

采用改进同步整流技术的新一代DC-DC模块电源

艾默生网络能源有限公司 唐志

摘要：随着DC-DC模块电源向输出低压大电流的方向发展，同步整流技术的应用也越来越广泛。与肖特基整流相比较，很显然，在低压大电流的应用中采用同步整流技术可以获得更高的效率。同时，在某些应用方面，业界也发现采用同步整流技术的DC-DC模块电源存在一些不同的特性，在某些特殊的应用场合，甚至不能直接替换采用肖特基整流的DC-DC模块电源。本文从应用的角度分析了同步整流的技术特征以及对某些应用造成的影响，并提出了改进的同步整流技术方案和该方案的实际应用结果，新的方案在进一步提高效率的情况下，使电源的输出特性与肖特基整流更加接近，能更大范围地满足应用的要求。

1. 概述

DC-DC模块电源为了满足小型化的要求，一般会选择简单可靠的功率级电路，其中，谐振复位正激+同步整流电路（图1）在DC-DC模块电源中应用比较广泛，下面将以此电路为例进行分析。

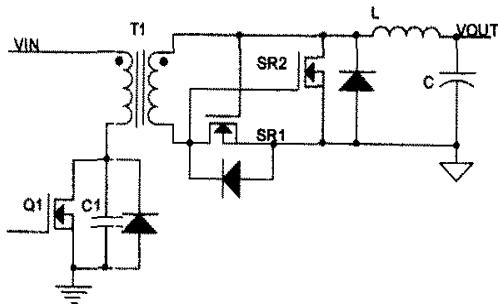


图1 谐振复位正激+同步整流电路

2. 基本同步整流电路

如图1所示电路，其副边为基本同步整流电路，关键波形见图2。

当原边主开关管Q1开通时，通过变压器T1向副边

传输能量，副边工作在整流状态，此时SR1的V_{gs}电压为变压器副边绕组电压，极性为正，SR2的V_{gs}电压为零，因而SR1导通，SR2关断；当原边主开关管Q1关断时，变压器T1原边绕组的励磁电流和负载电流流经C1，C1上的电压开始上升，当C1电压升至V_{in}时，原边绕组中的负载电流下降为0，在励磁电流的作用下原边励磁电感L_m与电容C1进行谐振，谐振电压V_r为正弦波，谐振周期 $T_r = 2\pi\sqrt{L_m C_1}$ ，谐振电压V_r加到变压器T1的原边绕组上使T1磁复位，同时，副边也进入到

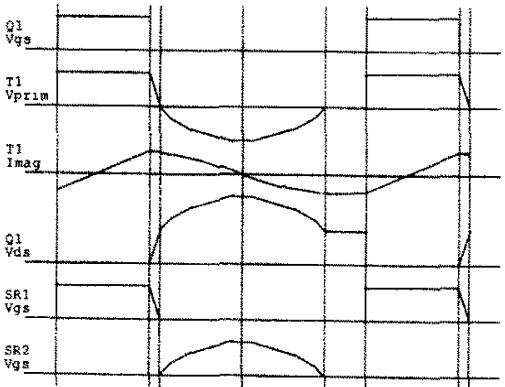


图2 关键波形



续流状态，此时 SR1 的 V_{gs} 电压为 0，SR2 的 V_{gs} 电压为变压器副边绕组电压，电压波形为正弦波，极性为正。因而 SR1 关断，SR2 导通；这样的工作状态会周期性重复。

3、基本同步整流电路的问题

3.1、续流管的驱动

如图 2 中 SR2 的 V_{gs} 波形，由于驱动 SR2 的是正弦波谐振电压，受主开关的占空比和谐振参数的影响，电压波形变化较大，驱动效果也不理想，模块效率较低。

