

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利说明书

H02J 3/38 (2006.01)

H02H 7/06 (2006.01)

H02H 5/00 (2006.01)

专利号 ZL 200810056351.9

[45] 授权公告日 2009年10月21日

[11] 授权公告号 CN 100553067C

[22] 申请日 2008.1.17

[21] 申请号 200810056351.9

[73] 专利权人 四方电气(集团)有限公司

地址 100085 北京市海淀区上地信息产业
基地四街9号

共同专利权人 北京四方博能自动化设备有限公司

[72] 发明人 焦邵华 张涛 刘全 梁新艳
李元盛

[56] 参考文献

US4302715 1981.11.24

JP7-250432A 1995.9.26

CN1595757A 2005.3.16

审查员 姜晓庆

[74] 专利代理机构 北京金阙华进专利事务所(普通
合伙)

代理人 吴鸿维

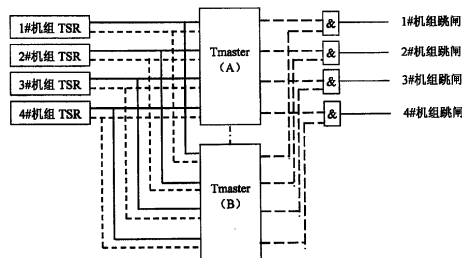
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

[54] 发明名称

汽轮发电机组轴系扭振保护的协调动作方法

[57] 摘要

本发明涉及大型火力发电厂的多台300MW及以上汽轮发电机组发生轴系扭振时,各机组的扭振保护(TSR)之间的协调动作方法,公开了一种通过扭振保护协调控制主站(Tmaster)实现在多台机组的扭振保护之间实现选择性的切机方法和动作判据。协调控制主站(Tmaster)实时检测各机组运行工况和各TSR的工况,根据机组出力实时生成切机优先级排序。该方法能够在发电厂发生次同步振荡并产生轴系扭振时,确保扭振保护按照实时生成的优化切机策略切除部分机组,抑制轴系扭振,保护机组安全。同时避免整个电厂全部切机的巨大经济损失及其对电网安全的危害。



1、一种大型发电厂多台汽轮发电机组轴系扭振保护的协调动作方法，该方法为，将同一发电厂的多台机组扭振保护装置构成一个协调控制组，该协调控制组分为各单元机组扭振保护装置 TSR 和协调控制主站 Tmaster 两层，所述各单元机组扭振保护装置 TSR 独立实现对该单元机组的扭振监测、轴系疲劳实时计算，并按扭振保护装置的判据和定值确定是否发出跳闸命令；所述协调控制主站实时测量各机组的投运状态和出力，在线实时生成优化切机策略、即协调控制主站 Tmaster 实时测量各台机组的投运状态，只对投入运行的机组生成切机优先级，协调控制主站 Tmaster 实时测量各机组的出力，对出力小的机组优先切除；所述协调动作方法通过两层设备协调动作实现机组选择性跳闸；该方法包括步骤：

1) 各机组扭振保护装置 TSR 将跳闸命令和各机组轴系扭振模态是否发散两个信号发给协调控制主站 Tmaster，由 Tmaster 收到 TSR 的跳闸命令后按照实时计算的优化切机策略切除机组；

2) 协调控制主站 Tmaster 第一次收到 TSR 的跳闸信号后切除优先级最高的 1 台机组，然后延时 Tset 时间等待各机组 TSR 判别机组轴系扭振模态是否发散的信号，其中 Tset 为整定的延时时间，其整定值为 0.5S~1S；

