

# 功角测量系统及其在动模实验室中的应用

孟昭勇 梁 军 张志峰 李仁俊 山东工业大学 (250061)

**【摘要】** 介绍了利用全球定位系统(GPS)组件构成的相角测量单元及相角测量系统,并在此基础上提出动模实验室动态稳定监视与试验用的相角测量系统。

**【关键词】** 全球定位系统 相角测量单元 功角测量

## 引言

电压中枢点的电压相量是电力系统中重要的状态量,对这些量实时准确地测量并用于电力系统稳定性监视与控制具有非常重要的意义。由于电力系统跨越地域宽广,多端电压相角测量系统对时间基准及通信通道要求较高,这限制了相角测量系统在电力系统中的应用。随着全球定位系统(GPS)的建立以及微波通道、光纤通道在电力系统中的广泛应用,相角测量系统建立的条件已经具备。国外已经进行了利用GPS同步时钟等组件构成相角测量单元来测量系统中枢点电压相角的试验。本文介绍了相角测量组件的构成及利用它构成角度监视系统的方案,并在此基础上提出在动模实验中用于动态稳定监视的相角测量系统及试验结果。

## 1 相角测量单元及相角测量系统介绍

国外早自90年代已研制出利用GPS等组件构成的相角测量单元PMU,并利用它组成相角测量系统进行了现场试验,在此对PMU及相角测量系统作简单介绍。

### 1.1 相角测量单元(PMU)

PMU是一多功能信号采集系统,不仅要完成对电压相角的实时测量以获得参考相位角,还能实现对电压、电流、有功、无功的实时测量与计算,最后将数据帧送调度中心。相角测量单元的构成如图1所示,由以下主要部

分组成:

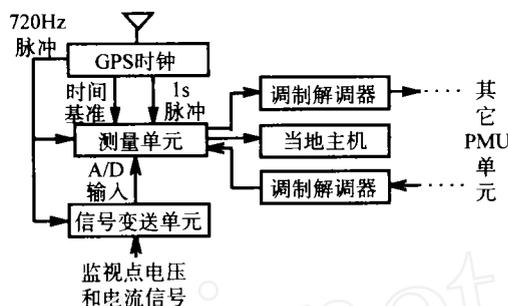


图1 相角测量单元(PMU)的构成

\* GPS时钟接收模块:接收GPS标准时间,发秒脉冲给微处理器模块,用于同步测角参考时间。

\* 信号变送模块:对监视点的交流电压、电流等信号进行滤波、A/D转换,转换后的高精度数字信号送入微处理器单元。

\* 微处理器模块:包括图1中测量单元和当地主机,负责计算相对于GPS同步参考时间的电压相角值及有关电量有效值,加上同步时间构成数据帧,传送给通信模块。

\* 通信模块:其结构视通道介质而定,若为微波通道可通过数字口直接接入数字通道,若为光纤通道需通过光端机接入。

相角测量的误差由时钟误差,算法误差,PT、CT非线性以及信号的噪声和谐波引起的误差组成。由于高压输电系统的电量含有大量的噪声及谐波,它们对测量的精度产生很大影响,需要对输入信号进行滤波处理,图2所示为PMU采用的高精度输入电路,具体论述见文献<sup>[1]</sup>。

