

從馬達設計到數位模擬：

東元如何建構智慧機電模組化平台
應用在人型機器旋轉關節模組開發

饒達仁

東元電機股份有限公司技術長

擁抱 3D UNIV+RSES - AI 驅動產業革新





從馬達設計到數位模擬 東元如何建構智慧機電模組化平台



3DEXPERIENCE™



分享大綱

東元電機公司簡介

MODSIM 如何協助東元電機建構模組化平台

東元旋轉關節模組(M1)介紹

MODSIM 對東元整體效益



公司願景 Company Vision

成為全球電氣化、智能化與綠色能源的
核心發展驅動者

The key driver in realizing global electrification,
intelligence, and green energy.

since 1956

Years of excellence in the
industry sector

≈100

Affiliate companies globally

40+

Countries with business
operation

NTD 55B+

Revenue in 2024

14,000

Global employees

全球據點



33

Sales Offices



10

Factories



3

R&D center



S&P Global

©S&P Global 2025.

TECO Electric & Machinery Co., Ltd.
Electrical Components & Equipment

Top 1%

Member of

**Dow Jones
Sustainability Indices**

Powered by the S&P Global CSA

MSCI
ESG RATINGS



CCC B BB BBB A **AA** AAA

RATING ACTION DATE: March 21, 2025

LAST REPORT UPDATE: April 04, 2025



FTSE4Good

- 連續五年入選DJSI道瓊永續指數
- 連續五年獲列S&P國際永續年鑑
- 榮獲MSCI評比AA級
- 獲選FTSE4Good富時羅素社會責任指數
- 連續十一年獲台灣企業永續獎
- 九度榮獲公司治理評鑑前5%



集團事業成就

機電系統暨自動化



工業用馬達台灣市佔第一
中高壓馬達/中小型低壓馬達
全球市占率前五



2024年併購伸昌電機
快速切入全球變壓器
市場

電動車 動力系統



第一家取得DMIT
(設計製造在台灣)
產創計畫資格的動力系統廠

智慧能源



離岸風電變電站：市佔第一 已建/在建 約 2.5GW

提供設備：氣體絕緣開關、中/低壓配電盤、緊急發電機、
空調系統、匯流排



DC資料中心統包工程
已建置 700MW
實績擴及東南亞

創儲運維



儲能案場104MW 電池建置量約168MWh
承包龍潭案場為台電規模最大儲能案



太陽能發電廠
已建置 約23MW

空調暨智慧生活



中小學班班有冷氣專案
商用水冷/氣冷 冰機(全密)
變頻水冷/氣冷 箱型空調機
小冰箱(100升以下) 小鮮綠
最佳ESG冷凍冷藏機組 低GWP環保冷媒(R407H) 國產首創

國產品牌市佔第一

台灣高市佔率

全球電氣化、智能化、綠色能源的核心發展驅動者



together, we empower the Future

分享大綱

東元電機公司簡介

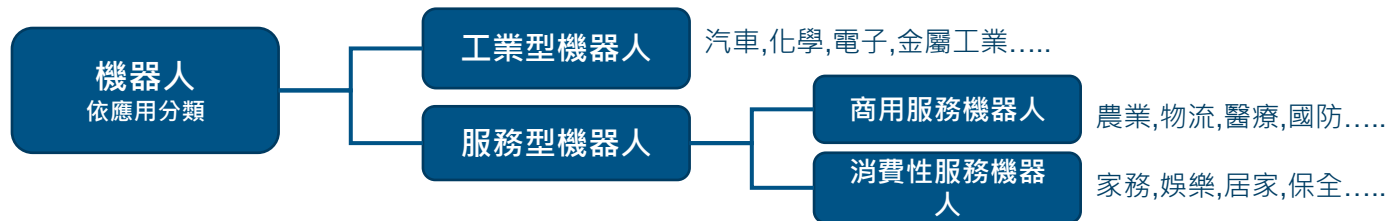
MODSIM 如何協助東元電機建構模組化平台

東元旋轉關節模組介紹

MODSIM 對東元整體效益

東元機器人領域的發展歷程

機器人分類・型態



協作型機器人



自動導引車(AGV)
自主移動機器人(AMR)



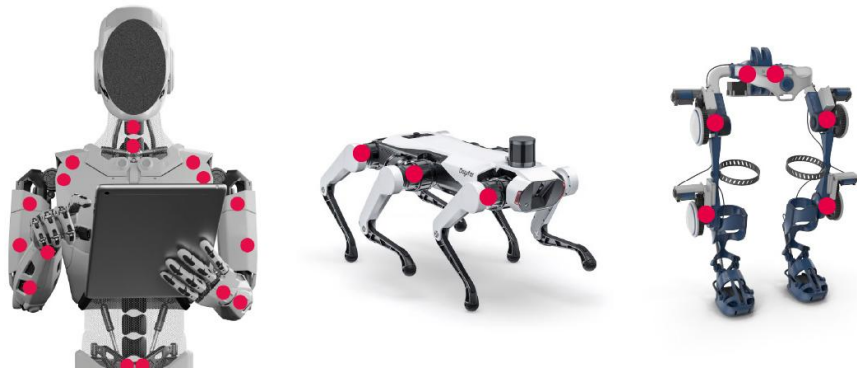
混合式機器人



人型機器人
足型機器人



專為高性能機器人/機器狗而設計的永磁同步電機關節模組，高集成度提供強勁動力，電機與減速器完美整合，適合應用於四足機器人與仿生平台。



東元機器人關節模組系列化的產品發展

高可靠性・多種場景・靈活應用

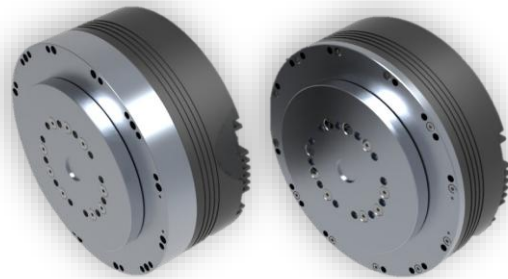
S系列(S1,S2),L系列(L1,L2),M系列(M0,M1,M2)



S系列(S1,S2)



*L系列(L1,L2)



M系列(M1,M2)

