

道岔信号表示电路防雷整流器

金 波 / 江苏省常熟职业教育中心校

◎ 发明背景

中国是一个多雷暴的国家,大部分地区年平均雷暴日在40天以上,其中南宁、昆明铁路局与广铁集团的大部分地区年平均雷暴日在80天左右,局部地区年雷暴日超过100天。雷暴能使铁路信号系统设备损坏或失效,给铁路运行的安全带来极大的威胁并造成极大的经济损失。

目前,世界各国都在将铁路信号防雷设备标准化、单元化和系列化,其主要防雷技术有泄流、限幅和堵塞3类。在我国的标准制式装备中,道岔控制装置的电源防雷已经标准化,利用隔离变压器的进行了双重堵塞防雷处理。但是由于道岔信号表示电路的全电路是一个独立封闭的长距离信号传输网络电路,导致了道岔控制器是TDCS系统中受雷暴损害最多的设备,在夏季强雷区相应的整流器失效更是高得惊人。该故障的问题由来已久,从未解决。

◎ 发明目标

本创新发明的基本目标是解决道岔信号表示电路在强雷暴环境下的可靠性问题,确保表示电路在强雷暴环境下的安全与可靠。

具体要求有以下几点:

◆ 新的防雷技术必须具备在强雷暴的状态下,道岔信号表示电路基本功能及相关电气参数不发生改变,并能够长期可靠地工作。

◆ 电路在经受有限次强雷击的情况下仍能正常工作,保护电路的基本功能仍然正常和可靠,能对“二次”强雷击继续提供防雷保护。

◆ 电路的功能模块具有自保护和自恢复功能,确保信号表示电路在强雷击的条件下仍然有极高的生存能力和极高的可靠性。

◎ 研究方案要点

➤ 冗余技术的使用

考虑到可靠性与安全性为设计第一要素,我的方案首先考虑了冗余技术的引用。在本方案中冗余技术的应用有以下二点:

◆ 限幅冗余。在原整流器串联电路中,并联插入了由压敏电阻构成的三元件的一级限幅冗余防雷电路。再由压敏电阻构成的三元件的二级限幅冗余防雷电路通过由第一电感器、第二电感器和电容器构成的巴特沃斯低通滤波器串联后并联接入一级限幅冗余防雷电路构成二级冗余防雷电路。

◆ 整流冗余。本发明的整流冗余中,整流冗余的各整流器各自

串联了分压限流电阻与电子自复熔断器,从而使整流器在出现失效后,冗余电路能够继续工作,而不会导致全电路的失效。

整流器的元件是半导体二极管,二极管失效只存在2种情形,一是二极管被反向击穿,产生短路;二是正向过流,产生断路。第一种情形的出现,对传统整流电路而言,会导致全电路的整体失效,但是在本设计中串入了电子自复保险丝,当整流二极管被击穿后,该二极管等价于短路,通过该支路电流立即增大并超过电子自复保险丝的最小动作电流,电子自复保险丝立即动作,将该支路切断,由于冗余的应用,在该支路被切除后,冗余支路的功能不受影响。从而确保了信号表示电路的正常工作。而出现第二种情形时,冗余支路继续工作,全电路功能不受影响。

➤ 整流的自复

除冗余技术外,本方案更重要的创新点是整流的“自复”,这是防雷技术中的一个全新设计。瞬态抑制二极管(TVS)是一种新型、可以工作在反向的防雷保护器件,它的正向特性与普通二极管完全相同,可以作为整流二极管应用于整流器中;它的反向特性为典型的PN结雪崩器件。当该器件两端的反向

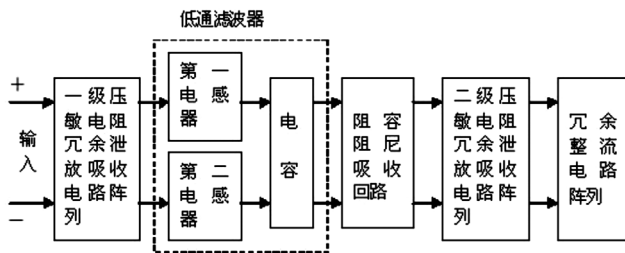


图1 道岔信号表示防雷整流器原理框图

电压上升至反向击穿电压时，二极管被击穿，并产生雪崩效应，一旦浪涌能量被释放，TVS即刻恢复常态，利用TVS做整流二极管，能使整流二极管摆脱常规意义的击穿困扰，使信号表示电路的可靠性得到极大提高。

