



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102301554 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 30

(21) 申请号 201080004559. 1

(22) 申请日 2010. 01. 12

(30) 优先权数据

12/353, 836 2009. 01. 14 US

12/353, 413 2009. 01. 14 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 07. 13

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2010/020770 2010. 01. 12

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/083164 EN 2010. 07. 22

(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

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 鄢迅 程延霞

(51) Int. Cl.

H02J 3/00(2006. 01)

H02J 13/00(2006. 01)

审查员 蔡健

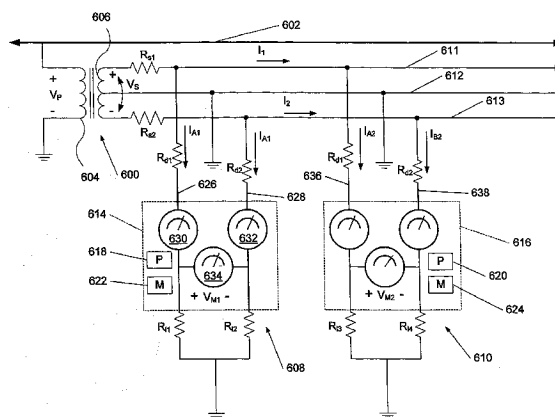
权利要求书3页 说明书12页 附图9页

(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 (112, 200)，放置在沿相导体线路 (104, 602) 的第一位置处，和第二传感器 (112, 200)，放置在沿相导体线路的第二位置处。第一传感器包括用于生成同步相量数据的第一集合的装置。第二传感器包括用于生成同步相量数据的第二集合的装置。该监控系统包括处理器，其包括用于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的装置。处理器进一步包括用于基于电连接至相导体的至少一个分发变压器 (110, 600) 的次级侧电压 (V_s) 来确定该至少一个分发变压器的初级侧电压 (V_p) 的装置。该初级侧电压是基于来自电耦合至至少一个分发变压器的次级侧的多个经计量的负载 (608, 610) 确定的。该处理器进一步包括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初级侧电压来确定至少一个相导体状况的装置。



1. 一种配置用于确定分发系统的相导体线路的多个分段的每个分段中至少一个相导体线路状况的监控系统,所述监控系统包括:

第一传感器,放置在沿所述相导体线路的第一位置处,其中所述第一传感器配置用于生成同步相量数据的第一集合;

第二传感器,放置在沿所述相导体线路的第二位置处,其中所述第二传感器配置用于生成同步相量数据的第二集合;以及

处理器,配置用于接收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,以及用于基于电连接至所述相导体的至少一个分发变压器的次级侧电压,确定所述至少一个分发变压器的初级侧电压,其中所述处理器进一步配置用于确定至少一个相导体线路状况,确定所述至少一个相导体线路状况包括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功率耗散。

2. 根据权利要求 1 的监控系统,其中所述处理器进一步配置用于基于电连接至所述至少一个分发变压器的所述次级侧的多个计量器所生成的数据,确定所述至少一个分发变压器的所述次级侧电压。

3. 根据权利要求 2 的监控系统,其中所述多个计量器生成的数据是第一计量器测量的第一计量器电流集合和第一计量器电压集合,以及第二计量器测量的第二计量器电流集合和第二计量器电压集合。

4. 根据权利要求 2 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;

其中所述处理器进一步配置用于基于电连接至所述第一分发变压器的所述次级侧的多个计量器所生成的数据,确定所述第一分发变压器的次级侧电压;以及

其中所述处理器进一步配置用于基于电连接至所述第二分发变压器的所述次级侧的多个计量器所生成的数据,确定所述第二分发变压器的次级侧电压。

5. 根据权利要求 1 的监控系统,其中所述处理器配置用于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和所述至少一个分发变压器的所述初级侧电压,在一个时刻确定在所述多个分段中每个分段中耗散的功率。

6. 根据权利要求 1 的监控系统,其中所述至少一个相导体线路状况是线路温度分布。

7. 根据权利要求 1 的监控系统,其中所述处理器进一步配置用于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做出的测量,确定所述至少一个分发变压器的所述次级侧电压。

8. 一种确定相导体线路的多个分段的每个分段中至少一个状况的方法,所述方法由具有处理器和存储器的计算机设备执行,所述计算机设备与至少一个数据捕获设备或系统耦合,所述方法包括:

由所述计算机设备接收与所述相导体线路关联的同步相量数据的第一集合;

由所述计算机设备接收与所述相导体线路关联的同步相量数据的第二集合;

由所述处理器基于至少一个分发变压器的次级侧电压,确定所述至少一个分发变压器的初级侧电压;以及

由所述处理器确定所述至少一个相导体线路状况,确定所述至少一个相导体线路状况

包括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电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功率耗散。

9. 根据权利要求 8 的方法, 进一步包括: 基于来自连接至所述至少一个分发电变压器的所述次级侧的多个计量器的计量器数据, 确定所述至少一个分发电变压器的所述次级侧电压。

10. 根据权利要求 9 的方法, 其中基于从连接至所述至少一个分发电变压器的所述次级侧的多个计量器接收的计量器数据, 确定所述次级侧电压包括:

基于接收自第二计量器的计量器电流数据的第二集合和计量器电压数据的第一集合, 确定所述次级侧电压。

11. 根据权利要求 8 的方法, 其中确定所述至少一个相导体线路状况包括:

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电变压器的所述初级侧电压, 在一个时刻确定所述相导体线路的多个分段的至少一个相应的相导体线路状况。

12. 根据权利要求 8 的方法, 其中确定所述至少一个相导体线路状况进一步包括:

基于所述相导体线路的所述多个分段中的所述确定的功率耗散来确定所述相导体线路的温度。

13. 根据权利要求 8 的方法, 进一步包括:

基于来自电连接至所述至少一个分发电变压器的所述次级侧的通信系统的桥元件的数据, 确定所述至少一个分发电变压器的所述次级侧电压。

14. 一种配置用于确定分发系统的相导体线路的多个分段的每个分段中至少一个相导体线路状况的监控系统, 所述监控系统包括:

处理器, 所述处理器被配置用于:

基于电连接至至少一个分发电变压器的次级侧的多个计量器所生成的数据, 确定所述至少一个分发电变压器的所述次级侧电压;

接收沿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沿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的所述至少一个分发电变压器的次级侧电压, 确定所述至少一个分发电变压器的初级侧电压;

