

DC/DC 隔离变换器噪声的测量和抑制

朱柏荣

(陕西 宝鸡 721006)

【摘要】本文主要阐述了DC/DC隔离变换器噪声产生的原理、两种传导噪声测量的方法以及降低传导噪声常用的方法和典型应用电路,并给出了某型号产品所采用的DC/DC滤波电路。

【关键词】DC/DC隔离变换器;共模传导;差模传导

0 前言

(1)简介

DC/DC隔离变换器的工作原理是利用无源磁性元件和电容电路元件的能量存储特性,从输入DC电压源获取分离的能量,暂时地把能量以磁场形式存储在电感器中,或以电场形式存储在电容器中,然后将能量转换到负载,从而实现DC/DC变换。

DC/DC隔离变换器是常见的噪声源。在实际应用中,DC/DC隔离变换器通常都会产生两种噪声——辐射噪声和传导噪声。

DC/DC隔离变换器实现能量从电源到负载的变换所采用控制技术一般都是高频脉冲宽度调制(PWM)技术,内部设有一个恒定的开关振荡频率,其产生的噪声分布在已知的有限带宽范围内,容易采取有效的措施对噪声进行衰减。然而有些DC/DC隔离变换器采用的控制技术是零电压导通、零电流关断的软开关技术,优点是能更高效的传输能量,但是由于高频脉冲频率跟随负载变化而线性变化所产生的噪声却是在很宽的频带范围内漂移,所以较难对该噪声进行有效控制。

由此可见,准确测量并有效降低DC/DC隔离变换器产生的噪声,具有非常重要的意义。

(2)辐射噪声

辐射噪声可能是电场辐射噪声,也有可能是磁场辐射噪声。它常在开关电源的基本振荡频率或高次谐振点上出现。

辐射噪声产生的原因有以下三种途径:

①磁场辐射噪声产生的主要原因是由于电路中功率开关管在开启——关闭过程中,微秒量级的上升时间、下降时间内大电流的快速变化(di/dt)所引起的磁场辐射。

②电场辐射噪声是由于电压的快速变化(dv/dt)产生的噪声。它是一种所谓的“近场”噪声,通常不会引起系统的噪声问题,因为它的强度会随着离开噪声源距离的加大而快速衰减。

③由于共模电流的影响而产生的频率为50MHz~70MHz谐波分量所形成的辐射。

(3)传导噪声

传导噪声通常有两种类型:差模传导和共模传导。

* 差模传导噪声是指在输出正端V_{OUT+}和输出负端V_{OUT-}之间的干扰噪声。频率一般较低,主要集中在1MHz以下。

* 共模传导噪声是指输出正端V_{OUT+}或输出负端V_{OUT-}对电磁干扰基准点之间的干扰。这里说的电磁干扰基准点存在两种可能的情况:

①如果DC/DC隔离变换器的公共点接地,那么电磁干扰基准点就是电源转换器的公共点。

②如果DC/DC隔离变换器的公共点没有接地,那么电磁干扰基准点就是测试仪器的接地地点。

共模传导噪声一般有几伏的电压值,是由于共模电流流过寄生电容产生的。这些寄生电容通常小于1pF,主要取决于介质基片,它的大小与基片面积成正比,而与基片厚度成反比。

1 噪声测量

1.1 辐射噪声的测量

辐射噪声的测量需要专门的设备、仪器,在此不做详细讨论。

1.2 传导噪声的测量

即使是在最完备的测试情况下,进行传导噪声的测量也是非常困难的。这是由于测试方式的不同,所测量的结果可能会有非常大的差

异。

通常使用100MHz带宽或更高的示波器来进行噪声测量。需要指出的是,示波器自身具有抑制共模噪声信号的能力,但是非常有限。过长的接地线会严重削弱示波器抑制共模噪声信号能力,这是由于较长的接地线具有一定的电感,而信号线没有电感,这些不同的阻抗对共模信号起不同的作用,并且能把共模噪声信号转换成差模噪声信号,以波形呈现在示波器上显示。

共模传导噪声在一定条件下能转化为差模传导噪声,干扰差模传导噪声,直接影响对差模传导噪声的准确测量。所以,在对差模传导噪声进行测量前,必须对共模传导噪声进行有效衰减。最好的降低共模传导噪声的方法是减小DC/DC电源与公共地之间的寄生电容。

