

利用固定比率轉換器重新定義供電架構

Phil Davies
Tom Curatolo



向系統內各個負載點供電，主要透過供電網路（通常稱為 PDN）完成。PDN 由電纜、母線排、連接器、電路板銅箔電源層、電源轉換器和穩壓器組成。系統 PDN 的效能透過功耗、尺寸、重量和成本衡量。控制 PDN 效能的是其整體架構，例如對 AC 或 DC 電壓配電的使用、特定電壓位準以及網路需要進行電壓轉換和穩壓的時間和次數。本白皮書主要討論一種特定的 DC-DC 轉換器，即固定比率轉換器，以及為什麼電源系統設計人員應將其視為供電架構的重要組成部分，特別是大功率系統。

電源系統工程師花大量時間來建構和最佳化供電網路，以提供高系統效能和高可靠性。如果系統負載功耗較高，採用高壓設計大容量供電，可減少電流 ($P=I \cdot V$)，從而可為 PDN 縮小尺寸，減輕重量並降低成本（電纜、母線排、連接器、主機板銅箔電源層）($P_{LOSS} = I^2R$)。

在降低電壓，提升電流之前，對系統進行架構，以最大限度延長高壓執行時間，也是一項很大的優勢。然而，要讓高壓大功率 PDN 接近負載，需要一款高效率的高功率密度 DC-DC 轉換器。如果安全性是交通運輸應用（汽車）所關注的問題，則以高效率及高功率密度將 PDN 電壓從高壓轉換成安全超低電壓 (SELV) 水準，對整個系統效能而言都非常重要。

DC-DC 轉換器的設計有沒有穩壓隔離功能都可以。效率最高的轉換器之一是固定比率轉換器。這種類型的轉換器沒有穩壓。這些轉換器效率高，因此具有高功率密度以及更低功耗帶來的更輕鬆熱管理。由於固定比率轉換器未經穩壓，它們對下游穩壓器的要求可能更高，但最近對 DC-DC 穩壓器進行改進後，具有更寬的輸入電壓範圍，因此現在可以使用固定比率轉換器。隨著更大功率容量的 DC 電壓位準越來越普及，使用固定比率轉換器或母線轉換器，可以提供顯著的效能及系統成本優勢。

什麼是固定比率轉換器？

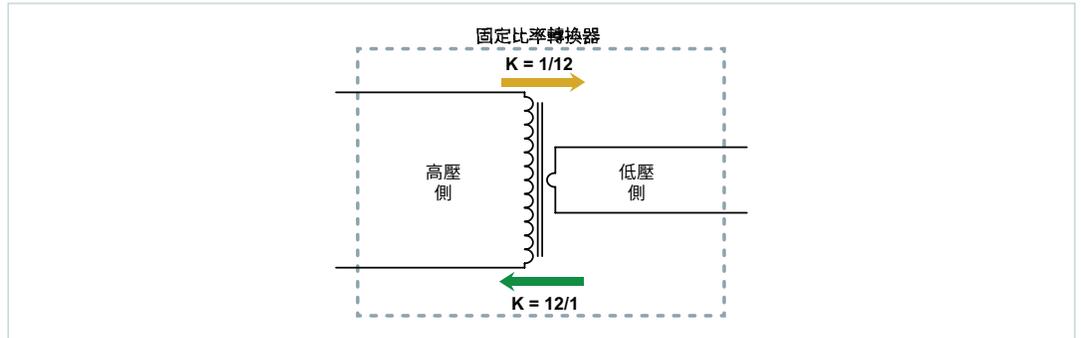
參數	LV BCM (48, 28, or 24V)		HV BCM (380, 270V)	MIL-COTS HV BCM (270V)	UHV BCM (800, 600, 540V)
輸入電壓	48V (38 – 55V)	48V (38 – 55V)	352V (330 – 365V); 384V (360 – 400V)	270V (240 – 330V); 270V (230 – 330V)	544V (400 – 700V); 650V (500 – 800V)
K 因子	1/1 – 1/16	1/4	1/8, 1/28, 1/32	1/8, 1/6	1/16
輸出電流	6 – 70A	10A	7 – 30A	6 – 7A	35 – 40A
輸出功率	200 – 300W	120W	300 – 330W	230W, 270W	1600W

