

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.02.014

大型给水厂10 kV水泵机组联动控制设计与实践

王胜利¹, 胡田力²

(1. 北京市自来水集团有限责任公司, 北京 100031; 2. 北京市市政工程设计研究总院有限公司, 北京 100082)

摘要: 北京某大型给水厂配水泵房设计规模为 $50\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,根据供水需求设计了9套10 kV水泵机组。10 kV水泵机组配套电气设备较多,其相互间联锁控制较为复杂,同时,作为给水厂中的重资产及关键工艺设备,其安全、可靠的运行直接影响区域的供水安全。分别从直接启动、软启动和变频启动三种不同的启动方式的角度详细地阐述了水泵机组的联动控制设计及要求,包括各电气设备的启动及停止顺序、相互间联锁关系、采集及发送信号要求和通信线缆要求等。该水泵机组自2020年6月投入运行,成功实践了这三种启动方式下的水泵机组联动控制策略,至今运行稳定、可靠。

关键词: 10 kV水泵机组; 联锁控制; 电机启动方式; 供水安全

中图分类号: TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2023)02-0074-06

Design and Practice of 10 kV Water Pump Unit Linkage Control in Large Water Supply Plant

WANG Sheng-li¹, HU Tian-li²

(1. Beijing Waterworks Group Co. Ltd., Beijing 100031, China; 2. Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Beijing 100082, China)

Abstract: The design scale of a water distribution pump room belonged to a large water supply plant in Beijing is $50\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$. According to the water consumption demand, 9 sets of 10 kV water pump units are designed. There are many ancillary electrical equipments of a pump unit with voltage of 10 kV, and their interlocking control is relatively complex. In addition, as a valuable asset and key equipment in water supply plant, the safe and reliable operation of pump units directly affects the safety of regional water supply. The design and requirements of the water pump unit linkage control were illustrated in detail from the perspective of three different starting modes: direct start, soft start and variable frequency start, including the starting and stopping sequence of each electrical equipment, interlocking relationship between each other, acquisition and sending signal requirements and communication cable requirements. The water pump unit has been put into operation since June 2020, the linkage control strategy of the pump units with the three starting modes has been successfully practiced, and the operation is stable and reliable up to now.

Key words: 10 kV water pump unit; interlocking control; motor starting mode; water supply safety

通信作者: 胡田力 E-mail: hutianli582@163.com

随着我国城镇化和工业化进程的快速发展,水资源供需矛盾日益突出,在一些中大型城市内兴建大型给水厂和长距离输配水管网可有效解决水资源供需矛盾,促进中心城区的经济发展^[1-2]。

为满足城区较大的供水流量及压力的需求,越来越多的10 kV水泵机组应用于大型给水厂配水泵房内。

10 kV水泵机组的配套电气设备较多:例如10 kV配电柜、PLC柜、现场按钮箱、阀门控制箱和温度采集箱等,根据水泵电机不同的启动方式,还需配置10 kV变频器柜、10 kV软启动柜或10 kV补偿柜等,这也使得10 kV水泵机组的启停及联锁控制较为复杂。

为保障10 kV水泵机组的安全、可靠运行和地区供水安全,针对水泵电机不同的启动方式制定出不同的启停及联锁控制方案尤为重要。

以北京某个大型水厂配水泵房的10 kV水泵机组电气控制设计为例,阐述10 kV水泵机组联动控制的设计与实践。

1 工程概况

北京某大型水厂配水泵房设计规模为 $50 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,其与吸水井位于清水池南侧,处理后的清水由清水池接至吸水井,经水泵加压后由配水管道送出。

配水泵房东端设中心控制室、变配电间等。配水泵房采用半地下式泵房,水泵采用卧式离心泵,启动方式为自灌启动。

配水泵房内设有5套1 250 kW的10 kV水泵机组和4套560 kW的10 kV水泵机组,根据工艺运行需求,5套1 250 kW的10 kV水泵机组均选用变频及调速运行方式,另外4套560 kW的10 kV水泵机组选用定速(其中2套采用软启动,另外2套采用直接启动)运行方式。

