

馬達可靠度理論應用簡介

Introduction to Reliability Theory and Application for Motors

彭明燦

工研院機械所 智慧車輛技術組 電動動力與控制部 工程師

前言

在綠能世代裏，馬達的重要性與應用層面已大幅升高。一旦馬達失效，極有可能會造成巨大經濟損失和人員的危害。因此，如何防制和預測馬達的失效也變成一個重要的課題。經由可靠度分析可以精準地量化一個馬達失效的機率。可靠度分析具有嚴謹的理論基礎，本文就可靠度的理論應用做概念性的討論和簡介。

馬達可靠度理論與發展

工研院機械所為能精準地預測一個馬達的失效機率，對於馬達架構做系統性的研究：馬達的失效可以追溯至內部某些元件無法正常運作，因此須將馬達視為一個系統，其中各元件的相互關係可以用失效模式的鏈結來表示。由表 1 可以看出，馬達失效最易發生在馬達軸承，而馬達繞組次之。

表 1 典型馬達失效原因及發生頻率

失效模式	失效發生數目				合計
	感應馬達	同步馬達	繞組轉子馬達	直流馬達	
軸承	152	2	10	2	166
繞組	75	16	6	NA	97
轉子	8	1	4	NA	13
轉軸	19	NA	NA	NA	19
滑環	NA	6	8	2	16
外接裝置	10	7	1	NA	18
其它	40	9	NA	2	51

進一步解析元件的失效原因也有助於接下來的元件失效的機率估算。以軸承為例：軸承主要功能為支持轉子的旋轉運動，而軸承失效可能來自負載、老化、腐蝕、污染、潤滑失效及對心不良。另一個常見的失效為線圈失效：線圈負責提供電流路徑，但可能會發生絕緣性失效和斷路失效。絕緣性失效時，可能造成線與線、相線圈與相線圈、以及線圈與定子芯間有導通電流。斷路失效則形成電路的開路。絕緣失效主要由於絕緣層老化和破壞。

要估算馬達失效機率必須由馬達的關鍵元件開始，例如軸承和線圈等。失效樹 (Failure Tree) 可有系統性的描述馬達和其元件的關係。圖 1 提供馬達失效樹及樹葉定義，其中越基礎的元件位於樹的越下端 (B- 組件)，再往上形成較大的元件組成 (M- 組件)，最後形成馬達 (T- 組件)。由於元件間的關係是由最基本的串聯或並聯關係來描述，而這些串聯或並聯在統計上有明確公式來推導每一階和其上、下階的機率關係。當具備所有最底層的失效機率資訊後就可以推導出系統 (馬達) 的失效機率。

要量化一個元件在開始使用後 (時間 t) 的失效機率相當於要導出失效機率的累積分佈函數 (Cumulative Distribution Function) $F(t) = \Pr(T \leq t)$ ，或機率密度函數 (Probability Density Function) $f(t) = \frac{dF(t)}{dt}$ 。由以上資訊也可以推導出危險函數 (Hazard Function): $h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Pr(t < T < t + \Delta t | T > t)}{\Delta t}$ 。危險函數即是常見的浴缸曲線。

每個元件的失效機率一般可以經由設計實驗

更完整的內容

詳見 ■ 機械工業雜誌 ■ · 427 期 · 107 年 10 月號

機械工業雜誌 · 每期 **220** 元 · 一年 12 期 **2200** 元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

匯款帳號：兆豐國際商業銀行新竹分行(代號 017)，帳號/ 203-07-02288-0

訂書專線：03-591-9339

傳 真：03-582-2011

機械工業雜誌 · 官方網站：www.automan.tw

機械工業雜誌 · 信箱：jmi@itri.org.tw