

采用FARM AC前端模块的 离线式电源

作者：高级应用工程师John Harding
2006年7月



目录	页码	一个自动调整整流 (autoranging)、高密度、薄身开关电源可以使用Vicor DC-DC 转换器和一个AC前端模块 (FARM) 来实现。
概述	1	概述
连接片 (ST) 引脚	1	除了瞬变、浪涌抑制和EMI滤波外，滤波和自动调整整流模块(FARM)内还包含功率开关和控制电路，令模块可以自动调整整流、限制涌流及提供过压保护等功能。FARM可监察供电情况，启动或关断下端的DC-DC转换器，组成有秩序的电源接通或关断顺序。利用FARM组成完整的交流前端，用户只需加入保持电容和少量分立元件。
使能 (EN) 引脚	1	
母线正常信号 (BOK) 引脚	3	在整个输入电压范围内，FARM模块可使直流输出母线电压保持在250V到370V之间。该输出电压范围可与全型、小型、微型300V输入DC-DC转换器，和VI-26x系列及VI-J6x系列DC-DC转换器模块的输入电压范围相配。FARM可根据交流输入电压自动转换为桥式整流或倍压整流，从而可以有效地防止开关电源因接入不适当的电源电压而损坏。输入电压在90Vac-132Vac之间时，FARM1xxx 额定功率为500W，输入电压在180Vac-264Vac之间时，FARM1xxx额定功率为750W。输入交流电压在90Vac-132Vac之间时，FARM2xxx额定输出功率为750W，输入交流电压在180Vac-264Vac之间时，FARM2xxx额定功率为1,000W，只要最大功率不超过上述数值，这两种交流前端模块都可任意与一个或多个DC-DC转换器模块组成开关电源系统。
滤波器	3	
功能说明	4	
确定所需的保持电容器	5	
实例	7	

连接片 (ST) 引脚

在实际应用中，FARM模块除了应连接输入和输出引脚外，为了实现自动适应输入电压范围的变化还必须把ST引脚连接保持电容 (C1, C2, 参看图1) 的中结点，与该电容器并联的气体放电管可提供输入瞬态保护。电源关断时，保持电容可通过泄放电阻R1和R2放电。

使能 (EN) 引脚

(参看图2)使能(EN)引脚必须接到所有DC-DC转换器模块的PC引脚或 GATE IN 引脚，以便刚接通电源时，FARM能暂时关断DC-DC转换器模块，否则保持电容正通过限流热敏电阻充电时，转换器模块就可能开始工作，因而无法使母线电压达到热敏电阻旁路门限电压，结果是转换器将无法正常工作。使能(EN)引脚输出 (内部N-渠道 MOSFET 的漏极) 电压，在模块内部通过150k电阻升到15V。

