

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01R 31/02 (2006.01)

G01R 27/08 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810161476.8

[43] 公开日 2009年2月11日

[11] 公开号 CN 101363895A

[22] 申请日 2008.9.27

[21] 申请号 200810161476.8

[71] 申请人 河南电力试验研究院

地址 450052 河南省郑州市二七区嵩山南路
85号

[72] 发明人 石光 赵勇 赵军

[74] 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

代理人 逯长明

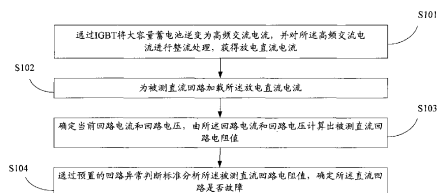
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 4 页

[54] 发明名称

检测直流回路故障的方法及系统

[57] 摘要

本发明公开了一种检测直流回路故障的方法及系统，其中的方法包括以下步骤：通过 IGBT 将大容量蓄电池逆变为高频交流电流，并对所述高频交流电流进行整流处理，获得放电直流电流；为被测回路加载所述放电直流电流；确定所述被测回路当前电流和电压，由所述当前电流和回路电压计算出被测回路电阻值；通过预置的回路异常判断标准分析所述被测回路电阻值，确定所述被测回路是否故障。本发明采用外置蓄电池的大电流激励被测回路，因此可以使被测回路隐蔽的故障点暴露，继而可对被测回路进行测试。而且，通过四线制测量技术以及电流倒向技术，可提高测试精度。



1、一种检测直流回路故障的方法，其特征在于，包括：

通过绝缘型双极型功率管 IGBT 将大容量蓄电池逆变为高频交流电流，并对所述高频交流电流进行整流处理，获得放电直流电流；

为被测回路加载所述放电直流电流；

确定所述被测回路当前电流和电压，由所述当前电流和回路电压计算出被测回路电阻值；

通过预置的回路异常判断标准分析所述被测回路电阻值，确定所述被测回路是否故障。

2、根据权利要求 1 所述方法，其特征在于，还包括：通过 IGBT 的导通角改变所述放电直流电流的值。

3、根据权利要求 2 所述方法，其特征在于，通过以下方式确定所述放电直流电流的值：

设置所述放电直流电流的值小于或等于被测回路短时耐受电流，和/或，设置所述放电直流电流的值小于或等于被测回路最大负荷电流的 K 倍，其中，K 为自然数。

4、根据权利要求 3 所述方法，其特征在于，还包括：

当采用所述放电直流电路确定所述回路正常时，加大所述放电直流电流的值，利用加大后的放电直流电流对所述回路进行重新测试。

5、根据权利要求 1 所述方法，其特征在于，所述回路当前电流和电压是通过基于电流倒向的四线制测量方法获得的。

6、根据权利要求 1 至 5 任一项所述方法，其特征在于，所述回路异常判断标准是指历史比对标准、相近支路比对标准，或/和，同缆双线路比对标准。

7、一种检测直流回路故障的系统，包括电压检测单元、电流检测单元和电阻计算单元，其特征在于，还包括放电单元和故障分析单元，

其中，

所述放电单元，通过绝缘型双极型功率管 IGBT 将大容量蓄电池逆变为高频交流电流，并对所述高频交流电流进行整流处理，获得放电直流电流，为被测直流回路加载所述放电直流电流；

