

一种实用的复合开关

高泽涵, 黄 岚

(广州大学, 广东 广州 510091)

摘 要: 介绍了一种集电子开关过零触发特性和机械开关低功耗特性于一身的复合开关。复合开关具有在接通或断开时无冲击电流, 在工作过程中无功率消耗的特点。

关键词: 冲击电流 功率消耗 过零触发 可控硅 继电器

在工业电器设备电源切换控制中, 通常采用机械触点开关或无触点的电子开关。机械开关(含继电器)正常工作时接触点电阻极小, 几乎无功率消耗。但是, 机械触点切换时会产生冲击电流, 冲击电流产生的电弧不但会烧蚀开关触点, 还会使负载和电网特性变坏。以可控硅为核心的无触点电子开关具有过零切换特性, 几乎不产生冲击电流, 但是可控硅导通时有管压降, 管压降会造成可控硅电子开关有功率损耗和散热等问题。冲击电流和功率损耗, 是大功率负载开关电路中不容忽视的问题。本文介绍一种既有机械开关低功耗特点, 又有可控硅电子开关低冲击电流特点的复合开关。

1 复合开关工作原理

1.1 复合开关基本原理框图

复合开关基本原理框图如图 1 所示, 主要由控制器、双向可控硅、继电器三部分组成。

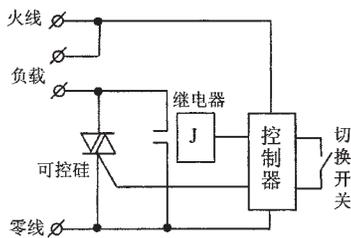


图 1 复合开关基本原理框图

1.2 复合开关工作步骤

复合开关的控制器应能产生过零触发信号、延时信号, 并能按照一定的逻辑关系控制可控硅和继电器, 实现复合开关功能。复合开关工作步骤如下:

第一步: 切换脉冲信号到来后, 在第一个交流电过零点, 控制器产生过零触发脉冲, 可控硅过零点导通。复合开关由可控硅单独作用, 不产生冲击电流, 但两端有约 1V 管压降, 此时负载得电。控制器延时 4 个交流电周期(保证电路稳定)后, 令继电器闭合。在可控硅导通的同时继电器触点闭合, 复合开关两端无压降, 负载保持得电。控制器再延时 4 个交流电周期(保证继电器稳定闭合)后, 停止输出过零触发脉冲, 可控硅关断。复合开关由继电器触点单独运行, 不产生开关功耗。负载保持

得电, 复合开关完成投入过程。复合开关在以后的工作过程中, 始终保持继电器触点单独运行, 如图 2 所示。

第二步: 切换脉冲信号再次到来后, 在交流电过零点, 控制器产生过零触发脉冲, 可控硅导通。可控硅导通的同时继电器触点闭合, 复合开关两端无压降, 负载继续得电。控制器延时 4 个交流电周期(保证电路稳定)后, 断开继电器。复合开关由可控硅单独作用, 两端有约 1V 管压降, 负载继续得电。控制器再延时 4 个交流电周期(保证继电器稳定断开)后, 停止输出过零触发脉冲, 可控硅过零关断, 复合开关关断, 且不产生冲击电流。负载失电, 复合开关完成切除过程, 如图 2 所示。

