)}{\frac{0.55}{\text{市區油耗}(km/L)} + \frac{0.45}{\text{高速公路油耗}(km/L)}}$$



歐盟1999/100/EC

市區測試：780秒，約4公里
 高速測試：400秒，約7公里

$$\text{測試值}(km/L) = \frac{\text{市區測試里程}(km) + \text{高速公路測試里程}(km)}{\frac{\text{市區測試里程}(km)}{\text{市區油耗}(km/L)} + \frac{\text{高速公路測試里程}(km)}{\text{高速公路油耗}(km/L)}}$$



System Dynamic Simulation and Control Lab

7



混合動力系統的發展現況

- **混合動力車輛**是使用二種能源以上動力來源的車輛，目前混合動力車大多為**油電混合**，能源來自電池及內燃機，作為由純引擎車轉到純電動車的過渡技術。
- 「電動車」幾乎是未來車輛發展主流，但現今電池成本較高，充電、續航力等問題也尚待解決，混合動力車不失為短中期的可行解決方案，但對較大型的車輛需要大功率的電動馬達及電池，還是存在一些需要克服的技術。
- **液壓傳動控制系統**常被應用於車輛、工業以及飛機的應用上，它具有大功率、良好的控制性、系統安裝具有較大的彈性以及快速的動態回應等優點，液壓系統已發展相當長的時間，現今已發展出相當多的液壓元件以及各種不同的回路設計方法。
- **液壓混合系統**具有高功率密度的特點，短時間內釋放和儲存能量的能力強，在中、重型車輛和工程機械具有很強的競爭力。

System Dynamic Simulation and Control Lab

8



Parallel Hydraulic Hybrid Vehicle

Source: Howstuffworks, How Hydraulic Hybrid Work
<http://auto.howstuffworks.com/hydraulic-hybrid2.htm>

System Dynamic Simulation and Control Lab

9



傳統車輛與混合動力系統



➤ 傳統傳動

- ◆ 無剎車能回收
- ◆ 引擎於啟動後低轉速運轉，效率低
- ◆ 此為傳統傳動車輛能源效率不佳主因



➤ 油電混合傳動

- ◆ 由發電機發電可進行煞車能回收
- ◆ 低轉速運轉區域以電動馬達驅動，提升效率
- ◆ 以電池儲能



➤ 油油混合傳動

- ◆ 由液壓泵充壓進行煞車能回收
- ◆ 低轉速運轉區域以液壓泵/馬達驅動，提升效率
- ◆ 以蓄壓器(鋼瓶)儲能

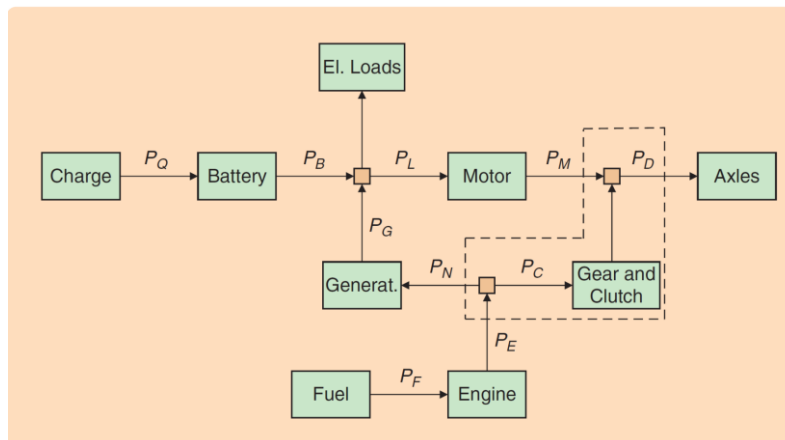
Source: INNAS Ltd., Niederland

System Dynamic Simulation and Control Lab

10



HEV 之能量流動控制圖



11

System Dynamic Simulation and Control Lab



TOYOTA Camry



12

System Dynamic Simulation and Control Lab

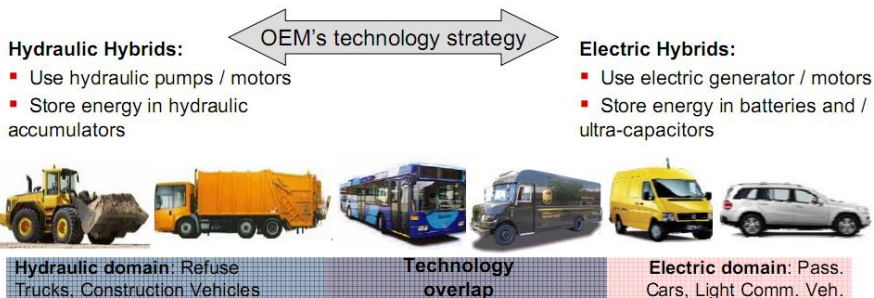


Overview of Hybrid Vehicle

Hybrid comes from the Latin and means:

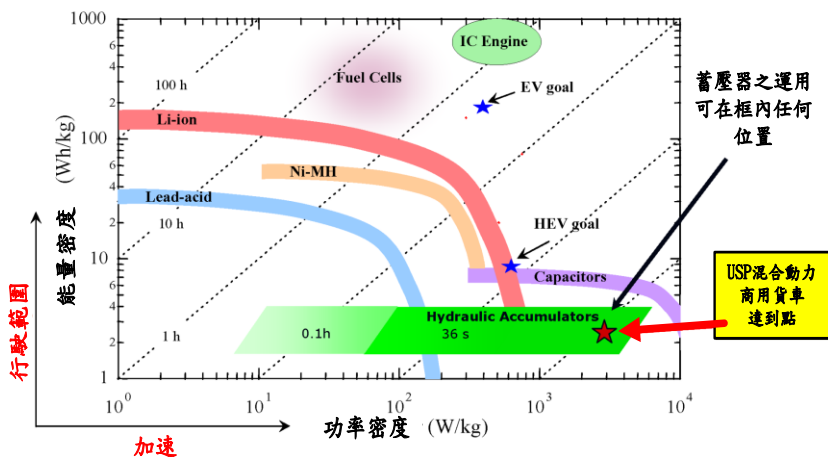
→ “mixed, having two origins”

- Hybrid vehicles use two types of energy to achieve optimal propulsion.



