



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105992956 B

(45)授权公告日 2018.11.06

(21)申请号 201580008578.4

西村英高 佐藤雅士

(22)申请日 2015.01.07

(74)专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事务所(普通合伙) 11277

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105992956 A

代理人 刘新宇

(43)申请公布日 2016.10.05

(51)Int.Cl.

(30)优先权数据

G01R 31/36(2006.01)

PCT/JP2014/053912 2014.02.19 JP

G01R 27/02(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.08.12

(56)对比文件

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2015/050273 2015.01.07

CN 103261898 A, 2013.08.21,
KR 20090056847 A, 2009.06.03,
JP 2004311343 A, 2004.11.04,
JP 2010243481 A, 2010.10.28,
CN 101326445 A, 2008.12.17,
CN 201156079 Y, 2008.11.26,
CN 103098278 A, 2013.05.08,

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/125506 JA 2015.08.27

审查员 王晓萍

(73)专利权人 日产自动车株式会社
地址 日本神奈川县

(72)发明人 青木哲也 酒井政信 松本充彦

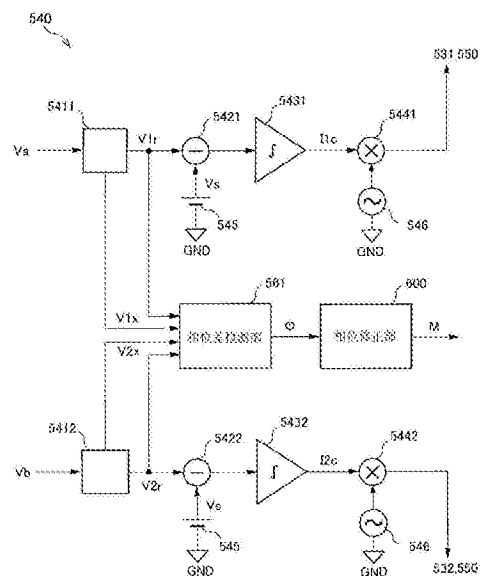
权利要求书3页 说明书39页 附图35页

(54)发明名称

阻抗测定装置和阻抗测定装置的控制方法

(57)摘要

阻抗测定装置对层叠电池的正极端子和负极端子分别输出规定频率的交流电流,检测正极端子与中途点端子之间的交流电位差以及负极端子与中途点端子之间的交流电位差。阻抗测定装置调整交流电流的振幅使得正极端子与中途点端子之间的交流电位差同负极端子与中途点端子之间的交流电位差一致,根据调整后的交流电流和交流电位差来运算阻抗。而且,阻抗测定装置根据在正极端子产生的交流电位与在负极端子产生的交流电位之间的相位差,来修正被输出到正极端子和负极端子的交流电流的相位差。



1. 一种阻抗测定装置,具备:

层叠多个电池单体而得到的层叠电池;

第一电源部,其对所述层叠电池的正极端子输出用于测定所述层叠电池的阻抗的规定频率的交流电流;

第二电源部,其对所述层叠电池的负极端子输出所述规定频率的交流电流;

第一检测部,其检测所述层叠电池的中途点端子与所述正极端子之间的交流电位差;

第二检测部,其检测所述负极端子与所述中途点端子之间的交流电位差;

调整部,其对从所述第一电源部和所述第二电源部中的至少一方输出的交流电流的振幅进行调整,使得由所述第一检测部检测出的交流电位差与由所述第二检测部检测出的交流电位差一致;

运算部,其根据由所述调整部调整后的交流电流和交流电位差来运算所述层叠电池的阻抗;以及

处理部,其根据在所述正极端子产生的交流电位与在所述负极端子产生的交流电位之间的相位差,计算从所述层叠电池向负载泄漏的漏电流,并根据该漏电流来抑制阻抗测定的测定误差。

2. 一种阻抗测定装置,具备:

层叠多个电池单体而得到的层叠电池;

第一电源部,其对所述层叠电池的正极端子输出用于测定所述层叠电池的阻抗的规定频率的交流电流;

第二电源部,其对所述层叠电池的负极端子输出所述规定频率的交流电流;

第一检测部,其检测所述层叠电池的中途点端子与所述正极端子之间的交流电位差;

第二检测部,其检测所述负极端子与所述中途点端子之间的交流电位差;

调整部,其对从所述第一电源部和所述第二电源部中的至少一方输出的交流电流的振幅进行调整,使得由所述第一检测部检测出的交流电位差与由所述第二检测部检测出的交流电位差一致;

运算部,其根据由所述调整部调整后的交流电流和交流电位差来运算所述层叠电池的阻抗;以及

处理部,其根据在所述正极端子产生的交流电位与在所述负极端子产生的交流电位之间的相位差来执行修正交流电流的相位差的处理。

3. 根据权利要求2所述的阻抗测定装置,其特征在于,

所述处理部根据在所述正极端子产生的交流电位与在所述负极端子产生的交流电位之间的相位差来修正从所述第一电源部输出的交流电流的相位、或者从所述第二电源部输出的交流电流的相位。

4. 根据权利要求3所述的阻抗测定装置,其特征在于,

所述第一电源部和所述第二电源部中的一方包括使所述交流电流的相位发生变化的移相电路,

所述处理部对从所述移相电路输出的电流的相位进行控制,使得所述交流电流的相位差变小。

5. 根据权利要求2所述的阻抗测定装置,其特征在于,

所述处理部根据基于在所述正极端子产生的交流电位与在所述负极端子产生的交流电位之间的相位差运算出的漏电流,对从所述第一电源部输出的交流电流值以及从所述第二电源部输出的交流电流值进行校正。

6. 根据权利要求2至4中的任一项所述的阻抗测定装置,其特征在于,
还具备校正部,该校正部根据由所述处理部修正的相位量来对由所述运算部计算出的阻抗进行校正。

7. 根据权利要求6所述的阻抗测定装置,其特征在于,
由所述处理部修正的相位量越大,则所述校正部使由所述运算部计算出的阻抗的相位角的变化越大。

8. 根据权利要求6所述的阻抗测定装置,其特征在于,
所述校正部使由所述运算部计算出的阻抗的相位角向与由所述处理部修正相位的方向相反的方向变化。

9. 根据权利要求6所述的阻抗测定装置,其特征在于,
所述校正部对由所述运算部计算出的阻抗的实部和虚部中的至少一方进行校正。

10. 根据权利要求6所述的阻抗测定装置,其特征在于,
还具备判定部,该判定部判定是否需要利用所述校正部的校正,
在由所述判定部判定为需要校正的情况下,所述校正部对由所述运算部计算出的阻抗进行校正。

11. 根据权利要求10所述的阻抗测定装置,其特征在于,
在由所述处理部修正的相位角超出规定的范围的情况下,所述判定部判定为需要利用所述校正部的校正。

12. 根据权利要求10所述的阻抗测定装置,其特征在于,
在所述层叠电池的阻抗的测定中使用的交流电流的频率小于规定的阈值的情况下,所述判定部判定为需要利用所述校正部的校正。

13. 根据权利要求10所述的阻抗测定装置,其特征在于,
所述判定部还判定所述层叠电池的状态是否正常,
在由所述判定部判定为所述层叠电池的状态不正常的情况下,所述校正部对由所述运算部计算出的阻抗进行校正。

14. 根据权利要求13所述的阻抗测定装置,其特征在于,
所述判定部判定由所述运算部计算出的阻抗的值是否处于规定的范围内,在所述阻抗的值超出所述规定的范围的情况下,判断为所述层叠电池的状态不正常。

15. 根据权利要求10所述的阻抗测定装置,其特征在于,
还具备收集部,该收集部收集根据所述层叠电池的发电状况而发生变化的发电信息,
所述判定部还判定由所述收集部收集到的所述发电信息是否满足规定的基准,
在由所述判定部判定为所述发电信息不满足规定的基准的情况下,所述校正部对由所述运算部计算出的阻抗进行校正。

16. 一种阻抗测定装置的控制方法,该阻抗测定装置具备:层叠多个电池单体而得到的层叠电池;第一电源部,其对所述层叠电池的正极端子输出用于测定所述层叠电池的阻抗的规定频率的交流电流;以及第二电源部,其对所述层叠电池的负极端子输出所述规定频

率的交流电流,该阻抗测定装置的控制方法包括:

第一检测工序,检测所述层叠电池的中途点端子与所述正极端子之间的交流电位差;

第二检测工序,检测所述负极端子与所述中途点端子之间的交流电位差;

调整工序,对从所述第一电源部和所述第二电源部中的至少一方输出的交流电流的振幅进行调整,使得通过所述第一检测工序检测出的交流电位差与通过所述第二检测工序检测出的交流电位差一致;

运算工序,根据通过所述调整工序调整后的交流电流和交流电位差来运算所述层叠电池的阻抗;以及

处理工序,根据在所述正极端子产生的交流电位与在所述负极端子产生的交流电位之间的相位差,计算从所述层叠电池向负载泄漏的漏电流,并根据该漏电流来抑制阻抗测定的测定误差。

17.一种阻抗测定装置的控制方法,该阻抗测定装置具备:层叠多个电池单体而得到的层叠电池;第一电源部,其对所述层叠电池的正极端子输出用于测定所述层叠电池的阻抗的规定频率的交流电流;以及第二电源部,其对所述层叠电池的负极端子输出所述规定频率的交流电流,该阻抗测定装置的控制方法包括:

第一检测工序,检测所述层叠电池的中途点端子与所述正极端子之间的交流电位差;

第二检测工序,检测所述负极端子与所述中途点端子之间的交流电位差;

调整工序,对从所述第一电源部和所述第二电源部中的至少一方输出的交流电流的振幅进行调整,使得通过所述第一检测工序检测出的交流电位差与通过所述第二检测工序检测出的交流电位差一致;

运算工序,根据通过所述调整工序调整后的交流电流和交流电位差来运算所述层叠电池的阻抗;以及

处理工序,根据在所述正极端子产生的交流电位与在所述负极端子产生的交流电位之间的相位差来执行修正交流电流的相位差的处理。

阻抗测定装置和阻抗测定装置的控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种对层叠电池的阻抗进行测定的阻抗测定装置和阻抗测定装置的控制方法。

背景技术

[0002] 在W02012077450中提出了在从层叠电池向负载供给了电力的状态下对燃料电池的内部电阻进行测定的装置。

[0003] 该测定装置向层叠电池的正极端子和负极端子输出相同的交流电流,使得电流不会向与层叠电池连接的负载侧泄漏。而且,调整向各个电极端子输出的交流电流的振幅,使得从层叠电池的正极端子的电位减去位于正极端子与负极端子之间的中途点端子的电位得到的正极侧的电位差同从负极端子的电位减去上述中途点端子的电位得到的负极侧的电位差一致。而且,根据调整后的交流电流和电位差来测定层叠电池的内部电阻。

发明内容

[0004] 层叠电池之中存在如燃料电池那样在内部具有静电电容成分的电池。燃料电池的静电电容成分有时根据燃料电池系统的运行状态而发生变动。在这样的情况下,正极侧的静电电容与负极侧的静电电容的差变大,表示正极侧的电位差的检测信号与表示负极侧的电位差的检测信号之间产生相位差。

[0005] 在正极侧和负极侧的检测信号之间产生了相位偏移的状态下,导致从测定装置向燃料电池输出的交流电流的一部分向负载这一方漏出,存在阻抗的测定精度变差的问题。

[0006] 本发明是着眼于这样的问题点而完成的,其目的在于提供一种抑制由于层叠电池的静电电容成分而引起的阻抗的测定精度的下降的阻抗测定装置。

[0007] 用于解决问题的方案

[0008] 本发明的阻抗测定装置的一个方式包括:第一电源部,其对层叠有多个电池单体得到的层叠电池的正极端子输出用于测定层叠电池的阻抗的规定频率的交流电流;以及第二电源部,其对层叠电池的负极端子输出规定频率的交流电流。而且,包括:第一检测部,其检测正极端子与层叠电池的中途点端子之间的交流电位差;以及第二检测部,其检测负极端子与中途点端子之间的交流电位差。还包括:调整部,其对从第一电源部和第二电源部中的至少一方输出的交流电流的振幅进行调整,使得由第一检测部检测出的交流电位差与由第二检测部检测出的交流电位差一致;以及运算部,其根据由调整部调整后的交流电流和交流电位差来运算层叠电池的阻抗。该阻抗测定装置的特征在于,包括修正部,该修正部根据在正极端子产生的交流电位与在负极端子产生的交流电位的相位差,来对从第一电源部和第二电源部输出的交流电流的相位差进行修正。

附图说明

[0009] 图1A是表示由本发明的第一实施方式中的阻抗测定装置测定的层叠电池的一例

的外观立体图。

[0010] 图1B是表示被层叠为层叠电池的发电单体的构造的分解图。

[0011] 图2是表示阻抗测定装置的基本结构的图。

[0012] 图3是表示直流切断部和电位差检测部的图。

[0013] 图4是表示向层叠电池的正极和负极输出交流电流的电源部的图。

[0014] 图5是表示对正极和负极的交流电流进行调整的交流调整部的详细内容和相位差检测部的图。

[0015] 图6是表示设置于交流调整部的正极侧检波电路的详细内容的图。

[0016] 图7是表示正极侧和负极侧的交流电位差的相位差的图。

[0017] 图8是表示在产生了相位差时向负载这一方泄漏的交流电流的图。

[0018] 图9是表示运算层叠电池的阻抗的运算部的详细内容的图。

[0019] 图10是表示用于确定针对相位差的容许值的方法的一例的图。

[0020] 图11是表示利用交流调整部进行的等电位控制的方法的流程图。

[0021] 图12是执行等电位控制时的时序图。

[0022] 图13是表示未产生相位差时的正极和负极的电位的图。

[0023] 图14是表示根据相位差来探测阻抗测定装置的测定状态是否不良的探测方法的流程图。

[0024] 图15是表示本发明的第二实施方式中的相位差检测部的图。

[0025] 图16A是表示用于判断正极和负极的针对电源部的电流指令值是否向相反的方向发生了变化的方法的图。

[0026] 图16B是表示正极侧电流指令值和负极侧电流指令值的各时间变化率的绝对差与测定状态之间的关系关系的图。

[0027] 图17是表示用于根据正极和负极的电流指令值的差来诊断测定状态的诊断方法的流程图。

[0028] 图18是表示本发明的第三实施方式中的相位差检测部的图。

[0029] 图19是表示相位差检测部的详细内容的图。

[0030] 图20是表示本发明的第四实施方式中的相位差检测部的图。

[0031] 图21是表示本发明的第六实施方式中的相位修正部的图。

[0032] 图22是表示具备相位可变电部源的阻抗测定装置的图。

[0033] 图23是将正极侧交流电流的相位向使其延迟的方向修正时的图。

[0034] 图24是表示本发明的第七实施方式中的阻抗测定装置的图。

[0035] 图25是用于说明本发明的第八实施方式中的用于对测定误差进行修正的方法的图。

[0036] 图26是表示用于对内部电阻进行校正的校正处理方法的流程图。

[0037] 图27是表示本发明的第九实施方式中的运算部的结构的图。

[0038] 图28是表示正极侧和负极侧的交流电位差的相位差的一例的图。

[0039] 图29A是表示正极侧和负极侧的阻抗的相位的一例的图。

[0040] 图29B是表示正极侧和负极侧的阻抗的相位的一例的图。

[0041] 图29C是表示正极侧和负极侧的阻抗的相位的一例的图。

- [0042] 图30是用于说明因相位的修正所产生的误差的校正的图。
- [0043] 图31是表示因相位的修正而引起的误差的校正方法的流程图。
- [0044] 图32是表示修正量与校正后的阻抗之间的关系的一例的图。
- [0045] 图33是表示本发明的第十实施方式中的运算部的结构的图。
- [0046] 图34是表示因相位的调整而引起的误差的其它校正方法的流程图。
- [0047] 图35是用于说明交流电流的频率与阻抗之间的关系图。
- [0048] 图36是表示本发明的第十一实施方式中的运算部的结构的图。
- [0049] 图37是表示本发明的第十二实施方式中的阻抗测定装置的图。

具体实施方式

[0050] 以下,参照附图来说明本发明的实施方式。

[0051] (第一实施方式)

[0052] 图1A是表示由本发明的第一实施方式中的阻抗测定装置测定的层叠电池的一例的外观立体图。在图1A中,作为层叠电池的一例,示出了层叠多个电池单体而得到的燃料电池堆1。

[0053] 如图1A所示,燃料电池堆1具备多个发电单体10、集电板20、绝缘板30、端板40以及四个拉杆50。

[0054] 发电单体10是所谓的电池单体,是指被层叠为燃料电池堆1的燃料电池中的一个。发电单体10例如产生1伏特(V)左右的电动势电压。参照图1B在后面记述发电单体10的详细结构。

[0055] 集电板20分别配置在被层叠的发电单体10的外侧。集电板20由非透气性的导电性构件、例如致密碳形成。集电板20具备正极端子211和负极端子212。另外,在正极端子211与负极端子212的中间设置有中途点端子213。中途点端子213与从正极端子211向负极端子212层叠的发电单体10中的位于中间的电池单体10连接。此外,中途点端子213也可以位于正极端子211与负极端子212的中点之外的位置。从燃料电池堆1的负极端子212取出由发电单体10产生的电子 e^- 。

[0056] 绝缘板30分别配置在集电板20的外侧。绝缘板30由绝缘性的构件、例如橡胶等形成。

[0057] 端板40分别配置在绝缘板30的外侧。端板40由具有刚性的金属材料、例如钢等形成。

[0058] 在一方的端板40(在图1A中为左近前侧的端板40)上设置有阳极供给口41a、阳极排出口41b、阴极供给口42a、阴极排出口42b、冷却水供给口43a以及冷却水排出口43b。在本实施方式中,阳极排出口41b、冷却水排出口43b以及阴极供给口42a设置在图中右侧。另外,阴极排出口42b、冷却水供给口43a以及阳极供给口41a设置在图中左侧。

[0059] 拉杆50分别配置在端板40的四角附近。燃料电池堆1在内部形成有贯通的孔(未图示)。拉杆50穿过该贯通孔。拉杆50由具有刚性的金属材料、例如钢等形成。为了防止发电单体10之间的电短路而对拉杆50的表面进行了绝缘处理。该拉杆50与螺母(由于位于深处而未图示)螺合。拉杆50与螺母将燃料电池堆1在层叠方向上紧固。

[0060] 作为向阳极供给口41a供给作为阳极气体的氢的方法,例如有从氢储存装置直接

供给氢气的方法、或者供给将含氢的燃料重整得到的含氢气体的方法等。此外,作为氢储存装置,有高压气罐、液化氢罐、贮氢合金罐等。作为含氢的燃料,有天然气、甲醇、汽油等。另外,一般将空气用作向阴极供给口42a供给的阴极气体。

[0061] 图1B是表示被层叠为燃料电池堆1的发电单体的构造的分解图。

[0062] 如图1B所示,发电单体10是在膜电极接合体(Membrane Electrode Assembly; MEA)11的两面配置有阳极隔板(阳极双极板)12a和阴极隔板(阴极双极板)12b的构造。

[0063] 在MEA 11中,在由离子交换膜构成的电解质膜111的两面形成有电极催化剂层112。在该电极催化剂层112之上形成有气体扩散层(Gas Diffusion Layer;GDL)113。

[0064] 电极催化剂层112例如由承载有铂的碳黑粒子形成。

[0065] GDL 113由具有充分的气体扩散性和导电性的构件、例如碳纤维形成。

[0066] 从阳极供给口41a供给的阳极气体流过该GDL 113a并与阳极电极催化剂层112(112a)发生反应,进而从阳极排出口41b排出。

[0067] 从阴极供给口42a供给的阴极气体流过该GDL 113b并与阴极电极催化剂层112(112b)发生反应,进而从阴极排出口42b排出。

[0068] 阳极隔板12a隔着GDL 113a和密封层14a而与MEA 11的单面(图1B的背面)重叠。阴极隔板12b隔着GDL 113b和密封层14b而与MEA 11的单面(图1B的表面)重叠。密封层14(14a、14b)例如是硅橡胶、乙丙橡胶(ethylene propylene diene monomer;EPDM)、氟橡胶等橡胶状弹性材料。关于阳极隔板12a和阴极隔板12b,例如由不锈钢等金属制的隔板基体加压成型,在其中一个面上形成反应气体流路,在其相反面以与反应气体流路交错排列的方式形成冷却水流路。如图1B所示,阳极隔板12a和阴极隔板12b重叠而形成冷却水流路。

[0069] 在MEA 11、阳极隔板12a以及阴极隔板12b上均形成有孔41a、41b、42a、42b、43a、43b,这些孔重叠而形成阳极供给口41a、阳极排出口41b、阴极供给口42a、阴极排出口42b、冷却水供给口43a以及冷却水排出口43b。

[0070] 图2是表示本实施方式中的阻抗测定装置5的基本结构的图。

[0071] 阻抗测定装置5对例如搭载于车辆的燃料电池堆1的内部阻抗进行测定。燃料电池堆1与搭载于车辆的负载3连接。负载3是电动马达、为了使燃料电池堆1发电而使用的辅机等。控制器单元(C/U)6根据由阻抗测定装置5测定出的测定结果来控制负载3的工作状态以及燃料电池堆1的发电状态、湿润状态等运转状态。

[0072] 阻抗测定装置5包括正极侧直流切断部511、负极侧直流切断部512、中途点直流切断部513、正极侧电位差检测部521、负极侧电位差检测部522、正极侧电源部531、负极侧电源部532、交流调整部540以及运算部550。

[0073] 参照图3来说明正极侧直流切断部511、负极侧直流切断部512、中途点直流切断部513、正极侧电位差检测部521以及负极侧电位差检测部522的详细内容。

[0074] 正极侧直流切断部511与燃料电池堆1的正极端子211连接。负极侧直流切断部512与燃料电池堆1的负极端子212连接。中途点直流切断部513与燃料电池堆1的中途点端子213连接。直流切断部511~513将直流信号截断但使交流信号流过。直流切断部511~513例如是电容器、变压器。此外,也可以不设置用虚线表示的中途点直流切断部513。

[0075] 正极侧电位差检测部521检测在正极端子211产生的交流电位 V_a 与在中途点端子213产生的交流电位 V_c 之间的电位差(以下称为“交流电位差 V_1 ”)。正极侧电位差检测部

521向运算部550输出信号水平根据交流电位差 V_1 发生变化的检测信号。

[0076] 负极侧电位差检测部522检测在负极端子212产生的交流电位 V_b 与在中途点端子213产生的交流电位 V_c 之间的电位差(以下称为“交流电位差 V_2 ”)。负极侧电位差检测部522向运算部550输出信号水平根据交流电位差 V_2 发生变化的检测信号。正极侧电位差检测部521和负极侧电位差检测部522例如由差分放大器(仪表放大器)来实现。

[0077] 参照图4来说明正极侧电源部531和负极侧电源部532的详细内容。

[0078] 正极侧电源部531是输出基准频率 f_b 的交流电流的第一电源部。正极侧电源部531例如由运算放大器(OP放大器)等电压电流转换电路来实现。通过该电压电流转换电路来输出与输入电压 V_i 成比例的电流 I_o 。此外, $I_o = V_i / R_s$, R_s 为电流感应电阻。该电压电流转换电路是能够根据输入电压 V_i 来调整输出电流 I_o 的可变交流电流源。

[0079] 通过使用电压电流转换电路来作为正极侧电源部531,即使不实际地测量输出电流 I_o ,也能够通过输入电压 $V_i \div$ 比例常数 R_s 来运算输出电流 I_o ,因此只要检测出输入电压 V_i 就能够求出输出电流 I_o 。另外,由于电压电流转换电路的输出是电流,因此即使在电流通路上存在如电容器那样的产生相位角的元件,流过层叠单体群的交流电流的相位与正极侧电源部531的输出电流的相位也相同。并且,输入电压 V_i 之间的相位也相同。因而,在下一级的电阻计算中不需要考虑交流电流的相位偏移,电路是简单的。并且,即使电流路径中的电容器的阻抗产生偏差,也不会受到交流电流的相位变化的影响。从该点出发,优选使用如图4所示的电路来作为正极侧电源部531。负极侧电源部532也是同样的结构。即,负极侧电源部532是输出基准频率 f_b 的交流电流的第二电源部。

[0080] 参照图5来说明交流调整部540的详细内容。

[0081] 交流调整部540对从正极侧电源部531和负极侧电源部532中的至少一方输出的交流电流的振幅进行调整,使得正极侧的交流电位 V_a 与负极侧的交流电位 V_b 一致。

[0082] 在本实施方式中,交流调整部540使从正极侧电源部531输出的交流电流的振幅和从负极侧电源部532输出的交流电流的振幅这双方增加或减少,使得正极侧的交流电位差 V_1 与负极侧的交流电位差 V_2 均成为规定的值。交流调整部540例如由PI(Proportional Integral:比例积分)控制电路来实现。

[0083] 另外,交流调整部540将针对正极侧电源部531和负极侧电源部532的指令信号作为从正极侧电源部531和负极侧电源部532输出的交流电流 I_1 和 I_2 分别输出到运算部550。

[0084] 交流调整部540包括正极侧检波电路5411、正极侧减法器5421、正极侧积分电路5431、正极侧乘法器5441、负极侧检波电路5412、负极侧减法器5422、负极侧积分电路5432以及负极侧乘法器5442。

[0085] 并且,交流调整部540具备基准电源545和交流信号源546。基准电源545输出以零(0)V为基准而决定的电位差(以下称为“基准电压 V_s ”)。基准电压 V_s 是为了使正极侧的交流电位差 V_1 与负极侧的交流电位差 V_2 一致而预先决定的值。交流信号源546是使基准频率 f_b 的交流信号发生振荡的振荡源。基准频率 f_b 被设定为适于测定燃料电池堆1的内部阻抗的规定的频率。

[0086] 正极侧检波电路5411从在将直流切断部511与正极侧电源部531之间连接的信号线中产生的交流电位 V_a 中去除无用信号,并且将交流电位 V_a 转换为与交流电位 V_a 的振幅成比例的直流信号。例如,正极侧检波电路5411输出交流电位差 V_1 的平均值或有效值来作为

直流信号。

[0087] 在本实施方式中,正极侧检波电路5411由同步检波电路来实现。正极侧检波电路5411从在正极侧电源部531的输出端子产生的交流电位 V_a 提取交流电位差 V_1 的实轴分量 V_{1r} 和虚轴分量 V_{1x} 。而且,正极侧检波电路5411将交流电位差 V_1 的实轴分量 V_{1r} 输出到正极侧减法器5421。实轴分量 V_{1r} 是与交流电位差 V_1 的平均值、有效值相当的值,交流电位差 V_1 的相位相对于交流电流 I_1 的延迟越大,则实轴分量 V_{1r} 的值越小。参照图6在后面记述正极侧检波电路5411的详细内容。

[0088] 正极侧减法器5421通过从自正极侧检波电路5411输出的交流电位差 V_1 的实轴分量 V_{1r} 减去基准电压 V_s ,来计算表示实轴分量 V_{1r} 从基准电压 V_s 偏移的偏移幅度的差信号。例如,从基准电压 V_s 的偏移幅度越大,则差信号的信号水平越大。

[0089] 正极侧积分电路5431通过对从正极侧减法器5421输出的差信号进行积分,来对差信号进行平均化或灵敏度调节。而且,正极侧积分电路5431将积分后的差信号作为正极侧电流指令值 I_{1c} 输出到正极侧乘法器5441。

[0090] 正极侧乘法器5441通过将正极侧电流指令值 I_{1c} 与从交流信号源546输出的基准频率 f_b 的交流信号相乘来输出使交流电位差 V_1 收敛为基准电压 V_s 的交流电流 I_1 的指令信号。正极侧电流指令值 I_{1c} 越大,则指令信号的振幅通过正极侧乘法器5441而被变得越大。正极侧乘法器5441将该交流电流 I_1 的指令信号输出到正极侧电源部531。作为交流电流 I_1 的指令信号被输入到正极侧电源部531的交流电压信号 V_i 通过正极侧电源部531被转换为交流电流信号 I_o 并被输出到燃料电池堆1的正极端子211。

[0091] 此外,负极侧检波电路5412、负极侧减法器5422、负极侧积分电路5432以及负极侧乘法器5442各自的结构分别与正极侧检波电路5411、正极侧减法器5421、正极侧积分电路5431以及正极侧乘法器5441基本相同。

[0092] 图6是表示正极侧检波电路5411的结构的一例的图。

[0093] 正极侧检波电路5411具备同相成分提取部710和正交成分提取部720。

[0094] 同相成分提取部710通过对用于检测与从正极侧电源部531输出的交流电流 I_1 相同的频率成分的同相信号 $\sin(0)$ 乘以来自正极侧电源部531的交流电位 V_a ,来提取交流电位差 V_1 的实轴分量 V_{1r} 。

[0095] 同相信号 $\sin(0)$ 是基准频率 f_b 的交流信号,是相位与从正极侧电源部531输出的交流电流的相位相同的交流信号。同相信号 $\sin(0)$ 例如从交流信号源546被输入到同相成分提取部710。

[0096] 同相成分提取部710具备同相乘法部711和同相低通滤波器712。

[0097] 同相乘法部711对正极侧的交流电位 V_a 乘以同相信号 $\sin(0)$ 。由此,从同相乘法部711输出同交流电位 V_a 的波形与同相信号 $\sin(0)$ 的波形的一致程度相应的同相交流信号。例如,在交流电位 V_a 的相位与同相信号 $\sin(0)$ 的相位完全一致的情况下,输出全波整流波形的同相交流信号。另外,交流电位 V_a 的波形与同相信号 $\sin(0)$ 的波形的一致程度越大,则实轴分量 V_{1r} 越大。

[0098] 同相低通滤波器712检测同相交流信号的直流成分来作为实轴分量 V_{1r} 。在本实施方式中,同相低通滤波器712由去除同相交流信号的交流成分、即高频区域成分而使同相交流信号的直流成分通过的低通滤波器(LPF)来实现。通过同相低通滤波器712而被平滑化后

的同相交流信号被输入到正极侧减法器5421和相位差检测部561。

[0099] 这样,同相成分提取部710通过对交流电位 V_a 乘以相位与正极侧电源部531的输出电流 I_1 的相位相同的同相信号 $\sin(0)$ 来对交流电位 V_a 进行整流。由此,能够从交流电位 V_a 仅提取频率及相位与正极侧电源部531的输出电流 I_1 的频率及相位相同的交流信号来作为实轴分量 V_{1r} 。因此,即使交流电位 V_a 噪声所掩埋,也能够可靠地检测出实轴分量 V_{1r} 。

[0100] 正交成分提取部720被设置为用以检测交流电位 V_a 与交流电位 V_b 的相位差。

[0101] 正交成分提取部720通过对交流电位 V_a 乘以用于检测频率与正极侧电源部531的输出电流 I_1 的频率相同、且相位与该输出电流 I_1 的相位正交的成分的正交信号 $\sin(90)$,来提取交流电位差 V_1 的虚轴分量 V_{1x} 。

[0102] 正交信号 $\sin(90)$ 是基准频率 f_b 的交流信号,是相位相对于正极侧电源部531的输出电流的相位超前90度且振幅与同相信号 $\sin(0)$ 的振幅相同的交流信号。关于正交信号 $\sin(90)$,例如使交流信号源546的相位旋转90度后将其输入到正交成分提取部720。

[0103] 正交成分提取部720具备正交乘法部721和正交低通滤波器722。

[0104] 正交乘法部721对交流电位 V_a 乘以正交信号 $\sin(90)$ 。由此,从正交乘法部721输出同交流电位 V_a 的波形与正交信号 $\sin(90)$ 的波形的一致程度相应的正交交流信号。

[0105] 正交低通滤波器722检测正交交流信号的直流成分来作为虚轴分量 V_{1x} 。在本实施方式中,正交低通滤波器722由去除正交交流信号的交流成分、即高频区域成分而使正交交流信号的直流成分通过的低通滤波器来实现。通过正交低通滤波器722而被平滑化后的正交交流信号作为检测信号的虚轴分量 V_{1x} 被输入到相位差检测部561。

[0106] 这样,正交成分提取部720对交流电位 V_a 乘以正交信号 $\sin(90)$ 来进行整流。由此,能够从交流电位 V_a 仅提取频率与正极侧电源部531的输出电流的频率相同、且相位比该输出电流的相位超前90度的交流信号来作为虚轴分量 V_{1x} 。因此,即使交流电位 V_a 被噪声所掩埋,也能够可靠地检测出虚轴分量 V_{1x} 。

[0107] 如以上那样,正极侧检波电路5411根据交流电位 V_a 来检测交流电位差 V_1 的实轴分量 V_{1r} 和虚轴分量 V_{1x} 。而且,正极侧检波电路5411将实轴分量 V_{1r} 输出到正极侧减法器5421以对从正极侧电源部531输出的交流电流的振幅进行反馈。另外,正极侧检波电路5411向相位差检测部561输出交流电位差 V_1 的虚轴分量 V_{1x} ,以检测在燃料电池堆1的正极端子211和负极端子212产生的交流电位的相位差。

[0108] 此外,在本实施方式中,关于将交流电位差 V_1 的实轴分量 V_{1r} 输出到正极侧减法器5421的例子进行了说明,但是也可以基于交流电位 V_a 求出交流电位差 V_1 的向量值 V_{1p} 并将该向量值 V_{1p} 输出到正极侧减法器5421。具体地说,如下式那样运算实轴分量 V_{1r} 的平方值与虚轴分量 V_{1x} 的平方值之和的平方根来求出向量值 V_{1p} 。

[0109] [数式1]

$$V_{1p} = \sqrt{V_{1r}^2 + V_{1x}^2} \quad \dots (1)$$

[0111] 另外,在本实施方式中,关于从在正极侧电源部531的输出端子产生的交流电位 V_a 提取交流电位差 V_1 的实轴分量 V_{1r} 和虚轴分量 V_{1x} 的例子进行了说明。但是,也可以代替交流电位 V_a 而从正极侧电位差检测部521的输出信号提取交流电位差 V_1 的实轴分量 V_{1r} 和虚轴分量 V_{1x} 。例如,通过对从正极侧电位差检测部521输出的表示交流电位差 V_1 的检测信号乘以同相信号 $\sin(0)$,能够检测交流电位差 V_1 的实轴分量 V_{1r} 。

