

# 换相操作对抽水蓄能机组保护的影响分析

王维俭 汤连湘 鲁华富 刘俊宏 清华大学(100084)

我国东部地区(东北、华北、华东、华南)电力系统水电比重较少或很少,很难适应负荷峰谷的调节,近年来大型核电站的建设,更加重了系统调峰的困难,有些地区已经或正在规划设计大型汽轮发电机参与调峰,这样做是很不经济的。为解决调峰问题,世界各国优先采用的方法是建设抽水蓄能电站,当系统处于峰载时(如白天),机组发电运行,处于低谷时(如后半夜),机组以电动机方式运行,抽水蓄能,一机两用,综合经济效益很高。华北地区的潘家口水电厂、十三陵水电厂、华东地区的天荒坪水电厂、华南地区的广州抽水蓄能电厂已先后建成或正在建设中,更多的抽水蓄能电站正在设计和筹建。

为了发电和抽水,机组必须正向和反向旋转,因此在发电状态,三相为正序,在抽水状态,三相为负序。发电或抽水状态的转换,就是相序的倒换,如图1所示,通过换相开关QS,使A相与C相切换(B相不动),相序反转就是机组发电或抽水工况的转换。

本文目的在于讨论这种换相操作对抽水蓄能机组保护的影响。

## 1 换相对纵差保护的影响

这个问题与发一变组的高压断路器(QB)和换相开关(QS)的安放位置有关,作为示例,假定QS和QB均在发电机与变压器之间,图1和图2均是如此。

发电机纵差保护KDG的动作区不包括换相开关,所以KDG不需换相切换。

主变纵差保护KDT的动作区包含换相开关,必须有二次电流的换相连锁切换。如果QS的辅助触点动作不可靠,必将造成纵差保护误动。为了减少二次电流回路的切换,主变不用 $Y_N, d11$ 接线方式(此时纵差保护要用两相电流差,二次电流切换太多),改用 $Y_N, y12$ 接线方式,如图1所示,二次电流切换减到最少,误动可能性减小。

图2可免除主变纵差保护的二次电流换相切换,办法是A、C两相上各装两套纵差保护KDT1和KDT2,分别在发电和抽水工况下投入使用,保护出口经QS辅助触点连锁。此法缺点是在一种工况下(例如发电)KDT1投运,此时KDT2虽然不能出口,但仍有差电流作用于KDT2,使后者触点处于抖动状态,如果将动作电流增大以避越负荷差流,则灵敏度显著降低,所以此法不可取。