所述电阻计算单元，对于由所述放电控制单元加载了所述放电直流电流

的被测回路，利用所述电压检测单元确定的电压以及所述电流检测单元确定的电流，计算得到被测回路电阻值；

所述故障分析单元，通过预置的回路异常判断标准分析所述电阻计算单元计算得到的被测回路电阻值，确定所述被测回路是否故障。

8、根据权利要求7所述系统，其特征在于，所述放电单元通过IGBT的导通角改变所述放电直流电流的值。

9、根据权利要求8所述系统，其特征在于，还包括：

恒流控制单元，用于控制所述放电单元按设定值为所述被测回路加载恒定的直流电流，其中，直流电流设定值参考被测回路短时耐受电流，和/或，被测回路最大负荷电流设置。

10、根据权利要求9所述系统，其特征在于，还包括：

重新测试指示单元，用于指示在确定被测回路正常时，重新采用更大直流电流进行重新测试；

所述恒流控制单元在所述重新测试指示单元发出指示时，控制所述放电单元为所述被测回路加大放电直流电流；

所述电压检测单元、电流检测单元、电阻计算单元和所述故障分析单元重新启动，对所述被测回路是否故障重新测试。

11、根据权利要求7所述系统，其特征在于，

所述电压检测单元和电流检测单元，分别基于电流倒向的四线制测量方案确定被测回路当前的电压和电流。

12、根据权利要求7至11任一项所述系统，其特征在于，

所述故障分析单元，通过历史比对标准、相近支路比对标准，或/和，同缆双线路比对标准，分析所述被测回路电阻值，确定所述被测回路是否故障。

检测直流回路故障的方法及系统

技术领域

本发明涉及测试计量技术领域，尤其涉及一种检测直流回路故障的方法及系统。

背景技术

直流电能具有能够存储的特点，因而在发电厂和变电站中，为了给控制电路、信号回路、继电保护和自动装置等回路提供工作电源，均设有独立的直流电源系统。直流电源系统的重要性关系到整个电网和设备的安全稳定运行。直流回路就是用来传输直流电能的导电电路。

在实际应用中，直流回路存在由于接触不良或在运行中空气开关触点或熔断器部分烧熔等原因形成的直流回路电阻增大的隐患，这可能会引起直流回路中接触不良处发热直至烧断，另外，回路电阻异常增大还会使回路压降增大、断路器跳/合闸线圈压降减小，容易造成断路器拒动。因此，检测回路电阻就成了检测直流回路完好性检测的主要手段。

目前对于电力系统直流回路的电阻异常，目前容易想到的仅是依靠万用表测试方法，然而，经过分析这种测试方法基本是不可行的，这是因为，首先，万用表测量电阻时所施加的电流很小，一般只有毫安级别，无法发现隐蔽性故障，另外，即使能够测出阻值，由于万用表的测量精度不高，很难得到可用的测量结果。因此，大多数接触不良的隐蔽性故障用万用表是无法测试的。

发明内容

有鉴于此，本发明提供一种检测直流回路故障的方法及系统，以解决采用万用表无法测试电阻过大的直流回路故障的问题。

为此，本发明实施例采用如下技术方案：

一种检测直流回路故障的方法，包括：通过 IGBT（绝缘型双极型功率管）将大容量蓄电池逆变为高频交流电流，并对所述高频交流电流进行整流处理，获得放电直流电流；为被测回路加载所述放电直流电流；确定所述被测回路当前电流和电压，由所述当前电流和回路电压计算出被测回路电阻值；通过预置的回路异常判断标准分析所述被测回路电阻值，确定所述被测回路是否故障。

上述方法还包括：通过 IGBT 的导通角改变所述放电直流电流的值。

通过以下方式确定所述放电直流电流的值：设置所述放电直流电流的值小于或等于被测回路短时耐受电流，和/或，设置所述放电直流电流的值小于或等于被测回路最大负荷电流的 K 倍，其中，K 为自然数。

上述方法还包括：当采用所述放电直流电路确定所述回路正常时，加大所述放电直流电流的值，利用加大后的放电直流电流对所述回路进行重新测试。

所述回路当前电流和电压是通过基于电流倒向的四线制测量方法获得的。

所述回路异常判断标准是指历史比对标准、相近支路比对标准，或/和，同缆双线路比对标准。

一种检测直流回路故障的系统，包括电压检测单元、电流检测单元和电阻计算单元，还包括放电单元和故障分析单元，其中，所述放电单元，通过 IGBT 将大容量蓄电池逆变为高频交流电流，并对所述高频交流电流进行整流处理，获得放电直流电流，为被测直流回路加载所述放电直流电流；所述电阻计算单元，对于由所述放电控制单元加载了所述放电直流电流的被测回路，利用所述电压检测单元确定的电压以及所述电流检测单元确定的电流，计算得到被测回路电阻值；所述故障分析单元，通过预置的回路异常判断标准分析所述电阻计算单元计算得到的被测回路电阻值，确定所述被测回路是否故障。

所述放电单元通过 IGBT 的导通角改变所述放电直流电流的值。

所述系统还包括：恒流控制单元，用于控制所述放电单元按设定值为所述被测回路加载恒定的直流电流，其中，直流电流设定值参考被测回路短时耐受电流，和/或，被测回路最大负荷电流设置。

所述系统还包括：重新测试指示单元，用于指示在确定被测回路正常时，重新采用更大直流电流进行重新测试；所述恒流控制单元在所述重新测试指示单元发出指示时，控制所述放电单元为所述被测回路加大放电直流电流；所述电压检测单元、电流检测单元、电阻计算单元和所述故障分析单元重新启动，对所述被测回路是否故障重新测试。

所述电压检测单元和电流检测单元，分别基于电流倒向的四线制测量方案确定被测回路当前的电压和电流。

所述故障分析单元，通过历史比对标准、相近支路比对标准，或/和，同缆双线路比对标准，分析所述被测回路电阻值，确定所述被测回路是否故障。

可见，在本发明中由于采用外置蓄电池的大电流激励被测回路，因此可以使被测回路隐蔽的故障点暴露，继而可对被测回路进行测试。而且，通过四线制测量技术以及电流倒向技术，可提高测试精度。另外，通过多样的回路异常判断标准对被测回路进行多次重复测试，也可更加准确地确定被测回路的状况。

