

大学生创新训练项目计划申请书

项目编号			
项目名称	LSSD 防雷浪涌抑制装置设计		
项目负责人	叶俊腾	联系电话	19511571686
所在学院	自动化与电气工程学院		
学号	202130310282	专业班级	电气工程及其自动化 专业 2104 班
指导教师	傅蓉		
申请日期	2024 年 04 月 15 日		
起止年月	2024 年 4 月至 2024 年 8 月		

填写说明

1. 本申请书所列各项内容均须实事求是，认真填写，表达明确严谨，简明扼要。
2. 申请人可以是个人，也可创新团队，首页只填负责人。“项目编号”一栏不填。
3. 本申请书为大 16 开本（A4），左侧装订成册。可网上下载、自行复印或加页，但格式、内容、大小均须与原件一致。
4. 负责人所在学院认真审核，经初评和答辩，签署意见后，将申请书（一式两份）报送项目管理办公室。

一、基本情况

项目名称	LSSD 防雷浪涌抑制装置设计						
项目级别							
项目类型	创新训练项目						
所属学科	学科一级门：电力工业 学科二级类：能源工业						
申请金额	500 元		起止年月		2024 年 04 月		
负责人	叶俊腾	性别	男	民族	汉族	出生年月	2002 年 10 月
学号	2021303180282	联系电话	手机：19511571686				
指导教师	傅蓉	联系电话	手机：13953178047				
项目简介	电力系统作为现代社会的神经系统，与各行各业的生产发展紧密联系，随着电力系统的不断普及、电力设备的更迭换代，电力系统面临着严重的浪涌问题。加之我国部分地区雷击频繁，这将进一步加剧浪涌，对电子设备带来巨大威胁。LSSD 防雷浪涌抑制装置通过压敏电阻三角形保护电路抵抗雷击，降低雷击对设备的威胁，同时还通过钳位稳压型浪涌电路吸收抑制浪涌能量，限制电路中电压电流上升率，保护设备的稳定运行。集成度高，抗雷削浪涌效果显著，可大规模投入到雷击多发乡村地区使用，保障人民生命财产安全，同时也可以减轻浪涌对电网的影响。						
负责人曾经参与科研的情况	1. 2021-2022 年度济南大学大学生创新创业训练计划； 2. 济南大学第四届大学生创新创业大赛； 3. 2022-2023 年度济南大学大学生创新创业训练计划。						
指导教师承担科研课题情况	无						

指导教师对本项目的支持情况		支持			
项目 组主 要成 员	姓名	学号	专业班 级	所在学 院	项目中的分工
	叶俊腾	202130310282	电气工程及其自动化专业 2104 班	自动化与电气工程学院	相关文献资料查找收集 提出项目构想以及电路设计 使用 Multisim 进行仿真电路搭建模拟
	阎玉鹏	202330310233	自动化类专业 2303 班	自动化与电气工程学院	相关文献资料查找收集 使用 Matlab 进行仿真数据整理

二、 立项依据（可加页）

（一）研究目的

基于现有的防雷装置和浪涌抑制装置设计 LSSD 防雷浪涌抑制装置，着眼于目前部分乡村防雷措施老化、浪涌抑制装置可靠性差等问题，优化防雷抗浪涌装置电路结构，提高装置集成程度以及耐用性。同时针对雷击多发乡村地区设计产品，保障乡村居民的生命财产安全，并维护电力系统的安全稳定运行。

