

水厂水机设备低压电气设计分析

张 勇

(合肥市兴农水利勘察设计院有限公司, 安徽 合肥 230000)

摘要 随着现代化水厂建设的不断推进, 水机设备的电气设计日益受到重视。低压电气设计作为水机设备的重要组成部分, 其合理性和可靠性直接关系到设备的正常运行和水厂的生产效率。本文从安全性、可靠性、经济性、灵活性等方面阐述了水机低压电气系统的设计原则; 从变压器选型、配电设备确定、线路布置等方面确定设备的选型与配置; 从低压电动机保护、低压进线总开关保护、故障处理等方面分析了线路的保护与故障处理。在此基础上, 通过对某水机低压电气设计实例的分析, 探讨了低压电气设计在水机设备中的应用及其重要性, 旨在为类似工程提供有益的参考。

关键词 水机; 低压电气设计; 设备选型; 线路布置

中图分类号: TU991

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.22.021

0 引言

随着现代化水厂建设的不断推进, 水机设备的电气设计日益受到重视。低压电气设计作为水机设备的重要组成部分, 其合理性和可靠性直接关系到设备的正常运行和水厂的生产效率。低压电气系统作为水机设备的核心组成部分, 不仅影响着设备的运行效率, 还直接关系到设备的安全性和可靠性^[1]。本文以某水机低压电气设计实例为研究对象, 深入剖析其设计思路和实施过程, 以期为提高水厂水机设备低压电气设计水平提供参考。

1 水机低压电气设计原则

(1) 安全性。首要原则是确保电气系统的安全运行。这意味着设计需充分考虑电气事故和火灾等安全隐患的预防, 采取必要的安全措施, 以保障人员和设备的安全。(2) 可靠性。设计要减少故障和停机时间, 从而保障水厂的连续生产。(3) 经济性。在满足安全性和可靠性的前提下, 设计应致力于降低电气系统的投资和运行成本。通过合理的设备选型、优化系统结构和布局等方式, 实现经济效益的最大化^[2]。(4) 灵活性。设计需考虑电气系统的扩展和升级需求。随着水厂规模和发展需求的不断变化, 电气系统应具备足够的灵活性, 以适应未来发展的需要。

2 设备选型与配置

2.1 变压器选型

根据水厂的负荷计算结果, 我们选用了一台 S11-M1000/10 油浸式电力变压器。该变压器的负荷率为 65.2%, 联结组别为 Dyn11。这种选择确保了变压器能够满足水厂的电力需求, 并保持高效运行。

2.2 配电设备

我们在送水泵房附近设置了变配电间, 负责厂区各工段设备的用电。变配电间内采用单层布置, 结构清晰, 便于管理和维护。其中包括高压开关室、低压开关室、电容器室、控制室、变压器室和值班室。每个房间都配备了相应的电气设备, 确保电力供应的稳定性和安全性^[3]。

2.3 线路布置

高压线路采用电缆引入变配电间高压侧, 这种布置方式减少了线路损耗, 提高了电力传输效率。低压配电系统采用单电源单母线的结线方式, 以满足出线回路数量多的需求。这种设计确保了电力分配的灵活性和可靠性。

3 线路保护与故障处理

3.1 低压电动机保护

为确保低压电动机的安全运行, 要安装短路保护装置, 确保线路不因短路被烧毁; 同时, 安装过负荷保护装置, 在双重保险下, 确保电动机一旦出现短路, 便能立即切断电源, 防止故障扩大。过负荷保护装置则能在电动机长时间过载运行时发出报警或切断电源, 避免电动机因过热而损坏。

3.2 低压进线总开关保护

低压进线总开关是电气系统的重要组成部分, 其保护至关重要, 需设置过载延时保护装置和短路速断保护装置。过载延时保护装置能够在电流超过额定值时延时动作, 给系统一定的缓冲时间, 同时防止因瞬时过载而误动作^[4]。

3.3 故障处理

完善的故障处理机制是确保水机设备正常运行的关键。故障处理机制应从上报到修复形成一条完整的故障处理链条,第一时间解决问题。一旦发生电气故障,立即报告并启动故障诊断程序,迅速定位故障原因。随后进行故障修复,确保设备尽快恢复正常运行。同时,还应加强故障预防工作,定期检查电气设备,及时发现并处理潜在故障隐患。

