

自动调节整流模块 (ARM); 是配套 Vicor DC-DC 转换器的交流前端模块。以 ARM 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。

自动调节整流模块 (ARM) 内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。ARM 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 ARM 组成完整的交流前端, 用户只需加入保持电容和一个含瞬变保护功能的合适输入滤波器。

功能说明 (图 7-1)

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, 下端的 DC-DC 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 7-2)

- 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。
- 2.1 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。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 ~ 150 ms, 转换器模块被使能开始工作。
- 5.1 再经过 ~ 150 ms, 母线正常信号变为低电平, 转换器模块输出电压可以维持在规格上标明的范围内。

电源关断顺序 (图 7-2)

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 200 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, 则不会重复电源接通顺序。

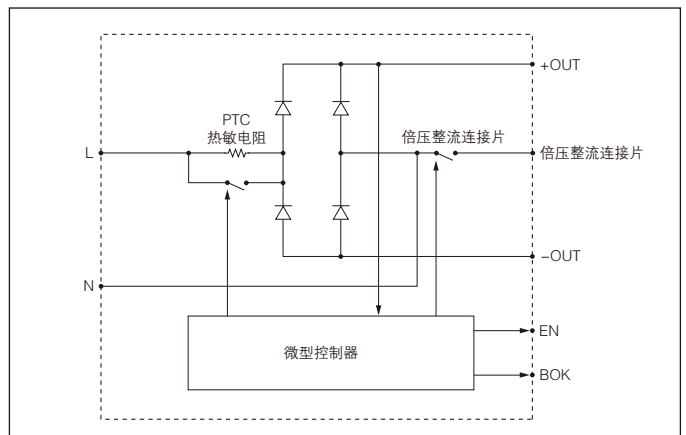


图 7-1 功能方块图

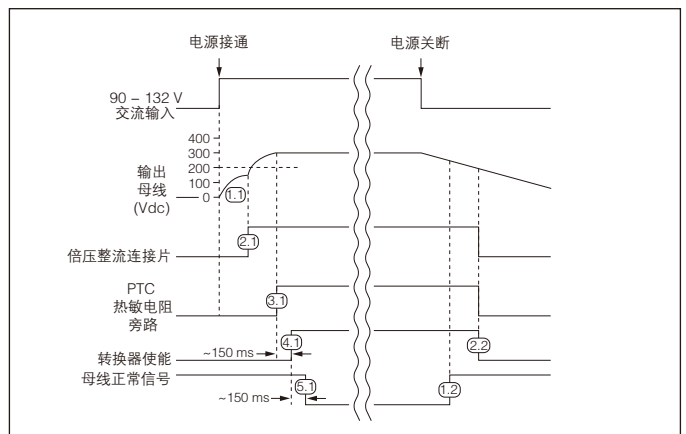


图 7-2 电源接通/关断时序图

离线式开关电源配置

在整个通用输入电压范围内，ARM 模块可使直流输出母线电压保持在 200 V 到 375 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。ARM 可根据交流输入电压自动转换为整流模式（倍压整流或非倍压整流），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，VI-ARM-x1 额定功率为 500 W，输入电压在 180 Vac - 264 Vac 之间时，VI-ARM-x1 额定功率为 750 W。输入交流电压在 90 Vac - 132 Vac 之间时，VI-ARMB-x2 额定输出功率为 750 W，输入交流电压在 180 Vac - 264 Vac 之间时，VI-ARMB-x2 额定功率为 1,500 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。参见 VI-ARM 数据表中的 VI-ARMB 降额曲线（图 1 和 2）。

连接片 (ST) 引脚 在实际应用中，ARM 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 7-3) 的中结点。压敏电阻器提供输入瞬变保护。电源关断时，保持电容可通过泄放电阻 R1 和 R2 放电（参看图 7-3）。

使能 (EN) 引脚 (图 7-4) 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，ARM 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-通道 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：ARM 模块的输入和输出并不隔离，ARM 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。