固定比率轉換器是輸出電壓為輸入電壓固定分數的 DC-DC 轉換器。該轉換器不提供穩壓，輸入至輸出電壓範圍由裝置的「匝數比」定義。該匝數比稱為 K 因子，表示為相對於電源降壓能力的分數。在負載點轉換器中，K 因子範圍為 $K=1$ 至 $K=1/72$ 。

典型輸入為低壓 (Lv)、高壓 (HV) 和超高壓 (UHV)。然後根據 PDN 電壓和 POL 設計選擇 K 因子。

固定比率轉換器可以是隔離的，也可以是非隔離的，與 Vicor 轉換器一樣，能夠進行雙向功率流及電壓轉換。例如，具有雙向功能的 K 1/12 固定比率轉換器可以作為 K 為 12/1 的升壓轉換器。

圖 1
雙向固定比率轉換器的升
降壓 K 因子



固定比率轉換器提供的額外設計靈活性包括易於並聯，以滿足更高的電源要求；串聯轉換器輸出，以提供更高的輸出電壓；以及將 K 因子有效修改為 $N \cdot K$ (N = 母線轉換器數量) 等。

圖 2
並聯陣列式
BCM 轉換器

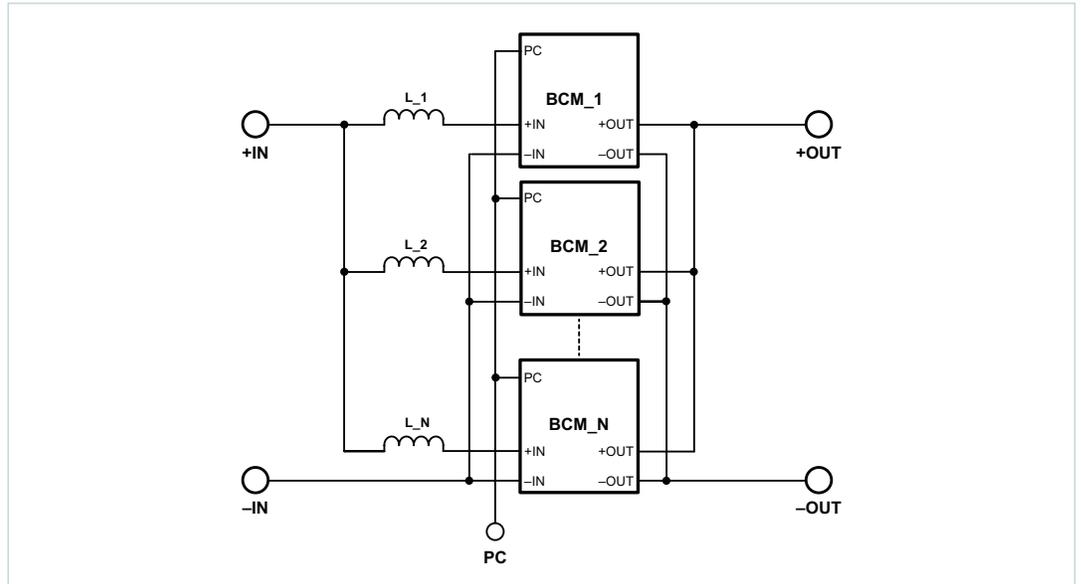
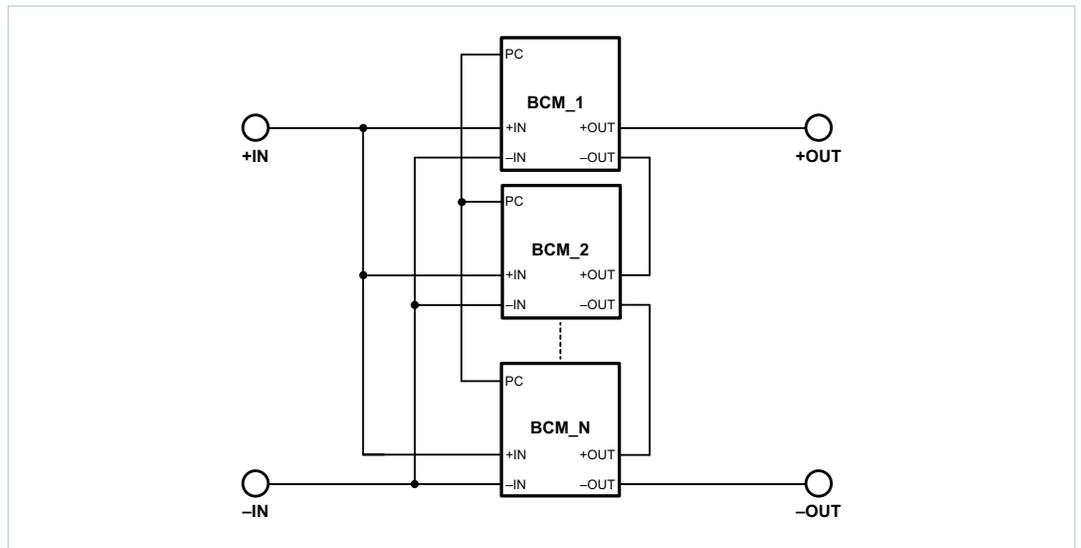


