

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H02H 7/04 (2006.01)

H02J 3/00 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810142953.6

[43] 公开日 2009年6月3日

[11] 公开号 CN 101447664A

[22] 申请日 2008.7.21

[21] 申请号 200810142953.6

[30] 优先权

[32] 2007.11.27 [33] JP [31] 2007-305639

[71] 申请人 三菱电机株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 木下定之 龟井健次 森智仁

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 张鑫

权利要求书 4 页 说明书 14 页 附图 9 页

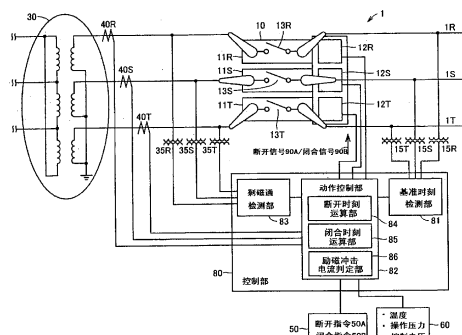
## [54] 发明名称

抑制励磁冲击电流用的变压器的运行控制装置及方法

## [57] 摘要

本发明揭示一种抑制励磁冲击电流用的变压器的运行控制装置及方法，断路器 10 的控制部 80 在第 1 接通相 (R 相) 的剩磁通与稳定磁通一致的时

刻，进行控制，使得断路器 10 接通 R 相的电流。然后，控制部 80 判定电流测量部 40R、40S、40T 的测量电流是否超过阈值。控制部 80 在测量电流不超过阈值时，进行控制，使得在 R 相的电压成为零的时刻，断路器 10 接通剩下的两相 (S 相、T 相)。在测量电流超过阈值时，控制部 80 进行控制，使得断路器 10 暂时切断 R 相的电流之后再接通。



1. 一种变压器的运行控制装置，其特征在于，具有：

与三相电力系统连接的变压器；

连接在所述电力系统与所述变压器之间、并能够对三相的各相进行电流的切断及接通的断路器；

测量所述断路器的所述电力系统侧的各相电压的第1电压测量部；

测量所述断路器的所述变压器侧的各相电压的第2电压测量部；以及

控制部，该控制部接受断开指令及闭合指令、控制利用所述断路器进行各相电流的切断及接通的时刻，

所述控制部

在接受了所述闭合指令时，进行控制，使得在根据所述第1及第2电压测量部的测量值所决定的目标接通时刻，所述断路器接通三相中的第1相电流，判定是否满足确认励磁冲击电流的抑制效果的判定条件，

在没有满足所述判定条件时，进行控制，使得切断所述断路器的所述第1相电流，并在根据所述第1及第2电压测量部的测量值所再决定的目标接通时刻，所述断路器再接通所述第1相电流，再判定是否满足所述判定条件，

在满足所述判定条件时，接通除所述第1相以外的剩下的两相电流。

2. 如权利要求1所述的变压器的运行控制装置，其特征在于，

所述变压器的运行控制装置还具有：测量所述断路器的所述变压器侧的各相电流的电流测量部，

所述判定条件包含从所述断路器的所述第1相电流接通之后的预定的判定时间的期间、用所述电流测量部测量的电流的绝对值不超过预定的阈值电流的条件。

3. 如权利要求1所述的变压器的运行控制装置，其特征在于，

所述判定条件包含通过对所述第1相接通电流、而用所述第2电压测量部测量的电压从零电压开始变化的时刻与所述目标接通时刻之差的绝对值不超过预定的阈值时间的条件。

4. 如权利要求1所述的变压器的运行控制装置，其特征在于，

所述目标接通时刻是所述第1相的稳定磁通与所述第1相的剩磁通一致的时刻，

所述稳定磁通是通过将用所述第1电压测量部测量的电压波形进行时间积分而得到的、周期性变化的稳定状态的磁通，

所述剩磁通是通过将用所述第2电压测量部测量的电压波形进行时间积分而得到的、在接受所述断开指令而切断所述断路器时所述变压器的铁心中剩余的一定的磁通。

5. 如权利要求4所述的变压器的运行控制装置，其特征在于，

所述控制部在接受所述闭合指令时，在比所述目标接通时刻提前所述断路器的接通时间的时刻，向所述断路器输出使所述断路器的所述第1相的触头闭合用的闭合信号，

所述接通时间是从所述断路器的触头进行闭合而所需要的闭合动作时间减去预弧时间的时间。

6. 如权利要求4所述的变压器的运行控制装置，其特征在于，

所述控制部在满足所述判定条件时，进行控制，使得在所述第1相的交流电压成为零的时刻，所述断路器同时接通所述剩下的两相电流。

7. 如权利要求4所述的变压器的运行控制装置，其特征在于，

所述控制部将所述剩磁通的绝对值为最大的相作为接受所述闭合指令时的所述第1相。

8. 如权利要求4所述的变压器的运行控制装置，其特征在于，

所述控制部在接受所述断开指令时，在三相的任一相的交流电压成为零的时刻，同时切断所述断路器的三相电流，将切断时是零电压的相作为接受所述闭合指令时的所述第1相。

9. 一种变压器的运行控制方法，该变压器通过断路器与三相电力系统连接，其特征在于，具有以下步骤：

测量所述断路器的所述变压器侧的电压的步骤；

测量所述断路器的所述电力系统侧的电压的步骤；

在接通所述断路器时选择三相中的第1相、并在根据所述断路器的所述变压器侧及所述电力系统侧的电压的测量值所决定的目标接通时刻、接通所述断

路器的所述第 1 相电流的步骤；

判定是否满足确认励磁冲击电流的抑制效果的判定条件的步骤；

在满足所述判定条件时、接通除所述断路器的所述第 1 相以外的剩下的两相电流的步骤；

在没有满足所述判定条件时、切断所述变压器的所述第 1 相电流后接通所述第 1 相电流的步骤；以及

再执行所述判定的步骤的步骤。

10.如权利要求 9 所述的变压器的运行控制方法，其特征在于，

所述判定条件包含所述断路器的所述变压器侧的电流的绝对值在所述第 1 相的电流接通之后的预定的判定时间的期间不超过预定的阈值电流的条件。

11.如权利要求 9 所述的变压器的运行控制方法，其特征在于，

所述判定条件包含通过所述断路器的所述第 1 相电流接通、而所述变压器侧的电压从零电压开始变化的时刻与所述目标接通时刻之差的绝对值不超过预定的阈值时间的条件。

12.如权利要求 9 所述的变压器的运行控制方法，其特征在于，还具有以下步骤：

在切断所述断路器时、通过将所述断路器的所述变压器侧的电压波形进行时间积分而算出所述变压器的各相的剩磁通的步骤；以及

在接通所述断路器时、计算通过将所述断路器的所述电力系统侧的电压波形进行时间积分而得到的所述变压器的所述第 1 相的稳定状态的磁通与算出的所述第 1 相的剩磁通相等的时刻、作为所述目标接通时刻的步骤。

13.如权利要求 12 所述的变压器的运行控制方法，其特征在于，

在接通所述剩下的两相电流的步骤中，在所述第 1 相的交流电压成为零的时刻，同时接通所述断路器的所述剩下的两相电流。

14.如权利要求 12 所述的变压器的运行控制方法，其特征在于，

将所述剩磁通的绝对值为最大的相作为所述第 1 相。

15.如权利要求 12 所述的变压器的运行控制方法，其特征在于，

还具有在切断所述断路器时、在三相的任一相的交流电压成为零的时刻、同时切断所述断路器的各相的电流的步骤，

将所述切断的步骤中切断时是零电压的相作为所述第 1 相。

## 抑制励磁冲击电流用的变压器的运行控制装置及方法

### 技术领域

本发明涉及将变压器与电力系统连接时、抑制过渡性流过变压器的励磁冲击电流用的运行控制装置及方法。

### 背景技术

为了抑制励磁冲击电流，对变压器接通电流时的时刻控制是很重要的。

在日本专利特开 2004-208394 号公报所述的技术中，对各相的每个相，将断路器的变压器侧电压进行积分，从而算出磁通信号，算出输入断开指令之后变压器侧电压收敛到零值时刻的磁通值与输入断开指令之前的磁通信号的中心值之差，作为剩磁通。然后，将剩磁通的绝对值为最大的相设定为第 1 闭合相。对于第 1 闭合相的电流接通时刻，是根据第 1 闭合相的剩磁通、以及预先求出的三相断路器的预弧 (prearc) 特性及闭合时间误差特性，算出接通点的稳定磁通值与剩磁通值的最大误差的绝对值、即接通磁通误差为最小的时刻，设定作为第 1 闭合相的目标接通时刻。

对于剩下的两相的电流接通时刻，是根据预先求出的三相断路器的预弧特性及闭合时间误差特性，算出剩磁通为 0 时接通磁通误差成为最小的时刻，设定作为剩下的两相的目标接通时刻。然后，将从基准点到剩下两相的目标接通时刻的时间、与相当于预先设定的三相电源的周期的整数倍的延迟时间之和的时间，设定作为剩下的两相的目标接通时间。

另外，在日本专利特开 2006-40455 号公报所述的技术中，在三相中的某 1 相的电压零点，断路器的各灭弧室的各触头三相同步断开，切断电流。然后，将电压零点断开的上述 1 个相作为第 1 接通相，考虑到变压器的剩磁通，将接通时的励磁冲击电流成为最小的最佳断开时刻设定为第 1 接通相的接通目标时刻。这时第 1 接通相的接通目标时刻是变压器的上述 1 个相的剩磁通与稳定磁通一致的时刻。对于剩下的两相的电流接通时刻，是将第 1 接通相的闭合时刻