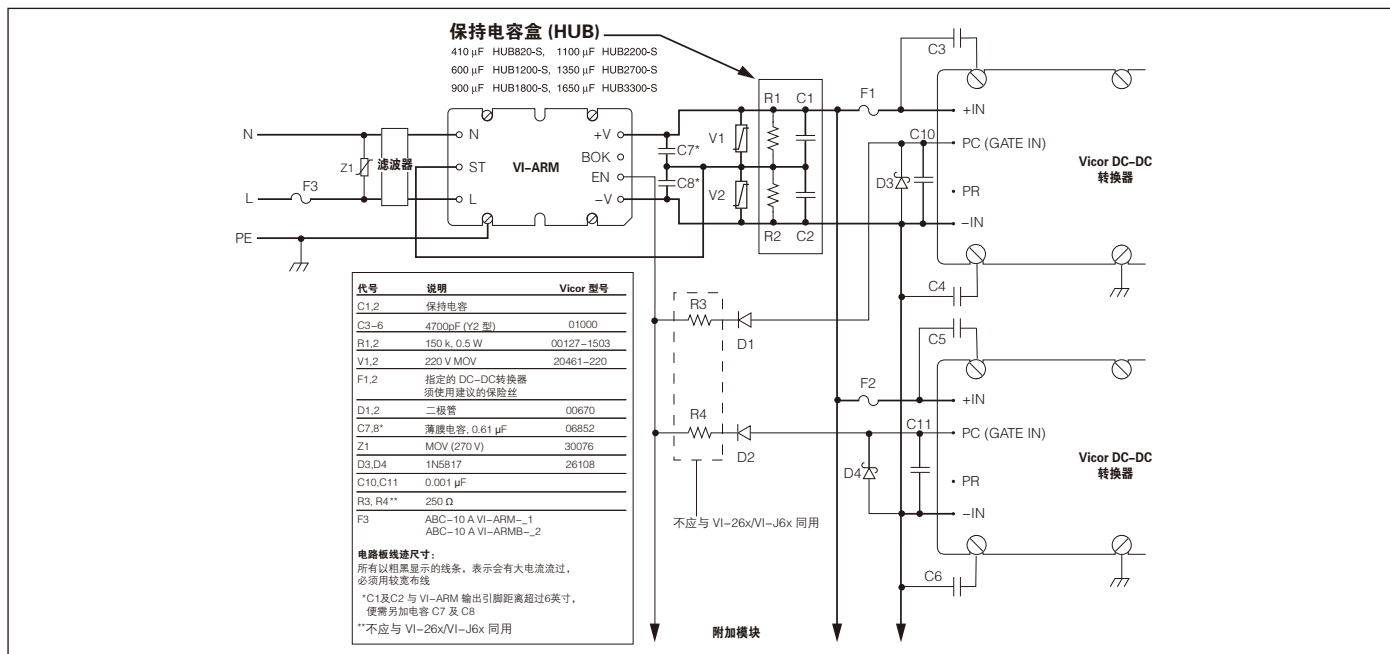


图 7-3 — ARM 典型应用

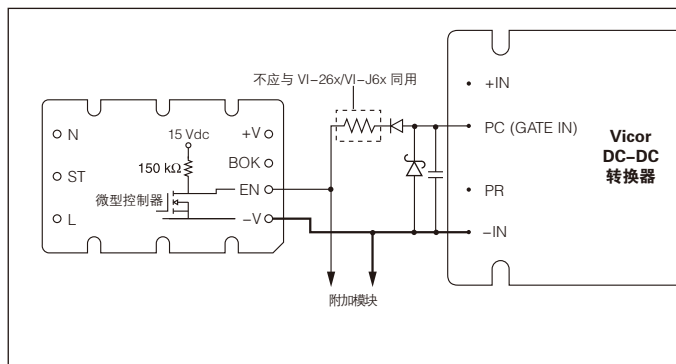


图 7-4 — 使能 (EN) 引脚功能

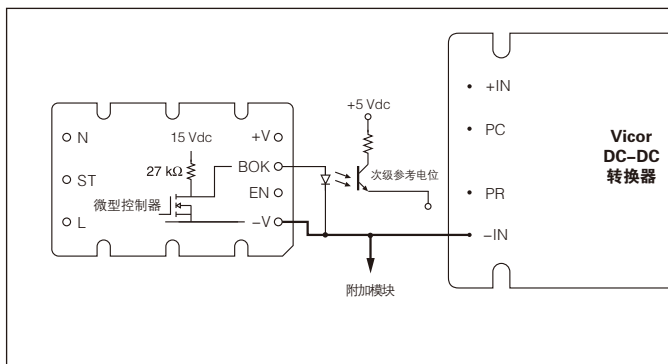


图 7-5 — 母线正常信号 (BOK) 隔离供电状态指示器

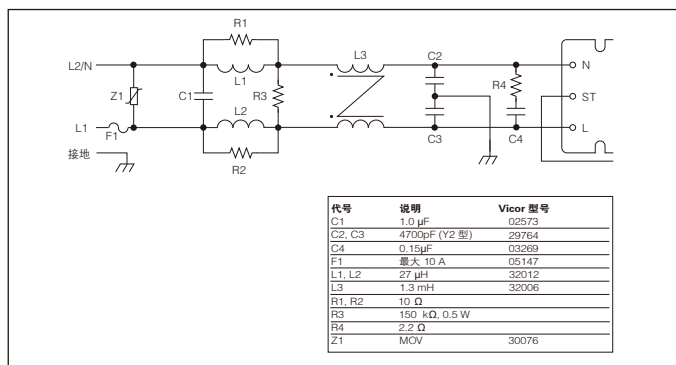


图 7-6a — 建议的滤波器设计，VI-ARM-x1 的低功率滤波器连接

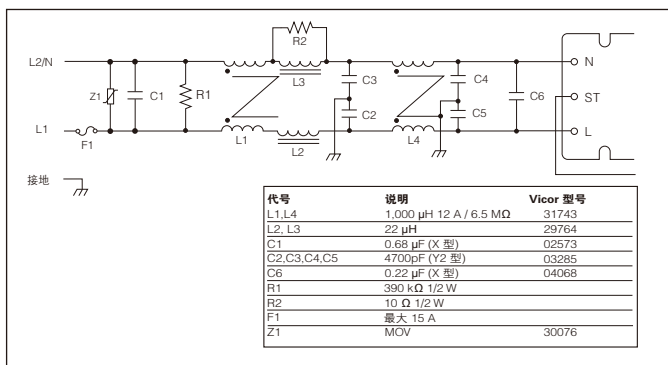


图 7-6b — 建议的滤波器设计，VI-ARMB-x2 的高功率滤波器连接

母线正常信号 (BOK) 引脚 (图 7-5) 母线正常信号 (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：ARM 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 两种建议的输入滤波器设计，包括低功率的 VI-ARM-x1 和高功率的 VI-ARMB-x2。(图 7-6a 和 7-6b)