3.2、输出并联

将两个采用基本同步整流电路的 DC-DC 模块电源输出并联将会产生很多问题，其中的一个严重问题就是“电流反灌”，下面通过一个简单的例子说明“电流反灌”现象。

如图 3 所示，当模块 2 正常工作而模块 1 被关断时，模块 2 的输出电压 V_{OUT} 会通过模块 1 内部的 L、T1 的副边绕组分别加到 SR1、SR2 的 G、S 之间，SR1、SR2 会因此导通并流过较大的电流，同时，模块 2 的输出电压 V_{OUT} 会被拉低。对于模块 1 来说，此时的电流是反向流入模块的，称之为“电流反灌”现象。在 N 个模块并联的系统中，设每个模块的最大输出电流为 I_o，当其中一个模块被关断时，流入这个模块的反灌电流将会达到 $(N-1) \times I_o$ ，这将会带来严重的后果。

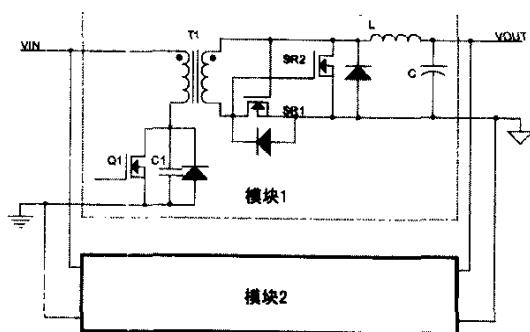


图 3 采用基本同步整流电路的DC-DC模块并联

4、改进的同步整流电路

4.1、电路描述

改进的同步整流电路如图 4，副边同步整流管 SR1 移到上端，SR1、SR2 采用共漏极接法，从变压器抽取 N1、N2 绕组，N1 绕组用于驱动 SR1，N2 绕组经半波整流用于驱动 SR2，原边同步信号 SYNC 经隔离，驱动小功率 MOSFET S1，用于关断 SR2。其中的隔离驱动电路可以采用类似图 5 的典型电路。关键信号的时序关系如图 6 所示。

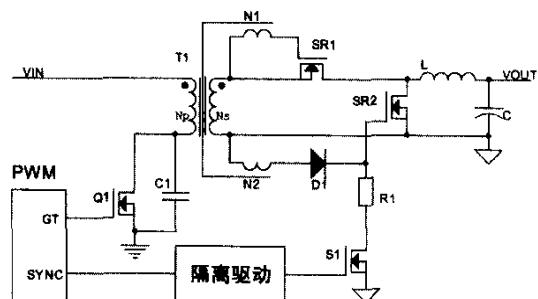


图 4 改进的同步整流电路

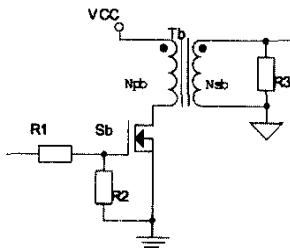


图 5 典型的隔离驱动电路

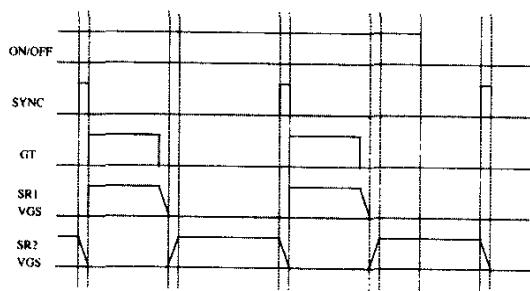


图 6 关键信号的时序关系

4.2、续流管的驱动

改进的同步整流电路通过半波整流的方式驱动SR2，驱动信号通过二极管D1给SR2的G、S间的等效电容C_i充电。由于MOSFET门极的输入阻抗很大，V_{gs}将保持驱动信号的峰值不变，直到SYNC信号导通S1，将SR2的G、S间的电荷放掉。因而SR2的V_{gs}波形接近方波，并能维持到续流过程结束（见图6中SR2的V_{gs}波形）。改进后的效率会更高。

4.3、输出并联

改进后的同步整流电路能够支持多个模块输出并联。

如图7所示，由于采用单独的绕组N1、N2驱动同步整流管SR1、SR2，同步整流管的门极与输出端V_{OUT}没有直接联系，当模块1关机后，SR1、SR2的驱动电压均为0，相当于二极管特性。在其它工作状态，如启动、待机、动态负载等情况下，并联模块也能正常工作。

