



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104198884 B

(45) 授权公告日 2015.04.08

(21) 申请号 201410382398.X

CN 101820185 A, 2010.09.01, 全文.

(22) 申请日 2014.08.06

US 20120089262 A1, 2012.04.12, 全文.

(73) 专利权人 国网山东省电力公司

CN 103278743 A, 2013.09.04, 全文.

地址 250001 山东省济南市经二路 150 号

CN 103675600 A, 2014.03.26, 全文.

专利权人 山东山大电力技术有限公司
国家电网公司

CN 203551675 U, 2014.04.16, 全文.

(72) 发明人 李乃永 梁军 李磊 唐毅
李欣唐 赵传刚

CN 103837795 A, 2014.06.04, 全文.

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221

曹斌. 基于 DS 证据理论的电网故障诊断系统的研究. 《工矿自动化》. 2011, (第 6 期), 53-55.

代理人 张勇

审查员 时鹏

(51) Int. Cl.

G01R 31/08(2006.01)

(56) 对比文件

CN 201191763 Y, 2009.02.04, 说明书及附图.

CN 101409442 A, 2009.04.15, 全文.

CN 101097653 A, 2008.01.02, 全文.

CN 201438212 U, 2010.04.14, 全文.

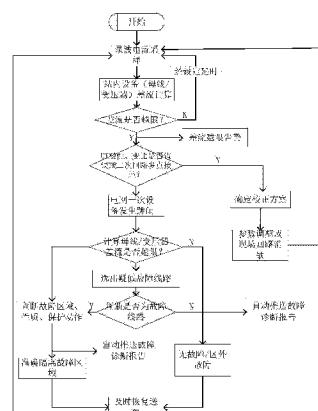
权利要求书3页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

基于差动原理的大规模电网智能故障诊断方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于差动原理的大规模电网智能故障诊断方法，包括：故障录波采样；电网正常运行时，以输变电设备为单元进行相电流差动值计算；电网发生故障时，根据故障录波器传送的故障数据，分别以电网独立设备为计算单元，进行电网设备一次电流的差流计算；将差流值与差流整定值进行比较，判断是否越限。本发明有益效果：本发明利用差动原理准确快速定位故障位置，并在主接线图上自动推送诊断结果，具有适用范围广、判断准确、诊断结果自动推送、不受系统运行方式和系统振荡等因素影响等优势。



1. 一种基于差动原理的大规模电网智能故障诊断方法,其特征是,包括以下步骤:

步骤 1: 以设定时间间隔自动召唤故障录波采样;

步骤 2: 电网正常运行时,以输变电设备为单元进行相电流差动值计算;如果差流计算值低于差动电流启动定值,则返回步骤 1;如果差流计算值大于对应设备的差动电流启动定值,则转至步骤 3;

步骤 3: 通过远程调整故障录波器参数,或者现场检查故障录波器是否已全部接入参与差流计算的设备及电流回路是否存在多点接地问题并及时进行消缺,直至差流计算值低于差动电流启动定值;

步骤 4: 电网发生故障时,根据故障录波器传送的故障数据,分别以电网独立设备为计算单元,进行电网设备相电流的差流计算;所述电网独立设备包括:母线设备、变压器设备和输电线路;

对于输电线路故障,首先对输电线路进行故障初选,筛选出疑似故障线路,然后计算疑似故障线路的差流值;

步骤 5: 将差流值与差流整定值进行比较,如果差流值越限,则判断发生故障,同时定位故障位置并确定保护动作;如果差流值不越限,则判断无故障或区外故障;两种情况下均自动推送故障诊断报告;

所述步骤 4 中,输电线路进行故障初选的方法包括:支路电流相位比较法和综合方向元件辨识法;

所述支路电流相位比较法为:

首先判断是否为疑似母线故障,如果不是疑似母线故障,则判断各支路电流的相位,通过相位比较,判断疑似故障支路;

所述综合方向元件辨识法为:

对于非对称性故障,根据不同的故障类型,通过判断零序方向元件和负序方向元件方向,判断线路是否为疑似故障线路;

对于对称性故障,采用阻抗方向元件进行疑似故障线路辨识。

2. 如权利要求 1 所述的一种基于差动原理的大规模电网智能故障诊断方法,其特征是,所述步骤 4 中,输电线路进行故障初选的方法为支路电流相位比较法:

对于线路支路数量 ≥ 3 ,两条母线并列运行的情况:

(1) 若母线差流值大于 A,且差流值 / 制动电流值大于 B,则为母线故障;其中,A 和 B 均为动作整定值,为设定值;

(2) 若不满足 (1),则为线路支路故障或者主变支路故障,疑似故障支路判断如下:

第一步:选取故障电流最大的支路作为基准支路,以其故障电流为基准支路电流;

第二步:其他有流支路的故障电流分别与基准支路电流进行相位比较:

若所有支路电流与基准支路电流相位差均满足 120 度~240 度,则基准支路为疑似故障支路;

若仅有 1 条支路与基准支路相位差满足 120 度~240 度,剩余所有支路与基准支路相位差均满足 -60 度~60 度左右;则与基准支路相位差满足 120 度~240 度的支路为疑似故障支路。

3. 如权利要求 1 所述的一种基于差动原理的大规模电网智能故障诊断方法,其特征

是,所述步骤 4 中,输电线路进行故障初选的方法为支路电流相位比较法:

对于线路支路数量=2,两条母线并列运行的情况:

(1) 若母线差流值大于 A,且差流值 / 制动电流值大于 B,则为母线故障;其中,A 和 B 均为动作整定值,为设定值;

(2) 若不满足 (1),则为线路支路故障或者主变支路故障,疑似故障支路判断如下:

测量阻抗为正的线路为疑似故障支路,测量阻抗为负的线路为非故障线路。

4. 如权利要求 1 所述的一种基于差动原理的大规模电网智能故障诊断方法,其特征是,所述步骤 4 中,输电线路进行故障初选的方法为支路电流相位比较法:

对于线路支路数量=1,两条母线并列运行的情况:

(1) 若母线差流值大于 A,且差流值 / 制动电流值大于 B,则为母线故障;其中,A 和 B 均为动作整定值,为设定值;

(2) 若不满足 (1),则为线路支路故障或者主变支路故障,若某线路支路电流二次电流小于 C,C 为设定值,则此线路支路为疑似故障支路。

5. 如权利要求 1 所述的一种基于差动原理的大规模电网智能故障诊断方法,其特征是,所述步骤 4 中,输电线路进行故障初选的方法为综合方向元件辨识法:

对于非对称性故障,具体判断方法为:

(1) 单相故障:零序方向元件、负序方向元件均为正方向;

(2) 两相接地故障:零序方向元件、负序方向元件均为正方向;

(3) 两相短路不接地故障:无零序,负序方向元件为正方向;

如果某条线路两侧方向元件均显示为正方向,则该线路为疑似故障线路。

6. 如权利要求 5 所述的一种基于差动原理的大规模电网智能故障诊断方法,其特征是,所述零序方向元件为正方向满足:

所述零序方向元件为正方向满足:

$$15^\circ < \arg \frac{3\dot{I}_0}{3\dot{U}_0} < 195^\circ$$

所述负序方向元件为正方向满足:

$$15^\circ < \arg \frac{\dot{I}_2}{\dot{U}_2} < 195^\circ$$

其中, \dot{I}_0 为零序电流, \dot{U}_0 为零序电压, \dot{I}_2 为负序电流, \dot{U}_2 为负序电压。

7. 如权利要求 1 所述的一种基于差动原理的大规模电网智能故障诊断方法,其特征是,所述步骤 4 中,输电线路进行故障初选的方法为综合方向元件辨识法:

电网系统发生对称性故障时,输电线路无零序和负序分量,采用相间阻抗方向元件进行故障线路辨识,相间距离继电器用于判断相间阻抗方向元件的方向,若相间距离继电器的极化电压、工作电压满足下面动作判据方程,则证明相间阻抗方向元件为正方向;所述判据方程为:

$$270^\circ > \arg \frac{\dot{U}_{[0]\Phi\Phi}}{\dot{U}_{\Phi\Phi} - Z_{sel}\dot{I}_{\Phi\Phi}} > 90^\circ$$

其中, $\dot{U}_{[0]\Phi\Phi}$ 为极化电压, $\dot{U}_{\Phi\Phi} - Z_{set}\dot{I}_{\Phi\Phi}$ 为工作电压, $\dot{U}_{\Phi\Phi}$ 为故障相间电压, $\dot{I}_{\Phi\Phi}$ 为故障相间电流, Z_{set} 可固定取线路正序阻抗定值 Z_L 的 $1.2 \sim 1.5$ 倍;

如果某条线路两侧的相间阻抗方向元件均满足了上述相应动作判据, 则该线路为疑似故障线路。

基于差动原理的大规模电网智能故障诊断方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电网智能故障诊断方法领域，尤其涉及一种基于差动原理的大规模电网智能故障诊断方法。

背景技术

[0002] 随着电网联系的不断加强，有效提高电网输电能力，但同时电网局部性故障引起事故波及范围的扩大的可能性不断提高，大大增加了故障准确辨识难度。因此，近年来，各公司均加大了故障录波联网系统、继电保护信息系统等技术支持系统建设力度，电网发生故障时，断路器动作信息、故障录波信息、保护动作时序信息等各类故障信息可及时传送至调度端，但运行人员单纯基于断路器变位、故障录波器模拟量、保护装置动作事项等众多离散故障信息，无法快速、准确、直观判断故障性质，极大影响恢复供电速度和电网安全运行。

[0003] 国内外许多学者针对这一难点问题，提出采用 Petri 网、粗糙集、多源信息融合技术、专家诊断系统等方法进行电网故障诊断，这些研究均取得了一定的效果，但所需故障信息较多且判据较为复杂，工程实际应用还存在较大的局限性。

[0004] 大规模电网发生异常或故障时，各类故障信息可及时传送至调度端，但运行人员单纯基于断路器变位、故障录波器模拟量、保护装置动作事项等众多离散故障信息，无法快速、准确、直观判断故障性质，极大影响恢复供电速度和电网安全运行。

发明内容

[0005] 本发明的目的就是为了解决上述问题，提出了一种基于差动原理的大规模电网智能故障诊断方法，该方法能够准确快速定位故障位置，并在主接线图上自动推送诊断结果，具有适用范围广、判断准确、诊断结果自动推送、不受系统运行方式和系统振荡等因素影响等优势，提出了一种输电线路故障诊断的方法，并以双母线接线为例对输电线路故障诊断方法做了具体的说明。

[0006] 为了实现上述目的，本发明采用如下技术方案：

[0007] 一种基于差动原理的大规模电网智能故障诊断方法，包括以下步骤：

[0008] 步骤 1：以设定时间间隔自动召唤故障录波采样；

[0009] 步骤 2：电网正常运行时，以输变电设备为单元进行相电流差动值计算；如果差流计算值低于差动电流启动定值，则返回步骤 1；如果差流计算值大于对应设备的差动电流启动定值，则转至步骤 3；

[0010] 步骤 3：通过远程调整故障录波器参数，或者现场检查故障录波器是否已全部接入参与差流计算的设备及电流回路是否存在多点接地问题并及时进行消缺，直至差流计算值低于差动电流启动定值；