電機系統工程 | 特性

電機

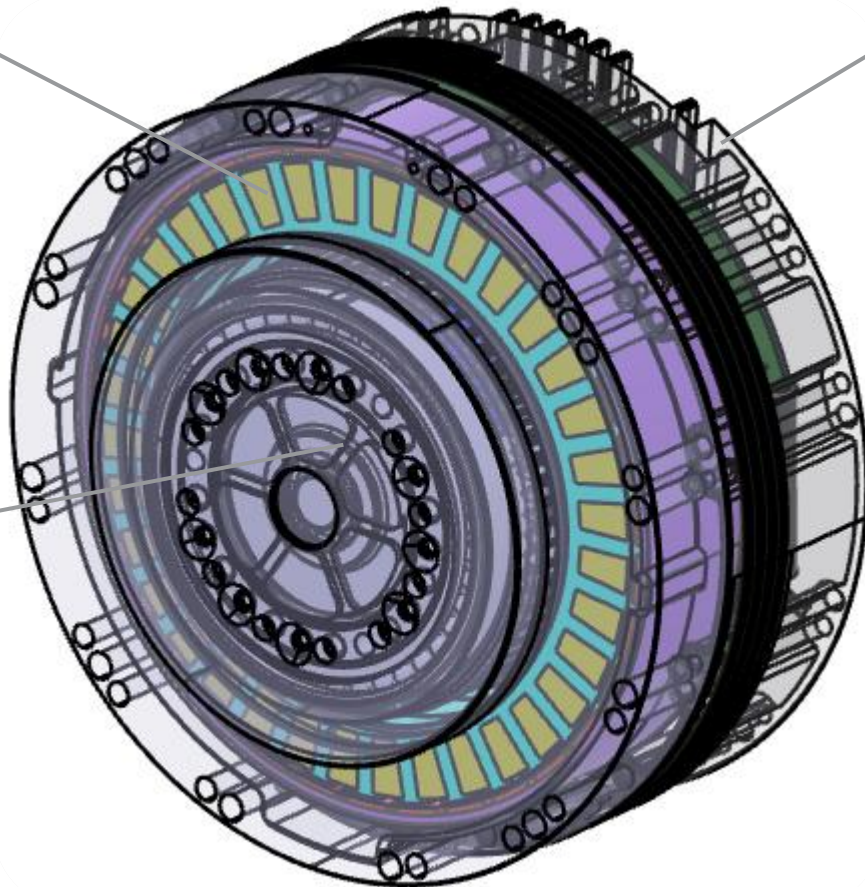
- 高能量密度
- 高速
- 高效率
- 聲學舒適度
- 熱管理

齒輪箱

- 結構輕量化
- 緊湊的設計
- 良好的潤滑
- 效率
- 耐用

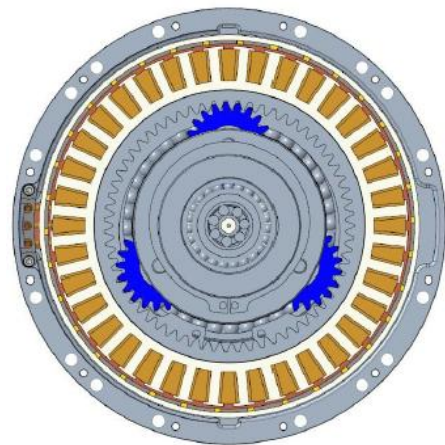
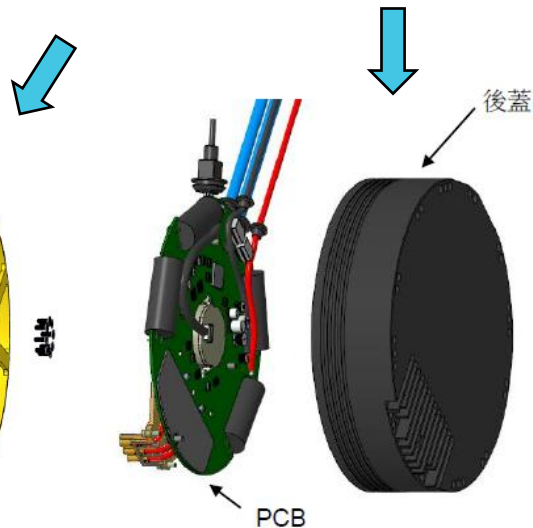
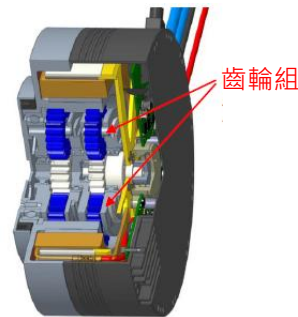
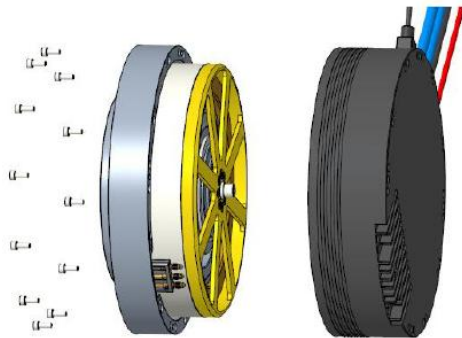
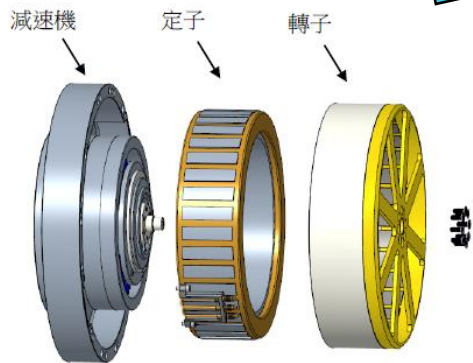
結構外殼

- 剛性及防護
- 結構輕量化
- 散熱
- 降噪
- 機體整合

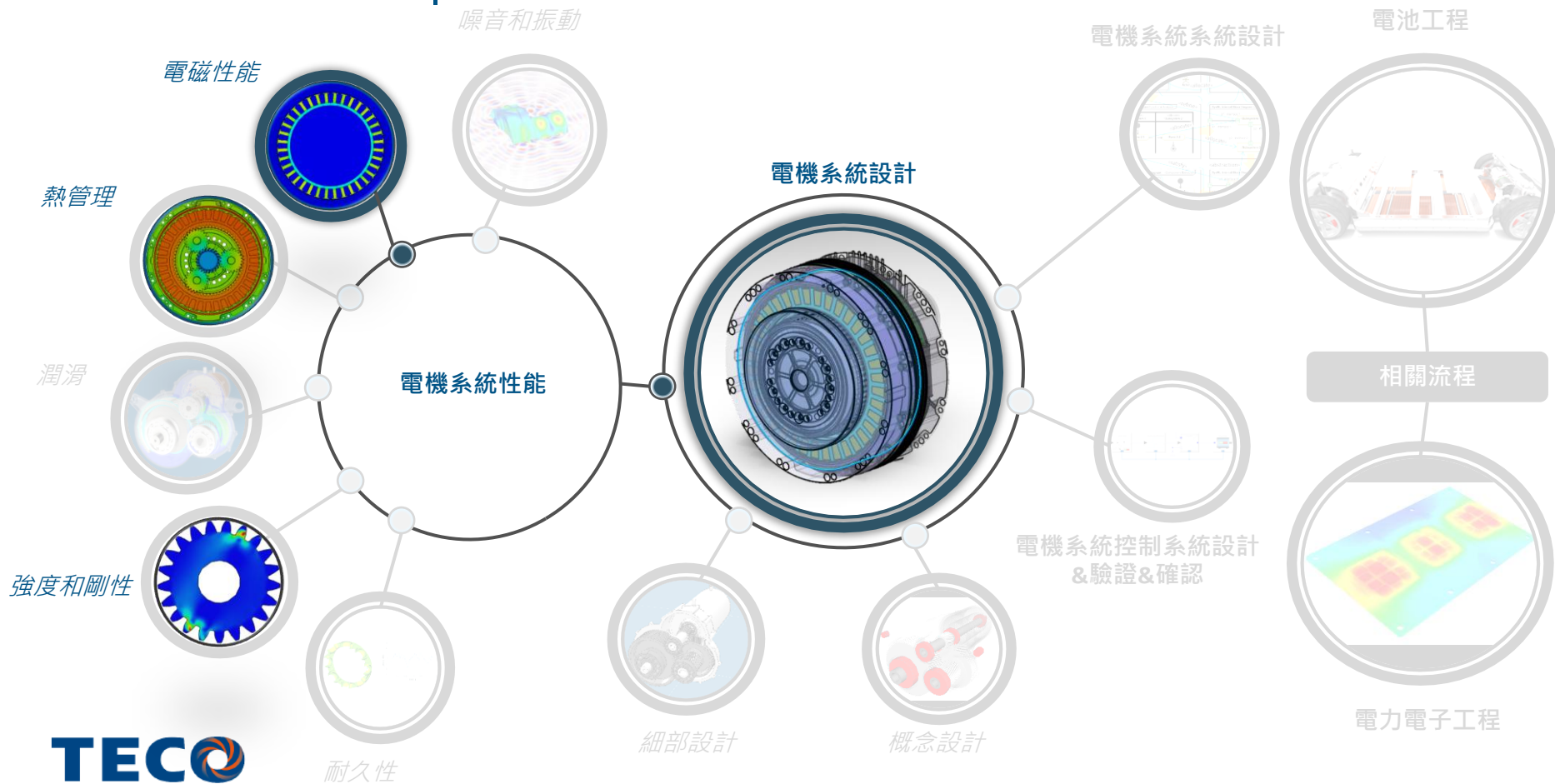


四足機械人關節模組

- 整合馬達、驅動器、減速機與感測器於一體，打造真正的驅控合一動力核心



電機系統工程 | 行業分析設計流程



分析項目及目標:

