



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104242466 B

(45)授权公告日 2016.09.07

(21)申请号 201410537746.6

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所
11256

(22)申请日 2010.01.12

代理人 鄢迅 程延霞

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104242466 A

(51)Int.Cl.
H02J 13/00(2006.01)

(43)申请公布日 2014.12.24

(56)对比文件

(30)优先权数据
12/353,836 2009.01.14 US
12/353,413 2009.01.14 US

CN 101498757 A,2009.08.05,
EP 1324455 A1,2003.07.02,
EP 1780858 A1,2007.05.02,
US 6496342 B1,2002.12.17,
WO 2008040713 A1,2008.04.10,

(62)分案原申请数据
201080004559.1 2010.01.12

审查员 李峰

(73)专利权人 埃森哲环球服务有限公司
地址 爱尔兰都柏林

(72)发明人 J·D·塔夫特

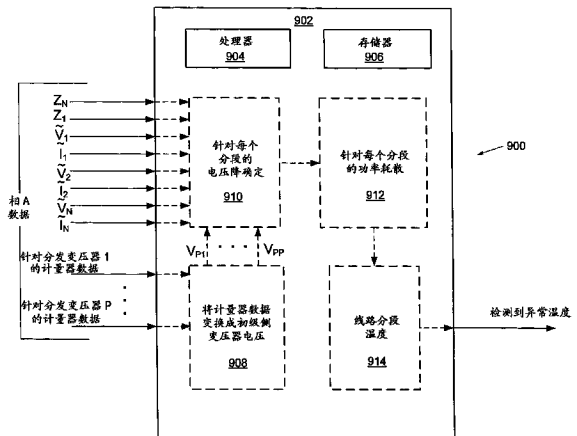
权利要求书3页 说明书10页 附图9页

(54)发明名称

使用计量器数据的分发系统分析

(57)摘要

一种监控系统包括:第一传感器,放置在沿相导体线路的第一位置处,和第二传感器,放置在沿相导体线路的第二位置处。第一传感器被配置为生成同步相量数据的第一集合。第二传感器被配置为生成同步相量数据的第二集合。该监控系统包括处理器,被配置为接收同步相量数据的第一集合和同步相量数据的第二集合。处理器被进一步配置为基于电连接至相导体的至少一个分发变压器的次级侧电压来确定该至少一个分发变压器的初级侧电压。该处理器被进一步配置为基于同步相量数据的第一集合、同步相量数据的第二集合以及初级侧电压来确定至少一个相导体状况。



1. 一种监控系统,被配置为使用同步相量数据计算分发系统的相导体线路的多个分段的每个分段中的至少一个相导体线路状况,所述系统包括:

至少一个计算机设备,具有至少一个处理器和存储器,所述存储器存储指令以用于所述监控系统的执行,所述至少一个处理器被配置为执行所述指令以进行如下操作:

在一个时刻从沿着所述相导体线路的相应分支的多个计量器接收电流,所述分支通过至少一个分发变压器连接至所述相导体线路;

在所述时刻从所述多个计量器接收电压;

基于从所述多个计量器接收的电流和电压来确定在所述时刻的所述至少一个分发变压器的次级侧电压;

基于在所述时刻的所述次级侧电压来确定所述至少一个分发变压器的初级侧电压;以及

基于所述至少一个分发变压器的所述初级侧电压和所述同步相量数据来计算所述至少一个相导体线路状况。

2. 根据权利要求1所述的监控系统,其中所述时刻是根据从所述多个计量器能够获得的计时数据确定的。

3. 根据权利要求1所述的监控系统,其中所述处理器被进一步配置为执行所述指令以通过如下操作来确定在多个时刻的所述次级侧电压:

对填充有所述多个计量器在所述多个时刻接收的电流的第一矩阵求逆;以及

将所述第一矩阵与填充有所述多个计量器在所述多个时刻接收的电压的第二矩阵相乘。

4. 根据权利要求3所述的监控系统,进一步包括所述处理器被配置为执行所述指令以进行如下操作:

基于在相应多个时刻中的每个时刻的所述次级侧电压来确定所述至少一个变压器的所述初级侧电压。

5. 根据权利要求1所述的监控系统,其中所述至少一个分发变压器包括第一分发变压器和第二分发变压器;并且其中所述处理器被进一步配置为执行所述指令,以基于从电连接至所述第二分发变压器的次级侧的多个计量器接收的电流和电压来确定所述第二分发变压器的次级侧电压。

6. 根据权利要求1所述的监控系统,其中所述至少一个相导体线路状况包括功率耗散。

7. 根据权利要求1所述的监控系统,其中所述至少一个相导体线路状况包括线路温度分布。

8. 根据权利要求1所述的监控系统,其中所述处理器被进一步配置为执行所述指令,以基于从沿着所述相导体线路的第一位置接收的同步相量数据的第一集合、从沿着所述相导体线路的第二位置接收的同步相量数据的第二集合、以及所述至少一个分发变压器的所述初级侧电压来确定在所述时刻的所述多个分段的每个分段中的至少一个相导体线路状况。

9. 根据权利要求1所述的监控系统,其中所述处理器被进一步配置为执行所述指令,以基于电连接至所述至少一个分发变压器的所述次级侧电压的通信系统的桥元件的测量来确定所述至少一个分发变压器的所述次级侧电压。

10. 根据权利要求1所述的监控系统,其中所述至少一个分发变压器通过开关或继电器

连接至所述相导体线路。

11. 一种监控系统, 被配置为确定分发系统的相导体线路的多个分段的每个分段中的至少一个相导体线路状况, 所述相导体线路包括电源的三相, 所述监控系统包括:

至少一个计算机设备, 具有至少一个处理器和存储器, 并且在所述存储器中存储指令以用于所述监控系统的执行, 所述至少一个处理器被配置为执行所述指令以进行如下操作:

确定所述相导体线路的每个相应分段内每相的状态变量, 所述状态变量根据来自沿着所述相导体线路的第一位置的同步相量数据的第一集合和来自沿着所述相导体线路的第二位置的同步相量数据的第二集合来计算;

基于电连接至所述相导体线路的至少一个分发变压器的次级侧电压来确定所述至少一个分发变压器的每相的初级侧电压; 以及

基于相应的状态变量和所述至少一个分发变压器的所述初级侧电压来确定所述多个分段的每个分段中的相导体线路的相的至少一个相导体线路状况。

12. 根据权利要求11所述的监控系统, 进一步包括所述至少一个处理器被配置为执行所述指令, 以从远程终端单元接收所述状态变量, 所述远程终端单元包括被配置为确定所述状态变量的至少一个处理器。

13. 根据权利要求11所述的监控系统, 其中所述同步相量数据的第一集合和所述同步相量数据的第二集合基于位于相应的第一位置和第二位置处的相应的第一传感器和第二传感器, 所述监控系统进一步包括: 对于每个传感器位置, 所述至少一个处理器被配置为执行所述指令以进行如下操作:

接收在所述传感器位置处感测的电压和电流;

对所述感测的电压和电流进行数字化; 以及

将数字化的电压和电流作为相量数据存储在数据环形缓冲区中, 以使所述数字化的电压和电流在时间上相对应。

14. 根据权利要求13所述的监控系统, 进一步包括: 对于每个传感器位置, 所述至少一个处理器被配置为执行所述指令以进行如下操作:

将所述相量数据变换至频域;

基于所变换的相量数据确定每相的均方根(RMS)信息和有功功率以及无功功率; 以及

基于所述RMS生成每相的电压相量和电流相量, 以生成在所述传感器位置处的所述同步相量数据。

15. 根据权利要求11所述的监控系统, 其中所述至少一个处理器被进一步配置为执行所述指令, 以基于由电连接至所述至少一个分发变压器的次级侧的多个计量器生成的数据来确定所述至少一个分发变压器的所述次级侧电压。

16. 根据权利要求15所述的监控系统, 其中由所述多个计量器生成的所述数据是由第一计量器测量的计量器电压的第一集合和计量器电流的第一集合以及由第二计量器测量的计量器电压的第二集合和计量器电流的第二集合。

17. 根据权利要求11所述的监控系统, 其中所述至少一个相导体线路状况包括功率耗散。

18. 根据权利要求11所述的监控系统, 其中所述至少一个相导体线路状况包括线路温

度分布。

19. 根据权利要求11所述的监控系统,其中所述相导体线路状况包括如下参数的任意组合:相对相或相对地故障状况;三相故障;以及开相故障。

20. 一种监控系统,被配置为确定分发系统的相导体线路的多个分段的每个分段中的至少一个相导体线路状况,所述监控系统包括:

处理器,被配置为:

基于由电连接至至少一个分发变压器的次级侧的多个计量器生成的数据来确定所述至少一个分发变压器的次级侧电压;

接收沿着所述相导体线路的第一位置的同步相量数据的第一集合以及沿着所述相导体线路的第二位置的同步相量数据的第二集合;以及

基于电连接至所述相导体线路的所述至少一个分发变压器的所述次级侧电压来确定所述至少一个分发变压器的初级侧电压,

其中所述处理器被进一步配置为基于所述同步相量数据的第一集合、所述同步相量数据的第二集合、以及所述至少一个分发变压器的所述初级侧电压来确定所述多个分段的每个分段中的至少包括功率耗散的至少一个相导体线路状况。

21. 根据权利要求20所述的监控系统,其中所述至少一个分发变压器包括第一分发变压器和第二分发变压器;

其中所述处理器被进一步配置为基于由电连接至所述第一分发变压器的次级侧的多个计量器生成的所述数据来确定所述第一分发变压器的次级侧电压;以及

其中所述处理器被进一步配置为基于由电连接至所述第二分发变压器的次级侧的所述多个计量器生成的所述数据来确定所述第二分发变压器的次级侧电压。

22. 根据权利要求20所述的监控系统,其中所述处理器被配置为基于所述同步相量数据的第一集合、所述同步相量数据的第二集合、以及所述至少一个分发变压器的所述初级侧电压来确定在一个时刻所述多个分段的每个分段中耗散的功率。

