

新型双微机自动准同期装置的设计

商建锋

(河北工业大学 电工厂, 天津 300130)

摘 要: 介绍一种新型双微机自动同期装置, 它含有两块独立的控制单元, 一块完成同期点的预报及发电机电压、频率的调节, 另一块完成同期闭锁功能。该装置利用恒定导前时间同期原理预报同期点, 采用 PD 控制方法调节发电机电压和频率, 具有录波及数据存储功能和友好的人机界面, 以及标准的 RS-485、CAN、以太网通信接口。

关键词: 自动准同期; 双微机; 以太网

中图分类号: TM762 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-6540(2009)07-0010-03

Design of New Type Automatic Quasi-Synchronization Device Based on Double Microprocessors

SHANG Jian-feng

(Electrical Equipment Factory, Hebei University of Technology, Tianjin 300130, China)

Abstract: A new type automatic quasi-synchronization device based on double microprocessors is introduced, it is made up of two independent control unit, one control unit accomplishes the forecast of synchronization and regulates the generator's voltage and frequency, another control unit performs the blocking function. Constant time lead principle is used to forecast the synchronization time, PD control method is used to regulate the generator's voltage and frequency, it has recording function and data storage function and a set of friendly designed MMI, it has RS485, CAN, Ethernet communication interface.

Key words: automatic quasi-synchronization; double microprocessors; ethernet

0 引 言

同期并列操作是电力系统中频繁而又重要的操作, 随着发电机单机容量的增加, 并列操作所担负的责任更加重大, 对自动准同期装置的准确性和可靠性有了更高要求。随着发电厂自动化程度的提高, 尤其是无人值班、少人值守的电厂对自动准同期装置的通信功能也有了更高的要求。因此, 研究一种高性能、高可靠性、多功能、网络化的自动准同期装置具有重要意义。本文介绍了一种新型双微机自动准同期装置, 该装置能够快速、准确地实现发电机并列操作, 不仅具有较高的可靠性, 及录波、数据存储功能, 还具有友好的人机界面和强大的通信功能。

1 设计原理

1.1 准同期并列基本条件

- (1) 待并发电机和系统相序相同。
- (2) 待并发电机电压 U_g 和系统测电压 U_s 之差 $U = -U_g - U_s - < 5\% U_{s0}$ 。
- (3) 待并发电机频率 f_g 和系统测频率 f_s 之差 $f = -f_g - f_s - < 0.5\% f_{s0}$ 。
- (4) 在并列断路器主触头闭合瞬间, 发电机与系统电压相位差小于 10° 。

1.2 待并发电机电压、频率调节方法

待并发电机的电压和频率的调节采用 PD 控制原理, 实时跟踪发电机进行调节, 以系统电压 (频率) 为给定值, 以发电机实际输出为反馈, 通过 PD 运算得出控制量, 并生成变频变宽的调节脉冲, 控制发电机励磁调节器 (调速器) 进行增减电压 (频率)。PD 算法的一般模型为:

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + \frac{T_D}{dt} \frac{de(t)}{dt} \right]$$

式中: K_p ——比例增益;

T_I ——积分时间常数;

T_D ——微分时间常数;

$u(t)$ ——控制量;

$e(t)$ ——电压(频率)偏差值。

K_p 、 T_I 、 T_D 均可通过装置的人机界面进行修改,对于不同机组的 K_p 、 T_I 、 T_D 可通过试验确定。

1.3 同期点预报原理

从同期装置发出合闸信号到断路器主触头闭合需要经过一段时间,这段时间称为合闸导前时间。因断路器的构造原理等的不同,合闸导前时间的长短存在较大差异。本装置采用恒定导前时间同期点预报原理,根据合闸导前时间和断路器两侧电压的滑差变化率计算合闸导前相角,同期装置在此导前相角发出合闸信号,合闸导前相角计算公式为:

$$\theta_{dq} = 2\pi\Delta f t_{dq} + \frac{1}{2} \frac{2\pi d\Delta f}{dt} t_{dq}^2$$

式中: θ_{dq} ——导前相角;

Δf ——断路器两侧频率差;

t_{dq} ——合闸导前时间;

$2\pi\Delta f$ ——计算点的滑差角速度, $2\pi\Delta f$ 可以通过式(1)计算。

$$2\pi\Delta f = \Delta\delta_i / \Delta t = (\delta_i - \delta_{i-1}) / \Delta t \quad (1)$$