其中所述处理器进一步配置用于确定至少一个相导体线路状况, 确定所述至少一个相导体线路状况包括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和所述至少一个分发电变压器的初级侧电压来确定所述多个分段的每个分段中的功率耗散。

15. 根据权利要求 14 的监控系统, 其中所述至少一个分发电变压器包括第一分发电变压器和第二分发电变压器;

其中所述处理器进一步配置用于基于电连接至所述第一分发电变压器的所述次级侧的多个计量器所生成的所述数据, 确定所述第一分发电变压器的次级侧电压; 以及

其中所述处理器进一步配置用于基于电连接至所述第二分发电变压器的所述次级侧的所述多个计量器所生成的所述数据, 确定所述第二分发电变压器的次级侧电压。

16. 根据权利要求 14 的监控系统, 其中所述处理器配置用于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和所述至少一个分发电变压器的所述初级侧电压,

确定在一个时刻的所述多个分段的每个分段中耗散的所述功率。

17. 根据权利要求 16 的监控系统,其中所述处理器进一步配置用于基于所述多个分段的每个分段中确定的耗散功率,确定所述多个分段的每个分段的所述至少一个线路状况。

18. 根据权利要求 14 的监控系统,其中所述处理器进一步配置用于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做出的测量,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

技术领域

[0001] 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

[0002] 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

[0003] 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。

[0004] 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。

[0005] 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。

[0006] 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。

[0007] 一种确定分发变压器的初级侧电压的方法可以包括：确定在多个时刻处流经分发变压器的次级绕组的第一电流。第一电流的确定可以基于连接至分发变压器的次级侧的多个经计量的负载所生成的电流计量器数据。该方法可以包括确定在该多个时刻处流经分发变压器的次级绕组的第二电流。第二电流的确定基于连接至分发变压器的多个经计量的负载所生成的电流计量器数据。

[0008] 该方法可以包括基于多个时刻处的第一电流和多个时刻处的第二电流来针对多个时刻中的每个时刻确定流向多个经计量的负载的总电流。该方法可以包括接收在多个时刻处的每个时刻来自多个经计量的负载的每个负载的相应计量器电压。该方法可以包括基于多个时刻处的相应的计量器电压、总电流、第二电流和第一电流来确定多个时刻中的每个时刻处的分发变压器的次级侧电压。该方法可以包括基于在多个时刻中的一个时刻处确定的次级侧电压来确定初级侧电压。

[0009] 在一个示例中，多个时刻可以是第一时刻、第二时刻和第三时刻。在另一示例中，在多个时刻中的每个时刻处来自多个经计量的负载的每个负载的相应的计量器电压可以是在多个时刻中的每个时刻处来自第一计量器和第二计量器的相应计量器电压。在另一示例中，该方法可以包括基于相应的服务线路压降损失来确定在多个时刻中的每个时刻处的分发变压器的次级侧电压。在另一示例中，该方法可以包括基于公共线路损失来确定多个时刻中的每个时刻处的分发变压器的次级侧电压。

[0010] 一种用于确定分发变压器的初级侧电压的系统可以包括：处理器，配置用于：基于连接至分发变压器的次级侧的多个经计量的负载所生成的电流计量器数据来确定在多个时刻处流经分发变压器的次级绕组的第一电流。该处理器可以配置用于基于连接至分发变压器的次级侧的多个经计量的负载所生成的电流计量器数据来确定在多个时刻处流经分发变压器的次级绕组的第二电流。

[0011] 该处理器可以配置用于基于在多个时刻处的第一电流和多个时刻处的第二电流来针对多个时刻中的每个时刻确定流向多个经计量的负载的总电流。该处理器可以配置用于接收在多个时刻中的每个时刻处来自多个经计量的负载的每个负载的相应计量器电压。该处理器可以配置用于基于多个时刻处的相应的计量器电压、总电流、第二电流和第一电流来确定多个时刻中的每个时刻处的分发变压器的次级侧电压。该处理器可以配置用于基于在多个时刻中的一个时刻处确定的次级侧电压来确定初级侧电压。

[0012] 在一个示例中，多个时刻可以是第一时刻、第二时刻和第三时刻。在另一示例中，在多个时刻中的每个时刻处来自多个经计量的负载的每个负载的相应的计量器电压可以是在多个时刻中的每个时刻处来自第一计量器和第二计量器的相应计量器电压。在另一示例中，该处理器可以配置用于基于相应的服务线路压降损失来确定在多个时刻中的每个时刻处的分发变压器的次级侧电压。在另一示例中，该处理器可以进一步配置用于基于公共线路损失来确定多个时刻中的每个时刻处的分发变压器的次级侧电压。

[0013] 一种编码有由处理器执行的计算机可执行指令的计算机可读介质可以包括：可执行以基于连接至分发变压器的次级侧的多个经计量的负载所生成的电流计量器数据来确定在多个时刻处流经分发变压器的次级绕组的第一电流的指令。该计算机可读介质可以包括：基于连接至分发变压器的次级侧的多个经计量的负载所生成的电流计量器数据来确定在多个时刻处流经分发变压器的次级绕组的第二电流。

[0014] 该计算机可读介质可以包括可执行以基于在多个时刻处的第一电流和多个时刻处的第二电流来针对多个时刻中的每个时刻确定流向多个经计量的负载的总电流的指令。该计算机可读介质可以包括可执行以接收在多个时刻中的每个时刻处来自多个经计量的负载的每个负载的相应计量器电压的指令。该计算机可读介质可以包括可执行以基于多个时刻处的相应的计量器电压、总电流、第二电流和第一电流来确定多个时刻中的每个时刻处的分发变压器的次级侧电压的指令。该计算机可读介质可以包括可执行以基于在多个时刻中的一个时刻处确定的次级侧电压来确定该分发变压器的初级侧电压的指令。

[0015] 在一个示例中,多个时刻可以是第一时刻、第二时刻和第三时刻。在另一示例中,在多个时刻中的每个时刻处来自多个经计量的负载的每个负载的相应的计量器电压可以是在多个时刻中的每个时刻处来自第一计量器和第二计量器的相应计量器电压。在另一示例中,该计算机可读介质可以包括可执行以基于相应的服务线路压降损失来确定在多个时刻中的每个时刻处的分发变压器的次级侧电压的指令。在另一示例中,该计算机可读介质可以包括可执行以基于公共线路损失来确定多个时刻中的每个时刻处的分发变压器的次级侧电压的指令。

