



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102420431 A

(43) 申请公布日 2012. 04. 18

(21) 申请号 201110382809. 1

(22) 申请日 2011. 11. 28

(71) 申请人 吉林市龙华电力技术有限公司  
地址 132013 吉林省吉林市高新区兴隆街  
1819 号

(72) 发明人 宋轩 张岩 梁石磊

(74) 专利代理机构 吉林市达利专利事务所  
22102

代理人 陈传林

(51) Int. Cl.

H02J 3/18(2006. 01)

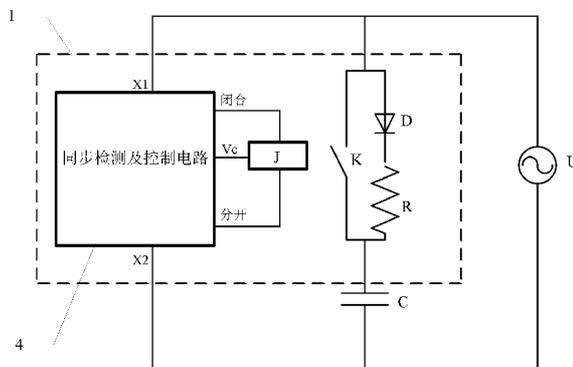
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 6 页

(54) 发明名称

低压相控投切电容器开关

(57) 摘要

本发明涉及供电的电路装置,是一种低压相控投切电容器开关,其特点是:它包括磁保持继电器J、二极管D和同步检测及控制电路,二极管D与磁保持继电器J的触点K并联,磁保持继电器J的触点K一端连接电源一端,另一端连接电容器C的一端,电容器C的另一端连接到电源的另一端,电容器C未投入到电网时处于充电状态,当电容器C投入电网动作时,磁保持继电器J在电网电压为正最大值时,触点K闭合,当电容器从电网中切出动作时,磁保持继电器J在电网电压为正最大值时,触点K分开。具有结构简单,能够实现精确控制,投切电容器过程无涌流、无重燃、电容器无需放电、投切过程不受谐波扰动、投切快速、可靠性高等优点。



1. 一种低压相控投切电容器开关,其特征在于:它包括磁保持继电器(J)、二极管(D)和同步检测及控制电路,二极管(D)与磁保持继电器(J)的触点(K)并联,磁保持继电器(J)的触点(K)一端连接电源一端,另一端连接电容器(C)的一端,电容器(C)的另一端连接到电源的另一端,同步检测及控制电路的输入端与信号源连接,其输出端发出的控制脉冲信号使磁保持继电器(J)的线圈励磁,使触点(K)动作,电容器(C)未投入到电网时处于充电状态,当电容器(C)投入电网动作时,磁保持继电器(J)在电网电压为正最大值时,触点(K)闭合,当电容器从电网中切出动作时,磁保持继电器(J)在电网电压为正最大值时,触点(K)分开。

2. 根据权利要求1所述的低压相控投切电容器开关,其特征在于:还包括电阻(R),所述二极管(D)与电阻(R)串联后再与磁保持继电器(J)的触点(K)并联。

3. 所述同步检测及控制电路包括单片机(U2)、光电隔离过零检测电路(U3)和继电器驱动电路(U4),光电隔离过零检测电路(U3)的输入端与电网连接,其输出端与单片机(U2)的输入端连接,单片机(U2)的输出端与继电器驱动电路(U4)的输入端连接。

4. 根据权利要求3所述的低压相控投切电容器开关,其特征在于:所述单片机(U2)的型号为ATMEGA16L。

5. 根据权利要求3所述的低压相控投切电容器开关,其特征在于:所述光电隔离过零检测电路(U3)的光电耦合器型号为TLP521。

6. 根据权利要求3所述的低压相控投切电容器开关,其特征在于:所述继电器驱动电路(U4)的继电器驱动芯片型号为M1416。

7. 根据权利要求1所述的低压相控投切电容器开关,其特征在于:所述二极管(D)相对于电网电压的相位正向接入时,同步检测及控制电路控制继电器(J)的触点(K)在电网电压正最大值时刻动作;反向接入时,同步检测及控制电路控制继电器(J)的触点(K)在电网电压负最大值时刻动作。

## 低压相控投切电容器开关

### 技术领域

[0001] 本发明涉及供电的电路装置,是一种低压相控投切电容器开关。

### 背景技术

[0002] 在低压无功补偿装置中,通常采用电容器分组投切的方式来自动跟踪补偿无功功率。由于电容器组是一个容性负载,当它通过开关接入 50HZ 交流电网或从电网退出时,要产生一个暂态的过渡过程,也就是要发生一些特殊现象:在合闸瞬时会产生很大的冲击合闸电流,实验表明,在单组电容器时合闸涌流大约为电容器组额定电流的 5~15 倍,在多组电容器追加投入时,合闸涌流可以达到电容器组额定电流的 20~50 倍;在分闸过程中如果开关的弧隙的绝缘强度不够,低于恢复电压,又会使开关重燃,而开关多次重燃将产生按 3、5、7 倍数增长的重燃过电压,即产生很高的操作过电压,从而对电网运行和电容器造成危害。基于上述原因,故不能采用一般的开关来操作电容器。