图3可完全免除二次回路的换相连锁切换,办法是主变纵差保护的A、C相各增加一台电流互感器,此法具有较高可靠性。

## 2 换相对阻抗元件的影响

阻抗元件广泛用于发一变组保护,构成低励失磁、失步和后备保护。今以 $0^\circ$ 接线方式和 $90^\circ$ 接线方式为例分析之。

收稿日期:1994-02-25

《继电器》1995年 第2期 3

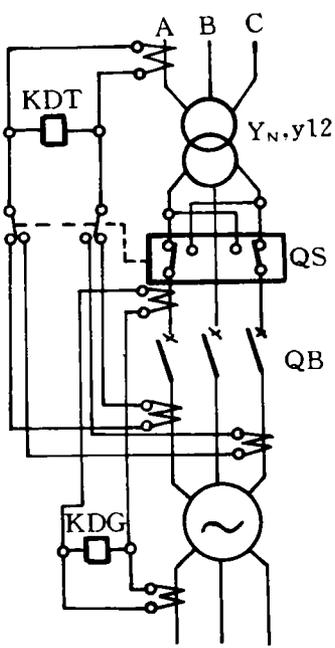


图1 主变纵差保护的二次换相切换

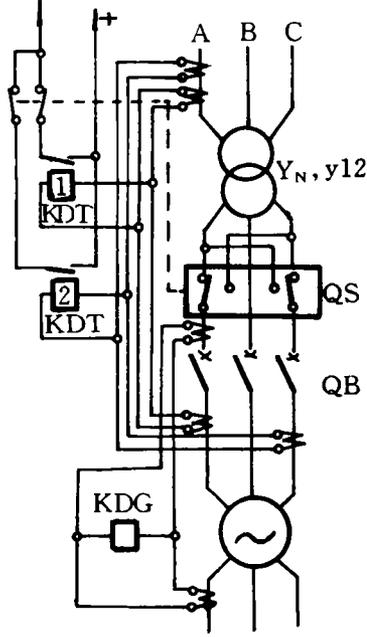


图2 换相时纵差保护电流二次不切换

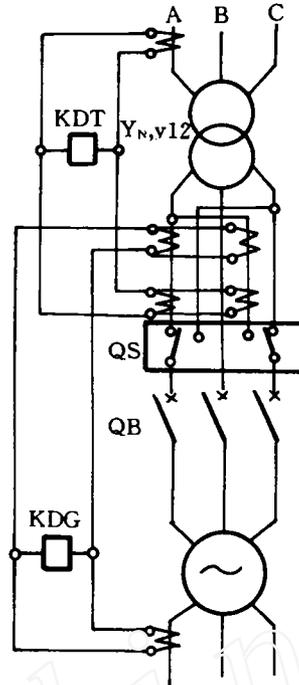
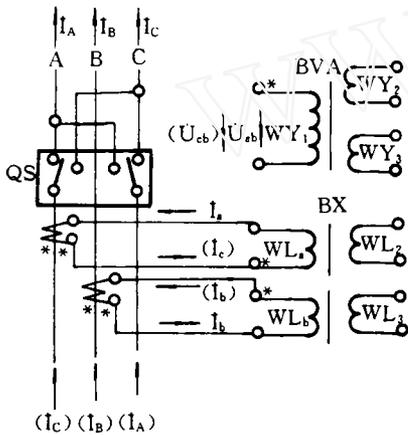
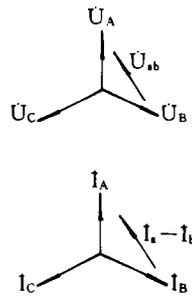


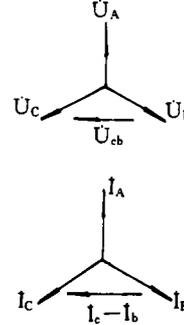
图3 为适应换相要求,A、C相各增加一台互感器



(a)接线图



(b)发电工况



(c)水泵工况

图4 0°接线阻抗元件

图4a和图5a中,  $U, I$  表示发电工况下的电压电流相量,  $(U), (I)$  表示水泵工况下的电压电流相量。BVA 为中间电压互感器, BAA 为中间电流互感器, BX 为电抗变压器。各相量的正向和各极性端标志如图4、5所示。

当发电运行且 0°接线时, 送入阻抗元件的是

$$\dot{U}_{ab}, I_a - I_b; \dot{U}_{bc}, I_b - I_c; \dot{U}_{ca}, I_c - I_a$$

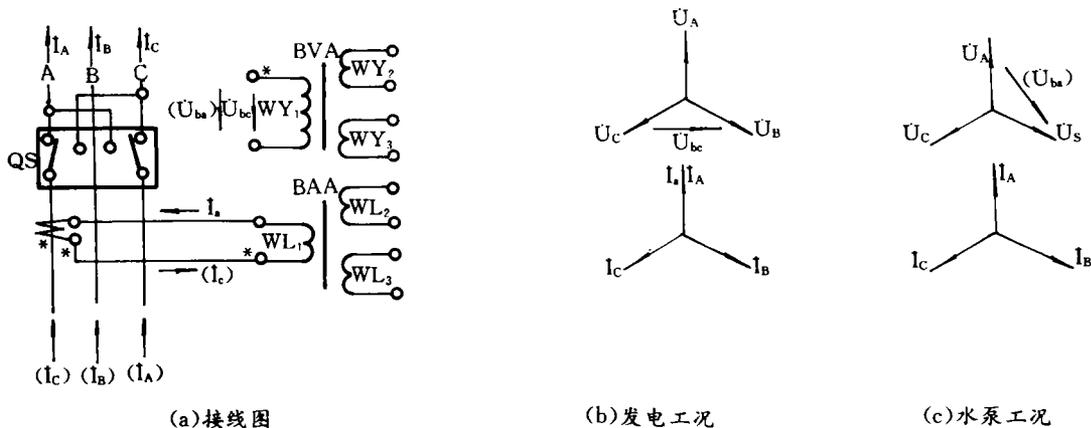


图5 90°接线阻抗元件

图4b告诉我们,确为0°接线。

当水泵工况且0°接线时,送入阻抗元件的是

$$\dot{U}_{cb}, I_c - I_b; \dot{U}_{ba}, I_b - I_a; \dot{U}_{ac}, I_a - I_c$$

图4c表示,也是0°接线,所以在换相转为水泵工况时,无需联锁切换电压或电流二次回路。

当发电工况且90°接线时,送入阻抗元件的是

$$\dot{U}_{bc}, I_a; \dot{U}_{ca}, I_b; \dot{U}_{ab}, I_c$$

由图5b可知,确为90°接线,且电流领先电压90°。

当水泵工况且90°接线时,送入阻抗元件的是

$$\dot{U}_{ba}, I_c; \dot{U}_{ac}, I_b; \dot{U}_{cb}, I_a$$

由图5c可知,仍为90°接线,但电流落后电压90°。

由此可见,90°接线的阻抗元件,在机组由发电 $\rightleftharpoons$ 水泵时,二次应相应切换,通常为安全计,在二次电压回路中进行联锁换相切换。

### 3 换相对90°接线功率方向元件的影响

与上述90°接线阻抗元件的分析相同,当机组进行发电和水泵工况切换时,90°接线功率方向元件也应在二次电压回路作联锁换相切换。

### 4 换相对负序电压、负序电流和负序功率方向元件的影响

发电运行时,三相电压和电流呈正序,负序滤过器无输出;水泵运行时,转子反向旋转,三相电压和电流呈负序,因此水泵工况正常运行时负序滤过器即有输出,因此运行工况转换必须作相应的二次回路切换。

