



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102656762 A

(43) 申请公布日 2012. 09. 05

(21) 申请号 200980162982. 1

(22) 申请日 2009. 12. 16

(85) PCT申请进入国家阶段日
2012. 06. 18

(86) PCT申请的申请数据
PCT/EP2009/067271 2009. 12. 16

(87) PCT申请的公布数据
W02011/072732 DE 2011. 06. 23

(71) 申请人 西门子公司
地址 德国慕尼黑

(72) 发明人 J. 布卢姆沙因 M. 克瑞特 T. 塞兹
G. 斯泰恩伯格 Y. 耶尔金

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

代理人 谢强

(51) Int. Cl.
H02H 7/26 (2006. 01)
G01R 31/08 (2006. 01)

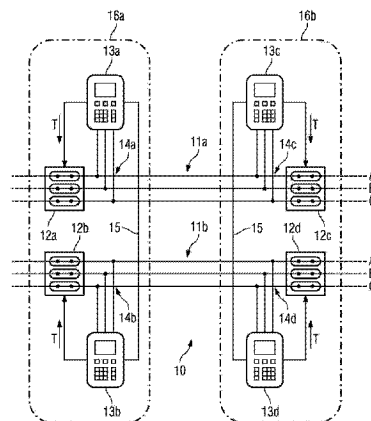
权利要求书 6 页 说明书 24 页 附图 11 页

(54) 发明名称

电气能量供应网的平行导线的保护

(57) 摘要

本发明涉及一种用于监视电气能量供应网的方法,其中第一保护设备(13a)与该能量供应网的第一导线(11a)连接以采集表征所述第一导线(11a)的运行状态的测量值,以及其中第一保护设备(13a)经由通信连接(15)与相邻布置的第二保护设备(13b)连接。为了进一步提高在监视平行导线时的可靠性和选择性,建议一种方法,其中第二保护设备(13b)与平行于第一导线(11a)走向的第二导线(11b)相连,两个保护设备(13a,13b)相互交换由它们关于其各自的导线(11a,11b)采集的测量值和/或从所述测量值中推导出的信号,每个保护设备(13a,13b)被设置用于,在实施主保护算法(25)的条件下为其各自的导线(11a,11b)实施保护功能,并且每个保护设备为了实施其主保护算法(25)而采用在自己的导线(11a)上采集的测量值以及从另一个保护设备(13b)接收的测量值和/或信号。本发明还涉及一种保护系统以及一种相应的保护设备。



1. 一种用于监视多相电气能量供应网的方法,其中,第一保护设备(13a)与该能量供应网的第一导线(11a)连接以采集表征所述第一导线(11a)的运行状态的测量值,并且其中,第一保护设备(13a)经由通信连接(15)与相邻布置的第二保护设备(13b)连接,

其特征在于,

- 第二保护设备(13b)与能量供应网的与第一导线(11a)平行走向的第二导线(11b)连接,以用于采集表征第二导线(11b)的运行状态的测量值,

- 两个保护设备(13a, 13b)将由它们关于其各自的导线(11a, 11b)所采集的测量值和/或从所述测量值中推导出的信号分别传输到另一个保护设备(13b, 13a),

- 每个保护设备(13a, 13b)被设置用于,在实施主保护算法(25)的条件下为其各自的导线(11a, 11b)实施保护功能,尤其是距离保护功能,

- 第一保护设备(13a)为了实施其主保护算法(25)而采用在第一导线(11a)上所采集的测量值以及从第二保护设备(13b)所接收的测量值和/或信号,以及

- 第二保护设备(13b)为了实施其主保护算法(25)而采用在第二导线(11b)上所采集的测量值以及从第一保护设备(13a)所接收的测量值和/或信号。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,

- 第一和第二导线(11a, 11b)分别是三相能量供应网的三相导线,

- 两个保护设备(13a, 13b)分别针对每个相(A, B, C, A', B', C')单独地采集各自导线(11a, 11b)的测量值,以及

- 经由通信连接(15)为每个相(A, B, C, A', B', C')传输相应的测量值和/或从所述测量值中推导出的信号。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,

- 两个保护设备(13a, 13b)具有用于向在各自导线(11a, 11b)上所采集的测量值分别分配说明其采集时刻的时间戳的时间戳装置(21),以及

- 与经由通信连接(15)所传输的测量值一起分别传送所属的时间戳。

4. 根据前述权利要求之一所述的方法,其特征在于,

- 两个保护设备(13a, 13b)分别包括监视通信连接(15)的效能并且当通信连接(15)的效能没有得到保证时输出失效信号的通信监视装置(32),以及

- 在出现失效信号的情况下为了实施针对保护设备各自导线(11a, 11b)的保护功能由保护设备(13a, 13b)使用与主保护算法(25)不同的替代保护算法(31),该替代保护算法仅使用分别在自己的导线(11a或11b)上所采集的测量值,而不使用分别从另一个保护设备(13a或13b)所接收的测量值和/或信号。

5. 根据前述权利要求之一所述的方法,其特征在于,

- 所述保护功能包括距离保护功能,其中,所述保护设备(13a, 13b)为了执行该距离保护功能而借助主保护算法(25)从在其各自导线(11a, 11b)上所采集的测量值中计算出复数阻抗值,并且如果所述阻抗值位于触发范围内则产生故障信号,

- 所述保护设备(13a, 13b)也对在其各自导线(11a, 11b)上所采集的测量值监视它们是否说明所述导线(11a, 11b)上存在电振荡,并且如果在该导线(11a, 11b)上识别出电振荡则产生振荡信号,

- 在出现振荡信号的情况下,针对各自导线(11a, 11b)阻止故障信号的输出,

- 所述保护设备(13a, 13b)还对其各自导线(11a, 11b)的测量值检查它们是否说明电气非对称状态,并且在有电气非对称状态的情况下产生非对称信号,该非对称信号阻止针对各自导线(11a, 11b)的振荡信号,

- 所述保护设备(13a, 13b)相互传输说明就其各自导线(11a, 11b)的一相(A, B, C, A', B', C')来说是否存在故障的状态信号,以及

- 在有说明分别就另一个导线的一相(A, B, C, A', B', C')来说存在故障的状态信号的情况下,即使在出现非对称信号的情况下也不阻止针对自己导线(11a, 11b)的振荡信号。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,

- 所述状态信号说明对于哪一相(A, B, C, A', B', C')识别出了故障,并且

- 在出现非对称信号的情况下,仅在自己导线的被识别出不对称的相(A, B, C, A', B', C')以及另一个导线(11a, 11b)的被状态信号说明存在故障的相(A, B, C, A', B', C')一致时,才不阻止针对自己导线(11a, 11b)的振荡信号。

7. 根据前述权利要求之一所述的方法,其特征在于,

- 所述保护设备(13a, 13b)执行用于其各自导线(11a, 11b)的保护功能,其中,借助主保护算法(25)对在自身导线(11a, 11b)上所采集的测量值检查其是否说明在自身导线(11a, 11b)上存在故障,并且如果所述测量值说明在自身导线(11a, 11b)上存在故障则产生故障信号,

- 所述保护设备(13a, 13b)相互交换说明连接到各自保护设备(13a, 13b)的断路器(12a, 12b)的状态和/或说明用于该断路器(12a, 12b)的开关命令的开关信号,并且

- 在出现说明分别在另一个导线(13a, 13b)处的断路器(12a, 12b)断开或闭合的开关信号的情况下,所述保护设备(13a, 13b)阻止故障信号的输出。

8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,

- 在出现说明分别在另一个导线(11a, 11b)处的断路器(12a, 12b)断开或闭合的开关信号的情况下,所述保护设备(13a, 13b)对于预定的保持持续时间阻止故障信号的输出。

9. 根据前述权利要求之一所述的方法,其特征在于,

- 所述保护功能包括距离保护功能,其中,所述保护设备(13a, 13b)为了执行所述距离保护功能而借助主保护算法(25)从在其各自导线(11a, 11b)上所采集的测量值中计算出复数阻抗值,并且如果所述阻抗值位于触发范围内产生故障信号,

- 每个保护设备(13a, 13b)在其各自导线(11a, 11b)上存在单极故障的情况下,将标识该故障的故障状态信号经由通信连接(15)分别传送给另一个保护设备(13a, 13b),并且

- 接收该故障状态信号的那个保护设备(13a, 13b)缩小用于评价阻抗值的触发范围。

10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,

- 每个保护设备(13a, 13b)在其各自导线(11a, 11b)上的单极故障结束之后结束对故障信号的传输,或者将标识所述故障的结束的取消信号经由通信连接(15)分别传送给另一个保护设备(13a, 13b),并且

- 识别所传输的故障信号的结束或者接收取消信号的那个保护设备(13a, 13b)再次扩大用于评价阻抗值的触发范围。

11. 根据前述权利要求之一所述的方法,其特征在于,

- 所述保护功能(13a, 13b)包括距离保护功能,其中,所述保护设备(13a, 13b)为了执

行所述距离保护功能而借助主保护算法(25)从在其各自导线(11a, 11b)上所采集的测量值中计算出复数阻抗值, 并且如果所述阻抗值位于触发范围内则产生故障信号,

- 所述保护设备(13a, 13b)相互交换至少说明由各自保护设备(13a, 13b)所监视的导线(11a, 11b)是完全接通还是完全断开的运行状态信号;

- 在自己导线(11a, 11b)上存在单极故障期间, 相应的保护设备(13a, 13b)存储电流和电压测量值的历程, 并且检查相邻保护设备(13a, 13b)的运行状态信号; 以及

- 只要该检查表明相邻导线(11a, 11b)完全断开, 则在其导线(11a, 11b)上识别出故障的保护设备(13a, 13b)从布置在同一导线(11a, 11b)的另一端的其它保护设备(13c, 13d)接收所存储的电流和电压测量值, 所述其它保护设备存储了在故障期间在同一个导线(11a, 11b)的端部采集的电流和电压测量值, 并且用所接收的和自己存储的电流和电压测量值来计算故障地点, 所述故障地点说明在导线(11a, 11b)的什么位置上出现所述故障;

- 所涉及的保护设备(13c, 13d)借助所计算的故障地点确定对地阻抗的值, 利用该值在确定故障地点时仅仅借助自己存储的电流和电压测量值就确定出与在使用导线两端的电流和电压测量值情况下相同的故障地点; 并且

- 将所计算的对地阻抗的值在所述保护设备(13c, 13d)中作为对地阻抗的参数提供。

12. 根据权利要求 11 所述的方法, 其特征在于,

- 只要所述检查表明相邻导线(11a, 11b)完全接通, 则已在其导线(11a, 11b)上识别了故障的保护设备(13a, 13b)从布置在同一导线(11a, 11b)的另一端处的、已存储了在所述故障期间在其端部采集的电流和电压测量值的其它保护设备(13c, 13d)接收所存储的电流和电压测量值, 并且利用所接收的以及自己存储的电流和电压测量值来计算故障地点, 该故障地点说明在导线(11a, 11b)的什么位置出现所述故障;

- 所述保护设备(13a, 13b)借助所计算的故障地点以及所提供的对地阻抗的参数确定耦合阻抗的值, 利用该耦合阻抗的值在确定故障地点时仅仅借助自己存储的电流和电压测量值就已经确定与在使用导线(11a, 11b)两端的电流和电压测量值的条件下相同的故障地点; 并且

- 所计算的耦合阻抗的值在保护设备(13a, 13b)中作为耦合阻抗的参数来提供。

13. 根据权利要求 11 或 12 所述的方法, 其特征在于,

- 在导线(例如 11b)被部分实施为架空线(91)并且部分实施为电缆(92)的情况下, 通过使用该导线(11b)另一端的电流和电压测量值或者仅借助自己存储的电流和电压测量值以及所确定的对地阻抗和耦合阻抗的值来确定故障地点; 并且

- 只要故障处于该导线(11b)的实施为架空线(91)的部分上就激活自动重合闸, 该自动重合闸引起为了断开故障而断开的断路器在等待一定的等待时间之后重新闭合; 以及

- 只要该故障处于该导线(11b)的实施为电缆(92)的部分上就阻止所述自动重合闸。

14. 根据权利要求 13 所述的方法, 其特征在于,

- 在故障所涉及的导线(例如 11b)的两端的保护设备(例如 13b, 13d)之间的通信连接(81)能工作的情况下借助该导线(11b)两端的电流和电压测量值来确定故障地点, 以及

- 在故障所涉及的导线(11b)的两端的保护设备(13b, 13d)之间的通信连接(81)受干扰或中断的情况下仅借助自己存储的电流和电压测量值以及所确定的对地阻抗和耦合阻抗的参数来确定故障地点。

15. 根据前述权利要求之一所述的方法,其特征在于,

- 所述保护功能包括距离保护功能,其中,所述保护设备(13a,13b)为了执行所述距离保护功能而借助主保护算法(25)从在其各自导线(11a,11b)上所采集的测量值中计算出复数阻抗值,并且如果所述阻抗值位于触发范围内则产生故障信号;

- 在相邻保护设备(13a,13b)之间,经由通信连接(15)交换分别针对自己的导线的各个相(A,B,C,A',B',C')所采集的测量值;

- 保护功能为了选择哪些相(A,B,C,A',B',C')被所述故障所涉及而针对各自导线(11a,11b)的导体-导体回路、针对各自导线(11a,11b)的导体-地回路以及针对通过组合两个导线(11a,11b)的相(A,B,C,A',B',C')而产生的混合的导体-导体回路执行阻抗测量,并且通过相互比较回路阻抗和/或将回路阻抗与各自的回路阻抗阈值相比较而推断出分别有故障的回路。

16. 根据前述权利要求之一所述的方法,其特征在于,

- 所述保护功能包括距离保护功能,其中,所述保护设备(13a,13b)为了执行所述距离保护功能而借助主保护算法(25)从在其各自导线(11a,11b)上所采集的测量值中计算出复数阻抗值,并且如果所述阻抗值位于触发范围内则产生故障信号;

- 在相邻保护设备(13a,13b)之间,经由通信连接(15)分别交换自己导线的各个相(A,B,C,A',B',C')所采集的测量值;

- 所述保护功能在考虑自己的测量值以及其它各保护设备(13a,13b)的测量值的条件下检查在两个导线(11a,11b)上是否同时存在接地短路;以及

- 在该检查的结果是肯定的情况下,保护功能促使仅针对两个导线(11a,11b)的被所述故障实际涉及的相(A,B,C,A',B',C')来触发相应的断路器(12a,12b)。

17. 根据权利要求16所述的方法,其特征在于,

- 所述保护功能为了检查在两个导线(11a,11b)上是否存在接地短路而对自己的以及从其它各保护设备(13a,13b)所接收的测量值检查针对一个或多个相(A,B,C,A',B',C')与其它相(A,B,C,A',B',C')相比是否出现电流过高,并且在不同导线(11a,11b)的各个相(A,B,C,A',B',C')中出现电流过高的情况下推断出两个导线(11a,11b)上存在接地短路。

18. 一种用于监视电气能量供应网的保护系统,具有

- 第一保护设备(13a),该第一保护设备与能量供应网的第一导线(11a)连接以采集表征第一导线(11a)的运行状态的测量值,其中,第一保护设备(13a)经由通信连接(15)与相邻布置的第二保护设备(13b)连接,

其特征在于,

- 第二保护设备(13b)与能量供应网的平行于第一导线(11a)走向的第二导线(11b)连接以采集表征第二导线(11b)的运行状态的测量值,

- 两个保护设备(13a,13b)分别包括通信装置(26),所述通信装置被设置用于,将由所述保护设备(13a,13b)针对其各自的导线(11a,11b)所采集的测量值和/或从所述测量值中推导出的信号分别传输给另一个保护设备(13a,13b),

- 每个保护设备(13a,13b)具有控制装置(22),所述控制装置被设置用于在实施主保护算法(25)的条件下针对各自的导线(11a,11b)实施保护功能,尤其是距离保护功能,其

中,第一保护设备(13a)为了实施其主保护算法(25)而采用在第一导线(11a)上所采集的测量值以及从第二保护设备(13b)所接收的测量值和/或信号,并且第二保护设备(13b)为了实施其主保护算法(25)而采用在第二导线(11b)上所采集的测量值以及从第一保护设备(13a)所接收的测量值和/或信号。

19. 根据权利要求18所述的保护系统,其特征在于,

- 所述通信连接(15)是宽带数据连接。

20. 根据权利要求19的保护系统,其特征在于,

- 所述宽带数据连接包括光纤电缆。

21. 根据权利要求18至20之一所述的保护系统,其特征在于,

- 第一和第二导线(11a, 11b)分别是三相能量供应网的三相导线,

- 两个保护设备(13a, 13b)分别具有测量值采集装置(20),所述测量值采集装置被设置用于,针对每个相单独地采集各自导线(11a, 11b)的测量值,并且

- 所述保护设备(13a, 13b)的通信装置(26)被设置用于,经由通信连接(15)为每个相传输相应的测量值和/或信号。

22. 根据权利要求19至21之一所述的保护系统,其特征在于,

- 两个保护设备(13a, 13b)具有被设置用于向在各自导线(11a, 11b)上所采集的测量值分别分配说明其采集时刻的时间戳的时间戳装置(21),并且

- 所述通信装置(26)被设置用于,与经由通信连接(15)所传输的测量值一起分别传送所属的时间戳。

23. 根据权利要求19至22之一所述的保护系统,其特征在于,

- 两个保护设备(13a, 13b)分别包括被设置用于监视通信连接(15)的效能并且当通信连接(15)的效能没有得到保证时输出失效信号的通信监视装置(32),并且

- 所述保护设备(13a, 13b)的所述控制装置(22)被设置用于,在出现失效信号的情况下为了实施针对保护设备各自导线(11a, 11b)的保护功能使用与主保护算法(25)不同的替代保护算法(31),该替代保护算法仅使用分别在自己的导线(11a 或 11b)上所采集的测量值,而不使用分别从另一个保护设备(13a 或 13b)所接收的测量值和/或信号。