4 实例分析

4.1 项目概况

项目电源来自现有泵站 10 kV 输电线路的“T”接。泵站负荷等级为三级,配备 1 台 1 250 kVA 主变压器,支持 4 台机运行。0.4 kV 机压侧单母线接线,10 kV 侧线路—变压器组单元接线,主变高压侧有负荷开关,机压侧有断路器。电动机软启动,无功补偿集中自动。配备自动化和视频监控系统。泵站控制系统由主控制层和现地控制层构成,视频监视系统将图像传输至视频服务器。泵站防雷接地设计符合规程,接地电阻值不超过 1 Ω。该泵站主要满足农业灌溉需求,供电负荷等级为三级。采用 10 kV 高压系统接入,新建高压架空线路 200 m,电力系统接入、输电线路及电力调度与通信由当地供电部门负责。项目遵循设计原则和设备选型方案,电气系统运行安全可靠,确保了生产效率。

4.2 电气主接线

本站装有 4 台卧式离心泵,与之配套的异步电机型号为 YX4-355L2-4。电站的 10 kV 电源进线采用架空

线进线,进线处设断路器,站内 10 kV 采用单母线接线。配置 1 台主变,可带本站全部负荷。主变高、低压侧均设断路器。

4.3 电动机起动方式和无功补偿方式

电动机起动压降的计算是按系统最小运行方式和机组最不利的运行组合形式,即已有 2 台机组投入运行,第 3 台机组直接起动来进行计算的,本阶段暂未获得系统运行资料,为了降低机组启动对当地电网的影响,保证电机启动时对电网冲击减小。故本站电动机起动方式采用软起启动。以《供电营业规则》《功率因数调整电费办法》为依据,根据功率因素要求,做好无功功率补偿设计。一般来说,以母线集中补偿为主,选用 2 块 GCS 型无功功率补偿屏,将 3 台电机功率因数由分别由 0.87 提高到 0.95 左右,总的补偿容量为 500 kvar。

4.4 站用电

本站设备使用 AC380/220 V 电压供电,站用配电屏为真空泵、检修排水泵及照明等负荷供电。配置 1 台站用变压器,容量选择基于三种最大站用负荷运行方式: (1) 4 台机组运行; (2) 1 台机组检修,其余运行。负荷计算见表 1,选择 80 kVA、10.5/0.4 kV 的 SC18-80/10 型变压器。变压器高压侧通过熔断器接 10 kV 高压母线,低压侧通过双电源自动切换装置 ATS 接站用配电屏。0.4 kV 母线也通过 ATS 接配电屏,作为另一路电源。两路电源通过 ATS 切换,确保重要负荷供电可靠性。

表 1 站用电负荷统计表

序号	设备名称	台数	单台设备参数				参加计算负荷容量			
			功率 (kW)	功率因数 (cos φ)	效率 (η)	容量 (kVA)	全部运行		一台机检修、 其余运行	
1	行车	1	12.00	0.75	0.85	18.82	1	23.53	1	18.82
2	渗漏泵 (一用一备)	2	7.50	0.85	0.85	10.38	1	10.38	1	10.38
3	检修排水泵	3	5.50	0.85	0.85	7.61	3	22.84	3	22.84
4	砂轮机	1	0.55	0.75	0.75	0.98	—	—	1	0.98
5	手电钻	1	0.43	0.75	0.75	0.76	—	—	1	0.76
6	交流弧焊机	1	1.10	0.75	0.75	19.00	—	—	1	19.00
7	充电设备	1	—	—	—	5.00	1	5.00	1	5.00
8	厂房照明	1	—	—	—	20.00	1	20.00	1	20.00
合计							7	81.75	10	97.78
计入负荷率 0.75、同时率 0.75, 网络损失系数 1.05 时合计							7	48.28	10	57.75

4.5 短路电流计算及主要电气设备选择

1. 短路电流计算。在供电系统资料不足的情况下, 将电网看作一个无穷大的系统, 计算中基准容量取 $S_j=100$ MVA, 基准电压取 $U_j=U_p$, 即电网的平均额定电压。电动机采用有关电动机厂家样本上提供的技术参数。线路长度按 5 公里计列时, 短路电流计算结果见表 2。

表 2 短路电流计算结果

短路点编号	短路点基准电压 (kV)	基准电流 I'' (kA)	短路电流有效值 I'' (kA)	三相短路冲击电流 i_p (kA)	三相短路全电流最大有效值 I_p (kA)	短路容量 (MVA)
d-1	10.5	5.499	7.045	10.637	17.933	128.1
d-2	0.4	144.338	17.42	26.176	41.643	12.1