前言(續)

- 各種蓄能器比較



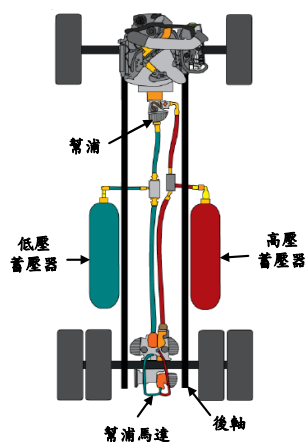


油電、油油混合的發展優缺點

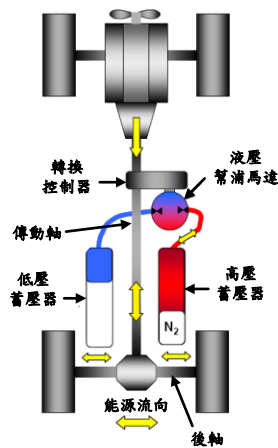
	油電混合	油油混合
蓄能裝置	電池 <ul style="list-style-type: none"> • 充電時間長 • 製造過程帶來大量環境污染 • 電池技術進步將可作為純電動車 	蓄壓器 <ul style="list-style-type: none"> • 蓄壓鋼瓶儲放能量少，故不能單獨作為主要動力源 • 蓄壓鋼瓶重量、體積大
驅動裝置	電動馬達\發電機 <ul style="list-style-type: none"> • 大功率的電動馬達體積、重量較大 	液壓馬達\泵浦 <ul style="list-style-type: none"> • 同功率的產品比電動馬達的體積、重量小 • 需要高機械效率的液壓泵、馬達
煞車回收	使用輪內馬達作為發電機產生煞車力，發電電能充電到電池儲存但充電效率不佳	使用油壓泵浦將低壓油打入高壓蓄壓器儲存，起步時釋放高壓油來驅動油壓馬達



串聯式與並聯式系統



串聯式液壓混合系統
(無傳動軸)



並聯式液壓混合系統
(有傳動軸)

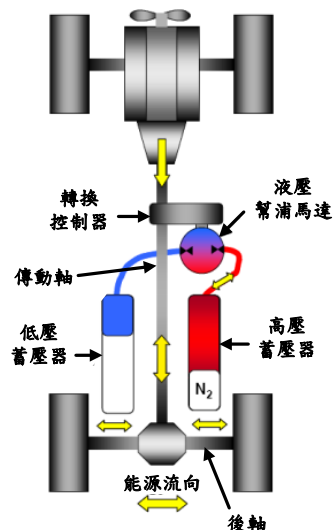
System Dynamic Simulation and Control Lab

16



並聯式液壓混合動力車

- 保留原車引擎驅動能力，液壓系統變為輔助
- 機械結構變動不大，較容易實現
- 控制器設計不需太複雜更動
- 引擎及液壓馬達可有加成效果，同時輸出具有較大加速性



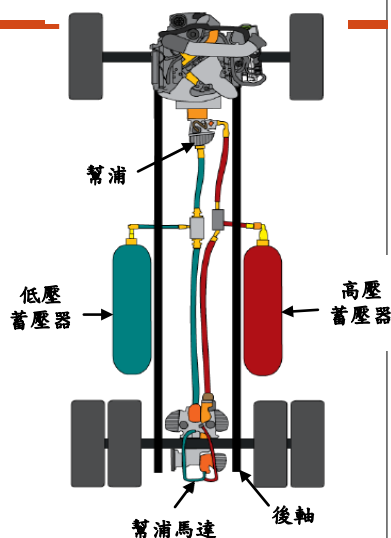
System Dynamic Simulation and Control Lab

17



串聯式液壓混合動力車

- 引擎運轉直接連接幫浦輸出液壓動力
- 引擎僅負責穩定運轉發電，因此較容易控制其排汗程度，引擎配置位置也較彈性
- 引擎操作點控制較容易，油耗表現較並聯式來的好
- 車輛加速性能由液壓馬達提供，無法如並聯式系統可以同時引擎+液壓馬達驅動而有較高的加速性能



System Dynamic Simulation and Control Lab

18



目前已推出之液壓混合車輛

廠商	適用底盤	ARTC資料整理
Bosch Rexroth	<ul style="list-style-type: none"> Mercedes-Benz / 臺灣大東車體公司 - Atego 1524(大貨車) 	
Eaton	<ul style="list-style-type: none"> Crane carrier - hydraulic hybrid(重型底盤) Peterbilt Motors - Model 320 Hybrid HLA(大貨車) 	
Parker Hannifin	<ul style="list-style-type: none"> Autocar - Xpeditor E3(大貨車) Altair ProductDesign - LCO-140H(公車) Daimler / Freightliner Custom Chassis Corporation - WALK-IN VAN(中型底盤、中型客貨車) 	
Lightning Hybrids	<ul style="list-style-type: none"> GM、Ford、Freightliner與Isuzu之2008車型年後的中重型車輛，采售後改裝。 	
北京嘉捷博大汽車	<ul style="list-style-type: none"> 中國第一汽車集團公司 - CA6113D116-1N(公車) 北京市京華客車有限責任公司 - BK6113K1(公車) 	
上海交大神州汽車	<ul style="list-style-type: none"> 廈門金龍汽車集團股份有限公司 - XML6115J13(公車) 上海申沃克車有限公司 - SWB6106HG(公車) 宇通客車股份有限公司 - ZK6118HGA(公車) 武漢東風揚子江客車有限公司 - WG6120NHAE(天然氣液壓混合動力公車) 	

System Dynamic Simulation and Control Lab



大綱

液壓混合動力車簡介

液壓混合動力系統模擬

- 液壓混合動力系統架構
- 三種控制方式

液壓混合動力硬體與實車測試

結論

System Dynamic Simulation and Control Lab

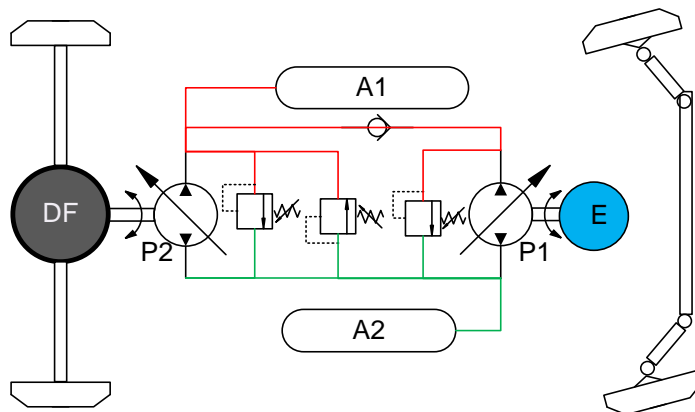


研究方向

- 探討串聯式液壓混合動力車輛的**行車控制模擬**，以及**能量管理優化**等課題
- 藉由商用控制及分析軟體Matlab/Simulink中建立其專用分析模擬及控制程式，逐步設計並分析液壓混合動力車輛的各項動作功能、系統架構、系統油路與行車控制方式
- 與**車輛研究測試中心**合作進行之小型液壓混合動力車輛組裝之工作，協助設計車輛適用的**液壓回路及電控設備**
- 針對液壓混合動力車輛各項**工作模式**，配合電控設備所裝設之蓄壓器壓力計、車輪轉速計、類比輸入輸出、以及開關燈號等設計其**控制邏輯**，設計好之控制架構將先行以分析模擬軟體進行驗證