（二）研究内容

- （1）压敏电阻三角形防雷电路的设计与分析；
- （2）浪涌抑制电路的设计与分析；
- （3）LSSD 防雷浪涌抑制装置电路模拟仿真以及数据分析；

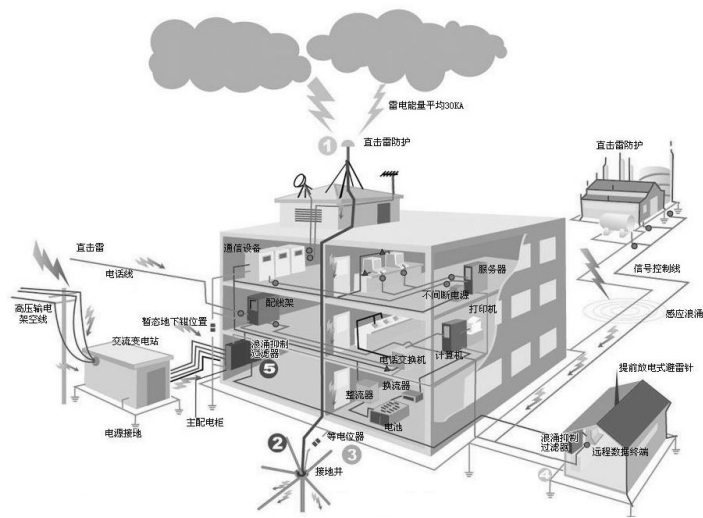
（三）国、内外研究现状和发展动态

由于近些年部分地区雷电活动频繁，加之配电线路自身绝缘水平低，城市配电网雷击跳闸次数约占 8%，其中近半为导线断线。

为降低雷击对电网稳定供电的影响，国内已知传统配电网在传统空气间隙避雷器内部，中间通过绝缘垫块将氧化锌阀片隔离开，并引出两个放电电极。两个电极通过选择合

理的放电间隙，选用恰当的避雷器参数，将雷电过电压的能量通过避雷器泄放且将电位钳制住，保护线路绝缘子免于雷击，提高供电线路的可靠性。

于国外，对防雷接地更为重视，并且将其应用为房屋的标准配置，以确保建筑物在雷电天气下的安全。通过合理布局装置，将雷电的电流引入地下。在高层建筑中，一般采用建筑物外部的金属导体作为接地装置，通过与地下埋设的接地网相连，形成一个完整的接地系统。在电力设施和通信系统中，则是采用特殊的材料制成的接地装置，提高接地效果以保护设备。



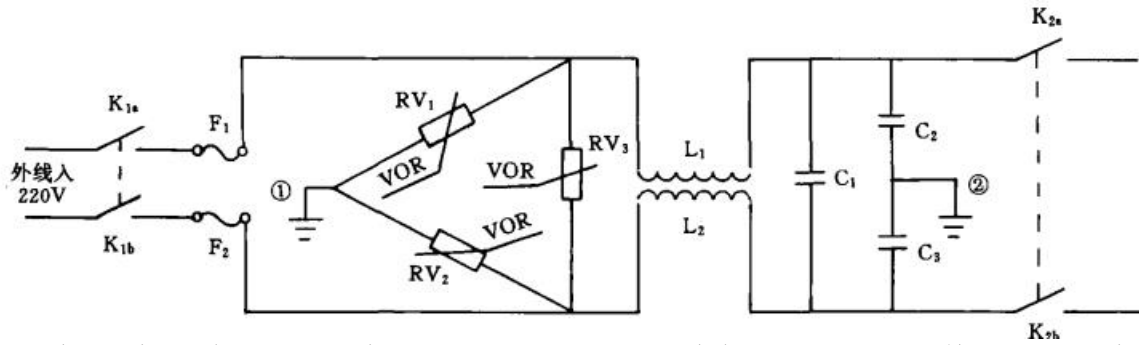
然而，防雷系统不仅包含如避雷针、接地装置等外部防雷装置，还要考虑上雷击对电网的影响，因此需适当增加内部装置对防雷系统进行完善。其中，浪涌保护器便是防雷内部装置中的重要组成部分。国外对于浪涌抑制保护器的研究发展较早，在 20 世纪二十年代出现了铝浪涌保护器，五十年代出现了碳化硅浪涌抑制器，七十年代又出现了金属氧化物浪涌保护器。浪涌保护器能够有效限制电力系统中因为雷电引起的过电压，其基本元器件包括：放电间隙、充气放电管、压敏电阻、抑制二极管等。