以后的任意时刻的第1接通相的电压零点设定为第2接通相及第3接通相的接通目标时刻。

在以往技术中，由于断路器的闭合动作时间的误差、以及预弧时间的误差，三相中的最初接通电流的第1接通相的接通时刻与目标接通时刻能够引起偏移。在这种情况下，由于流过第1接通相的电流所产生的磁通与剩下的直流分量磁通叠加，因此产生过渡性的磁饱和，流过励磁冲击电流。在这种情况下，对于剩下的两相，即使在第1接通相的电压成为0的时刻接通电流，剩下的两相中作为变压器来说也过渡性地流过相当大的励磁冲击电流。

### 发明内容

本发明的目的在于提供即使断路器的闭合动作时间及预弧时间等有误差时、也能够尽可能缩短变压器中流过励磁冲击电流的期间的运行控制装置及方法。

本发明若说其要点，则是变压器的运行控制装置，具有：与三相电力系统连接的变压器；连接在电力系统与变压器之间的断路器；测量断路器的电力系统侧的各相电压的第1电压测量部；测量断路器的变压器侧的各相电压的第2电压测量部；以及控制部。断路器能够对三相的各相进行电流的切断及接通。控制部接受断开指令及闭合指令，控制利用断路器进行的各相电流的切断及接通的时刻。具体来说，控制部在接受了闭合指令时，进行控制，使得在根据第1及第2电压测量部的测量值所决定的目标接通时刻，断路器接通三相中的第1相电流，判定是否满足确认励磁冲击电流的抑制效果的判定条件。然后，在没有满足判定条件时，控制部进行控制，使得切断断路器的第1相电流，在根据第1及第2电压测量部的测量值所再决定的目标接通时刻，断路器再接通第1相电流，再判定是否满足判定条件。在满足判定条件时，控制部接通除第1相以外的剩下的两相电流。

若根据本发明的其它方面，则是通过断路器与三相电力系统连接的变压器的运行控制方法，具有以下步骤：测量断路器的变压器侧的电压的步骤；测量断路器的电力系统侧的电压的步骤；在接通断路器时选择三相中的第1相、并在根据断路器的变压器侧及电力系统侧的电压的测量值所决定的目标接通时

刻，接通断路器的第1相电流的步骤；判定是否满足确认励磁冲击电流的抑制效果的判定条件的步骤；在满足判定条件时、接通除断路器的第1相以外的剩下的两相电流的步骤；在没有满足判定条件时、切断变压器的第1相电流后接通第1相电流的步骤；以及再执行判定的步骤的步骤。

根据本发明，在第1相电流接通后，判定是否抑制了励磁冲击电流。然后，在确认了励磁冲击电流的抑制效果后，对于剩下的两相接通断路器。因而，本发明的主要优点是，能够将变压器中流过励磁冲击电流的期间控制得尽可能短。

关于本发明的上述及其它的目的、特征、方面及优点，从与附图相关来理解的关于本发明的以下详细说明中将明白。

#### 附图说明

图1所示为本发明实施例1的变压器的运行控制装置1的构成方框图。

图2所示为由图1的控制部80进行的、断路器10的开关动作的控制顺序的流程图。

图3为说明断路器10的断开动作的时序图。

图4所示为变压器电压、与变压器30的剩磁通的关系的曲线图。

图5为说明断路器10的第1接通相(R相)的闭合动作的时序图。

图6所示为在目标接通时刻 $T_{1target}$ 利用断路器10接通第1接通相(R相)时的各相的电压、电流、以及磁通的波形的曲线图。

图7所示为从目标接通时刻 $T_{1target}$ 偏移利用断路器10接通第1接通相(R相)时的各相的电压、电流、以及磁通的波形的曲线图。

图8所示为作为图7的比较例的各相的电压、电流、以及磁通的波形的曲线图。

图9所示为本发明实施例2的变压器的运行控制装置1A的构成方框图。

图10所示为由图9的控制部80A进行的、断路器10的开关动作的控制顺序的流程图。

#### 具体实施方式



以下，参照附图详细说明本发明的实施例。另外，对于同一或相当的部分，附加同一标号，不重复其说明。

### [实施例 1]

图 1 所示为本发明实施例 1 的变压器的运行控制装置 1 的构成方框图。参照图 1，变压器的运行控制装置 1 包含变压器 30、以及断路器 10。

变压器 30 是按照 Y- $\Delta$ 联结进行连接的三相变压器。具体来说，变压器 30 的电源侧的绕组是按照中性点接地的 Y 联结进行连接的，负载侧的绕组是按照  $\Delta$  联结进行连接的。

断路器 10 连接在包含 R 相 1R、S 相 1S、T 相 1T 的各相的电力系统的线路与变压器 30 之间。断路器 10 包含：设置各触头 13R、13S、13T 的灭弧室 11R、11S、11T；以及进行各触头 13R、13S、13T 的开关的操作装置 12R、12S、12T。为了使 R、S、T 相的各相的触头 13R、13S、13T 独立进行开关，对各相分别设置操作装置 12R、12S、12T。

变压器的运行控制装置 1 还包含：设置在断路器 10 的电力系统侧的第 1 电压测量部 15R、15S、15T；设置在断路器 10 的变压器 30 侧的第 2 电压测量部 35R、35S、35T；设置在断路器 10 的变压器 30 侧的电流测量部 40R、40S、40T；以及控制部 80。

电压测量部 15R、15S、15T 及电压测量部 35R、35S、35T 例如是电压互感器，为了测量各相的电压，对各相分别设置。

电流测量部 40R、40S、40T 例如是电流互感器，为了测量流过断路器 10 的各相的交流电流，对各相分别设置。

控制部 80 是以包含 CPU(Central Processing Unit, 中央处理单元)及存储器的计算机为基础构成的，根据断开/闭合指令 50 来控制断路器 10 的开关。前述的电压测量部 15R、15S、15T、电压测量部 35R、35S、35T、以及电流测量部 40R、40S、40T 的测量值，利用计算机内装的 A/D(Analog to Digital, 模数)变换器进行数字变换，向控制部 80 输入。再有，对控制部 80 输入操作装置 12R、12S、12T 的周围温度、操作压力、控制电压的测量数据 60。为了抑制励磁冲击电流，控制部 80 根据各测量值及测量数据 60 在适当的时刻向断路器 10 的操作装置 12R、12S、12T 输出断开信号 90A/闭合信号 90B，使断路器

10 的各触头 13R、13S、13T 断开/闭合。

若从功能的观点来看控制部 80，则控制部 80 包含基准时刻检测部 81、剩磁通检测部 83、以及动作控制部 82。这些各部 81~83 的功能是通过构成控制部 80 的计算机执行程序来实现的。

基准时刻检测部 81 用电力系统侧的电压测量部 15R、15S、15T 的测量值进行运算处理。例如，基准时刻检测部 81 为了决定向断路器 10 输出断开/闭合信号用的基准时刻，检测电力系统侧的交流电压的零点。

剩磁通检测部 83 使用变压器侧的电压测量部 35R、35S、35T 的测量值进行运算处理。例如，剩磁通检测部 83 通过将断路器 10 切断时在变压器 30 侧测量的电压波形进行积分，来算出变压器 30 的各相铁心中剩余的剩磁通。

动作控制部 82 根据基准时刻检测部 81 及剩磁通检测部 83 的运算结果，控制断路器 10 的开关动作。动作控制部 82 包含：算出根据断开指令 50A 向断路器 10 输出的断开信号 90A 的输出时刻用的断开时刻运算部 84；以及算出根据闭合指令 50B 向断路器 10 输出的闭合信号 90B 的输出时刻用的闭合时刻运算部 85。

再有，动作控制部 82 包含：确认励磁冲击电流的抑制效果用的励磁冲击电流判定部 86。在实施例 1 中，在电流接通后的预定的判定时间的期间，根据用电流测量部 40R、40S、40T 测量的电流的绝对值是否超过预定的阈值电流的判定条件，可确认励磁冲击电流的抑制效果。这里，作为判定励磁冲击电流的抑制效果用的判定时间，如是设定交流电源的 1 个周期的时间，则是充分必要的。另外，关于阈值电流，例如可在变压器的额定电流的 50%至 100%之间预先设定。

以下，按照断路器 10 的开关动作的顺序，更详细说明控制部 80 的功能。

图 2 所示为由图 1 的控制部 80 进行的、断路器 10 的开关动作的控制顺序的流程图。图 2 所示为接受了断开指令 50A 的控制部 80 使处于闭合状态的断路器 10 断开、然后接受闭合指令 50B 再次闭合为止的控制顺序。以下，一面适当参照图 3~图 5，一面具体说明图 2 所示的控制部 80 的控制顺序。

参照图 2，控制部 80 在没有接收断路器 10 的断开指令 50A 及闭合指令 50B 的任何一个指令时(步骤 S5 中为否)，重复执行步骤 S1~步骤 S4。

在步骤 S1 中, 利用电压测量部 35R、35S、35T 来监测断路器 10 的变压器 30 侧的电压(以下, 有时记作为变压器电压)。接着, 在步骤 S2 中, 控制部 80 的剩磁通检测部 83 取得监测的变压器电压, 存入控制部 80 的内装存储器。存储器中存储的变压器电压, 用于在步骤 S9、S14 中计算断路器 10 断开时在变压器 30 的铁心中剩余的剩磁通。

在接下来的步骤 S3 中, 利用电压测量部 15R、15S、15T 来监测断路器 10 的电力系统侧的电压(以下, 有时记作为电源电压)。利用控制部 80 的基准时刻检测部 81 取得监测的电源电压, 用于在步骤 S7、S10 中计算断开及闭合的时刻。