[0003] 现有技术通常采用交流接触器投切电容器进行无功功率补偿方式,至今仍在沿用。但由于接触器三相触头不能分别进行控制,要通则几乎一起通,要断则几乎一起断,无法选择最合适的相位角投入和切除电容器,这样各相会产生不同的冲击电流。由于冲击电流大,常会引起接触器触头烧焊现象,使接触器触点断不开,不能正常工作,其投切过程产生的涌流和操作过电压也极大降低了补偿装置的可靠性和电容器工作寿命,实际使用时不得不对触头和电容器经常进行维护和更换。

[0004] 为限制和消除在电容器投切过程中产生的涌流和过电压,目前有很多办法,如在开关触点断口加并联电阻,在电容器回路中装设串联电抗器都能很好的抑制合闸电流;加快开关触头的分断速度,或采用强力吹弧的措施等使电容器分闸过程不发生重燃而消除操作过电压;近年来,随着电力电子技术的发展,又出现了采用可控硅投切电容器的开关即电子开关,通过控制可控硅在电压过零时导通投入电容器,在电流过零时关断而切除电容器,可消除涌流和过电压现象,但由于可控硅投切电容器会伴生导通损耗使可控硅发热、换向时有谐波等问题,需加散热片和滤波元件,因此制造成本较高,并且由于可控硅对过流、过压及对  $dv/dt$  的敏感性也比较容易损坏,运行和维护成本也较高;还出现了将电磁机械开关和电子开关的优点集合在一起,即将可控硅与电磁机械开关触点并联使用组成的复合开关,其中可控硅实现电压过零投入与电流过零切除,电磁机械开关触点用来通过连续电流,这样就避免了可控硅的导通损耗问题,可控硅只在投入以及切除的瞬间使用,因此通常不需要按额定大电流来选择可控硅,可控硅也不需要加散热片,但复合开关中既使用可控硅又使用电磁机械开关,于是结构就变得比较复杂,成本也比较高,在实际应用中,常因可控硅的损坏而导致复合开关不能工作。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是,提供一种结构简单,能够实现精确控制,投切的电容器无涌流、无重燃、无需放电,投切过程不受谐波扰动、投切快速、可靠性高的低压相控投切电容器开

关。

[0006] 本发明的目的是由以下技术方案来实现的：一种低压相控投切电容器开关，其特征在于：它包括磁保持继电器 J、二极管 D 和同步检测及控制电路，二极管 D 与磁保持继电器 J 的触点 K 并联，磁保持继电器 J 的触点 K 一端连接电网一端，另一端连接电容器 C 的一端，电容器 C 的另一端连接到电网的另一端，同步检测及控制电路的输入端与电网连接，其输出端发出的控制脉冲信号使磁保持继电器 J 的线圈励磁，使触点 K 动作，电容器 C 未投入到电网时处于充电状态，当需电容器 C 投入电网动作时，磁保持继电器 J 在电网电压为正最大值时，触点 K 闭合，当电容器从电网中切出动作时，磁保持继电器 J 在电网电压为正最大值时，触点 K 分开。

[0007] 还包括电阻 R，所述二极管 D 与电阻 R 串联后再与磁保持继电器 J 的触点 K 并联。

[0008] 所述的电网是线电压有效值为 380v 频率为 50Hz 三相正弦交流电网。

[0009] 所述同步检测及控制电路包括单片机 U2、光电隔离过零检测电路 U3 和继电器驱动电路 U4，光电隔离过零检测电路 U3 的输入端与电网连接，其输出端与单片机 U2 的输入端连接，单片机 U2 的输出端与继电器驱动电路 U4 的输入端连接。

[0010] 所述单片机 U2 的型号为 ATMEGA16L。

[0011] 所述光电隔离过零检测电路 U3 的光电耦合器型号为 TLP521。

[0012] 所述继电器驱动电路 U4 的继电器驱动芯片型号为 M1416。

[0013] 所述二极管 D 相对于电网电压的相位正向接入时，同步检测及控制电路 4 控制继电器 J 的触点 K 在电网电压正最大值时刻动作；反向接入时，同步检测及控制电路 4 控制继电器 J 的触点 K 在电网电压负最大值时刻动作。