圖 3
輸出串聯的 BCM 可提
高輸出電壓



什麼是正弦振幅轉換器 (SAC™)？

在「硬切換」轉換器中，輸出電源與轉換器占空比成正比，該占空比可以改變，以提供或多或少的二次電源。這類電路稱為脈寬調變 (PWM) 轉換器。由於切換裝置功耗很高，切換頻率實際被限制為幾百千赫。儘管 PWM 轉換器有其自己的不足，但在輸入輸出電壓很大的應用中，比線性穩壓器好；PWM 轉換器已開始向 DC-DC 轉換器的廣泛應用方向發展。

SAC 是一款基於變壓器的串聯諧振拓撲。與穩壓準諧振 ZCS/ZVS 轉換器不同，正弦振幅轉換器工作在固定頻率下，該頻率與一次側槽路的諧振頻率相等。

一次側槽路的開關 FET 鎖定至該電路的自然諧振頻率下，在零交叉點位置切換，消除了切換功耗（提高了效率），並顯著減少了高階雜訊諧波的產生（需要較低的輸出電壓濾波）。一次側諧振槽中的電流為純正弦波，而不是前幾代轉換器中的方波或部分正弦波。這不僅有助於降低諧波含量，而且還可提供更乾淨的輸出雜訊頻譜。

在正弦振幅轉換器中，一次側的漏感最小，因為它不是關鍵的儲能元件。

因此，SAC 可以在更高的頻率下工作，不僅允許使用更小的變壓器，而且還可提高功率密度和效率。Vicor BCM 工作在幾 MHz 的頻率下；無論負載如何，該頻率都不變。對於二次側上增加的負載，正弦振幅轉換器的回應方式是增加一次側諧振槽上的正弦電流幅度。這反過來又能增加耦合在二次側中的能量，抵消增加的負載。當負載電流降低時，在「空載」條件下，正弦幅度降低至接近零。

Vicor 匯流排轉換器的輸出阻抗極低，反映了變壓器一次側諧振槽電路的低輸出阻抗，理想情況下，其在諧振頻率下為零阻抗。該阻抗基本上是平坦的，約為諧振頻率的三分之二，約為常規 IBC 輸出阻抗的一半。

一次側電流的正弦屬性帶來了其在 SAC 電氣雜訊特性方面的優勢。在切換頻率以及兩倍的切換頻率下，輸出雜訊頻譜非常窄，具有各種元件（由於輸出的全波整流）。輸出濾波很容易透過小型高頻率陶瓷電容實現。