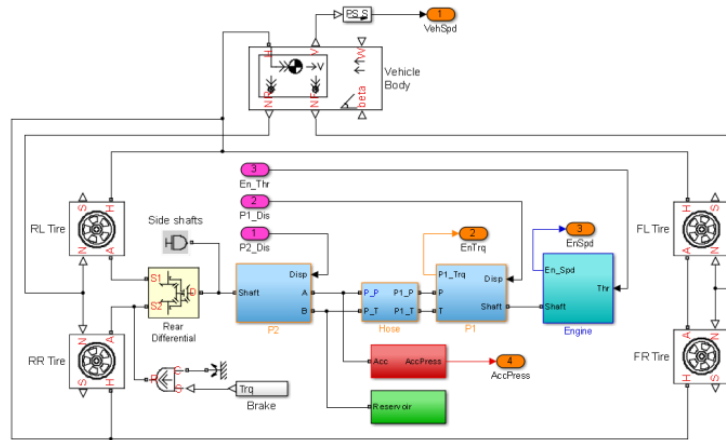


System Configuration and Modeling





System Configuration and Modeling



System Dynamic Simulation and Control Lab

23



System Configuration and Modeling

- The dynamics of the SHHV can be presented by following equation:

$$\dot{\omega}_e = \frac{u(k_1 + k_2\omega_e + k_3\omega_e^2) - x_1 D_1 p_h \eta_{r, P1}}{J_e + J_{P1}}$$

$$\dot{p}_h = \frac{\beta \left(x_1 D_1 \omega_e - x_2 D_2 v \frac{i_{df}}{r_w} \right)}{\left(1 + \frac{\beta}{V_h} \frac{1}{k} V_{A1} p_{pr, A1}^{1/k} p_h^{-(k+1)/k} \right) V_h}$$

$$\dot{v} = \frac{x_2 D_2 p_h \frac{i_{df}}{r_w} - \frac{1}{2} \rho C_d A_f v^2 - mgf_r}{m}$$

System Dynamic Simulation and Control Lab

24



System Configuration and Modeling

- A nonlinear model of the SHHV is in the form:

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t)$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{g}(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t)$$

where

$$\mathbf{x} = [\omega_e \ p_h \ v]^T$$

$$\mathbf{y} = [v \ p_h \ \omega_e \ T_e]^T$$

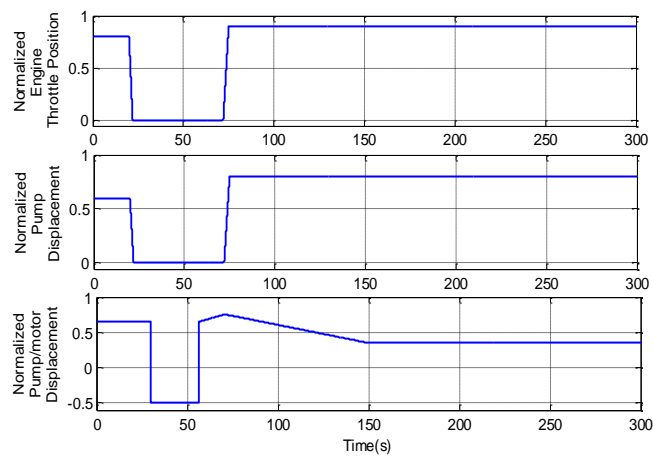
$$\mathbf{u} = [u \ x_1 \ x_2]^T$$

System Dynamic Simulation and Control Lab

25



System Configuration and Modeling

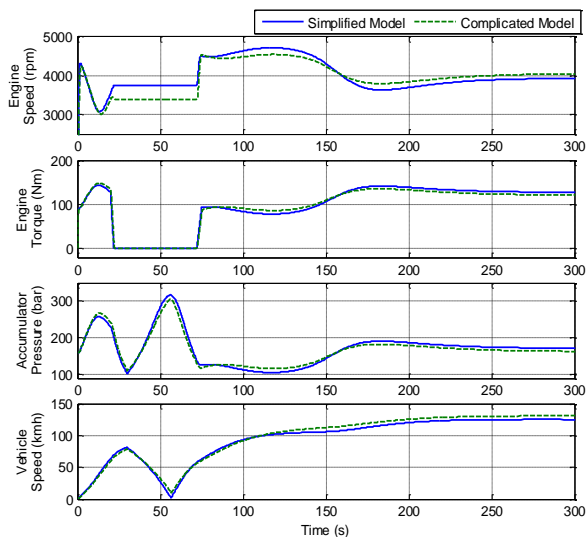


System Dynamic Simulation and Control Lab

26



System Configuration and Modeling

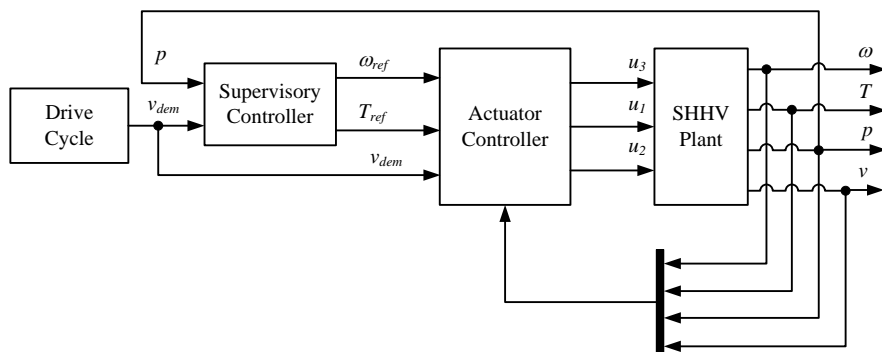


System Dynamic Simulation and Control Lab

27



Diagram of the SHHV Control System

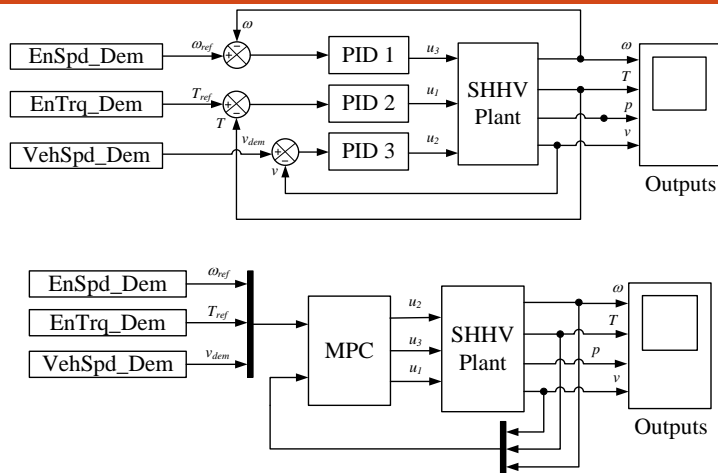


System Dynamic Simulation and Control Lab

28



Low-level Controller: PID and MPC



Model Predictive Control (MPC)

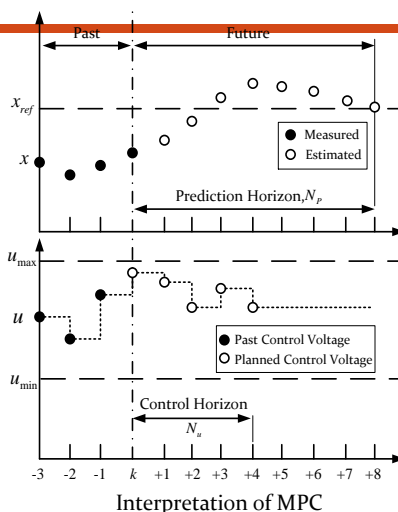
- MPC is online optimize controller and better deal with constraints of the system
- The future control voltage to optimize the position tracking is respect to following cost function

$$J(k) = \sum_{i=1}^{N_p} \|x_{ref}(k+i) - \hat{x}(k+i)\|_{Q(i)}^2 + \sum_{i=0}^{N_c-1} \|\hat{u}(k+i)\|_{R(i)}^2$$