附图说明

图1为本发明检测直流回路故障的方法流程图；

图2为本发明检测直流回路故障的系统结构示意图；

图3为四线制测量电阻原理图；

图4为电流倒向测量电阻原理图；

图5为本发明检测直流回路故障的系统的一个具体实例电路图；

图6为针对图5实施的检测直流回路故障的方法的具体实例流程图。

具体实施方式

本领域人员可以理解，检测直流回路的完好性就是检测直流回路电阻是

否超标，因此本发明从回路电阻入手，力求准确地采集现场回路电阻值。由于回路电阻增大是内因，大电流流过回路是造成故障的外因，因此还需要从电流入手，通过用大电流冲击被测直流回路来放大外因作用，以促使潜在的缺陷暴露，获得检测结果。

参见图 1，为本发明检测直流回路故障的方法流程图，包括：

S101：通过 IGBT（Insulated Gate Bipolar，绝缘型双极型功率管）将大容量蓄电池逆变为高频交流电流，并对所述高频交流电流进行整流处理，获得放电直流电流；

S102：为被测直流回路加载所述放电直流电流；

S103：确定当前回路电流和回路电压，由所述回路电流和回路电压计算出被测直流回路电阻值；

S104：通过预置的回路异常判断标准分析所述被测直流回路电阻值，确定所述直流回路是否故障。

可见，本发明采用外置的大容量蓄电池作为电源，可为直流回路提供施加足够大的直流电流，以保证可对隐蔽性很强的回路故障进行准确测试。另外，为了使测试结果更加准确，本发明优选采用基于电流倒向的四线制测量方法，以得到准确的电阻值，提高测量精度。

为了对本发明有全面了解，下面结合附图从电路组成以及方法流程对本发明实施例进行详细介绍。

参见图 2，为本发明检测直流回路故障的系统示意图，该系统包括被测回路 201、放电单元 202、电压检测单元 203、电流检测单元 204、电阻计算单元 204 和故障分析单元 206。

下面对各个部分的功能进行概括以及具体的介绍。

放电单元 202，通过 IGBT 将大容量蓄电池逆变为高频交流电流，并对所述高频交流电流进行整流处理，获得放电直流电流，为被测回路 201 加载所述放电直流电流；

电压检测单元 203, 用于对加载了放电单元 202 产生的放电直流电流的被测回路 201 进行电压检测, 确定被测回路当前电压;

电流检测单元 204, 用于对加载了放电单元 202 产生的放电直流电流的被测回路 201 进行电流检测, 确定被测回路当前电流;

电阻计算单元 205, 利用电压检测单元 203 确定的电压以及路电流检测单元 204 确定的电流, 计算得到被测回路电阻值;

故障分析单元 206, 通过预置的回路异常判断标准分析电阻计算单元 205 计算得到的被测回路电阻值, 确定被测回路 201 是否故障。

优选地, 放电单元 202 通过 IGBT 的导通角改变所述放电直流电流的值。

优选地, 故障分析单元 206, 通过历史比对判断标准、相近支路比对标准, 或/和, 同缆双线路比对标准, 分析被测回路电阻值, 确定被测回路 201 是否故障。

优选地, 该系统还包括恒流控制单元 207, 用于控制所述放电单元 202 按设定值为被测回路 201 加载恒定的直流电流, 其中, 直流电流设定值参考被测回路短时耐受电流, 和/或, 被测回路最大负荷电流设置。

优选地, 该系统还可以包括重新测试指示单元 208, 用于指示在确定被测回路正常时, 重新采用更大直流电流进行重新测试; 所述恒流控制单元 207 在所述重新测试指示单元发出指示时, 控制放电单元 202 为被测回路 201 加大放电直流电流; 此时, 电压检测单元 203、电流检测单元 204、电阻计算单元 204 和故障分析单元 206 均重新启动, 对被测回路 201 是否故障重新测试。例如, 加大放电电流 50% 再继续测试等。需要说明的是, 采用不同的回路异常判断标准, 获得的测试结果可能不一致, 因此, 可以在重复测试时, 选取不同的异常判断标准, 以获得更为全面的测试结论。

