

## 继电保护状态检修及实施探讨

高翔<sup>1,2</sup>, 刘韶俊<sup>3</sup>

(1. 浙江大学电气工程学院, 浙江 杭州 310027; 2. 华东电力调度交易中心, 上海 200002;

3. 成都可为电力技术有限公司, 四川 成都 610041)

**摘要:** 简要介绍了电气二次设备实施状态检修的基本要求, 讨论微机保护设备状态检修的内容、要解决的若干问题, 及利用 SEL 保护的可编程逻辑功能实现操作回路监视和保护状态的方式。

**关键词:** 电力系统; 状态检修; 继电保护; 操作回路

**中图分类号:** TM711 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)20-0023-05

### 0 引言

90 年代以来, 随着计算机技术的发展和在电力系统领域的拓展应用, 信息技术、通信技术已被广泛地应用于设备运行状况的有效监视, 使电气设备的状态检修在技术上有了实施的基础。较早探讨并实践状态检修的地方是发电厂<sup>[1]</sup>。葛洲坝水力发电厂打破了传统的检修模式, 代之以计划检修为主, 诊断检修为辅的检修模式<sup>[2]</sup>; 十三陵电厂通过 PSTA 系统的研制和投运, 探讨状态监测技术与状态检修制度的相互关系<sup>[3]</sup>; 此外, 陕西省凤县供电分局从检修工作方式, 技术支持等方面提出了配网状态检修的思路<sup>[4]</sup>。

目前电力系统的状态检修主要集中在一次设备上, 如利用变压器、容性设备、开关等的在线监测系统, 技术上主要基于各种传感器及检测技术集成而实现, 由于二次设备相对于一次设备而言其单元造价低很多, 加上回路上的复杂性, 真正实现的状态检修的应用很少, 文献 [5] 仅提出了电气二次设备状态检修研究思路。

随着微机继电保护应用的普及, 保护装置逐步具备了相应的数据接口可实现保护装置重要信息的数据远传。充分利用数字式保护的技术特征, 实现数字式保护的状态检修, 改变目前保护装置计划检修模式, 将预防性试验改为预知性试验, 提高设备的安全运行水平, 已成为一种共识。

但是, 继电保护构成的是一个系统, 不仅仅是装置本身, 如交流、直流、控制回路等, 由于部分回路还没有监测手段, 对设备状态无法进行实时的技术分析判断。如, 由于操作回路一直由硬件实现, 除少量的硬件信号可通过远动或综合设备上传以外, 回路无在线监测手段, 形成了保护监控回路中的空白点。

因此, 就继电保护装置的应用现状而言严格意义上讲大多数保护并不具备状态检修的条件。

本文将从利用 SEL 保护可编程逻辑 PLC 功能<sup>[6]</sup>, 实现操作回路监视手段智能化方案来探讨继电保护状态检修的实现方案。

### 1 状态检修概述

设备检修体制是随着科学技术的进步而不断演变的, 由事后检修 故障检修发展到预防性检修, 预防性检修主要有两种模式, 以时间为依据的检修, 预先设定检修工作内容与周期的定期检修, 或称计划检修和以可靠性为中心的检修。

状态检修也叫预知性维修, 首先由美国杜邦公司提出, 以设备当前的工作状况为检修依据, 通过状态监测手段, 诊断设备健康状况, 确定设备是否需要检修或最佳检修时机。状态检修的目标是减少设备停运时间, 提高设备可靠性和可用系数, 延长设备寿命, 降低运行检修费用, 改善设备运行性能, 提高经济效益。状态检修是建立在设备状态有效监测基础上, 根据监测和分析诊断的结果安排检修时间和项目, 主要包含设备状态监测、设备诊断、检修决策三个环节。状态监测是状态检修的基础, 状态监测是设备诊断的依据, 检修决策就是结合在线监测与诊断的情况, 综合设备和系统的技术应用要求确定具体的检修计划或策略。电力系统长期以来实行的以预防性计划检修为主的检修体制, 主要依据检修规程来确定检修项目, 存在设备缺陷较多的检修不足, 设备状态较好的又检修过度的状况, 一定程度上导致检修的盲目性, 实际上很难真正实现“应修必修, 修必修好”的检修目标。

