

一种新型的综合测控装置中同期功能的设计实现

李继晟, 郑蔚, 叶艳军

(北京四方继保自动化股份有限公司, 北京 100085)

摘要: 简要分析了两种并网操作即差频并网和同频并网的不同特征, 根据其不同特征总结了在实际并网时的识别判据以及此判据在测控装置中的具体实现。进而介绍了新型的基于网络化硬件平台的测控装置构架, 最后介绍了基于此硬件构架的同期功能实现方式。这种全新的设计构架有其较好的应用和学术价值。

关键词: 综合测控装置; 差频并网; 同频并网; 同期

中图分类号: TM76 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)05-0056-03

0 概述

随着电力系统的发展, 网络连接越来越紧密, 从而导致了不论是对发电厂中断路器的合闸操作还是在变电站中对断路器的合闸操作, 都越来越依赖于同期功能。系统中断路器的合闸操作按两并列系统之间的关系可分为两种并网方式——差频并网和同频并网。其中差频并网是指将两个在电气上没有联系的系统(或发电机)同步并网, 其特点是在参考侧和待并侧之间不仅存在着压差、相差, 同时也存在着频率差别, 在操作过程中也会存在滑差(即同步点两侧频差的时间变化率 $d f/dt$)。由于有频差的存在, 所以同期点两端的功角差处在一个动态变化过程中, 此时要求在电压、频率、压差和频差满足要求的前提下捕捉相角差为零的时机完成并网操作。而同频并网则是指同步点两侧的系统已经存在着电气联系, 只是通过操作再增加一条回路的操作。其主要特点是操作点两侧系统频率相同, 但可能存在一定的压差, 并且存在着一固定的相差。

伴随着用户对供电可靠性要求的提高, 网络结构的日趋紧凑, 同频并网在电力系统同期操作中越来越多。但由于我国电网长期以来运行于联系比较薄弱的状态, 在研制同期装置时比较注重差频并网, 而往往忽视了同频并网这一普遍且又越来越常见的并网形式。综合测控装置作为电力系统自动化重要组成部分, 配备完善的同期功能是实现变电站无人值守的必要要求。

鉴于电力网络系统的实际状况, 借鉴国内外综合测控装置的成功经验, 我们研制了基于网络化硬件平台的全智能化综合测控装置。本文介绍了该装置的工作原理和硬件结构。该装置凭借网络化的硬件平台, 在同期功能模块设计中作了尽量全面的考

虑: 在复杂的系统操作中既存在差频并网的可能又存在着同频并网的可能, 通过现场使用的不断完善, 同期功能模块已非常成熟。该功能不仅可以应用于线路的同期操作, 同时亦可以用于联络变压器这样不同侧存在着固有相角偏移的同期操作中。

1 设计思想及判据

综合测控装置是在系统处于正常运行状态时用来实现测量和控制, 该装置除了具备测量控制功能外, 同期功能是一必要的模块。其中的同期功能模块在接受合闸命令(来自就地或远方)后处于激活状态, 在合闸命令有效期内, 根据装置当时的运行工况(系统运行电器工况和装置自身的定值设置)选用不同的合闸判据, 执行相应的控制。根据合闸点两侧系统的情况可以将合闸操作分为检无压、检同期和捕捉同期三种方式。

1.1 检无压方式

检无压方式判据为:

- 待并侧与参考侧两者中最少有一侧无压 ($< 0.3U_n$), 并且也没有 PT断线信号;
- 在同期命令有效时间内 (0.5 s) 装置监测到的两侧电压状态均符合判据, 并且保持不变。

在符合上述两条件后装置执行合闸命令向断路器发合闸脉冲, 同时通过网络向远动端发同期成功报文, 否则发同期操作失败报文并附有两侧的电压值。

1.2 检同期方式

检同期方式判据为:

- 待并侧与参考侧两侧电压均正常 (电压 $> 0.9U_n$, $45 \text{ Hz} < f < 55 \text{ Hz}$, 且没有 PT断线信号);
- 两侧的压差和角度差均小于定值;
- 在同期命令有效时间内 (0.5 s) 装置监测到的两侧电压状态均符合判据, 并且保持前后一致。