图1:
转换器连接

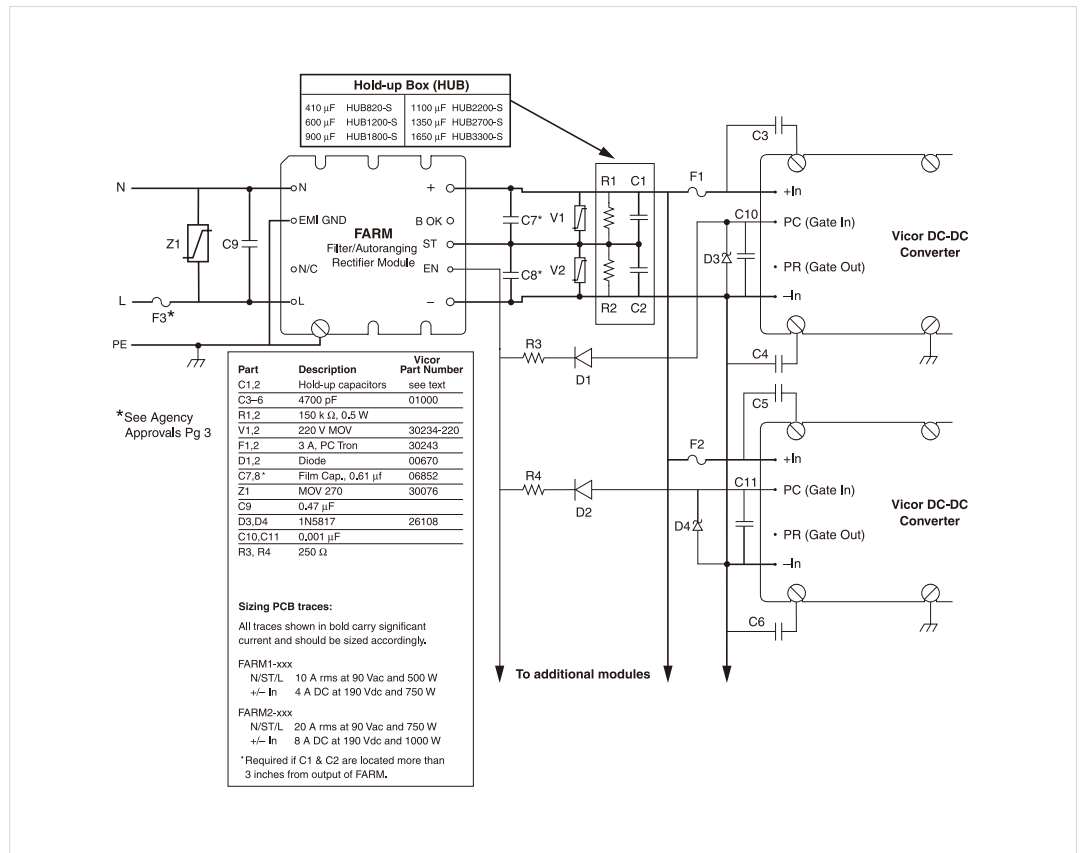
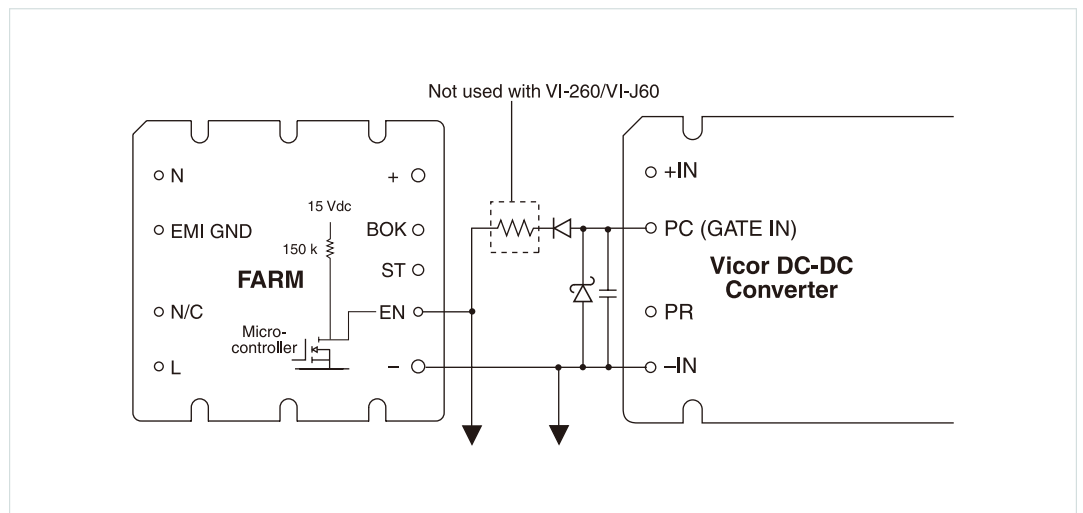


图2:
使能 (EN) 引脚功能



为了消除转换器模块之间可能产生的控制干扰，每只转换器模块的PC或GATE IN 引脚都必须串入一只信号二极管，并且该二极管应当尽量靠近PC引脚。电源接通且浪涌电流消失后，使能(EN)引脚与负输出引脚之间的电压会上升到15V，从而使各转换器模块开始工作。如果直流母线电压超过400V，使能(EN)引脚电压也可关断DC-DC模块，从而实现转换器模块输入过压保护。发生输入过压保护时，内部热敏电阻旁路开关打开，且与输入电压串联，从而降低母线电压到一个安全的水平，压敏电阻同时又限制了输入之电流。因发生故障或负载电流过大使直流母线电压低于180V时，热敏电阻旁路开关也将打开作限流保护。

母线正常信号 (BOK) 引脚

(图3)BOK引脚可提供电源中止提前警告信号，该引脚电压也是以负输出引脚为基准。

注意：FARM 模块的输入和输出不隔离。如果母线正常信号用于转换器模块的次级（输出端），必须通过光电隔离器监控。用示波器测试时，必须采用交流电源隔离变压器。为了不损坏模块，示波器的探头地线决不能同时连接输入和输出端。

滤波器 (图4)