在 100 kHz 到 30 MHz 频带内，两种滤波电路俱有足够的共模和差模插入损耗。符合传导辐射限制 B 级标准。

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 7-7) 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 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

$V_1 = \Delta t$ 起点电容器的电压

$V_2 = \Delta t$ 终点电容器的电压

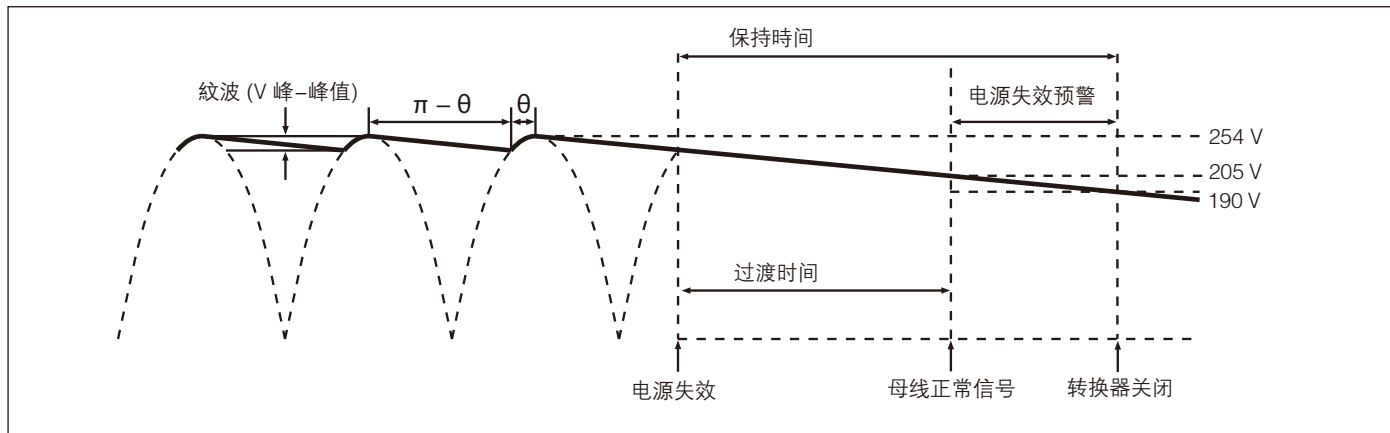


图 7-7 — 交流电源中断时的母线电压波形时序图

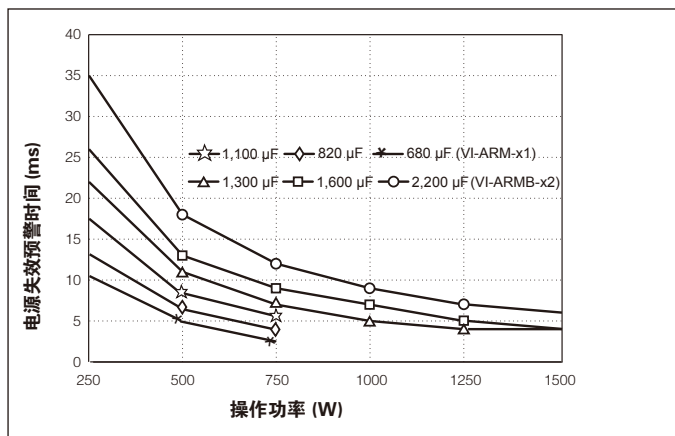


图 7-8 — 电源失效预警时间与输出功率和总母线电容的关系。母线电容由电容 C1 和 C2 串联组成 (图 7-3)