- The control signal is limited by

$$u_{min} \leq \hat{u}(k+i) \leq u_{max}$$

where \hat{u} and \hat{x} are prediction terms





MPC Design: Linearization

- In order to apply linear model predictive control framework, the nonlinear model of the SHHV must be linearized. The linear model is in the form:

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{Ax} + \mathbf{Bu} + \mathbf{F}$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{Cx} + \mathbf{Du} + \mathbf{G}$$

where:

$$\mathbf{A} = \left(\frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}} \right)_{(x_0, u_0)} = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & 0 \\ a_3 & a_4 & a_5 \\ 0 & a_6 & a_7 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{B} = \left(\frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{u}} \right)_{(x_0, u_0)} = \begin{bmatrix} b_1 & 0 & b_2 \\ b_3 & b_4 & 0 \\ 0 & b_5 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ c_1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{D} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix};$$

System Dynamic Simulation and Control Lab

31



Simulation Results

- MPC vs PID
- Integrating with Supervisory Controller

System Dynamic Simulation and Control Lab

32

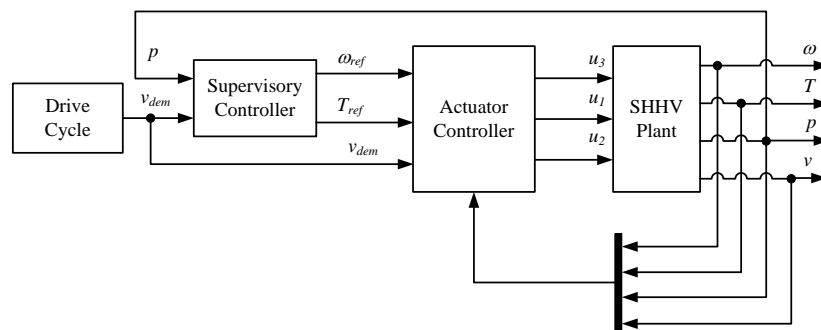


MPC vs PID: Constraint Handling

- To evaluate the capability of constraint handling of the control systems, the SHHV was demanded to work under two conditions, the low and the high target vehicle speeds.
- The engine was demanded to work at a desired operating point, at which the angular speed is 2500 rpm and the torque is 150 Nm.
- The target speed of the vehicle was 50 and 90 Km/h.

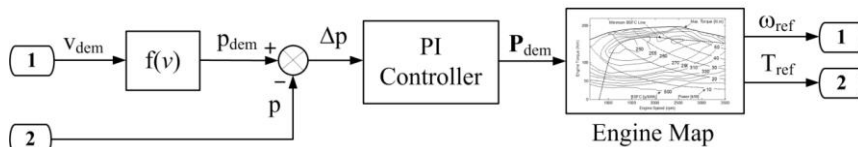


Diagram of the SHHV Control System

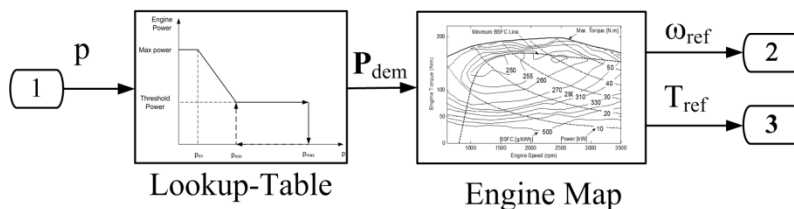




Integrating with Supervisory Controller



Schematic of the Speed-base Control Strategy



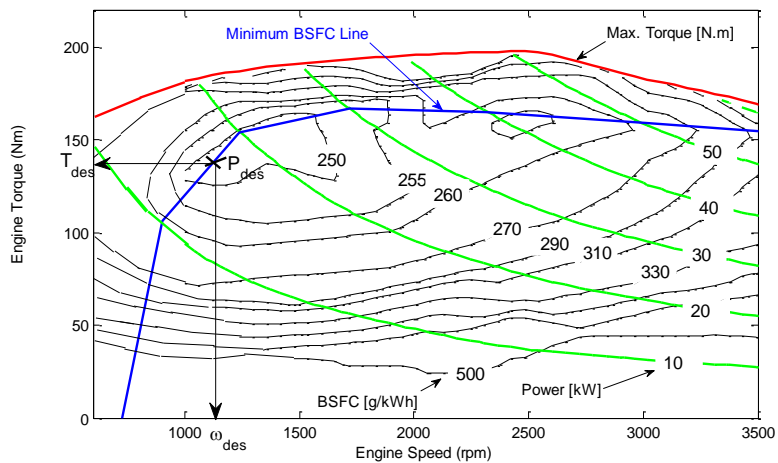
Lookup-Table

Engine Map

Schematic of the Thermostatic Control Strategy

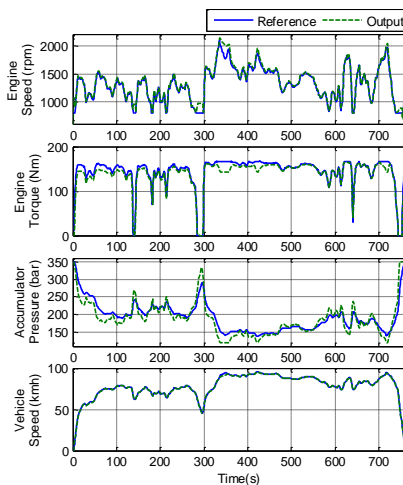
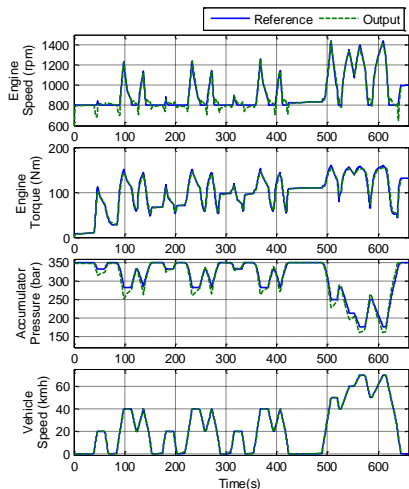