内置的输入滤波电路包括共模电感，接在电源线与地线之间的Y-电容和接在两条电源线之间的X-电容，在100kHz到30MHz频带内，该滤波电路具有足够的共模和差模插入损耗，以符合B类别的传导干扰限值，如图5所示。

图3：
母线正常信号 (BOK)
隔离供电状态指示器

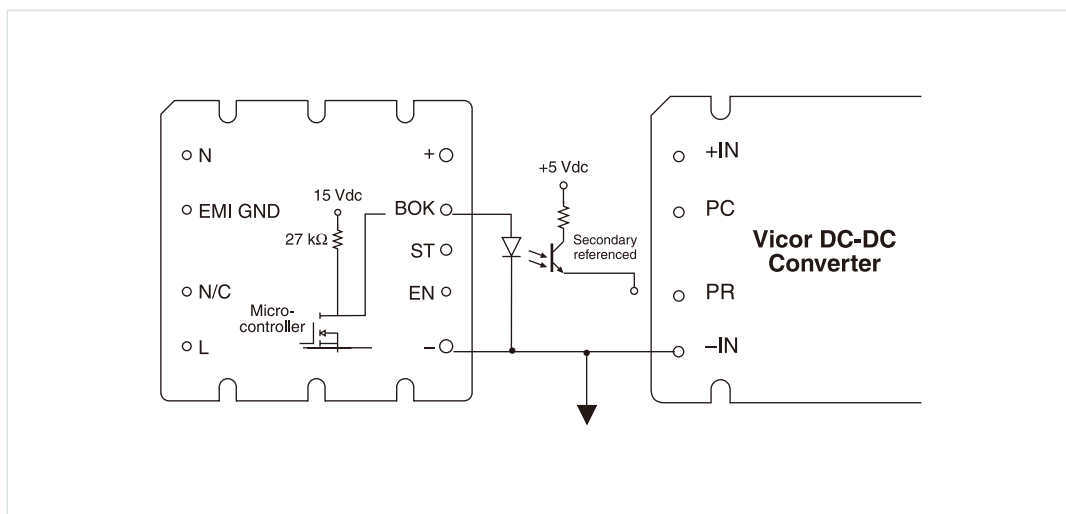


图4：
内置的滤波电路

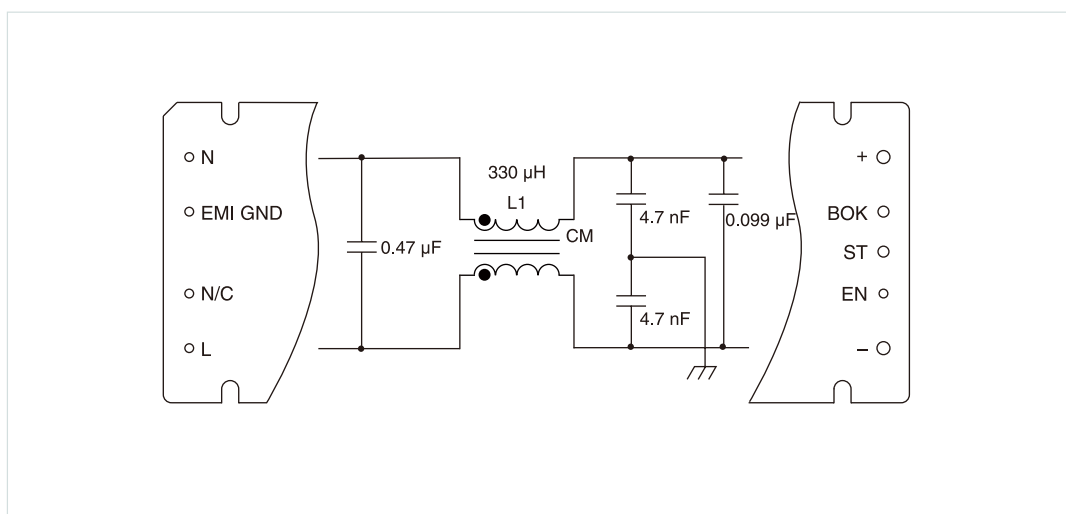
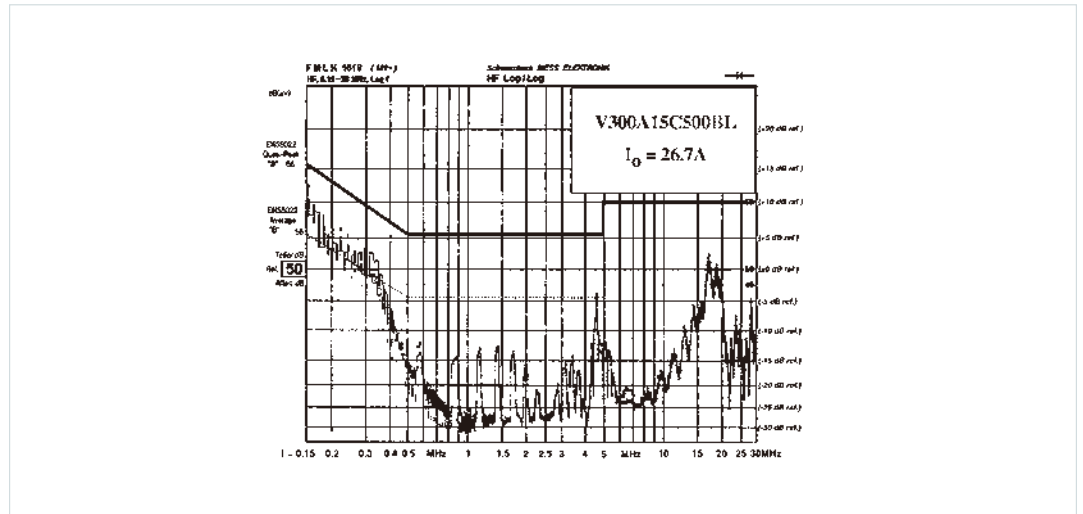