◎ 创新构成与参数

本创新发明所述的防雷道岔信号表示整流器，包括一级压敏电阻冗余泄放吸收电路阵列、第一电感器、第二电感器、电容、电阻阻尼吸收回路、二级压敏电阻冗余泄放吸收电路阵列和冗余整流电路阵列。

图1为本发明实施例提供的防雷道岔信号表示整流器的原理框图。图2为本发明实施例提供的防雷道岔信号表示整流器的第一种电路图。

图2中的一级压敏电阻冗余泄放吸收电路阵列由3只压敏电阻并联组成，即压敏电阻M1、M2、M3，压敏电阻M1、M2、M3的压敏电压值是360V；第一电感器L11和第二电感器L12的电感量为27μH；电容C2的容量为0.1μF。二级压敏电阻冗余泄放吸收电路阵列由3只压敏电阻M4、M5、M6并联组成。M4、M5、M6的压敏电压值是330V；电阻阻尼吸收回路由电阻R1和电容C1组成，电阻R1

和电容C1为串联关系，电阻R1阻值为1KΩ，电容C1的容量值为0.1μF。冗余整流电路阵列由3组整流支路并联组成，整流支路的电路位于图的最右端，每组整流支路由电阻和瞬态抑制二极管2个元件串联组成，即电阻R2、R3、R4和瞬态抑制二极管Z1、Z2、Z3，瞬态抑制二极管的电压参数定为440V，电阻R2、R3、R4的阻值定为68Ω。

本发明的另一种实施方案的电路原理见图3。

与图2相比，图3只是冗余整流支路中放置了自恢复保险丝FP1、FP2和FP3其余设计参数完全一致。

◎ 防雷过程

本发明的防雷功能是这样实现的：当雷击等强电磁干扰侵入电路，比如电流浪涌侵入时，一级压敏电阻冗余泄放吸收电路阵列首先进入低阻状态，使浪涌电流的能量在一级冗余泄放吸收电路阵列上释放。经过第一次能量释放后，浪涌电流剩余的能量的电压峰值被限制至U1的值，如±360V左右。

在经过一级的限幅后，浪涌电流继续前行，经过巴特沃斯低通滤波器与阻尼吸收回路的衰减后传递

至二级冗余泄放吸收电路阵列，二级压敏电阻冗余泄放吸收电路阵列的保护电压参数设计为U2的值，如±330V左右。

经过二级压敏电阻冗余泄放吸收电路阵列的能量释放后的剩余能量的电压峰值被限幅至U2，此时的剩余能量的冲击不管是正向还是反向，已经不足以对后级的冗余整流电路阵列产生使元件永久性失效的浪涌冲击了。冗余整流电路阵列中的瞬态抑制二极管的反向击穿电压参数设定为 $U_3 \gg U_1$ ，从而使瞬态抑制二极管在强雷电的浪涌电流冲击中，即使由于前级电路的瞬态响应的滞后、低通滤波容阻阻尼吸收回路衰减的不足导致了加在后级冗余整流电路阵列两端的电压幅值超限，即雷击浪涌使后级冗余整流电路阵列两端的电压幅值超过了U3，但是由于瞬态抑制二极管同样对过压能量的具有泄放与吸收作用，冗余整流电路阵列依然能保证整流电路的正常工作。

在极端的状态下，浪涌电流的能量远大于国标中所规定的最大浪涌实验的能量值，导致压敏电阻元件承受的能量超限而引发元件的失效，由于元件的离散性，每次会有一个元件失效，由于本电路冗余技术设计有二级，共使用了6个VDR

