电池储能系统双向PCS的研制

刘刚，梁燕，胡四全，姚为正

（许继集团，河南许昌461000）

摘要：传统单向PWM整流器或单向PWM逆变器已经满足不了电池储能系统的要求。因此提出了一种新型双向功率变换器（PCS）拓扑，它不仅能满足电池的充电、放电要求，而且还能在电网断电时，对关键负荷进行供电。介绍了该双向PCS拓扑的工作原理，并对双向PCS3种工作模式的控制策略进行了研究，在此基础上，研制了一台12kW电池储能系统双向PCS，成功用于钒电池储能系统中。实验结果表明，此处设计的双向PCS功能强大、性能优良，能广泛应用于电池储能系统。

1引言

电池
储能系统
可将夜间的“谷电
”或平日富余的电能存起来，它不仅
可以应对电网中断或大面积停电等突发事件[1-3]
，而且也是城市电网削峰填谷的“调度高手”。同时，电池储能系统也可用于风光储系统中，它将使太阳能、风能等可再生能源的并网发电更趋稳定。电池储能系统有两个重要的组成部分，即系统电池和并网接入系统。两者缺一不可，密不可分。

传统的单向PWM整流器或单向PWM逆变器已经不能满足储能系统并网接入的要求，故提出了一种新型并网接入系统，即双向功率变换器（PCS）拓扑，它不仅可以满足电池充、放电，而且还能在电网断电时，对关键负荷进行供电，起到EPS的作用，又称孤岛运行。对PCS的3种运行控制方式进行了研究，并研制了一台12kW电池储能系统双向PCS，成功用于钒电池储能系统中。

2主电路拓扑

这里研制的双向功率变换器PCS的主电路拓扑如图1所示。主电路的核心为PWM1三相IGBT全桥变换器，可进行AC/DC变换和DC/AC变换。

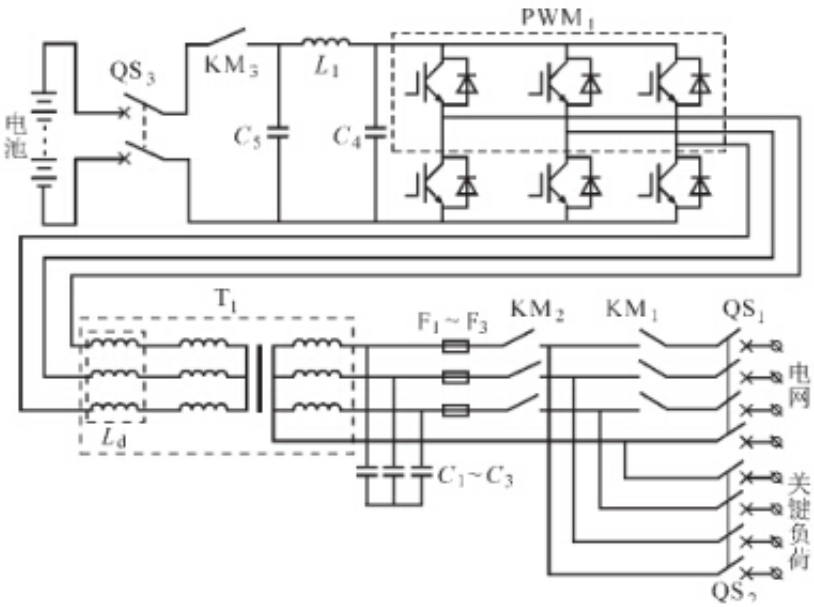

图 1　主电路拓扑图

直流滤波单元（C5，L1，C4）可在PCS进行PWM整流工作时对输出进行滤波，有效减少输入电池的纹波电流和纹波电压，同时在PCS进行逆变输出时，减少开关频率脉冲电流对电池的影响，起到双重滤波作用。

隔离变压器T1不仅起到隔离和电压匹配的作用，同时也起到交流滤波器的作用。在变压器设计时，可将一定的漏感设计其中，如图1中Ld，使其和滤波电容C1～C3组成交流滤波单元，从而有效减小PCS的体积，使系统更简单。

交流接触器KM1，KM2的主要作用是在PCS进行孤岛运行时，将关键负荷与电网隔开，防止电网电压突然恢复对系统造成冲击。

3控制方法

电池充电要求直流电流或直流电压恒定，而在电池放电时，一般要求直流电流恒流放电。因此在PCS充/放电控制系统设计中，一般采用双环控制，即直流电压（或电流）外环和交流电流内环，如图2所示。

