

作者：Vicor 公司产品市场营销总监 Ian Mazsa

BCM 将高压电池 转化为 SELV 系统

VICOR

消除电动汽车电源架构中的中间储能

简介

纯电动汽车和混合动力汽车的电源架构以混合电压存储和分配电源，以便为各种传感、控制、安全及信息娱乐子系统供电。这为电源存储和供电网络带来了一个成本、空间及重量挑战，该问题混合动力汽车可通过 48V 电池和 48V 配电系统解决，而电动汽车则可通过高电压电池（800V、400V）和 48V 配电系统解决。虽然 48V 电池可立即提供所需的电源，但电动汽车架构中的任何中间电池都会给重量、空间和成本带来不利影响。

EV 电源架构创新的机会在于：不仅可使用高压电池保持高压储能的优势，同时还可通过使用 DC-DC 转换器在 SELV 范围内供电来消除对中间电池的需求。常规转换器可提供电压转换，但缺乏快速响应时间，无法满足各种子系统的功耗需求。Vicor BCM 可提供低路径阻抗和快速响应时间，从而可将高压电池转化为供电网络中的 48V 电池，无需 48V 中间电池。

本文不仅将详细介绍 Vicor BCM 转换器与常规 DC-DC 转换器相比时的作用、工作和功能情况，而且还将提出一个用于电动汽车电源架构时的架构实现方案。

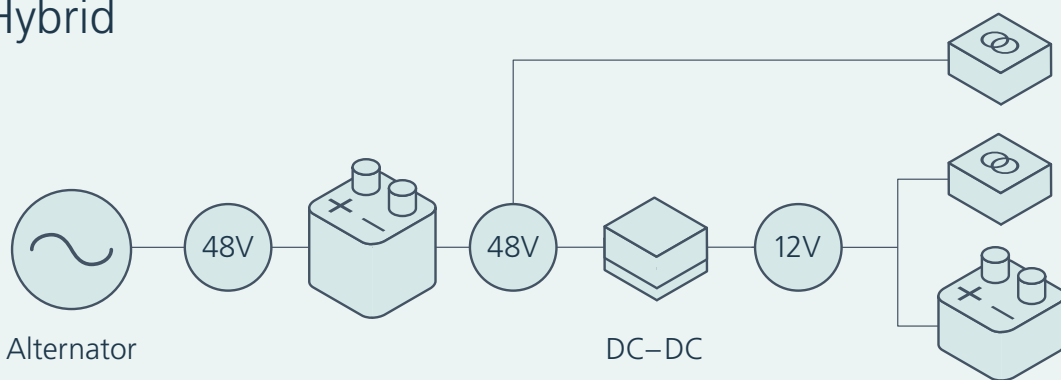
ICE、混合动力和电动汽车架构的配电及储能比较

与之前的架构相比，电动汽车的电源架构非常复杂，因为在原有 12V 及最新 48V 输入下，各种子系统都有动态及静态功率级。为了避免增加中间储能阶段的成本和重量，需要一款具有快速瞬态响应的高效率转换器，将电池的高压转换为可以安全地在整个汽车中分配的电压。

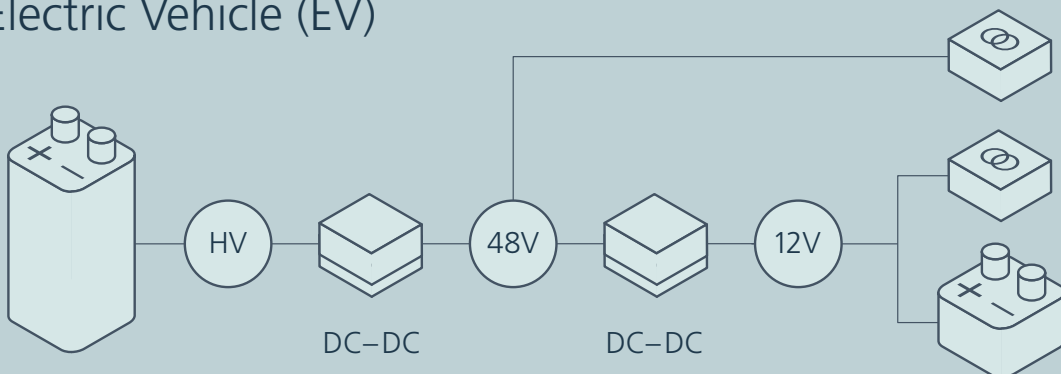
Internal Combustion Engine (ICE)



Hybrid



Electric Vehicle (EV)