3) 如果还有机组扭振发散，协调控制站 Tmaster 切除优先级次高的 1 台机组，再延时 Tset 时间，判别是否还有机组扭振发散；

4) 如果还有机组扭振发散，Tmaster 保留优先级最低的 1 台机组运行，其它机组如果扭振发散，则 Tmaster 切除该所有其它机组。

2、根据权利要求 1 所述的协调动作方法，所述 协调控制主站 Tmaster 通过控制字人为设置 1 台机组切机的优先级最低。

3、根据权利要求 1 所述的协调动作方法，协调控制主站 Tmaster 采用双重化配置，当两套 Tmaster 同时出口跳机时才能切除机组。

汽轮发电机组轴系扭振保护的协调动作方法

技术领域

本发明涉及电力系统、大型火力发电厂，需要汽轮发电机组的工业领域，尤其涉及多台汽轮发电机组之间轴系扭振保护协调控制方法。

背景技术

随着特高压/超高压电网建设，大容量远距离输电技术和直流输电技术正在中国得到广泛应用。为了解决大容量发电厂远距离向电网送电的输电能力，串联电容补充（包括可控串联电容补充 TCSC）技术得到大量应用；为了解决大电网稳定问题，在区域电网之间交换功率采用直流输电技术，形成交直流混合输电方式。这两种先进技术在输电网应用的同时，将产生一种新的危害电网和发电厂安全的异常运行状态——次同步振荡。针对次同步振荡问题，可以采取发电机次同步阻尼控制器或阻塞滤波器等技术来抑制次同步振荡，但次同步振荡最大的危害是对大容量汽轮发电机组轴系的巨大破坏作用。由于大容量（300MW 及以上）汽轮发电机组的轴系机械固有频率，即轴系模态，与电网次同步谐振频率很接近，电网的次同步振荡将在发电厂的汽轮发电机组产生扭振，严重时电网的次同步振荡阻尼不够（甚至为负），将产生发散的次同步振荡，汽轮发电机组轴系扭振也将发散，直接将汽轮发电机组轴系振断为多段，为发电厂带来巨大人身、设备损失，也对区域电网的稳定带来巨大危害。

目前，在可能发生次同步振荡的区域电网范围内的汽轮发电机组装设轴系扭振保护（TSR），轴系扭振保护实时监测机组轴系扭振，当检测到扭振产生的机械疲劳达到定值或扭振（次同步振荡）在发散则快速将该机组与电网断开，确保发电机组安全运行。

对于大容量发电厂通常有多台相同型号的大容量汽轮发电机组，例如 4×600MW 机组、8×600MW 机组等，相同型号机组具有相等的扭振模态，在运行过程中如果发生次同步振荡，这些机组的扭振情况基本相同。如果均装设扭振保护（TSR）并分别设置相同的保护定值，将可能出现在次同步振荡发生过程中，多台相同型号机组扭振保护同时出口跳闸，将发电厂的多台机组（可能是全部机组）同时切掉。对区域电网而言，同一时间失去很大发电容量将严重威胁电网的稳定。本发明提出了多台单元机组 TSR 装置之间的协调控制原理，通过协调主站实现多台机组扭振保护的优化出口，将扭振保护切机对电网的影响降为最小。

发明内容

为了防止在次同步振荡发生过程中,多台相同型号机组扭振保护同时出口跳闸,本发明采用以下技术方案来实现多台单元机组 TSR 装置之间的协调控制。

该技术方案的内容为:

一种大型发电厂多台汽轮发电机组轴系扭振保护的协调动作方法,该方法为,将同一发电厂的多台机组扭振保护装置构成一个协调控制组,该协调控制组分为各单元机组扭振保护装置 TSR 和协调控制主站 Tmaster 两层,所述各单元机组扭振保护装置 TSR 独立实现对该单元机组的扭振监测、轴系疲劳实时计算,并按扭振保护装置的判据和定值确定是否发出跳闸命令;所述协调控制主站实时测量各机组的投运状态和出力,在线实时生成优化切机策略、即协调控制主站 Tmaster 实时测量各台机组的投运状态,只对投入运行的机组生成切机优先级,协调控制主站 Tmaster 实时测量各机组的出力,对出力小的机组优先切除;所述协调动作方法通过两层设备协调动作实现机组选择性跳闸;该方法包括步骤:

1) 各机组扭振保护装置 (TSR) 将跳闸命令和各机组轴系扭振模态是否发散两个信号发给协调控制主站 (Tmaster), 由 Tmaster 收到 TSR 的跳闸命令后按照实时计算的优化切机策略切除机组;

2) 协调控制主站 (Tmaster) 第一次收到 TSR 的跳闸信号后切除优先级最高的 1 台机组, 然后延时 T_{set} 时间 (整定为 $0.5S \sim 1S$) 等待各机组 TSR 判别机组轴系扭振模态扭振是否发散的信号, 其中 T_{set} 为整定的延时时间, 其整定值为 $0.5S \sim 1S$;

3) 如果还有机组扭振发散, 协调控制站 Tmaster 切除优先级次高的 1 台机组, 再延时 T_{set} 时间, 判别是否还有机组扭振发散;

