

滤波 / 自动调节整流模块 (FARM)；是配套 Vicor DC-DC 转换器的交流前端模块。以 FARM 及 Vicor DC-DC 转换器为核心元件，可以组成高性能的电源系统，并能满足广泛的应用要求以及达到各项安全标准。

除了瞬变、浪涌抑制和 EMI 滤波外，滤波和自动调节整流模块 (FARM) 内还包含功率开关和控制电路，令模块可以自动调节整流、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。

### 功能说明 (图 8-1)

**启动时的情况** 当输入电源接通时，限制浪涌电流的正温度系数 (PTC) 热敏电阻的旁路开关打开，倍压整流连接片 (strap) 在开启状态。此外，转换器模块被使能 (EN) 线关断，母线正常信号 (BOK) 在高电平。

### 电源接通顺序 (图 8-2)

- 1.1 输入电源接通后；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。当电容两端电压曲线的斜率接近于零时，如果直流母线的电压低于 200 V，倍压整流电路工作，因此直流母线电压将按指数规律升高到交流输入峰值电压的两倍。
- 2.1 如果直流母线的电压高于 200 V，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 235 V，浪涌限流热敏电阻被旁路；如果直流母线电压低于 235 V，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  $\sim 150$  ms，转换器模块被使能开始工作。
- 5.1 再经过  $\sim 150$  ms，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 (图 8-2)

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 205 V 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 190 V 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。

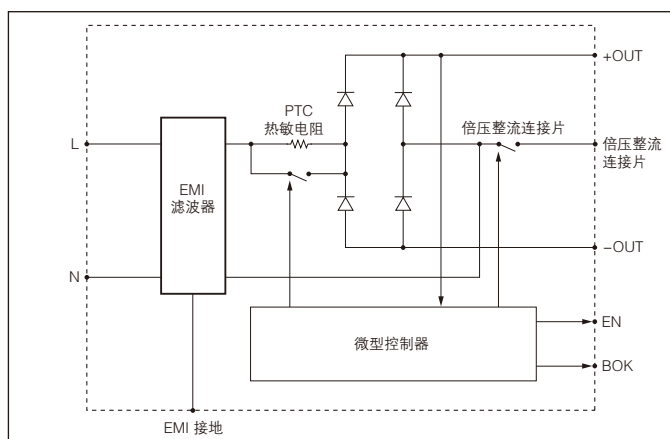


图 8-1 — FARM 功能方块图

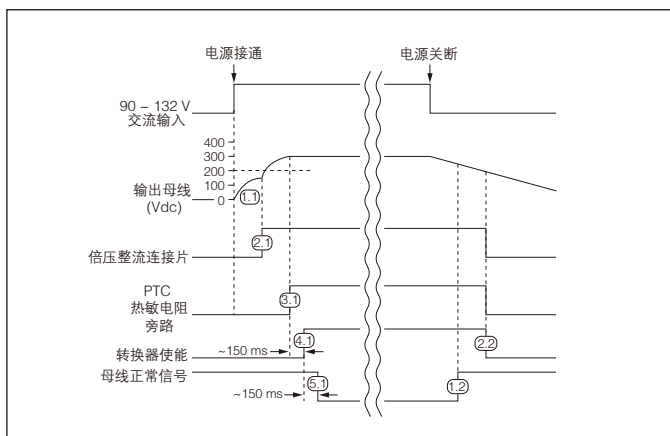


图 8-2 — 电源接通/关断时序图

### 离线式开关电源配置

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 250 V 到 370 V 之间。该输出电压范围可与全型、小型、微型 300 V 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 90 Vac - 132 Vac 之间时，FARM1xxx 额定功率为 500 W，输入电压在 180 Vac - 264 Vac 之间时，FARM1xxx 额定功率为 750 W。输入交流电压在 90 Vac - 132 Vac 之间时，FARM2xxx 额定输出功率为 750 W，输入交流电压在 180 Vac - 264 Vac 之间时，FARM2xxx 额定功率为 1,000 W，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。

**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 8-3) 的中结点。金属氧化物压敏电阻器 V1 和 V2 提供电容保护。电源关断时，保持电容可通过泄放电阻 R1 和 R2 放电，(参看图 8-3)。假如保持电容距离 FARM 输出引脚超过 75 mm 时，建议使用电容 C7 和 C8。