1.2.1 共模传导噪声的测量

测量共模传导噪声,要把探头的接地线与探头的接地环接在一起,示波器的探头放置在DC/DC隔离变换器的输出正端或输出负端测量,如图1所示。

如果测量得到的噪声是共模噪声信号,那么任何时候在同一点测试都会出现该噪声信号。

1.2.2 差模传导噪声的测量

差模传导噪声的测量必须在DC/DC隔离变换器的输出端进行以减少辐射噪声的干扰。引线的长度包括接地线,必须尽可能地短。

测量差模传导噪声,就必须减小其它噪声的干扰。

这里有两种可行的方法:

①第一种方法是把DC/DC隔离变换器的输入负端与输出负端用高频电容接地,如图2所示:C1和C2

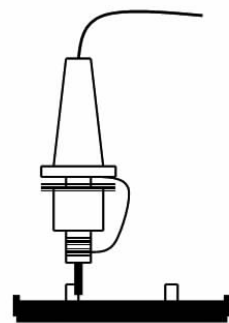


图1 共模传导噪声的测量连接图

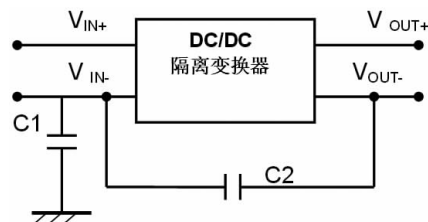


图2 测量差模传导噪声的高频电容连接一

②第二种方法是用高频电容来分别短路输入正端和输出负端对公共地的旁路电容,如图3所示:C3和C4。

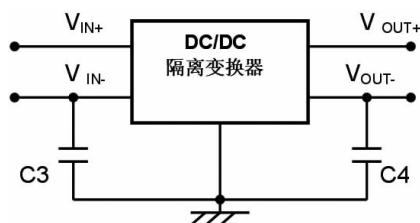


图3 测量差模传导噪声的高频电容连接二

要求所使用的高频电容容量要求大于 10nF 并且电容与 DC/DC 隔离变换器的连接线尽可能短。

测量时, 必须将探头探针紧贴在输出正端 VO+, 探头接地线接在输出负端 VO-(又称为靠接法), 如图 4 所示。

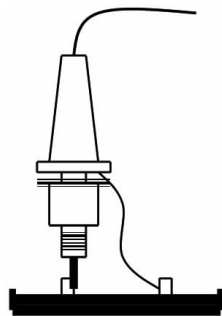


图 4 差模传导噪声的测量连接图

2 滤波

EMI 滤波器的作用是解决传导噪声, 但是由于开关电源的传导噪声会导致辐射噪声。因此, EMI 滤波器对减少电源系统的辐射噪声也十分重要。

大部分 DC/DC 隔离变换器内部都设有 EMI 滤波器来降低输出噪声。如果经过内置的 EMI 滤波器滤波后输出的纹波噪声仍超出系统对噪声的要求, 就需要在输出端使用外接的差模滤波器或在输入端增加共模滤波器来进一步有针对性地降低噪声。

在实际工作中, 有部分 EMC 应用工程师会认为信号线与信号地线之间的信号电压并不会因为干扰电压的存在而发生改变, 即共模噪声电压并不会影响电路的正常工作, 而差模干扰电压才是引起电路工作不稳定的根本原因。在滤波电路设计中, 只重点考虑差模噪声信号的滤波, 而忽视了对共模噪声信号的处理。这种观点是不全面的。由于电路的非平衡性, 相同的共模电压会在信号线和信号地线上产生不同幅度的共模电流, 从而产生差模电压, 形成干扰。同时, 共模电流会产生很强的辐射, 对周围的电路形成辐射性干扰。

所以在设计滤波电路或采取滤波措施时, 要对噪声信号的处理全面考虑。对严重影响电路正常工作的噪声的模式要准确判断并重点处理, 这一点也是非常重要的。实际工作中, 许多滤波电路和措施失败的根本原因在于对噪声干扰模式判断的失误, 从而导致了滤波效果不佳。

2.1 共模传导噪声的滤波

降低共模传导噪声, 必须使用电容。但是要求该电容具有低 ESR (等效串联电阻) 并且在整个滤波频段内具有低 ESL (等效串联电感)。

简单的滤波方法是在 DC/DC 隔离变换器输入地端与输出地端之间放置电容 (如图 5 所示: C1)。这样连接后, 就会使共模电流在流入变换器输入端或流出变换器输出端之前就减小。必须注意的是, DC/DC 隔离变换器振荡频率越高, 电容的布置就越靠近变换器放置。

