



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107623326 B

(45)授权公告日 2020.06.30

(21)申请号 201710834426.0

审查员 李坤鹏

(22)申请日 2017.09.15

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107623326 A

(43)申请公布日 2018.01.23

(73)专利权人 华北电力大学

地址 102206 北京市昌平区朱辛庄北农路2号

(72)发明人 马静 邓卓俊 李沛 刘静

(74)专利代理机构 北京众合诚成知识产权代理

有限公司 11246

代理人 朱琨

(51)Int.Cl.

H02J 3/24(2006.01)

H02H 7/22(2006.01)

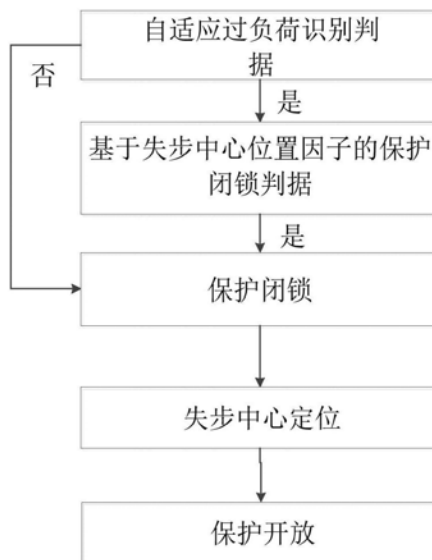
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

一种多频振荡场景下的距离保护振荡闭锁和再开放方法

(57)摘要

本发明属于电力系统继电保护技术领域,尤其涉及一种多频振荡场景下的距离保护振荡闭锁和再开放方法,包括:步骤1:根据保护安装处正序、零序、负序电流值的大小建立自适应过负荷识别判据,若不符合判据则保护闭锁;步骤2:若符合步骤1中的判据,则进行基于失步中心位置因子的保护闭锁判据,若满足步骤2中的判据则进行保护闭锁,并进行失步中心定位;步骤3:根据失步幅值因子的变化速率来判断是否保护开放。本发明在振荡期间能有效将保护闭锁,在发生故障时,能快速开放保护,即使在失步中心出现的同时系统发生故障也能有效识别。能够有效避免多频振荡场景下距离保护装置的误动与拒动。



1. 一种多频振荡场景下的距离保护振荡闭锁和再开放方法,其特征在于,包括:

步骤1:根据保护安装处正序、零序、负序电流值的大小建立自适应过负荷识别判据,若不符合判据则保护闭锁;

步骤2:若符合步骤1中的判据,则进行基于失步中心位置因子的保护闭锁判据,若满足步骤2中的判据则进行保护闭锁,并进行失步中心定位;

步骤3:根据失步幅值因子的变化速率来判断是否保护开放;

所述步骤1中的判据如下:

以母线M和母线N为例, $I_{m2}+I_{m0}>k_{set}I_{m1}$,式中: I_{m2} 为保护安装处负序电流测量值; I_{m0} 为保护安装处零序电流测量值, I_{m1} 为保护安装处正序电流测量值, k_{set} 为不平衡系数;

所述步骤2中的判据如下:

$$\begin{cases} k1 \times \theta_1 \times k_{rel1} > h & \text{I 段} \\ k2 \times \theta_1 \times k_{rel2} > h & \text{II 段} \\ |\theta_1| \leq 90^\circ \end{cases}$$

式中: k_{rel1} 和 k_{rel2} 分别为保护I段和II段闭锁可靠系数, h 为失步中心幅值因子, θ_1 为失步中心相角因子, $k1$ 、 $k2$ 分别为保护I、II段可靠性系数, $k1 = \frac{Z_{set1}}{Z_{MN}}$, $k2 = \frac{Z_{set2}}{Z_{MN}}$, Z_{set1} 和 Z_{set2} 分别为保护I段和II段的动作阻抗整定值, Z_{MN} 为线路MN阻抗值, $h \angle \varphi = f_{MN} = \frac{\dot{U}_M}{\dot{U}_M - \dot{U}_N}$, f_{MN} 为母线M

与母线N之间的失步中心位置因子, \dot{U}_M 为母线M处的电压向量, \dot{U}_N 为母线N处的电压向量;

