

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4701.2019.04-05

# 水闸工程柴油发电机组容量选择计算探讨

刘志森<sup>1</sup>, 杨恒乐<sup>2</sup>

(1. 上海勘测设计研究院有限公司, 上海 200434; 2. 河南天池抽水蓄能有限公司, 河南 南阳 473000)

**摘要:**柴油发电机组启动迅速、运行平稳、操作简便,是水闸工程备用电源的理想选择。为满足经济节能、安全可靠的要求,合理选择柴油发电机组容量十分重要。本文分析了相关规范中关于柴油发电机组部分的条文及说明,针对水闸工程,提出了柴油发电机组容量选择计算公式应用的注意事项,供电气设计人员参考。

**关键词:**水闸;启闭机;柴油发电机;容量计算

**中图分类号:**TV664+.9 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-4701(2019)03-0257-03

## 0 引言

随着经济社会的快速发展和恶劣天气的频发,防洪排涝安全已经成为城市安全的重中之中,水闸工程在其中发挥了关键作用<sup>[1,2]</sup>。根据文献<sup>[3]</sup>的要求,对于操作泄洪、挡潮及其他应急闸门的启闭机,必须设置可靠的备用电源。根据文献<sup>[4]</sup>的强制性条文要求,具有防洪功能的泄水和水闸系统工作闸门的启闭机应设置备用电源。因此,上述水闸工程的工作闸门启闭机除保证主电源可靠外,应设置独立的备用电源。

柴油发电机组具有结构紧凑、启动迅速、运行平稳、操作维护简便等特点,是作为水闸工程备用电源的理想选择<sup>[5,6]</sup>。目前,柴油发电机组容量多采用公式估算的方法来进行选择。若容量选择过小,电动机启动时母线电压降过大,电动机启动失败,发电机熄火停机,进而导致事故发生;若容量选择过大,将造成初期投资大、维护成本高、机组寿命降低等后果<sup>[7]</sup>。为满足经济节能、安全可靠的要求,合理选择柴油发电机组容量成为水闸工程设计的一个重要任务。

本文分析了相关规范<sup>[8,9]</sup>中的柴油发电机组容量计算公式,对水闸工程柴油发电机组容量计算公式的选

择应用进行了探讨,为水闸工程电气设计提供参考。

## 1 柴油发电机组容量计算

柴油发电机组应能满足最大计算负荷连续稳定运行要求,文献<sup>[8]</sup>和文献<sup>[9]</sup>中的计算公式均为:

$$S_{G1} \geq \frac{P_{\Sigma}}{\eta_{\Sigma} \cos\varphi} \quad (1)$$

式中: $S_{G1}$ 为发电机的额定容量,kVA; $P_{\Sigma}$ 为可能同时运行的应急负荷(包括旋转和静止的负荷)额定功率之和,kW; $\eta_{\Sigma}$ 为计算负荷的效率,一般取0.82~0.88; $\cos\varphi$ 为计算负荷的功率因数,可取0.80。

分析统计需要由柴油发电机组供电的最大计算负荷额定功率 $P_{\Sigma}$ 应考虑应急负荷的投运规律,在时间上能错开运行的应急负荷不应全部计算,分阶段同时运行的应急负荷,取其最大者作为计算负荷。

## 2 柴油发电机组容量校验

### 2.1 按最大单台电动机或成组电动机启动校验

柴油发电机组应能满足最大单台电动机或成组电动机启动的需要,文献<sup>[8]</sup>与<sup>[9]</sup>中的计算公式分别为:

收稿日期:2019-04-10

作者简介:刘志森(1991-),男,硕士,工程师。

$$S_{G2} \geq \left( \frac{P_{\Sigma} - P_m}{\eta_{\Sigma}} + P_m K C \cos \varphi_m \right) \frac{1}{\cos \varphi_c} \quad (2)$$

$$S_{G2} \geq \left( \frac{P_{\Sigma} - P_m}{\eta_{\Sigma}} + \frac{P_m K C \cos \varphi_m}{\eta_d \cos \varphi_d} \right) \frac{1}{\cos \varphi_c} \quad (3)$$

式中:  $S_{G2}$  为按最大单台电动机或成组电动机启动校验的发电机容量, kVA;  $P_m$  为最大单台电动机或成组电动机的额定功率, kW;  $K$  为电动机的启动倍数;  $C$  为按电动机启动方式确定的系数, 全压启动  $C=1$ , 星-三角启动  $C=0.67$ , 软启动  $C=0.5$ ;  $\cos \varphi_m$  为电动机的启动功率因数, 一般取 0.40;  $\eta_d \cos \varphi_d$  为电动机的额定效率和额定功率因数的乘积, 简化计算时取 0.80;  $\cos \varphi_c$  为发电机的功率因数, 可取 0.80。