23. 根据权利要求22所述的监控系统,其中所述处理器被进一步配置为基于所确定的所述多个分段的每个分段中耗散的功率来确定对于所述多个分段的每个分段的所述至少一个线路状况。

24. 根据权利要求20所述的监控系统,其中所述处理器被进一步配置为基于电连接至所述至少一个分发变压器的所述次级侧电压的通信系统的桥元件所进行的测量来确定所述至少一个分发变压器的所述次级侧电压。

使用计量器数据的分发系统分析

[0001] 本申请为2011年7月13日进入中国国家阶段的、申请日为2010年1月12日的、名称为“使用计量器数据的分发系统分析”的第201080004559.1号中国专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本申请涉及电系统分析,并且更具体地涉及电分发系统分析。

背景技术

[0003] 相量(phasor)数据可以用来分析诸如传输系统之类的电力系统。相量数据可被同步,从而允许使用经同步的系统数据来针对电力系统中的导体线路完成各种分析。然而,用于获得相量数据的传感器可能沿导体线路分隔较远,这可能降低在基于相量数据定位有问题的导体线路时的准确性。

发明内容

[0004] 一种配置用于确定分发系统中至少一个相(phase)导体状况的监控系统可以包括第一传感器,其放置在沿相导体线路的第一位置处。该第一传感器可以配置用于生成同步相量数据的第一集合。该监控系统可以包括第二传感器,其放置在沿该相导体线路的第二位置处。该第二传感器可以配置用于生成同步相量数据的第二集合。该监控系统可以包括处理器,配置用于接收同步相量数据的第一集合和同步相量(synchrophasor)数据的第二集合。该处理器可以进一步配置用于基于电连接至相导体的至少一个分发变压器的次级侧电压来确定该至少一个分发变压器的初级侧电压。该处理器进一步配置用于基于同步相量数据的第一集合、同步相量数据的第二集合以及至少一个分发变压器的初级侧电压来确定至少一个相导体状况。

[0005] 一种确定相导体线路的至少一个状况的方法可以包括:接收与相导体线路关联的同步相量数据的第一集合。该方法可以进一步包括接收与相导体线路关联的同步相量数据的第二集合。该方法可以进一步包括基于至少一个分发变压器的次级侧电压来确定至少一个分发变压器的初级侧电压。该方法可以进一步包括基于同步相量数据的第一集合、同步相量数据的第二集合以及至少一个分发变压器的初级侧电压来确定至少一个相导体线路状况。

[0006] 一种计算机可读介质可以编码有由处理器执行的计算机可执行指令。该计算机可读介质可以包括:可执行以接收与相导体线路关联的同步相量数据的第一集合的指令,以及可执行以接收与该相导体线路关联的同步相量数据的第二集合的指令。该计算机可读介质可以进一步包括可执行以基于至少一个分发变压器的次级侧电压来确定至少一个分发变压器的初级侧电压的指令。该计算机可读介质可以进一步包括可执行以基于同步相量数据的第一集合、同步相量数据的第二集合以及至少一个分发变压器的初级侧电压来确定至少一个相导体线路状况的指令。

[0007] 一种确定分发系统中的多个传感器点以获得经同步数据的方法可以包括:加载代

表分发系统的图。该方法可以进一步包括：基于第一预定标准来确定该图上位于分发系统的第一层级的传感器点的第一集合。该方法可以进一步包括：基于用户输入标准来确定该图上位于分发系统的第一层级的传感器点的第二集合。

[0008] 本发明的其他目的和优势将从参考附图进行的下述描述变得显然，在附图中示出了本发明的优选实施方式。

附图说明

[0009] 参考以下附图和描述，能够更好地理解本发明。附图中的部件并不必须按比例绘制，而是将重点放在示出本发明的原理上。而且，在附图中，相同的附图标记贯穿不同视图指示对应的部分。

[0010] 图1是分发系统示例的图解视图；

[0011] 图2是分发系统的T形等效电路示例；

[0012] 图3是用于分解T形等效电路的技术的示例；

[0013] 图4是用于分解T形等效电路的技术的另一示例；

[0014] 图5是经分解的图2中T形等效电路示例；

[0015] 图6是分发系统一部分的图解视图；

[0016] 图7是用于确定分发变压器的初级侧电压的示例操作流程；

[0017] 图8是配置用于确定分发系统中状态变量值的系统示例；

[0018] 图9是配置用于确定线路导体故障的系统示例；

[0019] 图10是用以确定分发系统中的相导体线路故障的示例操作流程；以及

[0020] 图11是用以确定分发系统中的传感器点的示例操作流程。

具体实施方式

[0021] 图1描绘了示例性分发系统100的图解视图。分发系统100可以包括变电站102，其沿着相导体线路104向电路终端106供应电力。分发系统（诸如，分发系统100）可以包括不止一个相导体，诸如在三相公用事业分发系统中便是如此。图1的图解视图示出单一相以作为示例；然而，所描述的原理可以应用于实现多个相的分发系统，诸如实现在两相或三相公用事业分发系统中。

[0022] 分发系统100可以包括多个馈电电路108。每个馈电电路108在图1中分别标记为 FC_1 到 FC_p 。每个馈电电路108可以配置用于向一个或多个客户电路供应电力。每个馈电电路108可以电连接到相应的分发变压器110的次级侧。每个分发变压器110分别标记为 DT_1 到 DTP 。在一个示例中，每个分发变压器110可以配置用于逐步降低（例如，将来自初级侧较高电压的电压变换成次级侧的较低电压）从变电站102供应而来的电压，以及用于向相应的馈电电路提供经逐步降低的电压。

[0023] 传感器112可以沿相导体线路104进行布置，以便测量与相导体线路104关联的各种值，诸如，在沿该相导体线路104某个点处的电压和电流。在一个示例中，传感器112可以配置用于生成同步相量数据，其可以包括与在关联的分发系统内其他地方处发生的同步测量进行了同步的电流相量测量和电压相量测量。在图1中，传感器112分别标记为 S_1 和 S_2 ，其中的每一个可以测量在沿相导体线路104的连接点处的相量电流和电压。由每个传感器 S_1

和S2收集的数据可被同步,以便允许在单个时间点处对该系统的各个部分进行监控。在图1中,传感器112被示出为位于相导体线路104的端部。在备选实施方式中,传感器112可以布置在沿相导体线路104的任何位置处,并且沿着该相导体线路104可以放置不止两个传感器。分发系统100还可以包括馈电电路108以下的其他电路级别。

[0024] 在图1所示配置中,与每个馈电电路108关联的电流和电压可以被测量,以确定每个相应分发变压器110的次级侧变压器的电流和电压。这些次级侧变压器电压中的每一个可以用于确定每个分发变压器110的相应初级侧电压。每个初级侧电压可以与从传感器112获得的同步相量数据一起使用,以便确定相导体线路104的线路状况。

[0025] 图2示出了配置用于生成同步相量数据的传感器200的图解视图,该传感器200可以沿着相导体线路104的区段202放置。在一个示例中,区段202可以是如图1所示的整个相导体线路104。图2示出了传感器200之间被建模为T形电路的区段202。相导体线路104可以包括一个或多个等效阻抗,其可以表示为图2中的 \tilde{z}_1 块以及标记为 \tilde{z}_N 的任何负载阻抗。通过 \tilde{z}_N 块的箭头指示了这样的方式,即负载阻抗可以随时间改变。在一个示例中,负载阻抗 \tilde{z}_N 块可以表示电连接至线路区段202的一个或多个馈电电路。

[0026] 与传感器112类似,传感器200可以用于测量在分发系统中同步的电流相量和电压相量。这些测量允许针对T形等效模型测量或计算状态变量,其可以提供用于确定针对新输入的系统响应的有关信息。系统达到目前状态的方式对于将来状态没有影响。针对给定的状态和容许的输入,系统的将来状态可被唯一确定。例如,传感器S1可以测量线路区段202的连接点处的电流相量 \tilde{I}_1 和电压相量 \tilde{V}_1 。类似地,传感器S2可以测量线路区段202的连接点处的电流相量 \tilde{I}_2 和电压相量 \tilde{V}_2 。可以确定这些值,使得对它们进行同步以及将其用于计算与该T形等效电路关联的其他状态变量,诸如 \tilde{z}_1 、 \tilde{z}_N 、 \tilde{V}_N 和 \tilde{I}_N 。利用测量的相量电压和电流,可以使用以下给出的状态变量等式集合来确定这些值:

[0027] 等式1
$$\tilde{z}_1 = (\tilde{V}_1 - \tilde{V}_2) / (\tilde{I}_1 + \tilde{I}_2)$$

[0028] 等式2
$$\tilde{V}_N = \tilde{V}_1 - \tilde{I}_1 \tilde{z}_1 = \tilde{V}_2 - \tilde{I}_2 \tilde{z}_1$$

[0029] 等式3
$$\tilde{I}_N = \tilde{I}_1 - \tilde{I}_2$$

[0030] 等式4
$$\tilde{z}_N = \tilde{V}_N / \tilde{I}_N$$

[0031] 在传感器200的测量及时地进行时间同步时(诸如,通过全球定位系统(GPS)),利用由传感器200测量获得的同步相量数据允许及时地确定任何瞬时时刻的状态变量。状态变量的测量允许确定沿线路区段202的各种相导体线路状况,诸如线路温度等,其可以基于功率耗散进行确定。沿着线路区段202的附加测量可以允许在沿线路区段202确定功率耗散时提供更大的分辨率。在一个示例中,T形等效电路204可以分解成较小的T形区段。

[0032] T形等效电路产生将 \tilde{V}_1 、 \tilde{I}_1 值与 \tilde{V}_2 、 \tilde{I}_2 值相关的T矩阵,如下:

[0033] 等式5
$$\begin{bmatrix} \tilde{V}_1 \\ \tilde{I}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{V}_2 \\ \tilde{I}_2 \end{bmatrix}$$

[0034] 其中T矩阵是提供T形等效电路的输入电压和电流与输出电压和电流之间关系的

转移函数。

[0035] 在一个示例中，T矩阵可以分解成P个不同的T形区段。图3示出了将T形等效电路分解成P个T形区段的示例分解技术300的流程图。在图3中，特征向量可以通过特征向量分析来确定。如图3中所示出的，特征向量最终允许确定P个不同的T形区段。图3的特征向量技术使用矩阵的两个特性：矩阵特征向量可以用于计算对角形式的等效矩阵；以及可以通过单独计算每个对角条目的P次方根来找到对角矩阵的P次方根。利用此技术，T矩阵可以分解成任意数量的T形区段，其可以级联在一起以还原产生原始的T矩阵。

[0036] 在另一示例中，等式5的T矩阵可以分解成较小的T形区段以供分析。在一个示例中，T矩阵可以因式分解为两个平方根分量400，如图4所示。这一分解技术允许出现N个因式分解，产生了2N个T形区段。

[0037] 向图2的T形等效电路204应用图3的分解技术可以产生诸如图5所示的P个串接的T形等效电路。每个T形区段可以包括由各个 \tilde{Z}_1 块代表的线路阻抗和各个负载阻抗 \tilde{Z}_N 。在一个示例中，线路区段202可以包括每个同步相量S1和S2之间的P个馈电电路，诸如图1所示的馈电电路108。这允许图5中的每个T形区段包括与馈电电路关联的分发变压器。

[0038] 在每个T形区段中包括分发变压器的表征可以允许每个分发变压器的初级侧电压在分析期间代表与每个T形区段关联的每个节点电压 \tilde{V}_N （从1到P）的幅度估计。一旦建立了每个节点的电压 \tilde{V}_N ，则可以基于系统测量来确定在相邻节点电压 \tilde{V}_N 之间以及每个传感器S1和S2与相邻节点电压 \tilde{V}_N 之间的电压降。电压降允许确定各种线路状况，诸如基于线路区段中耗散的功率以确定线路温度。例如，当图2的T形等效电路中的 \tilde{Z}_1 被确定时，每距离的阻抗可以确定，因为线路区段202的长度通常是已知的或者可以估计。由此，图5中较小T形区段的每个阻抗 \tilde{Z}_1 可以基于传感器S1和S2与相邻分发变压器之间或相邻分发变压器之间的线路长度来确定。

[0039] 在一个示例中，耗散的功率可以通过关系 $P=V^2/R$ 来确定，其中V是相邻电压节点 \tilde{V}_N 之间的电压降或者传感器200与电压节点 \tilde{V}_N 之间的电压降。R是电压值（来自分发变压器或传感器）之间的线路阻抗的实部。耗散的功率可以用于确定线路区段202的传感器点（例如，分发变压器的初级侧和传感器）之间分段的温度，其可以用于故障分析。

[0040] 在一个示例中，分发变压器600的初级侧电压可以基于相应的次级侧电压来确定。图6示出了可以用来确定初级侧分发变压器电压的馈电电路配置示例。图6示出了相导体线路602。分发变压器600的初级绕组604可以电连接至相导体线路602并且具有初级侧电压 V_P 。分发变压器600的次级绕组606可以电连接至变压器600次级侧上由一个或多个客户形成的负载。在图6的示例中，示出了两个客户电路608,610，但是更多的客户电路可以连接至分发变压器602。每个客户电路608,610被示出为以分相配置连接至次级绕组606。分相连接允许客户电路跨次级绕组606进行连接，其中中心抽头612被示出为接地。分相配置允许客户电路608,610接收次级侧电压 V_S 。在其他示例中，客户电路可以以任何其他配置连接至次级绕组606。

[0041] 向每个客户电路608,610分发的功率可以分别利用计量器614,616进行测量和记录。每个计量器614,616可以分别包括处理器618,620以及分别包括存储器622,624。计量器

614,616可以使用各自的处理器和存储器来处理功率消耗。每个计量器614,616可以包括允许计量器614,616处理数字功率使用数据的模数转换器(未示出)。每个计量器614,616可以与图6所示基本上相同的方式进行操作,由此描述客户电路608的示例可以应用至客户电路610,也可以应用至可连接至图6所示馈电电路的其他客户电路。

[0042] 在一个示例中,客户电路608可以消耗从相导体线路600供应的功率。在图6所示的分相配置中,电流 I_1 可以通过导体线路611而流经次级绕组606,以及电流 I_2 可以流经导体线路613。导体线路611,613的每个可以包括公共线路损耗 R_{S1} 和 R_{S2} ,其代表由每个连接的客户电路共享的公共线路损耗。电流 I_1 和 I_2 的每一个的至少部分可以分别流经客户电路608的分支626,628,并且可以由图6中的分支电流 I_{A1} 和 I_{B1} 代表。

[0043] 每个分支626,628的每一个可以分别包括接线盒(service drop)线路损失 R_{d1} , R_{d2} 。分支电流 I_{A1} 和 I_{B1} 的每一个流经计量器614。计量器614可以包括内部电流计量器630,632以测量分支电流 I_{A1} 和 I_{B1} 。计量器614还可以包括内部电压计量器634,其可以基于分支电流 I_{A1} 和 I_{B1} 之间的电流差异来确定计量器电压 V_{M1} 。客户电路608还可以包括由图6中的 R_{11} 和 R_{12} 代表的负载。

[0044] 类似地,客户电路610可以接收分支电流 I_{A2} 和 I_{B2} ,其中的每一个可以仅是电流 I_1 和 I_2 的一部分。每个分支电流 I_{A2} 和 I_{B2} 可以流经相应的分支636,638,其具有接线盒线路损失 R_{d1} , R_{d2} 。分支电流 I_{A2} 和 I_{B2} 可以由计量器616进行测量,并且计量器电压 V_{M2} 可以针对客户电路610确定。客户电路610可以包括表示为图6中的 R_{13} 和 R_{14} 的负载。

[0045] 在一个示例中,计量器电压 V_{M1} 和 V_{M2} 与次级电压 V_S 之间的关系可以用于确定次级电压 V_S 。该关系可以表示为:

$$[0046] \quad \text{等式6} \quad \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -I_1[1] & 0 & -I_T[1] \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -I_2[1] & -I_T[1] \\ 0 & 1 & 0 & -I_1[2] & 0 & -I_T[2] \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -I_2[2] & -I_T[2] \\ 0 & 0 & 1 & -I_1[3] & 0 & -I_T[3] \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -I_2[3] & -I_T[3] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_S[1] \\ V_S[2] \\ V_S[3] \\ R_{d1} \\ R_{d2} \\ R_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{M1}[1] \\ V_{M2}[1] \\ V_{M1}[2] \\ V_{M2}[2] \\ V_{M1}[3] \\ V_{M2}[3] \end{bmatrix}$$

[0047] 在等式6中,“[1]”可以代表各个变量在第一时刻的值,“[2]”可以代表各个变量在第二时刻的值,以及“[3]”可以代表各个变量在第三时刻的值。在等式6中,可以做出各种假设,诸如, $R_{S1}=R_{S2}=R_S/2$ 和 $R_{d1}=R_{d2}$ 。在其他示例中,可以使用额外的时刻。

[0048] 在等式6中, $I_T=I_1+I_2$ 并且代表流经客户电路的总电流。电流 I_1 和 I_2 可以通过将每个客户电路的相应分支中的电流相加得到。这允许通过使用由每个计量器确定的电流值以及将测量的电流相加来确定电流 I_T 。在等式6中,包含电流值的矩阵可以求逆并且与包含三个选定时刻处的计量器电压 V_{M1} 和 V_{M2} 的矩阵相乘。这允许确定针对三个选定时刻的、包含次级电压 V_S 的矩阵。由此,每个确定的次级电压 $V_S[1]$ 、 $V_S[2]$ 和 $V_S[3]$ 的每一个可以用于相应时刻。这些值中的每一个可以用于基于变压器602的匝数比来确定相应时刻的初级电压 V_P 。

[0049] 图6的配置描述了这样的示例,其中与分发系统上的客户电路关联的经计量负载可以用于确定向负载递送功率的已连接变压器的初级侧电压。在其他示例中,经计量的负载可以用于确定当设备放置在经计量的负载和变压器之间时,向该经计量的负载提供功率的变压器的初级侧电压。例如,在图6所示配置中,诸如继电器或开关之类的各种设备可以

连接在客户电路608,610与变压器600之间。在其他示例中,其他变压器可以定位在变压器600与客户电路608,610之间。在另一示例中,其他变压器可以放置在变压器600和客户电路608,610之间。与客户电路608,610关联的经计量的负载可以在这些备选实施方式中使用,以确定与连接至相导体线路的变压器600相关联的初级侧电压。

[0050] 分发变压器(诸如,分发变压器600)的初级侧电压可以以其他方式进行确定。在一个示例中,分发系统可以包括基于电力线的通信系统。该基于电力线的通信系统可以配置以在分发系统(诸如,图1中的分发系统100)上操作。基于电力线的通信系统可以包括位于每个分发变压器(诸如,分发变压器DT₁到DT_P)处的桥元件。桥元件使得可以沿基于电力线的通信系统来传输次级侧变压器电压和测量该次级侧变压器电压。每个次级侧变压器电压可以用于基于匝数比来确定对应的初级侧电压。