优选地, 电压检测单元 203 和电流检测单元 204 是基于电流导向的四线制测量方案获得被测回路 201 当前的电压和电流的。

下面对重要的部分进行详细分析和说明。

放电单元 202 主要作用是提供放电电流, 在具体实现上, 可采用外置大容量蓄电池提供直流电流, 蓄电池容量可采用 12 伏、100AH 的型号。通过 IGBT 大功率电力电子器件和 PWM (Pulse Width Modulation, 脉宽调制) 控制技术将直流电流逆变为高频交流电流, 对高频交流电流进行整流, 获得直流电流, 利用直流电流对被测回路的负载电阻放电。另外, 通过控制 IGBT 的导通角来改变电流的大小, 使放电直流电流在大范围内可调, 且有较高的恒流精度。这种控制方式既可以提供很大的放电电流, 又可以通过程序设定导通角来精确控制放电电流的大小, 并能够安全关断较大的放电电流。

对于恒流控制单元 207, 主要用于控制所述放电单元 202 按设定值为被测回路 201 加载恒定的直流电流。当回路正常时, 放电电流的大小对测量阻值影响不大, 但当回路中存在接触不良的故障点时, 在较小放电电流时, 测量阻值不会有显著的异常, 随着放电电流的增大, 回路阻值的测量值也呈增大趋势。一般而言, 放电电流 I_g 的选取不能超过被测回路短时耐受电流 I_{pem} , 同时要考虑该回路在正常和事故状态下可能的最大负荷电流 I_{max} 。影响 I_{max} 大小的因素包括母差保护动作、三相跳合闸动作、收发讯机满功率工作、信号指示灯全亮灯等极端情况。因此, 放电电流 I_g 的选取依据有: $I_g \leq I_{pem}$, 并且, $I_g \leq K \times I_{max}$, 其中, I_g 为放电电流, I_{pem} 为回路允许短时放电电流, 与导线材质和截面积有关, 直流回路一般采用铜导线, 铜导线的安全载流量为 $5 \sim 8 A/mm^2$, 而本发明通过试验优选 I_{pem} 采用 $10 \sim 15 A/mm^2$; I_{max} 为回路最大负荷电流的估算值, 其中的 K 为自然数, 优选地, 取 $K = 8 \sim 15$ 。

对于故障分析单元 206, 可通过历史比对判断标准、相近支路比对标准, 或/和, 同缆双线路比对标准, 分析被测回路电阻值, 确定被测回路 201 是否故障。

(1) 历史比对标准: 通过历史比对判断标准确定直流回路是否故障的过程可以这样描述: 保存历史正常电阻值以及超标幅度; 将被测直流回路电阻值与所述历史正常电阻值进行比较, 判断所述被测直流回路电阻值与所述历史正常电阻值的差值是否大于所述超标幅度, 若是, 确定所述被测直流回路故障, 否则, 确定被测直流回路正常。例如, 当回路电阻比正常值 (以往历

史值)大4毫欧以上时就说明回路有异常,当比正常值大10毫欧以上时能够肯定回路存在接触不良的故障点。

(2)相近支路比对标准:通过相近支路比对标准确定所述直流回路是否故障可以这样描述:保存相邻支路参考电阻值;将被测直流回路电阻值与所述相邻支路参考电阻值进行比较,如果相差幅度超过阈值,则确定所述被测直流回路故障,否则确定被测直流回路正常。例如,1米长2.5mm²铜线的电阻为7毫欧,1米长4mm²铜线的电阻为4.4毫欧。依据此数据,相临屏柜至直流馈线屏的线路长度相差应该在1米左右时,是能够通过测试仪反映出来的,如果测量值相差过大或者出现距离稍短的回路电阻反而大的情况,就应该查明原因,是电缆盘绕太多使距离增大还是有接触不良的现象。

(3)同缆双线路比对标准,或者称为正负支路比对标准:通过同缆双线路比对标准确定直流回路是否故障可以这样描述:对同缆正负电源成对供电的回路,当测试两个回路的电阻值相差大于阈值,则确定被测直流回路故障,否则确定被测直流回路正常。例如,对于同缆正负电源成对供电的回路,当测量两个回路的电阻值偏差大于3毫欧时,就能够确定回路存在接触不良的故障点。

如前所述,被测回路201的电阻由电压检测单元203确定的电压以及电流检测单元204确定的电流计算得到,因此,对于如何提高电压检测单元203和电流检测单元204的精度,对于整个测试结果具有比较关键的作用。因此,本发明采用基于电流倒向的四线制测试方法,提高测试精度。下面首先介绍四线制测试原理和方法,以及电流倒向测试原理和方法。

参见图3,为四线制测量电阻原理图,是在被测电阻两端分别接出2跟导线用于电流线和电压线, R_x 为被测电阻, R_1 、 R_2 、 R_3 和 R_4 分别为各线上的总电阻,Ⓥ表示电压表,ⓐ表示电流表。当电压表输入电阻足够大时,则 R_3 和 R_4 上的压降为零,电压表的读数 U 就是电阻 R_x 上的压降。 R_x 、 R_1 和 R_2 与电流表串联,电流表的读数就是流过 R_x 的电流 I 。用欧姆定律计算出来的电阻值就是电阻 R_x 的阻值,这样就消除了电路中由于引线电阻和接触电阻带来的系统误差。即, $R_x=U/I$ 。

