



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104767429 B

(45)授权公告日 2017. 10. 20

(21)申请号 201510106796.3

(22)申请日 2015.03.11

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104767429 A

(43)申请公布日 2015.07.08

(73)专利权人 西北工业大学
地址 710072 陕西省西安市友谊西路127号

(72)发明人 马瑞卿 刘青 韩伟健

(74)专利代理机构 西北工业大学专利中心
61204

代理人 王鲜凯

(51) Int. Cl.

H02P 6/17(2016.01)

H02P 29/024(2016.01)

H02H 7/122(2006.01)

(56)对比文件

JP 特开平6-233450 A, 1994.08.19,
CN 103091598 A, 2013.05.08,

王强等. 无刷直流电机驱动系统逆变器的开路故障诊断.《中国电机工程学报》.2013,第33卷(第24期),第114-120页.

王旭等. 一种基于无刷直流电机控制器自检方法的研究.《中国电力教育》.2010,第338-340页.

审查员 张琪

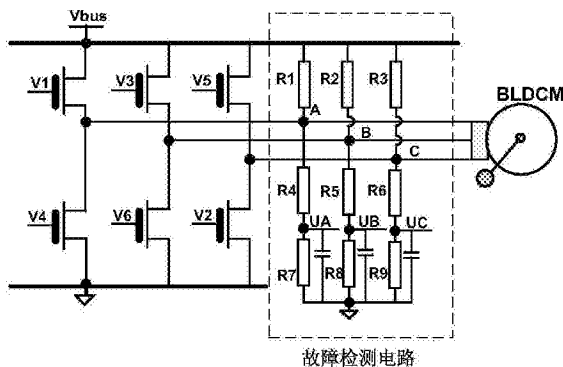
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

无刷直流电机功率逆变器上电自检装置及自检方法

(57)摘要

本发明涉及一种无刷直流电机功率逆变器上电自检装置及自检方法,包括六个功率管V1、V2、V3、V4、V5和V6组成的三个桥臂,其特征在于:电阻R1与功率管V1并联,然后通过R4与R7的串联电路接地;电阻R2与功率管V3并联,然后通过R5与R8的串联电路接地;电阻R3与功率管V5并联,然后通过R6与R9的串联电路接地。本发明提出的自检装置及自检方法,能够在电机运行之前获取逆变器的状态信息。无刷直流电机的功率逆变器故障主要分为功率管的开路与短路故障两大类,本方法通过设计故障检测电路与控制软件相结合对逆变器进行上电自检。



1. 一种无刷直流电机功率逆变器上电自检电路进行无刷直流电机功率逆变器上电自检的方法,所述的无刷直流电机功率逆变器上电自检电路包括六个功率管V1、V2、V3、V4、V5和V6组成的三个桥臂,九个电阻R1、R2、R3、R4、R5、R6、R7、R8和R9,以及三个电容;电阻R1与功率管V1并联,然后通过R4与R7的串联电路接地;电阻R2与功率管V3并联,然后通过R5与R8的串联电路接地;电阻R3与功率管V5并联,然后通过R6与R9的串联电路接地;所述九个电阻的阻值关系 $R1=R2=R3=R4+R7=R5+R8=R6+R9$,在电阻R7、电阻R8和电阻R9上个并联一个滤波电容;其特征在于:将电路的功率逆变器每个桥臂的中点电压引入到DSP的AD模块,在电机运转之前,进行短路检测与开路检测,具体步骤如下:

第一、功率管短路故障检测:关断所有的功率管,读AD的值,判断三相端电压采样值:

当检测到的UA为Vbus、UB为 $1/2Vbus$ 且UC为 $1/2Vbus$ 时,则功率管V1存在短路故障;

当检测到的UA为 $1/2Vbus$ 、UB为Vbus且UC为 $1/2Vbus$ 时,则功率管V3存在短路故障;

当检测到的UA为 $1/2Vbus$ 、UB为 $1/2Vbus$ 且UC为Vbus时,则功率管V5存在短路故障;

当检测到的UA为0、UB为 $1/2Vbus$ 且UC为 $1/2Vbus$ 时,则功率管V4存在短路故障;

当检测到的UA为 $1/2Vbus$ 、UB为0且UC为 $1/2Vbus$ 时,则功率管V6存在短路故障;

当检测到的UA为 $1/2Vbus$ 、UB为 $1/2Vbus$ 且UC为0时,则功率管V2存在短路故障;

