

# 浅析大功率异步电动机起动对二滩电厂 厂用电系统电压的影响

张晓辉<sup>1</sup>, 胡晓芬<sup>2</sup>

(1. 二滩水力发电厂, 四川 攀枝花 617000; 2. 西安交通大学, 陕西 西安 710049)

**摘要:** 大功率电机运行是造成电网和发电厂厂用电系统电压波动的一个重要原因。通过计算二滩水力发电厂大功率电机在起动瞬间造成厂用电电压瞬间降低的情况, 分析了在大功率电机在起动瞬间对二滩厂用电系统电压波动的影响, 分析了电动机起动与机组故障录波装置频繁触发之间关系和电压波动对厂用设备的影响, 提出了稳定厂用电系统电压的一些措施。

**关键词:** 异步电动机; 全压起动; 电压波动; 故障录波器

## Analysis of the impact of the start of high-power asynchronous motor on the plant's electricity system voltage of Ertan hydropower plant

ZHANG Xiao-hui<sup>1</sup>, HU Xiao-fen<sup>2</sup>

(1. Ertan Hydropower Plant, Panzhihua 617000, China; 2. Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

**Abstract:** High-power motor's operation is one of the important reasons that leads to voltage pulsation in the power grids and the station service electrical system of power plant. This paper makes a start calculation of the high-power motors of the Ertan Hydropower Plant. And in accordance with the results of start calculation, it analyses the effect of voltage pulsation of the station service electrical system and the operational equipment of Ertan Hydropower Plant. Some preventive measures are proposed to deal with the voltage pulsation of the station service electrical system of the power plant.

**Key words:** asynchronous motor; line start; voltage pulsation; fault recorder device

中图分类号: TM71 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)16-0112-03

## 0 引言

大型异步电动机是指功率在几百甚至上千千瓦的电动机, 其配电装置一般采用 3~10 kV 电压等级。在工业应用上, 这类电机一般采用全压起动方式。大型异步电动机的运行一般会对电网和容量有限的发电厂厂用电系统的安全运行造成一定的影响。本文通过对二滩水电厂检修排水泵和渗漏排水泵电机的起动计算, 分析了大功率电机起动对二滩厂用电系统电压的影响。

二滩水电厂是 20 世纪我国建成的最大水力发电站, 共 6 台机组, 总装机 3 300 MW, 单机 550 MW, 出口电压为 18 kV, 采用发变组单元接线, 6 段厂用电母线分别取自厂用高压变压器(以下简称“厂高变”)低压侧。厂用系统电压采用 6.3 kV 等级, 全厂共设有 5 台检修排水泵和 3 台渗漏排水泵, 分别用于机组检修排水和地下厂房渗漏排水, 其电机额定电压

等级为 6 kV, 电源直接取自 6 kV 母线, 电机型号为 Y3552-4, 主要参数: 6 kV/260 kW/30.4 A/cos $\varphi$ =0.889/94.6%。6 kV 电机采用全压起动方式。在起动瞬间, 电机的起动电流可以达到额定电流的 6~10 倍, 6 kV 母线出现比较明显的电压暂降现象, 并且有的机组故障录波器会在电机起动的瞬间触发。电压暂降必须满足国家有关标准, 国家标准《电能质量 电压允许波动和闪变》(GB12326-2000)和中华人民共和国电力行业标准《水力发电厂厂用电设计规程》(DL/T 5164—2002)中的规定: 电动机正常起动时, 所连接母线电压降应满足: 电动机经常起动, 不大于 10%; 不经常起动不大于 15%。本文参考《水力发电厂厂用电设计规程》(DL/T 5164—2002)中电机起动计算公式, 以二滩水电厂 6 kV II 段为例, 对渗漏排水泵进行了电机起动计算, 以分析母线电压暂降情况。

6 kV II 段接线如图 1 所示。

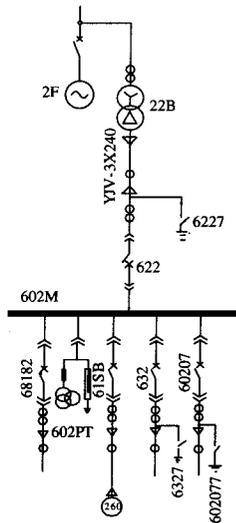


图1 二滩电厂6 kV 厂用电II段电气接线图

Fig.1 Electrical wiring diagram of Ertan hydropower plants II bus of 6 kV auxiliary power

