

中间继电器的发展

顾冰 阿城继电器厂第二开关板分厂 (150302)

关键词 中间继电器 固态继电器 光电电压发生器

1 电磁型中间继电器的兴衰

中间继电器在继电保护中和自动控制系统中是一个多用的自动运动电器,自1905年第一支继电器诞生以来现已有数百种中间继电器服役于当今的电气自动化系统中,由于科学的发展中间继电器也在不断进步,从制造工艺到材料的选择上都有很大地改进,特别是以前用的多是采用电磁原理制造的中间继电器,即线圈通电吸动衔铁,带动触点的开合,有小到指甲大小的,有以速度快而得名的,有以良好密封而受欢迎的,近年来又出现触点片子短小(弹力大),采用稀土元素构成稀土合金代替价格昂贵的金银,至使其体积小价格低,寿命长,再加上廉价的塑料封装,所以非常受使用者的青睐。已经使一些大厂生产工艺复杂,用贵金属多价格昂贵的中间继电器黯然失色。

中间继电器因为有良好的电隔离,至使控制方和被控方无电器上的连接,而达到安全控制目的,但由于目前的控制系统多采用计算机对于中间继电器的触点开合的火花、弧光和电磁场带来的干扰都有较大的影响,以致造成计算机的程序混乱、飞程序等故障,还存在一个电源系统中的中间继电器用电量的突增,也产生较大的干扰等,所以现在的自控系统中常用光电隔离元件来使中间继电器对计算机的干扰减到最小的程度。

因电磁型中间继电器结构简单、直观、使用方便、触点对数多等一直是自控人员手中的宝贝,但是由于有机活动部分就有发卡、磨损,触点烧损,动作速度至少也得几毫秒,驱动功率大等等无法克服的缺点,又何况在现代控制中又有电磁干扰计算机,与计算机接口困难,人们不得不寻求新型的中间继电器。当然更希望电磁型中间继电器能有转机,重新掘起。

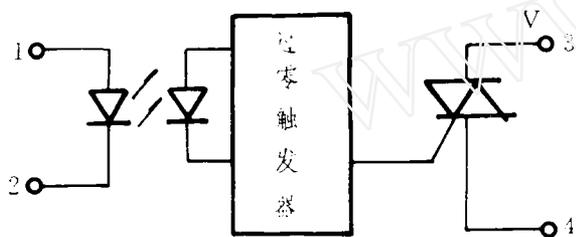


图 1

2 固态继电器 (Solid State Relay 简化 SSR)

可控硅一出现就为继电保护人员竞相选用,可是由于当时可控硅的生产水平较低,使相当重要的继电保护受到损害,有关主管部门不得不出示不准在出口回路中使用可控硅的禁令。

可在20年后的今天,由于国内可控硅生产水平的提高,国外大量电子元件的涌入,继电保护人员已经不再敌视可控硅了,特别是比我们继电保护还重要的航天器上也用上了这种用可控硅做成的所谓固态继电器。

固态继电器的原理实际上就是一可控硅的应用电路,其触发回路接输入端(相当于中间继电器的线圈),可控硅的阳极、阴极是输出端相当于中间继电器的触点部分,图1是其中的一种,1、2为输入端,经光电变换,或是红外收发等方式把输入信号送入触发电路,实现了

输入、输出的完全隔离。由触发回路再控制可控硅主电路的开合（导通和断开）完成了电磁型中间继电器所起的作用。它的优点是没有触点造成的上述缺点，实现了控制与被控电路的完全隔离，触点容量也可以很大，以至于可以顶替空气开关，接触器等大型启动设备，速度可以快到微秒级。但也有缺点如触点对数少，不那么直观，总让人觉得不那么可靠，如过电压，过电流，以至瞬间过流过压就可以使其损坏，造成整个线路的失控。当然解决上述缺点的方法也很多，现介绍如下，为防止输入过电压，常在输入端加一正反向稳压管对输入起到了限幅作用，特别是暂短的尖峰脉冲的抑制作用更明显。对输出端如电源引起的过电压，常加一氧化锌的压敏电阻，吸收其过电压。对输出端的过电流保护也有好多种，常常是需要可控硅能在极短的时间内截止，即使过流信号在极短时间内反映到触发回路中使可控硅能在几百微秒使可控硅截止使负载电流为零。常用的保护方式如图 2 所示。但有时觉得增加了元件，使其复杂化了，反而又降低了可靠性，所以在选用时充分估计到可能的过压过流的量值，选用可控硅时，可适当的选得余度大一点的，使安全系数自然提高。另外关于解决触点对数少的方法是选同参数的固态继电器并联，当然也可以用同一光隔电路同一触发单元去触发多个可控硅，如图 3 所示，当然也并非很理想，有待于我们的共同努力，进一步寻求新的方法，能象增加电磁型中间继电器触点那么容易的方法，能使 SSR 尽人心意。