在接下来的步骤 S4 中, 利用控制部 80 的动作控制部 82 来监测断路器 10 的操作装置 12R、12S、12T 的周围温度、操作压力、控制电压的测量数据 60。监测的测量数据, 用于在步骤 S7、10 中计算断开及闭合时刻。

在重复执行上述步骤 S1~S4 时, 若接收断开指令 50A(步骤 S5 中为是, 步骤 S6 中为是), 则控制部 80 依次执行步骤 S7~S9 的断路器 10 的断开动作。在断路器 10 的断开动作中, 断路器 10 对三相都同相切断电流。

图 3 为说明断路器 10 的断开动作的时序图。在图 3 中, 纵轴从上往下依次表示各相的电源电压、断路器 10 的主电路的断开/闭合状态、断开指令 50A、断路器 10 的触头的动作轨迹(行程)、及断开信号 90A。另外, 图 3 的横轴表示经过时间。参照标号 R、S、T 分别表示 R 相、S 相、T 相。

参照图 3, 若在时刻  $t_1$  接受断开指令 50A, 则控制部 80 的基准时刻检测部 81 根据用电力系统侧的电压测量部 15R、15S、15T 测量的电压值, 检测各相的电压零点的周期。然后, 选择某 1 相(这里是 R 相)为基准相, 将基准相的电压零点设定为基准时刻  $T_{reference}$ (图 3 中的时刻  $t_2$ )。将基准相的选择信息、基准时刻  $T_{reference}$  存入控制部 80 的存储器。

另外, 控制部 80 的断开时刻运算部 84 考虑到后述的切断时间  $T_{shutoff}$ , 设定断路器 10 对三相同时切断电流的时刻即目标切断时刻  $T_{target}$ (图 3 中的时刻  $t_5$ )。将目标切断时刻  $T_{target}$  设定为基准相(R 相)的电压零点, 并存入控制部 80 的存储器。

再有, 断开时刻运算部 84 为了计算对断路器 10 输出断开信号 90A 的时刻

(图 3 中的时刻  $t_3$ )，根据操作装置 12R、12S、12T 的周围温度、操作压力、控制电压的测量数据 60，计算预测的切断时间  $T_{shutoff}$ 。将算出的切断时间  $T_{shutoff}$  存入控制部 80 的存储器。这里，切断时间  $T_{shutoff}$  用断开动作时间  $T_{open}$  与基准相(R相)的电弧时间  $T_{arc}$  之和来表示。断开动作时间  $T_{open}$  是动作控制部 82 将断开信号 90A 向断路器 10 输出之后、到断路器 10 的触头 13R、13S、13T 断开为止的时间(图 3 中的时刻  $t_3 \sim t_4$  的时间)。电弧时间  $T_{arc}$  是断路器 10 的基准相(R相)的触头 13R 断开之后、到因电弧放电熄灭而切断电流为止的时间(图 3 中的时刻  $t_4 \sim t_5$  的时间)。

这样，将意味着流过断路器 10 的电流消失的切断、与机械上的触头 13R、13S、13T 的断开加以区别。然后，如上所述，考虑到基准相(R相)的触头 13R 的未接触状态的电弧时间  $T_{arc}$ ，从而能够正确预测目标切断时刻  $T_{target}$ 。

这样，断开时刻运算部 84 将断开信号 90A 的输出时刻设定为从目标切断时刻  $T_{target}$ (图 3 中的时刻  $t_5$ )减去切断时间  $T_{shutoff}$  的时刻(图 3 中的时刻  $t_3$ )，存入控制部 80 的存储器。另外，断开时刻运算部 84 计算从基准时刻  $T_{reference}$  到输出断开信号 90A 的时刻为止的期间(图 3 中的时刻  $t_2 \sim t_3$  的时间)，作为动作同步时间  $T_{sync}$ ，存入控制部 80 的存储器。

其结果，控制部 80 的动作控制部 82 在从基准时刻  $T_{reference}(t_2)$  起经过了动作同步时间  $T_{sync}$  的时刻  $t_3$ ，将断开信号 90A 向断路器 10 输出。如果是照预测那样，则在从时刻  $t_3$  起经过了断开动作时间  $T_{open}$  的时刻  $t_4$ ，断路器 10 的触头 13R、13S、13T 对三相同时断开。然后，在从时刻  $t_4$  起再经过了电弧时间  $T_{arc}$  的目标切断时刻  $T_{target}$ (时刻  $t_5$ )，切断电流。

另外，在实施例 1 中，假设断开动作时间  $T_{open}$  对三相都相同。在它们对各相不相同，断开时刻运算部 84 根据各相不相同的断开动作时间  $T_{open}$ ，对各相算出断开信号 90A 的输出时刻。

再参照图 2，将断路器 10 的断开动作的顺序归纳如下。

首先，在步骤 S7 中，控制部 80 的断开时刻运算部 84 计算上述的目标切断时刻  $T_{target}$  及断开信号 90A 的输出时刻(图 3 的时刻  $t_3$ )，将这些时刻存入控制部 80 的存储器。

在接下来的步骤 S8 中，控制部 80 的动作控制部 82 在步骤 S7 中计算的输

出时刻，将断开信号 90A 向断路器 10 输出，从而断路器 10 被切断。

在接下来的步骤 S9 中，控制部 80 的剩磁通检测部 83 根据用变压器侧的电压测量部 35R、35S、35T 测量的电压波形，计算各相的剩磁通，将计算的剩磁通存入控制部 80 的存储器。以下，参照图 4，说明剩磁通的计算方法。

图 4 所示为变压器电压、与变压器 30 的剩磁通的关系的曲线图。图 4 的纵轴从上往下依次为变压器电压、变压器磁通。变压器磁通是通过将变压器电压进行积分而得到的磁通信号。另外，横轴表示经过时间。

参照图 4，若在时刻  $t_1$  使断路器 10 切断，则变压器电压逐渐衰减，而收敛至零电压。变压器电压收敛至零电压的时刻  $t_2$  的直流分量的一定的磁通信号是剩磁通  $F_{resid}$ 。

具体来说，为了算出剩磁通  $F_{resid}$ ，图 1 的剩磁通检测部 83 是将变压器侧的电压测量部 35R、35S、35T 的测量值即变压器电压的过去的一定时间内的测量值进行存储那样构成。剩磁通检测部 83 计算断路器 10 切断的时刻  $t_1$  以前的、例如相当于 1 个周期内的时间的磁通信号的平均值，从而算出磁通信号的零值。然后，剩磁通检测部 83 从变压器电压收敛至零电压的时刻  $t_2$  的磁通，减去算出的磁通信号的零值，从而算出剩磁通  $F_{resid}$ 。

再参照图 2，控制部 80 在执行步骤 S7~S9 的断开动作后，返回步骤 S1，重复步骤 S1~S4。然后，接下来若接受闭合指令 50B(步骤 S5 中为是，步骤 S6 中为否)则控制部 80 执行步骤 S10~S15 所示的断路器 10 的闭合动作。

在断路器 10 的闭合动作中，三相中先接通一相的电流，接着再接通剩下的两相的电流。在实施例 1 的情况下，断路器 10 切断时，在电压零点切断的 R 相的电流最先接通。以下，将最先接通电流的相记作为第 1 接通相。

图 5 为说明断路器 10 的第 1 接通相(R 相)的闭合动作的时序图。在图 5 中，纵轴从上往下依次表示电源电压、断路器 10 的主电路的断开/闭合状态、闭合指令 50B、断路器 10 的触头的动作轨迹(行程)、以及闭合信号 90B。另外，图 5 的横轴表示经过时间。

参照图 5，若在时刻  $t_1$  接受闭合指令 50B，则控制部 80 的基准时刻检测部 81 根据用电力系统侧的电压测量部 15R、15S、15T 测量的电源电压，检测各相的电压零点的周期。然后，基准时刻检测部 81 将第 1 接通相即 R 相的电

压零点设定为基准时刻  $T_{reference}$  (图 5 中的时刻  $t_2$ )，存入控制部 80 的存储器。

再进一步，基准时刻检测部 81 将用电力系统侧的电压测量部 15R、15S、15T 测量的电源电压的电压波形进行积分，从而算出各相的稳定磁通。稳定磁通是周期性变化的稳定状态的磁通。

另外，控制部 80 的闭合时刻运算部 85 考虑到后述的接通时间  $T_{apply}$ ，设定利用断路器 10 接通第 1 接通相 (R 相) 的电流的时刻即目标接通时刻  $T_{1target}$  (图 5 中的时刻  $t_4$ )，存入控制部 80 的存储器。目标接通时刻  $T_{1target}$  是变压器的第 1 接通相 (R 相) 的稳定磁通与第 1 接通相 (R 相) 的剩磁通一致的时刻。通过这样，能够将第 1 接通相 (R 相) 的电流接通后的励磁冲击电流抑制到最低限度。

再有，闭合时刻运算部 85 根据操作装置 12R、12S、12T 的周围温度、操作压力、控制电压的测量数据 60，计算预测的接通时间  $T_{apply}$ 。这里，接通时间  $T_{apply}$  是动作控制部 82 将闭合信号 90B 向断路器 10 输出之后、到断路器 10 的触头 13R 接近而预弧 (引弧) 开始为止的时间 (图 5 中的时刻  $t_3 \sim t_4$  的时间)。接通时间  $T_{apply}$  等于从闭合动作时间  $T_{close}$  减去预弧时间  $T_{prearc}$ 。闭合动作时间  $T_{close}$  是动作控制部 82 将闭合信号 90B 向断路器 10 输出之后、到断路器 10 的第 1 接通相 (R 相) 的触头 13R 闭合为止的时间 (图 5 中的时刻  $t_3 \sim t_5$  的时间)。另外，预弧时间  $T_{prearc}$  是因断路器 10 的触头 13R 接近而产生电弧放电的时间 (图 5 中的时刻  $t_4 \sim t_5$  的时间)。