[0112] 如上所述,交流调整部540对从正极侧电源部531输出的交流电流的振幅进行调整使得从交流电位 V_a 提取出的交流电位差 V_1 的实轴分量 V_{1r} 成为基准电压 V_s 。同样地,交流调整部540对从负极侧电源部532输出的交流电流的振幅进行调整,使得从交流电位 V_b 提取出的交流电位差 V_2 的实轴分量 V_{2r} 成为基准电压 V_s 。

[0113] 因此,交流电位 V_a 和交流电位 V_b 被控制为彼此相同的水平,因此叠加于正极端子211的交流电位的振幅与叠加于负极端子212的交流电位的振幅彼此相等。由此,能够防止交流电流从阻抗测定装置5经由燃料电池堆1向负载3泄漏。此外,以下,将控制正极侧电源部531和负极侧电源部532使得交流电位 V_a 与交流电位 V_b 成为相等电位的情形称为“等电位控制”。

[0114] 然而,发电单体10除了具有电阻成分以外,还等效地具有静电电容(容量)成分,因此由于在燃料电池堆1的内部合成的静电电容成分而存在等电位控制不能正确地发挥功能的情况。以下说明等电位控制不能正确地发挥功能的情况。

[0115] 关于燃料电池堆1的等效电路,能够如图2所示那样表现为正极侧的内部电阻 R_1 和负极侧的内部电阻 R_2 与正极侧的静电电容 C_1 和负极侧的静电电容 C_2 并联连接的电路。而且,发明人发现,该静电电容 C_1 和静电电容 C_2 根据燃料电池堆1的运转状态、负载3的运转状态等的不同而大幅地发生变化。

[0116] 例如,在燃料电池堆1的发电过程中从负载3要求的电力急剧增加从而从燃料电池堆1取出的输出电流增大时,燃料电池堆1内的阳极气体和阴极气体的气体浓度上升。伴随于此,静电电容 C_1 和静电电容 C_2 发生变化,从而表示交流电位差 V_1 的检测信号与表示交流电位差 V_2 的检测信号之间的相位差 ϕ 变大。

[0117] 图7是用于说明表示交流电位差 V_1 和 V_2 的检测信号之间的相位偏移的图。

[0118] 图7中示出了表示交流电位差 V_1 的向量611、表示交流电位差 V_2 的向量612以及表示从向量611减去向量612得到的电位差 V_e 的差向量613。另外,由点划线表示检测信号的振幅。

[0119] 此外,横轴表示以交流电流 I_1 和 I_2 为基准的交流电位差 V_1 和 V_2 的实轴分量,纵轴表示交流电位差 V_1 和 V_2 的虚轴分量。

[0120] 在图7中,向量611和向量612的大小被调整为基准电压 V_s ,根据燃料电池堆1或负载3的运转状态示出了静电电容 C_2 的电抗小于静电电容 C_1 的电抗时的向量611和向量612。

[0121] 向量611由于静电电容 C_1 而相对于交流电流 I_1 延迟了相位角 θ_1 。向量611的实轴分量 V_{1r} 是将交流电流 I_1 与内部电阻 R_1 相乘得到的值。虚轴分量 V_{1x} 是将交流电流 I_1 与容抗 X_{1c} 相乘得到的值。此外,容抗 X_{1c} 是将交流电流 I_1 的角速度 ω 与静电电容 C_1 相乘得到的值的倒数。

[0122] 向量612由于静电电容 C_2 而相对于交流电流 I_2 延迟了相位角 θ_2 。向量612的实轴分量 V_{2r} 是将交流电流 I_2 与内部电阻 R_2 相乘得到的值。虚轴分量 V_{2x} 是将交流电流 I_2 与容抗 X_{2c} 相乘得到的值。此外,容抗 X_{1c} 是将交流电流 I_2 的角速度 ω 与静电电容 C_2 相乘得到的值的倒数。

[0123] 在此,说明向量611的相位角 θ_1 比向量612的相位角 θ_2 小的情况。

[0124] 在燃料电池堆1中,如图1所示那样,阳极排出口41b被设置在正极端子211侧。例如,在设置有用于从阳极排出口41b排出氮气等杂质气体的排气阀的燃料电池系统中,在阳

极排出口41b的附近、即正极端子211侧容易蓄积杂质气体。因此,存在从正极端子211起层叠到中途点端子213为止的发电单体群的氢浓度低于从中途点端子213起层叠到负极端子212为止的发电单体群的氢浓度的情况。

[0125] 在这样的状况中,燃料电池堆1内的氢浓度越低,针对交流电流的、发电单体10所具有的静电电容成分越小,因此静电电容C1小于静电电容C2。其结果,如图7所示,向量611的相位角 θ_1 小于向量612的相位角 θ_2 ,在表示交流电位差V1的检测信号与表示交流电位差V2的检测信号之间产生相位差 ϕ 。

[0126] 图8是表示在表示交流电位差V1和V2的检测信号之间产生了相位差 ϕ 时向负载3泄漏的交流电流的概念图。

[0127] 图8的(a)是表示图7所示的向量611的交流电位差V1和向量612的交流电位差V2的波形的图。图8的(b)是表示差向量613的交流电位差 V_e 的波形的图。在图8的(a)和图8的(b)中,纵轴均表示振幅,横轴是彼此共通的时间轴。

[0128] 如图8的(a)所示,在交流电位差V1与交流电位差V2之间产生了向量611的相位角 θ_1 与向量612的相位角 θ_2 的相位差 ϕ 。在这样的情况下,如图8的(b)所示,在燃料电池堆1的正极端子211与负极端子212之间产生交流电位差 V_e 。

[0129] 由于交流电位差 V_e ,从正极侧电源部531和负极侧电源部532向燃料电池堆1输出的交流电流I1或I2的一部分不流过燃料电池堆1而泄漏到负载3这一方。在此,从负极侧电源部532输出的交流电流I2的一部分从燃料电池堆1的负极端子212泄漏到负载3这一方。

[0130] 当交流电流I2的一部分泄漏到负载3时,例如在运算内部电阻R2时使用的电流指令值I2与实际流过电阻成分R2的电流的实际值之间产生误差,因此导致计算出的内部电阻R2的误差变大。相位差 ϕ 越大,则泄漏到负载3的电流也越多,因此内部电阻R2的测定精度下降。

[0131] 因此,在静电电容C1或静电电容C2根据燃料电池堆1的运转状态而发生变动、从而在交流电位差V1和V2的检测信号之间产生了相位差 ϕ 的状态下,内部电阻R1和R2的测定结果中所包含的误差有时会超出容许范围。

[0132] 即使在这样的测定状态下,从正极侧检波电路5411和负极侧检波电路5412输出的检测信号的信号水平也均通过等电位控制而表示固定的值。因此,探测不到阻抗测定装置5的测定状态不良而进行了阻抗的测定。

[0133] 因此,在本发明的实施方式中,检测由于燃料电池堆1的静电电容成分而引起的被供给到正极端子211和负极端子212这双方的交流电位之间的相位差,根据该相位差来诊断正在对阻抗进行测定的测定状态是否不良。

[0134] 在第一实施方式中,利用图5所示的相位差检测部561和判定电路562来实现上述诊断。

[0135] 相位差检测部561是检测在燃料电池堆1的正极端子211产生的交流电位与在负极端子212产生的交流电位之间的相位差的电路。相位差检测部561根据从正极侧检波电路5411输出的交流电位差V1的检测信号和从负极侧检波电路5412输出的交流电位差V2的检测信号,来计算交流电位差V1与交流电位差V2之间的相位差。

[0136] 具体地说,相位差检测部561按照下式,使用从正极侧检波电路5411输出的交流电位差V1的实轴分量 V_{1r} 和虚轴分量 V_{1x} 来运算交流电位差V1的相位角 θ_1 。

[0137] [数式2]

$$[0138] \quad \theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{V1r}{V1x} \right) \quad \dots (2)$$

[0139] 并且,相位差检测部561按照下式,使用从负极侧检波电路5412输出的交流电位差V2的实轴分量V2r和虚轴分量V2x来运算交流电位差V2的相位角 θ_2 。

[0140] [数式3]

$$[0141] \quad \theta_2 = \tan^{-1} \left(\frac{V2r}{V2x} \right) \quad \dots (3)$$

[0142] 而且,相位差检测部561如下式那样计算从交流电位差V1的相位角 θ_1 减去交流电位差V2的相位角 θ_2 得到的值来作为在正极端子211产生的交流电位与在负极端子产生的交流电位之间的相位差 Φ ,并将该相位差 Φ 输出到判定电路562。

[0143] [数式4]

$$[0144] \quad \Phi = \theta_1 - \theta_2 \dots (4)$$

[0145] 判定电路562将从相位差检测部561输出的相位差 Φ 与预先决定的容许值Th1进行比较,来诊断正在对内部电阻R1和R2进行测定的测定状态是否不良。

[0146] 相位差 Φ 的容许值Th1是能够容许测定误差的范围内的上限值、即阈值,根据实验数据等来设定。此外,参照图10在后面记述容许值Th1的决定方法。

[0147] 在本实施方式中,判定电路562在相位差 Φ 大于容许值Th1的情况下、或者相位差 Φ 等于容许值Th1的情况下,判断为由于相位差 Φ 而引起等电位控制不良,生成表示测定状态不良这种意思的高(High)水平的判定信号。

[0148] 另一方面,判定电路562在相位差 Φ 小于容许值Th1的情况下,生成表示测定状态良好这种意思的低(Low)水平的判定信号。而且,判定电路562将所生成的判定信号输出到控制器单元6或运算部550。

[0149] 参照图9来说明运算部550的详细内容。

[0150] 从正极侧电位差检测部521和负极侧电位差检测部522输出的表示交流电位差V1和V2的检测信号以及针对正极侧电源部531和负极侧电源部532的交流电流I1和I2的指令信号被输入到运算部550。即,运算部550获取交流电流I1和I2的检测值以及交流电位差V1和V2的检测值。

[0151] 运算部550根据交流电位差V1和V2以及交流电流I1和I2来运算燃料电池堆1的内部阻抗。

[0152] 例如,运算部550根据来自正极侧电位差检测部521的检测信号来运算交流电位差V1的实轴分量和虚轴分量,并且根据来自负极侧电位差检测部522的检测信号来运算交流电位差V2的实轴分量和虚轴分量。

[0153] 在本实施方式中,运算部550通过对交流电位差V1的实轴分量除以交流电流I1来计算内部电阻R1,通过对交流电位差V2的实轴分量除以交流电流I2来计算内部电阻R2。此外,运算部550也可以使用交流电位差V1和V2的虚轴分量来计算静电电容C1和C2。

[0154] 此外,也可以是,运算部550根据来自正极侧电位差检测部521和负极侧电位差检测部522的检测信号求出交流电位差V1和V2的平均值或有效值,根据来自交流调整部540的指令信号求出交流电流I1和I2的平均值或有效值。而且,运算部550通过对交流电位差V1的

平均值或有效值除以交流电流I1的平均值或有效值来计算内部电阻R1,通过对交流电位差V2的平均值或有效值除以交流电流I2的平均值或有效值来计算内部电阻R2。

[0155] 运算部550具备AD(Analog Digital:模拟数字)转换器551和微型计算机芯片552。

[0156] AD转换器551将作为模拟信号的交流电流的指令信号(I1、I2)和交流电位差的检测信号(V1、V2)转换为数字数值信号,并将该数字数值信号传输到微型计算机芯片552。

[0157] 微型计算机芯片552中预先存储有用于计算内部电阻Rn和燃料电池堆1整体的内部电阻R的程序。微型计算机芯片552以规定的微小时间为间隔依次进行运算,或者根据控制器单元6的要求来输出运算结果。此外,关于内部电阻Rn和燃料电池堆1整体的内部电阻R,通过下式来运算。

[0158] [数式5]

[0159] 电阻运算式 $R_n = \frac{V_n}{I_n} \quad (n=1,2,\dots,n) \quad \dots (5-1)$

[0160] 整体的电阻值 $R = \Sigma R_n \dots (5-2)$

[0161] 运算部550也可以由使用模拟运算IC的模拟运算电路来实现。根据模拟运算电路,能够将在时间上连续的电阻值的变化输出到控制器单元6。

[0162] 控制器单元6获取从运算部550输出的内部电阻R来作为阻抗的测定结果,并且获取从判定电路562输出的判定信号来作为测定状态的判定结果。判定信号例如经由运算部550被输入到控制器单元6。

[0163] 控制器单元6根据内部电阻R的测定结果来控制燃料电池堆1的运转状态。例如,在内部电阻R高的情况下,控制器单元6判断为燃料电池堆1的电解质膜干燥的状态,减少向燃料电池堆1供给的阴极气体的流量。由此,能够减少从燃料电池堆1带出的水分量。

[0164] 在本实施方式中,当静电电容C1与静电电容C2失去平衡而使交流电位差V1与V2的相位差 ϕ 变大从而判定信号变为高水平时,控制器单元6判定为测定状态不良,将内部电阻R的测定结果丢弃。

[0165] 然后,控制器单元6将在判定信号从低水平被切换为高水平之前由运算部550运算出的内部电阻R设定为测定结果,将测定结果固定,直到判定信号恢复成低水平。

[0166] 具体地说,控制器单元6每当以规定的采样周期来获取内部电阻R时,都将该电阻值按时间序列记录到未图示的存储器中,仅以特定的期间保持于存储器。而且,控制器单元6根据在判定信号从低水平被切换为高水平的时点存储器中保持的多个电阻值,来计算被用作测定结果的固定值。作为固定值,例如使用将存储器中保持的多个电阻值进行平均得到的平均值、多个电阻值中的最后被记录到存储器中的最新的值等。

[0167] 此外,在此,关于在判定为阻抗测定装置5的测定状态不良的情况下将内部电阻R的测定结果丢弃的例子进行了说明,但是也可以不丢弃测定结果而生成对测定结果附加表示测定不良的符号、由相位差检测部561检测出的相位差 ϕ 等后的测定数据。在控制器单元6中存在多个用于控制燃料电池堆1的阴极气体供给流量、阳极气体供给流量、冷却水温度等的控制块,在假设每个控制块所要求的内部电阻R的测定精度不同的情况下,能够根据对测定数据附加的符号来改变对测定结果的处理。

[0168] 另外,在本实施方式中,关于在交流调整部540中设置判定电路562的例子进行了说明,但是不限于此。

[0169] 例如,也可以是,将由相位差检测部561检测出的相位差 ϕ 直接输入到控制器单元6,由控制器单元6来诊断阻抗测定装置5的测定状态是否不良。或者,也可以是,将相位差 ϕ 输入到运算部550,由运算部550来进行测定状态的诊断,在判定为测定不良的情况下,将运算结果丢弃,而将判定为测定不良之前的测定结果输出到控制器单元6。

[0170] 并且,在本实施方式中,关于在相位差检测部561中运算交流电位差 V_1 与交流电位差 V_2 的相位差 ϕ 的例子进行了说明,但是也可以在运算部550中求出相位差 ϕ 。

[0171] 具体地说,将从正极侧检波电路5411输出的实轴分量 V_{1r} 和虚轴分量 V_{1x} 以及从负极侧检波电路5412输出的实轴分量 V_{2r} 和虚轴分量 V_{2x} 输入到运算部550,在运算部550中使用式(2)~式(4)进行计算来求出相位差 ϕ 。

[0172] 另外,在本实施方式中,关于为了探测测定状态是否不良而使用交流电位差 V_1 与交流电位差 V_2 的相位差 ϕ 的例子进行了说明,但是也可以使用正极侧的虚轴分量 V_{1x} 与负极侧的虚轴分量 V_{2x} 之差 ΔV_x 。

[0173] 如下式所示,交流电位差 V_1 与交流电位差 V_2 的相位差 ϕ 同从正极侧的虚轴分量 V_{1x} 减去负极侧的虚轴分量 V_{2x} 得到的差 ΔV_x 之间存在比例关系。例如,检测信号的相位差 ϕ 越大,则虚轴分量的差 ΔV_x 越大。

[0174] [数式6]

$$[0175] \quad \phi \propto (V_{1x} - V_{2x}) \cdots (6)$$

[0176] 因而,通过利用式(6)的关系,能够在虚轴分量的差 ΔV_x 超过规定的容许值的情况下判定为测定状态不良。此外,容许值为能够容许阻抗的测定误差的范围内的上限值,基于实验数据等,根据系统设计来设定。

[0177] 接着,说明针对交流电位 V_a 与交流电位 V_b 之间的相位差 ϕ 设定容许值 Th_1 的设定方法。

[0178] 图10是用于说明针对判定电路562中所使用的相位差 ϕ 设定容许值的设定方法的一例的图。

[0179] 在图10中,假定振幅值根据相位差 ϕ 的大小而发生变化的漏电流 $I_L(\phi)$ 与阻抗的测定误差 E 之间的关系具有线性特性。在这样的情况下,将阻抗测定装置5的电路结构模型化来求出传递函数 G 。

[0180] 作为传递函数 G 的电路模型,正极侧和负极侧的交流电流 I_1 和 I_2 被输入到燃料电池堆1。而且,交流电位差 V_1 和 V_2 、交流电流 I_1 和 I_2 、以及漏电流 $I_L(\phi)$ 从燃料电池堆1被输入到阻抗测定装置5,该漏电流 $I_L(\phi)$ 是交流电流 I_1 或 I_2 的一部分从燃料电池堆1的一方的电极端子泄漏到负载3并流向另一方的电极端子的电流。由此,将内部电阻 R 与同漏电流 $I_L(\phi)$ 相应的测定误差 $E(\phi)$ 相加得到的加法运算值作为测定结果从阻抗测定装置5被输出。

[0181] 该传递函数 G 的输入为被调整为基准电压 V_s 时的正极侧和负极侧的交流电位差 V_1 和 V_2 、从交流电流 I_1 减去漏电流 I_L 得到的正极侧的交流电流 $(I_1 - I_L)$ 、以及将漏电流 I_L 与交流电流 I_2 相加得到的负极侧的交流电流 $(I_2 + I_L)$ 。针对这些输入,传递函数 G 的输出为对内部电阻 R (V_s 、 I_1 、 I_2)加上测定误差 $E(\phi)$ 得到的值。

[0182] 针对这样的传递函数 G 的逆函数 G^{-1} ,通过将根据测定结果的用途决定的测定误差的容许值 $E(\phi)$ 代入到逆传递函数 G^{-1} 中,来计算漏电流 $I_L(\phi)$,该计算值被用于判定测定状态是否不良的判定值。相位差 ϕ 的容许值 Th_1 根据该判定值来决定。

[0183] 此外,在此,关于对传递函数G求解来设定容许值Th1的例子进行了说明,但是并不限于此。例如,也可以是,预先通过实验等求出由相位差检测部561检测出的相位差 ϕ 与阻抗测定装置5的测定误差 $E(\phi)$ 之间的关系,基于其结果将与容许的测定误差 $E(\phi)$ 对应的相位差 ϕ 设定为容许值Th1。

[0184] 另外,在本实施方式中,关于将容许值Th1固定为预先决定的值的例子进行了说明,但是构成燃料电池堆1的物质的特性随着燃料电池堆1的使用时间变长而劣化,因此也可以将这样的劣化要因考虑在内地适当地变更容许值Th1。

[0185] 例如,将表示燃料电池堆1被使用的时间的累计值与相位差 ϕ 的容许值之间的关系的数据表、函数式等预先存储于阻抗测定装置5,在阻抗测定装置5启动等时使用该数据表等来变更容许值Th1。另外,也可以是,除了燃料电池堆1的使用累计时间以外,还考虑由于设置于阻抗测定装置5的正极侧电源部531和负极侧电源部532的交流电流的振荡精度的下降等而引起的变动要素来设定或校正容许值Th1。

[0186] 由此,能够适当地设定用以判定阻抗的测定状态是否不良的容许值。因此,能够适当地诊断测定状态是否不良,能够提高针对测定结果的可靠性。

[0187] 图11是表示通过控制器来实现由交流调整部540进行的控制时的控制方法的一例的流程图。

[0188] 在步骤S1中,控制器判定正极交流电位 V_a 是否大于规定值。如果判定结果为否,则控制器将处理转移到步骤S2,如果判定结果为是,则控制器将处理转移到步骤S3。

[0189] 在步骤S2中,控制器判定正极交流电位 V_a 是否小于规定值。如果判定结果为否,则控制器将处理转移到步骤S4,如果判定结果为是,则控制器将处理转移到步骤S5。

[0190] 在步骤S3中,控制器降低正极侧电源部531的输出。即,控制器使交流电流I1的振幅减小。由此,正极交流电位 V_a 下降。

[0191] 在步骤S4中,控制器维持正极侧电源部531的输出。由此,正极交流电位 V_a 被维持。

[0192] 在步骤S5中,控制器提高正极侧电源部531的输出。由此,正极交流电位 V_a 上升。

[0193] 在步骤S6中,控制器判定负极的交流电位 V_b 是否大于规定值。如果判定结果为否,则控制器将处理转移到步骤S7,如果判定结果为是,则控制器将处理转移到步骤S8。

[0194] 在步骤S7中,控制器判定负极的交流电位 V_b 是否小于规定值。如果判定结果为否,则控制器将处理转移到步骤S9,如果判定结果为是,则控制器将处理转移到步骤S10。

[0195] 在步骤S8中,控制器降低负极侧电源部532的输出。由此,负极交流电位 V_b 下降。

[0196] 在步骤S9中,控制器维持负极侧电源部532的输出。由此,负极交流电位 V_b 被维持。

[0197] 在步骤S10中,控制器提高负极侧电源部532的输出。由此,负极交流电位 V_b 上升。

[0198] 在步骤S11中,控制器判定交流电位 V_a 和交流电位 V_b 是否为规定值。如果判定结果为是,则控制器将处理转移到步骤S12,如果判定结果为否,则退出处理。

[0199] 在步骤S12中,控制器根据上述的式(5-1)和式(5-2)来运算内部电阻值。

[0200] 图12是表示控制器执行阻抗测定装置5的控制时的时间图。此外,为了易于判明与流程图之间的对应关系而一并记载了步骤编号。

[0201] 图12的初期是正极侧的内部电阻值 R_1 比负极侧的内部电阻值 R_2 高的状态(图12的(A))。在这样的状态下,控制器开始进行控制。

[0202] 在时刻 t_0 ,正极交流电位 V_a 和负极交流电位 V_b 均未达到控制水平(图12的(C))。在

该状态下,控制器重复进行步骤S1→S2→S5→S6→S7→S10→S11。由此,正极侧的交流电流I1和负极侧的交流电流I2增大(图12的(B))。

[0203] 如果在时刻t1正极的交流电位Va达到了控制水平(图12的(C)),则控制器重复进行步骤S1→S2→S4→S6→S7→S10→S11。由此,正极侧交流电流I1被维持,并且负极侧的交流电流I2增大(图12的(B))。

[0204] 如果在时刻t2负极交流电位Vb也达到控制水平而成为与正极的交流电位Va相同的水平(图12的(C)),则控制器进行步骤S1→S2→S4→S6→S7→S9→S11→S12的处理。由此,正极侧的交流电流I1和负极侧的交流电流I2被维持。然后,根据式(1-1)来运算正极侧的内部电阻值R1和负极侧的内部电阻值R2。然后,将正极侧的内部电阻值R1与负极侧的内部电阻值R2相加来求出整体的内部电阻R。

[0205] 在时刻t3以后,由于燃料电池堆的湿润状态发生变化等而负极侧的内部电阻值R2上升(图12的(A))。在该情况下,控制器重复进行步骤S1→S2→S4→S6→S8→S11→S12。通过这样进行处理,使负极侧的交流电流I2相应于负极侧的内部电阻值R2的上升而下降,因此负极的交流电位Vb被维持为与正极的交流电位Va相同的水平。因而,在该状态下也能够运算内部电阻R。

[0206] 在时刻t4以后,负极侧的内部电阻值R2与正极侧的内部电阻值R1一致(图12的(A))。在该情况下,控制器重复进行步骤S1→S2→S4→S6→S7→S9→S11→S12。通过这样进行处理,将正极侧的交流电位Va与负极侧的交流电位Vb维持为相同的水平(图12的(C)),并运算内部电阻R。

[0207] 接着,说明通过阻抗测定装置5的等电位控制而使测定状态良好时的作用效果。

[0208] 图13是例示在阻抗测定装置5的测定状态良好的情况下在燃料电池堆1的正极端子211产生的正极电位以及在负极端子212产生的负极电位的状态的图。

[0209] 在燃料电池堆1的输出过程中,在正极端子211与负极端子212之间产生电位差V3。在阻抗测定装置5启动(ON)之前,正极电位和负极电位是固定的,直流电压被供给到负载3。之后,阻抗测定装置5启动,当从正极侧电源部531和负极侧电源部532输出交流电流I1和I2时,交流电位Va被叠加于正极电位,交流电位Vb被叠加于负极电位。

[0210] 而且,正极侧电源部531和负极侧电源部532按照交流调整部540的指令信号来调整交流电流I1和I2的振幅并输出。

[0211] 从正极侧电源部531输出的交流电流I1经由正极侧直流切断部511被输出到燃料电池堆1的正极端子211,经由中途点端子213和中途点直流切断部513流向正极侧电位差检测部521。此时,在正极端子211与中途点端子213之间,由于根据内部电阻R1和静电电容C1所决定的阻抗以及交流电流I1而产生交流电位差V1($V1 = Va - Vc$)。该交流电位差V1由正极侧电位差检测部521来检测。

[0212] 另一方面,从负极侧电源部532输出的交流电流I2经由负极侧直流切断部512被输出到燃料电池堆1的负极端子212,经由中途点端子213和中途点直流切断部513流向负极侧电位差检测部522。此时,在负极端子212与中途点端子213之间,由于根据内部电阻R2和静电电容C2所决定的阻抗以及交流电流I2而产生交流电位差V2($V2 = Vb - Vc$)。该交流电位差V2由负极侧电位差检测部522来检测。

[0213] 交流调整部540对正极侧电源部531和负极侧电源部532进行调节,使得燃料电池

堆1的正极侧的交流电位差 V_1 与负极侧的交流电位差 V_2 之间的差(V_1-V_2)、即交流电位 V_a 与交流电位 V_b 的差(V_a-V_b)始终小。

[0214] 因此,被调整成正极电位的交流成分 V_a 的振幅与负极电位的交流成分 V_b 的振幅相同,因此在交流电位 V_a 与交流电位 V_b 之间未产生相位差 ϕ 的状态下,电位差 V_3 不发生变动,而是固定的。

[0215] 而且,运算部550使用从正极侧电位差检测部521和负极侧电位差检测部522输出的交流电位差 V_1 和 V_2 、以及从正极侧电源部531和负极侧电源部532输出的交流电流 I_1 和 I_2 来应用欧姆定律。由此,在运算部550中计算出燃料电池堆1的正极侧的内部电阻 R_1 和负极侧的内部电阻 R_2 。

[0216] 在此,正极端子211和负极端子212的交流电位相同,因此即使在正极端子211和负极端子212上连接有行驶用马达等负载装置3,也能够抑制交流电流向负载装置3泄漏。

[0217] 由此,流过作为测定内部电阻的对象的燃料电池堆1的交流电流值 I_1 和 I_2 与从正极侧电源部531和负极侧电源部532输出的交流电流值大致一致。因此,能够根据从正极侧电源部531和负极侧电源部532输出的交流电流值准确地求出燃料电池堆1的内部电阻值 R_1 和内部电阻值 R_2 。并且,不论负载装置3的状态如何,都能够根据正在工作中的燃料电池堆1的内部电阻值 R_1 和内部电阻值 R_2 来准确地测定燃料电池堆1整体的内部电阻值 R 。另外,由于使用正极侧电源部531和负极侧电源部532,因此即使燃料电池堆1处于停止状态也能够测定内部电阻 R 。

[0218] 图14是表示用于探测阻抗测定装置5的测定状态是否不良的不良探测方法的处理过程例的流程图。

[0219] 在步骤S101中,正极侧检波电路5411将正极侧的交流电位差 V_1 分解为实轴分量 V_{1r} 和虚轴分量 V_{1x} ,并将实轴分量 V_{1r} 和虚轴分量 V_{1x} 输出到相位差检测部561。

[0220] 在步骤S102中,相位差检测部561按照式(2),根据交流电位差 V_1 的实轴分量 V_{1r} 和虚轴分量 V_{1x} 来运算交流电位差 V_1 相对于交流电流 I_1 的相位角 θ_1 。

[0221] 在步骤S103中,负极侧检波电路5412将负极侧的交流电位差 V_2 分解为实轴分量 V_{2r} 和虚轴分量 V_{2x} ,并将实轴分量 V_{2r} 和虚轴分量 V_{2x} 输出到相位差检测部561。

[0222] 在步骤S104中,相位差检测部561按照式(3),根据交流电位差 V_2 的实轴分量 V_{2r} 和虚轴分量 V_{2x} 来运算交流电位差 V_2 相对于交流电流 I_2 的相位角 θ_2 。

[0223] 在步骤S105中,相位差检测部561按照式(4),将从交流电位差 V_1 的相位角 θ_1 减去交流电位差 V_2 的相位角 θ_2 得到的值作为交流电位差 V_1 与交流电位差 V_2 之间的相位差 ϕ 输出到判定电路562。

[0224] 在步骤S106中,判定电路562判断相位差 ϕ 是否小于容许值 Th_1 。然后,判定电路562在相位差 ϕ 小于容许值 Th_1 的情况下,判定为内部电阻 R 的测定状态良好。另一方面,在相位差 ϕ 为容许值 Th_1 以上的情况下,判定电路562判定为测定状态不良。判定电路562将该判定的结果输出到运算部550。

[0225] 在步骤S107中,在判定为内部电阻 R 的测定状态良好的情况下,运算部550将在图11所示的步骤S12中运算出的电阻值作为测定结果输出到控制器单元6。此外,运算部550也可以生成表示在步骤S12中运算出的电阻值、判定结果以及相位差 ϕ 的测定数据并输出该测定数据。

[0226] 另一方面,在步骤S108中,在判定为内部电阻R的测定状态不良的情况下,运算部550执行伴随着测定不良的测定结果处理。

[0227] 在测定结果处理中,运算部550将在步骤S12中运算出的电阻值丢弃,将判定为测定不良之前的电阻值作为测定结果并在例如规定时间输出到控制器单元6。或者,也可以是,运算部550生成表示在步骤S12中运算出的电阻值和判定结果的测定数据并输出该测定数据。

[0228] 当在步骤S107或S108中处理结束时,基于相位差 ϕ 的不良探测方法的一系列的处理过程结束。

[0229] 根据本发明的第一实施方式,对作为层叠电池的一例的燃料电池堆1的阻抗进行测定。该阻抗测定装置5具备:正极侧电源部531,其对燃料电池堆1的正极端子211输出规定的基准频率 f_b 的交流电流;以及负极侧电源部532,其对燃料电池堆1的负极端子212输出基准频率 f_b 的交流电流。还具备:正极侧电位差检测部521,其检测正极端子211与中途点端子213之间的交流电位差 V_1 ;以及负极侧电位差检测部522,其检测负极端子212与中途点端子213之间的交流电位差 V_2 。而且,具备:交流调整部540,其对从正极侧电源部531和负极侧电源部532中的至少一方输出的交流电流的振幅进行调整,使得交流电位差 V_1 与交流电位差 V_2 一致;以及运算部550,其根据调整后的交流电流和交流电位差来运算阻抗。

[0230] 阻抗测定装置5还具备相位差检测部561,该相位差检测部561求出在正极端子211产生的交流电位与在负极端子212产生的交流电位之间的相位差 ϕ 、或者与相位差 ϕ 存在相关关系的参数。而且,根据相位差 ϕ 或与相位差 ϕ 有关的参数,来执行诊断测定状态是否不良的诊断处理、将测定结果丢弃的取消处理以及将测定结果固定为可靠性高的规定的值的保持处理中的任一处理。

[0231] 这样,通过检测在正极端子211产生的交流电位与在负极端子212产生的交流电位之间的相位差 ϕ ,来执行测定状态的诊断处理、测定结果的取消处理、保持处理,因此能够确保关于测定结果的可靠性。因而,能够实现维持、提高针对在由于层叠电池的静电电容成分的偏差而引起阻抗测定装置5的测定精度下降时的测定结果的可靠性。

[0232] 例如,存在以下情况:针对基准频率 f_b 的交流信号的燃料电池堆1的静电电容成分根据燃料电池堆1的运转状态而发生变化,正极侧的静电电容 C_1 与负极侧的静电电容 C_2 的差变大。在这样的情况下,在燃料电池堆1的正极端子211产生的交流电位与在负极端子212产生的交流电位之间的相位差 ϕ 变大,向与燃料电池堆1连接的负载3泄漏的交流电流变多。

[0233] 其结果,正极侧电源部531的输出电流 I_1 与流过内部电阻 R_1 的实际的电流之间的误差以及负极侧电源部532的输出电流 I_2 与流过内部电阻 R_2 的实际的电流之间的误差均变大,因此导致内部电阻R的测定精度下降。

[0234] 另外,关于由阻抗测定装置5测定出的内部电阻R,在燃料电池系统中例如为了控制燃料电池堆1的湿润度而使用。因此,如果是在内部电阻R的测定精度下降了的状态、即阻抗测定装置5的测定状态不良的状态下测定出的内部电阻R,则难以适当地控制燃料电池堆1的湿润度。

[0235] 作为其对策,在本实施方式中,阻抗测定装置5检测相位差 ϕ 或与相位差 ϕ 有关的参数来探测阻抗的测定精度由于静电电容 C_1 与静电电容 C_2 的偏差而下降了的情形。

[0236] 例如,阻抗测定装置5在根据相位差 ϕ 判断为测定状态不良的情况下,与测定结果一并输出表示测定状态不良这种意思的诊断结果。由此,在使用测定结果的系统中,在测定结果的用途、系统所要求的测定精度等不同的情况下,能够根据测定状态的诊断结果来判断是否使用内部电阻R。

