

响水风电场风力发电机组监控系统

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 FD77-1.5MW 风力发电机组的监控系统 ,该风力发电机组中央监控系统能实现对各风力发电机的实时在线监控和管理 ,控制各发电机的启动与停机 ,进行定值修正 ,实现控制操作的画面显示、报表生成、打印、事件记录、报警、事故追忆、分析等功能 ,具备系统故障的自动恢复功能。在通讯中断情况下 ,不会丢失技术数据 ,从而对风电场内所有风力发电机组进行集中远方监视和监控。

关键词 :风力发电机组 ;数据采集 ;监控系统 ;响水风电场

中图分类号 :TM614 **文献标识码** :B **文章编号** :1006-764X(2010)S2-0018-04

FD77 风力发电机组能在无操作人员值班条件下运行 ,即机组正常采用集中监控方式 ,由中控室运行人员通过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监控。运行人员可通过每台风力发电机现地控制柜上的人机接口对机组进行就地监视和控制。控制柜能在机组运行过程中连续监视发电机的转速 ,控制制动系统使风机安全运行。在风电场内安装所有的数据传输及控制电缆 ,将每台机组与风电场中央监控系统相连。风电场计算机监控系统分中央监控系统和远程监控系统 ,系统主要由监控计算机、数据传输介质、信号转换模块、监控软件等组成。中央监控系统的功能是对风力发电机进行实时监测、远程控制、故障报警、数据记录、数据报表、曲线生成等。

1 FD77 风力发电机组监控系统主要监测参数

1.1 电力参数监测

风力发电机组需要持续监测的电力参数包括电网三相电压、发电机输出的三相电流、电网频率、发电机功率因数等。这些参数无论风力发电机组是处于并网状态还是脱网状态都被监测 ,用于判断风力发电机组的启动条件、工作状态及故障情况 ,还用于统计风力发电机组的有功功率、无功功率和总发电量。此外 ,还根据电力参数 ,主要是发电机有功功率和功率因数来确定补偿电容的投入与切出。

a. 电压测量(三相有效值)。电压测量主要检

测以下故障 :①电网冲击相电压超过 450 V 0.2 s ;②过电压相电压超过 433 V 50 s ;③低电压相电压低于 329 V 50 s ;④电网电压跌落相电压低于 260 V 0.1 s ;⑤相序故障。

对电压故障要求反应较快。在主电路中设有过电压保护装置 ,其动作设定值可参考冲击电压整定保护值。发生电压故障时风力发电机组必须退出电网 ,一般采取正常停机 ,而后根据情况进行处理。电压测量值经平均值算法处理后可用于计算机组的功率和发电量的计算。

b. 电流(三相有效值)。关于电流的故障有 :①电流跌落 0.1 s 内一相电流跌落 80%。②三相不对称三相中有一相电流与其他两相相差过大 ,相电流相差 25% ,或在平均电流低于 50 A 时相电流相差 50%。③晶闸管故障软起动期间 ,某相电流大于额定电流或者触发脉冲发出后电流连续 0.1 s 为零。

对电流故障同样要求反应迅速。控制系统带有 2 个电流保护装置 ,即电流短路保护装置和过电流保护装置。电流短路保护采用断路器 ,动作电流按照发电机内部相间短路电流整定 ,动作时间 0 ~ 0.05 s。过电流保护由软件控制 ,动作电流按照额定电流的 2 倍整定 ,动作时间 1 ~ 3 s。电流测量值经平均值算法处理后与电压、功率因数合成为有功功率、无功功率及其他电力参数。

电流是风力发电机组并网时需要持续监视的参数 ,如果切入电流不小于允许极限 ,则晶闸管导通角

不再增大,当电流开始下降后导通角逐渐打开直至完全开启。并网期间,通过电流测量可检测发电机或晶闸管的短路及三相电流不平衡信号。如果三相电流不平衡超出允许范围,控制系统将发出故障停机指令,风力发电机组退出电网。

c. 频率。电网频率被持续测量。测量值经平均值算法处理与电网上、下限频率进行比较,超出时风力发电机组退出电网。电网频率直接影响发电机的同步转速,进而影响发电机的瞬时出力。

d. 功率因数。功率因数通过分别测量电压相角和电流相角获得,经过移相补偿算法和平均值算法处理后用于统计发电机有功功率和无功功率。由于无功功率导致电网的电流增加,线损增大,且占用系统容量,因而送入电网的功率的感性无功分量越少越好,一般要求功率因数保持在 0.95 以上。为此,风力发电机组使用了电容器补偿无功功率。考虑到风力发电机组的输出功率常在大范围内变化,补偿电容器一般按不同容量分成若干组,根据发电机输出功率的大小来投入与切出。这种方式投入补偿电容时可能造成过补偿,此时会向电网输入容性无功。电容补偿并未改变发电机运行状况,补偿后发电机接触器上的电流应大于主接触器电流。

e. 功率。功率可通过测得的电压、电流、功率因数计算得出,用于统计风力发电机组的发电量。风力发电机组的功率与风速有固定函数关系,如测得的功率与风速不符,可以作为风力发电机组故障判断的依据。当风力发电机组功率过高或过低时,可以作为风力发电机组退出电网的依据。