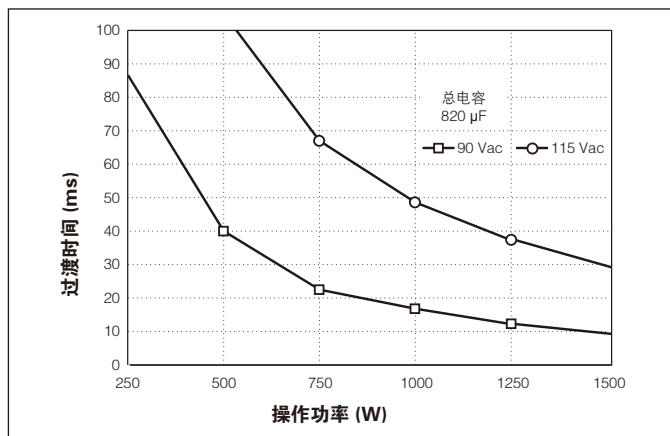


图 7-9 — 过渡时间与输出功率的关系

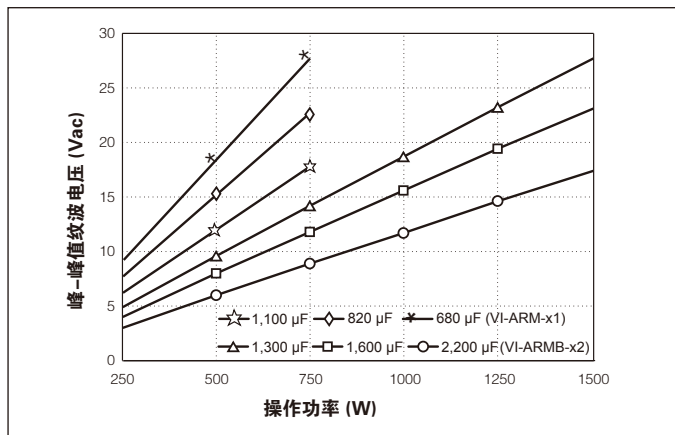


图 7-10 — 纹波电压与输出功率和母线电容的关系。母线电容由 C1 和 C2 串联组成 (图 7-3)

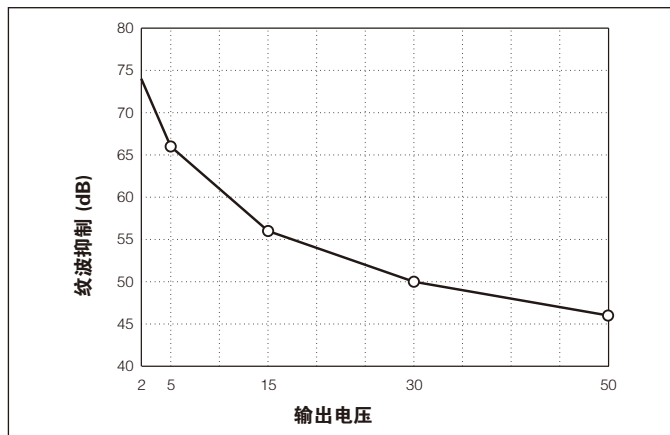


图 7-11 — 转换器模块纹波抑制比与输出电压的关系 (典型)

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) 是指电源中断告警 (BOK) 到转换器模块关断之间的时间, 如图 7-7 所示。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 7-3 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 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。

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 7-11) 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, 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 7-7)。在经整流的市电电压的两个峰值之间的时间间隔 Δt 内, 保持电容必须保持规定的母线电压, Δt 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

θ = 整流器的导通角

(图 7-7)

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 7-8、7-9 和 7-10 所示。

实例

在该实例中, 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%, ARM 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量 给定电源失效预警时间和输出功率时, 可根据图 7-8 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 μF , 由于两只电容串联, 所以每只电容的容量至少应为 1,640 μF 。

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

决定过渡时间 如图 7-9 所示, 过渡时间是市电电压和输出功率的函数。从图 7-9 可以看出, 额定市电电压为 115 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 7-10 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 7-11 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。如果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。