

开关管高压放电检测仪的研制

米 伦

(中国工程物理研究院电子工程研究所, 四川 绵阳 621900)

Development of High Voltage Discharge Detector for Switch Tube

MI Lun

(Institute of Electronic Engineering, China Academy of Engineering Physics, Mianyang 621900, China)

摘要: 由可调直流高压电源、放电检测器、控制器、触发器等构成高压放电检测仪, 调节直流高压电源给储能器充电, 当高压开关管在加高电压和等待工作过程中发生自击穿或受到高压脉冲触发导通时, 放电检测器检测出开关管高压放电信号使放电指示和计数器工作。所研制的触发器检测开关管和高压放电检测仪, 能确保开关管的高压放电不误检和漏检。

关键词: 高压开关管; 高压设备; 高压放电

中图分类号: TM832

文献标识码: A

Abstract: The high voltage discharge detector for switch tube is composed of adjustable high voltage direct current power, discharge detector, trigger and controller etc. If the high voltage switch tube appears self-breakdown or is switched on by high voltage pulse while ready for working, the discharge indicator and counter begin to work as soon as it detects the discharge signal. The high voltage direct current power charge the energy store. The properties of trigger inspector and high voltage discharge detector can ensure against miss detection.

Key words: high voltage switch tube; high voltage equipment; high voltage discharge

0 引言

冷阴极高压开关管具有电压范围宽(3~20 kV), 电流可控且漏电流小(<1 nA), 导通电阻、开关电感和延迟时间小, 工作寿命长以及应用电路简单等优点, 在脉冲功率技术和高压电器中常用来作快速闭合和控制开关。在其使用电路中, 常与直流高压充电、放电及高压触发电路相连接, 因此, 在直流高压充电和等待工作的过程中, 高压开关管的抗高压冲击、耐高压及抗干扰能力直接影响到高压仪器的性能和可靠性。

在冷阴极高压开关管的研究和生产过程中, 需对开关管作直流高压冲击-耐高压工艺试验, 其目的就是在高电压作用下, 通过适当的高压放电来消

除开关管电极表面微小不均匀性, 以提高抗高压冲击、耐高压及抗干扰能力。在此试验中, 需对开关管是否产生高压放电进行准确的检测。根据试验的技术要求, 研制了开关管高压放电检测仪, 仪器采用成熟电路和抗干扰能力强的元器件(如晶闸管、继电器以及脉冲变压器等)构成特殊功能的单元电路, 使其具有很强的抗强电磁干扰能力, 保证了仪器性能的稳定性和可靠性, 对试验过程中发生的高压放电既不误检, 也不漏检。

1 开关管高压放电检测仪的组成和工作原理

开关管高压放电检测仪主要由可调直流高压电源、高压放电检测回路、高压脉冲触发器、触发计数、触发指示、放电指示以及放电计数和直流电源等组成, 其原理方框图见图 1。

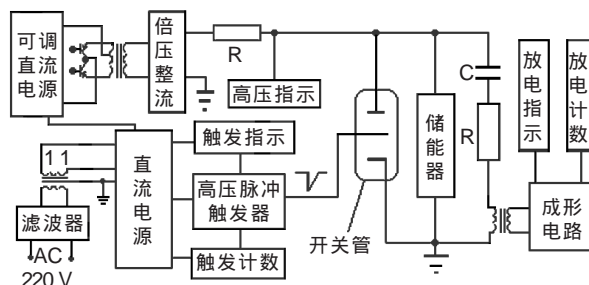


图 1 开关管高压放电检测仪原理方框图

由高压电容、高压电阻和脉冲变压器组成高压放电检测器, 与“高压开关管”和“储能器”并联, 高压调节直流电源给“储能器”充电, 同时, 也给放电检测器的电容 C 充电, 当“高压开关管”在加高电压和等待工作过程中发生自击穿或受到高压脉冲触发导通时, 在储能器通过开关管产生高压放电的同时, 电容器 C 也放电产生脉冲电流, 脉冲变压器次级输出脉冲信号经整形后使晶闸管导通, “放电指示”和“放

收稿日期: 2006-02-27

作者简介: 米 伦(1955-), 男, 重庆市人, 高级工程师, 长期从事高电压技术工作。

计数”工作。高压放电检测器的灵敏度通过 C_1, R_1 调节。高压脉冲触发器用来检测“高压开关管”的性能和高压放电检测仪以及相应的指示计数功能。

2 电路设计

开关管高压放电检测仪的各种功能、技术指标和可靠性取决于直流高压的产生与控制、高压绝缘、抗强电磁干扰等技术的设计。在设计中选用抗电磁干扰能力强的元器件力求构成特殊的功能单元电路，以确保对开关管在进行直流高压冲击-耐压过程中发生的高压放电既不能误检，也不能漏检。

