

基于 DSP 重复控制在逆变电源系统中的应用

本文提出一种 DSP 重复控制的控制方案,利用重复控制器来跟踪周期性参考指令信号,减小输出电压谐波,同时电流环控制改善系统的动态性能。并根据该控制方案,设计和调试了一台基于 DSPTMS320I²F2407A 控制的单相 1kW 逆变器,仿真和实验结果均验证了该方案的良好性能。

重复控制的基本理论

重复控制是基于内模原理的一种控制思想。它的内模数学模型描述的是周期性的信号,因而使得闭环控制系统能够无静差地跟踪周期信号。单一频率的正弦波是典型的周期信号,它的数学模型为

$$G(s) = \frac{\omega}{s^2 + \omega^2} \quad (1)$$

那么只要在控制器前向通道串联上与输入同频率的正弦信号,就可以实现系统的无静差跟踪。重复控制也多用数字控制方式。离散后的重复控制内模为:

$$G(z) = \frac{z^{-N}}{1 - z^{-N}} \quad (2)$$

式中: N 为一个周期的采样次数

基于内模原理的理想重复控制系统的前向通道上含有一个周期性延时环节,不可避免它会导致动态性能较差。到目前为止,要实现高性能的控制效果,最为有效的方法有如下两种:一是直接重复控制,引入前馈,通过前馈提高动态响应,其系统结构如图 1 所示;二是嵌入式重复控制,它在重复控制器侧加入 PI 调节器,通过 PI 调节来提高动态性能,其系统结构如图 2 所示。

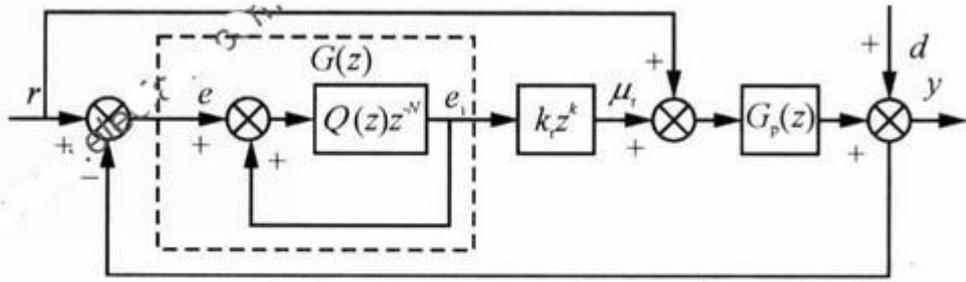


图 1 直接重复控制系统框图

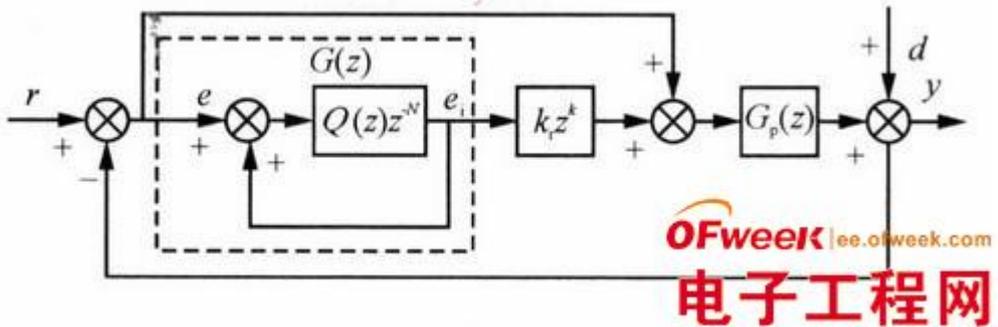


图 2 嵌入式重复控制系统框图

OFweek lee.ofweek.com
电子工程网

理想重复控制器 $Q(z)=1$ ，当扰动的角频率 ω_d 是输入信号角频率 ω_r 的整数倍，即 $\omega_d=n\omega_r$ 时，可以得到 $z^{-N}=1$ ，就是说，理想的重复控制器可以消除任意次谐波，可以对小于采样频率的 $1/2$ 下的任意次谐波进行无差跟踪。所以本文中提出的控制器通过重复内模来抑制周期性干扰，实现稳态特性，PI 控制提供动态补偿，该控制器兼顾了 PI 经典控制设计简单，实现方便的优点，同时弥补了重复控制单周期延时的缺点。