电气设备根据功能不同可分为一次设备和二次设备, 其中电气二次设备主要包括继电保护、自动装

置、故障录波器、就地监控和远动等。随着一次设备状态检修的推广,线路不停电检修技术的应用,因检修设备而导致的停电时间将越来越短,这客观上对电气二次设备检修提出了新的要求。

作为电气二次设备重要组成部分的继电保护,承担着保障电网稳定和电力设备安全的重要职能,在实际运行中因继电保护造成的系统故障时有发生,尽管随着数字式保护装置的广泛使用,保护不正确动作次数相对减少,但由于制造、设计、施工、试验、运行等各种原因造成的保护不正确动作绝对次数仍然很多。作为保障继电保护正确履行电网“静静的哨兵”职能的主要手段依旧是依据传统的《继电保护及电网安全自动装置检验条例》通过定期检修维护保护装置的可用率,显然,这种基于静态型设备的检验规定已经不适应现代信息技术被广泛应用的数字式保护。

因此,继电保护设备如何在检修体制、检修方法及检验项目、检修周期等方面通过合适的技术措施和手段,保证保护设备的可靠运行适应电网安全运行的要求,实行保护设备状态检修将成为一种必然的选择。

## 2 保护状态检修需求

传统的继电保护、安全自动装置及二次回路接线是通过进行定期检验确保装置元件完好、功能正常,确保回路接线及定值正确。若保护装置在两次校验之间出现故障,只有等保护装置功能失效或等下一次校验才能发现。如果这期间电力系统发生故障,保护将不能正确动作。以往的保护检验规程是基于静态型继电器而设计的,未充分考虑到数字式保护的技术特点,对数字式保护沿用以前规程规定实施的检修周期,项目不尽合理。

同时,现在电网主接线方式在很大程度上限制了设备停役检修的时间,如一台半断路器接线方式的线路保护很难实现停电检修,除非结合线路停电检修;双母线接线方式已逐步取消旁路开关,变压器保护很难因保护校验而要求变压器停电,母差保护、失灵保护的定期检验安排更是困难重重。

另一方面,带电校验保护具有实施上的安全风险和人员安全责任风险,因此,在实际运行中基本上很难保证保护设备可以有效地按照《继电保护及电网安全自动装置检验条例》的要求完成检验项目;尤其数字式保护的特性在很大程度上取决于软件编程,这并非可以通过传统的检验项目来发现保护特

性的偏差,实际上,传统检验规程所确定的检验项目合理性已面临新技术应用的挑战。

数字式保护的实现技术使保护设备本身具有很强的自检功能。因此,作为装置本身的监测和诊断已具备实现的可能,保护装置检修决策的确定具有了可靠的基础。同时,电气设备状态检修其概念上的合理性和技术上的可实现性,使保护实行状态检修模式具有极强的示范效应,检修效率提高和设备可靠性的提升,将能有效地提高设备的安全性和可用率,适应电力系统安全稳定运行需要。

## 3 需解决的应用难点

与电气一次设备不同的是电气二次设备的状态监测对象不是单一的元件,而是一个单元或一个系统。监测的是各元件的动态性能,微机保护和微机自动装置的自诊断技术的发展为保护设备的状态监测奠定了技术基础。

虽然,数字式保护装置本身具备状态检修的实施基础,但作为电网安全屏障的继电保护除装置本身,还包含交流输入、直流回路、操作控制回路等,状态检修范畴如果仅仅局限在装置本身将很难有实施推广的基础,对于保护的状态检修必须作为一个系统性的问题来考虑,或者说保护的状态监测环节如果能包含交流输入、直流、操作回路等,状态检修就比较有可能在实际应用中得到推广。