選擇固定比率轉換器

Vicor 固定比率轉換器模組提供大量電壓範圍、K 因子、隔離或非隔離雙向工作選擇。有四個主要系列可滿足不同的大容量電源及 PDN 轉換需求：

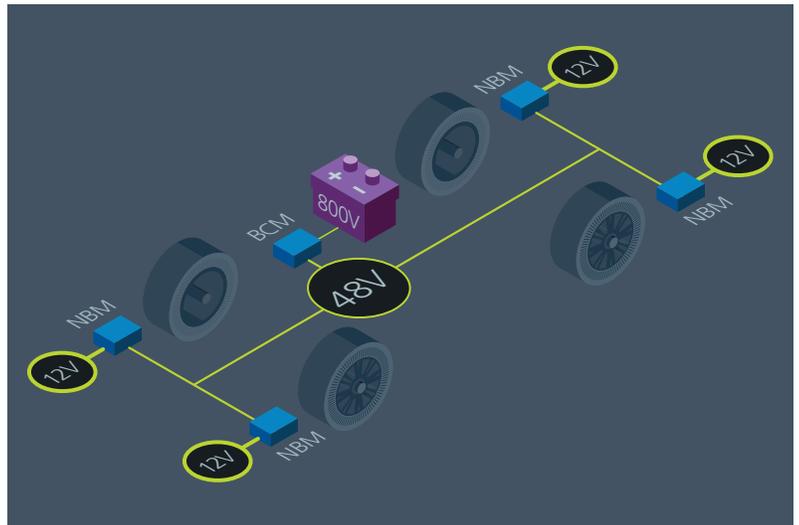
1. BCM[®] 隔離式母線轉換器
2. NBM[™] 非隔離式母線轉換器
3. VTM[™] 隔離式及非隔離式電流倍增器，可作為 POL 轉換器與上游穩壓器 (PRM[™]) 配合使用
4. MCM[™] 模組化電流倍增器，在 PoL 用於低電壓（不足 1V）下的極大電流（超過 350 安培）。MCM 與上游 MCD（MCM 驅動器）聯用

Vicor 正弦振幅轉換器 (SAC[™]) 拓撲用於所有 Vicor 轉換器模組，使其能夠在幾乎所有相關指標上超過同類競爭固定比率轉換器，這些指標包括轉換效率、功率密度、封裝外形、暫態響應以及頻寬等。

解決最棘手的汽車以及資料中心問題

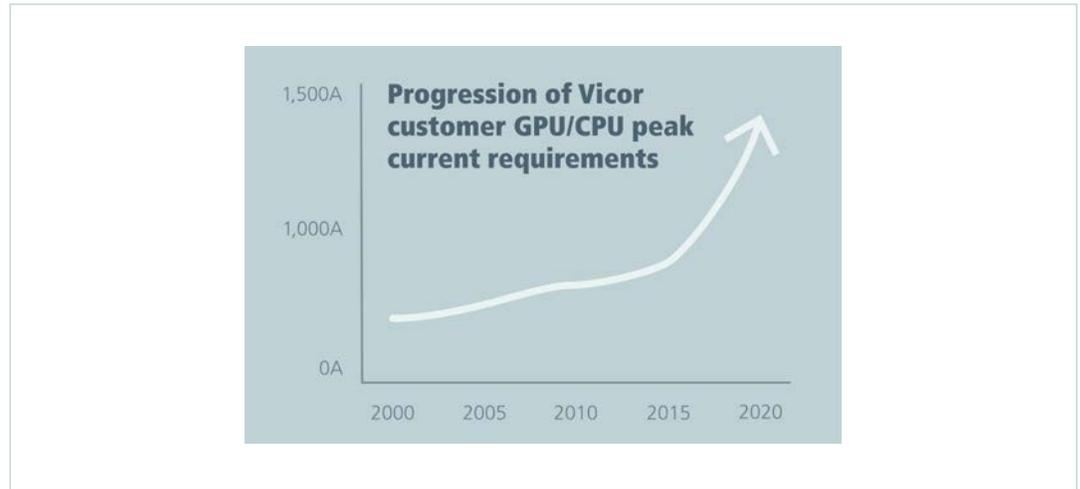
由於許多終端市場及應用的電源需求急劇上升，供電網路正在經歷重大變革。由於新特性的增加以及效能水準的不斷提升，更高的 PDN 電壓可用作降低 PDN 本身的實體尺寸、重量和成本的方法。