[0237] 或者,也可以是,阻抗测定装置5在判定为测定状态不良的情况下,将测定结果丢弃。由此,不会输出测定精度低且可靠性低的测定结果,因此能够仅将可靠性高的测定结果可靠地向控制器单元6等输出。

[0238] 并且,即使在测定状态不良时,也可以输出在判定为不良之前测定出的过去的测定结果。由此,相对于无论阻抗测定装置5的测定状态如何都必须利用其测定结果来继续进行控制的系统而言,能够输出测定状态良好时的测定结果、即测定精度高的测定结果。

[0239] 通常,在燃料电池堆1中,内部电阻R主要根据发电单体10的湿润程度而发生变化,与此相对,静电电容C1或C2根据燃料电池堆1内的气体状态、负载3的工作状态等而发生变化。因此,可以说内部电阻R的变化与静电电容C的变化的相关性低。

[0240] 因而,即使在伴随着静电电容C1或C2的变动而相位差 ϕ 变大从而判定为测定状态不良那样的状况中,电阻成分R也有很高的可能性表示固定的值。因此,在根据相位差 ϕ 判定为测定状态不良的情况下,通过将判定为不良之前的内部电阻值作为测定结果输出,能够提高针对输出结果的可靠性。

[0241] 这样,根据第一实施方式,对于由于层叠电池的静电电容成分而引起的阻抗测定装置5的测定精度的下降,能够维持、提高关于测定结果的可靠性。

[0242] 另外,在本实施方式中,相位差检测部561根据表示从正极侧检波电路5411输出的交流电位差V1的检测信号以及表示从负极侧检波电路5412输出的交流电位差V2的检测信号来运算相位差 ϕ 。

[0243] 而且,阻抗测定装置5在相位差 ϕ 为规定的阈值Th1以上的情况下,判定为测定状态不良,在相位差 ϕ 小于阈值Th1的情况下,判定为测定状态良好。阈值Th1根据系统所要求的测定精度的容许范围等来设定。

[0244] 因此,关于阻抗测定装置5,即使在交流电位差V1与交流电位差V2之间产生相位差 ϕ ,只要相位差 ϕ 在测定误差的容许范围内,就判断为测定状态良好,仅在相位差 ϕ 超出容许范围的情况下判定为测定不良。由此,能够根据使用测定结果的系统的要求来简单且适当地诊断测定状态。

[0245] 此外,在本实施方式中,关于使用从正极侧检波电路5411和负极侧检波电路5412输出的检测信号来作为交流电位差V1和V2的各检测信号的例子进行了说明。但是,也可以代替从正极侧检波电路5411和负极侧检波电路5412输出的检测信号而使用从正极侧电位差检测部521和负极侧电位差检测部522输出的检测信号来求出相位差 ϕ 。

[0246] (第二实施方式)

[0247] 图15是表示本发明的第二实施方式中的交流调整部540和相位差检测部571的结构图。

[0248] 在第二实施方式中,代替图5所示的相位差检测部561和判定电路562而具备相位差检测部571和判定电路572。此外,除相位差检测部571和判定电路572以外的结构与图5所示的交流调整部540的结构相同,因此在此省略说明。

[0249] 从正极侧积分电路5431输出的正极侧电流指令值I1c和从负极侧积分电路5432输出的负极侧电流指令值I2c被输入到相位差检测部571。

[0250] 相位差检测部571计算正极侧电流指令值I1c的时间变化量 $\Delta I1c$ 与负极侧电流指令值I2c的时间变化量 $\Delta I2c$ 的差。时间变化量 $\Delta I1c$ 和 $\Delta I2c$ 是指时间变化率,表示正极侧电流指令值I1c和负极侧电流指令值I2c在同一时间段内增加或减少的量。

[0251] 一般地,在燃料电池堆1的内部电阻R发生变化时,正极侧电流指令值I1c和负极侧电流指令值I2c以正极侧电流指令值I1c与负极侧电流指令值I2c的差大致固定的状态向相同的方向发生变化。例如,在内部电阻R下降时,正极侧电流指令值I1c和负极侧电流指令值I2c均增加,在内部电阻R上升时,正极侧电流指令值I1c和负极侧电流指令值I2c均减少。

[0252] 与此相对,在燃料电池堆1的正极端子211与负极端子212之间的输出电压急剧地发生了变动时,正极侧电流指令值I1c和负极侧电流指令值I2c容易向相反的方向发生变化。像这样变化的理由是,由于燃料电池堆1的输出电压的变动,而电压变动被传递至正极侧电源部531,导致交流电位Va的相位角等发生了改变。其结果,相位差 ϕ 变大,从而向负载3泄漏的电流量变大。

[0253] 因此,相位差检测部571使用从时间变化量 $\Delta I1c$ 减去时间变化量 $\Delta I2c$ 得到的差的绝对值作为与相位差 ϕ 相关联的参数,来判断正极侧电流指令值I1c和负极侧电流指令值I2c是否向相反的方向发生了变化。

[0254] 图16A是表示用于判断正极侧电流指令值I1c和负极侧电流指令值I2c是否向相反的方向发生了变化的判断方法的图。图16B是表示正极侧电流指令值I1c与负极侧电流指令值I2c的绝对差同测定状态之间的关系的图。

[0255] 在图16A中,相位差检测部571以规定的判定周期(S秒)来一并获取正极侧电流指令值I1c和负极侧电流指令值I2c,并将该正极侧电流指令值I1c和负极侧电流指令值I2c均记录到存储器5711中。与此同时,相位差检测部571从存储器5711读出前次记录的正极侧电流指令值I1c和负极侧电流指令值I2c。

[0256] 在时刻n,相位差检测部571获取正极侧电流指令值I1c(n),从存储器5711读出在在时刻n的S秒之前时获取到的前次的正极侧电流指令值I1c(n-s)。此外,在此,电流指令值的获取时刻用括号示出。

[0257] 而且,相位差检测部571如下式那样通过从本次获取到的正极侧电流指令值I1c(n)减去前次获取到的正极侧电流指令值I1c(n-s),来计算正极侧电流指令值I1c的时间变化量 $\Delta I1c$ 。

[0258] [数式7]

$$[0259] \quad \Delta I1c = I1c(n) - I1c(n-s) \cdots (7)$$

[0260] 在此,正极侧电流指令值I1c减少,因此时间变化量 $\Delta I1c$ 为负(minus)的值。

[0261] 另外,相位差检测部571在时刻n获取负极侧电流指令值I2c(n),从存储器5711读出前次获取到的负极侧电流指令值I2c(n-s)。而且,相位差检测部571如下式那样通过从本次获取到的负极侧电流指令值I2c(n)减去前次获取到的负极侧电流指令值I2c(n-s),来计算负极侧电流指令值I2c的时间变化量 $\Delta I2c$ 。

[0262] [数式8]

$$[0263] \quad \Delta I2c = I2c(n) - I2c(n-s) \cdots (8)$$

[0264] 在此,负极侧电流指令值 I_{2c} 增加,因此时间变化量 ΔI_{2c} 为正(plus)的值。

[0265] 接着,相位差检测部571如下式那样计算从正极侧电流指令值 I_{1c} 的时间变化量 ΔI_{1c} 减去负极侧电流指令值 I_{2c} 的时间变化量 ΔI_{2c} 得到的减法运算的值的绝对值。

[0266] 在时刻 n ,时间变化量 ΔI_{1c} 为负的值,时间变化量 ΔI_{2c} 为正值,因此时间变化量 ΔI_{1c} 与时间变化量 ΔI_{2c} 的差的绝对值为最大的值。这样,在正极侧电流指令值 I_{1c} 和负极侧电流指令值 I_{2c} 向相反的方向发生了变化时,正极侧电流指令值 I_{1c} 的时间变化量 ΔI_{1c} 与负极侧电流指令值 I_{2c} 的时间变化量 ΔI_{2c} 的差的绝对值(绝对差)变大。

[0267] 因此,如图16B所示,在时间变化量 ΔI_{1c} 与时间变化量 ΔI_{2c} 的差的绝对值($|\Delta I_{1c} - \Delta I_{2c}|$)大于预先决定的容许值 Th_2 时,判定为测定状态不良。

[0268] 因而,在本实施方式中,判定电路572如下式那样判断正极侧电流指令值 I_{1c} 的时间变化量 ΔI_{1c} 与负极侧电流指令值 I_{2c} 的时间变化量 ΔI_{2c} 的差的绝对值是否大于容许值 Th_2 。

[0269] [数式9]

$$[0270] \quad |\Delta I_{1c} - \Delta I_{2c}| < Th_2 \cdots (9)$$

[0271] 而且,如图16A所示,在时刻 n ,判定电路572判断为时间变化量 ΔI_{1c} 与时间变化量 ΔI_{2c} 的差的绝对值大于容许值 Th_2 ,从而判定为阻抗的测定状态不良。

[0272] 在这样的状况中,在被供给到燃料电池堆1的交流电流 I_1 和 I_2 的一部分泄漏到负载3的状态下,等电位控制为平衡状态,因此关于时刻 n 以后,也从阻抗测定装置5输出测定状态不良的判定结果。

[0273] 此外,在本实施方式中,关于使用时间变化量 ΔI_{1c} 与时间变化量 ΔI_{2c} 的差的绝对值来判定测定状态的例子进行了说明,但是判定电路572也可以原样使用时间变化量 ΔI_{1c} 与时间变化量 ΔI_{2c} 的差来判定测定状态。在该情况下,在判定电路572中同时设定正(plus)和负(minus)的容许值,判定电路572在超出从正的容许值到负的容许值为止的容许范围时,判定为测定状态不良。

[0274] 图17是表示根据正极侧电流指令值 I_{1c} 的时间变化量 ΔI_{1c} 与负极侧电流指令值 I_{2c} 的时间变化量 ΔI_{2c} 的差来诊断测定状态的诊断方法的处理过程的流程图。该运算方法每隔规定的判定周期 S 秒被执行。

[0275] 在步骤S201中,相位差检测部571待机,直到经过判定周期的 S 秒为止。

[0276] 在步骤S202中,相位差检测部571一并获取时刻 n 的正极侧电流指令值 $I_{1c}(n)$ 和负极侧电流指令值 $I_{2c}(n)$ 。

[0277] 在步骤S203中,相位差检测部571将本次获取到的正极侧电流指令值 $I_{1c}(n)$ 和负极侧电流指令值 $I_{2c}(n)$ 均记录到存储器5711中,并从存储器5711读取在 S 秒之前获取到的前次的正极侧电流指令值 $I_{1c}(n-s)$ 和负极侧电流指令值 $I_{2c}(n-s)$ 。

[0278] 在步骤S204中,相位差检测部571按照式(7),从本次获取到的正极侧电流指令值 $I_{1c}(n)$ 减去前次获取到的正极侧电流指令值 $I_{1c}(n-s)$ 来计算正极侧电流指令值 I_{1c} 的时间变化量 ΔI_{1c} 。

[0279] 在步骤S205中,相位差检测部571按照式(8),从本次获取到的负极侧电流指令值 $I_{2c}(n)$ 减去前次获取到的负极侧电流指令值 $I_{2c}(n-s)$ 来计算负极侧电流指令值 I_{2c} 的时间变化量 ΔI_{2c} 。

[0280] 然后,在步骤S206中,相位差检测部571将时间变化量 $\Delta I1c$ 与时间变化量 $\Delta I2c$ 的差的绝对值设定为与相位差 ϕ 有关的参数并输出到判定电路572。

[0281] 在步骤S207中,判定电路572按照式(9)来判断时间变化量 $\Delta I1c$ 与时间变化量 $\Delta I2c$ 的差的绝对值是否超过容许值 $Th2$ 。

[0282] 在步骤S208中,判定电路572在时间变化量 $\Delta I1c$ 与时间变化量 $\Delta I2c$ 的差的绝对值为容许值 $Th2$ 以下的情况下,判定为测定状态良好。之后,例如与图13所示的步骤S107的处理同样地,运算部550将运算出的电阻值输出到控制器单元6。

[0283] 在步骤S209中,判定电路572在时间变化量 $\Delta I1c$ 与时间变化量 $\Delta I2c$ 的差的绝对值大于容许值 $Th2$ 的情况下,判定为测定状态不良。然后,与图13所示的步骤S107的处理同样地,运算部550将运算出的电阻值输出到控制器单元6。之后,例如与图13所示的步骤S108的处理同样地,运算部550执行测定结果处理。

[0284] 当步骤S208或S209的处理结束时,基于时间变化量 $\Delta I1c$ 与时间变化量 $\Delta I2c$ 的差的诊断方法的一系列的处理过程结束。

[0285] 根据本发明的第二实施方式,交流调整部540通过正极侧检波电路5411提取交流电位差 $V1$ 的实轴分量 $V1r$ 来计算针对正极侧电源部531的正极侧电流指令值 $I1c$ 。与此同时,交流调整部540通过负极侧检波电路5412提取交流电位差 $V2$ 的实轴分量 $V2r$ 来计算针对负极侧电源部532的负极侧电流指令值 $I2c$ 。

[0286] 而且,在正极侧电流指令值 $I1c$ 和负极侧电流指令值 $I2c$ 中的一方的值减少时另一方的值增加的情况下,判定电路572判定为阻抗测定装置5的测定状态不良。

[0287] 由此,能够检测出由于燃料电池堆1的输出电压瞬间变化而引起相位角 ϕ 变大从而导致阻抗测定装置5的测定不良。

[0288] 作为燃料电池堆1的输出电力瞬间变化的状况,例如相当于在燃料电池堆1的启动处理完成之后将连接在燃料电池堆1与负载3之间的切断器从切断状态切换为连接状态时。在这样的状况中,由于从燃料电池堆1流向负载3的电流瞬间大幅地变化,因此燃料电池堆1所消耗的阳极气体和阴极气体的消耗量瞬间增大而气体浓度发生变化,并且燃料电池堆1的输出电压发生变动。其结果,从正极侧电源部531供给的交流电流的相位容易发生偏移,正极侧的静电电容 $C1$ 与负极侧的静电电容 $C2$ 失去平衡而导致交流电流 $I1$ 或 $I2$ 的一部分向负载3泄漏。

[0289] 或者,在发电电流从燃料电池堆1被供给到负载3的状态下,在为了使车辆突然加速而使加速器操作量变大时,从燃料电池堆1向负载3供给的发电电流的变化量也瞬间变大。在这样的状况中,在燃料电池堆1内气体浓度也发生变化,并且燃料电池堆1的输出电压也急剧地发生变动。

[0290] 特别地,在不使阳极气体循环而将其储存在燃料电池堆1内来进行发电那样的燃料电池系统中,在燃料电池堆1内的阳极气体流路中,相比于上流侧而言,杂质滞留在下游侧。因此,由于从燃料电池堆1输出的发电电流的瞬间变化,在燃料电池堆1的正极侧和负极侧,气体浓度的偏差变大,从而导致正极侧的静电电容 $C1$ 与负极侧的静电电容 $C2$ 大幅度地失去平衡。

[0291] 这样,在燃料电池堆1的输出电压发生了瞬时变化时,正极侧电流指令值 $I1c$ 与负极侧电流指令值 $I2c$ 向相反的方向发生变化。在本实施方式中利用该特性来检测相位差 ϕ

变大的情形。由此,阻抗测定装置5能够探测出测定状态不良的情形。

[0292] 在本实施方式中,相位差检测部571计算从正极侧电流指令值 I_{1c} 的时间变化量 ΔI_{1c} 减去负极侧电流指令值 I_{2c} 的时间变化量 ΔI_{2c} 得到的差来作为与相位差 ϕ 有关的参数。判定电路572在该差超出规定的容许范围的情况下、或者时间变化量 ΔI_{1c} 与时间变化量 ΔI_{2c} 的差的绝对值超过容许值 Th_2 的情况下,判定为测定不良。通过使用时间变化量 ΔI_{1c} 与时间变化量 ΔI_{2c} 的差的绝对值,仅设定一个容许值就能够进行测定状态的判定,因此能够将判定电路572设为简单的结构。

[0293] 正极侧电流指令值 I_{1c} 根据交流电位差 V_1 的相位角 θ_1 的变化而改变,负极侧电流指令值 I_{2c} 根据交流电位差 V_2 的相位角 θ_2 的变化而改变。因此,当静电电容 C_1 和静电电容 C_2 中的任一个的大小改变了时,正极侧电流指令值 I_{1c} 与负极侧电流指令值 I_{2c} 的差发生变化。其中,正极侧电流指令值 I_{1c} 与负极侧电流指令值 I_{2c} 的差也根据燃料电池堆1的内部电阻 R 的变化而发生变化。因此,为了更准确地进行诊断,需要区分内部电阻 R 的变化与相位差 ϕ 的变化。

[0294] 在由于负载3侧的状态发生变化而相位差 ϕ 发生变化时,正极侧电流指令值 I_{1c} 与负极侧电流指令值 I_{2c} 暂时性地向相反方向发生变化。与此相对,在内部电阻 R 的大小发生变化时,正极侧电流指令值 I_{1c} 与负极侧电流指令值 I_{2c} 共同向同一方向平缓地变化。因而,通过计算每单位时间的时间变化量 ΔI_{1c} 和 ΔI_{2c} 的差,能够根据正极侧电流指令值 I_{1c} 和负极侧电流指令值 I_{2c} 来高精度地检测相位差 ϕ 的变动。

[0295] 此外,在本实施方式中,关于相位差检测部571分别运算正极侧电流指令值 I_{1c} 和负极侧电流指令值 I_{2c} 的时间变化量来计算它们的差的绝对值的例子进行了说明。但是,也可以是,将正极侧电流指令值 I_{1c} 和负极侧电流指令值 I_{2c} 输入到运算部550,在运算部550中求出时间变化量的差的绝对值。

[0296] (第三实施方式)

[0297] 图18是表示本发明的第三实施方式中的交流调整部540和相位差检测部581的结构图。

[0298] 在第三实施方式中,代替图5所示的相位差检测部561和判定电路562而具备相位差检测部581和判定电路582。此外,除相位差检测部581和判定电路582以外的结构与图5所示的交流调整部540的结构相同,因此附加相同的附图标记并在此省略说明。

[0299] 在相位差检测部581上分别连接正极侧电源部531的输出端子和负极侧电源部532的输出端子。而且,在正极侧电源部531的输出端子产生的交流电位 V_a 和在负极侧电源部532的输出端子产生的交流电位 V_b 被输入到相位差检测部581。

[0300] 相位差检测部581检测交流电位 V_a 与交流电位 V_b 的电位差 $(V_a - V_b)$ 的交流成分。即,相位差检测部581检测燃料电池堆1的正极端子211与负极端子212之间的电位差 V_3 的交流成分。

[0301] 通常,设计成在燃料电池堆1的正极端子211产生的交流电位与在负极端子212产生的交流电位之间的相位差 ϕ 同正极侧电源部531的输出端子产生的交流电位 V_a 与在负极侧电源部532的输出端子产生的交流电位 V_b 之间的相位差相等。因此,在交流电位 V_a 与交流电位 V_b 之间未产生相位差的状态下,表示作为燃料电池堆1的输出电压的电位差 V_3 的检测信号通过等电位控制而表示固定的值。与此相对,在交流电位 V_a 与交流电位 V_b 之间产生

了相位差 ϕ 的状态下,在表示电位差 V_3 的检测信号中包含交流成分。

[0302] 相位差 ϕ 越大,则交流电位 V_a 与交流电位 V_b 的电位差(V_a-V_b)的交流成分的振幅越大,因此能够将电位差(V_a-V_b)用作与相位差 ϕ 存在相关关系的参数。

[0303] 因此,相位差检测部581将交流电位 V_a 与交流电位 V_b 的电位差(V_a-V_b)的交流成分检测为与相位差 ϕ 有关的参数。

[0304] 图19是表示相位差检测部581的详细结构的电路图。

[0305] 相位差检测部581具备差分放大器5811、乘法部5812以及低通滤波器5813。

[0306] 差分放大器5811检测从交流电位 V_a 减去交流电位 V_b 得到的电位差(V_a-V_b),并将该电位差作为表示电位差 V_3 的检测信号输出到乘法部5812。差分放大器5811的结构与图3所示的正极侧电位差检测部521和负极侧电位差检测部522的结构相同。

[0307] 乘法部5812对从差分放大器5811输出的检测信号乘以同相信号 $\sin(0)$ 。由此,从乘法部5812输出从检测信号去除无用信号而表示电位差 V_3 中所包含的交流成分的信号。

[0308] 此外,同相信号 $\sin(0)$ 是相位与从正极侧电源部531和负极侧电源部532输出的基准频率 f_b 的交流电流的相位相同的交流信号。同相信号 $\sin(0)$ 例如从交流信号源546被输入到乘法部5812。

[0309] 低通滤波器5813是将从乘法部5812输出的信号平滑化来使输出信号的直流成分通过的LPF。通过低通滤波器5813来检测输出信号的振幅成分。因此,通过低通滤波器5813进行平滑化得到的直流信号作为电位差 V_3 中所包含的交流成分的振幅值被输入到判定电路582。

[0310] 这样,相位差检测部581检测燃料电池堆1的正极端子211与负极端子212之间的电位差 V_3 中所包含的交流成分的振幅值,并将该振幅值作为与相位差 ϕ 有关的参数输出到判定电路582。

[0311] 判定电路582在电位差 V_3 中所包含的交流成分的振幅值超过预先决定的容许值 Th_3 的情况下,判定为测定状态不良,输出高水平的判定信号。此外,与电位差 V_3 的交流成分有关的容许值 Th_3 例如与相位差 ϕ 的容许值 Th_1 同样地,根据实验数据等来设定。

[0312] 根据本发明的第三实施方式,将正极侧直流切断部511与正极侧电源部531之间连接的信号线以及将负极侧直流切断部512与负极侧电源部532之间连接的信号线均与相位差检测部581连接。

[0313] 相位差检测部581检测交流电位 V_a 与交流电位 V_b 的电位差(V_a-V_b)来作为在燃料电池堆1的正极端子211产生的交流电位与在负极端子212产生的交流电位的电位差 V_3 。而且,阻抗测定装置5计算电位差(V_a-V_b)中所包含的交流成分来作为与相位差 ϕ 有关的参数,在该交流成分超过规定的阈值的情况下,判定为测定状态不良。

[0314] 这样,从在正极侧电源部531的输出端子产生的交流电位 V_a 减去在负极侧电源部532的输出端子产生的交流电位 V_b 得到的电位差(V_a-V_b)被检测为燃料电池堆1的正极端子211与负极端子212之间的交流电位差 V_e 。

[0315] 由此,与第一实施方式和第二实施方式相比,能够更直接地检测在燃料电池堆1的正极端子211产生的交流电位与在负极端子212产生的交流电位的电位差 V_3 中所产生的交流成分。因此,能够高精度地求出在燃料电池堆1的正极端子211产生的交流电位与在负极端子212产生的交流电位之间的相位差 ϕ 。因而,能够更可靠地判定由于相位差 ϕ 而引起的

测定状态的不良。

[0316] 另外,由于能够更直接地检测电位差V3中所产生的交流成分,因此不容易受到燃料电池堆1的内部状态的变化、负载3的工作状态的变化等的影响,能够提高判定精度。

[0317] 并且,在本实施方式中,不需要如第一实施方式那样对正极侧和负极侧这双方设置正交乘法部721和正交低通滤波器722,因此能够削减在单个电压测定装置5中使用的乘法器、LPF等的个数。

[0318] (第四实施方式)

[0319] 图20是表示本发明的第四实施方式中的相位差检测部591的结构图。

[0320] 在第四实施方式中,代替图5所示的相位差检测部561和判定电路562而具备电流传感器590、相位差检测部591以及判定电路592。此外,其它的结构与图5所示的交流调整部540的结构相同,因此附加相同的附图标记并在此省略说明。

[0321] 电流传感器590连接在燃料电池堆1与负载3之间。在本实施方式中,电流传感器590连接在燃料电池堆1的正极端子211与负载3的正极端子之间。

[0322] 电流传感器590检测从燃料电池堆1向负载3泄漏的漏电流 I_L 。例如,电流传感器590从自燃料电池堆1流向负载3的电流提取交流成分,检测所提取的交流成分的振幅值来作为漏电流 I_L 。电流传感器590将所检测出的该漏电流 I_L 输出到相位差检测部591。

[0323] 交流电位 V_a 与交流电位 V_b 的相位差 ϕ 越大,则从燃料电池堆1流向负载3的交流电流的振幅值、即漏电流 I_L 越大。因此,能够将漏电流 I_L 用作与相位差 ϕ 相关联的参数。

[0324] 相位差检测部591根据漏电流 I_L 来向判定电路592输出与相位差 ϕ 相关联的检测信号。在本实施方式中,漏电流 I_L 越大,则相位差检测部591使检测信号的信号水平越高。

[0325] 判定电路592在从相位差检测部591输出的检测信号大于预先决定的容许值 Th_4 的情况下,判定为测定状态不良,输出高水平的判定信号。此外,容许值 Th_4 与相位差 ϕ 的容许值 Th_1 同样地,根据实验数据等来设定。

[0326] 根据本发明的第四实施方式,利用由连接在燃料电池堆1与负载3之间的电流传感器590检测出的交流的漏电流 I_L 来作为与在正极端子211和负极端子212产生的交流电位之间的相位差 ϕ 具有相关关系的参数。而且,阻抗测定装置5在由电流传感器590检测出的漏电流 I_L 超过规定的阈值的情况下,判定为测定状态不良。

[0327] 因此,在由于相位差 ϕ 而引起由正极侧电源部531和负极侧电源部532输入到燃料电池堆1的交流电流向负载3泄漏了的情况下,能够更可靠地检测该漏电流 I_L 。因而,根据漏电流 I_L 的大小能够准确地估计阻抗的测定误差,因此能够更高精度地进行测定不良的检测。因此,能够维持、提高针对测定结果的可靠性。

[0328] (第五实施方式)

[0329] 关于本发明的第五实施方式中的阻抗测定装置进行说明。此外,关于本实施方式的阻抗测定装置,结构与图5所示的阻抗测定装置5的结构基本相同,附加与图5相同的附图标记进行说明。

[0330] 在本实施方式中,对执行根据相位差 ϕ 来探测测定状态是否不良的不良探测处理的期间进行限定。由此,能够削减无用的诊断处理,因此能够减轻阻抗测定装置5的运算负荷。

[0331] 具体地说,阻抗测定装置5按照从控制器单元6发送的指令来执行测定状态的诊断

处理。

[0332] 控制器单元6对向燃料电池堆1供给阳极气体和阴极气体来使燃料电池堆1发电的燃料电池系统的运转状态进行控制。具体地说,控制器单元6管理负载3对燃料电池堆1要求的电力、燃料电池堆1的发电状态等,对向燃料电池堆1供给的阳极气体和阴极气体的供给量等进行控制。

[0333] 阻抗测定装置5在燃料电池堆1的静电电容C1和C2容易变动的规定的诊断条件成立时,执行测定状态的诊断处理。

[0334] 作为上述的诊断条件,优选的是在启动燃料电池堆1时进行的启动处理、在燃料电池堆1的停止处理中进行的清除处理、在车辆从怠速停止状态中复原时进行的再启动处理等的开始时。在执行这样的处理的期间,静电电容C1与静电电容C2的差容易变大。此外,在停止处理中进行的清除处理是指打开设置于阳极气体排出通路的排气阀直到燃料电池堆1内存在的阳极气体的压力下降至规定的值为止的处理。

[0335] 在开始上述的处理的情况下,控制器单元6对阻抗测定装置5发送诊断执行指令。而且,阻抗测定装置5当接收到诊断执行指令时,判断为诊断条件成立,执行测定状态的诊断处理。

[0336] 另外,在内部电阻R的测定值超过系统预测值而判定为燃料电池系统处于异常状态之后,即使逃离异常状态而恢复为通常的处理,也存在恢复之后内部电阻R的测定状态未立即恢复为良好状态的可能性。

[0337] 因此,也可以将使燃料电池堆1的异常状态恢复的恢复处理追加到诊断条件中。在该情况下,控制器单元6在开始恢复处理时向阻抗测定装置5发送诊断执行指令。此外,作为恢复处理,例如能够列举在发生了溢流的情况下使阴极气体的供给量、清除量等增加的处理。

[0338] 另外,在交流电位差V1或V2的检测信号水平、交流电流I1或I2的检测信号水平、内部电阻R的测定值等的平均变化率变得极大而超过规定的阈值时,也可以执行诊断处理。这是由于在这样的情况时存在相位差 ϕ 变大的可能性。

[0339] 作为其它的诊断条件,考虑到执行对内部电阻R的测定结果要求高的可靠性的处理时等。

[0340] 此外,在本实施方式中,说明了将执行诊断处理的期间仅限定为进行特定的处理时的例子,但是也可以是,在诊断条件不成立时延长判定周期S来进行诊断处理,在诊断条件成立时缩短判定周期S。由此,能够抑制针对测定结果的可靠性的下降,并且能够减轻阻抗测定装置5的处理负荷。

[0341] 接着,说明在交流电位差V1与交流电位差V2之间产生了相位差 ϕ 的情况下抑制由阻抗测定装置5测定内部电阻R的测定精度下降的方法。

[0342] (第六实施方式)

[0343] 图21是表示本发明的第六实施方式中的交流调整部540的详细内容的图。在交流调整部540中,代替图5所示的判定电路562而具备相位修正部600。

[0344] 相位修正部600根据从相位差检测部561输出的相位差 ϕ ,对从正极侧电源部531输出的交流电流I1与从负极侧电源部532输出的交流电流I2之间的相位差(相位偏移)进行修正。

[0345] 相位修正部600计算用于使交流电流I1的相位或交流电流I2的相位偏移以使从相位差检测部561输出的相位差 ϕ 变小的偏移量,来作为进行相位偏移的修正所需要的修正量M。

[0346] 图22是表示本实施方式中的阻抗测定装置5的结构图。

[0347] 在此,代替图2所示的正极侧电源部531而设置有相位可变电部5311。

[0348] 相位可变电部5311是输出基准频率 f_b 的交流电流I1且能够变更交流电流I1的相位的交流源。

[0349] 相位可变电部5311与正极侧电源部531同样地,根据从交流调整部540输出的指令信号来输出基准频率 f_b 的交流电流I1。并且,相位可变电部5311根据从相位修正部600输出的修正量M来使交流电流I1的相位偏移。

[0350] 关于相位可变电部5311,例如通过除图4所示的电压电流转换电路以外还具备公知的移相电路来实现。作为该移相电路,使用构成全通滤波器的状态变量型滤波器等。在本实施方式中,移相电路连接在电压电流转换电路的输入端子与正极侧乘法器5441的输出端子之间。

[0351] 在这样的移相电路中,通过使滤波器的中心频率变化来使向电压电流转换电路输出的交流电流I1的相位偏移。因此,在相位修正部600中设置有电压控制型振荡电路(VCO: Voltage-controlled oscillator)等,通过电压控制型振荡器电路将修正量M转换为频率,将该频率作为滤波器的中心频率输入到移相电路。

[0352] 图23是用于说明根据从相位修正部600输出的修正量M来使从相位可变电部5311输出的交流电流I的相位偏移的方向的图。在该例中,在修正量M为零时,交流电位I1的相位与交流电流I2的相位一致。

[0353] 在本实施方式中,交流电位差V1的相位相对于交流电位差V2的相位向超前的方向的偏移越大,则从相位修正部600输出的修正量M成为比零大得越多的正(plus)的值。

[0354] 因而,如图23所示,修正量M比零大得越多,则从相位可变电部5311输出的交流电流I1的相位相对于交流电流I2的相位向延迟的方向的迁移越大。

[0355] 另一方面,交流电位差V2的相位相对于交流电位差V1的相位向超前的方向的偏移越大,则修正量M成为比零小得越多的负(minus)的值,因此从相位可变电部5311输出的交流电流I1的相位向超前的方向偏移。

[0356] 此外,在本实施方式中,说明了代替正极侧电源部531而设置有相位可变电部5311的例子,但是也可以是,将负极侧电源部532替换为相位可变电部5311,使交流电流I2的相位偏移以使相位差 ϕ 变小。

[0357] 在这样的情况下,为了减小相位差 ϕ ,需要使交流电流I2的相位向与使交流电流I1的相位偏移时的方向相反的方向偏移,因此在相位修正部600中设置有例如使相位差 ϕ 的符号反转的反转电路。例如,相位差 ϕ 比零大得越多,则修正量M比零小得越多,因此从相位可变电部5311输出的交流电流I2的相位相对于交流电流I1向超前的方向的偏移越大。

[0358] 根据本发明的第六实施方式,由相位修正部600根据交流电位差V1与交流电位差V2之间的相位差 ϕ 来修正交流电流I1的相位或交流电流I2的相位。由此,相位差 ϕ 变小,因此在内部电阻R1的运算中使用的交流电流I1与实际流过内部电阻R1的实际电流之间的误差以及在内部电阻R2的运算中使用的交流电流I2与实际流过内部电阻R2的实际电流之间

的误差变小。因此,能够抑制根据交流电流I1和交流电流I2计算出的内部电阻R的测定精度的下降。

[0359] 因而,在测定燃料电池堆1的内部阻抗的阻抗测定装置5中,能够抑制由于燃料电池堆1内的静电电容成分的偏差而引起的测定精度的下降。

[0360] 另外,在本实施方式中,相位修正部600使从设置于相位可变电部5311的移相电路输出的交流电流I1的相位偏移,以使交流电位差V1与交流电位差V2之间的相位差 ϕ 变小。

[0361] 由此,即使在伴随着燃料电池堆1的内部状态、负载3的状态发生了变化而静电电容C1与静电电容C2失去平衡时,也能够使交流电位差V1的相位接近交流电位差V2。因此,即使静电电容C1与静电电容C2的差变大,也能够抑制相位差 ϕ 的扩大,因此能够抑制内部电阻R的测定精度的下降。

[0362] 此外,在本实施方式中,说明了在正极侧电源部531与交流信号源546之间设置有移相电路的例子,但是也可以在正极侧电源部531与燃料电池堆1的正极端子211之间设置相位电路。