[0014] 本发明的技术方案遵循下述技术原理：

[0015] 1. 科学选取电容器开关的投切时刻，因为电容性负载的电流超前电压  $90^\circ$ ，电容器开关投切电容时要做到电流无冲击，必须在电网电压过零时投入，在电流过零时切除。由于电磁开关的机械触点都具有动作误差和离散型性，一般市售的磁保持继电器的动作误差和弹跳时间在 1 毫秒左右，对于 50Hz 的交流电网，电压偏移 1 毫秒的时间是  $18^\circ$ ，如果在过零点偏移 1 毫秒，其电压幅值的偏移量为： $|\sin(0 \pm 18^\circ)| = 0.309$ ，也就是说在电压过零点投入电容器时间偏移 1 毫秒，加载在电容器上的电压值可达额定电压的 0.3 倍，这会在电容器上产生很大的涌流，这种方式对市售磁保持继电器的性能要求太严格，不易实现。而在电压峰值附近偏移 1 毫秒，其电压幅值的偏移量为： $1 - |\sin(90^\circ \pm 18^\circ)| = 0.049$ ，也就是说对电容器预先充电，使其两端电压为电网电压的峰值，在正弦交流电峰值时，控制开关触点动作，即使投入电容器时间偏移 1 毫秒，加载在电容器上的电压值也仅为额定电压的 0.049 倍，这是很小的一个值，在电容器上产生的涌流很小，对开关的机械触点没有损害，因此选择对电容器预先充电，控制开关触点在电网电压的正、负峰值时导通，实现对电容器接入电网和从电网中退出操作，市售的普通磁保持继电器的性能即可满足要求，极易实现。

[0016] 2. 采用最佳的开关零电压投入保障措施，由于电容器内部有放电电阻和泄漏，在电容器切除后重新投入时，若电网电压与电容器残压相差较大，就会由于电容器的电压不能突变而产生很大的冲击电流，为使电容器投入时不引起涌流冲击，必须保证开关触点导通时电网电压与电容器残压大小相等，极性一致，即零电压投入。为此，采用开关触点与二

极管并联的方式,采用这种方式,电容器投入前,电网电压通过二极管对电容器充电,使电容器电压总是维持在电网电压的峰值,一旦电容器泄漏电流造成其电压比电网电压峰值有所降低,电网会通过二极管将其电压充电到电网电压峰值,只要在电网电压峰值时刻合上开关触头,就可以避免电流冲击,在二极管上串联一个小限流电阻是为了防止第一次上电时电容器充电电流过大用以保护二极管和电容器。

[0017] 本发明的低压相控投切电容器开关具有结构简单,能够实现精确控制,投切电容器过程无涌流、无重燃、无需放电、不受电网谐波扰动、投切快速、开关触点无损伤、可靠性高等优点。

## 附图说明

[0018] 图 1 为本发明的开关电路结构原理示意图。

[0019] 图 2 为本发明的工作原理时序波形示意图。

[0020] 图 3 为本发明采用角型接线方式电路原示意图。

[0021] 图 4 为本发明采用星型接线方式电路原理示意图。

[0022] 图 5 为实施例 1 的本发明采用角型接线的电路原理图。

[0023] 图 6 为实施例 1 的本发明采用星型接线的电路原理图。

[0024] 图中 :1 低压相控投切电容器开关,4 同步检测及控制电路。

## 具体实施方式

[0025] 下面结合附图和实施例对本发明作详细说明。

[0026] 参照图 1,本发明的低压相控投切电容器开关 1 包括磁保持继电器 J、二极管 D 和同步检测及控制电路 4。二极管 D 与磁保持继电器 J 的触点 K 并联,在二极管 D 与磁保持继电器 J 的触点 K 并联的回路中,增设了电阻 R,使二极管 D 与电阻 R 串联后再与磁保持继电器 J 的触点 K 并联,以防止初次上电时电网对电容器的充电电流损坏二极管和电容器。磁保持继电器 J 的触点 K 一端连接电网一端,另一端连接电容器 C 的一端,电容器 C 的另一端连接到电网的另一端,同步检测及控制电路 4 的输入端与电网连接,其输出端发出的控制脉冲信号使磁保持继电器 J 的线圈励磁,使触点 K 动作,电容器 C 未投入到电网时处于充电状态,当电容器 C 投入电网动作时,磁保持继电器 J 在电网电压为正最大值时,触点 K 闭合,当电容器从电网中切出动作时,磁保持继电器 J 在电网电压为正最大值时,触点 K 分开。所述二极管 D 相对于电网电压的相位正向接入时,同步检测及控制电路 4 控制继电器 J 的触点 K 在电网电压正最大值时刻动作;反向接入时,同步检测及控制电路 4 控制继电器 J 的触点 K 在电网电压负最大值时刻动作。

[0027] 参照图 2,工作原理是 :U 为电网电压,  $U_c$  为电容器 C 两端电压,  $U_k$  为开关 K 两端电压,  $I_c$  为电容器 C 中流过的电流, M1 为磁保持继电器 J 触点 K 闭合线圈的合闸脉冲信号, M2 为磁保持继电器 J 触点分开线圈的分闸脉冲信号。