所述失步中心定位通过多频振荡场景下阻抗轨迹分析,定义阻抗位置函数以及失步因子函数,建立失步中心定位判据,实现对振荡的识别以及对振荡中心的定位;

所述阻抗位置函数为线路上任意一点到某一侧系统的距离阻抗与对应的母线至该系统侧的比值;

所述失步因子函数为:

$$f(p) = \frac{\dot{E}_T}{\dot{E}_T - \dot{U}_N}$$

其中,失步因子 $p = \frac{Z_{MQ} + Z_T}{Z_{MN} + Z_T}$,Q为线路MN上任意一点, Z_{MQ} 为Q点至M点的线路阻抗, Z_{MN} 为

线路MN的阻抗, Z_T 为发电机T到M点的阻抗, \dot{E}_T 为发电机T的电动势复数, \dot{U}_N 为母线N处的电压向量;

所述失步中心定位判据如下:

对于系统中任意两条母线,以母线M和母线N为例,

$$\begin{cases} \arg \frac{\dot{U}_M}{\dot{U}_N} = 180^\circ \\ f_{MN} = \frac{\dot{U}_M}{\dot{U}_M - \dot{U}_N} \end{cases}$$

式中： \arg 表示取相量相角的函数， \dot{U}_M 为母线M处的电压向量， \dot{U}_N 为母线N处的电压向量， f_{MN} 为母线M与母线N之间的失步中心位置因子，表示失步中心到母线M处的阻抗与线路阻抗 Z_{MN} 的比值。

2. 根据权利要求1所述方法，其特征在于，所述步骤3具体包括：

以失步中心幅值因子 h 变化速率与其自身比值的大小判断是否短时开放保护，判据如下：

$$v = |dh/dt| / sr > v_{set}$$

$$sr = \begin{cases} h & h > 0.1 \\ 0.1 & h < 0.1 \end{cases}$$

式中， v_{set} 为整定值， $|dh/dt|$ 表示失步幅值因子 h 变化速率， t 表示时间， sr 表示失步幅值因子系数。

一种多频振荡场景下的距离保护振荡闭锁和再开放方法

技术领域

[0001] 本发明属于电力系统继电保护技术领域,尤其涉及一种多频振荡场景下的距离保护振荡闭锁和再开放方法。

背景技术

[0002] 随着国家电网“一特四大”的推进,我国电网呈现跨区域互联、运行方式多变的特性,系统发生多频振荡的概率显著上升。

[0003] 目前对于振荡闭锁的研究大多基于两机模型,在两机系统振荡场景下,失步中心一般为固定点,而多频振荡场景下失步中心可能在同一线路的不同点或不同线路上的不同点来回迁移,电气量变化特征、保护测量阻抗轨迹有较大变化,可能导致基于双机振荡系统模型推导的保护闭锁和开放判据失效,对系统安全稳定运行构成极大的威胁。

[0004] 另外目前的研究主要集中在以下方面:基于 $U\cos\varphi$ 的识别判据能够开放振荡中对称性故障,但需要一定的延时,且在两侧电动势幅值不相等的情况下判定结果存在一定误差;基于视在阻抗角的判据能适应振荡周期变化,但当振荡中心靠近装置安装处时难以实现振荡与故障的区分;用振荡过程中电流的包络线特征区分振荡和故障,方法灵敏度较高,但求解过程较为复杂。国内外关于多频振荡的研究较少,因此,有效识别多频振荡特征,深入研究多频振荡对保护的影响,并提出合理有效的振荡闭锁和振荡中故障再开放判据及保护方案,尤为重要。

发明内容

[0005] 鉴于此,本发明提出了一种多频振荡场景下的距离保护振荡闭锁和再开放方法,包括:

[0006] 步骤1:根据保护安装处正序、零序、负序电流值的大小建立自适应过负荷识别判据,若不符合判据则保护闭锁;

[0007] 步骤2:若符合步骤1中的判据,则进行基于失步中心位置因子的保护闭锁判据,若满足步骤2中的判据则进行保护闭锁,并进行失步中心定位;