其中10 kV水泵机组进口侧设置DN1 200手动蝶阀,出口侧设置DN1 000液控蝶阀和手动蝶阀。

10 kV水泵机组的联动控制^[3]关系具体如图1所示。

分别从工艺运行需求和水泵电机不同的启动方式等不同角度阐述水泵机组启停及联锁控制的设计。

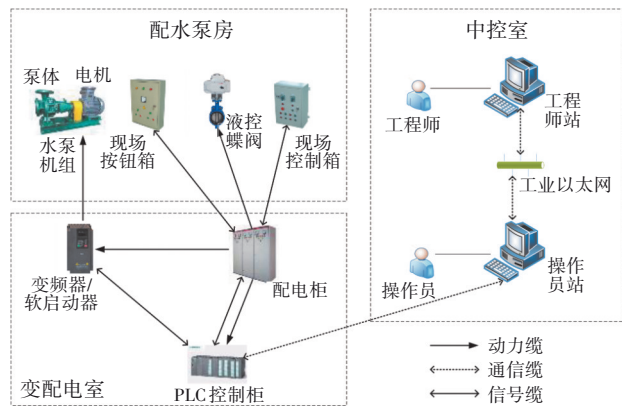


图1 水泵机组联动控制系统示意

Fig.1 Schematic diagram of linkage control system of water pump unit

2 联动控制设计

本工程每套水泵机组均配套设置出口液控蝶阀、冷却水流量开关、压力变送器和配套的电气装置及设备,并且在水泵机组的电机绕组及轴承内预埋了PT100热电阻。

根据工艺运行控制要求,应满足“先开泵,后开阀;先关阀,后关泵;故障时,立即关阀停泵”^[4],对直接启动、软启动和变频启动三种不同的启动方式进行了水泵机组联动控制的设计。

2.1 直接启动方式

根据电气及联动控制需求,采用直接启动的560 kW的10 kV水泵机组配套设置了10 kV高压柜、10 kV补偿柜、PLC柜、现场按钮箱和出口液控蝶阀现场控制箱。其中,10 kV高压柜为水泵机组提供电源;根据《民用建筑电气设计标准》(GB 51348—2019)的要求,在水泵机组就近设置10 kV补偿柜,以满足无功补偿需求;PLC柜作为水泵机组联动控制核心单元,负责与10 kV高压柜、10 kV补偿柜、现场按钮箱和出口液控蝶阀现场控制箱通信,完成水泵机组自动状态下的启动、停车及联锁控制;现场按钮箱负责手动就地状态下水泵机组的启动、停车及紧急停车控制,箱内设置温度巡检仪和水泵加热器,分别用于采集水泵机组内的温度信息和对水泵机组进行加热;液控蝶阀现场控制箱可实现手动就地状态下对液控蝶阀的控制,同时亦可配合完成远程自动状态下的控制操作。