[0028]  $t_1-t_4$  为合闸脉冲宽度,  $t_5-t_8$  为分闸脉冲宽度,  $t_1-t_3$  为磁保持继电器 J 从接到合闸信号开始至触点 K 闭合时的固有动作时间,  $t_4-t_7$  为磁保持继电器 J 从接到分闸信号开始至触点 K 至分开位置时的固有动作时间,  $t_2-t_3$  为磁保持继电器触点 K 闭合固有动作时间,  $t_6-t_7$  为磁保持继电器触点 K 分断固有动作时间。

[0029] 当低压相控投切电容器开关 1 接入电网后,磁保持继电器 J 的触点 K 处于断开状态,此时电网通过二极管 D 和电阻 R 对电容器 C 进行单向充电,在极短的时间内将电容器 C 的电压充到了电网电压的峰值并一直保持。

[0030] 当需将电容器 C 投入到电网时,由同步检测及控制电路 4 在  $t_1$  时刻发出宽度为  $t_4-t_1$  的合闸脉冲 M1,磁保持继电器 J 接到合闸信号后,经过  $t_3-t_1$  的固有动作时间后触点 K 由分开状态变为接触状态,完成合闸动作,此时恰好在电网电压的正峰值点,电网电压与充满电的电容器 C 电压同电位,触点 K 两端的电压为“0”,所以电容器 C 便无扰动的接入到电网中,实现了无涌流投入。

[0031] 当需将电容器 C 切除出电网时,同步检测及控制电路 4 在  $t_5$  时刻发出宽度为  $t_8-t_5$  的分闸脉冲 M2,磁保持继电器 J 接到分闸信号后,经过  $t_7-t_5$  的固有动作时间后触点 K 由接触状态变为分开状态,完成分闸动作,此时也恰好在电网电压的正峰值点,电网电压与充满电的电容器 C 电压同电位,触点 K 两端的电压为“0”,此时流过电容器和开关的电流为“0”,所以电容器 C 便无电流的状态下从电网中退出,实现了电流过零切除。

[0032] 同步检测及控制电路 4 通过上述的时序控制,使磁保持继电器 J 的触点 K 在设定的相位动作,称为相位控制,简称相控。

[0033] 磁保持继电器 J 的触点 K 在合闸和分闸的过程中,如果触点的动作较慢,触点动作时间  $t_3-t_2$  和  $t_7-t_6$  的时间  $> 5$  毫秒,触点 K 将会出现电弧重燃的现象,从而导致涌流和操作过电压。实际上,市售的磁保持继电器 J,其触点 K 的动作时间都在 2 毫秒以内,都满足使用要求,不会失控,因而在相控使用过程中不会产生涌流和操作过电压。二极管 D 可以反向连接,只不过此时控制电路在电网电压的负最大值时控制磁保持继电器 J 的投切动作而已,其投切效果是相同的。

[0034] 参照图 3,本发明的低压相控投切电容器开关 1 用于控制角型接线方式的三相电容器组时,电容器 C1、C2、C3 分别与低压相控投切电容器开关 1 串联后,再头尾相连构成三角形连接,三个接线点分别与电网的  $U_a$ 、 $U_b$ 、 $U_c$  相连。

[0035] 参照图 4,本发明的低压相控投切电容器开关 1 用于星型接线方式的三相电容器组时,电容器 C1、C2、C3 分别与低压相控投切电容器开关 1 串联后,再将三个电容器 C1、C2、C3 的一端连在一起构成中点,该中点一般与电网的零线连接,而与三个电容器 C1、C2、C3 相连的低压相控投切电容器开关 1 的另一端与电网的  $U_a$ 、 $U_b$ 、 $U_c$  相连。

[0036] 参照图 5 和 6,本发明的低压相控投切电容器开关 1 的同步检测及控制电路 4 包括单片机 U2、光电隔离过零检测电路 U3 和继电器驱动电路 U4,光电隔离过零检测电路 U3 的输入端与电网连接,其输出端与单片机 U2 的输入端连接,单片机 U2 的输出端与继电器驱动电路 U4 的输入端连接。所述单片机 U2 的型号为 ATMEGA16L。所述光电隔离过零检测电路 U3 的光电耦合器型号为 TLP521。所述继电器驱动电路 U4 的继电器驱动芯片型号 M1416。

[0037] 参照图 5,本发明的实施例 1:低压相控投切电容器开关 1 采用角型接线方式投切电容器组。本实施例采用三个磁保持继电器 J1、J2、J3,三个二极管 D1、D2、D3、三个电阻 R1、R2、R3 构成开关主电路。三个电容器 C1、C2、C3 通过与各自的开关主电路中磁保持继电器触点 K1、K2、K3 串联后头尾相连形成三角形接法,分别与电网  $U_A$ 、 $U_B$ 、 $U_C$  相连。光电隔离过零检测电路 U3 的光电耦合器将  $U_{ab}$  的正弦交流信号整形为方波信号并输入到单片机 U2 的 PB0 端。单片机 U2 通过 PB0 端检测方波的跳变沿来确定正弦波的过零点,通过单片机 U2