24. 根据权利要求19至23之一所述的保护系统,其特征在于,各自保护设备(13a, 13b)的控制装置(22)被设置用于,实施根据权利要求5至17之一的方法。

25. 一种用于监视电气能量供应网的第一导线(11a)的电气保护设备(13a),具有

- 能够与能量供应网的第一导线(11a)连接以采集表征第一导线(11a)的运行状态的测量值的测量值采集装置(20),以及

- 通信装置(26),经由所述通信装置能在所述保护设备(13a)和与该保护设备(13a)相邻布置的第二保护设备(13b)之间建立通信连接(15),

其特征在于,

- 在所述保护设备(13a, 13b)之间存在通信连接(15)的情况下在保护设备(13a, 13b)之间传输测量值和/或从所述测量值中推导出的信号,

- 所述保护设备(13a)具有控制装置(22),所述控制装置被设置用于在实施主保护算法(25)的条件下针对第一导线(11a)实施保护功能,尤其是距离保护功能,其中,所述保护设备(13a)为了实施其主保护算法(25)而采用在第一导线(11a)上所采集的测量值以及从

第二保护设备(13b)所接收的、涉及与第一导线(11a)平行走向的第二导线(11b)的测量值和 / 或信号。

26. 根据权利要求 25 所述的电气保护设备(13a),其特征在于,

– 所述保护设备(13a)包括被设置用于监视通信连接(15)的效能并且当通信连接(15)的效能没有得到保证时输出失效信号的通信监视装置(32),并且

– 所述控制装置(22)被设置用于,在出现失效信号的情况下为了实施针对所述保护设备的导线(11a)的保护功能使用与主保护算法(25)不同的替代保护算法(31),该替代保护算法仅使用在第一导线(11a)上所采集的测量值,而不使用从第二保护设备(13b)所接收的测量值和 / 或信号。

27. 根据权利要求 25 或 26 所述的电气保护设备,其特征在于,

– 所述保护设备(13a)的控制装置(22)被设置用于,实施根据权利要求 5 至 17 之一的方法。

电气能量供应网的平行导线的保护

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于监视多相电气能量供应网的方法,其中第一保护设备与该能量供应网的第一导线连接以采集表征该第一导线的运行状态的测量值,以及其中第一保护设备经由通信连接与相邻布置的第二保护设备连接。此外,本发明涉及一种用于电气能量供应网的保护系统以及一种用于监视电气能量供应网的导线的电气保护设备。

背景技术

[0002] 为了监视电气能量供应网的导线,采用所谓的保护设备来识别分别监视的导线的不容许运行状态并且自动关闭所述运行状态,所述不容许运行状态例如可能通过短路或接地短路而引起。为此电气保护设备通常记录表征所述导线的运行状态的测量值,例如电流测量值和/或电压测量值。接着为了实施其保护功能,保护设备在实施所谓的保护算法(也就是用于分析所记录的测量值的计算和/或逻辑组合规则)的情况下分析所述测量值,并且必要时依据该分析的结果产生触发信号,该触发信号使得与保护设备连接的断路器断开其开关触点,以便将出现故障的导线与其余供电网分离开来。

[0003] 一种通常用于监视电气能量供应网的导线的保护算法根据所谓的距离保护方法工作,在该距离保护方法中由电流和电压测量值计算出位于复数平面中的阻抗值,并且检查所述阻抗值是否位于预定的触发范围(也称为触发多边形)内。只要阻抗值位于所述预定的触发范围内,距离保护设备就确定在电气能量供应网的由其监视的导线上存在不容许的运行状态,并且向一个或多个限制该导线的断路器发送触发信号,以便将有故障的导线与其余能量供应网分离。

[0004] 在近几年里,电气保护设备已经从仅仅独立工作的监视设备越来越强地发展为所谓的智能电子设备(Intelligent Electronic Devices=IED),所述智能电子设备与在共同的通信网络中的其它保护设备按照数据技术联网,以便进一步改善性能并在监视能量供应网时实现可靠性。从而例如由国际专利申请 WO 2009/012800A1 已知,保护设备经由通信连接与其它保护设备连接并且经由该通信连接交换为执行备用保护功能所需要的测量值。该已知的国际专利申请为此描述了一种具有备用保护功能的差分保护系统,该备用保护功能使得所参与的保护设备可以在负责初级保护功能的保护设备失效时也能基于所传输的测量值借助备用保护功能判断在电气能量供应网的片段中是否存在不容许的运行状态,并且在故障情况下断开该片段。

[0005] 由于连接到能量供应网的电气终端耗电器的功率消耗在最近几年里连续增加并且由此带来了该能量供应网的供电导线的负担持续增加,能量供应网的经营者在很大程度上转变为铺设“平行导线”,也就是沿着能量传输路段相互平行布置的多个能量供应导线。平行导线例如可以通过沿着已经存在的架空线线杆铺设附加的传输导线或者通过平行地铺设多个地缆来实现。由此可以在安装花费比较小的情况下一例如通过多次使用已经存在的架空线线杆—在几乎相同的空间上运输更大数量的电能。除了传输容量的升高之外,在安装平行导线的情况下还提高了供电系统的冗余,因为在平行导线之一失效的情况下可以

经由其它平行导线在有限的时间段期间传输电能。通过这种方式,可以将对终端耗电器的供电安全性的影响保持得尽可能的小。

发明内容

[0006] 本发明所基于的任务是提高对平行导线—即电气能量供应网的相互平行走向的导线—的运行状态的判断的可靠性和选择性。

[0007] 为了解决该任务,建议一种开头所述类型的方法,其中第二保护设备与能量供应网的与第一导线平行走向的第二导线连接以用于采集表征第二导线的运行状态的测量值,这两个保护设备将由它们关于其各自的导线采集的测量值和 / 或从所述测量值中推导出的信号分别传输到另一个保护设备,每个保护设备被构成为在实施主保护算法的条件下为其各自的导线实施保护功能,第一保护设备为了实施其主保护算法而采用在第一导线上采集的测量值以及从第二保护设备接收的测量值和 / 或信号,以及第二保护设备为了实施其主保护算法而采用在第二导线上采集的测量值以及从第一保护设备接收的测量值和 / 或信号。

[0008] 这些保护设备为了监视其各自的导线而执行保护功能,为了实施该保护功能对主保护算法进行处理。所述保护功能优选可以是距离保护功能。主保护算法在此可以涉及该保护功能的一个或多个部分,而且所述保护功能也可以通过实施多个主保护算法来实现;其示例将在下面详细阐述。此外为了执行本发明,在保护设备中除了所述保护功能(例如距离保护功能)之外是否还提供其它保护功能(例如差分保护功能或过电流保护功能)并不重要。

[0009] 本发明基于以下认识:在电气能量供应网的平行导线的情况下在所述平行导线之间存在强的电气耦合和 / 或电磁耦合,所述电气耦合和 / 或电磁耦合应当在对各自的平行导线上存在的运行状态进行可靠的判断时加以考虑。因此,本发明的解决方案规定,在相邻的保护设备之间存在通信连接,在这些保护设备中向第一保护设备分配第一导线并且向第二保护设备分配与第一导线平行走向的第二导线,经由所述通信连接将每个保护设备针对其导线采集的测量值和 / 或从所述测量值中推导出的信号分别传输给另一个导线,所述信号例如说明各自导线的运行状态或者包括分别针对另一个保护设备的控制命令。在本文中,将布置在平行导线的同一端的那些保护设备看做相邻的保护设备。在此,相邻的保护设备中的一个被分配第一平行导线,而相邻的保护设备中的另一个被分配第二平行导线。在多于两个平行导线的情况下,在每一端相应地存在多于两个相邻的保护设备,本发明也可以相应地应用于多于两个平行导线。

[0010] 此外,各自的保护设备可以是单个连接的设备,但是也可以通过单个设备的设备组来形成(例如距离保护设备、开关控制设备和 / 或合并单元),所述设备组共同实施针对各自导线的保护功能。但是为简单起见,在下面的实施中分别谈论一个“保护设备”。

[0011] 通过一方面考虑分别在自己的导线上采集的测量值以及另一方面考虑分别从另一个导线的保护设备接收的测量值和 / 或从所述测量值中推导出的信号来用于执行针对自己的(也就是由各自保护设备监视的)导线的保护功能,可以对该导线的运行状态做出明显更精确的以及由此更具有选择性和更可靠的判断。由于测量值经由通信连接在保护设备之间传输,因此在保护设备之间不需要铺设直接的电气连接导线来用于传输从电流和 / 或

电压转换器向各自导线输出的且比较高的次级电流或次级电压。从而可以非常可靠地在保护设备之间交换分别关于另一个导线的测量值和 / 或信号的信息,而不会出现在非故意损坏直接电气连接导线的情况下通过高的次级电流或次级电压引起损坏的危险。

[0012] 本发明的方法的有利扩展规定,第一和第二导线分别是三相能量供应网的三相导线,两个保护设备分别针对每个相单独地采集各自导线的测量值,并且经由通信连接为每个相传输相应的测量值和 / 或从所述测量值中推导出的信号。

[0013] 通过这种方式可以相选择地、即对能量供应网的三相中的每一相分开地执行平行导线的监视,从而例如在仅有涉及一相的故障的情况下选择地仅对有故障的相进行断开。

[0014] 本发明的方法的另一有利设计规定,两个保护设备具有用于向在各自导线上采集的测量值分别分配说明其采集时刻的时间戳的时间戳装置,并且与经由通信连接传输的测量值一起分别传送所属的时间戳。

[0015] 通过这种方式可以为所采集的测量值配备说明其精确采集时刻的时间戳,从而可以简单地将特定时刻由不同保护设备记录的测量值进行比较和处理。

[0016] 此外,本发明方法的另一个有利设计规定,两个保护设备分别包括监视通信连接的效能并且当通信连接的效能没有得到保证时输出失效信号的通信监视装置,并且在出现失效信号的情况下为了实施针对保护设备各自导线的保护功能由保护设备使用与主保护算法不同的替代保护算法,该替代保护算法仅使用分别在自己的导线上采集的测量值,但是不能使用分别从另一个保护设备接收的测量值和 / 或信号。

[0017] 由此可以实现:在两个保护设备之间的通信连接缺乏效能的情况下,例如由于保护设备之间的通信导线遭到机械破坏,利用替代保护算法来执行各自导线的监视,该替代保护算法构成为专用于仅借助自己导线的测量值来执行保护功能。由此可以避免所述保护功能由于缺乏其它各保护设备的测量值和 / 或信号而导致对各自导线的运行状态做出错误的判断。由此在本发明方法的该扩展中,对于电气能量供应网的经营者来说总是保证对能量供应网的尽可能最佳的保护。其具体的意思是,对于能量供应网的经营者来说,所述经营者针对平行导线运营没有应用本发明方法的现有保护系统,在配备用于执行本发明方法的保护系统的情况下不可能出现目前状态的恶化。因为在现有的通信连接的情况下通过应用主保护算法出现了监视的改善,而在经由通信连接的传输被干扰的情况下通过应用替代保护算法可以说是返回到现状,由此不会发生监视的恶化。

[0018] 为此例如可以规定,两个保护算法,即主保护算法和替代保护算法彼此并行地执行,并且通过监视通信连接仅判断应当使用哪些结果。在这种情况下,在通信连接具有效能的情况下使用主保护算法的结果,而在通信连接受到干扰的情况下使用替代保护算法的结果。由此可以保证在两个保护算法之间进行无缝切换。

[0019] 本发明的方法可以在不同的保护功能的情况下用于提高可靠性和选择性。

[0020] 本发明方法的第一实施例例如规定,保护功能包括距离保护功能,其中保护设备为了执行该距离保护功能而借助主保护算法从在其各自导线上采集的测量值中计算出复数阻抗值,并且当所述阻抗值位于触发范围内时产生故障信号,所述保护设备也对在其各自导线上采集的测量值监视它们是否说明所述导线上存在电振荡,并且当在该导线上识别出电振荡时产生振荡信号;在出现振荡信号的情况下,阻止针对各自导线的故障信号的输出。所述保护设备还对其各自导线的测量值检查它们是否说明电气非对称状态,并且在有

电气非对称状态的情况下产生阻止针对各自导线的振荡信号的非对称信号。所述保护设备相互传输说明就其各自导线的一相来说是否存在故障的状态信号,并且在有说明分别就另一个导线的一相来说存在故障的状态信号的情况下,即使在出现非对称信号的情况下也不阻止针对自己导线的振荡信号。

[0021] 通过这种方式可以针对以下情况防止错误地丢弃对振荡的识别,即在平行导线上、也就是分别在另一个导线上出现故障并且通过电气或电磁耦合在自己导线上引起非对称状态。通过这种方式,防止无故障导线的不期望断开,从而提高能量供应网的稳定性。

[0022] 在本文中,本发明方法的一种有利扩展还规定,状态信号说明对于哪一相识别出了故障,并且在出现非对称信号的情况下仅在自己导线的被识别出不对称的相以及被状态信号说明另一个导线的存在故障的相一致时才不阻止针对自己导线的振荡信号。

[0023] 通过这种方式,即使对于以下虽然很少但是并不是不可能的情况也保证可靠性得到提高,即在两个导线上实际上在不同的相中同时出现故障,所述故障使得阻止振荡信号成为必要,从而才能产生故障信号。

[0024] 此外根据本发明方法的第二实施例可以规定,保护设备执行用于其各自导线的保护功能,其中借助主保护算法对在自己导线上采集的测量值检查其是否说明在自己导线上存在故障,并且当所述测量值说明在自己导线上存在故障时产生故障信号。保护设备相互交换说明连接到各自保护设备的断路器的状态和 / 或用于该断路器的开关命令的开关信号,并且在出现说明分别在另一个导线处的断路器断开或闭合的开关信号的情况下,所述保护设备阻止故障信号的输出。

[0025] 在该实施方式中,可以通过有利的方式补偿通过涉及平行导线的开关处理而引起的影响。这样的开关处理可能分别在另一个导线上引起电流跳跃和 / 或电压跳跃,并分别在另一个导线上必要时导致故障信号的输出。这样的不期望的故障信号输出可以通过考虑开关信号来得到避免。

[0026] 在本文中,根据一种有利的扩展可以规定,在出现说明分别在另一个导线处的断路器断开或闭合的开关信号的情况下,保护设备在预定的保持持续时间内阻止故障信号的输出。

[0027] 通过设置保持持续时间可以实现:对于在平行导线上进行的开关处理期间实际上在自己导线上出现故障的情况下可以在所述保持持续时间过去之后输出所述故障信号。所述保持持续时间在此应当被选择为尽可能地短,但是至少跨越通过平行导线上的开关处理而引起的电流跳跃和 / 或电压跳跃的常见的持续时间。

[0028] 本发明方法的第三实施例规定,保护功能包括距离保护功能,其中所述保护设备为了执行所述距离保护功能而借助主保护算法从在其各自导线上采集的测量值中计算出复数阻抗值,并且当所述阻抗值位于触发范围内时产生故障信号。每个保护设备在其各自导线上存在单极故障的情况下将标识该故障的故障状态信号经由通信连接分别传送给另一个保护设备,并且接收该故障状态信号的那个保护设备缩小用于对阻抗值进行评价的触发范围。

[0029] 因为在平行导线上存在单极故障的情况下,可能出现通过经由母线的电气耦合(尤其是通过改变零序系统电流)和 / 或导线之间的电磁耦合出现对健康导线的影响,这些影响按照以下方式发挥作用,即由健康导线的保护设备计算出的一相或多相的阻抗位于触

发范围内,尽管在所涉及的相上实际上不存在故障。在这样的情况下,在健康导线上的断路器的触发将引起对该健康导线的不必要的断开。为了避免这一点,根据所描述的实施方式规定,在其导线上识别出单极故障的那个保护设备将标识所述故障的故障状态信号分别发送给另一个保护设备。然后,接收所述故障状态信号的保护设备可以通过以下方式稳定其触发标准,即该保护设备缩小所述触发范围。在此,所述故障状态信号可以包括关于已识别出单极故障的说明以及关于所述故障涉及哪些回路(例如特定的导体-地回路或导体-导体回路)的说明。所述触发范围可以是主触发范围(所谓的 Z1 区,其对 Z1 触发范围内的阻抗进行反应而没有触发延迟)和 / 或阶梯式触发范围(例如 Z2 区, Z3 区, ..., 其中断路器的触发被延迟特定的阶梯式时限地进行)。

[0030] 在本文中,被看做特别有利的是,每个保护设备在其各自导线上的单极故障结束之后结束对故障信号的传输或者将标识所述故障的结束的取消信号经由通信连接分别传送给另一个保护设备,并且识别所传输的故障信号的结束或者接收取消信号的那个保护设备再次扩大用于评价阻抗值的触发范围。

[0031] 在该实施方式中,只要平行导线上的单极故障结束,就可以非常快速地又返回原始的触发范围。

[0032] 本发明方法的第四实施例规定,所述保护功能包括距离保护功能,其中所述保护设备为了执行所述距离保护功能而借助主保护算法从在其各自导线上采集的测量值中计算出复数阻抗值,并且当所述阻抗值位于触发范围内时产生故障信号。所述保护设备相互交换至少说明由各自保护设备所监视的导线是完全接通还是完全断开的运行状态信号。在自己导线上存在单极故障期间,相应的保护设备存储电流和电压测量值的历程,并且检查相邻保护设备的运行状态信号。只要该检查得出平行导线完全断开,则在其导线上识别出故障的保护设备从布置在同一导线的另一端的其它保护设备(其同样存储了在故障期间在其端部采集的电流和电压测量值)接收所存储的电流和电压测量值,并且用接收的和自己存储的电流和电压测量值来计算故障地点,所述故障地点说明在导线的什么位置上出现所述故障。保护设备借助所计算的故障地点确定对地阻抗的值,利用该值在确定故障地点时仅仅借助自己存储的电流和电压测量值就确定出与在使用导线两端的电流和电压测量值情况下相同的故障地点,并且将所计算的对地阻抗的值作为对地阻抗的参数提供。

[0033] 类似的用于在单导线情况下确定对地阻抗的方法已经由本申请人的 WO 2008/134998A1 公开。

[0034] 现在通过使用本发明在平行导线的情况下也可以通过尽可能精确地确定对地阻抗的参数而明显改善距离保护功能,所述对地阻抗是所述距离保护功能为了计算可能的接地故障回路(例如相 A-地,相 B-地,相 C-地)而需要的。因为通常对地阻抗的这样的值必须通过费事的测量一次性确定或者针对对地阻抗仅采用(比较不精确的)经验值或表格值。