4) 如果还有机组扭振发散, Tmaster 保留优先级最低的 1 台机组运行, 其它机组如果扭振发散则 Tmaster 切除该所有其它机组。

本发明采用扭振保护协调控制技术,能够在保证发电厂发生机组扭振时保护机组安全,避免由于各机组的 TSR 装置各自动作导致发电厂多台机组或全部机组被切除。从而大大减少了发电厂切机对电网安全的威胁,也为电厂减少了损失。以 600MW 机组为例,机组切除后再启动需要的费用约为几百万人民币,此外还有发电量的损失。另一方面提高电网安全的社会效益、经济效益都是十分巨大的。

附图说明

图 1 为一个有 4 台相同型号发电机组的发电厂经长距离带有串补电容的输电线路向电网供电的系统结构图;

图 2 为以 4 台机组为例的发电厂轴系扭振保护 (TSR) 经双重化的协调控制主站

实现优化切机的系统接线图；

图 3 为协调控制主站（Tmaster）的内部硬件示意图；

图 4 为基于汽轮发电机组轴系集中质量模型的 TSR 装置接线图。

具体实施方式

下面根据说明书附图和具体实施例对本发明的技术方案进一步详细表述。

本发明所述的大型发电厂多台汽轮发电机组轴系扭振保护的协调动作方法，将同一发电厂的多台机组扭振保护装置构成一个协调控制组，该协调控制组分为各单元机组扭振保护装置 TSR 和协调控制主站 Tmaster 两层，所述各单元机组扭振保护装置 TSR 独立实现对该单元机组的扭振监测、轴系疲劳实时计算，并按扭振保护装置的判据和定值确定是否发出跳闸命令；所述协调控制主站实时测量各机组的投运状态和出力，在线实时生成优化切机策略，两层设备协调动作实现机组选择性跳闸。下面对协调控制组以及协调控制方法具体阐述如下：

协调控制组：

同一发电厂的多台机组扭振保护构成一个协调控制组，分为单元机组 TSR 和协调控制主站 Tmaster 两层。机组 TSR 独立监测机组扭振，协调控制主站实时测量各机组的投运和出力，在线实时生成优化切机策略，两层设备共同动作实现机组跳闸。

协调控制方法及步骤：

扭振保护切除机组可以改变电网次同步振荡的谐振电气参数，进而提高次同步阻尼，加快次同步振荡收敛。优先切除出力最小的机组能够减小对电网稳定的影响。

具体的协调控制方法包括：

- 1) 各机组扭振保护（TSR）将跳闸命令和扭振是否发散两个信号发给协调控制主站（Tmaster），由 Tmaster 收到 TSR 的跳闸命令后按照实时计算的优化切机策略切除机组；
- 2) 协调控制主站（Tmaster）第一次收到 TSR 的跳闸信号后切除优先级最高的 1 台机组，然后延时 T_{set} 时间（整定为 0.5S~1S）等待各机组 TSR 判别扭振是否发散的信号；
- 3) 如果还有机组扭振发散，Tmaster 切除优先级次高的 1 台机组，再延时 T_{set} 时间，判别是否还有机组扭振发散；
- 4) 如果还有机组扭振发散，Tmaster 保留优先级最低的 1 台机组运行，其它机组如果扭振发散则 Tmaster 切除该机组。

协调控制主站（Tmaster）实时测量各机组电气量（功率或电流），监测各机组是否运行。在线生成机组切机优先级顺序的方法如下：

- 1) Tmaster 实时测量各台机组的工作状态，只对投入运行的机组生成切机优先级；

- 2) Tmaster 实时测量各机组的功率（出力），对出力小的机组优先切除；
- 3) Tmaster 可以通过控制字人为设置 1 台机组切机的优先级最低。

单元机组扭振保护（TSR）实现对单元机组的扭振监测、轴系疲劳实时计算，并按 TSR 的判据和定值确定是否发出跳令。

协调控制主站的结构：

协调主站由电源模块 POW、开入模块 DI、开出模块 DO、交流模入模块 AI 和控制器模块 CM 组成，这些模块采用冗余的速度为 5MBPS 的时间确定性通信网络实现内部通信。CM 模块是通信主站，除电源模块以外的模块为从站，从站的数量可以灵活配置，为了提高协调主站的可靠性，POW、CM 模块采用冗余配置，POW 模块采用负载均衡实现冗余，CM 模块采用主备通信实现冗余。

以有 4 台相同型号大机组的发电厂经串补线路向电网输电为例（如图 1），由于串补电容引发的次同步振荡将在电厂的 4 台机组轴系产生扭振，为了解决次同步振荡带来的扭振问题，在发电厂的 4 台机组分别配置和扭振保护装置（TSR），TSR 位于各机组的主控楼电子设备间。与 TSR 配套使用的协调控制主站（Tmaster）位于发电厂的网控电子设备间。两者采用光纤通信。Tmaster 测量各机组的投运状态和各机组的电流或功率（根据现场实际情况选择），按照电气测量量实时投运机组的切机优先级排序。Tmaster 接收各机组 TSR 的信号，并判别是否在扭振发生后切机。