（四）创新点与项目特色

对目前市面上防雷装置电路进行分析优化，提高集成度，降低控制设备上的成本。同时，运用所学知识设计改进防雷电路方案，以提高防雷装置适用性以及集成度。

（五）技术路线、拟解决的问题及预期成果

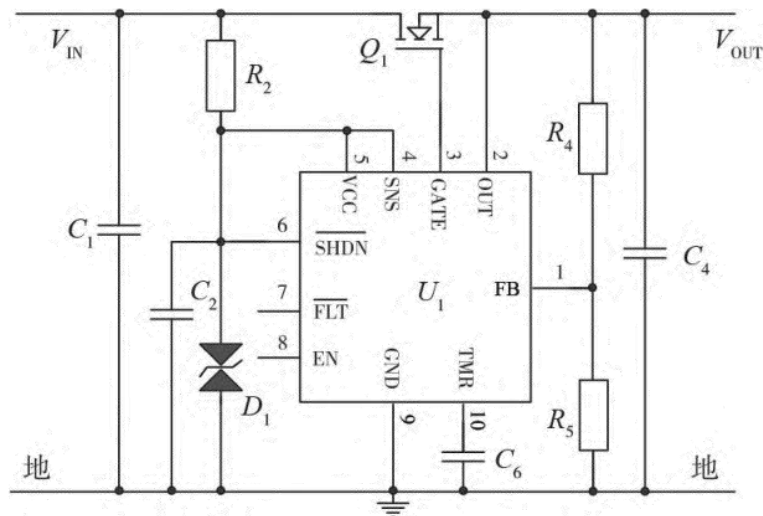
对于防雷电路部分采用压敏电阻三角形布局设计，如下原理图所示。



图中 K_1 为双联动电源进线控制开关； F_1 和 F_2 均为保险丝，二者规格相同且均为快熔断式，其安培数则需要根据实际电路消耗功率而定，一般取外线入 220V 侧所装保险丝安培数总和的 1.5 到 2.5 倍，要确保有一定的裕量；压敏电阻 RV_1 、 RV_2 、 RV_3 阻值、规格均相同； L_1 和 L_2 为共模电感，大小应根据正常通过电流大小而定，应考虑留有足够的裕量； C_1 、 C_2 和 C_3 大小相等，在外线为 220V 时耐压值应选择大于 500V； K_2 为双联动电源总开关，两个接地点需要用较粗的线固定接在地线上，所有元件可安装在一块电路板上，达到一定的集成，方便固定在用户母线进线一侧。

该电路设计的作用原理是：当压敏电阻两端电压超过压敏电压 V_{CmA} 时，其阻值由无穷大迅速减小，通过它的电流增大，直至保险丝熔断。抑制因雷击造成电力线路上的感应瞬时过电压，从而达到保护用电设备的目的。同时，该防雷电路还可将熔断保险丝换成空气开关，并且三角形保护电路比单只压敏电阻器保护效果更好。

对于浪涌抑制电路部分，主要在钳位稳压型浪涌抑制电路的基础上进行优化。钳位稳压型浪涌抑制电路如下图所示。

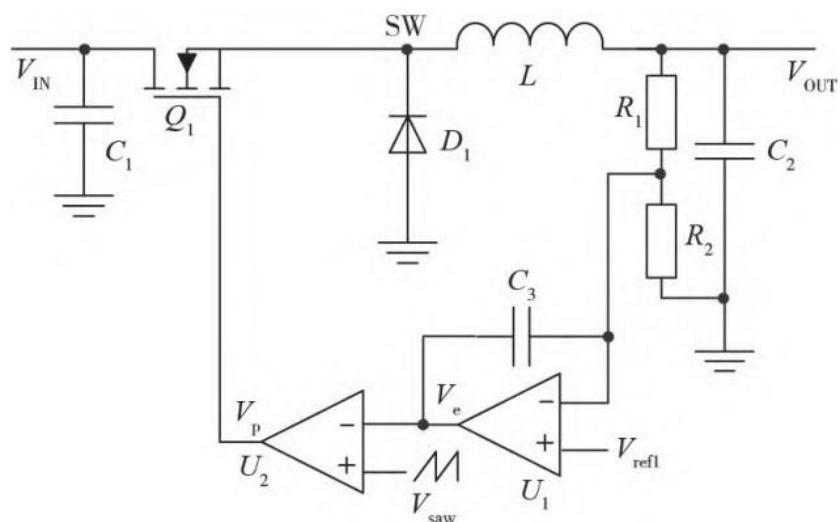


该电路在目前业界中应用最为广泛，采用的是凌特浪涌控制芯片 LT4356 和 LTC4364 的钳位稳压型浪涌电压抑制方法，利用芯片检测输出电压，进而调整 MOS 管的驱动电压来改变其工作区。当输入电压低于预先设定的数值时，控制芯片驱动 MOS 管工作于恒流区，输出电压跟随输入电压；当输入电压超过预先设定的数值时，芯片调整 MOS 管驱动电压，使其工作于安全工作区，吸收浪涌能量，进而达到抑制浪涌电压的目的，同时将输出的电压稳定在预先设定数值，起到保护电路的作用。