[0035] 相反,利用在此所介绍的方法可以比较精确地并且无需费事的测量设备地确定对地阻抗的值。因为该值基于借助两侧故障定位方法来计算具体的故障地点,该故障地点方法也就是一种利用有故障的导线两端的测量值来确定故障地点的方法。这样的两侧方法比单侧故障定位方法提供明显更精确的结果,在单侧故障定位方法中仅基于导线一端的测量值。在如上所述确定了对地阻抗的更精确的值之后,除了更好地区分内部和外部故障并且由此提高距离保护功能的选择性之外还可以借助单侧故障定位方法确定比较精确的故障

地点。

[0036] 在本文中,被看做是有利的扩展的是,只要所述检查表明另一个导线完全接通,则已在其导线上识别了故障的保护设备从布置在相同导线的另一端处的、已存储了在所述故障期间在其端部采集的电流和电压测量值的其它保护设备接收所存储的电流和电压测量值,并且利用所接收的以及自己存储的电流和电压测量值来计算故障地点,该故障地点说明在导线的什么位置出现故障。保护设备借助所计算的故障地点以及所提供的对地阻抗的参数确定耦合阻抗的值,利用该耦合阻抗的值在确定故障地点时仅仅借助自己存储的电流和电压测量值就已经确定与在使用导线两端的电流和电压测量值的条件下相同的故障地点。所计算的耦合阻抗的值在保护设备中作为耦合阻抗的参数来提供。

[0037] 通过这种方式,可以比较精确地确定通过平行导线相互之间的电气和/或电磁影响而产生的耦合阻抗。该耦合阻抗附加地用于计算可能的故障回路,并且当两个平行导线都接通时是距离保护计算的不可忽略的部分。通过所描述的方式,到目前仅采用经验值的耦合阻抗可以被比较精确地确定,因为该耦合阻抗又基于借助(精确的)两侧故障定位方法对故障地点的确定。对地阻抗的事先已经计算的精确值被用于确定耦合阻抗。

[0038] 在本文中,本发明方法的另一种有利的扩展在于,在导线被部分实施为架空线并且部分实施为电缆的情况下,通过使用该导线另一端的电流和电压测量值或者仅借助自己存储的电流和电压测量值以及所确定的对地阻抗和耦合阻抗的值来确定故障地点,并且只要故障处于该导线的实施为架空线的部分上就激活自动重合闸,该自动重合闸引起为了断开故障而断开的断路器在等待一定的等待时间之后重新闭合,而只要该故障处于该导线的实施为电缆的部分上就阻止所述自动重合闸。

[0039] 因为在故障处于这样的“混合”导线(也就是部分实施为架空线、部分实施为地下铺设的电缆的导线)上的情况下,就自动重合闸来说必须区分在哪一部分(架空线还是电缆)上出现故障。在架空线上故障通常在有故障的相被短暂断开之后自己消除(例如由于该故障基于通过树的短暂接触或者基于通过动物的影响),而在电缆中的故障通常是由于该电缆的损坏,从而自动重合闸可能更意味着对损坏位置的附加的危险。

[0040] 只要通过精确的故障定位(不管是通过两侧方法还是使用精确计算的对地阻抗和耦合阻抗的值的单侧故障定位)使得可以区分在导线的哪一部分上存在故障,就可以相应地在架空线部分中激活自动重合闸并且在电缆部分中阻止自动重合闸。

[0041] 在本文中,还被看作是有利的是,在所述故障所涉及的导线的两端的保护设备之间的通信连接能工作的情况下借助该导线两端的电流和电压测量值来确定故障地点,而在所述故障所涉及的导线的两端的保护设备之间的通信连接受干扰或中断的情况下借助自己存储的电流和电压测量值以及所确定的对地阻抗和耦合阻抗的参数来确定故障地点。

[0042] 因为,由于通常在精确计算对地阻抗和耦合阻抗的值的条件下也要通过两侧故障定位方法确定故障地点的更精确的值,因此在导线两端之间已存在通信连接的情况下优选使用两侧故障定位方法。仅在该通信连接失效或受干扰或测量值被太缓慢地传输的情况下可以利用具有精确的对地阻抗和耦合阻抗的值的单侧故障定位。

[0043] 本发明方法的第五实施例规定,所述保护功能包括距离保护功能,其中所述保护设备为了执行所述距离保护功能而借助主保护算法从在其各自导线上采集的测量值中计算出复数阻抗值,并且当所述阻抗值位于触发范围内时产生故障信号。在相邻保护设备之

间,经由通信连接分别交换针对自己的导线的各个相所采集的测量值。各自保护设备的保护功能为了选择哪些相被所述故障所涉及而一方面分别针对自己的导线的导体-导体回路和导体-地回路以及另一方面针对通过组合两个导线的相而产生的混合的导体-导体回路来执行阻抗测量,并且通过相互比较回路阻抗和/或将回路阻抗与各自的回路阻抗阈值相比较而推断出分别有故障的回路。

[0044] 由此除了分别仅涉及一个导线的故障之外,还可以识别所谓的系统间故障(Inter-System-Fault)并且选择性地断开这些故障,其中在系统间故障的情况下在两个导线的相之间出现故障。

[0045] 最后,本发明方法的第六实施例规定,保护功能包括距离保护功能,其中所述保护设备为了执行所述距离保护功能而借助主保护算法从在其各自导线上采集的测量值中计算出复数阻抗值,并且当所述阻抗值位于触发范围内时产生故障信号。在相邻保护设备之间,经由通信连接交换针对自己的各导线的各个相所采集的测量值。各自保护设备的保护功能在考虑自己的测量值以及其它各保护设备的测量值的条件下检查在两个导线上是否(几乎)同时存在接地短路。在该检查的结果是肯定的情况下,保护功能促使仅针对两个导线的被所述故障实际涉及的相来触发相应的断路器。

[0046] 由此可以选择性地几乎同时断开在两个导线上发生的接地短路,也就是在几百毫秒的时间段内重叠的接地短路,即所谓的“跨线故障”。

[0047] 在本文中可以具体地规定,保护功能为了检查在两个导线上是否存在接地短路而对自己的以及从其它各保护设备接收的测量值检查针对一个或多个相与其它相相比是否出现电流过高,并且在不同导线的各个相中出现电流过高的情况下推断出两个导线上存在接地短路。

[0048] 此外,上述任务通过一种用于监视电气能量供应网的保护系统解决,该保护系统具有第一保护设备,该第一保护设备与能量供应网的第一导线连接以采集表征第一导线的运行状态的测量值,其中第一保护设备经由通信连接与相邻布置的第二保护设备连接。根据本发明在这样的保护系统中规定,第二保护设备与能量供应网的平行于第一导线走向的第二导线连接以采集表征第二导线的运行状态的测量值,这两个保护设备分别包括通信装置,所述通信装置被设计为将由保护设备针对其各自的导线采集的测量值和/或从所述测量值中推导出的信号传输给另一个保护设备,每个保护设备具有控制装置,所述控制装置被设计为用于在实施主保护算法的条件下针对各自的导线实施保护功能,其中第一保护设备为了实施其主保护算法而采用在第一导线上采集的测量值以及从第二保护设备接收的测量值和/或信号,并且第二保护设备为了实施其主保护算法而采用在第二导线上采集的测量值以及从第一保护设备接收的测量值和/或信号。

[0049] 有利地,两个保护设备之间的通信连接是宽带数据连接,其例如可以通过光纤电缆形成。由此测量值的双向传输可以几乎实时地、也就是在测量值的采集之后没有显著时间延迟地实现。

[0050] 本发明的保护系统的另一种有利实施方式规定,第一和第二导线分别是三相能量供应网的三相导线,两个保护设备分别具有测量值采集装置,所述测量值采集装置被设计为针对每个相单独地采集各自导线的测量值,并且保护设备的通信装置被设计为经由通信连接为每个相传输相应的测量值和/或信号。

[0051] 此外,根据本发明保护系统的另一种有利设计规定,两个保护设备具有被设计为向在各自导线上采集的测量值分别分配说明其采集时刻的时间戳的时间戳装置,并且所述通信装置被设计为与经由通信连接传输的测量值一起分别传送所属的时间戳。

[0052] 此外,本发明保护系统的另一种有利实施方式规定,两个保护设备分别包括被设计为监视通信连接的效能并且当通信连接的效能没有得到保证时输出失效信号的通信监视装置,并且保护设备的所述控制装置被设计为,在出现失效信号的情况下为了实施针对保护设备的各自导线的保护功能使用与主保护算法不同的替代保护算法,该替代保护算法仅使用分别在自己的导线上采集的测量值,但是不使用分别从另一个保护设备接收的测量值和/或信号。

[0053] 最后,本发明保护系统的另一种有利实施方式规定,各自保护设备的控制装置被设计为,实施根据权利要求 5 至 17 之一的方法。

[0054] 最后上述任务还通过一种用于监视电气能量供应网的第一导线的电气保护设备来解决,该电气保护设备具有可与能量供应网的第一导线连接以采集表征第一导线的运行状态的测量值的测量值采集装置,以及通信装置,经由所述通信装置可以在所述保护设备和与该保护设备相邻布置的第二保护设备之间建立通信连接。根据本发明规定,在保护设备之间存在通信连接的情况下在保护设备之间传输测量值和/或从所述测量值中推导出的信号,所述保护设备具有控制装置,所述控制装置被设计为用于在实施主保护算法的条件下针对第一导线实施保护功能,其中所述保护设备为了实施其主保护算法而采用在第一导线上采集的测量值以及从第二保护设备接收的、涉及与第一导线平行走向的第二导线的测量值和/或信号。

[0055] 本发明保护设备的一种有利扩展规定,所述保护设备包括被设计为监视通信连接的效能并且当通信连接的效能没有得到保证时输出失效信号的通信监视装置,并且所述控制装置被设计为,在出现失效信号的情况下为了实施针对所述保护设备的导线的保护功能使用与主保护算法不同的替代保护算法,该替代保护算法仅使用在第一导线上采集的测量值,但是不使用从第二保护设备接收的测量值和/或信号。

[0056] 最后,本发明保护设备的另一种有利实施方式规定,所述保护设备的控制装置被设计为,实施根据权利要求 5 至 17 之一的方法。

附图说明

[0057] 下面借助实施例详细阐述本发明。为此

[0058] 图 1 示出平行导线的保护系统的示意性视图;

[0059] 图 2 示出电气保护设备的实施的示意性视图;

[0060] 图 3 示出电气保护设备的另一种实施的示意性视图;

[0061] 图 4 示出用于阐述保护功能的示意性逻辑流程图;

[0062] 图 5 示出用于阐述另一种保护功能的示意性逻辑流程图;

[0063] 图 6 示出用于阐述根据图 5 的保护功能的替换实施的示意性逻辑流程图;

[0064] 图 7 示出距离保护功能的触发范围的示意性图示;

[0065] 图 8 示出平行导线的保护系统的另一个示意性视图;

[0066] 图 9 示出部分实施为架空线、部分实施为电缆的混合导线的示意性视图;

[0067] 图 10 示出用于识别系统间故障的保护系统的示意性视图 ;以及

[0068] 图 11 示出用于识别两个导线都参与的双接地故障的保护系统的示意性视图。

具体实施方式

[0069] 图 1 示出本来未详细示出的三相电气能量供应网的电网片段 10。电网片段 10 包括具有相导体 A, B, C 的第一三相导线 11a, 以及与第一三相导线平行走向的具有相导体 A', B', C' 的第二三相导线 11b。平行走向的导线 11a 和 11b (下面单独地或共同地也称为“平行导线”) 在它们的导线端部 16a, 16b 处分别通过三极断路器 12a, 12b, 12c, 12d 限制。此外在这些平行导线的每个导线端部 16a, 16b 处具有电气保护设备 13a, 13b, 13c, 13d。具体地说, 在图 1 中在两个导线 11a 和 11b 的左侧的导线端部 16a 处布置彼此相邻的保护设备 13a 和 13b, 而在右侧的导线端部 16b 处布置彼此相邻的保护设备 13c 和 13d。保护设备 13a 至 13d 在测量位置 14a, 14b, 14c, 14d 处经由未详细示出的测量互感器采集表征各自导线 11a 或 11b 的运行状态的测量值。在考虑所采集的测量值的条件下, 这些保护设备实施保护功能, 其方式是保护设备执行在考虑所采集的测量值的条件下例如判断在所监视的导线 11a 和 11b 上是否分别存在不容许的运行状态的主保护算法。如果已识别出不容许的运行状态, 则各自的保护设备 13a 至 13d 向各自的断路器 12a 至 12d 输出也称为“跳闸信号”的触发信号 T, 以便将一个或多个相与其余的能量供应网分离开来。

[0070] 由于平行走向的导线 11a 和 11b 在空间上彼此邻近, 因此在两个导线 11a 和 11b 之间发生不可忽略的电气和 / 或电磁影响。在此, 电气影响例如经由用以将两个导线 11a, 11b 电气相连的母线发生, 而电磁影响由于平行导线 11a, 11b 紧挨着而无线地出现。电磁影响尤其是在架空线的情况下要被考虑到, 因为地下电缆通常是被屏蔽了的。尤其是在两个导线之一 11a 或 11b 上存在故障会引起该有故障的导线上的高短路电流的情况下, 就未被该故障涉及的(健康的)导线来说出现明显的耦合效应。这样的耦合效应只要它在执行主保护算法时未被单独考虑就可能干扰地作用于健康导线的保护功能, 从而在极端情况下甚至可能引起健康导线被不期望地断开。

[0071] 为了避免这一点, 在图 1 所示的保护系统中导线端部 16a 或 16b 的相邻保护设备 13a 和 13b 或 13c 和 13d 分别经由通信连接 15 相互连接。经由通信连接 15 在各自导线 11a 和 11b 的相邻保护设备 13a 和 13b 或 13c 和 13d 之间交换所采集的测量值和 / 或借助各自的保护设备从所述测量值中推导出的信号, 例如说明各自导线的运行状态的状态信号。由此例如在左侧的导线端部 16a 处向保护设备 13a 输送由在第二导线 11b 处的保护设备 13b 采集的测量值和 / 或从所述测量值中推导出的信号, 从而保护设备 13a 的主保护算法可以执行其保护功能, 该保护功能用于通过一方面使用在第一导线 11a 的测量位置 14a 处由保护设备 13a 自身采集的测量值以及另一方面使用由保护设备 13b 在第二导线 11b 的测量位置 14b 处采集的测量值和 / 或从这些测量值中推导出的信号来监视第一导线 11a 的运行状态。

[0072] 通过直接考虑分别通过另一个平行导线而引起的耦合影响, 主保护算法可以确定更为精确的结果, 从而例如可以恰好将导线 11a 或 11b 的实际上被故障所涉及的那些相更可靠地以及选择地断开, 而其上仅仅由于耦合效应而被识别出表面上不容许的运行状态的那些相得以保持接通。

[0073] 在图 2 中示例性地详细示出图 1 的电气保护设备 13a。其余的保护设备 13b, 13c, 13d 相应地构造, 从而对保护设备 13a 的作用方式的阐述示例性地代表了所有保护设备 13a 至 13d 的作用方式。保护设备 13a 包括测量值采集装置 20, 其经由电气连接导线 21 与位于第一导线 11a 的未在图 2 中示出的测量位置 14a 处的传感器连接。这样的传感器例如可以是初级的电流和电压互感器, 它们在输出端输出与在各自相中的测量位置 14a 处流动的电流或与在各自相中的测量位置 14a 处施加的电压成比例的电流或电压信号, 并且输送到保护设备 13a 的测量值采集装置 20 中。测量值采集装置 20 例如可以包括次级的电流或电压互感器, 以便将从初级互感器输出的电流或电压信号的还比较高的水平转换为如此低的电流或电压水平, 即在保护设备 13a 中可以发生无危险的进一步处理。

[0074] 此外, 测量值采集装置 20 可以包括模拟数字转换器, 其对由次级电流或电压互感器输出的测量信号进行模拟数字转换以形成数字测量值 M_a 。此外, 测量值采集装置 20 可以包括数字滤波器装置, 以便对这样产生的数字测量值 M_a 的历程进行数字滤波, 以例如去掉可能的干扰影响, 所述干扰影响可能在测量值采集和 / 或测量值转换时出现, 或者以便从测量值中计算复数电流和电压矢量。

[0075] 在一种实施方式中, 保护设备 13a 还可以包括时间戳装置 27, 所述时间戳装置例如可以是接收外部时间信号并且将精确到微秒的时间信息 ZI 输出到测量值采集装置 20 的 GPS 接收器。借助该时间信息 ZI 可以对测量值 M_a 设置时间戳, 也就是说, 可以向每个测量值 M_a 分配说明其采集时刻的时间信息 ZI。

[0076] 这样产生以及必要时设置了时间戳的测量值 M_a 被输送给保护设备 13a 的控制装置 22, 该控制装置 22 利用例如 CPU 和 / 或数字信号处理器的计算装置 23 执行按照存储在存储区域 24 中的主保护算法 25 形式的设备软件。主保护算法被设计为执行用于监视第一导线 11a 的保护功能。如图 2 示意性表示的, 主保护算法 25 还对由测量值采集装置 20 输出的测量值 M_a 进行处理, 所述测量值 M_a 是在第一导线 11a 的测量位置 14a 处采集的。

[0077] 保护设备 13a 还包括经由通信连接 15 与相邻保护设备 13b 的相应通信装置连接的通信装置 26, 所述通信连接 15 可以构成有线连接(例如玻璃纤维通信导线)或无线连接(例如无线电, WLAN)。两个保护设备 13a 和 13b 经由通信连接 15 按照以下方式交换测量值, 即由测量值采集装置 20 提供的测量值 M_a 经由通信装置 26 和通信连接 15 传输给相邻保护设备 13b, 而由相邻保护设备 13b 在第二导线 11b 的测量位置 14b 处采集的测量值 M_b 经由通信连接 15 传输给第一保护设备 13a 的通信装置 26。附加或替换所述测量值, 也可以在相邻保护设备 13a, 13b 之间交换从各个自己的导线处的测量值中推导出的信号。为此在保护设备 13a 中将自己的测量值 M_a 输送到计算装置 23 中, 所述计算装置 23 对测量值 M_a 进行分析并产生例如说明自己的导线 11a 的运行状态(例如在导线 11a 的相导体中的故障)的信号 S_a 。所述信号从计算装置 23 输送给通信装置 26 并经由通信连接 15 传输给相邻保护设备 13b。按照相应的方式, 也可以由保护设备 13b 通过分析测量值 M_b 来产生信号 S_b 并且传输给保护设备 13a。

