(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105846462 A
(43)申请公布日 2016.08.10

(21)申请号 201610301866.5

(22)申请日 2016.05.09

(71)申请人 东南大学
地址 211189 江苏省南京市江宁区东南大学路2号

(72)发明人 汤奕 谭敏刚 刘增稷 张文祺 申振 韩啸 杜先波

(74)专利代理机构 南京瑞弘专利商标事务所（普通合伙）32249
代理人 杨晓玲

(51)Int.Cl.
H02J 3/38(2006.01)
H02J 13/00(2006.01)

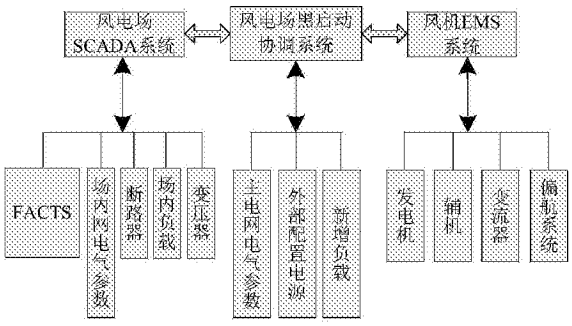
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种风电场的黑启动协调装置及方法

(57)摘要

本发明提供一种风电场的黑启动协调装置及方法，该装置包括EMS系统、SCADA系统和风电场黑启动协调系统；采用该装置进行黑启动的步骤如下：当电力系统发生故障停电时，风电场黑启动协调系统通过接收到的EMS系统发送的各风机支路的实时监测数据和SCADA模块监测到的储能装置负荷信息，判断是否满足采用风机进行黑启动的条件。在采用风机进行黑启动的前提下，通过EMS系统和SCADA系统搜集整个风电场内数据，并通过风电场黑启动协调系统与EMS系统和SCADA系统的交互对整个黑启动过程进行控制，从而完成整个黑启动过程。采用本发明提供的技术方案能够提高风电场黑启动的成功率。



CN 105846462 A

1.一种风电场的黑启动协调装置，其特征在于，包括EMS系统、SCADA系统和风电场黑启动协调系统；其中，

EMS系统分别与风电场内各风机支路相连，实时监测各风机支路的供电状态，并将风机支路的运行状态信息上传至风电场黑启动协调系统；以及，接收来自风电场黑启动协调系统的控制指令，根据控制指令实时调节各风电机组的运行状态和出力大小，并将其完成指令后的风机出力情况反馈至风电场黑启动协调系统；所述风机支路的运行状态信息包括：风速参数、供电状态、风机机组及其附属设备运行状态、报警或故障信息；

SCADA系统用于监测风电场母线至公共电网这一段主供电网线路，在风电场作为电源的黑启动过程中对主供电网内的电压参数和设备的运行参数进行监控，并将监测到的信息上报至风电场黑启动协调系统；以及，接收风电场黑启动系统下发的控制指令，控制风电场对主供电网线路及主供电网内的设备进行充电，以及控制主供电网中负载的投入，并将充电情况和负载的投入情况反馈给风电场黑启动系统；所述主供电网线路包括风电场送出线路、火电厂内线路和它们之间的联络线；所述主供电网内的设备包括FACTS装置、储能装置、断路器、场内负载、变压器和无功补偿装置；所述主供电网内设备的运行参数包括：储能装置荷电状态以及风电场母线电压和频率；

风电场黑启动协调系统根据EMS系统和SCADA系统上传的监测信息，结合自身所存储的被启动电网的网架拓扑、线路参数、设备信息、运行状态及保护参数，选取黑启动策略；并根据当前黑启动策略分别下发控制指令至EMS系统和SCADA系统。

2.一种风电场的黑启动协调方法，其特征在于，包括步骤：

(1)构建如权利要求1所述的风电场的黑启动协调装置；

(2)风电场黑启动协调系统根据预先设定的数据读取周期定期读取EMS系统和SCADA系统上传的信息；当风电场内发生停电故障时，风电场黑启动协调系统根据读取到的信息判断是否使用风机进行风电场黑启动；若判断结果为是，则进入步骤(3)；否则，暂时放弃使用风机进行风电场黑启动的方案；