[0363] 此外,在本实施方式中,作为使交流电流I1的相位偏移的方法,说明了使用相位可变电部5311的例子,但是并不限于此。因此,作为其它的例子,参照图24来说明以不使用相位可变电部5311的方式使交流电流I1的相位偏移的方法。

[0364] (第七实施方式)

[0365] 图24是表示本发明的第七实施方式中的相位修正部600的结构例的图。

[0366] 在此,代替图5所示的向正极侧乘法器5441输出基准频率fb的交流信号的交流信号源546,而设置有相位可变交流信号源5461。

[0367] 相位可变交流信号源5461是输出基准频率fb的交流信号且能够变更交流信号的相位的交流源。

[0368] 相位修正部600具备积分电路601以通过PI控制来修正交流电流I1的相位。

[0369] 积分电路601对从相位差检测部561输出的相位差 ϕ 进行积分,将积分得到的值作为修正量M输出到相位可变交流信号源5461。由于通过积分电路601来抑制从相位差检测部561输出的检测信号中所包含的噪声成分,因此能够准确地使交流电流I1的相位偏移。

[0370] 例如,从积分电路601输出的修正量M比零大得越多,则从相位可变交流信号源5461输出的交流信号的相位向延迟的方向的偏移越大。伴随于此,从正极侧电源部531输出的交流电流I1的相位也向延迟的方向偏移。

[0371] 另一方面,修正量M比零小得越多,则从相位可变交流信号源5461输出的交流信号的相位向超前的方向的偏移越大,因此从正极侧电源部531输出的交流电流I1的相位也同样地向超前的方向偏移。

[0372] 通过这样设置相位可变交流信号源5461来使基准频率fb的交流信号的相位偏移,能够使交流电流I1的相位偏移以使交流电位差V1与交流电位差V2之间的相位差 ϕ 变小。

[0373] 此外,在本实施方式中,代替正极侧电源部531的交流信号源546而设置有相位可变交流信号源5461,但是也可以代替负极侧电源部532的交流信号源546而设置相位可变交流信号源5461。

[0374] 在这样的情况下,如第六实施方式所记述的那样,在相位修正部600中设置用于使

相位差 ϕ 的符号反转的反转电路。例如,相位差 ϕ 比零大得越多,则修正量 M 比零小得越多,因此从相位可变电部源5311输出的交流电流 I_2 的相位向超前的方向偏移。

[0375] 根据本发明的第七实施方式,代替交流信号源546而使用相位可变交流信号源5461,根据从积分电路601输出的修正量 M 来对从相位可变交流信号源5461输出的交流信号的相位进行修正。由此,交流电位差 V_1 的相位接近交流电位差 V_2 的相位,相位差 ϕ 变小,因此能够减少从燃料电池堆1向负载3泄漏的漏电流 I_L 。因而,能够提高关于燃料电池堆1的内部电阻 R 的测定精度。

[0376] 另外,通过使用相位可变交流信号源5461,与在正极侧电源部531设置移相电路来追加移相调整功能的情况相比,能够实现电路结构的简化,并且能够以廉价的方式变更交流电流 I_1 的相位。即,能够抑制成本的增加并且使电路结构简化。

[0377] (第八实施方式)

[0378] 此外,在第六实施方式和第七实施方式中,说明了对交流电流 I_1 或交流电流 I_2 的相位进行修正的例子,但是也可以对由阻抗测定装置5测定出的测定结果的误差(偏差)进行修正。以下,说明对由图5所示的运算部550运算出的内部电阻 R 进行校正的例子。

[0379] 图25是用于说明用于对由于交流电位差 V_1 与交流电位差 V_2 之间的相位差 ϕ 而引起的交流电流 I_1 和交流电流 I_2 的误差进行修正的方法的图。

[0380] 图25中示出了燃料电池堆1的等效电路以及流向负载3的阻抗 Z_L 的交流电流 I_1 和交流电流 I_2 的路径。在此,假定如图7所示那样的交流电位差 V_1 的相位相比于交流电位差 V_2 的相位超前了相位差 ϕ 的状态。

[0381] 在燃料电池堆1的正极端子211产生的交流电位与在负极端子212产生的交流电位之间的交流电位差 V_e 的振幅能够由下式表示。

[0382] [数式10]

$$[0383] \quad V_e = 2 * V_s * \sin\left(\frac{\phi}{2}\right) \quad \dots (10)$$

[0384] 此外,关于基准电压 V_s ,如图5所记述的那样,是为了使交流电位差 V_1 和交流电位差 V_2 的振幅一致而预先决定的值。

[0385] 如式(10)所示的那样,交流电位差 V_e 的振幅与交流电位差 V_1 及交流电位差 V_2 的振幅、即基准电压 V_s 成比例,根据相位差 ϕ 在从0度到90度的范围内变大而变大。

[0386] 由于交流电位差 V_1 与交流电位差 V_2 之间的相位差 ϕ ,从负极侧电源部532向燃料电池堆1的负极端子212输出的交流电流 I_2 的一部分向负载3这一方泄漏。该漏电流 I_L 能够由下式表示。

[0387] [数式11]

$$[0388] \quad I_L = \frac{V_e}{Z} \quad \dots (11)$$

[0389] 此外,负载3的阻抗 Z_L 是预先通过实验等求出的值,例如被记录于图5所示的相位修正部600。

[0390] 漏电流 I_L 从燃料电池堆1的负极端子212经由负载3流向正极端子211。在正极端子211中,漏电流 I_L 与交流电流 I_1 合流,向交流电流 I_1 加入漏电流 I_L 得到的电流 $(I_1 + I_L)$ 经过内部电阻 R_1 并被输出到中途点端子213。

[0391] 另一方面,在负极端子212中,从交流电流 I_2 减去漏电流 I_L 得到的电流 (I_2-I_L) 经过内部电阻 R_2 并被输出到中途点端子213。

[0392] 因此,关于由于漏电流 I_L 而产生的内部电阻 R_1 和 R_2 的测定误差,能够如下式那样通过由运算部550运算出的内部电阻 R_1 和 R_2 的测定值 R_{1m} 和 R_{2m} 与内部电阻 R_1 和 R_2 的实际值 R_{1r} 和 R_{2r} 的比来表示。

[0393] [数式12]

$$[0394] \quad \frac{R_{1m}}{R_{1r}} = \frac{I_1 + I_L}{I_1} = 1 + \frac{I_L}{I_1} \quad \dots (12-1)$$

$$[0395] \quad \frac{R_{2m}}{R_{2r}} = \frac{I_2 - I_L}{I_2} = 1 - \frac{I_L}{I_2} \quad \dots (12-2)$$

[0396] 也就是说,漏电流 I_L 相对于交流电流 I_1 和 I_2 的检测值的比为内部电阻 R_1 和 R_2 的测定误差。而且,通过对检测信号中所示的交流电位差 V_1 和 V_2 以及根据交流电流 I_1 和 I_2 求出的测定值 R_{1m} 和 R_{2m} 实施下式的校正处理,能够对基于漏电流 I_L 的测定误差进行修正。

[0397] [数式13]

$$[0398] \quad R_{1r} = R_{1m} / \left(1 + \frac{I_L}{I_1} \right) \quad \dots (13-1)$$

$$[0399] \quad R_{2r} = R_{2m} / \left(1 - \frac{I_L}{I_2} \right) \quad \dots (13-2)$$

[0400] 式(13)所示的校正处理例如在图21所示的相位修正部600中被执行。

[0401] 图26是表示本实施方式中的用于对伴随着相位差 ϕ 的测定误差进行修正的修正方法的一例的流程图。在该例中,由相位修正部600执行内部电阻 R_1 和 R_2 的校正处理。

[0402] 首先,在步骤S301中,相位修正部600获取从相位差检测部561输出的相位差 ϕ 。

[0403] 在步骤S302中,相位修正部600按照式(10),根据从相位差检测部561获取到的相位差 ϕ 和预先决定的基准电位 V_s 来运算交流电位差 V_e 的振幅值。

[0404] 在步骤S303中,相位修正部600按照式(11),根据交流电位差 V_e 和负载3的阻抗 Z_L 来运算向负载3泄漏的漏电流 I_L 。

[0405] 在步骤S304中,相位修正部600执行对内部电阻 R_1 和 R_2 进行校正的校正处理。

[0406] 具体地说,相位修正部600按照式(13-1),根据漏电流 I_L 和由运算部550运算出的内部电阻值 R_{1m} 来将内部电阻值 R_{1m} 校正为实际值 R_{1r} 。相位修正部600按照式(13-2),根据漏电流 I_L 和由运算部550运算出的内部电阻值 R_{2m} 来将内部电阻值 R_{2m} 校正为实际值 R_{2r} 。

[0407] 而且,相位修正部600将校正后的内部电阻 R_1 和内部电阻 R_2 输出到运算部550,用于对伴随着相位差 ϕ 的测定误差进行修正的修正方法的一系列的处理结束。之后,在图11所示的步骤S12中运算燃料电池堆1整体的内部电阻 R 。

[0408] 这样,在阻抗测定装置5中,由于交流电位差 V_1 与交流电位差 V_2 之间的相位差 ϕ 而引起的内部电阻 R 的测定误差被修正。

[0409] 根据本发明的第八实施方式,由相位修正部600根据交流电位差 V_1 与交流电位差 V_2 之间的相位差 ϕ 来运算漏电流 I_L ,根据漏电流 I_L 来对伴随着相位差 ϕ 的交流电流 I_1 和交流电流 I_2 的误差、即相位偏移进行修正。

[0410] 即,相位修正部600根据基于相位差 ϕ 运算出的漏电流 I_L ,对从正极侧电源部531输出的交流电流 I_1 的检测值和从负极侧电源部532输出的交流电流 I_2 的检测值进行校正来

修正交流电流I1与交流电流I2的相位差。由此,能够对由阻抗测定装置5测定出的内部电阻R的测定误差进行修正。因而,能够抑制在阻抗测定装置5中由于燃料电池堆1的静电电容成分而引起的阻抗的测定精度的下降。

[0411] 因此,即使在燃料电池堆1的阻抗发生了变化时、静电电容C1与静电电容C2失去平衡时等交流电位差V1与交流电位差V2之间的相位差 ϕ 变大,也能够通过运算处理来修正内部电阻R的测定误差。因而,与第七实施方式相比,能够将阻抗测定装置5设为简单的电路结构。

[0412] 根据以上的本发明的第六实施方式至第八实施方式,由相位修正部600检测在燃料电池堆1的正极端子211产生的交流电位与在负极端子212产生的交流电位之间的相位差 ϕ 。而且,根据相位差 ϕ 来修正从正极侧电源部531和负极侧电源部532中的至少一方输出的交流电流的相位差。由此,能够抑制由于从阻抗测定装置5向负载3的漏电流而引起的阻抗的测定精度的下降。

[0413] 此外,在第六实施方式和第七实施方式中,关于根据相位差 ϕ 校正从正极侧电源部531或负极侧电源部532输出的交流信号I1或I2来对交流信号I1或I2的相位进行修正的例子进行了说明,但是并不限于此。例如,也可以是,相位修正部600按照式(11),根据相位差 ϕ 来运算漏电流 I_L ,根据漏电流 I_L 对交流电流I1和交流电流I2进行校正来修正交流电流I1与交流电流I2之间的相位差。在该情况下,将针对交流信号I1和I2的相位的偏移量与各漏电流 I_L 对应起来得到的对应图被预先设定在相位修正部600中。

[0414] (第九实施方式)

[0415] 在第六实施方式和第七实施方式中,说明了交流调整部540的相位修正部600对交流电流I1或I2的相位进行修正的例子。然而,伴随着由相位修正部600对交流电流I1或I2的相位进行修正,导致阻抗的运算结果中包含与由相位修正部600修正的相位量相应的误差。特别地,交流电流I1和I2的频率越低,则由于后述的理由而阻抗的运算结果中所包含的误差越大。因此,在本发明的第九实施方式中,关于针对阻抗的运算结果校正由于修正交流电流I1或I2的相位而引起的误差的例子进行说明。

[0416] 本实施方式的阻抗测定装置具有与第六实施方式或第七实施方式的阻抗测定装置5的结构同样的结构。对这些同样的结构附加相同的附图标记,并省略说明。

[0417] 在本实施方式中,相位修正部600计算交流电流I1和交流电流I2中的交流电流I2的相位的修正量M。如后述的那样,由于修正交流电流I2的相位而导致由计算部5521计算出的负极侧的阻抗Z2的相位角产生了与修正量M相当的偏差。因此,例如将与第七实施方式所示那样的相位可变交流信号源5461相当的结构设置在负极侧来代替交流信号源547。而且,相位修正部600将计算出的修正量M输出到设置在负极侧的相位可变电部,并且将计算出的修正量M作为用以校正阻抗Z2的相位角的修正量 $\Delta\xi$ 输出到运算部550。

[0418] 图27是表示运算部550的详细结构的图。如上述那样,修正量 $\Delta\xi$ 从相位修正部600被输入到运算部550。另外,如图22所示,交流电位差V1从正极侧电位差检测部521被输入到运算部550,交流电位差V2从负极侧电位差检测部522被输入到运算部550,交流电流I1和I2从交流调整部540被输入到运算部550。

[0419] 运算部550与图9所示的运算部550同样地,具有AD转换器551和微型计算机芯片552。另外,微型计算机芯片552具有计算部5521和校正部5522。

[0420] 计算部5521使用从AD转换器551输出的交流电位差V1和交流电流I1来计算正极侧的阻抗Z1。然后,计算部5521将计算出的正极侧的阻抗Z1输出。

[0421] 另外,计算部5521使用从AD转换器551输出的交流电位差V2和交流电流I2来计算负极侧的阻抗Z2。然后,计算部5521将计算出的负极侧的阻抗Z2输出。

[0422] 校正部5522从相位修正部600接受修正量 $\Delta\xi$ 。校正部5522根据修正量 $\Delta\xi$ 来针对阻抗Z2校正由于修正交流电流I2的相位而引起的误差。然后,校正部5522将校正后的阻抗Z2作为阻抗Z2C输出。另外,校正部5522不对从计算部5521输出的阻抗Z1进行校正而将其输出。

[0423] 在此,关于校正部5522对阻抗Z2进行校正的方法具体地进行说明。首先,说明正极侧的阻抗Z1与负极侧的阻抗Z2的相位差。

[0424] 图28是表示正极侧的交流电位差V1与负极侧的交流电位差V2的相位差 ϕ 的一例的图。横轴表示以交流电流I1和I2的相位角为基准的交流电位差V1和V2的实轴分量,纵轴表示交流电位差V1和V2的虚轴分量。在此,相位修正部600未对交流电流I2的相位进行修正。

[0425] 交流电位差V1的相位相对于交流电流I1的相位延迟了相位角 θ_1 。另外,交流电位差V2的相位相对于交流电流I2的相位延迟了比相位角 θ_1 大的相位角 θ_2 。因此,在交流电位差V1与交流电位差V2之间产生了相位差 ϕ 。

[0426] 如上所述,当交流电位差V1与交流电位差V2之间产生了相位差 ϕ 时,导致电流向负载3泄漏。为了减轻这样的电流泄漏,相位修正部600对交流电流I2的相位进行修正使得交流电位差V1的相位与交流电位差V2的相位相等。

[0427] 并且,交流调整部540对交流电流I1和交流电流I2的振幅进行调整,使得交流电位差V1的振幅与交流电位差V2的振幅相等。这样,对交流电流I1和I2进行等电位控制使得交流电位差V1的大小及相位与交流电位差V2的大小及相位相等。

[0428] 接着,关于由于通过相位修正部600对交流电流I2的相位进行了修正而在阻抗Z1的相位角与阻抗Z2的相位角之间产生偏差的情形进行说明。

[0429] 图29A、图29B以及图29C的各图是表示由计算部5521计算出的阻抗Z1和阻抗Z2的相位角的一例的图。在各图中示出了阻抗Z1和Z2的相对于实轴的相位角,相位角的延迟越大,则表示在正(plus)方向上越大。

[0430] 图29A中示出了燃料电池堆1中不存在静电电容成分而仅存在内部电阻的情况下的阻抗Z1和Z2的相位角。

[0431] 一般地,阻抗测定装置5在出厂时等被调整为理想的状态以防受到测定电路的个体差异等的影响。另外,内部电阻不对阻抗的相位角产生影响。因此,阻抗Z1和Z2的相位角既不超前也不延迟,而是零。

[0432] 图29B中示出了未通过相位修正部600修正交流电流I2的相位的情况下的阻抗Z1和Z2的相位角。

[0433] 一般地,燃料电池堆1的静电电容成分越大,则阻抗的相位角的延迟越大。在此,燃料电池堆1的负极侧的静电电容成分比正极侧的静电电容成分大。因此,阻抗Z2的相位角 θ_2 比阻抗Z1的相位角 θ_1 大。因而,在阻抗Z1的相位角 θ_1 与阻抗Z2的相位角 θ_2 之间产生了相位差 ϕ 。

[0434] 图29C中示出了通过相位修正部600修正了交流电流I2的相位的情况下的阻抗Z1和Z2的相位角。

[0435] 相位修正部600使交流电流I2的相位超前修正量 $\Delta\xi$ 以使相位差 ϕ 变为零。伴随于此,交流电位差V2的相位主动地超前交流电流I2的相位所超前的量、即修正量 $\Delta\xi$ 。在此,关于阻抗Z2,通过对交流电位差V2除以交流电流I2的振幅来计算。因此,当交流电流I2的相位被修正时,阻抗Z2的相位角超前交流电位差V2的相位所超前的量、即修正量 $\Delta\xi$ 。

[0436] 另外,当交流电流I2的相位被修正时,向负载3的漏电流减少。因此,交流电位差V1的相位从动地延迟变化量 $\Delta\psi$ 。在此,关于阻抗Z1,通过对交流电位差V1除以交流电流I1的振幅来计算。因此,当向负载3的漏电流减少时,阻抗Z1的相位角延迟交流电位差V1的相位所延迟的量、即变化量 $\Delta\psi$ 。

[0437] 像这样这样修正交流电流I2的相位使得阻抗Z1的相位角与阻抗Z2的相位角的相位差 ϕ 为零。在此,当修正了交流电流I2的相位时,向负载3的漏电流减少,交流电位差V1的相位从动地延迟变化量 $\Delta\psi$ 。

[0438] 此外,在此,关于在漏电流减少的情况下交流电位差V1的相位延迟变化量 $\Delta\psi$ 的例子进行了说明。然而,根据燃料电池堆1的电容成分、负载3等的大小,也存在当向负载3的漏电流减少时交流电位差V1的相位超前的情况。

[0439] 这样,当以修正量 $\Delta\xi$ 修正了交流电流I2的相位时,阻抗Z2的相位角超前修正量 $\Delta\xi$ 。而且,当修正了交流电流I2的相位时,漏电流降低,因此阻抗Z1的相位角延迟变化量 $\Delta\psi$ 。因而,阻抗Z1和Z2的相位角均被修正为相位角 ξ 。由于像这样考虑到阻抗Z1的相位角的从动的变化量 $\Delta\psi$,因此通过使交流电流I2的相位超前修正量 $\Delta\xi$ 而非修正前的相位差 ϕ 来使相位差 ϕ 为零。

[0440] 接着,关于校正部5522对阻抗Z2的校正方法进行说明。

[0441] 图30是用于说明针对阻抗Z2校正由于修正交流电流I2的相位而引起的误差的方法的图。在图30中示出了由计算部5521计算出的阻抗Z2和由校正部5522校正误差后的阻抗Z2C。此外,横轴表示阻抗Z2和Z2C的实轴分量,纵轴表示阻抗Z2和Z2C的虚轴分量。

[0442] 如上所述,在修正了交流电流I2的相位时,阻抗Z2的相位角超前了修正量 $\Delta\xi$,阻抗Z2中包含误差。对此,校正部5522通过使阻抗Z2的相位角延迟修正量 $\Delta\xi$ 来校正由于交流电流I2的相位的修正而引起的误差。

[0443] 在此,关于校正前的阻抗Z2与校正后的阻抗Z2C,以下的关系成立。

[0444] [数式14]

$$\begin{aligned} Z2Cx : \sqrt{Z2r^2 + Z2x^2} \cos(\xi + \Delta\xi) &= \sqrt{Z2r^2 + Z2x^2} (\cos\xi \cos\Delta\xi - \sin\xi \sin\Delta\xi) \\ [0445] &= Z2r \cos\Delta\xi - Z2x \sin\Delta\xi \quad \dots (14-1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z2Cx : \sqrt{Z2r^2 + Z2x^2} \sin(\xi + \Delta\xi) &= \sqrt{Z2r^2 + Z2x^2} (\sin\xi \cos\Delta\xi + \cos\xi \sin\Delta\xi) \\ [0446] &= Z2r \sin\Delta\xi + Z2x \cos\Delta\xi \quad \dots (14-2) \end{aligned}$$

[0447] 这样,校正部5522使用式(14-1)和式(14-2)来校正阻抗Z2,由此计算校正后的阻抗Z2C。

[0448] 在此,关于本实施方式的阻抗测定装置5的动作进行说明。

[0449] 图31是表示对由于修正交流电流I2的相位而引起的阻抗Z2的误差进行校正的处

理的流程。此外,在该处理开始时,尚未进行相位修正部600对相位的修正。

[0450] 在步骤S401中,交流调整部540测定交流电位差V1的实轴分量V1r和虚轴分量V1x、交流电位差V1的相位角 θ_1 、交流电位差V2的实轴分量V2r和虚轴分量V2x、以及交流电位差V2的相位角 θ_2 。例如,交流调整部540进行与图14所示的步骤S101~S104同样的处理。

[0451] 接着,在步骤S402中,交流调整部540通过从交流电位差V2的相位角 θ_2 减去交流电位差V1的相位角 θ_1 来计算相位差 ϕ 。此外,该处理是与图14所示的步骤S105同样的处理。

[0452] 接着,在步骤S403中,交流调整部540判定相位差 ϕ 是否处于规定的范围内。在此,为了不产生向负载3的漏电流,期望相位差 ϕ 为零。因此,例如,交流调整部540判定相位差 ϕ 是否处于-1度(degree)以上且小于+1度那样的规定的范围内。

[0453] 在交流调整部540判定为相位差 ϕ 超出规定的范围的情况下(步骤S403:“否”),相位修正部600使交流电流I2的相位偏移以使相位差 ϕ 为零(步骤S404)。然后,阻抗测定装置5返回步骤S401的处理。

[0454] 在交流调整部540判定为相位差 ϕ 处于规定的范围内的情况下(步骤S403:“是”),进入步骤S405的处理。

[0455] 在步骤S405中,相位修正部600将相位差 ϕ 处于规定的范围内时的、相位修正部600使交流电流I2的相位偏移的相位角决定为修正量 $\Delta\xi$ 。相位修正部600将所决定的修正量 $\Delta\xi$ 输出到运算部550。此外,在没有进行步骤S404的处理的情况下,相位修正部600将零设定为修正量 $\Delta\xi$ 。

[0456] 然后,计算部5521基于交流电位差V1和交流电流I1求出阻抗Z1的实轴分量Z1r和虚轴分量Z1x。另外,计算部5521基于交流电位差V2和交流电流I2求出阻抗Z2的实轴分量Z2r和虚轴分量Z2x。

[0457] 例如,计算部5521与图6所示的正极侧检波电路5411同样地,具有同相成分提取部710和正交成分提取部720,使用这些结构求出交流电位差V1的实轴分量V1r和虚轴分量V1x。而且,计算部5521通过对实轴分量V1r除以交流电流I1的振幅来计算阻抗Z1的实轴分量Z1r。另外,计算部5521通过对虚轴分量V1x除以交流电流I1的振幅来计算阻抗Z1的虚轴分量Z1x。

[0458] 同样地,计算部5521具有与负极侧检波电路5412的结构同样的结构,使用这些结构求出阻抗Z2的实轴分量Z2r和虚轴分量Z2x。

[0459] 接着,在步骤S406中,校正部5522使用阻抗Z2的实轴分量Z2r和虚轴分量Z2x以及修正量 $\Delta\xi$,根据式(14-1)和式(14-2)来计算校正后的实轴分量Z2Cr和虚轴分量Z2Cx。通过这样,校正部5522对校正后的阻抗Z2C进行计算。

[0460] 此外,关于式(14-1)和式(14-2)中的三角函数的计算部分,校正部5522也可以使用预先设定的对应图来计算。例如,在校正部5522中存储有将角度 θ 与角度 θ 时的正弦函数($\sin\theta$)及余弦函数($\cos\theta$)对应起来得到的对应图、即三角函数表。

[0461] 而且,校正部5522使用所存储的三角函数表求出 $\sin\Delta\xi$ 和 $\cos\Delta\xi$ 。校正部5522使用这些 $\sin\Delta\xi$ 和 $\cos\Delta\xi$ 以及阻抗Z2的实轴分量Z2r和虚轴分量Z2x来进行式(14-1)和式(14-2)中的以下的计算,由此计算校正后的实轴分量Z2Cr和虚轴分量Z2Cx。

[0462] [数式15]

[0463] $Z2Cr:Z2r \cos \Delta \xi - Z2x \sin \Delta \xi$

[0464] $Z2C_x:Z2r \cos \Delta \xi + Z2x \sin \Delta \xi$

[0465] 另外,校正部5522预先计算出以下的值。

[0466] [数式16]

[0467] 校正前的阻抗 $Z2$ 的相位角: $\xi = \tan^{-1} \frac{Z2x}{Z2r}$

[0468] 校正前的阻抗 $Z2$ 的大小: $|Z2| = \sqrt{Z2r^2 + Z2x^2}$

[0469] 校正部5522通过将计算出的校正前的相位角 ξ 与由相位修正部600修正后的修正量 $\Delta \xi$ 相加来计算校正后的相位角 $(\xi + \Delta \xi)$ 。校正部5522使用所存储的三角函数表求出 $\sin(\xi + \Delta \xi)$ 和 $\cos(\xi + \Delta \xi)$ 。而且,校正部5522使用这些 $\sin(\xi + \Delta \xi)$ 和 $\cos(\xi + \Delta \xi)$ 以及校正前的阻抗 $Z2$ 的大小 $|Z2|$,通过计算式(14-1)和式(14-2)中的以下的计算来计算校正后的实轴分量 $Z2C_r$ 和虚轴分量 $Z2C_x$ 。

[0470] [数式17]

[0471] $Z2C_r: \sqrt{Z2r^2 + Z2x^2} (\cos \xi \cos \Delta \xi - \sin \xi \sin \Delta \xi)$

[0472] $Z2C_x: \sqrt{Z2r^2 + Z2x^2} (\sin \xi \cos \Delta \xi + \cos \xi \sin \Delta \xi)$

[0473] 接着,在步骤S407中,校正部5522将阻抗 $Z2C$ 输出到控制器单元6。并且,校正部5522将阻抗 $Z1$ 输出到控制器单元6。

[0474] 当步骤S407的处理结束时,阻抗测定装置5结束与阻抗测定有关的处理。

[0475] 在此,关于在校正部5522的校正中使用的修正量 $\Delta \xi$ 与由校正部5522校正后的阻抗 $Z2$ 的实轴分量 $Z2r$ 及虚轴分量 $Z2x$ 之间的关系进行说明。

[0476] 图32是表示校正部5522进行校正时使用的修正量 $\Delta \xi$ 与由校正部5522校正之后的阻抗 $Z2C$ 之间的关系的一例的图。在此,阻抗 $Z2$ 的实轴分量 $Z2r$ 和虚轴分量 $Z2x$ 均为 1.5Ω 。因而,阻抗 $Z2$ 的相位角为45度。

[0477] 首先,关于修正量 $\Delta \xi$ 与校正后的实轴分量 $Z2r$ 之间的关系进行说明。在修正量 $\Delta \xi$ 为-90度到-45度的范围内,修正量 $\Delta \xi$ 越小,则校正后的实轴分量 $Z2r$ 越大。在修正量 $\Delta \xi$ 为-45度到+90度的范围内,修正量 $\Delta \xi$ 越大,则校正后的实轴分量 $Z2r$ 越小。

[0478] 接着,关于修正量 $\Delta \xi$ 与校正后的虚轴分量 $Z2x$ 之间的关系进行说明。在修正量 $\Delta \xi$ 为-90度到+45度的范围内,修正量 $\Delta \xi$ 越大,则校正后的虚轴分量 $Z2x$ 越大。在修正量 $\Delta \xi$ 为+45度到+90度的范围内,修正量 $\Delta \xi$ 越大,则校正后的虚轴分量 $Z2x$ 越小。

[0479] 这样,在修正量 $\Delta \xi$ 变大时,校正后的阻抗 $Z2$ 的实轴分量 $Z2r$ 和虚轴分量 $Z2x$ 既有变大的情况,也有变小的情况。然而,在修正量 $\Delta \xi$ 从-45度到+45度的范围内,修正量 $\Delta \xi$ 越大,则校正后的实轴分量 $Z2r$ 越小,校正后的虚轴分量 $Z2x$ 越大。

[0480] 一般地,燃料电池堆1的正极侧与负极侧的状态相差不大。因此,阻抗 $Z1$ 的相位角与阻抗 $Z2$ 的相位角大致相同,修正量 $\Delta \xi$ 为0度左右的值、即多为处于-45度到+45度的范围的值。因此,在多数情况下,修正量 $\Delta \xi$ 越大,则校正后的实轴分量 $Z2r$ 越小,校正后的虚轴分量 $Z2x$ 越大。

[0481] 此外,在本实施方式中,使用由相位修正部600对交流电流 $I2$ 的相位进行修正的例子进行了说明,但是不限于此。相位修正部600也可以对交流电流 $I1$ 的相位进行修正。在这

样的情况下,校正部5522对正极侧的阻抗 Z_1 的误差进行校正。

[0482] 另外,在本实施方式中,相位修正部600对阻抗 Z_2 的实轴分量 Z_{2r} 和虚轴分量 Z_{2x} 这双方进行了校正,但是不限于此。相位修正部600也可以对实轴分量 Z_{2r} 和虚轴分量 Z_{2x} 中的任一方进行校正。

[0483] 例如,存在以下情况:控制器单元6在燃料电池堆1的运转状态的控制中不使用阻抗 Z_2 的虚轴分量 Z_{2x} 而仅使用实轴分量 Z_{2r} 。在这样的情况时,校正部5522仅对实轴分量 Z_{2r} 进行校正,不对虚轴分量 Z_{2x} 进行校正。

[0484] 根据本发明的第九实施方式,校正部5522根据利用相位修正部600修正交流电流 I_2 的修正量 $\Delta\xi$,来对由计算部5521计算出的负极侧的阻抗 Z_2 的实轴分量 Z_{2r} 和虚轴分量 Z_{2x} 进行校正。

[0485] 在此,当交流电位差 V_1 的相位与交流电位差 V_2 的相位之间产生相位差 ϕ 时,产生向负载3的漏电流,阻抗测定装置5无法准确地测定阻抗 Z_1 和 Z_2 。因此,通利用相位修正部600对交流电流 I_2 的相位修正量 $\Delta\xi$ 进行修正,来使相位差 ϕ 为零,漏电流降低。

[0486] 然而,当以修正量 $\Delta\xi$ 修正了交流电流 I_2 的相位时,阻抗 Z_2 的相位角偏移了修正量 $\Delta\xi$,产生误差。对此,在本实施方式中,校正部5522以修正量 $\Delta\xi$ 对阻抗 Z_2 的相位角进行校正,由此对由于修正交流电流 I_2 的相位而引起的误差进行校正。

[0487] 这样,不会由于修正了交流电流 I_2 的相位而产生向负载3的漏电流,并且能够校正由于修正交流电流 I_2 的相位而引起的阻抗 Z_2 的误差。因此,通过校正部5522而被校正了误差的阻抗 Z_2C 成为更准确的值。因而,控制器单元6通过使用更准确的阻抗 Z_2C ,能够适当地控制燃料电池堆1的运转状态。

[0488] 另外,校正部5522将阻抗 Z_2 的相位角向与交流电流 I_2 偏移的方向相反的方向以交流电流 I_2 偏移的相位的大小即修正量 $\Delta\xi$ 进行校正。通过这样,校正部5522适当地对阻抗 Z_2 中包含的误差进行校正,因此阻抗 Z_2C 成为更准确的值。通过这样,控制器单元6通过使用更准确的阻抗 Z_2C 能够适当地控制燃料电池堆1的运转状态。

[0489] 另外,校正部5522关于由计算部5521计算出的阻抗 Z_2 的实轴分量 Z_{2r} 和虚轴分量 Z_{2x} 中的至少一方进行校正。这样,通过根据需要省略校正部5522对实轴分量 Z_{2r} 和虚轴分量 Z_{2x} 中的任一方的校正处理,能够减轻阻抗测定装置5的处理负荷。

[0490] (第十实施方式)

[0491] 在第九实施方式中,关于校正部5522始终对由计算部5521计算出的阻抗 Z_2 进行校正的例子进行了说明。在第十实施方式中,关于校正部5522根据需要对阻抗 Z_2 进行校正的例子进行说明。

[0492] 图33是表示本实施方式的运算部550的结构图。在本实施方式的运算部550中,图27所示的微型计算机芯片552还具有判定部5523。此外,以下对与图27所示的运算部550的结构相同的结构附加相同的附图标记并省略说明。

[0493] 判定部5523从相位修正部600接受相位角的修正量 $\Delta\xi$ 。

[0494] 如上所述,当通过相位修正部600以修正量 $\Delta\xi$ 对交流电流 I_2 的相位进行了修正时,阻抗 Z_2 的相位角偏移修正量 $\Delta\xi$ 。因此,如果相位修正部600对交流电流 I_2 的相位的修正量 $\Delta\xi$ 小,则阻抗 Z_2 中包含的误差变小。

[0495] 这样,在由于修正交流电流 I_2 的相位而引起的阻抗 Z_2 的误差小的情况下,即使不

进行利用校正部5522的校正,阻抗Z2也为大致准确的值。因此,利用校正部5522校正阻抗Z2的必要性低。因而,判定部5523根据交流电流I2的相位被修正的修正量 $\Delta\xi$ 来判定是否需要利用校正部5522的校正。