参见图 4，为电流倒向测量电阻原理图。测量电阻最根本的原理基于欧姆定律，即加电流测电压的方法。

由于待测电阻阻值很微弱，测试电流通过其产生的电压也必然很微弱，因此直流误差源的影响不容忽视。直流误差源主要包括：热电势、电势、放大电路本身的失调和温漂等。实验表明，弱电阻测量中的误差源是基本不随测试电流大小和方向变化的，因此改变流过测试电阻的测试电流的方向（电流倒向技术），进行两次的电压测量，最后将两次的测量结果相减就可以消除误差。

设来自测量电路外部的热电势与来自测量电路本身的热电势的合为 E_{emf} ，来自测量电路外部的电势与来自内部的电势为 E_c ，折算到放大电路输入端放大电路本身的失调电压为 U_{offset} 。

设折算到放大电路输入端的直流误差信号为 ΔU ：

$$\Delta U = E_{emf} + E_c + U_{offset}$$

虽然该直流误差信号也会被放大电路放大，但当测试电流方向发生变化（倒向）的时候，放大后的直流误差信号的大小和极性并不会发生变化，由此可以将其同待测信号区分开来，只要进行两次测量并将结果相减即可。

下面具体说明：当测试电流为 $+I_s$ 时，电流自上而下流过待测电阻 R_x ，此时： $U_{o1} = A I_s R_x + A \Delta U$ ，式中 A 为运算放大器放大倍数。当测试电流倒向为 $-I_s$ 时，电流自下而上流过待测电阻 R_x ，此时： $U_{o2} = -A I_s R_x + A \Delta U$ ，将两次测量结果相减，得： $U_o = U_{o1} - U_{o2} = 2A I_s R_x$ 这样，直流误差源的影响就被消除了。

可见，四线制测量技术和电流倒向技术都可以有效提高测量精度，因此，本发明采用将这两种技术应用到测试系统中，以提高测试被测回路电阻的准确度。

参见图 5，为本发明检测直流回路故障的系统的一个具体实例电路图，该实例应用了四线制测量技术和电流倒向技术。 R_x 为被测直流回路电阻， R_1 ， R_2 ， R_3 ， R_4 表示四线制测量的四根导线， E 为放电电路提供的放电直流电流，

恒流控制电路负责控制放电电路按设定值恒流放电，电流倒向电路在每放电一次后控制电池进行极性反向，准备下次进行反向放电。电流检测电路及 A/D 转换是测量放电电流的大小，运算放大器及 A/D 转换是测量 R_x 两端电压的大小，经 DSP (Digital Signal Processor, 数字信号处理器) 运算得到回路电阻值。DSP 和外设连接，向测试人员提供测试结果，外设包括通讯电路、显示器以及 FLASH (闪存) 和 SRAM (Static RAM, 静态内存) 存储器等。

参见图 6, 为针对图 5 实施的检测直流回路故障的方法的具体实例流程图, 包括:

S601: 对系统进行初始化设置, 具体包括对系统各单元的配置、引脚配置以及变量设置等, 例如, 通过恒流控制电路设置放电单元向被测回路加载的放电直流电流的值;

S602: 功能选择, 例如, 选择放电电流的值;

S603: 通过放电单元输出放电直流电流;

S604: 判断放电直流电流是否超过系统量程? 若是, 返回执行 S602, 重新选择新的放电直流电流, 否则, 执行 S604;

S605: 选择合适的放大倍数, 对放电直流电流进行放大处理;

S606: 启动采样/保持功能;

S607: 正向和反向放电均完成? 若是, 执行 S607, 否则, 电流倒向, 然后返回执行 S603;

S608: 启动 A/D 转换功能;

S609: 计算被测回路电阻值;

S610: 通过预选的回路异常判断标准分析被测回路是否故障, 并将测试结果显示给测试人员。

可见, 在本发明中由于采用外置蓄电池的大电流激励被测回路, 因此可以使被测回路隐蔽的故障点暴露, 继而可对被测回路进行测试。而且, 通过四线制测量技术以及电流倒向技术, 可提高测试精度。另外, 通过多样的回

路异常判断标准对被测回路进行多次重复测试，也可更加准确地确定被测回路的状况。

本领域普通技术人员可以理解，实现上述实施例的方法的过程可以通过程序指令相关的硬件来完成，所述的程序可以存储于可读取存储介质中，该程序在执行时执行上述方法中的对应步骤。所述的存储介质可以如：ROM/RAM、磁碟、光盘等。