否则如果检测到的UA、UB、UC均为 $1/2Vbus$ 时,则功率逆变器不存在短路故障;

当逆变器已经发生了短路故障时,检测程序会自动终止检测,等到短路故障排除后再重新进行检测;若未发生短路故障,则顺序执行开路故障的检测;

第二、功率管开路故障检测:

(1) 通过状态2进行开关管V1与V2的开路故障检测:控制电机使其运行于状态2,即开通功率管V1与V2,关断其余4个功率管,此时AC相绕组导通:

当检测到的UA为 $1/2Vbus$ 、UB为 $1/2Vbus$ 且UC为0时,则功率管V1存在开路故障;

当检测到的UA为Vbus、UB为 $1/2Vbus$ 且UC为 $1/2Vbus$ 时,则功率管V2存在开路故障;

当检测到的UA、UB、UC均为 $1/2Vbus$ 时,则功率管V1与V2同时存在开路故障;

否则如果检测到的UA为Vbus、UB为 $1/2Vbus$ 且UC为0时,则功率管V1与V2不存在开路故障;

(2) 通过状态4进行开关管V3与V4的开路故障检测:控制电机使其运行于状态4,即开通功率管V3与V4,关断其余4个功率管,此时BA相绕组导通:

当检测到的UA为0、UB为 $1/2Vbus$ 且UC为 $1/2Vbus$ 时,则功率管V3存在开路故障;

当检测到的UA为 $1/2Vbus$ 、UB为Vbus且UC为 $1/2Vbus$ 时,则功率管V4存在开路故障;

当检测到的UA、UB、UC均为 $1/2Vbus$ 时,则功率管V3与V4同时存在开路故障;

否则如果检测到的A相端电压为0、UB为Vbus且UC为 $1/2Vbus$ 时,则功率管V3与V4不存在开路故障;

(3) 通过状态6进行开关管V5与V6的开路故障检测:控制电机使其运行于状态6,即开通功率管V5与V6,关断其余4个功率管,此时CB相绕组导通:

当检测到的UA为 $1/2Vbus$ 、UB为0且UC为 $1/2Vbus$ 时,则功率管V5存在开路故障;

当检测到的UA为 $1/2Vbus$ 、UB为 $1/2Vbus$ 且UC为Vbus时,则功率管V6存在开路故障;

当检测到的UA、UB、UC均为 $1/2Vbus$ 时,则功率管V5与V6同时存在开路故障;

否则如果检测到的UA为 $1/2Vbus$ 、UB为0且UC为Vbus时,则功率管V5与V6不存在开路故

障。

无刷直流电机功率逆变器上电自检装置及自检方法

技术领域

[0001] 本发明属于无刷直流电机控制系统,涉及一种无刷直流电机功率逆变器上电自检装置及自检方法。

背景技术

[0002] 无刷直流电机(BLDCM)既具有交流电机的结构简单、运行可靠和维护方便等一系列优点,又具备直流电机的运行效率高、调速性能好、起动转矩较大等特点,在航空、航天、家电、交通等诸多领域都得到了广泛的应用。

[0003] 无刷直流电机的基本构成包括:电机本体、电子换相电路和转子位置传感器三大部分。电机本体主要由定子和转子组成。电子换相电路一般由驱动部分和控制部分组成。转子位置传感用于检测转子磁极位置相对于定子电枢绕组轴线的位置,并向控制器提供位置信号的一种装置,是无刷直流电动机的关键部件之一。最常用的两相导通、星形三相六状态无刷直流电动机系统电气连接图如图1所示。

[0004] 逆变器中的功率器件属于电力电子器件,很容易在极短的时间内因过流或者过压等故障而损坏,因此在电机运行之前对功率逆变器进行全面的自检不仅很有必要而且意义重大。功率逆变器的故障模式主要分为短路故障与开路故障两大类。短路故障与开路故障又因发生故障的功率管个数及位置不同而表现出不同的故障现象,因此给上电自检带来了很大的困难。如果能提出一种简单易实现又可以准确地定位出故障模态的功率逆变器上电自检方法,对于无刷直流电机控制系统的长期安全运行而言意义重大。

发明内容

[0005] 要解决的技术问题

[0006] 为了避免现有技术的不足之处,本发明提出一种无刷直流电机功率逆变器上电自检装置及自检方法,能够在电机运行之前获取逆变器的状态信息,既为无刷直流电机控制系统的稳定可靠运行提供有力的支持,又对逆变器排故与维护提供宝贵的信息。

