



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102623990 A

(43) 申请公布日 2012. 08. 01

(21) 申请号 201210095582. 7

H02J 3/14 (2006. 01)

(22) 申请日 2012. 04. 01

(66) 本国优先权数据

201110227234. 6 2011. 08. 09 CN

(71) 申请人 国网电力科学研究院

地址 210003 江苏省南京市鼓楼区南瑞路 8 号

申请人 南京南瑞集团公司

(72) 发明人 李碧君 徐泰山 余文杰 刘韶峰

王昊昊 徐伟 曾兴嘉 谢传治

(74) 专利代理机构 南京知识律师事务所 32207

代理人 汪旭东

(51) Int. Cl.

H02J 3/00 (2006. 01)

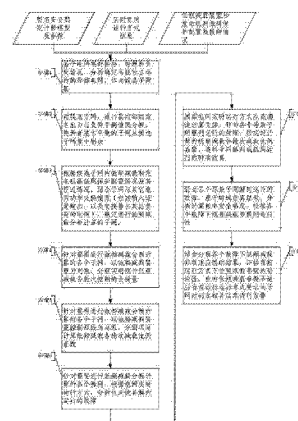
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

自适应电网运行方式的低频减载参数在线校核方法

(57) 摘要

本发明属于电力系统计算与分析技术领域。主要技术特征包括：1) 根据电网实时运行方式信息，结合低频减载装置配置与投停情况，确定进行低频减载参数校核分析计算的子网，并自动生成用于低频减载参数校核分析计算的预想故障集；2) 根据低频减载控制负荷的实际情况，在线计算各个子网的低频减载参数；3) 根据电网实时运行方式在线生成用于低频减载校核分析计算的潮流文件，对于不同的预想故障和子网采用差异化的、与实际情况一致的低频减载参数，进行时域仿真；4) 在时域仿真的基础上分析计算频率安全裕度，以频率安全裕度满足要求作为评判低频减载参数适应当前运行方式的依据。



1. 自适应电网运行方式的低频减载参数在线校核方法,其特征在于包括下列步骤:

1) 根据电网实时运行方式信息、低频减载装置配置与投退情况和发电机高低周保护投停情况,在线分析确定进行低频减载参数校核分析计算的局部电网范围(子网);

2) 根据电网实时运行方式信息和低频减载各轮次控制负荷量的实际情况,在线计算各子网中低频减载装置控制母线各轮次实际的低频减载比例系数;

3) 根据电网实时拓扑信息,自动生成导致子网解列、成为孤网运行的预想故障,用于低频减载参数校核分析计算;

4) 基于实际运行方式生成潮流计算数据文件,针对不同的预想故障形成的孤网,采用差异化的、与电网当前运行方式实际情况一致的低频减载比例系数,进行时域仿真;

5) 基于时域仿真得到的频率特性曲线,计算频率安全裕度,评估各个预想故障及其形成的孤网内低频减载参数的适应性;

6) 通过综合分析各个预想故障形成孤网运行状态的低频减载参数的适应性,得到当前运行方式下低频减载参数适应性的整体结论,指出低频减载参数不适应要求的电网范围及其影响情况。

2. 根据权利要求1所述的自适应电网运行方式的低频减载参数在线校核方法,其特征在于,所述步骤1)中,根据电网实时拓扑信息分析局部电网与主网的联络情况,根据电网实时运行信息分析局部电网内发电出力与负荷的平衡情况,考察低频减载装置配置和投停状态、发电机高低周保护的投停状态,才能确定进行低频减载参数校核分析计算的子网范围。

3. 根据权利要求1所述的自适应电网运行方式的低频减载参数在线校核方法,其特征在于,所述步骤2)中,根据子网内低频减载装置控制母线负荷实测情况和低频减载各轮次控制负荷量的实际情况,在线统计低频减载装置各轮次实际控制负荷量,在线计算低频减载装置控制母线各轮次低频减载实际减负荷占该母线总负荷的比例系数。

4. 根据权利要求1所述的自适应电网运行方式的低频减载参数在线校核方法,其特征在于,所述步骤3)中,根据电网实时拓扑信息,自动生成用于低频减载参数校核分析计算的预想故障,这些故障导致局部电网解列、形成孤网。