式中: δ_i 、 δ_{i-1} ——相邻两点的相角值;

Δt ——两计算点间的相隔时间。

同期装置在进行本点 δ_i 计算时,同时对下一点的 δ_{i+1} 进行预报,预测最佳合闸导前角是否介于两者之间。在到达最佳合闸角时发出合闸信号,确保断路器合闸瞬间两侧电压相角差接近于零。

1.4 同期合闸闭锁

非同期并列会对发电机和电网造成很大的冲击,为确保系统安全稳定运行,同期装置需要采取有效的合闸闭锁措施。本同期装置采用主、辅两个控制单元,两个控制单元同时测量断路器两侧的电压、频率和相位。其中,主控制单元根据电压、频率的偏差调节发电机组的电压和频率,当电压差、频率差和相位差都满足并列条件时,预报同期点,发出合闸信号;辅控制单元监测压差、频率差和相位差,当某个条件不满足并列要求时,发出闭锁信号。主、辅控制单元输出的合闸信号相“与”后有效,能够有效避免非同期并列。

2 硬件设计

同期装置具有主、辅两个控制单元,分别采用独立的硬件设计,完全独立运行。控制单元以 dsPIC30F6014 数字信号控制器(DSC)为控制核心,采用非易失性电存储器存储同期参数和同期数据,确保装置掉电后数据不丢失;高精度实时时钟芯片,准确记录同期时刻;192×128点阵中文图形液晶显示器和薄膜键盘,具有友好的人机界面,以及 RS-485、CAN 和以太网三种通信方式。硬件结构如图 1 所示。

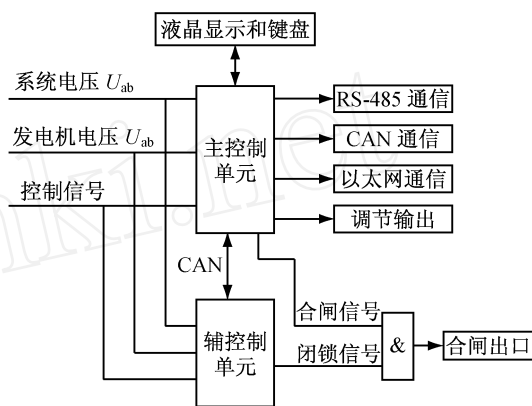


图 1 自动准同期装置硬件结构图

3 dsPIC30F6014 数字信号控制器

dsPIC30F6014 DSC 是单片嵌入式控制器,它集成了单片机(MCU)的控制功能以及数字信号处理器(DSP)的计算能力和数据吞吐能力,运算速度可达 20 和 30 MIPS,配备自编程闪存,并能在工业级温度和扩展级温度范围内工作。以 16 位单片机为核心的 dsPIC30F6014 DSC 不仅具有功能强大的外围设备和快速中断处理能力,还融合了可管理高速计算活动的 DSP 功能。CPU 模块采用 16 位(数据)改良的哈佛架构,并带有增强型指令集包含对 DSP 的有力支持。CPU 拥有 24 位指令字,指令字带有长度可变的操作码字段。程序计数器(PC)为 24 位宽,可以寻址高达 4M×24 位的用户程序存储器空间。单周期指令预取机制用来帮助维持吞吐量,并提供可预测的执行。配备 144 K 字节增强型闪存及 8 K 字节静态 RAM,8 K 字节 EEPROM,能支持大型的复杂应用。dsPIC 系列产品与现有嵌入式系统不同,系

统集成了振荡器、低电压检测、看门狗定时器,产品无需使用额外的元件,可降低主板面积和系统成本,为嵌入式系统提供了单一芯片解决方案。此外还具备一系列片上功能,包括 I/O 端口、定时器、输入捕捉、输出比较、UART、12 位 A/D 转换器、SP 接口、I²C 接口及 CAN 通信等模块。

3.1 电压测量

系统电压和发电机电压的测量采用交流采样的方法,发电厂提供的电压为 0 ~ 100 V 交流电压,需要通过高精度电压互感器降压,再通过信号调理电路将电压转换成 0 ~ 5 V 单极性正弦波形电压,然后再送到微处理器进行 A/D 采样,采用硬件同步采样法,用锁相环路来控制采样的定时和速率。dsPIC30F6014 DSC 具有 16 路 12 位模数转换器,能够将模拟信号转换成 12 位数字信号,最大采样速率为 200 kps,dsPIC30F6014 DSC 还具有 DSP 的计算能力和数据吞吐能力,能够采用快速傅里叶变换 (FFT) 算法快速准确地计算电压幅值。采样原理如图 2 所示。