2. 主要电气设备选择。泵站运行时, 主变压器带 4 台 200 kW 电动机, 功率因数 0.87, 电动机效率 0.95, 单台电动机视在容量 241.98 kVA。4 台机及站内负荷总容量 967.93 kVA, 加上站用负荷 48.3 kVA, 选用 1 台 SC(B)18-1250/1010±2(2.5%/10.5kV), $yn11Ud\% = 6.0$ 型变压器。为确保电气设备安全可靠, 依据《导体和电器选择设计规程》, 10 kV 侧选用 KYN28A-12 型高压开关柜, 配固封式真空断路器和 LZZBJ9-10Q 型电流互感器, 主母排为 3(TMY-80×10); 0.4 kV 侧选用 GCSS 抽屉式低压配电屏, 配框架断路器和 SDH-0.66 型电流互感器, 主母排为 TMY-3(125×10)+1(80×8)。

4.6 电气设备布置

本站厂房分为主厂房和副厂房, 主厂房内安装 4 台异步机组, 作一列布置。副厂房布置在现有主厂房出水侧, 布置有 10 kV 配电装置室、低压配电装置室、中央控制室、电气二次及网络设备室等。主变压器为带外壳干式变压器, 型号为 SC(B)18-1250/10, 高压侧电源采用高压电缆引入, 低压侧由主变压器向低压配电装置室接出。10 kV 配电装置室布置主变、站变和 5 块 KYN28A-12 型高压开关柜, 低压配电装置室布置 10 块 GCS 型低压配电屏; 电气二次及网络设备室布置有直流电源屏、公用 LCU 屏、机组 LCU 屏等设备; 中央控制室布置集控台、液晶拼接屏等设备。

4.7 过电压保护及防雷接地

1. 在直击雷防护方面, 针对主体厂房、辅助厂房及启闭设备机房等建筑, 在顶部采用环状接闪装置作为接闪主体, 利用外围承重柱内主筋作为引下线, 将泵房基础及建筑底板内钢筋网络作为自然接地装置, 形成复合式防雷接地网络, 确保接闪装置、引下导体

与接地体间电气通路完整可靠, 防范直击雷对电气设备的物理损坏。

2. 对于雷电波侵入风险, 在主备电源 10 kV 进线终端杆装置、10 kV 母线配电装置等关键位置配置金属氧化物避雷器组, 通过多级防护策略抑制沿输电线路侵入的雷电冲击波, 保障变压器等重要电气设备安全。

3. 为防止真空断路器操作时产生瞬态过电压损害设备绝缘, 我们在负载侧安装了专用过电压吸收装置, 并配合 RC 缓冲回路和避雷器, 构建了多维度的过电压防护体系。通过综合接地系统, 我们建立了全站统一的接地网络, 整合了不同电压等级和功能系统的接地需求, 采用热浸镀锌扁钢和角钢构成三维立体接地架构, 并利用自然接地体实现低阻抗网络, 合理配置了保护接地和工作接地。本方案严格遵循 D 级防护技术要求, 通过多级防护体系、等电位连接和接地系统优化, 形成了完整的雷电防护系统^[5]。

5 结束语

合理的低压电气设计能够有效提高水机设备的安全性和可靠性, 降低投资和运行成本, 为水厂的现代化建设提供有力保障。未来, 随着科技的不断进步和水厂需求的不断变化, 低压电气设计将不断面临新的挑战和机遇。因此, 我们应持续关注低压电气设计领域的发展动态和技术创新, 不断提高设计水平和实施能力, 为水厂的可持续发展贡献更多力量。

参考文献:

- [1] 陶育宝.水厂自动化控制系统中 PLC 的应用 [J].大众标准化, 2023(10):167-169.
- [2] 位翱洋.电气自动化控制系统在水厂的应用 [J].现代工业经济和信息化, 2022,12(12):121-123.
- [3] 李柯强.基于 PLC 的取水泵站综合自动化系统研究与设计 [D].银川:北方民族大学, 2023.
- [4] 陈天顺.电气自动化控制系统在水厂的应用 [J].集成电路应用, 2020,37(11):154-155.
- [5] 赵潇然, 汪力, 李阔, 等.供水系统水泵机组节能改造方法与工程实例 [J].给水排水, 2022,58(02):1-5,12.