的精确延时,控制磁保持继电器 J1、J2、J3 的动作时间,使磁保持继电器 J1、J2、J3 的开关触点 K1、K2、K3 在各相电压为最大值时闭合导通,实现电容器 C1、C2、C3 的电压过零投入和电流过零切除。

[0038] 参照图 6,本发明的实施例 2:低压相控投切电容器开关 1 采用星型接线的投切电容器组。本实施例采用三个磁保持继电器 J1、J2、J3,三个二极管 D1、D2、D3、三个电阻 R1、R2、R3 构成开关主电路。三个电容器 C1、C2、C3 通过与各自的开关主电路中磁保持继电器触点 K1、K2、K3 与电源  $U_a$ 、 $U_b$ 、 $U_c$  相连,另一端接在一起形成星形连接的中点,该中点直接与零线相连。光电隔离过零检测电路 U3 的光电耦合器将  $U_a$ 、 $U_N$  的正弦交流信号整形为方波信号并输入到单片机 U2 的 PB0 端。单片机 U2 通过 PB0 端检测方波的跳变沿来确定正弦波的过零点,通过单片机 U2 的精确延时,控制磁保持继电器 J1、J2、J3 的动作时间,使继电器 J1、J2、J3 的开关触点 K1、K2、K3 在各相电压为最大值时闭合导通,实现电容器的电压过零投入和电流过零切除。