[0008] 步骤3:根据失步幅值因子的变化速率来判断是否保护开放。

[0009] 所述步骤1中的判据如下:

[0010] 以母线M和母线N为例, $I_{m2}+I_{m0}>k_{set}I_{m1}$,式中: I_{m2} 为保护安装处负序电流测量值; I_{m0} 为保护安装处零序电流测量值, I_{m1} 为保护安装处正序电流测量值, k_{set} 为不平衡系数。

[0011] 所述步骤2中的判据如下:

$$[0012] \begin{cases} k1 \times \theta_1 \times k_{rel1} > h & \text{I 段} \\ k2 \times \theta_1 \times k_{rel2} > h & \text{II 段} \\ |\theta_1| \leq 90^\circ \end{cases}$$

[0013] 式中: k_{rel1} 和 k_{rel2} 分别为保护I段和II段闭锁可靠系数, h 为失步中心幅值因子, θ_1

为失步中心相角因子, k_1 、 k_2 分别为保护I、II段可靠性系数, $k_1 = \frac{Z_{set1}}{Z_{MN}}$, $k_2 = \frac{Z_{set2}}{Z_{MN}}$, Z_{set1} 和 Z_{set2}

分别为保护I段和II段的动作阻抗整定值, Z_{MN} 为线路MN阻抗值, $h \angle \varphi = f_{center} = \frac{\dot{U}_M}{\dot{U}_M - \dot{U}_N}$, f_{center}

为母线M与母线N之间的失步中心位置因子, \dot{U}_M 为母线M处的电压向量, \dot{U}_N 为母线N处的电压向量。

[0014] 所述失步中心定位通过多频振荡场景下阻抗轨迹分析, 定义阻抗位置函数以及失步因子函数, 建立失步中心定位判据, 实现对振荡的识别以及对振荡中心的定位。

[0015] 所述阻抗位置函数为线路上任意一点到某一侧系统的距离阻抗与对应的母线至该系统侧的比值。

[0016] 所述失步因子函数为:

$$[0017] \quad f(p) = \frac{\dot{E}_T}{\dot{E}_T - \dot{U}_N}$$

[0018] 其中, 失步因子 $p = \frac{Z_{MQ} + Z_T}{Z_{MN} + Z_T}$, Q为线路MN上任意一点, Z_{MQ} 为Q点至M点的线路阻抗,

Z_{MN} 为线路MN的阻抗, Z_T 为发电机T到M点的阻抗, \dot{E}_T 为发电机T的电动势复数, \dot{U}_N 为母线N处的电压向量。

[0019] 所述失步中心的定位判据如下:

[0020] 对于系统中任意两条母线, 以母线M和母线N为例,

$$[0021] \quad \begin{cases} \arg \frac{\dot{U}_M}{\dot{U}_N} = 180^\circ \\ f_{MN} = \frac{\dot{U}_M}{\dot{U}_M - \dot{U}_N} \end{cases}$$

[0022] 式中: \arg 表示取相量相角的函数, \dot{U}_M 为母线M处的电压向量, \dot{U}_N 为母线N处的电压向量, f_{MN} 为失步中心位置因子, 表示失步中心到母线M处的阻抗与线路阻抗 Z_{MN} 的比值。

[0023] 所述步骤3具体包括:

[0024] 以失步幅值因子 h 变化速率与其自身比值的大小判断是否短时开放保护, 判据如下:

$$[0025] \quad v = |dh/dt| / sr > v_{set}$$

$$[0026] \quad sr = \begin{cases} h & h > 0.1 \\ 0.1 & h < 0.1 \end{cases}$$

[0027] 式中, v_{set} 为整定值, $|dh/dt|$ 表示失步幅值因子 h 变化速率, t 表示时间, sr 表示失步幅值因子系数。

[0028] 本发明的有益效果在于: 在振荡期间能有效将保护闭锁, 在发生故障时, 能快速开放保护, 即使在失步中心出现的同时系统发生故障也能有效识别。能够有效避免多频振荡场景下距离保护装置的误动与拒动。