1.2 风力参数监测

a. 风速。风速通过机舱外的数字式风速仪测得。计算机每秒采集 1 次来自于风速仪的风速数据,每 10 min 计算 1 次平均值,用于判别启动风速(风速 $v > 3 \text{ m/s}$)和停机风速($v > 20 \text{ m/s}$)。

b. 风向。风向标安装在机舱顶部两侧,主要测量风向与机舱中心线的偏差角。FD77 风力发电机组采用 2 个风向标,以便互相校验,排除可能产生的误信号。控制器根据风向信号启动偏航系统。当 2 个风向标不一致时偏航会自动中断,当风速低于 3 m/s 时偏航系统不会启动。

1.3 机组状态参数检测

a. 转速。风力发电机组转速的测量点有 2 个,即发电机转速和风轮转速。转速测量信号用于控制风力发电机组并网和脱网,还可用于启动超速保护系统,当风轮转速超过设定值 n_1 或发电机转速超过设定值 n_2 时,超速保护动作,风力发电机组停机。风轮转速和发电机转速可以相互校验,如果不符则

提示风力发电机组故障。

b. 温度。有 8 个点的温度被测量,用于反映风力发电机组系统的工作状况。这 8 个点包括:①增速器油温;②高速轴承温度;③大发电机温度;④小发电机温度;⑤前主轴承温度;⑥后主轴承温度;⑦控制盘温度(主要是晶闸管的温度);⑧控制器环境温度。由于温度过高引起风力发电机组退出运行,在温度降至允许值时仍可自动启动风力发电机组运行。

c. 机舱振动。为了检测机组的异常振动,在机舱上应安装振动传感器。传感器由 1 个与微动开关相连的钢球及其支撑组成。异常振动时钢球从支撑它的圆环上落下,拉动微动开关,引起安全停机。重新启动时必须重新安装好钢球。机舱后部设有桨叶振动探测器,过振动时将引起正常停机。

d. 电缆扭转。由于发电机电缆及所有电气、通信电缆均从机舱直接引入塔筒,直到地面控制柜。如果机舱经常向一个方向偏航则会引起电缆严重扭转,因此偏航系统还应具备扭缆保护的功能。偏航齿轮上安有 1 个独立的记数传感器,以记录相对初始方位所转过齿的齿数。当风力发电机向一个方向持续偏航达到设定值时,表示电缆已被扭转至危险的程度,控制器将发出停机指令并显示故障。风力发电机组停机并执行顺时针或逆时针解缆操作。为了提高可靠性,在电缆引入塔筒处(即塔筒顶部)安装了行程开关,行程开关触点与电缆相连,当电缆扭转一定程度时可直接拉动行程开关,引起安全停机。为了便于了解偏航系统的当前状态,控制器可根据偏航记数传感器的报告,以记录相对初始方位所转过齿的齿数显示机舱当前方位与初始方位的偏转角度及正在偏航的方向。

e. 机械刹车状况。在机械刹车系统中装有刹车片磨损指示器,如果刹车片磨损到一定程度,控制器将显示故障信号,这时必须更换刹车片后才能启动风力发电机组。在连续 2 次动作之间有一个预置的时间间隔,使刹车装置有足够的冷却时间,以免重复使用导致刹车盘过热。根据不同型号的风力发电机组也可用温度传感器来取代设置延时程序,这时刹车盘的温度必须低于预置的温度才能启动风力发电机组。

f. 油位。风力发电机的油位包括润滑油位、液压系统油位。

g. 发电量。过去所有时间每台风电机组的日、月、年发电量和所有风力发电组合计日、月、年发电量,以及每台风电机组和所有风电机组总发电量。

h. 1 000 条的故障及停机记录。

j. 可以画出风力发电机组和风电场的各项数据图标,包括功率曲线、风速曲线、风场效率、发电量谱线、可利用率柱状图等。

当出现下列情况时,可以停机并启动风力发电机电保护系统,显示和发出报警信号(有声响和灯光报警)。

①液压系统内油面过低、油压过低、油压过高;
②偏航故障;③电缆解缆故障;④控制系统故障;
⑤机舱异常振动;⑥刹车垫磨损;⑦机械刹车故障;
⑧发电机、齿轮箱和偏航电机出现异常温度;⑨风轮及发电机超速;⑩安全系统启动;⑪发电机超载或出现故障;⑫过分振动。