[0016] 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

[0017] 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。

[0018] 图 1 是分发系统示例的图解视图;

[0019] 图 2 是分发系统的 T 形等效电路示例;

[0020] 图 3 是用于分解 T 形等效电路的技术的示例;

[0021] 图 4 是用于分解 T 形等效电路的技术的另一示例;

[0022] 图 5 是经分解的图 2 中 T 形等效电路示例;

[0023] 图 6 是分发系统一部分的图解视图;

[0024] 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;

[0025] 图 8 是配置用于确定分发系统中状态变量值的系统示例;

[0026] 图 9 是配置用于确定线路导体故障的系统示例;

[0027] 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

[0028] 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

[0029] 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。

[0030] 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 DT_p 。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。

[0031] 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时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 S1 和 S2,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 S1 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。

[0032] 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。

[0033] 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。

[0034] 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:

[0035] 等式 1 $\tilde{Z}_1 = (\tilde{V}_1 - \tilde{V}_2)/(\tilde{I}_1 + \tilde{I}_2)$

[0036] 等式 2 $\tilde{V}_N = \tilde{V}_1 - \tilde{I}_1 \tilde{Z}_1 = \tilde{V}_2 - \tilde{I}_2 \tilde{Z}_1$

[0037] 等式 3 $\tilde{I}_N = \tilde{I}_1 - \tilde{I}_2$

[0038] 等式 4 $\tilde{\mathbf{Z}}_N = \tilde{\mathbf{V}}_N / \tilde{\mathbf{I}}_N$

[0039] 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。

[0040] T 形等效电路产生将 $\tilde{\mathbf{V}}_1$, $\tilde{\mathbf{I}}_1$ 值与 $\tilde{\mathbf{V}}_2$, $\tilde{\mathbf{I}}_2$ 值相关的 T 矩阵, 如下:

[0041] 等式 5
$$\begin{bmatrix} \tilde{\mathbf{V}}_1 \\ \tilde{\mathbf{I}}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A} & \mathbf{B} \\ \mathbf{C} & \mathbf{D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{\mathbf{V}}_2 \\ \tilde{\mathbf{I}}_2 \end{bmatrix}$$

[0042] 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。

[0043] 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。

[0044] 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。

[0045] 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 $\tilde{\mathbf{Z}}_i$ 块代表的线路阻抗和各个负载阻抗 $\tilde{\mathbf{Z}}_N$ 。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。

[0046] 在每个 T 行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 $\tilde{\mathbf{V}}_N$ (从 1 到 P) 的幅度估计。一旦建立了每个节点的电压 $\tilde{\mathbf{V}}_N$, 则可以基于系统测量来确定在相邻节点电压 $\tilde{\mathbf{V}}_N$ 之间以及每个传感器 S1 和 S2 与相邻节点电压 $\tilde{\mathbf{V}}_N$ 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 $\tilde{\mathbf{Z}}_1$ 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 $\tilde{\mathbf{Z}}_i$ 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。

[0047] 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 $\tilde{\mathbf{V}}_N$ 之间的电压降或者传感器 200 与电压节点 $\tilde{\mathbf{V}}_N$ 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。

[0048] 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。

[0049] 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。

[0050] 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。

[0051] 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。

[0052] 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。

[0053] 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:

$$[0054] \quad \text{等式 6} \quad \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -I_1[1] & 0 & -I_T[1] \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -I_2[1] & -I_T[1] \\ 0 & 1 & 0 & -I_1[2] & 0 & -I_T[2] \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -I_2[2] & -I_T[2] \\ 0 & 0 & 1 & -I_1[3] & 0 & -I_T[3] \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -I_2[3] & -I_T[3] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_s[1] \\ V_s[2] \\ V_s[3] \\ R_{d1} \\ R_{d2} \\ R_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{M1}[1] \\ V_{M2}[1] \\ V_{M1}[2] \\ V_{M2}[2] \\ V_{M1}[3] \\ V_{M2}[3] \end{bmatrix}$$

[0055] 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。

[0056] 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 。

[0057] 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。

[0058] 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 DT_1 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。

[0059] 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。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。

[0060] 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。

[0061] 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)。

[0062] 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。

[0063] 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。

[0064] 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。

[0065] 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。

[0066] 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。

[0067] 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。

[0068] 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。

[0069] 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。

[0070] 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。

[0071] 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。

[0072] 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。

[0073] 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。

[0074] 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电压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,以确定相邻分发电压与第一和第二传感器之间的每个线路分段。

[0075] 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)。

[0076] 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。

[0077] 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。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。

[0078] 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。

[0079] 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。

[0080] 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。

[0081] 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。馈电分支层级可以是从小于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。

[0082] 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。横向层级可以是从小于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路由系统电路,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。

