



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110970899 A

(43)申请公布日 2020.04.07

(21)申请号 201911247892.4

H02J 3/48(2006.01)

(22)申请日 2019.12.06

H02J 3/50(2006.01)

(71)申请人 国网江苏省电力有限公司

地址 210024 江苏省南京市鼓楼区上海路
215号

申请人 国电南瑞科技股份有限公司
南瑞集团有限公司

(72)发明人 周挺 张金龙 刘林 徐伟
罗凯明 任先成 杨君军 阮晶晶
吴峰 严明辉

(74)专利代理机构 南京纵横知识产权代理有限
公司 32224

代理人 董建林

(51)Int.Cl.

H02J 3/14(2006.01)

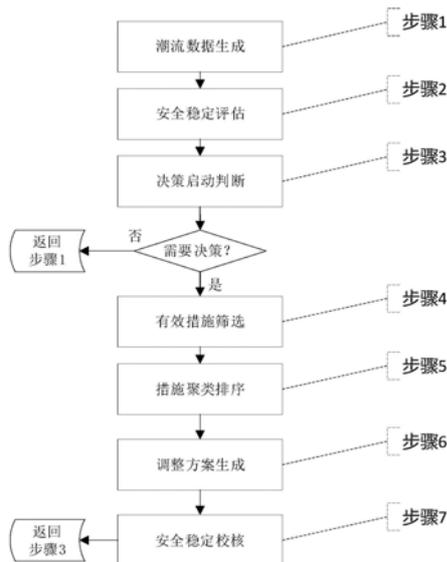
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种多区域紧急减负荷协同决策方法、系统
及存储介质

(57)摘要

本发明公开了一种多区域紧急减负荷协同决策方法、系统及存储介质,在初始安全稳定评估的基础上,综合考虑各控制措施的性能指标和所属区域的事故风险等级进行分层、聚类、排序,生成多个调整量依次增加且有功平衡的控制方案,基于并行计算平台快速识别临界安全方案。本发明可以进行计及事故风险等级的多区域紧急减负荷在线协同决策,得到事故风险等级更低、性价比更高的减负荷控制方案,满足警戒状态、紧急状态或极端紧急状态下减负荷控制对经济性、时效性、安全性及风险等级的要求。



1. 一种多区域紧急减负荷协同决策方法,其特征在于:包括以下步骤,
获取不安全模式设备的有效控制措施;
对所述有效控制措施进行措施聚类排序;
根据所述措施聚类排序结果获取不安全模式设备的预调整方案;
对所述预选调整方案进行校核,获取调整方案。
2. 根据权利要求1所述的一种多区域紧急减负荷协同决策方法,其特征在于:所述有效控制措施的获取方法包括:
获取不安全模式设备的控制措施;
计算所述控制措施的性能指标;
根据所述性能指标从控制措施中选择有效控制措施。
3. 根据权利要求2所述的一种多区域紧急减负荷协同决策方法,其特征在于:所述有效控制措施的选择条件为:
所述性能指标大于性能指标设定值且不互斥的控制措施作为有效控制措施。
4. 根据权利要求1所述的一种多区域紧急减负荷协同决策方法,其特征在于:所述不安全模式设备的获取方法包括:
获取电网的运行状态;
根据所述运行状态的安全稳定量化评估获取薄弱模式设备集;
若薄弱模式设备集的裕度最小值小于裕度设定值,则裕度最小值的薄弱模式设备为不安全模式设备。
5. 根据权利要求1所述的一种多区域紧急减负荷协同决策方法,其特征在于:所述措施聚类排序的过程如下:
判断有效控制措施的类型;
根据所述类型对有效控制措施进行措施聚类排序;
所述类型包括发电机有功增加措施、发电机有功减少措施、发电机无功调整措施、电容器/电抗器投退措施和减负荷措施。
6. 根据权利要求5所述的一种多区域紧急减负荷协同决策方法,其特征在于:所述发电机有功增加措施的措施聚类排序方法如下:
根据所述有效控制措施的性能指标从大到小进行排序;
根据所述排序结果中各措施间性能指标的间隙进行聚类分段,按分段形成第一队列。
7. 根据权利要求5所述的一种多区域紧急减负荷协同决策方法,其特征在于:所述发电机有功减少措施的措施聚类排序方法如下:
根据有效控制措施的性能指标从大到小进行排序;
根据所述排序结果中各措施间性能指标的间隙进行聚类分段,按分段形成第二队列。
8. 根据权利要求5所述的一种多区域紧急减负荷协同决策方法,其特征在于:所述发电机无功调整措施、电容器/电抗器投退措施的措施聚类排序方法如下:
根据有效控制措施的性能指标从大到小进行排序,形成第三队列。
9. 根据权利要求5所述的一种多区域紧急减负荷协同决策方法,其特征在于:所述减负荷措施的措施聚类排序方法如下:
在各区域内部根据有效控制措施的性能指标从大到小进行一次排序;