(3)风电场黑启动协调系统通过SCADA系统控制储能装置对各风机支路和风机辅机进行充电，同时，通过EMS系统监测各风机支路的充电情况；

(4)当风机支路和风机辅机充电完成，且线路电压频率波动小于±0.5Hz后，第一台风机开始发电；同时EMS系统向中央处理单元反馈风机启动准备信号；风电场黑启动协调系统根据风机启动准备信号向EMS系统下发风机启动信号，启动风电场内的第一台风电机组；

(5)启动第一台风机并开始发电后，风电场黑启动协调系统根据SCADA系统检测到的风电场母线电压和频率控制储能装置调整主供电网内功率平衡，并在主供电网内电压频率波动小于±0.5Hz的前提下逐台启动风电场内的全部风电机组；

(6)当所有风机启动完毕，风电场黑启动协调系统通过SCADA系统控制风电场对主供电网线路及主供电网内的设备进行充电；

(7)在火电厂内线路电压频率波动小于±0.5Hz的条件下且主供电网线路及主供电网内的设备充电完成后，风电场黑启动协调系统通过EMS系统增加风电机组的功率出力，按照容量从小到大的顺序依次启动火电厂内负荷，直到火电厂具备发电能力。

3.根据权利要求2所述的一种风电场的黑启动协调方法，其特征在于，所述步骤(2)中判断是否使用风机进行风电场黑启动的方法为：

选取风机所处位置的风速信息以及储能装置的荷电状态作为判断标准设置风机黑启动条件；当储能装置荷电状态不满足风机黑启动条件但风速满足风机黑启动条件时，采用外部电源进行风电场黑启动；当储能装置荷电状态满足风机黑启动条件但风速不满足风机黑启动条件，则放弃使用风机进行风电场黑启动；当储能装置荷电状态满足风机黑启动条件且风速满足风机黑启动条件时，则使用风机进行风电场黑启动。

4.根据权利要求3所述的一种风电场的黑启动协调方法，其特征在于，所述步骤(5)中逐台启动风电场内的全部风电机组的方法为：选择一台风机先启动并限功率运行，先启动的风机发出的功率用于下一台风机的自启动。

一种风电场的黑启动协调装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电场黑启动领域，尤其是一种风电场的黑启动协调装置及方法。

背景技术

[0002] 黑启动是指整个电网系统崩溃停电后，不依赖外部系统，能够通过内部电站进行自启动，启动后的孤立的各个电站之后彼此互联，重新建立正常的电力网络系统。

[0003] 通常来说，传统的黑启动电源包括水电站和火电站。然而随着能源危机和环境问题的加剧，使用新能源进行黑启动是个具有前瞻性和战略意义的方案。

[0004] 传统的采用水电站和火电站进行电场黑启动的方案具有以下局限性：使用水电站进行黑启动的方案容易受到季节性影响，在冬季枯水期时，往往没有足够的水来支持水电站的黑启动。而冬季则是大风季，风机能够大功率运行，成为一个可靠的黑启动电源。

[0005] 现有的风电场的黑启动方法在整个启动过程中极大程度上依靠各支系统的自发运行，各支系统之间配合度较低，因此黑启动的成功率也较低。

发明内容

[0006] 发明目的：为解决上述技术问题，本发明提出一种风电场的黑启动协调装置及方法。该方法基于实时搜集整个风电场内的数据，通过风电场中各功能模块之间的信息交互完成黑启动的流程，提高黑启动的成功率。

[0007] 技术方案：为实现上述技术效果，本发明提出的技术方案为：

[0008] 一种风电场的黑启动协调装置，包括EMS系统、SCADA系统和风电场黑启动协调系统；其中，

[0009] EMS系统分别与风电场内各风机支路相连，实时监测各风机支路的供电状态，并将风机支路的运行状态信息上传至风电场黑启动协调系统；以及，接收来自风电场黑启动协调系统的控制指令，根据控制指令实时调节各风电机组的运行状态和出力大小，并将其完成指令后的风机出力情况反馈至风电场黑启动协调系统；所述风机支路的运行状态信息包括：风速参数、供电状态、风机机组及其附属设备运行状态、报警或故障信息；