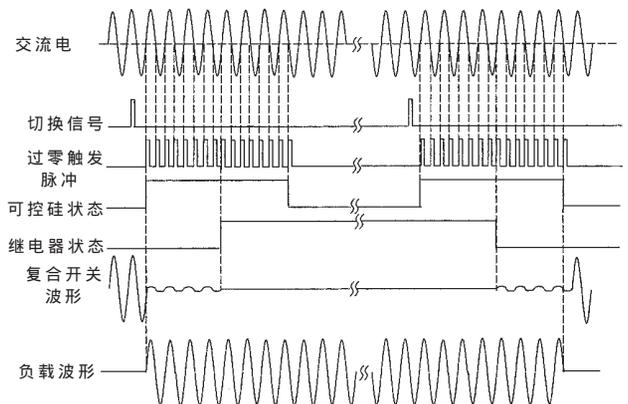


图 2 复合开关工作过程波形示意图

2 实例电路

实用复合开关电路如图 3 所示。主电路由电源输入(分火线和零线)、负载、可控硅 SCR 和继电器 JR 组成, 控制器由过零触发电路和脉冲延时控制电路组成。

过零触发电路由 LM555 定时器接成施密特触发器实现, 电路中 LM555 定时器的高触发端 THR 和低触发端 TRI 并联, 构成施密特触发器, 且电压控制端 CON 被二极管 D_0 钳位在 0.7V, 使得高触发端 THR 触发电压 $V_{T+}=2 \times 0.7V/3$; 低触发端 TRI 的电压 $V_{T-}=0.7V/3$ 。所以, 当 R_1/R_2 分压取出半波信号过零点 (0.7V 附近) 时, LM555 触发器的输出端 OUT 输出过零脉冲, 而且半波信号幅度越高, 输出脉冲越接近过零点, 而且脉冲也越窄

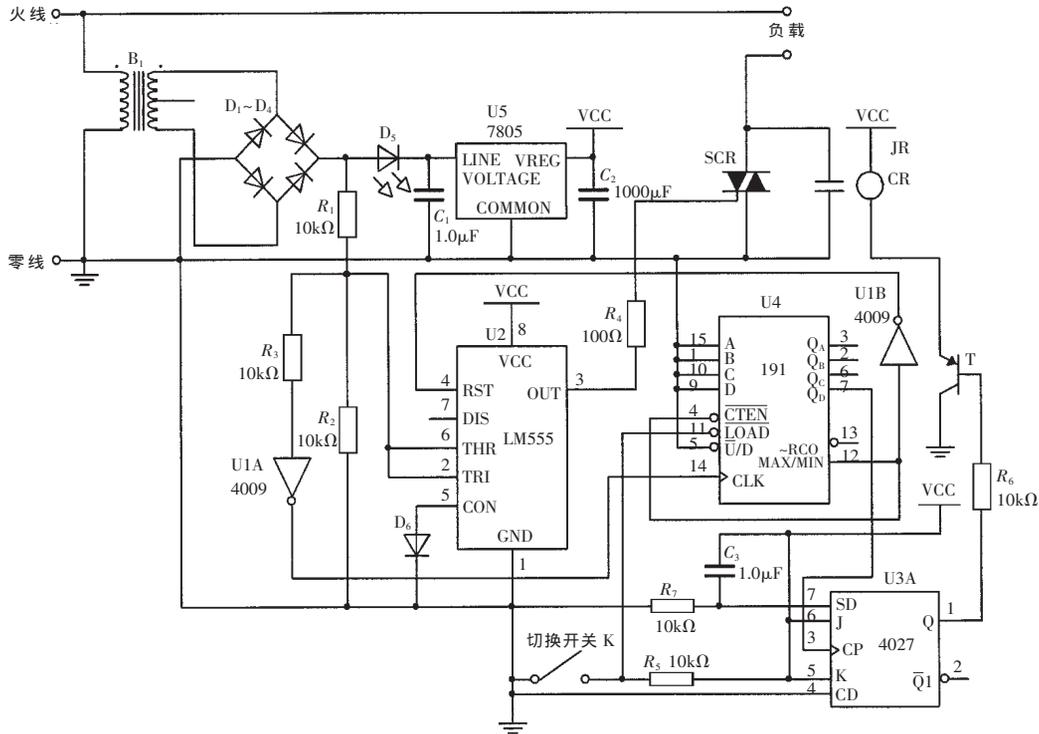


图3 实用复合开关电路图

(注意过窄无法触发可控硅)。由于LM555触发器的复位端RST受控于脉冲延时控制电路中的U4，所以只有在脉冲延时控制电路输出的控制信号有效时，LM555触发器的输出端OUT才有过零触发脉冲输出。