[0078] 通信连接 15 应当尽可能实现全双工运行中的宽带数据传输, 从而测量值 M_a 和 M_b 和 / 或信号 S_a, S_b 几乎实时地、也就是在其采集或产生之后没有显著延迟地分别被传送到另一个保护设备。

[0079] 由保护设备 13a 的通信装置 26 接收的保护设备 13b 的测量值 M_b 和 / 或信号 S_b 被

转发给控制装置 22, 并且如图 2 示意性表示的除了所述测量值 M_b 和 / 或信号 S_b 之外测量值 M_a 也被提供给主保护算法 25。因此, 主保护算法 25 基于由保护设备 13a 自身采集的测量值 M_a 和由相邻保护设备 13b 传送的测量值 M_b 和 / 或信号 S_b 来实施保护功能, 也就是例如做出关于第一导线 11a 上出现的运行状态的判断。通过考虑相邻保护设备 13b 的测量值 M_b 和 / 或信号 S_b , 在执行主保护算法 25 时补偿通过平行导线的电气和 / 或电磁耦合作用于第一导线 11a 的影响, 从而控制装置 22 例如可以对第一导线 11a 的一个或多个相是否被故障所涉及做出可靠和选择的判断。如果控制装置 22 在所监视的导线 11a 上实际上识别出不容许的运行状态, 则控制装置 22 向断路器 12a (参见图 1) 输出触发或跳闸信号 T, 以促使断路器断开涉及各自的有故障相的开关触点。

[0080] 在图 3 中示出保护设备 13a 的第二实施例, 该第二实施例与根据图 2 的第一实施例基本上相应, 因此一致的部件具有相同的附图标记。一致的部件的作用方式与关于图 2 已经阐述的作用方式相应, 因此在此不再加以阐述, 从而在此仅强调两个实施例之间的差异。

[0081] 与根据图 2 的第一实施例不同, 根据图 3 的第二实施例的保护设备 13a 包括第二存储区域 30, 在该第二存储区域中以替代保护算法 31 的形式存储保护设备 13a 的设备软件的其它组成部分。替代保护算法 31 是专门为了仅借助在测量位置 14a 处由保护设备 13a 自身采集的测量值 M_a 来尽可能精确地执行保护功能而设计的, 也就是例如尽可能精确地对导线 11a 上出现的运行状态作出判断, 而无需考虑由平行导线 11b 引起的电气和 / 或电磁耦合。因此, 主保护算法 25 和替代保护算法 31 被设计为执行相同的保护功能, 但是主保护算法 25 可以说基于更宽的测量值基础。

[0082] 此外, 在根据图 3 的实施例中设置通信监视装置 32, 其与通信装置 26 耦合或者是通信装置 26 的组成部分, 并且检查保护设备 13a 和 13b 之间的通信连接 15 的效能 (为了所述监视, 该通信连接还包括这些保护设备各自的通信装置) 并且如果保护设备 13a 和 13b 之间的通信受到干扰或中断则产生失效信号 A。如果通信监视装置 32 识别出两个保护设备 13a, 13b 之间的通信受到干扰或中断, 则通信监视装置 32 向控制装置 22 输出失效信号 A, 该控制装置 22 接着执行替代保护算法 31 而不是主保护算法 25, 因为在这种情况下不再提供相邻保护设备 13b 的可靠的测量值 M_b 和 / 或信号 S_b 。由于替代保护算法 31 是专门为仅仅借助由保护设备 13a 自身采集的测量值 M_a 来执行保护功能而设计的, 因此通过这种自动切换到替代保护算法 31, 尽管通信连接 15 受到干扰或中断但是也可以保证保护设备 13a 足够可靠地继续工作。

[0083] 为了能够尽可能无缝地执行在主保护算法 25 与替代保护算法 31 之间的切换, 例如可以规定, 两个保护算法始终并行执行, 并且根据通信连接 15 的状态使用主保护算法 25 或替代保护算法 31 的结果。

[0084] 对通信连接 15 的监视例如可以通过所谓的“握手方法”来进行, 其中通信监视装置 32 向另一个保护设备 13b 的通信监视装置发送测试信号并且等待确认信号。如果该确认信号长时间不出现, 则推断通信连接 15 无法工作。替换的, 也可以由每一个通信监视装置定期地向其它各通信监视装置发送测试信号。如果对测试信号的接收长时间不出现, 则各自的通信监视装置推断通信连接无法工作。

[0085] 只要通信监视装置 32 又识别出在两个保护设备 13a 和 13b 之间的通信能够工作,

并且由此又可以可靠地接收所传输的保护设备 13b 的测量值 M_b 和 / 或信号 S_b , 则又可以通过主保护算法 25 在考虑自己的测量值 M_a 和相邻保护设备 13b 的测量值 M_b 和 / 或信号 S_b 的条件下执行保护功能。

[0086] 所描述的用于平行导体的保护系统在有多个保护功能的情况下可以意味着主保护算法的结果的精度、可靠性和选择性的改善。下面详细阐述这样的保护功能的若干示例。

[0087] 如开头所提到的, 由保护设备 13a, 13b 实施的保护功能例如可以是距离保护功能。为此图 4 示出实施距离保护功能的主保护算法的示意性逻辑流程图。

[0088] 为此在图 4 中通过虚线框示意性表示两个相邻保护设备 13a 和 13b。首先阐述在保护设备 13a 中实施的主保护算法。在输入侧向主保护算法输送电流测量值 i_a 和电压测量值 u_a 作为测量值 M_a (参见图 2 和图 3), 它们通常是电流和电压的(数字)采样值。但是替换的例如也可以使用复数的电流和电压矢量作为测量值 M_a , 它们除了说明各自测量值的振幅之外还包含关于其相位角的信息。主保护算法通常以由保护设备的控制装置所处理的软件的形式出现; 但是为了更好的理解下面借助逻辑块阐述主保护算法。

[0089] 在计算块 40a 中, 从分别关联的(也就是在相同时刻采集的)电流和电压测量值中计算出复数阻抗值 Z_a 。接着将所计算的阻抗值 Z_a 输送给另一个检查块 41a, 该检查块检查所述阻抗值 Z_a 是否位于触发范围内。如果该检查表明所述阻抗值 Z_a 位于触发范围内, 则产生故障信号 F_a 并且输送给第一逻辑与门 42a 的输入端。在此, 故障信号 F_a 优选不仅说明故障在导线 11a 上的纯粹的存在性, 而且说明导线 11a 的参与所述故障的(一个或多个)相。

[0090] 在执行距离保护功能时, 如果在所监视的导线上发生电振荡则可能导致不期望的触发。因为例如在发电站附近发生短路或者电气能量供应网的结构发生变化(例如通过大的电源的接通或断开)的情况下在电气能量供应网中可能导致所谓的振荡过程或振荡, 这是由于在电气能量供应网的馈入位置处的发电机必须适应新的负载状况。这通常以衰减的振荡的形式发生, 直到电气能量供应网的新的工作点稳定了为止。在振荡期间, 电流和电压可以说沿着能量供应导线在高值和低值之间振荡。因此在振荡的情况下可能发生的是, 电气距离保护设备在其测量位置处测量到低的电压以及同时高的电流, 并由此计算出处于触发范围内的小的阻抗值。根据由能量供应网的经营者规定的导线的运行方式, 期望在这样的振荡情况下不对所述导线进行断开。但是, 在根据逻辑块 40a 至 42a 纯粹应用距离保护功能时, 保护设备 13a 在出现振荡的情况下识别出不容许的运行状态并且断开所监视的导线 11a。由此可能发生对电气能量供应网的特定部分的非故意断开, 这种断开对于电气能量供应网的经营者来说通常带来高的成本。此外, 通过非故意断开的情况下突然改变的电网结构, 电气能量供应网的仍然接通的部分发生过载, 这可能导致级联式的断开直到所谓的停电。

[0091] 为了防止这一点, 在振荡识别块 43a 中检查阻抗值 Z_a 是否说明导线 11a 上的电振荡, 在输入侧向所述振荡识别块输送在计算块 40a 中计算的阻抗值 Z_a 。为此目的在振荡识别块 43a 中检查阻抗值 Z_a 的时间分布的特征性特征。对于专业人员来说在电振荡方面对阻抗值的检查是本身已知的。为了检查表明有电振荡的特征性特征, 主要检查阻抗值的轨迹是具有均匀的特定还是具有跳跃式的特性。阻抗值的轨迹的均匀分布表明有振荡, 而跳跃式的不均匀的分布表明有故障。具体地说, 在本文中检查以下列举的一种或多种特征:

[0092] - 与由所述阻抗值描述的轨迹的中点的距离,

[0093] - 阻抗值通过所述轨迹的角速度,

[0094] - 所述阻抗值通过所述轨迹的角加速度,

[0095] - 所述轨迹的单调性,

[0096] - 所述轨迹的分布的跳跃式变化。

[0097] 对电振荡的检查例如详细地描述在本申请人的国际专利申请 PCT/EP2008/005440 中。

[0098] 在根据图 4 的实施例中,向振荡识别块 43a 输送在计算块中计算的阻抗值 Z_a 。但是替换的,也可以规定向振荡识别块 43a 输送电流和电压测量值 u_a 和 i_a 并且振荡识别块 43a 自身进行阻抗计算。

[0099] 如果在振荡识别块 43a 中已经在导线 11a 上识别出电振荡,则振荡识别块 43a 在输出侧输出振荡信号 P_a ,该振荡信号输送给第二逻辑与门 44a。第二逻辑与门 44a 在其输出端在下面详细描述的条件下输出振荡信号 P_a ,并且将该振荡信号转发给第一逻辑与门 42a 的另一个反相输入端,从而仅当未同时在所述另一个(反相)输入端上施加振荡信号 P_a 时才转发在与门 42a 的所述一个输入端上施加的故障信号 F_a 。换句话说,只要在导线 11a 上已经识别出电振荡,第一与门 42a 就与振荡识别块 43a 协作地引起对故障信号 F_a 的阻止。

[0100] 对于在导线 11a 上存在振荡期间同时出现尽管存在振荡还是一定会导致断开的故障的情况下,电流和电压测量值 i_a 和 u_a 也被输送给检查块 45a,该检查块 45a 检查这些电流和电压测量值是否描述导线 11a 上的电气非对称状态。电气非对称状态例如在出现更高的逆相序系统电流和 / 或零序系统电流时存在。如果检查块 45a 在导线 11a 上识别出这样的非对称状态,则这意味着与可能同时存在的振荡无关地在导线 11a 上存在故障。因此检查块 45a 在识别出非对称状态的情况下产生非对称信号 US_a ,并且将该非对称信号输送给第三逻辑与门 46a。第三与门 46a 在下面详细阐述的条件下将非对称信号 US_a 转发给第二与门 44a 的反相输入端,在电振荡的情况下在第二与门的另一个输入端上施加振荡信号 P_a 。

[0101] 第二与门 44a 仅在未同时在其另一个输入端上施加非对称信号 US_a 时才在输出侧输出在所述一个输入端施加的振荡信号 P_a 。换句话说,在导线 11a 上识别出的非对称性导致对振荡信号 P_a 的阻止,从而在第一与门上可能施加的故障信号 F_a 被转发并且在输出侧被输出。如果故障信号 F_a 出现在第一与门 42a 的输出侧,则该故障信号由主保护算法输出并且例如可以作为跳闸信号用于连接到保护设备 13a 的断路器 12a,以促使其触点断开。只要故障信号 F_a 也包括对该故障所涉及的(一个或多个)相的说明,开关就可以选择性地断开所涉及的相。

[0102] 在输入侧向相邻保护设备 13b 的主保护算法以在导线 11b 上记录的电流和电压测量值 i_b 和 u_b 的形式输送测量值 M_b (参见图 2 和图 3)。保护设备 13b 的主保护算法包括计算块 40b、检查块 41b 和 45b、振荡识别块 43b 以及逻辑与门 42b、44b 和 46b。这些逻辑块 40b 至 46b 的相互作用与保护设备 13a 的主保护算法的逻辑块 40a 至 46a 相互作用相应,从而在此不再次进行描述。

[0103] 只要保护设备之一 13a 或 13b 产生故障信号 F_a 或 F_b ,该故障信号就经由通信连接 15 (参见图 1)分别传输到另一个保护设备。具体地说,这意味着由保护设备 13a 产生的故障信号 F_a 被传输到保护设备 13b 的主保护算法的第三与门 46b 的反相输入端,而由保护设

备 13b 产生的故障信号 F_b 被传输到保护设备 13a 的主保护算法的第三与门 46a 的反相输入端。施加在第三与门 46a 或 46b 上的故障信号 F_a 或 F_b 导致可能在所涉及的第三与门 46a 或 46b 的另一个输入端上施加的非对称信号 US_a 或 US_b 在输出侧不从与门 46a 或 46b 输出。换句话说,分别从另一个导线的保护设备接收的故障信号 F_a 或 F_b 引起用于自己的导线的振荡信号即使在自己的导线上已经识别出电气非对称的情况下也不被阻止。

[0104] 因为在平行导线上出现的例如单极故障对自己的导线具有以下影响,即通过两个导线之间的电气和 / 或电磁耦合效应也可以在自己的导线上引起非对称状态。但是该非对称状态不是由于在自己的导线上实际存在故障,因此不应当导致对健康导线的断开。通过考虑来自另一个导线的故障信号 F_a 或 F_b ,可以识别出非对称状态的原因,并且防止对健康导线的非故意断开。

[0105] 优选的,通过来自另一个导线的故障信号 F_a 或 F_b 对非对称信号 US_a 或 US_b 的阻止仅在一个导线的通过该故障信号 F_a 或 F_b 说明为被该故障所涉及的相分别与另一个导线的被非对称所涉及的相一致时才执行。也就是说,在导线 11a 的相 A (参见图 1) 中的故障不会导致对说明关于导线 11b 的相 B' 的非对称性的非对称信号 US_b 的阻止,相反会发生对说明关于导线 11b 的相 A' 的非对称性的非对称信号 US_b 的阻止。

[0106] 现在如果在保护设备 13a 和 13b 之间存在的通信连接 15 出现中断,则故障信号 F_a 或 F_b 可能不再分别传输给另一个保护设备 13a 或 13b。由此对非对称信号的阻止不再正确工作,并且可能由于由有错的导线馈入的电气非对称性而出现对健康导线的断开。

[0107] 为了防止这一点,根据一种优选的实施方式对于这样的情况规定,保护设备 13a, 13b 中包含的通信监视装置 32 (参见图 3) 识别出通信连接缺乏效能并且将失效信号 A 输出到保护设备 13a, 13b 的控制装置。由此控制装置被设计为,为了执行保护功能使用替代保护算法而不是主保护算法。替代保护算法被设计为,仅借助在自己的导线上采集的测量值(即没有可能从另一个导线接收的故障信号 F_a , F_b) 执行保护功能。

[0108] 为此在图 4 的实施例中,替代保护算法例如包含经过改变的检查块 45a,其获得特殊的检查标准以便在没有来自另一个导线 11b 的故障信号 F_b 的情况下也能区分所识别的非对称性是由实际上存在于自己的导线 11a 上的故障产生,还是仅通过另一个导线上的故障状态的馈入而引起。为此目的例如可以检查在三相之一中是否发生特定规模的电流升高,而在其他相中的电流几乎保持恒定。替换的或附加的,检查被检查的电流和电压测量值的相位角的特性,以确定在自己的导线上实际上是否存在故障。作为用于该检查的阈值,例如可以使用经验值或仿真结果。

[0109] 通过这种方式借助替代保护算法执行的对电气非对称性的更精确的检查,除了输出或阻止故障信号之外,由于与在通信连接无损坏的情况下使用主保护算法相比提高了计算耗费而需要更高的持续时间。但是,通过这种方式与在通信连接受干扰情况下使用主保护算法可能的相比,利用替代保护算法可以在通信连接受干扰的情况下仍然产生更可靠的故障信号。

[0110] 图 5 以逻辑流程图的形式示出主保护算法的另一种实施方式。该实施方式可以替换或附加于针对图 4 阐述的实施方式地采用。在图 5 中通过虚线框示意性表示两个相邻保护设备 13a 和 13b。首先还是阐述在保护设备 13a 中实施的主保护算法。

[0111] 在输入侧向主保护算法输送测量值 M_a ,所述测量值例如可以具有电流和电压测量

值 i_a 和 u_a 的形式。所述测量值被输送给将所述测量值用于监视导线 11a 上的故障的检查块 50a。该监视如在根据图 4 的实施例中那样相应于距离保护原理进行,在此距离保护可以增加在图 4 中详细阐述的用于振荡识别和用于阻止振荡信号的检查步骤。但是替换的,该监视也可以根据其它的、专业人员本身已知的保护原理而执行,例如差分保护原理、过电流保护原理或过电压保护原理。

[0112] 如果检查块 50a 在监视时在由保护设备 13a 监视的导线上识别出故障,则检查块 50a 在输出侧输出故障信号 F_a ,该故障信号被输送给后置的与门 51a 的输入端。与门 51a 在下面详细阐述的条件下在其输出端输出故障信号 F_a 。然后故障信号 F_a 例如可以作为跳闸信号用于控制断路器 12a。

[0113] 此外,向主保护算法输送连接到保护设备 13a 的断路器 12a (参见图 1) 的状态信号 ZS_a 。这样的状态信号 ZS_a 例如说明该开关是断开还是闭合。必要时该说明可以精确到相地进行,也就是说状态信号 ZS_a 包括关于哪些相闭合而哪些相断开的信息。