正在經歷 PDN 架構快速變革的兩個市場是汽車和資料中心。汽車電氣化（以達到最新 CO₂ 排放標準）以及向純電動汽車的過渡，為車輛增加了 800V、400V 及 48V 轉換以及穩壓需求。



資料中心市場正在增加 380V 和 48V PDN，以支援增加人工智慧 (AI) 和高效能百萬兆級運算。處理器穩態和峰值電流需求幾乎呈指數級成長。這一顯著的成長在負載點造成了 PDN 進退兩難的境地，需要對架構、拓撲和封裝進行徹底的重新思考，才能解決這個問題。

圖 4
在人工智慧、雲端運算和電動車等最新更高效能應用的推動下，電源需求正在快速成長



隔離式轉換器是 UAV、EV 以及百萬兆級運算的理想選擇

繫留無人機和百萬兆級運算機架分別使用 800V 和 380V 的高壓，以便為其高功率容量電纜縮小尺寸、減輕重量並降低成本。在繫留無人機的使用案例中，無人機電源電纜長度可超過 1000 米，無人機必須將其提起，才能達到飛行高度。

百萬兆級運算機架功耗正在接近 100kW，這就排除了使用傳統 12V 配電的可能性。利用高功率密度重新定義 PDN 架構，可以靠近每個伺服器刀鋒的 Vicor K 1/8 BCM 可在能夠為 PDN 顯著縮小尺寸、減輕重量並降低成本的機架中實現 380VDC 配電。380V DC 源於前端三相 AC-DC 轉換器輸出。

此外，這些裝置的雙向功能也正在發展新的應用，例如向配備最新大功率 5G 系統的無線電波發射塔供電。在這些應用中，由接地電源及其備用電池系統提供的 48V SELV 可透過反向使用的 K1/8 固定比率 BCM™ 升壓轉換至 384V 的電壓，以提供 8/1 的升壓轉換。這可為向塔頂 5G 無線電系統供電的電源電纜顯著縮小尺寸、降低成本。

在電動汽車等交通運輸應用中，因安全性問題，不使用高壓配電。然而，高密度的輕量級 BCM 可為 800V 至 48V 或 400V 至 48V 轉換提供優異的選項。48V 是 SELV，可以配送給整個汽車，顯著縮小傳統 12V PDN 系統的電纜尺寸。

此外，三相 AC-DC 前端電源轉換器還可利用 BCM 的高密度和高效率優勢，在轉換器整流和 PFC 級之後將其用於實現 DC-DC 轉換和隔離功能。

電源系統架構採用最新 Vicor 800V 和 380V 固定比率隔離式母線轉換器 (BCM)，在功率密度高達 2735W/in³、效率高達 98% 的情況下，不僅將解決 PDN 難題，而且還將實現極高的系統效能。

非隔離式降壓轉換器最佳化 48V 電源

想要利用高壓 PDN 但僅限於 SELV 環境的混合動力汽車及雲端運算伺服器應用，可以利用 Vicor NBM 等非隔離式固定比率轉換器的顯著密度、效率和靈活性優勢。在這些應用中，許多設計人員不僅需要保留其原有 12V 負載，而且還需要一款低成本、高效能的 48V 至 12V 轉換器，才能充分發揮 48V PDN 的優勢。

Vicor NBM2317 是一款 1 kW 非隔離式固定比率轉換器，採用 23 釐米 x 17 釐米表面黏著 Chip™ 封裝，可為工程師提供一款高度靈活的模組化低雜訊解決方案。此外，該 NBM 還具有高度的可擴充性，可透過並聯，使用單個合格元件快速提供功率更高的解決方案。