[0083] 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。

[0084] 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。

[0085] 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。

[0086] 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。

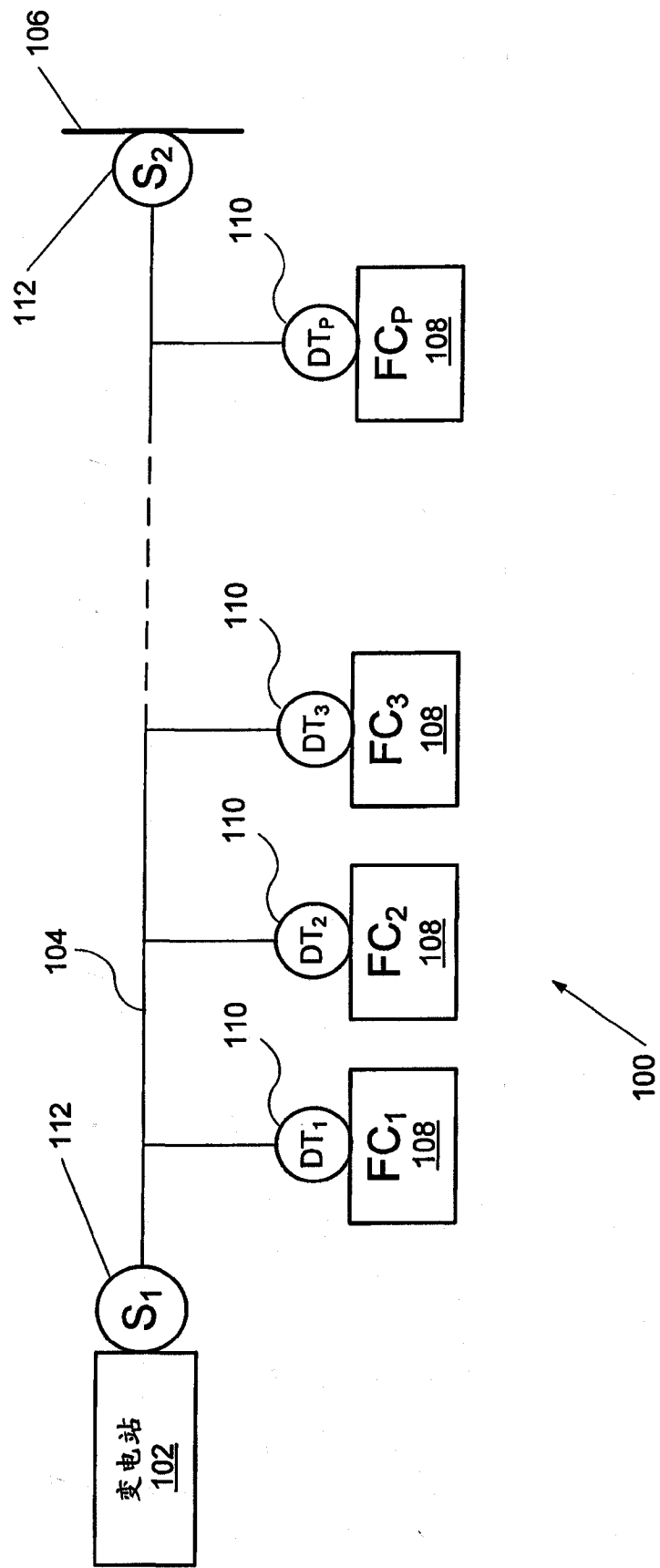


图 1

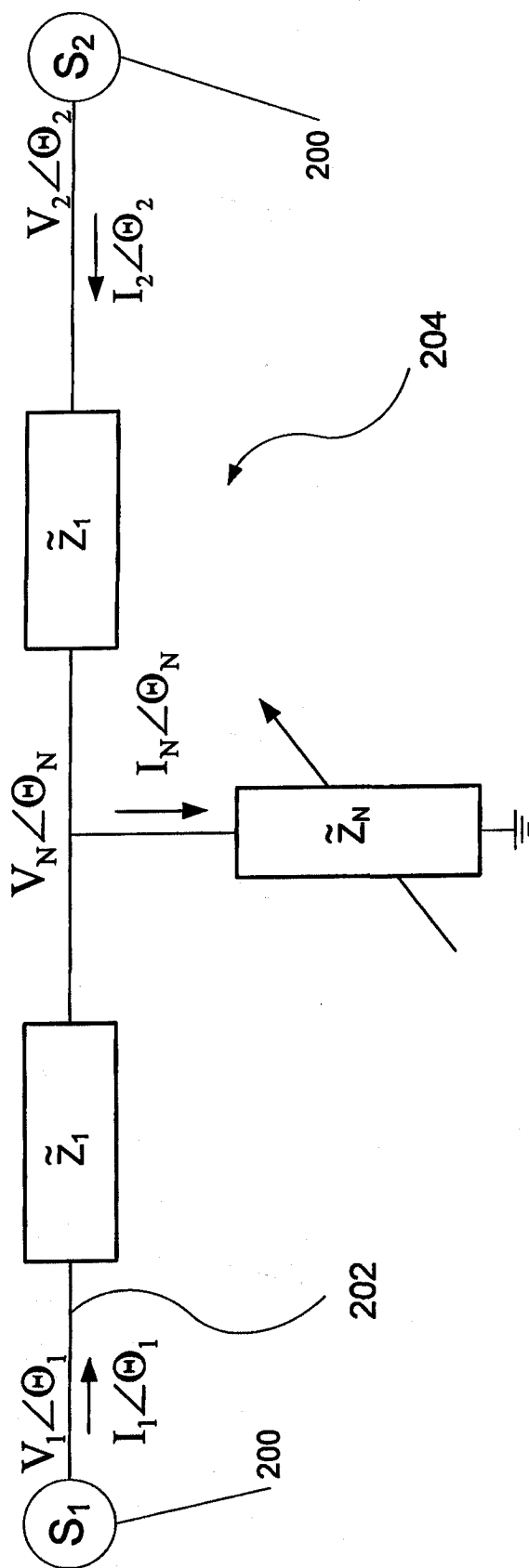


图 2

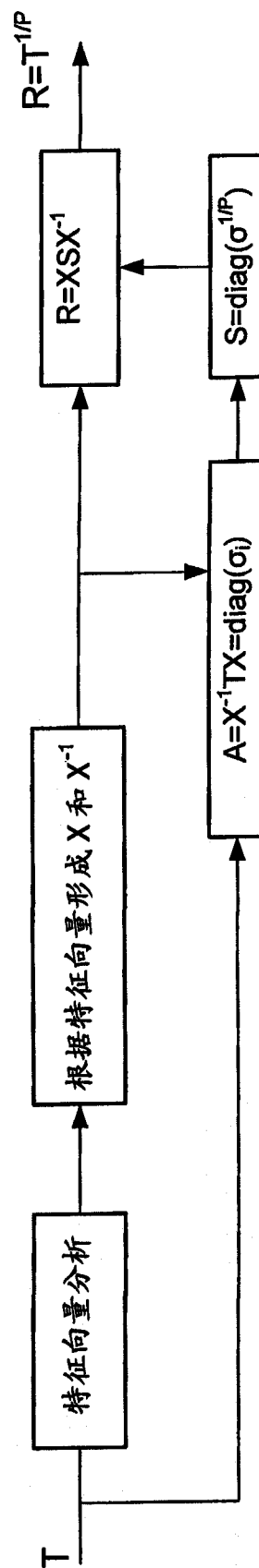


图 3

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

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

$$\begin{aligned} A^4 - XA^2 + WY/4 &= 0 \\ B &= Y/(2A) \\ C &= W/(2/A) \end{aligned}$$