在同时符合上述三条件后装置执行合闸命令向断路器发合闸脉冲,同时通过网络向远动端发同期成功报文。如果至少有一条件不满足,则装置不发合闸脉冲,同时向远动端发同期失败报文,该报文附有同期时的各侧电压值、功角差值,以便调度部门进行潮流调度,促成合闸成功。

1.3 捕捉准同期方式

捕捉准同期方式为:

- 待并侧与参考侧两侧电压均正常 (电压 $> 0.7U_n$, $45 \text{ Hz} < f < 55 \text{ Hz}$);
- 两侧的压差和频差均小于定值;
- 滑差小于定值。

在以上条件均满足的情况下,装置将根据当前的角差、频差、滑差及合闸导前时间来估计该时刻发合闸令后开关合闸时的角差,其中合闸角度的计算公式为:

$$\left| - \left[360 \cdot f \cdot T_{dq} + 180 \cdot \frac{d f}{d t} T_{dq}^2 \right] \right| \quad (1)$$

其中: δ 为两侧电压角度差, f 为两侧电压频率差, $d f/d t$ 为频差变化率, T_{dq} 为导前时间 (装置出口继电器动作到断路器合闸所需的时间)。(装置自动判断两矢量之间的变化过程,在两矢量相互接近的过程中作预期发令)如果在捕捉同期的时间范围 (可通过定值整定)内,捕捉到预期合闸到零角差的时机,装置执行合闸命令向断路器发合闸脉冲,同时通过网络向远动端发同期成功报文。如果在 a)、b)、c) 三项中至少有一项不合格或在同期捕捉时间范围内未捕捉到零角差合闸点,则装置不发合闸脉冲,同时向远动端发同期失败报文,该报文附有同期时的两侧压差、频差及捕捉到的最小角差。

2 同期功能的实现及应用

鉴于电力自动化的实际需要,基于先进的网络化硬件平台,以模块化的设计思路,研制出了新型的数字式综合测量控制装置。凭借灵活的可编程配置的软件模式,辅以高速、高可靠的通讯能力,很好地解决了电力自动化系统的要求。同期功能模块的灵活配置,可满足现场各种工况的需求。

2.1 装置硬、软件构架

高压系统的测控装置以面向间隔层为设计目标,该装置在硬件设计上基于网络化的硬件平台,每个硬件功能模块继承了总线不出芯片的设计理念,保证了每个硬件模块的高抗干扰高可靠性。同时正如文献 [1] 所述“网络化的硬件模块,使内部各硬件

模块均实现智能化”,从而使得硬件能够根据实用要求灵活组态,各种功能处理任务在不同的模块间合理地分配,最大限度地保证了功能处理上的独立性,从而克服了传统的硬件结构中各功能任务共享 CPU 而导致的相互影响的弊端,同时也克服了传统的多 CPU 方式中各功能 CPU 自成系统的缺点。该网络化硬件平台在最大可能保证其它功能不受影响的同时使得同期操作更加可靠准确。装置硬件框图如图 1 所示。

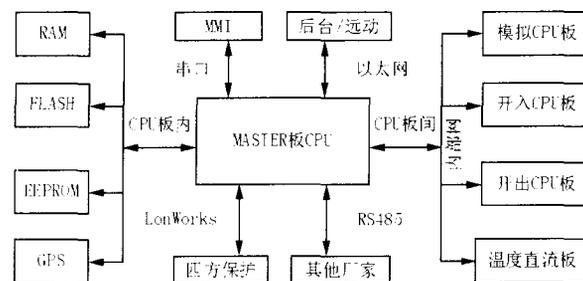


图 1 装置硬件组成框图

Fig 1 Hardware structure of the device

其中管理主板 (MASTER 板) 采用高性能的 32 位双核 MCU (Microprogrammed Control Unit), 各功能子模块采用总线不出芯片的高性能 16 位 MCU, 管理板与各功能模块之间通过高速且具有高可靠性、高抗干扰能力的现场总线接口。

软件设计方面,对各种运算模块按功能不同分类封装为功能模块,合理地分配到各功能插件中来完成,管理插件软件采用成熟的实时多任务操作系统 (RTOS - Real - Time Operation System) 完成功能的组态、通讯及人机接口任务;各功能插件软件采用高效率的 C 语言编程,通过内部网与管理插件及其它功能插件交换数据来完成本插件相关的功能。