[0007] 技术方案

[0008] 一种无刷直流电机功率逆变器上电自检电路,包括六个功率管V1、V2、V3、V4、V5和V6组成的三个桥臂,其特征在于还包括九个电阻R1、R2、R3、R4、R5、R6、R7、R8和R9,以及三个电容;电阻R1与功率管V1并联,然后通过R4与R7的串联电路接地;电阻R2与功率管V3并联,然后通过R5与R8的串联电路接地;电阻R3与功率管V5并联,然后通过R6与R9的串联电路接地;所述九个电阻的阻值关系 $R1 = R2 = R3 = R4 + R7 = R5 + R8 = R6 + R9$ 。

[0009] 在电阻R7、电阻R8和电阻R9上个并联一个滤波电容。

[0010] 一种利用所述自检电路进行无刷直流电机功率逆变器上电自检的方法,其特征在于:将电路的功率逆变器每个桥臂的中点电压引入到DSP的AD模块,在电机运转之前,进行短路检测与开路检测,具体步骤如下:

[0011] 第一、功率管短路故障检测:关断所有的功率管,读AD的值,判断三相端电压采样

值:

[0012] 当检测到的A相端电压值为 V_{bus} 、B相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 且C相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 时,则功率管V1存在短路故障;

[0013] 当检测到的A相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 、B相端电压值为 V_{bus} 且C相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 时,则功率管V3存在短路故障;

[0014] 当检测到的A相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 、B相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 且C相端电压值为 V_{bus} 时,则功率管V5存在短路故障;

[0015] 当检测到的A相端电压值为0、B相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 且C相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 时,则功率管V4存在短路故障;

[0016] 当检测到的A相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 、B相端电压值为0且C相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 时,则功率管V6存在短路故障;

[0017] 当检测到的A相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 、B相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 且C相端电压值为0时,则功率管V2存在短路故障;

[0018] 否则如果检测到的A、B、C相端电压值均为 $1/2V_{bus}$ 时,则功率逆变器不存在短路故障;

[0019] 当逆变器已经发生了短路故障时,检测程序会自动终止检测,等到短路故障排除后再重新进行检测;若未发生短路故障,则顺序执行开路故障的检测;

[0020] 第二、功率管开路故障检测:

[0021] (1) 通过状态2进行开关管V1与V2的开路故障检测:控制电机使其运行于状态2,开通功率管V1与V2,关断其余4个功率管,此时AC相绕组导通:

[0022] 当检测到的A相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 、B相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 且C相端电压值为0时,则功率管V1存在开路故障;

[0023] 当检测到的A相端电压值为 V_{bus} 、B相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 且C相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 时,则功率管V2存在开路故障;

[0024] 当检测到的A、B、C相端电压值均为 $1/2V_{bus}$ 时,则功率管V1与V2同时存在开路故障;

[0025] 否则如果检测到的A相端电压值为 V_{bus} 、B相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 且C相端电压值为0时,则功率管V1与V2不存在开路故障;

[0026] (2) 通过状态4进行开关管V3与V4的开路故障检测:控制电机使其运行于状态4,即开通功率管V3与V4,关断其余4个功率管,此时BA相绕组导通:

[0027] 当检测到的A相端电压值为0、B相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 且C相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 时,则功率管V3存在开路故障;

[0028] 当检测到的A相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 、B相端电压值为 V_{bus} 且C相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 时,则功率管V4存在开路故障;

[0029] 当检测到的A、B、C相端电压值均为 $1/2V_{bus}$ 时,则功率管V3与V4同时存在开路故障;

[0030] 否则如果检测到的A相端电压为0、B相端电压值为 V_{bus} 且C相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 时,则功率管V3与V4不存在开路故障;

[0031] (3) 通过状态6进行开关管V5与V6的开路故障检测:控制电机使其运行于状态6,即

开通功率管V5与V6,关断其余4个功率管,此时CB相绕组导通:

[0032] 当检测到的A相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 、B相端电压值为0且C相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 时,则功率管V5存在开路故障;

[0033] 当检测到的A相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 、B相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 且C相端电压值为 V_{bus} 时,则功率管V6存在开路故障;

[0034] 当检测到的A、B、C相端电压值均为 $1/2V_{bus}$ 时,则功率管V5与V6同时存在开路故障;