5. 根据权利要求1所述的自适应电网运行方式的低频减载参数在线校核方法,其特征在于,所述步骤4)中,进行时域仿真计算的数据准备是:根据电网实时运行方式生成潮流计算数据;针对预想故障形成的孤网,采用在线计算的低频减载比例系数,而不是离线整定值,并且不同预想故障下低频减载比例系数可能不同。

6. 根据权利要求1所述的自适应电网运行方式的低频减载参数在线校核方法,其特征在于,所述步骤5)中,通过对时域仿真得到的频率特性曲线分析,计算频率安全裕度,将预想故障下频率安全裕度满足要求作为评判局部电网低频减载参数适应当前运行方式的依据。

7. 根据权利要求1所述的自适应电网运行方式的低频减载参数在线校核方法,其特征在于,所述步骤6)中,通过综合分析各种导致子网解列成孤网运行故障的频率安全稳定性及其低频减载参数的适应性,形成当前运行方式下低频减载参数适应性的整体结论,如果有低频减载参数不适应运行方式的情况则得到低频减载参数不适应要求的子网范围及其影响情况。

## 自适应电网运行方式的低频减载参数在线校核方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于电力系统计算与分析技术领域。

### 背景技术

[0002] 低频减载属于电力系统安全稳定第三道防线的范畴,低频减载动作情况与参数定值、电网运行方式和故障形态密切相关,低频减载参数的适应性是其发挥有效作用关键。为了校核低频减载参数的适应性,需要在计及低频减载动作特性的情况下对电网故障下的特性进行仿真和安全性分析。

[0003] 低频减载参数整定确定了各区域内、各轮次减载的频率启动值和各轮次减载负荷占总负荷的比例,各区域根据低频减载的负荷控制要求和预测的母线/线路负荷大致情况,将变电站的开关受控于低频减载装置。目前低频减载定值校核的方法是,选取典型方式,根据人工经验确定预想故障集,将低频减载量按整定的比例系数,通过离线仿真计算,分析电网的安全性,从而校核低频减载参数的适应性。实际运行情况表明,上述校核方法难以完全反映低频减载参数对电网运行方式的适应性,因而给电网安全稳定运行带来隐患。

[0004] 随着电网安全稳定分析技术和计算机信息技术的发展,能量管理系统(EMS)和广域测量系统(WAMS)能够提供准确的电网实时运行方式信息,其中包括低频减载装置实际控制负荷的情况,在线安全稳定分析技术得到广泛应用,为进行精细化程度更高的低频减载参数校核分析计算创造了良好的技术条件。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是,基于电网的实时运行方式信息,提出在线进行低频减载参数分析校核计算的方法,为实现在线校核低频减载参数的适应性提供技术支撑,从而提高低频减载参数校核的准确性,及时发现低频减载参数不适应电网运行方式的情况,从而有效发挥低频减载装置在电网安全稳定运行中的作用。

[0006] 本发明根据实际电网运行方式,结合低频减载装置的配置情况与其控制对象的实际负荷情况,在线计算低频减载动作切负荷量;在线分析电网运行特点,自动生成用于低频减载校核分析计算的预想故障集,基于时域仿真,进行安全稳定评估,实现低频减载参数的在线校核。本发明提出的方法,仿真低频减载动作切负荷的情况与实际情况一致,预想故障集体现当时电网运行状态特点,并且采用实际的运行方式,因而使校核结果的准确度和可信度大幅提高。

[0007] 具体地说,本发明是采取以下的技术方案来实现的,包括下列步骤:

1) 初步确定可能独立运行的子网集:基于电网实时拓扑信息,进行输电断面割集分析,将全网划分成若干独立子网;将厂站数小于 $m$ (例如5)的子网、只有电源的子网和只有负荷的子网归并到相邻子网,从而形成 $N$ 个可能独立运行的子网;对可能独立运行的子网 $i$ ,分析确定它与电网其它部分的联络线数量 $L_i$ ,将 $L_i$ 小于某一数值 $n$ (例如4)的子网标识