Integrating with Supervisory Controller





Speed-based + MPC

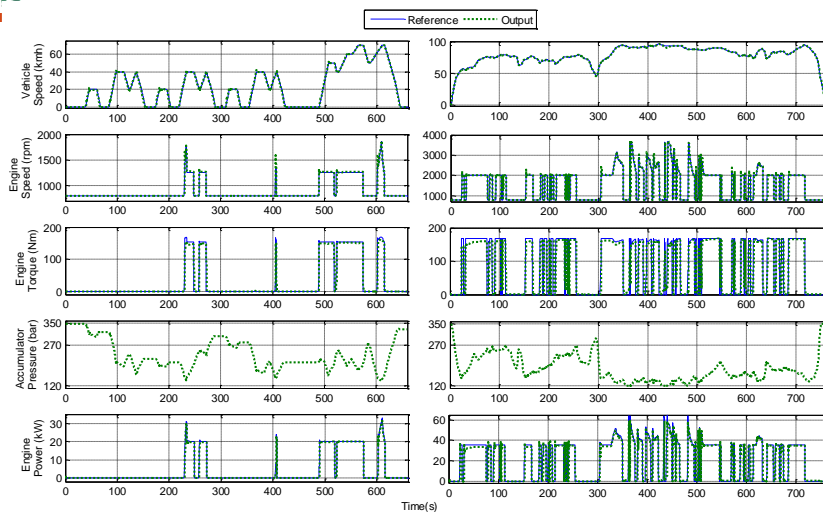


System Dynamic Simulation and Control Lab

37



Thermostatic + MPC



System Dynamic Simulation and Control Lab

38



Fuel Economy

Control Scheme		Average Fuel Economy (km/L)	
		Japan 1015	HWFET
PID	Thermostatic	8.98	8.83
	Speed-based	7.64	9.21
MPC	Thermostatic	16.84	10.76
	Speed-based	14.03	12.35

System Dynamic Simulation and Control Lab

39



大綱

液壓混合動力車簡介

液壓混合動力系統模擬

液壓混合動力硬體與實車測試

- 測試平臺
- 測試車

結論

System Dynamic Simulation and Control Lab



Bosch Rexroth

- HRB系統(Hydrostatic Regenerative Braking system)
- 已在紐約市、柏林、休士頓、芝加哥等10個城市安裝於26噸之垃圾車進行實地測試。
- 並聯式系統其燃料節省率約為**25%**
- 串聯式系統在高速公路行駛約可節省**10%**燃料，在起動或停止時更可節省**50%**左右的燃料。

Parallel Hybrid Applications	Military Vehicles	Refuse Vehicles
<ul style="list-style-type: none"> • Medium to heavy vehicles • Periodic (i.e., start/stop) drive cycles • Regenerative braking • Avg. 25% reduction in fuel use • 4-8x increase in brake life 		
Series Hybrid Applications	Military Vehicles	
<ul style="list-style-type: none"> • Light to medium vehicles • Transmission replacement • High efficiency pumps & motors • Multiple configurations possible • 10% on highway reduction in fuel consumption • 50%+ start stop reduction in fuel consumption 		

System Dynamic Simulation and Control Lab

41



Bosch Rexroth(2)

- HRB系統(Hydrostatic Regenerative Braking system)
- 柱塞式液壓泵浦/馬達(含行星齒輪箱)、蓄壓器、安全泄壓閥、油路閥塊組、電子控制器



42



Bosch Rexroth(3)

原廠規格資料

輸出功率	233 kW
輸出扭矩	1,113 Nm
蓄壓器	皮囊式，32 l × 2 最大：325 bar 起始：120 bar
蓄壓力最大蓄能能力	0.15 kWh (以車輛最大荷重在時速30km/h下)
HRB系統總重	500 kg



System Dynamic Simulation and Control Lab



Bosch Rexroth (4) Hydrostatic Regenerative Braking



Calculated fuel savings for a refuse truck (empty weight 16 t)
during operation (2.25 liter of fuel saving per hour)

Annual operating hours	1,300	1,820	2,340
Fuel savings (liters per year)	2,925	4,095	5,265
CO ₂ reduction (kg per year)	7,750	10,850	13,950

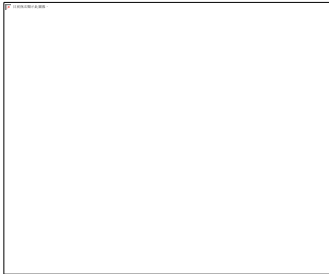
System Dy



Bosch Rexroth(5)

Bosch Rexroth

堆高機，串聯式液壓混合動力系統



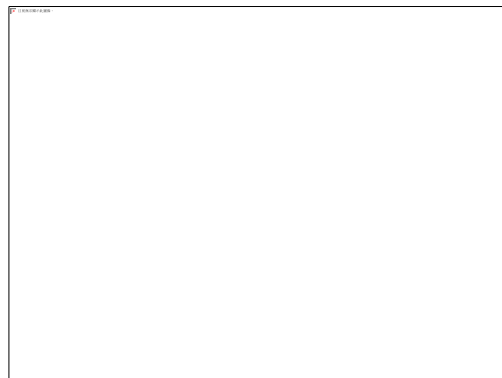
System Dynamic Simulation and Control Lab

45



EPA – Full Series HHV in a UPS Delivery Vehicle

- Real world testing in 2006 and 2007
- 60-70% improvement in fuel economy



System Dynamic Simulation and Control Lab

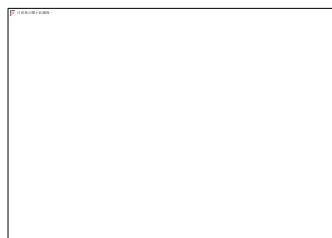
46



Eaton

- Hydraulic Launch Assist (HLA), 為並聯式系統, 可回收約70%的車輛動能轉存為液壓能, 節省燃料消耗約20~30%。
- 將HLA系統加裝到淨重28.5 tons之垃圾車上, 每年約可節省3785 liters的燃料, 減少20%的CO₂和17%的NO_x排放

引擎功率	315 HP
HLA系統總重	1650 lb (750 kg)
最大液壓力	5000 psi (345 bar)
液壓油體總量	21 gallons
輸出扭力	3457 N · m
系統啟動車速限制	25 mph (40 km/h) 以上



System Dynamic Simulation and Control Lab



Parker Hannifin's RunWise System

- 串聯式系統
- 重型運輸工具為研發主要目標
- 在城市道路的場合下可以提供兩個段速操控(低速0~25 mph與高速26~45 mph)
- 高速公路(46~60+ mph)的情況則可另外搭配機構。
- 與AutoCar公司合作, 在南佛羅里達以垃圾車路測一個月。
- 測試結果顯示系統可回收70%的煞車動能、節省42%的燃料耗費, 且煞車壽命將可延長為原來的8倍。

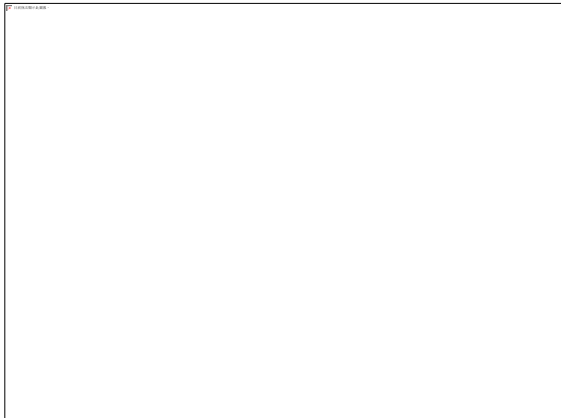


System Dynamic Simulation and Control Lab

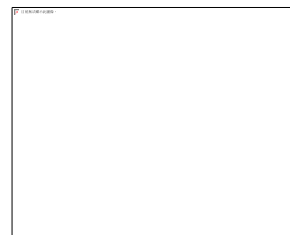


Parker Hannifin

與北美卡車製造商龍頭Freightliner Trucks 公司合作串聯式液壓混合車輛



MT-55 chassis



49

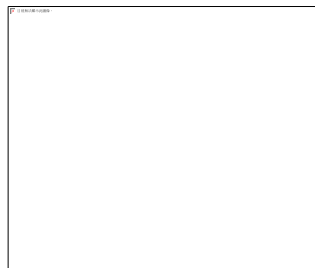
System Dynamic Simulation and Control Lab