逆变器控制系统设计

图 3 为基于 DSP 的逆变器系统控制方案的示意图，如果系统引入电感电流内环，不仅可以增加系统的稳定性，还能适当降低谐振峰值。因此，在重复控制电压外环的内部加入电流内环，构成重复控制双环，可以增加重复控制系统的稳定性，还能降低补偿器设计难度。

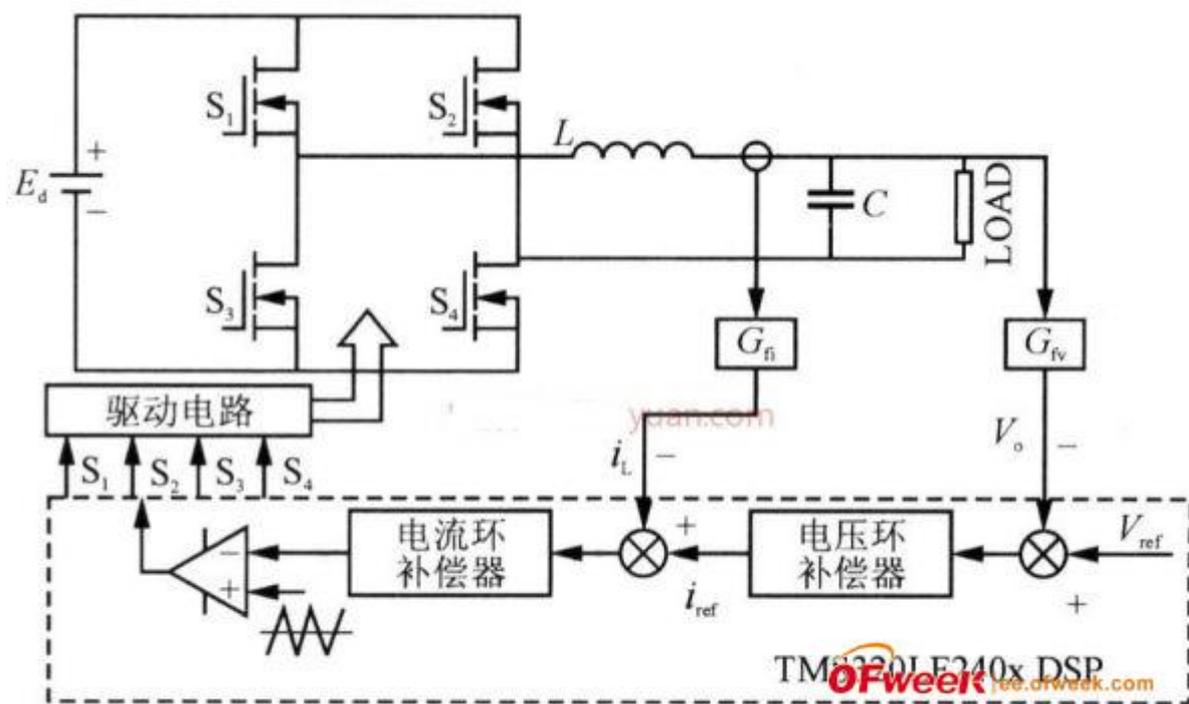


图 3 基于 DSP 的逆变器控制图

系统模拟部分主要是功率电路和接口电路，数字部分。接口电路是设计时需要特别考虑的，它需要实现数据的转换(A/D, D/A)，针对不同的A/D，还需要特别设置电平转换电路。而门极驱动电路不仅要提供足够的能量以驱动功率模块，还需要隔离，以保护数字芯片。最后通过数字部分的编程，实现数字控制。