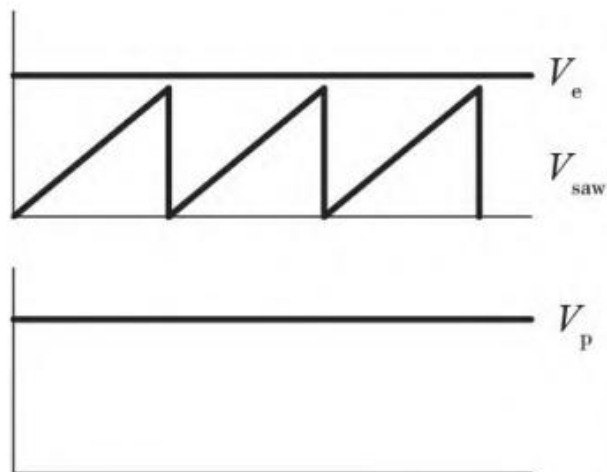
当输入正常电压时，因为 R_4 和 R_5 分压值小于芯片 U_1 内部的基准电压值 1.25V，芯片 U_1 驱动控制 MOS 管处于完全导通状态，电源即可为后续电子设备持续供电，且传输过程中的功率损耗十分小可忽略不计。当遭遇雷击时，随着输入端浪涌电流进入电路， V_{OUT} 电压随之升高，当 V_{OUT} 达到预设值 36V 时， R_4 和 R_5 通过分压使得 FB 脚到达 1.25V，芯片 U_1 的内部放大器通过改变 GATE 引脚的输出电压，使得 MOS 管 Q_1 工作在可变电阻区，将 MOS 管的源极电压钳位在设定值，直至输入电压从浪涌电压恢复到正常状态， Q_1 将再次恢复到完全导通状态。

虽说此类浪涌电流抑制电路设计具有集成度高、控制原理简单的特性而受到广泛应用，但是其控制方式均是利用 MOS 管工作于可变电阻区来吸收浪涌电流的能量，因此对于 MOS 管可变电阻区的范围参数要求较高，普通的 MOS 管无法满足该电路工作要求。同时，在应用多个 MOS 管组成电路时，还需要考虑器件的一致性以及器件散热的问题。

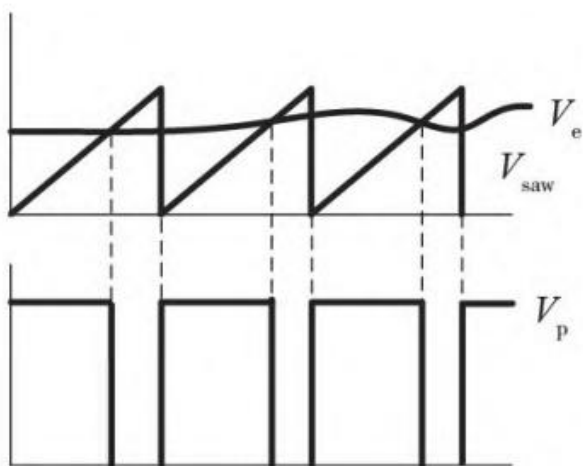
针对以上问题，在钳位稳压型浪涌抑制电路的基础上进行优化，优化后电路图如下图所示。



电路由输入电容 C_1 、输出电容 C_2 、开关场效应管 Q_1 、续流二极管 D_1 、功率电感 L 、分压反馈电阻 R_1 和 R_2 、占空比控制环路等组成，占空比控制环路包括基准电压 V_{ref} 、运算放大器 U_1 、比较器 U_2 、补偿电容 C_3 等组成。



在电子设备正常工作电压范围内，输出电压经过分压电阻 R_1 和 R_2 反馈给运算放大器，运算放大器将接收到的反馈电压与预设的基准电压 V_{ref} 比较。若输出电压未超过设定值，即通过补偿电路产生一个较高的误差电压 V_e ，误差电压 V_e 与三角波 V_{saw} 比较，产生一个占空比 100% 的直通信号 V_p ， V_p 驱动 MOS 管 Q_1 直通，使得输出电压跟随电压，并且电压变化程度较小，电感 L 与输出电容 C_2 组成差模滤波器，可以有效消除电子设备产生的电磁干扰。