[0114] 状态信号 ZS_a 被输送给开关监视块 52a,所述开关监视块在断路器的至少一个相的状态瞬时改变时(即在该开关从断开状态转换到闭合状态或反过来时)输出开关信号 S_a 。

[0115] 按照相应的方式,向监视导线 11b 的保护设备 13b 的主保护算法输送例如电流和电压测量值 i_b , u_b 形式的测量值 M_b ,并且借助检查块 50b 监视这些测量值是否说明在导线 11b 上存在故障。在识别出故障的情况下,检查块 50b 输出故障信号 F_b ,该故障信号被输送给与门 51b 的输入端。此外,连接到保护设备 13b 的断路器 12b (参见图 1) 的状态信号 ZS_b 被传送给主保护算法的开关监视块 52b。开关监视块 52b 在借助状态信号 ZS_b 识别出断路器 12b 的状态变化时产生开关信号 S_b 。

[0116] 开关信号 S_a 和 S_b 经由通信连接 15 (参见图 1) 分别传输到另一个保护设备 13a 或 13b 并且在那里分别输送到保持块 53a 或 53b。因此具体地说,第一保护设备 13a 的可能施加在开关监视块 52a 上的开关信号 S_a 被传送给第二保护设备 13b 的主保护算法的保持块 53b,而必要时由开关监视块 52b 产生的开关信号 S_b 被传输给第一保护设备 13a 的主保护算法的保持块 53a。

[0117] 在此应当示例性阐述保持块 53a 的作用方式;保持块 53b 的作用方式是相应的。保持块 53a 在施加开关信号 S_b 的情况下开始一个保持持续时间。在该保持持续时间期间由保持块在输出侧输出保持信号 H_a ,该保持信号被输送给与门 51a 的反相输入端。保持块 53a 因此与说明在相邻导线 11b 上断路器 12b 的开关处理的开关信号 S_b 协作,引起对可能在与门 51a 上施加的故障信号 F_a 的阻止,也就是不由与门 51a 在输出侧输出。由此实现了,在所监视的导线 11a 上的非基于实际故障而是仅通过相邻导线 11b 上的开关处理引起的电流或电压跃变不会导致对健康导线 11a 的非故意断开。因为这样的电流或电压跃变被检查块 50a 评估为表示在导线 11a 上存在故障,并且相应地导致故障信号 F_a 的产生。但是由于在这样的情况下该故障信号 F_a 因为通过相邻导线 11b 上的开关处理引起的保持信号 H_a 而通过与门 51a 被阻止,因此不会导致对断路器 12a 的非故意触发。但是如果在相邻导线 11b 上不存在开关处理,则相应地也不会产生开关信号 S_b ,也不会产生保持信号 H_a ,从而故障信号 F_a 不会被阻止,而是由与门 51a 输出。

[0118] 保持块 53a 或 53b 的保持持续时间应当被设定为,使得该保持持续时间长到足以在通过在相邻导线 11b 上的开关处理而引起的对自己导线 11a 的测量值的完整影响期间将

保持信号绕开。尽管如此,保持持续时间应当被选择得尽可能地短,以便可以足够快地断开可能实际上在自己导线 11a 上与在相邻导线 11b 上的开关处理同时出现的故障。

[0119] 在替换的实施方式中,状态信号 ZS_a 或 ZS_b 也可以分别直接传送给另一个保护设备 13a 或 13b。该情况在图 6 中示出。根据该实施方式,如果识别出开关处理,则借助开关监视块 52a 或 52b 分别监视另一个导线的断路器的开关状态信号 ZS_a 或 ZS_b 。然后该开关信号 S_a 或 S_b 被分别输送给自己的保持块 53a 或 53b,所述保持块然后又产生保持信号 H_a 或 H_b 。

[0120] 对于两个保护设备之间的通信连接 15 受干扰的情况下,开关信号 S_a , S_b 或状态信号 ZS_a , ZS_b 不会被分别传输给另一个保护设备 13a 或 13b。在这种情况下,根据一种有利的实施方式,由通信监视装置 32 (参见图 3) 识别受到干扰的通信连接,并且各自保护设备的控制装置促使使用替代保护算法而不是主保护算法,该替代保护算法在没有传送的开关信号 S_a , S_b 或状态信号 ZS_a , ZS_b 的情况下工作。替代保护算法在此例如可以更为精确地检查通过相邻导线上的开关处理而馈入的电流或电压跃变并且借助预定的阈值确定所述电流或电压跃变是说明自己导线上的实际故障还是仅通过相邻导线上的开关处理馈入。阈值在此例如可以通过仿真来确定。对电流或电压跃变的精确检查当然需要更高的计算耗费并由此在最终关于故障信号的输出做出判断之前需要更长的持续时间,尽管如此可以通过使用替代保护算法保持对该判断的比较好的选择性。

[0121] 保护功能的另一种实施方式是具有稳定的触发范围的距离保护功能。为此在图 7 中示意性地以 R-X 图示出可以用于距离保护功能的触发范围 70。所示出的图是复数平面,在该复数平面中绘制具有实部“电阻”R 和虚部“电抗”X 的阻抗的值。为此,距离保护功能从由各自保护设备 13a, 13b 记录的以电流和电压测量值形式的测量值中计算出相应的阻抗矢量,并且显示在图 7 所示的图中。在正常情况下,也就是当两个平行导线是无故障的时,为了对各自导线 11a, 11b 上的故障做出判断而使用大的触发范围 70a。只要阻抗矢量位于该触发范围内,则推断在相应的导线上存在故障并且触发各自的断路器。

[0122] 但是只要在导线上已经存在单极故障,则健康导线的保护设备可以通过耦合效应 – 尤其是通过健康导线的负载提高以及健康导线的零序系统电流的影响 – 可以确定落在触发范围内并且非故意地导致该导线的单极或多极断开的阻抗。在根据图 7 的示例中,通过耦合效应,阻抗矢量 71 落在大的触发范围 70a 中并且因此导致该导线的断开。

[0123] 为了防止这一点规定,在自己的导线 11a, 11b 上识别出故障的那个保护设备 13a, 13b 将故障状态信号经由通信连接分别发送到另一个保护设备 13a, 13b, 该故障状态信号促使健康导线处的保护设备的保护算法暂时使用缩小的触发范围 70b 来代替大的触发范围以用于评价阻抗矢量。如图 7 所示,阻抗矢量 71 未落入该缩小的触发范围 70b, 因此不会导致健康导线的断开。

[0124] 只要平行导线上的故障结束,例如在短暂中断之后,该导线的保护设备就结束故障状态信号的传输或者经由通信连接发送取消信号。由此促使健康导线的保护设备又切换到所述大的触发范围以评价阻抗。

[0125] 为简单起见,在图 7 中示出的示例仅包括用于唯一的一个所谓保护区的触发范围。在本发明中,当然还可以设置多个触发范围,其中最小的触发范围引起所涉及的断路器的立即触发,而更大的触发范围分别可以具有不同的阶梯时间,也就是说当阻抗矢量在所涉及的触发范围内停留得比预定持续时间(阶梯时间)更长时才在这样的更大的触发范围

内进行触发。在本发明的范围中,临时的缩小既可以应用于用于立即触发的触发范围也可应用于其它阶梯式触发范围。

[0126] 图 8 示出用于两个相互平行分布的导线 11a 和 11b 的保护系统 80 的另一个实施例。利用附图标记 82 表示两个导线 11a, 11b 的所有三个相导体 A, B, C 或 A', B', C' 共同的接地端。为了测量接地电流,保护设备 13a, 13b, 13c, 13d 与地 82 连接,但是出于一目了然的原因这仅对保护设备 13b 和 13d 清楚地示出。

[0127] 与根据图 1 的保护系统不同,在根据图 8 的实施例中不仅相邻保护设备(13a 和 13b 以及 13c 和 13d)分别经由通信连接 15 互相连接,而且在处于每个导线 11a 或 11b 的两个端部处的保护设备之间(具体的是保护设备 13a 和 13c 以及 13b 和 13d;下面的实施仅示例性地涉及保护设备 13b 和 13d)分别存在另一个通信连接 81。所述另一个通信连接 81 既可以实施为电缆连接也可以实施为无线的,并且不需要连续地在两个保护设备 13b 和 13d 之间存在或激活。例如可能的是,在两个保护设备 13b, 13d 之间以无线连接的形式建立临时通信连接,或者在两个保护设备 13b, 13d 之间经由相应的调制解调器装置建立临时电信连接。所述另一个通信连接 81 还可以是具有比较小的数据传输容量的通信连接。

[0128] 应当在下面详细阐述图 8 所示的保护系统 80 的作用方式。在图 8 中第一导线 11a 例如为了维护目的而被完全断开;断路器 12a 和 12c 的所有极都位于断开的状态。下面涉及替换地也可以完全接通第一导线 11a;然后断路器 12a 和 12c 的所有极都处于闭合状态。中间状态(例如在第一导线 11a 上单极断开的断路器)虽然可能出现,但是不用于下面描述的方法。

[0129] 示例性地假定,在第二导线 11b 的相 C' 与地 82 之间出现在图 1 中通过闪电符号表示的接地短路。保护设备 13b 和 13d 通过以下方式识别所出现的短路,即这些保护设备连续地在各自的测量位置 14b 和 14d 处采集电流和电压测量值并且利用它们首先计算所有现有回路的阻抗,也就是三个导体-导体回路(相 A' 至相 B', 相 A' 至相 C', 相 B' 至相 C') 和三个导体-地回路(相 A' 至地, 相 B' 至地, 相 C' 至地)的阻抗。通过将所确定的阻抗与存储在设备中的触发范围相比较,检查第二导线 11b 上的故障。在存在故障的情况下确定故障类型,也就是说该故障是导体-导体短路还是导体-地短路。此外确定参与该故障的相。此外借助所计算的阻抗可以推断出短路所出现的故障地点。如果出现故障并且所述故障地点出现在第二导线 11b 上,则所涉及的相经由所属的断路器 12b, 12d 与其余的能量供应网分离开来。在图 8 中,示例性地被接地短路所涉及的第二导线 11b 的相 C' 经由断路器 12b 和 12c 的断开显示的触点断开。

[0130] 在图 8 所示的导体-地短路的情况下,短路电流从所涉及的第二导线 11b 的相 C' 经由地 82 反馈到各自的保护设备 13b 和 13d。在此存在的接地阻抗通常没有以高的精度已知,到目前为止必须通过费事的测量(其中导线 11b 必须与其余电网分离开来)或者通过从表中估计或读取来确定,并且作为参数输入各自的保护设备。

[0131] 只要在与第二导线 11b 平行走向的第一导线 11a 中发生电流流动(例如当导线 11a 完全接通时),两个平行导线相互影响,从而在这种情况下还要考虑导线的所谓耦合阻抗。到目前为止耦合阻抗的值只能通过仿真或经验值来估计,或者甚至被完全忽略。但是在忽略耦合阻抗的情况下,就故障定位来说可能出现多达 40% 的不精确。因此下面应当阐述一种使得可以通过简单的方式确定对地阻抗和耦合阻抗的规定值。

[0132] 在相 C' 与地 82 之间的短路所出现的地点应当通过故障地点值 m 说明。为此将根据第二基尔霍夫定律公知的基尔霍夫电压定律应用于在图 8 中示出的网眼 83 和 84, 这些网眼分别存在于短路地点与各自保护设备 13b 或 13d 之间。由此对于第一保护设备 13b 与短路之间的网眼 83 给出以下网眼等式(1):

$$[0133] \quad -\underline{U}_b + \underline{I}_{bL} \cdot m \cdot \underline{Z}_L + \underline{I}_{pE} \cdot m \cdot \underline{Z}_K + \underline{U}_F + \underline{I}_{bE} \cdot m \cdot \underline{Z}_E = 0(1)$$

[0134] 在此这些公式符号(还参见图 8)意思是:

[0135] $\underline{U}_b$: 由保护设备 13b 测量的电压矢量, 该电压矢量说明第二导线 11b 的相 C' 与地 82 之间的电压;

[0136] $\underline{I}_{bL}$: 由保护设备 13b 测量的电流矢量, 该电流矢量说明在第二导线 11b 的相 C' 中流动的电流;

[0137] m: 保护设备 13b 至故障地点的距离, 其涉及导线 11b 的总长度(= 故障地点值);

[0138] $\underline{Z}_L$: 导线 11b 的相 C' 的顺相序系统阻抗;

[0139] $\underline{I}_{pE}$: 由相邻保护设备 13a 测量的接地电流矢量(未在图 8 中示出);

[0140] $\underline{Z}_K$: 说明两个导线 11a 和 11b 之间的影响的耦合阻抗(未在图 8 中示出);

[0141] $\underline{U}_F$: 在故障地点处的电压降;

[0142] $\underline{I}_{bE}$: 由保护设备 13b 测量的接地电流矢量; 以及

[0143] $\underline{Z}_E$: 对地阻抗。

[0144] 对于保护设备 13d 与短路之间的第二网眼 84 可以按照相应的方式提出网眼等式(2):

$$[0145] \quad -\underline{U}_d + \underline{I}_{dL} \cdot (1-m) \cdot \underline{Z}_L + \underline{I}_{pE} \cdot (1-m) \cdot \underline{Z}_K + \underline{U}_F + \underline{I}_{dE} \cdot (1-m) \cdot \underline{Z}_E = 0(2)$$

[0146] 在此, 附加的公式符号(还参见图 8)意思是:

[0147] $\underline{U}_d$: 由保护设备 13d 测量的电压矢量, 该电压矢量说明第二导线 11b 的相 C' 与地 82 之间的电压;

[0148] $\underline{I}_{dL}$: 由保护设备 13d 测量的电流矢量, 该电流矢量说明在第二导线 11b 的相 C' 中流动的电流; 以及

[0149] $\underline{I}_{dE}$: 由保护设备 13d 测量的接地电流矢量。

[0150] 通过使用各自的等式, 保护设备 13b 或 13d 可以确定说明故障地点的故障地点值 m。在已知导线的顺相序阻抗的情况下, 作为附加参数必须存在对地阻抗和耦合阻抗的规定值。

[0151] 如果第一导线 11a 被完全断开(如在图 8 中所示), 则不会通过平行导线发生影响, 从而在这种情况下也不会出现耦合阻抗。因此首先规定, 相邻保护设备 13a 和 13b 或 13c 和 13d 经由通信连接 15 交换运行状态信号, 所述运行状态信号分别说明相邻的导线 11a 或 11b 是完全接通还是完全断开。如果保护设备 13b 接收说明第一导线 11a 完全断开的运行状态信号, 则可以计算对地阻抗的规定值。在这种情况下不存在耦合阻抗, 并且上述等式(1)和(2)相应地简化为:

$$[0152] \quad -\underline{U}_b + \underline{I}_{bL} \cdot m \cdot \underline{Z}_L + \underline{U}_F + \underline{I}_{bE} \cdot m \cdot \underline{Z}_E = 0(3)$$

[0153] 或

$$[0154] \quad -\underline{U}_d + \underline{I}_{dL} \cdot (1-m) \cdot \underline{Z}_L + \underline{U}_F + \underline{I}_{dE} \cdot (1-m) \cdot \underline{Z}_E = 0(4)$$

[0155] 在导线的顺相序系统阻抗已知的情况下, 在这种情况下除了故障地点值 m 之外对

地阻抗是唯一的未知数。

[0156] 在保护设备 13b 和 13d 的第一次启动时,作为对地阻抗的参数的起始值例如可以使用从经验值中推导出的规定值。由此为了确定可能的起始值,例如可以采用经验值,使得电气能量传输导线的零序系统阻抗与顺相序系统阻抗之间的实部之比和虚部之比通常大致在 1 附近。由此可以估计对地阻抗的规定值,该规定值虽然精度不高,但是无论如何都保证保护设备的效能。

[0157] 在第二导线 11b 的相 C' 上出现接地短路的情况下,首先所涉及的相 C' 与其余的电气能量供应网经由断路器 12b 和 12d 隔离。

[0158] 在成功地断开所涉及的相 C' 之后,在接地短路期间所记录的以及在处于第二导线 11b 的两个端部处的保护设备 13b, 13d 的内部数据存储器中存储的电流和电压测量值经由另一个通信连接 81 在保护设备 13b 和 13d 之间传输。在此,可以发生单向传输,其中例如由保护设备 13d 记录的电流和电压测量值被传输给保护设备 13b。替换的还可以发生双向传输,其中两个保护设备 13b 和 13d 将其电流和电压测量值分别传输给另一个保护设备。由于接地短路在该时刻已经被断开,则各自电流和电压测量值的传输可以在任意长的时间内进行,从而对于通信连接 81 来说具有比较小的数据传输容量的连接就足以。

[0159] 接着,利用在接地短路期间记录的自己的电流和电压测量值以及从导线 11b 的另一个端部记录的电流和电压测量值,可以由一个或多个保护设备 13b, 13d 执行所谓的两侧故障定位算法,利用该故障定位算法可以非常精确地确定接地短路所出现的故障地点。为此已知现有技术中的多种可能的故障定位方法,例如可以使用在德国专利文献 DE4441334C1 中描述的两侧故障定位方法。通过使用这样的两侧故障定位算法,可以精确地确定故障地点值 m , 其说明接地短路的涉及总导体长度的故障地点:

$$[0160] \quad m = \frac{l_{b-F}}{l_{ges}} \quad (5)$$

[0161] 在此:

[0162] l_{b-F} :表示从测量地点 14b 至故障地点的导线片段的距离;

[0163] l_{ges} :表示整个导线 11b 的长度。

[0164] 应用这样的两侧故障定位算法的优点尤其在于,该两侧故障定位算法采用导线 11b 的两个端部的电流和电压测量值并因此可以在不知道对地阻抗的情况下执行。

[0165] 接着,利用经由两侧故障定位算法确定的故障地点值 m 可以在其中存在两个端部的电流测量值的那个保护设备中(也就是在单向传输时在一个保护设备中以及在双向传输时在两个保护设备中)通过应用相应的网眼等式(3)或(4)确定对地阻抗的值,该值与经由两侧故障定位算法计算的故障地点值 m 匹配。

[0166] 换句话说,在此计算以下对地阻抗,该对地阻抗在应用单侧故障定位的情况下仅通过保护设备 13b, 13d 之一给出与在两侧故障定位计算的情况下相同的故障地点。

