

Summary Analysis on Electrical Design of Medium and Small Water Supply Pump Station

Wei Li

Shaanxi Tourism Group Construction Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710068, China

Abstract

Majiagou pump station is equipped with 2 sets, with a single capacity of 90kw, which is operated in the operation mode of one for use and one for standby. According to the field survey and data collected, combined with the requirements of engineering construction, the electrical part is analyzed, calculated and designed in detail in this preliminary design stage, it mainly includes: power supply and main wiring scheme, selection of electrical equipment such as transformer and cable, layout of electrical equipment, overvoltage protection and grounding, and electrical secondary, etc., and gives forward-looking suggestions.

Keywords

Majiagou pump station; electrical design; equipment selection; construction and management mode

中小供水泵站工程电气设计概要分析

李伟

陕西旅游集团建设有限公司, 中国·陕西 西安 710068

摘要

马家沟泵站装机 2 台, 单机容量为 90kW, 采用一用一备的运行方式运行。根据实地踏勘情况和收集的资料, 结合工程建设的要求, 在本次初步设计阶段设计中针对电气部分进行了详细的分析、计算和设计, 其内容主要包括: 供电电源和主接线方案、变压器和电缆等电气设备的选择、电气设备的布置、过电压保护和接地及电工二次等, 并给予前瞻性建议。

关键词

马家沟泵站; 电气设计; 设备选择; 建管模式

1 概述

马家沟泵站是贵州省仁怀市中枢城区南部供水工程多个水源之一, 设计装机 2 台, 单机容量为 90kW, 型号是 Y280M-2, 额定电压为 0.38kV, 采用一用一备的运行方式, 把水从马家沟提至渠道, 经渠道自流至后村水库, 进而由水库向水厂供水。

由于水库库容相对泵站规模较大, 则水厂用水负荷的变化对泵站运行影响不显著, 泵站短暂停运也不致严重影响水厂供水。本初步设计阶段以可靠、实用、方便、经济的原则进行电气设计。

【作者简介】李伟, 男, 中国陕西商州人, 本科学历, 工程师, 项目经理, 从事电气设计和机电工程项目管理工作。

2 泵站基本参数

表 1 泵站基本参数

| 名称 | | 型号参数 |
|--------|------|----------------|
| 水泵参数 | 水泵型号 | KQSN150-M4-310 |
| | 轴功率 | 82.5kW |
| 配套电机参数 | 配套功率 | 90kW |
| | 产品型号 | Y280M-2 |
| | 额定功率 | 90kW |
| | 额定电压 | 0.38kV |
| | 额定电流 | 166.1A |
| | 额定转速 | 2970r/min |
| | 额定效率 | 92.50% |
| | 功率因数 | 0.89 |
| | 启动电流 | 1162.7A |

3 供电电源

根据工程实际情况，并结合业主意见，初步设计阶段现拟定泵站就近从10kV农网电源引接。本泵站主要供居民生活用水，兼供周边工业，就负荷性质而言是十分重要的，故泵站水泵采用一用一备的方案。且本泵站在水源大小上，与有多处水源的供水水库相比，所占比例很小，即使短暂停运也不会给水库供水造成多大影响。根据本泵站在供水过程中的实际作用，决定本泵站采用单电源供电，其启动方式采用自耦降压的启动方式。

4 电气主接线

由于泵站为生活供水工程，结合泵站的特点及装机规模，泵站主接线拟定为：10kV电源进线一回，采用变压器-线路组接线。其中主要设备为：10kV选用户外跌落熔断器，变压器选用新型的S9系列，变压器10kV侧装避雷器，0.4kV系统侧采用单母线接线，选用主变进线柜、电动机启动控制柜、站用电配电箱。配电箱考虑检修用电及备用。

5 主变压器的选择

5.1 选择依据

根据《泵站设计规范》^[1]中《附录D》中提供的主变压器容量计算与校验公式，确定变压器容量，具体如下：

主变压器容量计算式：

$$s = \sum_{k=1}^n \left(\frac{P_1}{\eta} \cdot \frac{k_1}{\cos \varphi} \right) + P_2 k_2 \quad (1)$$

式中，S- 主变压器容量（kVA）。

P₁- 电动机额定功率（kW）。

P₂- 照明等用电总负荷（kW）。

H- 电动机效率。

cos φ - 电动机功率因数。

K₁- 电动机负荷系数。

按（2）式确定：

$$K_1 = \frac{P_3}{P_1} \cdot K_3 \quad (2)$$

式中，K₂——照明同时系数。

P₃——水泵轴功率。

K₃——修正系数，按表2确定：

表2 修正系数

| | | | | |
|-------|---------|---------|---------|---------|
| P3/P1 | 0.8~1.0 | 0.7~0.8 | 0.6~0.7 | 0.5~0.6 |
| K3 | 1 | 1.05 | 1.1 | 1.2 |