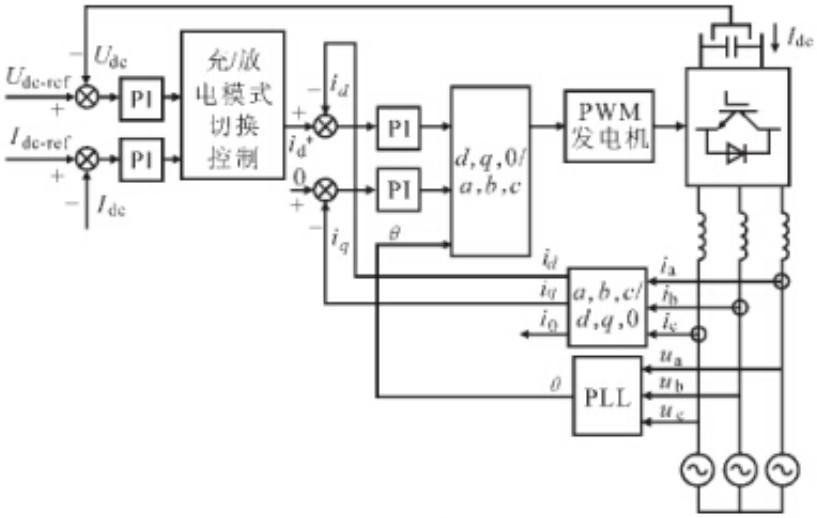

图 2　充/放电的控制框图

直流电压（或电流）外环的目是维持直流电压（或电流）恒定，为实现直流电压的稳态无差，外环采用PI调节器。对于内环，其作用主要是按直流电压（或电流）外环输出的电流指令进行电流控制，可实现单位功率因数正弦波电流控制，具体方法为由外环调节器输出的指令电流值与实际检测的电网电流作差求其偏差值，然后再经由电流内环控制器和电网电压锁相环信号得到网侧输出电压指令信号，其中id为PWM1变换器输出三相电流ia，ib，ic经过Park变换后的有功电流。

当电网断电时，PCS首先断开图1中KM1，将交流输出与电网隔离开，然后开始孤岛运行，其控制框图如图3所示，孤岛运行控制目标是在不同的输出负载情况下，均能保持输出交流电压稳定。

因此孤岛运行控制也采用双环结构，外环为输出交流电压有效值环，目的是保持输出交流电压的稳定。内环为输出交流电压瞬时值环，目的是保证输出交流电压具有很好的动态性能。具体方法为外环的给定交流电压有效值与反馈交流电压有效值差值输出进行PI积分控制，可有效减小输出的静态误差，外环PI输出后与正弦信号相乘，做为内环输出电压瞬时值的给定，与交流电压瞬时值反馈做差值比较，然后经过比列放大，作为PWM发生器的输入。图3中Uip为偏磁分量，可防止输出电流偏磁，造成输出变压器饱和，其值为输出交流电流做平均值后，再换算成偏值电压。

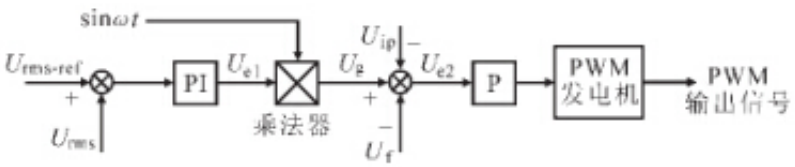

图 3　孤岛运行的控制框图

4控制电路

PCS控制电路框图如图4所示，控制电路采用双DSP+FPGA的结构，DSP为TMS320C2812，主频达到150MHz，具有PWM事件管理器。控制电路分控制侧和逻辑侧，控制侧由DSP1负责，主要实现控制算法和脉冲输出，关键的保护信号输入；逻辑侧由DSP2负责，主要完成A/D采集，对外通信，开出开出等。DSP1和DSP2通过双口RAM交换信息，同时对外的A/D，PWM输出，开入开出等都可以通过FPGA进行灵活分配，即A/D采集既可由DSP1采集，也可由DSP2采集，只需根据系统需要配置FPGA即可。