根据所述一次排序结果判断各区域事故风险等级的跳变点；
 根据所述排序结果及跳变点对各区域有效控制措施进行分层，获取有效控制措施的层级；
 将所有区域的有效控制措施按层级和性能指标统一进行二次排序；
 对所述二次排序结果中各层级内部的有效控制措施进行聚类分段，按分段形成第四队列。

10. 根据权利要求1所述的一种多区域减负荷控制在线决策方法，其特征在于：所述性能指标的计算方法为，

$$X_i = (1 - \eta_U) \frac{|s_{i,j}|}{c_i}$$

$$d_i = \frac{s_{i,j}}{|s_{i,j}|}$$

其中， c_i 为可选控制措施*i*的单位控制代价； η_U 为不安全模式*U*的安全稳定裕度； $s_{i,j}$ 为可选控制措施*i*对不安全模式*U*的参与因子； d_i 为调整方向。

11. 一种多区域紧急减负荷协同决策系统，其特征在于，所述系统包括：

第一获取模块：用于获取不安全模式设备的有效控制措施；

聚类排序模块：用于对所述有效控制措施进行措施聚类排序；

第二获取模块：用于根据所述措施聚类排序结果获取不安全模式设备的预调整方案；

校核模块：用于对所述预调整方案进行校核，获取调整方案。

12. 一种多区域紧急减负荷协同决策系统，其特征在于，所述系统包括处理器和存储介质；

所述存储介质用于存储指令；

所述处理器用于根据所述指令进行操作以执行根据权利要求1-10任一项所述方法的步骤。

13. 计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，其特征在于，该程序被处理器执行时实现权利要求1-10任一项所述方法的步骤。

一种多区域紧急减负荷协同决策方法、系统及存储介质

技术领域

[0001] 本发明涉及一种多区域紧急减负荷协同决策方法、系统及存储介质,属于电力系统自动化技术领域。

背景技术

[0002] 随着经济的发展,我国电网负荷总量逐年增加。国务院号令《电力安全事故应急处置和调查处理条例》以下简称《条例》根据电力安全事故影响电力系统安全稳定运行的程度,将事故分为特别重大事故、重大事故、较大事故和一般事故,并按照电网负荷级别和区域性分别制定了电网减负荷比例、用户停电比例以及事故级别判断标准,《中国南方电网有限责任公司电力事故事件调查规程》中南方电网事故事件调查规程以下简称《规程》也将事故事件划分为五个等级,并规定了各级事件所对应的用户损失数和失压厂站数。

[0003] 紧急减负荷措施是中国电网三道防线(预防控制、紧急控制、校正控制)中解决大电网频率稳定的主要手段,对于负荷受电中心,也常用于解决电压稳定、热稳定问题。现有技术中,基于电网在线数据和预想故障,计及故障直接导致的负荷损失、二三道防线等动作导致的负荷损失,实现了电网安全事故风险等级的在线评估与预警,但未提出控制决策方法;针对电网二道防线中频率紧急控制的离线减负荷策略进行事故风险等级在线评估和优化,适用范围小,且多区域间减负荷量的“分摊、调整”没有综合考虑电网潜在的多类安全稳定问题。

发明内容

[0004] 针对现有技术的不足,本发明的目的在于提供一种多区域紧急减负荷协同决策方法、系统及存储介质,解决了传统人工判定方法难以满足快速负荷恢复要求的问题。

[0005] 为了解决上述技术问题,本发明所采用的技术方案是:

[0006] 一种多区域紧急减负荷协同决策方法,包括以下步骤,

[0007] 获取不安全模式设备的有效控制措施;

[0008] 对所述有效控制措施进行措施聚类排序;

[0009] 根据所述措施聚类排序结果获取不安全模式设备的预调整方案;

[0010] 对所述预选调整方案进行校核,获取调整方案。

[0011] 进一步的,所述有效控制措施的获取方法包括:

[0012] 获取不安全模式设备的控制措施;

[0013] 计算所述控制措施的性能指标;

[0014] 根据所述性能指标从控制措施中选择有效控制措施。

[0015] 进一步的,所述有效控制措施的选择条件为:

[0016] 所述性能指标大于性能指标设定值且不互斥的控制措施作为有效控制措施。

[0017] 进一步的,所述不安全模式设备的获取方法包括:

[0018] 获取电网的运行状态;

- [0019] 根据所述运行状态的安全稳定量化评估获取薄弱模式设备集；
- [0020] 若薄弱模式设备集的裕度最小值小于裕度设定值，则裕度最小值的薄弱模式设备为不安全模式设备。
- [0021] 进一步的，所述措施聚类排序的过程如下：
- [0022] 判断有效控制措施的类型；
- [0023] 根据所述类型对有效控制措施进行措施聚类排序；
- [0024] 所述类型包括发电机有功增加措施、发电机有功减少措施、发电机无功调整措施、电容器/电抗器投退措施和减负荷措施。
- [0025] 进一步的，所述发电机有功增加措施的措施聚类排序方法如下：
- [0026] 根据所述有效控制措施的性能指标从大到小进行排序；
- [0027] 根据所述排序结果中各措施间性能指标的间隙进行聚类分段，按分段形成第一队列。
- [0028] 进一步的，所述发电机有功减少措施的措施聚类排序方法如下：
- [0029] 根据有效控制措施的性能指标从大到小进行排序；
- [0030] 根据所述排序结果中各措施间性能指标的间隙进行聚类分段，按分段形成第二队列。
- [0031] 进一步的，所述发电机无功调整措施、电容器/电抗器投退措施的措施聚类排序方法如下：
- [0032] 根据有效控制措施的性能指标从大到小进行排序，形成第三队列。
- [0033] 进一步的，所述减负荷措施的措施聚类排序方法如下：
- [0034] 在各区域内部根据有效控制措施的性能指标从大到小进行一次排序；
- [0035] 根据所述一次排序结果判断各区域事故风险等级的跳变点；
- [0036] 根据所述排序结果及跳变点对各区域有效控制措施进行分层，获取有效控制措施的层级；
- [0037] 将所有区域的有效控制措施按层级和性能指标统一进行二次排序；
- [0038] 对所述二次排序结果中各层级内部的有效控制措施进行聚类分段，按分段形成第四队列。
- [0039] 进一步的，所述性能指标的计算方法为，
- [0040]
$$X_i = (1 - \eta_U) \frac{|s_{i,j}|}{c_i}$$
- [0041]
$$d_i = \frac{s_{i,j}}{|s_{i,j}|}$$
- [0042] 其中， c_i 为可选控制措施*i*的单位控制代价； η_U 为不安全模式U的安全稳定裕度； $s_{i,j}$ 为可选控制措施*i*对不安全模式U的参与因子； d_i 为调整方向。
- [0043] 一种多区域紧急减负荷协同决策系统，所述系统包括：
- [0044] 第一获取模块：用于获取不安全模式设备的有效控制措施；；
- [0045] 聚类排序模块：用于对所述有效控制措施进行措施聚类排序；
- [0046] 第二获取模块：用于根据所述措施聚类排序结果获取不安全模式设备的预调整方

案；

[0047] 校核模块：用于对所述预调整方案进行校核，获取调整方案。

[0048] 一种多区域紧急减负荷协同决策系统，所述系统包括处理器和存储介质；

[0049] 所述存储介质用于存储指令；

[0050] 所述处理器用于根据所述指令进行操作以执行根据上述所述方法的步骤。

[0051] 计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，该程序被处理器执行时实现上述所述方法的步骤。

[0052] 与现有技术相比，本发明有以下有益效果：

[0053] 本发明通过措施聚类排序和校核获取调整方案，在措施聚类排序过程中可以对控制措施进行有效的分类，再结合校核过程中对控制措施的优化，最终可以得到事故风险等级更低、性价比更高的减负荷控制方案，该方案可以进行计及事故风险等级的多区域紧急减负荷在线协同决策，满足警戒状态、紧急状态或极端紧急状态下减负荷控制对经济性、时效性、安全性及风险等级的要求。

附图说明

[0054] 图1为本发明的流程图。

具体实施方式

[0055] 下面结合附图对本发明作进一步描述。以下实施例仅用于更加清楚地说明本发明的技术方案，而不能以此来限制本发明的保护范围。

[0056] 如图1所示，一种计及事故风险等级的多区域减负荷控制在线决策方法，

[0057] 步骤1，潮流数据生成：将收敛的电网运行断面数据潮流作为电网的初始运行状态 S_0 ，进入步骤2；

[0058] 步骤2，安全稳定评估：针对 S_0 ，进行安全稳定量化评估DSA，得到电网的薄弱模式集 W_e 及薄弱模式的裕度 $\eta_{e,j}$ ，并将减负荷决策措施集OPC置为空集，进入步骤3；