图 4

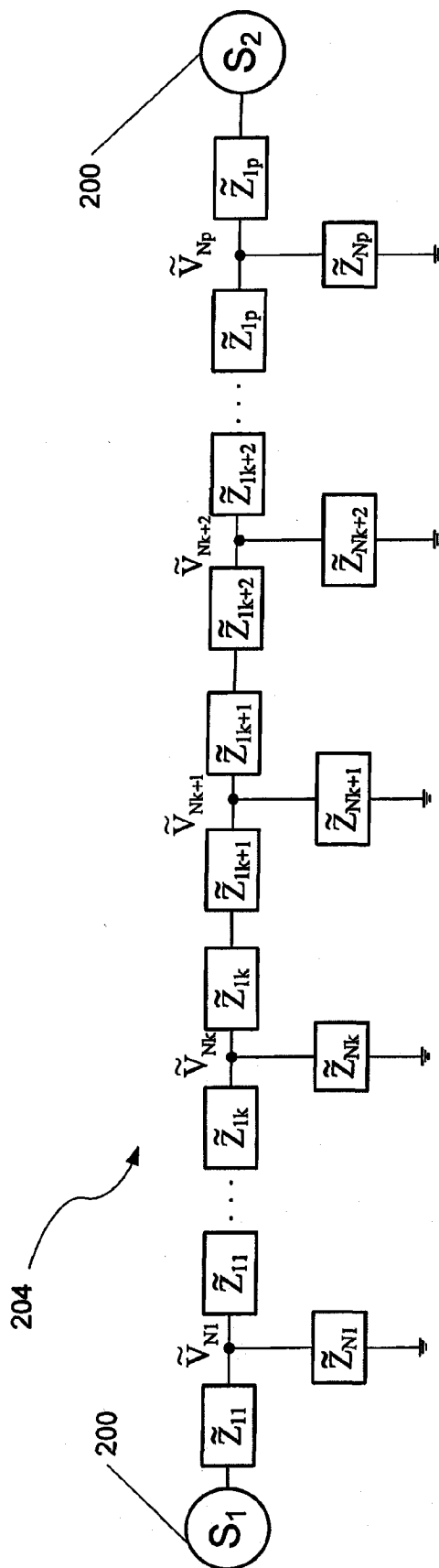


图 5

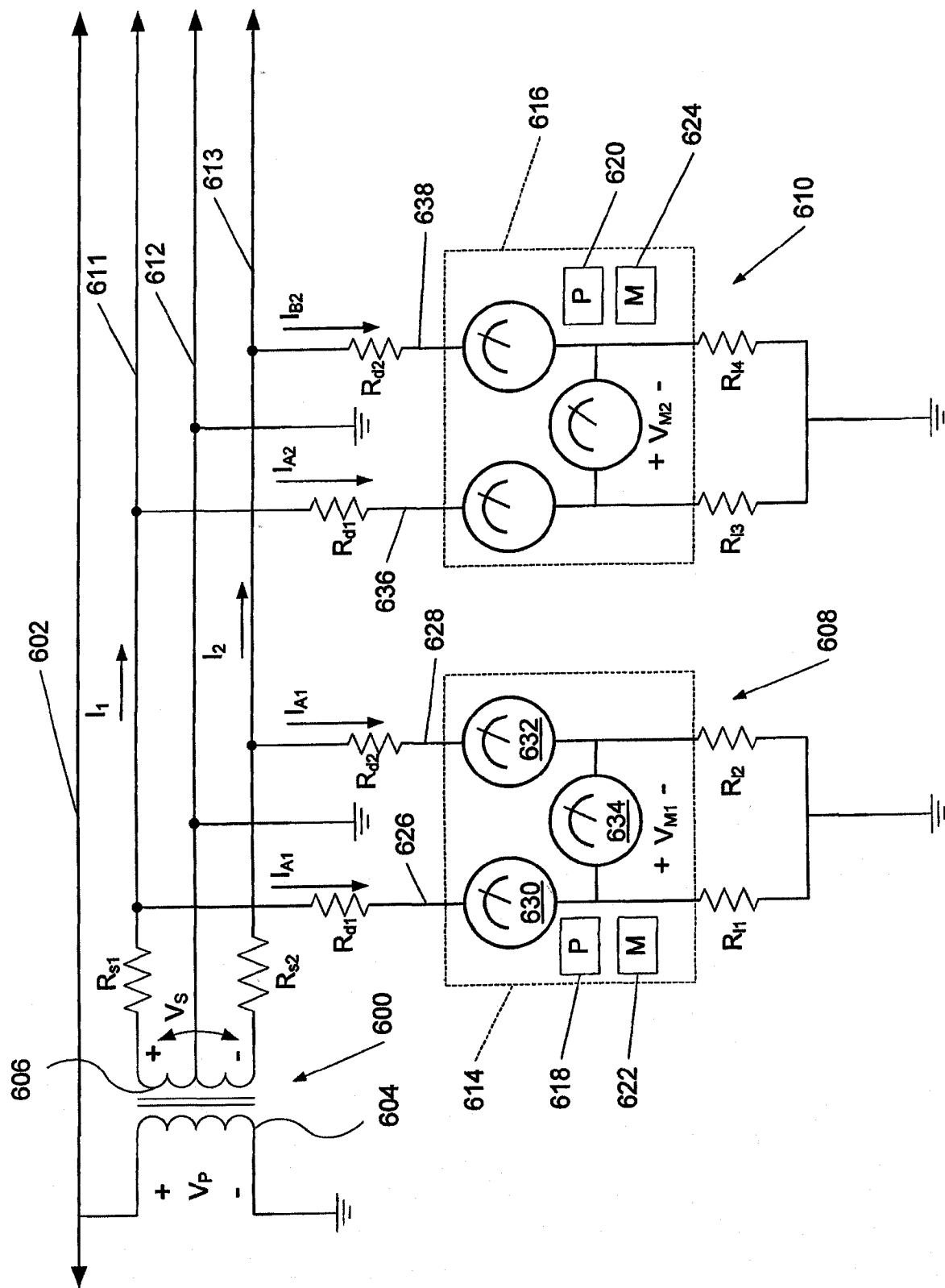