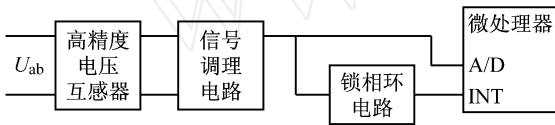


图 2 电压交流采样方法

3.2 频率测量

系统电压和发电机电压经过整形电路转换为 0 ~ 5 V 方波信号,再输入至微处理器的输入捕捉模块,dsPIC30F6014 DSC 的输入捕捉模块可以准确记录方波上升沿或下降沿的时间,然后计算频率和相角。如图 3 所示,只要测得连续两个方波上升沿或下降沿的时间,即可算出方波的周期和频率,根据系统电压和发电机电压的方波,可以计算出实际的相角差和滑差变化率。

系统电压 U_s 连续上升沿时刻为 t_{s1} 和 t_{s2} ,发电机电压 U_g 连续上升沿时刻为 t_{g1} 和 t_{g2} ,则有:

$$T_s = t_{s2} - t_{s1}; \quad f_s = 1/T_s;$$

$$T_g = t_{g2} - t_{g1}; \quad f_g = 1/T_g;$$

$$\Delta f = f_s - f_g; \quad A_\theta = d\Delta f/dt$$

$$\theta = 2\pi(t_{g1} - t_{s1})/T_s。$$

式中: T_s, f_s ——分别为系统周期和频率;

T_g, f_g ——分别为发电机周期和频率;

$\Delta f, A_\theta$ ——分别为频率差、滑差变化率;

θ ——相角差。

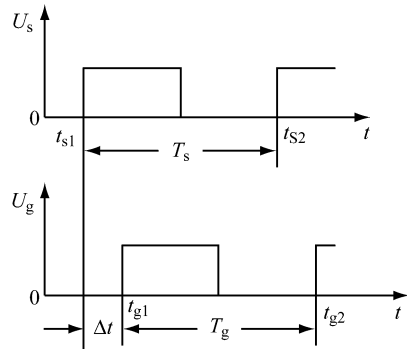


图 3 频率和相角测量图

3.3 数据存储和录波

铁电存储器是一种新型非易失性存储器,具有读写速度快、无限次擦写、低功耗、存储容量大等优点。本装置采用串行 SPI 接口的铁电存储器,用于存储同期参数和记录录波数据,采用高精度实时时钟芯片,能够准确记录合闸时刻,并将同期时刻记录到存储器中,同时记录同期前后各 10 s 的发电机电压波形,录波的采样时间为 4 ms,这些数据可以用通信的方式传送至电厂的 DCS 系统。

3.4 液晶显示

本装置采用 192 × 128 点阵中文图形液晶显示模块,该模块不仅可以显示单一的文本、图形,还可以实现双图层的合成显示,文本模式下能够实现大小字体的混编。菜单设计简明清晰,人机界面友好,利用键盘可以很方便地查看实时数据、定值修改和数据记录检索等操作。

3.5 通信设计

本装置支持 RS-485、CAN、以太网 3 种通信方式。RS-485 通信方式遵守 MODBUS RTU 协议,设备地址、传输方式和波特率可以通过显示器修改,其中波特率 1 200 ~ 19 200 bit/s 均可设置。CAN 通信方式支持 CAN2.0A 协议,波特率最大可设置为 1 Mbit/s。以太网通信方式支持 TCP/IP 协议,可以直接与计算机网络连接,这使得同期装置与电厂 DCS 系统连接更为简单,数据交换更为方便。

(下转第 18 页)