BCM 转换器

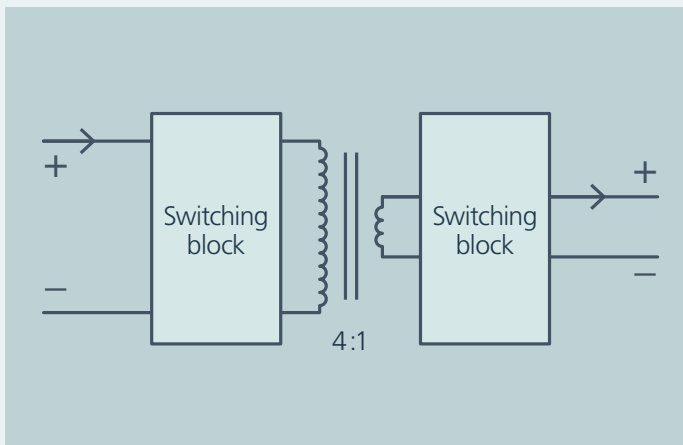
BCM 转换器作为固定比率转换器工作，其中输出电压（也称二次侧电压）是输入电压（也称一次侧电压）的一个固定比例。该固定比例可大于、等于或小于 1；我们将其称为 K 因数，定义为输入电压除以输出电压 (V_{PRI} / V_{SEC})。K 因数小于 1 时，输入电压减小，输入电流增大；当 K 因数大于 1 时，输入电压增大，输入电流减小。

通过 K 因数转换电压和电流的实例

K factor	1/32	1/4	1/1	4/1
V_{PRI}	384	48	8	12
V_{SEC}	12	12	48	48
I_{PRI}	1	1	1	4
I_{SEC}	32	4	1	1

从概念上讲，BCM 转换器的内部工作分 3 个阶段：

1. 一次侧开关级将一次侧 DC 输入转换成正弦波。
2. 一个理想的变压器级，可将 AC 转换为 AC，并可根据一次侧与二次侧的匝数比 (K 因数) 调整电压。
3. 一个理想的变压器级，可将 AC 转换为 AC，并可根据一次侧与二次侧的匝数比 (K 因数) 调整电压。



BCM 转换器的功能框图

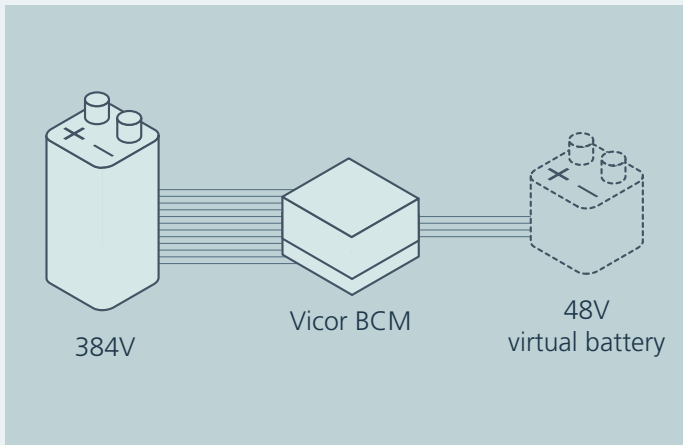
虽然 BCM 实现的是 DC-DC 转换，但它是使用变压器进行高效的 AC-AC 转换，按 K 系数缩放大小，并且使用开关模块在 AC 与 DC 之间进行转换。开关在高频率下完成，而且由于具有和变压器一样的能量传输特性，因此转换不仅能对瞬态负载变化做出快速响应，而且还可在输入和输出之间提供一个低阻抗路径。

BCM 具有对称性，通过适当的时序与控制，既可用于降压转换器（从高到低转换）也可用于升压转换器（从低到高转换）。这种固有的双向功能使得 BCM 以相同的效率在任何方向进行电源转换。这可为电源转换的各种应用创造无限可能，例如在这些应用中会从存储单元快速充放电，但对于本文而言，其重点是高低转换应用。

BCM 转换器使用零电流、零电压开关 (ZCS/ZVS)，工作频率比常规转换器高，例如，BCM6135 与常规 ZV/ZC 谐振转换器不同，工作频率为 1.2MHz，BCM 工作在窄带频率下。BCM 的高频率工作可实现对负载电流的变化做出快速响应以及从输入到输出的低阻抗路径。固定比率转换、双向工作、快速瞬态响应和低阻抗路径等BCM这一系列特性使384V电池看起来像48V电池，我们将其称为转换。与常规转换器相比，这一对电源进行变压的功能既是重要优势，也是重要的差异化特性。

能量源变换

BCM 可通过固定比例缩放将输入电压转换为输出电压，其数学表达式为工作 $V_{OUT} = K \cdot V_{IN}$ 。请考虑一个从充电到 384V 的高压电池获得电源的 48V 配电系统。48V 母线上的负载有一个输入电压范围，这个电压和电池输出的电压是固定比例的。一款隔离式 BCM(1/8) 可将 HVDC 电池的输出转换为一个与 48V 配电兼容的电压范围。BCM 的响应时间很短，从任何低侧负载的角度来看，384V 电池都像是在 48V 下放电的电池。BCM 转换器有效改变了高压电池，因此整个系统可整合更高电压电池的所有能量存储优势，例如与 48V 能量存储同等的电池相比，支持更快的充电时间和更高的能量密度。