[0011] 步骤 4：电网发生故障时，根据故障录波器传送的故障数据，分别以电网独立设备为计算单元，进行电网设备相电流的差流计算；所述电网独立设备包括：母线设备、变压器设备和输电线路；

[0012] 对于输电线路故障,首先对输电线路进行故障初选,筛选出疑似故障线路,然后计算疑似故障线路的差流值;

[0013] 步骤 5: 将差流值与差流整定值进行比较,如果差流值越限,则判断发生故障,同时定位故障位置并确定保护动作;如果差流值不越限,则判断无故障或区外故障;两种情况下均自动推送故障诊断报告。

[0014] 所述步骤 4 中,输电线路进行故障初选的方法包括:支路电流相位比较法和综合方向元件辨识法;

[0015] 所述支路电流相位比较法为:

[0016] 首先判断是否为疑似母线故障,如果不是疑似母线故障,则判断各支路电流的相位,通过相位比较,判断疑似故障支路;

[0017] 所述综合方向元件辨识法为:

[0018] 对于非对称性故障,根据不同的故障类型,通过判断零序方向元件和负序方向元件方向,判断线路是否为疑似故障线路;

[0019] 对于对称性故障,采用阻抗方向元件进行疑似故障线路辨识。

[0020] 所述步骤 4 中,输电线路进行故障初选的方法为支路电流相位比较法:

[0021] 对于线路支路数量 ≥ 3 ,两条母线并列运行的情况:

[0022] (1) 若母线差流值大于 A,且差流值 / 制动电流值大于 B,则为母线故障;其中,A 和 B 均为动作整定值,为设定值;

[0023] (2) 若不满足 (1),则为线路支路故障或者主变支路故障,疑似故障支路判断如下:

[0024] 第一步:选取故障电流最大的支路作为基准支路,以其故障电流为基准支路电流;

[0025] 第二步:其他有流支路的故障电流分别与基准支路电流进行相位比较;

[0026] 若所有支路电流与基准支路电流相位差均满足 120 度~240 度,则基准支路为疑似故障支路;

[0027] 若仅有 1 条支路与基准支路相位差满足 120 度~240 度,剩余所有支路与基准支路相位差均满足 -60 度~60 度左右;则与基准支路相位差满足 120 度~240 度的支路为疑似故障支路。

[0028] 所述步骤 4 中,输电线路进行故障初选的方法为支路电流相位比较法:

[0029] 对于线路支路数量 = 2,两条母线并列运行的情况:

[0030] (1) 若母线差流值大于 A,且差流值 / 制动电流值大于 B,则为母线故障;其中,A 和 B 均为动作整定值,为设定值;

[0031] (2) 若不满足 (1),则为线路支路故障或者主变支路故障,疑似故障支路判断如下:

[0032] 测量阻抗为正的线路为疑似故障支路,测量阻抗为负的线路为非故障线路。

[0033] 所述步骤 4 中,输电线路进行故障初选的方法为支路电流相位比较法:

[0034] 对于线路支路数量 = 1,两条母线并列运行的情况:

[0035] (1) 若母线差流值大于 A,且差流值 / 制动电流值大于 B,则为母线故障;其中,A 和 B 均为动作整定值,为设定值;

[0036] (2) 若不满足(1), 则为线路支路故障或者主变支路故障, 若某线路支路电流二次电流小于C, C为设定值, 则此线路支路为疑似故障支路。

[0037] 所述步骤4中, 输电线路进行故障初选的方法为综合方向元件辨识法:

[0038] 对于非对称性故障, 具体判断方法为:

[0039] (1) 单相故障: 零序方向元件、负序方向元件均为正方向;

[0040] (2) 两相接地故障: 零序方向元件、负序方向元件均为正方向;

[0041] (3) 两相短路不接地故障: 无零序, 负序方向元件为正方向;

[0042] 如果某条线路两侧方向元件均显示为正方向, 则该线路为疑似故障线路。

[0043] 所述零序方向元件为正方向满足:

[0044] 所述零序方向元件为正方向满足:

[0045]

$$15^\circ < \arg \frac{3\dot{I}_0}{3\dot{U}_0} < 195^\circ$$

[0046] 所述负序方向元件为正方向满足:

[0047]

$$15^\circ < \arg \frac{\dot{I}_2}{\dot{U}_2} < 195^\circ$$

[0048] 其中, \dot{I}_0 为零序电流, \dot{U}_0 为零序电压, \dot{I}_2 为负序电流, \dot{U}_2 为负序电压。

[0049] 所述步骤4中, 输电线路进行故障初选的方法为综合方向元件辨识法:

[0050] 对于对称性故障, 具体判断方法为:

[0051] 电网系统发生对称性故障时, 输电线路无零序和负序分量, 采用相间阻抗方向元件进行故障线路辨识, 相间距离继电器用于判断相间阻抗方向元件的方向, 若相间距离继电器的极化电压、工作电压满足下面动作判据方程, 则证明相间阻抗方向元件为正方向; 所述判据方程为:

[0052]

$$270^\circ > \arg \frac{\dot{U}_{[0]\Phi\Phi}}{\dot{U}_{\Phi\Phi} - Z_{set}\dot{I}_{\Phi\Phi}} > 90^\circ$$

[0053] 其中, $\dot{U}_{[0]\Phi\Phi}$ 为极化电压, $\dot{U}_{\Phi\Phi} - Z_{set}\dot{I}_{\Phi\Phi}$ 为工作电压, $\dot{U}_{\Phi\Phi}$ 为故障相间电压, $\dot{I}_{\Phi\Phi}$ 为故障相间电流, Z_{set} 可固定取线路正序阻抗定值 Z_{L1} 的 $1.2 \sim 1.5$ 倍;