当出现下列情况时可以停机,显示和发出警报信号,并在条件许可时再次自动启动。①低风速;②风速过高;③电缆解缆故障;④电网故障。

为风电场主控制室的中央监控系统提供参数、运行情况及故障警报(包含声响和灯光警报)等。风电机组可以手动重新启动。如果中央监控系统及就地控制系统发生故障,风力发电机组停机后能在塔筒底部通过顶部变频器柜上的操作系统实现开停机。风力发电机组保护与场内电网的保护装置匹配,并确保故障能快速、准确地排除。中央监控系统应具有相应等级的抗电磁干扰能力,所有控制和保护系统的元件都要认真选择和布置,以避免来自周围环境的电磁干扰。

FD77 风力发电机组的中央监控系统结构见图 1。

FD77 风力发电机组监控系统用来采集机组数据及状态,通过计算、分析、判断而控制机组的启动、停机、调向、刹车和开启油泵等一系列控制和保护动作,能使单台风力发电机组实现全部自动控制,无需人为干预。FD77 风力发电机组监控应用软件具有如下功能:

- ①友好地控制界面,使操作简单,为风电场的管理提供方便。
- ②能够显示各台机组的运行数据,如每台机组的瞬时发电功率,累计发电量,发电小时数,风轮及电机的转速和风速、风向等,将下位机的这些数据调入上位机,在显示器上显示出来,必要时还应当用曲线或图表的形式直观地显示出来。
- ③显示各风电机组的运行状态,如开机、停车、调向、手动/自动控制以及大/小发电机工作等情况。通过各风电机组的状态了解整个风电场的运行情况。
- ④能够及时显示各机组运行过程中发生的故障。在显示故障时,应能显示出故障的类型及发生时间,以便运行人员及时处理及消除故障,保证风力发电机组的安全和持续运行。
- ⑤能够对风力发电机组实现集中控制。值班员在集中控制室内只需对标明某种功能的相应键进行操作,就能对下位机进行改变设置、状态和对其实施控制。
- ⑥FD77 风力发电机组监控软件具有运行数据的定时打印和人工即时打印以及故障自动记录的功能,以便随时查看风电场运行

