

丰白系统微机稳定控制装置的研究

张 涛 北京哈德威四方保护与控制设备有限公司(100085)

曾宪国 王 纲 东北电网通讯调度中心(110006)

杨奇逊 张忠理 华北电力大学 北京(100085)

【摘要】 介绍一种新型的就地判别式稳定控制装置。它引入装置安装处的母线电压和各线路电流,由电压和电流来判断故障情况,并根据不同故障对系统稳定的影响,按定值执行切机。本文主要介绍装置的硬件构成和软件功能,目前,该装置已应用到东北丰白系统的东丰、梅河、哈达湾和丰满水电厂。

引言

丰白系统是东北电网北部的枢纽性区域电网,所发电力大部送往中、南部地区,南送电力可达 2000MW。稳定计算表明,就目前的输送能力而言,以较轻微的故障类型(单相永久性故障)做为衡量标准,丰白系统南送电力也只能达 1800MW,将窝电 200~300MW。

丰白系统现有的安全自动装置利用相应的继电保护装置或其它旧装置改造而成,它对于非常规的或较严重的故障形态,如开关偷跳、母线故障等,尚不能做出反应或反应不足以保证系统安全稳定运行。

为了解决丰白系统运行中存在的窝出力问题,我们研制了 CSS100A 微机稳定控制装置(下简称装置)。装置引入装置安装处的母线电压和考虑线路的电流,根据测量到的电压、电流实时计算线路正常运行时的潮流,并在线路发生故障时脱离继电保护独立判断故障距离、故障类型。装置还可通过微波通道交换两个变电站之间的潮流信息或远方切机命令,从而获得丰白系统向系统送的总潮流(该潮流可看作丰白系统南送的一个断面中各线路潮流和,因而下称断面潮流)或执行远方切机命令。装置根据故障对系统稳定的影响程度和稳定运行时的线路潮流和断面潮流的大小,按预先给好的控制策略表(定值),执行不同的切机措施。装置可处理单相接地故障、相间故障、单相故障误跳三相、开关偷跳、母线短路、过负荷、振荡等故障类型。

1 装置硬件构成

装置硬件主要有以下特点:

- a 采用不扩展的单片机,总线不出芯片,抗干扰能力大大提高
- b 模数变换采用第三代 VFC 技术,分辨率达到了 14 位
- c 有与计算机相连的 RS232 接口,方便调试

装置硬件主要由五部分构成。各部分原理如下。

1.1 交流插件和 VFC 插件

交流插件和 VFC 插件是装置的数据采集系统。交流插件将系统电压互感器、电流互感器后的二次强电信号变换成装置所需的弱电信号,同时起隔离和抗干扰作用。VFC 插件将交流插件输出的电压量变换成脉冲量。脉冲的频率与输入模拟量大小成正比。当输入模拟量幅值越大,VFC 输出脉冲频率越高,则在一定间隔时间(采样周期)内脉冲数越多。VFC 输出的脉

冲量送至 CPU 插件中的计数器计数, 就可以实现模数变换。

1.2 CPU 插件

CPU 插件是本装置的核心元件。它负责采集数据, 然后进行计算和逻辑判断。本插件所用单片机的总线不引出, 片内包括了装置所要求的各种外设功能逻辑。插件设计了 11 路开关量输入和 9 路开关量输出。模拟量输入回路由计数器计数, 实现模数变换。单片机内设有两个串行通讯口, 一个用于同装在面板上的人机对话通讯, 可以方便调试和正常显示, 另一个串行口则与通道 CPU 通讯, 并通过通道 CPU 获得装置内各 CPU 的功率和。

1.3 继电器插件

继电器插件是装置的执行元件。该插件设计九个出口继电器, 可执行不同的切机出口, 各继电器由 CPU 插件的开出驱动。继电器插件还设计有启动继电器, 用其常开触点来闭锁切机出口继电器的负电源。

1.4 人机对话板

人机对话板上设有六个键盘和一个液晶显示器。装置调试、定值输入等操作可通过键盘方便进行。液晶在正常运行时显示时钟和装置本身监视到的一些信息。人机对话板采用的单片机内集成很强的计算机网络功能, 可以通过在片外的网络驱动器直接连至高速数据通讯网。