附图说明

[0029] 图1是本发明提供的出一种多频振荡场景下的距离保护振荡闭锁和再开放方法的结构图；

[0030] 图2是多频振荡三机等效分析图；

[0031] 图3是电压相量图；

[0032] 图4是系统中各线路两侧相角差变化曲线；

[0033] 图5是振荡中保护4处振荡闭锁情况；

[0034] 图6是振荡中保护5处振荡闭锁情况；

[0035] 图7是振荡中NP发生故障时保护5处振荡闭锁情况；

[0036] 图8是保护5测量电流波形图；

[0037] 图9是 $t=7.09\text{s}$ 线路NP上距P侧50km处发生故障时保护4闭锁及再开放情况。

具体实施方式

[0038] 下面结合附图,对实施例作详细说明。

[0039] 本发明提出了一种多频振荡场景下的距离保护振荡闭锁和再开放方法,如图1所示,包括:

[0040] 步骤1:根据保护安装处正序、零序、负序电流值的大小建立自适应过负荷识别判据,若不符合判据则保护闭锁;

[0041] 步骤2:若符合步骤1中的判据,则进行基于失步中心位置因子的保护闭锁判据,若满足步骤2中的判据则进行保护闭锁,并进行失步中心定位;

[0042] 步骤3:根据失步幅值因子的变化速率来判断是否保护开放。

[0043] 在多频振荡场景下,首先计算自适应过负荷识别判据:

$$[0044] \quad I_{m2} + I_{m0} > k_{\text{set}} I_{m1}$$

[0045] 式中: I_{m2} 为保护安装处负序电流测量值; I_{m0} 为保护安装处零序电流测量值, I_{m1} 为保护安装处正序电流测量值, k_{set} 为不平衡系数,按躲过最大不平衡负荷电流整定,一般取0.66。

[0046] 在系统发生不对称故障时,系统因失去对称性而出现大量负序分量和零序分量,负序分量与零序分量不符合判据,保护闭锁。

[0047] 当系统发生三相短路故障时,对称系统中几乎不会出现不对称分量,与振荡的特征十分类似,因此三相对称故障与振荡的区分最为困难。

[0048] 对于保护而言,其所能获知的量测量多位于在线路两侧母线范围内,两侧母线安装处的电气量信息。为使分析更具一般性,如图3a,图3b,基于线路两侧电压相量图进行分析。 \dot{U}_m 和 \dot{U}_n 分别是母线M和母线N处的电压相量, \dot{I}_m 为流过线路L1的电流相量。 φ_{ui} 为M侧测量电压与测量电流相量之间的夹角, φ_{line} 为线路阻抗角。 θ 为线路两侧电压相量 \dot{U}_m 与 \dot{U}_n 之间的相角差, θ_1 为相量 \dot{U}_m 与相量 $\dot{U}_m - \dot{U}_n$ 之间的夹角, θ_2 为相量 \dot{U}_n 与相量 $\dot{U}_n - \dot{U}_m$ 之间的夹角。

[0049] 由相量图可知,各角度之间存在以下关系:

$$[0050] \quad \begin{cases} \theta_1 = \varphi_{line} - \varphi_{ui} \\ \theta_1 + \theta_2 + \theta = 180^\circ \end{cases}$$

[0051] 式中： φ_{ui} 的符号由电压电流相量的相位关系确定，若电压超前电流，则 φ_{ui} 为正，若电压滞后于电流，则 φ_{ui} 为负。

[0052] $f_{center} = \frac{\dot{U}_m}{\dot{U}_m - \dot{U}_n}$ 为母线M与母线N之间的失步中心位置因子 (OCPF)。将其改写为幅值和相角的形式为： $f_{center} = h \angle \varphi$ 。根据相位关系容易得出， $\varphi = \theta_1$ 为失步中心相角因子，h为失步中心幅值因子。

[0053] 结合距离保护I段和保护II段的动作判据：对保护进行闭锁，防止误动。判据如下，当满足相应判据要求时对保护进行闭锁。

[0054] 若负序分量与零序分量之和满足判据，进行基于失步中心位置因子的保护闭锁判据计算：

$$[0055] \begin{cases} k1 \times \theta_1 \times k_{rel1} > h & \text{I 段} \\ k2 \times \theta_1 \times k_{rel2} > h & \text{II 段} \\ |\theta_1| \leq 90^\circ \end{cases}$$