[0051] 图7示出了用以确定分发变压器初级侧电压的示例操作流程图。步骤700可以包括:针对多个时刻,确定流经连接至分发变压器次级侧的每个客户电路的每个分支的经测量电流。在一个示例中,步骤700可以使用以针对计量器614,616在图6中示出的方式进行连接的计量器来执行。这种布置允许每个计量器针对多个时刻(诸如,三个时刻)测量流经各个分支的电流。这些电流可以针对每个分支在每个时刻相加在一起,从而提供流经对应分支的总电流。

[0052] 该操作还可以包括步骤702,即,针对多个时刻确定流经每个客户电路的总电流。在一个示例中,在多个时刻中的每个时刻的总电流可以通过将每个计量器在多个时刻中的每个时刻处测量的电流相加而得到。在一个示例中,步骤702可以使用诸如图6中所示的计量器614,616之类的计量器来执行。操作还可以包括步骤704,即,确定多个时刻处的第一计量器电压和第二计量器电压。在一个示例中,步骤704可以使用计量器614,614以针对图6进行描述的方式来执行。该操作还可以包括步骤706,即,确定在多个时刻中的每个时刻处的分发变压器次级侧电压。在一个示例中,步骤706可以以针对图6进行描述的方式执行,其可以使用等式6来确定在三个时刻中每个时刻处的次级侧电压。该操作还可以包括步骤708,即确定分发变压器的初级侧电压。在一个示例中,这可以通过使用分发变压器的匝数比和次级侧电压确定初级侧电压来执行。

[0053] 针对图6所示每个关联的T形区段确定初级侧变压器电压或节点电压 \tilde{V}_N 允许使用该节点电压来确定沿相导体区段的功率损耗,如前所述。在一个示例中,用以确定相导体线路状况的分析可以使用如图8和图9所示的示例来确定。图8示出了配置用于使用从传感器配对获得的相量数据来生成状态变量的示例系统,该状态变量可以用于生成针对传感器配对之间的相导体线路(诸如图1中所示的)的同步相量数据。关联的状态变量可以用于确定相导体线路状况,诸如基于功率耗散的温度。初级侧电压(诸如基于计量器数据确定的那些)可以用于各种其他应用,诸如馈电电压调整、分发变压器检测和分类、停电检测和定位以及功率恢复跟踪(作为示例)。

[0054] 图8的系统被示出为接收针对具有相A、B和C的三相系统的电压和电流测量。电压V_A到V_C以及电流I_A到I_C可以通过线路传感器(未示出)来确定。感测的电压V_A到V_C以及感测的电流I_A到I_C可以由相应的A/D转换器802到812接收。数字化的电压和电流数据可被接收并存储在相应的数字存储设备(诸如,数据环缓冲器814到824)中。数字化的数据可以用来确定在特定时间处针对每个相的状态变量值。数字化的数据可由具有处理器828和存储器830的

计算机设备826接收。计算机设备826可以使用针对每个相的数字化数据来生成与每个相关联的状态变量。

[0055] 经数字化的相数据可以由计算机设备826通过傅里叶变换模块832变换至频域。计算机设备826可以通过模块834来处理该频域数据,以确定针对每个相电压的均方根(RMS)信息(V_{RMS})和针对每个电流的均方根(RMS)信息(I_{RMS})以及有功功率(P)和无功功率(Q)。经数字化的相数据也可以由计算机设备826在三相频率跟踪模块836中使用以确定线路频率。

[0056] 针对每个相的RMS电压和电流、针对每个相的有功功率和无功功率以及线路频率可由计算机设备826在模块838处使用,该模块838可以包括功率因数确定,电压相量频率补偿,和根据相应的电压相量,电流幅度,以及针对每个相的功率因数针对每个相的电流相量的确定。模块838可以针对每个相生成电压相量(\tilde{V}_{ABC})和电流相量(\tilde{I}_{ABC})。计算机设备826可以包括相纠正模块840,其从GPS信号源842接收GPS信号以及从系统频率源843接收AC电压系统频率,从而生成针对线路传感器的同步相量数据。针对每个相的同步相量数据 \tilde{V}_{synch} 、 \tilde{I}_{synch} 可以由计算机设备826在状态变量确定模块845中使用,其也实现来自同步相量数据模块844的来源于另一相邻传感器的同步相量数据,以确定针对线路导体区段的每个相的状态变量。在图9中,示出了状态变量的集合846,其可以代表针对三个相中每个相的状态变量值。

[0057] 计算机设备826可以是连接至分发系统的计算机设备,诸如位于远程终端单元(RTU)中。在一个示例中,计算机设备826可以生成状态变量并向集中位置传输该状态变量以供另一计算机设备使用。在备选示例中,计算机设备826可以向集中位置传输同步相量数据 \tilde{V}_{synch} 和 \tilde{I}_{synch} ,其也可以接收针对相邻线路传感器的同步相量数据,这允许在集中位置处确定状态变量。

[0058] 在确定了针对每个相的状态变量后,状态变量可以与针对相应相的分发变压器初级电压一起使用,以确定相导体线路区段状况。图9示出了可以配置用于确定针对相A的线路区段状况的系统900。然而,任何其他相B或C的线路区段可以以基本上相同的方式进行分析。

[0059] 在一个示例中,系统900可以包括计算机设备902。计算机设备902可以是单个计算机设备或者多个计算机设备。在图9的示例中,计算机设备902包括处理器904和存储器906。处理器904和存储器906可以用于处理状态变量值和客户电路计量数据。在一个示例中,计算机设备902可以位于集中位置,以接收来自遍布经计量的分发系统的数据收集设备(诸如RTU)的状态变量数据。其他设备可以用于捕获和确定系统数据,诸如电压和电流传感器,或者能够捕获分发系统相关数据并计算状态变量值的任何其他设备或机构。在备选示例中,计算机设备902可以接收同步相量数据测量以确定状态变量值。图8中的计算机设备826可以用于执行与计算机设备902关联的模块和操作。

[0060] 在图9中,计算机设备902可以接收针对连接至线路分段的分发变压器的状态变量和客户电路计量数据以供计算机设备902进行分析。在一个示例中,计算机设备902可以实现模块908,以与针对图6进行描述的方式来处理客户电路计量数据,以便生成与沿被分析的线路区段的各个点处放置的各个分发变压器关联的初级侧电压。在一个示例中,计算机设备902可以查询负责获得与分发系统中的客户电路关联的计量器数据的数据查询设备,

诸如RTU、监督控制和数据获取系统(SCADA)、计量器系统或任何其他数据捕获设备或系统。

[0061] 初级侧电压可以由计算机设备902在模块910中与状态变量一起使用,以确定沿传感器点(其可以包括生成分发变压器初级侧的节点电压和同步相量数据的传感器)之间的相导体线路分段的电压降。在一个示例中,模块910可以实现如前所述的T形区段分析。计算机设备902可以在模块912处针对每个分段执行功率耗散确定。针对每个分段确定的功率耗散可以由计算机设备902在模块914处使用,以确定针对每个分段的线路分段温度并生成指示具有异常温度(其可以指示沿该分段的故障)的任何分段的输出信号。

[0062] 在另一示例中,次级侧变压器电压 DT_1 到 DT_P 可以使用基于电力线的通信系统的桥元件来确定。次级侧电压可以通过该基于电力线的通信系统传输至计算机设备902,并在模块912处转换成初级侧变压器电压。在另一示例中,计算机设备902接收的次级侧电压可以是来自基于电力线的通信系统的桥元件或计量器的次级侧电压组合。

[0063] 图10示出了用于确定相导体线路状况的示例操作流程图。步骤1000可以包括基于来自第一和第二传感器的输出来确定同步相量数据。在一个示例中,步骤1000可以使用诸如图2所示那样的配置来执行,在该配置中,传感器S1和S2沿线路区段202进行放置,并配置用于生成可用来确定同步相量数据的数据。

[0064] 操作可包括步骤1002,即,确定与第一和第二传感器之间的线路区段关联的状态变量值。在一个示例中,步骤1002可以使用同步相量数据和等式1-4执行。该操作还可以包括步骤1004,即,确定第一和第二传感器之间线路区段的T形等效电路。在一个示例中,可以使用在步骤1002确定的状态变量来执行。

[0065] 该操作还可以包括步骤1006,即,将T形等效电路分解成更小的T形区段。在一个示例中,步骤1006可以以针对图3和图4进行描述的方式来执行。该操作还可以包括步骤1008,即,确定来自连接至分发变压器次级侧的功率计量器的计量器数据,其中该分发变压器可以连接至第一和第二传感器之间的线路分段。该操作还可以包括步骤1010,即,确定针对电连接至第一和第二传感器之间的线路分段的每个分发变压器的初级侧电压。在一个示例中,步骤1010可以使用获得的计量器数据以针对图6进行描述的方式来执行。

[0066] 图10的操作还可以包括步骤1012,即,确定第一和第二传感器之间多个线路分段的功率耗散。在一个示例中,步骤1012可以使用T形等效电路分析中第一和第二传感器之间的分发变压器的初级侧电压和状态变量值来执行。如前所述,基于在T形区段分析中确定的状态变量值,每距离的阻抗可以针对第一和第二传感器之间的线路分段来确定。此每距离的阻抗可以与确定的初级侧变压器电压一起使用,以确定相邻分发变压器与第一和第二传感器之间的每个线路分段。

[0067] 该操作可以包括步骤1014,即,确定沿任何线路分段是否存在过量的温度。如果检测到过量温度,则可以执行步骤1016,以确定与过量温度关联的馈电分段。如果未检测到故障温度,则操作可以持续执行,以监控第一和第二传感器之间的相导体线路区段。图10的操作可以用来确定与故障状况关联的其他相导体线路状况,诸如相对相的、相对地的、三相故障(短路)以及开相故障(在下游侧发生电路开路,使得不存在故障电流)。

[0068] 分发系统可以包括各种结构或拓扑层级,诸如电压功率被分发,以及馈电分支深入至各种区段。这些各种层级都可以分解成T形区段,从而允许以前述方式来持续地分析该系统。可以确定传感器点贯穿分发系统,从其接收数据以对实现了T形区段分析的系统进行