1.5 通道 CPU 插件

通道 CPU 插件一方面通过串行口对装置内各 CPU 进行巡检, 获得各个 CPU 测量的线路潮流, 并将各线路潮流总加, 再将潮流和通过串行口下传至各 CPU, 另一方面通道 CPU 可以接收远方通道送来的潮流信息或切机命令, 将远方潮流信息与就地潮流信息相加得到断面潮流值, 而将远方切机命令下传至 CPU, 由 CPU 判断并执行远方切机命令。

2 装置软件功能

根据丰白系统实际情况, 考虑到各种不同故障和故障点距离对系统稳定情况影响不同, 本装置可以对单相故障、相间故障、开关偷跳、母线故障等进行处理, 并根据各种不同故障对系统稳定影响程度不同, 共设计有九种切机动作判据。

2.1 本线路单相瞬时故障切机判据

单相瞬时故障切机需要三个条件, 如下所述。

2.1.1 电流突变量启动

电流突变量指的是故障时刻电流与稳定电流的差值。利用故障时有比较大的故障电流分量, 而正常运行时电流波动较小这一特点, 可判断系统是否有故障发生。当电流变化量大于电流突变量定值时, 电流突变量元件启动, 系统有可能发生故障, 而要判断故障类型, 则须进一步判断。电流突变量启动时, CPU 驱动继电器插件上的启动继电器, 则该继电器触点接通切机出口继电器的负电源。

2.1.2 单相瞬时故障发生在本线路

本条件包括两个判断逻辑, 一个是要判断故障类型为单相瞬时故障, 另一个是要判断故障发生在本线路。第一个判断可根据不同故障类型的相电流突变量 ΔI_{AB} , ΔI_{BC} , ΔI_{CA} 的特性就可以实现。第二个判断通过计算阻抗来实现。本装置有两个阻抗定值 Z_I , Z_{II} 。 Z_I 是距离 I 段定值, 它按整条线路阻抗的 80% 整定, Z_{II} 是距离 II 段定值, 它按整条线路阻抗的 120% 整定。本线路故障包括两种情况, 一种是阻抗在 I 段内, 这可由装置很快判断故障发生在本线路; 另一种是阻抗在 I 段外、II 段内, 这时装置不能马上判别出故障在本线路末端, 还是在下一条线路

首端,而只能等本线路开关或是下一条线路开关动作以后线路有无电流来判断,如本线路仍有电流,则表明故障发生在下一条线路,反之,故障发生在本线路。

2.1.3 故障前断面潮流定值或线路潮流定值

故障前向系统输送潮流是影响系统稳定运行水平的重要因素。输送潮流越大,功角越大,暂态稳定水平越低。同种故障类型,当输送潮流很小时,装置不需要切机就能维持系统稳定,而当输送潮流很大时,不同潮流状态需切除不同数量机组才能维持系统稳定运行。为此,装置设置不同的切机措施,每种切机措施对应不同的潮流定值 ΣP_{ij} 和 P_{ij} , 其中下标 i 代表故障类型,它包括单相瞬时故障、单相永久故障、相间故障、单相故障开关误跳三相、开关偷跳、过负荷、振荡等。下标 j 代表切机措施,共有七种措施,每种切机措施可定义切机台数的组合。两个潮流定值由离线计算结果给出。

2.2 本线路单相永久性故障切机判据

本线路单相永久性故障切机需要三个条件,它们是:(1) 电流突变量启动;(2) 本线路单相故障重合闸动作后线路开关三跳;(3) 故障前断面潮流 $\Sigma P > \Sigma P_{ij}$ 定值或 $P > P_{ij}$ 定值。条件(1)、(3)同2.1.1和2.1.3。条件(2)首先判断单相故障发生在本线路,判断方法同3.1.2,然后等待开关单跳后(故障相电流为0)再重合闸动作(故障相有负荷电流或故障电流),开关重合后,计算原故障相阻抗,看阻抗元件是否返回,当阻抗元件不返回时,就可判断为单相永久性故障,但为了装置的可靠性,在阻抗元件不返回时,仍等待开关三相跳闸,检查三相电流为零来确认重合闸失败。