➤電磁分析：

1. 評估現有設計是否滿足最大轉矩22.5Nm及最大轉速2292rpm之要求
2. 槽極數及槽型最佳化設計

➤應力分析：

1. 評估現有框架結構承受360Nm轉矩，其整體之強度是否足夠
2. 評估減速機承受360Nm轉矩，行星齒及環齒之強度是否足夠

➤熱傳分析：

1. 模組為馬達、減速機及驅動器高度整合設計，評估馬達、減速機及驅動器等損失所產生之熱，能有效地透過殼體結構帶出
2. 在最大轉矩(最大損失)作用下，評估模組可承受多少時間(暫態溫升)

➤振動噪音預估：(執行中)

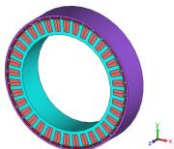
1. 評估連續運轉(15rad/s)下，模組之振動及聲功率表現

電機系統工程 | 電磁性能模擬工作流程

輸入：
額定/最大電流
額定/最大轉速
繞組資訊
材料屬性

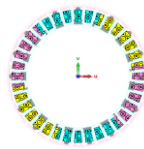
模型準備

- 幾何特徵簡化
- 水密
- 參數化
- 定義橫截面
- 定義材料



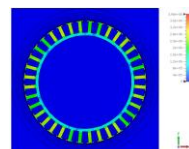
設定場景

- 定義工作點
- 定義激發/載荷
- 求解器控制
- 模型和網格準備



電磁模擬

- 計算 KPI：
轉矩、磁通量、電流、電壓、
功率、效率、損耗



雲端數據管理與一致性



3DEXPERIENCE

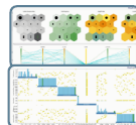
輸出：
額定/最大轉矩
額定/最大性能時的銅損與鐵損
額定/最大性能時的效能

設計審查

- 設計核准
- 更新設計規範

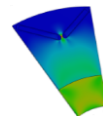
設計探索

- 轉子/定子橫截面的參數最佳化
- 設計空間探索
- 權衡和敏感性分析



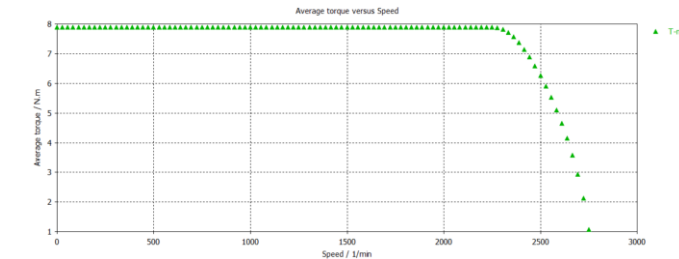
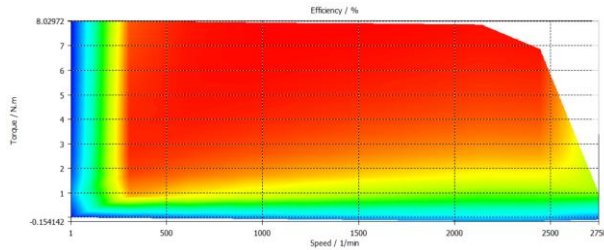
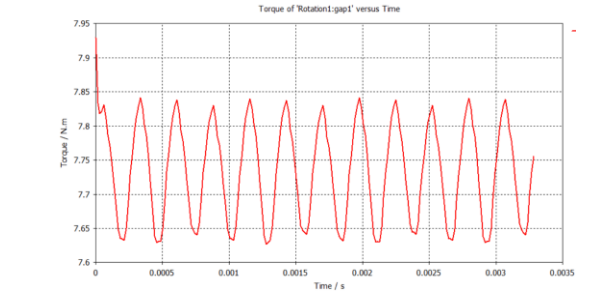
結構有限元 (FEM)

- 計算 KPI：
離心應力



電機模擬結果

- Rated Current: Torque



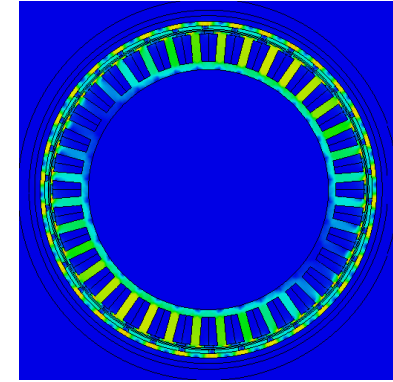
- Rated Current: Losses

Winding loss	4X W
Ohmic loss (magnets)	3X W
Iron loss (total)	15X W
- Iron loss (stator)	14X W
- Iron loss (rotor)	1X W
Total loss	24X W

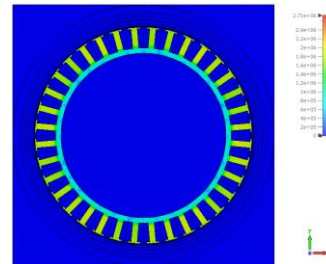
Taking maximum power = 1740 W

Therefore efficiency = $\frac{1740 - 246.7}{1740} = 85.8\%$

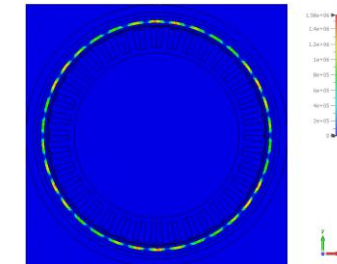
- Rated Current: B Field



Iron Loss (Stator)



Iron Loss (Rotor)



電機系統工程 | 電機熱管理模擬工作流程

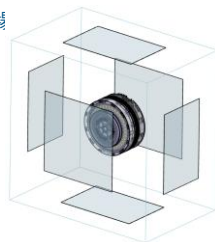
輸入：
CAD 幾何模型
運作模式
驅動元件熱源
銅損與鐵損
材料屬性

- 幾何簡化
- 參數化
- 固體和流動區域
- 流體和固體截面和材料



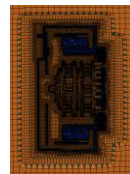
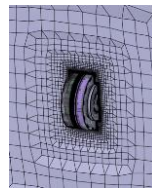
模型準備