图 6

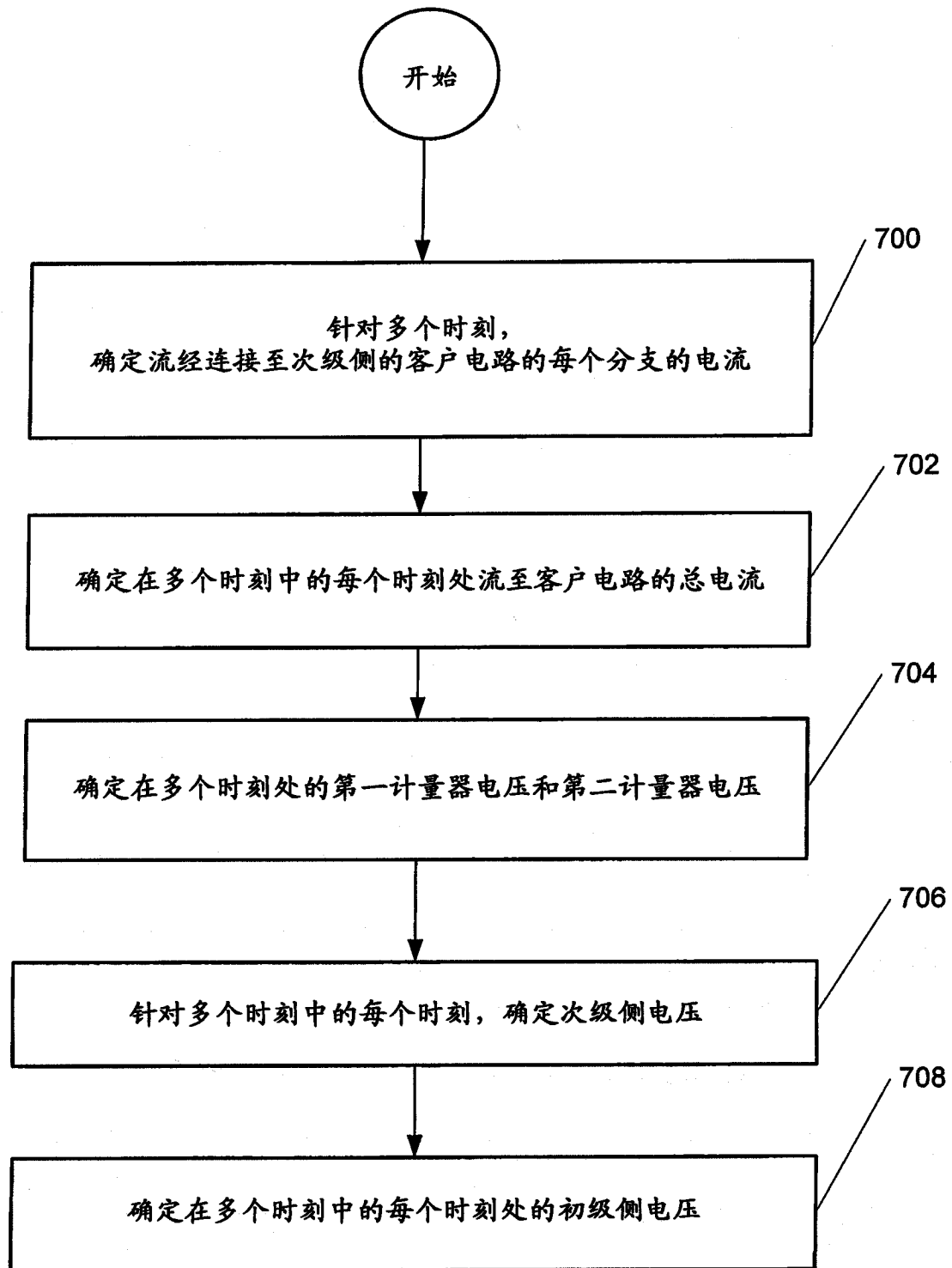


图 7

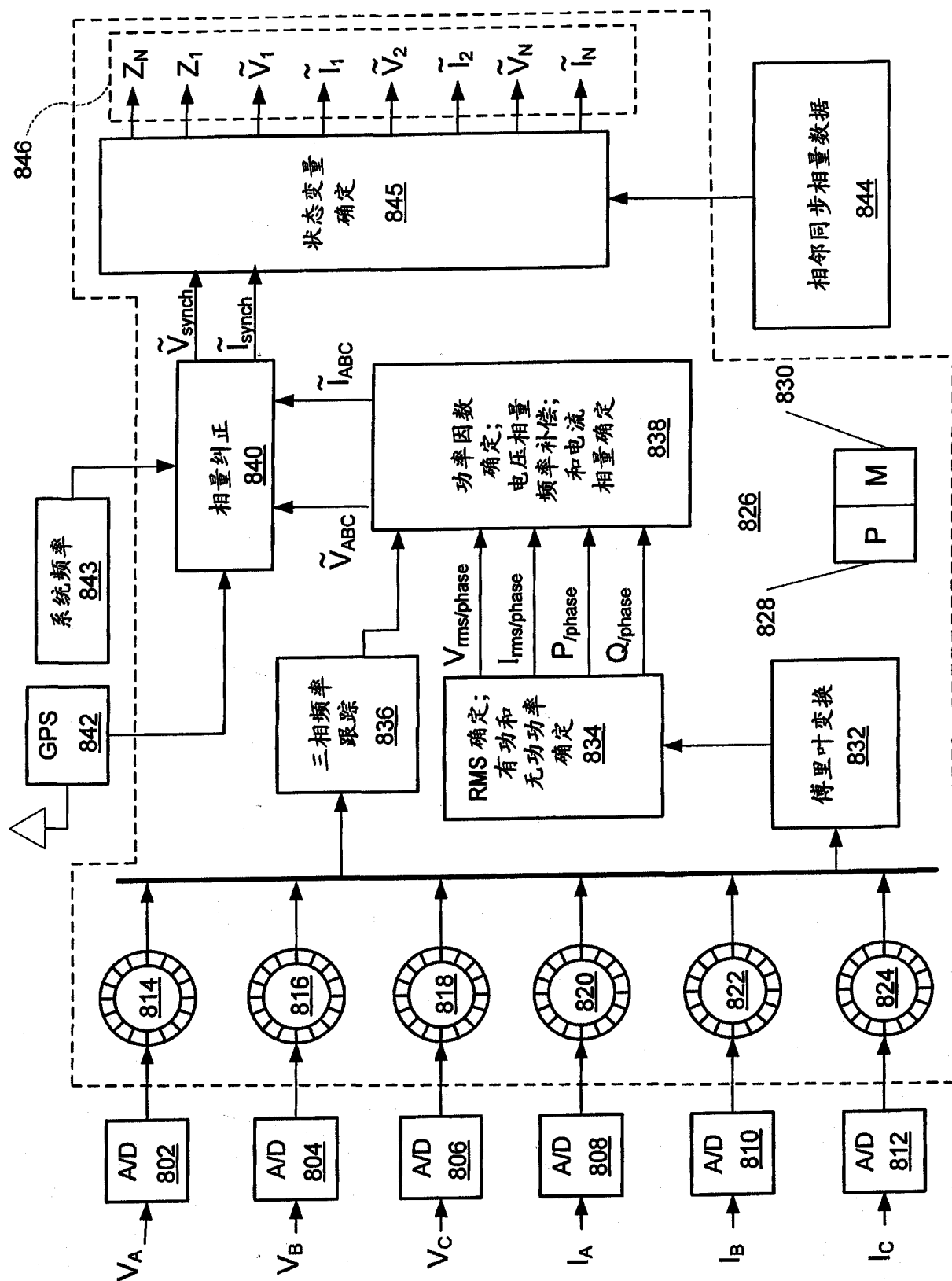


