

响水风电场风力发电机组的二次电气接电技术

马长飞

(中国水电七局有限公司机电安装分局 四川 彭山 620860)

摘要 介绍响水风电场 FD77-1.55MW 风力发电机组电气二次自动控制的关键技术,风力发电机组及其 35 kV 箱式变电站的控制、保护、测量和信号处理;主变压器及线路设备的控制测量,其中包括控制技术、测量技术和信号处理技术;继电保护和安全自动装置中的主变压器保护配置、220 kV 线路及母线的保护、35 kV 母线保护;运动技术中的运动系统、计费系统、运动信息技术。给出了图像监控及防盗报警系统和火灾自动探测报警及消防控制系统中的相关技术。

关键词 风电技术;电气二次;图像监控;火灾探测报警;响水风电场

中图分类号 TM645.2 **文献标识码** B **文章编号** 1006-764X(2010)S2-0033-04

江苏响水风电场共安装 134 台单机容量为 1.5 MW 的风力发电机组,采用两级升压方式。电气接线和电气连接应可靠,所需要的连接件如接插件、连接线、接线端子等应能承受所规定的电(电压、电流)、热(内部或外部受热)、机械(拉、压、弯、扭等)和振动影响;母线和导电或带电的连接件按规定使用时,不应发生过热松动或造成其他危险的变动;在风力发电机组组装时,应标明发电机转向及发电机出线端的相序,应按标号接线,并在第一次并网时检查相序是否相同;电气系统及防护系统的安装应符合图样设计要求,保证连接安全、可靠,不得随意改变连接方式。

电气设计图样规定连接内容外的其他附加电气线路的安装(如防雷系统)应按有关文件或说明书的规定进行;机舱至塔架底部控制柜的控制及电力电缆应按国家电力安装工艺中的有关要求安装;承包人负责导电轨的安装及风机高压绝缘测试。

这些电气设备的接线非常重要,接线好坏将直接影响风电机组的整体性能。本文对此技术进行了详细阐述。

1 自动控制

响水风电场位于北纬 $32^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 之间,沿海堤内侧布置,西北东南走向,场内宽 1.5 ~ 2 m,长约 24 km。响水风电场共安装 134 台单机容量为 1.5 MW 级风力发电机组,总装机容量为 201 MW。

根据响水风力发电厂工程一次接入系统设计要求,响水风力发电场以 1 回 220 kV 线路接入 220 kV 响水变电站,距离 37 km。

响水风电场工程采用二级升压方式,风力发电机出口电压为 690 V,箱式变电站高压侧、集电线路电压为 35 kV。由 11 ~ 13 台风机-箱变单元组成联合单元接线,根据风机布置风电场共设 14 个联合单元。

风电场配套建设 1 座 220 kV 升压变电站,变电站 35 kV 侧 14 进 2 出采用单母线分段接线;220 kV 侧 2 进 1 出采用单母线接线。

响水风电场由江苏省调度管理,采用少人值守方式运行。风电场分为三级监控:①可在各台风力发电机的现场对单机进行监控;②可在风电场的中央控制室对风电机组及送变电设备集中监控;③可在江苏省内调度,对 220 kV 升压变电站的送变电设备实行远方监控。

在响水风电场控制室内各设置有 2 套相对独立的计算机监控系统,一套是风力发电机的计算机监控系统,另一套是升压站计算监控系统。

风力发电机组计算机监控系统由风力发电机组厂家配套提供,负责风力发电机组的自动监视和控制。升压站计算机监控系统负责 220 kV 线路、主变压器、35 kV 线路及公共设备的集中监控。升压站计算机监控系统设通信工作站向调度部门输送运动信息,并接受调度部门的远方遥控。

1.1 风力发电机组及35 kV箱式变电站的控制、保护、测量和信号处理

风力发电机组正常采用集中监控方式由中控室运行人员通过风力发电机组计算机监控系统的人机接口,对风电场内所有风力发电机组进行集中远方监视和控制。在每台风力发电机的现地控制柜上,运行人员可通过控制柜上的人机接口对风力发电机组进行现地监视和控制。在风力发电机组运行过程中,控制柜能连续监视风力发电机的转速,控制制动系统使风机安全运行。

风力发电机组配置以下保护装置:温度保护、过负荷保护、电网故障保护、振动越限保护和传感器故障保护等。保护装置动作跳开风力发电机断路器,并发出保护动作信号。

风力发电机配有各种检测装置和变送器,反映风力发电机实时状态。中空室计算机自动连续对各风力发电机组进行监视,并能在显示器上显示以下内容:当前日期和时间、叶轮转速、发电机转速、风速、环境温度、风力发电机温度、功率和偏航情况等。