## 1 启动计算 (以6 kV II段母线为例)

### 1.1 主要设备参数

发电机:  $S_n=612$  MVA  $U_n=18$  kV

厂高变:  $S_n=3150$  kVA  $U_n=18$  kV  $U_d=8\%$

母线 PT: 6.3/0.1 kV

6 kV II段母线上有#1 渗漏排水泵, 其他主要负荷 (包括607M上负荷) 有:

机组自用电 32B:  $S_n=800$  kVA  $U_n=6$  kV

进厂交通洞照明电源 81B、82B:  $S_n=200$  kVA

闸门配电 61B、63B、65B、67B:  $S_n=315$  kVA

进水口闸门电源 69B:  $S_n=250$  kVA

厂外公用电源 71B:  $S_n=630$  kVA

主变竖井风机电源 73B:  $S_n=400$  kVA

### 1.2 启动计算

1) 根据二滩电厂厂用电系统接线, 考虑到厂用电容量只占机组容量的0.5%, 所以将机组和系统等效为无穷大网络考虑。另外不考虑母线到电动机之间的电缆阻抗。

2) 启动计算公式

$$U_{d*} = \frac{1.05}{1 + \frac{S_{qd} + S_1}{S_{nb1}}} U_{Z1}$$

$$S_{qd} = \sqrt{3} U_{nd} I_{qd} = \frac{K_{qd} P_d}{\eta_d \cos \varphi_d}$$

$$I_{qd} = K_{qd} I_{nd}$$

式中:

$U_{d*}$  为电动机启动时端电压标么值;

$S_{qd}$  为电动机的启动容量, kVA;

$U_{nd}$  为电动机的额定电压, kV;

$I_{qd}$  为电动机的启动电流, A;

$K_{qd}$  为电动机的启动电流倍数, 一般取6~10;

$P_d$  为电动机的额定功率, kW;

$\eta_d \cos \varphi_d$  为电动机额定效率和额定功率因数的乘积;

$I_{nd}$  为电动机的额定电流, A;

$S_1$  为启动前厂用电高压母线上已带负荷,  $S_1 = 0.72 \Sigma P_O$ , kVA ( $\Sigma P_O$ : 所有同时参加最大负荷运行时负荷的额定功率的总和, kW.), 本文计算时, 以各变压器容量  $S_n$  代替  $P_O$ 。

$S_{nb1}$  为高压厂用电变压器额定容量, kVA;

$U_{Z1}$  为高压厂用电变压器的阻抗电压。

依据上面公式, 取最严重的情况  $K_{qd}=10$ 。

$$\Sigma S_n = 200 \text{ kVA} + 800 \text{ kVA} + 315 \text{ kVA} \times 4 +$$

$$250 \text{ kVA} + 630 \text{ kVA} + 400 \text{ kVA} =$$

$$3540 \text{ kVA}$$

$$S_1 = 0.72 \Sigma S_n = 0.72 \times 3540 \text{ kVA} =$$

$$2548.8 \text{ kVA}$$

$$S_{qd} = \frac{10 \times 260}{0.946 \times 0.889} = 3091.58 \text{ kVA}$$

$$U_{d*} = \frac{1.05}{1 + \frac{3091.58 + 2548.8}{3150} \times 0.08} = 91.8\%$$

$$\Delta U_{d*} = 1 - U_{d*} = 8.2\%$$

$$\Delta U_d = U_n \times \Delta U_{d*} = 6.3 \times 8.2\% = 0.516 \text{ kV}$$

## 2 计算结果和影响分析

1) 由上面计算结果可知二滩电厂在检修排水泵或者渗漏排水泵电机启动瞬间, 厂用电系统电压确实存在较大幅度的下降, 计算结果与监盘人员长期观察的结果相吻合, 突变量约为0.3~0.5 kV, 相应二次侧电压突变量为4.76~8.19 V。

2) 由检修排水泵或渗漏排水泵启动引起的厂用电母线降低满足国家标准《电能质量—电压允许波动和闪变》(GB12326-2000) 和中华人民共和国电力行业标准《水力发电厂厂用电设计规程》(DL/T 5164—2002) 中的规定。因此电机采用全压启动的方式是合理的。

