

# 應用手冊

## 針對電動馬達控制，在指定絕緣柵雙極晶體管 (IGBT) 時的考量



Bourns® BID IGBT 系列

### 介紹

針對所有的應用，人們越來越注意電動馬達的運作效率；因此，對高效率驅動器的需求變得日益重要。此外，使用馬達驅動的設計，例如電動馬達、泵和風扇，需要降低整體成本，且需要減低這些電動馬達應用中的能耗；因此，為電動馬達及其的驅動指定高效率的設計，以適合每項特定應用變得更加重要。

面對今日要求更高的電壓或更高的電流以及更低頻率的電動馬達驅動應用，廣為人知且被廣泛使用的開關元件解決方案絕緣柵雙極晶體管 (IGBT) 即是一項絕佳的選擇。因為多數馬達在較低頻率運作，要求可靠的安全工作區 (SOA) 和短路額定值，且需要將效率最大化，因此具有共同封裝二極體的 IGBT 非常適合這些應用。包括 IGBT 的電流處理能力和峰值電壓額定值等因素，決定一款特定的 IGBT 是否能夠支援馬達的負載要求。

本應用手冊說明在馬達控制上，採用 IGBT 的各項優點，討論 IGBT 在工業馬達驅動設計中所扮演的角色、開關和傳導性如何影響 IGBT 的選擇，以及瞭解短路耐受時間的重要性。文中以重點方式闡述為何使用 Bourns 先進的離散式 IGBT 進行設計，有助延長工業系統應用中的驅動器和電動馬達的壽命，並可提高效率。



Bourns® BID IGBT 系列

### 將工業馬達驅動器的效率最大化

典型的馬達驅動器由若干部分組成。圖 1 顯示一個典型的馬達驅動應用，這個馬達驅動應用使用來自 AC 電源線的電源，並依照用戶輸入，將電源用於電動馬達。使用 IGBT 製作出一個功率因數校正 (PFC) 整流器，如同不間斷電源 (UPS) 中的設計。馬達制動電路由 IGBT 組成，這些 IGBT 在馬達停止時耗散馬達的功率或將多餘的能量傳送回 AC 輸入，以實現再生制動。馬達驅動逆變器將儲存在電容器中的 DC 電壓能量轉換為指定的電壓和頻率的 AC 波形，以控制馬達到達所需要的速度和扭矩。

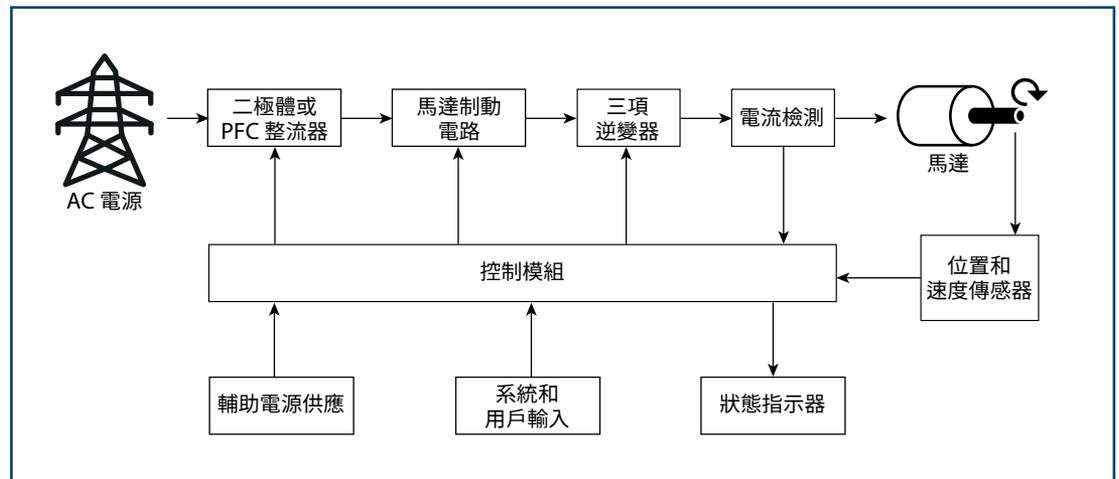


圖 1 | 典型的馬達驅動方塊圖，使用功率因數校正 (PFC) 輸入整流器

為了在不同的馬達驅動設計部分將 IGBT 維持在它的 SOA 額定值以下，必須移除晶體管封裝的熱能。Bourns® BID IGBT 系列採用更好的散熱 TO-247 功率封裝。對 IGBT 和 FRD 中的開關瞬態和正向傳導所引起的功率損耗，這些封裝提供了有效的散熱。在馬達控制應用中，對環境溫度高，氣流減少或不可用的地方，設計人員需要思考功耗對整個系統的影響。因為 Bourns® IGBT 是專為高效率設計的，它們所產生需要消散的熱量較少。這樣有助於減小尺寸和成本，且可簡化熱管理設計。