公式(3)在计算电动机启动容量时采用  $\frac{P_m}{\eta_d \cos \varphi_d}$ ,

公式(2)采用  $P_m$ , 显然公式(3)更为合理; 公式(2)比公式(3)要求的发电机容量小, 故按公式(3)校验更为可靠。需要注意的是, 两公式中电动机的启动倍数  $K$  应是不考虑启动方式时的电动机固有启动倍数。另外, 结合 IEC 60034-1 的条文, 柴油发电机组有一定的过载能力, 可利用该过载特性来降低因最大单台电动机或成组电动机启动而需要的柴油发电机组容量。

## 2.2 按母线允许电压降校验

### 2.2.1 校验计算公式

按启动电动机时, 发电机母线允许电压降计算柴油发电机组容量, 文献[8]和文献[9]中的计算公式均为:

$$S_{G3} \geq \frac{P_m K C X_d''}{\eta_d \cos \varphi_d} \left( \frac{1}{\Delta E} + 1 \right) \quad (4)$$

式中:  $S_{G3}$  为按空载启动最大单台电动机时母线允许电压降校验的发电机容量, kVA;  $X_d''$  为发电机次暂态电抗, 一般取 0.25;  $\Delta E$  为母线允许的瞬时电压降。

文献[8]规定, 母线允许的瞬时电压降  $\Delta E$  一般取 0.25~0.3; 文献[9]规定,  $\Delta E$  一般取 0.25。但根据《水利水电工程启闭机设计规范》(SL41-2011)<sup>[9]</sup> 对于交流电源供电, 在尖峰电流时, 自供电变压器的低压母线至启闭机任何一台电动机端子的电压损失不应超过额定电压的 15%。显然, 三者对母线允许的瞬时电压降要求不统一。

### 2.2.2 母线允许的瞬时电压降 $\Delta E$ 取值分析

结合规范及条文说明, 民用建筑及水利水电工程厂(站)用电系统中的应急负荷大多数为水泵、风机、空压机等, 这些负荷的启动阻力矩(一般为 0.3 标么值左右)较小, 电动机启动时的端电压  $U_{d^*}$  不低于 50%即可,

此时公式(4)中母线允许的瞬时电压降取 0.25~0.3 均满足要求。

而水闸工程中的启闭机电动机启动时的端电压应满足:

$$U_{d^*} \geq \sqrt{\frac{1.1 K_j P_j}{K_d P_d}} \quad (5)$$

式中:  $U_{d^*}$  为启动时电动机端电压标么值;  $K_j$  为阻力矩标么值, 闸门启闭机取 1.4~1.6;  $P_j$  为闸门机械提升时的功率, kW;  $K_d$  为电动机启动转矩倍数;  $P_d$  为电动机铭牌额定功率, kW。

《水利水电工程启闭机设计规范》中明确, 在设计极限要求的情况下, 启闭机电机的最大力矩或堵转力矩应保证机构启动的需要; 在启闭机起升机构电动机的过载校验公式  $P_n \geq \frac{H}{m \lambda_m} \frac{P_v}{1000 \eta}$  中,  $P_n$  为电动机额定功率,  $P$  为起升荷载,  $v$  为起升速度,  $\eta$  为机构总效率,  $\lambda_m$  为电动机转矩允许过载倍数,  $m$  为电动机个数, 系数  $H$  按交流电动机有 15% 电压损失、起升 1.25 倍额定荷载等条件确定。因此, 启闭机电动机启动时允许的瞬时电压降满足  $1 - U_{d^*} \geq 0.15$ 。

故对于水闸工程, 建议将公式(4)中的母线允许的瞬时电压降取值为:

$$\Delta E = \begin{cases} 1 - U_{d^*} & 0.15 \leq 1 - U_{d^*} < 0.25 \\ 0.25 & 1 - U_{d^*} \geq 0.25 \end{cases} \quad (6)$$

将公式(6)代入公式(4), 即可得到按空载启动最大单台电动机时母线允许电压降校验的柴油发电机组容量。

需要注意的是,  $\Delta E = 1 - U_{d^*}$  适用于柴油发电机与应急负荷中心距离很近的情况<sup>[8]</sup>, 即忽略母线至电动机端的线路电压降损失, 认为电动机端电压降等于母线电压降。而实际工程中, 应考虑柴油发电机组与启闭机之间的距离对电动机端电压的影响。根据实际使用地点的环境条件与标准使用条件不同, 还应对柴油机输出功率进行修正和复核, 综合修正系数由产品制造厂提供。

## 3 工程案例

某水闸工程共设 4 孔闸门, 闸门启闭机电动机额定功率为 11kW, 堵转电流与额定电流的比为 5.5, 堵转转矩与额定转矩的比为 2.3, 闸门机械提升时的功率  $P_j$  为 10.26kW。应急负荷主要包括 2 孔闸门同时开启(1