[0010] SCADA系统用于监测风电场母线至公共电网这一段主供电网线路，在风电场作为电源的黑启动过程中对主供电网内的电压参数和设备的运行参数进行监控，并将监测到的信息上报至风电场黑启动协调系统；以及，接收风电场黑启动系统下发的控制指令，控制风电场对主供电网线路及主供电网内的设备进行充电，以及控制主供电网中负载的投入，并将充电情况和负载的投入情况反馈给风电场黑启动系统；所述主供电网线路包括风电场送出线路、火电厂内线路和它们之间的联络线；所述主供电网内的设备包括FACTS装置、储能装置、断路器、场内负载、变压器和无功补偿装置；所述主供电网内设备的运行参数包括：储能装置荷电状态以及风电场母线电压和频率；

[0011] 风电场黑启动协调系统根据EMS系统和SCADA系统上传的监测信息，结合自身所存储的被启动电网的网架拓扑、线路参数、设备信息、运行状态及保护参数，选取黑启动策略；

并根据当前黑启动策略分别下发控制指令至EMS系统和SCADA系统。

[0012] 一种风电场的黑启动协调方法，包括步骤：

[0013] (1)构建如权利要求1所述的风电场的黑启动协调装置；

[0014] (2)风电场黑启动协调系统根据预先设定的数据读取周期定期读取EMS系统和SCADA系统上传的信息；当风电场内发生停电故障时，风电场黑启动协调系统根据读取到的信息判断是否使用风机进行风电场黑启动；若判断结果为是，则进入步骤(3)；否则，暂时放弃使用风机进行风电场黑启动的方案；

[0015] (3)风电场黑启动协调系统通过SCADA系统控制储能装置对各风机支路和风机辅机进行充电，同时，通过EMS系统监测各风机支路的充电情况；

[0016] (4)当风机支路和风机辅机充电完成，且线路电压频率波动小于±0.5Hz后，第一台风机开始发电；同时EMS系统向中央处理单元反馈风机启动准备信号；风电场黑启动协调系统根据风机启动准备信号向EMS系统下发风机启动信号，启动风电场内的第一台风电机组；

[0017] (5)启动第一台风机并开始发电后，风电场黑启动协调系统根据SCADA系统检测到的风电场母线电压和频率控制储能装置调整主供电网内功率平衡，并在主供电网内电压频率波动小于±0.5Hz的前提下逐台启动风电场内的全部风电机组；

[0018] (6)当所有风机启动完毕，风电场黑启动协调系统通过SCADA系统控制风电场对主供电网线路及主供电网内的设备进行充电；

[0019] (7)在火电厂内线路电压频率波动小于±0.5Hz的条件下且主供电网线路及主供电网内的设备充电完成后，风电场黑启动协调系统通过EMS系统增加风电机组的功率出力，按照容量从小到大的顺序依次启动火电厂内负荷，直到火电厂具备发电能力。

[0020] 进一步的，所述步骤(2)中判断是否使用风机进行风电场黑启动的方法为：

[0021] 选取风机所处位置的风速信息以及储能装置的荷电状态作为判断标准设置风机黑启动条件；当储能装置荷电状态不满足风机黑启动条件但风速满足风机黑启动条件时，采用外部电源进行风电场黑启动；当储能装置荷电状态满足风机黑启动条件但风速不满足风机黑启动条件，则放弃使用风机进行风电场黑启动；当储能装置荷电状态满足风机黑启动条件且风速满足风机黑启动条件时，则使用风机进行风电场黑启动。