2.1 直流高压产生器

直流高压产生器由三极管、高频脉冲变压器、高压硅柱、高压电容器和低压阻容元件构成，其原理图见图 2。

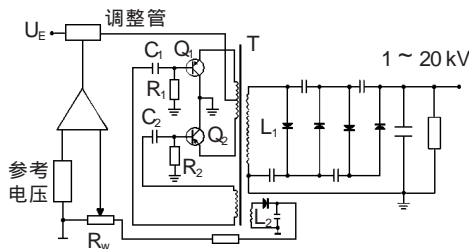


图 2 直流高压产生原理图

三极管 Q_1, Q_2 、高频脉冲变压器 T 和低压阻容元件 R_1, R_2, C_1, C_2 构成共集电极双管推挽自激振荡器进行 DC/AC 变换^[1]，产生一个振荡频率约 30 kHz 的脉冲波形，经高频脉冲变压器升压后输出的高频高压由 4 倍压整流滤波获得直流高压。

L_2 输出的脉冲电压经整流滤波后，分压取样与参考电压比较放大后，控制调整管的输出，因此，调 R_w 改变 DC/AC 变换器的直流供电，就可得到不同的直流高压输出。

2.2 高压放电检测电路

由高压电容 C_1 、高压电阻 R_1 和脉冲变压器 T 组成高压放电检测器，用来检测高压开关管在加直流高压及耐压过程中是否放电；高压放电指示和计数由晶闸管、电阻、电容、机械计数器及继电器等元件构成^[2]，其原理见图 3。

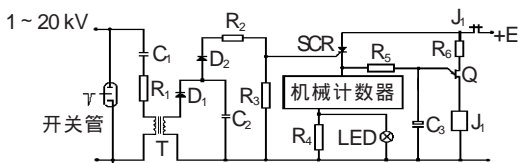


图 3 高压放电检测原理图

当“高压开关管”在加高电压和等待工作过程中发生自击穿或受到高压脉冲触发导通时，在开关管产生高压放电的同时，电容器 C_1 也放电产生脉冲电流，脉冲变压器次级输出的脉冲信号经整形后使晶闸管 SCR 导通，“放电指示”和“放电计数”工作。高

压放电检测灵敏度通过 C_1, R_1 调节。

2.3 高压脉冲触发器

高压脉冲触发器用来检测“高压开关管”的性能，由电容 C_1 、脉冲变压器以及晶闸管等元件构成，贮能瞬间放电产生高压脉冲^[4]，其原理图见图 4。

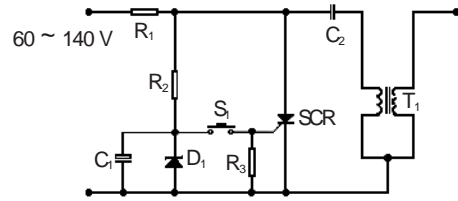


图 4 高压脉冲触发器原理图

当按动“单次”手动按钮 S_1 时，晶闸管导通，电容 C_1 放电，脉冲变压器的次级产生 3~8 kV 负高压脉冲，波形图见图 5。调节直流电压即可得到不同高压脉冲输出。

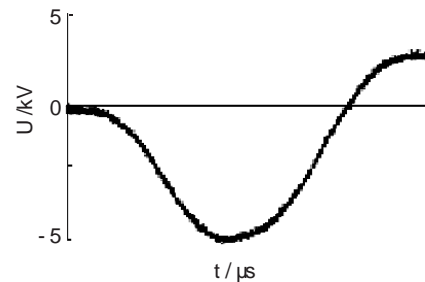


图 5 负高压脉冲波形图

3 关键技术

开关管高压放电检测仪不仅要产生 20 kV 直流高压，而且要准确检测开关管的高压放电。仪器运行在高电压和各种电器频繁启动/停止的环境中，当开关管在直流高压冲击及高压耐受过程中发生高压放电时，其放电脉冲电流高达数千安培，对仪器产生很强的电磁干扰。在很强的电磁干扰环境下，高压放电检测的灵敏度、准确性和可靠性都取决于抗干扰能力。因此，仪器的高压绝缘及抗干扰能力决定了仪器的性能和可靠性。

3.1 高压绝缘

在进行直流高压发生器的设计和制造时，首先，设计好高频脉冲变压器的绝缘结构并留有裕量，选用性能良好的绝缘薄膜，采用真空浸渍固体灌封。其次，合理选择高压器件，将直流高压产生器中的高压部件封装在专用的有机玻璃盒内，并用硅胶进行灌封，以提高高压绝缘能力。

3.2 抗干扰技术

为提高仪器的抗干扰能力和工作的可靠性，首先优化设计仪器的高压绝缘结构、高压电路和控制电路，选用适合于工业生产环境、抗干扰能力强的成熟电路，其次是优选抗干扰能力的器件，采用滤波、电磁、变压器等隔离抗干扰技术。

仪器的干扰来源于外部环境和内部结构,对于外部干扰,采用带屏蔽的隔离变压器(1 1)和交流滤波器来抑制交流电源的低频及高频噪声,隔离变压器的屏蔽层要可靠接地。对于内部干扰,采用继电器用作仪器信号传递、电路切换以及功能的执行等,可以提高抗外部环境对仪器的电磁干扰能力,但它本身又是噪声源。因此,对继电器线圈还要采取相应的“瞬态抑制电路”和触点消弧电路。