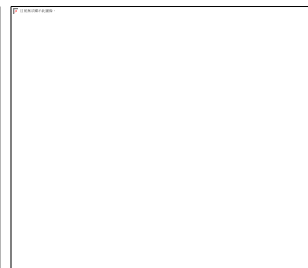
Parker Hannifin

RunWise系統三種控制策略

- **煞車能量回收：**
Parker公司表示RunWise最多可回收約70%煞車動能再利用。
- **引擎最佳化控制：**
引擎與車體傳動軸分離，因此在時速低於70 km/h時，將引擎操作在最佳油耗曲線。
- **引擎“關閉”策略：**
引擎僅在需要驅動液壓馬達時啟動



傳統車輛



RunWise

System Dynamic Simulation and Control Lab



Parker Hannifin

- Parker委託俄亥俄州立大學車輛研究中心針對柴油及壓縮天然氣引擎的RunWise液壓混合動力垃圾車，進行油耗和排放污染的實測：

Low-speed cycle (人口稠密的社區，時速 32 km/h 以下)					
	Fuel econ. (mpg)	CO ₂ (g/mi)	CO (g/mi)	kNO _x (g/mi)	THC (g/mi)
Diesel	0.88	11,007	14.01	3.80	0
Diesel Hybrid	1.31	7,800	7.25	2.29	0.13
CNG	0.61	12,733	61.23	3.25	30.06
CNG hybrid	0.94	8,025	18.6	1.00	3.7

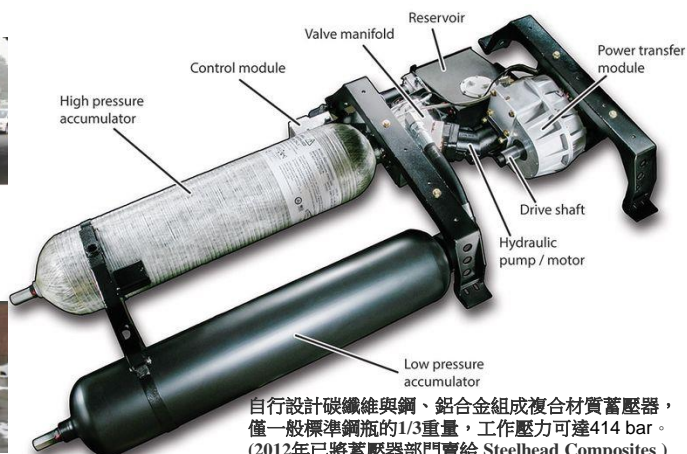
High-speed cycle (開往垃圾收集站的路途，時速 32 km/h 以上)					
	Fuel econ. (mpg)	CO ₂ (g/mi)	CO (g/mi)	kNO _x (g/mi)	THC (g/mi)
Diesel	3.78	2,689	1.16	2.13	0.06
Diesel Hybrid	4.32	2,352	1.6	2.29	0.01
CNG	3.8	2,035	27.75	0.29	4.27
CNG hybrid	4.06	1,928	8.33	0.82	0.11

System Dynamic Simulation and Control Lab



Lightning Hybrids

- GM、Ford、Freightliner與Isuzu 等中重型載客巴士、貨車底盤改裝。

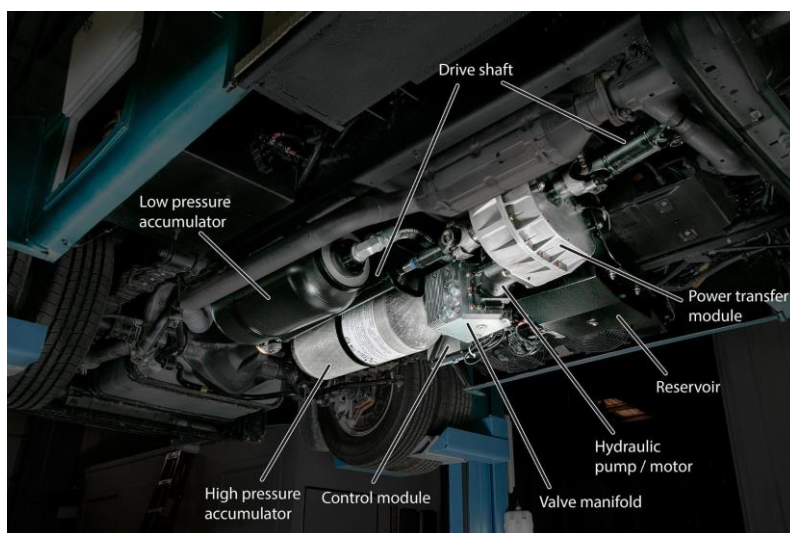


自行設計碳纖維與鋼、鋁合金組成複合材質蓄壓器，僅一般標準鋼瓶的1/3重量，工作壓力可達414 bar。(2012年已將蓄壓器部門賣給 Steelhead Composites)

System Dynamic Simulation and Control Lab



Lightning Hybrids



53



Lightning Hybrids

Kiessling Transit 運輸公司在今年改裝 35 輛 LH's Hydraulic Hybrid 系統的輕型巴士，使用 Ford E450 底盤和 Elkhart Coach 公司車體。經過一整年測試，約改善 30% 油耗。

LH 公司指出在行駛 1 英里走走停停 6 到 8 次的情況下，該系統將獲得最大效率。



LH 公司至今已在英國、加拿大、印度、土耳其、巴西等地進行車輛路試，今年也在英國成立辦公室，將在歐洲市場推廣此並聯式液壓混合系統。

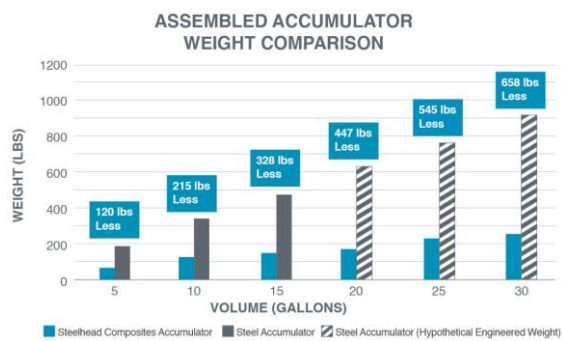
54

System Dynamic Simulation and Control Lab



Steelhead Composites蓄壓器

- 輕量化且高強度的複合材料蓄壓器，工作壓力達 414bar，高於一般產業用 350bar蓄壓器



<http://hydraulicspneumatics.com/accumulators/lighter-side-accumulators>

and Control Lab



Steelhead 蓄壓器規格

Nominal Volume Gal (L)	Operating Pressure psi (Bar)	Overall Length A in. (mm)	Outside Diameter B in. (mm)	Weight lbs. (kgs)
5 (19)	6,000 (414)	26 (660)	12 (305)	72 (33)
10 (38)	6,000 (414)	42 (1067)	12 (305)	120 (54)
15 (57)	6,000 (414)	56 (1422)	12 (305)	150 (68)
20 (76)	6,000 (414)	71 (1803)	12 (305)	175 (79)
25 (95)	6,000 (414)	86 (2184)	12 (305)	220 (100)
30 (113)	6,000 (414)	100 (2540)	12 (305)	250 (113)