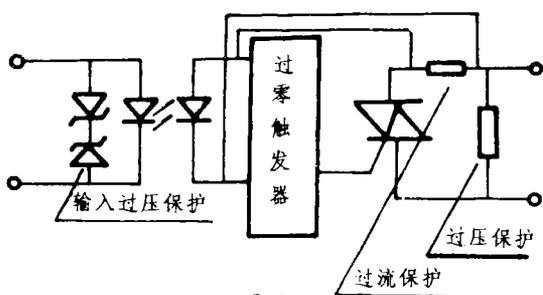


图 2

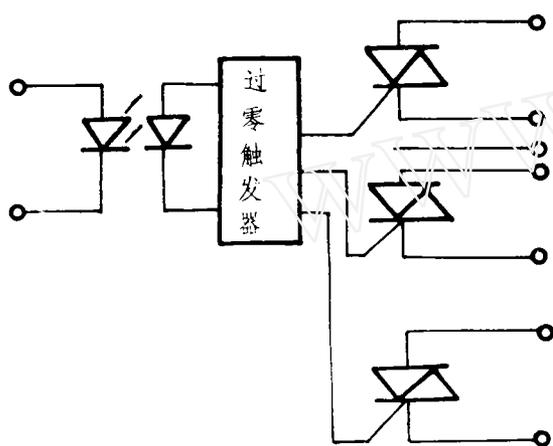


图 3

可以使控制电路，驱动电路很简单；它的饱和压降很低，热损耗自然很小，相同功率的器件比其它三极管（双极型等）装的散热片要小的多，自然体积也就小很多，和可控硅相比有这么优越性，所以很快被推广采用了。但它也有不足之处，驱动电流小输入的阻抗特别高，很容易在栅极产生过电压而击穿，那怕是微弱的静电荷也能在栅极产生过电压，但是我们只要能在用上，电路的设计上给予重视，也不是什么大问题，实际的电路和多年的应用经验已

上述的这种固态继电器，我们觉得已经前进了一大步，但只是模拟了电磁型中间继电器的模式而成，和微机接口还是比较困难。交流使用，特别是过零触发速度还不很理想，有的虽然触发的很快，但必须等零才能恢复，返回也很慢。这样人们想到了门极可关断的可控硅，但应用的还较少，性能的可靠性还有待于考验，特别是应用于比较重要的继电保护电路中应小心谨慎。

3 功率 MOSFET 在继电器中的应用

功率 MOSFET 不象普通三极管（达林顿管等）可控硅那样有少数载流子存储效应，所以它的速度快，适合做高速开关器件，没有二次击穿损坏管子的现象，自然很适合做成大功率器件，它的驱动功率很小，多半小于 $1\mu\text{A}$ 所以可

证明了功率 MOSFET 器件的可靠性。为能更好的应用我们把几种常用的驱动电路加以说明：

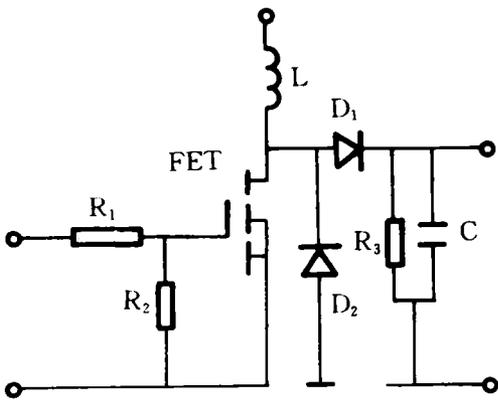


图 4

直接驱动式：对要求不高，外施的驱动功率又比较大就适合用电路简单，自然可靠性相对也高，其原理接线如图 4 所示，其中 FET 为 TMOS 器件可选用 MTM2V90 等系列产品。就可达一般的中间继电器触点输出的容量，(其开关安全工作区为 7A, 900V)。其驱动电路就只有两支小电阻 (R_1, R_2)，在输出端加了 D_2 (二极管) 是为保护 FET 和其它器件，给负载 (感性) 的反向放电的通路，由 D_1, C, R_3 构成的抗干扰电路，也可用 TTL 电路驱动，如图 5 所示，电路简单，驱动功率小，速度快，其输出端根据需要也可按图 1 布置，这个电路的缺点是仅驱动回路就需要两种电源。