定子铁心的另一端进入接线盒)。

观察三次谐波线圈感应的三次谐波电势：

$$\begin{aligned} E_{3Ak} = & E_{3Aa} + E_{3Ab} + E_{3Bb} + E_{3Bc} + E_{3Cc} + E_{3Cd} + \\ & E_{3Dd} + E_{3De} + E_{3Ee} + E_{3Ef} + E_{3Ff} + E_{3Fg} + E_{3Gg} + \\ & E_{3gI} + E_{3Hh} + E_{3Hi} + E_{3Ii} + E_{3Ij} + E_{3Jj} + E_{3Jk} + \\ & E_{3Kk} = E_{10} (1 \quad 0^\circ - 1 \quad 210^\circ + 1 \quad 60^\circ - 1 \\ & 200^\circ + 1 \quad 50^\circ - 1 \quad 190^\circ + 1 \quad 40^\circ - 1 \\ & 180^\circ + 1 \quad 30^\circ - 1 \quad 240^\circ + 1 \quad 20^\circ - 1 \\ & 230^\circ + 1 \quad 10^\circ - 1 \quad 220^\circ + 1 \quad 0^\circ - 1 \\ & 210^\circ + 1 \quad 60^\circ - 1 \quad 200^\circ + 1 \quad 50^\circ - 1 \\ & 190^\circ + 1 \quad 40^\circ) = E_{30} (17.10 + j9.87) = \\ & 19.74E_{30} \quad 30^\circ \end{aligned}$$

从三次谐波电势的输出值来看,量值大,效果非常理想。

(上接第 12 页)

4 软件设计

软件设计是同期装置设计中最重要的部分之一,其主要实现信号采集、同期点判断、电压和频率调节及最终发出合闸命令等功能。软件流程如图 4 所示。在接到同期命令后,先将同期的参数从存储器中读出,并且判断这些参数是否为安全值,防止装置在误操作后按错误参数运行。然后,对电压、频率和相位差进行采集,经过与设定的参

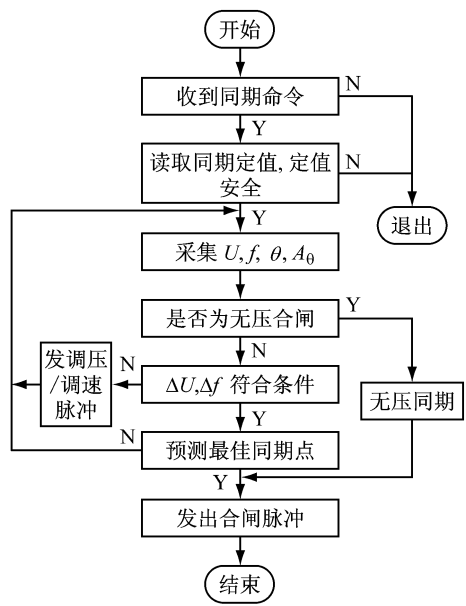


图 4 软件框图

5 结 语

三次谐波线圈及基波励磁线圈的设计,要求设计者利用主绕组线圈空出的槽空间,合理地安放线圈以获得设计所需感应电势。设计者可按照上述布线原则灵活运用,权衡利弊,通过相量计算,使三次谐波线圈满足励磁调节器设计的要求。

【参考文献】

[1] 冯欣南. 电机学 [M]. 北京:机械工业出版社, 1985
[2] 殷洪海. 采用 TCA785 移相触发集成电路组成三次谐波无刷同步发电机励磁调节器 [J]. 电机与控制应用, 2006 (2): 42-46

收稿日期: 2008-07-16

数比较,如 U , f 不符合条件,则发调压或调速脉冲,对发电机进行调节;如果 U , f 符合条件,则再根据滑差变化率预测同期点。如果此刻为最佳同期点,则发出合闸信号进行合闸,如果不是最佳同期点,则返回。

5 结 语

本文所提出的双微机自动准同期装置经过现场调试运行,通过多次并网试验证实:该装置采用具有 DSP 功能的 dsPIC30F6014 DSC,其性能高、计算快速准确,能够保证同期合闸角的精确计算;具有两个控制单元同时工作,保证同期并网的高可靠性;在频差、压差满足并网条件后,利用恒导前时间和滑差变化率计算合闸导前相角,可以快速可靠地捕获合闸时刻;能够较好地完成同期录波,友好的人机界面和强大的通信能力更使得这种准同期装置具有很好的应用前景。

【参考文献】

[1] 邓振利,姜杰,唐昆明,等. 基于双处理器的自动准同期装置设计 [J]. 继电器, 2006, 34 (21): 46-48
[2] 郭建,周斌. 新型微机自动准同期装置设计 [J]. 电力自动化设备, 2005, 25 (8): 77-80
[3] 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, 1997, 23 (14): 48-50
[4] 郭谋发,杨耿杰. 双微机协同工作的自动准同期并网装置的研究 [J]. 电气应用, 2005, 24 (9): 91-93

收稿日期: 2008-06-30