水泵机组直接启动方式下,上述各电气设备之间的联动控制及信号反馈要求、接线方式及形式见图2。

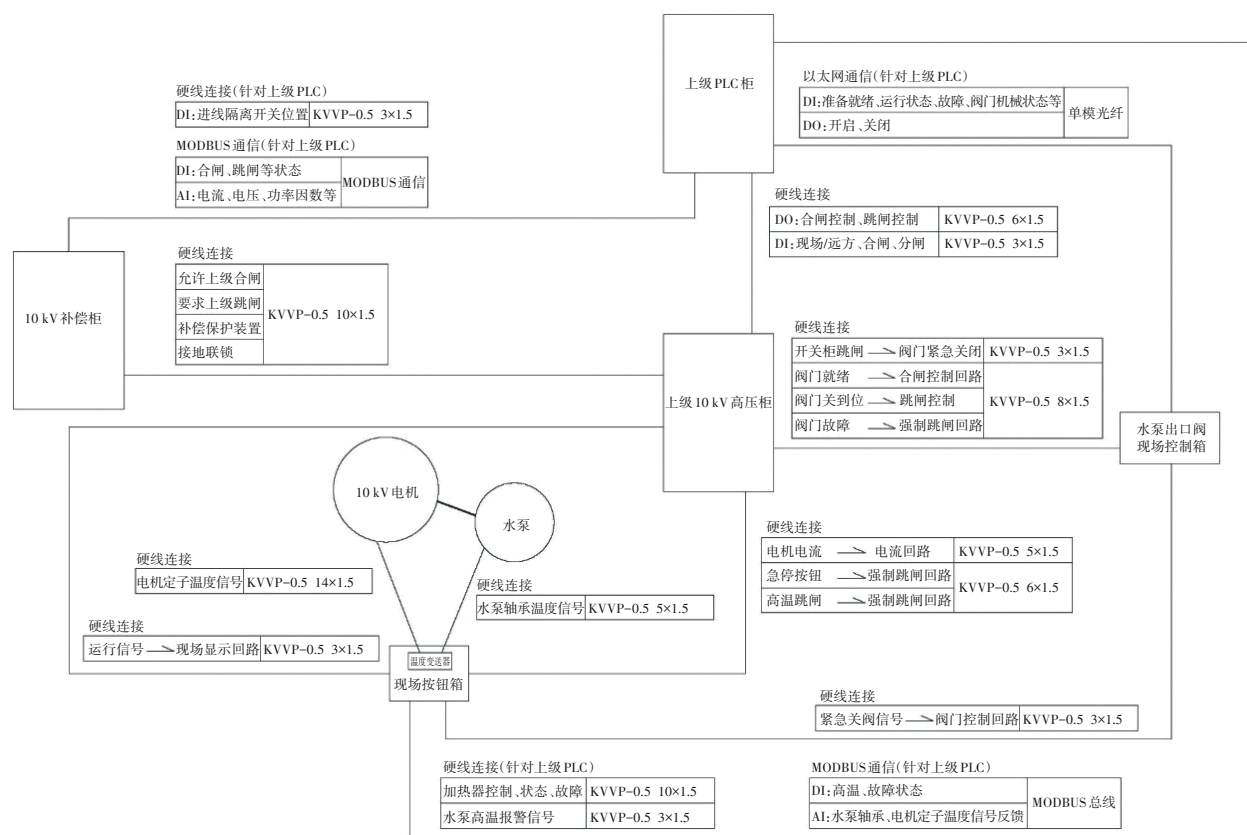


图 2 水泵机组直接启动方式下的联动控制需求及其接线图

Fig.2 Linkage control requirements and wiring diagram under direct start mode of water pump unit

① 启动控制

远程或就地手动控制 10 kV 高压开关柜合闸→收到 10 kV 高压柜合闸状态信号→发出 10 kV 补偿柜合闸控制信号→当水泵出口压力值高于总出水管压力值时发出液控蝶阀开启命令→发出 10 kV 补偿柜运行合闸信号,发出液控蝶阀全开状态信号→启动完成。

联锁条件:当收到液控蝶阀准备就绪信号时,证明液控蝶阀无问题,允许上级 10 kV 高压开关柜合闸;当液控蝶阀收到打开命令时,其全开时间加 20 s(合计按 150 s 计算)后未收到液控蝶阀全开信号,则判断液控蝶阀故障,并发出报警,手动控制 10 kV 高压开关柜跳闸停泵;水泵机组启动运行并收到液控蝶阀全开信号后 60 s,若未检测到对应的冷却水流量开关信号,则发出冷却水流量开关异常报警,并停止水泵机组。当 10 kV 补偿柜故障或处于接地状态时,其应给 10 kV 高压开关柜发出互锁信号,反之 10 kV 高压开关柜才允许合闸。

