



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107276043 A

(43)申请公布日 2017. 10. 20

(21)申请号 201611052685.X

(22)申请日 2016.11.24

(71)申请人 北京交通大学

地址 100044 北京市海淀区上园村3号

(72)发明人 和敬涵 李文立 张大海 王紫琪

丁凡凡 张秋芳 张义志 任欣玉

(74)专利代理机构 北京鸿元知识产权代理有限公司 11327

代理人 陈英俊 杨桦

(51) Int. Cl.

H02H 7/26(2006.01)

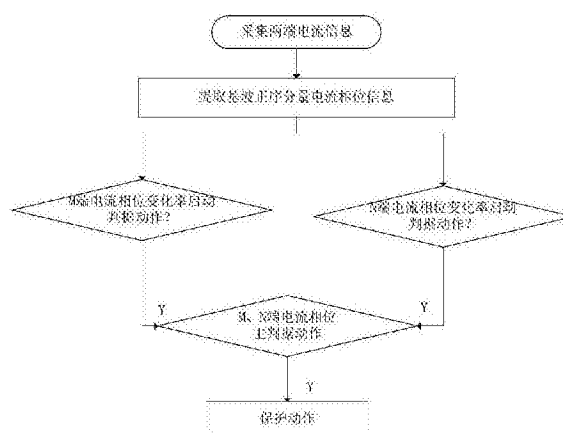
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种基于电流正序分量相位变化的主动配电网保护方案

(57)摘要

本发明公开了一种基于电流正序分量相位变化的主动配电网保护方案,属于配电网继电保护技术领域。所述保护方案包括:采集发生故障前后,线路两端电流信息;获取电流正序分量及其相位信息;利用故障前后单端相位变化率作为保护的启动判据,利用故障前后两端电流相位变化的差值作为保护的主判据,若差值处于 0 至 $\pi/2$ 之间,则为区域外故障;若差值处于 $\pi/2$ 至 π 之间,则为区域内故障;当确定为区域内故障时,由信息处理中心向发生故障的两端保护发送动作信号,同时向上、下游保护安装处发送闭锁信号。本发明在正序网络中进行分析,以两端电流相位变化的差值作为保护判据,识别区内外故障,降低保护误动和拒动的可能性,且适用于任何故障类型。



1. 一种基于电流正序分量相位变化的主动配电网保护方案,在配电网中设置有信息处理中心,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 采集发生故障前后,线路两端保护安装处的电流信息;

(2) 获取所述电流信息的电流正序分量以及所述电流正序分量的相位;

(3) 利用发生故障前后,两端电流相位变化的差值作为保护判据,若两端电流相位变化的差值处于0至 $\pi/2$ 之间,则为区域外故障;若两端电流相位变化的差值处于 $\pi/2$ 至 π 之间,则为区域内故障;

(4) 当确定为区域内故障时,由信息处理中心向两端保护发送动作信号,同时向发生故障的两端的上、下游保护安装处发送闭锁信号。

2. 根据权利要求1所述的保护方案,其特征在于,在所述步骤(2)和所述步骤(3)之间还包括:

利用发生故障前后,单端电流相位变化率作为保护的启动判据,分析保护安装处发生故障前后电流相位差值的变化,若两端的电流相位变化率均大于各自的启动判断阈值,则进行所述步骤(3)。

3. 根据权利要求1所述的保护方案,其特征在于,在所述步骤(1)中,通过配电网中两端安装的电流互感器 CT_M 和 CT_N ,对发生故障前,保护安装处M和N的电流信息 $\dot{I}_M^{pre}$ 和 $\dot{I}_N^{pre}$ 进行保存,同时采集发生故障后的电流信息 $\dot{I}_M^{now}$ 、 $\dot{I}_N^{now}$ 。

4. 根据权利要求1所述的保护方案,其特征在于,在所述步骤(2)中,利用信号延迟法,获取所述电流信息的电流正序分量 I_a^+ 、 I_b^+ 、 I_c^+ ,如下:

$$I_a^+ = \frac{1}{3}I_a - \frac{1}{6}(I_b + I_c) - \frac{1}{2\sqrt{3}j}(I_b - I_c)$$

$$I_b^+ = -(I_a^+ + I_c^+)$$

$$I_c^+ = \frac{1}{3}I_c - \frac{1}{6}(I_a + I_b) - \frac{1}{2\sqrt{3}j}(I_a - I_b)$$