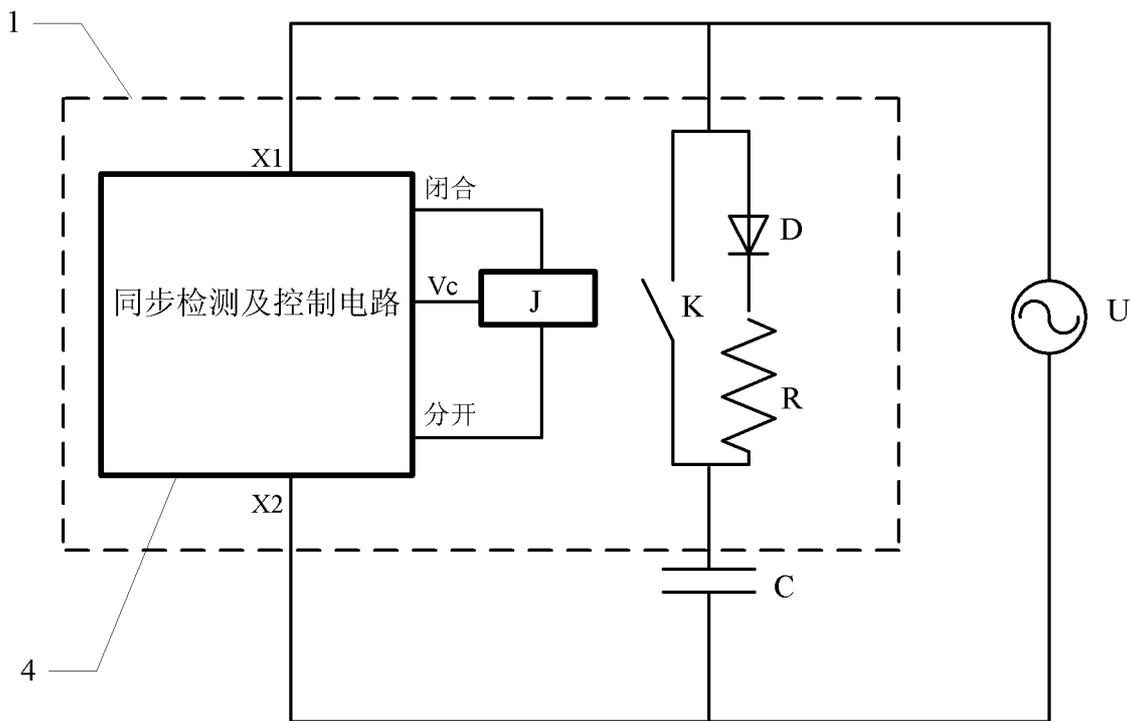


图 1

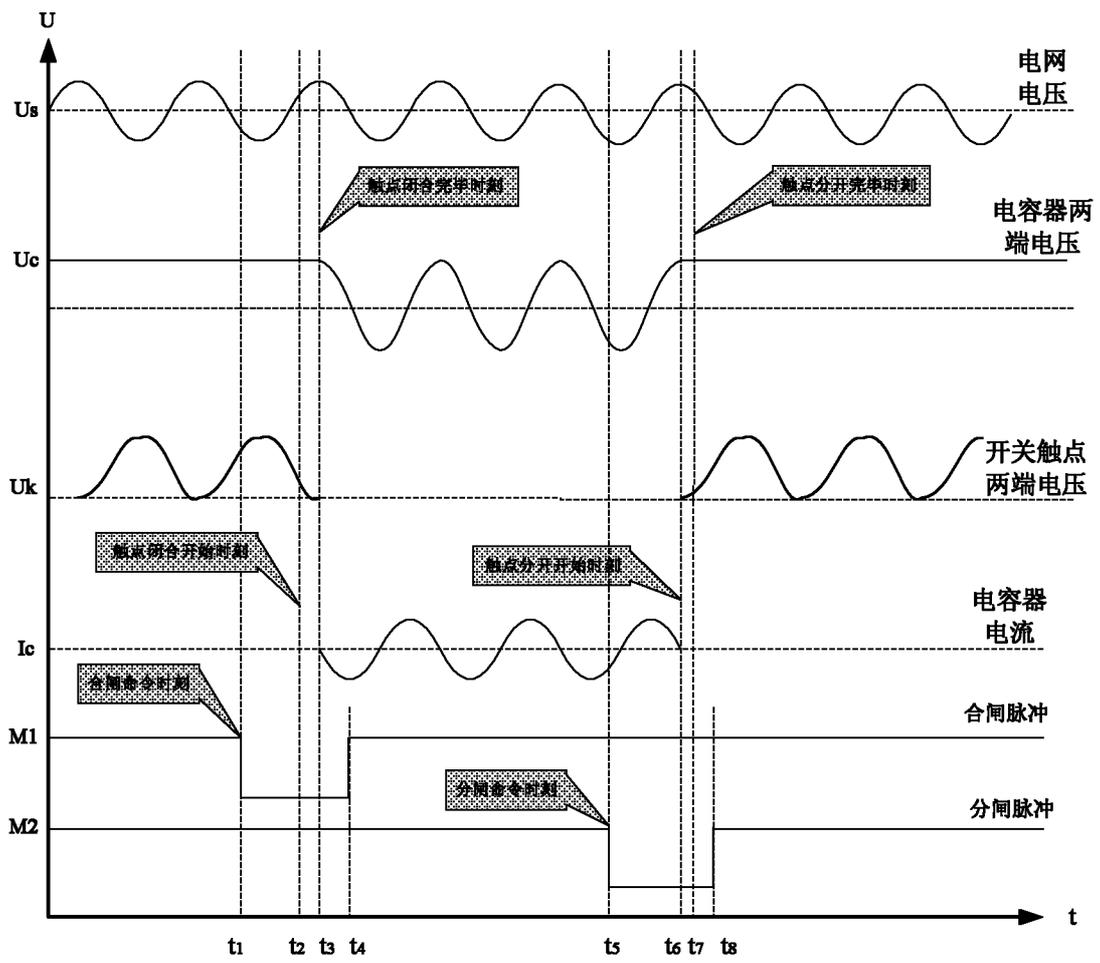