[0496] 在由判定部5523判定为需要校正的情况下,校正部5522对阻抗Z2进行校正。然后,校正部5522将校正后的阻抗Z2C输出到控制单元6。另一方面,在由判定部5523判定为不需要校正的情况下,校正部5522不对阻抗Z2进行校正而将其输出到控制单元6。

[0497] 图34是表示本实施方式的阻抗测定装置5的动作的流程图。在此,除了图31所示的一系列的处理以外,还进行步骤S501的处理。另外,判定部5523为了根据修正量 $\Delta\xi$ 来判定是否需要利用校正部5522的校正,而预先存储有例如从-5度以上到+5度的范围来作为规定的阈值。

[0498] 在步骤S501中,判定部5523根据修正量 $\Delta\xi$ 来判定是否需要利用校正部5522的校正。

[0499] 在修正量 $\Delta\xi$ 超出规定的范围的情况下,判定部5523判定为需要校正(步骤S501:“是”)。然后,判定部5523将表示需要校正这种意思的判定结果输出到校正部5522。校正部5522当接受到表示需要校正这种意思的判定结果时,进入到S406的处理,对阻抗Z2进行校正。

[0500] 判定部5523在修正量 $\Delta\xi$ 处于规定的范围内的情况下,判定为不需要校正(步骤S501:“否”)。然后,判定部5523将表示不需要校正这种意思的判定结果输出到校正部5522。校正部5522当接受到表示不需要校正这种意思的判定结果时,进入步骤S407。

[0501] 此外,在本实施方式中,判定部5523使用修正量 $\Delta\xi$ 来判定是否需要校正,但是不限于此。判定部5523例如也可以使用从阻抗测定装置5输出的交流电流I1和I2的频率来判定是否需要校正。

[0502] 在此,关于测定阻抗时使用的交流电流I1和I2的频率与利用校正部5522的校正的必要性之间的关系进行说明。

[0503] 图35是表示在燃料电池堆1的阻抗的测定中使用的交流电流的频率与阻抗的测定结果之间的一例的图。一般地,这样的图被称为奈奎斯特图。

[0504] 在图35中示出了使交流电流的频率变化时的燃料电池堆1的阻抗的特性。如图35所示,交流电流的频率越高,则阻抗的相位角越超前。另外,交流电流的频率越低,则阻抗的相位角越延迟。

[0505] 阻抗ZH是使用频率比大致1KHz高的频率的交流电流时得到的测定结果。此外,使用这样的高频的交流电流进行的测定被称为HFR(High Frequency Resistance:高频电阻)测定。

[0506] 阻抗ZL是使用频率比在HFR测定中使用的交流电流的频率低的频率的交流电流时得到的测定结果。此外,将使用这样的比在HFR测定中使用的交流电流的频率低的频率的交流电流测定出的阻抗称为LFI(Low Frequency Impedance:低频阻抗)。

[0507] 如图35所示,阻抗ZH由于位于实轴附近而不容易发生相位角的延迟。因而,阻抗Z1和Z2的相位角的延迟变小,在阻抗Z1与阻抗Z2之间相位差 ϕ 容易变小。在相位差 ϕ 小的情况下,由于以使相位差 ϕ 为零的方式对交流电流I2的相位进行修正,因此交流电流I2的相位的修正量 $\Delta\xi$ 变小。

[0508] 而且,修正量 $\Delta \xi$ 越小,则阻抗 Z_2 中包含的由于相位修正部600对相位的修正而引起的误差越小。因此,关于阻抗 Z_2 ,即使不利用校正部5522进行校正,也为大致准确的值。因而,在HFR测定中,利用校正部5522进行校正的必要性低。

[0509] 另一方面,阻抗 Z_L 由于远离实轴而容易发生相位角的延迟。因而,阻抗 Z_1 和 Z_2 的相位角的延迟变大,相位差 ϕ 容易变大。在相位差 ϕ 大的情况下,交流电流 I_2 的相位的修正量 $\Delta \xi$ 变大。

[0510] 而且,修正量 $\Delta \xi$ 越大,则阻抗 Z_2 中包含的由于相位修正部600对相位的修正而引起的误差越大。因而,在LFI测定中,利用校正部5522进行校正的必要性高。

[0511] 因此,判定部5523为了判定是否需要校正,而存储有例如1KHz来作为基准频率。在步骤S501中,判定部5523将交流电流 I_1 和 I_2 的频率与基准频率进行比较,在交流电流 I_1 和 I_2 的频率小于基准频率的情况下,判定为需要校正(步骤S501:“是”)。另一方面,判定部5523在交流电流 I_1 和 I_2 的频率为基准频率以上的情况下,判定为不需要校正(步骤S501:“否”)。

[0512] 这样,根据本发明的第十实施方式,判定部5523判定是否需要校正。而且,关于校正部5522,在由判定部5523判定为不需要校正的情况下,能够省略校正部5522的校正处理。因而,能够减轻阻抗测定装置5的处理负荷。

[0513] 另外,如果交流电流 I_2 的相位被修正的修正量 $\Delta \xi$ 小,则阻抗 Z_2 的相位角中所产生的由于交流电流 I_2 的相位的修正而引起的误差变小。因而,阻抗 Z_2 为大致准确的值。因此,判定部5523判定为不需要利用校正部5522的校正。这样,能够根据需要省略校正部5522的校正处理,因此能够减轻阻抗测定装置5的处理负荷。

[0514] 另外,当用于测定燃料电池堆1的阻抗的交流电流 I_1 和 I_2 的频率变高时,如图35的奈奎斯特图所示,阻抗 Z_1 和 Z_2 位于实轴附近,相位角变小。因而,阻抗 Z_1 与阻抗 Z_2 的相位差 ϕ 容易变小。由于以使相位差 ϕ 为零的方式对交流电流 I_2 的相位进行修正,因此在相位差 ϕ 小时,交流电流 I_2 的相位的修正量 $\Delta \xi$ 变小。这样,如果交流电流 I_2 的相位的修正量 $\Delta \xi$ 小,则阻抗 Z_2 中包含的由于交流电流 I_2 的相位的修正而引起的误差变小。

[0515] 因而,阻抗 Z_2 为大致准确的值,因此判定部5523判定为不需要利用校正部5522的校正。在由判定部5523判定为不需要校正的情况下,校正部5522不进行校正。这样,能够根据需要省略校正部5522的校正处理,因此能够减轻阻抗测定装置5的处理负荷。

[0516] (第十一实施方式)

[0517] 在第十实施方式中,关于判定部5523判定是否需要利用校正部5522的校正的例子进行了说明。在第十一实施方式中,关于判定部5523判定是否需要利用校正部5522的校正的其它方法进行说明。

[0518] 图36是表示本实施方式的运算部550的结构图。在运算部550中,图33所示的判定部5523从计算部5521接受阻抗 Z_1 和 Z_2 。此外,以下对与图33所示的运算部550的结构相同的结构附加相同的附图标记并省略说明。

[0519] 计算部5521将计算出的阻抗 Z_1 和 Z_2 输出到校正部5522。计算部5521还将计算出的阻抗 Z_1 和 Z_2 输出到判定部5523。

[0520] 判定部5523使用阻抗 Z_1 和 Z_2 来判定燃料电池堆1的状态是否正常。

[0521] 在此,在燃料电池堆1的状态正常的情况下,阻抗 Z_2 的测定结果中不容易产生误

差,因此不需要校正部5522的校正处理。另一方面,在燃料电池堆1的状态不正常的情况下,阻抗Z2的测定结果中容易产生误差,因此需要校正部5522的校正处理。

[0522] 因此,在由判定部5523判定为燃料电池堆1的状态正常的情况下,校正部5522不对阻抗Z2进行校正。另一方面,在由判定部5523判定为燃料电池堆1的状态不正常的情况下,校正部5522对阻抗Z2进行校正。

[0523] 在此,关于本实施方式的阻抗测定装置5的动作进行详细的说明。阻抗测定装置5进行与图34所示的动作同样的处理。以下,以步骤S501的处理为中心进行说明。

[0524] 一般地,如果燃料电池堆1的状态正常,则由计算部5521计算出的阻抗Z2的实轴分量Z2r为规定的范围内的值。因此,判定部5523为了判定燃料电池堆1的状态是否正常而存储有例如 $1\ \Omega$ 以上且小于 $2\ \Omega$ 的范围来作为规定的实轴范围。

[0525] 在步骤S501中,判定部5523为了判定是否需要利用校正部5522的校正而判定阻抗Z2的实轴分量Z2r是否处于规定的实轴范围内。

[0526] 在实轴分量Z2r处于规定的实轴范围内的情况下,判定部5523判定为燃料电池堆1的状态正常、不需要利用校正部5522的校正(步骤S501:“否”)。

[0527] 另一方面,在实轴分量Z2r超出规定的实轴范围的情况下,判定部5523判定为燃料电池堆1的状态不正常、需要利用校正部5522的校正(步骤S501:“是”)。

[0528] 此外,在本实施方式中,判定部5523使用阻抗Z2的实轴分量Z2r来判定燃料电池堆1的状态是否正常,但是不限于此。判定部5523也可以使用阻抗Z2的虚轴分量Z2x来判定燃料电池堆1的状态是否正常。

[0529] 另外,判定部5523也可以使用正极侧的阻抗Z1来判定燃料电池堆1的状态是否正常。另外,判定部5523也可以使用阻抗Z1和Z2这两方来判定燃料电池堆1的状态是否正常。

[0530] 这样,根据本发明的第十一实施方式,判定部5523判定燃料电池堆1的状态是否正常。在此,在燃料电池堆1的状态正常的情况下,阻抗Z2的测定结果中不容易产生误差,因此利用校正部5522进行校正的必要性低。另一方面,在燃料电池堆1的状态不正常的情况下,阻抗Z2的测定结果中容易产生误差,因此利用校正部5522进行校正的必要性高。

[0531] 因此,在由判定部5523判断为燃料电池堆1的状态正常的情况下,校正部5522不对阻抗Z2进行校正。这样,能够根据需要省略校正部5522的校正处理,因此能够减轻阻抗测定装置5的处理负荷。

[0532] 另外,判定部5523判定计算出的阻抗Z2是否处于规定的范围内,根据该判定结果来判定燃料电池堆1的状态是否正常。而且,在由判定部判定为阻抗Z2处于规定的范围内的情况下,校正部5522不对阻抗Z2进行校正。这样,能够根据需要省略校正部5522的校正处理,因此能够减轻阻抗测定装置5的处理负荷。

[0533] (第十二实施方式)

[0534] 在第十实施方式和第十一实施方式中,关于判定部5523判定是否需要利用校正部5522进行校正的例子进行了说明。在第十二实施方式中,关于判定部5523判定是否需要利用校正部5522进行校正的其它方法进行说明。

[0535] 图37是表示本实施方式的阻抗测定装置5的结构图。本实施方式的阻抗测定装置5为图22所示的阻抗测定装置5还具有收集部800的结构。此外,对与图22所示的阻抗测定装置5的结构相同的结构附加相同的附图标记并省略说明。

[0536] 收集部800收集根据燃料电池堆1的发电状况而发生变化的发电信息。例如,收集部800收集被供给到燃料电池堆1的冷却水的温度、被供给到燃料电池堆1的气体压力、燃料电池堆1的输出电压等来作为发电信息。收集部800将所收集的发电信息输出到判定部5523。

[0537] 判定部5523为了判断燃料电池堆1的状态是否正常而存储有关于发电信息的规定的基准。判定部5523判定由收集部800收集到的发电信息是否满足规定的基准。

[0538] 在此,在由收集部800收集到的发电信息满足规定的基准的情况下,燃料电池堆1的状态正常,阻抗Z2在多数情况下为准确的值。因此,利用校正部5522进行校正的必要性低。

[0539] 另一方面,在由收集部800收集到的发电信息不满足规定的基准的情况下,燃料电池堆1的状态不正常,阻抗Z2在多数情况下为不准确的值。因此,利用校正部5522进行校正的必要性高。

[0540] 因而,在由收集部800收集到的发电信息满足规定的基准的情况下,校正部5522不对阻抗Z2进行校正。另一方面,在由收集部800收集到的发电信息不满足规定的基准的情况下,校正部5522对阻抗Z2进行校正。

[0541] 在此,关于本实施方式的阻抗测定装置5的动作进行详细的说明。阻抗测定装置5进行与图34所示的处理同样的处理。以下,以步骤S501的处理为中心进行说明。

[0542] 在步骤S501中,判定部5523判定由收集部800收集到的发电信息是否满足规定的基准,以判定是否需要利用校正部5522的校正。而且,判定部5523将判定结果输出到校正部5522。

[0543] 在由收集部800收集到的发电信息满足规定的基准的情况下,判定部5523判定为燃料电池堆1的状态正常(步骤S501:“否”)。

[0544] 另一方面,在由收集部800收集到的发电信息不满足规定的基准的情况下,判定部5523判定为燃料电池堆1的状态不正常(步骤S501:“是”)。

[0545] 例如,如果燃料电池堆1的状态正常,则燃料电池堆1的温度为摄氏90度左右。因此,为了确定燃料电池堆1的异常状态而利用收集部800来测定燃料电池堆1的温度。另一方面,判定部5523预先存储有例如摄氏50度以上且小于摄氏95度的范围来作为规定的温度范围。

[0546] 在由收集部800测定出的燃料电池堆1的温度超出规定的温度范围的情况下,判定部5523判定为燃料电池堆1的状态不正常、需要利用校正部5522的校正(步骤S501:“是”)。

[0547] 另一方面,在由收集部800测定出的燃料电池堆1的温度处于规定的温度范围内的情况下,判定部5523判定为燃料电池堆1的状态正常、不需要利用校正部5522的校正(步骤S501:“否”)。

[0548] 另外,如果燃料电池堆1的状态正常,则被供给到燃料电池堆1的气体压力为110KPa~250Kpa左右。因此,为了确定燃料电池堆1的异常状态而利用收集部800来测定被供给到燃料电池堆1的气体压力。另一方面,判定部5523存储有例如100KPa以上且小于270Kpa的范围来作为规定的压力范围。

[0549] 在由收集部800测定出的气体压力超出规定的压力范围的情况下,判定部5523判定为燃料电池堆1的状态不正常、需要利用校正部5522的校正(步骤S501:“是”)。

[0550] 另一方面,在由收集部800测定出的气体压力处于规定的气体压力范围内的情况下,判定部5523判定为燃料电池堆1的状态正常、不需要利用校正部5522的校正(步骤S501:“否”)。

[0551] 此外,在本实施方式中,判定部5523设置在微型计算机芯片552内,但是不限于此。例如,判定部5523也可以设置在收集部800内。

[0552] 另外,在本实施方式中,判定部5523判定由收集部800收集到的发电信息是否满足规定的基准,根据该判定结果来判定是否需要利用校正部5522的校正,但是不限于此。也可以是,判定部5523判定由收集部800收集到的发电信息是否满足规定的基准,不根据该判定结果判定是否需要利用校正部5522的校正。

[0553] 在这样的情况下,在判定部5523判定为由收集部800收集到的发电信息不满足规定的基准的情况下,校正部5522对阻抗Z2进行校正。另一方面,在判定部5523判定为由收集部800收集到的发电信息满足规定的基准的情况下,校正部5522不对阻抗Z2进行校正。

[0554] 这样,根据本发明的第十二实施方式,判定部5523收集由收集部800收集到的根据燃料电池堆1的发电状况而发生变化的发电信息,使用所收集到的发电信息来判断燃料电池堆1的状态是否正常。

[0555] 在此,在第十一实施方式中,判定部5523使用相位修正部600对相位的修正量 $\Delta \xi$ 来判断燃料电池堆1的状态是否正常。在此,例如存在以下的情况:在燃料电池堆1的正极侧和负极侧的状态同样地变化而变为异常的状态的情况下,阻抗Z1的相位角 θ_1 与阻抗Z2的相位角 θ_2 之间不产生相位差 ϕ ,相位修正部600不进行相位的修正。在这样的情况下,相位修正部600对相位的修正量 $\Delta \xi$ 仍旧为零,导致判定部5523错误地进行燃料电池堆1的状态是否正常的判断。

[0556] 另一方面,在本实施方式中,当燃料电池堆1的状态发生变化时,由收集部800收集到的发电信息发生变化。因而,即使在如上述那样的燃料电池堆1的正极侧和负极侧的状态同样地变化而变为异常的状态的情况下,由于燃料电池堆1整体的状态发生了变化,因此由收集部800收集到的发电信息也会发生变化。这样,判定部5523通过使用根据燃料电池堆1的发电状况而发生变化的发电信息,能够更准确地判断燃料电池堆1的状态是否正常。

[0557] 这样,判定部5523能够适当地进行是否需要利用校正部5522的校正的判定。因此,通过在适当的定时省略校正部5522对阻抗Z2的校正处理,能够适当地减轻阻抗测定装置5的处理负荷。

[0558] 以上说明了本发明的实施方式,但是上述实施方式只是本发明的应用例的一部分,主旨并不是将本发明的技术范围限定为上述实施方式的具体结构。

[0559] 例如,在上述实施方式中,关于利用阻抗测定装置5测定燃料电池堆1的内部阻抗的例子进行了说明,但是测定对象只要是层叠多个电池单体而得到的层叠电池即可,例如也可以是层叠型的锂电池。即使是锂电池,由于电池单体的个体差异,正极侧的静电电容C1与负极侧的静电电容C2之间有时也会产生差异,从而产生相位差 ϕ 。在这样的情况下,也能够与上述实施方式同样地获得本申请发明的效果。

[0560] 此外,上述实施方式能够适当地进行组合。

[0561] 本国际申请基于在2014年2月19日以日本专利局作为受理机关提出申请的国际申请PCT/JP2014/053912主张优先权,该申请的全部内容通过参照被引入到在本说明书中。

