

微机保护在大型泵站的应用

张顺林¹, 丁 强²

(1. 江都水利工程管理处, 江苏 江都 225200; 2. 南京水利水文自动化研究所, 江苏 南京 210098)

摘要: 叙述了微机保护在大型泵站的应用和问题, 回答了如何提高应用质量和如何加快应用的速度, 并对微机保护和传统保护的优劣进行了比较。

关键词: 微机保护; 大型泵站; 自动化

中图分类号: TM774 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2000)06-0027-04

1 概述

继电保护装置是用来保护电力系统和用电设备安全可靠运行的关键性设备。自从60年代初我国大型泵站普遍采用大型同步电动机配套立式轴流泵, 单机容量一般从800kW至6000kW。大型同步电动机具有优良的运行性能, 但造价昂贵, 运行工况较复杂, 对继电保护装置相应要求较高, 因此完善和发展泵站继电保护及自动化技术是一项长期的任务。

2 同步电动机的各种故障和不正常运行状态

主变压器和同步电动机是大型泵站最重要的电气设备。我国目前运用于大型泵站的主变压器一般采用110kV/6kV或35kV/6kV的降压变压器, 同步电动机一般为6kV额定工作电压。大型泵站的高压电气设备, 如主变、同步电机、配电装置等在运行中会出现各种故障和不正常运行状态, 必须装设各种类型的继电保护装置, 当电气设备在运行中出现故障时, 将故障设备及时从系统中断开或发出事故及预告信号。在此我们仅讨论同步电动机保护。

同步电动机的故障主要是电动机定子绕组的相间短路, 匝间短路和单相接地等故障。继电保护规程要求单相接地电流大于10A, 保护作用于跳闸, 小于10A保护可作用于跳闸或发信号。

同步电动机不正常运行状态主要是过负荷和非同步运行, 非同步运行有下述几种现象:

2.1 带励磁失步运行: 当运行的同步电动机带直流励磁但定子和转子磁场不同步, 称为带励磁失步运行, 它会产生:

(1) 定子电流大幅度的振荡, 转子中感应出转差频率的电流。定子电流最大值一般接近于电机出

口处的三相短路冲击电流值。

(2) 电机将受到强大的脉振交变转矩的循环对称扭转应力, 产生一个按转差频率脉动的脉振转矩, 其值一般是额定力矩的1.8倍左右, 由于它是反复循环应力, 将引起电机端部线圈, 转子绕组接头, 主轴等处的疲劳效应。

2.2 断电失步: 断电失步类似于同步发电机不同步并车, 因为短时断电失步后恢复供电将产生巨大的非同期冲击电流和非同期冲击转矩, 其非同期冲击电流最大可达15倍以上额定电流, 非同期冲击转矩可达额定力矩的7~20倍, 这将严重破坏同步电机的正常运行。

2.3 失励异步运行: 当同步电机因种种原因造成失去励磁进入异步运行状态, 长时间异步运行将使阻尼笼环因过热而开焊, 变形甚至转子线圈烤焦等事故。

根据《继电保护和自动装置设计技术规程》的有关规定, 同步电动机应装设相间短路保护, 装设单相接地保护, 过负荷保护, 低电压保护及失磁、失步保护, 对容量2000kW及以上的电动机其定子绕组具有6个引出线时都应装设纵差动保护等。

3 目前大型泵站应用保护的现状

我国大型泵站的建设, 开始于60年代初, 保护装置均普遍采用电磁式继电器构成的保护装置。1994年后采用了集成电路保护装置, 个别泵站采用了晶体管分立元件保护装置和初级无通讯口微机保护装置。

对于采用电磁型保护的早期建成投运的泵站, 当时这类保护装置基本上还能适应泵站的运行要求。但电磁型保护装置存在着可动部分易磨损, 触点怕震动, 体积较大, 功率消耗大, 动作速度慢, 灵敏

度低等难以克服的缺点;而晶体管保护参数受温飘时飘影响造成的不稳定给保护装置的可靠性和灵敏度造成了极大的限制,集成电路保护也只是一过过渡期产品。上述各类保护装置均不能适应自动化控制要求。