分析。这些传感器点可以是分发系统层级内的位置,在该处放置用于测量系统值的传感器(诸如图1所示传感器S1和S2),以及可以是选作系统分析(如图6讨论的)的计量点的位置。

[0069] 图11示出了用于确定贯穿分发系统的传感器点的示例操作流程图。步骤1100可以包括加载分发系统的地形图。在一个示例中,该图可以加载至计算机设备(诸如,图9的计算机设备902)。计算机设备(诸如,计算机设备902)可以执行图11的整个操作。地形图可以是分发系统模型,其包括可以用来获得系统数据的各种分发系统设备。

[0070] 步骤1102可以包括基于第一预定标准和输入标准来确定分发系统第一层级处的传感器点。地形图可以用来确定任何确定的传感器点的位置。在一个示例中,分发系统的第一层级可以是馈电电路层级。该馈电电路层级可以包括从变电站到电路终端的电路。在一个示例中,可以选择传感器点,其中放置有配置用于获得供分析的同步相量数据的传感器。第一层级还可以包括馈电电路区段,其可以由诸如电路继电器或熔丝之类的互连设备定义的馈电电路的区段。第一层级还可以包括馈电分段,其可以由供分析的各种因素定义,诸如分发系统内较之于分发系统的其他区域可能希望更确定(resolute)分析的选定区域。

[0071] 在一个示例中,第一预定标准可以代表通用的系统配置,其可以在各种预定常规传感器位置处确定传感器点。在另一示例中,第一预定标准可以是契约义务。连接至分发系统的客户可具有与供电者的契约,以在停电的情况下接收金钱补偿。这一标准可以用来相对于其他客户而言更密切地监控这种性质的客户,其可能比分发系统的其他区域需要更多的传感器点。

[0072] 在另一示例中,输入标准可以基于正被分析的分发系统的特定配置(诸如,负载分发)进行选择。在系统内,某些电路可能历史上在分发系统内的特定区域处经历过负载波动。输入标准允许基于特定分发系统的负载分发考虑来确定传感器点。

[0073] 图11的操作可以包括步骤1104,即,确定传感器点是否将被放置在分发系统的第二层级。在一个示例中,可以基于第一标准在步骤1104做出决策。如果要放置传感器点,则步骤1106可以包括基于第一预定标准和用户输入标准来确定该图上位于第二层级的传感器点。在一个示例中,分发系统的第二层级可以包括馈电分支层级。馈电分支层级可以从馈电电路分支出来的一个或多个电路。在一个示例中,馈电分支层级可以是在电压上从变压器逐步降低的电路,或者可以与馈电电路具有相同的电压。第二层是还可以包括一个或多个分支分段层级,其可以由负载考虑或其他系统考虑(诸如特定电路配置)所确定的馈电分支层级分段。

[0074] 该操作可以进一步包括步骤1108,即,确定传感器点是否将被放置在分发系统的第三层级。在一个示例中,可以基于第一预定标准和输入标准在步骤1108做出决策。如果将要放置传感器点,则步骤1110可以包括基于该第一标准来确定该图上位于第三层级的传感器点。在一个示例中,分发系统的第三层级可以包括横向层级。横向层级可以从馈电电路分支出来的或者从馈电分支分支出来的一个或多个电路,并且由此可以从第一和第二层级分支出来。在一个示例中,横向层是可以是直接连接至客户的分发系统电路,诸如图6所示的电路配置。第三层级还可以包括一个或多个横向分段层级,其可以由负载考虑或其他系统考虑(诸如特定电路配置)所确定的馈电分支层级的分段。可以确定针对第三层级的传感器点,以放置用于获得供同步相量分析的数据的传感器,或者传感器点可以是客户计量器,诸如针对图6所描述的。客户计量器数据可以用于与传感器数据一起进行系统分析,诸

如以前述方式。

[0075] 操作可以包括步骤1112,即,基于第一预定标准和输入标准确定是否放置附加的传感器点。如果要放置附加的传感器点,则步骤1114可以包括基于第二预定标准来确定该图上位于分发系统第一、第二和第三层级的传感器点。在一个示例中,可以确定附加的传感器点以放置在至少一个故障位置层级处。分发系统可以包括因各种原因(诸如,环境、负载、电路配置等)更易于出现故障的区域。这些原因可以代表在确定故障位置层级以及是否使用附加传感器点时的第二预定标准。还可以在步骤1114处基于预定标准(诸如,分布式生成系统(诸如,燃气轮机或燃料电池)或系统电容器组合的位置)来确定附加传感器点。在步骤1114确定的传感器点可以是配置用于获得数据以供同步的相量分析的传感器或者可以是基于计量器可用性的计量器数据。

[0076] 图11的操作可以允许对分发系统进行分析以便确定相导体线路状况。在一个示例中,在通过图11的操作进行了传感器点确定之后,可以放置传感器(或者如果已经就位,则可以使用)以收集数据,从而允许使用供分析的T形等效电路来在分发系统中相导体的各种区段处确定状态变量。来自选作传感器点的计量器的数据还可以用于分发系统分析,从而允许以针对图9进行描述的方式来确定各种相导体线路状况。

[0077] 尽管描述了本发明的特定组件,但是与本发明一致的方法、系统和制品可以包括附加的或不同的组件。例如,处理器828和902可以实现为微处理器、微控制器、专用集成电路(ASIC)、离散逻辑或其他类型电路或逻辑的组合。类似地,存储器830和906可以是DRAM、SRAM、闪存或任何其他类型的存储器。标志、数据、数据库、表、条目和其他数据结构可以单独存储和管理,并且可以并入单个存储器或数据库,可以是分布式的,或者可以在逻辑上和物理上以多种不同方式进行组织。程序可以是单个程序的部分、单独的程序,或者跨若干存储器和处理器进行分布。另外,模块832、834、836、838、840、845、908、910、912和914可以是关联处理器和存储器上的软件或硬件实现。

[0078] 尽管已经描述了本发明的各种实施方式,对于本领域技术人员容易理解的是,更多的实施方式和实现也可落入本发明的范围内。因此,本发明并不受限,除了所附权利要求及其等价物以外。