图 2

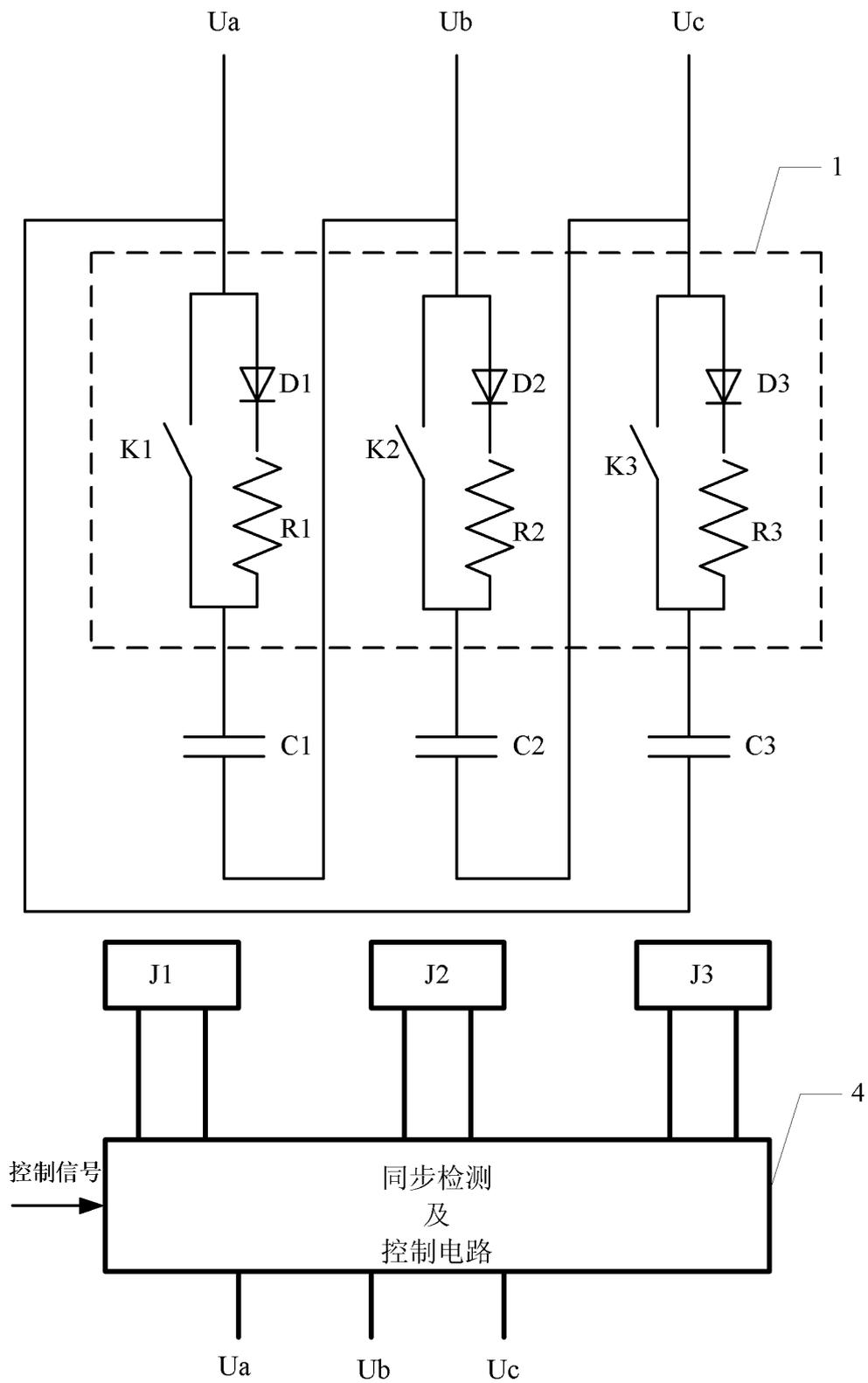


图 3