对所述电流正序分量 I_a^+ 、 I_b^+ 、 I_c^+ 进行傅里叶分析,获得基波正序电流的相位。

5. 根据权利要求2所述的保护方案,其特征在于,

利用M端和N端电流相位变化率作为保护的启动判据,分析保护安装处发生故障前后电流相位差值的变化,若两端的电流相位变化率均大于启动判断阈值 θ'_{ζ} ,则启动M、N两端的保护判据;

设定线路发生故障前后,M端电流相位变化率为 $\theta'_M = \alpha'(t) = \arg(\dot{I}_M^f)$,N端电流相位变化率为 $\theta'_N = \beta'(t) = \arg(\dot{I}_N^f)$,其中,t表示故障电流持续时间。

设定M端保护的启动判断阈值 $\theta'_{M\zeta}$, $\theta'_{M\zeta} = \sigma(\theta_{mg0})$,其中, θ_{mg0} 为受电流互感器转换和微机保护装置测量影响的误差角度;

设定N端保护的启动判断阈值 $\theta'_{N\zeta}$, $\theta'_{N\zeta} = \sigma(\theta_{ng0})$,其中, θ_{ng0} 为受电流互感器转换和微机保护装置测量影响的误差角度;

当 $\theta'_M > \theta'_{M\zeta}$ 和 $\theta'_N > \theta'_{N\zeta}$ 均满足时,则进行所述步骤(3)。

6.根据权利要求5所述的保护方案,其特征在于,所述电流互感器误差曲线为10%,最大误差角度为7°;所述微机保护装置按照一个周期50个点采样,误差角度为7.2°。

7.根据权利要求1或2所述的保护方案,其特征在于,

利用发生故障前后,M端和N端电流相位变化的差值作为保护判据,分析两端电流相位变化的差值 θ_{MN} 的变化规律:

设M端电流相位变化的绝对值为 $\alpha = \left| \arg(\dot{I}_{M(t_1+T)}) - \arg(\dot{I}_{M(t_1-T)}) \right|$,式中: t_1 表示发生故障的时刻,T表示时间, $\arg(\dot{I}_{M(t_1-T)})$ 为发生故障前一个T的M端电流相位, $\arg(\dot{I}_{M(t_1+T)})$ 为发生故障后一个T的M端电流相位;

设N端电流相位变化的绝对值为 $\beta = \left| \arg(\dot{I}_{N(t_1+T)}) - \arg(\dot{I}_{N(t_1-T)}) \right|$,式中: t_1 表示发生故障的时刻,T表示时间, $\arg(\dot{I}_{N(t_1-T)})$ 为发生故障前一个T的N端电流相位, $\arg(\dot{I}_{N(t_1+T)})$ 为发生故障后一个T的N端电流相位;

则两端电流相位变化的差值为 $\theta_{MN} = \alpha - \beta$;

若 $0 < \theta_{MN} < \frac{\pi}{2}$,则为线路两端区域外故障;

若 $\frac{\pi}{2} < \theta_{MN} < \pi$,则为线路两端区域内故障。

一种基于电流正序分量相位变化的主动配电网保护方案

技术领域

[0001] 本发明涉及配电网继电保护技术领域,具体地,特别涉及一种基于电流正序分量相位变化的主动配电网保护方案。

背景技术

[0002] 近年来,随着能源危机的不断加剧以及国家对清洁型能源的大力推广,以光伏发电、双馈风力发电为代表的逆变型分布式电源得到了广泛的应用。分布式电源(distributed generation,简称DG)是一种新兴的电力能源,具有经济环保等众多优点,能够满足人们对电力安全稳定和经济环保的要求。但是,当大量分布式电源接入配电网,会导致传统配电网结构由传统的单电源供电变成多端电源供电的网络,潮流频繁发生转移,其运行方式的复杂性会直接影响到在含有DG配电网保护装置的选择性和灵敏性,面临保护拒动、误动等问题的发生。

[0003] 因此,为满足分布电源并网对保护原理的要求,国内外学者提出了许多的改进型保护方案和新的保护原理,主要分为以下几类:(1)加装保护元件的方法,其核心思想是在DG上游线路装设方向电流保护,DG下游线路整定保护定值。(2)距离保护的方法,首先将含的配电网进行分区,提出了考虑特性的配电网自适应距离保护方案。根据系统运行方式和输出功率实时计算整定值。(3)自适应的保护方法,根据系统运行方式和网络结构,对保护背侧网络进行等值变换,形成支路贡献因子矩阵,以消除对各支路电流的影响,从而有效增大主保护和后备保护的保护区。(4)基于通信的方法,利用分散安装在配电网中的智能设备采集各点的状态信息,通过通信网络完成信息的汇集和交换,基于多点的信息完成保护判断,例如多Agent或IED保护。