[0056] 式中： k_{rel1} 和 k_{rel2} 分别为保护I段和II段闭锁可靠系数，可取 $k_{rel1} = 1.4$ 和 $k_{rel2} = 1.2$ ，保证闭锁的可靠性。

[0057] 若对侧电压相量不能获取时，根据图7所示的电压相量关系，可以通过M侧保护安装处的电压电流相量计算得到：

$$[0058] \dot{U}_n = \dot{U}_m - \dot{I}_m Z_{MN}$$

[0059] 若满足判据，则闭锁保护。并进行故障定位计算，对于系统中任意两条母线，以母线M和母线N为例，可利用各侧电源将母线N处电压表示为：

$$[0060] \dot{U}_N = \frac{Z_{R\Sigma} Z_{S\Sigma} \dot{E}_T + Z_{T\Sigma} Z_{R\Sigma} \dot{E}_S + Z_{T\Sigma} Z_{S\Sigma} \dot{E}_R}{Z_{R\Sigma} Z_{S\Sigma} + Z_{T\Sigma} Z_{R\Sigma} + Z_{T\Sigma} Z_{S\Sigma}}$$

[0061] 同理，可得到母线M处电压，进而计算失步中心定位判据：

$$[0062] \begin{cases} \arg \frac{\dot{U}_M}{\dot{U}_N} = 180^\circ \\ f(p) = \frac{\dot{U}_M}{\dot{U}_M - \dot{U}_N} \end{cases}$$

[0063] 若失步中心位于该线路上，则p必然为[0, 1]区间内的实数，因此只有当表达式中分子分母同相位时，才可能出现失步中心点，令此时的 $f(p) = p_0$ 。若 \dot{E}_A 与 \dot{U}_0 同相位，则该式分母大于分子，此时 $p_0 > 1$ ，失步中心不位于该侧线路中；若 \dot{E}_A 与 \dot{U}_0 相位相反，则 $p_0 < 1$ ，失步中心位于该侧线路中，此时，位置 $p = p_0$ 点即为该侧失步中心点。综上，当且仅当 \dot{E}_A 与 \dot{U}_0 相位相反时，失步中心位于该侧系统内。

[0064] 保护闭锁后，进行保护开放判据计算：

$$[0065] v = |dh/dt| / sr > v_{set}$$

$$[0066] sr = \begin{cases} h & h > 0.1 \\ 0.1 & h < 0.1 \end{cases}$$

[0067] 式中, v_{set} 为整定值, 一般可以取30。 $|dh/dt|$ 表示失步幅值因子 h 变化速率, 判据 v 采用 h 的变化率与其自身比值, 目的在于消除 h 自身大小的变化率产生的影响。但当 h 值接近0时, 可能导致判据值 v 过大, 因此, 在 $h < 0.1$ 时取 $sr = 0.1$ 。

[0068] 若在满足保护闭锁的时段内保护开放判据不成立, 则将保护闭锁, 直到保护闭锁信号返回。若闭锁期间保护开放判据成立, 则开放保护150ms, 允许保护快速动作。

[0069] 实例分析:

[0070] 利用PSCAD搭建如图2所示的仿真系统, 模型如参数如下: $R_1 = 0.021 \Omega / \text{km}$, $X_1 = 0.281 \Omega / \text{km}$, $C_1 = 500 \text{M} \Omega * \text{m}$; $R_0 = 0.115 \Omega / \text{km}$, $X_0 = 0.719 \Omega / \text{km}$, $C_0 = 800 \text{M} \Omega * \text{m}$; 线路MN全长为120km, 线路HN全长120km, 线路PN全长140km。母线M背侧系统等值正序阻抗 $Z_T = 3.8376 + j51.354 \Omega$, 零序阻抗为 $Z_{T0} = 0.6 + j9.091 \Omega$, 等效电动势为 $\dot{E}_T = 525 \angle \delta_1 \text{ kV}$; 母线S背侧系统正序阻抗参数为 $Z_{S1} = 4.264 + j57.06 \Omega$, 零序阻抗为 $Z_{S0} = 2.0 + j7.47 \Omega$, 等效电动势为 $\dot{E}_S = 525 \angle \delta_2 \text{ kV}$ 。母线P背侧系统等值正序阻抗为 $Z_{R1} = 4.477 + j59.913 \Omega$, $Z_{R0} = 2.0 + j6.37 \Omega$, 等效电动势为 $\dot{E}_R = 525 \angle \delta_3 \text{ kV}$ 。仿真中, 设置距离I段保护范围为线路全长的80%, 距离II段保护范围为线路全长的120%整定。仿真过程以 \dot{E}_T 为等值参考机, 振荡过程中 \dot{E}_S , \dot{E}_R , \dot{E}_T 均不同步。振荡起始时间为1s, 仿真过程共9s。