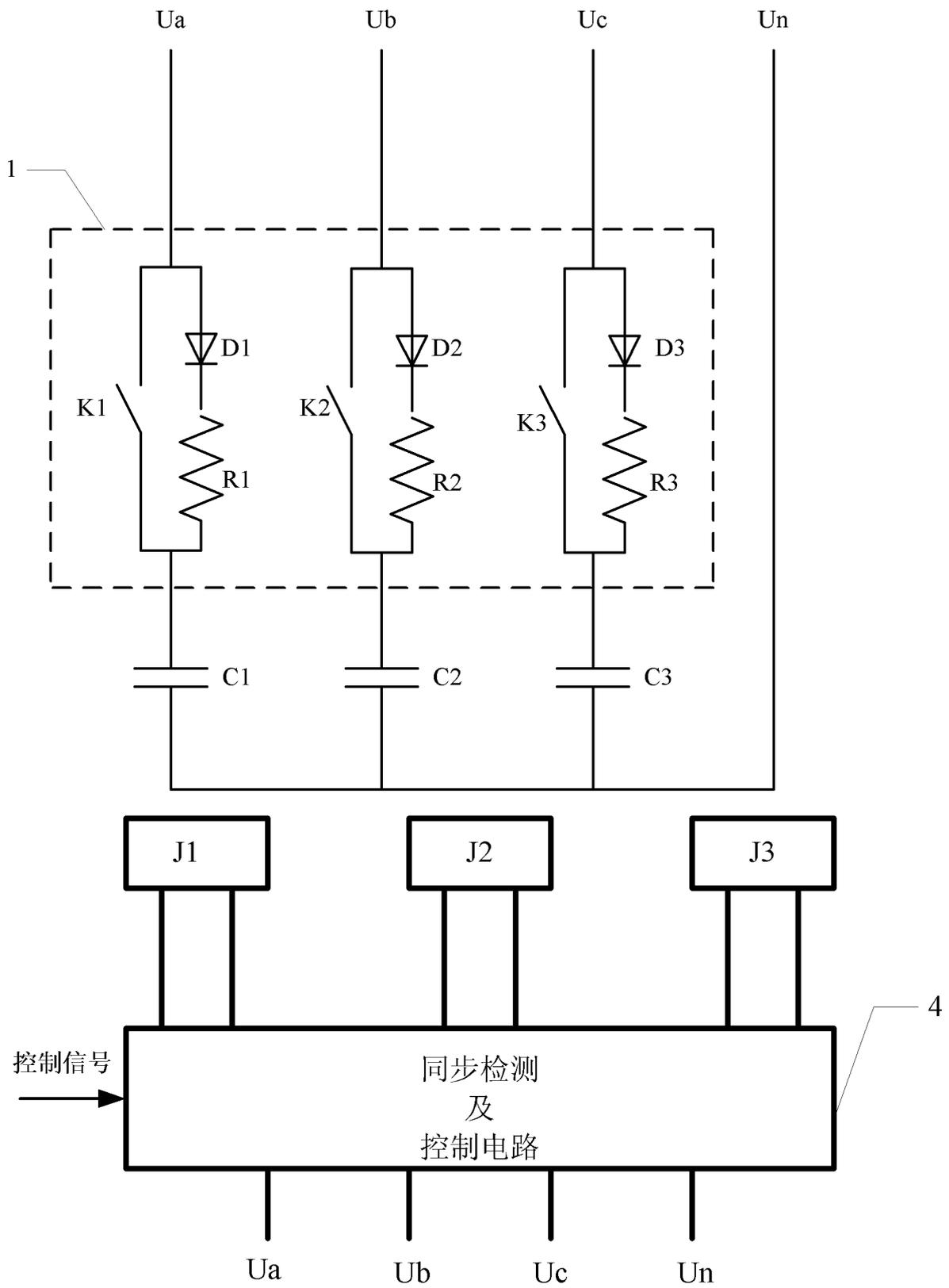


图 4



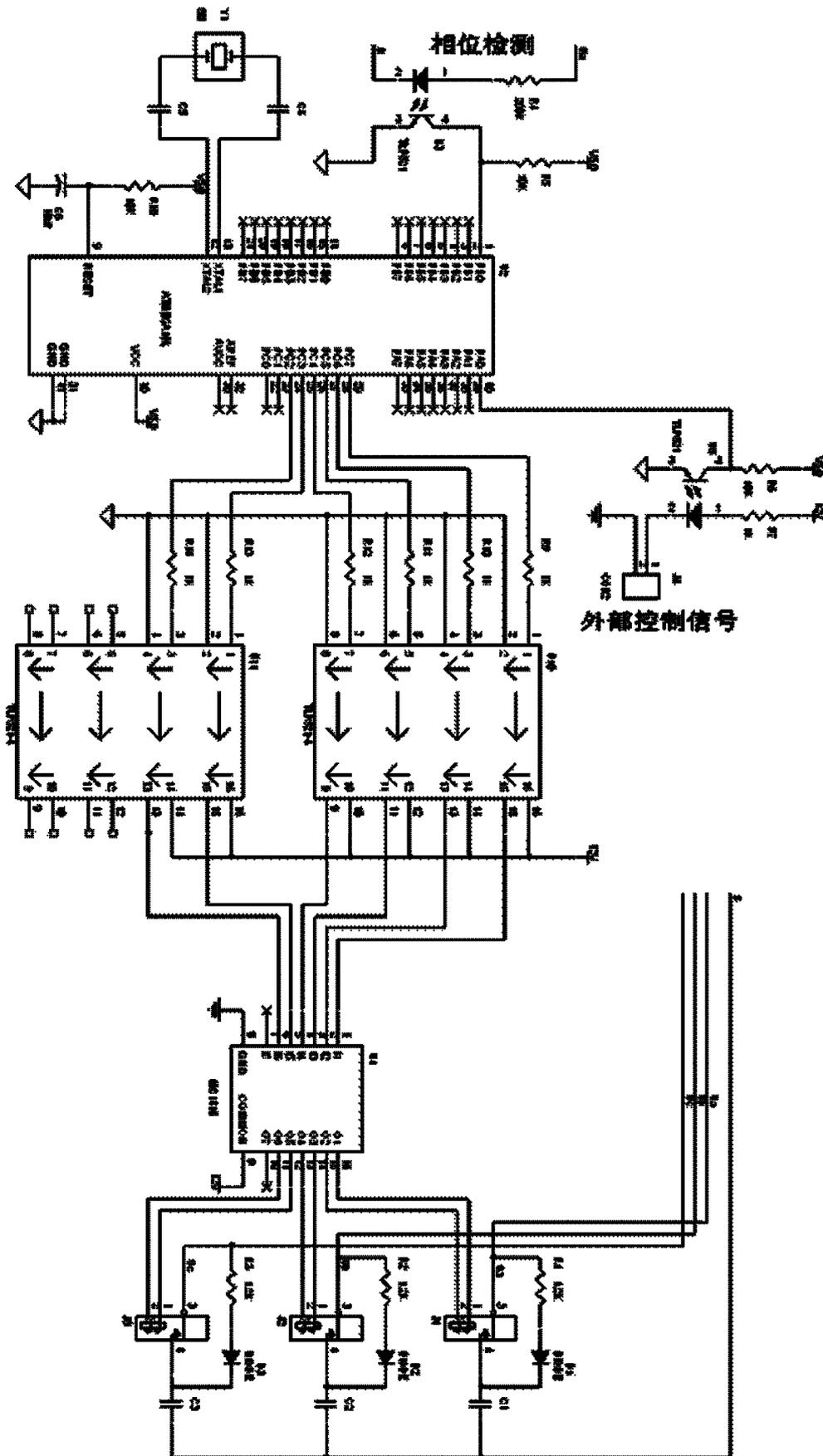


图 6