为候选子网,形成候选子网集 $N_1$ 。

[0008] 2) 基于功率平衡分析,筛选候选子网:对候选子网集 $N_1$ 中的每个子网 $i$ ,根据实时信息,统计其内部的发电出力之和 $P_G$ 和负荷之和 $P_L$ ,计算子网功率平衡度 $B_i = P_G / P_L$ ,将 $B_L < B_i < B_H$  (其中 $B_L < 1.0$ ,例如0.90; $B_H > 1.0$ ,例如1.1。)子网从候选子网中删去,形成新的候选子网集 $N_2$ 。

[0009] 3) 基于第三道防线配置情况,确定进行低频减载参数校核分析计算的子网集:在候选子网集 $N_2$ 中,将 $B_i \leq B_L$ 且有在线低频减载装置运行的子网,将 $B_i \geq B_H$ 且其范围内有在线运行的发电机高周保护和有低频减载装置在线运行,确定为进行低频减载参数校核分析计算的子网集 $N_3$ 。

[0010] 4) 实时统计低频减载装置控制负荷的信息:对子网集 $N_3$ 中的每个子网 $i$ ,根据低频减载配置情况与其控制对象(母线和线路)的运行状态,在控制中心,汇集每个低频减载装置各轮次动作控制的实际负荷量 $P_{CBj}$  ( $k$ 为低频减载装置编号, $j$ 为低频减载动作轮次)。

[0011] 5) 在线计算低频减载动作定值,在4)的基础上,对每个低频减载装置 $k$ ,计算低频减载各轮次减载比例系数 $U_{kj} = P_{CBj} / P_{LBk}$ ,其中 $P_{LBk}$ 为第 $k$ 个低频减载装置控制母线总的实际负荷。

[0012] 6) 生成用于低频减载参数校核分析计算的预想故障集:对子网集 $N_3$ 中的每个子网 $i$ ,自动分别生成预想故障 $C_i$ ,使之从主网解列成为孤网运行。

[0013] 7) 对6)生成的预想故障 $C_i$ ,进行时域仿真:基于实时运行方式生成潮流文件。对预想故障 $C_i$ 进行仿真计算时,子网 $i$ 中受低频减载装置控制的母线,每个低频减载装置 $k$ 各轮次 $j$ 低频减载参数填写5)得到的 $U_{kj}$ 。在一般性的暂态和动态安全稳定仿真的基础上,要特别增加发电机高低周保护和安控装置动作特性的仿真,其中后者包括:安全稳定紧急控制、低频低压减载和失步解列等。

[0014] 8) 对子网 $i$ 的低频减载参数进行校核:在7)的基础上,对预想故障 $C_i$ 下的频率安全性进行分析评估,计算频率安全稳定裕度 $\eta_{fi}$ ,如果频率安全稳定裕度满足要求,例如 $\eta_{fi} > 0$ ,则子网低频减载参数 $U_{kj}$ 满足要求。

[0015] 9) 全网低频减载参数适应性评估:如果所有子网集 $N_3$ 中的低频减载参数 $U_{kj}$ 都

满足要求,则低频减载参数适应当前运行方式要求;如果有子网 $U_v$ 不适应当前运行方式的情况,要列出相应的子网、预想故障和频率安全稳定裕度 $\eta_n$ ,并提出低频减载参数不能完全适应当前运行方式的告警信息。

#### [0016] 效果和优点

本发明在线校核低频减载参数的适应性,根据电网实时运行方式信息,分析电网联系的紧密程度和功率平衡情况,并结合低频减载装置配置情况,确定要进行低频减载参数校核分析计算的子网,自动生成预想故障集;并根据低频减载控制负荷的实际情况,在线计算各个子网低频减载参数;在时域仿真的基础上评估频率安全稳定性,实现自适应电网运行方式低频减载参数校核。本发明克服了离线低频减载参数校核存在典型方式选取困难、预想故障集的确定依赖人工经验和低频减载动作切负荷量与实际情况偏差大等方面的缺点。

#### 附图说明

[0017] 图 1 是本发明方法的流程图。

#### 具体实施方式

[0018] 下面结合附图 1,对本发明方法进行详细描述。

[0019] 图 1 中步骤 1 描述的是分析确定可能解列成孤网运行的子网。分析方法的要点有:根据电网实时拓扑信息,进行输电断面的割集分析,如果局部电网与电网的其它部分的联络线比较少,例如联络线数量少于 4,则可将其作为可能独立运行的候选子网;对于节点数比较少的候选子网,例如 5 以下,将其归并到相邻电网,减少候选子网数目;再将只有电源或只有负荷的子网从候选子网中删去。

