



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105891659 A

(43)申请公布日 2016.08.24

(21)申请号 201610413997.2

(22)申请日 2016.06.06

(71)申请人 安徽大学

地址 230000 安徽省合肥市经济开发区九
龙路111号

(72)发明人 杭俊 陈文 王群京 丁石川
郑常宝 李国丽

(74)专利代理机构 合肥市长远专利代理事务所
(普通合伙) 34119

代理人 程笃庆 黄乐瑜

(51)Int.Cl.

G01R 31/02(2006.01)

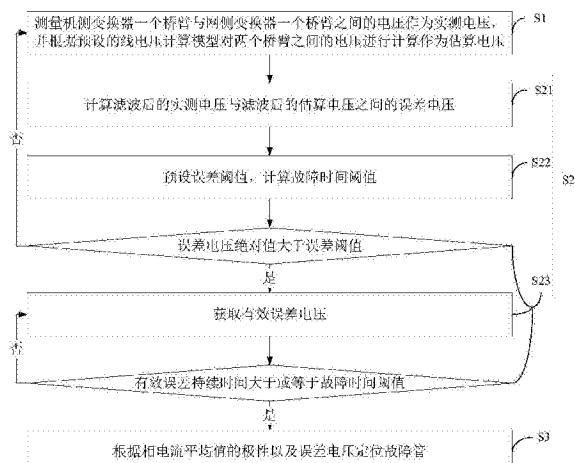
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种风电变流器开路故障诊断方法

(57)摘要

本发明公开了一种风电变流器开路故障诊断方法,获取机侧桥臂和网侧桥臂之间的实测电压和估算电压的误差电压,对误差电压基于电压幅值和时间宽度的双重标准进行故障诊断,然后结合相电流平均值极性对故障进行定位。本发明中,基于电压幅值和时间宽度的双重标准进行故障诊断,避免了开关过程、死区和测量噪声的影响,提高故障检测的有效性和鲁棒性。且,根据故障时系统特征量相电流的变化情况,可准确地定位故障的位置,提高了故障判断定位的效率。



1. 一种风电变流器开路故障诊断方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、测量机侧变换器一个桥臂与网侧变换器一个桥臂之间的电压作为实测电压 V_{ijm} ,并根据预设的线电压计算模型对两个桥臂之间的电压进行计算作为估算电压 V_{ije} ;

S2、计算滤波后的实测电压与估算电压之间的误差电压 Δ_{ij} ,根据误差电压 Δ_{ij} 的幅值和时间宽度判断功率管是否出现开路故障;

S3、根据相电流平均值的极性以及误差电压 Δ_{ij} 定位故障管。

2. 如权利要求1所诉的风电变流器开路故障诊断方法,其特征在于,步骤S1中的线电压计算模型为: $V_{ije} = (S_i - S_j)V_{dc}$,其中, V_{dc} 为直流母线电压, S_i, S_j 分别为机侧变换器桥臂控制信号和网侧变换器桥臂控制信号,直流母线电压 V_{dc} 与桥臂控制信号 S_i, S_j 均通过测量获得, $S_i \in \{0, 1\}, S_j \in \{0, 1\}$ 。

3. 如权利要求2所诉的风电变流器开路故障诊断方法,其特征在于,当桥臂上管导通下管故障,控制信号取值高电平1;当桥臂上管故障下管导通,控制信号取值低电平0。

4. 如权利要求1所诉的风电变流器开路故障诊断方法,其特征在于,步骤S2具体包括以下步骤:

S21、计算滤波后的实测电压 V_{ijm} 与滤波后的估算电压 V_{ije} 之间的误差电压 Δ_{ij} ;

S22、预设误差阈值 V_{th} ,计算故障时间阈值 $T_{fault} = k_f T_s$,其中, k_f 为时间因子, T_s 为信号采样周期;

S23、将误差电压 Δ_{ij} 与误差阈值 V_{th} 比较,检测有效误差电压,并将有效误差持续时间 t_e 与故障时间阈值 T_{fault} 比较,根据比较结果判断功率管是否出现开路故障。

5. 如权利要求4所诉的风电变流器开路故障诊断方法,其特征在于,当 $|\Delta_{ij}| > V_{th}$ 时,误差电压 Δ_{ij} 为有效误差电压。