在实际应用中利用辅助软件,根据现场要求采用梯形图方式编织逻辑等式,编译后下装到装置管理插件,实现了真正意义上的软件逻辑组态,从而满足现场千差万别的需要。各种功能所需的定值既可通过以太网在远方整定也可在本地 MMI 上的大屏幕液晶上整定。

这种灵活的硬、软件构架,真正实现了软、硬件的灵活组态,各功能插件可根据需要单独升级,是一种面向对象的设计方式,从而使得各功能可靠、速度、准确。

2.2 同期功能的实现

由于测控装置是一种控制终端,主要功能是采集系统信号 (遥测、遥信、遥脉等),执行控制命令。

同期功能是为了提高合闸质量的保证模块,所以该功能只有在装置接到合闸(远方或就地)命令后根据需要处于激活状态。在本测控装置中,同期功能模块是伴随着命令的执行过程分层次发挥作用,确保合闸的质量最高(及时、准确、最大可能)。

1) 命令解释层

该层次在本设计中主要是完成命令的解释。装置依据命令来源(远方、就地)获取对命令的附加限制条件,形成执行预令。装置通过运算 PLC 逻辑来实现本功能,在逻辑中各输入输出均以继电器的节点和线圈方式表示。根据现场需要编制相应的逻辑,依据不同的软、硬压板既可以实现同期合闸也可以实现非同期合闸。如图 2 为同期 PLC 逻辑。

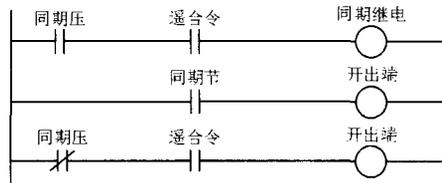


图 2 同期 PLC 逻辑图

Fig 2 PLC logic diagram of the synchronization

在同期压板投入时,当管理插件收到遥控命令 1(远方或就地)时,按照 PLC 逻辑要求,依据当前已投入的压板(软压板或硬压板)输出一个同期继电器,此同期继电器的性质包括同期方式及同期点号,完成同期继电器的封装之后,管理板 MASTER 向交流测量 A 板和开出 DO 板发出同期预令(有对同期操作的描述)。到此管理 MASTER 插件完成了对命令的解释、完善(现有的压板和人机互动)、转发,完成了任务的转移。

2) 条件的判断层

该层是同期功能模块对命令的处理层。A 板收到同期预令后翻译同期要求,实时监视系统运行情况并记录系统特征参数,根据定值判断是否具备同期条件,如果符合,发合闸执行令给开出板。否则组织同期失败报文,上报给 MASTER,由管理插件完成报文的转发(远方和就地)。从而完成了 A 插件在同期操作中的任务分工。

3) 机构的控制执行层

最终的合闸脉冲由开出插件执行。开出插件接到合闸命令后与预令进行比较,输出开出端子,完成同期合闸。报合闸成功报文。

在同期压板没有投入时,当收到远方遥控令 1 时,无需进行检同期操作,由管理插件直接发合闸命令给开出插件,输出开出端子,完成非同期合闸。

由于采用了分层分插件执行的软、硬件模式,保证了 CPU 处理能力的合理分配,大大提高了装置的准确实时性,同时也保证了同期合闸的成功率与准确度。在本设计中,A 插件进行同期判断时,检无压与检同期时间固定(0.5 s),捕捉同期时间可整定 20~160 s(步长 20 s),捕捉同期合闸角度误差小于 2.5°;同时在设计中考虑到联络变压器不同侧的同期问题,在定值中设有对待并测电压矢量进行角度矫正的定值。如:在发电厂的启/备变的同期配置中,变压器的三侧同期的参考点通常引自一点。譬如启/备变采用 Yy/D/y-11-10 接线组别的三绕组变压器,高、中压侧的电压相对于低压侧的电压来说分别滞后 60 和 30°;如果三侧的同期参考电压均来自 10 kV 侧的 U_{ca} ,对于这种变压器接线方式,为了使接入测控装置用来判断的两侧电压相位一致,在单片机处理中采用了移动相位的方法,对于中压侧同期时要做 30 相角矫正,高压侧要做 60 相角矫正。本装置设有矫正角度定值,范围 $-180^\circ \sim +180^\circ$;步长 30°;用户可自行整定转角度数。