因此,实施保护设备状态检修应监测:交流测量系统,包括CT、PT二次回路绝缘良好、回路完整,测量元件的完好;直流系统,包括直流动力、操作及信号回路绝缘良好、回路完整;逻辑判断系统:包括硬件逻辑判断回路和软件功能。保护装置本身容易实现状态监测,但由于电气二次回路是由若干继电器和连接各个设备的电缆所组成,要通过在线监测继电器触点的状况、回路接线的正确性等则很难,这可能是保护迟迟未能有效地推进状态检修的主要原因之一。

电气二次操作回路是对电气一次设备进行操作控制的电路,是继电保护的一个重要组成部分。在继电保护设备要求进行状态检修的情况下,作为继电保护出口控制回路操作箱均采用硬件式结构,即由继电器直接在220V强电回路中通过二次线联接而成,接线繁杂,不具备自检、在线监测、数据远传等功能。虽然在综自站中该回路一部分硬接点可通过综自设备(如测控设计)进行上传监控,但要求二次回路继电器输出接点增多,使接线复杂化,可靠性下

降,同时联接电缆也增多。

继电保护设备状态检修实施的重要基础就是在设备状态特征量的采集上不能有盲区,显然,对保护设备实行状态检修而言,现有的二次控制回路操作箱达不到要求。而利用美国 SEL 提供的数字仿真式继电保护平台可以有效地设计微机操作箱,成功解决了电气二次回路状态检修问题,可为实现保护系统完整的状态监测,为继电保护实行状态检修创造必要的条件。

#### 4 实施实例

以通化钢铁公司利用 SEL 保护可编程逻辑(PLC)功能,实现微机操作箱的实际应用为例,该设计不但实现了在线监测和数据远传等功能,还大胆地突破原硬件式操作箱(回路)的结构模式,用 SEL 逻辑功能实现控制操作全过程的方案,使操作回路的结构只需用简单的开关量输入和开关量输出即可实现,取消了硬件结构上的防跳继电器,大大简化了操作回路的逻辑接线,减轻了现场工作人员的工作量,同时为保护实现状态检修提供了重要的应用基础。经过各项试验并且投入运行后,运行状况良好,达到设计要求。具体操作箱控制回路图如图 1 所示。

本设计具有以下特点:

- 1) 保护装置到断路器操作机构的连接线减少

到最少:从图 1 可知,利用 SEL 保护实现微机操作箱后,使操作回路的结构只需用简单的开关量输入和开关量输出即可实现,取消了硬件结构上的防跳继电器,大大简化了操作回路的逻辑接线,从保护装置到断路器机构箱只需要合闸回路(07)和跳闸回路(37)及负电源(2)三根电缆线即可。

2) 解决了电气二次回路是由若干继电器和连接各个设备的电缆所组成,点多分散,要通过在线监测继电器触点的状况、回路接线的正确性等则很难:从图 1 可知,利用对 SEL 保护(N101 - N106)输入信号的在线监测。实现了电气二次回路跳合闸操作开关(KK)和保护投入退出压板(XB1 - XB4)在线监测开关和压板触点的状况。在线监测保护出口回路压板(XB3; XB4)压板触点状态。如果压板触点不好保护装置发出控制回路断线信号。在线监测保护投入压板(XB1; XB2)压板触点状态。如果压板触点不好保护装置发出保护压板退出信号。

3) 在正常的跳合闸操作中间,对跳合闸二次回路和保护出口回路的输入和输出接点进行了传动。从图 1 可知,由于保护动作出口(OUT101)和重合闸出口(OUT102)与正常的跳合闸操作使用同一个继电器。所以利用正常的跳合闸操作,就可以对 SEL 保护的合闸和跳闸出口继电器进行在线监测继电器触点的状况。