[0167] 为此例如转换用于保护设备 13b 的等式(3),使得得出以下等式:

$$[0168] \quad Z_E = \frac{U_b - I_{bL} \cdot m \cdot Z_L - U_F}{m \cdot I_{bE}} \quad (6)$$

[0169] 相应地通过转换用于另一个保护设备 13d 的等式(4)确定以下等式作为对地阻抗的计算等式:

$$[0170] \quad \underline{Z}_E = \frac{\underline{U}_d - \underline{I}_{dL} \cdot (1-m) \cdot \underline{Z}_L - \underline{U}_F}{(1-m) \cdot \underline{I}_{dE}} \quad (7)$$

[0171] 几种用于两侧故障定位的方法,例如在所述专利文献 DE4441334C1 中描述的两侧故障定位方法,还提供在故障地点处的电压降的值 $\underline{U}_F$ 作为结果,从而该值可以直接被用在各自的计算等式(6)或(7)中。如果故障地点处的电压降 $\underline{U}_F$ 未知,则该电压降也可以被忽略并且被置为 0 而不会对最终结果产生大的影响。

[0172] 由于在平行导线断开的情况下 – 也就是在没有通过耦合阻抗的影响的情况下 – 等式(3)或(4)所需要的其余值通过测量或者做为导线参数已知,则可以毫无问题地确定对地阻抗 $\underline{Z}_E$ 。通过这种方式计算的对地阻抗在下面可以用作保护设备 13b 和 13d 中的参数“对地阻抗”的规定值。

[0173] 如果通过所描述的方式用高的精度确定对地阻抗的规定值,则可以在随后的接地短路时(该接地短路在平行导线完全接通时(在图 8 中未示出)出现)可以确定耦合阻抗的规定值。因此如果保护设备 13b 在接地短路期间从其相邻保护设备 13a 接收到说明第一导线 11a 完全接通的运行状态信号,则按照上面描述的方式利用在接地短路期间采集的、来自两个导线的两端的电流和电压测量值执行两侧故障定位方法,以确定故障地点值 m 。然后通过使用故障地点值 m 和已经确定的对地阻抗的值,可以在转换了等式(1)之后计算出耦合阻抗的值:

$$[0174] \quad \underline{Z}_K = \frac{\underline{U}_b - \underline{U}_F}{m \cdot \underline{I}_{PE}} - \frac{\underline{I}_{bL} \cdot \underline{Z}_L + \underline{I}_{bE} \cdot \underline{Z}_E}{\underline{I}_{PE}} \quad (8)$$

[0175] 为此只需要将由相邻保护设备 13a 采集的接地电流 $\underline{I}_{PE}$ 经由通信连接 15 传输到保护设备 13b。

[0176] 相应地可以通过转换针对另一个保护设备 13d 的等式(2)确定用于耦合阻抗的计算等式。

[0177] 如果还没有确定对地阻抗的精确值,例如由于平行导线到目前为止还未在第二导线 11b 上的接地电流期间断开,则在接地短路期间在第二导线 11b 的两端处采集的电流和电压测量值也可以存储起来以用于稍后确定耦合阻抗。然后在稍后的时刻当存在对地阻抗的精确规定值时确定耦合阻抗。

[0178] 如果在两个保护设备 13b 和 13d 中计算对地阻抗和耦合阻抗的规定值,则可以将对地阻抗或耦合阻抗的两个结果相互比较。如果在各自结果之间出现大的偏差,则可以规定由于这些结果的不可靠而丢弃所计算的规定值并且不用做用于保护设备 13b 和 13d 的参数。

[0179] 此外可以规定,首先通过等待若干接地短路多次执行用于计算对地阻抗和耦合阻抗的规定值的方法,然后由多个所计算的规定值形成平均值。然后在这种情况下将各自的平均值用作用于保护设备 13b 和 13d 的新规定值。

[0180] 所描述的方法的特殊优点在于,计算对地阻抗和耦合阻抗的规定值不是时间要求严格地执行,也就是首先进行对各自断路器 12b, 12d 的触发以便从电气能量供应网中分离出故障,并且此后才依据接地短路期间的平行导线状态进行各自规定值的计算。由此对另一个通信连接 81 的要求被保持得比较低,因为保护设备 13b 和 13d 之间的传输时间不起作用。

[0181] 保护设备 13b 和 13d 例如可以按照非同步的方式记录电流和电压测量值。在这种情况下,作为两侧故障定位的算法必须采用这样的算法,该算法可以说将导线 11b 的两端的电流和电压测量值事后同步并且然后计算出故障地点值 m 。在这样的方法中,通常在保护设备之间必须存在连续的通信连接。

[0182] 但是还可以规定,保护设备 13b 和 13d 按照时间同步的方式记录其电流和电压测量值,也就是说在两个保护设备中同步地进行采样。为此,保护设备 13b 和 13d 分别包括内部的时间戳装置 27 (参见图 2),所述时间戳装置经由外部定时器相互同步。作为外部定时器例如可以采用按照规则的间隔(例如以秒为间隔)发送从中可以提取出绝对时间信号的信号的 GPS 卫星。保护设备将它们的时间戳装置 27 与外部定时器同步,其方式是保护设备接收 GPS 信号并且借助未示出的 GPS 接收组件从 GPS 信号提取出时间信号。代替 GPS 信号也可以使用任意的其它外部产生的时间信号。向电流和电压测量值分配时间戳,该时间戳以微秒为单位精确说明这些电流和电压测量值的采集时刻,从而可以按照简单的方式为两侧故障定位方法分配导线 11b 的两端的相互所属的电流和电压测量值。时间戳与各自的电流和电压测量值一起在保护设备 13b 和 13d 之间传输。在这样的设置了时间戳的电流和电压测量值的情况下,在保护设备之间仅临时存在通信连接就足以。如果在保护设备之间不存在通信连接,则在这种情况下也可以手动地用数据载体在保护设备之间传送电流和电压测量值。

[0183] 利用通过所描述的方式精确确定的对地阻抗和耦合阻抗的值,可以非常精确地进行单侧故障定位。除了可靠区分内部故障和外部故障以及精确说明导线上的故障位置以及与此关联的小的手动故障位置搜寻耗费的优点之外,精确说明故障地点还可以用于控制在混合导线情况下的自动重合闸,所述混合导线部分实施为架空线以及部分实施为电缆。这将借助图 9 详细阐述。

[0184] 图 9 在高度示意性的图示中示出以混合导线的形式实施的导线 11b。未示出与此平行走向的另一个导线(例如导线 11a,参见例如图 8)。导线 11b 的第一部分 91 实施为架空线,其中平行导线经由共同的架空线线杆引导。相反,第二部分 92 实施为地下电缆。

[0185] 电气能量供应网的架空线上的很多故障仅临时存在,因为它们例如通过与动物或植物的接触引起。因此这样的故障通常在短的断开阶段之后就已经被消除。保护设备的制造商通过具有名称“自动重合闸”或“短暂中断”的功能考虑这种发现。在此,由于故障而断开的断路器在短的等待时间(例如大约 1s)之后自动重新闭合。如果故障在该等待时间内被清除,则可以接着重新运行该导线。但是如果该故障仍然存在,则各自的保护设备重新识别该故障并且重新断开断路器。

[0186] 该措施可用于架空线,因为在架空线上可能出现临时的故障,但是不是用于在故障情况下必须假定存在进一步的干扰(例如对绝缘的破坏)的地下电缆。因此,自动重合闸只允许在架空线的情况下发生,但是不允许在电缆的情况下发生。

[0187] 通过精确说明故障地点,还可以在如图 9 中示出的导线 11b 的混合导线情况下可靠地区分架空线部分 91 上的故障和电缆部分 92 上的故障。为此在导线 11b 的两端处的仅示意出的测量位置 14b 和 14d 上设置执行距离保护功能的保护设备 13b, 13d (例如参见图 8),在所述测量位置上例如具有能量供应网的分站。这些保护设备可以通过两侧故障定位或通过单侧故障定位用精确确定的对地阻抗和耦合阻抗的参数确定导线 11b 上的故障地

点。

[0188] 优选的,只要两个测量位置 14b 和 14d 处的保护设备之间的通信连接一直存在就执行两侧故障定位。相反如果该连接受到干扰,则也可以利用单侧方法用精确的对地阻抗和耦合阻抗的参数确定故障地点。

[0189] 通过精确地说明故障地点,可以推断故障精确地位于导线 11b 上的何处。如果该故障位于架空线部分 91 上,则可以在保护设备 13b,13d 中激活自动重合闸功能。相反,如果故障位于电缆部分 92 上,则阻止或去活该自动重合闸功能,以便不会由于电流被重新接通到存在的故障而产生附加的损坏或危险。

[0190] 图 10 示出用于平行导线的保护系统 100 的另一个实施例,利用该保护系统执行对所谓的“系统间故障”的识别,也就是两个导线 11a 和 11b 分别有至少一个相参与的故障。在图 10 中示例性示出在第一导线 11a 的相 C 与第二导线 11b 的相 A' 之间的系统间故障。但是系统间故障也可以涉及多于两个相(例如第一导线 11a 的相 A 和 B 以及第二导线 11b 的相 C')。

[0191] 通常,保护设备 13a 和 13b 的距离保护功能的主保护算法执行在各自测量位置 14a 或 14b 处的电流和电压测量并且从中对各自的基本回路确定回路阻抗。因此,保护设备 13a 借助在第一导线的测量位置 14a 处记录的电流和电压测量值计算出第一导线 11a 的以下导体-导体回路的回路阻抗:

[0192] - 相 A-相 B (A-B),

[0193] - 相 A-相 C (A-C),

[0194] - 相 B-相 C (B-C)。

[0195] 此外确定第一导线 11a 的以下导体-地回路的回路阻抗:

[0196] - 相 A-地(A-E),

[0197] - 相 B-地(B-E),

[0198] - 相 C-地(C-E)。

[0199] 从这些基本回路阻抗中也可以通过组合推断出复杂的回路,例如导体-导体-地回路(例如 A-B-E, A-C-E, B-C-E, A-B-C-E)或 3 导体回路(A-B-C)。各个回路的回路阻抗相互比较或者与阈值(例如数值阈值或复数平面中的激励范围)比较,并且例如当回路阻抗低于各自阈值或者一个回路阻抗明显小于其它回路阻抗时,可以对故障的存在做出选择的(也就是涉及各自相的)判断。

[0200] 对于第二导线 11b 处的相邻保护设备 13b,可以借助在测量位置 14b 处采集的电流和电压测量值相应于在第一导线 11a 情况下的措施确定以下回路的基本回路阻抗:

[0201] - 相 A' -相 B' (A' -B'),

[0202] - 相 A' -相 C' (A' -C'),

[0203] - 相 B' -相 C' (B' -C'),

[0204] - 相 A' -地(A' -E),

[0205] - 相 B' -地(B' -E),

[0206] - 相 C' -地(C' -E)。

[0207] 从中可以对第二导线 11b 针对被故障所涉及的回路做出选择性的判断。

[0208] 在平行导线的情况下,尤其是在分布于相同的架空线线杆的架空线的情况下,除

了分别仅涉及两个导线之一的故障之外还通过两个导线 11a 和 11b 的相之间的非故意的电气连接而出现系统间故障,所述相应当尽可能被选择性地断开,也就是只有被该故障所涉及的相应当被断开。因此在图 10 所示的系统间故障 C-A' 的情况下,应当仅断开第一导线 11a 的相 C 以及第二导线 11b 的相 A'。其余的相不被所述故障所涉及,并且因此可以毫无危险地继续运行,由此保持电气能量供应网的稳定性。

[0209] 只要两个相邻的保护设备 13a 和 13b 分别仅将它们自己导线 11a 或 11b 的测量值用于计算回路阻抗,这样的系统间故障就不能被正确识别出,从而存在三极断开(而不是在两个导线 11a 和 11b 上分别选择性的单极断开)的危险。

[0210] 因此,在根据图 10 的实施例中在保护设备 13a 和 13b 之间经由通信连接 15 连续地至少交换所有相的电流测量值,从而向保护设备 13a 除了其自己的、在测量位置 14a 处采集的相 A, B, C 的电流和电压测量值之外还提供由相邻保护设备 13b 在测量位置 14b 处采集的相 A', B', C' 的电流测量值,反之亦然。由于两个导线 11a 和 11b 通常由同一个母线馈电,因此在测量位置 14a 和 14b 处采集的电压对两个导线 11a 和 11b 都是一致的,从而传输这些电流测量值就足以。但是替换的,还可以附加地经由通信连接 15 分别传输另一个保护设备的精确的电压测量值。

[0211] 因此,利用从相邻保护设备 13b 接收的电流测量值和必要时的电压测量值,保护设备 13a 可以除了自己的相的六个基本回路阻抗还确定以下系统间故障回路的基本回路阻抗:

[0212] - 相 A-相 A' (A-A'),

[0213] - 相 A-相 B' (A-B'),

[0214] - 相 A-相 C' (A-C'),

[0215] - 相 B-相 A' (B-A'),

[0216] - 相 B-相 B' (B-B'),

[0217] - 相 B-相 C' (B-C'),

[0218] - 相 C-相 A' (C-A'),

[0219] - 相 C-相 B' (C-B'),

[0220] - 相 C-相 C' (C-C')。

[0221] 相应地,保护设备 13b 利用从保护设备 13a 接收的电流和电压测量值除了自己的相的六个基本回路阻抗还确定以下系统间故障回路的基本回路阻抗:

[0222] - 相 A' - 相 A (A' -A),

[0223] - 相 A' - 相 B (A' -B),

[0224] - 相 A' - 相 C (A' -C),

[0225] - 相 B' - 相 A (B' -A),

[0226] - 相 B' - 相 B (B' -B),

[0227] - 相 B' - 相 C (B' -C),

[0228] - 相 C' - 相 A (C' -A),

[0229] - 相 C' - 相 B (C' -B),

[0230] - 相 C' - 相 C (C' -C)。

[0231] 由于通常通过母线已经将两个导线 11a 和 11b 的相同相(例如相 A 和 A')电气耦

合,因此对相应故障回路的计算是多余的。但是可以给出其中计算这些故障回路也是合适的情况(例如中断的母线)。

[0232] 通过计算所有基本回路阻抗,两个保护设备 13a,13b 现在也能够识别系统间故障并且选择性地断开系统间故障。

[0233] 在优选的实施例中,在保护设备中存在的通信监视装置 32(参见图 3)在通信连接 15 中断或者通信受到干扰的情况下识别出该失效并且输出相应的失效信号。由此保护设备被促使不使用其中还检查系统间故障回路的主保护算法而使用其中仅检查自己的故障回路的替代保护算法。由此一方面节省计算功率,其方式是不再检查由于缺乏平行导线的测量值而不完整的系统间故障回路。此外,如果根据该检查清除了系统间故障回路,则可靠地避免由于缺乏平行导线的测量值而造成的误判断。

[0234] 最后图 11 示出保护系统 110 的实施例,该保护系统被设计为识别其中两个导线 11a 和 11b 都参与的双接地误差。这样的故障也称为跨线故障。为此在图 11 中仅示例性地示出涉及第一导线 11a 的相 C 和第二导线 11b 的相 A' 的接地故障。

[0235] 这样的双接地故障、也就是在两个平行导线上同时(或者至少近似同时)出现的单个接地故障(也就是在各个相与地之间出现短路的接地故障)可以在各自的保护设备 13a 和 13b 中确定不同回路的阻抗的情况下通过耦合效应产生不精确的结果,从不精确的结果中各个保护设备 13a 和 13b 可能错误地推断它们自己导线的多相接地,这可能导致多极断开。

[0236] 为了尽管如此还能选择性地识别分别被接地故障所涉及的相,在根据图 11 的保护系统 110 中经由通信连接 15 交换测量值,尤其是在保护设备 13a 和 13b 的测量位置 14a 和 14b 处记录的电流值。借助自己接收的以及分别从另一个保护设备 13a 和 13b 接收的测量值,各个保护设备 13a 和 13b 的保护功能可以检查是出现仅涉及两个导线之一 11a 或 11b 的还是涉及两个导线 11a 和 11b 的表明故障状态的测量值。例如,为此将涉及相 A, B, C, A', B', C' 的电流测量值分别相互比较或者与特定的阈值比较,以通过比较高的流动电流推断出在两个导线的各个相中存在故障。如果同时相应的、针对被这样的过高电流所涉及的相的阻抗矢量位于触发范围内,则可以由保护设备 13a 和 13b 分别向相应的断路器 12a 和 12b 发送触发信号,以促使断路器断开被接地短路所涉及的相。

[0237] 在所示出的示例中,至少有故障的相 C 和 A' 的阻抗矢量位于各自的触发范围内;由于耦合效应,其余的、未被故障所涉及的相的其它阻抗矢量也可能位于各自的触发范围内。但是由于对本身的以及分别另一个导线 11a 或 11b 的各个相电流的观察,保护设备 13a 或 13b 可以推断出必定存在涉及两个导线 11a 和 11b 的接地短路,因为相 C 和 A' 中的相电流明显过高。通过这种方式可以促使仅对所涉及的相 C 和 A' 选择性地断开,而无需不必要地完全断开一个或两个导线。