6. 如权利要求4所诉的风电变流器开路故障诊断方法,其特征在于,当 $t_e \geq T_{fault}$,判断功率管出现开路故障。

7. 如权利要求1所诉的风电变流器开路故障诊断方法,其特征在于,根据误差电压 Δ_{ij} 与误差阈值 V_{th} 比较结果获得逻辑信号 ε_1 :

$$\varepsilon_1 = \begin{cases} 1 & \Delta_{ij} > V_{th} \\ 0 & |\Delta_{ij}| < V_{th} \\ -1 & \Delta_{ij} < -V_{th} \end{cases};$$

根据有效误差持续时间 t_e 与故障时间阈值 T_{fault} 比较结果获得故障时间值 $fault$:

$$fault = \begin{cases} 1 & t_e \geq T_{fault} \\ 0 & t_e < T_{fault} \end{cases};$$

当 $\varepsilon_1=0, t_e=0$ 。

8. 如权利要求7所诉的风电变流器开路故障诊断方法,其特征在于,步骤S3中,当 $\varepsilon_1=1$,判断机侧变换器桥臂的上管或者网侧变换器桥臂的下管发生故障;当 $\varepsilon_1=-1$,判断机侧变换器桥臂的下管或者网侧变换器桥臂的上管发生故障。

9. 如权利要求8所诉的风电变流器开路故障诊断方法,其特征在于,当 $\varepsilon_1=1$ 时,如果机侧变换器桥臂上的电流平均值小于0,则机侧变换器桥臂的上管故障;如果网侧变换器桥臂

的电流平均值大于0，则网侧变换器桥臂的下管故障；

当 $\varepsilon_1 = -1$ 时，如果机侧变换器桥臂上的电流平均值大于0，则机侧变换器桥臂的下管故障；如果网侧变换器桥臂的电流平均值小于0，则网侧变换器桥臂的上管故障。

一种风电变流器开路故障诊断方法

技术领域

[0001] 本发明涉及故障诊断技术领域,尤其涉及一种风电变流器开路故障诊断方法。

背景技术

[0002] 随着能源危机和环境污染的日益严重,风力发电受到越来越多的关注。近年来,进入风力发电领域的变速恒频风电机组已经成为主流机型,特别是直驱式永磁风力发电系统具有良好的发展前景。风力发电系统在常年运行过程中,由于受到空气动力和恶劣环境等因素的影响,极易出现各种故障。在直驱式永磁同步风力发电机中,背靠背变流器是最容易发生故障的环节之一。变流器一旦发生故障,如不及时处理,轻则会引起电网电流波形畸变降低供电质量,重则将会影响整个风力发电系统,甚至危及电网安全。变流器中功率管开路故障是一种典型故障。因此,为了提高风力发电系统的安全性和可靠性,对变流器的开路故障诊断就显得尤为重要。

[0003] 变流器发生故障时,电路中的电压和电流等物理量相对正常状态时将会发生变化,利用这些特征量便可对其进行故障诊断。目前,根据检测量的不同,主要分为电流检测法和电压检测法。电流检测法主要有:电流时域分析法、电流矢量轨迹与电流瞬时频率法,平均电流Park矢量法,归一化直流法和智能诊断法等。这种方法诊断时间至少需要一个基波周期,而且易受系统闭环等控制策略的影响。电压检测法主要有:电压解析模型法,当逆变器某一个功率器件发生开路故障时,逆变器相电压、电机相电压、电机线电压或电机中性点电压与正常状态相比较均存在误差,利用这些电压误差来诊断器件的故障,该方法主要适合于电机的驱动系统,不太适合风力发电系统中背靠背变换器的故障诊断,并且需要较多的电压传感器。将开关函数模式应用到逆变器的运行模式分析中,利用高速光耦实现逆变器的无传感器开路故障诊断。在开关函数模型和分析运行模式的基础上,根据故障和正常状况下桥臂承受电压的误差,通过硬件实现故障的诊断。这两种电压检测法需要光耦或比较器,不但增加了成本,而且降低了可靠性。

发明内容

[0004] 基于背景技术存在的技术问题,本发明提出了一种风电变流器开路故障诊断方法。

[0005] 本发明提出的一种风电变流器开路故障诊断方法,包括以下步骤:

[0006] S1、测量机侧变换器一个桥臂与网侧变换器一个桥臂之间的电压作为实测电压 V_{ijm} ,并根据预设的线电压计算模型对两个桥臂之间的电压进行计算作为估算电压 V_{ije} ;