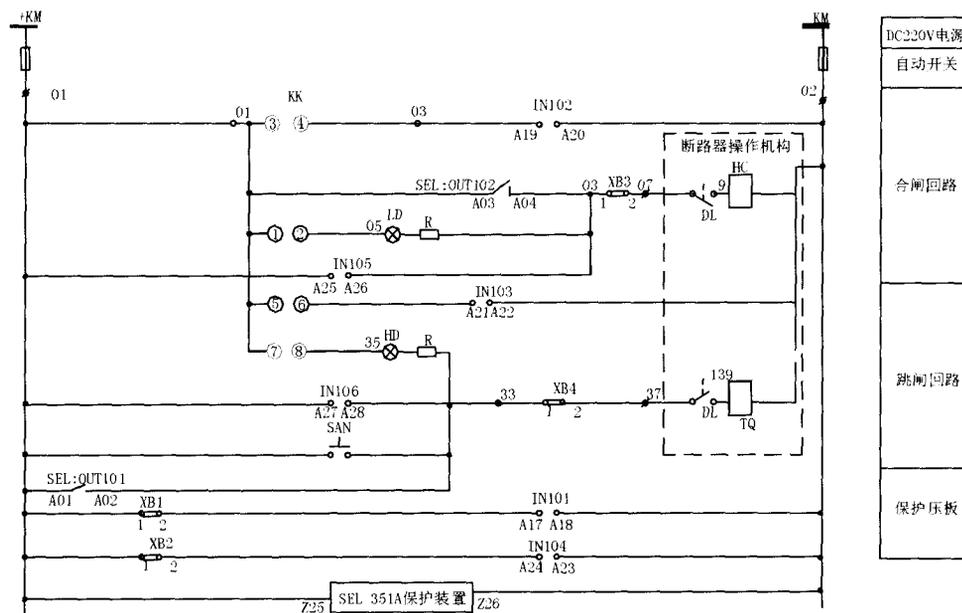


图 1 微机操作箱电气二次控制回路

Fig 1 Secondary control circuit of digital operation relay

4) 在线监测控制回路断线状态 :从图 1可知,利用对 SEL 保护 (N105和 N106)输入信号的在线监测。实现了电气二次回路断路器机构箱辅助接点 (DL)状况的在线监测,在线监测断路器机构箱辅助接点 (DL)状态。如果辅助接点不好保护装置发出控制回路断线信号。如果辅助接点两个长期同时通保护装置发出控制回路异常信号。如果断路器合闸或者跳闸而辅助接点没有切换保护装置发出辅助接点没有切换信号。

5) 保护装置发生故障后,事故跳闸操作:如果一旦保护装置发生故障,例如保护装置保险熔断、电源损坏或者 CPU故障。都会造成无法跳开断路器的问题。因此在跳闸二次回路中设计一个事故跳闸操作按钮 (SAN)。正常情况下用螺旋盖子盖起来。一旦保护装置发生故障。运行人员首先打开保护出口回路压板 (XB3),然后旋开事故跳闸操作按钮 (SAN)盖子。按下按钮跳开断路器。进行保护装置的检修。

6) 利用 SEL 保护合闸逻辑和跳闸以及逻辑方程实现防跳功能:如图 2中,保护动作后 TR =逻辑 1,继电器字位 TR IP总是置位起动继电器 OUT101。如果在跳闸最短持续定时器 (整定值 TDURD)的输入有一

个上升沿 (逻辑 0到逻辑 1的跳变),而此时还未计时的话,定时器就输出逻辑 1并保持“TDURD”周波。TDURD定时器能保证继电器字位 TR IP置位时间保持最短的“TDURD”周波,如果保护动作 (TR =逻辑 1)的时间超过 TDURD时间,继电器字位 TR IP在 TR =逻辑 1的这段时间内保持置位。通过 KK 开关,利用 SEL 保护 (N102)输入信号,直接出口到跳闸 (作为面板操作的手动跳闸开关)。一旦继电器字位 TR IP置成逻辑 1,它将保持置位,直到下列所有条件都为真:跳闸持续定时器停止计时 (TDURD定时器的输出为逻辑 0),保护动作回 TR 复位至逻辑 0,并且,满足下列条件之一:电流继电器 50P1无电流返回使 ULTR 置成逻辑 1,按下面板复归 (TARGET RESET)按钮,从综合自动化后台机上执行 TAR R (信号复位)命令。

