

泵站异步机组电容补偿装置运行工况分析

魏恩甲 王庆玺

(西北农业大学水利与建筑工程系, 陕西杨陵·712100)

摘 要 对泵站异步机组、单机补偿装置手动切换、取消拍门和底阀运行中可能出现的过电压、电流冲击及机组振动等问题进行分析,指出问题的严重性,并在机组保护接线中采取相应措施,保证泵站机组安全运行。

关键词 电容补偿装置,手动切换,过电压,非同期并列,电流冲击,低电压保护

中图分类号 S277.9

我国北方干旱、半干旱地区,为了改善生态环境,解决人、畜饮水困难,建有许多中、小型泵站。泵站绝大多数采用异步电动机拖动水泵运行。为了提高泵站运行效益,减少电网能耗,已成泵站设计普遍采用手动切换方式运行的电容补偿装置。很多泵站在运行中又取消了拍门和底阀,以降低抽水机组的单位能耗。这对泵站机组的安全运行带来了一些新的问题。本研究拟对泵站机组单机补偿运行工况进行剖析,指出存在问题及其严重性,并提出相应的解决措施。

1 存在问题

1.1 引起机组过电压

当机组回路断路器由于某种原因跳闸时,出水管中水流就会倒泄,并不断加大,水泵开始反转并逐渐加速,变为水轮机工况运行。由于管中压力回升,倒泄流量很快达到最大值,水泵倒转速度也迅速上升;随着水泵叶轮转速的升高,叶轮作用于水的离心力就会增大,阻止水流下泄,使倒泄流量有所减小,引起管中正压水锤继续上升,并达最大值,叶轮转速也达到最大值。在恒定水头作用下,转速不再变化。这一转速一般为水泵正常转速的1.1~1.4倍^[1]。与此同时,由于机组回路补偿电容未断开,电动机变为异步发电机方式运行,因为空载且激磁电流较大,使电动机产生危险的过电压,威胁电动机和补偿电容器的安全运行。

1.2 与电网形成非同期并列,对机组产生冲击,引起机组振动

当电网出现瞬时性故障,短时停电(但泵站进线和机组回路断路器均未断开),随即又恢复供电时,由于机组处于异步发电机运行状态,就出现异步发电机组和电网并列的情况。而异步发电机组与电网电压、相位和频率不可能完全相等,必然会对机组产生冲击。现分别从以下几个方面进行讨论。

1.2.1 假定异步发电机与电网的频率和相位相等,只存在电压差值

电压不等,对机组的影响与异步发电机突然短路相似,将主要产生无功电流冲击^[2]。

收稿日期:1993-06-05.

若异步发电机和电网电压分别用 U_f 和 U_x 表示,电压差为 ΔU . 当 $U_f < U_x$, 则冲击电流 I_{ch} 将滞后 $\Delta U 90^\circ$, 此时冲击电流对异步发电机呈电容性, 起助磁作用, 使其电压升高; 对电网则呈电感性, 起去磁作用, 使其电压下降, 趋于使 U_f 和 U_x 相等. 如果 $U_f > U_x$, 则作用正好相反, 这样将使异步发电机电压下降到等于电网电压. 可见只要水泵倒转, 机组处于异步发电机运行工况, 电网恢复供电时, 无论是 $U_f > U_x$, 还是 $U_f < U_x$, 都会对异步电动机产生一个数值很大的无功电流冲击, 此电流可能使异步电动机定子绕组过热, 还可能导致端部损坏. 冲击电流的最大值用下式近似计算^[3]:

$$I_{ch \cdot \max} = \frac{\sqrt{2} K_{ch} (U_{fy} - U_x)}{x''_d} = \frac{2.55 \Delta U}{x''_d}$$

式中 x''_d ——异步电动机的次暂态电抗;

K_{ch} ——冲击系数, 高压异步电动机取 1.8.

1.2.2 假定异步发电机和电网频率、电压相等, 只存在相位差 δ 相位不同时, 对机组的影响可用图 1 表示. 由图示向量分析可知, 此时无论电网电压超前还是滞后, 都要产生有功性质电流冲击 (冲击电流有功分量 $I_{chr} = I_{ch} \cdot \cos \frac{\delta}{2}$). 由相位不同引起的冲击电流最大值用下式近似计算^[3]:

$$I_{ch \cdot \max} = \frac{\sqrt{2} K_{ch} \cdot U_x}{x''_d} \cdot 2 \sin \frac{\delta}{2}$$

可见, 当 $\delta = 180^\circ$ 时, 冲击电流数值最大, 其值为异步发电机出口短路电流的 2 倍.

