

# 变电站自动化系统中安全自动装置关键技术的探讨

王立宁, 张忠宇, 刘志军

(烟台东方电子公司, 山东 烟台 264001)

**摘要:** 对变电站自动化系统中安全自动装置的四个方面的问题进行了探讨, 列举了作者的一些研究心得和思考, 以供大家参考。

**关键词:** 同期合闸; 自适应; 模式识别

**中图分类号:** TM63; TP23 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2002)02-0057-03

## 1 同期合闸

### 1.1 概要说明

同期合闸是变电站中经常遇到的操作, 对减小冲击, 提高系统稳定性具有重要作用。同期的条件有三点: 频差、压差、角差合格<sup>[1]</sup>。

同期要求为安全、准确、快速。三个条件中安全最重要, 同期装置必须有完善的闭锁功能, 宁拒动不误动。对差频同期, 在系统角差为0时合闸, 对系统的冲击最小; 电厂中作为发电机的并网, 快速性也很重要, 捕捉第一次0角度合闸可以节省大量能源。

### 1.2 环网并列与差频同期

差频同期是指两个没有电气联系的系统的并列, 包括发电机的并网及两个无联系电网的并列; 两侧的频率不同, 有可能捕捉到0角度合闸时机。环网并列是指两个本已有电气联接的系统, 再在该点增加一个联络开关; 两侧频率相同, 相角差即为系统在这两点之间的功角, 该角度在网络拓扑及负荷没有大变动时基本保持不变。

国内有的称之为检同期与捕捉同期, 有的称之为检同期与准同期, 有的叫同频同期与差频同期。两个系统若频率相差在测量误差范围内, 是同频, 但却不能按同网来同期, 为了物理概念上的清晰, 本文定义这两种方式为环网并列与差频同期。

差频同期的目标是捕捉第一次的零相角差时机合闸, 即自动准同期; 环网并列相角差为两端的功角, 仅是一个压差和功角的闭锁功能。

### 1.3 同期遥控方式及自适应识别

环网并列和差频同期的要求不同。装置虽然可以自适应地判断出是同频还是差频, 但对频差很小的系统, 这样作意味着牺牲一些时间来判断, 会对合闸的时机带来延误。而调度员是了解系统的运行结构的, 知道欲合闸的断路器是处于同频还是差频同期的位置, 在发命令的时候即区分开同频同期、差频同期、遥控合闸命令会更好。装置的自动识别功能, 是指在合闸命令下发后, 自动判断是差频、同频还是无压状态, 并由不同的约束条件进行操作。

### 1.4 合闸导前时间的计算

装置出口到断路器合上闸的动作时间准确获得直接关系到同期点角差的准确性。常规方法是通过开入量的方式, 即通过接入断路器的辅助触点, 来计算发出合闸命令到该信号变位的时间。该方法思路直接, 容易实现; 但是当断路器合上电流的时刻与辅助触点变位不一致的时差会引入误差, 另外触点抖动也影响精度。

本文提出一种模拟量检测导前时间的方法, 即用电流的从无到有的检测。若采样装置采样速率能达到64点/周波(DF1700模块采样速率), 则时间分辨率约为0.3ms, 可以满足要求。这种方法要求引入电流的检测, 分布式的同期系统一般是将同期功能融合在断路器的测控单元中, 能满足这种要求。该方法物理概念更为清晰: 从无流变为有流(而不是辅助触点变位)时, 才算真正合闸成功。

### 1.5 同期算法

**Abstract:** In the middling voltage electric power system, when the net meet the single-phase earthing malfunction, there would be so much earthing current of electric power system and it would evoke the short circuit between phase and phase. This device can calculate the passing earthing current and regulate the arc-extinguishing coil to reduce the earthing current. By the demonstration the device can cut down the earthing current to the stated extent.