[0007] S2、计算滤波后的实测电压与估算电压之间的误差电压 Δ_{ij} ,根据误差电压 Δ_{ij} 的幅值和时间宽度判断功率管是否出现开路故障;

[0008] S3、根据相电流平均值的极性以及误差电压 Δ_{ij} 定位故障管。

[0009] 优选地,步骤S1中的线电压计算模型为: $V_{ije} = (S_i - S_j)V_{dc}$,其中, V_{dc} 为直流母线电压, S_i, S_j 分别为机侧变换器桥臂控制信号和网侧变换器桥臂控制信号, 直流母线电压 V_{dc} 与

桥臂控制信号 S_i, S_j 均通过测量获得, $S_i \in \{0, 1\}, S_j \in \{0, 1\}$ 。

[0010] 优选地,当桥臂上管导通下管故障,控制信号取值高电平1;当桥臂上管故障下管导通,控制信号取值低电平0。

[0011] 优选地,步骤S2具体包括以下步骤:

[0012] S21、计算滤波后的实测电压 V_{ijm} 与滤波后的估算电压 V_{ije} 之间的误差电压 Δ_{ij} ;

[0013] S22、预设误差阈值 V_{th} ,计算故障时间阈值 $T_{fault} = k_f T_s$,其中, k_f 为时间因子, T_s 为信号采样周期;

[0014] S23、将误差电压 Δ_{ij} 与误差阈值 V_{th} 比较,检测有效误差电压,并将有效误差持续时间 t_ϵ 与故障时间阈值 T_{fault} 比较,根据比较结果判断功率管是否出现开路故障。

[0015] 优选地, $|\Delta_{ij}| > V_{th}$ 时,误差电压 Δ_{ij} 为有效误差电压。

[0016] 优选地,当 $t_\epsilon \geq T_{fault}$,判断功率管出现开路故障。

[0017] 优选地,根据误差电压 Δ_{ij} 与误差阈值 V_{th} 比较结果获得逻辑信号 ϵ_1 :

$$[0018] \epsilon_1 = \begin{cases} 1 & \Delta_{ij} > V_{th} \\ 0 & |\Delta_{ij}| < V_{th} \\ -1 & \Delta_{ij} < -V_{th} \end{cases};$$

[0019] 根据有效误差持续时间 t_ϵ 与故障时间阈值 T_{fault} 比较结果获得故障时间值 $fault$:

$$[0020] fault = \begin{cases} 1 & t_\epsilon \geq T_{fault} \\ 0 & t_\epsilon < T_{fault} \end{cases};$$

[0021] 当 $\epsilon_1=0, t_\epsilon=0$ 。

[0022] 优选地,步骤S3中,当 $\epsilon_1=1$,判断机侧变换器桥臂的上管或者网侧变换器桥臂的下管发生故障;当 $\epsilon_1=-1$,判断机侧变换器桥臂的下管或者网侧变换器桥臂的上管发生故障。

[0023] 优选地,当 $\epsilon_1=1$ 时,如果机侧变换器桥臂上的电流平均值小于0,则机侧变换器桥臂的上管故障;如果网侧变换器桥臂的电流平均值大于0,则网侧变换器桥臂的下管故障;

[0024] 当 $\epsilon_1=-1$ 时,如果机侧变换器桥臂上的电流平均值大于0,则机侧变换器桥臂的下管故障;如果网侧变换器桥臂的电流平均值小于0,则网侧变换器桥臂的上管故障。

[0025] 本发明提供的风电变流器开路故障诊断方法,获取机侧桥臂和网侧桥臂之间的实测电压和估算电压的误差电压,对误差电压基于电压幅值和时间宽度的双重标准进行故障诊断,然后结合相电流平均值极性对故障进行定位。

[0026] 本发明中,基于电压幅值和时间宽度的双重标准进行故障诊断,避免了开关过程、死区和测量噪声的影响,提高故障检测的有效性和鲁棒性。且,根据故障时系统特征量相电流的变化情况,可准确地定位故障的位置,提高了故障判断定位的效率。

[0027] 本发明提供的风电变流器开路故障诊断方法是一种能够有效提高风力发电系统安全、可靠性的诊断方法。

附图说明

[0028] 图1为本发明提出的一种风电变流器开路故障诊断方法流程图;