② 关闭控制

远程或就地手动关闭液控蝶阀→液控蝶阀关到位后,发出液控蝶阀全关信号→联锁发出 10 kV 补偿柜跳闸命令→发出 10 kV 补偿柜开关断开状态信号→联锁发出 10 kV 高压柜跳闸命令→10 kV 高压柜发出开关断开状态信号→关闭完成。

联锁条件:液控蝶阀出现关闭故障(不能正常关闭,关阀超时 80 s)时发出报警并立即关断液压回路,重锤落下,关闭液控蝶阀,同时发出 10 kV 高压柜跳闸命令。

③ 故障联锁

当发生 10 kV 系统电源故障、水泵机组故障或水泵电机绕组、水泵轴承超温时,引发 10 kV 高压柜跳闸并停机,液控蝶阀须立即做出反应,重锤下落,驱动阀门先快速后缓慢地关闭,以消除停泵引发的水锤现象。

当发生 0.4 kV 系统电源故障或是阀门机械故障时,液控蝶阀会立即关闭,同时发出液控蝶阀故障信号和全关信号,用于 10 kV 高压柜跳闸并关停水泵机组。

2.2 软启动方式

本工程配水泵房内的另外2套560 kW的10 kV水泵机组采用10 kV软启动柜实现水泵机组的软启动及软停车,与之配套设置了10 kV高压柜、10 kV补偿柜、PLC柜、现场按钮箱和出口液控蝶阀现场控制