1.2.3 假定异步发电机和电网电压、相位相等, 只存在频率差 频率不等时, 电网电压 U_x 和异步发电机电压 U_f 之间将有相对运动. 因此, 两个电压相量之差 ΔU 是时大时小的脉动电压, 并产生脉动电流, 使异步发电机转子时而加速, 时而减速, 导致机组振动. 频差愈大, 振动愈严重.

综上所述可知, 当电网瞬时停电又立即恢复供电时, 对于取消拍门和底阀运行的单机补偿抽水机组, 相当于异步发电机和电网的非同期并列工况, 轻则对机组产生冲击, 引起机组过热, 导致振动, 重则可能烧毁机组或扭坏大轴.

2 采取的措施

为了解决上述问题, 可在电容补偿装置前加装一组开关 2DL, 并在机组保护回路中加装低电压保护. 具体接线如图 2, 3 所示.

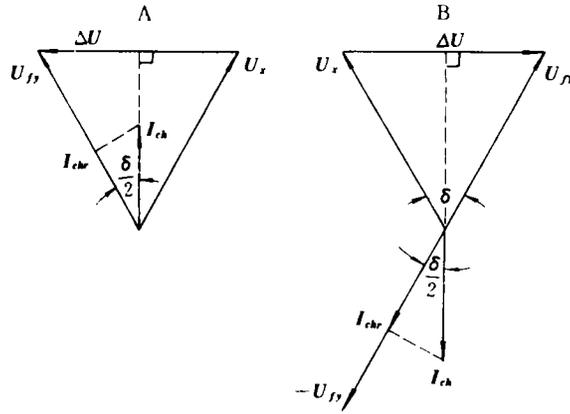


图1 U_f 与 δ 的向量关系
A. U_f 超前 U_x ; B. U_f 滞后 U_x

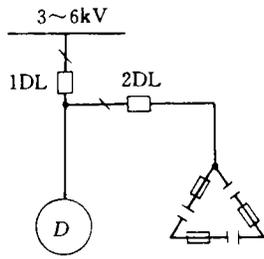


图2 主回路示意图

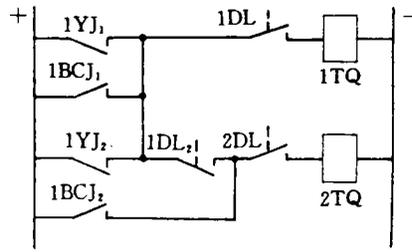


图3 保护接线图

1YJ₁, 1YJ₂——低电压继电器1YJ的触点; 1BCJ₁, 1BCJ₂——机组保护引出继电器触点

采用上述接线,当回路断电时,低电压保护联动跳开机组回路断路器1DL与电容补偿装置前的开关2DL.这样,就可避免泵站异步机组单机补偿,取消拍门和底阀,补偿装置以手动切换方式运行时,因机组回路断路器1DL跳闸和电网瞬时停电又突然恢复供电给机组带来的严重危害,大大提高机组和电容补偿装置运行的可靠性。

参 考 文 献

- 1 余春和, 戚 钲, 凌一清编. 水泵及水泵站. 南京: 河海大学出版社, 1986, 298~303
- 2 刘忠源, 徐睦书编. 水电站自动化. 北京: 水利电力出版社, 1986, 21~23
- 3 季一峰主编. 水电站电气部分. 北京: 电力工业出版社, 1981, 36~46

An Analysis of Operation Conditions of Capacity Compensating Installation of Asynchronous Machine Unit in Pumping Station

Wei Enjia Wang Qingxi

(Department of Waterconservancy & Architecture, Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract This paper analyses the possible occurrence of the problems concerning over-voltage, current shock and machine unit vibration in the operation process of asynchronous machine unit, manual overswitch of unit machinery compensating installation, discarding beat gate and bottom valve in pumping station. Also, this paper points out the serious problem is to adopt the corresponding measures in protective ling connection in machine unit so as to ensure safety operation of the pumping station.

Key words capacity compensating installation, manual overswitch, overvoltage, non-synchronous concatenation, current shock, low voltage