随着现代科学技术的发展,继电保护技术得到迅速发展,新一代微机保护的研制开发和应用成为现实。大型泵站的最优化经济运行是效益管理的最终目标,自动化控制是泵站必然的发展方向。

我省江都四站综合自动化控制系统采用大型泵站微机保护,微机励磁,交流采样智能仪表应用代表了当前泵站自动化的先进水平。一次投运成功的大型同步电动机微机保护,功能完善、性能优良、尤能满足泵站综合自动化要求。

4 微机同步电机保护在大型泵站的应用并与传统保护的比较

微机保护采用高性能的 16 位单片机,功能完善,比传统保护具有更大的优越性,用该型微机保护来实现泵站同步电动机保护,能很好地满足同步电动机的保护要求,能存储 16 次事故报告和 32 次异常报告,能实现在线数据监测和液晶显示各实时运行电气参数量。

微机保护包括:过流保护、零序过流保护、零序电压保护、低电压保护、失磁保护、失步保护,低功率或逆功率保护以及三相操作回路;纵差保护,负序过流保护、热过负荷保护、转子接地保护。大型泵站可根据同步电动机容量要求选择配置。

4.1 同步电动机微机差动保护

A. 同步电动机纵差保护,纵差保护是大型同步电动机(2000kW 以上或 6 引出线重要电机)的主保护。

电流纵差保护动作方程(采用比率差动原理)

$$\begin{aligned} & |I_T + I_N| > I_{cdgd} \\ & \text{当 } |I_T + I_N|/2 > I_e \text{ 时} \\ & |I_T + I_N| - I_{cdgd} > K_{bl} \times (|I_T - I_N|/2 - I_e) \\ & \text{当 } |I_T + I_N|/2 > I_e \text{ 时} \end{aligned}$$

式中 I_T 为机端电流, I_N 为中性点电流, K_{bl} 为比率制动系数, I_{cdgd} 为差动电流起动定值, I_e 为电机额定电流,比率制动式差动保护能保证外部短路不动作,内部故障时灵敏度高,保护还设一速断段,在电动机内部故障时快速动作。

B. CT 断线闭锁功能

为防止 CT 断线时保护误动,保护采用了 CT 断线闭锁差动保护的新方案。机端中性点的六路电流同时满足下列条件认为是 CT 断线:

- (1) 一路电流减小至差动保护启动;
- (2) 其余五路电流变化不大于 $0.05 I_e$ 。

若电动机任一侧 CT 二次回路发生断线则闭锁比率差动保护,但不闭锁差动速断保护。

C. 二次谐波制动功能

在电机起动过程中,实际起动电流最大值可达 5~6 倍额定电流,且持续时间长,CT 在二次负载大或两侧 CT 特性不一致等情况下,将引起较大的不平衡差流,可能导致差动保护误动,经对实际启动过程录波发现有时二次谐波分量可达期波分量的 50% 以上,而内部故障时二次谐波分量很小,为防止误动设置了谐波制动功能,当差电流中二次谐波分量大于定值时,闭锁该相比率差动保护,其制动比率可整定,并可由控制字(软压板)投退。

D. 微机型差动与电磁型差动保护整定值的比较

目前我国大型泵站的同步电动机纵差动保护,一般都采用三只 BCH-2 型差动继电器构成差动保护装置,或采用电流继电器构成差动保护装置,其整定值计算如下:

- (1) 采用 BCH-2 型继电器

$$I_{dzj} = 1.3 I_e / N_{LH}$$

- (2) 采用 DL-10 型电流继电器

$$I_{dzj} = (1.5 \sim 2) I_e / N_{LH}$$

- (3) 如采用微机型差动保护

$$I_{dzj} = (0.2 \sim 0.5) I_e / N_{LH}$$

若比率制动系数 K_{bl} 选 0.4,二次谐波制动系数 K_{xb} 选 0.35 时,差动电流起动值 $I_{cdgd} = I_{dzj} = 0.55A$ 约为 $0.13 I_e / N_{LH}$ 。由上分析,采用微机差动保护,保护灵敏系数可增加约十倍,极大提高保护灵敏度。