35 kV 箱式变电站的保护和监控设备由厂家配套提供。其监控设备负责对箱式变电站的 35 kV 负荷开关位置、低压侧 690 V 开关位置、熔断器断路报警信号、箱变箱门开启报警信号等突发或人为等情况进行监控,并可测量箱式变电站低压侧三相电压、三相电流、有功、无功,以达到箱式变电站的无人值守。

1.2 主变压器及线路设备的控制测量

a. 控制。在风电场中控制配置 1 套升压站计算机监控系统,该系统是站内综合自动化的通信枢纽,是全站的信息综合点。负责开关站主要设备获取测量数据和状态信号,并对所得信息作汇总、分析、存储和报告输出,同时还负责与远方调度之间的联系,实现数据、状态量的传输和控制命令的传达。另外,还与电子式电表、直流电源系统、小电流接地选线装置、图像监控系统等其他智能模块或设备相连接,共同完成全站的综合管理功能。各主要设备的控制如下:①各断路器的就地和远程控制;②变压器中心点接地闸门的就地和远方控制;③变压器有载调压开关的自动调节,就地和远程控制;④GIS 室内隔离开关的就地和远程控制;⑤GIS 室内接地开关的就地控制。

b. 测量表计。测量表计按 DL/T 5137—2001《电测量及电能计量装置设计技术规程》配置,具体包括:①220 kV 线路:电压、电流,正反向有功、无功电度,有功、无功功率;②220 kV 母线:电压,频率,功率因素;③主变压器:电流,有功、无功电度,有功、无

功功率,温度;④35 kV 母线:电压,频率;⑤35 kV 风机线路:电压、电流,有功、无功功率。另外,还包括场用变低压 380 V 母线 I、II 段 220 V 直流电源系统 I、II 段母线电压的测量。

c. 信号。不设常规音响信号系统,所有的事故、故障信号均输入中控室计算机监控系统,由计算机监控系统显示器显示和进行语音报警,并打印记录。①各断路器、220 kV 主变压器中心点、闸刀位置状态,各断路器控制回路断线信号;②各断路器小车位置状态;③主变压器有载调压开关位置状态;④主变压器有载调压开关控制回路异常状态;⑤继电保护及自动装置的动作及装置异常信号;⑥断路器操作机构及所用变异常状态;⑦直流系统和交流电源故障信号;⑧小电流接地选线装置的选线结果;⑨图像监控、防盗系统及其他有关信号;⑩全场事故总信号。

2 继电保护和安全自动装置

主变压器、220 kV 线路、35 kV 线路的继电保护参照 GB 14285—1993《继电保护和安全自动装置技术规程》进行配置,选用微机保护装置。

2.1 主变压器保护配置

a. 纵差动保护。作为主变压器内部及引出线短路故障的主保护,保护装置应具有躲避励磁涌流和外部短路时所产生的不平衡电流的能力,过励磁时应闭锁 2 组纵联差动保护均瞬时动作跳主变压器两侧断路器。

b. 主变压器高压侧复合电压闭锁过流:保护延时跳主变压器两侧断路器。

c. 零序电流保护。作为主变压器高压侧及 220 kV 线路单相接地故障的后备保护,保护延时动作主变压器两侧断路器跳闸。

d. 间隙零序电流、零序电压保护。当电力网单相接地且失去中性点时,间隙零序电流瞬时、零序过电压短延时动作主变压器两侧断路器跳闸。

e. 主变压器过负荷。设在高压侧,动作发信号。

f. 断路器失灵保护。保护动作起动 220 kV 母线保护总出口继电器。

g. 非电量保护。包括瓦斯保护、主变压器压力释放保护和温度保护。其中:瓦斯保护,主变压器本体和有载调压开关均设有该保护,轻瓦斯动作发信号,重瓦斯动作后瞬时跳主变压器两侧断路器。

h. 主变压器压力释放保护。保护瞬时跳闸跳主变压器两侧断路器。

i. 温度保护。温度过高时动作主变压器两侧

断路器跳闸,温度升高时动作发报警信号。

2.2 220 kV 线路及母线的保护

a. 220 kV 线路保护。按江苏省电力设计院提供的“响水风力发电场工程二次接入系统设计报告”的推荐方案,配置 2 套不同原理的光纤纵联差动保护,即架设 OPGW 光缆,两侧均配置不同原理、完全独立的光纤分相电流差动保护。

b. 220 kV 母线保护。220 kV 母线配置一套微机型母线差动保护。

c. 220 kV 系统故障录波。按响水二次接入系统的报告要求,风电场升压站本期装设 64 路模拟量的危机故障录波器柜 1 面。

d. 安全自动装置。按响水二次接入系统的报告要求,该工程暂不装设系统安全稳定控制装置。但拟在风电场升压侧配置一套频率电压紧急控制装置。220 kV 线路及母线保护和安全自动装置由接入系统设计单位选型配置。