- 定義流體和/或固體物理場
- 初始條件和負載條件
- 共軛熱傳導 (CHT)
- 輸出需求



設定邊界條件

- 自動流體範圍提取
- 使用 Hex、Tet、Wedge 等進行實體和流體網格劃分
- 全域和局部細化 (體積、表面)
- 網格品質分析
- 重新網格劃分



網格

雲端數據管理與一致性

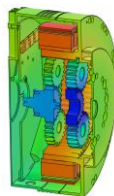
執行求解

- 本地或遠端操作
- 本地或雲端執行
- 即時作業監視器



結果分析

- 磁性元件溫度
- 驅動板溫度
- 外殼溫度
- 繞組溫度



修改設計/條件

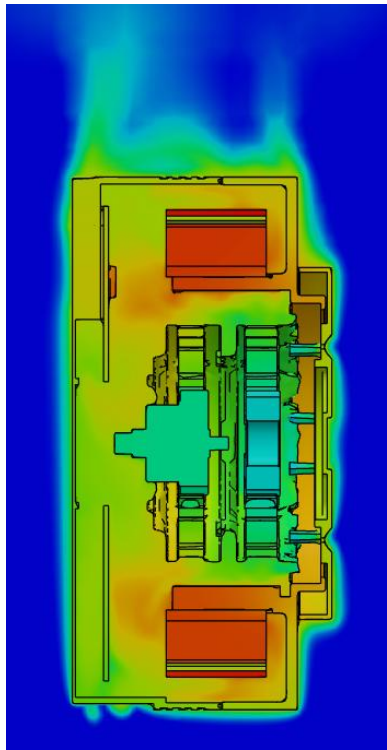
- 修改散熱鰭片

決策與評估

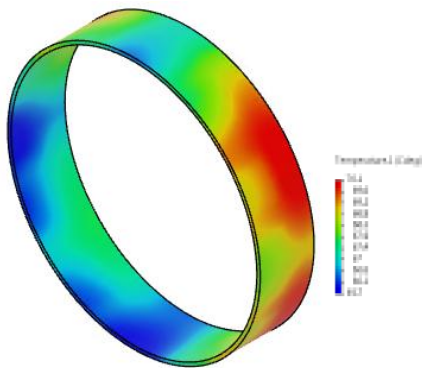
- 進行權衡以獲得最佳選擇

輸出：
電機工作溫度

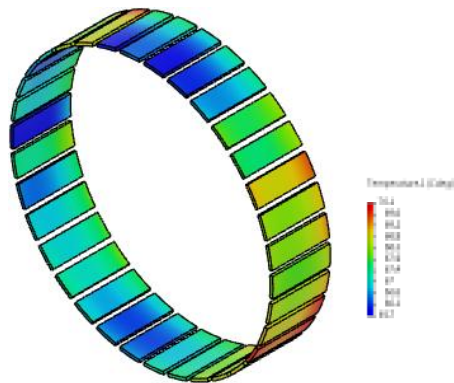
熱流模擬結果



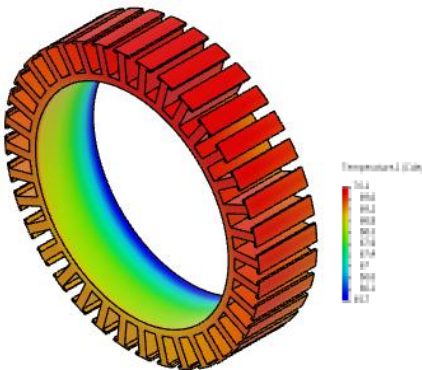
- 整體內部溫度分布



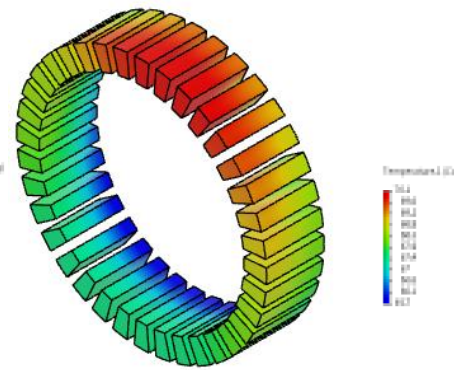
- 轉子溫度分布



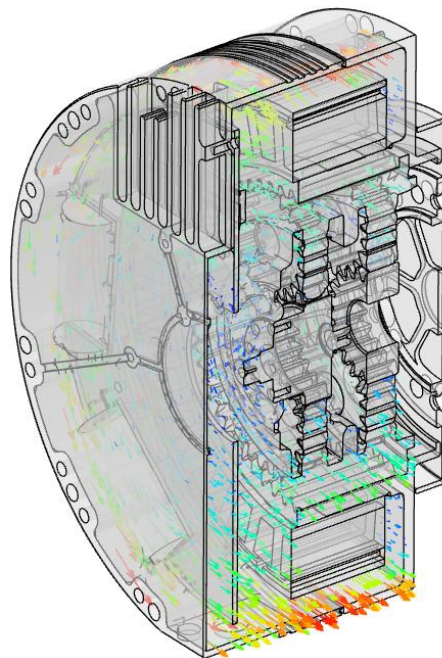
- 磁鐵溫度分布



- 定子溫度分布



- 繞組溫度分布



- 內部流體速度向量分布

電機系統工程 | 結構強度模擬工作流程

CAD 設計

- 構建參數化模型
- 幾何簡化
- 指定材料



網格

- 使用 Hex、Tet 等進行實體網格劃分
- 全域和局部細化 (體積、表面)
- 網格品質分析
- 重新網格劃分
- 指定截面性質



輸入：
電機系統系統設計
元件和材料屬性

1

2



3DEXPERIENCE

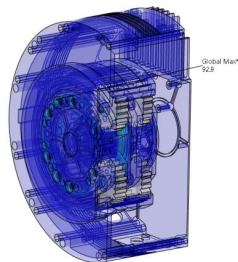
雲端數據管理與一致性

4

3

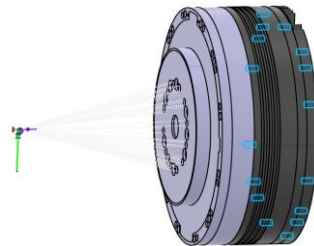
組件模擬

- 齒輪的非線性接觸求解
- 運行靜態模擬
- 分析元件應力與應變



指定邊界條件

- 初始條件
- 負載條件
- 接觸與約束條件
- 分析步設定
- 輸出需求

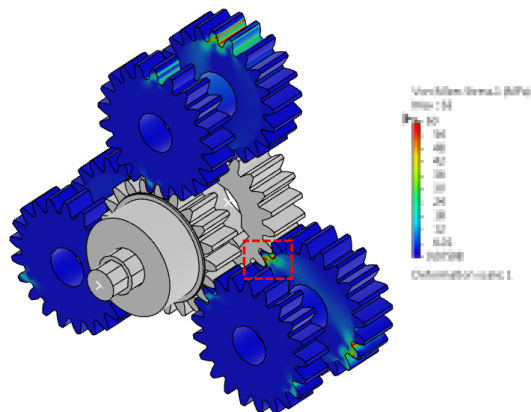
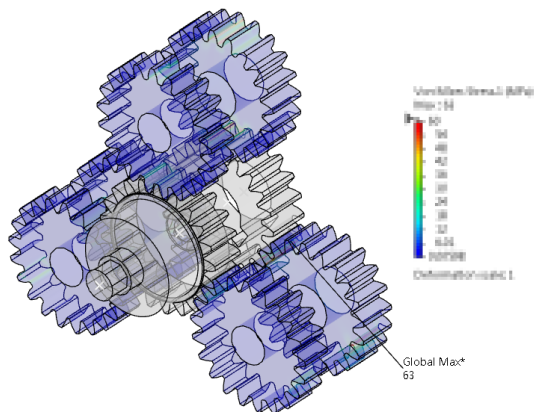