这样，将意味着产生流过断路器 10 的电流的接通、与机械上的触头 13R、13S、13T 的闭合加以区别。然后，如上所述，通过考虑到第 1 接通相 (R 相) 的触头 13R 在未接触状态的预弧时间  $T_{prearc}$ ，能够正确预测目标接通时刻  $T_{1target}$ 。

这样，闭合时刻运算部 85 将从 R 相的目标接通时刻  $T_{1target}$  减去接通时间  $T_{apply}$  的时刻设定为 R 相的闭合信号 90B 的输出时刻 (图 5 中的时刻  $t_3$ )，存入控制部 80 的存储器。再有，闭合时刻运算部 85 计算从基准时刻  $T_{reference}$  到输出 R 相的闭合信号 90B 为止的时间 (图 5 中的时刻  $t_2 \sim t_3$  的时间)，作为 R 相的动作同步时间  $T_{sync}$ ，存入控制部 80 的存储器。

其结果，图1的动作控制部82在从基准时刻 $T_{reference}$ (图5中的时刻 $t_2$ )起经过了动作同步时间 $T_{sync}$ 的时刻 $t_3$ ，向断路器10输出R相的闭合信号90B。如果是按照预测，则在经过了接通时间 $T_{apply}$ 的时刻 $t_5$ 的目标接通时刻 $T_{target}$ ，电流开始流过变压器30的R相。

但是，由于断路器的闭合动作时间及预弧时间取决于断路器10的操作装置12R、12S、12T的周围温度、操作压力、控制电压等，因此产生误差。其结果，实际的R相的电流接通时刻有时将偏离目标接通时刻 $T_{target}$ 。实施例1的断路器10的闭合动作顺序是考虑到该接通时刻偏离的情况。

再参照图2，说明断路器10的闭合动作的顺序。

若接受闭合指令50B，则首先在步骤S10中，控制部80的闭合时刻运算部85计算第1接通相(R相)的目标接通时刻 $T_{target}$ 、以及第1接通相(R相)的闭合信号90B的输出时刻(图5中的时刻 $t_3$ )，将这些时刻存入控制部80的存储器。

在接下来的步骤S11中，控制部80的动作控制部82在步骤S10中计算的输出时刻将闭合信号90B向断路器10输出。通过这样，利用断路器10接通第1接通相(R相)的电流。

在接下来的步骤S12中，控制部80的励磁冲击电流判定部86在断路器10接通第1接通相(R相)的电流之后的1个周期的判定时间的期间，判定用电流测量部40R、40S、40T测量的电流是否超过阈值电流。在检测出超过阈值电流的电流、产生励磁冲击电流时(步骤S12中为是)，进入步骤S13。

在步骤S13中，控制部80的动作控制部82将第1接通相(R相)的断开信号90A向断路器10输出。通过这样，利用断路器10再次切断第1接通相(R相)的电流。

在接下来的步骤S14中，控制部80的剩磁通检测部83通过将用变压器侧的电压测量部35R、35S、35T测量的电压波形进行积分，再计算各相的剩磁通。剩磁通检测部83将再计算的剩磁通存入控制部80的存储器。然后，返回步骤S1，重复步骤S1~S4。若再一次接受闭合指令50B(步骤S5中为是，步骤S6中为否)，再执行步骤S10~S15的闭合动作。

另外，在步骤S12中，在控制部80的励磁冲击电流判定部86判定为没有

产生励磁冲击电流时(步骤 S12 中为否), 进入步骤 S15。在步骤 S15 中, 利用断路器 10 在第 1 接通相即 R 相的电压零点接通 S 相、T 相的电流。

具体来说, 与 R 相的情况相同, 控制部 80 的闭合时刻运算部 85 计算 S 相、T 相的目标接通时刻  $T2_{target}$ , 使得利用断路器 10 在第 1 接通相即 R 相的电压零点接通 S 相、T 相的电流。动作控制部 82 在比目标接通时刻  $T2_{target}$  仅提前接通时间  $T_{apply}$  的时刻, 将 S 相、T 相的闭合信号 90B 向断路器 10 输出。这样, 利用断路器 10 接通 S 相、T 相的电流, 通过这样从将断路器断开之后到再一次闭合为止的顺序结束。

以下, 使用运行控制装置 1 的各相的电压、电流、以及磁通的波形, 更详细说明实施例 1 的断路器 10 的闭合动作的顺序。

图 6 所示为在目标接通时刻  $T1_{target}$  利用断路器 10 接通第 1 接通相(R 相)时的各相的电压、电流、及磁通的波形的曲线图。图 6 的纵轴从上往下依次表示电源电压、变压器电压、电流、变压器 30 的各相的磁通, 横轴表示时间。另外, 磁通曲线的实线表示变压器 30 的铁心中实际产生的磁通, 虚线表示稳定磁通。参照标号 R、S、T 分别表示 R 相、S 相、T 相。

参照图 6, 利用断路器 10, 在接通时刻  $T1_{on}$  接通 R 相的电流, 利用断路器 10, 在接通时刻  $T2_{on}$  接通 T 相的电流。另外, 接通时刻  $T1_{on}$  与 R 相的目标接通时刻  $T1_{target}$  相等, 接通时刻  $T2_{on}$  与 S 相、T 相的目标接通时刻  $T2_{target}$  相等。

在接通时刻  $T1_{on}$  之前, 变压器 30 的铁心中产生剩磁通。如图 6 所示, 第 1 接通相(R 相)的剩磁通最大, S 相及 T 相的剩磁通约为第 1 接通相(R 相)的  $1/2$ 。该理由是由于在第 1 接通相(R 相)的电压零点, 三相同时被断路器 10 切断。

接着, 在图 6 的目标接通时刻  $T1_{target}$ , 第 1 接通相(R 相)的剩磁通与稳定磁通相等。由于在该时刻, 接通第 1 接通相(R 相)的电流, 因此接通后的第 1 接通相(R 相)的磁通的直流分量实质上为 0(磁通的正负振幅实质上相等), 能够将励磁冲击电流抑制到最低限度。另外, 在第 1 接通相(R 相)的电流接通后, 对于由变压器 30 的第 1 接通相(R 相)的电流所产生的 S 相、T 相的磁通, 该磁通的直流分量也实质上为 0。另外, S 相与 T 相的磁通互相实质上相等。

其结果, 在第 1 接通相(R 相)的电压零点即目标接通时刻  $T2_{target}$ , S 相、



T相中产生的磁通与S相、T相的稳定磁通相等。由于在该时刻利用断路器10接通S相、T相，因此对于S相、T相，也能够将励磁冲击电流抑制到最低限度。

图7所示为从目标接通时刻 $T1_{target}$ 偏移利用断路器10接通第1接通相(R相)时的各相的电压、电流、及磁通的波形的曲线图。图7的纵轴从上往下依次表示电源电压、变压器电压、电流、变压器30的各相的磁通，横轴表示时间。另外，磁通曲线的实线表示变压器30的铁心中实际产生的磁通，虚线表示稳定磁通。参照标号R、S、T分别表示R相、S相、T相。

在图7中，接通第1接通相(R相)的电流的接通时刻 $T1_{on}$ ，比第1接通相(R相)的剩磁通与稳定磁通相等的目标接通时刻 $T1_{target}$ 仅延迟时间 $DT$ 。因此，由于接通后的第1接通相(R相)的磁通的直流分量不为0，所以变压器30的第1接通相(R相)中产生励磁冲击电流。另外，对于因第1接通相(R相)的电流接通而在S相、T相中产生的磁通，其直流分量也不为0。

如前所述，利用从接通时刻 $T1_{on}$ 起1个周期的期间的判定时间 $T_j$ 中检测的电流的绝对值是否超过阈值电流 $I_{thr}$ ，来判定第1接通相(R相)的接通时刻的偏移。在图7的情况下，在时刻 $T_d$ 检测到第1接通相(R相)的电流超过阈值电流 $I_{thr}$ 。其结果，在切断时刻 $T1_{off}$ 利用断路器10切断第1接通相(R相)的电流。

图8所示为作为图7的比较例的各相的电压、电流、及磁通的波形的曲线图。图8的纵轴从上往下依次表示电源电压、变压器电压、电流、变压器30的各相的磁通，横轴表示时间。另外，磁通曲线的实线表示变压器30的铁心中实际产生的磁通，虚线表示稳定磁通。参照标号R、S、T分别表示R相、S相、T相。

图8与图7不同，不利用断路器10切断第1接通相(R相)的电流，继续接通第1接通相(R相)的电流，在接通时刻 $T2_{on}$ ，利用断路器10接通S相、T相。在这种情况下，S相、T相的电流接通时刻 $T2_{on}$ 即使设定为第1接通相(R相)的电压零点的时刻，接通时刻 $T2_{on}$ 以后的S相、T相的磁通的直流分量也不为0。因而，在接通时刻 $T2_{on}$ 以后，除了第1接通相(R相)的励磁冲击电流，对于S相、T相，也产生异常的励磁冲击电流。