高压电池的变压

1/8 K 因数 BCM 转换一个 384V 电池的输出时，创建一个 48V 虚拟电池。这种转换保持了 384V 电池的能量密度和瞬态供电功能，而且其 SELV 电压与下游配电兼容。

现在考虑使用常规转换器的同等应用，其可将电压范围内的输入稳压至一个特定的输出电压，滤除掉输入电压的变动。输入端的电压波动不会传播至稳压的输出。低带宽稳压转换器组织了配电系统以直接连接电池的速度供电。从低侧的角度看，只有一个理想化的 48V 电源电压。虽然这种转换有其实用性，但也要承认两个相对的不足之处。首先，较低的带宽需要一些额外的中间能量存储（电容或额外的电池），在高 di/dt 放电事件中提供电流。其次，稳压功能是非必需的，因为低侧的负载输入电压是高侧电池的一个固定比例。常规转换器无需稳压，稳压功能会浪费能源，增加成本并降低整体系统效率。此外，稳压转换器的有限带宽会恶化对配电系统快速用电的反应时间。

Extending 48V distribution

While system power can originate from a 48V virtual battery, it still must be distributed throughout the vehicle to a broad assortment of subsystem loads that with different power requirements and a mix of 48V and legacy 12V inputs. While the advantages of delivering power at 48V vs. 12V are clear (higher efficiencies and lighter cables) how this mix will change over time is not. As 12V is marginalized, the vehicle power architecture must be flexible enough to adapt to new subsystems while still optimizing the weight and cost of all the required cabling.

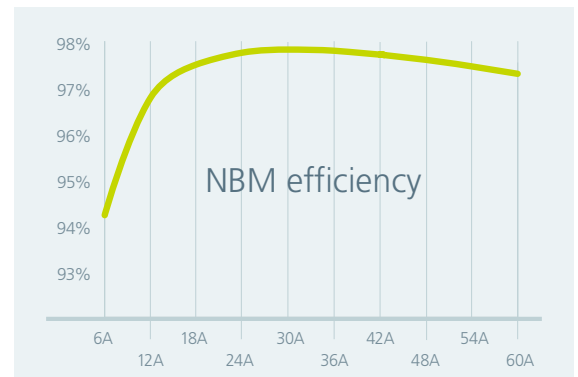
The ideal solution is to extend the 48V distribution as far as physically possible and convert to 12V for legacy needs only where and when needed. Since the LV148 specification operating range can be transformed to a 12V distribution compatible input with a 1/4 K factor conversion, a BCM converter is the ideal solution for maximizing efficiency. Furthermore, since both voltages are SELV, isolation is not needed and a non-isolated converter can be used to convert 48V to 12V throughout the system. Identical in all other features, a non-isolated BCM is called an NBM and has all the same benefits previously described: fast transient response, low impedance and bidirectional operation.

This distributed power architecture gives all the benefits of 48V distribution while maintaining flexibility for the platform to adopt new subsystem as needed with either 48 or 12V inputs. The NBM transforms the 48V input into what appears as a 12V source to the 12V legacy systems. It can be integrated ubiquitously in the vehicle; it's physically small enough to augment existing legacy subsystems wherever they are already placed yet also minimally disruptive if removed for future system upgrades to native 48V subsystems.

Surface mount NBM2317



NBM2317 efficiency over output load current



The Vicor NBM2317, measuring 23 x 17 x 7.4mm and weighing 12g (less than half an ounce), can be placed wherever optimal for extending 48V distribution. Peak efficiency is over 97.5% when operating over 30% of rated current. Capable of delivering up to 60A (800W) of power continuously, the NBM2317 is designed for optimal flexibility in cooling through either the top or bottom side with a surface mount compatible package that can fit into an existing layout with minimal disruption. The high power density (4500 W/in³) is beyond competitive modules, while also more integrated than any discrete solution at an equivalent power level.

Used together, the BCM6135 and NBM2317 provide the flexibility for EV power architectures to adopt the optimal mix of 48V and 12V subsystems, while maximizing the advantages of SELV 48V distribution and HVDC power storage to achieve the vision of high performance EV designs.

Conclusion

The capability of BCMs to transform power sources, especially a battery, is both the key benefit and the key difference when comparing BCMs to conventional converters. Provided the power architecture's primary power supply output voltage is a fixed ratio to any downstream subsystem input voltage, power can be distributed at the highest optimal voltage and then converted as needed by BCMs without the losses due to unnecessary regulation stages. The benefit realized for EV architectures is the elimination of any intermediate battery due to the transformation of the high voltage energy storage battery into a compatible SELV range for delivery throughout the vehicle. While both BCMs and NBMs are finding homes in EV power systems, any other system powered from a battery, from ultralight UAVs to autonomous factory robots to artificial intelligence computing platforms at the edge, can take advantage of their transformative capabilities.



www.vicorpower.com Customer service: custserv@vicorpower.com Technical support: apps@vicorpower.com

©2020 Vicor Corporation. All rights reserved. The Vicor name is a registered trademark of Vicor Corporation. All other trademarks, product names, logos and brands are property of their respective owners. 07/2020 Rev 1.0