



# 鋁轉子IE4<sup>+</sup>超優質效率 三相感應馬達技術

Technology of IE4<sup>+</sup> Super Premium Efficiency  
Three-Phase Induction Motor with Aluminum Rotor

**徐銘懋**

工研院機械所  
控制核心技術組  
先進馬達技術部

**彭文陽**

工研院機械所  
控制核心技術組  
組長

**林正軒**

工研院機械所  
控制核心技術組  
先進馬達技術部  
經理

**鄭詠仁**

工研院機械所  
先進機械技術組  
副組長

**楊竣翔**

工研院機械所  
先進機械技術組  
節能機械系統部  
經理

**陳譽元**

工研院機械所  
控制核心技術組  
產品經理

## 關鍵詞(Keywords)

- 超優質效率感應馬達  
Super Premium Efficiency Induction Motor
- 國際電工委員會  
International Electrotechnical Commission
- 有限元素法  
Finite Element Method

## 摘要(Abstract)

工業製造快速的發展，機械系統載具因具有極大的能源消耗，所以採用優質效率的馬達將受到密切關注。近年來，因為材料、工藝技術和研發能力的精進，馬達效率有極大的提升，所以

達到能源有效利用。國際電工委員會(IEC)於2014年訂定最新的IEC相關等級規範，然後使馬達效率數值具有限制依據。歐洲各國規定相關的推行時程，於2015年1月1日起，推行IE3優質效率感應電動機的施行；在未來有機會推行IE4以及更高效特性的感應電動機。工業技術研究院針對馬達的節約能源方案，先行研發IE4<sup>+</sup>的單速超優質效率三相感應馬達，因應推行時程的到來。本文將針對2 HP、4-Pole、220 V、60 Hz的馬達規格，透過磁路分析、有限元素法、損失分析，然後探討原理、設計和實現；研發成果獲得效率數值達89.7%，較傳統感應馬達具有極大的省能效果。

The need to adopt high-efficiency motor is rising because of the high energy consumption of electric motor driven systems. The efficiency of



motors has been improved considerably over the years with the development of materials and processing technologies. The IEC has put in place energy efficiency classes for electric motors, known as the IE code, which are summarized in IEC International Standard published in 2014. Only motors complying with Energy Efficiency Class IE3 are permitted for line operation in the European Economic Area from January 1, 2015. Motors complying with class IE4 or higher are expected in the future. In order to meet the future energy needs when IE4 or IE4+ compliance becomes compulsory, ITRI conducted a research on IE4-plus induction motor. This research is based on a 2HP, 4-Pole, 220V, 60Hz induction motor. Magnetic circuit analysis, finite element and loss analysis are applied in the design process. Experimental results show that motor efficiency has been improved up to 89.7%. Induction motor developed using our proposed method is much more efficient compared with traditional motor.

---

## 1. 前言

---

工研院在於發展新的馬達節能方案上，以國際電工委員會 (International Electrotechnical Commission, IEC) 訂定的 IEC60034-30-1 旋轉電機之交流馬達效率等級 (IE 代碼) 為根據，研發有效轉換電能和機械能之 IE4+ 三相感應馬達。IEC 規範限制馬達效率數值，匹配制定的測試法則驗

證後，依據效率的高低進行能效分類[1]。

未搭配變頻器驅動的單一速度感應電動機結構和驅動方式較同功率的無刷馬達和同步馬達簡單，透過降低銅損失、鐵損失、機械損失和雜散損失等方式，即可有效提升效率數值。研究內容提出改善感應馬達效率的多種方式，因應不同場合和公司考量的因素，可以選擇有利的方法。

感應馬達的等效磁路模型，可分析感應馬達的磁阻和磁通對於電氣特性的影響。近年來，搭配 Maxwell 的有限元素法，可以透析馬達中幾何結構和電工參數對於馬達靈敏度的響應，以採用最適當的設計參數。

工研院基於 IE4+ 等級，開立一具 2 HP、4-Pole、220 V、60 Hz 的三相感應馬達專案；依據約束條件、適當設計參數和磁路判別等方式，並搭配一間優良工藝的馬達製造廠商，研製馬達雛形，並進行特性量測；研究結果達 89.7% 的效率數值，符合超優質效率的節能電機方案。

---

## 2. 國際超優質效率馬達現況規範

---

因應節能環保受到各國重視，能量轉換載具的效率數值，受到各國紛紛訂定規範和分類系統。IEC 針對效率、極數和頻率，創立一個共同遵守的國際準則。2014 年 3 月正式頒佈國際標準 IEC60034-30-1 旋轉電機之交流馬達效率等級 (IE 代碼)。規範依據效率由高至低分為 IE4 (Super premium efficiency)、IE3 (Premium efficiency)、IE2 (High efficiency) 和 IE1 (Standard efficiency)，為能效等級標示 IE (International Energy) 接上數字表示

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】398期・105年5月號

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

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：[www.automan.tw](http://www.automan.tw)

機械工業雜誌信箱：[jmi@itri.org.tw](mailto:jmi@itri.org.tw)