**Keywords:** arc-extinguishing coil; tracking compensation; automatic controlling

同期是一项可靠性要求极高的操作。误动时的大角度合闸会给发电机及系统带来很大的冲击,降低发电机的使用寿命,或是带来系统的振荡及解列。而延误第一次最佳同期时期也要尽量防止。因此必须考虑高可靠性、高精度、多级闭锁、快速的控制算法与措施。

从装置可靠性上考虑,有的厂家采用双微机控制的方式,是一种好的思路。也可用硬件上的其它方法。算法上多重化计算及闭锁也很重要。

计算方法大体有两种,一是硬件整形脉冲比相的方法,一是通过采样点比较幅值和相位的方法。两种方法各有利弊,互相配合能产生完善而稳定的效果。

常规采用的通过实时采样点作幅值矢量差来推算相角差的方法有如下三个原理性缺陷:1) 两路输出幅值不同时,直接计算误差大;2) 因为两路电压的频率不同,同步采样点的差并不是实际幅值的差,原理上有误差;3) 分析一下下面公式,

$$u_A - u_B = A [\sin(2 f_1 t + \varphi_1) - \sin(2 f_2 t + \varphi_2)] = 2A \sin \frac{2(f_1 - f_2)t + (\varphi_1 - \varphi_2)}{2} \cdot \cos \frac{2(f_1 + f_2)t + (\varphi_1 + \varphi_2)}{2}$$

上式第一项是两个电压波形直接叠减后的波形包络线,常规算法就是对该项的预测。由上式可清楚看出其是按正弦波形变化的,不是线性预测。大频差时预测算法会带来误差。

采用直接计算相角差的方法可以叫做直接法,频差固定时,相角差的变化是线性的,预测容易得多,也更加准确。预测算法采用最小二乘法抗干扰性能会大大提高。测点间距、拟和数据窗的推移等需要根据实际情况确定。另外对与调幅、调频同时进行的发电机并网同期,其预测算法是一个二阶甚至更高阶的问题,要采用微分、积分等算法。

## 2 电压无功综合自动控制

### 2.1 VQC 控制特性及控制模式的思考

相对于同期合闸,VQC 则是一个时刻运行的、以整个变电站为对象的、相对慢速的控制系统。其控制策略复杂,对出口的实时性要求不高,但对闭锁的响应要求快速、完备。

现有的 VQC 实现方式概括起来有 3 种:后台软件 VQC、主控单元网络 VQC、独立硬件的 VQC<sup>[2]</sup>。

后台软件 VQC 系统:将控制策略全部放在后台

的监控主机中,通过各间隔层的测控单元获取数据,微机中 VQC 软件模块根据实时数据判断并发控制命令,由相应测控单元执行。优点是人机界面友好,方便调试和维护。

主控单元网络 VQC 系统:将控制核心下放到间隔层,由单独的 CPU 完成,但其 IO 的输入输出仍由间隔层 IO 测控模块完成。优点是网络数据的得到更直接,闭锁速度较第一种方式快。但界面一般较差,维护和设置不会太轻松。

独立硬件 VQC 系统:不依赖其他装置,本身溶输入输出与策略判断为一体。好处是闭锁速度最快,从闭锁的角度讲可靠性最高。但需要重复铺设大量的电缆,信号重复采集。

用户选择时,既觉得独立硬件的 VQC 系统造价高、多拉电缆,又担心网络型 VQC 产品的可靠性。当网络型 VQC 发出控制出口命令后,如这时发生主变保护或电容器保护动作等需闭锁的情况,无法弥补这个时间差。

把控制策略放在 PC 机中,而把闭锁策略放在相应的测控单元中,即后台控制 + 闭锁,间隔层闭锁。通过软 PLC 功能将需要的闭锁条件输入 IO 装置中,对后台发来的控制命令不是即刻执行,而是通过自身的闭锁逻辑检查,出口条件满足才能出口,这样既保证了实时的闭锁速度,又保证了后台策略的丰富。

### 2.2 运行方式的自动识别

变电站运行方式会随着负荷和设备状况调整,这就要求 VQC 要自适应跟随运行方式的改变,作出不同的控制策略。对不同的变压器组数、不同的一次接线方式,由母联、分段、桥开关、变压器的组合可以有多种接线方式,不同方式控制策略不同,这里面有一个模式识别的问题。本文提出的识别方法不仅应包括母联、分段等的辅助触点的开入量;还包括母联、分段上的电流、相角等交流量。

## 3 备用电源自动投入

### 3.1 可编程 PLC 功能的应用

由于备自投方式较多,不可能每种情况作一种装置,这就要采用相同硬件基础上的软件 PLC 功能:通过装置内嵌的 PLC 解释软件解释由外部对自投逻辑的重新编排,现场可设置。