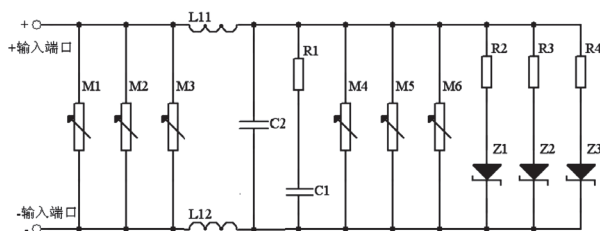


图2 道岔信号表示防雷整流器电原理图

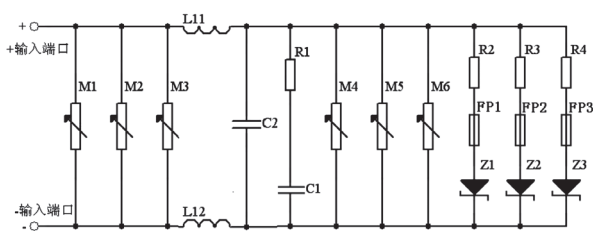


图3 防雷整流器的另一种电路原理

压敏元件构成保护阵列做保护，电路能承受5次超过铁标规定的超强雷击的浪涌，并在压敏电阻元件产生5次失效的前提下，电路的基本整流功能仍能保持正常。连续多次的超强雷击后，前后级的压敏电阻冗余泄放吸收电路阵列中的压敏电阻失效5个，剩余1个未曾失效，此时这个未失效的压敏电阻，仍然能够起到电路的防雷保护作用，电路依然可以正常可靠地工作。即使是过压过流泄放吸收阵列的保护元件全部失效，由瞬态抑制二极管元件构成的整流阵列在强电磁干扰条件下，仍然具备防雷能力，在雷击电流浪涌发生时进入保护状态，浪涌过后整流支路能自行恢复，保证整流器电路的正常工作。因此即使是在强雷区，在保护元件5次失效的情况下，电路仍能正常工作，从而确保了道岔信号表示电路无故障工作时间大于铁路常规的例行检查工作周期所规定的时间，使道岔信号表示电路得以安全与正常运行。

本发明所展示的防雷道岔信号表示整流器电路，采用对称结构设计，不管雷击产生的高能量电磁脉冲从阴极冲入还是从阳极冲入，同样都能够起到良好的防护效果。多

级保护、低通滤波器和高次谐波吸收电路的利用，进一步提升了防雷道岔信号表示整流器电路的综合防雷能力，是一种全新的电路设计，具备良好的连续的防雷抗雷能力，能够满足在年平均雷暴日超过60天以上的强雷区工作要求，具有突出的实质性优点，比以往采用的其他技术有显著的进步。

◎ 发明意义

➤ 发明的直接意义

道岔信号表示电路防雷整流器的发明将使道岔信号表示电路在强雷暴区安全可靠地工作。将给TDCS系统连续可靠地提供正确的道岔信号，确保TDCS系统安全运行并正确决策。最大限度地降低雷暴对道岔电路造成的失效影响，降低由信号异常带来的安全隐患与经济损失。

➤ 发明的潜在意义

本发明中采用的科学原理与技术方案具有示范作用和意义，本发明的科学原理与技术方案对全铁路信号系统的防雷与抗雷具有示范意义，对全路段的TDCS系统的防雷性能将有一个极大地促进和推动，整个系统的可靠性将有一个很大的

提高。

本发明的科学原理和技术方案同样对所有的信号系统的防雷有示范意义，能够使分布体系的信号系统防雷性能产生质的飞跃，提高系统防雷抗雷的整体性能，提高系统的可靠性和安全性。

该项目获得第28届全国青少年科技创新大赛科技辅导员创新成果科技发明类一等奖。

专家评语

该项目针对南方地区多雷雨对铁路道岔安全性的影响，提出利用瞬间抑制二极管的特性制作的具有自恢复功能的防雷整流器，并通过冗余方式增加了可靠性。具有较好的科学性、创新性。希望在以后的实验中不断改进，进一步提高可靠性。■