2.3 35 kV 母线保护

35 kV 线路配置电流速断,过电流保护,单相接地检测,35 kV 母线配置电流速断保护,35 kV 母线配置微机型电流差动式母线保护。

3 直流电源

直流系统电压为 220 V,选用智能高频开关直流电源,整流模块 N+1 热备份,高频开关无级双向调压,其中的监控元件对交流配电、整流模块、降压模块、直流馈电实现本地及远端监控。设 2 组 220 Ah 阀控式密封铅酸蓄电池,2 组蓄电池均采用单母线结线,蓄电池组不设端电池,设 2 组充电模块。直流系统正常情况下浮充电方式运行,事故放电后进行均衡充电。直流系统还配有危机直流电压及绝缘监测装置,供全场保护、控制、事故照明、综合自动化设备等电源。

4 运 动

a. 运动系统。按照有关规程要求,所采用的计算机监控系统可以对发电机、主变压器、母线、线路、断路器等设备的运行状态、参数进行采集,遥测量采集拟采用交流采用,采用精度小于 0.2%,并具备四遥功能、调度数据网络接入功能等。有关运动信息通过调度数据网络和点对点通道同时送到盐城电网。

b. 计费系统。电能计费点设在风电场的 220 kV 出线侧,主变压器高、低压侧设置主、副电度计费表各 1 块,配置 1 套电能计费终端,表计及相应的电流互感器的精度为 0.2S 级,电压互感器的精度也不低于 0.2 级。

c. 远动信息。①遥测:220 kV 线路有功功率、无功功率、有功电度及电流;主变压器 22 kV 侧的有功功率、无功功率、有功电度及电流。发电机侧有功功率、无功功率、有功电度及电流,220 kV 母线电压、频率,35 kV 母线电压,频率。②遥信:所有断路器位置信号,220 kV 所有隔离开关位置信号,220 kV 线路主保护动作信号,220 kV 母线差动保护动作信号;发电机、变压器保护动作信号,全场事故总信号。

5 图像监控及防盗报警系统

系统主要用于对风电场中主控楼主要设备(主变压器、GIS、隔离开关、开关柜等)操作进行远方监视,对风电场主控楼主要设备现场状况定期巡视,安全保卫。系统能对监视场景进行录像,便于事故分析。

风电场图像监控系统由控制站、摄像头、视频电缆、控制电缆等组成。控制站布置于变电所主控制室,由数字录像监控主机和键盘等设备组成。主控楼摄像头分别置于中控室、通讯机房、35 kV 开关室、GIS 室、主控制楼主入口、围墙总入口等处。各摄像头与控制站间有同轴电缆和控制电缆相连。

数字录像监控主机有计算机通信口,可以接收升站内区域火灾报警控制系统内任何一点的火警信号,以实现图像监视系统画面与火警信号的视频联动,提高升压站的监控水平。

防盗报警系统 4 套报警探头分别置于主控楼四周围墙上,用于出入口管理及周界防越报警。

6 火灾自动探测报警及消防控制系统

风电场火灾报警及消防控制系统是根据 GBJ 50116—1998《火灾自动报警系统设计规范》等相关规范的要求进行设计。

风电场火灾报警及消防控制系统采用区域报警工作方式。在中控室设置 1 台壁挂式火灾报警控制器(联动型),主要监测设置各火灾探测器场所的火警信号,并可根据消防要求对相关部委风机、防火风口、防火阀等实施自动联动控制。火灾报警控制器上设有被控设备的运行状态指示和手动操作按钮。

风电场的火灾监测对象是重要的电气设备和电缆层等场所,根据环境及不同的火灾燃烧机理,分别选用感烟、感温等不同种类的探测器。探测器主要安装在中控室、35 kV 开关室、GIS 室、通讯室、电缆层等场所;在各防火分区设置手动报警按钮和声光报警器。探测器手动报警按钮动作时,火灾报警控制器发出声光报警并显示报警点的地址,打印报警时间和报警点的地址。同时,按预先编制好的逻辑