[0238] 涉及图 4 至 11 所描述的不同保护功能的各个实施例可以单独或以任意组合在保护设备中使用,从而可以实现对平行导线的全面的保护。

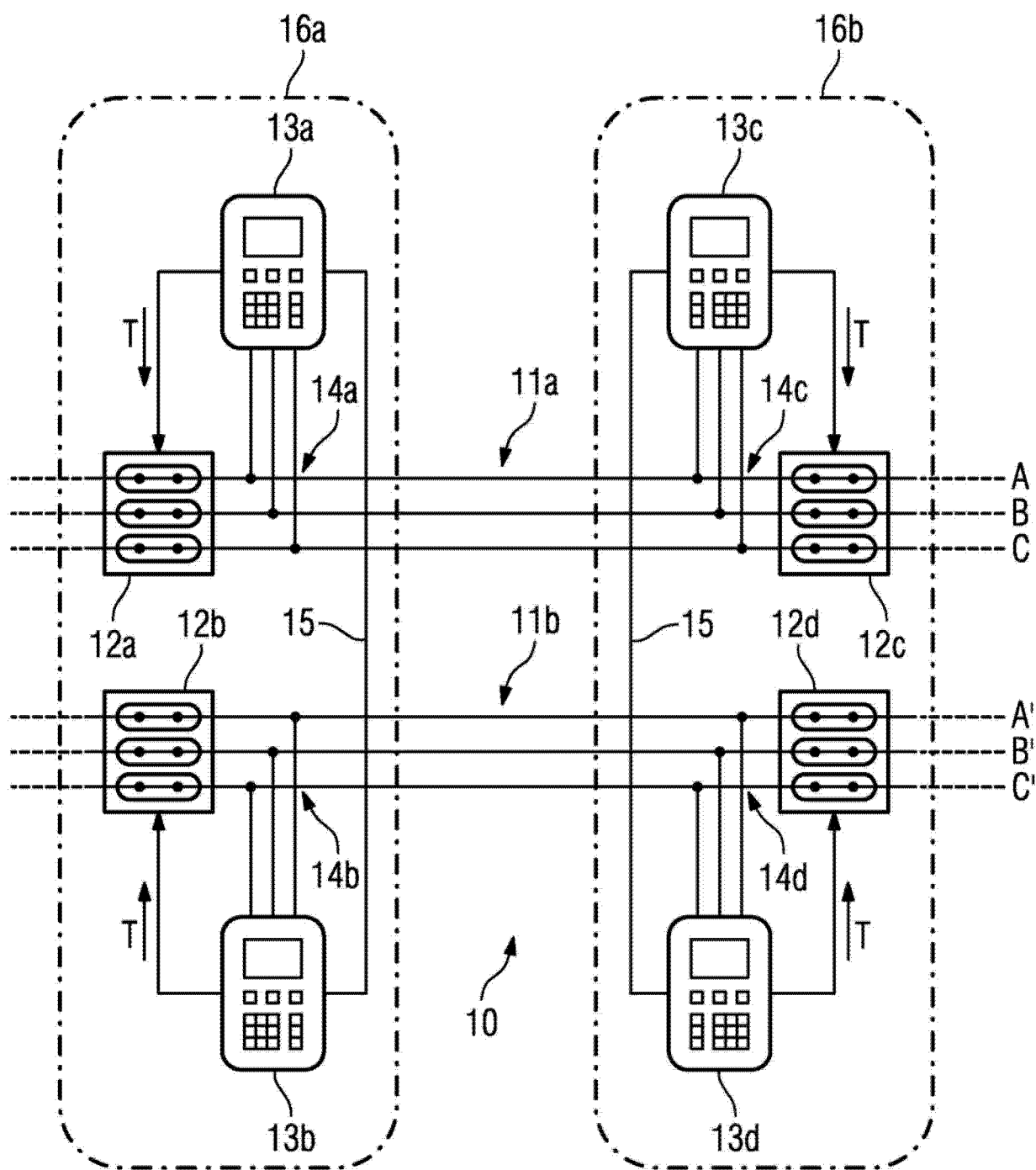


图 1

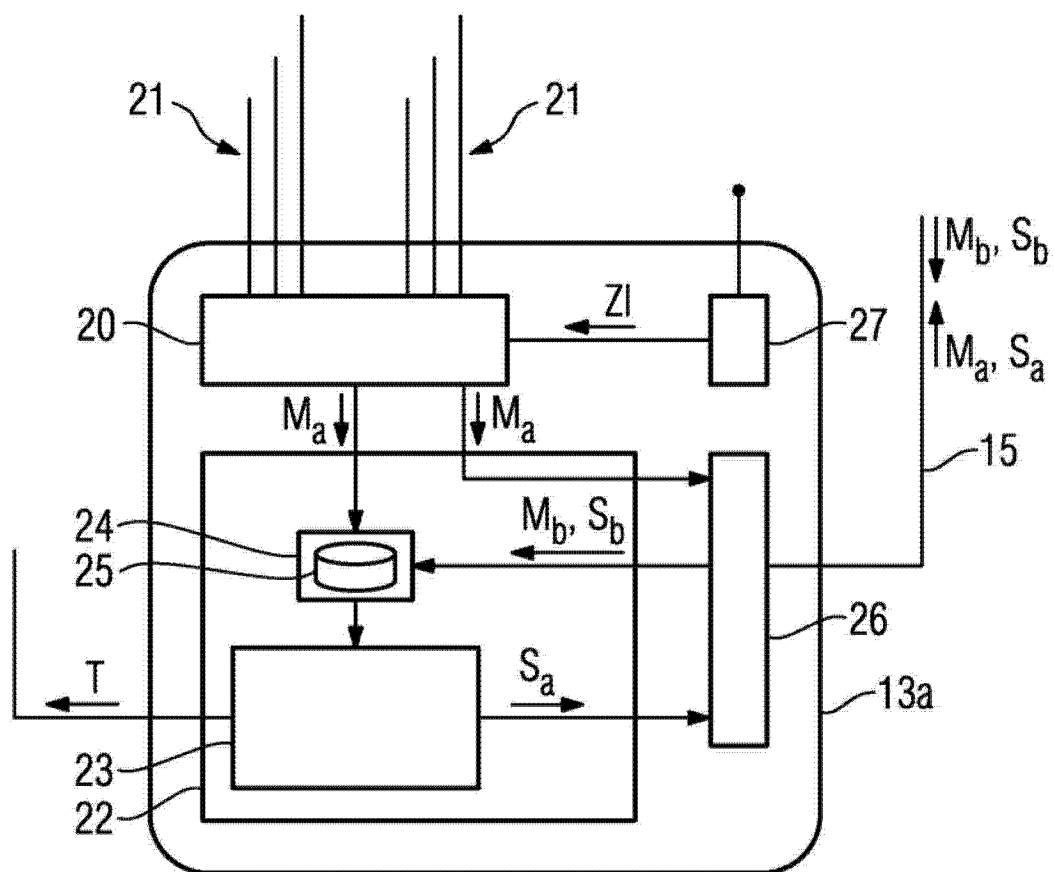


图 2

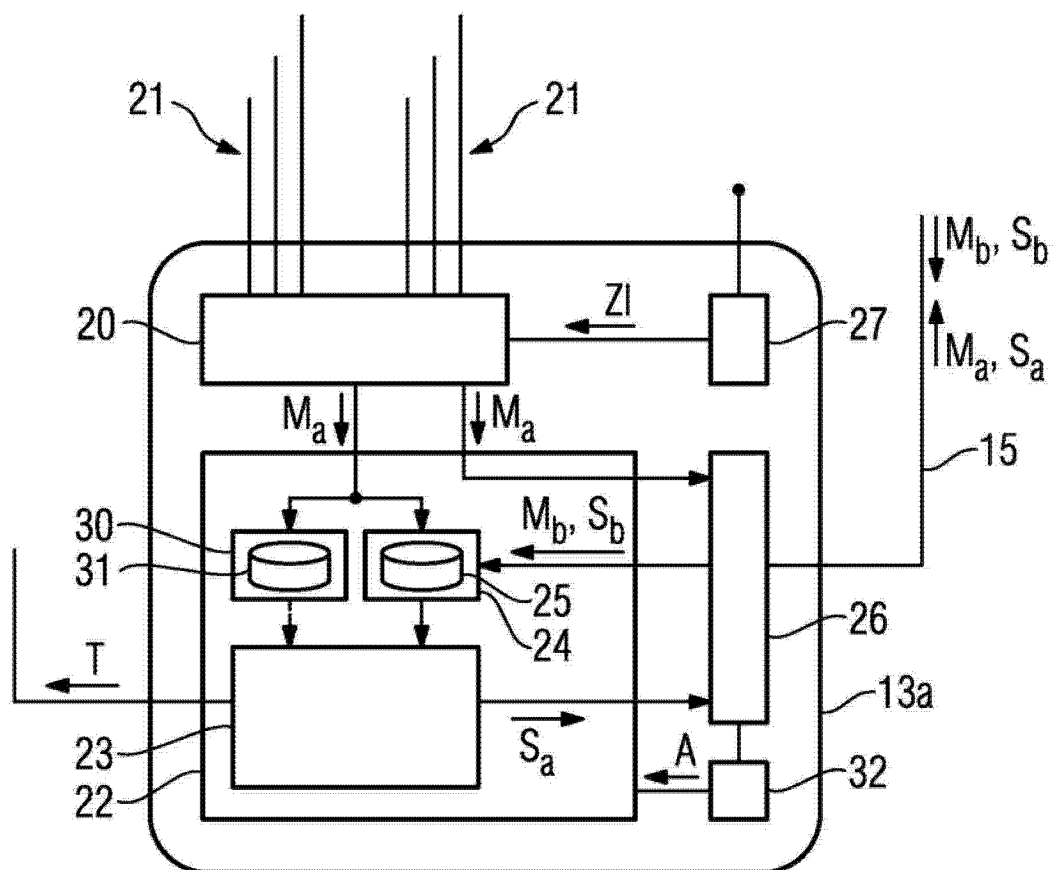


图 3

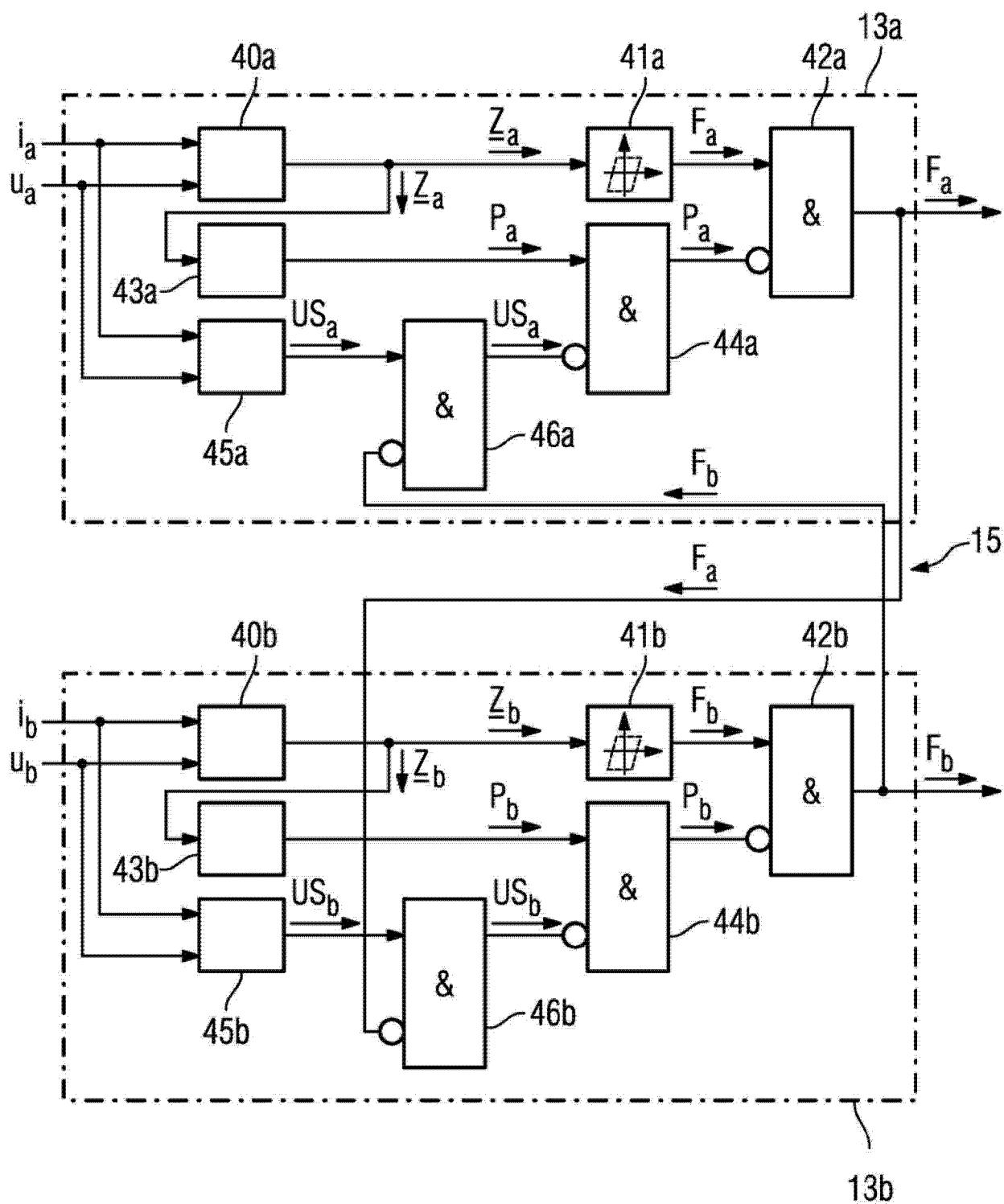


图 4

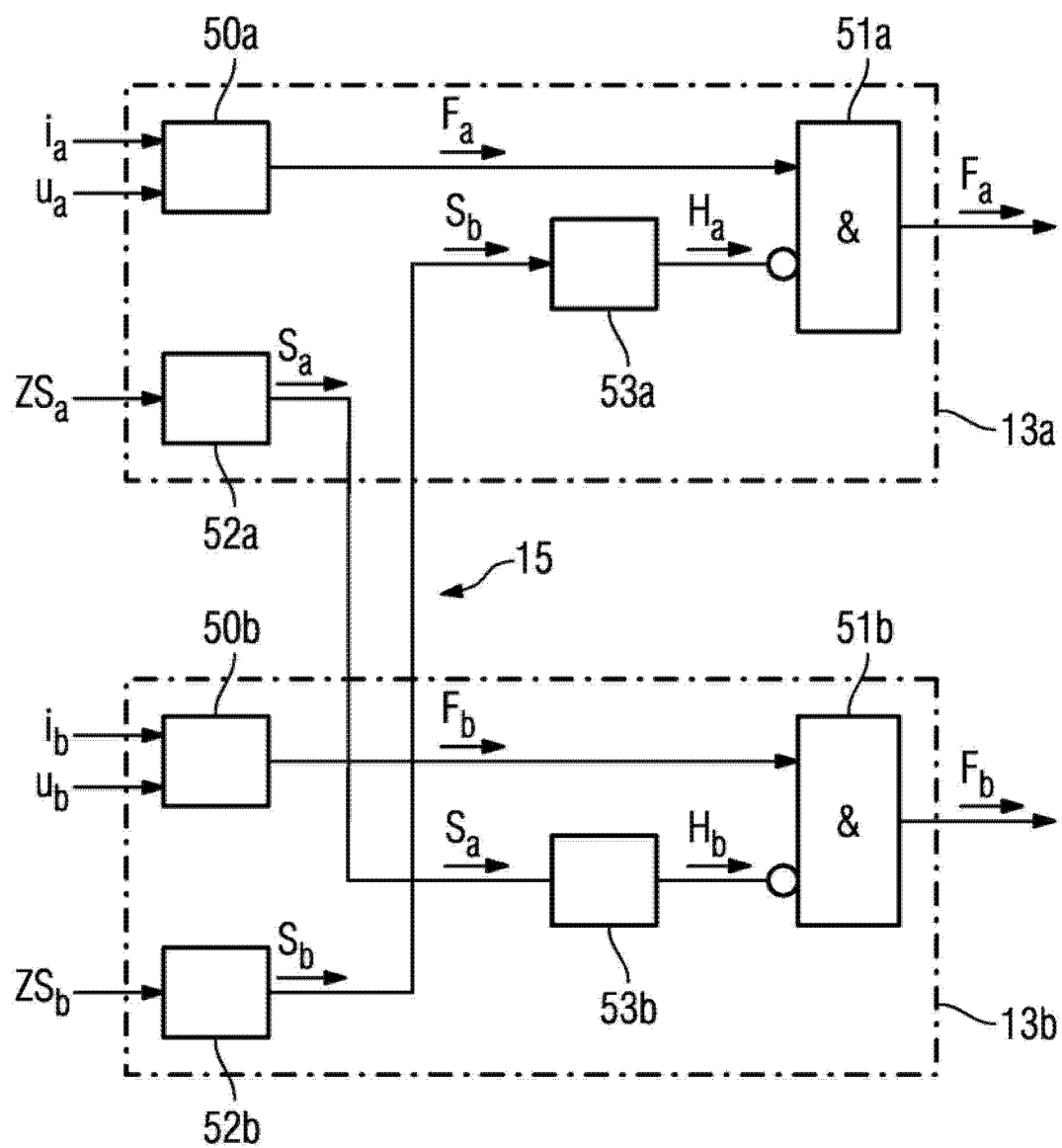