7) 通过 KK开关,利用 SEL 保护 (N103)输入信号,直接出口到合闸 (作为面板操作的手动合闸开关)实现合闸置位。如图 2中继电器字位 TR IP闭锁 (N103)输入信号。这样就能保证在继电器字位 TR IP置位时,CLOSE不会置位 (TR IP优先)。满足防跳功能。如图 2中 52A是断路器辅助接点输

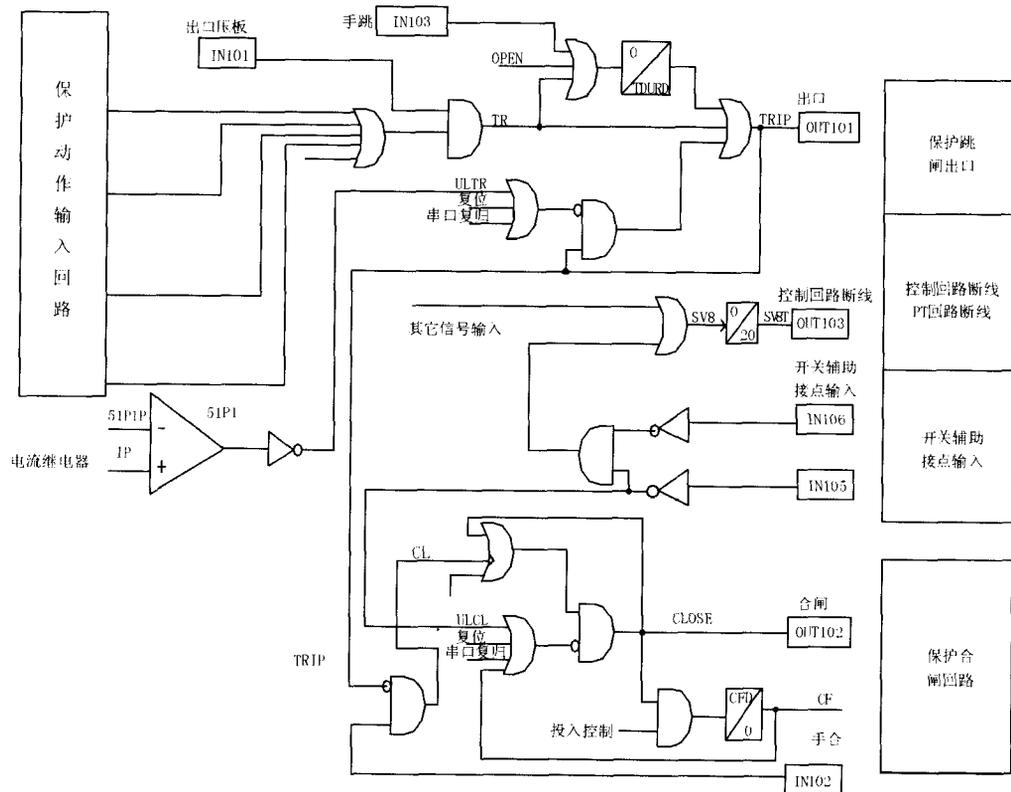


图 2 微机操作箱逻辑控制回路

Fig 2 Logical control circuit of digital operation relay

入信号,光隔输入 N105连到断路器辅助接 52a上,使 52A的动作逻辑服从断路器辅助接点。当检测到断路器闭合情况,继电器字位 CLOSE复位成逻辑 0。这样在断路器闭合过程中,只要有一个合闸脉冲输入。合闸输出逻辑就自保持,直到合闸成功,断路器辅助接点打开。满足防跳功能。因为整定 CFD = 60.000周波,所以一旦继电器字位 CLOSE置位,能在 60周波后解锁继电器字位 CLOSE复位成逻辑 0,防止断路器辅助接点失灵损坏合闸中间继电器。