3 结束语

该综合测控装置不仅适用于变电自动化系统,而且在发电厂中的启/备变及网络中的联络变压器的测控中亦能很好地满足同期功能要求。该装置已通过了电力科学院的形式实验,通过实际运行的效果证明该装置的同期功能配置灵活,使用方便可靠,能够适应电力系统的各种并网方式,精准地判断合闸时机准确合闸,大大提高了变电站和发电厂的自动化水平。

参考文献:

- [1] 张涛,刘建飞,张忠理,等.新型数字式保护网络化硬件平台的研究[A].第九届全国继保技术研讨会论文集.
ZHANG Tao, LU Jian-fei, ZHANG Zhong-li, et al. Newok Hardware Platform of the Digital Protective Relay and Integrated Control Device[A]. The 9th Chinese Conference on Power System Protection.
- [2] 王槐,邢素娟,刘万斌,等.同期装置测试设备及测试方法[J].电力自动化设备,2003,23(1):85-88.
WANG Huai, XING Su-juan, LU Wan-bin, et al. Test Equipment and Test Methods for Synchronization Devices [J]. Electric Power Automation Equipment, 2003, 23(1): 85-88.

(下转第 62 页 continued on page 62)

- 用 [M]. 北京:电子工业出版社, 2002
- YANG Le-ping, LI Hai-tao, XIAO Xiang-sheng, et al Program Design and Application with LabVIEW [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2002
- [6] 杨乐平,李海涛,赵勇,等. LabVIEW 高级程序设计 [M]. 北京:清华大学出版社, 2003
- YANG Le-ping, LI Hai-tao, ZHAO Yong, et al LabVIEW Advanced Programming[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2003
- [7] Dynamic Models for Steam and Hydro Turbines in Power

System Studies[J]. IEEE Trans, 1974, 89(1): 1904-1915

收稿日期: 2004-07-02; 修回日期: 2004-08-29

作者简介:

汪蓉(1979-),女,硕士研究生,研究方向为电力系统在线监测; E-mail: btus55@126.com

舒乃秋(1954-),男,教授,从事传感器、智能仪器仪表方面的研究和教学工作。

Simulation of the prime mover and its speed control system with VI technique

WANG Rong, SHU Nai-qi, LILing, JIANG Jian

(School of Electrical Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: The theory and method are introduced for the simulation of the prime mover and its speed control system based on the Virtue Instrument technique. The core of hardware is a multifunctional DAQ and the LabVIEW software is used to develop a virtual instrument (VI). The paper also designs software system and hardware system. The results show that the new system can control the rotation speed steadily and simulate the characteristics of self-balancing, water hammer effects, volume effects of the prime mover and its speed control system. It lays a good foundation for dynamic simulation.

Key words: virtue instrument; prime mover; speed control system; simulation

(上接第 58 页 continued from page 58)

收稿日期: 2004-06-28; 修回日期: 2004-08-18

作者简介:

李继晟(1975-),男,助理工程师,主要从事变电站综

合自动化的研究和开发工作; E-mail: lijisheng@sf-auto.com

郑蔚(1973-),女,工程师,主要从事变电站综合自动化的设计和开发工作;

叶艳军(1976-),男,工程师,主要从事变电站综合自动化的研究和开发工作。

Design and realization of synchronization function of integrated measuring and control device

LIJi-sheng, ZHENG Wei, YE Yan-jun

(Beijing Sifang Automation Co., Ltd, Beijing 100085, China)

Abstract: The paper briefly analyses two trip-closes operations including differential-frequency paralleling and same-frequency paralleling. According to their different characteristics, identifying criterion on spot paralleling and its implementation in integrated measuring and control device are introduced. A hardware platform based measuring framework and the realization of its synchronization function are put forward. The newly designed framework is worth employing and studying.

Key words: integrated measuring and control device; differential-frequency paralleling; same-frequency paralleling; synchronization

许继入选首届“对中国经济社会发展贡献突出企业”

2005年2月27日下午,在北京举行了首届“对中国经济社会发展贡献突出企业”发布会。在2004年首届“对中国经济社会发展贡献突出企业”评介中,根据国家统计局主管部门统计数据,按指标综合指数值大小排列的名单,经评介专家委员会的评介,许继集团有限公司名列其中。