**使能 (EN) 引脚** (图 8-4) 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 150 kΩ 电阻升到 15 V。

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 15 V，从而使各转换器模块开始工作。如果直流母线电压超过 400 V，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 180 V 时，热敏电阻旁路开关也将打开作限流保护。

**注意：FARM 模块的输入和输出并不隔离，FARM 模块的 -Out 引脚和下游的 DC-DC 转换器的 -In 引脚都在高电平。如需要以控制 DC-DC 转换器的 PC 或 GATE IN 引脚 (参考 -In) 来提供外在接通 / 关断功能，就要采用一个光耦隔离器或隔离继电器。**

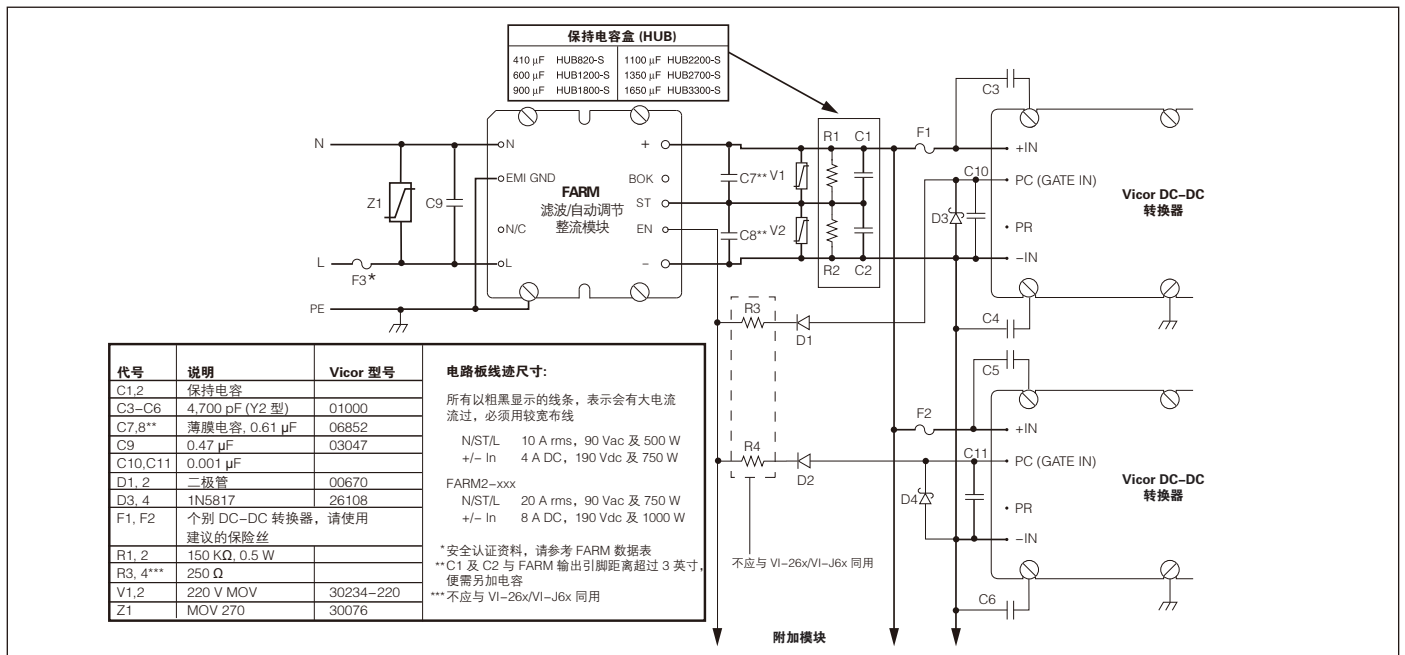


图 8-3 离线式开关电源配置

**母线正常信号 (BOK) 引脚** (图 8-5) 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 8-6) 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 100 kHz 到 30 MHz 频带内, 该滤波电路具有足够的共模和差模插入损耗。

**保持电容** 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。(图 8-7)

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。

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:  $\epsilon$  = 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