4.2 失磁保护

A. 微机型失磁保护可灵敏反应同步电动机励磁回路故障引起的异步运行。

保护采用异步阻抗图,动作判据如下:

$$90^\circ \leq \arg \frac{[U_1 / I_1 + j(X_d + X_d / 2)]}{(U_1 / I_1 + jX_d / 2)} \leq 270^\circ$$

$$U_2 < 0.1 U_N$$

式中: U_1 、 I_1 为正序电压、电流; U_2 为负序电压; U_N 额定电压; X_d 同步电动机同步电抗; X_d' 同步电动机暂态电抗。

B. 微机保护与电磁保护的比较

传统电磁型失磁保护一般采用整流桥臂串入电流型或并入电压型继电器,整定值往往采用低于额定励磁电流(电压)的百分比来判别,是一固定值,动作不可靠,有时电机带励失步运行不能正确动作。而微机保护采用阻抗圆原理,保护利用不同角度下的阻抗比来判据,使保护动作灵敏可靠。

4.3 失步保护

A. 微机型失步保护是应用控制同步电动机的功率因数角的原理构成。同步电动机正常运行时一般工作于过激状态,功率因数角必定为正。实际运行时,当整定为 30° 时,即同步电动机 $\cos\phi$ 在滞后0.87状态时保护动作,因此实际运用中,保护反映非常灵敏、可靠。

B. 微机失步保护与电磁型保护的比较

传统的电磁型保护一般采用CL-10系列电流继电器,构成失步保护,整定值一般是由下式确定。

$$I_{daj} = (K_k \times K_{jx} / K_f) \times I_c / n_{Lh}$$

式中 K_k ——可靠系数,一般取1.1~1.2;

K_f ——返回系数,取0.85。

该保护是利用失步后定子电流增大到电机额定电流的1.3~1.4倍时动作。

还有采用在同步电动机励磁绕组回路中出现交变电流分量的专用电流保护装置的方式。

相比之下,后两种保护方式相比微机保护就显得滞后和欠灵敏可靠。

5 微机保护在大型泵站应用的问题及原因

现有电动机微机保护所具备的功能,还有如低功率或逆功率保护,负序过流保护,热过负荷保护,转子接地保护等保护功能以及实时数据信息通信功能及远传整定远方投切等功能。目前大部分大型泵站还尚未应用此类微机保护。

未应用上的原因主要有:

(1) 如何在大型泵站应用上微机保护已开发,但未应用的保护的功能,是目前泵站继电保护人员和微机保护设计人员共同要解决的问题。主要是应用的范围,方法和参数定值的整定等问题。

(2) 微机保护属于正在研制,推广应用的过程中,实践表明只有采用计算机技术才能使继电保护技术满足电力系统和泵站自动化迅速发展所提出的要求。受时间、经费、人员技术素质等诸多因素影响,微机保护在泵站的应用将有一个时间过程。

(3) 许多继电保护专业设计人员,调试人员多

年来从事电磁型保护的设计、调试工作,熟悉这类型保护产品,对微机保护的新概念有一个学习、适应的过程。

6 如何在大型泵站用好微机保护

6.1 微机保护对泵站系统设备的益处

继电保护装置是保护大型泵站电气设备的关键设备。装置的选择性,灵敏性,速动性,可靠性是基本要求,只有采用微机继电保护才能从根本上满足这些基本要求。随着泵站系统容量的日益增大,电压等级的提高,系统结构及运行方式的日益变化,要求保护装置也要有较强的选择性。微机能对大量信息进行快速的计算和逻辑判断,微机保护能有效地改善保护的选择性。

微机保护能大幅度提高保护装置的灵敏性。微机保护通过对电气量瞬时值的采样,能迅速计算出其幅值、相位、波形,同时利用数字滤波技术,快速滤去短路过渡过程中的直流分量和谐波,因而提高保护的動作速度,使保护的时限级差 $t = 0.5 \sim 0.7s$ 缩短到 $t = 0.3s$,能够更迅速地切除故障、保护电气设备。

大规模集成电路制成的微机保护有很高的可靠性,具有自动监视,多次重复计算,自动校核,软件自检错等功能,保证了保护装置动作的可靠性,在线运行的各电气量的实时参数,包括电流、电压量幅值、幅角、极性、相位等,给管理人员非常方便地直观地观察到这些以往只有通过复杂的外接线和仪表才能观察到的运行参数。结合微机保护特有的记忆功能,继电保护设计人员可以根据实际运行工况科学地计算确定更科学的保护定值。