System Dynamic Simulation and Control Lab



目前可改裝Lightning Hybrids 系統的底盤商

- **Ford:** E-350 and E-450 all wheelbases; F-350XT, F-450XT, F-550XT 164-inch wheelbase and greater; F-59 all wheelbases; Transit van/wagon 148-inch wheelbase; Transit Cab Chassis 156-inch wheelbase and greater
- **Mercedes-Benz:** Sprinter 170-inch wheelbase cab chassis; Sprinter 170-inch wheelbase van; Atego all wheelbases (Europe); Vario all wheelbases (Europe); Actros all wheelbases (Europe)
- **Freightliner:** MT-45; MT-55; MB-65; M2 106; Thomas Built Saf-T-Liner C2
- **Chevrolet Express / Savana:** Express/Savana – 2500, 3500 series full body 155-inch wheelbase; Express/Savana – 4500 series cutaway 159-inch wheelbase or greater
- **Ashok-Leyland:** Transit Bus (India)
- **DAF:** LF55 (UK)
- **Volvo:** FL (15 tonne) (UK)

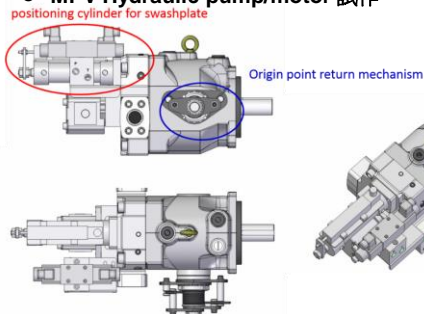
57

System Dynamic Simulation and Control Lab



Yeoshe Hydraulics

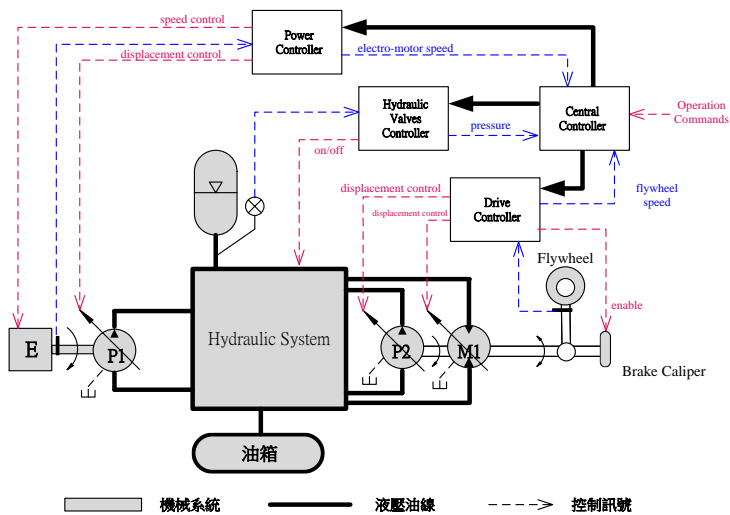
- **MPV Hydraulic pump/motor 試作**



常壓/最大瞬間壓力	350/420 bar
吐出量	63 cm ³ /rev
流量	113.4 LPM(1800RPM)
重量	60 kg
最小/最大轉速	300 / 2100 RPM



目前串聯式HHV實驗台系統架構

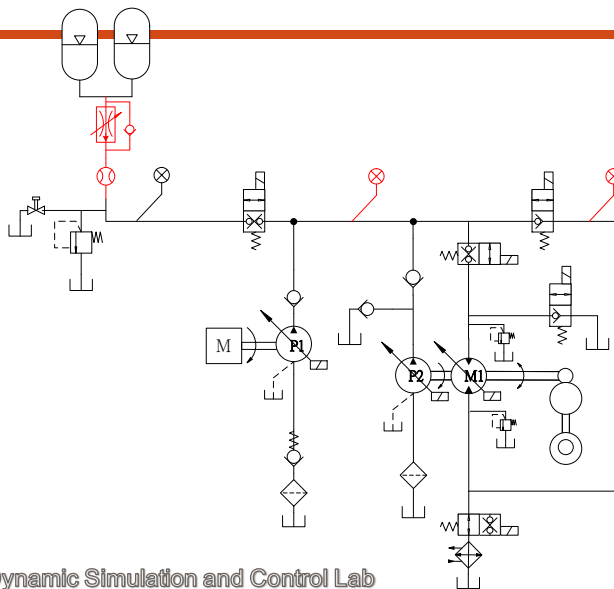


System Dynamic Simulation and Control Lab

61



實驗台油路圖



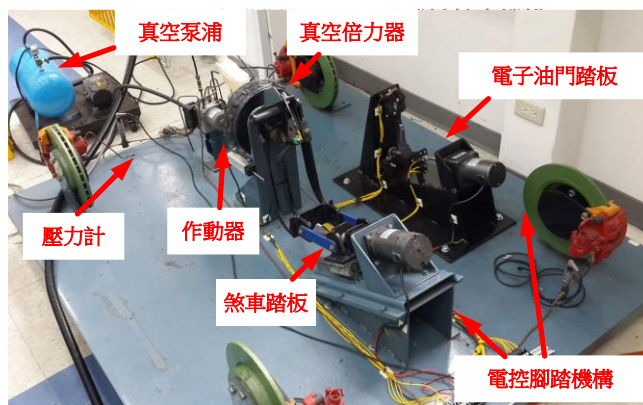
System Dynamic Simulation and Control Lab

62



硬體設備 - 油門煞車踏板平臺

- 透過調控馬達控制腳踏速度、深度等動作，以模擬各種腳踏之行為，作為實際車輛駕駛方式的參考



System Dynamic Simulation and Control Lab

63



硬體設備 - 電動馬達

- 群策電機公司之交流AC感應馬達取代引擎，並與油升公司之定量泵浦P1連接，作為系統動力來源

馬達最高轉速	1740 rpm
馬達功率	30HP
液壓泵浦排量	65cc/rev



System Dynamic Simulation and Control Lab

64



硬體設備 - 變頻器

- 寧茂企業之交流馬達變頻器，用來控制馬達變轉速使用

控制方式	PWN V/F純量控制
Input	0 ~ 10 V 電壓訊號



System Dynamic Simulation and Control Lab

65



硬體設備 - 蓄壓器

- 德國HYDAC賀德克公司進口之皮囊式蓄壓器，儲存高壓能量

Model	SB330-20
容積	20 liter
有效容積	18.4 liter
最大工作壓力	330 bar
最大流量	15 liter/s
重量	50.5 kg