孔稳定运行另1孔启动)和部分照明办公负荷约2kW。

柴油发电机组容量选择过程如下:

(1) 按最大计算负荷计算

$$S_{G1} \geq \frac{P_{\Sigma}}{\eta_{\Sigma} \cos \varphi} = \frac{2+2 \times 11}{0.85 \times 0.8} = 35.3 \text{ (kVA)}$$

(2) 按带负荷后最大单台电动机或成组电动机启动校验

$$S_{G2} \geq \left( \frac{P_{\Sigma} - P_m}{\eta_{\Sigma}} + \frac{P_m K C \cos \varphi_m}{\eta_d \cos \varphi_d} \right) \frac{1}{\cos \varphi_c} =$$

$$\left( \frac{13}{0.85} + \frac{11 \times 5.5 \times 1 \times 0.4}{0.8} \right) \times \frac{1}{0.8} = 56.9 \text{ (kVA)}$$

(3) 按空载启动最大单台电动机时母线允许电压降校验

$$U_{d*} \geq \sqrt{\frac{1.1 K_i P_i}{K_d P_d}} = \sqrt{\frac{1.1 \times 1.4 \times 10.26}{2.3 \times 11}} = 0.79$$

$$S_{G3} \geq \frac{P_m K C X_d''}{\eta_d \cos \varphi_d} \left( \frac{1}{\Delta E} - 1 \right) = \frac{11 \times 5.5 \times 1 \times 0.25}{0.8}$$

$$\left( \frac{1}{1 - 0.79} - 1 \right) = 71.1 \text{ (kVA)}$$

综合比较  $S_{G1}$ 、 $S_{G2}$  和  $S_{G3}$ , 柴油发电机组容量  $S_G \geq 71.1$  (kVA)。考虑发电机功率因数  $\cos \varphi_c = 0.8$ , 本水闸工程的柴油发电机组功率选择为  $S_G \geq 64$  (kW)。

## 4 结 语

柴油发电机组作为经济、可靠的备用电源,助力水

闸工程实现保障社会经济安全稳定的功能。本文分析了常用的规范中关于柴油发电机组容量计算部分的内容,提出了对容量计算公式的理解;在此基础上,针对水闸工程柴油发电机组容量选择计算,分析了母线允许电压降的取值问题,并给出了工程案例应用,对水闸工程电气设计有一定的指导意义。

## 参考文献:

- [1] 张伟东,伍晓涛,叶伟.上海市闵行区黄浦江沿线水闸防洪标准安全现状分析[J].人民珠江,2018,39(7):97~101.
- [2] 刘洪,王梓,程永东,等.白盆珠水库“8.16”事故浅析及防洪应急电源设计[J].广东水利水电,2016(01):49~51.
- [3] SL 41-2011,水利水电工程启闭机设计规范[S].
- [4] SL 74-2013,水利水电工程钢闸门设计规范[S].
- [5] 毛敏.水利水电工程泄洪闸门柴油发电机组容量选择[J].陕西水利,2014(04):85~86.
- [6] 晋成龙,方珂,王根喜,等.小型水电工程中低压柴油发电机组容量计算的探讨[A].中国水力发电工程学会电气专业委员会、水利水电电气信息网.2013年电气学术交流会议论文集[C].中国水力发电工程学会电气专业委员会、水利水电电气信息网;中国水力发电工程学会,2013:5.
- [7] 李良胜.民用建筑中备用柴油发电机容量校验探讨[J].建筑电气,2010,29(10):14~17.
- [8] JGJ 16-2008,民用建筑电气设计规范[S].
- [9] SL 485-2010,水利水电工程厂(站)用电系统设计规范[S].

编辑:张绍付

## Discussion on capacity selection and calculation of diesel generator set in sluice project

LIU Zhimiao<sup>1</sup>, YANG Hengle<sup>2</sup>

(1. Shanghai Investigation, Design & Research Institute Co. Ltd, Shanghai 200434, China;

2. Henan Tianchi Pumped Storage Co. Ltd, Nanyang 473000, China)

**Abstract:** Diesel generator set is an ideal choice for backup power supply of sluice project because of its fast start-up, smooth operation and simple operation. In order to meet the requirements of economy, energy saving, safety and reliability, it is very important to select the capacity of diesel generating set reasonably. This paper analyses the clauses and explanations of the diesel generating units in the relevant codes. In view of the sluice project, the matters needing attention in the application of the formula for calculating the capacity selection of diesel generating units are put forward, and the steps for capacity selection are given as the reference for engineers.

**Key words:** Sluice; Hoist; Diesel generator; Capacity calculation

翻译:刘志淼