[0004] 在以上方法中均需要采集电压量信息,然而在目前的城市配电网中装设电压互感器会导致成本高、工程繁琐,制约了以上方法在配电网保护中的推广应用。

发明内容

[0005] 鉴于以上问题,本发明的目的是提供一种基于电流正序分量相位变化的主动配电网保护方案,利用两端电流相位变化的差值构成保护判据,适用于含逆变型分布式电源的主动配电网,只需提取电流信息,而无需在配电网中装设电压互感器,便可以解决分布式电源接入配电网导致运行方式复杂而引起线路保护拒动和误动的问题。

[0006] 为了实现上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0007] 本发明所述基于电流正序分量相位变化的主动配电网保护方案,在配电网中设置有信息处理中心,包括以下步骤:

[0008] (1) 采集发生故障前后,线路两端保护安装处的电流信息;

[0009] (2) 获取电流信息的电流正序分量以及电流正序分量的相位;

[0010] (3) 利用发生故障前后,两端电流相位变化的差值作为保护判据,若两端电流相位变化的差值处于 0 至 $\pi/2$ 之间,则为区域外故障;若两端电流相位变化的差值处于 $\pi/2$ 至 π 之

间,则为区域内故障;

[0011] (4) 当确定为区域内故障时,由信息处理中心向两端保护发送动作信号,确保发生故障的线路两端保护都动作,同时向发生故障的两端的上、下游保护安装处发送闭锁信号。

[0012] 优选的,在步骤(2)和步骤(3)之间还包括:

[0013] 利用发生故障前后,单端电流相位变化率作为保护的启动判据,分析保护安装处发生故障前后电流相位差值的变化,若两端的电流相位变化率均大于各自的启动判断阈值,则进行步骤(3)。

[0014] 优选的,在步骤(1)中,通过配电网中两端安装的电流互感器CT_M和CT_N,对发生故障前,保护安装处M和N的电流信息 $\dot{I}_M^{pre}$ 和 $\dot{I}_N^{pre}$ 进行保存,同时采集发生故障后的电流信息 $\dot{I}_M^{now}$ 、 $\dot{I}_N^{now}$ 。

[0015] 优选的,在步骤(2)中,利用信号延迟法,获取电流信息的电流正序分量 I_a^+ 、 I_b^+ 、 I_c^+ ,如下:

$$[0016] \quad I_a^+ = \frac{1}{3}I_a - \frac{1}{6}(I_b + I_c) - \frac{1}{2\sqrt{3}j}(I_b - I_c)$$

$$[0017] \quad I_b^+ = -(I_a^+ + I_c^+)$$

$$[0018] \quad I_c^+ = \frac{1}{3}I_c - \frac{1}{6}(I_a + I_b) - \frac{1}{2\sqrt{3}j}(I_a - I_b)$$

[0019] 对电流正序分量 I_a^+ 、 I_b^+ 、 I_c^+ 进行傅里叶分析,获得基波正序电流的相位。

[0020] 优选的,利用M端和N端电流相位变化率作为保护的启动判据,分析保护安装处发生故障前后电流相位差值的变化,若两端的电流相位变化率均大于启动判断阈值 θ'_ζ ,则启动M、N两端的保护判据;

[0021] 设定线路发生故障前后,M端电流相位变化率为 $\theta'_M = \alpha'(t) = \arg(\dot{I}_M^f)$,N端电流相位变化率为 $\theta'_N = \beta'(t) = \arg(\dot{I}_N^f)$,其中,t表示故障电流持续时间,受到分布式电源控制策略的影响;

[0022] 设定M端保护的启动判断阈值 $\theta'_{M\zeta}$, $\theta'_{M\zeta} = \sigma(\theta_{mg0})$,其中, θ_{mg0} 为受电流互感器转换和微机保护装置测量影响的误差角度;

[0023] 设定N端保护的启动判断阈值 $\theta'_{N\zeta}$, $\theta'_{N\zeta} = \sigma(\theta_{ng0})$,其中, θ_{ng0} 为受电流互感器转换和微机保护装置测量影响的误差角度;