这样,根据实施例1的变压器的运行控制装置1,在因断路器10的闭合动作时间 $T_{close}$ 及预弧时间 $T_{prearc}$ 等的误差,而使第1接通相的电流接通时刻从目标接通时刻 $T_{1target}$ 偏移时,暂时利用断路器10切断第1接通相的电流。然后,在用切断时的剩磁通再计算的目标接通时刻 $T_{1target}$ ,利用断路器10将第1接通相再接通。之后,若确认第1接通相在适当的时刻接通,则开始接通断路器的剩下的两相电流。因而,根据实施例1,能够将变压器30中流过励磁冲击电流的期间抑制到最低限度。另外,第1接通相的接通时刻是否从目标接通时刻 $T_{1target}$ 偏移,能够利用接通后的第1接通相的电流是否超过阈值电流而容易检测出。

另外,也可以与上述实施例1不同,在利用断路器10切断电流时,不考虑三中的任意一相的电压零点,而是三相同时切断,将切断时的剩磁通为最大的相用作接通时的第1接通相。在这种情况下,也与实施例1相同,将第1接通相的目标接通时刻设定为第1接通相的剩磁通与稳定磁通相等的时刻。另外,利用断路器10在第1接通相的电压零点接通剩下的两相的电流。即使根据这样的方法,也能够将励磁冲击电流抑制到与实施例1相同的程度。

### [实施例2]

实施例2的确认励磁冲击电流的抑制效果的判定条件与实施例1不同。在实施例2中,实际检测第1接通相的电流的接通时刻 $T_{1on}$ ,判定与目标接通时刻 $T_{1target}$ 的偏移。在实际的接通时刻 $T_{1on}$ 与目标接通时刻 $T_{1target}$ 之差不在允许范围内的情况下,由于接通时的第1接通相的剩磁通与稳定磁通不同,因此产生励磁冲击电流。

图9所示为本发明实施例2的变压器的运行控制装置1A的构成方框图。图9的运行控制装置1A包含接通时刻判定部87,代替励磁冲击电流判定部86,这一点与图1的运行控制装置不同。再有,图9的运行控制装置1A不包含电流测量部40R、40S、40T,这一点与图1的运行控制装置不同。关于其它方面,由于运行控制装置1A与图1的运行控制装置1相同,因此对于共同点就不重复说明。

图10所示为由图9的控制部80A进行的、断路器10的开关动作的控制顺

序的流程图。图 10 的控制顺序包含步骤 S12A，代替图 2 的步骤 S12，这一点与图 2 的控制顺序不同。关于其它方面，由于图 10 的控制顺序与图 2 的控制顺序相同，因此对于共同点就不重复说明。

首先，说明第 1 接通相(R 相)的实际的接通时刻  $T_{1on}$  的检测方法。参照图 7，若在接通时刻  $T_{1on}$  接通第 1 接通相(R 相)的电流，则变压器电压从零电压开始变化。因而，通过检测产生预定的阈值电压以上的变压器电压的时刻，可求出实际的接通时刻  $T_{1on}$ 。使用这样实测的接通时刻  $T_{1on}$ ，判定第 1 接通相(R 相)的电流的接通时刻的偏移。

具体来说，参照图 7、图 9、图 10，在图 10 的步骤 S12A 中，控制部 80A 的接通时刻判定部 87 判定检测的接通时刻  $T_{1on}$  与目标接通时刻  $T_{1target}$  之差  $DT$  的绝对值是否超过预定的阈值时间。阈值时间例如可规定为交流电源的 1 个周期的 10%左右。然后，在差  $DT$  的绝对值超过阈值电压时，进入步骤 S13，将断路器 10 的第 1 接通相的触头暂时断开。另外，在差  $DT$  的绝对值不超过阈值时间时，进入步骤 S15，利用断路器 10 接通剩下的两相电流。

根据这样的实施例 2 的变压器的运行控制装置 1A，与实施例 1 相同，能够将变压器 30 中流过励磁冲击电流的期间抑制到最低限度。再有，由于根据变压器电压从零电压开始变化的时刻与目标接通时刻  $T_{1target}$  之差  $DT$ ，来判定接通时刻的偏移，因此与实施例 1 不同，不需要设置电流测量部 40R、40S、40T。