Tmaster 采用双重化配置，当两套 Tmaster 同时出口跳机时才能切除机组。

Tmaster 在扭振发生后采用分阶段的切机策略，首先切除优先级最高的机组，切除该机组对发电厂的经济性影响最小，且达到同样抑制次同步振荡的效果；如果扭振平息则 Tmaster 不再切机，否则延时切除第 2 台，如果扭振仍不收敛，则切除多台机组，直至保留最后一台机组运行。

图 4 说明了机组轴系扭振保护（TSR）的具体接线。其中图的上部分示意了机组轴系集中质量模型，包括汽轮机高压缸（HP）、中压缸（IP）、低压缸（LP）和发电机（GEN）。从高压缸的首端安装一对轴系的转速传感器。装置采集轴系冗余的转速传感器发出转速信号，计算轴系转速变化率 dW ，分解扭振模态，判别是否需要跳机。TSR 向 Tmaster 提供跳机信号和扭振发散信号。由 Tmaster 按优化策略切除机组。

图 3 示意了 4 台机组 TSR 和 Tmaster 之间的信号联系，包括电源插件（POW）、主控插件（CM）、开关量输入插件（DI）、开关量输出插件（DO）、交流模入插件（AI），经内部冗余通信网络构成装置。为了提高可靠性，Tmaster 采用双重化配置，当两套 Tmaster 同时出口跳机时才能切除机组。Tmaster 在扭振发生后采用分阶段的切机策

略，首先切除优先级最高的机组，切除该机组对发电厂的经济性影响最小，且达到同样抑制次同步振荡的效果；如果扭振平息则 Tmaster 不再切机，否则延时切除第 2 台，如果扭振仍不收敛，则切除多台机组，直至保留最后一台机组运行。

本发明采用扭振保护协调控制技术，能够在保证发电厂发生机组扭振时保护机组安全，避免由于各机组的 TSR 装置各自动作导致发电厂多台机组或全部机组被切除。从而大大减少了发电厂切机对电网安全的威胁，也为电厂减少了损失。以 600MW 机组为例，机组切除后再启动需要的费用约为几百万人民币，此外还有发电量的损失。另一方面提高电网安全的社会效益、经济效益都是十分巨大的。