制箱。其中,10 kV软启动柜实现水泵电机的软启动和软停车控制,以减少对供电系统的冲击。

水泵机组软启动方式下,上述各电气设备之间的联动控制及信号反馈要求、接线方式及形式见图3。

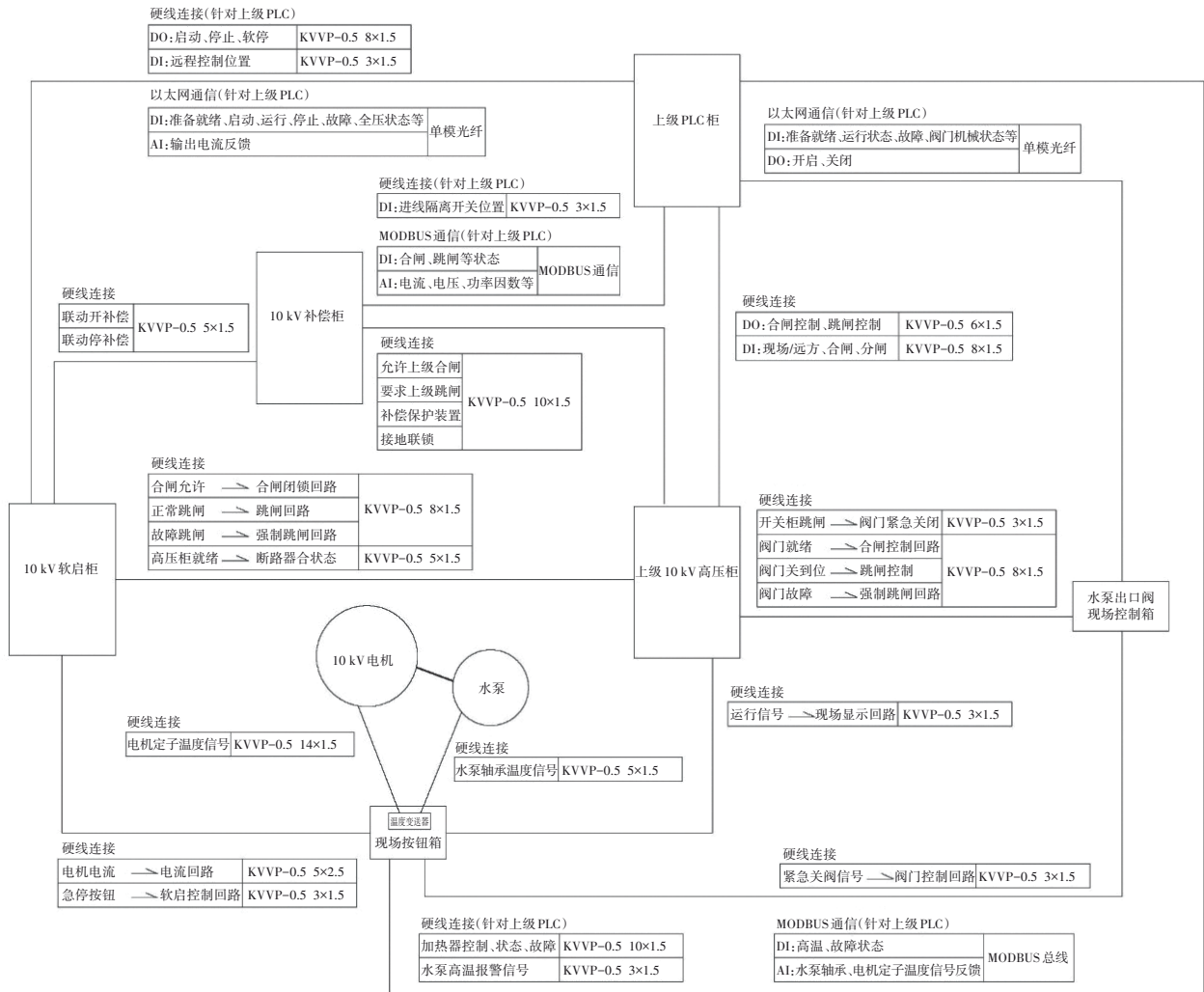


图3 水泵机组软启动方式下的联动控制需求及其接线图

Fig.3 Linkage control requirements and wiring diagram under soft start mode of water pump unit

① 启动控制

远程或就地手动控制10 kV高压开关柜合闸→收到10 kV高压柜合闸状态信号→发出10 kV软启动柜启动命令→软启动柜设置限流倍数(2.5~3倍)和启动时间(10 s之内),待其启动完成→发出10 kV补偿柜合闸控制信号→当水泵出口压力值高于总出水管压力值时发出液控蝶阀开启命令→发出10 kV补偿柜运行合闸信号,发出液控蝶阀全开状态信号→启动完成。

联锁条件:在水泵机组启动前,10 kV软启动柜应发出准备就绪(合闸允许)信号,否则将不能执行下一操作;其他联锁控制见第2.1①节。

② 关闭控制

远程或就地手动关闭液控蝶阀→液控蝶阀关到位后,发出液控蝶阀全关信号→联锁发出10 kV补偿柜跳闸命令→发出10 kV补偿柜开关断开状态信号→联锁发出10 kV软启动柜关停命令→10 kV软启动柜开始软停车,发出停止状态信号→关闭完

成。水泵机组关闭后,10 kV 高压柜可不分闸。

联锁条件:联锁控制见第 2.1②节。

③ 故障联锁

当发生 10 kV 软启动柜故障时,引发 10 kV 高压柜跳闸并停机,10 kV 补偿柜联锁调整,同时液控蝶阀须立即做出反应,重锤下落,关闭液控蝶阀。其他联锁控制见第 2.1③节。

2.3 变频启动方式

根据工艺运行需求,本工程配水泵房内的 5 套

1 250 kW 的 10 kV 水泵机组均选用变频及调速运行方式,与之配套设置了 10 kV 高压柜、10 kV 变频器柜、PLC 柜、现场按钮箱和出口液控蝶阀现场控制箱。其中,10 kV 变频器柜对水泵电机的供电频率进行调节,改变水泵电机的实际转速,同时实现水泵电机的平滑启动、停车控制,对供电系统无冲击。