[0024] 当 $\theta'_M > \theta'_{M\zeta}$ 和 $\theta'_N > \theta'_{N\zeta}$ 均满足时,则进行步骤(3)。

[0025] 进一步地,优选的,电流互感器误差曲线为10%,最大误差角度为7°;微机保护装置按照一个周期50个点采样,误差角度为7.2°。

[0026] 进一步地,优选的,利用发生故障前后,M端和N端电流相位变化的差值作为保护判据,分析两端电流相位变化的差值 θ_{MN} 的变化规律:

[0027] 设M端电流相位变化的绝对值为 $\alpha = \left| \arg(\dot{I}_{M(t_1+T)}) - \arg(\dot{I}_{M(t_1-T)}) \right|$,式中: t_1 表示发

生故障的时刻, T 表示时间, $\arg(\dot{I}_{M(t_1-T)})$ 为发生故障前一个 T 的 M 端电流相位, $\arg(\dot{I}_{M(t_1+T)})$ 为发生故障后一个 T 的 M 端电流相位;

[0028] 设 N 端电流相位变化的绝对值为 $\beta = |\arg(\dot{I}_{N(t_1+T)}) - \arg(\dot{I}_{N(t_1-T)})|$, 式中: t_1 表示发生故障的时刻, T 表示时间, $\arg(\dot{I}_{N(t_1-T)})$ 为发生故障前一个 T 的 N 端电流相位, $\arg(\dot{I}_{N(t_1+T)})$ 为发生故障后一个 T 的 N 端电流相位;

[0029] 则两端电流相位变化的差值为 $\theta_{MN} = \alpha - \beta$;

[0030] 若 $0 < \theta_{MN} < \frac{\pi}{2}$, 则为线路两端区域外故障;

[0031] 若 $\frac{\pi}{2} < \theta_{MN} < \pi$, 则为线路两端区域内故障。

[0032] 与现有技术相比, 本发明具有以下优点和有益效果:

[0033] 一、本发明根据线路发生故障前后, 两端电流相位变化的差值作为保护判据, 识别区内外故障, 降低保护误动和拒动的可能性;

[0034] 二、本发明无须获取线路电压信息, 避免了在保护安装处设立电压互感器, 经济性较高;

[0035] 三、本发明基于电流正序分量在正序网络图中进行分析, 使线路保护不再受故障类型、DG 数量和 DG 容量等外界因素的影响, 适用性强。

附图说明

[0036] 图1是本发明所述基于电流正序分量相位变化的主动配电网保护方案优选实施例的流程图;

[0037] 图2是本发明中含分布式电源的配电网系统的结构示意图;

[0038] 图3是本发明中线路发生故障前网络图;

[0039] 图4是本发明中线路发生区域内故障时的正序附加状态;

[0040] 图5是本发明中线路发生区域外故障时的正序附加状态。

具体实施方式

[0041] 现结合附图对本发明做进一步详细的说明, 以便于本发明更加清楚和易于理解。

[0042] 图1是本发明所述基于电流正序分量相位变化的主动配电网保护方案优选实施例的流程图。如图1所示, 所述保护方案包括以下步骤:

[0043] (1) 采集发生故障前后, 线路两端保护安装处的电流信息;

[0044] (2) 获取电流信息的电流正序分量以及电流正序分量的相位;

[0045] (3a) 利用发生故障前后, M 端和 N 端电流相位变化率作为保护的启动判据, 分析保护安装处发生故障前后电流相位差值的变化, 若两端的电流相位变化率均大于各自的启动判断阈值, 则启动 M 、 N 两端保护的主判据; 设置保护的启动判据, 以防止线路中电流的微小波动引起误传导的问题, 减小线路中的通信量, 同时提高保护装置的选择性和灵敏性;

[0046] (3b) 利用发生故障前后, M 端和 N 端电流相位变化的差值作为保护的主判据, 若两端电流相位变化的差值处于 0 至 $\pi/2$ 之间, 则为区域外故障; 若两端电流相位变化的差值处

于 $\pi/2$ 至 π 之间,则为区域内故障;

[0047] (4) 当确定为区域内故障时,由信息处理中心向两端保护发送动作信号,使两端保护都动作,同时向发生故障的两端的上、下游保护安装处发送闭锁信号。

[0048] 图2是本发明中含分布式电源的配电网系统的结构示意图。如图2所示,利用MATLAB软件搭建的含DG的配电网,配电网基准容量为500MVA,基准电压为10.5kV。AG和AE是电源10kV母线中引出的两条馈线,每条线路的对应断路器为QF1~QF8,每条线路检测到的电流为I1~I8,规定电流的正方向为线路两端指向被保护线路。其中,线路AB,BC,AF为架空线路,线路长度分别为2km,2km,4km。线路CD,DE,FG为地下电缆,线路长度分别为7km,14km,6km。Es是系统电源,Zs是系统阻抗。

