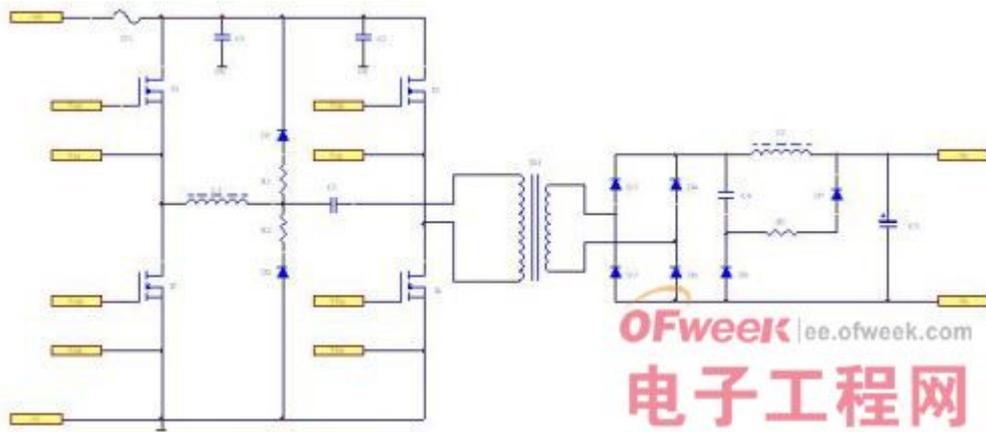


大功率 AC/DC 开关电源之无源钳位移相全桥电路

在通信行业、电力行业、工业、军工、航空航天等领域，都广泛应用大功率 AC/DC 高频开关电源。单机功率从几百瓦至几百千瓦，智能化、n+1 冗余模式、高效高功率密度、全数字化等是其显著之特点。

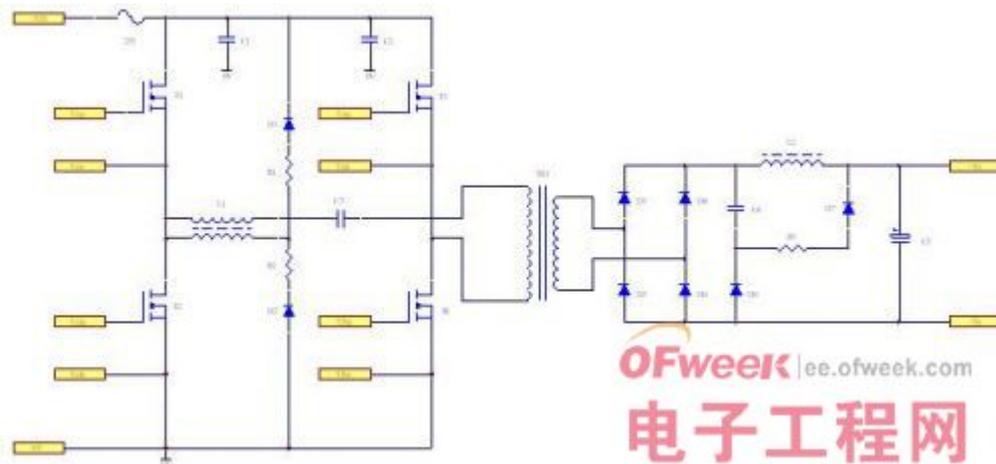
有源钳位全桥电路抑制了副边整流管反向恢复所致的尖峰和振荡(换言之，即实现了副边整流管的“软开关”)，但桥臂功率器件仍在硬开关环境下工作(即未实现 ZVS、ZCS 等软开关)，随着市场对电源的效率、功率密度等指标不断地提高，在工程设计中，开关频率 f_s 也不断地提升，由于功率器件的开关损耗与开关频率成正比，这使得在大功率应用中硬开关全桥电路越来越难于胜任了为了解决高频下桥臂功率器件的开关损耗，出现了多种 ZVS、ZCS 等软开关拓扑，移相全桥电路即是其中之一。在工程中，应用较多较成熟的有如下几种：(1)无源钳位移相全桥电路一；(2)无源钳位移相全桥电路二；(3)有源钳位移相全桥电路；(4)还有一种——即有限双极控制 ZVZCS 电路，不知算不算移相全桥的范畴，还请大家定论。