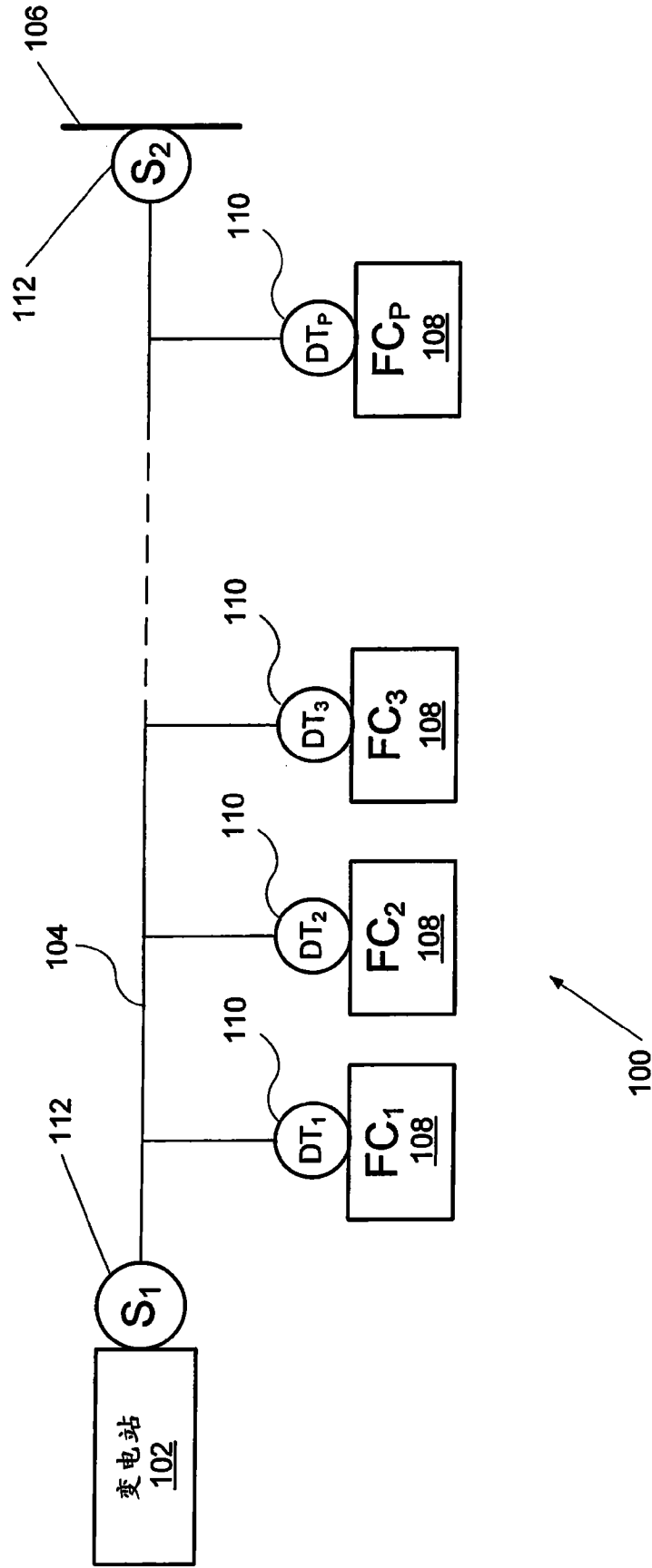


图1

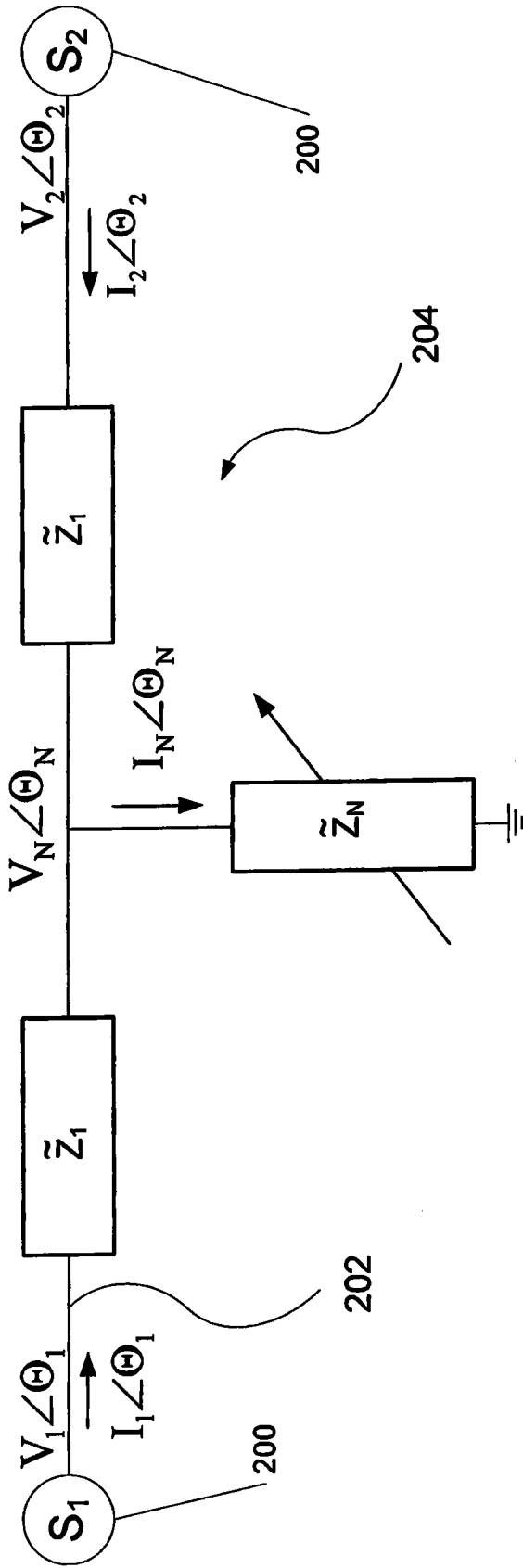


图2

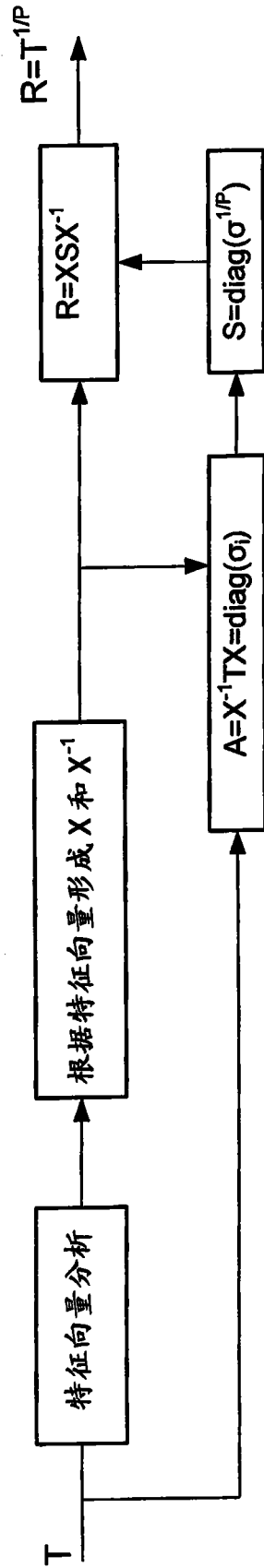


图3

$$T = T : T = \begin{bmatrix} A^2 + BC & 2AB \\ 2AC & A^2 + BC \end{bmatrix} \quad 400$$

