



# 高溫超導發電機設計 應用於風力發電系統之研究

Research for Application of HTSG  
to Wind Turbine Systems

張家銘

工研院綠能所  
資源應用技術組  
風力發電技術研究室

## 關鍵詞

- 高溫超導 High Temperature Superconducting
- 風力發電機 Wind Turbine
- 發電機 Generator
- 電磁場分析 Magnetic Field Analysis

## 摘要

本文針對再生能源應用之高溫超導發電機 (High Temperature Superconducting Generator, HTSG) 進行探討。風力發電於再生能源應用中，其發電機容量是關鍵的研究議題，如何增加發電機功率密度與磁裝載能力是不可或缺的項目，此技術可透過高溫超導線材提供極高的電流傳輸能

力，藉此產生強大的磁場強度。本文主要研究項目與步驟可分為兩大項說明，首先廣泛蒐集國內外相關之文獻與專利資料，並就其中關鍵技術探討分析，進一步針對 HTSG 於超導狀態下之電機磁路模擬，並且依據模擬結果，詳細規劃 HTSG 離型機之規格、實體設計與製作。

This paper primarily investigates the application of HTSG (High Temperature Superconducting Generator) for renewable energy applications. The capacity requirement of generators for renewable energy applications, such as wind turbines has been significantly increased. Therefore, it is necessary to enhance the power density of generators by improving the magnetic loading. This can be achieved by using High Temperature Superconductor (HTS) which can produce very high



magnetic flux density by applying large currents on the HTS materials. A comprehensive survey on relevant research will be first conducted. Then the magnetic circuit analysis will be performed to evaluate the performance of the HTSG. According to the analysis, the feasibility and advantages of applications of HTSG to wind turbines will be discussed.

## 超導線材特性

於發電機內運用高磁場之材料，1G 線材(第一代高溫超導線材)受限於磁場之強度，2G 線材(第二代高溫超導線材)則可在較高磁場下使用。於高磁場時之應用(大於 3T)，YBCO 之臨界電流可達到 BSCCO 之  $10^5$  倍(如圖 1)。若以 2G 線材製作超導發電機，可大為降低成本及提高效能。1G 線材應用於馬達時，必須使用超低溫度(20 K 至 30 K)，才能使其達到較高之效率。相對於 1G 線材，2G 線材 YBCO 隨溫度上升，其臨界磁場遠大於 BSCCO 之臨界磁場，故其可在較高溫度(60 K 至 70 K)下，製作成超導發電機之轉子，本文將以 2G 超導體規劃發電機之雛型機。

## 超導發電機優勢

風機功率愈大則葉片轉速愈低，為提高發電機轉速以降低發電機體積，故加裝增速齒輪箱。然而，齒輪箱乃是一複雜之機械系統，需良好配置及潤滑。額外增加之齒輪箱雖然達到減低發電

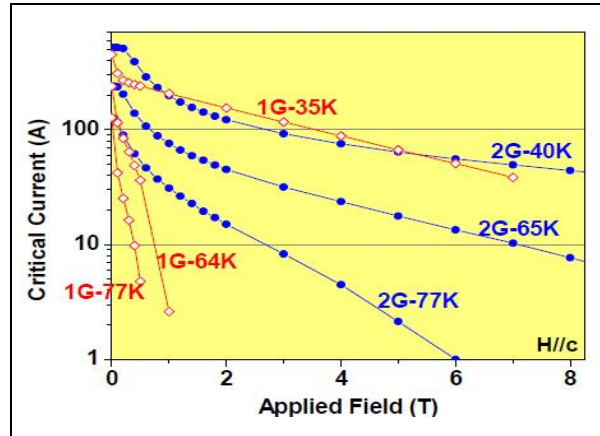


圖 1 超導材料溫度與磁場之關係[1]

機體積之目的，但卻會提高風機維護成本，且降低運作之可靠度[2]。對於離岸風機而言，維修時須使用船舶，若是大型器材則需要吊裝船舶，不但維修不便且待料時間久，因此成本高昂。採用直驅式架構雖提高系統可靠度，然傳統電機之氣隙磁通密度通常小於 1 Tesla，於此限制下使大功率高轉矩發電機勢必比非直驅發電機體積大上許多。為縮小體積，就必須使用可產生更強大磁場之磁源加以替代。而高溫超導材料損耗極低，且能夠產生較永久磁鐵更強之磁場，提高氣隙之磁通密度，將可有效縮小發電機之體積。

因離岸風場較陸上風場阻力較小(如：樹木、建築物、山地等阻力)，平均風速大約 2 至 3 m/s。相對離岸型風機塔架及機台等設備所受到之力亦較陸上風機為大。因此當發電機體積縮與重量減少，故塔架之強度與成本亦可減少。此外當發電機之重量減輕後對於發電機之製造、組裝及安裝時所需之機械設備將可減少，使得風機之發電成本降低。

本文蒐羅超導發電機相關論文、技術報告與專利等近百篇(列舉[8]-[20])，並從中分析與釐清

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】343期・100年10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)