虽然已详细说明表示了本发明，但这仅仅是为了举例表示，不作为限定，发明的范围通过根据所附的权利要求的范围进行解释将能够更清楚理解。

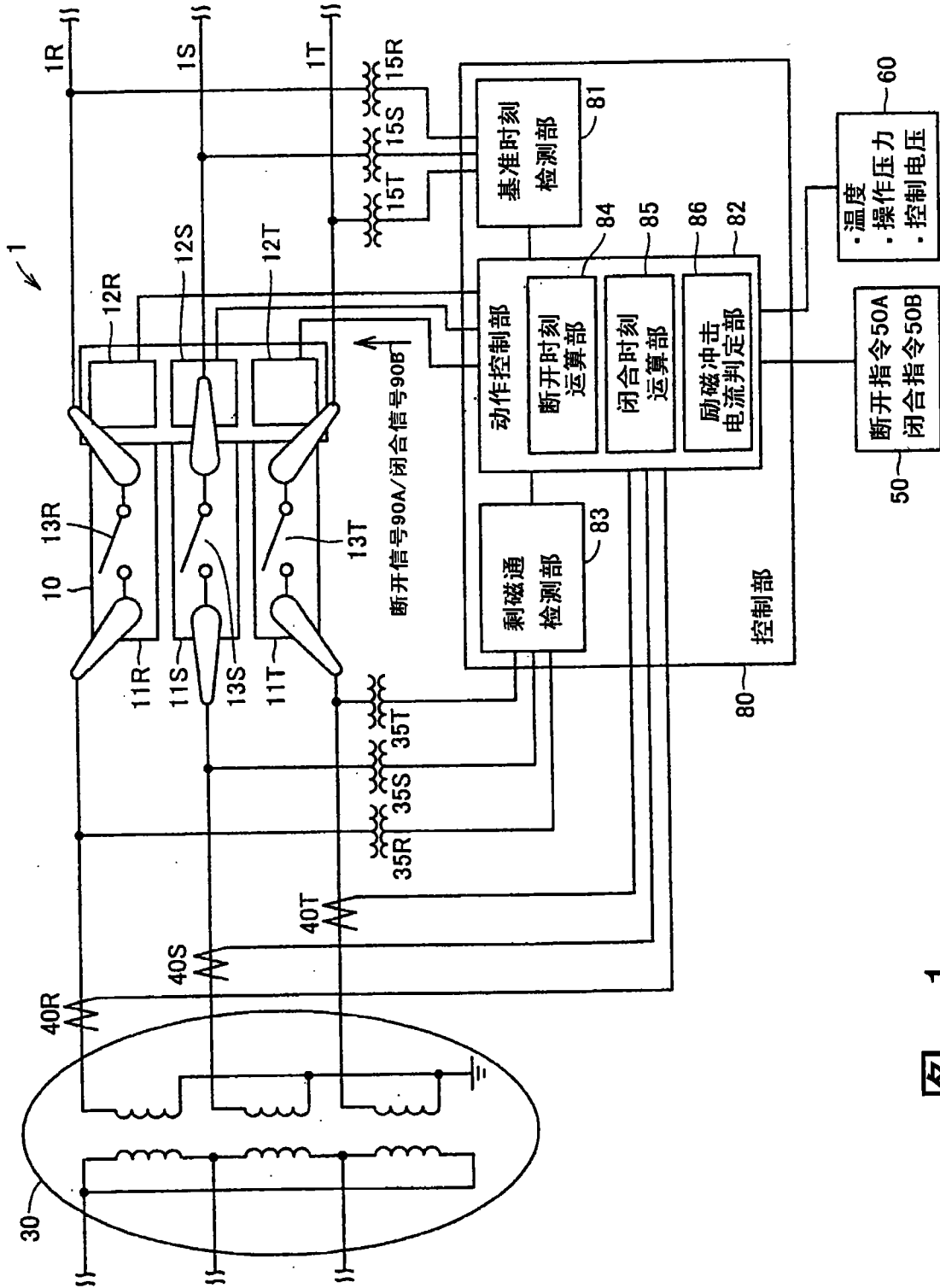


图 1

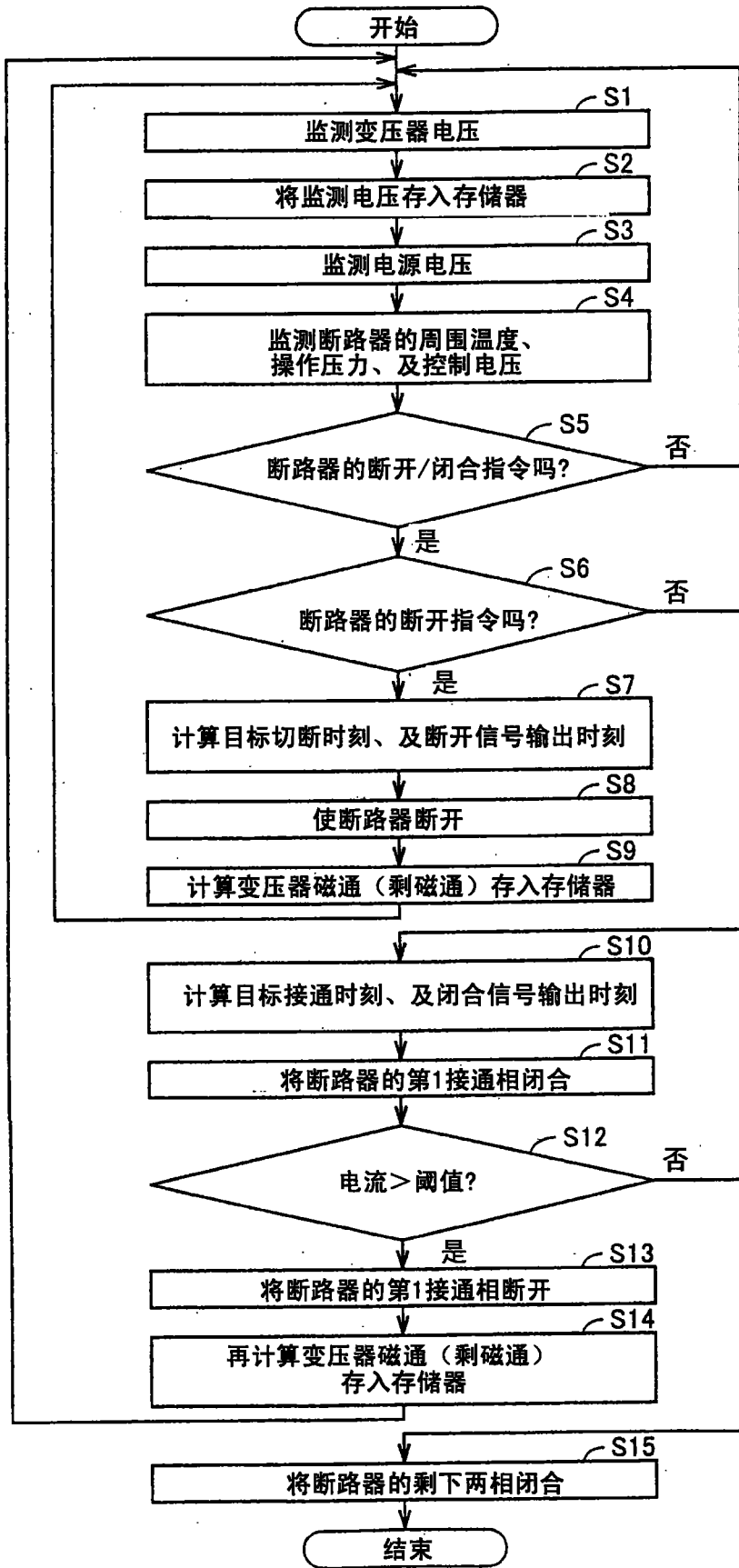


图 2