需要指出的是,实践表明,微机保护定值的整定,可比传统保护更为灵敏,许多参数可根据现场试运行实时数据量来加以调整,使得保护整定值更为科学、精确。

另外,在微机保护的设计生产上,同一个微处理机可以作成各种原理的继电保护。不同保护的差别仅在于软件不同。需改变保护原理或性能时,只需将其程序加以修改即可,因此微机保护还具有通用性,灵活性,便于系统发展,容易维护,检查方便等优点。

所以微机保护会给水利系统泵站电气设备的保护带来巨大益处,将减少故障机率。特别是适应泵站综合自动化的要求,而泵站自动化是实现优化调度,提高经济效益必由之路。据初步测算,如江都四

个泵站全部实行了优化调度和综合自动化控制后,其四个泵站的综合效益将增加到相当于五个泵站的效益。

6.2 应用这些保护要解决的问题及解决方法

随着水利建设的发展,新建泵站和改造泵站将向高度自动化控制方向发展,上述的微机保护将推广应用到泵站保护技术中,我们认为,应用上述微机保护要解决的问题有以下几方面:

设计选型的规范科学,方案、技术的合理和可行

首先在根据主变容量、电压等级、结线方式、运行方式、主机泵的容量、励磁方式、控制方法等要求按“保护装置设计规范”要求来选好型。在新建站中可多台集中组屏,在改造泵站中可现场单独或集中组屏。另外由于泵站保护的的特殊性,需要设计有轴瓦超温、冷却水中断、励磁故障、电机线圈超温、供油或供气异常等非电量相关保护功能。对于自动化控制的泵站,可通过微机保护装置的标准通信接口按照通信规约将保护动作信息,装置自检信息实时运行参数传输给上级系统或实施远方整定,保护功能远方投切,动作信息复归,时钟校核等功能的设计选型设定。

现场安装调试应注意的事项

继电保护的正确动作率不仅与设计、制造有关也与各整定值参数的科学合理有关同时与安装接线调试校验的正确与否有关。因此现场要做到:

A. 电压互感器二次回路只允许一点接地。对于双母线,一般传统的电压互感器二次回路都是多点接地,这样当系统发生接地故障时,将可能产生地中电流,引起电位 U 而导致微机保护的零序方向不正确动作,因此,应采取在主控室一点接地方式。

B. 电流互感器二次回路只能有一点接地,在主机纵差动保护两侧 CT 二次接线中应在端子排处一点接地,不可采用两点接地,以避免穿越性或寄生性故障引起误动。

C. 电压互感器二次侧绕组 A、B、C、D 引入线与三次侧 () 的 N、L 引入线应各自用一根电缆引入主控室后再将 O、N 联连在母线上接地以避免中性线上产生附加电压,引起保护误动。

D. 电压互感器二次回路不要 B 相接地,部反措规定中第 8.5 条中“宜取消 PT 二次 B 相接地方式”,以避免在 O 相回路不通时造成不平衡而引起保护

不能正确动作。

E. 电压互感器中性线不得接有可能断开的开关或接触器。

F. 非集中组屏的装置如单个装置设置的非电量保护接线一般需加重动继电器过流。

G. 现场应尽可能采用恒定直流工作源,对纹波系数差的硅整流直流源要净化。

H. 增设中央音响信号屏的泵站可从装置中央信号端子引出,有遥信要求的可以装置遥信端子引出。

保护各功能定值的计算整定应正确可靠

微机保护的定值计算与传统保护定值计算有许多不同之处,整定计算人员应根据厂家提供资料,供电网络参数,现场试运实际参数,经科学计算,实践检验后确定。

泵站管理人员,维护校验人员要加强对微机保护技术的专业培训,以适应现场要求。微机保护是门新技术。它是综合自动化中一个重要环节,需要管理维护人员要熟悉掌握现场维护、调试技术。