2.3 本线路相间故障(包括转换性故障)切机判据

本线路相间故障切机需要三个条件。它们是:(1) 电流突变量启动;(2) 本线路相间故障;(3) 故障前断面潮流 $\Sigma P > \Sigma P_{ij}$ 定值或 $P > P_{ij}$ 定值。条件(1)、(3)同2.1.1和2.1.3。条件(2)要判断相间故障发生在本线路,也要同2.1.2一样考虑故障阻抗可能出现的两种情况。转换性故障判断方法是先由选相元件判别单相接地故障,然后再投入非故障相电流突变量元件 D_L (如A相故障, D_L 元件为 I_{BC})。当 D_L 元件大于定值时,计算三个非故障相接地阻抗(A相故障时,计算B相、C相和BC相阻抗),如任一非故障相阻抗进入阻抗范围,则可判断为转换性故障。

2.4 本线路单相故障开关误跳三相切机判据

本线路单相故障开关误跳三相切机需要三个条件:(1) 电流突变量启动;(2) 本线路单相故障而开关误跳三相;(3) 故障前断面潮流 $\Sigma P > \Sigma P_{ij}$ 定值或 $P > P_{ij}$ 定值。条件(1)、(3)同2.1.1和2.1.3。条件(2)先判断单相故障发生在本线路,然后再计算单相故障后的三相电流,如故障后三相电流都为零,则可判断为开关误跳三相。

2.5 本线路无故障而开关误跳三相切机判据

本线路无故障而开关误跳三相切机需要四个条件。它们是:(1) 电流突变量启动;(2) 故障前断面潮流 $\Sigma P > \Sigma P_{ij}$ 定值或 $P > P_{ij}$ 定值;(3) 计算故障阻抗在距离II段外;(4) 电流突变后本线路三相电流为零。条件(1)、(2)同2.1.1和2.1.3。条件(3)、(4)作为本线路无故障跳三相的判据。装置考虑开关误跳三相有两种情况,第一种情况是本线路开关偷跳,第二种情况是本线路反方向故障,而本线路保护误动跳三相。考虑这两种情况的原因是两种情况都引起系统网络参数变化,系统暂态稳定水平降低,均有可能引起系统振荡。两种故障情况都满足条件(3)、(4)。

2.6 过负荷延时切机判据

过负荷延时切机需要两个条件。它们是: (1) 本线路潮流 $P > P_{ij}$ 定值; (2) 母线正序电压 $< U$ 定值。第一个条件是过负荷的基本条件, 第二个条件是为提高可靠性而增加的一由于过负荷是属于热稳定的范畴, 因此满足条件后经延时切机。

2.7 振荡切机判据

当系统故障后装置切机量不够时, 系统就可能失步, 只有通过判别振荡后执行切机, 才能防止系统进一步恶化。由于装置安装在发电机侧, 所以只有在系统加速失步时才能切机。要判断加速失步采用计算阻抗元件, 根据阻抗变化轨迹来判断。当测量电阻逐渐减少为加速失步, 测量电阻逐渐增大时为减速失步。

2.8 母线短路切机判据

母线短路切机需要五个条件。它们是: (1) 电流突变量的启动; (2) 所有投运线路均为反方向故障; (3) 故障阻抗在 I 段范围内; (4) 故障后至少有一条线路跳开; (5) 故障前断面潮流 $\Sigma P > \Sigma P_{ij}$ 定值或线路潮流 $P > P_{ij}$ 定值。条件(1)同2.1.1。由条件(2)、(3)、(4)就可以判断母线故障。装置母线考虑两条线路故障及每条线路分单相和相间两种故障类型, 并考虑故障后有可能跳开一条或两条线路, 而跳开线路数量不同对系统稳定影响是不同的, 因此, 条件(5)的 ΣP_{ij} 和 P_{ij} 定值分为六种故障类型和七种切机措施。i 代表故障类型, 它包括母线单相故障只跳开第一条线路、母线单相故障只跳开第二条线路、母线相间故障只跳开第一条线路、母线相间故障只跳开第二条线路、母线单相故障同时跳开两条线路和母线相间故障同时跳开两条线路。j 代表切机措施, 共有七种措施。

2.9 接收远方命令切机判据

丰白系统中哈达湾变电所装置不能直接执行切机出口。当线路发生故障或过负荷时, 要解决暂态稳定和热稳定问题, 必须由通道CPU经微波通道远方电厂(丰满电厂)发出切机命令, 丰满电厂的装置也有通道CPU插件来接收远方切机命令。为了保证远方命令的可靠性, 装置执行远方命令需要两个条件。它们是: (1) 电流突变量启动; (2) 经过严格校验接收远方命令。条件(2)可以防止通道误码引起装置误动。