[0035] 否则如果检测到的A相端电压值为 $1/2V_{bus}$ 、B相端电压值为0且C相端电压值为 V_{bus} 时,则功率管V5与V6不存在开路故障。

[0036] 有益效果

[0037] 本发明提出的一种无刷直流电机功率逆变器上电自检装置及自检方法,能够在电机运行之前获取逆变器的状态信息。无刷直流电机的功率逆变器故障主要分为功率管的开路与短路故障两大类,本方法通过设计故障检测电路与控制软件相结合对逆变器进行上电自检。

[0038] 本发明与现有技术相比有如下优点:

[0039] (1) 仅利用非常简单的检测电路,就可以准确地对电机功率逆变器的短路与开路故障进行全面的检测,可实现性强;

[0040] (2) 不仅可以检测出功率逆变器的短路与开路故障,而且还可以直接将故障定位到相对应的功率管,方便系统维护;

[0041] (3) 检测方法主要由软件编程实现,并且实现简单,适用于大多数的微处理器进行开发。

[0042] (4) 检测方法可拓展性强,在三相桥式功率逆变器检测的基础上稍作改动就可以应用于其他多相桥式功率逆变器的上电自检。

附图说明

[0043] 图1为无刷直流电动机系统电气连接图。

[0044] 图2为无刷直流电机功率逆变器上电自检电路图。

[0045] 图3为三相六状态无刷直流电机运行原理图。

[0046] 图4为无刷直流电机功率逆变器上电自检测算法流程图。

具体实施方式

[0047] 现结合实施例、附图对本发明作进一步描述:

[0048] 本发明提出了一种针对无刷直流电机功率逆变器的上电自检测方法,能够在电机运行之前获取逆变器的状态信息。无刷直流电机的功率逆变器故障主要分为功率管的开路与短路故障两大类,本方法通过设计故障检测电路与控制软件相结合对逆变器进行上电自检,其中检测电路如图2所示。

[0049] 图2展示的是最常用的三相全桥功率逆变器,它由6个功率管组成,分三个桥臂,每个桥臂由上和两个功率管组成。每个桥臂的中点与电机的一相绕组相连,通过改变各开关管的开关状态就可以实现无刷直流电机的换相。如图2所示,本检测方法通过在逆变器与

电机之间设计了故障检测电路实现对于功率逆变器故障状态的检测。该故障检测电路为一个阻容分压网络,其中 $R1=R2=R3=R4+R7=R5+R8=R6+R9$ 。 $R1\sim R3$ 的阻值根据系统的直流供电电压确定, $R4\sim R9$ 的阻值根据DSP的AD模块供电电压与 $R1\sim R3$ 的阻值进行确定。故障检测电路将功率逆变器每个桥臂的中点电压引入到DSP的AD模块,检测之前需将电机与功率逆变器可靠连接,在电机运转之前,通过DSP实时地检测各功率管的状态。具体检测内容包括短路检测与开路检测两大部分。

[0050] 具体实施例:实验所用系统为三相六状态无刷直流电机控制系统,所用DSP为TI公司的TMS320F2808,斩波频率为25KHz,斩波方式为上斩下不斩。图2中的端电压检测信号UA、UB、UC,被分别送入DSP的AD0、AD1、AD2口进行检测,并且AD采样模式设置为占空中间时刻采样。功率逆变器的上电自检算法由DSP编程实现,程序流程图见图4,下文将结合实例进行详细介绍。

[0051] (1) 初始化

[0052] 设置检测用占空比,TestDuty为_IQ(0.05);将AD模块的采样触发事件设置为占空比中间时刻采样模式;所有功率逆变器相关故障标志位清0。

[0053] (2) 关断功率逆变器的所有功率管

[0054] (3) 读AD的值,并进行短路故障检测

[0055] 如果 $UA=VBUS$ 、 $UB=1/2VBUS$ 且 $UC=1/2VBUS$,则V1发生短路故障,V1短路故障标志位V1ShortFlag=1;

[0056] 如果 $UA=1/2VBUS$ 、 $UB=VBUS$ 且 $UC=1/2VBUS$,则V3发生短路故障,V3短路故障标志位V3ShortFlag=1;

[0057] 如果 $UA=1/2VBUS$ 、 $UB=1/2VBUS$ 且 $UC=VBUS$,则V5发生短路故障,V5短路故障标志位V5ShortFlag=1;