### 1.2 相角监视系统

1997-12-02 收稿

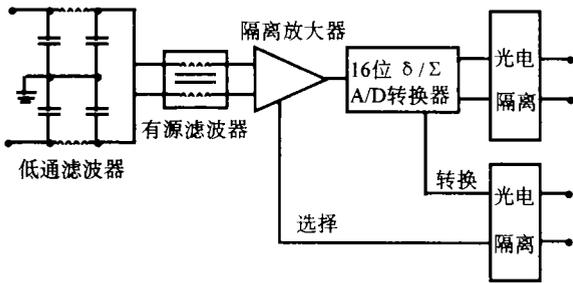


图2 高精度输入电路

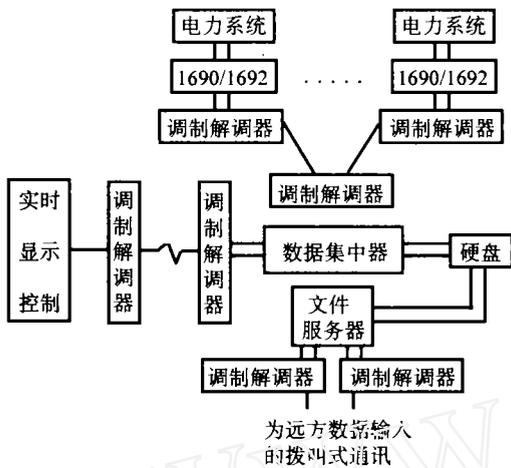


图3 角度监视系统

图3所示为相角监视系统，它由装在各电压检测点的相角测量单元（PMU）1690/1692、调制解调器、通信通道、数据集中器、文件服务器等构成。如1.1节所述相角测量单元（PMU）将采集的各测点的参考相位角及有关电量有效值加上时间标志构成数据帧，以每周波一次的速率通过微波或光纤通道送调度中心。由调度中心的数据集中器对接收量进行标度和数据存盘等处理，然后通过高速网络送调度监视机及EMS系统。调度监视机完成对角度等数据的处理并用于对系统稳定性的正常监视及扰动过程记录，EMS系统将测得角度状态量用于高级应用软件分析。

## 2 动模实验室功角测量系统

同步发电机并网运行后，其功角 $\delta$ 是用来观察和判断该机组和电力系统并列运行稳定性的一个很重要的状态变量，基于GPS的相角

测量系统同样能够用于发电机组功角测量系统的研究。所不同的是在动模实验室中被测母线电压或发电机内电势相量可以直接引入测量系统。如图4所示测量系统以系统电压过零点作为参考时间，以替代GPS时钟进行相角测量，发电机内电势 $\dot{E}_q$ 的相位是由磁阻传感器信号经滤波整形输入计算机再同时间基准比较、计算而获得的。由于整个系统取同一个时间基准，因而可以获得任意两台机组之间的相位差。测量系统还实时计算了发电机支路的电压、电流、有功、无功。系统功能及构成非常类似于上述的基于GPS同步时钟的相角测量单元及系统，在动模室利用功角测量系统可对电力系统稳定性试验进行观察和研究。

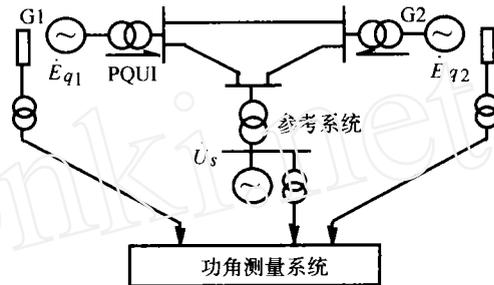


图4 功角测量系统接线

### 2.1 功角及电气量测量原理

功角 $\delta$ 是指发电机内电势 $\dot{E}_q$ 与电力系统参考母线电压相量 $\dot{U}_s$ 之间的相角差，由于相量 $\dot{E}_q$ 是无法直接测量的，可通过磁阻传感器信号及比较相位法实现功角 $\delta$ 的测量，其工作原理参考文献<sup>[4]</sup>。

利用交流采样信号计算电量的方法很多，本文选用文献<sup>[3]</sup>推荐的方法，以满足快速性与精度的要求，现给出 $U$ 、 $I$ 、 $P$ 、 $Q$ 的计算公式如下：