[0049] 首先,初始化线路参数,线路AB,BC,AF选用LGJ-120/25钢芯铝绞线,线路参数为 $x_1=0.347\Omega/\text{km}$, $r_1=0.27\Omega/\text{km}$,线路CD,DE,FG选用YJLV22-150/60铜芯交联聚氯乙烯电缆,线路参数为 $x_1=0.093\Omega/\text{km}$, $r_1=0.259\Omega/\text{km}$;

[0050] 根据电网的实际工程,每个分布式电源DG的额定容量为 $P_{DG1}=2\text{MW}$, $P_{DG2}=2\text{MW}$,其中在馈线1上没有DG接入,在馈线2上,DG1接于节点C处,DG2接于节点D处;

[0051] 在每条馈线末端接入额定容量为1.5MVA,功率因数为0.85的负荷。

[0052] 图3显示了线路发生故障前的网络图,图3中,M、N为保护安装处, $\dot{I}_M^{\text{pre}}$ 和 $\dot{I}_N^{\text{pre}}$ 表示M、N两侧故障前电流,电流正方向均为节点指向被保护线路, $\dot{E}_{SM}$ 和 $\dot{E}_{SN}$ 分别为M侧和N侧系统等效电源, Z_{SM} 和 Z_{SN} 分别为M侧和N侧系统等效阻抗, Z_1 为节点M与节点N之间的线路阻抗。

[0053] 图4和图5分别显示了发生区域内和区域外故障的正序附加状态,其中,f表示发生故障的位置, $\dot{I}_M^f$ 和 $\dot{I}_N^f$ 为M、N两侧的故障分量电流,电流正方向均为节点指向被保护线路, Z_{SM1} 和 Z_{SN1} 分别为M侧和N侧系统等效正序阻抗, Z_{11} 和 Z_{12} 分别为节点M和节点N到故障点f的线路正序阻抗, R_f 为过渡电阻, $\dot{U}_f$ 为故障点电压。

[0054] 当在断路器QF5和QF6之间线路的f处在 t_1 时刻发生故障时,通过含分布式电源配电网中的电流互感器CT_M和CT_N,对线路发生故障之前一段时间T的电流信息 $\dot{I}_{M(t_1-T)}$ 和 $\dot{I}_{N(t_1-T)}$,同时采集线路发生故障之后一段时间T的电流信息 $\dot{I}_{M(t_1+T)}$ 和 $\dot{I}_{N(t_1+T)}$ 。

[0055] 利用信号延迟法,获取所采集电流信息的电流正序分量 I_a^+ 、 I_b^+ 、 I_c^+ ,如下:

$$[0056] \quad \begin{bmatrix} I_a^+ \\ I_b^+ \\ I_c^+ \end{bmatrix} = [A^+] \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & \partial & \partial^2 \\ \partial^2 & 1 & \partial \\ \partial & \partial^2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix}$$

[0057] 式中, $\partial = e^{j\frac{2\pi}{3}} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$, I_a 、 I_b 、 I_c 分别为电流信息的三相电流,经计算得:

$$[0058] \quad I_a^+ = \frac{1}{3}I_a - \frac{1}{6}(I_b + I_c) - \frac{1}{2\sqrt{3}j}(I_b - I_c)$$

$$[0059] \quad I_b^+ = -(I_a^+ + I_c^+)$$

$$[0060] \quad I_c^+ = \frac{1}{3}I_c - \frac{1}{6}(I_a + I_b) - \frac{1}{2\sqrt{3}j}(I_a - I_b)$$

[0061] 对电流正序分量 I_a^+ 、 I_b^+ 、 I_c^+ 进行傅里叶分析,获得基波正序电流的相位。

[0062] 利用M端和N端电流相位变化率作为保护的启动判据,分析保护安装处发生故障前后电流相位差值的变化,若两端的电流相位变化率均大于各自的启动判断阈值 θ'_ζ ,则启动M、N两端的保护判据;