[0071] 在多机振荡时, 线路MN线路, HN以及线路PN两侧测量电压的相位关系如图4所示。由图可见, 多频振荡场景下, 系统中线路两侧电压相角差, 并非在 $0^\circ \sim 360^\circ$ 之间周期性变化, 基于变化轨迹 (如 $U \cos \varphi$ 、阻抗角变化轨迹) 穿越预设动作区域的振荡识别装置可能会失效。

[0072] 以保护4 (L3上近母线P侧保护) 及保护5 (L1上近母线M侧保护) I段为例对振荡识别过程进行分析, 在振荡过程中, 保护4和保护5振荡闭锁情况分别如图5和图6所示, 其中, 图5a表示判据 v 的计算值, 图5b为保护闭锁信号逻辑, 1表示保护闭锁, 0表示保护开放。由图5a、5b可以看出, 在系统振荡过程中, 保护4处判据 v 的计算值很小, 当阻抗轨迹接近保护范围时, 判据可将保护可靠闭锁。结合图5b和图4c可以发现, 当失步中心位于线路PN内部时, 保护可靠闭锁; 当失步中心未出现, 但测量阻抗因振荡中心落入保护动作区域内, 判据仍能可靠将其闭锁。

[0073] 在图6a中, 在4s左右出现了判据 v 值大于整定值的情况, 结合图6c可以看出, 该时刻线路两侧电压相角差为零, 失步中心因子的分母出现极小值, 导致单位步长内 h 值大幅度变化。但在该情况下, 测量阻抗值极大, 不会落入保护范围内, 因而不会引起保护误动作。由图6b中也可以看出, 该时刻并未落入闭锁区间内, 不会对振荡闭锁产生影响。

[0074] 在系统振荡期间, 5s时线路MN上距离N侧50km处发生三相对称短路故障, 设故障持续时间为2s。保护4开放判据及闭锁信息如图7所示, 这里以保护4距离II段的闭锁信号为例进行说明。图7 (b) 中, 实线为保护实际闭锁信号, 虚线为未考虑保护开放判据时保护闭锁信号。由图可见故障发生时, 保护开放判据值发生突变, 满足判据条件, 因此开放保护。

[0075] 保护5开放判据及闭锁信息如图8所示, 由于保护5为故障线路的后备保护, 这里仍以保护5距离II段的闭锁信号为例进行说明。由图8a可见, 故障发生时, 保护开放判据满足开放条件, 但此故障不位于保护范围内, 因此保护5不会动作。若该故障落于保护区域内, 保护开放150ms后, 可由保护II段实现自保持, 从而实现后备保护功能。

[0076] 当线路上出现失步中心时,同时发生三相短路故障的情况下,本方案仍能有效识别。由图9a、9b可知, $t=7.09\text{s}$ 时,线路PN两侧相角差为 180° ,失步中心出现在该线路内部。此时线路MN上距离母线P侧50km处发生三相短路故障时,保护4处再开放信号及闭锁信号如图9、9b所示。图9b中,实线为实际闭锁信号,虚线为未考虑再开放判据情况下的闭锁信号。 $t=6.73\text{s}$ 时,保护因振荡被闭锁, $t=7.09\text{s}$ 时,闭锁期间又在失步中心出现时发生故障,保护快速开放。可见,在系统出现失步中心同时发生三相短路的情况下,该方案能有效可靠识别振荡和故障。