$\Delta t$  = 电容器放电间隔

$V_1$  =  $\Delta t$  起点电容器的电压

$V_2$  =  $\Delta t$  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 ( $\Delta t$ ) 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, 如图 8-7 所示。母线正常信号 (BOK) 和使能门限值分别为 205 V 和 190 V。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:

$$C = 2P\Delta t / (205^2 - 190^2)$$

$$C = 2P\Delta t / (5,925)$$

应当注意, 如图 8-3 所示, 保持电容由  $C_1$  和  $C_2$  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 200 V。直流母线上允许的纹波电压 (或纹波电流在电容器两端产生的纹波电压), 也可影响保持电容所需的电容量。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。

例如, 转换器输出电压为 15 V, 额定输入电压为 300 V 时, 纹波抑制比将为 56 dB, 即输入纹波电压 10 V 峰-峰值将产生输出纹波电压 15 mV 峰-峰值。(图 8-11) 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,  $V_1$  和  $V_2$  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  $\Delta t$  内, 保持电容必须保持规定的母线电压,  $\Delta t$  可由下式给出:

$$\Delta t = (\pi - \theta) / 2\pi f \quad (4)$$

式中:  $f$  = 交流市电的频率

$\theta$  = 整流器的导通角

(图 8-7)

近似的导通角可由下式给出:

$$\theta = \cos^{-1}(V_2 / V_1) \quad (5)$$

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:

$$I_{rms} = 2P / V_{ac} \quad (6)$$

式中:  $P$  = 总输出功率

$V_{ac}$  = 市电电压

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 8-8、8-9 和 8-10 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 12 V，输出功率为 320 W。假设转换器的效率为 85%，FARM 模块的输出功率应为 375 W。在 90 - 264 Vac 输入电压范围内，所需的保持时间为 9 ms。

**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 8-8 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  $\mu\text{F}$ ，由于两只电容串联，所以每只电容的容量至少应为 1,640  $\mu\text{F}$ 。

**注意：预警时间与输入电压无关。保持电容值计算器可见于网上：[vicor-china.com/technical\\_library/calculators/calc\\_arm-holdup.htm](http://vicor-china.com/technical_library/calculators/calc_arm-holdup.htm)。**

**决定过渡时间** 如图 8-9 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 90 Vac 时，过渡时间为 68 ms，应当说明，过渡时间为市电电压的函数。

**决定保持电容两端的纹波电压** 如图 8-10 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 12 V 峰-峰值。

**决定 DC-DC 转换器输出端的纹波电压** 图 8-11 用于决定 DC-DC 转换器的纹波抑制比。可以看出，输出电压为 12 V 时，纹波抑制比约为 60 dB。因为母线电压上的纹波为 12 Vac 且转换器的纹波抑制比为 60 dB，因此因输入电源 (初级 120 Hz) 纹波而产生的转换器输出纹波应为 12 mV 峰-峰值。

