

1. 摘要

感應發電機在風能、水力、廢熱回收、生質能、的發電系統逐漸廣泛應用，然而，以感應機當作為發電機使用，本質上功率因數較差，效率表現上也不如永磁電機。本文以 300 kW 發電機為設計範例，先以理論分析說明設計感應機的架構與概念，並敘述如何決定電機主要尺寸，以及細部設計的若干注意事項，再以電磁分析軟體以有限元素法模擬計算電機性能，確認設計結果符合規格需求。

Abstract

Induction generators are widely used in wind power, hydropower, waste heat recovery and biomass power generation systems. As a generator, however, the induction machine is inherently with the defects of lower power factor and lower efficiency compared to the magnet motor. In this paper, a 300kW generator is taken as a design example. Firstly theoretical analysis of the design concept is presented, and secondly the steps of determining the main dimensions of the electric machine, as well as a number of details of the design considerations are described. The performance of the electric machines is calculated and simulated by electrical analysis software using the finite element method to confirm that the design results meet the specifications.

2. 關鍵詞

感應發電機、繞線因數、有限元素

Keywords

Induction Generators、Winding Factor、Finite Element

3. 前言

能源一直是全球關注的重要議題，尤其近年來氣候變遷、全球暖化問題日益嚴重，節能減碳成為世界各國努力的目標，在提升能源轉換效率與綠色能源開發莫不投注大量心力。在提升能源轉換效率方面，國際電工委員會 IEC 已經在 2014 年提出 IE1~IE4 的能效規範，透過效率提升的法令要求，逐步汰除效率不佳的工業用三相感應馬達，而台灣相關的 CNS 標準制定也跟進世界潮流；在綠色能源方面，國內也不斷在開發捷徑的綠色能源。綠色能源除了太陽能之外，風能、小型水能、海洋能乃至於工廠廢熱回收...等都需要發電機組把機械能轉換為電能，成為分散式發電(Distributed Generation)的重要環節，足見發電機組的開發成為綠色能源開發的關鍵技術。

4. 感應發電機特性

感應發電機(induction generator)的研究始於 20 世紀 20 年代，但直到 80 年代，感應發電機的研究才受到重視，依據感應電機的理論，當轉子轉速小於同步轉速時，電機處於電動機模式，將定子線圈接收的電能轉換為機械功，輸出轉矩；當轉子轉速高於同步轉速，轉差率是負值，此時則為發電機模式，將機械功轉換為電能提供給電網。我們可利用單相

等效電路模型分析自激式感應發電機，從而得到電機特性，此外，也有學者針對通用感應發電機模型，對感應發電機電壓建立了暫態分析。

5. 設計分析

本文以一個 300 kW 的發電機為討論範例，其規格簡述如表 1。

表 1 發電機規格

電機種類	三相感應發電機
電壓	380 V
頻率	60 Hz
功率	300 kW
極數	2 極
轉速範圍	3600~3660 rpm
服務係數	1.15
工作週期	連續運轉 S1
冷卻方式	冷媒循環

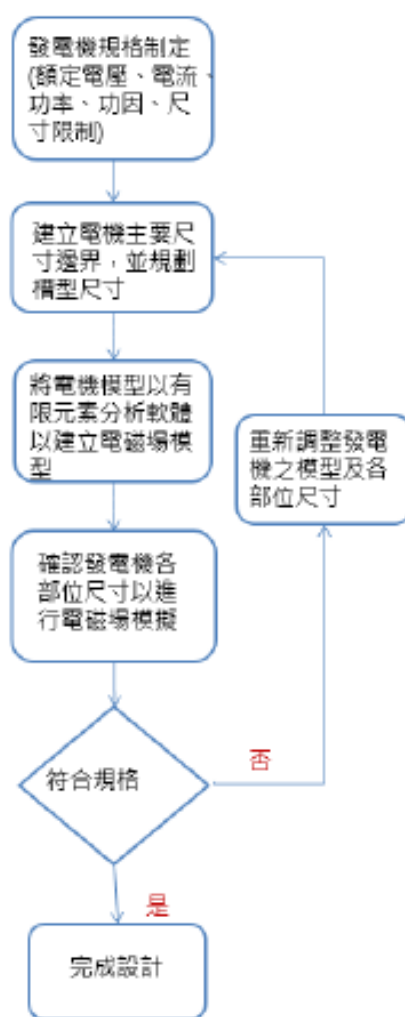


圖 1 感應發電機設計流程圖

圖 1 為電機設計的流程，首先要針對需求的功率規格決定邊界尺寸，再訂出定、轉子槽數，接著才進入槽型的規劃設計，最終並以有限元素軟體確認設計符合規格需求。基本上，電機尺寸與電機輸出功率為正相關，電磁本體的尺寸邊界為定子外徑 D_{so} ，定子內徑 D_{si} 則間接決定轉子外徑尺寸 D 。電動機而言，轉矩為總磁通與總安匝的乘積。總磁通大小與轉子外徑、積厚相關，總安匝則是匝數、電流大小、氣隙長度的函數。由三相繞線的佈線、繞線因數、匝數、積厚調配出需求的電壓 380 V。

主要尺寸決定之後，再決定適合的定轉子的槽數，定子的槽數影響佈線選擇，定轉子槽數匹配也影響電機效能。決定以上基本尺寸之後，進入定轉子槽型設計，可用有限元素軟體進行。1-D 軟體採用 RMxpert，可建立電機模型，並指定選用的電磁鋼片型號，如圖 6，包含需求功率、電壓、頻率、定轉子槽數、槽型、繞線佈線、併聯路徑數等，以上會決定該電機的工作點，也就是其操作的磁通密度大小。

6. 結論

在節能與能源開發的趨勢下，經由綠色能源或再生能源等方式分散式發電的需求增大，感應發電機為適切的發電機種類。本文以 300 kW 的感應發電機為設計標的，首先以解析方式由理論分析推導感應發電機的特性，並說明決定電機主要尺寸的方法，規劃出適合的邊界範圍。此外，本文也討論設計上在提升效率與功率因數的考量面向，並以分析結果說明在電機設計中，繞線因數只是眾多參數之一，繞線因數高未必就是最好的選擇。基於電磁鋼片的 BH 曲線的非線性特性，所以發電機特性上是極具非線性的元件，設計時需輔以有限元素電磁分析軟體為工具，計算其磁通狀況，並驗證我們規劃的尺寸、疊積長、電工繞線、定轉子槽型等設計資料符合規格需求。