[0077] 上述实施例仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应该以权利要求的保护范围为准。

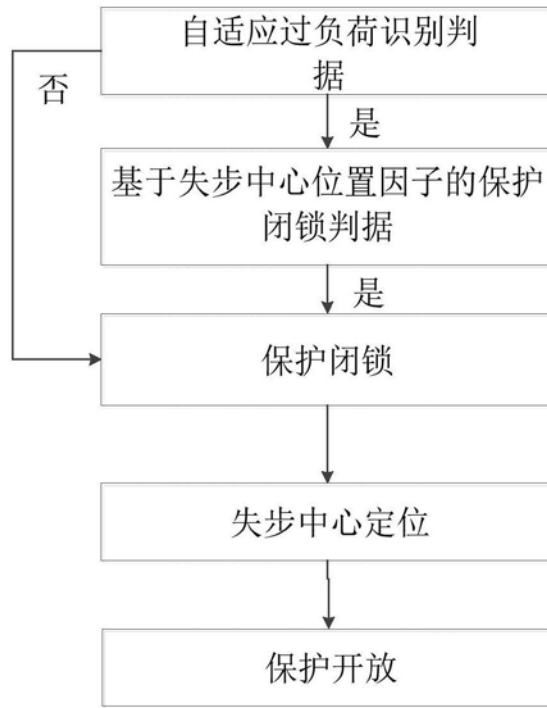


图1

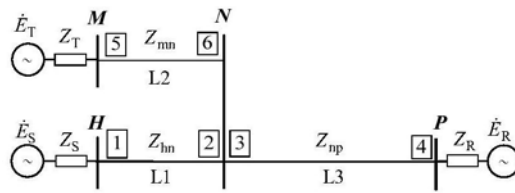


图2

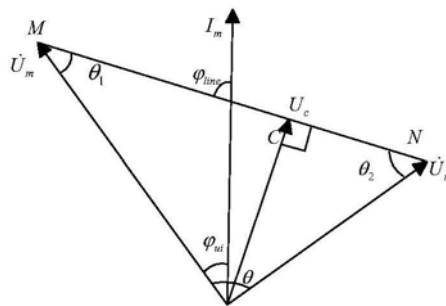


图3a

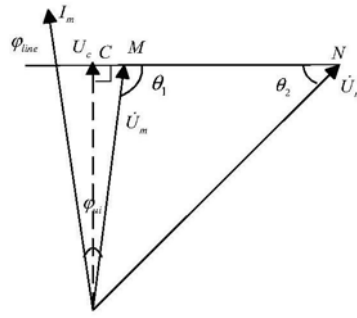


图3b