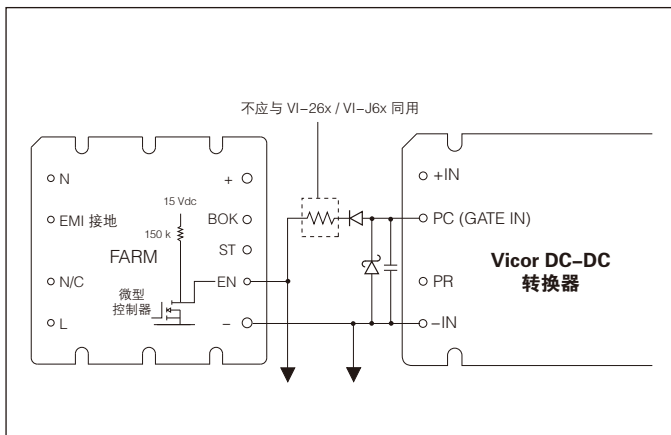


图 8-4 使能 (EN) 引脚功能

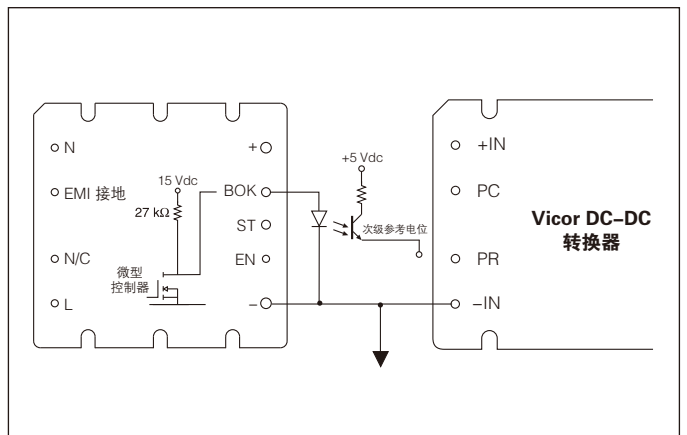


图 8-5 母线正常信号 (BOK) 隔离供电状态指示器

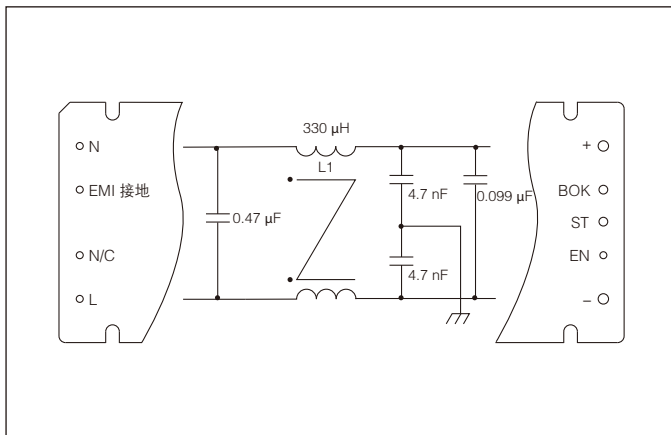


图 8-6 内置的滤波电路

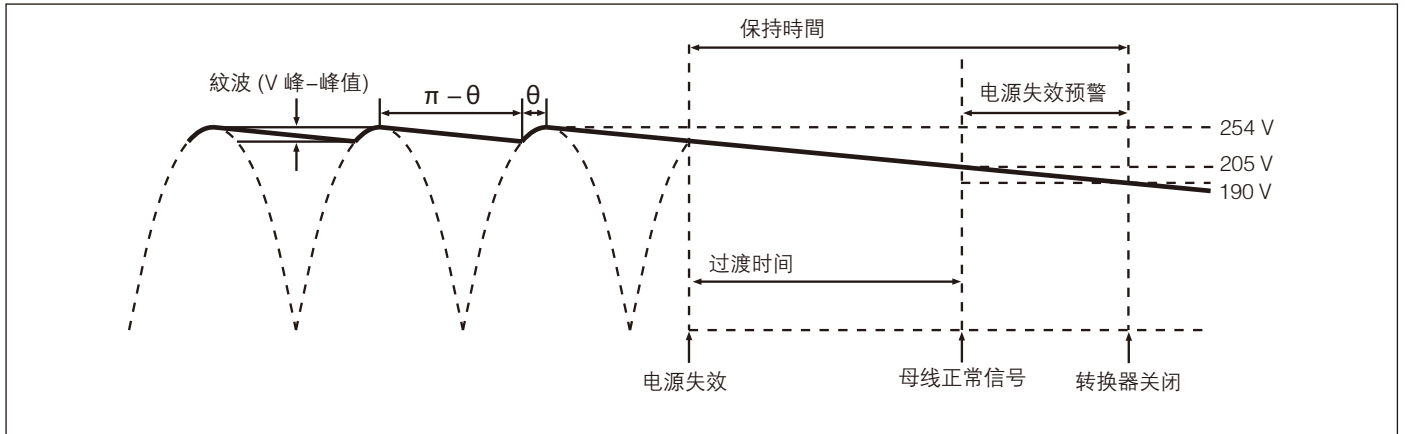


图 8-7 随着交流电源中断的母线电压波形图

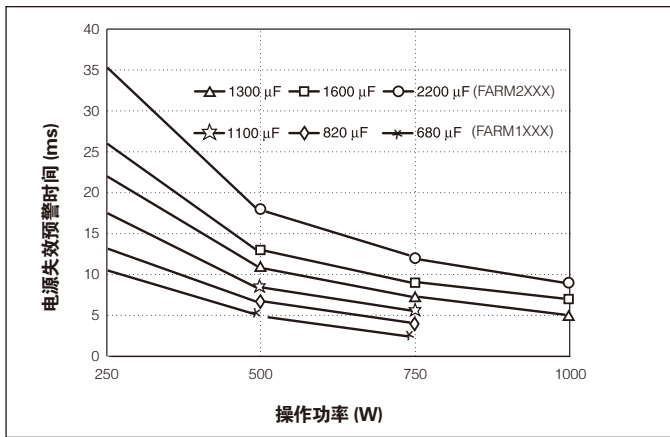