輸出：
關鍵績效指標
部件的強度和剛性

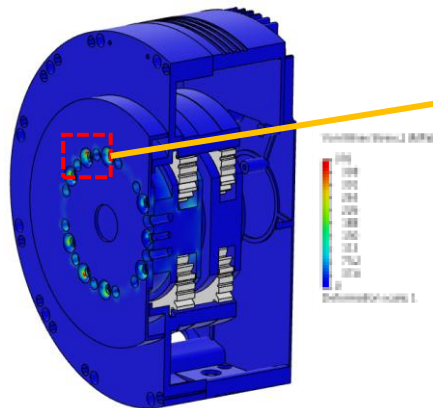
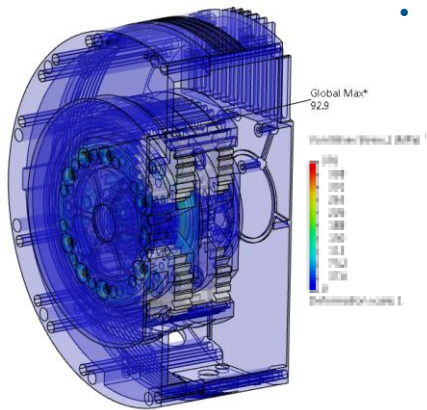
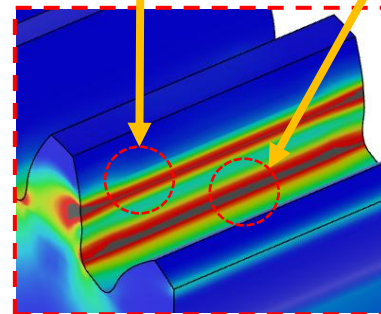
結構模擬結果

1. 齒面接觸部位降伏區域

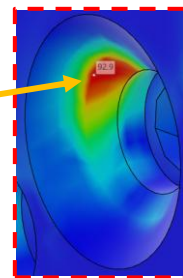
2. 齒根降伏區域



• 齒輪應力分布結果



• 機殼應力分布結果



分享大綱

東元電機公司簡介

MODSIM 如何協助東元電機建構模組化平台

東元旋轉關節模組介紹

MODSIM 對東元整體效益

穩定高效與超高扭矩的精密模組(四足機器人)

高可靠性 · 多種場景 · 靈活應用



All in One設計簡化生產裝配, 通訊連結控制, 無需複雜走線, 彈性介面設計, 可滿足各式機構設計需求

Part 1 緊湊的伺服 驅控核心

小巧緊湊的直流伺服驅控系統，為關節電機模組的控制核心。

Part 2 高強度輕量化行星減速機

追求極致薄型化，高轉矩容量，高剛性，具備優異的定位精度及旋轉精度。

Part 3 外轉子式力矩電機

採用高功率密度直流永磁伺服電機，速度控制性能好，動態回應快。

Part 4 絕對型磁性編碼器

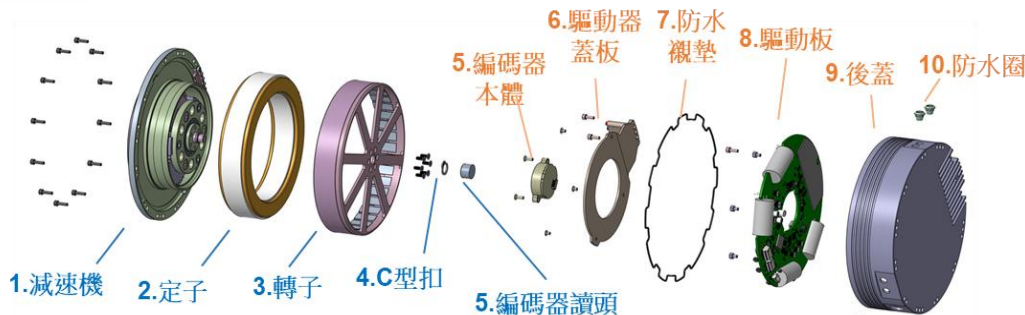
採用高可靠的多圈絕對式編碼器，具備單圈17bit，多圈16bit的高精準性、可靠性、耐用性，具備優異的控制性能。

Part 5 輕量化小型機械外框

追求極致輕量化，高強度，高阻尼性，高熱輻射的機械結構設計。

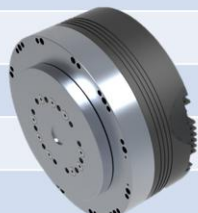
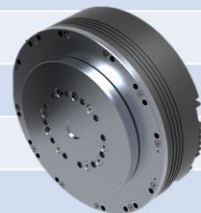
Part 6 智慧增值

模組化的設計，具備雙核心MPU Arm® Cortex®-R52 內核、智慧化調適與預兆診斷。



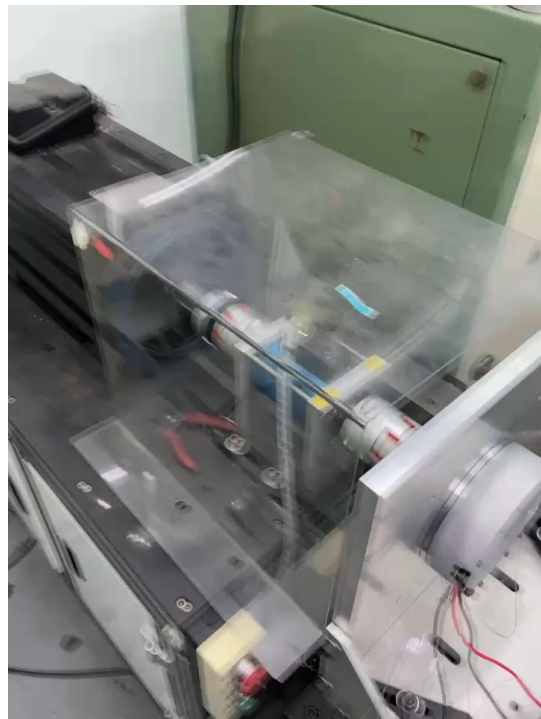
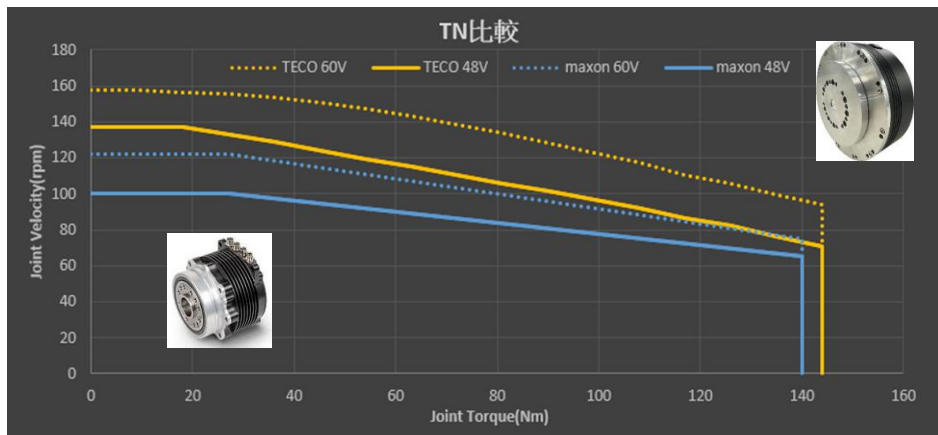
產品參數(M1, M2)