[0058] 如果 $UA=0$ 、 $UB=1/2VBUS$ 且 $UC=1/2VBUS$,则V4发生短路故障,V4短路故障标志位V4ShortFlag=1;

[0059] 如果 $UA=1/2VBUS$ 、 $UB=0$ 且 $UC=1/2VBUS$,则V6发生短路故障,V6短路故障标志位V6ShortFlag=1;

[0060] $UA=1/2VBUS$ 、 $UB=1/2VBUS$ 且 $UC=0$,则V2发生短路故障,V2短路故障标志位V2ShortFlag=1;

[0061] 否则,如果 $UA=1/2VBUS$ 、 $UB=1/2VBUS$ 且 $UC=1/2VBUS$,则功率逆变器不存在短路故障,V1ShortFlag=0,V2ShortFlag=0,V3ShortFlag=0,V4ShortFlag=0,V5ShortFlag=0,V6ShortFlag=0。

[0062] 如果V1到V6中任何一个功率管发生短路故障就停止下一步开路故障的检测,否则继续进行开路故障检测。

[0063] (4) 运行状态2

[0064] 运行状态2,功率管V1斩波,V2开通,斩波频率为25KHz,斩波方式为上斩下不斩,占空比为检测占空比TestDuty。

[0065] (5) 读AD的值,并进行开关管V1、V2的开路故障检测

[0066] 如果 $UA=1/2VBUS$ 、 $UB=1/2VBUS$ 且 $UC=0$,则V1发生开路故障,V1开路故障标志位V1OpenFlag=1;

[0067] 如果 $U_A = V_{BUS}$ 、 $U_B = 1/2V_{BUS}$ 且 $U_C = 1/2V_{BUS}$ ，则V2发生开路故障，V2开路故障标志位V20penFlag=1；

[0068] 如果 $U_A = 1/2V_{BUS}$ 、 $U_B = 1/2V_{BUS}$ 且 $U_C = 1/2V_{BUS}$ ，则V1与V2均发生开路故障，V10penFlag=1，V20penFlag=1；

[0069] 否则，如果 $U_A = V_{BUS}$ 、 $U_B = 1/2V_{BUS}$ 且 $U_C = 0$ ，则V1与V2均未发生开路故障，V10penFlag=0，V20penFlag=0。

[0070] (6) 运行状态4

[0071] 运行状态4，功率管V3斩波，V4开通，斩波频率为25KHz，斩波方式为上斩下不斩，占空比为检测占空比TestDuty。

[0072] (7) 读AD的值，并进行开关管V3、V4的开路故障检测

[0073] 如果 $U_A = 0$ 、 $U_B = 1/2V_{BUS}$ 且 $U_C = 1/2V_{BUS}$ ，则V3发生开路故障，V3开路故障标志位V30penFlag=1；

[0074] 如果 $U_A = 1/2V_{BUS}$ 、 $U_B = V_{BUS}$ 且 $U_C = 1/2V_{BUS}$ ，则V4发生开路故障，V4开路故障标志位V40penFlag=1；

[0075] 如果 $U_A = 1/2V_{BUS}$ 、 $U_B = 1/2V_{BUS}$ 且 $U_C = 1/2V_{BUS}$ ，则V3与V4均发生开路故障，V30penFlag=1，V40penFlag=1；

[0076] 否则，如果 $U_A = 0$ 、 $U_B = V_{BUS}$ 且 $U_C = 1/2V_{BUS}$ ，则V3与V4均未发生开路故障，V30penFlag=0，V40penFlag=0。

[0077] (8) 运行状态6

[0078] 运行状态6，功率管V5斩波，V6开通，斩波频率为25KHz，斩波方式为上斩下不斩，占空比为检测占空比TestDuty。

[0079] (9) 读AD的值，并进行开关管V5、V6的开路故障检测

[0080] 如果 $U_A = 1/2V_{BUS}$ 、 $U_B = 0$ 且 $U_C = 1/2V_{BUS}$ ，则V5发生开路故障，V5开路故障标志位V50penFlag=1；

[0081] 如果 $U_A = 1/2V_{BUS}$ 、 $U_B = 1/2V_{BUS}$ 且 $U_C = V_{BUS}$ ，则V6发生开路故障，V6开路故障标志位V60penFlag=1；

[0082] 如果 $U_A = 1/2V_{BUS}$ 、 $U_B = 1/2V_{BUS}$ 且 $U_C = 1/2V_{BUS}$ ，则V5与V6均发生开路故障，V50penFlag=1，V60penFlag=1；