3) 对于二滩电厂检修排水泵或渗漏排水泵启动

瞬间, 伴随发变组故障录波器触发的现象, 从以上计算结果分析可以得出, 发变组故障录波器中厂高变低压侧突变量启动整定值 (10 V) 是合适的。由于排水泵启动电流一般会达到额定电流的 6~10 倍, 所以厂高变低压侧电流就存在很大的突变量, 厂用电 IV 段和 VI 段上负荷均较重, 排水泵电机启动对厂高变低压侧电流突变量影响较大, 造成 IV 段和 VI 段母线上的排水泵启动瞬间, 故障录波器触发。下面是两台机组故障录波器在排水泵电机启动瞬间记录波形的波形:

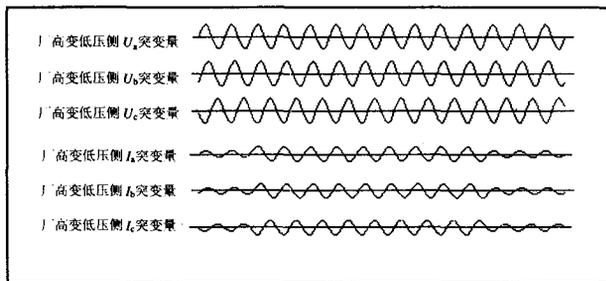


图 2 IV 段和 VI 段上的排水泵启动瞬间故障录波器记录的波形

Fig.2 The waveforms that fault recorder records when the pump start-up which belong to IV and VI bus

由计算结果和故障录波装置记录的波形综合判断, 可知造成故障录波装置触发的原因是排水泵电机启动瞬间电流突变量超过了触发定值, 而电压突变量在触发定值以内, 电机启动对厂用电系统电压波动的影响有限, 因此原 6 台机组使用的同一触发定值可根据不同母线的实际情况重新整定机组故障录波装置中厂高变低压侧电流突变量整定值。

4) 电动机启动引起的电压波动对发电厂自动化元件的电源也会造成很大影响, 甚至使设备元件发生损坏, 电压瞬时下降也可能造成失压脱扣负荷掉电, 影响设备的正常运行。

### 3 改进建议

大功率电机全压启动是造成二滩电厂厂用电系统电压波动主要原因, 为保证厂用电系统电压稳定性, 降低厂用电系统电压波动影响, 提高自动化设备元件的可靠性, 建议可以采取以下做法:

1) 合理选择厂高变分接头以保证厂用电系统在合理的电压水平。尤其在枯水期电压较低期间,

应尽量调低厂高变电压比, 以满足厂用电系统电压要求。

2) 采用稳压电源装置, 随着自动化水平和电力电子技术的发展, 稳压电源装置的稳压能力有很大提高。对电压波动敏感的设备采用稳压装置, 对发电厂的安全稳定运行有着至关重要的作用。

3) 对于母线上有多台大功率电机时, 应避免多台同时启动。

### 4 结论

大功率电机启动造成的发电厂厂用电系统电压波动一个重要原因。电压波动可能造成设备故障, 可能对电压波动敏感的电子设备的硬件和软件的运行发生故障或错误, 也可能使设备的低电压保护或快速过流保护动作而使设备跳闸失电, 因此选择电机合理的启动方式, 对重要设备采取必要的防范电压波动的措施, 对发电厂的安全稳定运行是至关重要的, 同时大型异步电动机启动引起的电压暂降, 也是引起电力系统电压波动的主要原因, 因此选择合理的电机启动方式, 采取适当的防电压波动措施同样对电网的安全稳定运行也是至关重要的。

### 参考文献

[1] GB12326-2000, 电能质量—电压允许波动和闪变[S].  
 [2] DL/T 5164—2002, 水力发电厂厂用电设计规程[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.  
 [3] 孙元章, 李莲子, 陈永亨. 大型电动机启动特性的研究[J]. 实验技术与管理, 2001, (3).  
 [4] 程浩忠. 电能质量概论[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.  
 [5] 李先允. 电力电子技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.

收稿日期: 2008-09-17; 修回日期: 2008-10-08

作者简介:

张晓辉 (1984-), 男, 从事水电厂运行工作; E-mail: zxhui@ehpp.com

胡晓芬 (1985-), 女, 研究方向为电力电子技术在自动化方面的应用。