在采用滤波电路、电磁和变压器等抗干扰技术的同时,优化接地(工作地和大地)技术,重点设计高电压回路和低电压回路的绝缘结构,可以提高仪器的抗干扰能力,保证仪器的性能和工作的可靠性。

3.3 检测灵敏度

高压放电检测器的原理见图 4, 高压放电检测灵敏度由 C_1 , R_1 和变压器 T 确定。根据开关管的工作电压范围和开关管在最高工作电压(20 kV)与最低工作电压(3 kV)时的放电电流大小,确定高压电容器 C_1 和限流电阻 R_1 的数值,同时,要设计好高压电容器 C_1 和限流电阻 R_1 的耐高压和脉冲功率。脉冲变压器 T 的设计与普通变压器一样,只是对高压绝缘结构应重点设计,变压器 T 的次级输出的脉冲电压幅度要满足高压放电指示和计数器的技术要求。变压器 T 的次级输出的脉冲电压经过由 D_1 , D_2 , C_2 , R_2 和 R_3 构成的脉冲成形电路成形后,去触发由晶闸管 SCR、双基极二极管 Q、机械计数器、继电器、发光二极管 LED、电容器以及电阻器等构成的高压放电指示与计数器。因此,高压放电检测仪的灵敏度调节 C_1 或 R_1 即可。

4 主要功能和技术指标

4.1 直流高压

输出范围为 1.0~20 kV 连续可调;粗调范围为 1.0~20 kV;细调范围为 3 kV。

4.2 高压脉冲发生器

直流电压为 60~140V,连续可调;高压脉冲输出幅度为 3~8 kV,负波形。

4.3 指示和计数

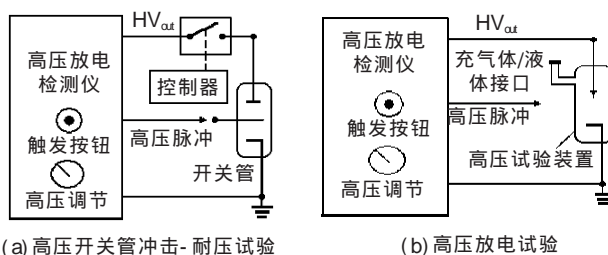
直流高压电压值采用数字指示;在进行高压放电性能检测(按“触发”按钮)时,有“触发计数”和“触发指示”;当发生高压放电时,有“放电计数”和“放电指示”。

5 应用实例

5.1 开关管的高压冲击-耐压试验

开关管高压放电检测仪用于高压开关管的研究和生产中的直流高压冲击-耐压工艺试验、产品性

能筛选及产品的出厂检验,其应用见图 6(a)。



(a) 高压开关管冲击-耐压试验

(b) 高压放电试验

图 6 高压放电检测的应用示意图

高压开关管的直流高压冲击-耐高压试验就是根据试验技术要求调节“开关管高压放电检测仪”的直流高压输出值,通过控制器给开关管按一定的升压速率和耐高压时间自动通、断直流高压电压,并对其冲击-耐高压过程中产生的高压击穿(放电)进行检测、记录和指示。

5.2 高压放电试验

高压放电检测仪可以用于高压放电试验,其示意图见图 6(b)。高压试验装置由高压电极、充气系统与液体输送系统和密封结构等组成,在进行高压放电试验时,按试验技术要求通过高压试验装置调节高压电极的不同间距、介质(气体或液体)进行耐直流高压试验,当发生高压击穿(放电)时,高压放电检测仪的“放电指示”和“放电计数”工作。

另外,高压放电检测仪还可以进行特殊电缆、高压接插头等的耐直流高压试验,将特殊电缆、高压接插头与高压放电检测仪的直流高压输出连接,根据试验要求调节直流高压值,当电缆、高压接插头发生高压击穿(放电)时,高压放电检测仪的“放电指示”和“放电计数”工作。

6 结语

高压开关管高压放电检测仪已用于高压开关管的研究和生产中的工艺筛选及产品的出厂检验,使用结果表明,仪器的性能指标稳定,开关管在直流高压冲击-耐压试验过程中产生的高压放电检测准确无误。高压放电检测仪还可以用于高压电极的间距、不同介质(气体、液体及固体)的高压放电试验。

仪器采用滤波、隔离变压器电磁和电磁变换等抗干扰技术,选用晶闸管、继电器以及脉冲变压器等元器件构成的特殊功能单元电路,提高了仪器的抗强电磁干扰能力,保证了仪器性能的稳定性和可靠性。

参考文献:

- [1] 王宗仁. 核仪器电子技术[M]. 北京: 原子能出版社, 1977.
- [2] 格拉夫 R F (美). 电子电路百科全书 [M]. 北京: 科学出版社, 1989.
- [3] 阎石. 数字电子技术基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 1983.