[0083] 否则，如果 $U_A = 1/2V_{BUS}$ 、 $U_B = 0$ 且 $U_C = V_{BUS}$ ，则V5与V6均未发生开路故障，V50penFlag=0，V60penFlag=0。

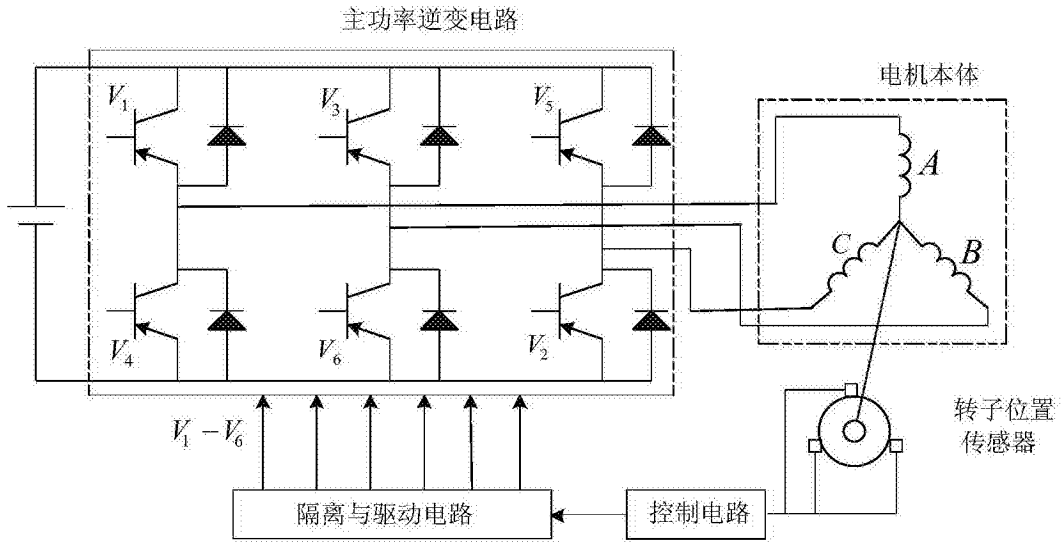


