

# 开关和监视高达 1000V 的高压 DC 电源

凌力尔特公司 PinkeshSachdev

数百伏的DC电源并非如人们想象的那样不常见。也许首先进入脑海的一种应用是电动型汽车，在这种汽车中，锂离子电池组的电压范围高达400V。不过一些不那么为人熟知的高压应用出现在现代战机中，例如，F-22猛禽(F-22 Raptor)和F-35闪电II(F-35 Lighting II)，这些战斗机主要由270V DC电源供电，以实现更快速、精准的性能。大型太阳能阵列可以输出600V或更高的电压，而对工业电机驱动器中的AC电压整流，可产生范围为170~680V的DC电压。很多年来，人们一直在开展研发工作，以将数据中心的配电从AC变为高压DC(380V或±190V)，从而减少电源转换步骤、设备占用空间和运行成本，同时方便与太阳能等可再生能源整合。以较高电压配电降低了电流值，从而降低了电阻性损耗( $I^2R$ )，这个特点可用来减轻电缆重量。所有这些高压电源都需要开关和软启动以给负载供电。就能量监视和优化而言，以数字化方式监视在高压总线上的电压和电流是必不可少的。任何控制这些电源的电路都必须是电气隔离的，以保证操作人员的安全，并针对危险的高

压对低压电子组件提供保护。

## 控制浪涌电流和监视电源的方法

设计高压电源时，一个重要的目标是安全地控制进入电容性负载的启动浪涌电流，例如典型桥式整流器后面跟随的DC总线电容器。一种降低浪涌电流的简单方法是，使用负温度系数(NTC)热敏电阻器，也称为浪涌电流限制器(ICL，见图1(a))。在电源或负载接通之前，这些热敏电阻器在室温时有很大的电阻(例如，几 $\Omega$ )；大电阻限制了接通时的浪涌电流。随着电流流过，热敏电阻器温度升高，其电阻也随之减小1~2个量级(减小到1/10至1/100，变为低于1 $\Omega$ )。这些热敏电阻器的价格在每个0.13~7美元之间，视电流和电阻额定值的不同而不同。尽管简单易用，但问题是，快速电源周期(接通-断开-接通)也许导致在第二次加电时无法限制浪涌电流，因为热敏电阻器可能没有充足的时间冷却至大电阻状态。NTC热敏电阻器有很宽的容限(±25%)，而且因为浪涌电流通过电阻下降率与稳态电流相联系，所以浪涌电流不能灵活地调节至任意低的值。ICL在吸尘器、荧光灯和开关

模式电源中都有应用，在这些应用中降低了桥式整流器DC总线电容器的浪涌电流。

为了克服NTC热敏电阻器在快速重启时没有浪涌电流限制这个缺点，使用了一个与该电阻器并联的短接继电器。这个继电器称为阶跃启动继电器(见图1(b))。在接通时，并联中继器开路，浪涌电流由电阻器限制。一个定时器也同时启动，当定时器到期时，继电器短接电阻器。负载电流现在流经继电器。在快速重启时，阶跃启动继电器能够提供浪涌限制。这种方法需要增加一个短接继电器和一个控制继电器接通的定时器。由于复杂性提高，解决方案的成本也提高到了20~30美元范围。

其他浪涌电流控制方法包括过零可控硅、有源功率因数控制电路和具阻尼的电感性输入滤波。这类方法大多数是复杂、笨重、昂贵，且仅适用于AC输入。

一种用于隔离式电流监视的方法是，跨电流检测电阻器两端使用一个隔离放大器，以及用一个差分至单端转换放大器给ADC馈电。另一种方法是，使用一个隔离式增量累加( $\Delta\Sigma$ )调