[0054] 如果某条线路两侧的相间阻抗方向元件均满足了上述相应动作判据, 则该线路为疑似故障线路。

[0055] 本发明的有益效果是:

[0056] 本发明利用差动原理准确快速定位故障位置, 并在主接线图上自动推送诊断结果, 具有适用范围广、判断准确、诊断结果自动推送、不受系统运行方式和系统振荡等因素影响等优势, 将各间隔故障电流、故障位置及诊断结果自动推送, 在主接线图上统一直观展示, 为事故处理提供急需的决策支持, 从根本上改变了故障人工诊断传统模式, 为事故处理提供急需的决策支持, 有效提升大规模电网驾驭能力。

[0057] 本发明提出的对于线路故障的辨识方法,原理简单,判断准确,不受网架拓扑结构影响,无需电压量,准确定位故障线路,不受负荷、振荡、功率倒向等影响。首先判断疑似线路故障,然后利用差动原理进一步辨识故障线路,判断结果准确可靠,大大减轻了工作量。

附图说明

- [0058] 图 1 为广域故障录波信息的差流计算分区图故障诊断原理图;
- [0059] 图 2 为本发明电网故障诊断系统流程图;
- [0060] 图 3 为三绕组变压器差动接线示意图;
- [0061] 图 4 为本发明案例 1 母线故障诊断案例;
- [0062] 图 5 为本发明案例 2 故障前电网运行方式示意图。

具体实施方式:

[0063] 下面结合附图与实施例对本发明做进一步说明:
[0064] 图 1 为广域故障录波信息的差流计算分区图故障诊断原理图,由图可以看出其差流计算区域划分分别与各间隔差动主保护范围相吻和,利用差动原理判断准确、不受系统运行方式、过渡电阻、负荷电流、功率倒向、系统诊断等特有优势准确定位故障位置和评价保护动作行为。

[0065] 电网正常运行时,以固定时间间隔自动召唤故障录波采样并进行以输变电设备为单元的相电流差动值计算,差流值应几乎为零。如果差流计算值大于对应设备的差流越限值(各设备的差流越限值整定为电网最大运行方式时应负荷不平衡、CT 误差等因素导致可能出现的最大差流值),通过调度主站远程调整故障录波器接入间隔通道名称、CT 极性及变比系数,或者现场检查故障录波器是否已全部接入参与差流计算的设备及电流回路是否存在多点接地问题并及时进行消缺,保证电网正常运行时所有输变电设备的差流计算值均接近于零。

[0066] 电网发生故障时,根据故障录波器上送的故障数据,分别以电网独立设备为计算单元,进行电网一次电流的差流计算;将差流值与差流整定值比较,实现准确故障位置定位及保护动作行为评价。其具体流程如下图 2 所示:

[0067] 本故障诊断方法仅需故障录波器数据,故障诊断时,故障录波器数据等同为母线保护、变压器保护、线路保护装置的数据采集部分,因此接入故障录波器的支路、CT 二次绕组类型及极性应满足以下要求,限于篇幅,以双母线接线形式的 220kV 变电站母线设备故障辨识方法为例:

[0068] (1) 单独配置主变故障录波器的变电站,该站所有主变 220kV 高压侧电流模拟量应串接至本站线路故障录波器,保证常规站中母线所有支路接入同一台故障录波器以实现采样同步。智能站中所有故障录波器全站采用统一同步时钟,母线所有支路无需接至同一台故障录波器。

[0069] (2) 接入故障录波器的 CT 绕组应选用线路侧 CT 绕组(保护级)。

[0070] (3) 接入故障录波器的线路、变压器支路的 CT 一次同名端应在母线侧,母联 CT 一次同名端应在 I 母线侧,对应 CT 二次绕组应均为同名端出线。若接入故障录波器的 CT 一次同名端朝向与上述相反,对应 CT 二次绕组应改为非同名端出线以满足极性设置要求。

[0071] 1. 母线设备

[0072] 母线大差、小差计算公式如下：

[0073] ①大差电流： $I_{cd} = I_1 + I_2 + \dots + I_n$

[0074] ② I 母小差电流： $I_{cd1} = I_1 \times S_{11} + I_2 \times S_{12} + \dots + I_n \times S_{1n} + I_M \times S_M$

[0075] II 母小差电流： $I_{cd2} = I_1 \times S_{21} + I_2 \times S_{22} + \dots + I_n \times S_{2n} - I_M \times S_M$

[0076] 式中， I_1, I_2, \dots, I_n 表示各支路电流矢量； I_M 表示母联电流数字量； $S_{11}, S_{12}, \dots, S_{1n}$ 表示各支路 I 母刀闸位置（0 表示刀闸分，1 表示刀闸合）； $S_{21}, S_{22}, \dots, S_{2n}$ 表示各支路 II 母刀闸位置； S_M 表示母线并列运行状态（0 表示分裂运行，1 表示并列运行）。

[0077] 大差回路是除母联开关以外的母线上所有其余支路电流所构成的差动回路；某段母线小差回路是与该母线相连接的各支路电流构成的差动回路，其中包括了与该段母线相關的母联开关。

[0078] 2. 变压器设备

[0079] 变压器差动电流： $I_{cd} = \left| \sum_{i=1}^m I_i \right|$ ， I_i ($i=1, \dots, m$) 分别为变压器各侧调整后的电流矢量。

参考下图 3，以 Y/Y/Δ-11 为例，差动电流的计算公式如下：

[0080] A 相差流：

$$\Delta I_a = (I_{aH} - I_{bH}) / \sqrt{3} + (I_{aM} - I_{bM})$$

$$\times k_M \times (V_M / V_H) / (k_H \times \sqrt{3}) \\ + I_{aL} \times k_L \times (V_L / V_H) / k_H$$