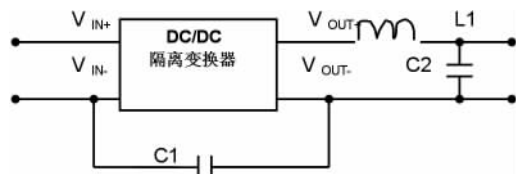


图 5 减小共模噪声和差模噪声电路

在输入端放置共模扼流圈滤波器是减小共模传导噪声的另一种有效手段。

共模扼流圈是在低损耗、高导磁率的铁氧体磁环上绕有两组匝数相同的线圈, 当有电流流过时, 两个线圈的磁场就会互相加强。共模扼流圈对差模噪声不起作用, 但当共模噪声出现时, 由于两个线圈的磁通方向相同, 经过耦合后总电感量迅速增加, 因此对共模噪声信号呈现很大的感抗使之不易通过。

从理论上讲, 由于噪声电流将从 DC/DC 的初级传输到次级, 所以共模滤波器既可以装在输入端, 也可以装在输出端。

但是, 由于下述原因, 共模扼流圈通常都装在输入端: ①输入电压通常都比较高, 所以输入端的电流较小; ②DC/DC 的电源电压调整率可以根据扼流圈两端的压降适当调整, 从而保证较高的稳压精度; ③如果共模扼流圈串入输出端, 并且取样检测元件与扼流圈另一端相连, 那么对回路的稳定性将产生一定的影响。

所以实际应用中, 共模滤波器通常装在输入端。典型的共模滤波器应用电路如图 6 所示。

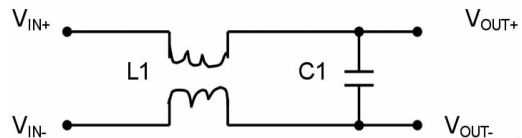


图 6 典型的共模滤波器

2.2 差模传导噪声的滤波

对于输出纹波有较为严格要求的电源系统可以在输出端增加差模滤波器来进一步降低差模传导噪声。常用的差模滤波器是由电感和电容组成 LC 滤波器, 如上图 5 所示 L1、C2。在设计过程中应注意尽量选择较小的电感和较大的电容。

3 实际应用

图 7 是公司某型号高度表采用的 DC/DC 滤波电路。

电路设计过程中, 充分考虑到了传导共模干扰和差模干扰的影响, 合理地选取了元器件参数, 在电磁兼容试验中, 顺利地通过了 GJB151-97 规定的电源线传导发射 CE102、电源线传导敏感度 CS101 两个项目。

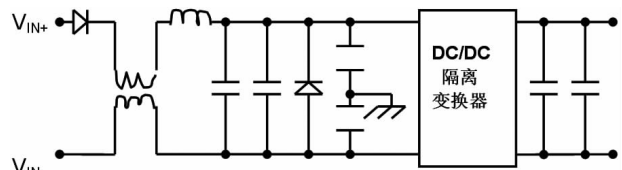


图 7 某型号高度表 DC/DC 滤波电路

【参考文献】

[1]安全与电磁兼容, 2002, 第 2 期。
[2]杨兴洲. 开关稳压电源. 1986.
[3]DC/DC CONVERTER—APPLICATION NOTE. Gaia Converter Fc97 - 013.12 / 98 Revision B.

【责任编辑: 张慧】

(上接第 134 页) 4.2 要加强体系建设, 多渠道、多层次、多形式开展农民教育培训。建立完整的农民教育培训体系, 使技术培训、职业教育、技术推广、继续教育和义务教育有机衔接, 更好地满足农民教育培训需求。从国际经验看, 通过“间接”拨款、发放补贴和优惠贷款等方式, 从经济利益上诱导相关企业、农民和其他利益相关者积极参与培训。

4.3 要将加强农民培训与引入竞争机制、提高培训质量有机结合起来。既要鼓励政府培训机构积极参与市场的竞争, 又要改善民办培训机构的成长环境, 在公平竞争的基础之上, 整合现有的教育培训机构和培训资源。通过严格教师录用标准、重视实践技能和完善教师进修制度等措施, 保证培训师资的质量。

4.4 要建立多层次、多角度的农民培训内容, 提高农民培训的针对性和实用性。要针对不同地区、不同产业和不同类型的农民, 采取适应其

需求的培训形式, 以提高农民培训的效果, 并将强化农民技术培训同增强农民的职业技能和综合能力, 甚至创业和合作能力结合起来, 以提高农民素质为核心。

【参考文献】

[1]西奥多·W·舒尔茨. 改造传统农业. 中文版. 商务印书馆, 2003.
[2]袁志刚. 经济全球化下的就业政策[M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2004.

作者简介: 刘凡齐 (1974—), 女, 江苏徐州人, 1996 年毕业于北京师范大学经济专业; 2007 年毕业于中国矿业大学 (北京) 管理学院, 硕士, 现为徐州工程学院经济学院教师。

【责任编辑: 曹明明】