

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，主要透過配電網路（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配電網路，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？

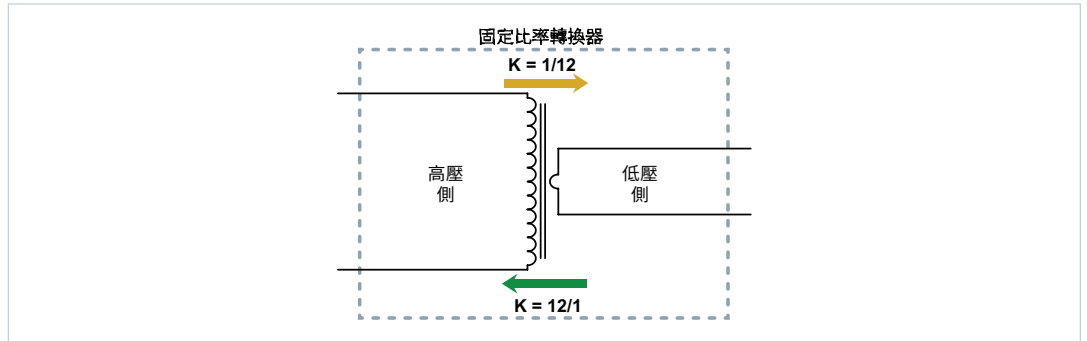
參數	LV BCM (48, 28, or 24V)		HV BCM (380, 270V)	MIL-COTS HV BCM (270V)	UHV BCM (800, 600, 540V)
輸入電壓	48V (38 – 55V)	48V (38 – 55V)	352V (330 – 365V); 384V (360 – 400V)	270V (240 – 330V); 270V (230 – 330V)	544V (400 – 700V); 650V (500 – 800V)
K 因子	1/1 – 1/16	1/4	1/8, 1/28, 1/32	1/8, 1/6	1/16
輸出電流	6 – 70A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

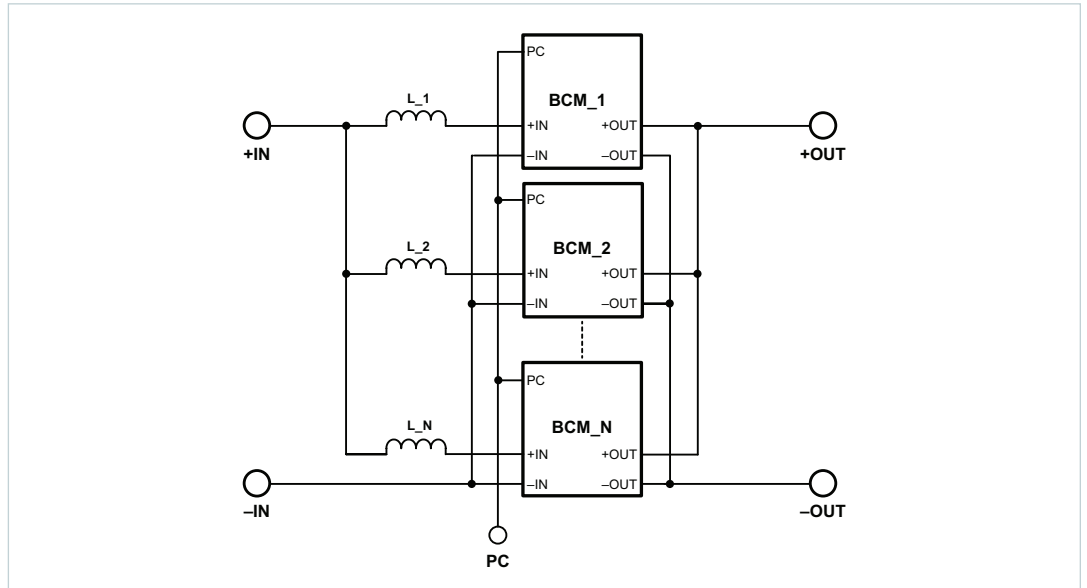
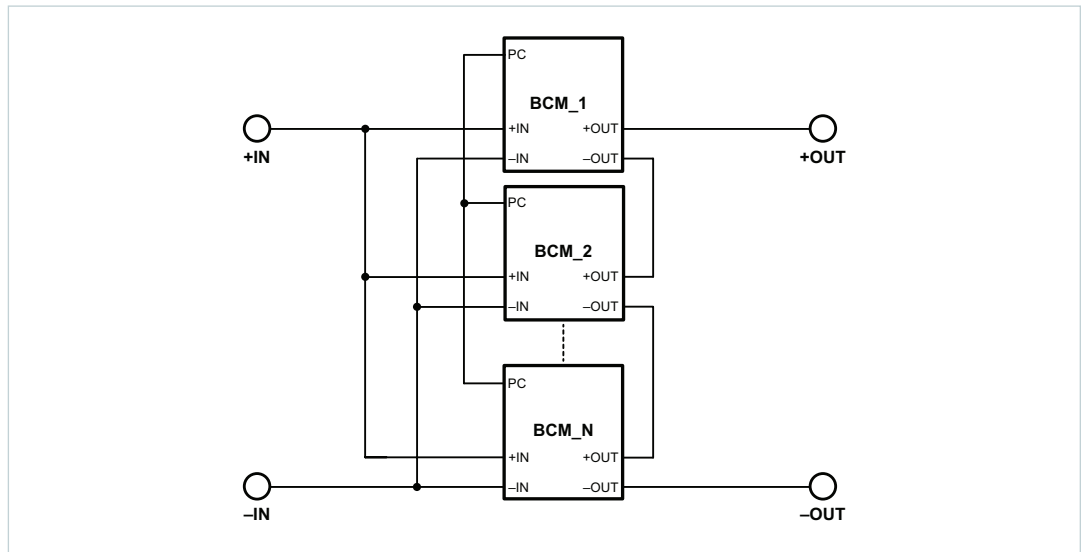