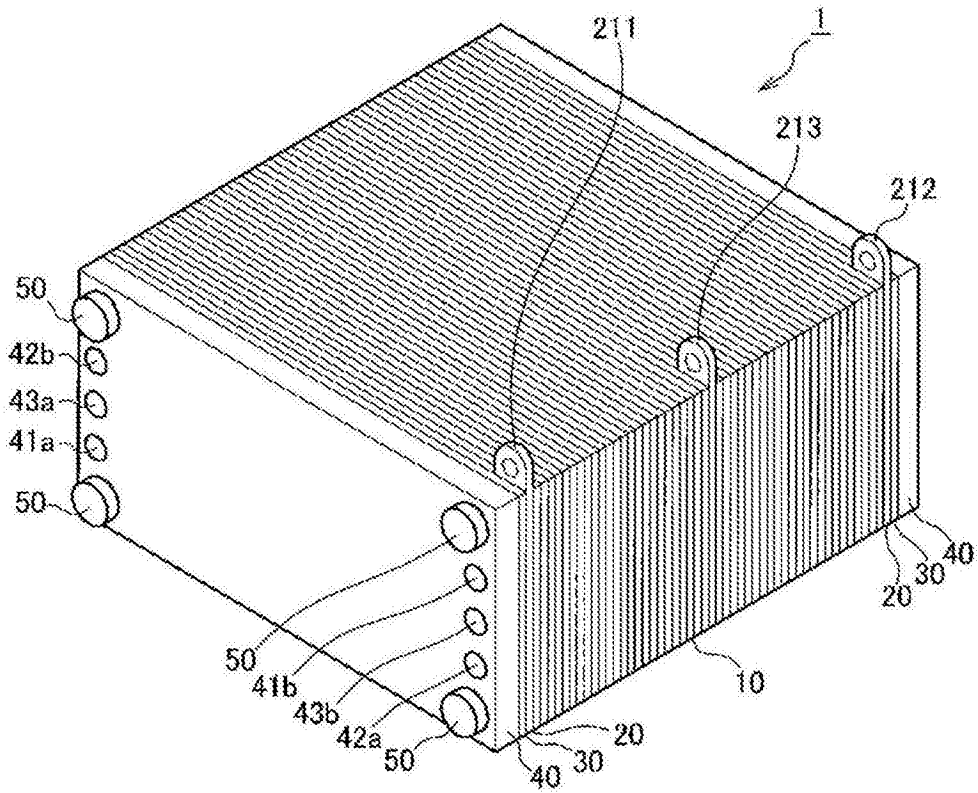


图1A

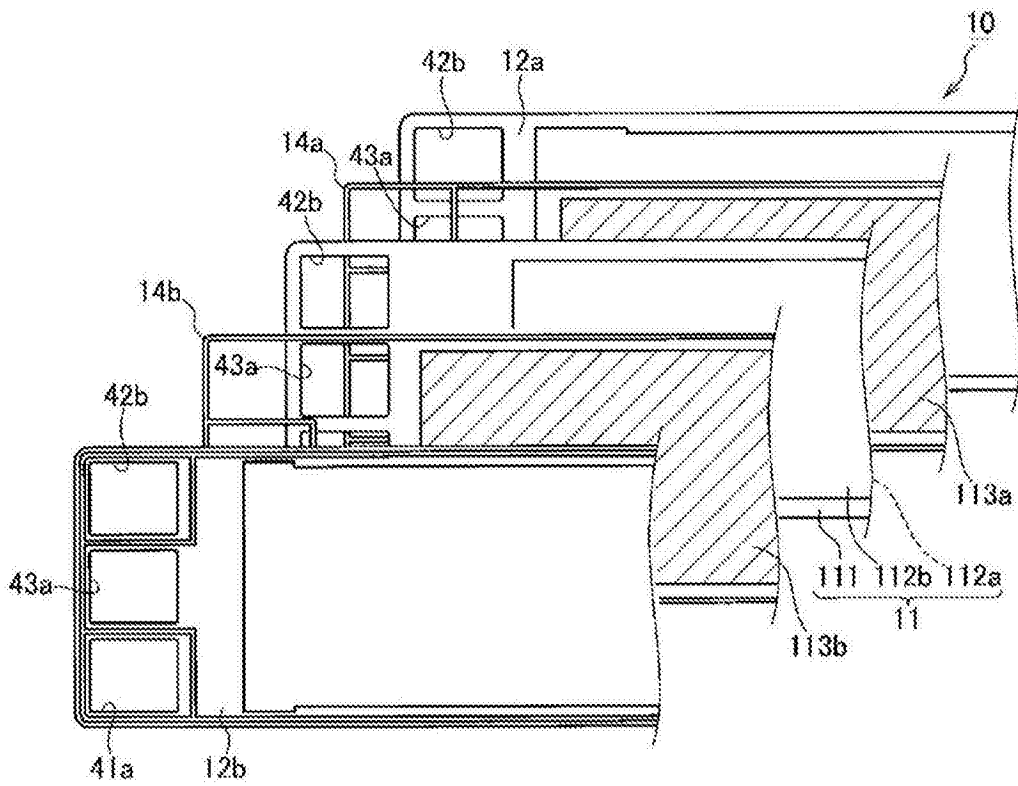


图1B

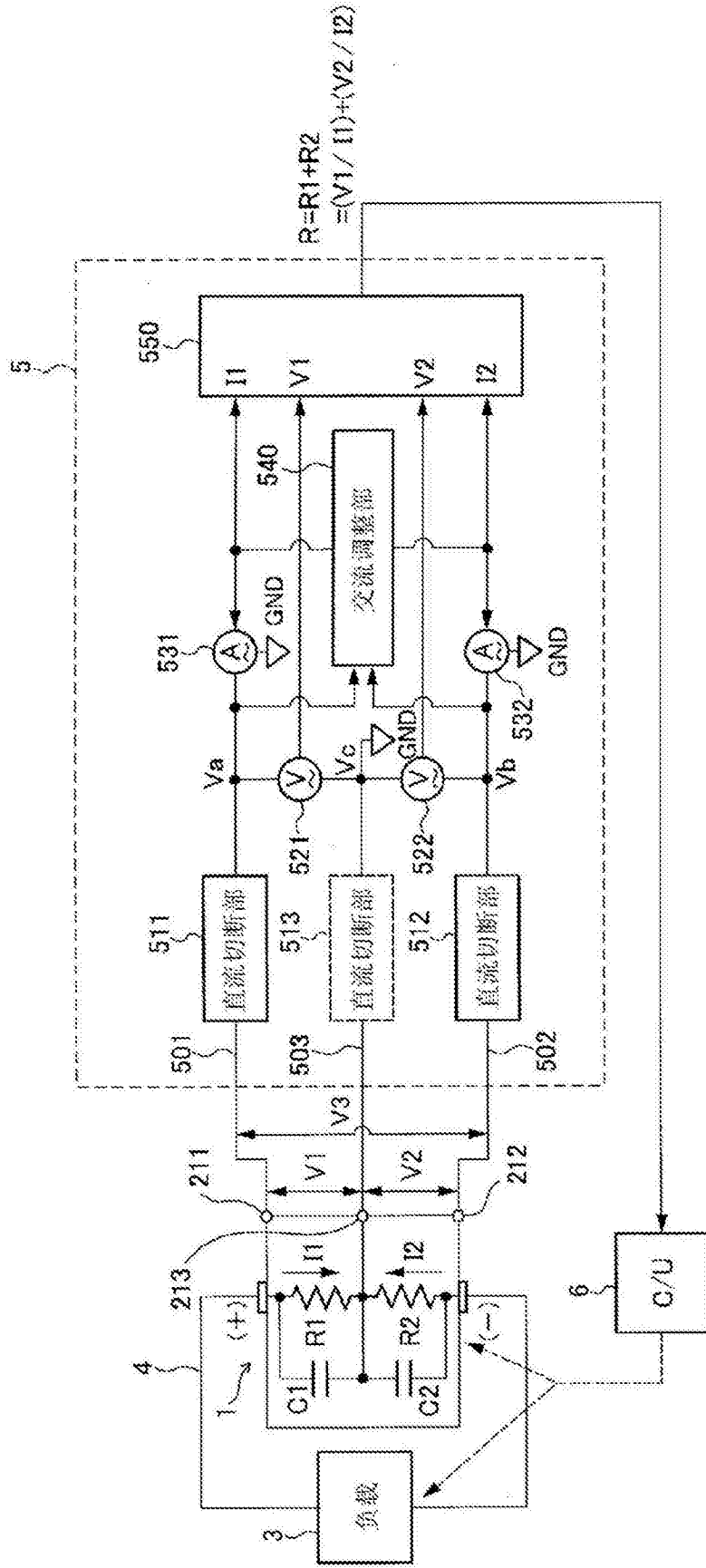


图2

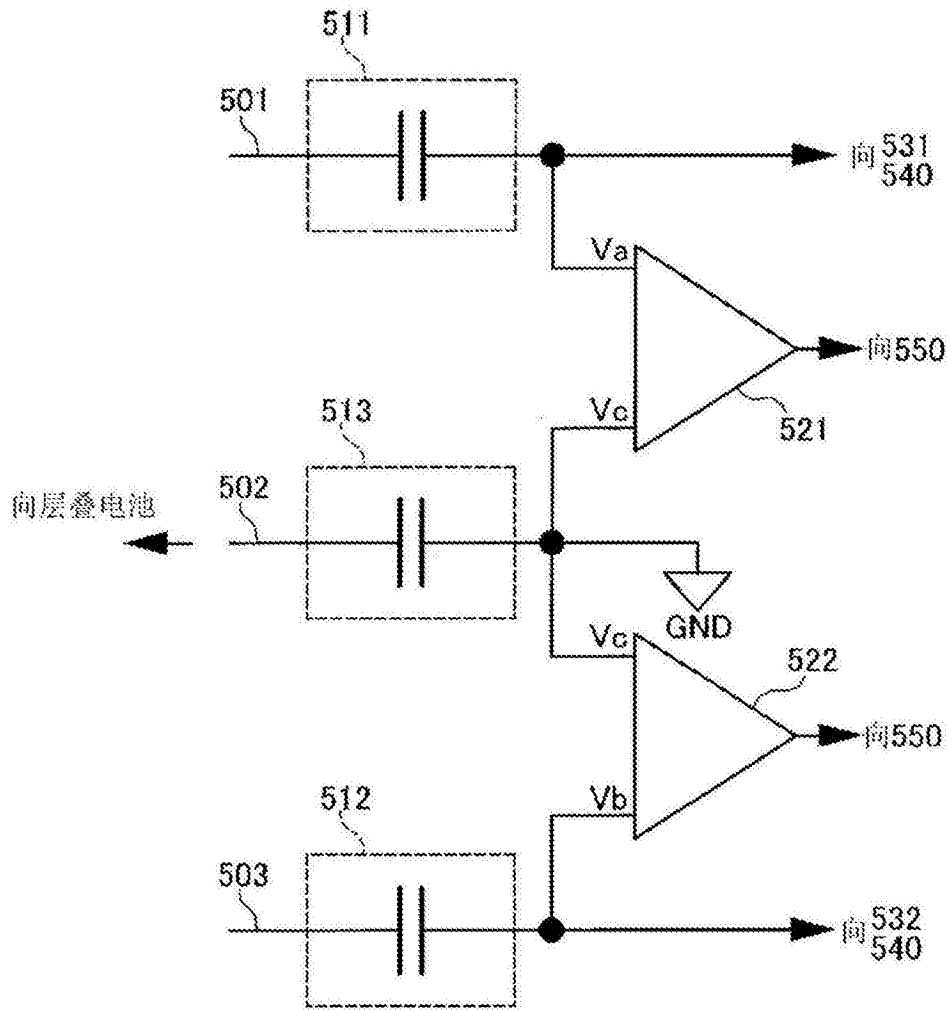


图3

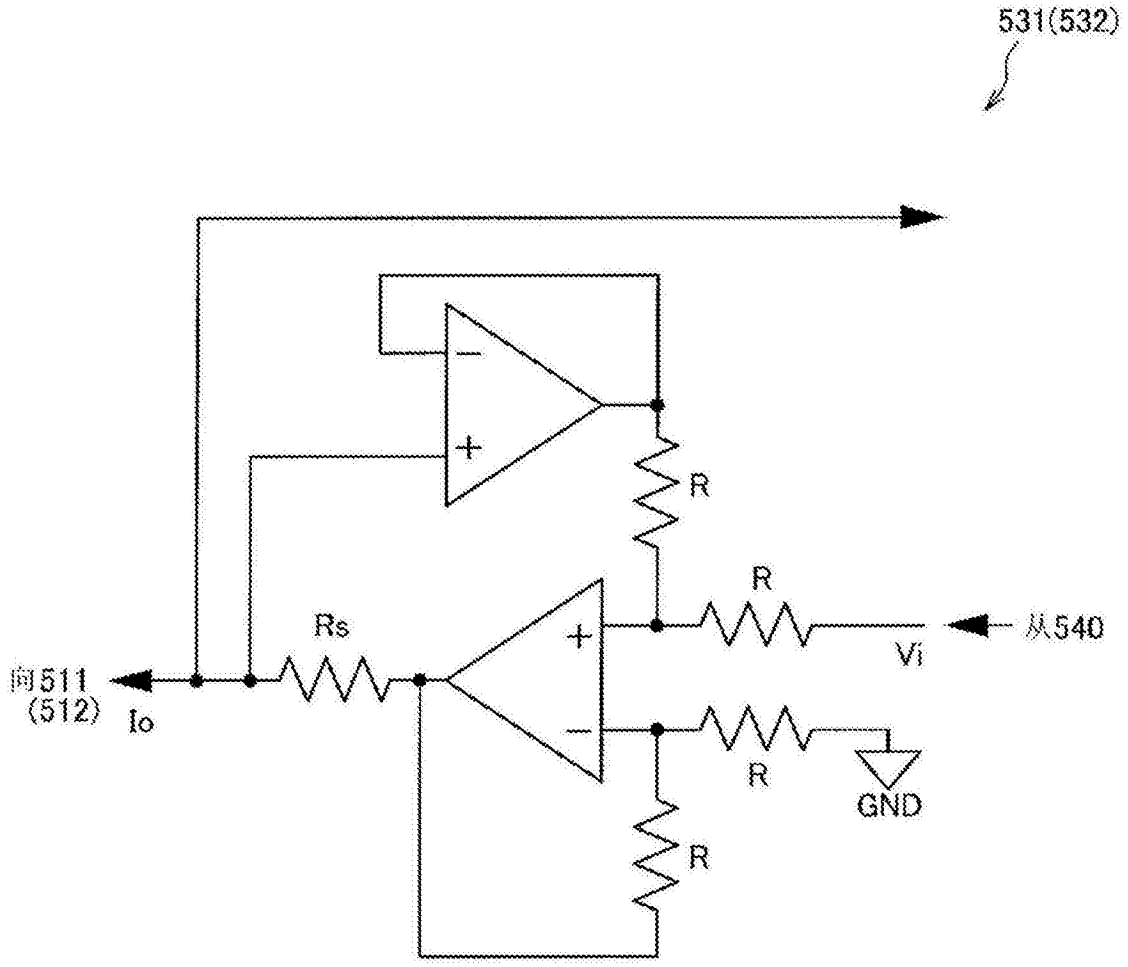


图4

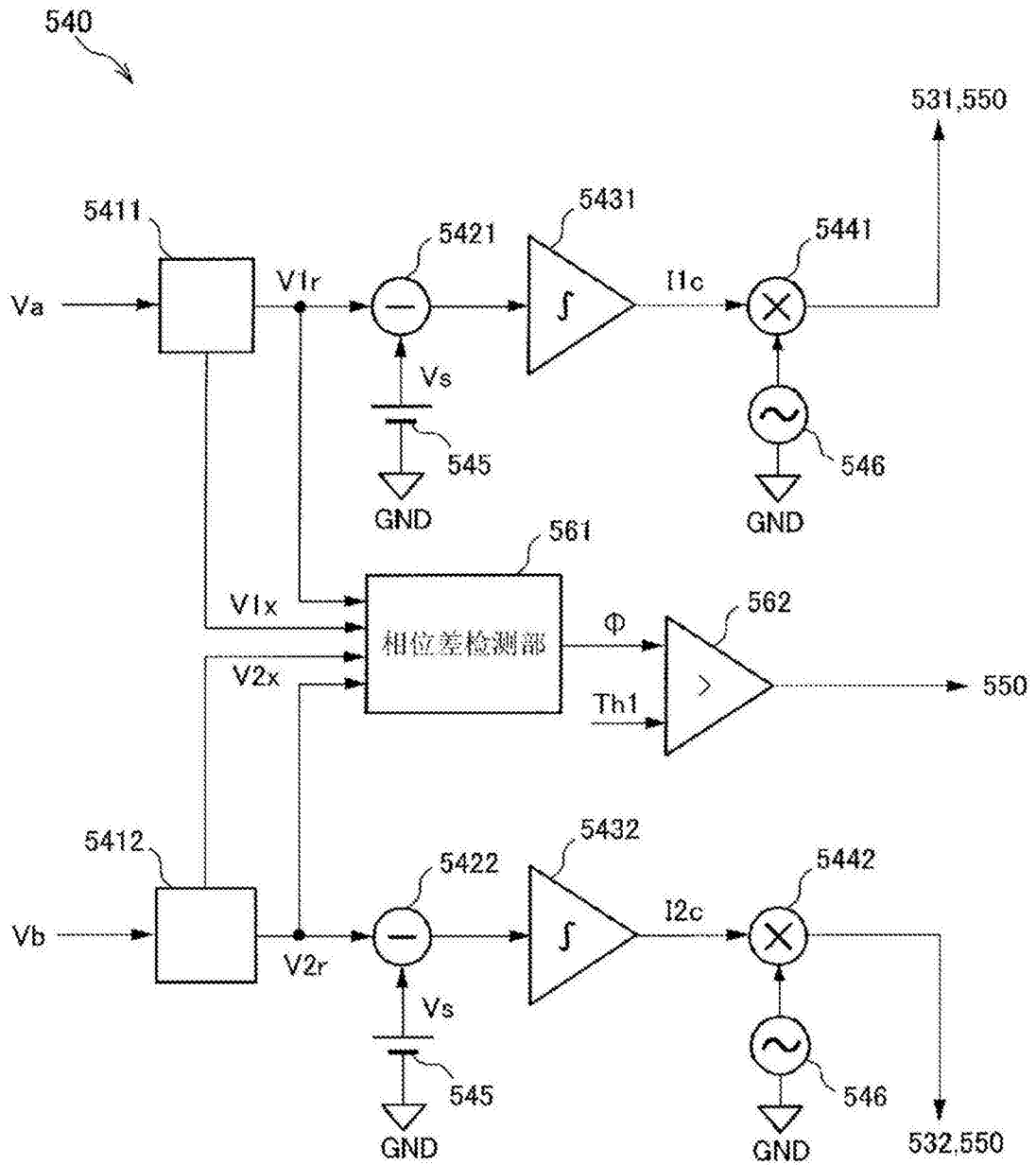


图5

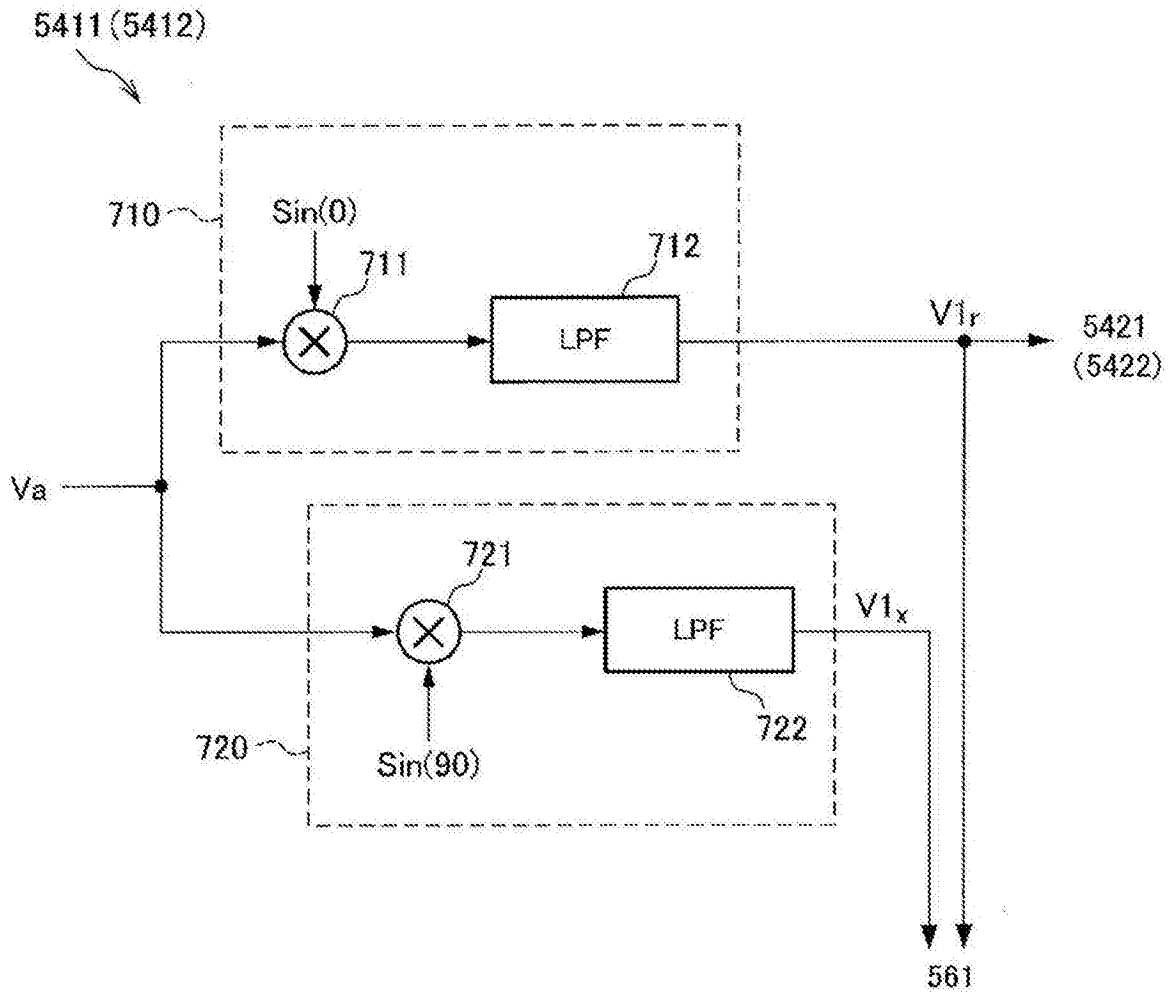


图6

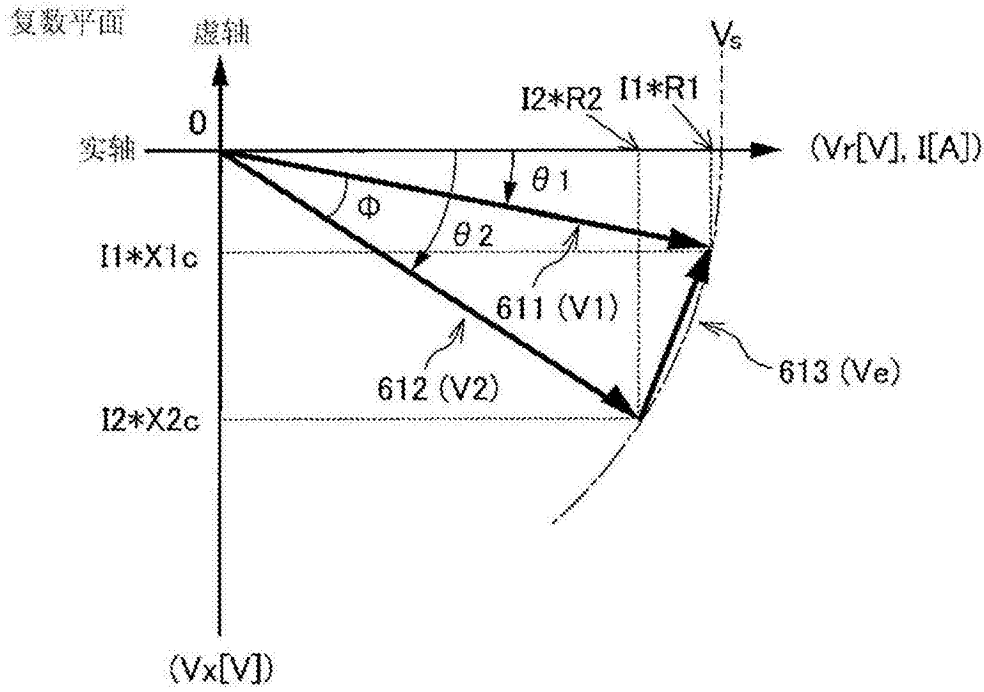


图7

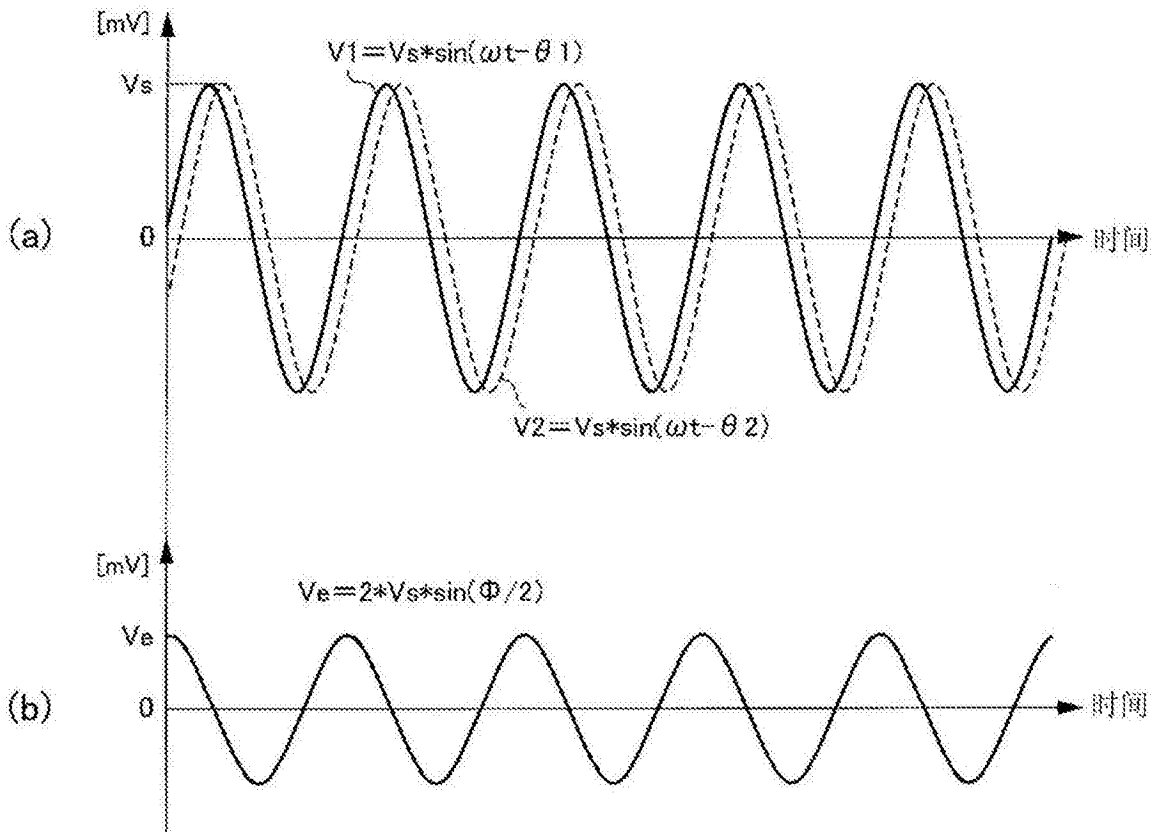


图8

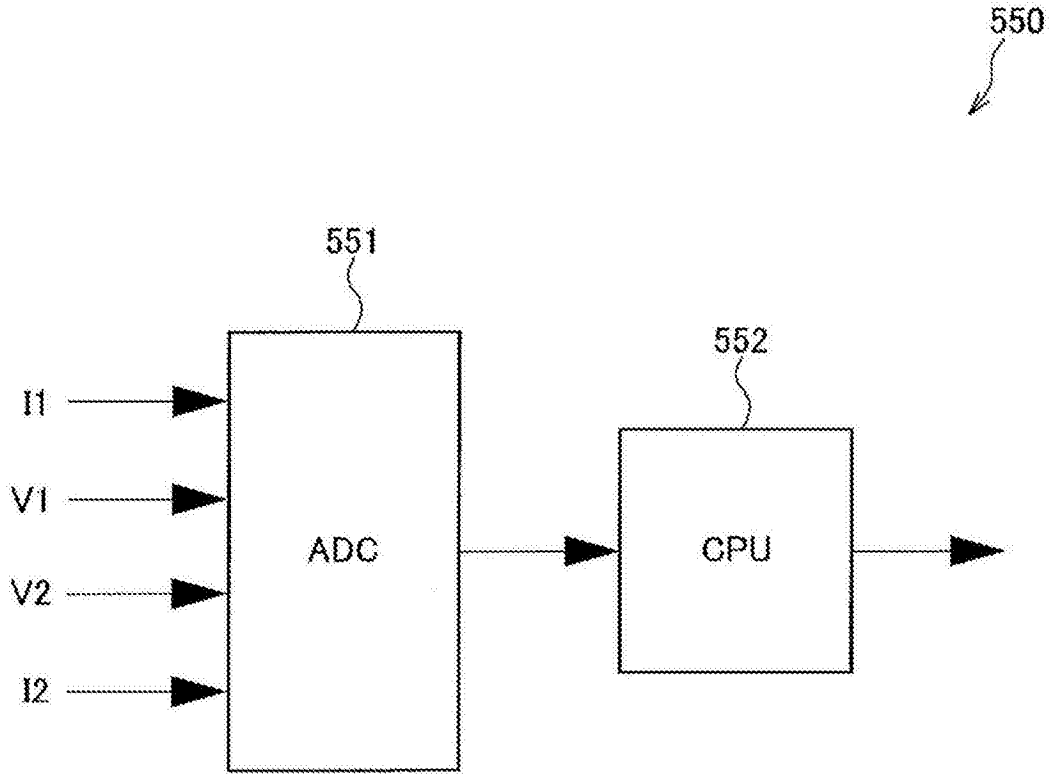


图9

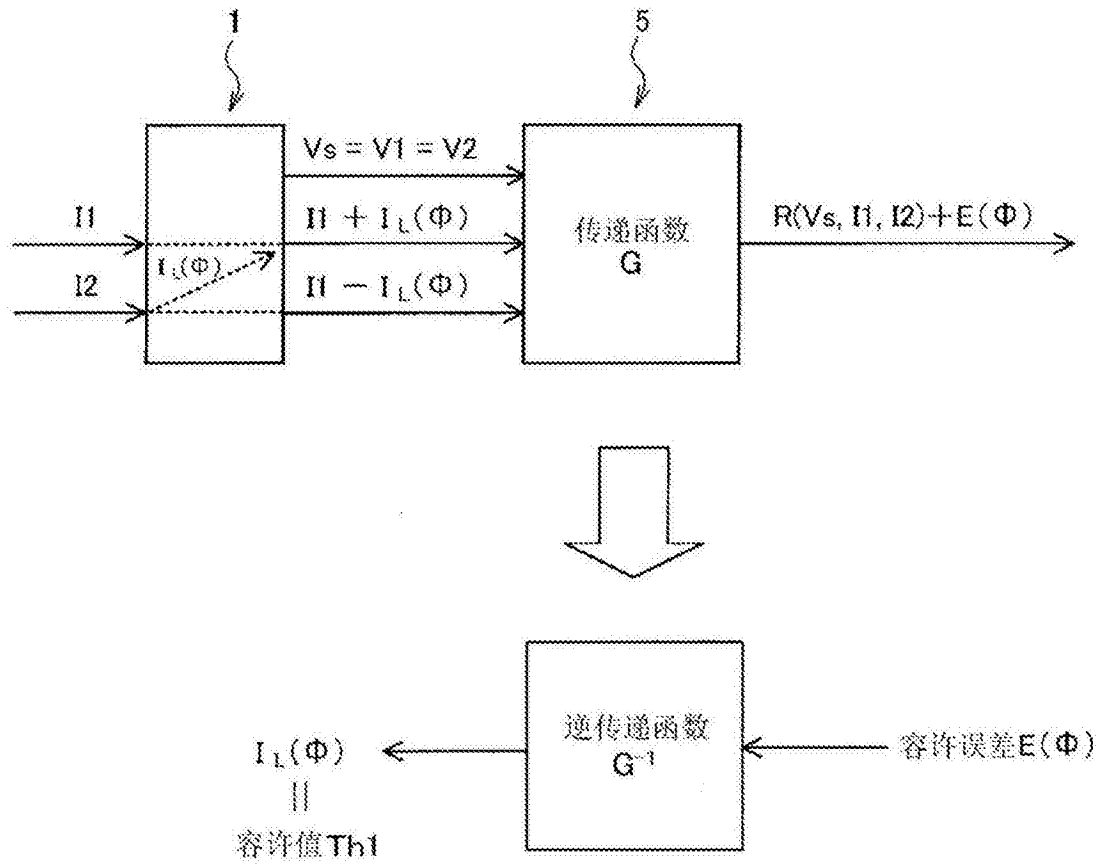


图10

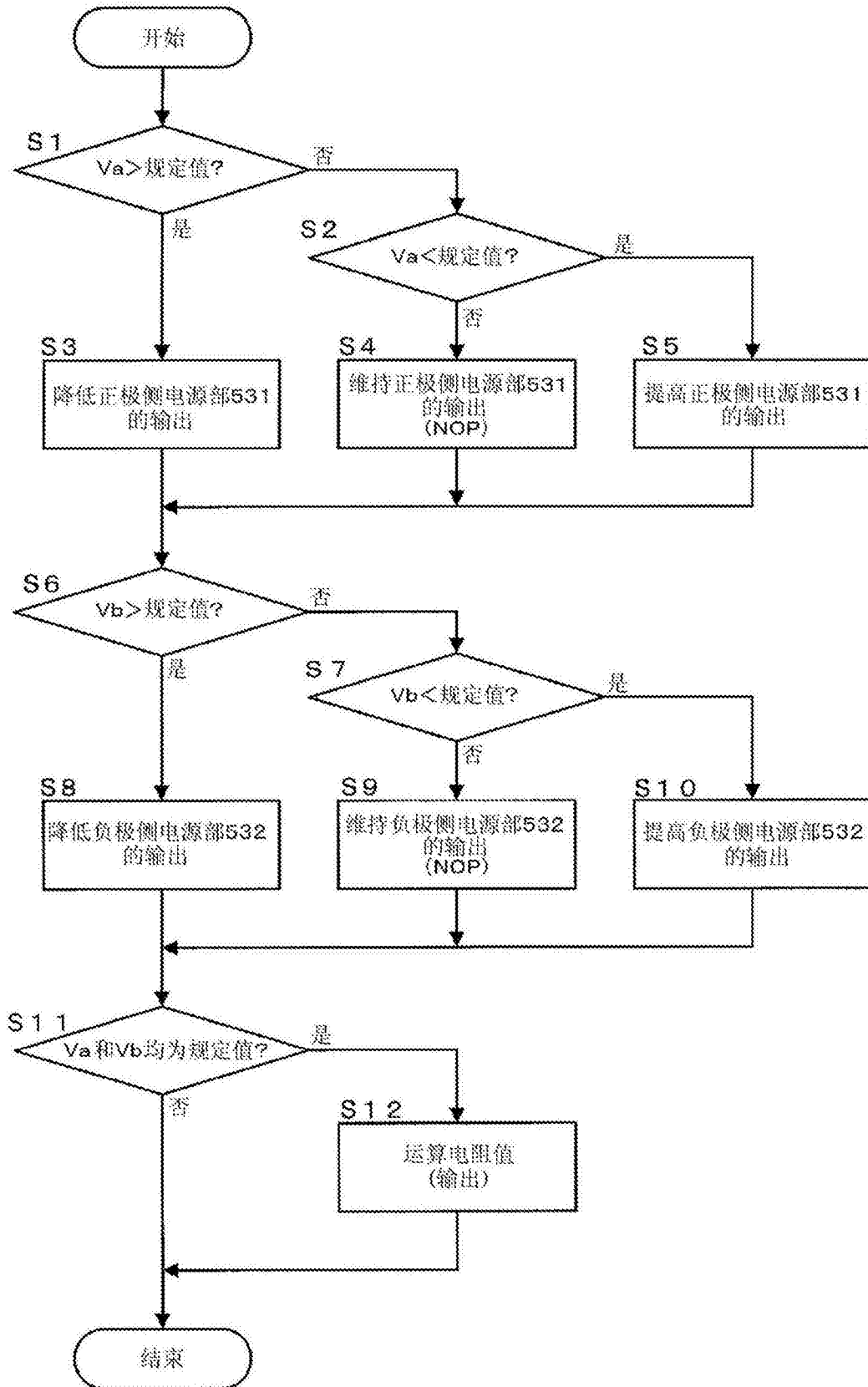


图11

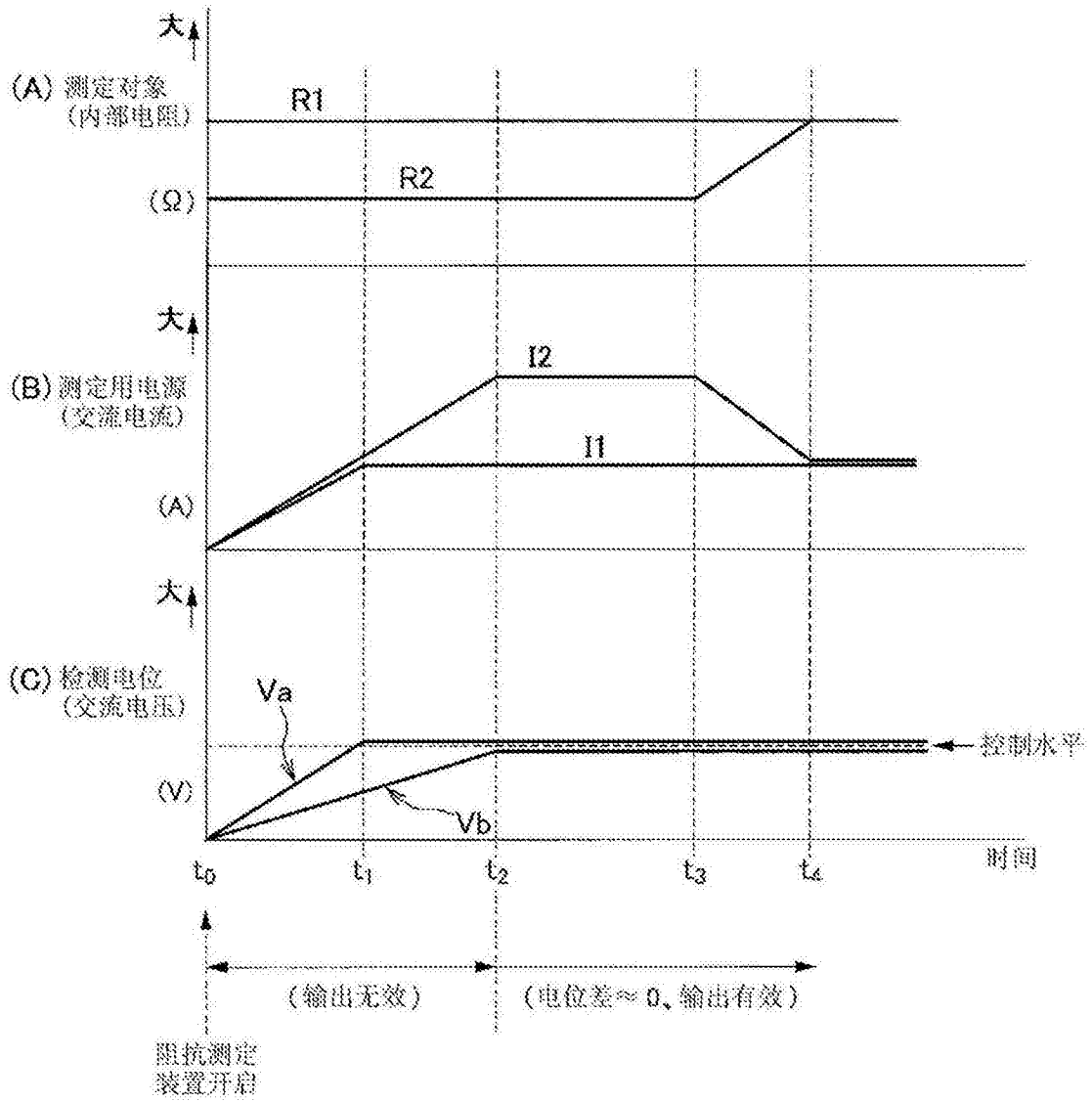


图12

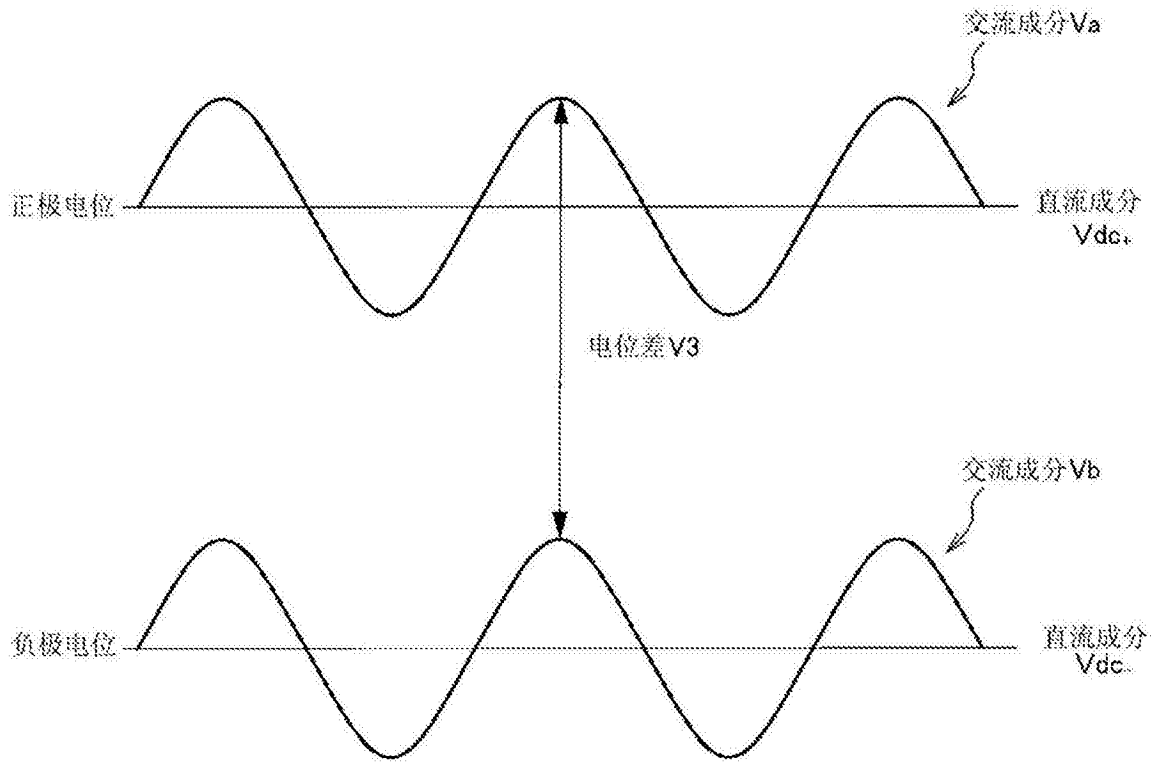