[0029] 图2为直驱式永磁风力发电系统背靠背变流器的结构图;

- [0030] 图3为机侧功率管R1,R2和网侧功率管T1,T2构成的变流器结构
 [0031] 图4为基于误差电压的功率管开路故障诊断结构图；
 [0032] 图5为故障定位对应表。

具体实施方式

- [0033] 参照图1,本发明提出的一种风电变流器开路故障诊断方法,包括以下步骤。
 [0034] S1、测量机侧变换器一个桥臂与网侧变换器一个桥臂之间的电压作为实测电压 V_{ijm} ,并根据预设的线电压计算模型对两个桥臂之间的电压进行计算作为估算电压 V_{ije} 。本实施方式中,i表示机侧变换器桥臂的序号,j表示网侧变换器桥臂的序号。
 [0035] 本实施方式中,线电压计算模型为: $V_{ije} = (S_i - S_j)V_{dc}$,其中, V_{dc} 为直流母线电压, S_i, S_j 分别为机侧变换器桥臂控制信号和网侧变换器桥臂控制信号,直流母线电压 V_{dc} 与桥臂控制信号 S_i, S_j 均通过测量获得, $S_i \in \{0, 1\}, S_j \in \{0, 1\}$ 。且,本实施方式中,通过程序预定,当桥臂上管导通下管故障,控制信号取值高电平1;当桥臂上管故障下管导通,控制信号取值低电平0。
 [0036] S21、计算滤波后的实测电压 V_{ijmf} 与滤波后的估算电压 V_{ijef} 之间的误差电压 Δ_{ij} ,

$$\Delta_{ij} = V_{ijef} - V_{ijmf}$$

 [0037] S22、预设误差阈值 V_{th} ,计算故障时间阈值 $T_{fault} = k_f T_s$,其中,k_f为时间因子,T_s为信号采样周期。
 [0038] S23、将误差电压 Δ_{ij} 与误差阈值 V_{th} 比较,检测有效误差电压,并将有效误差持续时间 t_ϵ 与故障时间阈值 T_{fault} 比较,根据比较结果判断功率管是否出现开路故障。
 [0039] 本步骤中,| Δ_{ij} |> V_{th} 时,误差电压 Δ_{ij} 为有效误差电压,当 $t_\epsilon \geq T_{fault}$,判断功率管出现开路故障。
 [0040] 本实施方式中,根据误差电压 Δ_{ij} 与误差阈值 V_{th} 比较结果获得逻辑信号 ε_i 。

$$[0041] \varepsilon_i = \begin{cases} 1 & \Delta_{ij} > V_{th} \\ 0 & |\Delta_{ij}| < V_{th} \\ -1 & \Delta_{ij} < -V_{th} \end{cases}$$

- [0042] 根据有效误差持续时间 t_ϵ 与故障时间阈值 T_{fault} 比较结果获得故障时间值fault。

$$[0043] fault = \begin{cases} 1 & t_\epsilon \geq T_{fault} \\ 0 & t_\epsilon < T_{fault} \end{cases};$$

- [0044] 当 $\varepsilon_i=0, t_\epsilon=0$,从而fault=0。

- [0045] 本实施方式中,故障时间值fault以有效误差电压持续时间为计算依据,故而,可直接根据fault值判断是否出现功率管故障。具体地,当fault=1,说明测试的机侧变换器桥臂或网侧变换器桥臂上至少有一个功率管故障。

- [0046] S3、根据相电流平均值的极性以及误差电压 Δ_{ij} 定位故障管。
 [0047] 具体地,当 $\varepsilon_i=1$ 时,如果机侧变换器桥臂上的电流平均值小于0,则机侧变换器桥臂的上管故障;如果网侧变换器桥臂的电流平均值大于0,则网侧变换器桥臂的下管故障。
 [0048] 当 $\varepsilon_i=-1$ 时,如果机侧变换器桥臂上的电流平均值大于0,则机侧变换器桥臂的下管故障;如果网侧变换器桥臂的电流平均值小于0,则网侧变换器桥臂的上管故障。