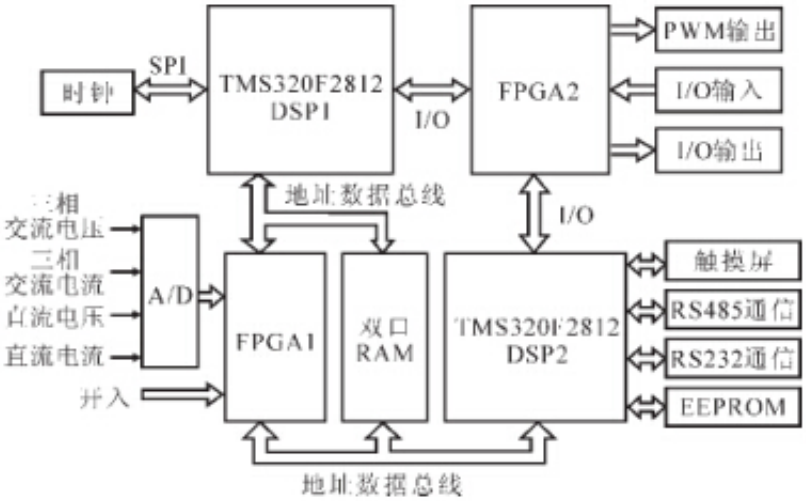

图 4　系统控制框图

以上控制电路能满足PCS复杂的控制需要，如PCS对电池的充/放电特性曲线则可存储在逻辑侧DSP2中，对充放/电时间的设置等也可以由DSP2完成，其只需实时告知控制侧DSP1何时按何参数进行何工况运行。DSP1则对各运行工况的控制参数进行计算，产生PWM输出脉冲，完成PCS多种控制功能。

5实验结果及结论

研制了一台12kW钒电池储能系统PCS，其主要技术参数如下：额定容量12kW；电网额定交流电压380V；电网每相额定电流20A；电池额定电压160V；电池电压范围100～200V；电池最大充电电流及最大放电电流均为100A；开关频率10kHz。实验波形如图5所示。

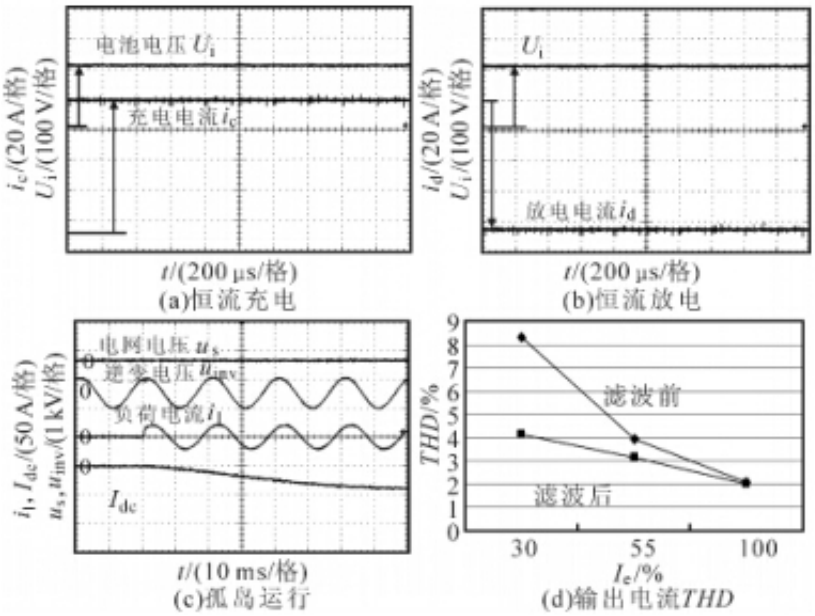

图 5　实验波形

由5a可见，恒流充电时纹波电流小于0.5%；由5b可见，恒流放电时，纹波电流小于0.5%；图5c为电网掉电时，PCS做孤岛运行，突加负载时，逆变输出正弦波电压无超调，波形平滑，完全能满足关键负荷的供电要求；图5d为PCS并网恒流放电时输出电流THD曲线，额定功率时输出电流THD仅为2%，满足相关标准要求。

采用双DSP控制器结构，双向PWM变换拓扑，研制了一台120kW钒电池储能系统用PCS，该PCS功能强大，具备电池充电、电池放电、孤岛运行、预充电、告警、保护、通信、触摸屏显示及电表显示等多种功能。实验结果表明，该PCS运行方式灵活，充放电纹波电流小，仅一台PCS就能完全替代传统的逆变器、整流器和EPS构成储能充放系统，具有很好的推广价值。

参考文献

[1]张步涵，曾杰，毛承雄，等．电池储能系统在改善并网风电场电能质量和稳定性中的应用[J]．电网技术，2006，30（15）：54-58.

[2]程时杰，文劲宇，孙海顺．储能技术及其在现代电力系统中的应用[J]．电气应用，2005，24（4）：1-8.

[3]张文亮，丘明，来小康．储能技术在电力系统中的应用[J]．电网技术，2008，32（7）：1-9.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/90345.html