图13

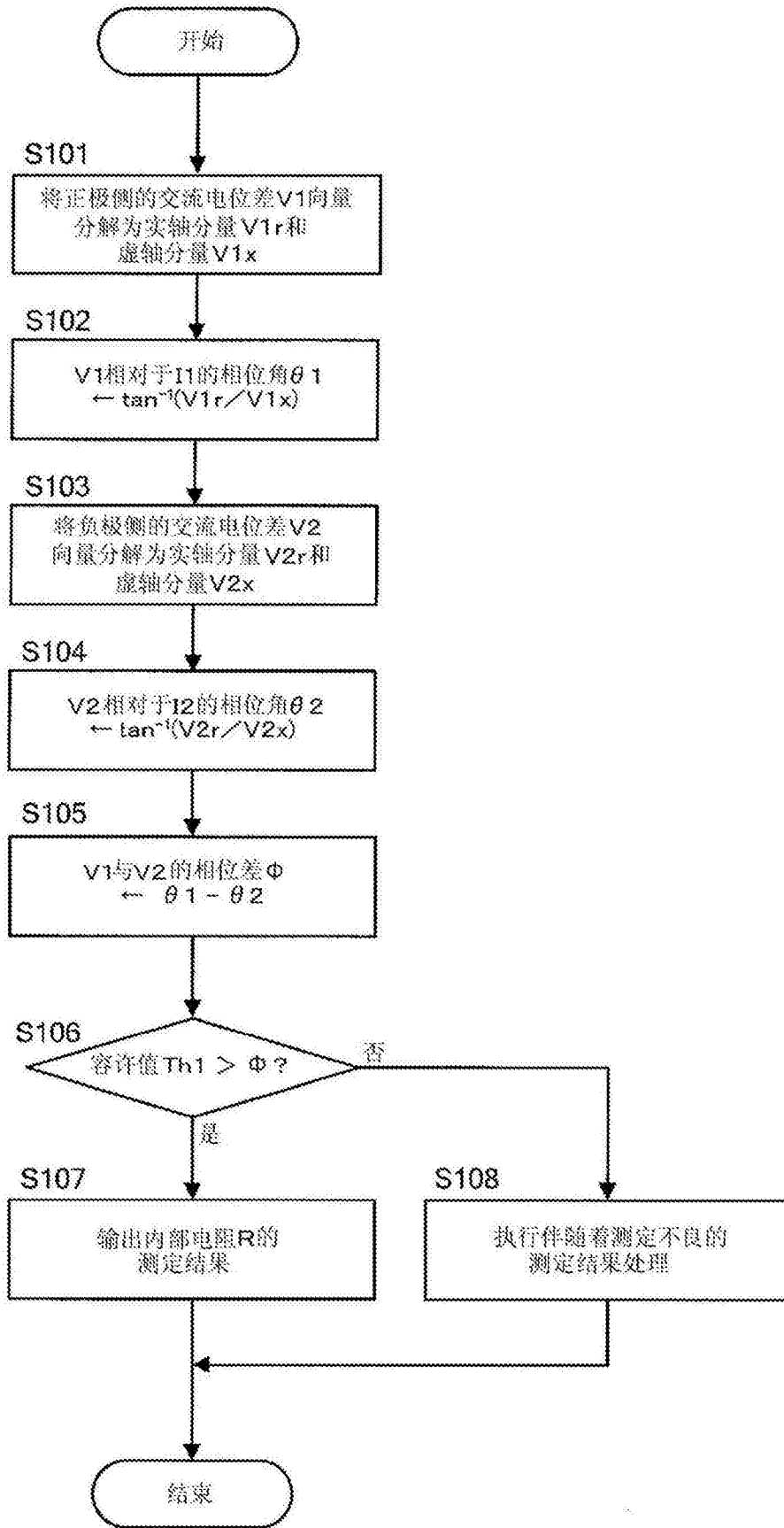


图14

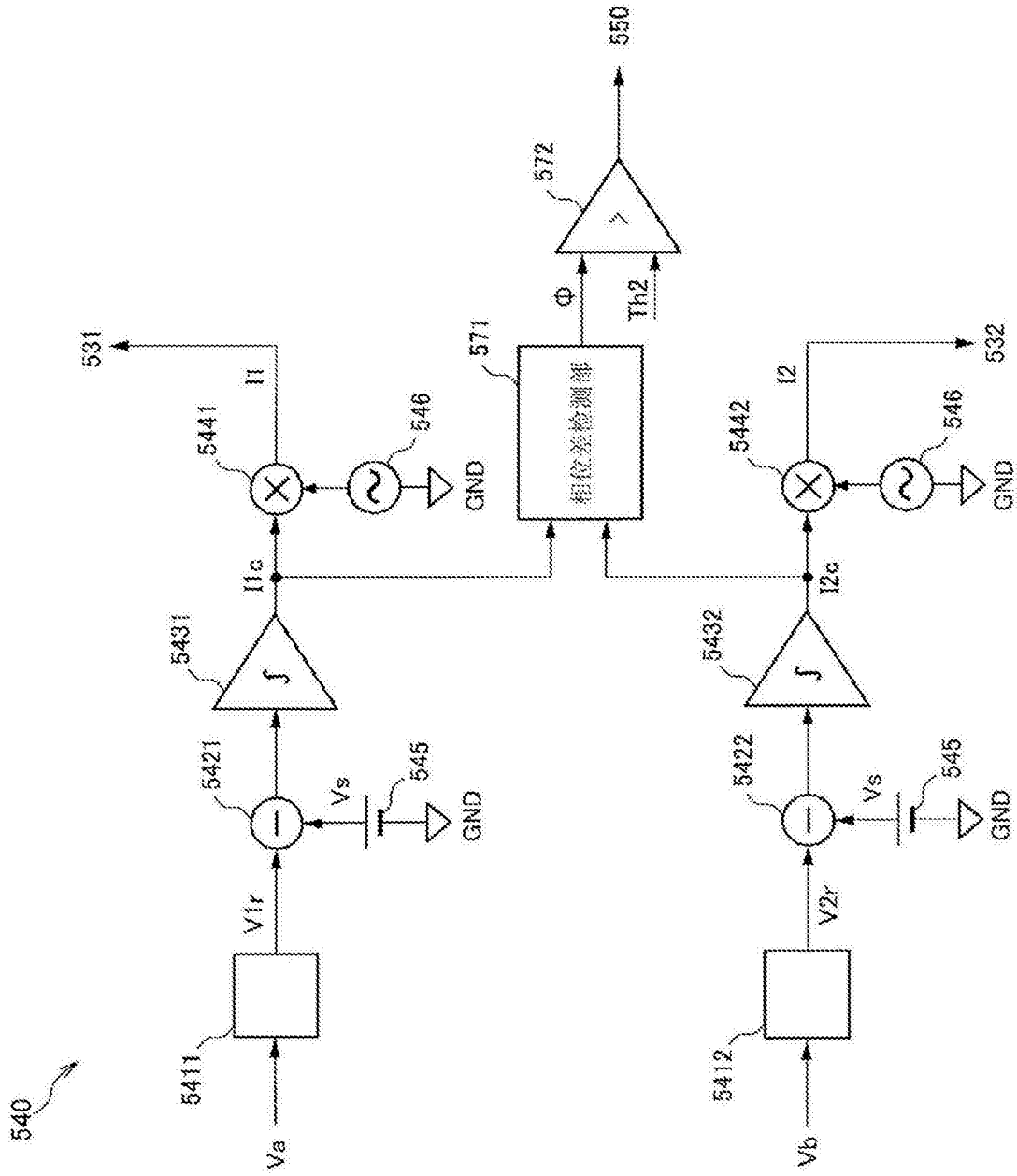


图15

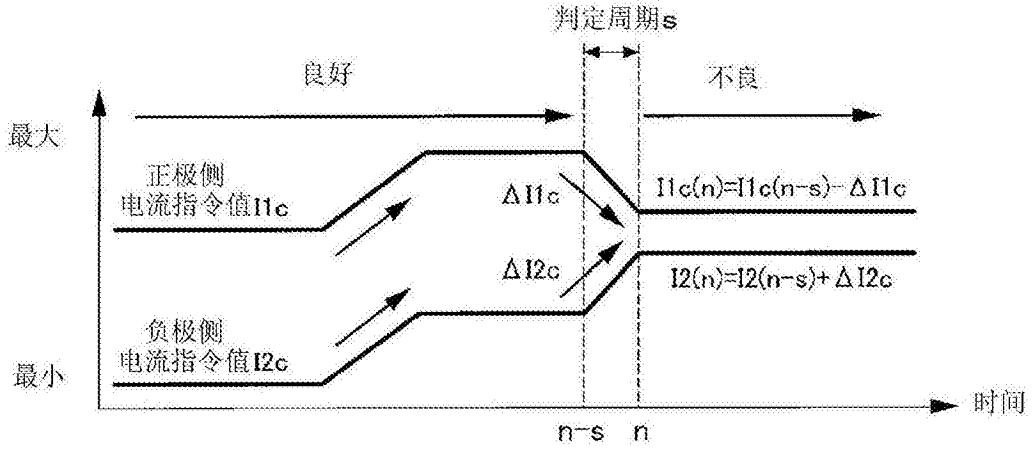


图16A

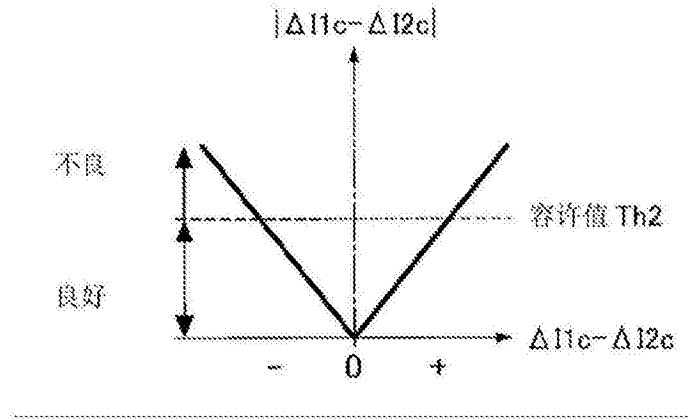


图16B

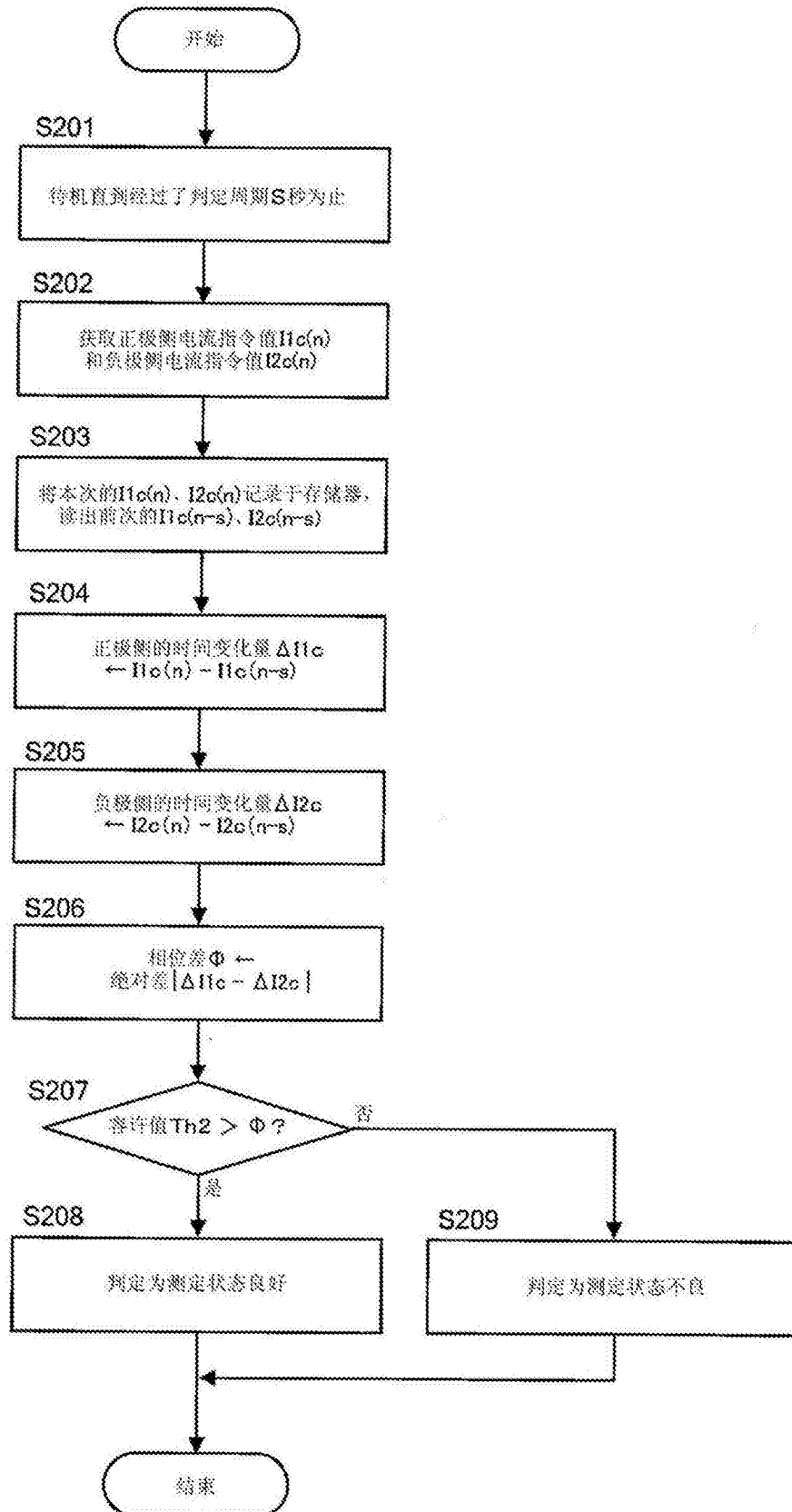


图17

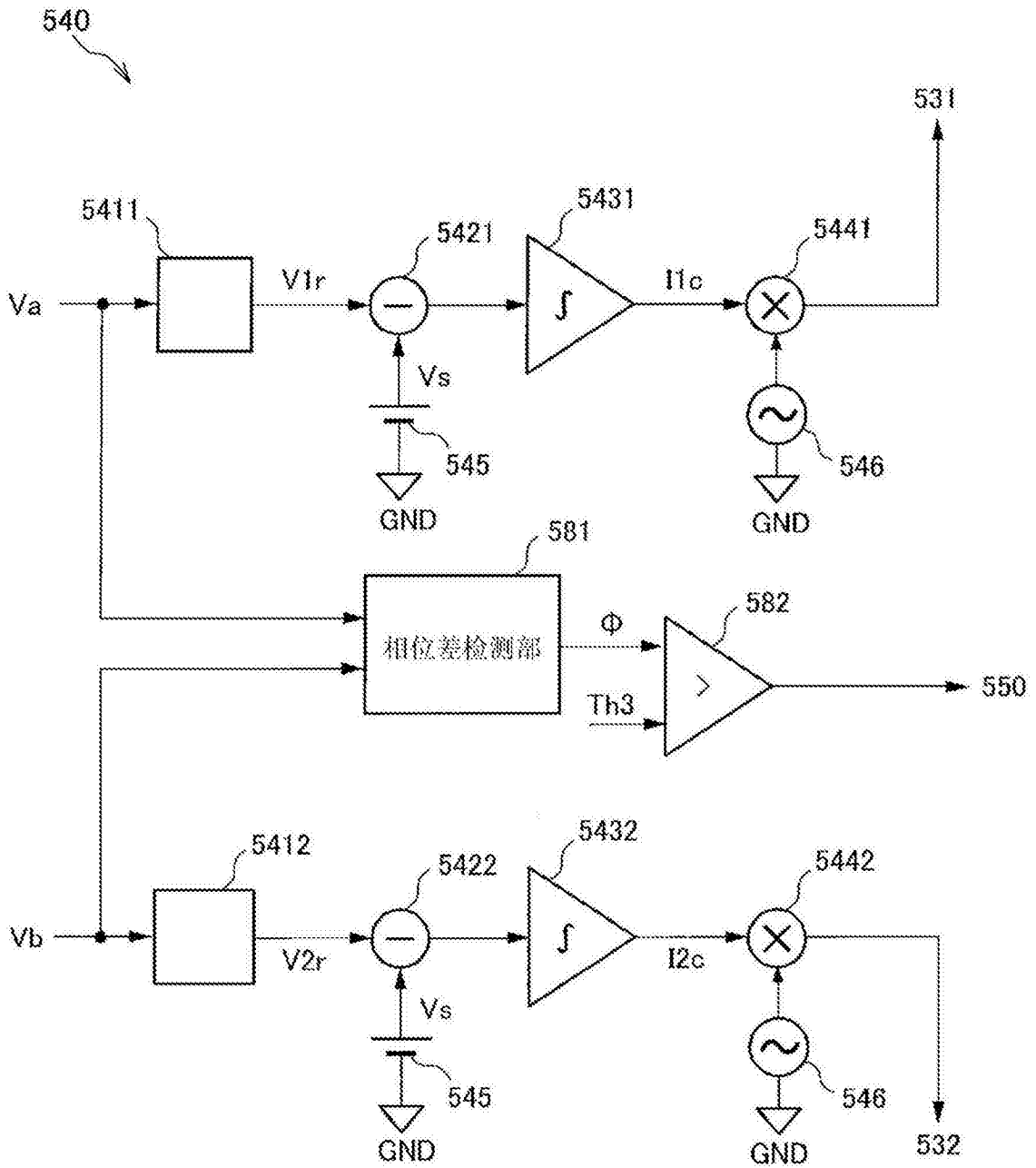


图18

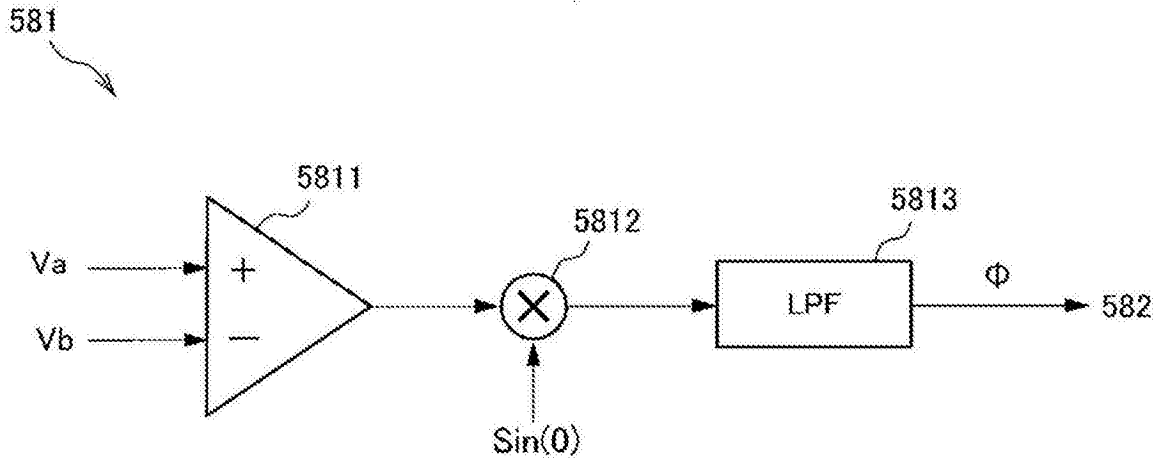


图19

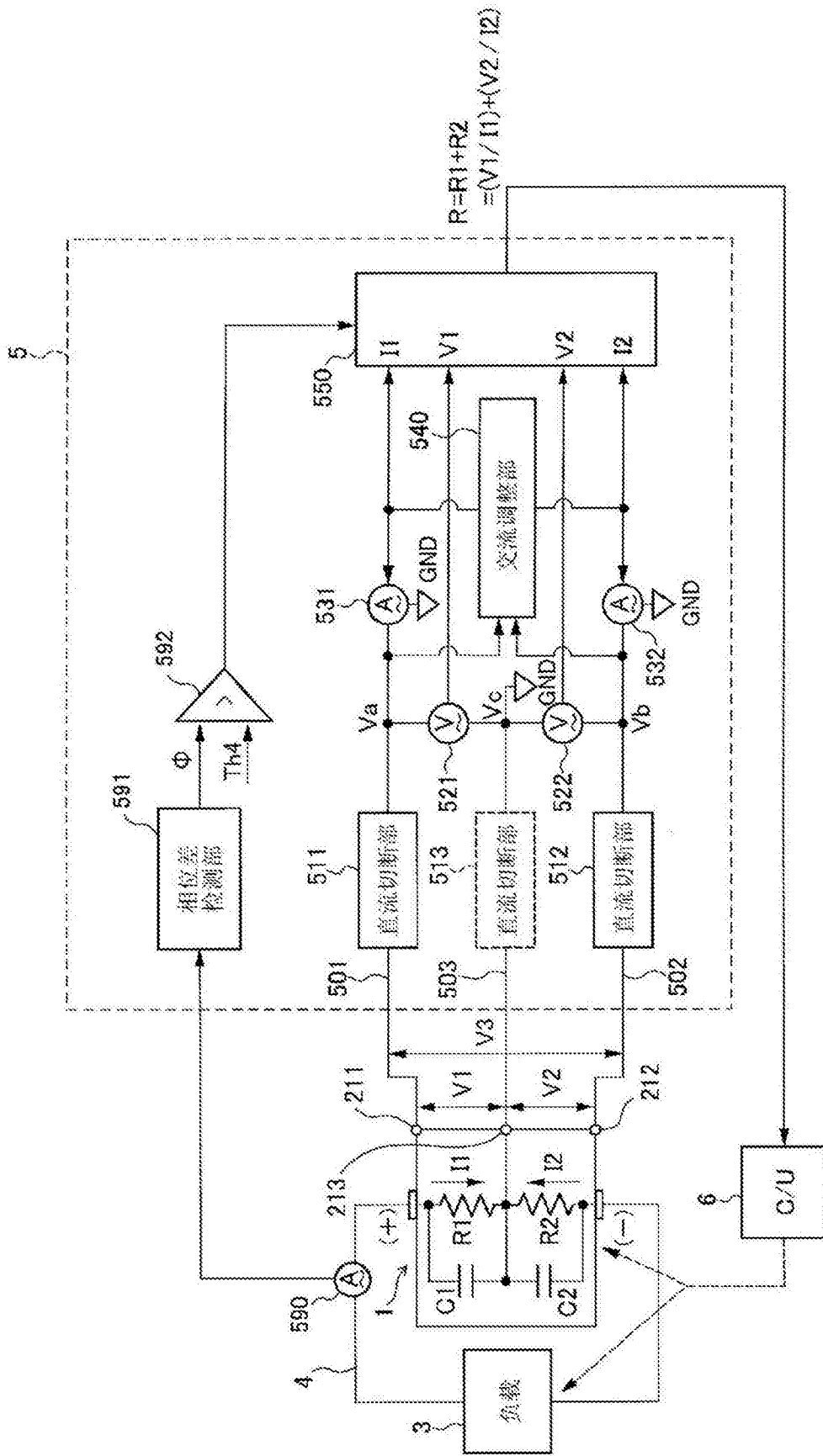


图20

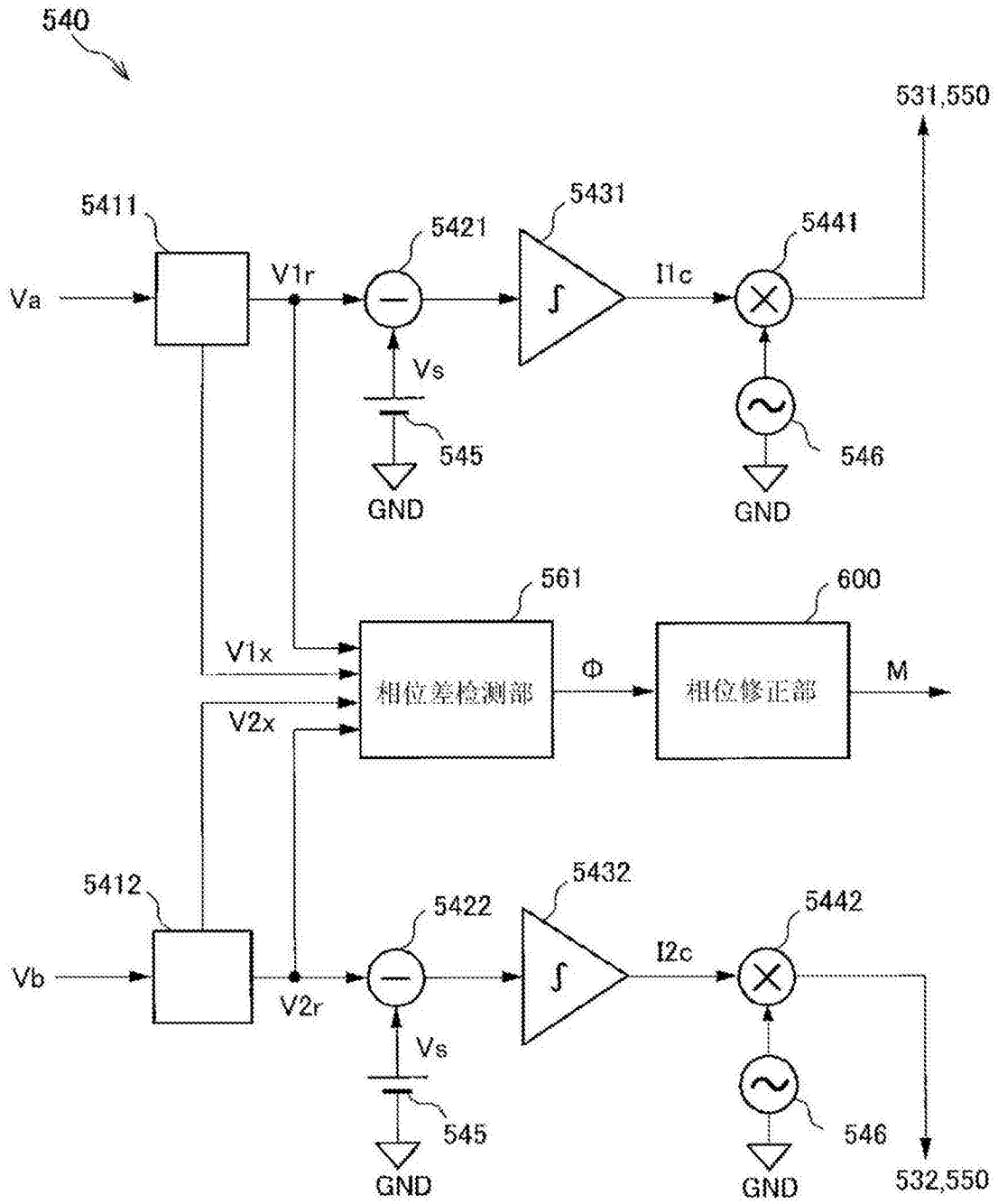


图21

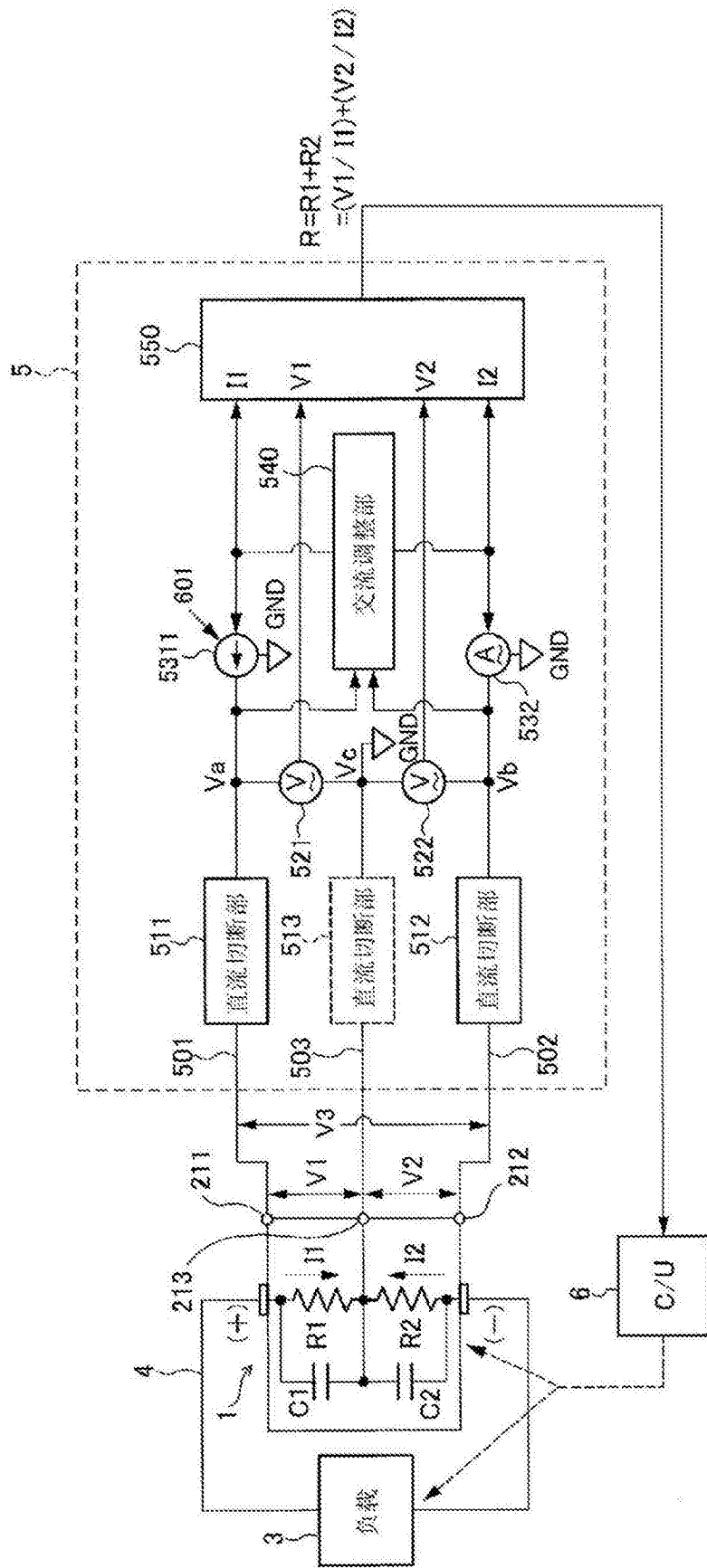


图22

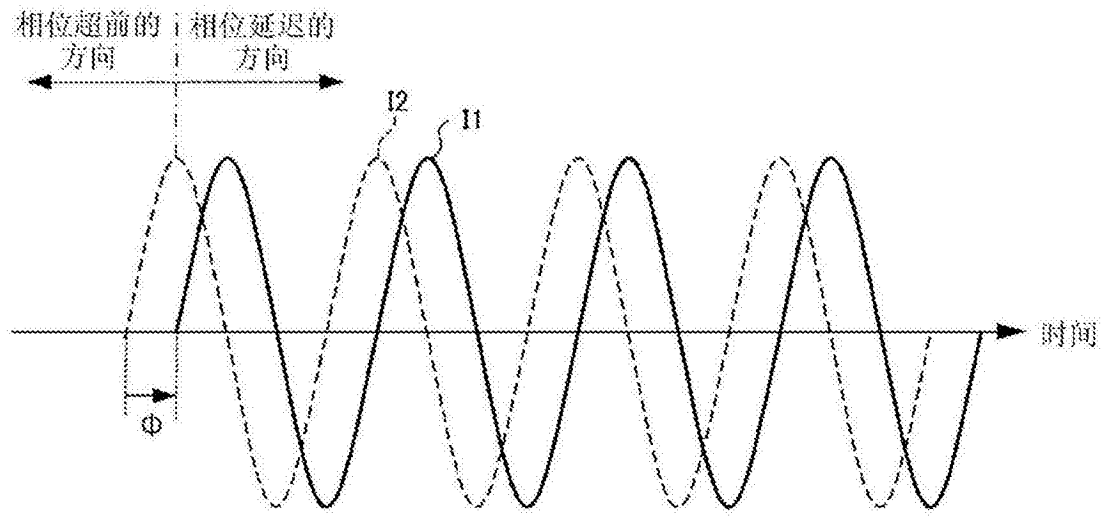


图23

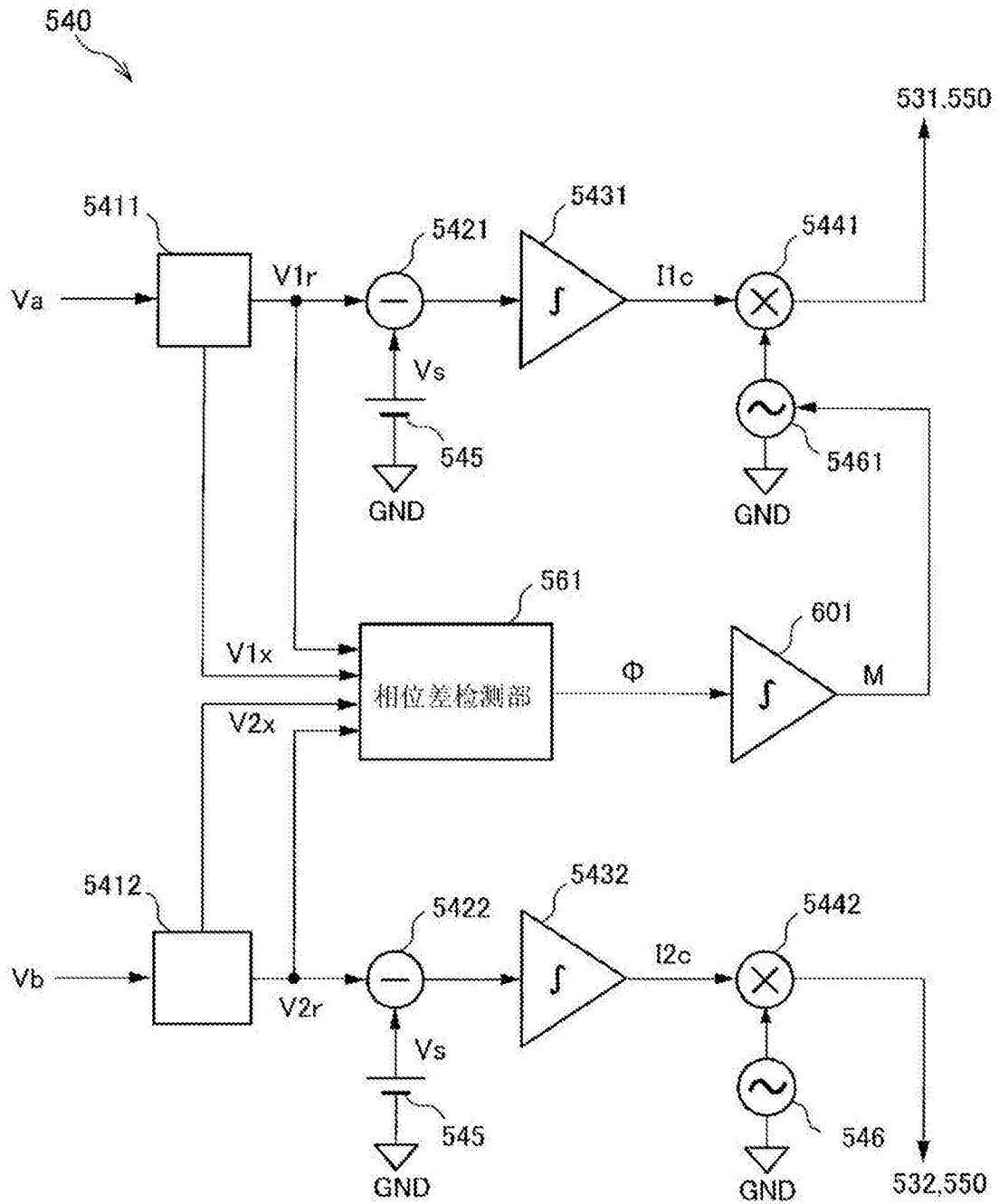


图24

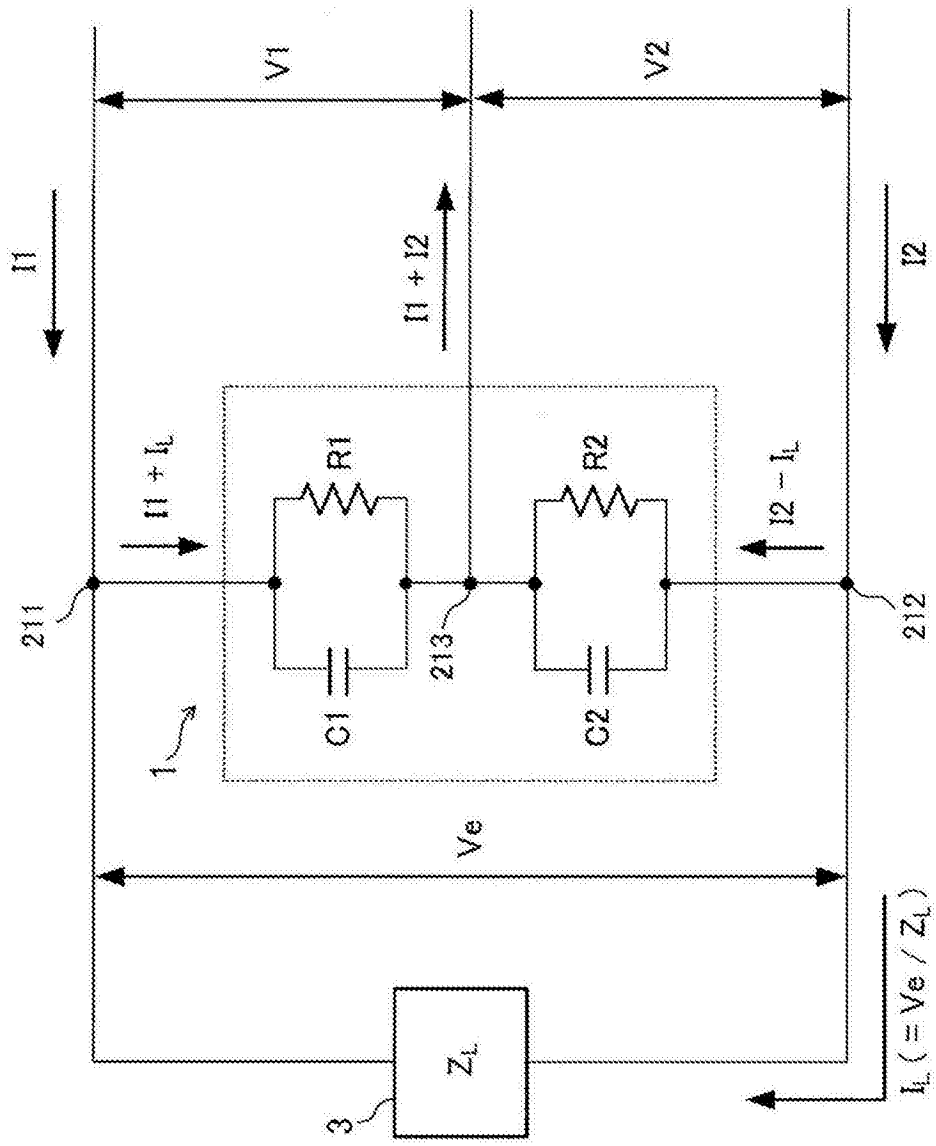


图25