在正常发电运行时,负序功率方向元件中既无负序电压,又无负序电流,它不会误动。在正常水泵运行时,如上所述,负序滤过器有输出,而且不同的负序滤过器将有不同的输出,为负序功率方向元件在机组进行发电 $\rightleftharpoons$ 水泵工况转换时,二次回路均应作联锁换相切换,方能保证保护的原有性能。

## 5 换相对微机型保护的影响

采用微机型保护后完全和上述模拟型保护的换相影响不同,因为微机型保护通过软件实现其保护原理和方案。在发电工况时,对 A、B、C 相电压、电流进行采样、处理、计算和判定;当转为水泵工况时,变换为对新的三相 A'、B'、C' 电压、电流(保持正序性质)进行采样、处理、计算和判定,根本不必像模拟型保护在硬件上作换相连锁切换处理。

对于微机型保护,在每次工作前必须首先确定是发电工况还是水泵工况,这可以通过换相开关的辅助触点,也可通过检测三相电气量(相序检查)得到确认。如果由换相开关辅助触点来判定发电或水泵工况,则对辅助触点要求极高,决不能发生不通或粘住现象;为了提高辅助触点转换动作的可靠性,可采用“多数一致”逻辑电路(图 6),即“3 中取 3 或 3 中取 2”电路。

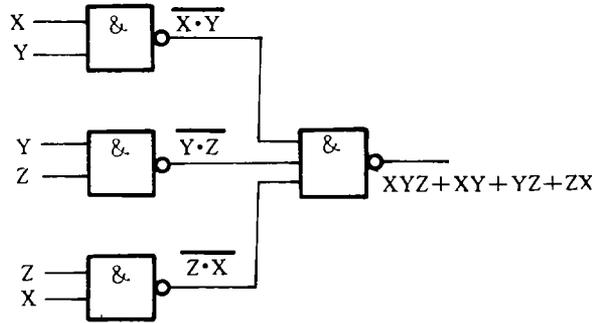


图 6 2/3 或 3/3 逻辑电路

我国大型抽水蓄能电站运行不久,尚缺乏成熟的抽水蓄能机组保护的设计、制造、运行经验。换相影响是抽水蓄能机组保护特点之一,在这个问题上,已见到的参考资料有完全不同的分析结论,在此提出我们的分析方法与结果,与国内同行共同商榷。

### 参考文献

- 1 中南勘测设计院、珠委勘测设计院. 抽水蓄能电站元件继电保护专题讨论. 1990 年 10 月
- 2 北京勘测设计院. 抽水蓄能机组继电保护特点及十三陵机组继电保护的配置意见. 1990 年 9 月
- 3 安徽水利水电勘测设计院. 响洪甸抽水蓄能机组继电保护配置. 1991 年 3 月
- 4 杨志申. 潘家口电站抽水蓄能机组的保护系统. 天津勘测设计院, 1991 年 2 月
- 5 陈志鑫. 抽水蓄能电站继电保护问题的讨论. 华东勘测设计院
- 6 广东水利电力勘测设计院. 广州抽水蓄能电站一期工程电动机/发电机及主变压器继电保护设计介绍, 1990 年 10 月

## YG—104 型智能线圈圈数测量仪

本仪器高精度地测量各种类型线圈的圈数与电阻。例如电动机绕组、变压器和互感器绕组、继电器线圈、电视机高低压包绕组、汽车点火器线圈以及各种类型的线圈。本仪器采用了精密传感器,测量精度高,受线圈的形状与尺寸的影响小。仪器采用微机控制,自动平衡显示。仪器采用 ABS 塑料外壳,面板采用薄膜开关,测量传感器在仪器上方,当不使用和运输时可翻下固定。

6

### 主要技术指标

1. 测量范围:
  - ①圈数: 0~60000 匝。
  - ②线圈几何尺寸: 内径 > 4mm, 外径 < 120mm, 高 < 110mm
  - ③电阻测量: 0~50kΩ。
2. 测量精度:
  - ①圈数测量 ±0.2%, 五位数字。
  - ②电阻测量 ±2.5%, ±2Ω。
3. 工作电源: 交流: 220V ± 10%, 50~60Hz。
4. 工作环境:
  - 环境温度: ±5℃~35℃;
  - 相对湿度: 85% 以下。
  - 重量: 约 2kg。
  - 外形尺寸(mm): 260×220×110

### 上海现代电源设备公司

地址: 上海市中山南路 666 号  
电话: 3780707, 3782003  
销售部: 上海市河南南路 299 号  
邮编: 200010  
电话: 3288899, 3740401