$$T^2 = \begin{bmatrix} X & Y \\ W & X \end{bmatrix}$$

$$A^4 - XA^2 + WY/4 = 0$$

$$B = Y/(2A)$$

$$C = W/(2/A)$$

图4

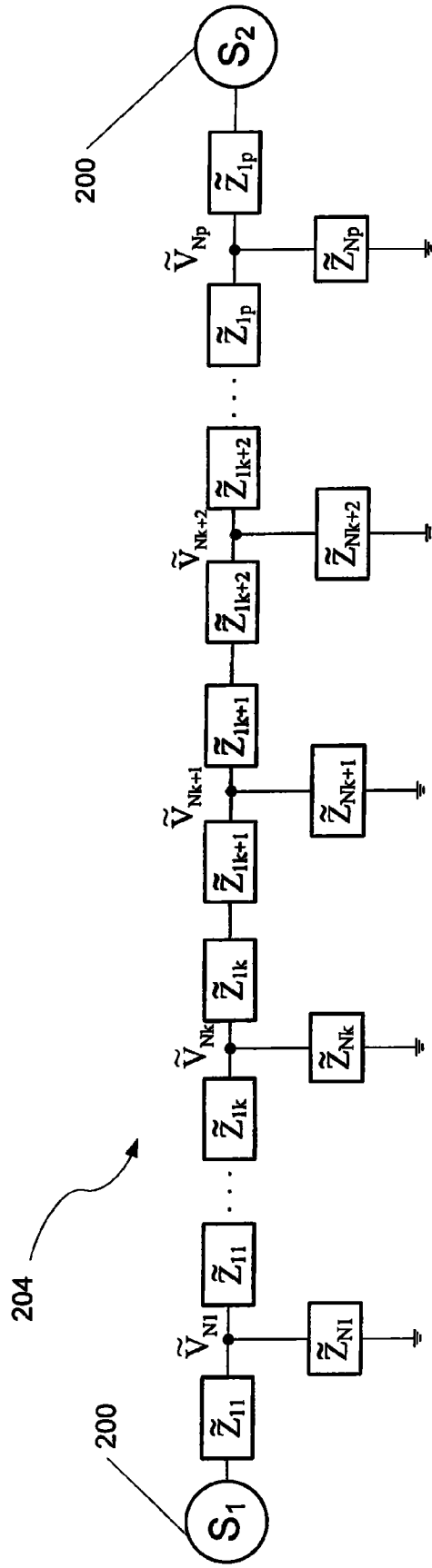


图5

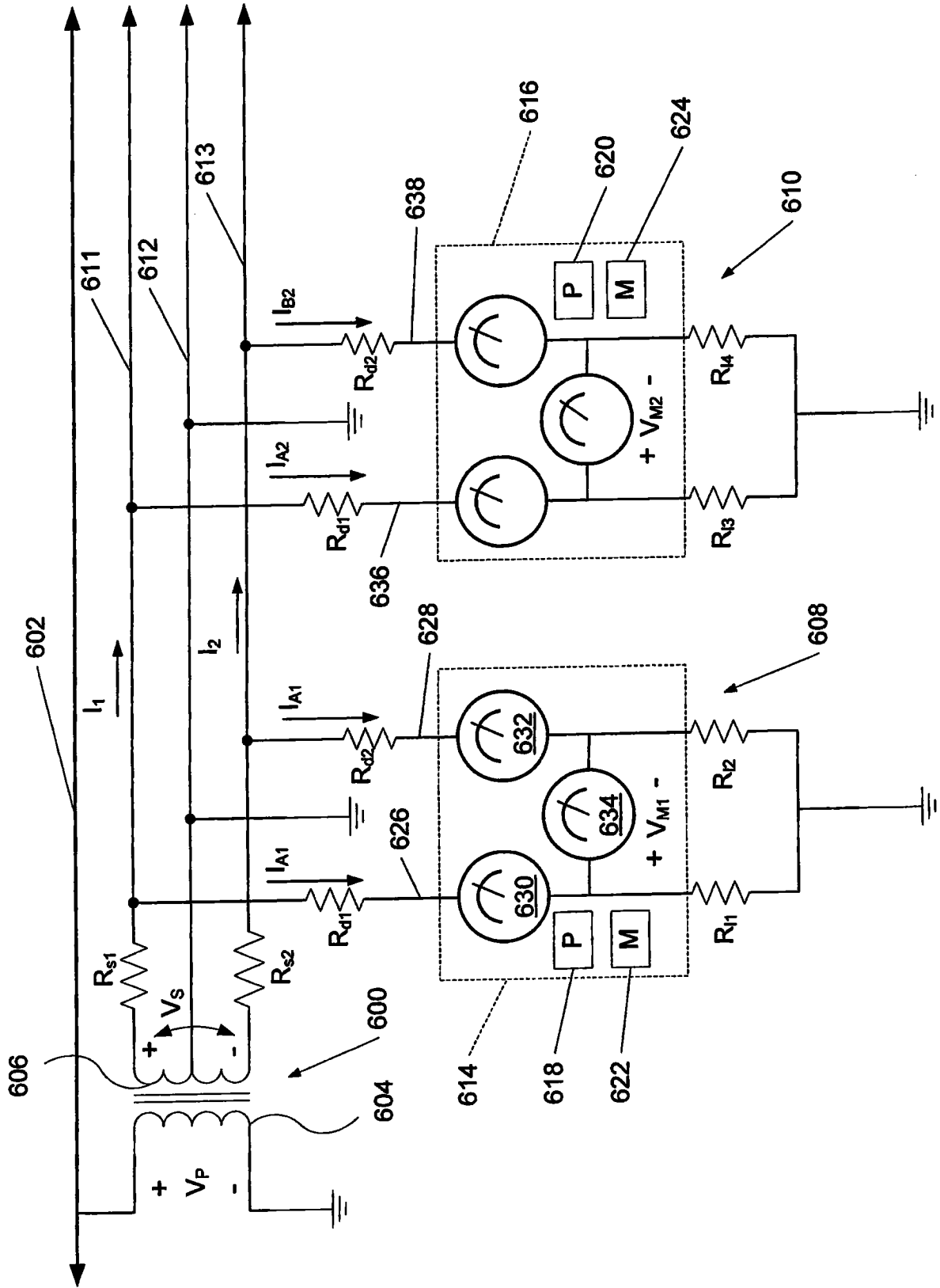


图6