图5:
传导干扰
(V300A15C500BL)

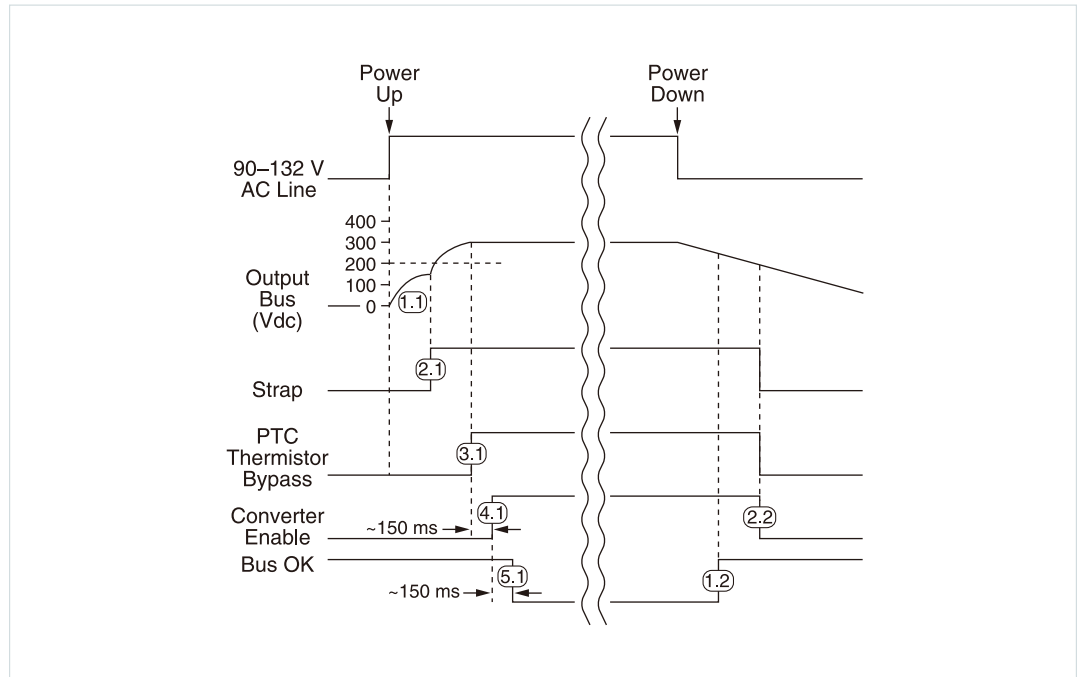


功能说明

电源接通顺序

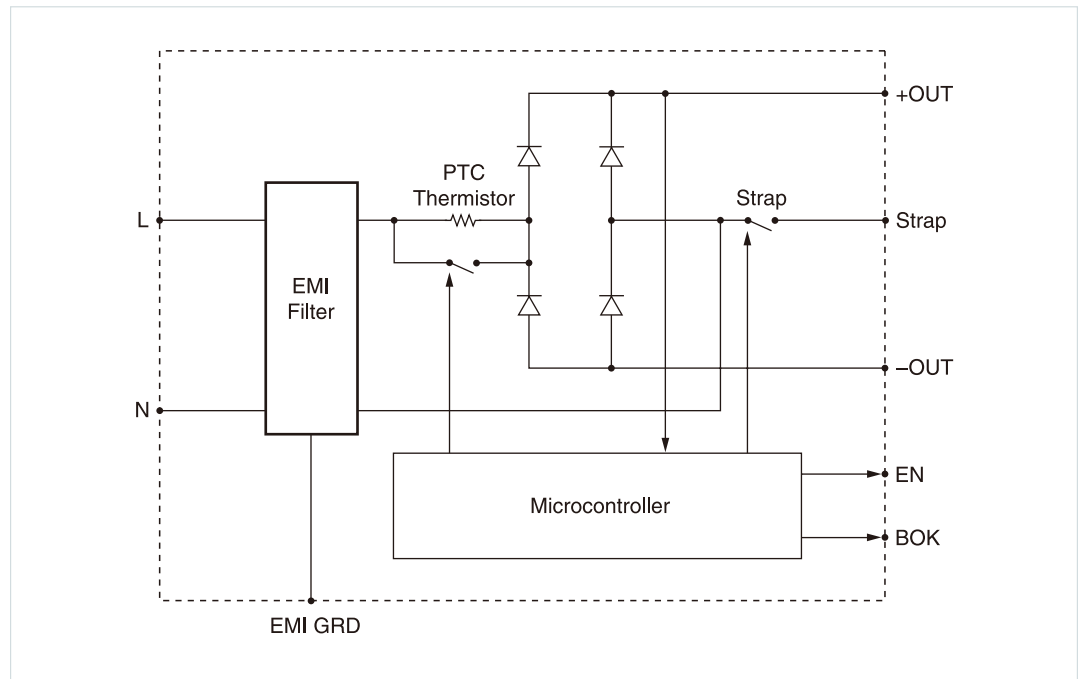
输入电源接通后(参见图6); 接在输出直流母线上的电容器开始充电, 热敏电阻限制充电电流, 充电时间常数由保持电容的容量和热敏电阻的冷态电阻决定。当电容两端电压达到输入交流电源电压的峰值时, 电容电压与时间的关系曲线的斜率 (dv/dt) 接近于零。

图6:
电源接通/关断时序图



在通电时, 用作旁路正温度系数热敏电阻 (PTC) 的开关器是在断开状态的, 该热敏电阻是浪涌限制器; 那个用作倍压搭接的开关器也是断开的 (参见图7)。此外, 转换器模块通过使能 (EN) 线被禁操作, 而总线正常信号 (BOK) 为高电平。