图1

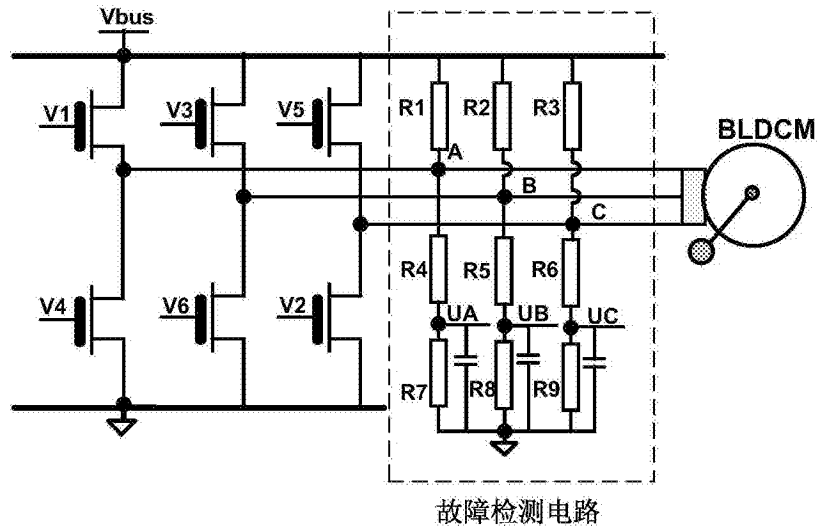


图2

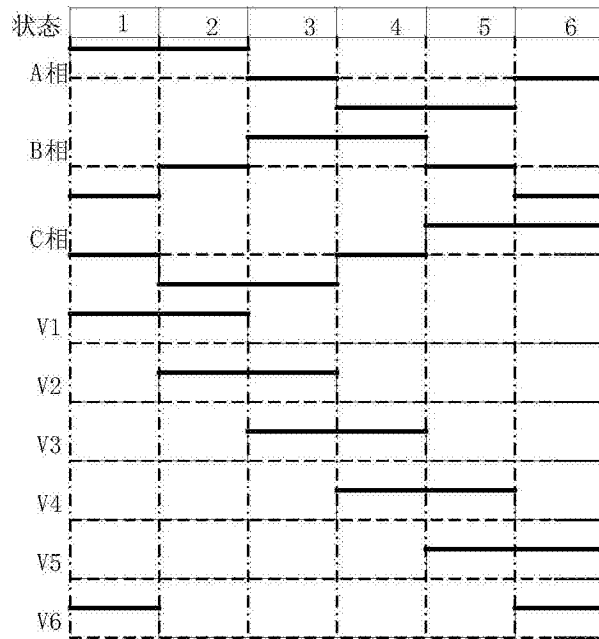


图3

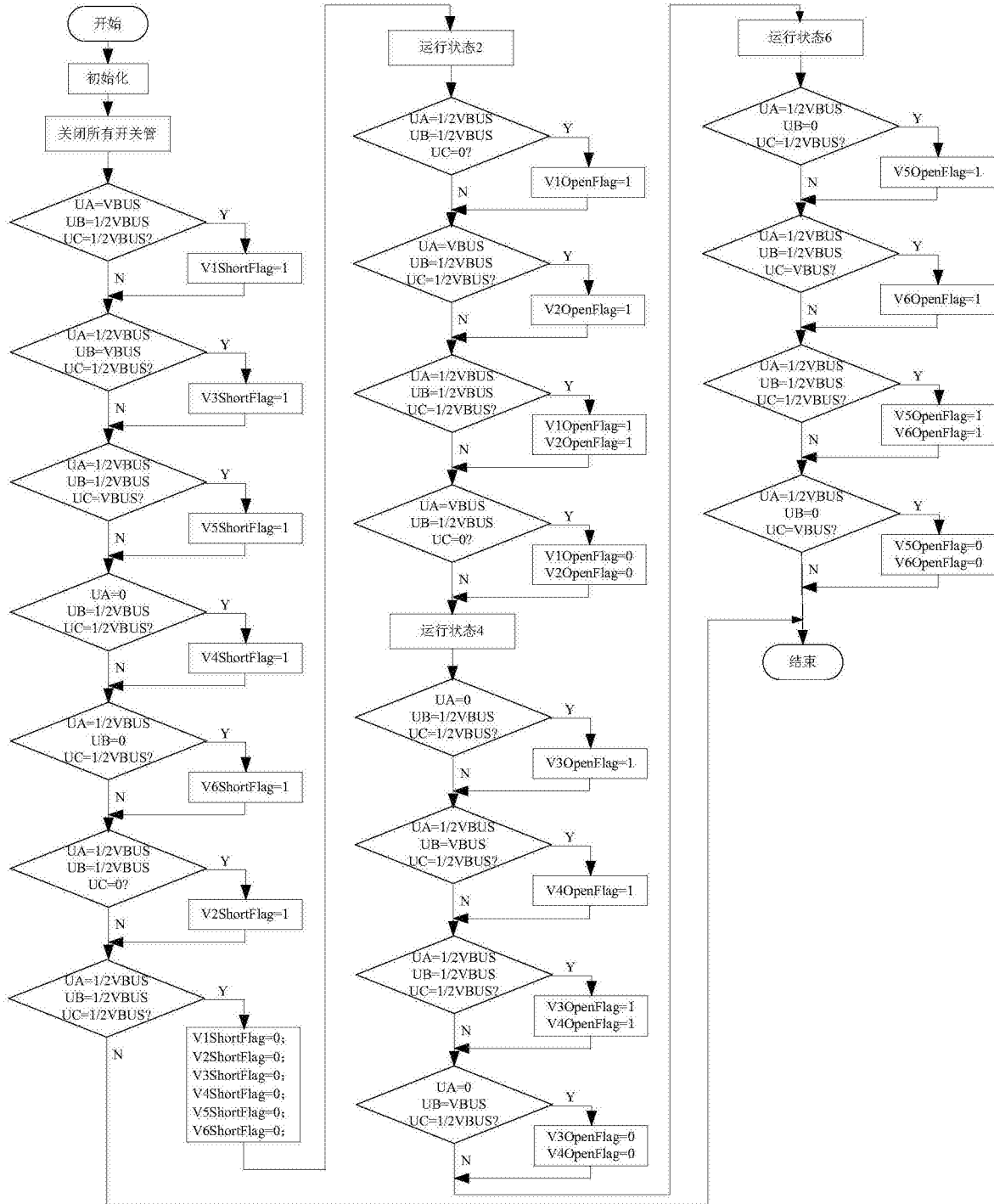


图4