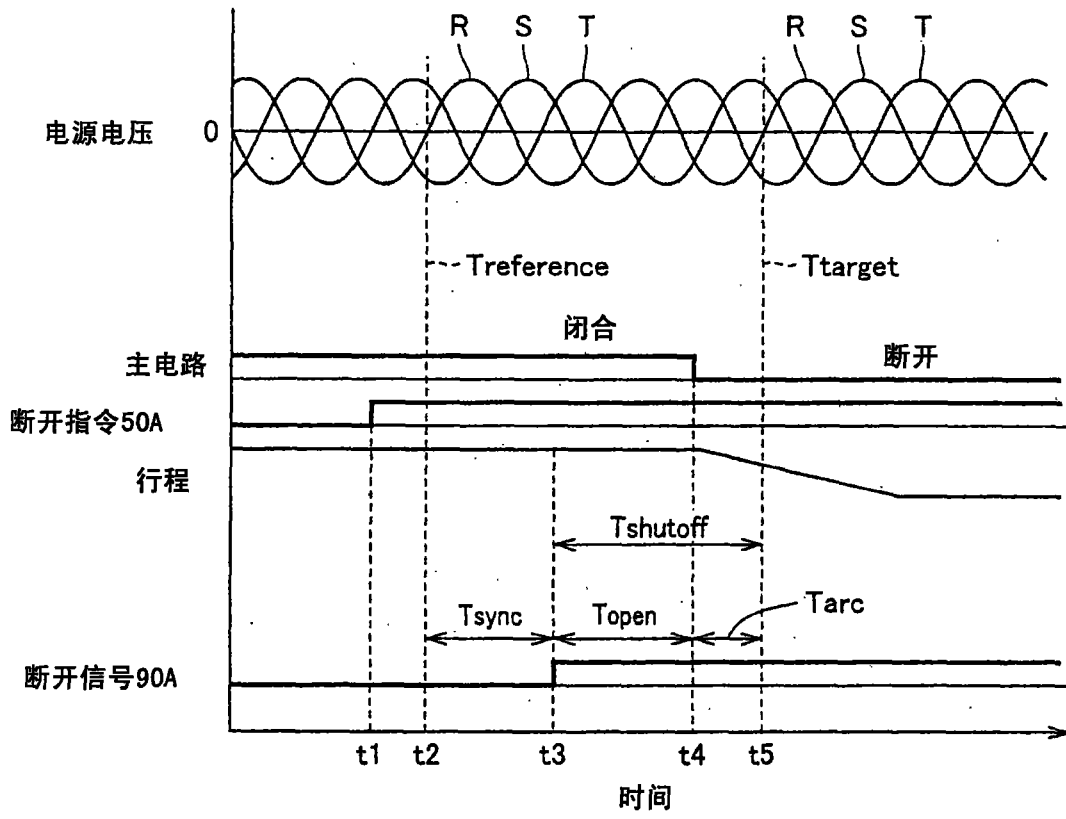


图 3

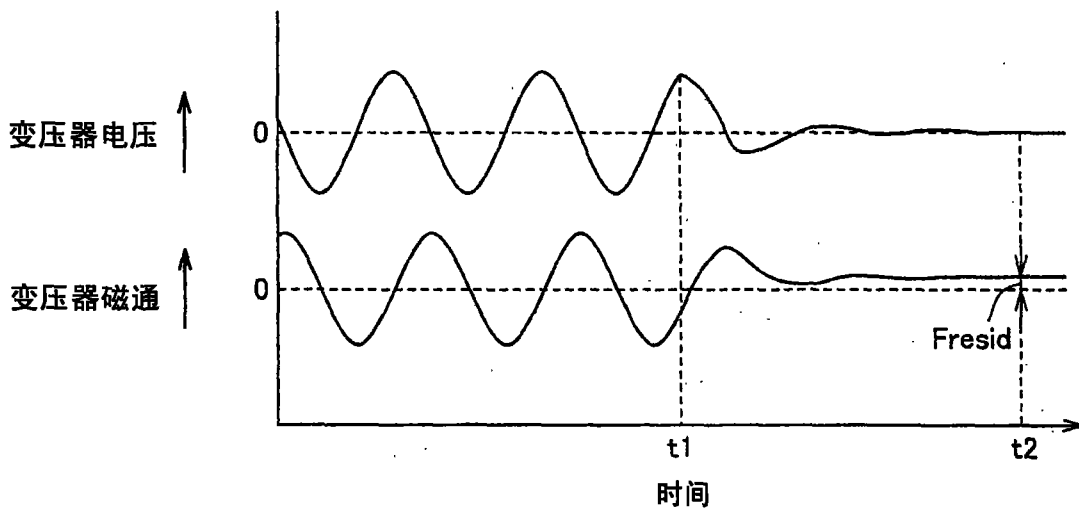


图 4

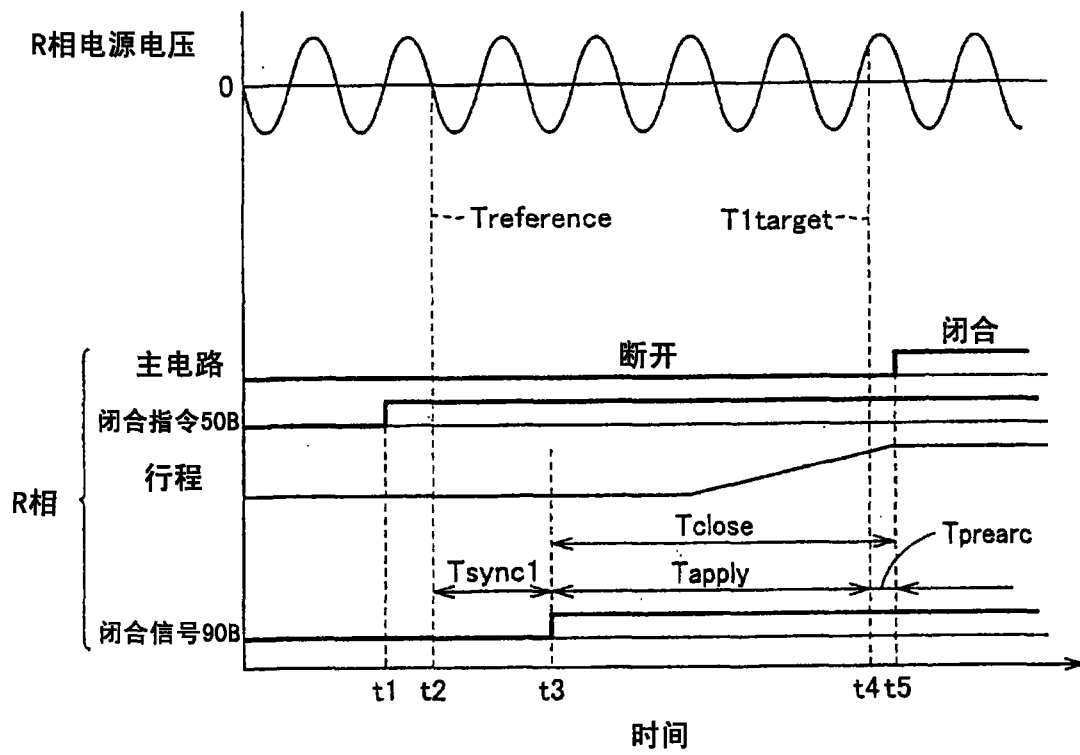


图 5

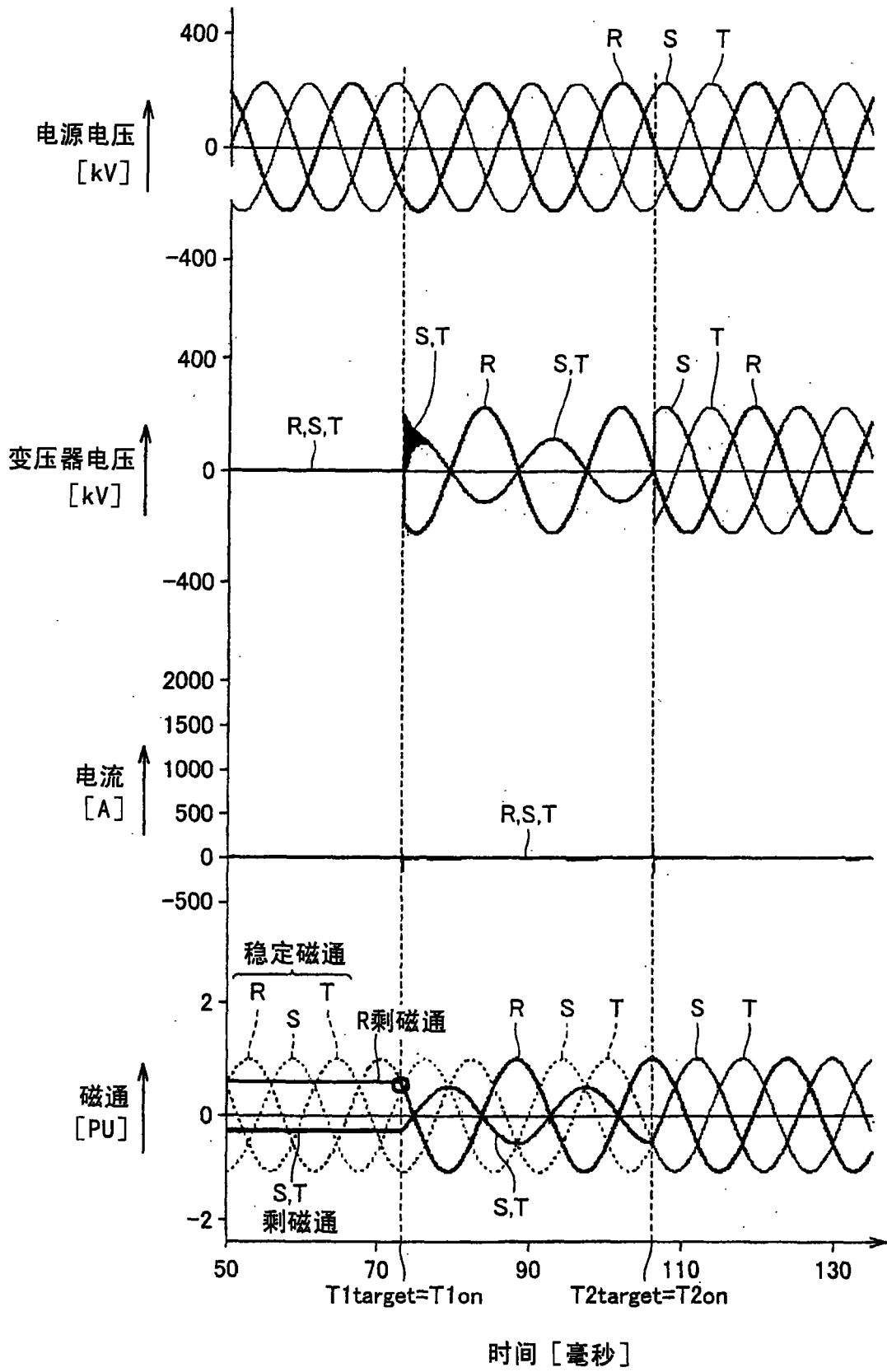


图 6