3 结论

装置研制完成后, 东北电网通信调度中心、吉林省调通局组织人员对装置进行验收, 验收方案采用数字仿真模型, 由EMTP程序根据要求进行大量仿真计算, 将计算结果处理后送至MRT-02型微机保护测试仪输出。大量验收实验表明装置性能可靠, 对各种故障反映正确, 达到设计要求。

装置于1996年7月在丰白系统的东丰、梅河、哈达湾和丰满投入试运行, 试运行情况良好。

总之, 本文介绍的微机稳定控制装置作为就地判别式安全稳定控制装置的一种, 由于其原理简单, 判据实用可靠, 对丰白系统稳定运行和其他系统稳定控制装置的研究具有实用价值。

参考文献

- 1 CSL 160 系列技术说明书. 北京哈德威四方保护与控制公司
- 2 东北丰白系统稳定计算分析. 东北电力设计院等

CONTENTS AND ABSTRACTS(Partial)

THEORETICAL STUDY AND APPLICATION

The Influence of Reclosing Instant to CCT Yuan Yuchun, Zhang Baohui(4)
The critical clearing time (CCT) is defined as a given maximum permissible duration of fault before power system loses its stability. In general, CCT regards fault location, fault type and system structure before and after fault. For a given fault the extent of the CCT is decided on the stable region of the system under the fault. It is indicated from analysis on the transient energy function of the system after reclosing, that the reclosing can decrease the transient energy of the system. If the transient energy is decreased to less than that when not reclosing, the reclosing can improve the system's stability. It is indicated from calculation, for the fault at which the system will lose its stability under the second swing, the reclosing is able to heighten the withstanding capacity of the system to the fault. Comparing with that when not reclosing, the CCT of the fault increases importantly.

Keywords: Reclosing CCT

Node Voltage Analysis Method of Fault on Parallel Double Transmission Lines with Multi-Branches Zhang Xiaoyou, Cao Yijiang(7)

Basing on the current measured on each terminal of parallel double transmission lines with multi-branches, calculate the node voltages to detect and diagnose fault on the transmission lines. It is proved from simulation that the method is effective.

Keywords: Multi-branch Parallel double transmission line Fault diagnosis

A Measuring Method of Power System Frequency Basing on the Fourier Filtering Principle Zhou Damin(10)

An algorithm which uses output of the Fourier filter to measure power system frequency is presented. The algorithm adopts a simplified processing mode to eliminate the influence of different amplitude gains of sine and cosine filters and thus decreases calculation and responding time. Simulation result shows that the algorithm doesn't suffer from voltage zero-cross-point and has a higher measuring accuracy.

Keywords: Frequency Frequency measurement Power system

A New Algorithm of Microprocessor-Based Transformer Differential Protection Huang Chun et al(14)

A new algorithm of microprocessor-based transformer differential protection which uses a principle of cross phase angle method is presented. The algorithm can reliably discriminate internal and external faults of transformer and features less internal memory occupied, less calculations and shorter response time to fault.

Keywords: Transformer differential protection Cross phase angle method Microprocessor-based protection

Fast Data Acquisition of Stability Supervisory Control for Power System Ruan Shuhua, Zhou Buxiang(18)

A circuitry design scheme which can fast acquire pre/post fault data to ensure the real-time of stability supervisory control is presented through the analysis on data requirement of stability supervision control of power system and the availability of existing devices.

Key words: Stability supervisory control Data acquisition Realtime

NEW PRODUCT DEVELOPMENT

Development of XWJK-3000 Open Computer-Based Supervision and Control System Cao Quanxi et al(20)

A computer-based supervision & control system with open system structure is introduced. It uses DSP, PC bus and network technique. It can be used to realize integral automation in 35~220kV substations.

The Study of Microprocessor-Based Stability and Control Device Applied in Fengbai System Zhang Tao et al(23)

A new type of microprocessor-based device based on-the-spot is introduced. The device deals with the voltage of busbar and the current of transmission lines which are connected to the device. The device detects type of fault by means of the voltage and current and trips generators according to the settings. The hardware and software of the device are mainly described. Today, the device is applied in Dongfeng substation, Meihe substation, Hadawan substation and Fengman hydropower plant of Fengbai power system.

Analysis on the Technical Features of YTF(S)-500 Remote Trip Signal Transmission Device Zhu Yanzhang, Wang Kuipu(27)