图7:
FARM 功能方块图



2.1 如果直流母线的电压高于200V，倍压整流电路就不工作。

3.1 电容两端电压曲线的斜率接近于零时，如果直流母线电压高于235V，浪涌限流热敏电阻被旁路；如果直流母线电压低于235V，浪涌限流热敏电阻不被开关旁路。

4.1 热敏电阻旁路开关闭合后，经过150ms，转换器模块被使能开始工作。

5.1 再经过150ms，母线正常信号(BOK)变为低电平，转换器模块输出电压可维持在规格上标明的范围内。

电源关断顺序

(参见图6)当输入电源被关断或失效，由于直流母线电压下降，将发生下述过程：

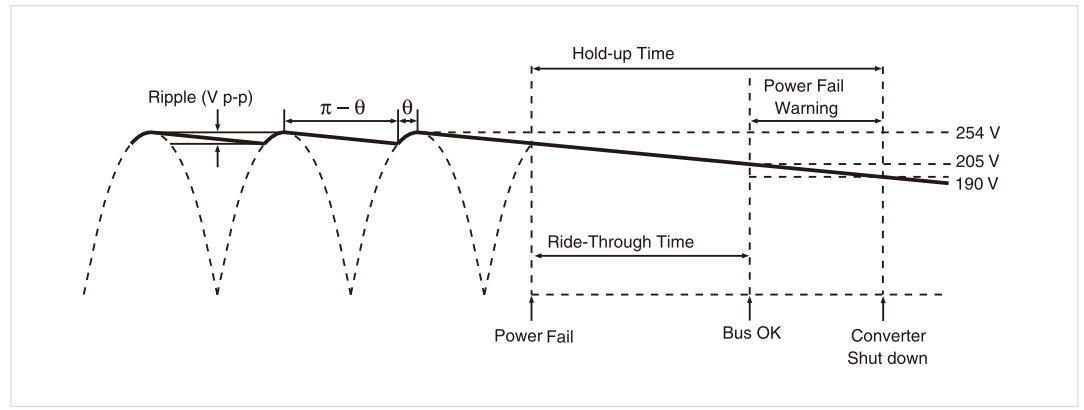
1.2 当直流母线电压低于205V时(典型)，母线正常信号变为高电平。

2.2 当直流母线电压低于190V时，转换器模块将关断。转换器模块关断后，如果重新接通输入电源，将重复电源接通顺序。如果交流电源发生瞬时中断，并且在直流母线电压下降到关断门限值以前，交流电源恢复供电，不会重复电源接通顺序。换言之，电源就能过度瞬时中断。

确定所需的保持电容器

保持电容的容量决定于输出母线电压的纹波、电源中断保持时间和过渡时间。在许多实际应用中，都要求输入电源出现规定时间内的瞬时中断时，电源设备必须维持输出电压，也就是说，转换器模块必须维持不间断输出电压。同样，在许多应用系统中，为了有时间按顺序关断转换器模块，还要求通知电源即将中断。

Figure 8.
Hold up time



电容充电电压为 V 时，电容器中贮存的能量为：

$$\epsilon = 1/2(CV^2) \quad (1)$$

式中：

ϵ = 贮存的能量
 C = 电容器的容量
 V = 电容器两端的电压

输入电源中断后，转换器模块所需的能量是由电容器放电提供的。该能量（功率时间的乘积）可由下式表示：

$$\epsilon = P\Delta t = C(V_1^2 - V_2^2)/2 \quad (2)$$

式中：

P = 转换器的功率
 Δt = 电容器放电间隔
 V_1 = Δt 起点电容器的电压
 V_2 = Δt 终点电容器的电压

将 (2) 式重新整理后，可得出所需的电容：

$$C = 2P\Delta t / (V_1^2 - V_2^2) \quad (3)$$

电源失效预警时间 (Δt) 是指电源中断预警母线正常信号(BOK)到转换器模块关断之间的时间，母线正常信号(BOK)和使能门限值分别为205V和185V。将这些数值代入公式(3)中，可简化电源失效预警时间、功率和母线电容之间的关系：

$$C = 2P\Delta t / (205^2 - 185^2)$$

$$C = 2P\Delta t / (7,800)$$

应当注意，如图1所示，保持电容由C1和C2串联组成，每只电容的容量应为计算值的两倍，但是每只电容所需的额定电压可减少到200V。

直流母线上允许的纹波电压(或电容器的允许纹波电流)，可影响所需的保持电容量。还应当考虑给定转换器的纹波抑制比和最终的输出纹波电压要求。Vicor转换器的纹波抑制R，是指输入与输出电压比的一个函数：

$$R = 30 + 20\log(V_{IN}/V_{OUT}) \quad (4)$$

例如，转换器输出电压为15V，额定输入电压为300V时，纹波抑制比将为56dB，即输入纹波电压10V峰-峰值将产生输出纹波电压15mV峰-峰值。(图8)公式(3)仍然适合于计算保持电容所需的容量，在这种情况下，V1和V2分别为纹波电压峰值和谷值处的母线电压瞬时值(图8-7)。在经整流的市电电压的两个峰值之间的时间间隔t内，保持电容必须保持规定的母线电压，可由下式给出：

$$\Delta t = (\pi - \theta) / 2\pi f \quad (5)$$

其中：
 f = 线频
 θ = 整流器导通角

近似导通角由下式给出：

$$\theta = \text{Cos}^{-1} V_2 / V_1 \quad (6)$$

选择保持电容时，还应当考虑额定纹波电流，保持电容器的额定电流值必须大于最大工作纹波电流。近似的工作纹波电流(rms)由下式给出：

$$I_{\text{RMS}} = 2P / V_{\text{ac}} \quad (7)$$

其中：
 P = 运行功率级别
 V_{AC} = 运行线电压

保持时间、过渡时间和要求的纹波电压与母线电容容量的关系分别如图9，10，11所示。

实例

在该实例中，DC-DC转换器模块在负载端的输出电压为12V，输出功率为320W。假设转换器的效率为85%，FARM模块的输出功率应为375W。在90-264Vac输入电压范围内，所需的保持时间为9ms。