[0082] B 相差流：

$$\Delta I_b = (I_{bH} - I_{cH}) / \sqrt{3} + (I_{bM} - I_{cM})$$

$$\times k_M \times (V_M / V_H) / (k_H \times \sqrt{3}) \\ + I_{bL} \times k_L \times (V_L / V_H) / k_H$$

[0084] C 相差流：

$$\Delta I_c = (I_{cH} - I_{aH}) / \sqrt{3} + (I_{cM} - I_{aM})$$

$$\times k_M \times (V_M / V_H) / (k_H \times \sqrt{3}) \\ + I_{cL} \times k_L \times (V_L / V_H) / k_H$$

[0086] 在上面公式中， I_{aH}, I_{bH}, I_{cH} 、 I_{aM}, I_{bM}, I_{cM} 、 I_{aL}, I_{bL}, I_{cL} 分别为高、中、低压侧 a, b, c 相电流相量二次值； k_H, k_M, k_L 分别为高压侧、中压侧、低压侧的 CT 变比； V_H, V_M, V_L 分别为高压侧、中压侧、低压侧的额定电压。

[0087] 母线、变压器等站内设备的所有故障录波数据均在同一座变电站内，因此可很方便地利用差动原理进行故障准确辨识。

[0088] 3. 输电线路

[0089] 输电线路不同于母线、变压器设备，其故障数据存储于两个不同变电站内故障录波器内，若直接采用线路差动原理进行故障线路辨识，优点是原理简单，判断准确，不受网架拓扑结构影响，无需电压量，准确定位故障线路，不受负荷、振荡、功率倒向等影响。但由于需要线路对侧故障录波信息、目前全网数据统一时钟很难实现，因此需要手动进行两侧数据映射、故障数据采样同步等操作，因此本系统优先采用以下两种方法进行故障线路初选以减轻工作量，对疑似故障线路再利用差动原理进行复核、确认。

[0090] 3.1 各支路电流相位比较法

[0091] 此方法的优点是无需线路对侧故障录波信息、无需电压量,计算速度快,仅需电流量即可进行辨识。

[0092] (1) “接入主变支路”的变电站(线路支路数量 ≥ 3 ,母联合位):

[0093] 1) 母线差流值大于400A,差流值 / 制动电流值大于0.4,则为母线故障;

[0094] 2) 若不满足1),则一定为线路 / 主变间隔故障,判断如下:

[0095] 第一步:选取故障电流最大(或较大)的支路,以其故障电流为基准向量。

[0096] 第二步:其他有流支路(二次电流大于0.4A)故障电流分别与基准支路电流进行相位比较。

[0097] 第三步,所有支路电流与基准支路电流相位差均为180度左右,则为基准支路为故障支路;若仅有1条支路与基准支路相位差均为180度左右(120度~240度),其他所有支路与基准支路相位差均为0度(-60度~60度)左右;则与基准支路相位差均为180度左右的支路为故障支路。(一般应为故障电流最大的支路)

[0098] (2) “接入主变支路”的变电站(线路支路数量=2,母联合位):

[0099] 1) 母线差流值大于400A,差流值 / 制动电流值大于0.4,则为母线故障;

[0100] 2) 若不满足1),则一定为线路 / 主变间隔故障,采样阻抗方向元件进行判别,判断如下:

[0101] 测量阻抗(包括三个接地阻抗元件和三个相间阻抗元件)为正的线路为故障支路,测量阻抗为负的线路为非故障线路。

[0102] (3) “接入主变支路”的变电站(线路支路数量=1,母联合位):

[0103] 1) 母线差流值大于400A,差流值 / 制动电流值大于0.4,则为母线故障;

[0104] 2) 若不满足1),则一定为线路 / 主变间隔故障,线路支路电流二次电流小于0.4A,则故障支路为本线路支路。

[0105] 3.2 综合方向元件辨识法

[0106] 此方法的优点是不受网架拓扑结构影响,无需对侧故障录波信息、仅需本侧电压电流量即可进行辨识。

[0107] (1) 非对称性故障

[0108] 1) 单相故障:零序方向、负序方向元件应均为正方向

[0109] 2) 两相接地故障:零序方向、负序方向元件应均为正方向

[0110] 3) 两相短路不接地故障,无零序,负序方向应为正方向

[0111] 经验数据表明,对于220kV及以上系统,零序、负序一次电流大于300A,则电网发生了非对称性故障,进而利用零负序方向元件进行故障线路辨识。

[0112] 零序正方向元件:

[0113]

$$15^\circ < \arg \frac{3\dot{I}_0}{3\dot{U}_0} < 195^\circ$$

[0114] 式中零序电流和零序电压均自产,即通过采集到的A、B、C三相电流、电压自动计算获得,而不是外部输入后直接采集到的。

[0115] 负序正方向元件:

[0116]

$$15^\circ < \arg \frac{\dot{I}_2}{\dot{U}_2} < 195^\circ$$

[0117] 式中负序电流和负序电压均自产。

[0118] (2) 对称性故障（三相短路）

[0119] 电网系统发生对称性故障时，均无零负序分量，故仅可采用阻抗方向元件进行故障线路辨识， Z_{AB} 、 Z_{AC} 、 Z_{BC} 均应满足下面判据则为正方向。

[0120] 相间距离继电器采用带偏移特性的欧姆继电器。动作判据为

[0121]

$$270^\circ > \arg \frac{\dot{U}_{[0]\Phi\Phi}}{\dot{U}_{\Phi\Phi} - Z_{set}\dot{I}_{\Phi\Phi}} > 90^\circ$$