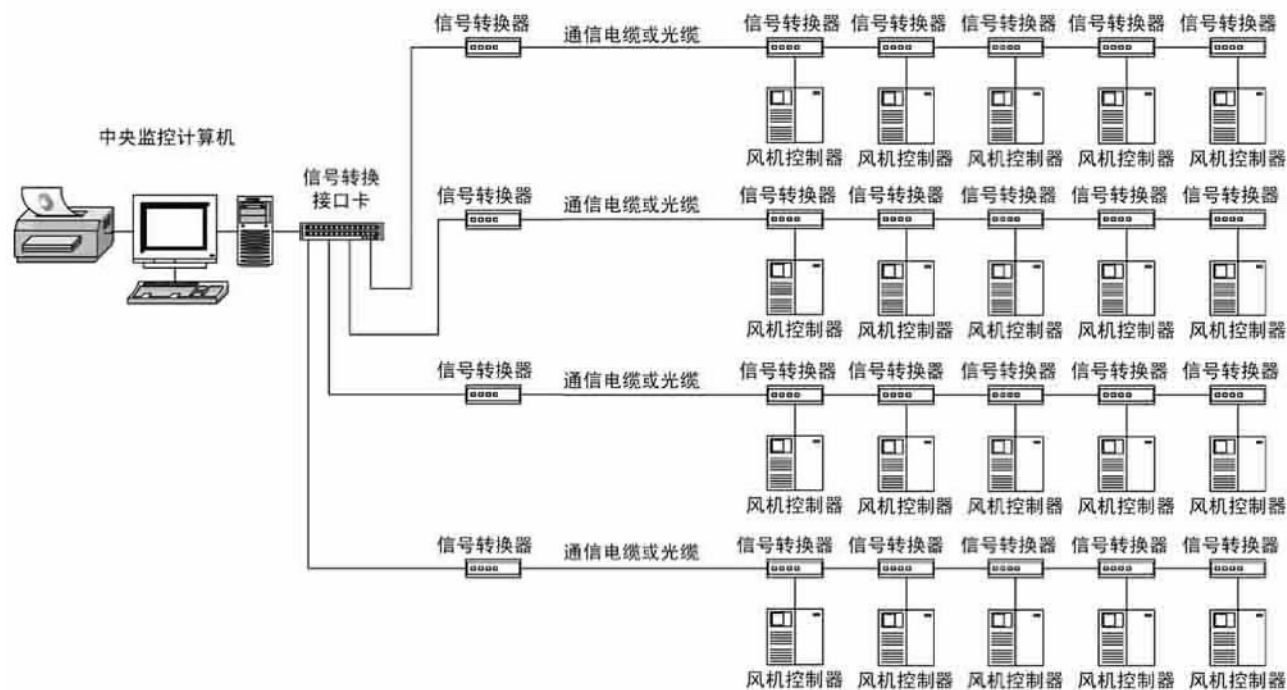


图 1 FD77 风力发电机组中央监控系统结构

状况的历史记录情况。

计算机监控系统负责管理各风力发电机组的运行数据、状态、保护装置动作情况、故障类型等。为了实现上述功能,下位机(风机控制器)控制系统应将机组的数据、状态和故障情况等通过专用的通讯装置和接口电路与中央控制器的上位计算机通讯,同时上位机应能向下位机传达控制指令,由下位机的控制系统执行相应的动作,从而实现远程监控功能。

中央监控系统运行在位于中央控制室的1台工控机上,通过与分散在风电场上的每台风力发电机就地控制系统进行通信,实现对全场风力发电机的集群监控。风电场中央监控机与风力发电机就地控制系统之间的通信属于较远距离的一对多通信。

远程监控系统结构如图2所示。其主要功能是实时查看就地风机运行情况、数据记录。

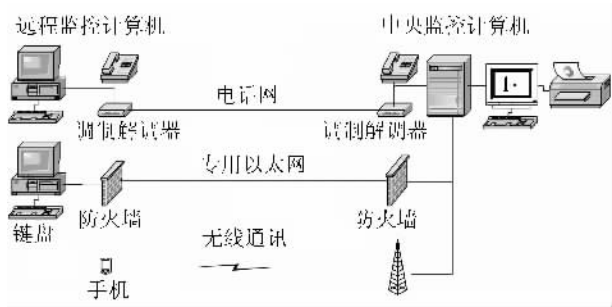


图2 远程监控系统结构

3 结 语

介绍了响水风电场 FD77 风力发电机组监控系统的主要监测参数(包括电力参数、风力参数、机组

状态参数)、中央监控系统、远程监控系统。FD77 风力发电机组能在无操作人员值班条件下运行,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监控。

参考文献：

[1] EKANAYAKE J B ,HOLDSWORTH L ,et al. Dynamic modeling of doubly fed induction generator wind turbines[J]. IEEE Transactions on Power Systems 2003 ,18(2) 803-809.

[2] ARANTXA T ,GERARDO T ,et al. Modeling and control of a wind turbine driven doubly fed induction generator[J]. IEEE Transactions on Energy Conversion 2003 ,18(2) :194-204.

[3] CADIRCI I ,ERMIS M. Double-output induction generator operating at subsynchronous and supersynchronous speeds : steady-state performance optimisation and wind-energy recovery [J]. IEE Proceedings-Electric Power Applications. 1992 ,139 (5) 429-442.

[4] RUBIRA D ,McCULLOCH S M D. Control method comparison of doubly fed wind generators connected to the grid by asymmetric transmission lines[J]. IEEE Trans on Industry Applications. 2000 36(4) 986-991.

[5] NICHITA C ,DIOP A D ,BELHACHE J J ,et al. Control structures analysis for a real time wind system simulator[J]. Wind Eng ,1998 22(6) 275-286.

[6] DIOP A D ,NICHITA C ,BELHACHE J J ,et al. Modeling of a variable pitch HAWT characteristics for a real-time wind turbine simulator[J]. Wind Eng ,1999 23(4) 225-243.

(收稿日期 2010-09-08 编辑 高建群)

(上接第 14 页)

风力发电机组电动变桨距的伺服驱动部分与机械传动部分。变桨距机构在额定风速附近(以上) ,依据风速的变化随时调节桨距角 ,控制吸收的机械能 ,一方面保证获取最大的能量(与额定功率对应) ,同时减少风力对风力发电机的冲击。在并网过程中 ,变桨距控制还可实现快速无冲击并网。变桨距控制系统与变速恒频技术相配合 ,最终提高了整个风力发电系统的发电效率和电能质量。

参考文献：

[1] GIPE P. Wind energy comes of age[M]. New York :Wiley ,

1995.

[2] 施鹏飞. 从世界发展趋势展望我国风力发电前景[J]. 中国电力 2003 36(9) 54-62.

[3] 王承熙,张源. 风力发电[M]. 北京 :中国电力出版社 , 2002.

[4] BURTON T ,SHARPE D ,JENKINS N ,et al. Wind Energy Handbook[M]. New York :Wiley 2001.

[5] 陈伯时. 交流调速系统[M]. 北京 :机械工业出版社 , 1997.

[6] 冯国楠. 现代伺服系统的分析与设计[M]. 北京 :机械工业出版社 ,1990.

(收稿日期 2010-09-08 编辑 高建群)