Bourns® BID IGBT 系列

### 開關和傳導表現

IGBT 的開關和傳導表現隨元件結構相關。Bourns® IGBT 的非對稱結構有助於優化馬達控制應用中的 ON 狀態損耗和開關速度。這種結構的重要特色是由一個 n+ 型緩衝區所產生的場停止層，這個 n+ 型緩衝區添加在 n- 漂移區下方，位在較低的 p- 摻雜層的上方。這個緩衝區的用途是支援電場並允許更薄的 n- 漂移區，這大大有助於減少傳導損耗

圖 2 顯示了開關損耗 ( $E_{off}$ ) 和傳導損耗 ( $V_{CE(sat)}$ ) 之間的整體折衷。這說明系統要求攸關和選定合適的元件，以符合特定馬達系統控制器的需求。Bourns 的新一代 IGBT 使用先進的 Trench-Gate Field-Stop (TGFS) 技術，可提高單元密度來增強  $V_{CE(sat)}/E_{off}$  曲線的性能。

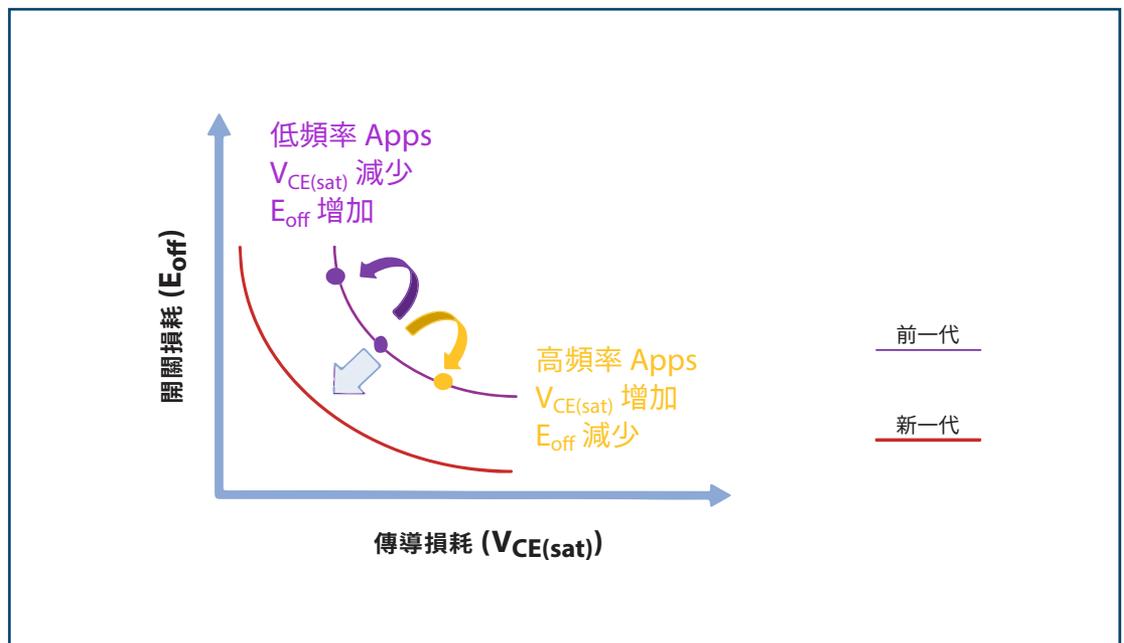


圖 2 | 開關損耗 ( $E_{off}$ ) 和傳導損耗 ( $V_{CE(sat)}$ ) 的權衡



Bourns® BID IGBT 系列

### 工業環境中的短路

在馬達控制應用中，從 DC 電壓總線到地面 (如 DC 電流) 或從一個馬達相位到另一個相位或接地，IGBT 開關可能經歷短路路徑。IGBT 必須能夠在終端應用檢測這些異常所需要的時間間隔內承受這些異常。馬達通常能夠在相對較長的時間內 (幾毫秒到幾秒) 吸收非常高的電流水平；但是，經常指定用於馬達驅動逆變器的 IGBT 通常具有微秒級的短路耐受時間。某些 Bourns® IGBT 型號具有 10  $\mu$ s 的短路耐受能力。馬達控制應用需要高度的穩健性和可靠性，因為它們在嚴厲的條件下運作，對 IGBT 施加高度的應力，並知這會導致瞬態短路狀況。

具有更高短路電流水平和 5  $\mu$ s 範圍內的必要短路耐受時間的 IGBT (例如，[Bourns® BIDNW30N60H3](#)) 是降低傳導損耗的權衡，亦有助於降低整個 BOM 成本。一個好消息是在短路耐受時間上，某些差異被 IGBT 設計和封裝技術的改善所抵消。較高的跨導性和較低的熱阻力會減低傳導損耗，提高應用效率，為馬達控制應用設計帶來好處，即使所選擇的 IGBT 的短路耐受時間較短。