[0022] 进一步的，所述步骤(5)中逐台启动风电场内的全部风电机组的方法为：选择一台风机先启动并限功率运行，先启动的风机发出的功率用于下一台风机的自启动。

[0023] 有益效果：与现有技术相比，本发明具有以下优势：

[0024] 1、应用范围广，可以与传统水电站黑启动方案进行互补。我国西北部常年水资源匮乏但风力资源丰富；东北部地区收到自然环境(河流结冰期长)和地理限制(地势平坦)，水电站建设受到严重限制，因此在这些地区进行风电场黑启动方案是一个有效的合理方案。

[0025] 2、风能源为清洁能源，采用风能源进行黑启动有利于资源的节约，同时减少环境污染。

[0026] 3、本发明基于实时搜集整个风电场内的数据，通过风电场中各功能模块之间的信息交互完成黑启动的流程，能够提高黑启动的成功率。

附图说明

[0027] 图1为实施例中的黑启动协调装置的结构图；

[0028] 图2为实施例中风电场黑启动协调装置在电网中的架构图。

具体实施方式

[0029] 本发明提供一种风电场的黑启动协调装置及方法，为使本发明的技术方案更加清楚，下面结合附图对本发明作更进一步的说明。

[0030] 实施例：如图1所示为黑启动协调装置的结构图，包括EMS系统、SCADA系统和风电场黑启动协调系统。风电场黑启动协调系统为此黑启动协调装置的核心部分。EMS系统和SCADA系统均与风电场黑启动协调系统进行双向通信，配合风电场黑启动协调系统共同完成风电机组的自启动和主供电网内负荷控制。

[0031] (一)风电场黑启动协调系统，其作用为：风电场黑启动协调系统与EMS系统和SCADA系统进行实时信息交互，并结合自身所存储的被启动电网的网架拓扑、线路参数、设备信息、运行状态及保护参数，经内置黑启动自动控制算法，实时动态优化黑启动策略，统筹风电机组的自启动、风电场内黑启动和风电场作为电源启动火电厂。

[0032] (二)EMS系统，其作用为：在风电场作为电源的黑启动过程中，EMS系统对风电机组本体及各机组所属的全部辅助设备予以监控。将监测所得环境参数、系统运行参数、机组及附属设备状态、报警或故障信号等信息上报至风电场黑启动系统。同时，根据所接收到的来自风电场黑启动协调系统的指令，实时调节各风电机组的运行状态和出力大小，并将其所完成的调节状况反馈至风电场黑启动协调系统。

[0033] (三)SCADA系统，其作用为：用于监测风电场母线至公共电网这一段主供电网线路，在风电场作为电源的黑启动过程中对主供电网内的电气信息和设备的运行参数进行监控，并将监测到的信息上报至风电场黑启动协调系统；以及，接收风电场黑启动系统下发的控制指令，控制风电场对主供电网线路及主供电网内的设备进行充电，以及控制主供电网中负载的投入，并将执行情况反馈给风电场黑启动系统；所述主供电网线路包括风电场送出线路、火电厂内线路和它们之间的联络线；所述主供电网内的设备包括FACTS装置、储能装置、断路器、场内负载、变压器和无功补偿装置；所述电气信息包括：储能装置荷电状态以及风电场母线电压和频率。

[0034] 如图2所示为风电场黑启动协调装置在电网中的架构图，包括n条并联的风机支路、储能装置、EMS系统、风电场35kV母线、SCADA系统和风电场黑启动协调系统，其中，风机支路通过箱变接入风电场35kV母线上，储能装置也接入风电场35kV母线，风电场35kV母线通过箱变并入公共电网。EMS系统用于监测和控制n条风机支路，SCADA系统用于监测风电场35kV母线至公共电网这一段主供电网线路，并对主供电网中的储能装置和接入的负载进行控制。EMS系统和SCADA系统分别与风电场黑启动协调系统通信，风电场黑启动协调系统的功能通过内置的黑启动程序来实现。风电场黑启动协调系统通过与EMS系统和SCADA系统的通信交互并对所得信息进行分析判断，将判断后做出的黑启动策略发回给EMS系统和SCADA系统，最后EMS系统和SCADA系统根据从风电场黑启动协调系统发来的控制指令来控制各自系统内各种装置的动作，从而达到整个风电场的有序启动。