[0122] $\dot{U}_{[0]\Phi\Phi}$ 为故障前记忆电压。

[0123] Z_{set} 可固定取“线路正序阻抗定值” z_{L1} 的 1.2 ~ 1.5 倍。

[0124] 方向元件计算完成后，将所有正方向线路在主接线图标识出。如果线路两侧均显示为正方向，则该线路则为疑似故障线路，再手动计算线路两侧故障电流的差流值，如差流值大于差流整定值，则该线路即为故障线路，线路故障点定位可采用单端测距、双端阻抗测距、行波测距等综合测距方法进行故障点准确定位。

[0125] 具体算例：

[0126] 案例 1：某地区雷雨天气，A 站：220kV 母差保护动作，220kV 母联 200A 开关、本侧 II 线 213 开关掉闸，对侧 B 站：II 线 213 开关掉闸。

[0127] 故障分析时，可自主选择差流计算的相关区域、差动算法启动值及比率差动元件动作特性曲线。由图 4 可以明显看出，本次故障时母线差流计算值落在动作区内，可准确判断母线发生 A 相接地转换为 A、C 两相接地故障；线路无故障，母差动作后发远跳命令跳开线路对侧开关。

[0128] 案例 2：某地区雷雨天气，故障前运行方式如图 5 所示，其中线路 L8 变电站 D 侧断路器在分位。电网发生故障时，线路 L4 两侧断路器三相跳闸未重合，变电站 C 的 #1 主变高压侧和母联断路器三相跳闸。

[0129] 利用上述诊断方法，依据故障后上送至调度端的故障录波数据进行计算分析，首先分别计算母线设备差流值和跳闸线路两侧的故障方向，经计算可得，变电站 A、B、C 三站母线、变压器设备均无故障，线路 L4、L7、L8 为疑似故障线路，然后逐条计算疑似故障线路的差流值（详见表 1），由表 1 可准确判定此次电网故障为线路 L8 发生区内 A 相接地故障。

[0130] 表 1 疑似故障线路差流计算值

[0131]

疑似故障线路名称	差动/制动 (kA)	A 相	B 相	C 相
L4	差动电流	0.002	0.001	0.001
	制动电流	2.852	0.726	0.846
L7	差动电流	0.004	0.002	0.001
	制动电流	7.428	1.324	0.324
L8	差动电流	6.692	0.004	0.005
	制动电流	6.686	0.04	0.005

[0132] 经现场检查,本次故障为线路 L8 末端发生 A 相接地故障且该线路变电站 C 侧断路器因操动机构故障无法及时隔离故障点,其断路器失灵保护经设定延时动作跳开 #1 主变高压侧和母联开关,L4 线路因正常运行时误投充电过流保护导致区外故障时误动作并远跳对侧断路器。

[0133] 电网故障时,运行人员单纯基于断路器变位、故障录波器模拟量、保护装置动作事项等众多离散故障信息,无法快速、准确、直观判断故障性质。针对故障快速准确辨识这一关键问题,本文创新性提出一种基于差动原理的大规模电网智能故障诊断方法,利用差动原理判断准确、不受系统运行方式、过渡电阻、负荷电流、功率倒向、系统诊断等特有优势准确定位故障位置和评价保护动作行为,并将各间隔故障电流、故障位置及诊断结果在主接线图上统一直观展示,为事故处理提供急需的决策支持。该系统在多起电网故障处理中准确判断故障位置,为快速恢复供电提供了急需的决策支持,具有较强的工程应用价值。

[0134] 上述虽然结合附图对本发明的具体实施方式进行了描述,但并非对本发明保护范围的限制,所属领域技术人员应该明白,在本发明的技术方案的基础上,本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。