[0049] 实施例1

[0050] 本实施例结合三相电流风电变流器对以上方法做进一步解释。

[0051] 参照图2,本实施例采用的风电变流器机侧变换器和网侧变换器分别有三个桥臂。机侧变换器的三个桥臂分别为:上管R1和下管R2组成的第一桥臂、上管R3和下管R4组成的第二桥臂、上管R5和下管R6组成第三桥臂;则第一桥臂上上管R1和下管R2之间的节点记为节点1,第二桥臂上上管R3和下管R4之间的节点记为节点2,第三桥臂上上管R5和下管R6之间的节点记为节点3。机侧变换器的三个桥臂分别为:上管T1和下管T2组成第四桥臂、上管T3和下管T4组成第五桥臂、上管T5和下管T6组成第六桥臂;则第四桥臂上上管T1和下管T2之间的节点记为节点4,第五桥臂上上管T3和下管T4之间的节点记为节点5,第六桥臂上上管T5和下管T6之间的节点记为节点6。

[0052] 本实施例中,机侧第一桥臂、第二桥臂和第三桥臂对应的电流分别为 i_a 、 i_b 、 i_c ,网侧第四桥臂、第五桥臂和第六桥臂对应的电流分别为 i'_a 、 i'_b 、 i'_c 。

[0053] 步骤S1中,为了测试全面方便与准确,将机侧变换器三个桥臂与网侧变换器三个桥臂一一匹配,并分别获取相匹配的两个桥臂之间的线电压,即第一桥臂和第四桥臂之间的线电压V14、第二桥臂和第五桥臂之间的线电压V25、第三桥臂和第六桥臂之间的线电压V36。

[0054] 本实施例中,机侧桥臂与网侧桥臂之间的线电压为机侧桥臂两个功率管之间节点与网侧桥臂两个功率管之间节点的电压。例如,线电压V14为节点1与节点4之间的电压。

[0055] 参照图3,本实施例中,以线电压V14为例对功率管的故障判断与定位做说明。

[0056] 线电压V14的实测电压记作 V_{14m} ,其估算电压记作 V_{14e} 。

[0057] $V_{14e} = (S_1 - S_4)V_{dc}$,其中, V_{dc} 为直流母线电压, S_1 、 S_4 分别为节点1和节点4上的控制信号,且 S_1 、 S_4 满足以下公式:

$$[0058] S_1 = \begin{cases} 1 & R1=1 \& R2=0 \\ 0 & R1=0 \& R2=1 \end{cases}$$

$$[0059] S_4 = \begin{cases} 1 & T1=1 \& T2=0 \\ 0 & T1=0 \& T2=1 \end{cases}$$

[0060] 以上公式中,0表示功率管故障,1表示功率管导通。

[0061] 本实施例步骤S21中,误差阈值 $\Delta_{14} = V_{14ef} - V_{14mf}$,其中, V_{14mf} 为滤波后的实测电压, V_{14ef} 为滤波后的估算电压。

[0062] 步骤S23中, $|\Delta_{14}| > V_{th}$ 时,误差电压 Δ_{14} 为有效误差电压。

[0063] 本实施例中,判断第一桥臂和第四桥臂上的功率管故障时:

$$[0064] \varepsilon_1 = \begin{cases} 1 & \Delta_{14} > V_{th} \\ 0 & |\Delta_{14}| < V_{th} \\ -1 & \Delta_{14} < -V_{th} \end{cases}$$

[0065] 当 $\varepsilon_1 = \pm 1$ 持续的时间 t_ε 满足 $t_\varepsilon \geq T_{fault}$,判断功率管出现开路故障。

[0066] 本实施例步骤S3中,当 $\varepsilon_1 = 1$ 时,如果第一桥臂上的电流平均值 i_a 小于0,则上管R1故障;如果第四桥臂的电流平均值 i'_a 大于0,则下管T2故障。

[0067] 当 $\varepsilon_1 = -1$ 时,如果第一桥臂上的电流平均值 i_a 大于0,则下管R2故障;如果第四桥臂

的电流平均值 i'_a 小于0，则上管T1故障。

[0068] 结合图5，可对实施例中各功率管的故障进行定位。

[0069] 以上所述，仅为本发明较佳的具体实施方式，但本发明的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内，根据本发明的技术方案及其发明构思加以等同替换或改变，都应涵盖在本发明的保护范围之内。