以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以做出若干改进和润饰，这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

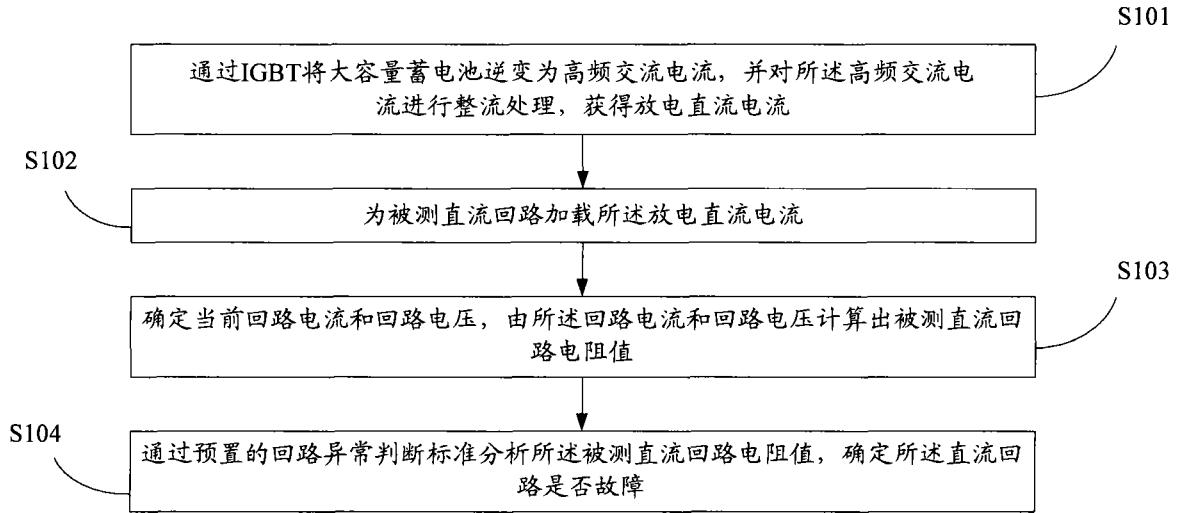


图 1

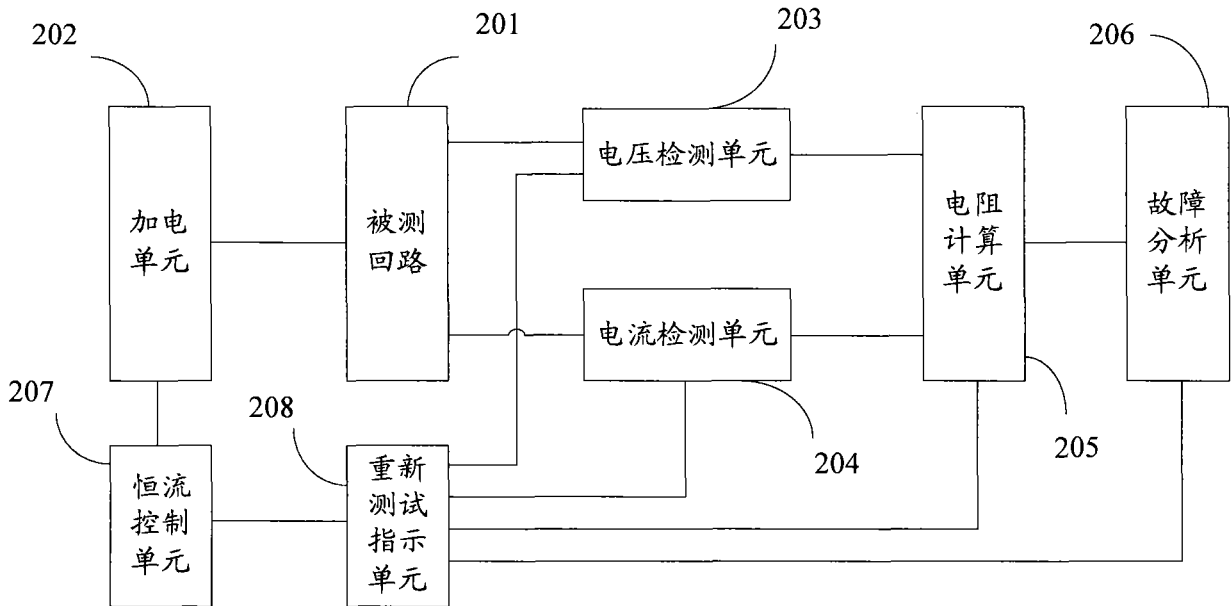


图 2

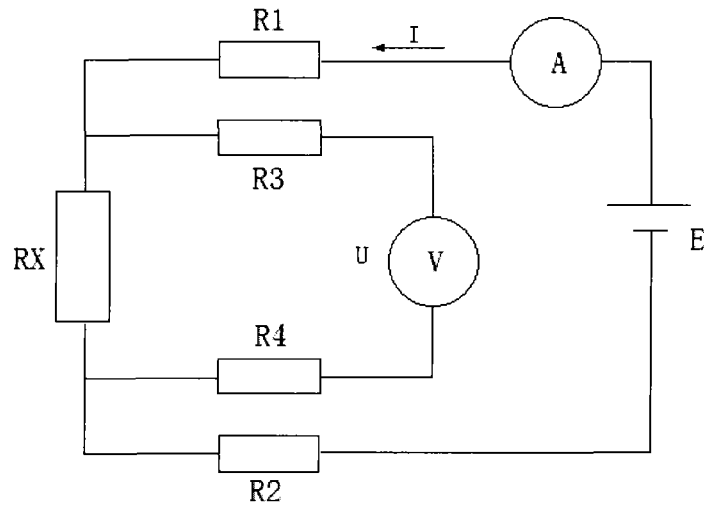


图 3