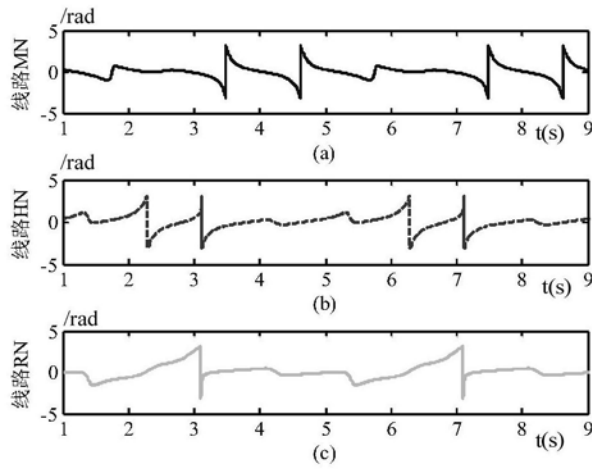


图4

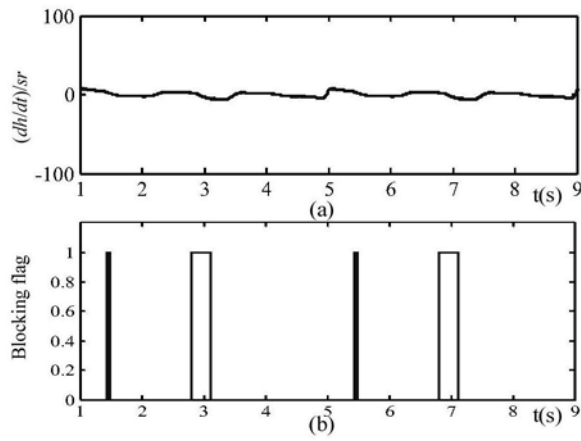


图5

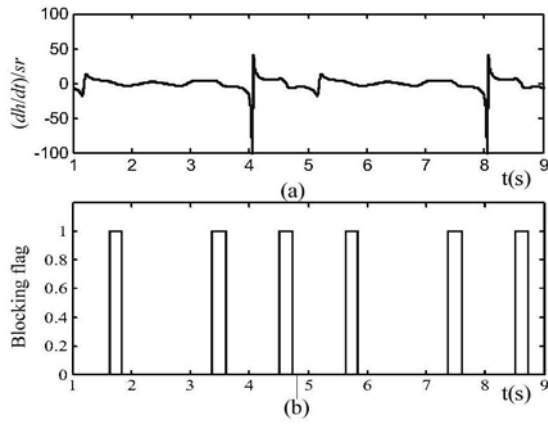


图6

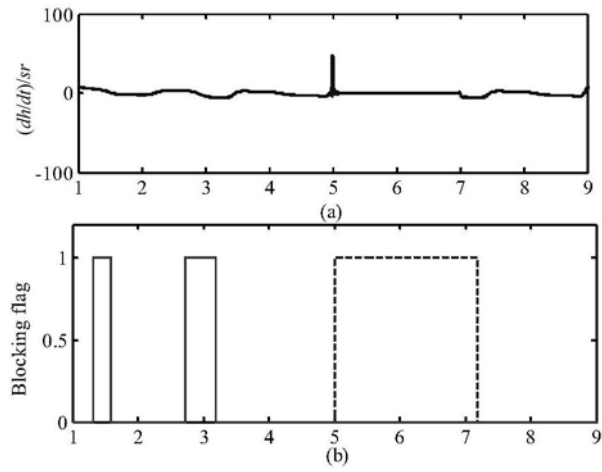


图7

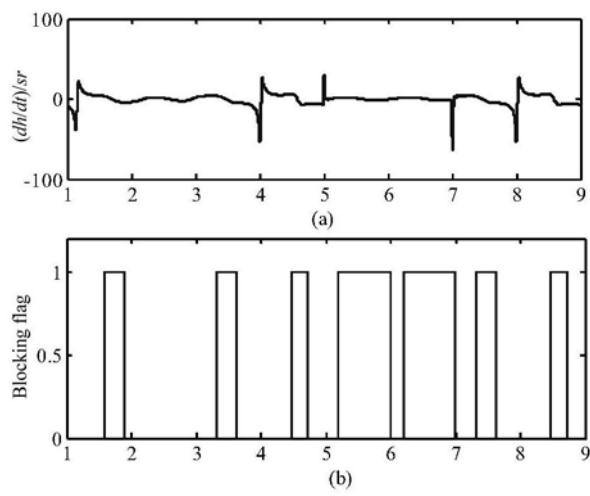


图8

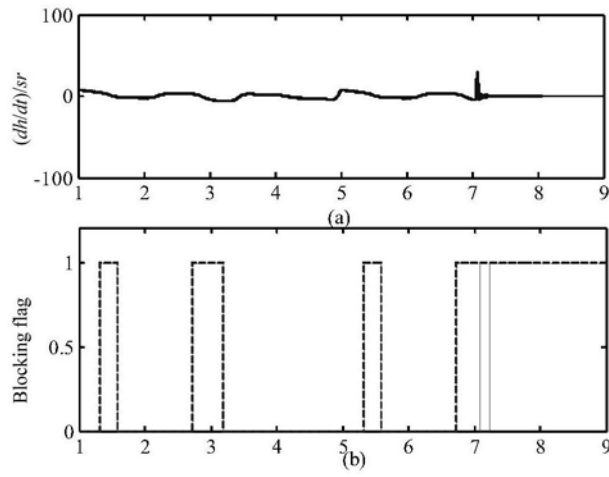


图9