这个电路的缺点是仅驱动回路就需要两种电源。

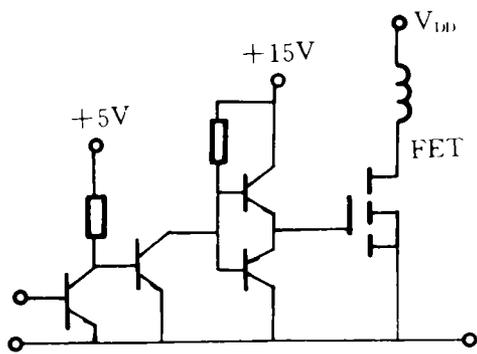


图 5

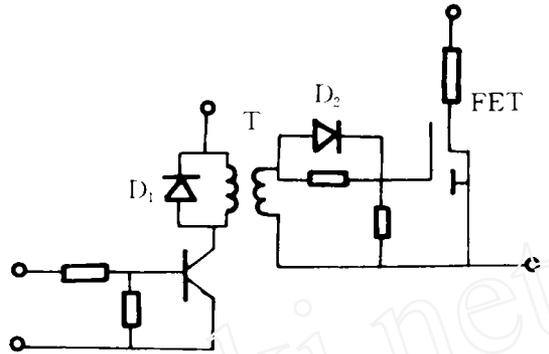


图 6

但是现代的控制都要用隔离式的驱动回路使输入、输出级分开，常用的有电磁隔离、光电隔离 (采用光电耦合器件隔离)，还有采用红外收发对管进行隔离的驱动回路。

电磁隔离式的如图 6 所示，是通过脉冲变压器 T 将输入与输出端隔开，即使得输入和输出没有电的联系，其中 D_1 为续流二极管，免得脉冲变压器产生的过电压损坏驱动三极管。 D_2 是并联在 FET 栅极电阻上的加速二极管，使充电电流经过它向输入电容充电，从而增大了充电电流，加快了开通速度，特别适合高速开关的要求。

光电隔离式：因它通过光电耦合器耦合的所以使得它的输入与输出端既没有电的联系也没有磁的联系，很适合于现代的电子控制的要求，是目前很理想的抗干扰电路，同时还对输入端起了保护作用，其原理图如图 7。此电路输入阻抗很低，因此驱动的关断延迟时间短，整个电路速度快。电路由三部分组成：光电耦合器件，三个三极管组成的驱动回路，最后是供给负载的 FET 管。

驱动电路很多，可根据需要选用，尽量要求简单、具有输入输出的保护功能。特别是作为继电保护可靠性是一主要指标。

实际 MOSFET 型继电器：

IR 公司 80 年代末推出的超小型功率 IC SSR (集成固态继电器)、BOSFET PVR (双向场效应光电电压继电器)。现将工作原理说明于下：

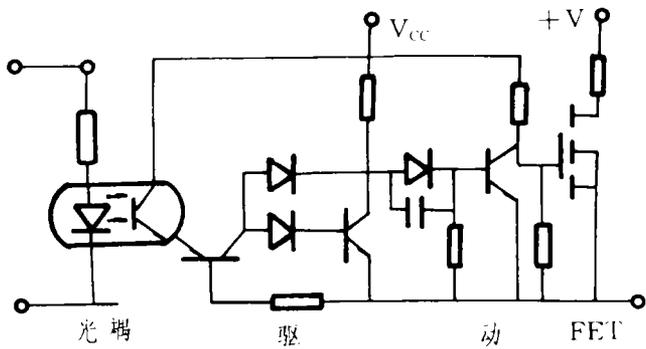


图 7

片开关继电器 (chipswitch power IC SSR) 它是一种交流超小型常过零检测的固态继电器其原理图示于图 8。它由两个功率 IC 反相并联, 每个功率 IC 控制交流信号的一个半波, 当输入端的发光二极管加电发光时, 分别触发两个功率 IC, 从而控制输出端正负半周都导通。在图 8 的输出端接负载与电源就是一完整的继电器控制电路。

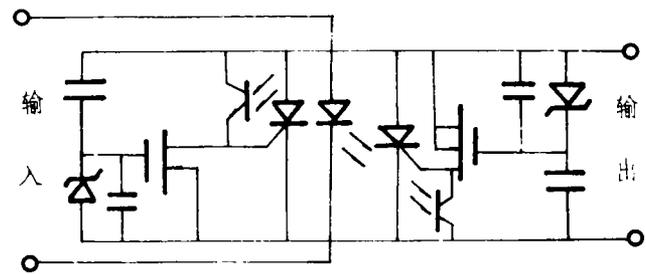


图 8

双向场效应光电压继电器 (BOFET PVR) 其原理图示于图 9。和图 8 的原理基本相同是两个反向串联的功率 MOSFET, 所以也可工作于交流或直流工作状态。而且都有快速关断电路和尖峰抑制电路, 起到了保护作用。在输入端即所谓的光电压继电器 PVR, 都有一个光电压发生器 PVG 来驱动 MOSFET。实际是一 LED 红外发光器件。当发光时使 PVG 产生电压而驱动 MOSFET 导通。

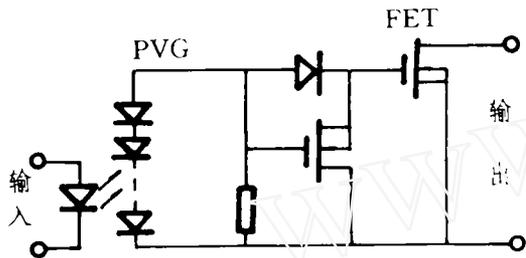


图 9

前面所述及的继电器在控制电路中确实完成了继电器的功能。但在继电保护电路中还不是完善的电路, 可以把它作为整套保护装置中的出口元件, 起到了我们称之为中间继电器的作用。更适合于交流操作的系统中, 但继电保护系统多是直流操作的, 那么用功率 MOSFET 更合适一些, 而用可控硅组成的继电器就麻烦了一些。

我们希望本文起到抛砖引玉的作用, 希望继电保护人员能在使用中不断

改进、完善, 使得固态继电器在继电保护系统中开出璀璨之花。