7 后记

南京水利水文自动化研究所开发的江都四站微机综合自动化系统的运行成功,江都四站、二站综合自动化监控、监测系统中应用的大型泵站微机保护装置,均取得成功经验,为我省乃至我国的大型泵站微机保护应用提供了一个成功范例。在将来新建和改造的大型泵站中有值得借鉴的方面。微机保护技术的推广应用对提高大型泵站运行的安全性、可靠性,提高泵站运行和管理的科学性,充分发挥泵站效益,促进泵站管理工作的现代化有着现实意义和历史意义。

参考文献:

- [1] 沈全荣等. 微机型同步电动机成套保护装置. 1998, 9.
- [2] 日本农业土木事业协会 [日]. 泵站工程技术手册. 1998, 12.

收稿日期: 1999-07-01; 改回日期: 1999-08-24

作者简介: 张顺林 (1949 -), 男, 工程师, 从事大型泵站继电保护及电器试验工作; 丁强 (1955 -), 男, 高工, 一直从事水利水文自动化系统和泵站自动化控制系统的研制。

(下转第 37 页)

就可能降低;为了速动性可能牺牲选择性(例如出线故障跳进线断路器)。

根据前面对电弧短路保护的要求,我们对国外已有的各种继电保护装置简单归纳如下:

阀式保护装置动作可靠迅速,但有最低的电流动作门槛(3kA)。动作时间虽短(可达0.1s以内),但必须出现两相短路后才能动作。动作时间和短路电流有关,电流愈大,动作时间愈短。电流虽大,但动作时间很短,短路时不会损坏开关柜,可以继续使用。

电弧接收天线装置,靠母线段出现两相短路电流动作。没有电流动作门槛。动作时间和短路电流大小无关。动作最迅速(瞬时)。造价低,但只能作为成套配电装置母线段的保护,也不能判别故障点。

单相电流电弧保护利用两相短路电流动作,可靠性高。动作时间短,可达0.1s。电流动作门槛低(1~3kA),但不能太低,否则动作时间要增长0.5s,以躲过变压器励磁电流或电动机起动电流。

电弧接地保护在发生单相接地时就动作。利用

单相接地电流动作,起动电流值低,灵敏度高。但为了避免出线单相接地时动作,动作时间要增长,约0.2s。但由于在小接地电流时就动作(单相,接地过渡到两相短路约0.5s),虽然时间长些,对开关不致造成损坏。

上述保护对出线外部短路时均有选择性。但为了避免开关柜在油气和电弧作用下爆炸,以及缩短保护动作时间,出线开关柜内电弧短路时均动作变压器进线断路器跳闸,选择性都差。如果采用真空断路器,为了缩短母线短路时动作时间,也可能要这样做。

从上可见阀式保护动作电流大(3kA)以上,因此短路电流小于3kA时应用其他保护。

最简单的是电弧接收天线,次之是阀式保护,最复杂是金属丝电弧继电器,光敏电弧保护继电器。

收稿日期: 1999-10-05

作者简介: 陈西庚(1935-),男,教授级高工,主要从事电气设计。

Protection against arc short circuit for switchgear cabinet set

CHEN Xi-geng

(Xinjiang Power Design Institute, Wulumuqi 830002, China)

Abstract: For 6~10kV complete set of power distribution equipment, many faults of switchgear cabinet are mainly caused by arc short circuit. Many arc short circuited faults result the whole section of power distribution equipment on fire (sometimes explosion). The equipment is damaged which brings a long term outage to customers. Therefore, the development and operation performances of the protection against arc short circuited fault for switchgear cabinet abroad (Russia) are presented in this paper.

Keywords: switchgear cabinet set; arc short circuit; protection

(上接第30页)

Application of micro-processor based relaying protection in large pumping station

ZHANG Shun-lin¹, DING Qiang²

(1. Jiangdu Water Conservancy Project Administration, Jiangdu 225200, China;

2. Nanjing Water Conservancy & Hydrologic Automation Institute, Nanjing 210098, China)

Abstract: Application of micro-processor based relaying protection and its problem are presented in this paper. It tells us how to improve its application quality and how to put the application in practice as soon as possible. The performances of the microprocessor based protection and traditional protection are compared as well.

Keywords: micro-processor based relaying protection; large pumping station; automation