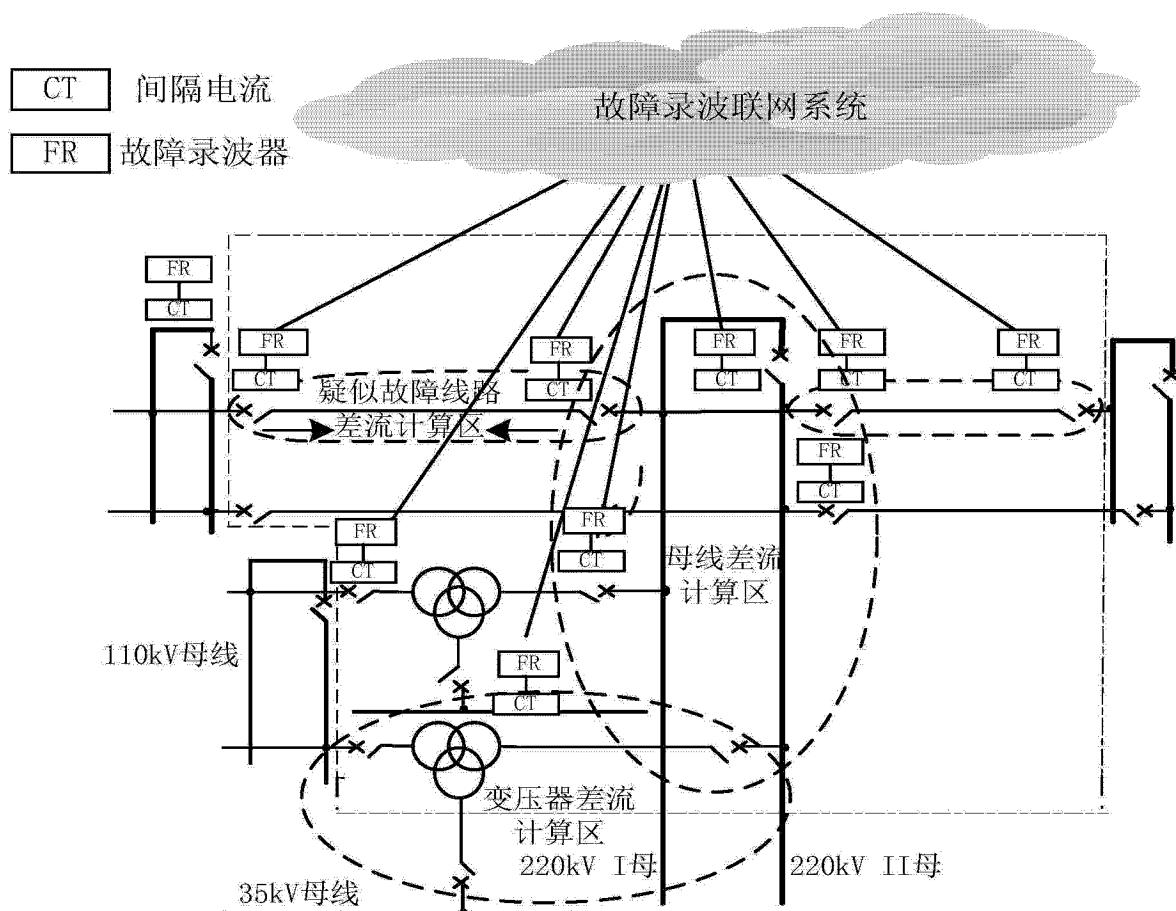


图 1

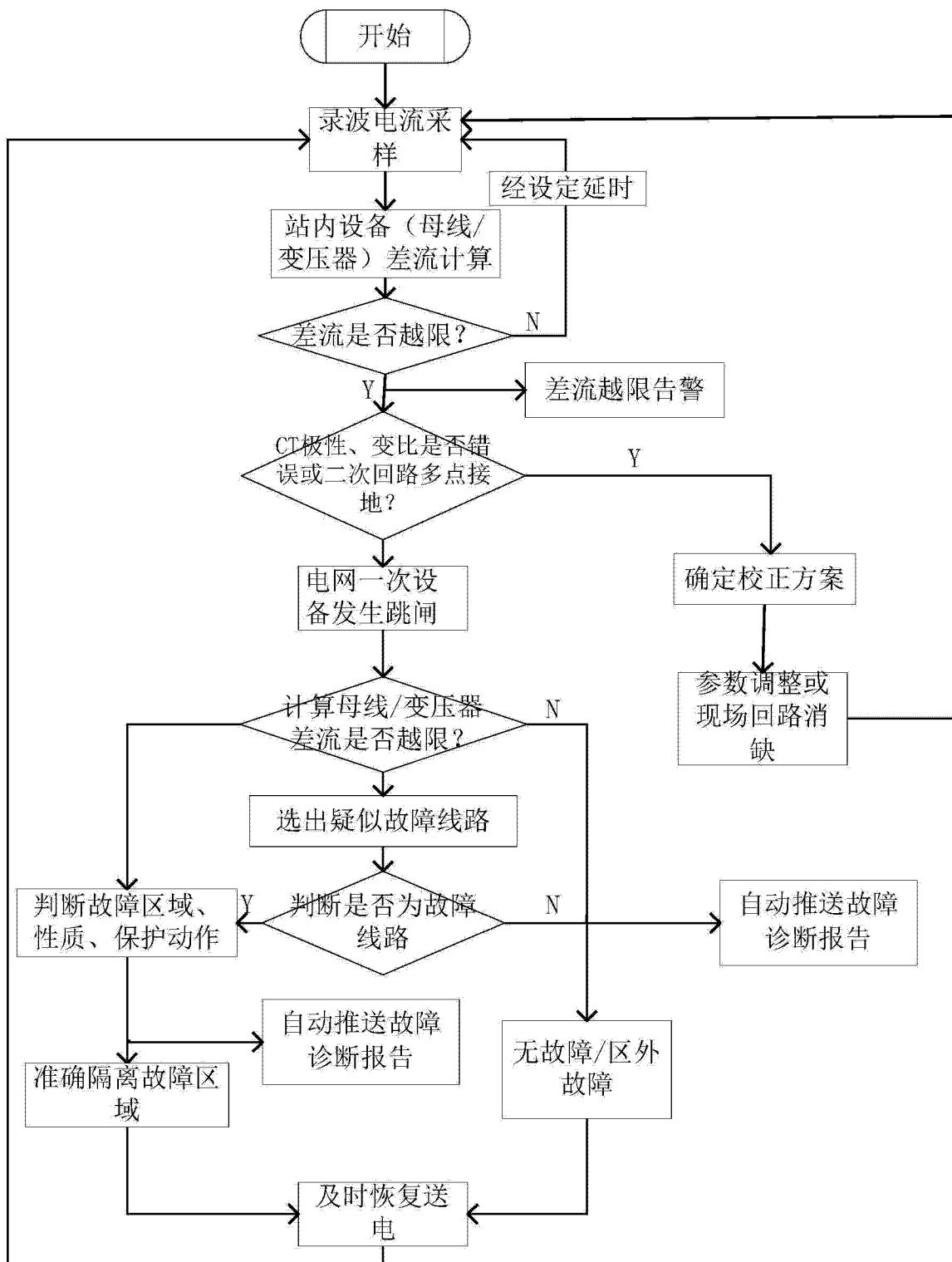


图 2

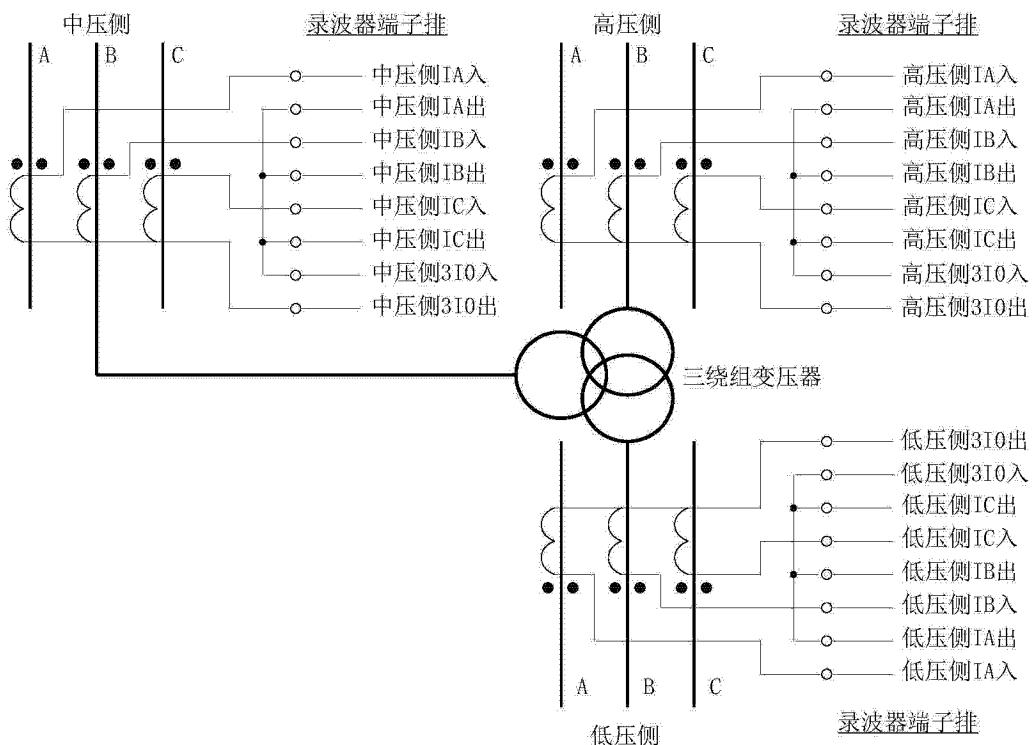


图 3

差流名称	A相	B相	C相
220kV母线大差			
差动电流	10.78	0.002	13.94
制动电流	10.78	0.78	13.94
220kV 1#母线小差			
差动电流	0.02	0.008	0.03
制动电流	15.38	1.28	20.03
220kV 2#母线小差			
差动电流	10.78	0.009	13.94