技術參數 Technical Specifications	M1-140	M2-360
尺寸 (Size)	64.8 mm × Φ171 mm	81.5 mm × Φ171 mm
工作電壓 (Operating Voltage)	36 ~ 64 V	36 ~ 64 V
最大扭矩 (Max Torque)	140 Nm	360 Nm
額定扭矩 (Rated Torque)	40 Nm	103 Nm
輸出速度 (Output Speed)	15 rad/s	15 rad/s
馬達轉速 (Motor Speed)	1230 rpm	2293 rpm
減速比 (Gear Ratio)	9	16
額定功率 (Rated Power)	600 W	1544 W
最大功率 (Max Power)	900 W	2000 W
通訊協議 (Communication)	EtherCAT / USB	EtherCAT / USB
編碼器類型 (Encoder Type)	Multi-turn absolute	Multi-turn absolute
位置控制精度 (Position Control Resolution)	17-bit / Single-turn 16-bit / Multi-turn	17-bit / Single-turn 16-bit / Multi-turn



強勁扭矩與動力輸出

M1-140關節模組，具備強勁扭矩與動力輸出，能勝任大型足式機器人的動力需求，能夠提供四足機器人，各種複雜環境，及苛刻作業條件的考驗，可靠耐用，具備優良的穩定性



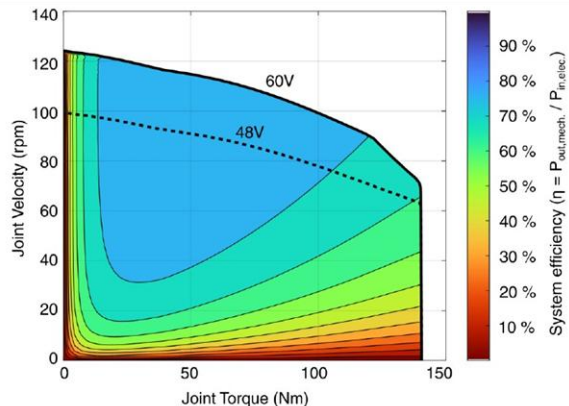
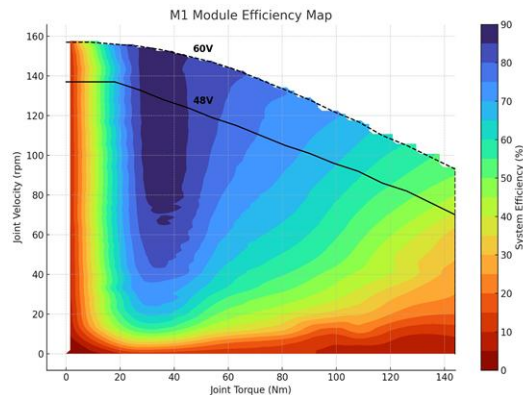
高動力與高效率雙重優勢

M1-140關節模組, 在 60V 下能提供更廣泛的高效區間, 代表其在實際應用中, 可更有效地轉換電能為機械輸出, 提升整體機器人性能與運作時間

在扭矩與轉速表現上顯著優於競品 Maxon, 特別在 60V 下展現高動力與高效率雙重優勢。

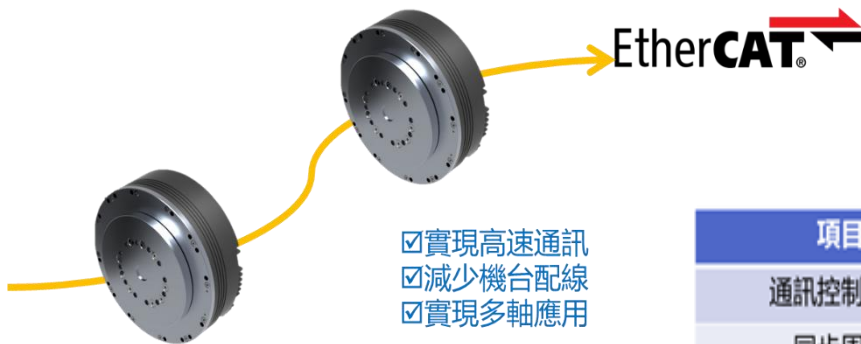
➤ 此模組特別適合:

- 大型四足或六足機器人
- 嚴苛地形移動 (如災區巡檢、重工場域)
- 需高穩定輸出的作業型機器人

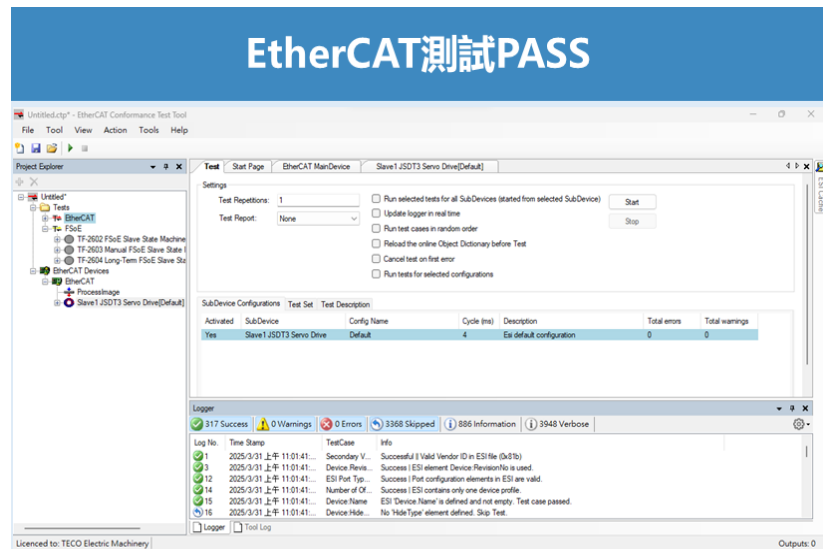


高速通訊功能

- 支持EtherCAT高速匯流排通訊，輕鬆實現多軸高速應用。
- 具備廣泛的控制器相容性，可與業內主流系統品牌搭配使用。



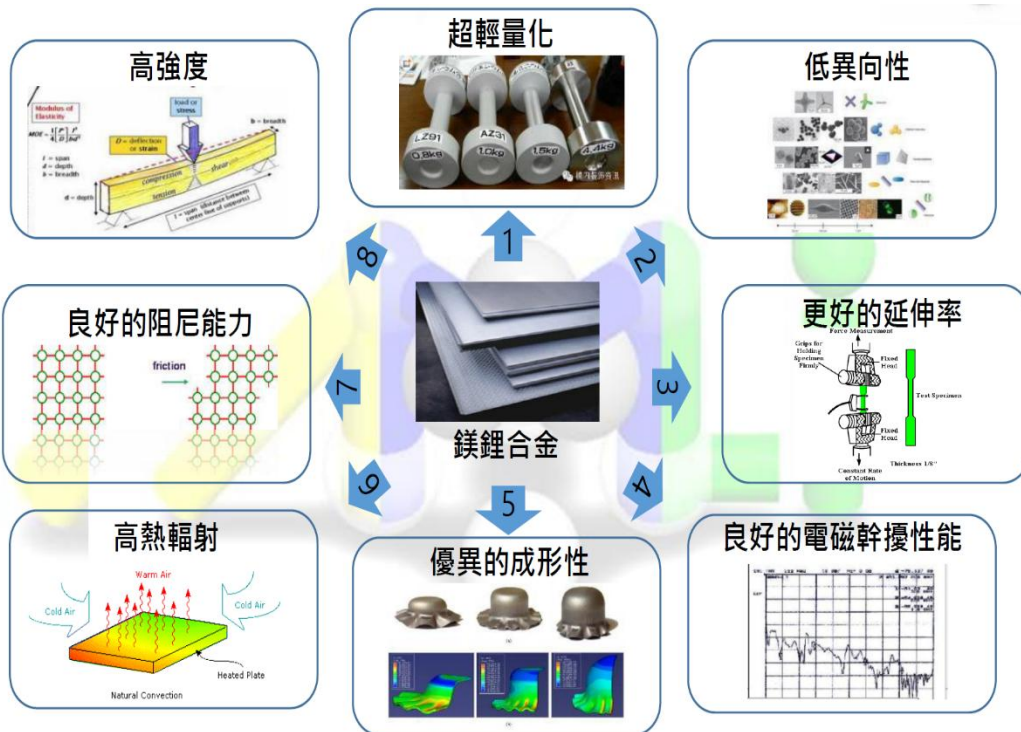
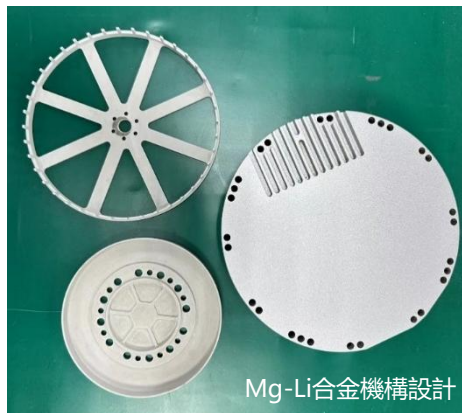
- ☑實現高速通訊
- ☑減少機台配線
- ☑實現多軸應用



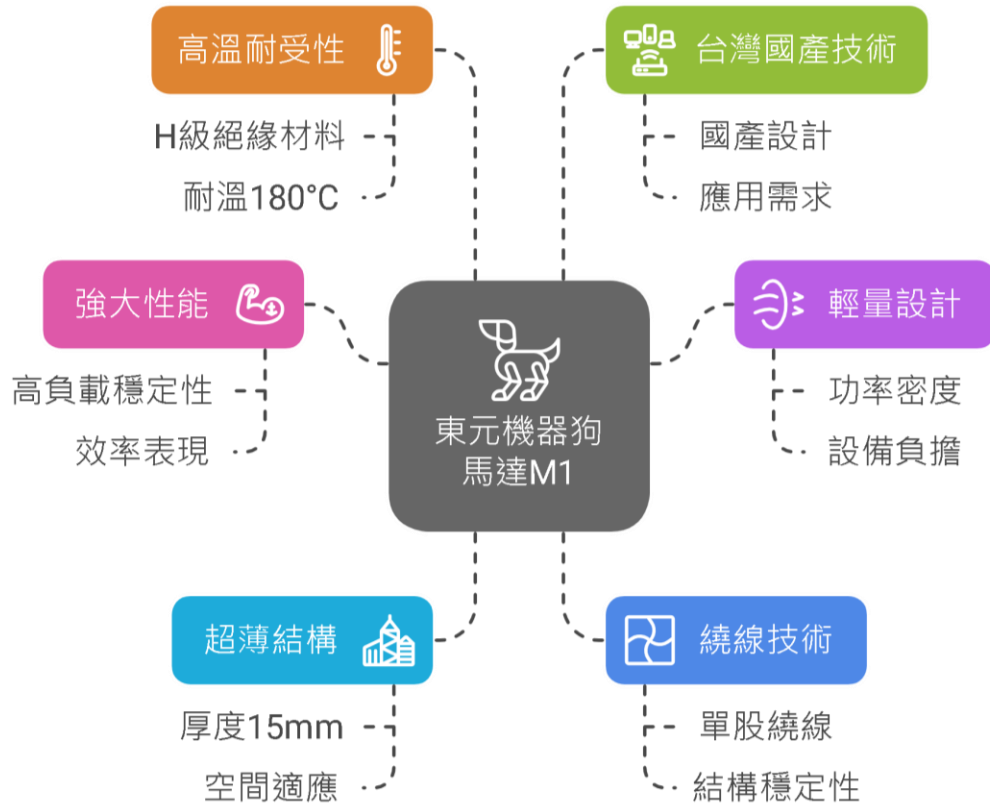
項目	JSDT3-M1-140	特點
通訊控制架構	MCU集成	通訊抗干擾能力更突出
同步周期	100us	針對插補、凸輪等軌跡控制效果更佳
PDO組數	10組	適用於複雜的控制及應用
EtherCAT測試	PASS	EtherCAT Conformance Test

創新性的超輕材質設計

採用Mg-Li合金設計，
減重>43%



優質的電機創新設計



東元自主設計,製造

- 本機器人關節模組產品全程於台灣設計與製造，落實 DMIT (Design & Manufacture in Taiwan) 策略目標。
- 透過排除紅色供應鏈，強化台灣自主製造能量，積極打造台灣成為全球民主陣營機器人產業供應鏈的關鍵成員。



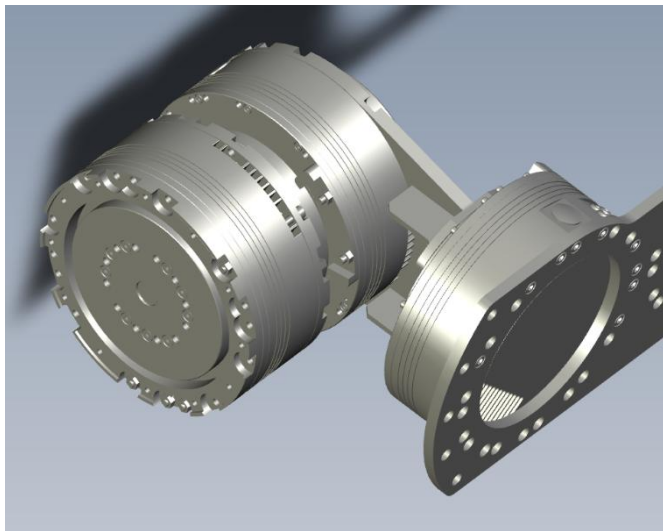
產業應用

工研院機器狗採用東元M1模組設計

- 持續行走負載20kg
- 最大站立負載80kg (在攜帶負載作業過程中，建議重量控制在20kg以內)