决定电源失效预警时的电容容量

给定电源失效预警时间和输出功率时，可根据图9决定保持电容的容量，可以看出，母线电容的总容量至少应为820 μ F，由于两只电容串联，所以每只电容的容量至少应为1,640 μ F。需要注意的是保持时间并不取决于线电压。

决定过渡时间

如图10所示，过渡时间是市电电压和输出功率的函数。从图8-9可以看出，额定市电电压为90Vac时，过渡时间为68ms，应当说明，过渡时间为市电电压的函数。

Figure 9.
Hold-up time vs. operating power and total bus capacitance, series combination of C1, C2 (see Fig. 1)

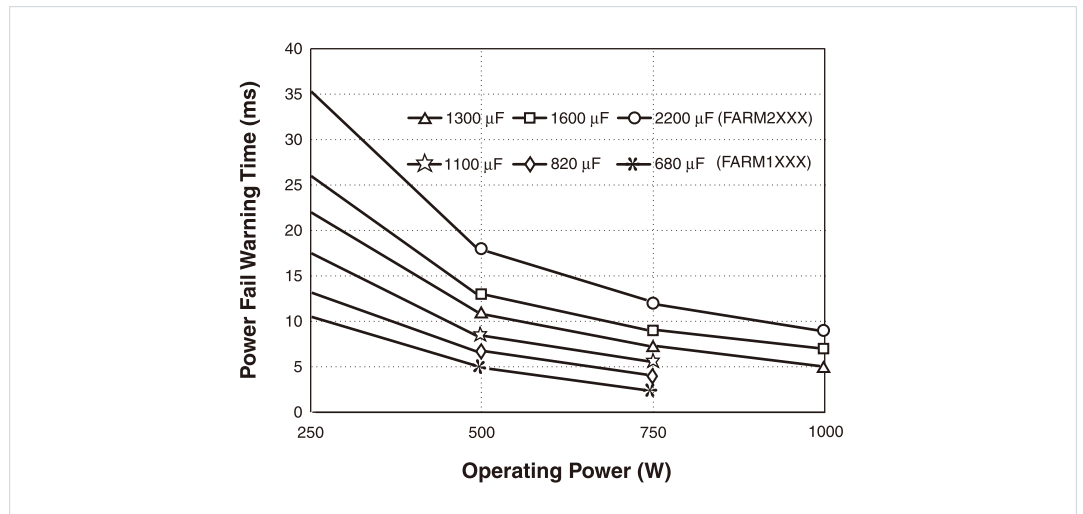
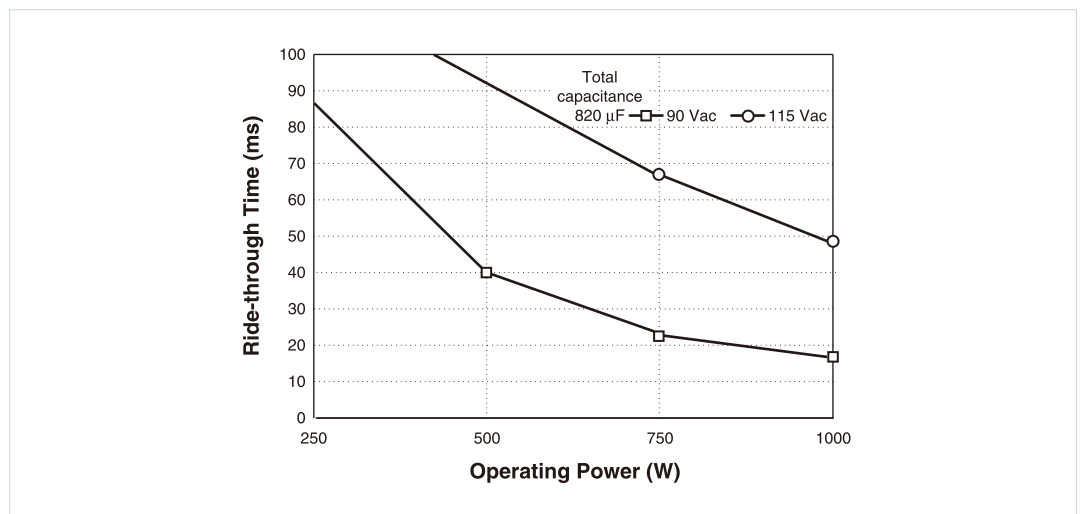