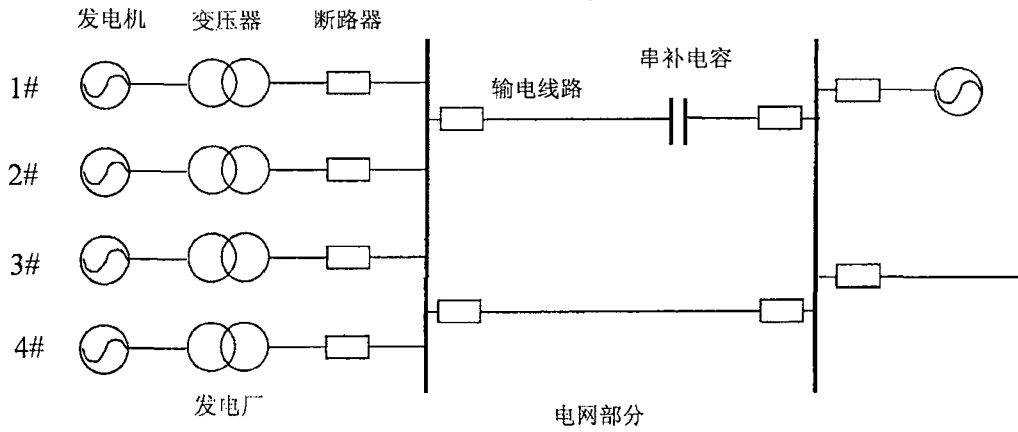


图 1

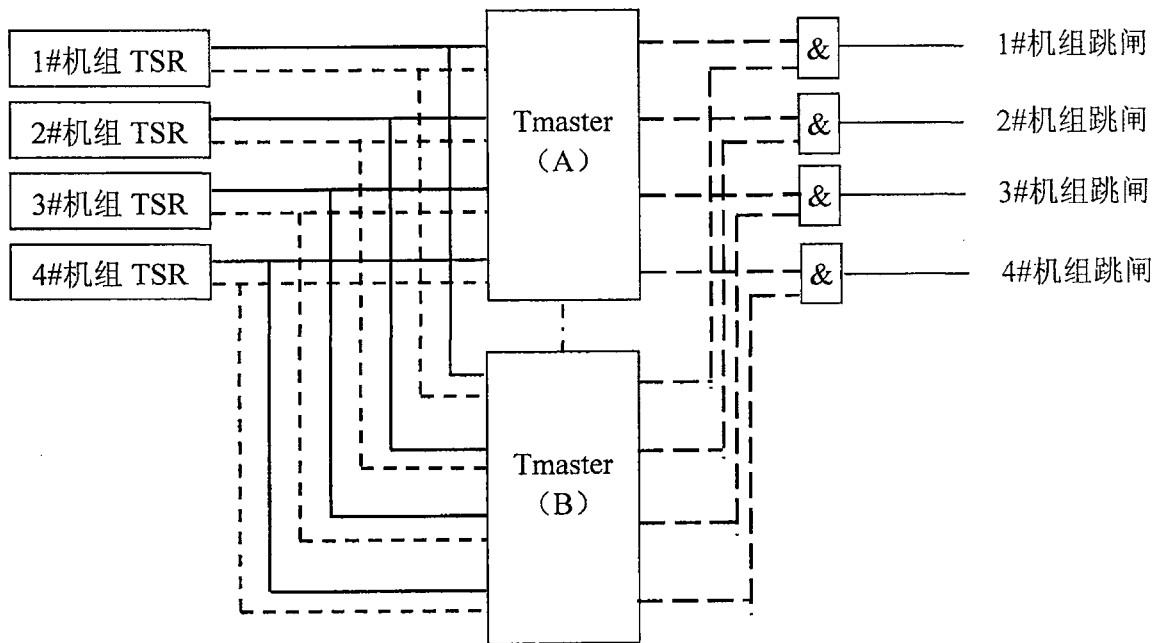


图 2

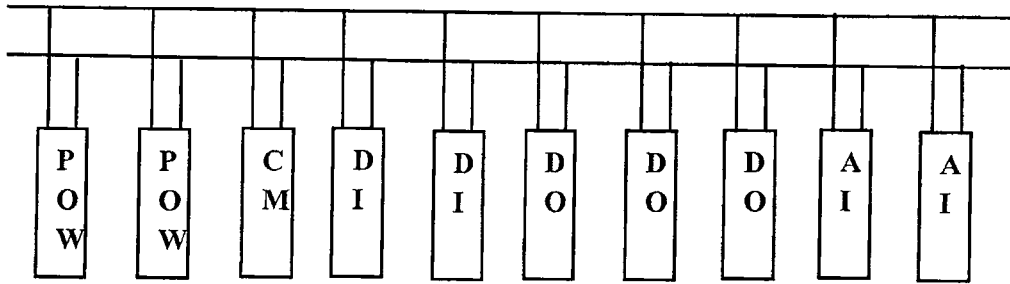


图 3

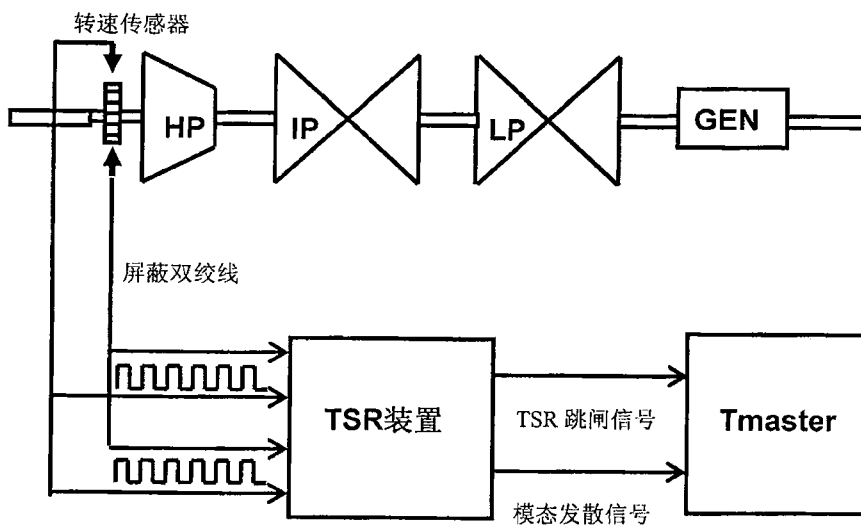


图 4