制器和一个外部数字滤波器。

正如已经看到的那样，控制、保护和监视高压DC电源需要将很多组件拼凑到一起，并让这些组件安全和无缝地运行。这不是微不足道的任务。这类分立式解决方案尺寸大、组件密集、价格昂贵而且缺乏安全认证。人们需要一种集成式和经过认证的解决方案，以将设计时间和认证工作从几个月缩短到几周时间。



图1 浪涌控制限制器。(a)负温度系数(NTC)热敏电阻器；(b)阶跃启动继电器

### 用于高压电源控制和遥测的集成式解决方案

LTM9100 Module(微型模块)IC是一款紧凑型一体化解决方案，用于控制、保护和监视高达1000V的DC高压电源(见图2(a))。5kVRMS的隔离势垒将逻辑和数字接口与驱动外部N沟道MOSFET或IGBT开关的开关控制器隔离开。这种隔离是需要的，以控制电路保护、操作人员安全和断开接地通路。负载是软启动的(见图2(b))，针

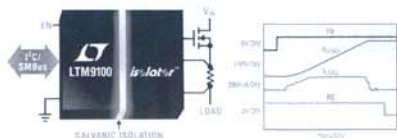


图2 (a)具遥测功能的LTM9100 Anyside高压隔离式开关控制器 (b)LTM9100软启动、270V负载和200mA受控浪涌电流

对过载用电流限制断路器为电源提供保护。通过I<sup>2</sup>C/SMBus接口访问两个电压输入和用隔离式10位ADC测量的负载电流值，从而实现了对高压总线的功率、能量和热量的监视。



图3 隔离器Module技术内部结构

LTM9100运用隔离器 $\mu$ Module技术以穿越一个隔离势垒转换信号和功率。信号被编码为脉冲并采用在 $\mu$ Module衬底中形成的无芯变压器横跨隔离边界进行传输，从而造就了一种极其坚固的双向通信方案。可在共模瞬变达50kV/ $\mu$ s的情况下保证不间断的通信。由一个包括变压器在内的全面集成DC/DC转换器为隔离侧供电，因而免除了增设外部组件的需要。为了保证隔离势垒的坚固性，每个LTM9100控制器在生产时经过测试，隔离性能达到6kVRMS。LTM9100将由UL 1577标准给予认可，从而可为最终设备制造商节省数月的认证时间。高的穿通绝缘距离转化为隔离势垒两端上的 $\pm 20$ kV高ESD防护等级。 $\mu$ Module封装整合了若干组件和技术以提供一种具成本效益的先进解决方案，可最大限度地缩减电路板空间并改善电性能和热性能。

由于其隔离性，LTM9100很容易针对高压侧、低压侧(地回路)和浮

置应用(见图4)进行配置。LTM9100足够通用，不仅可在热插拔板卡中，而且可在AC变压器、电机驱动器和电感性负载中控制浪涌电流。可调欠压和过压闭锁门限确保仅当输入电源位于有效范围内时负载才运行。22mm $\times$ 9mm $\times$ 5.16mm BGA封装在逻辑侧和隔离侧之间提供14.6mm爬电距离。

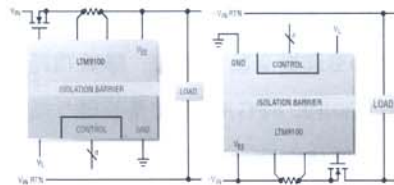


图4 用于高压侧或低压侧开关应用的LTM9100

### 结论

传统上，高压DC电源用在工业环境中，但是其他电子系统也在向着更高电压发展，以降低配电成本并提高其效率，尤其是在大量耗费功率的系统中。这类电源需要一种简单的方法来控制浪涌电流、保护电源自身并监视电源的使用。LTM9100是同类器件中的首款，提供这种简单、紧凑的解决方案，因提供经过认证的解决方案而胜过分立式和基于继电器的电路，该器件还节省了电路板面积和数月设计时间和认证工作。所需的全部功能(包括数字遥测和隔离式电源在内)都整合到了一个紧凑的、表面贴装的扁平BGA封装中。