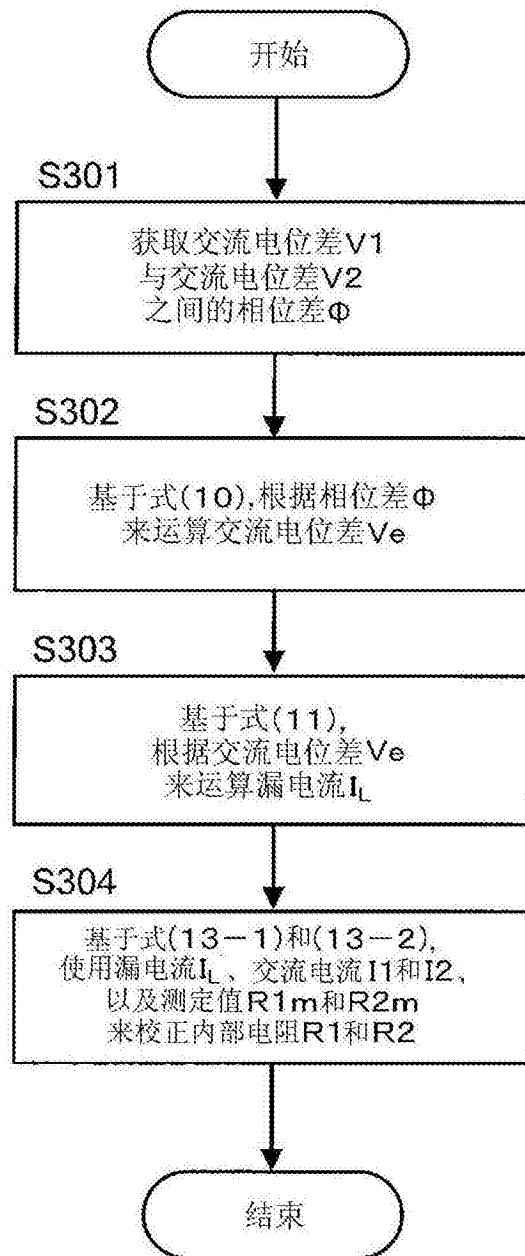


图26

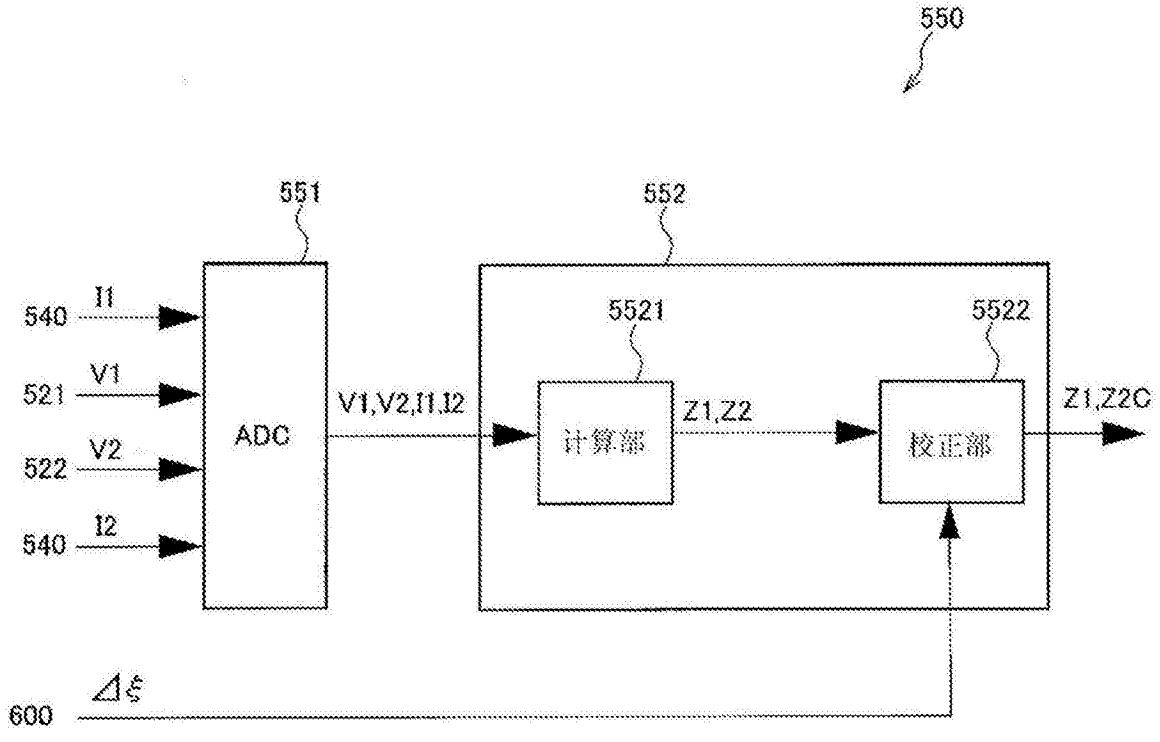


图27

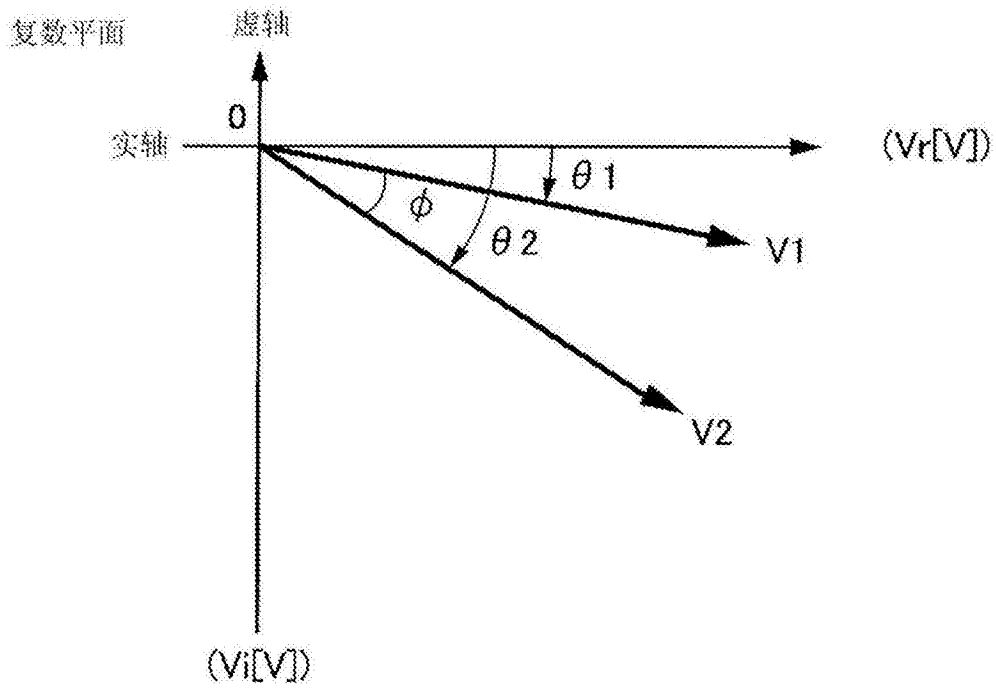


图28

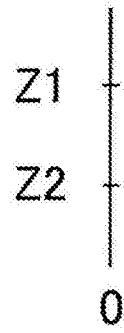


图29A

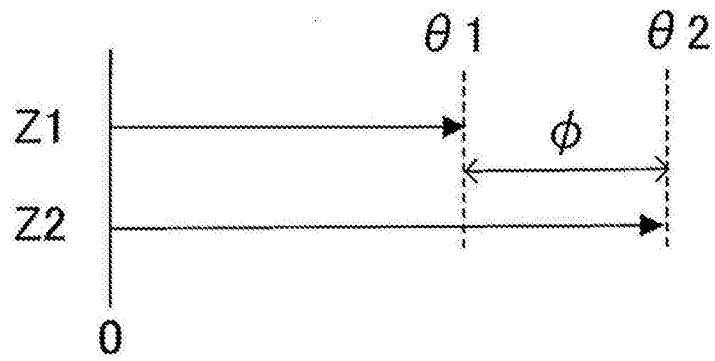


图29B

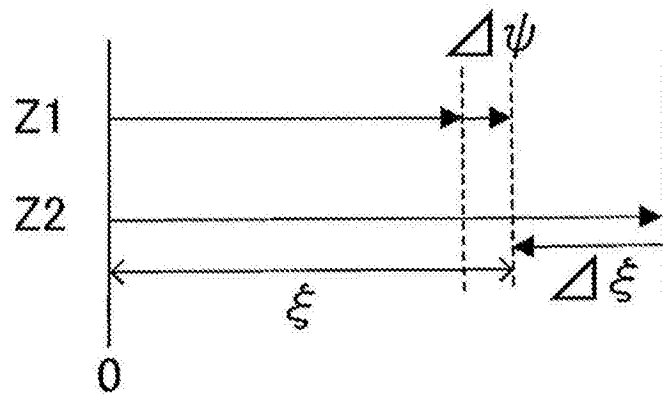


图29C

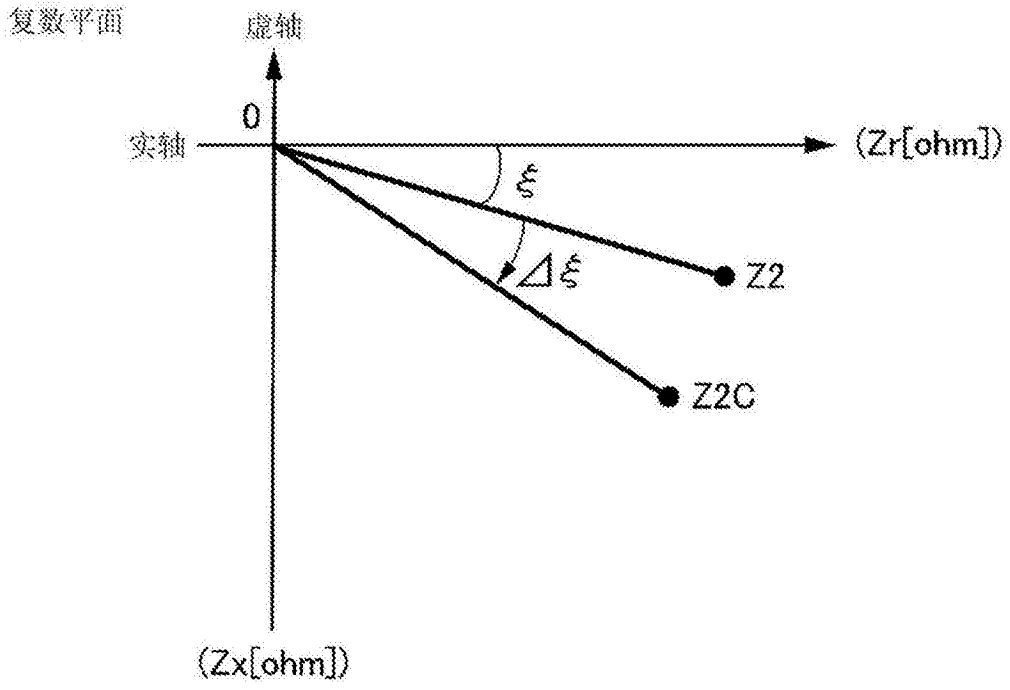


图30

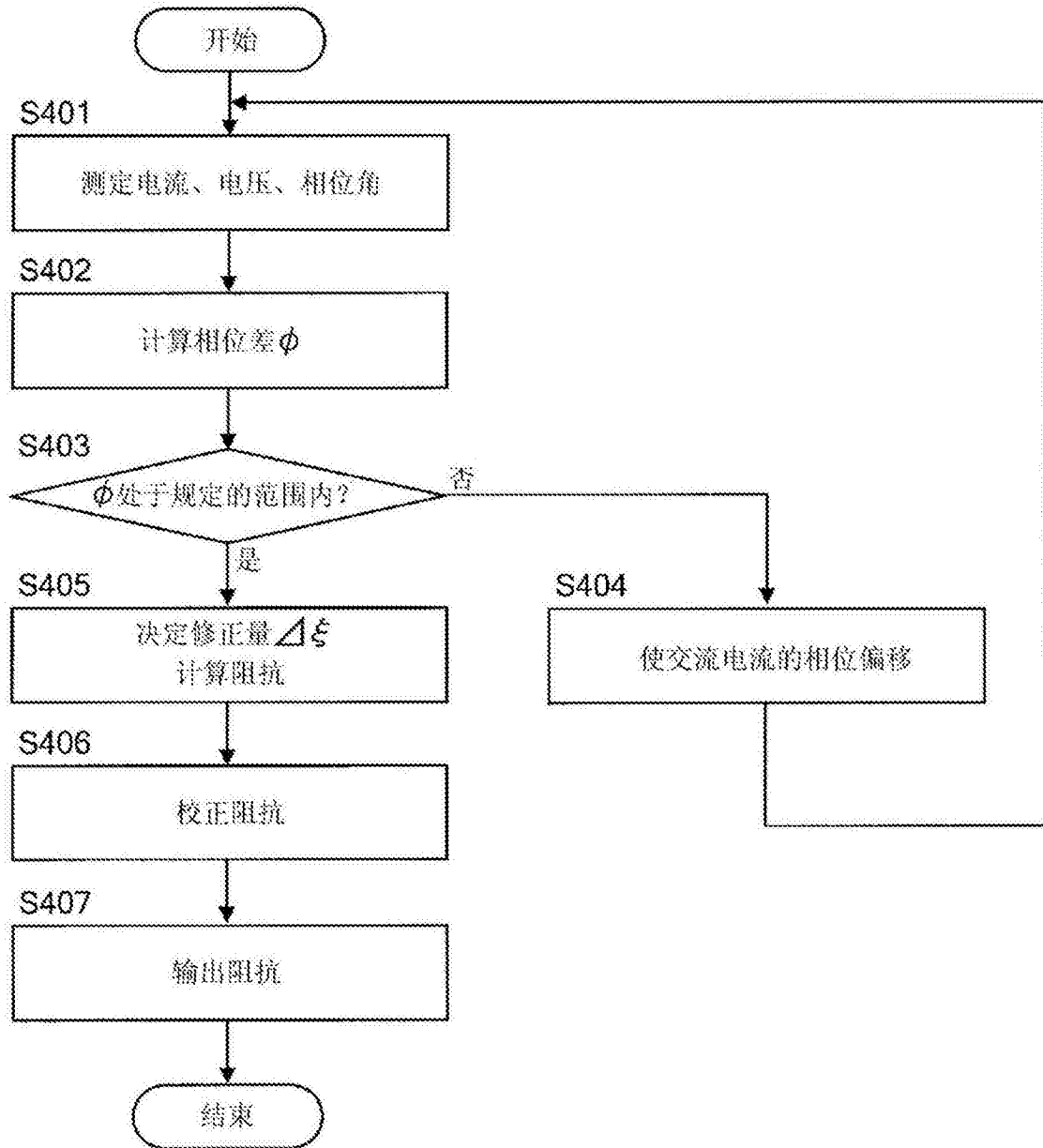


图31

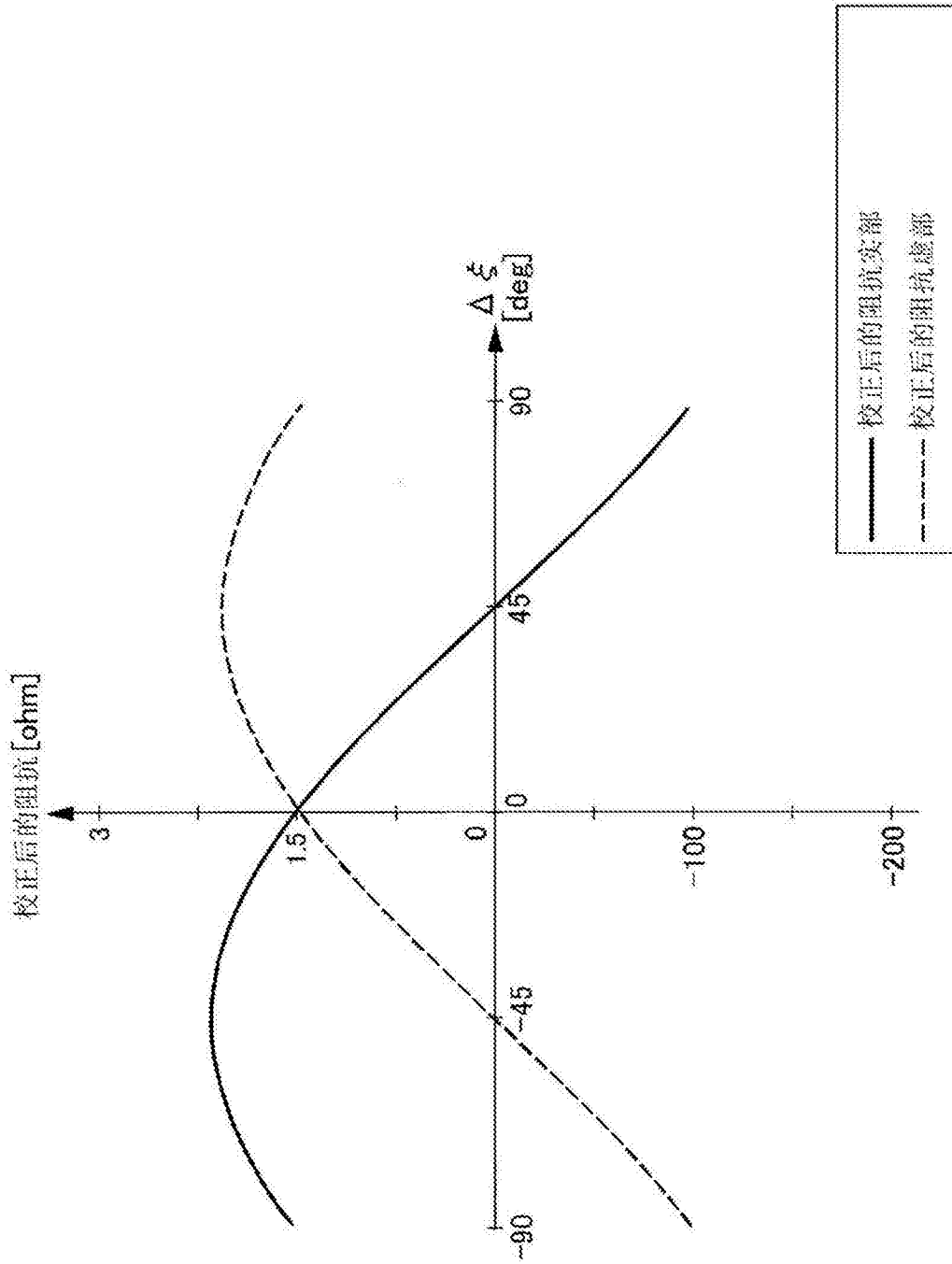


图32

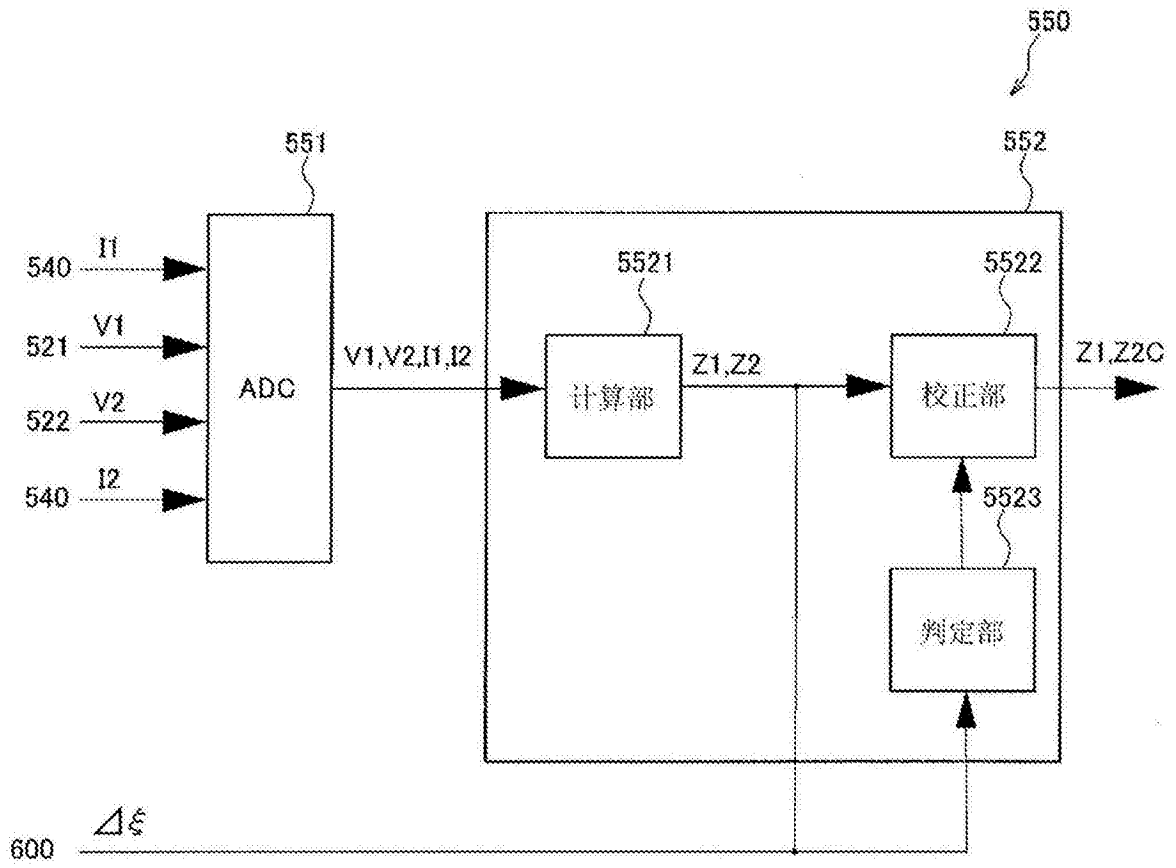


图33

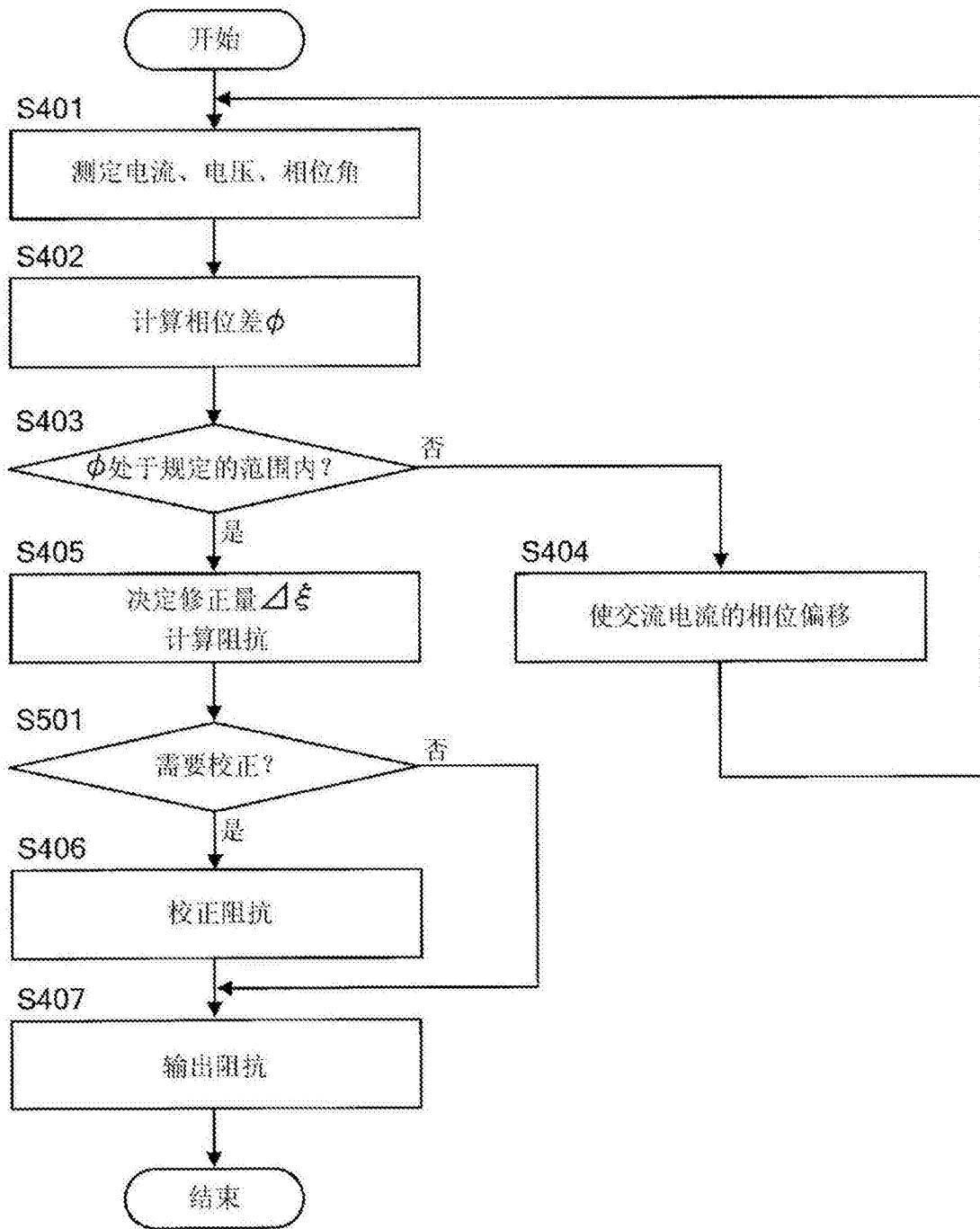


图34

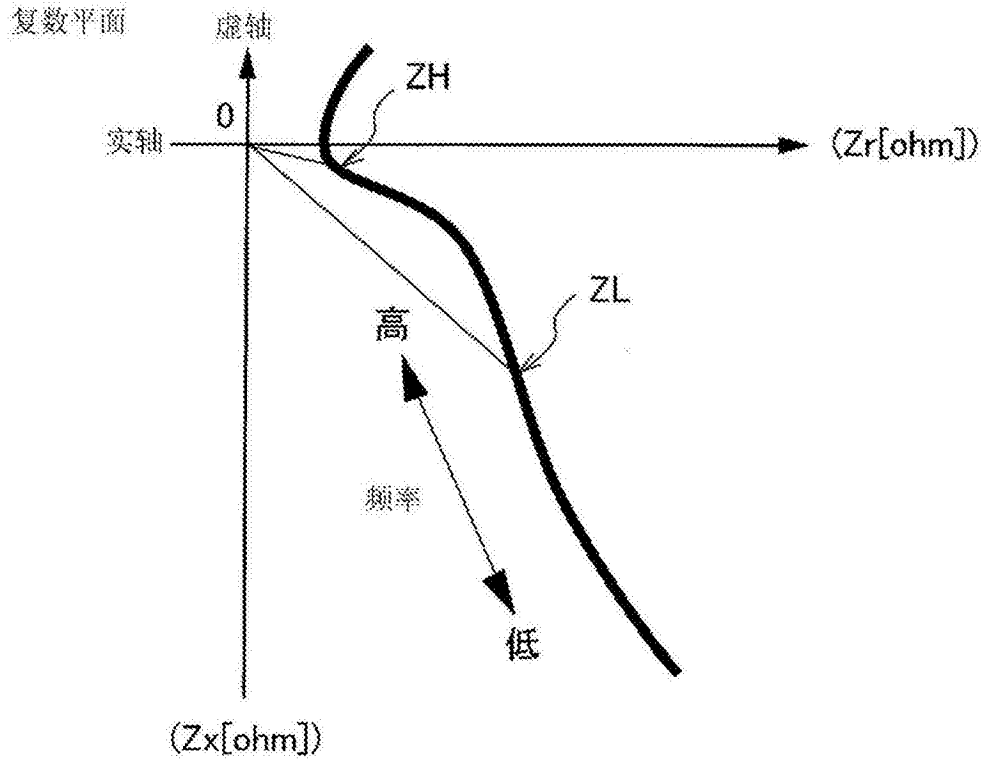


图35

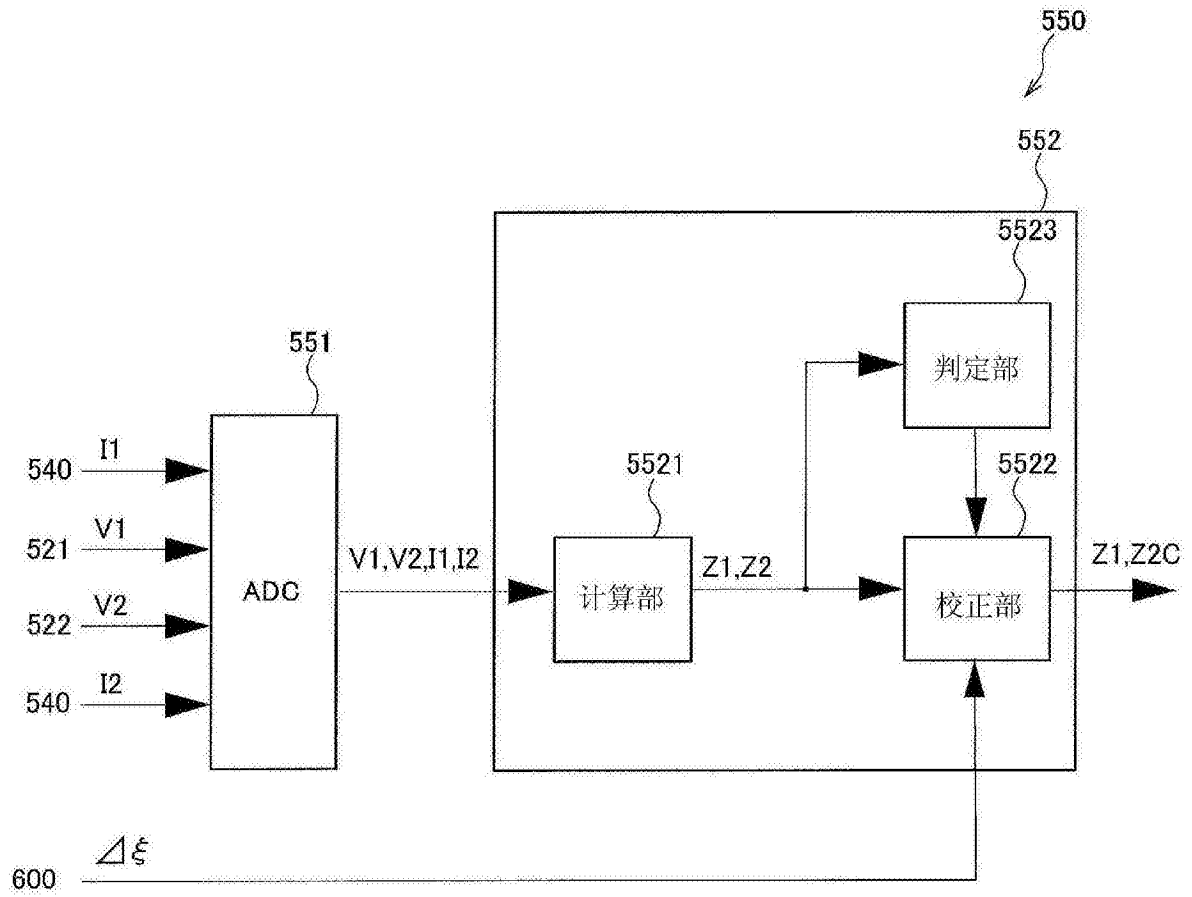


图36

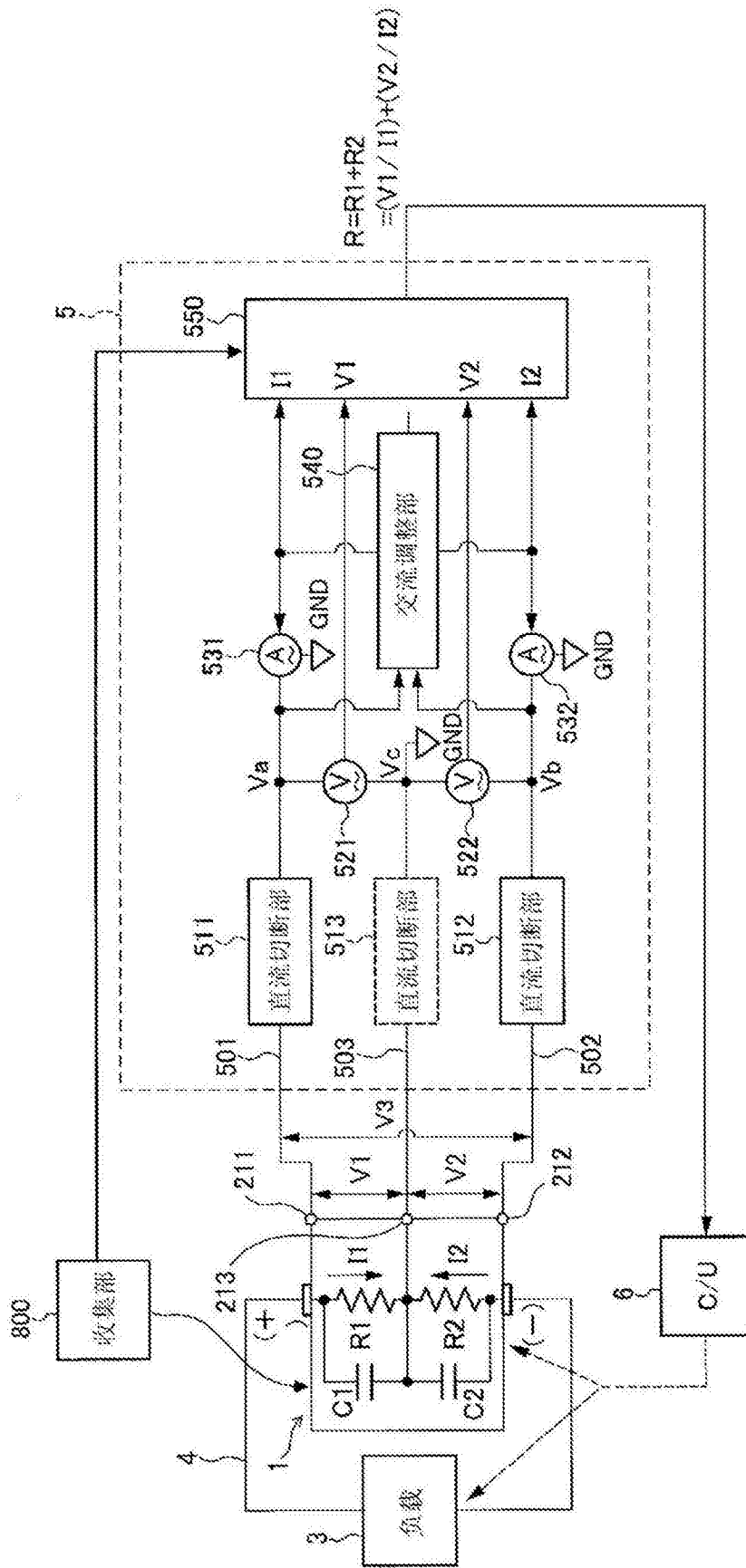


图37