水泵机组变频启动方式下,上述各电气设备之间的联动控制及信号反馈要求、接线方式及形式见图 4。

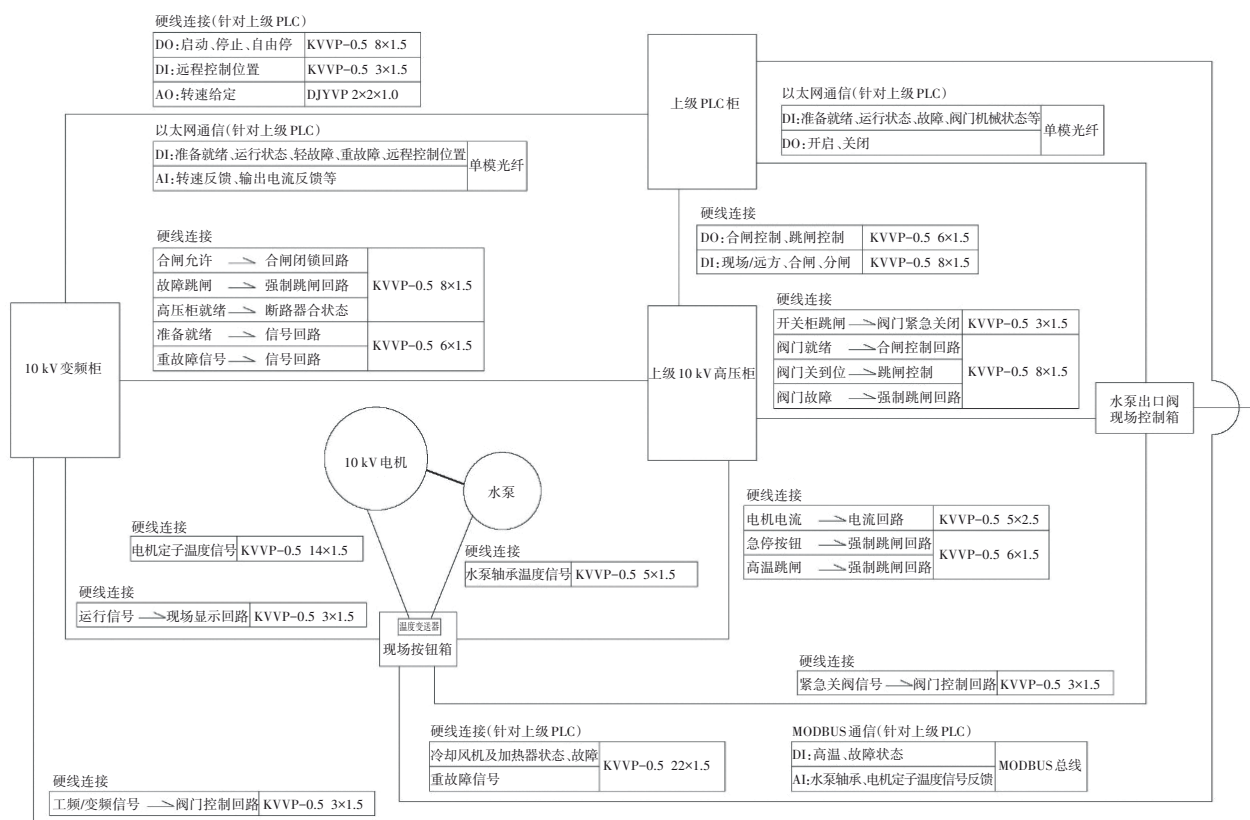


图 4 水泵机组变频方式下的联动控制需求及其接线图

Fig.4 Linkage control requirements and wiring diagram under variable frequency start mode of water pump unit

① 启动控制

人工设定 10 kV 变频柜启动频率(保证到 75% 以上),远程或就地手动控制 10 kV 高压开关柜合闸→收到 10 kV 高压柜合闸状态信号→发出变频器启动命令→待变频器运行 20 s(此为初始值,可实时设定和调整)→当水泵出口压力值高于总出水管压力值时发出液控蝶阀开启命令→发出液控蝶阀全开状态信号→根据工艺运行需求人工调整电源频率→启动完成。