[0063] 设定线路发生故障前后,M端电流相位变化率为 $\theta'_M = \alpha'(t) = \arg(\dot{I}_M^f)$,N端电流相位变化率为 $\theta'_N = \beta'(t) = \arg(\dot{I}_N^f)$,其中,t表示故障电流持续时间,受到分布式电源控制策略的影响;

[0064] 设定M端保护的启动判断阈值 $\theta'_{M\zeta}$, $\theta'_{M\zeta} = \sigma(\theta_{mg0})$,其中, θ_{mg0} 为受电流互感器转换和微机保护装置测量影响的误差角度;

[0065] 设定N端保护的启动判断阈值 $\theta'_{N\zeta}$, $\theta'_{N\zeta} = \sigma(\theta_{ng0})$,其中, θ_{ng0} 为受电流互感器转换和微机保护装置测量影响的误差角度;

[0066] 其中,电流互感器误差曲线为10%,最大误差角度为 7° ;微机保护装置按照一个周期50个点采样,误差角度为 7.2° 。

[0067] 当 $\theta'_M > \theta'_{M\zeta}$ 和 $\theta'_N > \theta'_{N\zeta}$ 均满足时,则启动M、N两端保护的主判据。

[0068] 利用发生故障前后,M端和N端电流相位变化的差值作为保护主判据,分析两端电流相位变化的差值 θ_{MN} 的变化规律:

[0069] 设M端电流相位变化的绝对值为 $\alpha = \left| \arg(\dot{I}_{M(t_1+T)}) - \arg(\dot{I}_{M(t_1-T)}) \right|$,式中: t_1 表示发生故障的时刻,T表示时间, $\arg(\dot{I}_{M(t_1-T)})$ 为发生故障前一个T的M端电流相位, $\arg(\dot{I}_{M(t_1+T)})$ 为发生故障后一个T的M端电流相位;

[0070] 设N端电流相位变化的绝对值为 $\beta = \left| \arg(\dot{I}_{N(t_1+T)}) - \arg(\dot{I}_{N(t_1-T)}) \right|$,式中: t_1 表示发生故障的时刻,T表示时间, $\arg(\dot{I}_{N(t_1-T)})$ 为发生故障前一个T的N端电流相位, $\arg(\dot{I}_{N(t_1+T)})$ 为发生故障后一个T的N端电流相位;

[0071] 则两端电流相位变化的差值为 $\theta_{MN} = \alpha - \beta$;

[0072] 若 $0 < \theta_{MN} < \frac{\pi}{2}$,则为线路两端区域外故障,此时,两端保护不动作;

[0073] 若 $\frac{\pi}{2} < \theta_{MN} < \pi$,则为线路两端区域内故障,此时,由信息处理中心向两端保护发送动作信号,同时向发生故障的两端的上、下游保护安装处发送闭锁信号。

[0074] 由于本发明是基于电流正序分量在正序网络图中进行分析,所以线路保护适用于任何故障类型。

[0075] 下面列举三种不同的故障类型予以说明:

[0076] 类型一

[0077] 当在f点发生单相接地故障时,保护1测得故障前电流相位为 -6.05° ,故障后电流相位为 -40.86° ;保护2测得故障电流相位为 175.66° ,故障后电流相位为 140.87° ;保护3测

得故障电流相位为 -12.6° ,故障后电流相位为 -49.51° ;保护4测得故障电流相位为 167.42° ,故障后电流相位为 130.47° ;保护5测得故障电流相位为 -12.6° ,故障后电流相位为 -64.95° ;保护6测得故障电流相位为 168.2° ,故障后电流相位为 -82.6° ;保护7测得故障电流相位为 -33.05° ,故障后电流相位为 -80.4° ;保护8测得故障电流相位为 146.93° ,故障后电流相位为 99.59° 。此处,电流互感器误差曲线为10%,最大误差角度为 7° ;微机保护装置按照一个周期50个点采样,误差角度为 7.2° ;故障电流持续时间 t 为12.6ms。与启动判断阈值比较, $\theta'_5 > \theta'_{5\zeta}$, $\theta'_6 > \theta'_{6\zeta}$,保护5、6装置启动判据动作, $\pi/2 < \theta_{56} < \pi$,保护主判据动作,判断为线路区域内故障,两端保护5、6装置动作。