$$U = \sqrt{1/N \sum u^2(n)} \quad (1)$$

$$I = \sqrt{1/N \sum i^2(n)} \quad (2)$$

$$P = 1/N \sum u(n) * i(n) \quad (3)$$

$$Q = \sqrt{U^2 I^2 - P^2} \quad (4)$$

利用式(1)、(2)可计算出各相电压电流有效值，利用式(3)、(4)计算各相有功、无功，

然后代数相加获得总功率。式中  $N$  为每周波采样点数，为提高测量精度，本系统中每周波采样 64 点。

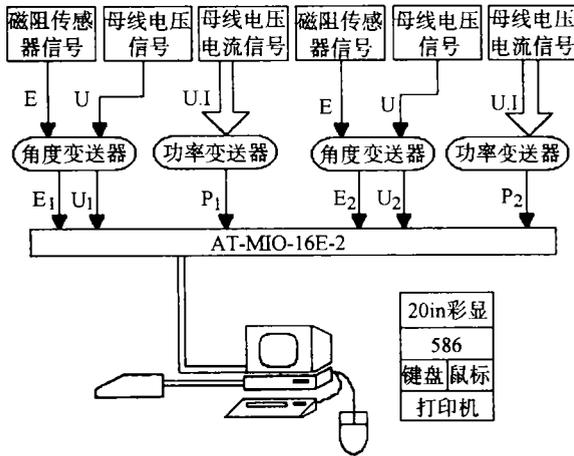


图5 硬件框图

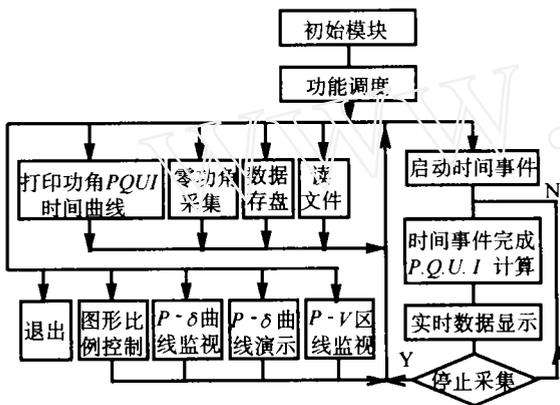


图6 软件流程

### 2.2 硬件结构

功角监视系统由三部分组成：信号变送与调理、多功能信号采集板和 PC586 监视计算机。

多功能信号采集板：选用美国国家仪器公司生产的 AT-MIO-16E-2 高速多功能采集板，本采集板具有 16 路 12 位 A/D 通道扫描率为 500kC，2 路 12 位 D/A 通道，8 路开关量 I/O，两路 24 位时间计数器，记时精度可达 10ns。AT-MIO-16E-2 板配合 NI 公司软件可实现灵活的通道设置、高速高精度数据采集功能。

信号变送与调理：反映发电机内电势  $E_q$  相位角的磁阻传感器信号和系统基准电压  $\dot{U}_S$  经滤波和整形后送入 AT-MIO-16E-2 多功能采集板的 PWM 通道，而被测母线电压与线路电流信号经差分通道送入多路采集板的 A/D 通道。

PC586 计算机：实现数据采集处理和图形监视。

### 2.3 软件功能介绍

功角测量系统软件是选用 NI 公司工具软件 Labwindows/CVI 用 C 语言开发的图形化虚拟仪器，具有友好、直观、易操作的 MMI 和 GUI 图形界面。软件流程如图 6 所示，软件启动后完成初始化进入功能调度，根据进行的试验内容选择相应的功能模块和执行相应功能，现就动态监测模块和功角特性监视模块说明如下：

动态监测模块主要可实现对两台发电机的动态参数 ( $P, Q, U, I, \delta$ ) 进行实时显示和记录，对录取波形可处理、存储、拷贝、打印和重现等。

功角曲线监视模板如图 7 所示，该模块主要对发电机的功角特性 ( $P, \delta$ ) 进行实时显示、记录并打印。

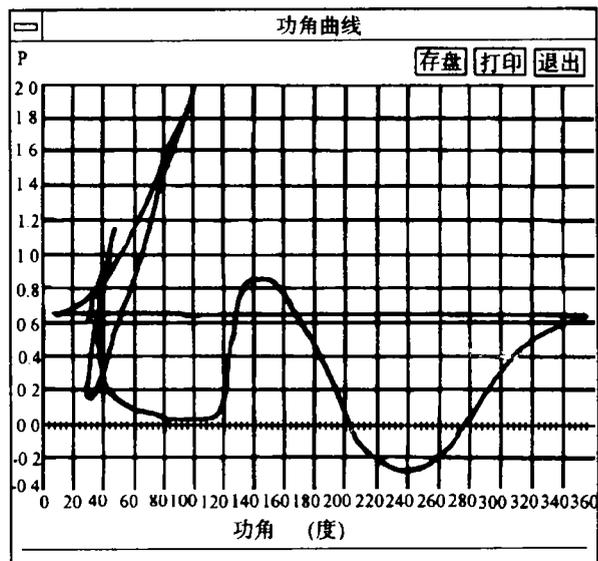


图7 功角曲线监视窗口 (下转 37 页)