图 5

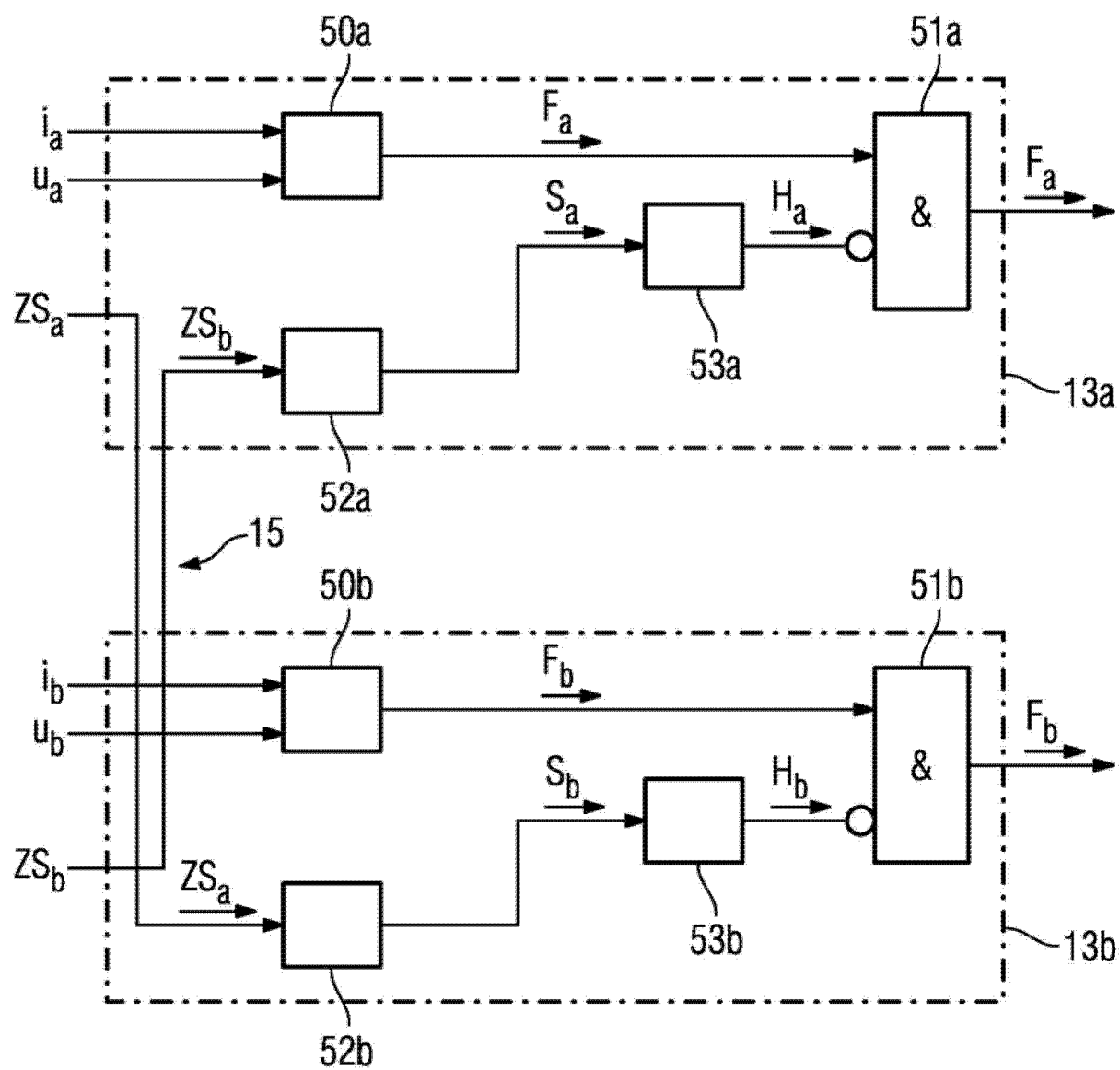


图 6

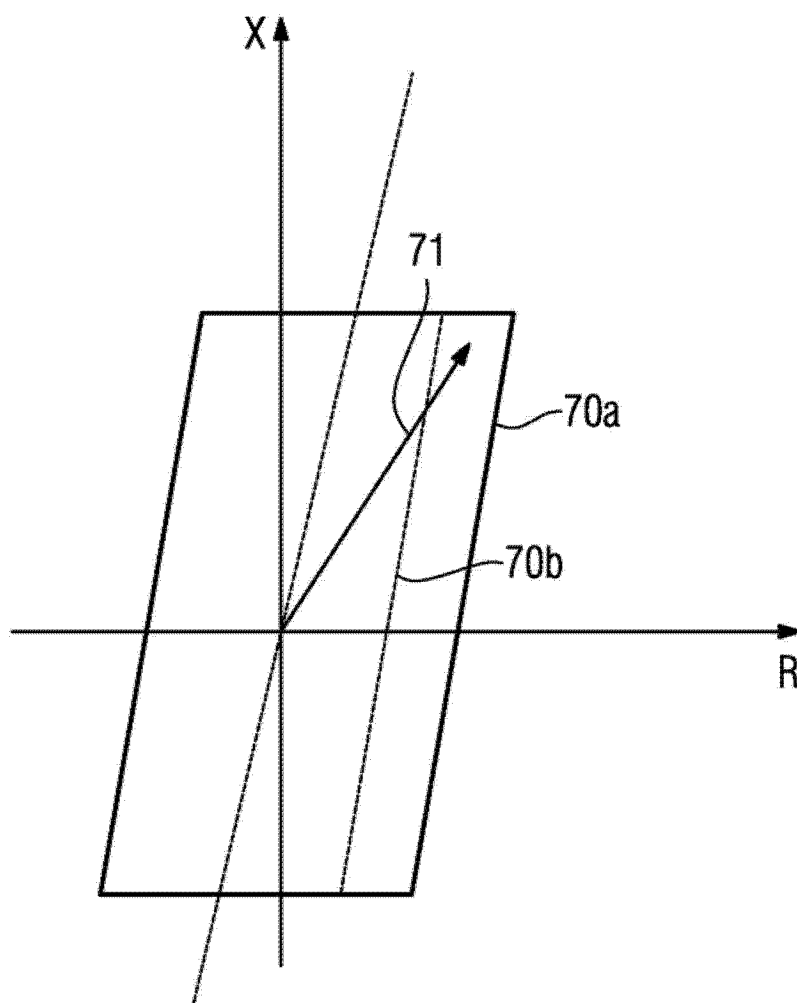


图 7

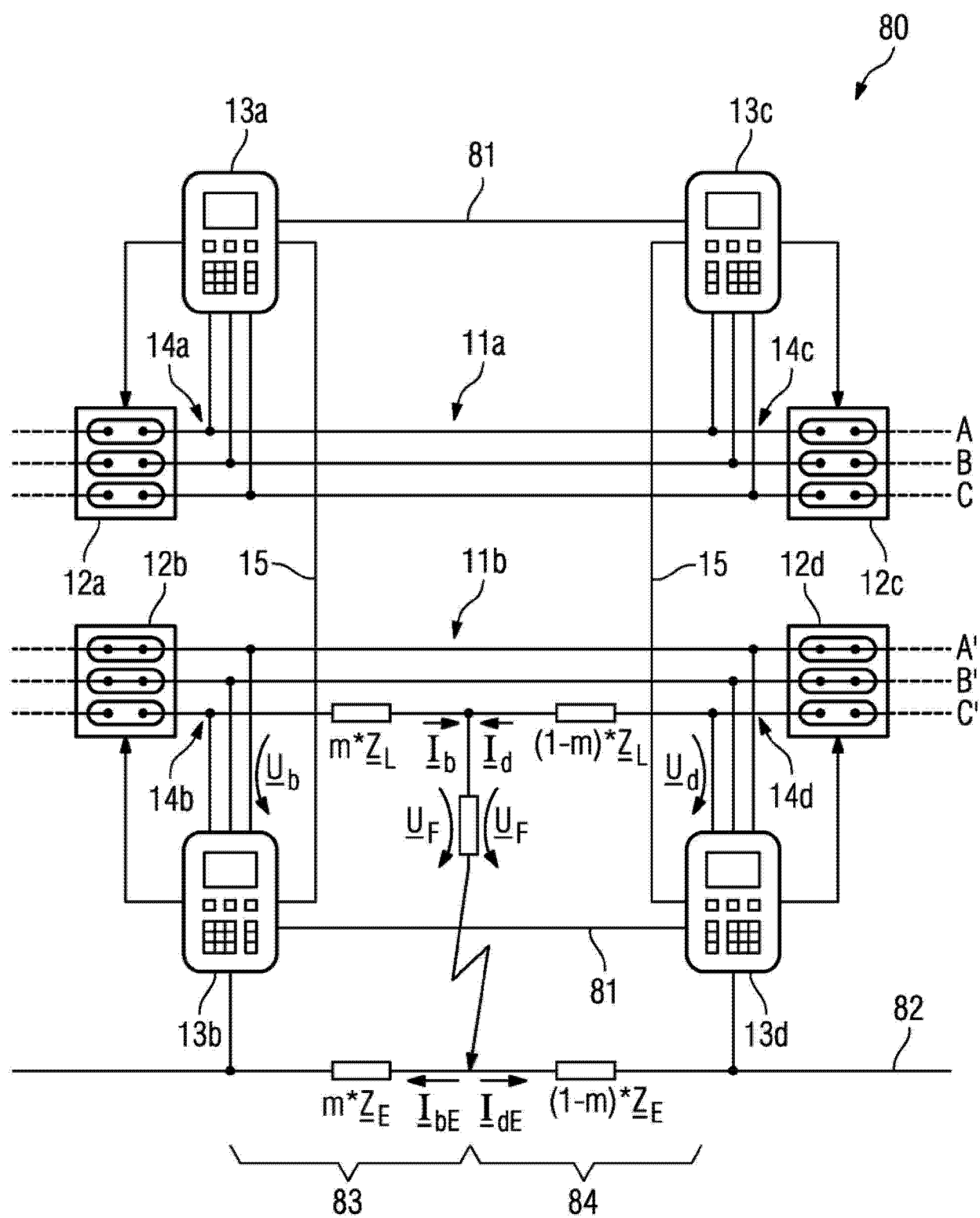


图 8

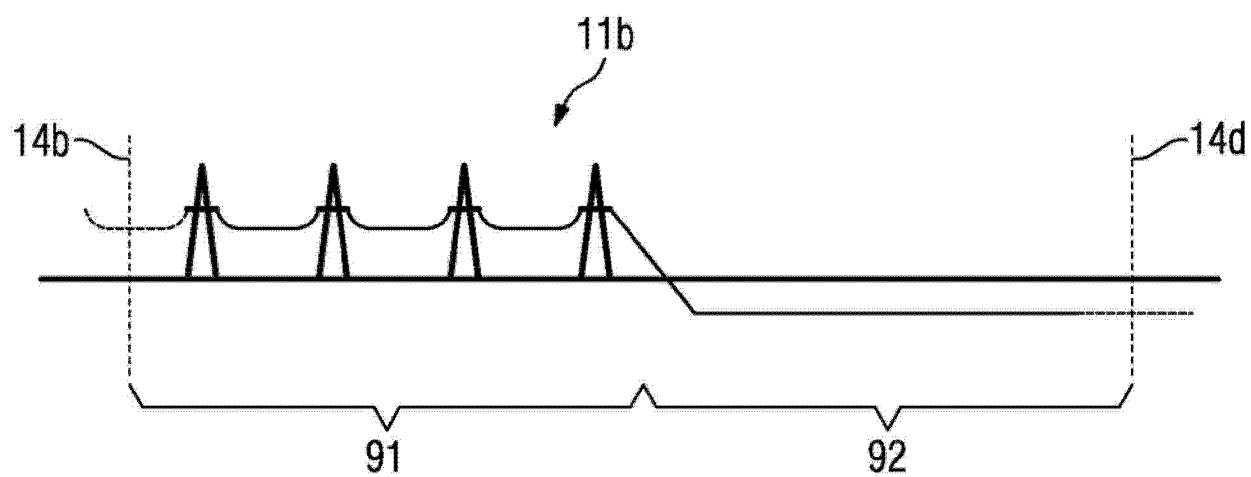


图 9

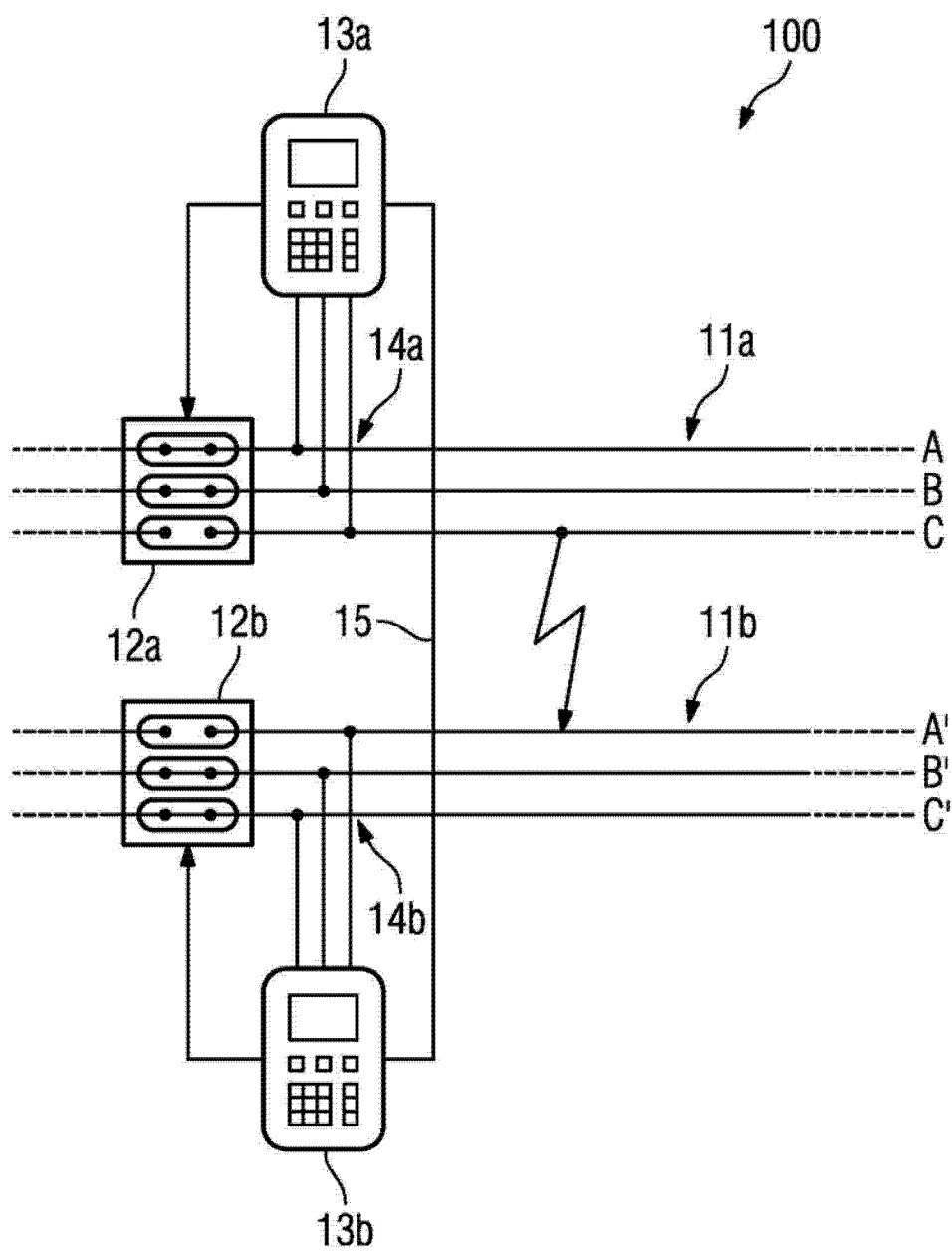


图 10

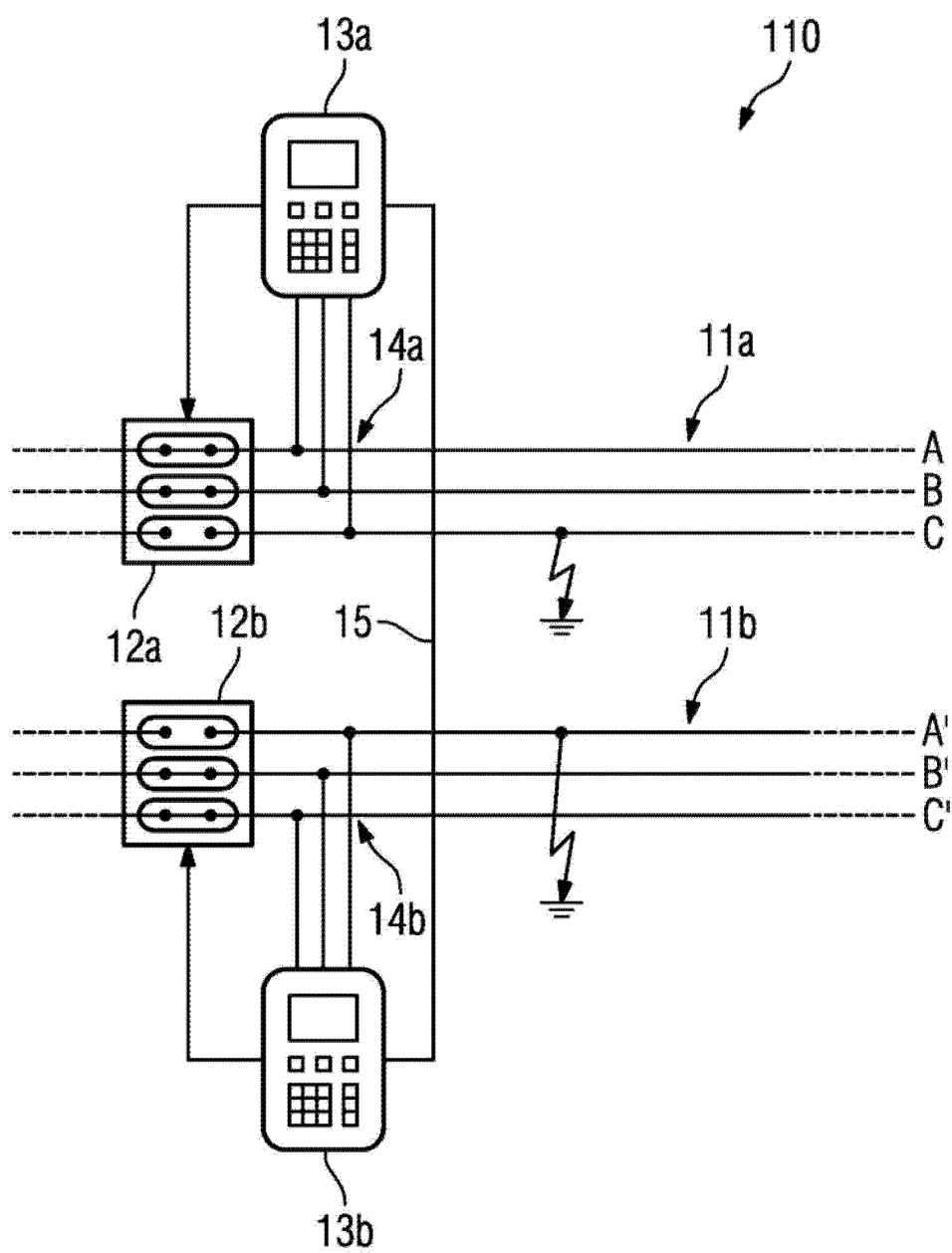


图 11