圖 3
輸出串聯的 BCM 可提
高輸出電壓



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：

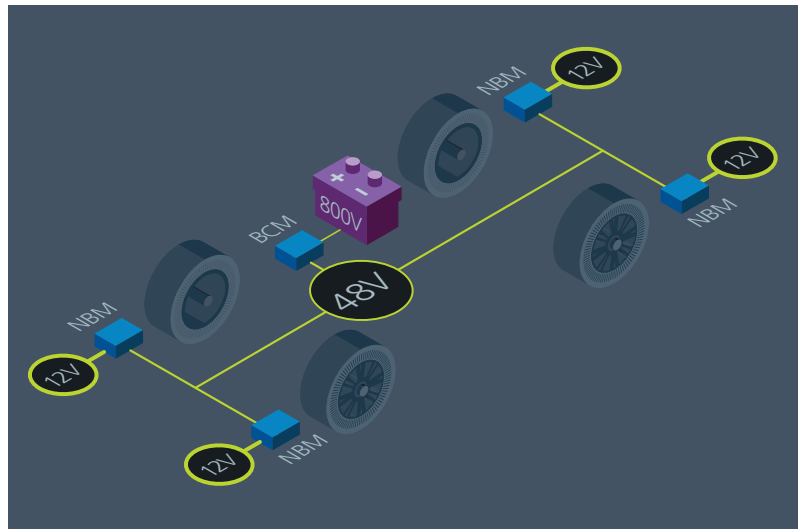
1. BCM[®] 隔離式母線轉換器
2. NBM[™] 非隔離式母線轉換器
3. VTM[™] 隔離式及非隔離式電流倍增器，可作為 POL 轉換器與上游穩壓器 (PRM[™]) 配合使用
4. MCM[™] 模組化電流倍增器，在 PoL 用於低電壓（不足 1V）下的極大電流（超過 350 安培）。MCM 與上游 MCD（MCM 驅動器）聯用