[0059] 步骤3，决策启动判断：若薄弱模式集 W_e 中裕度 $\eta_{e,j}$ 最小的设备小于裕度设定值 ϵ_{uf} ，将 $\eta_{e,j}$ 最小的薄弱模式作为当前不安全模式U，进入步骤4，否则，输出OPC，返回步骤1；

[0060] 步骤4，有效控制措施筛选：基于 S_0 ，生成考虑OPC实施后的电网运行状态 S_1 ，根据控制对象在 S_1 下的运行状态，计算出各个可选控制措施对提高不安全模式U安全稳定裕度的性能指标 X_i ，筛选性能指标大于性能指标设定值 φ 且不互斥的措施作为有效控制措施集合C，进入步骤5；

[0061] 步骤5，措施聚类排序：对C中发电机有功增加/减少措施，分比按其 X_i 从大到小进行排序，根据措施间 X_i 间隙进行聚类分段，并形成队列 g_I/p_D （即第一队列、第二队列）；对C中发电机无功调整、电容器/电抗器投退措施，按其 X_i 从大到小进行排序，形成队列 q_I （即第三队列）；对C中减负荷措施，首先在各区域内部按措施 X_i 从大到小进行排序，然后基于排序结果判断各区域事故风险等级的跳变点并将措施分层，最后将所有区域措施依次按层级、 X_i 进行统一排序，层级内部措施根据 X_i 间隙进行聚类分段，形成队列 l_D （即第四队列）；

[0062] 步骤6，调整方案生成：按 g_I 、 q_I 、 l_D 的顺序合并为队列I，根据指定功率控制精度 ϵ_p ，生成功率调整量依次增加的调整方案；对非频率安全问题，针对每个调整方案，在队列 p_D 中

匹配能够保持有功平衡的控制措施;进入步骤7;

[0063] 步骤7,安全稳定校核:根据调度优先级并行校核调整方案,直到某个代价更小的调整方案K执行后,不安全模式U的安全稳定裕度大于等于 ϵ_{uf} ,将K加入OPC,并基于方案K校核结果更新薄弱模式集 W_e ,返回步骤3。

[0064] 步骤1中,安全稳定量化评估DSA是指通过潮流计算、机电暂态仿真计算等方法,得到电网的安全稳定模式集及各模式的安全稳定裕度,所述薄弱模式是指其安全稳定裕度小于设定值 ϵ_e 的模式;

[0065] 步骤4中,控制对象包括发电机有功(增/减)、发电机无功(增/减)、负荷(减)和电容器/电抗器(投/退);

[0066] 步骤4中,各个可选控制措施对提高不安全模式U安全稳定裕度的性能指标 X_i 的计算方法为,

$$[0067] \quad X_i = (1 - \eta_U) \frac{|s_{i,j}|}{c_i}$$

$$[0068] \quad d_i = \frac{s_{i,j}}{|s_{i,j}|}$$

[0069] 其中, c_i 为可选控制措施i的单位控制代价; η_U 为不安全模式U的安全稳定裕度; $s_{i,j}$ 为可选控制措施i对不安全模式U的参与因子; d_i 为调整方向,1表示减少,-1表示增加。

[0070] 若U为过载不安全模式, $s_{i,j}$ 为措施i对电流或功率越限元件的有功灵敏度;若U为电压不安全模式, $s_{i,j}$ 为措施i对电压越限元件的无功电压灵敏度;若U为功角不安全模式, $s_{i,j}$ 为措施i对功角稳定模式中的参与因子;若U为频率不安全模式, $s_{i,j}$ 为措施i对频率越限元件的有功灵敏度。

[0071] 步骤4中,所谓互斥,即控制措施对 W_e 中非U薄弱模式的性能指标大于设定值 φ ,但调整方向相反。

[0072] 步骤5中,聚类分段方法为,将措施间 X_i 的差值小于指定阈值值的措施归为同一分段。

[0073] 步骤6中,对于层间、分段间的减负荷措施按顺序调整,对于同层且同分段的减负荷措施,按其可调量等比调整。

[0074] 一种多区域紧急减负荷协同决策系统,所述系统包括:

[0075] 第一获取模块:用于对当前电网的运行状态进行判断,获取不安全模式;

[0076] 计算模块:用于计算控制措施提高不安全模式的安全稳定裕度的性能指标;