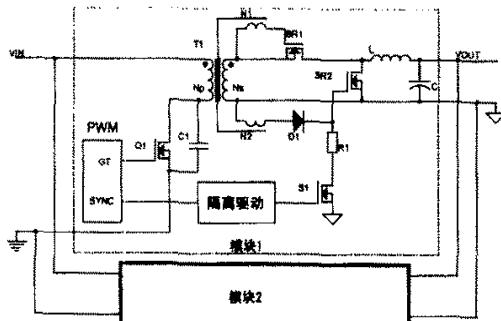


图7 采用改进同步整流电路的DC-DC模块并联

5、应用结果

改进的同步整流技术应用在48V输入，5V@20A输出的DC-DC模块电源上，效率可达到90%以上。

图8显示了正常工作期间同步整流管的驱动波形，其中通道1是续流管的驱动波形，通道2是整流管的驱动波形。可见两管的驱动波形既保证了适当的死区以避免直通，又能使通过二极管导通的时间尽量缩短，因而同步整流的效率很高。

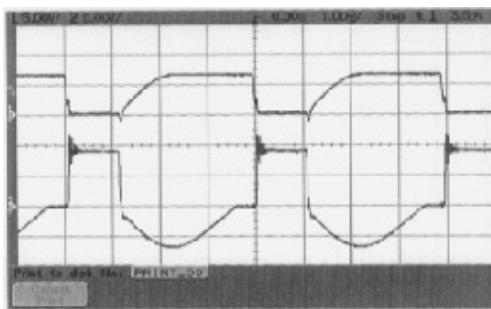


图8 同步整流管的驱动波形

图9显示了两个模块并联，当其中一个模块关机时，在输出并联母线上的电压波形，其中通道1是模块1的关机信号，通道2是输出并联母线上的电压波形。可见当其中一个模块关机时，输出并联母线上的电压不受影响。

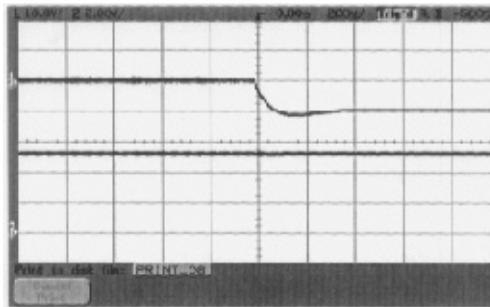
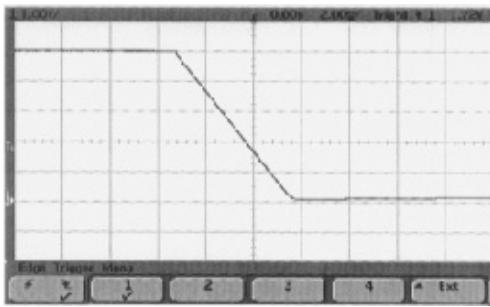
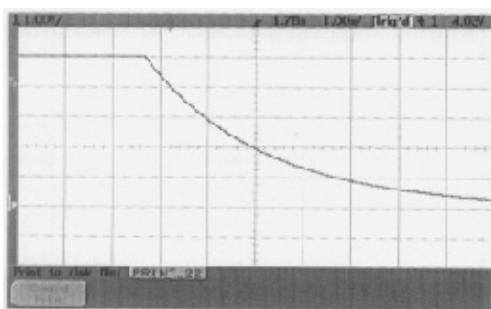


图9 并联模块在其中一个模块关机时的输出电压波形

图10显示了单个模块在输出轻载和空载情况下关机的输出端电压波形，可见在关机后模块的输出电压平



负载 5A



负载 0A

图 10 关机时的输出电压波形

缓下降，不会出现振荡，其特性与肖特基整流的模块电
源基本一致。

6、总结

本文针对基本同步整流技术在应用中存在的一些问题进行了分析，并提出了改进的同步整流技术和具体的电路。该技术已应用在具有工业标准的砖系列 DC-DC 模块电源中，并在实际应用中表现出优良的性能和兼容性。

7、参考文献

- [1] 张升柱、董锐鹏 “DC/DC 芯片器的自驱动电路”
ZL 09123402.5