关系发出控制指令,自动联动停止相关部委的风机,关闭防火风口和防火阀,启动声光报警器,也可由值班人员在火灾报警控制器上远方手动操作。

火灾报警控制自带备用电源,正常工作电源交流 220 V 由动力配电箱供给,当交流电消失时,自动切换至直流备用电源供电,保证系统正常工作。电缆采用阻燃屏蔽控制电缆和阻燃屏蔽双色双绞电线,电缆敷设在电缆桥架上的火电缆沟内,电线采用穿金属管保护或线槽内敷设。

区域火灾报警控制器向升压站图像监控系统输送区域火灾报警控制系统内任何一点的火警信号,以实现图像监控系统监视画面与火警信号的视频联动,提高升压站的监控水平。

7 通 信

a. 系统通信。通信采用 SDH 光纤传输方式设计,作为系统调度通信的主、备通道。最终设计应以今后提供的施工设计图纸和技术文件为准。对外联络永久通信建立与电信公网之间的通信线路。

b. 升压站站内通信。中控室内设行调合一数字式程控调度交换机 1 套,作为中控室、风电场生产、行政通信用。厂内行政和调度交换机有数字中继和各类模拟中继接口,可与电力系统、邮电公网及 220 kV 响水变电站之间实现通信联网,满足电网运行调度和管理的通信需要。

c. 集群移动通信。在站内设置 1 套 5 信道集

(上接第 32 页)

b. 配电装置的侵入雷电波保护。根据 DL/T 620—1997《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》的规定,在风电场 35 kV 配电装置母线及 220 kV 架空线入口处装设氧化锌避雷器保护,风电机配套的箱式变电站高压侧采用氧化锌避雷器保护,35 kV 电缆线路上架空集电线路处装设氧化锌避雷器保护。

4 接地装置

首先充分利用各个风电场的风力发电机基础作为自然接地体,根据现场实际情况及土壤电阻率敷设人工接地网,以满足接地电阻的要求,重点区域加强布置以满足接触电势和跨步电势的要求。

变电站接地装置采用方孔网格状布局,网格间距 10 m 左右,靠近围墙侧网格间距适当加密,接地网采用阴极保护。水平接地扁钢截面为 60 mm × 6 mm,敷设深度为 0.8 m,接地扁钢与基础管桩钢筋网可靠连接。

对于单台风电机接地,以风电机基础中心为圆

群移动通信系统,以满足电场基建施工指挥、生产检修、户外检修、库内调度、场内应急通信等多种情况的需要。集群系统以 4 线 E&M 接口接入电站交换机,实现有线、无线及对外的通信联络。并配置 3 部移动车载台和 30 部手持机。

d. 通信电源。通信电源采用高频开关式稳压稳流电源系统,配置 2 组 100 Ah 阀控式密封铅酸蓄电池。二路取自厂用电不同母线段的交流 220 V 作为主供电源,电源系统输出交流 220 V 及直流 48 V 供通信设备用。当厂用电消失或输入电压低于 198 V 时,自动转为由电源屏内的阀控式密封铅酸蓄电池组供电。通信系统电源由通信系统自行配套。

8 结 语

介绍了响水风电场风力发电机组及其 35 kV 箱式变电站的控制、保护、测量和信号处理;主变压器及线路设备控制测量中的控制技术、测量技术和信号处理技术;继电保护和自动装置中的主变压器保护配置、220 kV 线路及母线的保护、35 kV 母线保护;运动技术中的运动系统、计费系统、远动信息技术;图像监控及防盗报警系统和火灾自动探测报警及消防控制系统等技术,这些技术都处于世界先进行列,为我国国内其他风电场的二次电气接线技术提供了有益指导。

(收稿日期 2010-09-10 编辑 方宇彤)

心,根据基础管桩位置设置 2 圈环形接地网,接地网需与管桩钢筋网可靠连接。同时从风电机中心向外敷设 4 根水平接地扁钢与环形水平接地扁钢相交。并根据 DL/T 621—1997《交流电气装置的接地》,所有要求接地部分均应接地或接零。风电场电站的保护接地、工作接地、过电压接地采用一个总的接地装置,总的工频接地电阻根据入地电流大小及要求最终确定。每台风力发电机防雷引下线出的冲击接地电阻小于或等于 10 Ω,风电机配套箱接地网工频接地电阻按要求小于或等于 4 Ω。

5 结 语

响水风电场在响水县安装了 134 台 1.5 MW 大型风机。响水风电场位于沿海滩涂,其相关安装和组建的相关技术实施和设计必须考虑天气和环境因素,其安装技术先进。因此,本文介绍的电气一次接线技术,可为其他风电场相关的安装技术提供技术指导。

(收稿日期 2010-09-08 编辑 方宇彤)