[0035] 本发明基于EMS系统和SCADA系统与风电场黑启动协调系统的通信实现风电场的黑启动，其启动流程为：

[0036] (1)数据读取：风电场黑启动协调系统通过EMS系统实时监测各风机支路的供电状态，以及通过SCADA系统监测储能装置荷电状态；

[0037] (2)黑启动方式判断：当风电场内发生停电故障时，风电场黑启动协调系统根据场内风速信息以及储能装置的荷电状态判断是否使用风机进行风电场黑启动；若是，则进入步骤(3)；否则，暂时放弃使用风电场进行黑启动方案，并且每隔一段时间对EMS系统和SCADA系统传回的数据进行再次判断是否满足采用风机进行黑启动的条件；

[0038] (3)预充电：风电场黑启动协调系统通过SCADA系统控制储能装置对各风机支路和风机辅机进行充电，同时，EMS系统监测各风机支路的充电情况；

[0039] (4)启动第一台风机：当风机支路和风机辅机充电完成，且线路电压频率稳定后，SCADA系统控制选定的第一台风机对风偏航、自检以及发电机空转初始化。当选取的风机启动后，进行限功率运行，发电功率为下一台风机提供自启动电能；

[0040] (5)逐台启动风电场内风机：启动第一台风机并开始发电后，风电场黑启动协调系统根据SCADA系统检测到的风电场母线电压和频率水平，控制储能装置实时调整功率平衡，在系统电压频率相对稳定的前提下逐台启动风电场内的全部风电机组；

[0041] (6)空充线路：当所有风机启动完毕，风电场黑启动协调系统控制风电场对主供电网线路及主供电网内的设备进行充电，所述主供电网线路包括风电场送出线路、火电厂内线路和它们之间的联络线，所述主供电网内的设备包括变压器和无功补偿装置；

[0042] (7)黑启动火电厂：在火电厂线路电压频率稳定条件下，增加风电场机组的功率出力，调整控制风机始终处于最大功率跟踪运行状态。风电场对火电厂辅机输出电能，逐步按批次恢复火电厂辅机供电，以此启动大容量火电机组，直到火电厂具备发电能力。

[0043] 以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出：对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以做出若干改进和润饰，这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

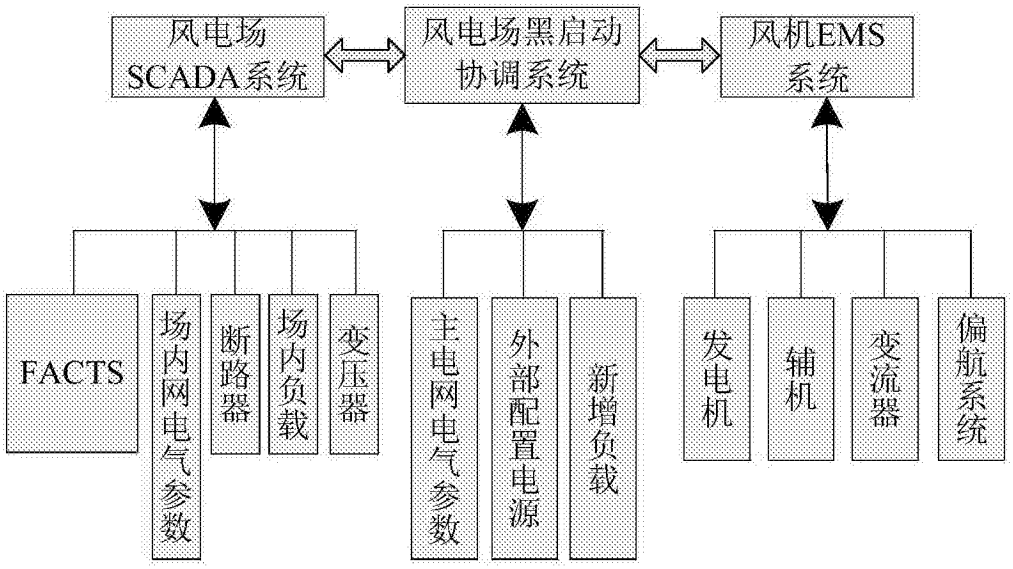

风电场SCADA系统
风电场黑启动协调系统
风机EMS系统
FACTS
场内网电气参数
断路器
场内负载
变压器
主电网电气参数
外部配置电源
新增负载
发电机
辅机
变流器
偏航系统