[0077] 选择模块:用于根据所述性能指标选择有效措施;

[0078] 聚类排序模块:用于对所述有效措施进行措施聚类排序;

[0079] 第二获取模块:用于根据所述措施聚类排序结果获取不安全模式的调整方案;

[0080] 校核模块:用于根据调度优先级对所述调整方案进行校核;

[0081] 执行模块:用于执行所述校核后的调整方案;

[0082] 返回模块:用于返回步骤a直至当前电网运行状态不存在不安全模式;

[0083] 一种多区域紧急减负荷协同决策系统,所述系统包括处理器和存储介质;

[0084] 所述存储介质用于存储指令；

[0085] 所述处理器用于根据所述指令进行操作以执行根据上述方法的步骤。

[0086] 计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该程序被处理器执行时实现上述所述方法的步骤。

[0087] 本领域内的技术人员应明白,本申请的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此,本申请可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本申请可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0088] 本申请是参照根据本申请实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0089] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0090] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0091] 最后应当说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制,尽管参照上述实施例对本发明进行了详细的说明,所属领域的普通技术人员应当理解:依然可以对本发明的具体实施方式进行修改或者等同替换,而未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换,其均应涵盖在本发明的权利要求保护范围之内。

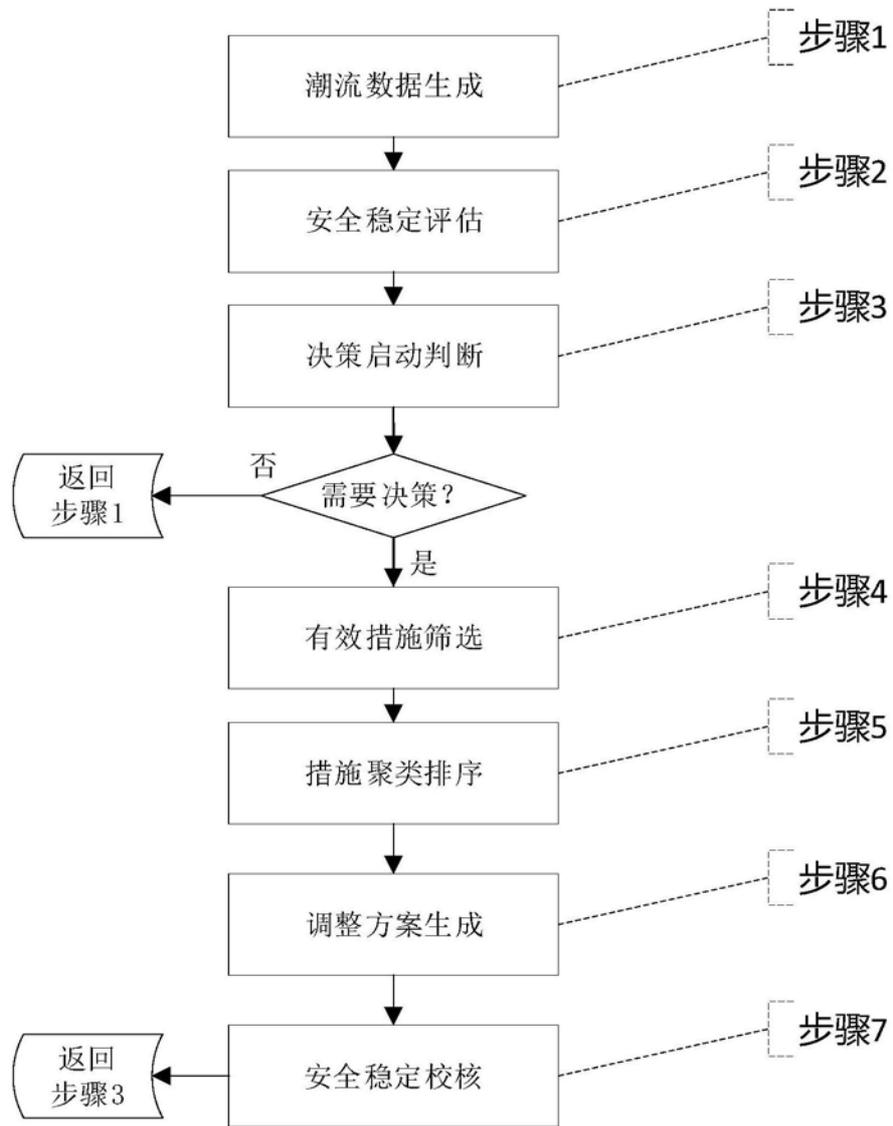


图1