Unitree B1

Landlord
IP68 Waterproof,
Industrial Level Heavy Loader



分享大綱

東元電機公司簡介

MODSIM 如何協助東元電機建構模組化平台

東元旋轉關節模組介紹

MODSIM 對東元整體效益

DOE參數設計最佳化

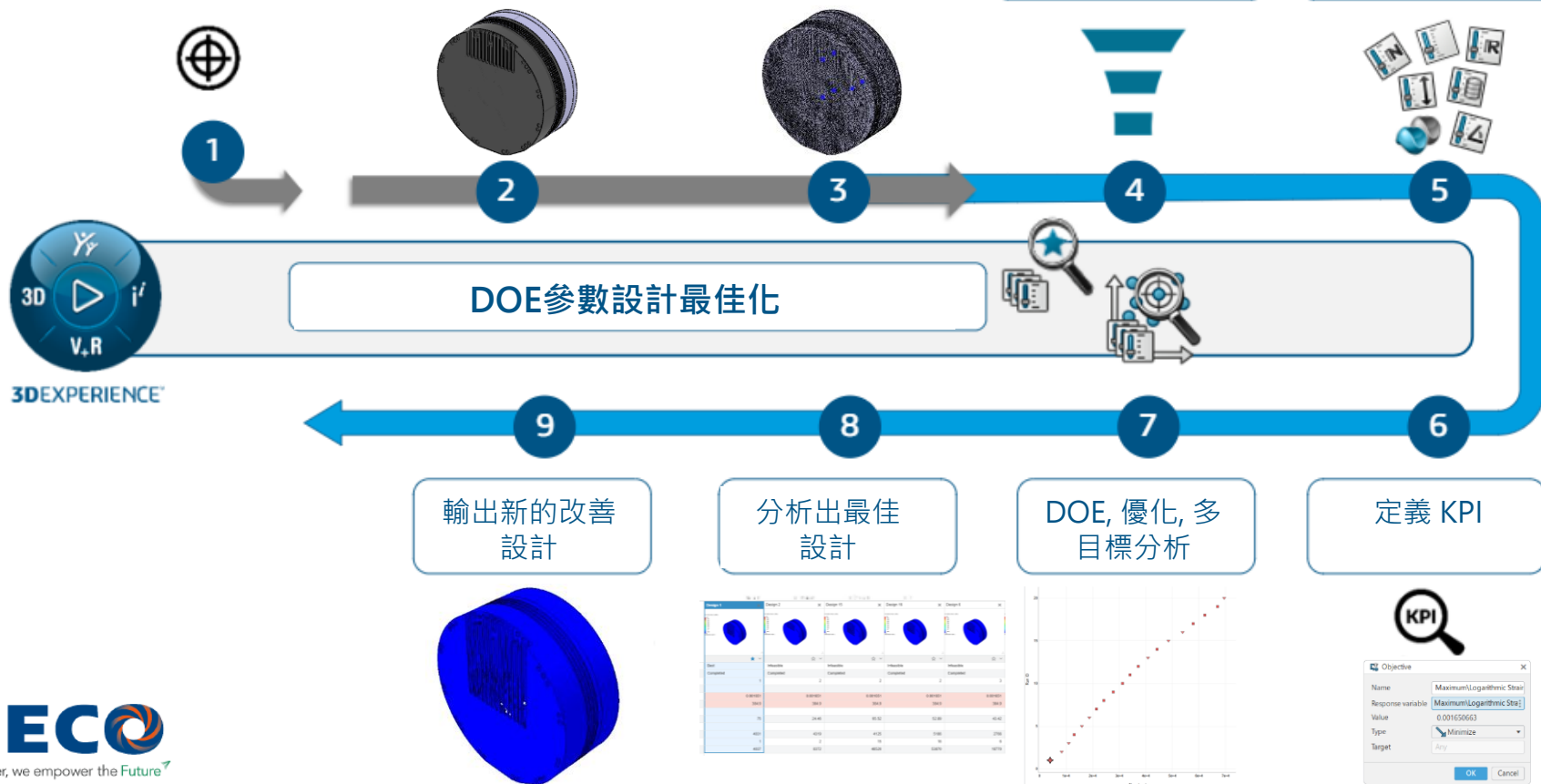
定義需求與目標

建立參數化幾何模型

CAE 模擬

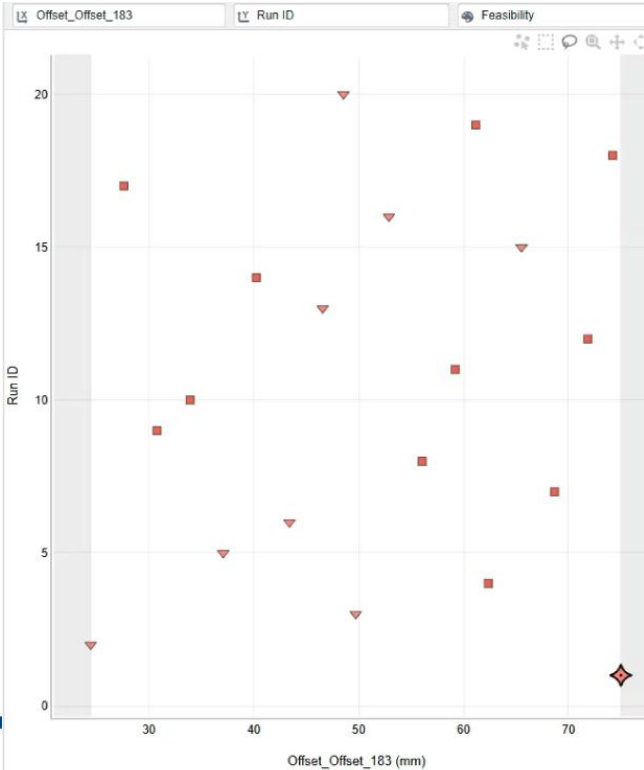
建立設計優化

定義設計變數



DOE參數設計最佳化生成最佳設計方案

© Dassault Systèmes | Confidential Information | 9/16/2025 | ref.: 3DS_Document_2022



◆ Best (1) ▼ Infeasible (3) ■ Failed (11)

3DEXPERIENCE | SIMULIA Physics Results Explorer

Study Results for Parametric Design Improvement Study.5

Completed: 20/20 Failed: 11 Active: 20 Selected: 9/9 Favorites: 1

X Actual Values

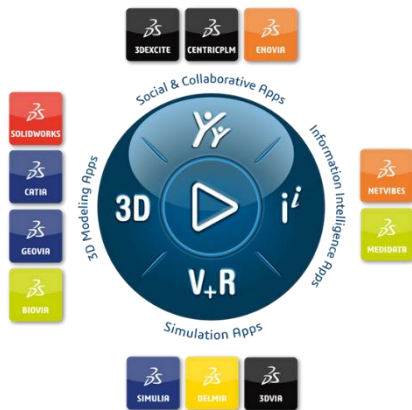
FP Von Mises Stress_1_Result Of General Analysis Case.1_s1_lc0.jpg

	Design 1	Design 2	Design 15	Design 16	Design 6	Design 20
Feasibility	Best	Infeasible	Infeasible	Infeasible	Infeasible	Infeasible
Run phase	Completed	Completed	Completed	Completed	Completed	Completed
Rank		1	2	2	2	3
Response Variables						
Maximum_Logarithmic Strain_1						
最大_Von Mises Stress_1	MPa					
Design Variables						
Offset_Offset_183	mm					
Others						
AnalysisTime	sec					
Run ID						
Time	sec					

Parametric Design Study

Improve designs through
design exploration

MODSIM 對東元整體效益



1. 統一數據模型與單一資料來源

- 統一數據模型：採用統一的數據模型，無需文件格式轉換，確保數據一致性。
- 單一資料來源：提供可靠的單一資料來源，減少錯誤並提升數據可追溯性。
- 提升協作效率：減少前處理時間，促進跨團隊協作與數據兼容性。

2. 基於雲的協作與可訪問性

- 雲端架構：平台部署於雲端（支援私有雲），允許遠程與跨地域團隊安全訪問應用程式和設計模型。
- 無縫協作：支持實時協作，降低打樣成本並提升團隊溝通效率。
- 高性能計算：通過雲端的高性能計算資源，提升系統可擴展性。

3. 增強的項目管理與資訊安全

- 專案管理功能：提供問題跟踪、變更管理和即時數據訪問，提升專案透明度。
- 跨學科協作：增強團隊決策能力和責任感，促進跨學科合作。
- 資訊安全保障：通過權限管理、工作簽核及資料不落地，確保數據安全性。