### IGBT 權衡

若所選擇的元件因為開關損耗較低而提供高水平的開關頻率，這會產生較高的傳導損耗。傳導損耗若較高，會導致較高的功耗，因而需要更大且往往是大體積的散熱器，這會增加系統成本及空間。

相反地，傳導損耗較低的元件可以在較低頻率有效率地運作，但它的短路耐受能力會減低。圖 3 說明了這種權衡。

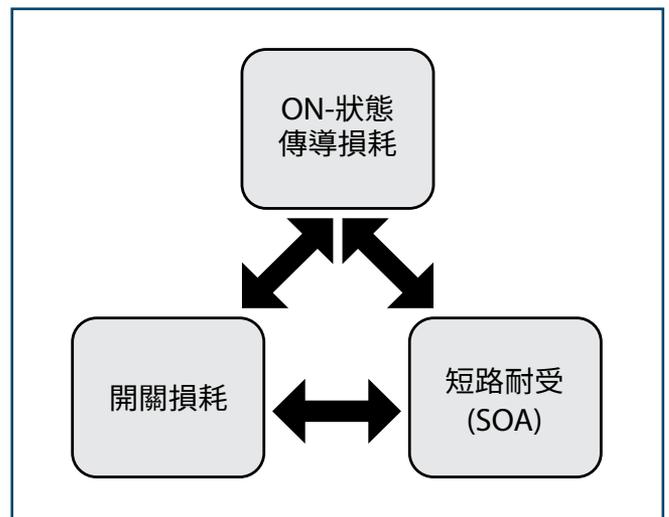


圖 3 | 參考有關的安全工作區，傳導損耗、開關損耗和短路耐受能力的馬達控制設計權衡

# 應用手冊

## 針對電動馬達控制，在指定絕緣柵雙極晶體管 (IGBT) 時的考量



Bourns® BID IGBT 系列

### 安全工作區 (SOA) 的考量

對在電流和電壓最大值附近工作的 IGBT，需要仔細思考如何安全地將這些參數維持在資料表的規定值內。主要的重點是將集電極的電流維持在最大值以下，且同時將集電極到發射極的電壓維持在資料表規定的數值以下。當在正向偏置安全工作區 (FBSOA) 的正向偏置條件下工作時，需要依據脈衝寬度和熱設計的阻抗來額外思考最大脈衝集電極電流。對最大集電極-發射極電壓，FBSOA 定義了最大飽和集電極電流，通常用於感性負載。在反向偏置安全工作區 (RBSOA) 的反向偏置條件中，最大電流隨關斷期間集電極和發射極之間的峰值電壓有關。遵守最大限制是必要的，以在最大的結點溫度來保護快速恢復二極管。

### 結論

對電動馬達控制應用中的逆變器使用 IGBT 有助設計人員實現系統成本縮減目標，因為這些元件有較小的芯片尺寸，可實現更高的電流密度設計。尤其是，Bourns® 離散式 IGBT 支援更高溫的運作，並提供更好的能力，可移除 IGBT 封裝的熱能。Bourns® IGBT 採用具有熱效率的設計，提供更低的運作損耗、更大的過載，以及更高的短路電流耐受能力等優點，可提供優越的開關設計解決方案。

此外，優化是必要的，以在傳導損耗和開關損耗之間平衡 IGBT，並依據最終產品所使用的馬達類型來調整特定的應用需求。對於馬達控制應用，在 TO-247 足跡中，被共同封裝的 600 V/650 V Trench-Gate Field-Stop (TGFS) IGBT+FRD 被認為是理想的元件解決方案。由於總功耗較低，這些 IGBT 元件提供更高的熱性能、低  $V_{CE(sat)}$  和高效能，與上一代的平面 IGBT 相比，具有很高的可靠性。

### 其他資源

- [產品網頁：Bourns® 離散式 IGBT](#)
- [技術資料庫：Bourns 離散式 IGBT](#)
- [白皮書：瞭解 IGBT 資料表參數](#)
- [白皮書：實現快速的 IGBT 反向恢復損耗](#)
- [白皮書：量測 IGBT 傳導損耗，將效能最大化](#)
- [白皮書：Bourns® IGBT vs MOSFET - 識別效率最高的電源開關解決方案](#)

[www.bourns.com](http://www.bourns.com)

**BOURNS®**

Americas: Tel +1-951 781-5500  
Email [americus@bourns.com](mailto:americus@bourns.com)

EMEA: Tel +36 88 885 877  
Email [eurocus@bourns.com](mailto:eurocus@bourns.com)

Asia-Pacific: Tel +886-2 2562 4117  
Email [asiacus@bourns.com](mailto:asiacus@bourns.com)

COPYRIGHT © 2022 • BOURNS, INC. • 11/22 • e/ESD2263  
「Bourns」是 Bourns, Inc. 在美國和其他國家的註冊商標。