图 8

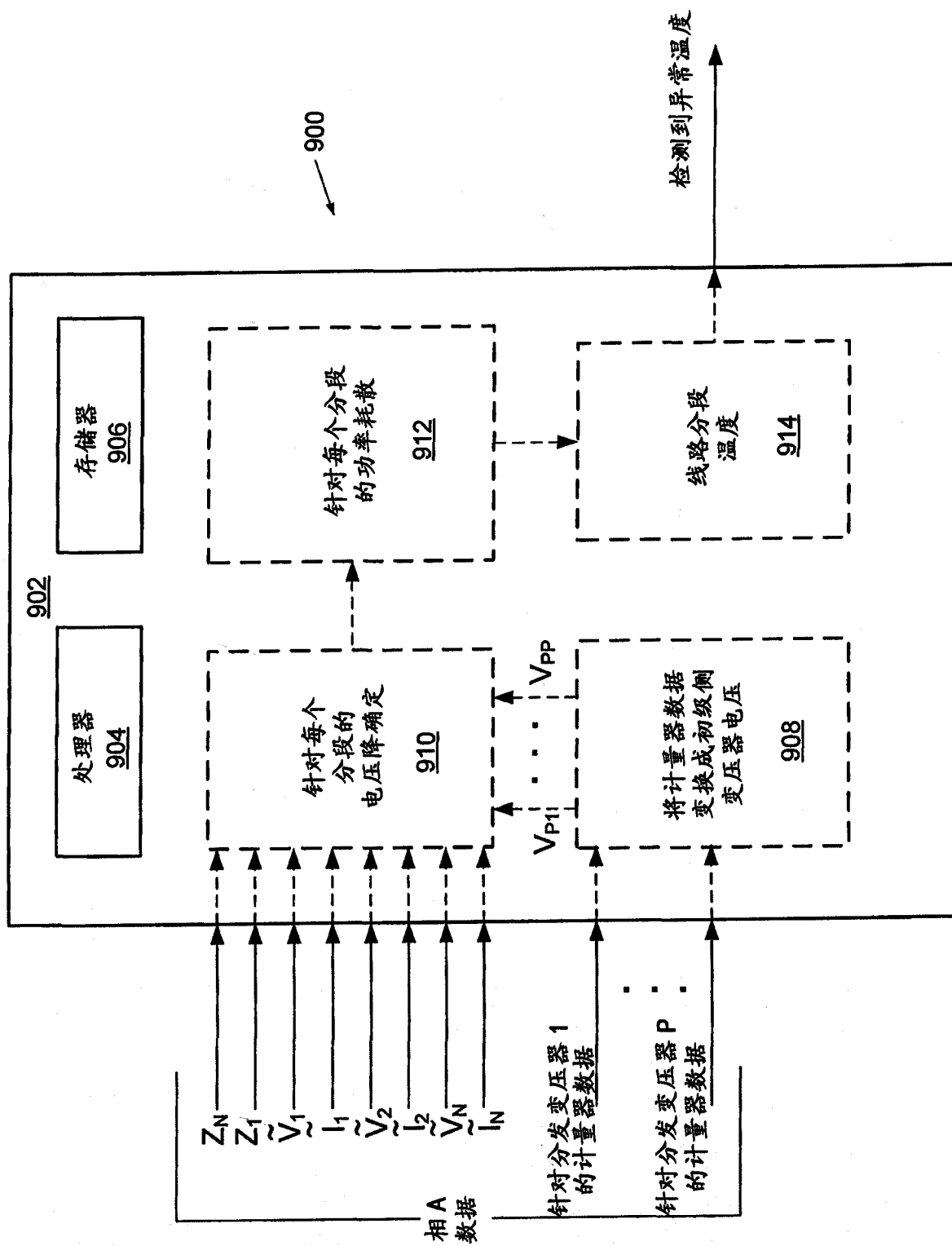


图 9