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

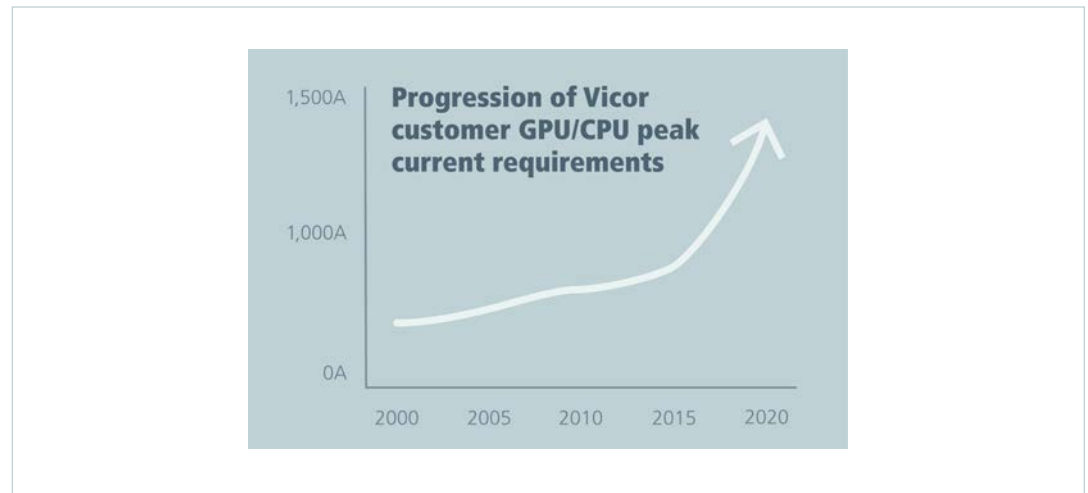
由於許多終端市場及應用的電源需求急劇上升，配電網路正在經歷重大變革。由於新特性的增加以及效能水準的不斷提升，更高的 PDN 電壓可用作降低 PDN 本身的實體尺寸、重量和成本的方法。

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

1 kW

23

x 17
NBM

Chip™

PoL

1/K

CPU GPU AI ASIC
K

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

48V 1V POL Vicor (FPA™) PRM

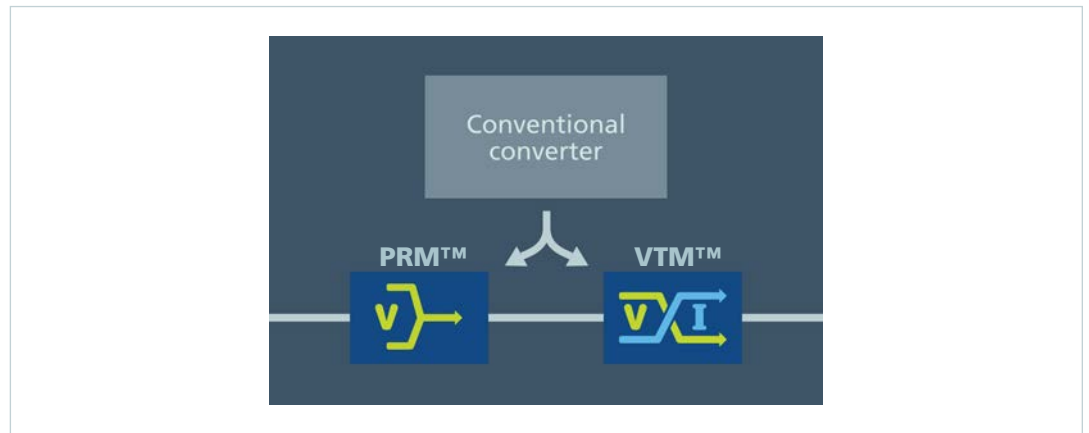
5

(FPA)

IBA

(<1V)PoL

CPU GPU AI



VTM MCM

1W
200W
PDN

VR

1000
PDN
Vicor

200μ 1μ PDN
PDN

50μ 5μ

Vicor

說

DC-DC

Vicor

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

Vicor Corporation

9FL., #79-1, Zouzhi Street,
Neihu, Taipei
: +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。