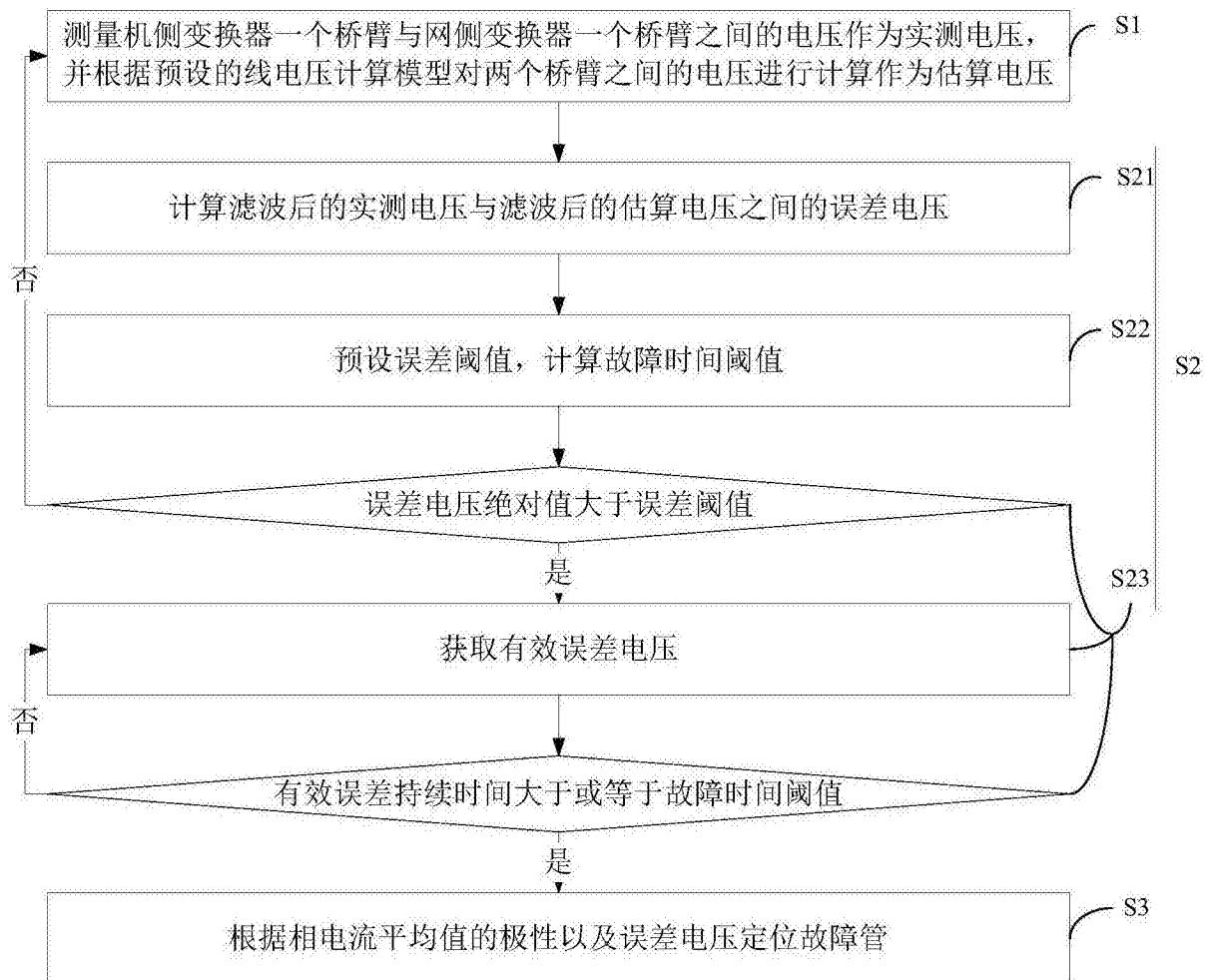


图1

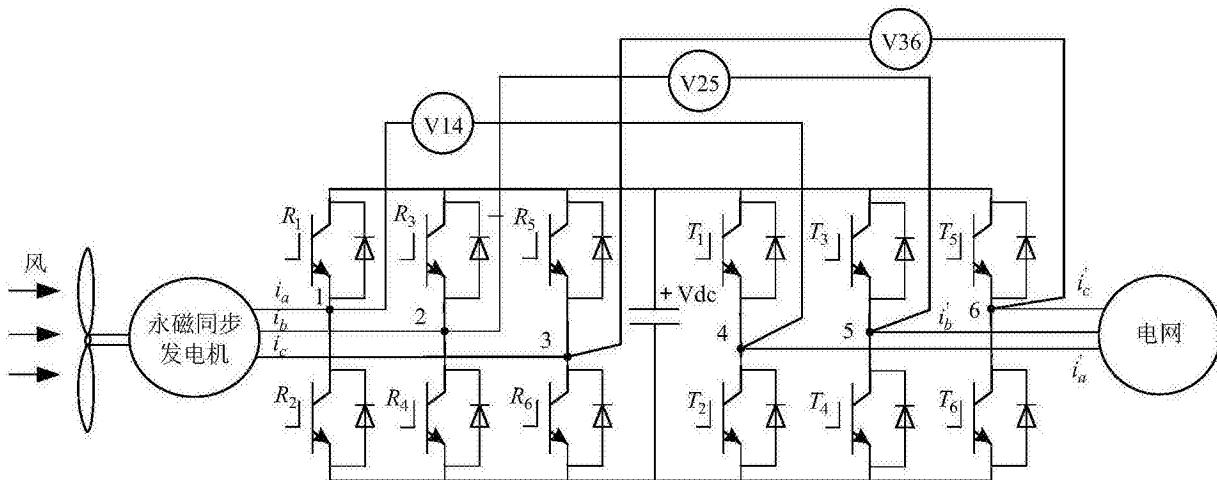


图2

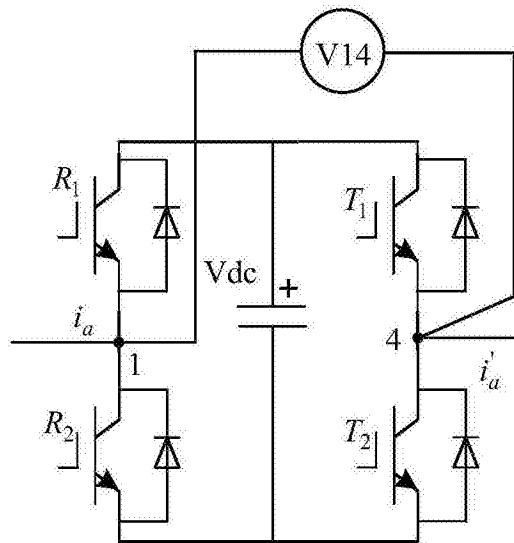


图3

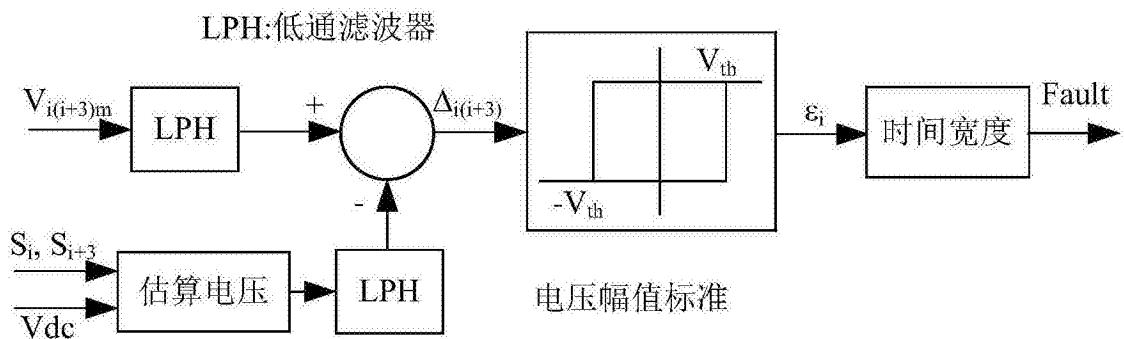


图4

故障	ε_1	ε_2	ε_3	I_{av}	I_{bv}	I_{cv}	I'_{av}	I'_{bv}	I'_{cv}
R ₁	1	0	0	<0					
R ₂	-1	0	0	>0					
R ₃	0	1	0		<0				
R ₄	0	-1	0		>0				
R ₅	0	0	1			<0			
R ₆	0	0	-1			>0			
T ₁	-1	0	0				<0		
T ₂	1	0	0				>0		
T ₃	0	-1	0					<0	
T ₄	0	1	0					>0	
T ₅	0	0	-1						<0
T ₆	0	0	1						>0

图5