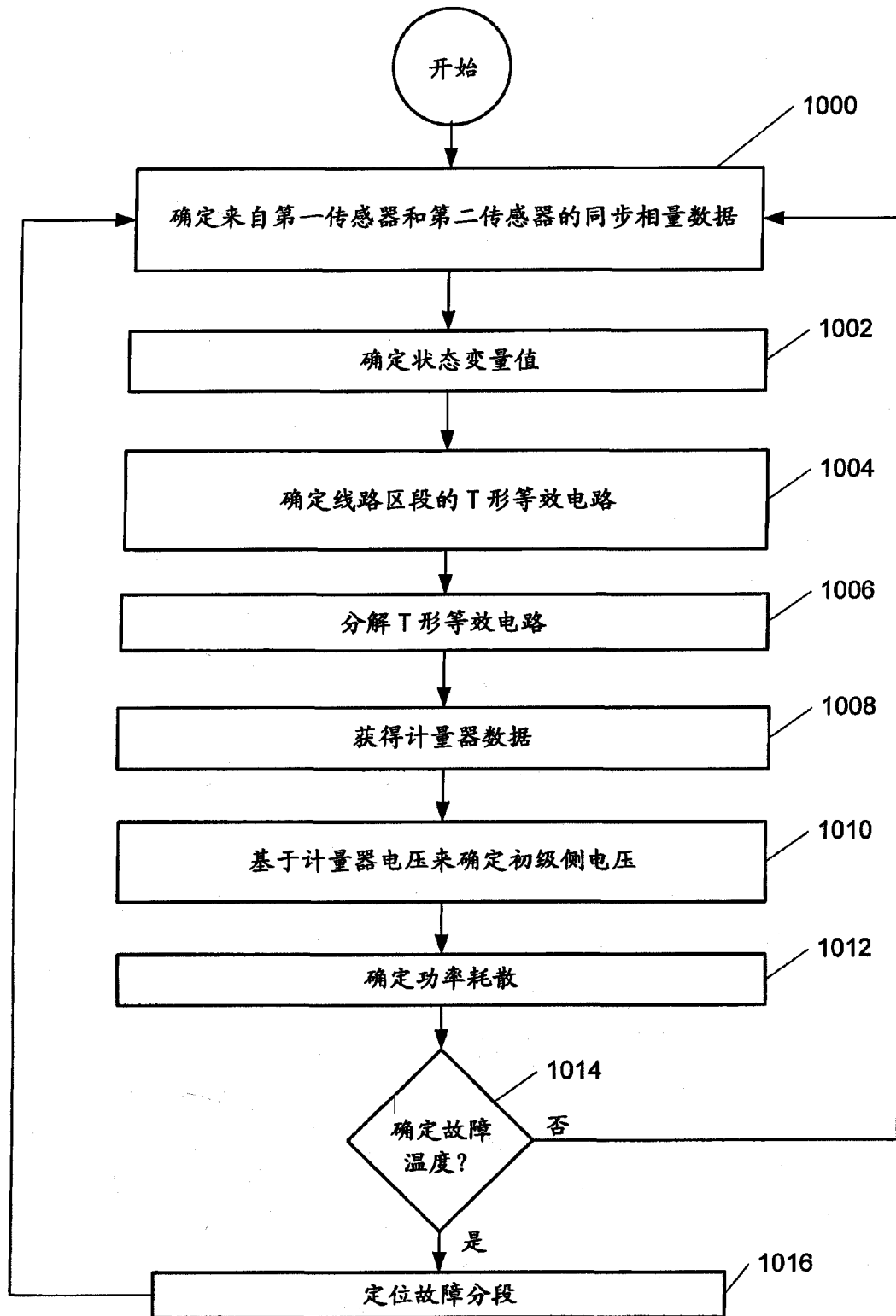


图 10

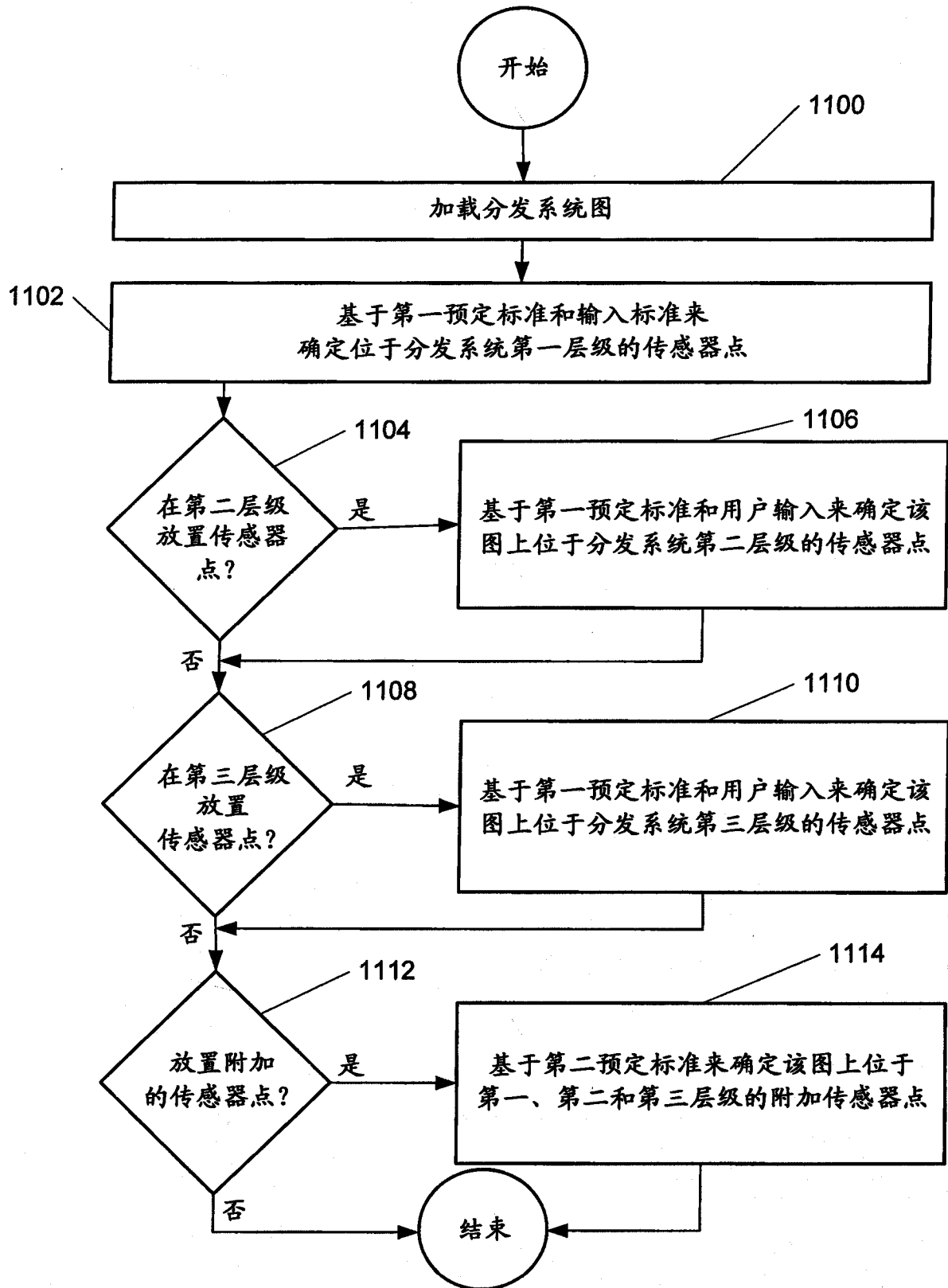


图 11