[0020] 图 1 中步骤 2 描述的是基于子网内部发电出力与负荷平衡情况对步骤 1) 生成的候选子网进行筛选。根据电网实时运行信息,统计子网内部的发电出力之和 $P_G$ 和负荷之和 $P_L$ ,计算子网功率平衡度 $B_i = P_G / P_L$ ,对于 $B_i$ 接近 1.0 的子网,即 $B_L < B_i < B_H$  (其中 $B_L < 1.0$ ,例如 0.90; $B_H > 1.0$ ,例如 1.1。),从候选子网中删去。

[0021] 图 1 中步骤 3 描述的是确定进行低频减载参数校核分析计算的子网。对步骤 2) 确定的候选子网,如果子网 $B_i \leq B_L$ ,且其范围内有在线运行的低频减载装置,则确定为进行低频减载参数校核分析计算的子网;如果子网 $B_i \geq B_H$ 且有在线运行的发电机高周保护和低频减载装置,则确定为进行低频参数校核分析计算的子网。

[0022] 图 1 中步骤 4 描述的是,根据电网实时运行信息,对步骤 3 形成的各子网,分别计算子网内每个低频减载装置各轮次实际的控制负荷量 $P_{CZkj}$  ( $k$  为低频减载装置编号, $j$  为低频减载动作轮次)。低频减载装置控制的母线连接的负荷和控制线路上的负荷都要统计,并且要分轮次进行统计。

[0023] 图 1 中步骤 5 对步骤 3 形成的各子网, 分别计算低频减载比例系数。在步骤 2 和 4 的基础上, 对低频减载装置  $k$  控制的母线, 按低频减载轮次分别计算减载比例系数

$$U_k = P_{CBk} / P_{LBk}, \text{ 其中 } P_{LBk} \text{ 为第 } k \text{ 个低频减载装置控制母线总的实际负荷。}$$

[0024] 图 1 中步骤 6 生成导致局部电网解列形成孤网运行的故障。利用步骤 1 的输电断面割集分析结果, 对步骤 3 形成的各子网, 分别确定其与周边电网的联络线 / 联络主变, 自动生成这些联络线 / 联络主变跳开的故障, 从而导致子网解列成孤网运行。

[0025] 图 1 中步骤 7 对步骤 3 形成的各子网, 分别进行导致孤网运行故障的时域仿真。根据电网实时运行信息生成统一的潮流数据文件, 根据暂态安全稳定模型和参数 (低频减载参数除外), 生成统一的稳定数据文件。对步骤 6 生成的各个故障, 将步骤 5 计算的相应子网低频减载比例系数插入稳定数据文件中, 进行时域仿真。

[0026] 图 1 中步骤 8 以步骤 7 时域仿真结果为基础, 对步骤 6 生成的各个故障进行频率安全稳定评估, 计算频率安全裕度  $\eta_f$ , 如果频率安全稳定裕度满足要求, 例如  $\eta_f > 0$ , 则相应子网的低频减载参数  $U_v$  适应当前运行方式的要求。

[0027] 图 1 中步骤 9 综合评估当前运行方式下低频减载参数的适应性。对步骤 3 确定的所有子网, 如果所有子网集  $N_3$  中的低频减载参数  $U_v$  都适应当前运行方式的要求, 则判断低频减载参数适应当前运行方式的要求; 如果有子网  $U_v$  不适应当前运行方式的情况, 要列出相应的子网、预想故障和频率安全稳定裕度  $\eta_f$ , 并提出低频减载参数不能完全适应当前运行方式的告警信息。