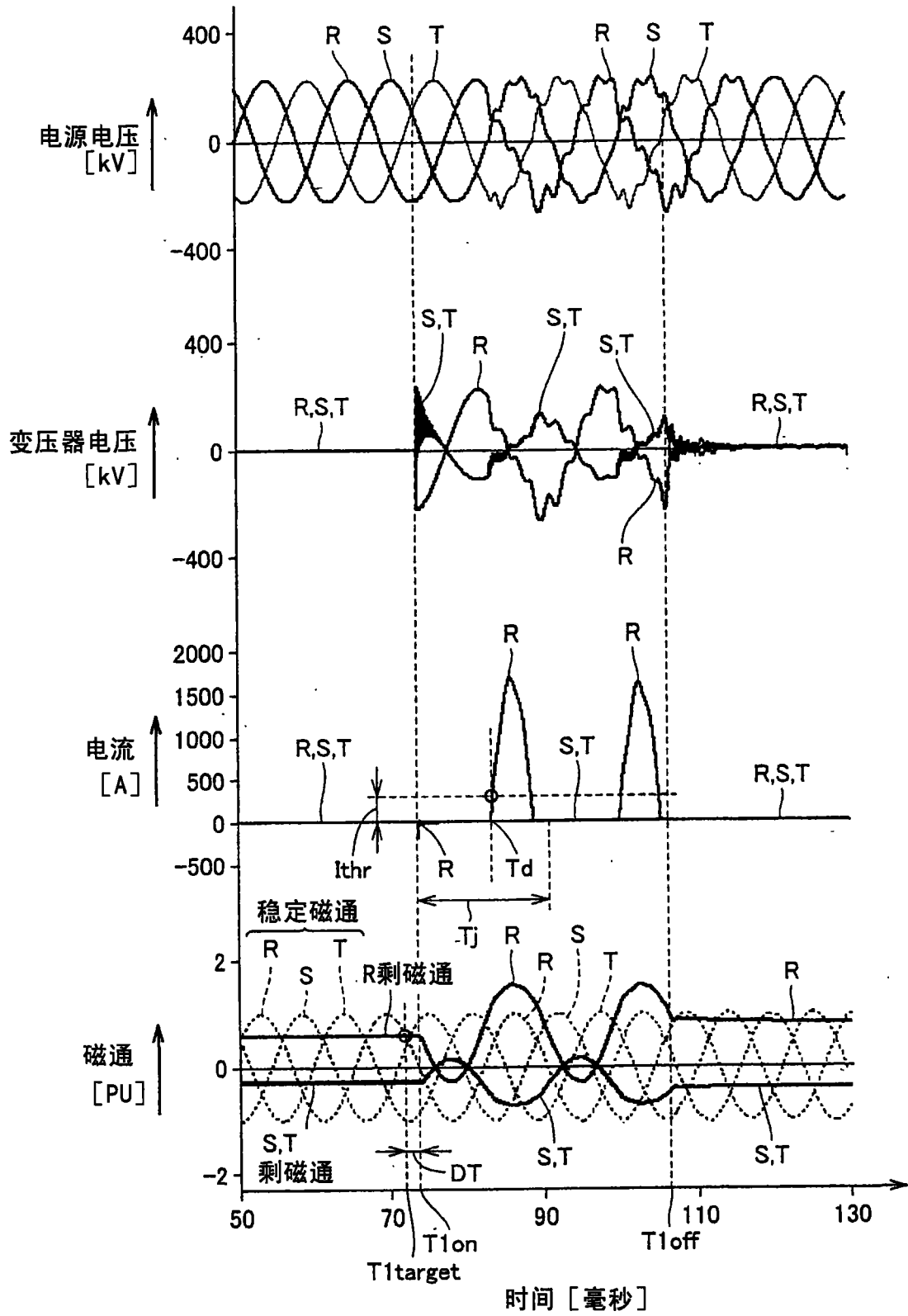


图 7

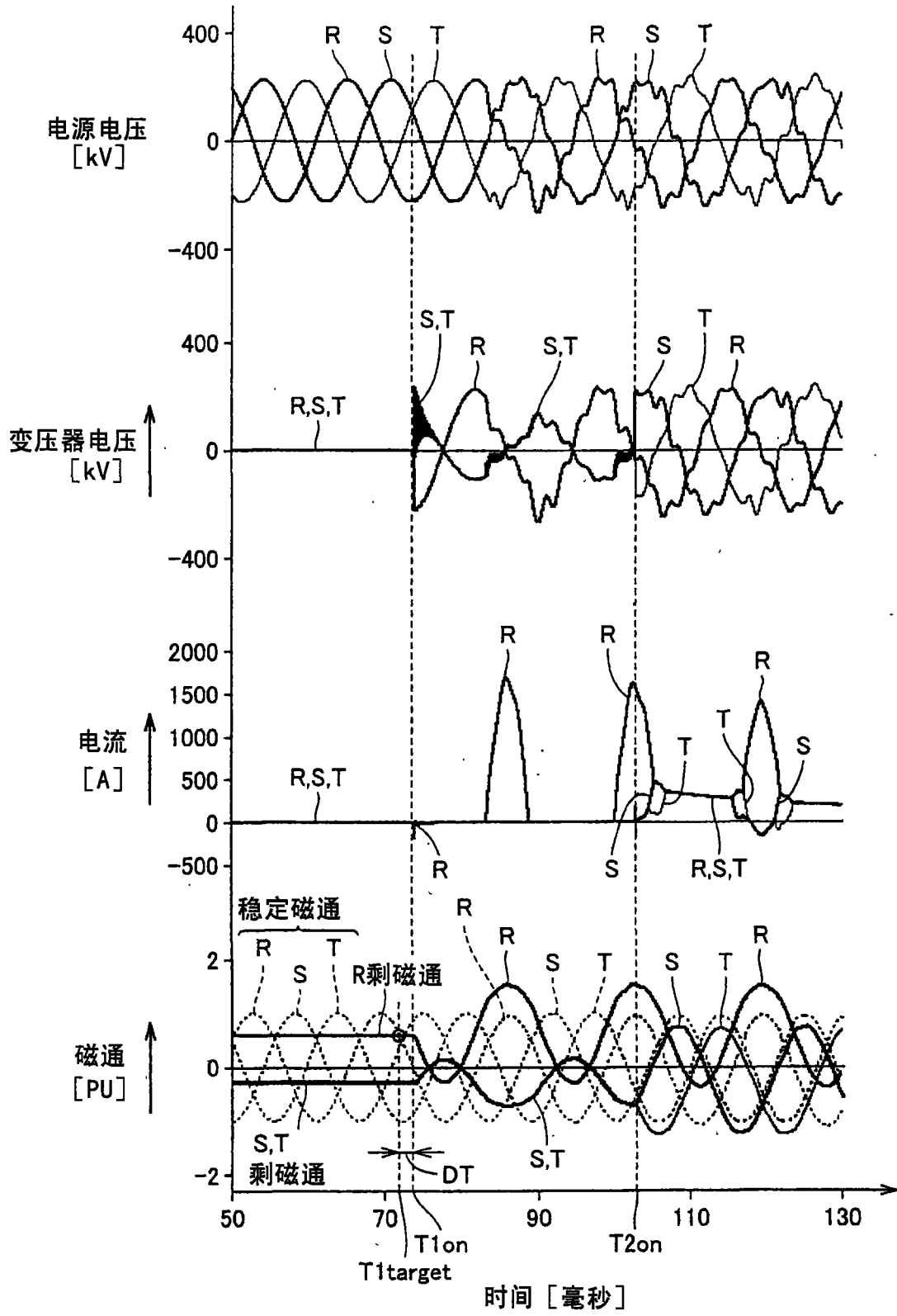


图 8

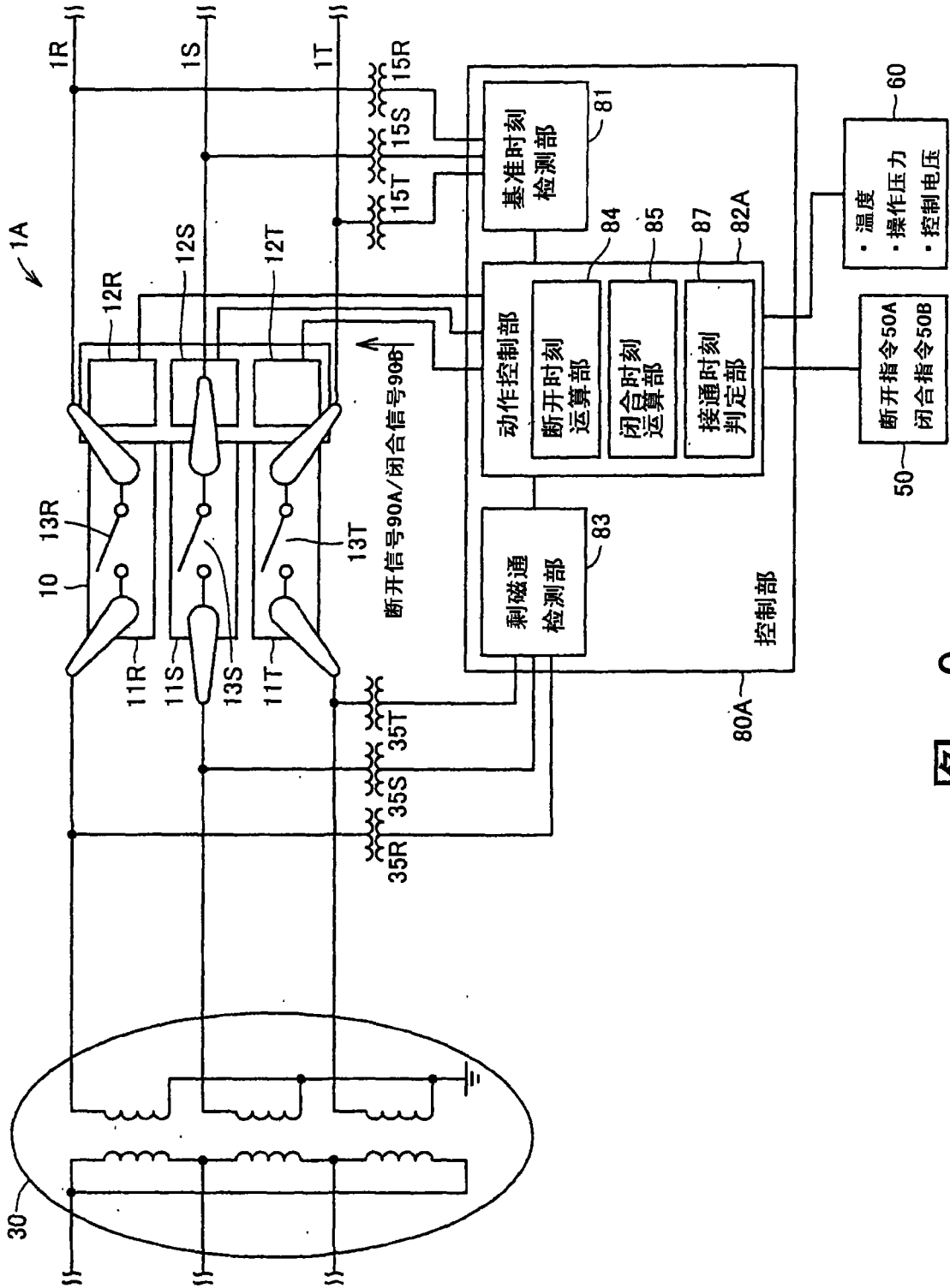


图 9

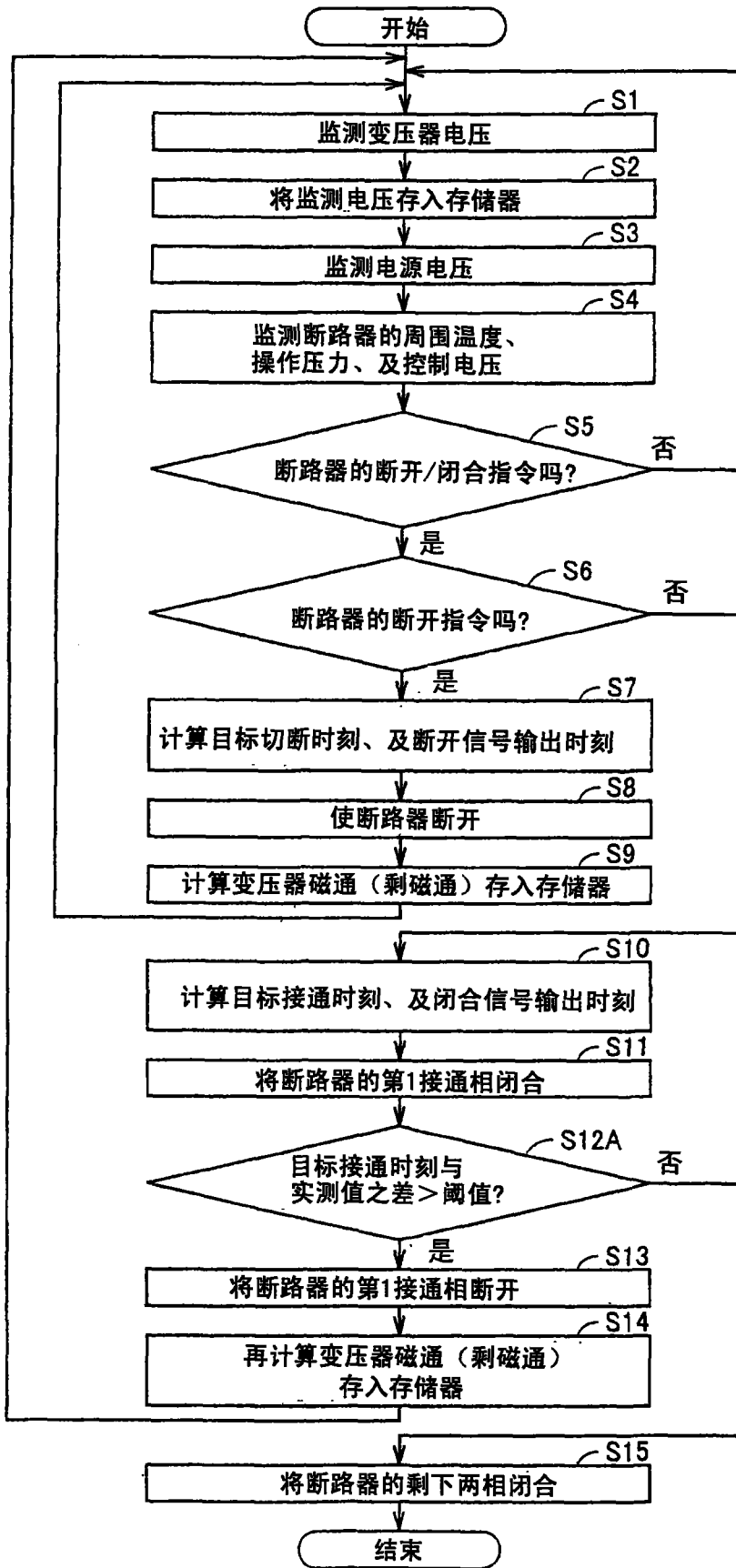


图 10