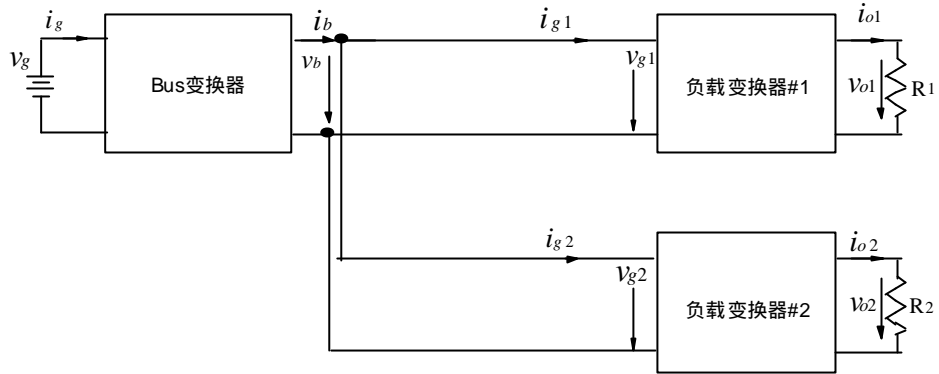


开关电源系统#2 的动态小信号方程

张兴柱 博士

1：系统的结构框图：



这是最简单的一种电源系统，它有一个源变换器（Bus 变换器）和两个负载变换器组成。负载#1 由负载变换器#1 供电，负载#2 由负载变换器#2 供电，两个负载变换器的高频（开关频率）输入脉动电流之和对于 Bus 变换器而言，是一种高频的大信号负载扰动，它会在 Bus 变换器的输出端产生一个相应的高频输出电压变化。因扰动频率远大于 Bus 变换器的带宽，故输出电压变化为（仅在 Buck 型 Bus 变换器中才成立）： $\Delta v_b = -Z_{out}(f_{s1}) \times \Delta i_{g1} - Z_{out}(f_{s2}) \times \Delta i_{g2}$ 。其中： Z_{out} 为 Bus 变换器的开环输出阻抗，

Δi_{g1} 为负载变换器#1 的输入电流脉动量； Δi_{g2} 为负载变换器#2 的输入电流脉动量； f_{s1} 和 f_{s2} 是分别两个负载变换器的开关频率，它们通常远大于 Bus 变换器输出滤波电容的 ESR 零点频率，故有：

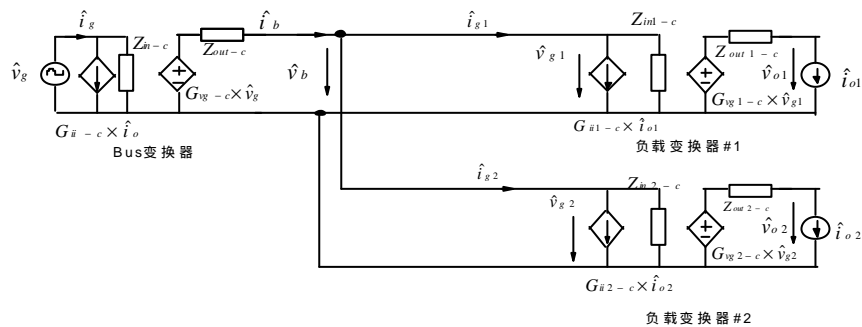
$Z_{out}(f_{s1}) = Z_{out}(f_{s2}) = -R_c$ ，因此： $\Delta v_b = -R_c \times (\Delta i_{g1} + \Delta i_{g2})$ ，由于 R_c 为 Bus 变换器输出电

容的 ESR，一般都很小，所以 Δv_b 也会较小。这个 Δv_b 是因负载变换器的脉动输入电流引起的，从上述框图可知，它也是两个负载变换器的小信号输入电压扰动，因扰动频率远大于负载变换器的带宽，所

以由其引起的各输出电压扰动分别为： $\Delta v_{o1} = G_{vg1}(f_{s1}) \Delta v_b$ 和 $\Delta v_{o2} = G_{vg2}(f_{s2}) \Delta v_b$ ，其中 G_{vg1} ，

G_{vg2} 分别为负载变换器#1 和负载变换器#2 的开环 Audio。只要这两个分量很小（远小于输出电压的开关纹波要求），上述框图便是合理可行的。否则就要在 Bus 变换器和负载变换器之间增加一个滤波电容或者一个二阶滤波器。

2：系统的小信号等效电路



3 : 系统的小信号输出方程

$$\text{Bus 输出 : } \hat{v}_b(s) = G'_{vgb} \times \hat{v}_g(s) - Z'_{outb1} \times \hat{i}_{o1}(s) - Z'_{outb2} \times \hat{i}_{o2}(s)$$

$$\text{输出\#1 : } \hat{v}_{o1}(s) = G'_{vg1} \times \hat{v}_g(s) - Z'_{out1} \times \hat{i}_{o1}(s) - Z_{out21} \times \hat{i}_{o2}(s)$$

$$\text{输出\#2 : } \hat{v}_{o2}(s) = G'_{vg2} \times \hat{v}_g(s) - Z_{out12} \times \hat{i}_{o1}(s) - Z'_{out2} \times \hat{i}_{o2}(s)$$

$$\text{假定 : } |Z_{out-c}| \ll |Z_{in1-c}|, |Z_{out-c}| \ll |Z_{in2-c}|$$

$$\begin{aligned} \text{则有 : } \quad G'_{vgb} &\approx G_{vg-c}, \quad Z'_{outb1} \approx G_{ii1-c} \times Z_{out-c}, \quad Z'_{outb2} \approx G_{ii2-c} \times Z_{out-c} \\ G'_{vg1} &\approx G_{vg-c} \times G_{vg1-c}, \quad Z'_{out1} \approx Z_{out1-c} + G_{vg1-c} \times G_{ii1-c} \times Z_{out-c}, \\ Z_{out21} &\approx G_{ii2-c} \times G_{vg1-c} \times Z_{out-c} \\ G'_{vg2} &\approx G_{vg-c} \times G_{vg2-c}, \quad Z'_{out2} \approx Z_{out2-c} + G_{vg2-c} \times G_{ii2-c} \times Z_{out-c} \\ Z_{out12} &\approx G_{ii1-c} \times G_{vg2-c} \times Z_{out-c} \end{aligned}$$