当遭遇雷击时，浪涌在供电线路中产生时，输入电压上升，输出电压也会跟随上升，

当反馈电阻 R_1 和 R_2 检测到输出电压超过设定值时，通过补偿电路产生一个较低的误差电压 V_e ，误差电压 V_e 与三角波电压 V_{saw} 比较，产生一个有一定占空比的脉冲信号 V_p ， V_p 驱动 MOS 管 Q_1 工作在高频开关状态，开关管 Q_1 、续流二极管 D_1 、电感 L 与输出电容 C_2 构成一个降压变换器，将输入电压降压直至预先设定值。与原电路功能相同，在浪涌电压器件，输出电压被钳位在预先设定值，保护电路上的电力电子器件。浪涌结束后，输出电压下降至电子设备正常工作电压范围，占空比控制环路重新调整开关管 Q_1 的导通占空比，保持开关管 Q_1 处于常通低损耗状态，使得输出电压低误差跟随输入电压。

以上是 LSSD 防雷浪涌抑制装置电路设计思路与原理分析，但目前本设计项目仅处于理论构建阶段，已对设计电路、原理进行工作分析，具体是否能够成功实现辅助防雷并且抑制浪涌的功能尚待实验或数据模拟。后期还会考虑在该设计的基础上将某些损耗器件，如保险丝、MOS 管等，替换成可替换插入时模块，便于防雷浪涌抑制装置的检修与更换。预期该设计过审并投入使用后，能够取代目前广泛使用的低集成化的防雷装置，提高设备的可靠性并在一定程度上减小装置体积，能在雷击多发的地区，如广西、广东、海南、福建一带的乡村建筑上大规模投入使用，保障居民的生命财产安全，同时还能够降低雷击形成的浪涌对电网的冲击和电能质量的污染。

（六）项目研究进度安排

2024 年 4-5 月，对 LSSD 防雷浪涌抑制电路进行设计以及理论分析，结合市场以及地域需求，判断设计可行性以及适用性；

2024 年 6-7 月，对 LSSD 防雷浪涌抑制电路进行仿真模拟，使用 Multism 以及 Matlab 对电路进行仿真和数据分析；

2024 年 8 月，对 LSSD 防雷浪涌抑制电路设计进行总结，并基于此研究撰写相关论文。

（七）已有基础

1. 与本项目有关的研究积累和已取得的成绩

专业课如《电路》《模拟电子技术》《数字电子技术》《电力电子技术》《电力系统分析》《工厂供电》《谐波抑制和无功功率补偿》等电气方向专业课程的学习，在电力电子器件、电网调配、谐波抑制、电路设计方面上具备一定的基础，专业课 CGPA 为 4.2；

参加“2022-2023 年度济南大学大学生创新创业训练计划”，作为“基于 MPU6050 智能电控汽车底盘”项目的第一作者，项目荣获济南大学“校级一般”等级评定，并在 2023 年 6 月荣获项目解题证书。

2. 已具备的条件，尚缺少的条件及解决方法

已具备本项目研究专业知识储备以及相关软件操作基础，与相关专业课老师、指导老师交流融洽，能够采纳老师的意见对项目进行改进。

尚缺少防雷抗浪涌项目实际研究数据，目前互联网以及知网上仅有关于防雷的措施和原理的分析，而雷击对电网造成的浪涌数据极少，这为后期电路模拟仿真以及数据分析带来不便。同时缺少撰写发布论文的经验，对发布论文的流程了解较少，希望能够通过在后期与老师交谈中对此有更加深入的理解。

三、 经费预算

开支科目	预算经费（元）	主要用途	阶段下达经费计划（元）	
			前半阶段	后半阶段
预算经费总额	500	-	-	-
1. 业务费	-	-	-	-
（1）计算、分析、测试费	-	-	-	-
（2）能源动力费	-	-	-	-
（3）会议、差旅费	-	-	-	-
（4）文献检索费	-	-	-	-
（5）论文出版费	500	论文版面费用	-	500
2. 仪器设备购置费	-	-	-	-
3. 实验装置试制费	-	-	-	-
4. 材料费	-	-	-	-
学校批准经费				

四、 指导教师意见

同意

导师（签章）：傅蓉

2024年 4 月 15 日

五、 院系意见

同意



2024年 4 月 15 日

六、 学校意见

学校（盖章）：

年 月 日