图1

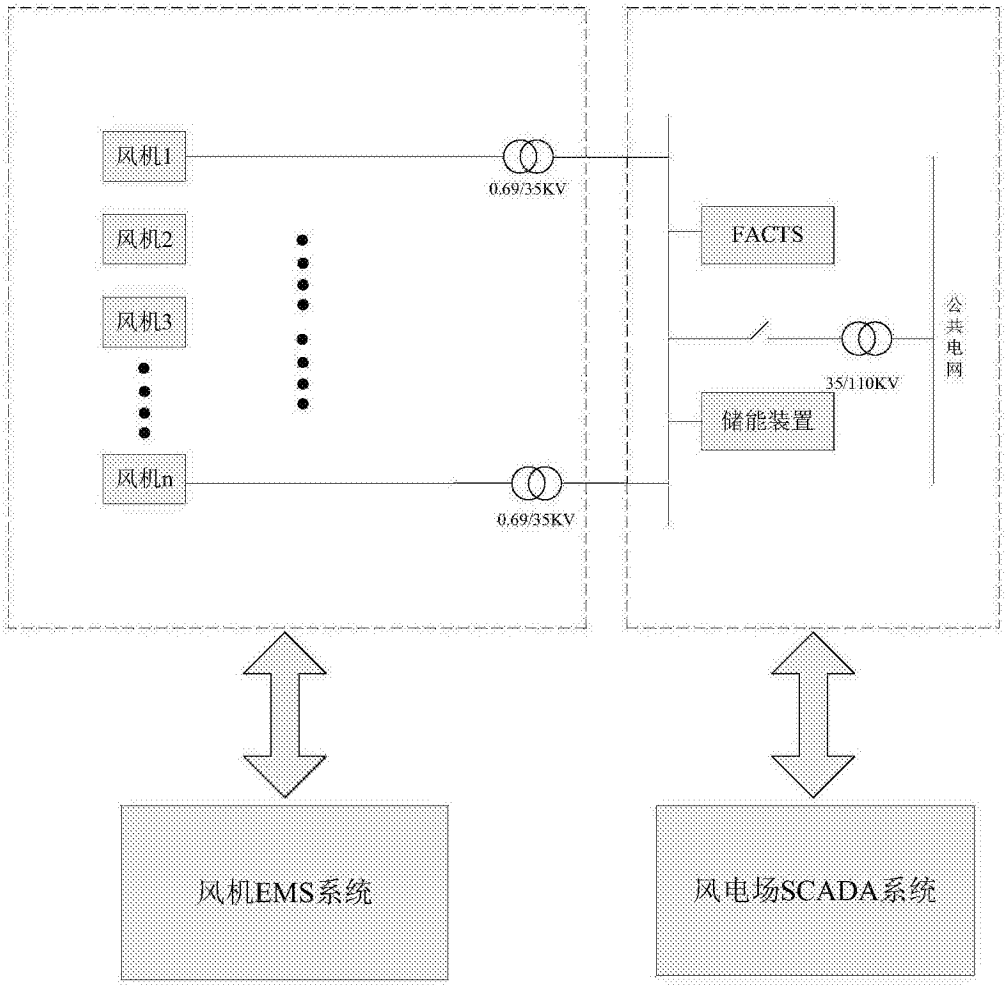

风机1
风机2
风机3
风机n
0.69/35KV
0.69/35KV
FACTS
35/110KV
储能装置
公共电网
风机EMS系统
风电场SCADA系统

图2