System Dynamic Simulation and Control Lab

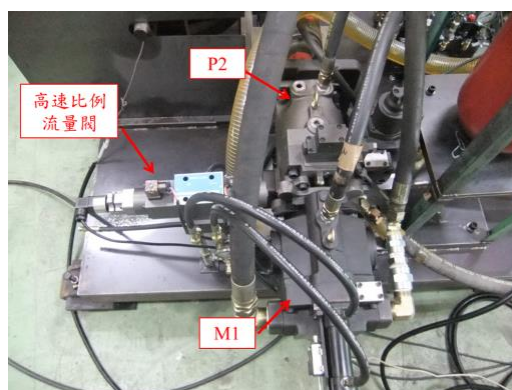
66



硬體設備 - 液壓泵浦/馬達

- 油升油壓公司之可變數軸向柱塞泵浦及定量柱塞馬達改裝，並將兩組件同軸串聯

泵浦最大排量	80 cc/rev
馬達最大排量	70 cc/rev
最大使用壓力	350 bar
最高轉速	2000 rpm
最低轉速	300
重量	60 kg



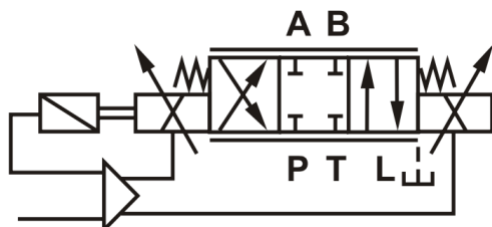
System Dynamic Simulation and Control Lab

67



硬體設備 - 高速比例閥

- 控制前述液壓馬達排量改變之用，使用東峰空油壓公司所制電液壓比例控制閥



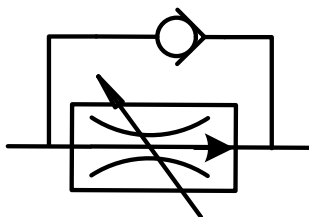
System Dynamic Simulation and Control Lab

68



硬體設備 - 單向節流閥

- 避免蓄壓器在受壓狀態時釋出的瞬間流量過大，會對液壓馬達造成衝擊，使得馬達本身溢流閥被迫打開，形成能量損失，為武漢機械所提供客制化之單向電磁比例節流閥模組



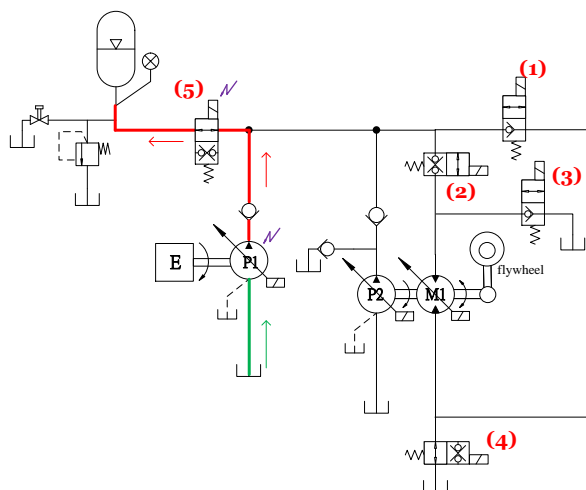
System Dynamic Simulation and Control Lab

69



平臺工作範例：引擎惰轉蓄壓模式(能量回收)

藉由引擎在惰轉(車輛無行走，如停等紅綠燈)時，驅動可變數泵浦P1，連通油箱，將油箱之液壓了透過控制閥5填充入高壓蓄壓器中



System Dynamic Simulation and Control Lab

70

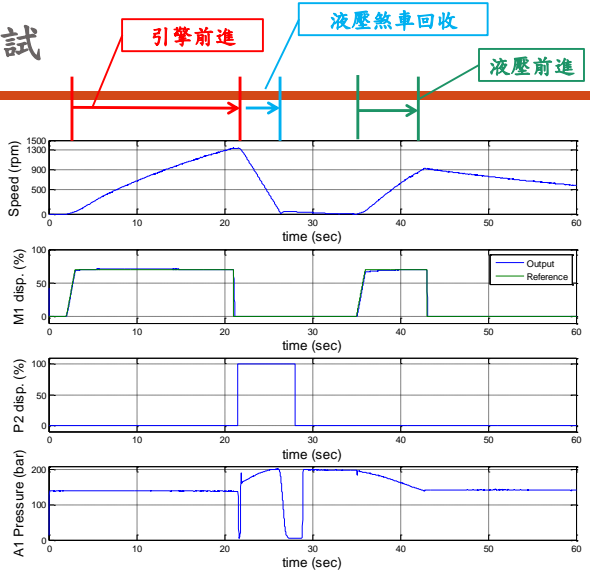


一個迴圈測試

以一個單純加速然後減速，接著加速的駕駛迴圈對實驗平臺進行測試，確定所設計之油路各行車模式皆正確。

由圖中顯示可變數液壓馬達M1的排量控制可達到非常精準的控制。

液壓系浦可變數控制為國內廠商既有成熟技術，可靠度高且已模組化。

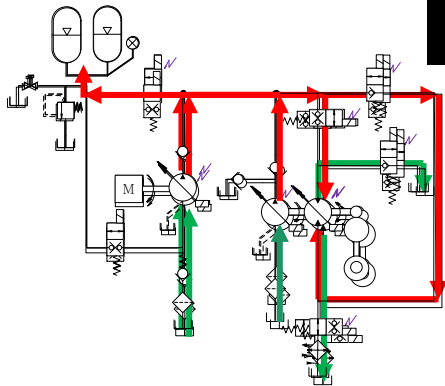


SHHV實驗車輛液壓系統組裝



實車測試影片說明

實際車輛作動影片說明油路控制閥切換
測試車輛倒退、前進和液壓煞車等功能



在停車以後再以腳踩踏機械煞車，使煞車燈亮，證明為使用液壓煞車回收動作

73



大綱

液壓混合動力車簡介

液壓混合動力系統模擬

液壓混合動力硬體與實車測試

結論

System Dynamic Simulation and Control Lab



結論

- 液壓混合動力系統在發展上走的並非是油電/電動車的主流發展方向，而是作為一種讓機械系統工作效率更高的控制技術，回收因煞車而散失的車體動能，使得整體油耗降低，改善能源利用率。
- 液壓混合動力系統的研究不僅僅是應用於車輛工業上，液壓傳動為工業界常見且成熟的技術，廣泛應用於各式運輸、工程機械中，相關元件的開發改良皆可應用在各種**大型油壓驅動機械**的場合上。
- 目前國外許多廠商開發之產品顯見此項技術的可行性，而**高效率之組件**油壓幫浦/馬達之研發有其必要性，如何突破研發困境、如何進行產學合作，也是值得考慮的一個方向。

System Dynamic Simulation and Control Lab

75



報告完畢，感謝聆聽