[0028] 本发明根据电网实时运行方式信息, 结合低频减载装置配置与投停情况, 确定进行低频减载参数校核分析计算的子网, 并自动生成预想故障集; 根据低频减载控制负荷的实际情况, 在线计算各个子网的低频减载参数; 在时域仿真的基础上评估频率安全性, 实现自适应电网运行方式的低频减载参数校核。本发明克服了离线低频减载参数校核存在典型方式选取困难、预想故障集的确定依赖人工经验和低频减载动作切负荷量与实际情况偏差大等方面的缺点, 从而大力提高了低频减载参数校核的准确度和实用性, 对于充分发挥低频减载在电网安全稳定运行中的作用具有重要意义。

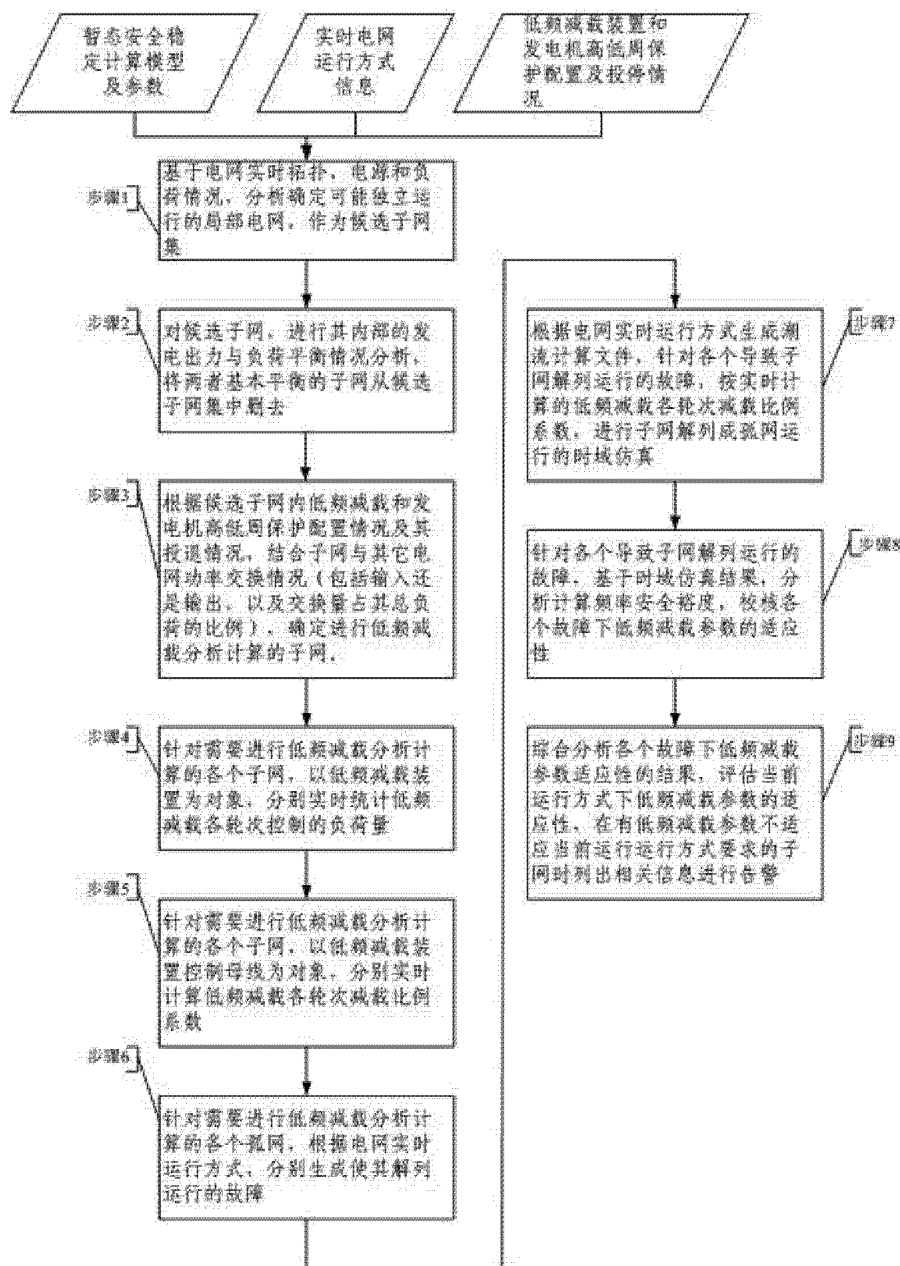


图 1