重视“接地”问题对减少装置故障率甚至在一定程度上弥补厂家的不足都有十分重要的作用。要想减少保护装置故障对电网安全的影响,还必须加强运行管理,使运行单位对装置异常做到“闻风而动,手到病除”。

2.2 在计算机技术已普遍用于继电保护领域的今天,在现场从器件层次上处理装置异常,不但处理时间长,降低保护的投运率,威胁电网的安全与稳定,而且有时几乎根本不可能。必须采取与此相适应的“备插件”制度。

2.3 进一步提高继电保护人员的技术水平,增强装置故障诊断手段,运用现代化仪器分析、处理各种装置故障是缩短故障处理时间、提高缺陷处理一次成功率的技术基础。

2.4 在新装置不断推出,装置单价日益上升的今天,按“分级储备、集中管理、分散存放、互剂互助”的原则,建立起备品备件网络,是减轻基层单位负担、提高资金利用率、最大限度地提高保护装置投运率的物质基础。

## STATISTICAL ANALYSIS ON ANOMALOUS OUTAGE OF PROTECTIVE RELAYS IN HEBEI SOUTHERN ELECTRIC NETWORK

Zhao Zigang, Zhao Chunlei, Zhu Hui (Hebei Electric Power Dispatch and Communication Bureau, 050021, China)

**Abstract** Basing on the statistical data of anomalous outage of protective relays in 220kV system of Hebei Southern network, the data of different relays are compared and the causes of relay's faults are analyzed. Finally, the actual measures to minimize relay's fault rate and fault processing time are presented.

**Keywords** protective relay anomaly statistical analysis

(上接 29 页)

### 3 实验结果

图 7 所示曲线为发电机出口三相短路后的功角特性曲线。图 7 为动态功角特性,它们所记录的曲线能非常直观地显示出发电机在大扰动后的失步过程并经过第一滑差周期又自动拉入同步的情况。利用该功角测量系统作了大量试验,表明它可用于系统稳定性试验与研究中。

### 4 结论

角度监视系统的实验室仿真系统——功角测量系统能很好地实现对发电机功角及电量的快速准确的测量,此系统人机界面良好,功能

强大,可用于广泛的电力系统稳定性监视与控制的研究,以及电力系统教学工作中。

#### 参考文献

- 1 Charles Slivinsky and Stewart Station. Phase angle measurement applications a new transducer that measures state variables in real time. 19th Annual Western Protective Relay Conference, 1992, 10: 1 ~ 11.
- 2 Fardanesh B, Henderson M and Ibrahim M. Current and future users of a phasor measurement system on the New York state transmission network. IEEE/PES Winter Power Meeting 1993. 1: 1 ~ 9.
- 3 李仁俊. 电力系统动态电量的实时测量及快速电量变送器. 电力系统自动化, 1991. 6: 27 ~ 31
- 4 张志峰. 发电机功角测量系统的研究. 济南: 山东工业大学硕士论文, 1995. 5

## POWER ANGLE MEASURING SYSTEM AND ITS APPLICATION IN DYNAMIC MODELLING LABORATORY

Meng Zhaoyong, Liang Jun, Zhang Zhifeng, Li Renjun (Shandong Industrial University, 250061, Jinan, China)

**Abstract** The phase angle measuring unit and phase angle measuring system which are composed of GPS module are introduced in this paper. Basng on this, a phase angle measuring system used for dynamic stability monitor and test in dynamic modelling laboratory is presented.

**Keywords** GPS phase angle measring unit power angle measurement