制动电流	10.78	0.88	13.94
线路间相差流值 (kA)			
线路名称	A相	B相	C相
横通过线			
差动电流	0.01	0.05	0.018
制动电流	15.38	1.28	20.04
横通过II线			
差动电流	0.018	0.004	0.02
制动电流	6.18	0.28	7.88
通往线			
差动电流	0.001	0.002	0.001
制动电流	0.002	0.003	0.001
故障分析结果			
间隔名称	故障位置	故障相别	
220kV 母线	区内		
220kV 1#母线	区外		
220kV 2#母线	区内	ACN	

图 4

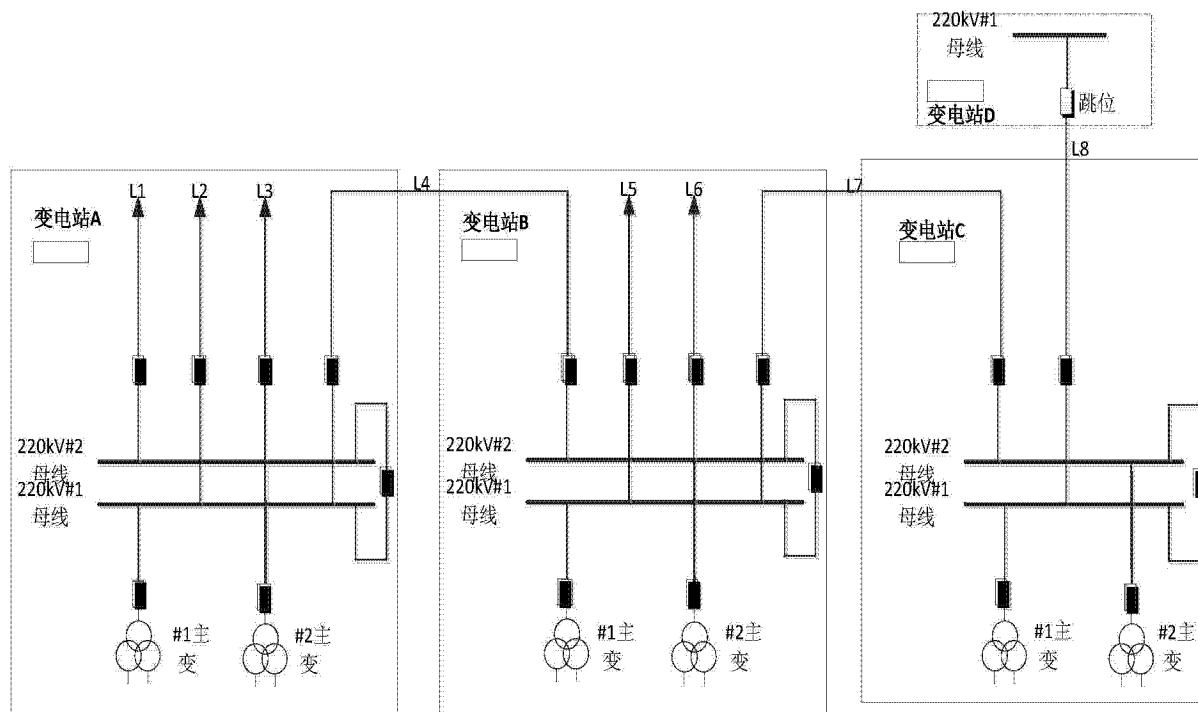


图 5