## 5 结论

电气二次设备状态检修是电力系统应用发展的必然,微机保护自诊断技术的使用使设备的状态监测技术上具备了实施的基础,同时,由于某些保护具有的 PLC功能使得保护的有效监测范畴可以拓展到装置以外的回路中去,这为有效地监视保护系统的相关回路提供了可能,或者说从保护装置的检测拓展到相关回路的检测,从而使继电保护的状态检修具备了实施的基础。保护的状态监测将有助于对设备的运行情况、缺陷故障情况、历次检修试验记录等实现有效的管理和信息共享,并为设备运行状况的分析提供了可靠的信息基础,将有助于合理地制定设备的检修策略,提高保护装置的可用率,为电网的安全运行提供坚实的基础。

## 参考文献:

- [1] 黄树红. 火电厂设备状态检修——状态检修体制及发展状况[J]. 湖北电力, 1998, 22(3).  
HUANG Shu-hong Equipment Condition Maintenance for Thermal Power Plant[J]. Hubei Electric Power, 1998, 22(3).
- [2] 胡滨. 从葛洲坝水电厂检修实践谈未来的状态检修[J]. 中国三峡建设, 2000, (7): 44-46  
HU Bin Discussion of Condition-based Maintenance Based on the Practice of Gezhouba Hydropower Plant[J].

- China Three-Gorges Construction, 2000, (7): 44-46
- [3] 李彤. 从状态监测实践探讨状态检修工作的开展[J]. 农村电气化, 2005, (2): 27-29.  
LI Tong Discussion of Condition-based Maintenance According to the Practical Experience Maintenance[J]. Rural Electrification, 2005, (2): 27-29.
- [4] 李煜, 张震. 实施配网设备状态检修[J]. 农村电气化, 2002, (8): 32-33.  
LI Yu, ZHANG Zhen Implementation of Condition-based Maintenance on Distribution Network[J]. Rural Electrification, 2002, (8): 32-33.
- [5] 吴杰余, 张哲, 尹项根, 等. 电气二次设备状态检修研究[J]. 继电器, 2002, 30(2): 22-24.  
WU Jie-yu, ZHANG Zhe, YIN Xiang-gen, et al Study on Condition-based Maintenance of Electrical Secondary Equipment[J]. Relay, 2002, 30(2): 22-24.
- [6] SEL-351, A Distribution Protection System Directional Overcurrent Relay Reclosing Relay Fault Locator Interration Element Standard Instruction Manual[Z].
- [7] 陈维荣, 宋永华, 孙锦鑫. 电力系统设备状态监测的概念及现状[J]. 电网技术, 2000, 24(11): 12-17.  
CHEN Wei-rong, SONG Yong-hua, SUN Jin-xin Concept and Situation of Condition-based Maintenance for Electrical Equipment[J]. Power System Technology, 2002, 24(11): 12-17.
- [8] 陈三运. 输变电设备的状态检修[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.  
CHEN San-yun Condition-based Maintenance of Transmission Device [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2004.

收稿日期: 2005-08-31; 修回日期: 2005-09-14

## 作者简介:

高翔(1962-),男,硕士,高级工程师,从事继电保护与自动化运行与管理工作; E-mail: gao\_x@ec.sp.com.cn  
刘韶俊(1957-),男,高级工程师,从事 SEL 保护及自动化运行管理。

## Condition maintenance and implementation of relay protection

GAO Xiang<sup>1,2</sup>, LIU Shao-jun<sup>3</sup>

(1. Zhejiang University, Hangzhou 310027, China; 2. East China Electric Power Dispatching and Trading Center, Shanghai 200002, China; 3. Chengdu Cove Power Technology Co., Ltd, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** This paper briefly introduces basic requirement of condition-based maintenance. And the maintenance elements and some unsolved problems are mentioned for microcomputer-based relay protection equipment. Circuit monitoring and protection modes will be successfully implemented by PLC in SEL relay.

**Key words:** power system; condition-based maintenance; relay protection; control circuit