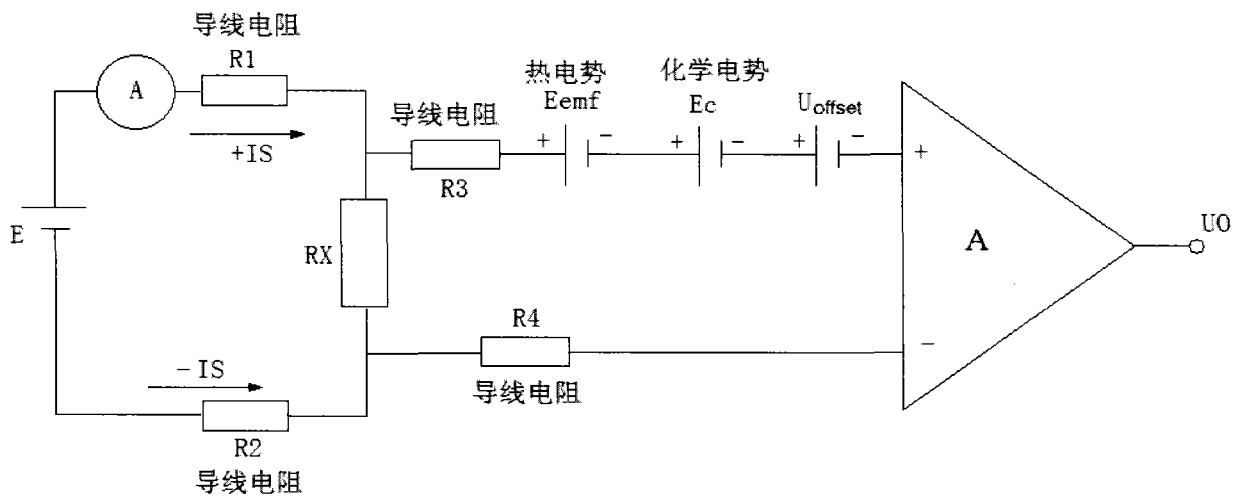


图 4

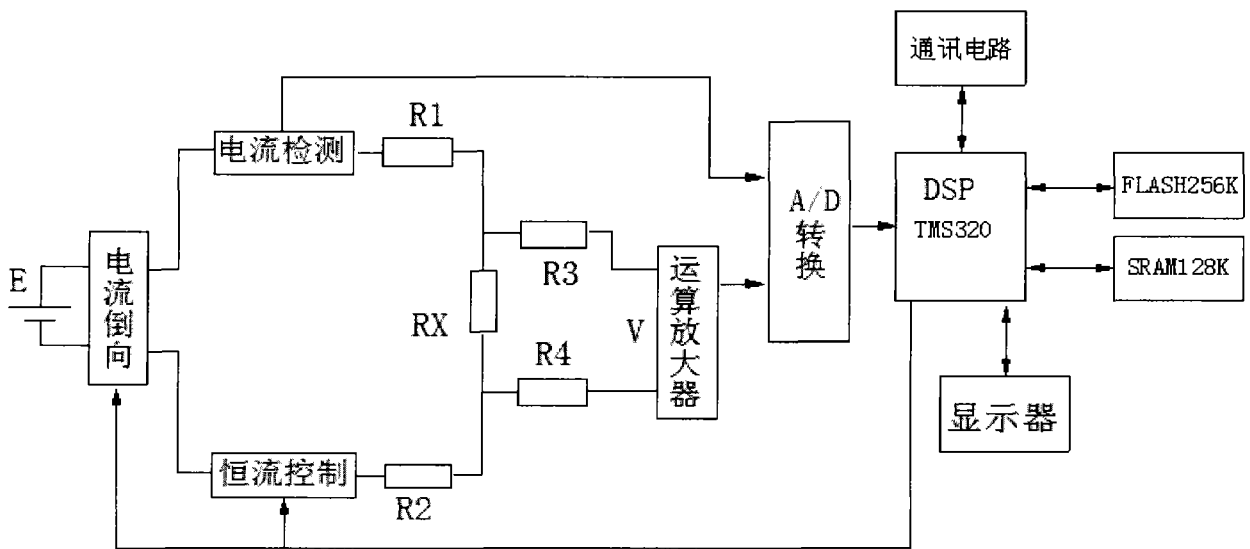


图 5

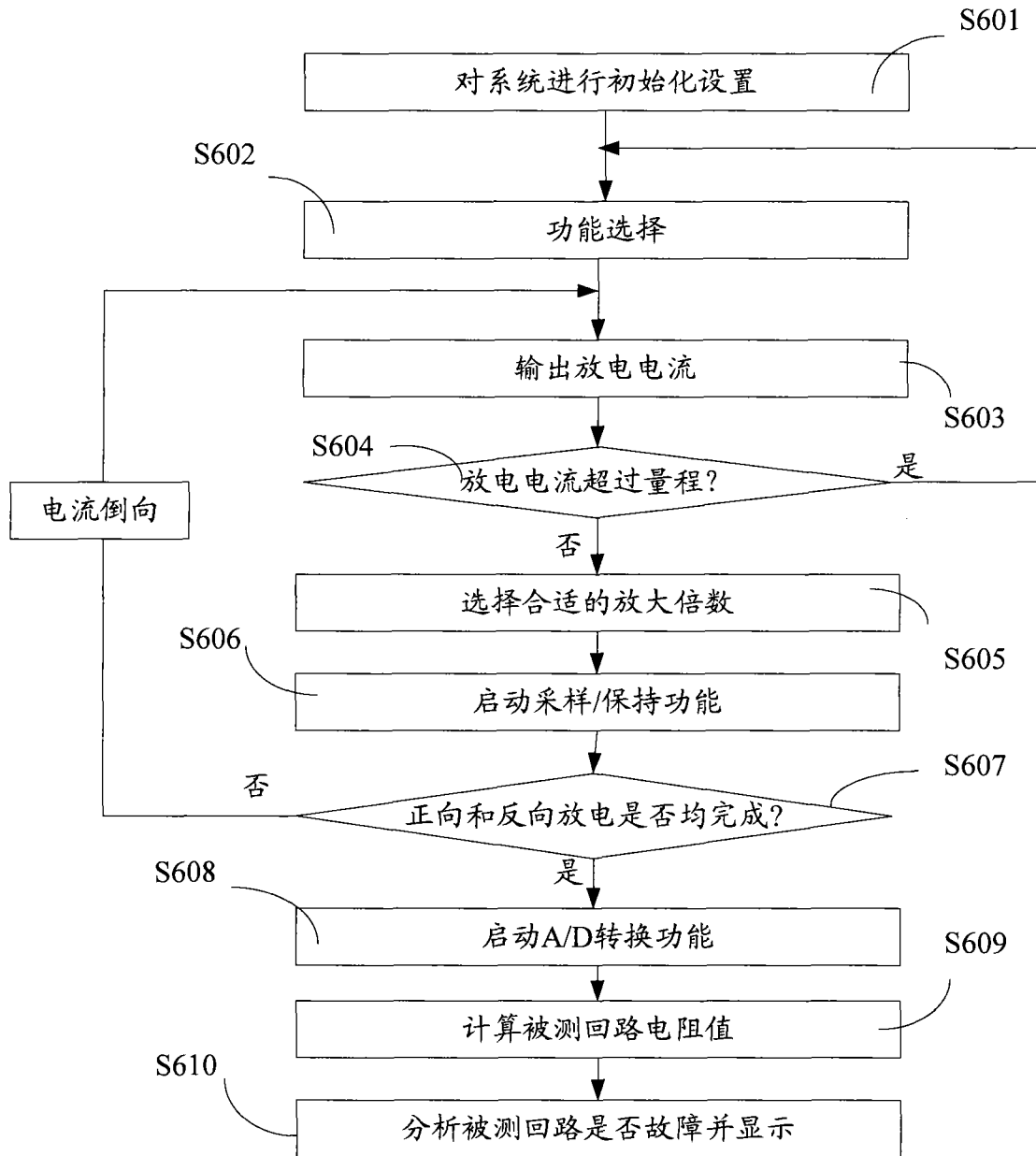


图 6