### 3.1 备自投与同期功能的融合

这点在备自投装置中考虑较少。文献[3]中研究的系统备投 110kV 的母联分段,在其旁母上挂接

的几条线路与远端的水电厂相联。这样当某段母线上失电时,分段的备自投并不能直接将备用电源投入,因为备自投装置无检同期功能;而设置在与水电厂相联出线的断路器的测控装置具有检同期合闸功能。该文采用了如下方式:即先断开与水电厂连接的线路,再启动备自投,然后再逐个通过检同期合上各条与水电厂连接线路。如果将同期功能集成在BZT装置中,则只需要在备自投的过程检同期合闸就行了,简化操作。

### 3.3 厂用电快速备自投

在火电厂的厂用电切换过程中,备投就是一个快速备自投的问题。在工作电源消失后,大容量的旋转机械使母线上电压的衰减是个逐渐下降的过程,并不是立即消失。由于电动机群的情性作用,残压的幅值和频率是变化的,备用电源投入中,也存在一个最佳合闸时机的问题。一般最佳投入时间为失电后第一次的30°角差范围内,对装置来说快速地处理器DSP及快速出口继电器的选择就很重要了。在失去第一次快速备自投入的机会后,等待下一次合闸时机又是同期的问题。

## 4 小电流接地系统的接地选线

100%的准确选线是个困扰多年的难题。常规的集中式选线装置的问题是:1)多拉电缆;2)可能要改造CT;3)只引入零序电流,分析要素少,准确度低;4)不符合变电站自动化分布式的设计思想。

中性点经消弧线圈接地系统,零序电流与零序电压的夹角方向没有明确的反向关系,较难检测;5次谐波方法又存在信号小、信噪比低,准确度差的问题。

文献[4]中提供了一种SIEMENS公司高灵敏接地保护的检测原理,可以借鉴。它的判断依据是零

序有功和零序无功的方向及大小。其长处是充分利用了零序电压、零序电流的方向和幅值,利用不同形式的点积来分析问题。SIEMENS在信号的处理、TA误差角的补偿等方面作了很多工作,来弥补一次系统信号弱的问题。

SIEMENS仍是从二次侧考虑,二次不足一次补,能够更好地解决这个问题。例如很多站中已装设自动调谐线圈,将自动消谐与接地选线做在一起可以更好。在调谐的过程中,只有接地线路的零序电流改变,而非接地线路中流过的仍是容性电流,采用简单的差分技术就可准确分辨出故障线路。没有加装可调谐线圈的站中,可在消弧线圈与地之间串接一个功率电阻,平时用一对动断触点将其并联掉,当检测到接地( $3U_0$ 启动)时,断开常闭触点,串入电阻,改变流过消弧线圈到地的阻性电流分量,只需串入0.5s的时间,即可判断出接地线路;此法准确实用,但需要改造一次设备。

### 参考文献:

- [1] 钱晟,汪福明,黄立军.智能双微机自动准同期装置的设计[J].电力系统自动化,1999,(14).
- [2] 严浩军.变电站电压无功综合控制策略的改进[J].电网技术,1997,(10).
- [3] 王风华.列西变110kV系统备用电源自投方案研究[J].电力自动化设备,2000,(12).
- [4] 曹团结,诸伟楠.西门子高灵敏接地保护装置的原理分析及应用[J].电力系统自动化,2001,(2).

收稿日期:2001-06-27; 修回日期:2001-08-15

作者简介:王立宁(1971-),男,博士,研究方向为电力系统厂站自动化;张忠宇(1965-),男,大学本科,研究方向为电力系统厂站自动化;刘志军(1973-),男,工程师,研究方向为电力系统厂站自动化。

## Discussion on the key technology on the security automation device for substation automation system

WANG Li-ning, ZHANG Zhong-yu, LIU Zhi-jun

(Yantai Dongfang Electronic Industry Group, Yantai 264001, China)

(上接第18页)

## Discrimination of critical machines in GPS measurement technology

XUE Fei, CHEN Yun-ping

(Wuhan University, Wuhan 430072, China)

**Abstract:** A new approach for on-line recognition of critical machines in the investigation of power system stability is presented. It is based on GPS phasor measurement technology and takes use of the rotating speed increment of generator rotor and prediction of power angle curve to recognise the critical machines. It offers information of reference for individual machine energy function to promote this method being used on line. After simulation test, we can get satisfactory result.

**Key words:** GPS; critical machine; energy function; transient stability