[0078] 类型二

[0079] 当在f点发生相间故障时,保护1测得故障前电流相位为 -6.07° ,故障后电流相位为 -41.37° ;保护2测得故障电流相位为 173.95° ,故障后电流相位为 138.62° ;保护3测得故障电流相位为 -12.5° ,故障后电流相位为 -48.57° ;保护4测得故障电流相位为 167.4° ,故障后电流相位为 131.32° ;保护5测得故障电流相位为 -12.5° ,故障后电流相位为 -63.78° ;保护6测得故障电流相位为 167.5° ,故障后电流相位为 -83.1° ;保护7测得故障电流相位为 -33.1° ,故障后电流相位为 -81.2° ;保护8测得故障电流相位为 146.9° ,故障后电流相位为 98.76° 。此处,电流互感器误差曲线为10%,最大误差角度为 7° ;微机保护装置按照一个周期50个点采样,误差角度为 7.2° ;故障电流持续时间 t 为12.6ms。与启动判断阈值比较, $\theta'_5 > \theta'_{5\zeta}$, $\theta'_6 > \theta'_{6\zeta}$,保护5、6装置启动判据动作, $\pi/2 < \theta_{56} < \pi$,保护主判据动作,判断为线路区域内故障,两端保护5、6装置动作。

[0080] 类型三

[0081] 当在f点发生三相故障时,保护1测得故障前电流相位为 -6.09° ,故障后电流相位为 -42.86° ;保护2测得故障电流相位为 163.93° ,故障后电流相位为 127.15 ;保护3测得故障电流相位为 -12.7 ,故障后电流相位为 -47.51° ;保护4测得故障电流相位为 167.3° ,故障后电流相位为 132.49° ;保护5测得故障电流相位为 -12.7° ,故障后电流相位为 -63.76° ;保护6测得故障电流相位为 167.3° ,故障后电流相位为 -86° ;保护7测得故障电流相位为 -33.27° ,故障后电流相位为 -83° ;保护8测得故障电流相位为 146.73° ,故障后电流相位为 97° 。此处,电流互感器误差曲线为10%,最大误差角度为 7° ;微机保护装置按照一个周期50个点采样,误差角度为 7.2° ;故障电流持续时间 t 为12.6ms。与启动判断阈值比较, $\theta'_5 > \theta'_{5\zeta}$, $\theta'_6 > \theta'_{6\zeta}$,保护5、6装置启动判据动作, $\pi/2 < \theta_{56} < \pi$,保护主判据动作,判断为线路区域内故障,两端保护5、6装置动作。

[0082] 综上,在基于正序网络的基础上,以单端电流相位变化率作为保护的启动判据,以两端电流相位变化的差值作为保护的主判据,在无须获得电压信息的情况下,提高了在含分布式电源的主动配电网中保护的可靠性,降低了线路保护的误动作和拒动作等的可能性,且适用于任何故障类型。