固定比率轉換器可用作 PoL 電流倍增器

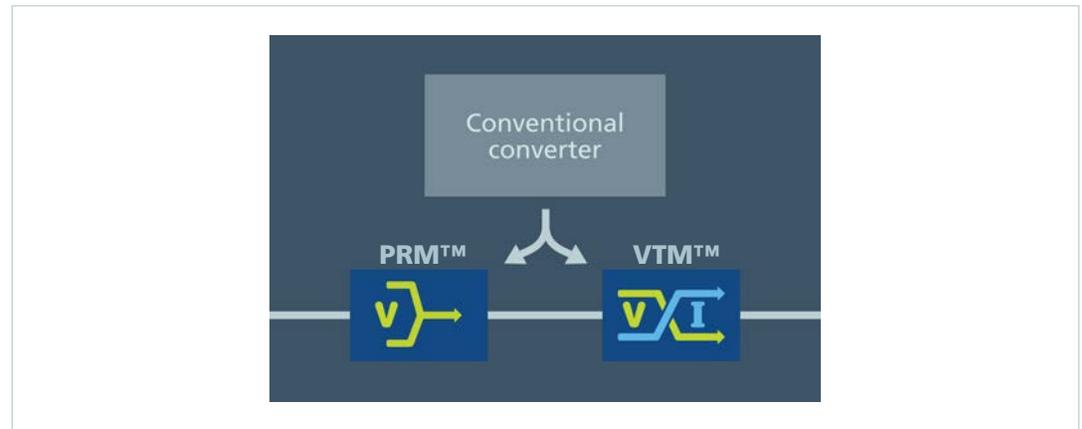
固定比率轉換器也可用作電流倍增器，充分滿足諸如資料中心 CPU、GPU 和 AI ASIC 等低壓、大電流負載點應用的需求。當輸入電壓透過匝數比或 1/K 因子降壓轉換時，K 因子用作電流倍增因子，如以下方程式所示：

$$V_{IN} \cdot I_{IN} = \left(\frac{1}{K} \cdot V_{OUT} \right) (K \cdot I_{OUT})$$

如果轉換器由嚴格穩壓的輸入裝置供電，如採用 Vicor 分比式電源架構 (FPA™) 的 PRM，則可提供非常高效的高密度 48V 至 1V 以下的 POL 解決方案。

圖 5

需要大電流板載電源時，採用分比式電源架構 (FPA)。如今，更高的電源要求和更低的 (<1V) PoL 工作電壓正迫使 IBA 效能變得緊張。CPU、GPU 和 AI 處理器應用的更高電源及動態負載需求，要求穩壓器更靠近負載輸入電源引腳



高密度電流倍增器模組 (VTM 或 MCM) 可佈置在非常靠近處理器的位置，可以在處理器旁邊，也可以在處理器正下方，將電源垂直提供給上面的處理器電源引腳。在 1000 安培的電流下，1μΩ 的 PDN 電阻相當於 1W 的功耗。使用傳統多相同步降壓 VR 產生的典型 PDN 電阻，會帶來 200μΩ 的 PDN 電阻，相當於 200W 的功耗，這可導致無法接受的系統效能。採用 Vicor 電流倍增器實現的橫向供電或垂直供電可將 PDN 電阻分別降至 50μΩ 和 5μΩ。

Vicor 固定比率轉換器的獨特屬性正在說明電源系統工程師重新定義其供電架構，以滿足其先進系統的高功率及高效能要求。固定比率轉換器不僅具有高功率密度、高效率及易於並聯的特性，而且還可作為升降壓轉換器和負載點的高密度電流倍增器，因此是最靈活、最高效能的 DC-DC 轉換器之一。Vicor 固定比率轉換器可幫助您建構永不過時的供電架構。

聯絡我們: <http://www.vicorpower.com/zh-tw/contact-us>

Vicor Corporation

9FL., #79-1, Zouzhi Street,
Neihu, Taipei
電話: +886 2-8751 6139
www.vicorpower.com

email

客服: taiwan@vicorpower.com

©2019 年 Vicor 公司版權所有。保留所有權。Vicor 名稱是 Vicor 公司的註冊商標。所有其它商標、產品名稱、標誌及品牌均是其各自所有者的財產。