联锁条件:在水泵机组启动前,10 kV 变频柜发出准备就绪(合闸允许)信号,否则将不能执行下

一操作;其他联锁控制见第 2.1①节。

② 关闭控制

远程或就地手动关闭液控蝶阀→液控蝶阀关到位后,发出液控蝶阀全关信号→发出 10 kV 变频柜关停命令→10 kV 变频柜频率降至 0 Hz,发出停止状态信号→关闭完成。水泵机组关闭后,10 kV 高压柜可不分闸。

联锁条件:联锁控制见第 2.1②节。

③ 故障联锁

当发生 10 kV 变频柜故障时,引发 10 kV 高压柜跳闸并停机,液控蝶阀须立即做出反应,重锤下落,

关闭液控蝶阀。其他联锁控制见第 2.1③节。

3 运行效果

本工程 10 kV 水泵机组已安全、稳定、可靠运行 2 年有余,上述三种启动方式下的水泵机组联动控制策略均已成功应用,图 5 为该水厂配水泵房水泵机组上位 SCADA 控制界面。实践证明本次联动控制设计方案合理,具有一定借鉴价值。

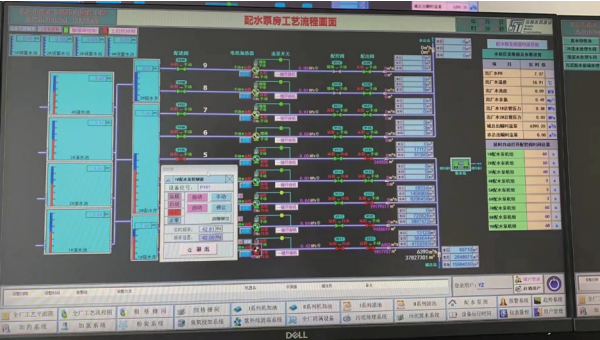


图 5 配水泵房水泵机组 SCADA 控制界面

Fig.5 SCADA control interface of water pump unit in water distribution pump room

4 结语

大型给水厂中 10 kV 水泵机组应用较为广泛,但其联动控制的设计及运行未形成行业统一规范、标准,通过总结以往工程中 10 kV 水泵机组的联动控制设计及运行维护经验,给出了水泵机组在直接启动、软启动及变频启动三种方式下的水泵机组与其配套的电气设备之间的控制、反馈及联锁信号要求 and 联锁控制的接线图,以期为同行提供参考。

参考文献:

[1] 赵秀红. 长距离压力输水工程水锤防护研究[D]. 西

安:西安理工大学,2008.

ZHAO Xiuhong. Study on Water Hammer Protection of Long Distance Pressure Water Transmission Engineering [D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2008 (in Chinese).

[2] 成一雄. 面向山西大水网供水工程水锤计算机分析系统开发研究[D]. 太原:太原理工大学,2015.

CHENG Yixiong. Research and Development on the Computer Analysis System of Water Hammer for Shanxi Great Water-network [D]. Taiyuan: Taiyuan University of Technology, 2015(in Chinese).

[3] 杨晓光. 泵和阀门类设备逻辑控制程序测试平台的研发[D]. 沈阳:东北大学,2011.

YANG Xiaoguang. Research and Development of a Test Bed for the Logic Control Program of Pump and Valve [D]. Shenyang: Northeastern University, 2011 (in Chinese).

[4] 邹启航. 第二水厂泵站泵阀联动技术改造[J]. 城镇供水,2012(1):23-27.

ZOU Qihang. Technical transformation of pump valve linkage in pump station of the second water plant [J]. City and Town Water Supply, 2012 (1) : 23-27 (in Chinese).

作者简介:王胜利(1969—),男,北京人,大学本科,电气专业工程师,北京市自来水集团第八水厂厂长,主要从事市政水厂生产管理工作,负责厂内工艺、电气及控制类等设备的运行、检修、抢修和更新改造工作。

E-mail:wangshengli0210@163.com

收稿日期:2022-05-21

修回日期:2022-06-25

(编辑:孔红春)

尊法学法守法用法,治水管水兴水护水