[0083] 以上,仅为本发明的优选实施例,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

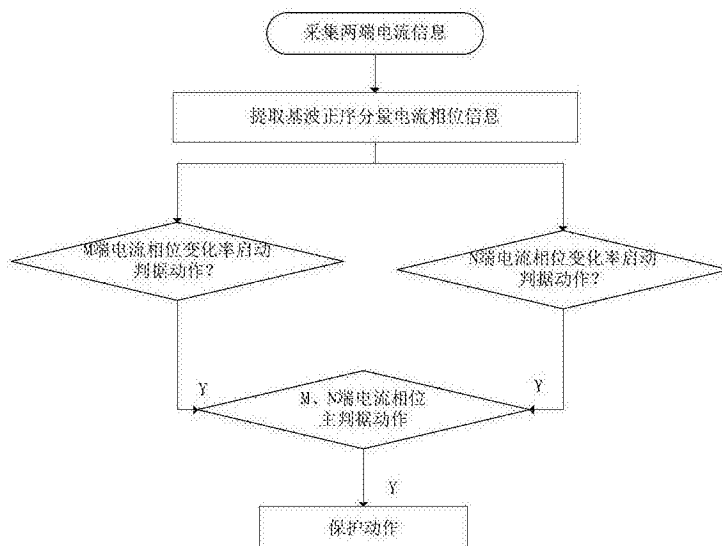


图1

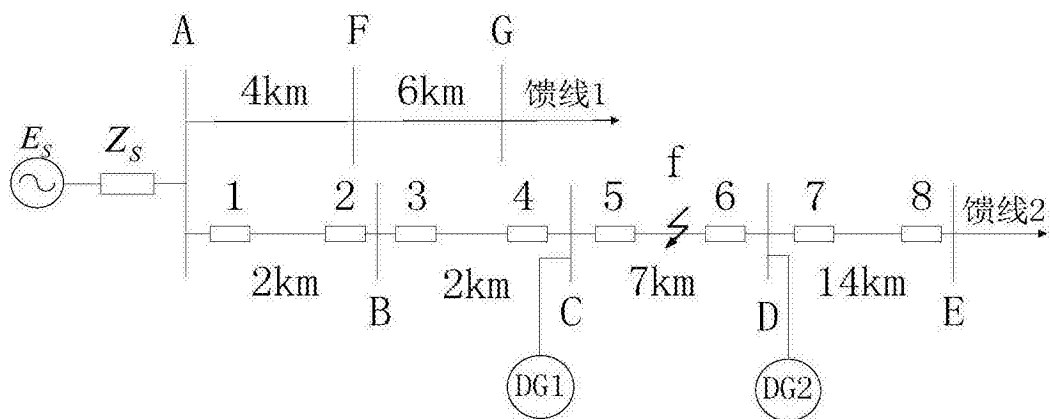


图2

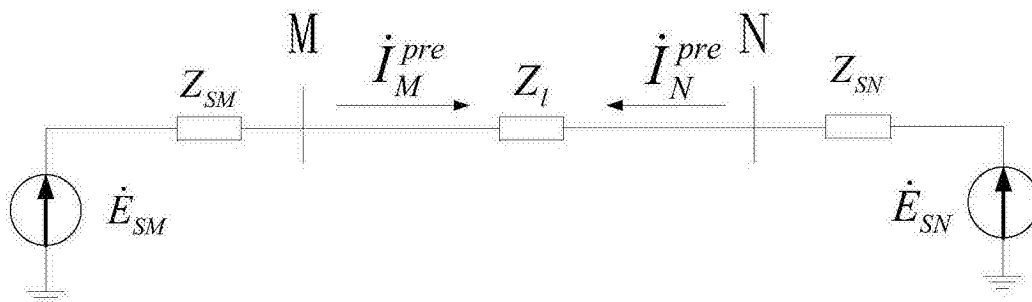


图3

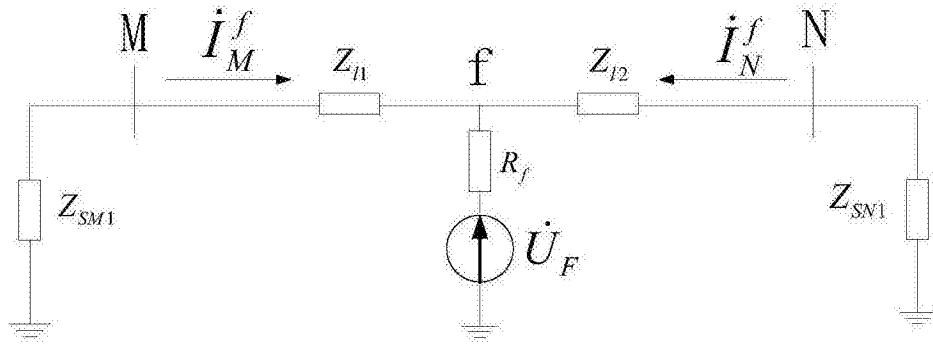


图4

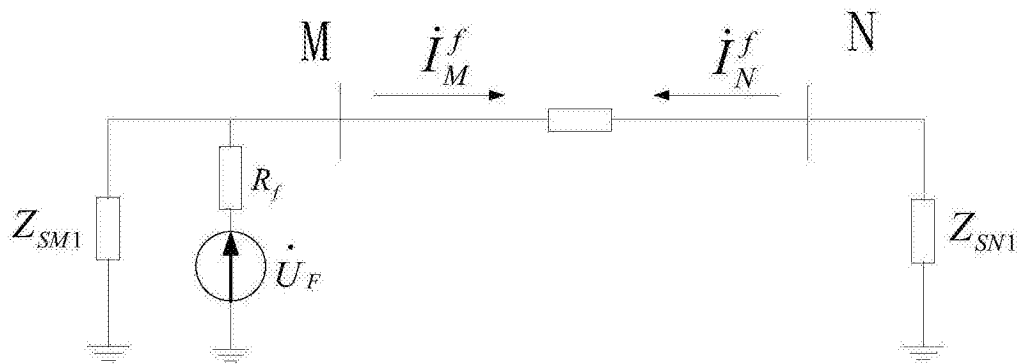


图5