图 8-8 电源失效预警时间与输出功率和总母线电容的关系。母线电容由电容 C1 和 C2 串联组成 (图 8-3)

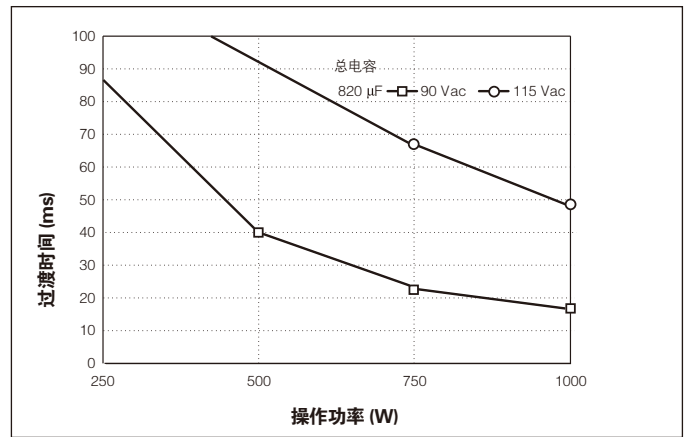


图 8-9 过渡时间与输出功率的关系

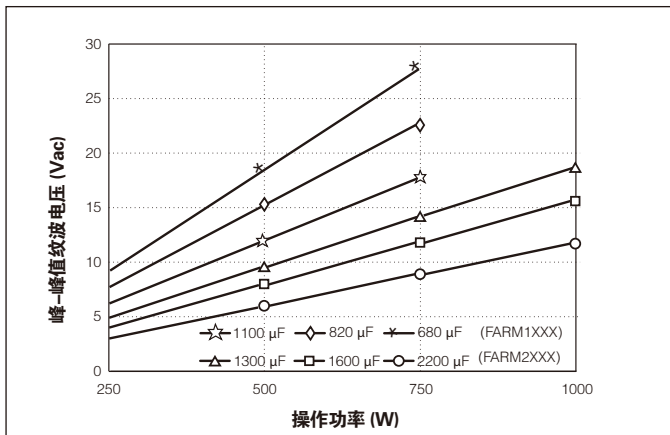


图 8-10 纹波电压与输出功率和母线电容的关系。母线电容由 C1 和 C2 串联组成

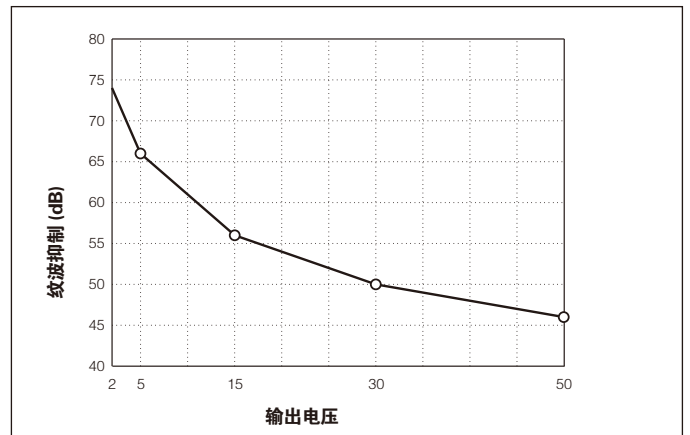


图 8-11 转换器模块纹波抑制比与输出电压的关系 (典型)