Figure 10.
Ride-through time vs. operating power



决定保持电容两端的纹波电压

如图11所示，纹波电压是输出功率和母线电容的函数。可以看出，保持电容两端的纹波电压为12V峰-峰值。

决定 DC-DC 转换器输出端的纹波电压

图12用于决定DC-DC转换器的纹波抑制比。可以看出，输出电压为12V时，纹波抑制比约为60dB。因为母线电压上的纹波为12Vac且转换器的纹波抑制比为60dB，因此因输入电源（初级120Hz）纹波而产生的转换器输出纹波应为12mV峰-峰值。

留意Vicor Maxi、Mini和Micro系列转换器比VI-200或VI-J00系列转换器有更高的纹波抑制量。

Figure 11.
Ripple voltage vs. operating power and bus capacitance, series combination of C1, C2 (see Fig. 1)

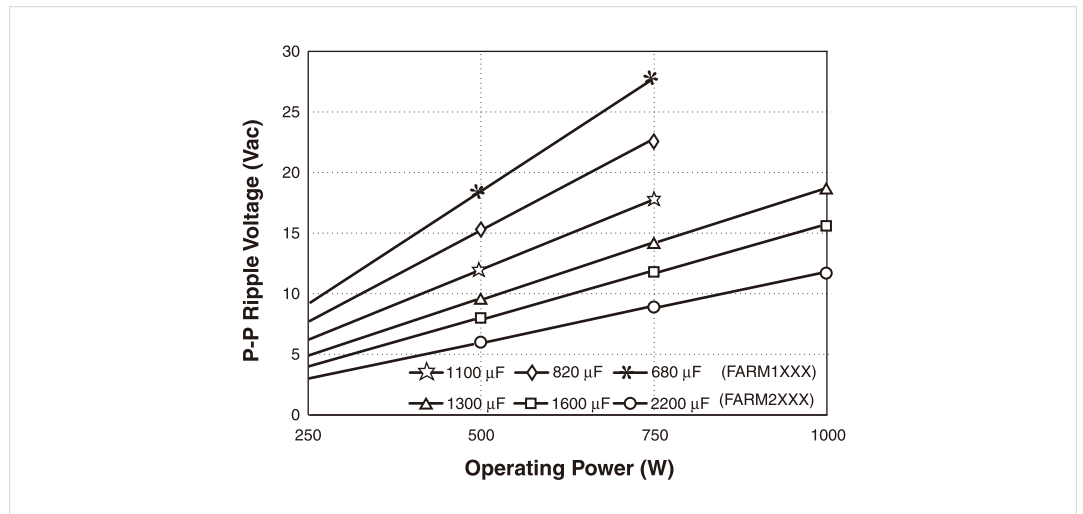
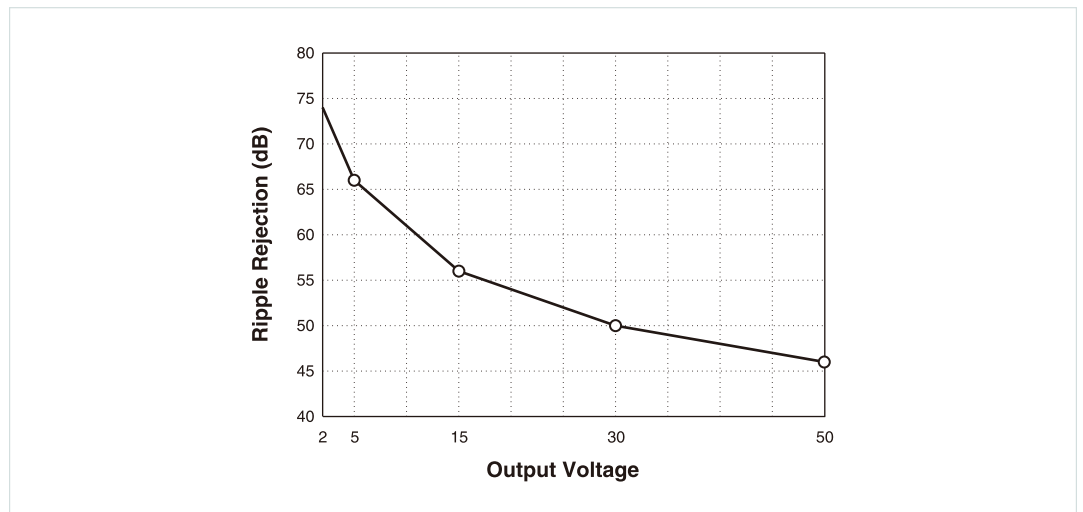


Figure 12.
Converter ripple rejection vs. output voltage



The Power Behind Performance