无源钳位移相全桥电路简图(一)



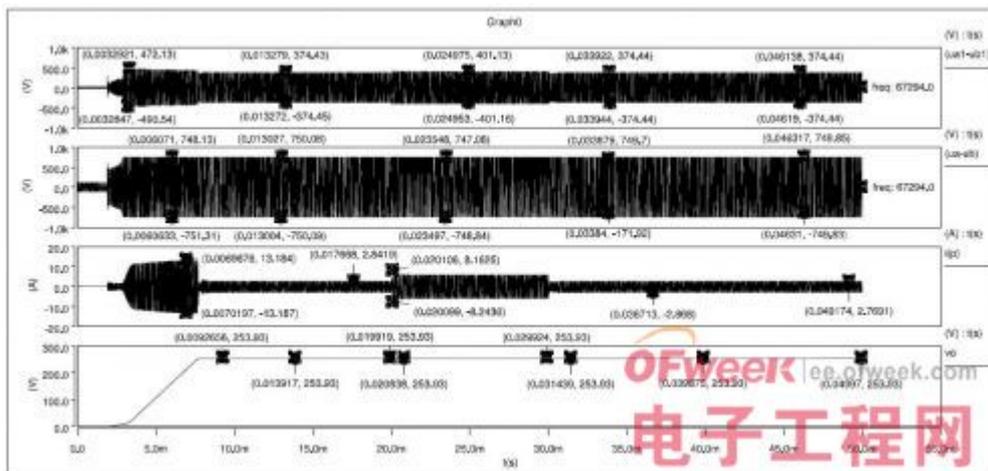
特点简述：由于原副边同时增加了钳位电路，副边整流管上的尖峰和振荡得到大幅地抑制，EMI 改善、效率提升等等。在工程应用中，由于变压器漏感、电路分布参数等的存在，其抑制效果与有源钳位、谐振“双软”电路等相比，还是有明显的差距，同时滞后桥臂 ZVS 范围也较窄。

无源钳位移相全桥电路简图(二)



特点简述：其中 L1 为耦合电感。由于原副边同时增加了钳位电路，副边整流管上的尖峰和振荡得到大幅地抑制，EMI 改善、效率提升等等。在工程应用中，由于变压器漏感、电路分布参数等的存在，其抑制效果与有源钳位、谐振“双软”电路相比，还是有明显的差距，同时滞后桥臂 ZVS 范围也较窄。

输出电压 V_o 、原边电流 I_p 和 U_a-U_b 、 $U_{a1}-U_{b1}$ 仿真图



从展开图中可以得知，原边桥臂电压 U_a-U_b 的波形中有一个凸起(红色圈内部分)。我相信，多数第一次做移相全桥的朋友都可能遇到过这样的问题，且为解决它而颇费周折。对于此问题的成因，还专门请教过阮新波老师，是 LC 谐振回路的谐振周期太短、死区时间选择太大等因素所致。为此应做相应地增加 LC 谐振回路的周期、减小死区时间等处理方法。

增加 LC 谐振回路的谐振周期可以加大谐振电感 L_r 、加大谐振电容 C_r 及同时加大谐振电感 L_r 和 谐振电容 C_r 等选择;这里有一个折中考虑的问题，不能过度，是 PS-FBC 存在占空比丢失、滞后桥臂实现 ZVS 的范围较窄等不足之由。

就增加 LC 谐振回路的谐振周期作如下分析：

1. 加大谐振电感 L_r , 可以增加 LC 谐振回路的谐振周期、使滞后桥臂实现 ZVS 的范围变宽, 但同时占空比丢失也增加, 需要折中考虑;

2. 加大谐振电容 C_r , 可以增加 LC 谐振回路的谐振周期, 但使滞后桥臂实现 ZVS 的范围变得更窄, 增加滞后桥臂容性开通损耗, 需要折中考虑。

3. 基于此, 个人的思路是首先确定占空比丢失的取值, 这样就可以确定谐振电感 L_r 的最大取值, 最后再确定谐振电容 C_r 的取值。