5.2 变压器的确定

考虑泵站的负荷性质，变配电设备应选择满足要求的节能损耗小的新型设备，如主变选择S9系列，且适当考虑检修用电和生活用电。经计算，变压器容量及参数见表3。

表3 变压器参数

| | | |
|----------|-------------|------|
| 项目名称 | 马家沟泵站 | |
| 变压器型号 | S9-160/10, | |
| 额定电压 | 10±5%/0.4kV | |
| 链接组别 | D, yn11 | |
| 损耗 | 负载 (kW) | 2.2 |
| | 空载 (kW) | 0.27 |
| 短路阻抗 (%) | 4 | |
| 数量 | 1台 | |

6 电力电缆的选择

6.1 短路电流计算

假设电源进线电压为10kV恒定，变压器在额定工况下运行和主变低压侧三相短路时，泵站主变低压侧三相短路电流按以下公式计算：

$$I_d = \frac{S_e}{\sqrt{3}U_e} / U_d \%$$

6.2 电缆选择

6.2.1 电缆型号选择

本工程电缆敷设在户内和户外的空气中，周围无其他有害介质，依据规范，35kV及以下电力电缆应采用铜材；保护线和中性线各自独立的三相四线制系统宜采用五芯电缆，单相回路宜采用三芯电缆；电压1kV及以下回路宜选用交联聚乙烯绝缘电缆。其中，本泵站统一选用YJV₂₂型电缆。

6.2.2 电缆截面的选择

（1）按回路额定电压选择，且满足有关规定要求。

（2）按经济电流密度选。

已知本泵站为供水用，最大负荷利用小时数大于6500小时。电价暂按0.383元/kW.h计，查经济电流密度表 I_j ≈ 1.1A/mm²。

则：S_j = $\frac{I_g}{I_j}$ ，计算工作电流 I_g = I_e = $\frac{P_e}{\sqrt{3}U_e \cos \varphi}$

(3) 按持续允许工作电流选择截面

$$KI_{xu} \geq I_{gmax}$$

式中, I_{gmax} - 最大工作电流; $I_{gmax}=1.05I_c=1.05I_g$; K- 考虑周围环境温度及敷设等因素后的修正系数。

对 YJV₂₂ 型电缆, 查的电缆允许工作温度为 90℃。

$$I=I_{gmax}/K$$

由上式的电流 I 选截面 S 为最小截面, 按标准截面选择, 但不得小于 S。

6.3 电缆校验

6.3.1 按电压热稳定校验

电缆在短路电流作用下, 应能保持使用特性不变。对非熔断器保护的回路, 计算允许的最小导体截面:

$$S \geq \frac{\sqrt{Q_t}}{C} = \frac{\sqrt{I^2 t}}{C}$$

式中, S- 导体截面 (mm²); I- 短路允许电流 (即短路电流有效值 A); T- 短路时间 (本工程取 2s); C- 热稳定系数, 铜芯交联聚乙烯绝缘电缆取 143。

6.3.2 按电压损失校验

根据泵站设计规范进行启动时电压损失校验, 变压器和其低压侧导线的电压损失不宜超过额定电压的 15%。

6.4 电缆的确定

通过以上的选择和校验, 结合工程实际, 最终选择电缆等相关参数如下表 4。

表 4 电缆及相关参数

| 项目名称 | 主变型号 | 短路电流 | 低压进线电缆 | 结论 |
|-------|------------------------|-------|-----------------|------|
| 马家沟泵站 | S9-160/10,10 ±5%/0.4kV | 5.8kA | YJV22-3 ×185+95 | 满足要求 |

7 主要电气设备

表 5 主要电气设备

| 序号 | 设备名称 | 产品型号 | 数量 |
|----|-------|------------------------|----|
| 1 | 变压器 | S9-160/10,10 ±5%/0.4kV | 1台 |
| 2 | 电动机 | Y2-280M-2, 90kW | 2台 |
| 3 | 熔断器 | RW4-10 | 1组 |
| 4 | 高压避雷器 | HY5WS-17/50 | 1组 |
| 5 | 启动控制柜 | 暂定KQK型号 | 1台 |
| 6 | 低压进线柜 | GGD1A | 1台 |