脉冲延时控制电路由单时钟同步二进制加/减计数器191和JK触发器4027组成。电路中191的并行数据输入端ABCD=0000，加/减控制端 $\bar{U}/D=0$ ，组成十六进制加计数器，只有在加计数最大($Q_AQ_BQ_CQ_D=1111$)时输出高电平，即MAX/MIN=1。

电路中JK触发器4027的J=K=1，构成计数触发器。置位端SD外接 C_3 和 R_7 构成上电自动置1电路。上电瞬间SD=1，则4027的输出Q=1，晶体管T截止，继电器JR断开， C_3 充电完成以后置位端SD=0，无效。上电置位完成以后，计数端CP每接到191输出端 Q_D 来一个脉冲，触发器状态即翻转一次。其输出Q=1时使晶体管T截止，继电器断开；其输出Q=0时使晶体管T导通，继电器闭合。

按下切换开关K，191的异步置数端 $\overline{LOAD}=0$ ，输出 $Q_DQ_CQ_BQ_A=0000$ 且MAX/MIN=0，这时LM555的复位端RST=1，输出过零脉冲，可控硅导通，负载得电；同时191的使能控制端 $\overline{CTEN}=0$ ，对经4009(U1A)整形后的全波信号脉冲做加计数。此时可控硅单独供电。

经过4个交流电周期，计数值 $Q_DQ_CQ_BQ_A=1000$ （8个全波信号相当于4个交流电周期）， $Q_D=1$ 使4027翻转，输出Q=0，使晶体管T导通，继电器得电。此时继电器触点和可控硅同时导通。再经过8个全波信号，计数值 $Q_DQ_CQ_BQ_A=1111$ （16个全波信号相当于8个交流电周期），

191的进/借位端MAX/MIN=1，则使能控制端 $\overline{CTEN}=1$ ，191停止计数工作；同时使LM555的复位端RST=0，停止输出过零脉冲，可控硅截止。此时继电器保持闭合，负载由继电器触点闭合单独供电。

再次按下切换开关K，191的异步置数端 $\overline{LOAD}=0$ ，输出 $Q_DQ_CQ_BQ_A=0000$ 且MAX/MIN=0，这时LM555的复位端RST=1，输出过零脉冲，可控硅导通；同时191的使能控制端 $\overline{CTEN}=0$ ，对经4009(U1A)整形后的全波信号脉冲做加计数。此时继电器触点和可控硅再次同时导通。

当加计数值 $Q_DQ_CQ_BQ_A=1000$ 时， $Q_D=1$ 使4027再次翻转，输出Q=1，晶体管T截止，继电器失电。此时只有可控硅单独导通。再当计数值 $Q_DQ_CQ_BQ_A=1111$ 时，191的进/借位端MAX/MIN=1，则使能控制端 $\overline{CTEN}=1$ ，191停止计数工作；同时使LM555的复位端RST=0，停止输出过零脉冲，可控硅截止。此时负载失电，复合开关完成一个工作周期。

3 调试要点

当复合开关断开时，可控硅要承受全部工作电压，所以可控硅的电压参数，应取工作电压峰值的1.5倍；复合开关闭合过程中，可控硅工作只在最初和最后4个周期单独工作，所以可控硅电流参数可选工作电流的1/2~1/3，且无需考虑散热问题。复合开关的继电器额定电流参数，应按工作电流选择。 D_5 起隔离全波信号与直流电源的作用，采用LED发光二极管可兼起电源指示作用。由于电源、负载、可控硅是直通连接，控制电路经可控硅控制极与电源共地，所以交流电源输入应分火线端和零线端接入电路。

(收稿日期:2006-06-17)