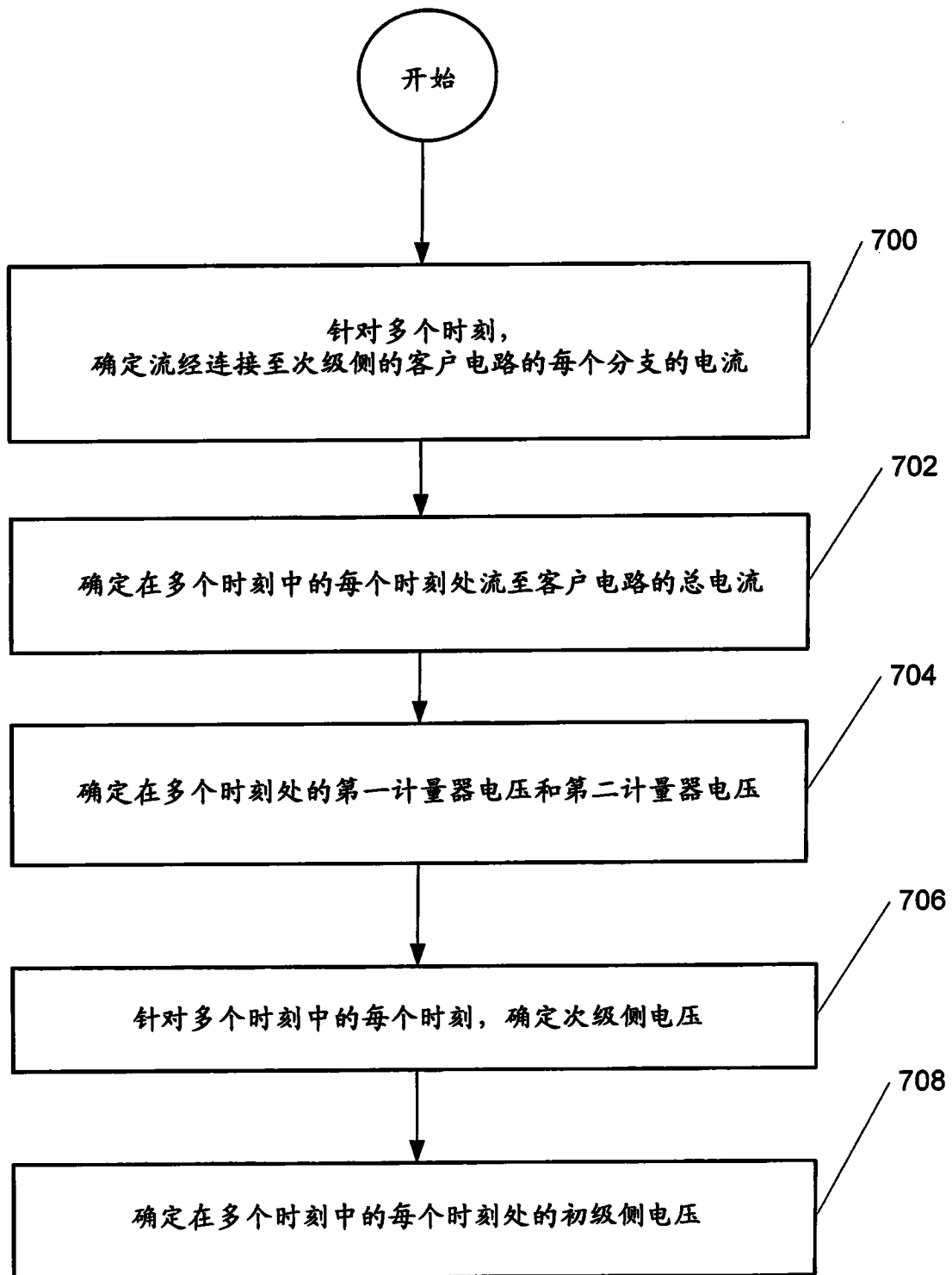


图7

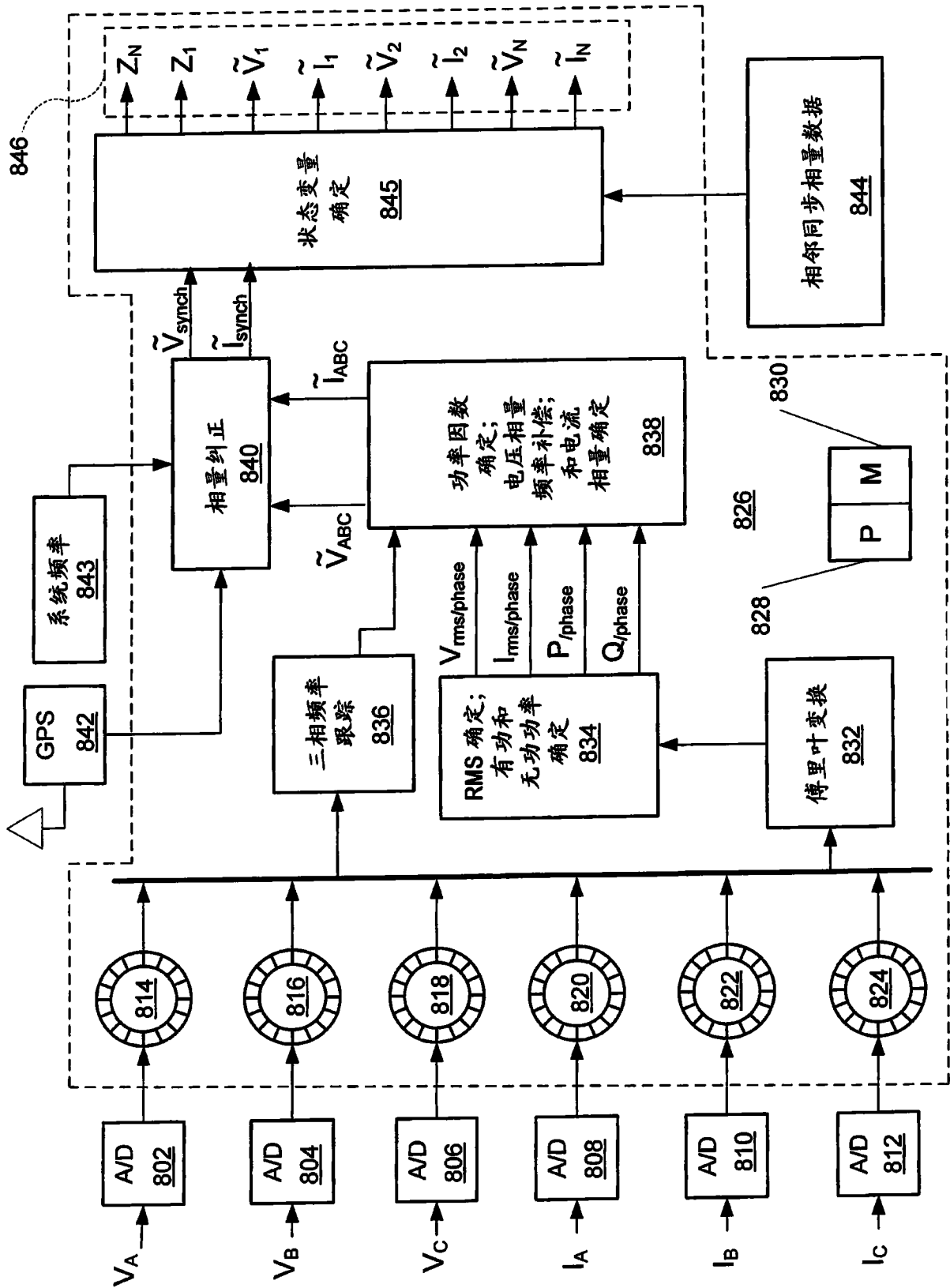


图8

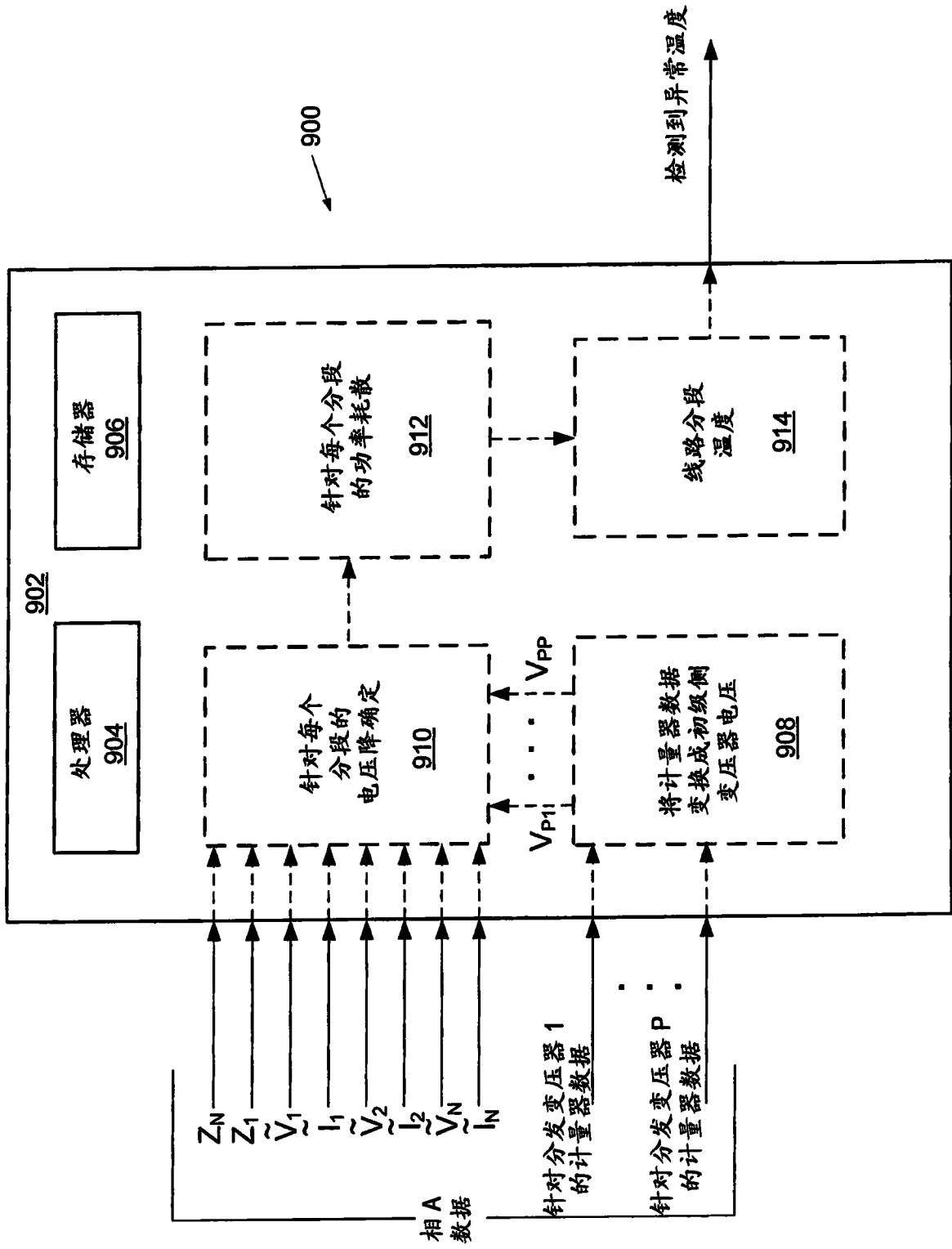


图9

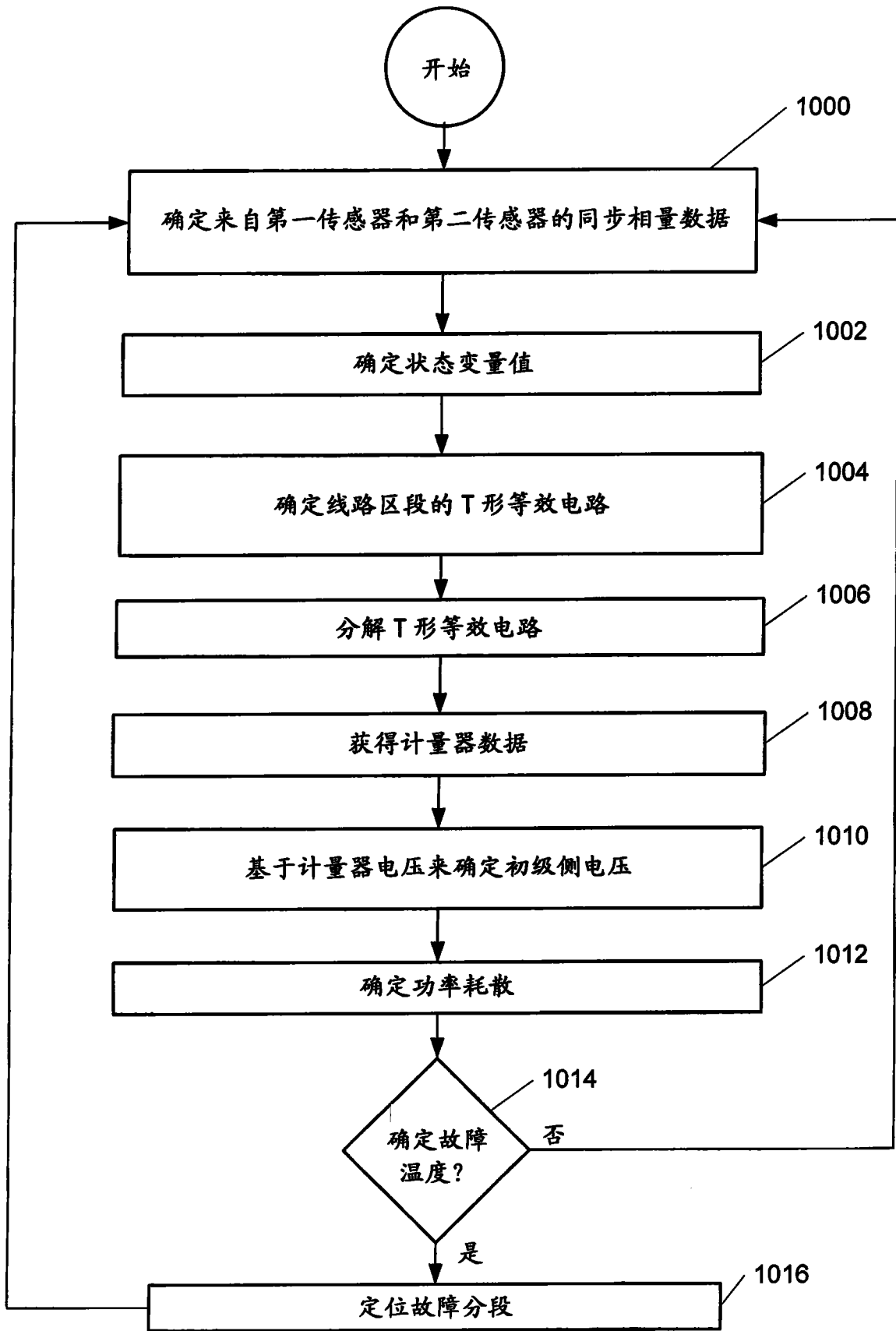


图10

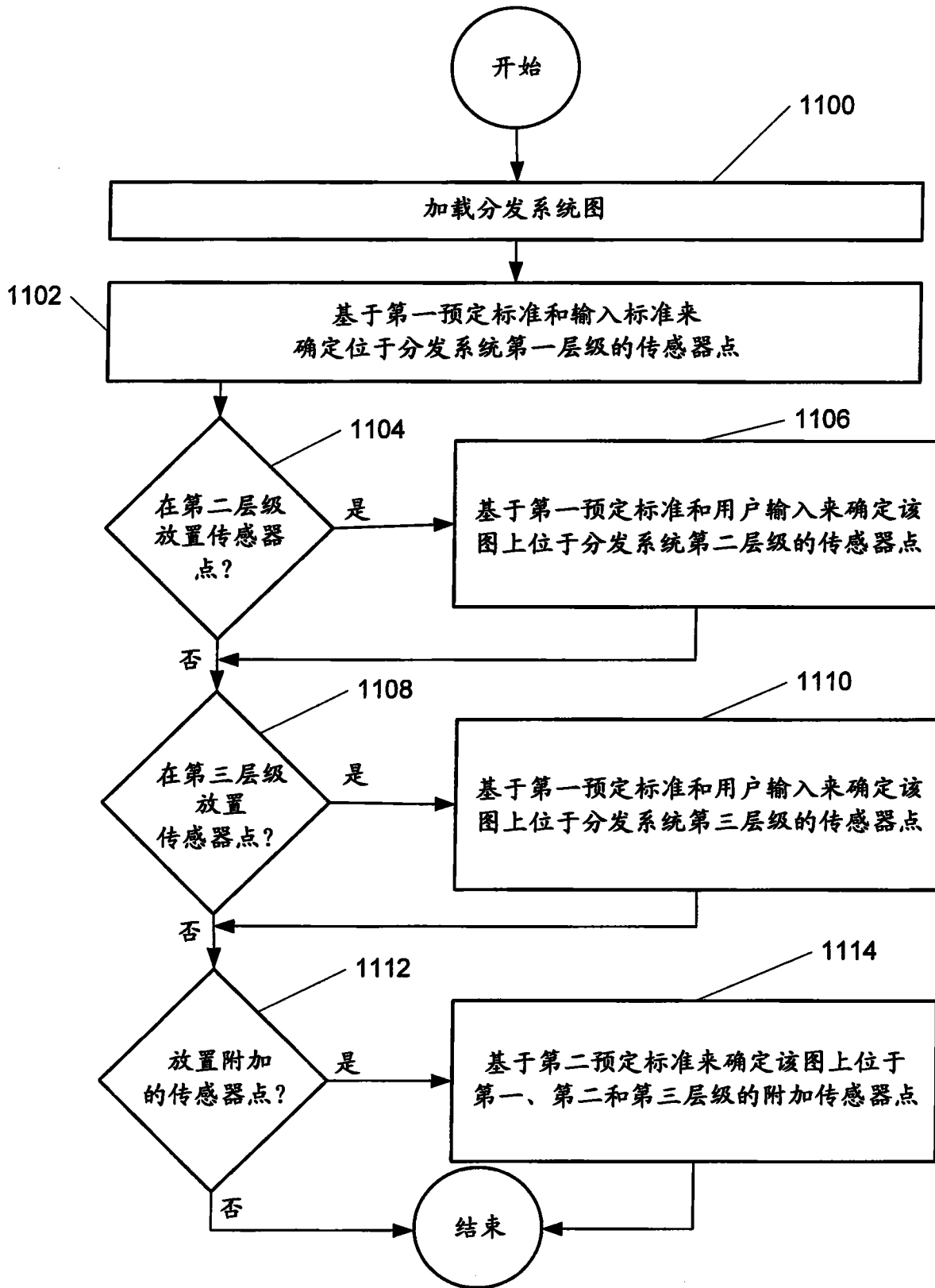


图11