8 电动机的起动方式

按照规范要求, 应根据电网参数、主变容量、泵站装机容量台数等计算启动时泵站的母线电压降, 一般当电压降大于 15% 时, 采用降压启动。如上所述, 本项目缺乏电网资料, 不便计算启动时母线电压降; 同时供电线路不是专用线路, 而是就近农网的公用线路, 线路上的负荷是变化的, 采用什么样的负荷参数进行电压降计算, 也有一定的困难。因此, 本站机组采用自耦降压启动方式, 增加投资不大, 却大大改善了启动条件, 减少了对系统电压影响^[2]。

虽采用降压启动, 如收集到电网资料后, 也应补算启动时母线电压降。现阶段假定电动机启动时主变高压侧电压为 10kV 不变, 泵站的直接启动电流均为额定电流的 7 倍, 且泵站两台泵为一用一备的运行方式, 当采用自耦降压启动方式时, 置于 65% 的抽头, 计算主变及其低压侧电缆电压损失为 14.36%, 小于 15%, 满足要求。

9 无功补偿

本泵站电费计量点在主变压器的 0.4kV 侧。泵站配套的泵用电动机额定功率因数为 0.89, 大于 0.85, 且本泵站是小型提水站, 属农业用电范围, 同时, 不清楚供电线路及始端变电站无功补偿的情况, 故现阶段暂不考虑装设无功补偿装置, 下一步应根据业主和供电部门协商要求确定。若供电部门要求装设无功补偿, 可采用在变压器低压侧装设电容器进行无功补偿。

10 过电压保护及接地

为保证人身和设备安全, 电气设备应该进行防雷和接地。泵站主变压器的高压侧采用避雷器进行防雷保护, 对雷电波入侵可能造成的泵房里的设备过电压按照《电力设备接地设计技术规程》的要求, 在变压器低压侧装避雷器。

泵房为防止直击雷过电压, 在泵房屋顶装设避雷带, 避雷带引下线与接地装置相接。泵房采用 TN 系统的低压电网 (三相五线制), 此供电系统中电源有一点接地, 即主变中性点和 PE 线均与接地装置实现一点接地, 负荷侧电气装置的外露可导电部分则通过 PE 保护线与该点连接。

在主变安装处就近敷设接地网, 其接地电阻应满足 $R \leq 4\Omega$ 。如不满足, 则应采取换土、加盐等措施改善接地电阻。

11 电工二次

11.1 自动控制

其控制方式皆为：根据实际需要，本泵站电动机采用自耦降压启动方式，采用手动启动，采用手自动切换控制，水池最低水位停泵，两台泵一工作一备用的控制方式。本工程泵站设有水位信号器，实现水位低和过低报警及跳闸停泵。正常情况下，手动启泵；事故时，水位低报警，水位过低停机。

11.2 继电保护

根据《泵站设计规范》及 DL400-91《继电保护和自动装置技术规程》等规程规范的有关规定，配置继电保护系统。

泵站为低压供电系统，选用带瞬时脱扣和过流脱扣的空气开关作为保护元件。交流接触器配热继电器，作为电动机的故障保护。主变 10kV 侧装为高压跌落负荷熔断器，作为变压器及低压侧引出线的短路和过载保护^[1]。

12 电气设备布置

电气设备布置，要考虑运行、检修、巡视、搬运、安装方便，在满足要求的前提下，整体规划、紧凑布置，尽量节省投资。

10kV 高压设备和变压器布置在户外，紧靠泵房。室内布置主变低压进线柜、电动机控制柜和一块泵站用电配电箱。

电力电缆敷设走尽可能短的路径，尽可能避免可能受到

各种损坏，便于维修。电缆引入沟道等建筑物时，要将电缆穿入管中，并在管口处加以封堵处理，防止水分渗入和小动物爬入。

13 总结分析

13.1 尽可能采用先进技术及设备

随着脱贫攻坚饮水工程一票制深入落实和乡村乡村振兴的发展需要，村镇供水工程尤为重要，且数量越来越多，在经费宽裕的情况下，可选用先进设备，如 S11 系列变压器、GCS 成套设备和变频器及消防系统，泵站控制宜增加就地和集中中央控制、监控系统相结合的方式，且考虑人民健康需要应增加净水系统设计。

13.2 优化监管模式

同时，考虑泵站的特殊应用情景，检验成果的是最终的运营效果，建议政府部门应可持续发展思维，考虑“设计—建造—运营”的一体化实施方案。

参考文献

- [1] 中华人民共和国水利部. 泵站设计规范 GB/T50265—97[S]. 1997.
- [2] 电力工业部西北电力设计院. 电力工程电气设备手册 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1998.
- [3] 水利电力部西北电力设计院. 电力工程电气设计手册 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1987.