

WDH-120 系列微机电动机成套保护装置

杨智德¹, 曹炳彦¹, 姚晴林²

(1. 许继电气保护及自动化事业部, 河南 许昌 461000; 2. 合肥工业大学, 安徽 合肥 230009)

摘要: 介绍了一种微机型大型同步电动机成套保护装置。该装置保护配置完善, 性能优良可靠, 能满足综合自动化系统的要求。

关键词: 同步电动机; 微机保护

中图分类号: TM774 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2003)09-0052-04

1 引言

电力工业的发展促进了发电机组单机容量的迅速增大, 从而对大型同步电动机的需求越来越多。由于大型同步电动机价格昂贵, 对其保护的性能也提出了较高的要求, 因而开发专用于大型同步电动机的微机保护装置, 进一步完善其保护配置、提高可靠性, 具有越来越重要的意义。

2 保护介绍

WDH-120 型微机电动机成套保护装置是在成熟产品 WFB-100 硬件平台基础上开发的专用于大型同步电动机的微机保护装置。CPU 采用 Intel 公司 MCS-96 系列单片微处理器 80C196KC, 软硬件模块化设计, 可直接与综合自动化系统相联接; 带录波功能, 可录取保护动作前 40 周波、动作后 10 周波的采样数据; 提供离线的分析软件, 可用于判断保护的動作行为和进行事故重演。保护装置由两套独立的装置 WDH-121、WDH-122 构成。其中, WDH-121 配置: 差动保护、TA 断线保护、零序电压保护、失磁保护、TV 断线保护。WDH-122 配置: 电流速断保护、定时限过负荷保护、反时限过流保护、启动时间过长及转子卡住保护、频繁启动保护、零序过流保护、失步保护、三相低电压保护及两段负序电流保护。两套装置联合应用, 适用于大型同步电动机, 也可以只应用 WDH-122, 适用于中小型同步电动机以及异步电动机。

2.1 比率制动式差动保护

比率制动式差动保护适用于大容量同步电动机及补偿机, 是电动机内部相间短路故障的主保护。

差动动作方程如下:

当 $|I_T - I_N| / 2 < I_{res.0}$ 时, $|I_T + I_N| > I_{op.0}$;

当 $|I_T - I_N| / 2 > I_{res.0}$ 时, $|I_T + I_N| > I_{op.0} +$

$S(|I_T - I_N| / 2 - I_{res.0})$

上述两式组成“或”门出口。

式中: I_T 、 I_N 分别为机端、中性点电流互感器 (TA) 二次侧电流, $I_{op.0}$ 为差动最小动作电流整定值, $I_{res.0}$ 为最小制动电流整定值, S 为比率制动特性的斜率。各侧电流的方向都以指向电动机为正方向。

为防止电动机在较大的起动电流下, 由于 TA 二次电缆长或机端负载重及中性点两侧 TA 暂态特性不一致引起保护误动作, 差动保护在电动机起动过程中, 带有约 70 ms 的延时, 以避免起动开始瞬间的暂态峰值电流。

为防止 TA 断线时保护误动作, 保护中采用了 TA 断线闭锁差动保护的方案, 用户可根据实际需要, 选择闭锁或不闭锁差动保护。

TA 断线判据为:

当任一相差动电流大于 $0.1 I_n$ 时启动 TA 断线判别程序, 满足下列条件时认为是 TA 断线:

- a) 本侧三相电流中一相无电流;
- b) 其它两相与启动前电流相等。

2.2 电流速断保护

电流速断保护是电动机机端电流互感器以内的引出线及定子绕组相间短路的主保护。

由于电动机在起动过程中, 起动电流最大可达额定电流的 5~7 倍, 为保证电动机在起动过程中电流速断保护可靠地不动作, 要求电流速断保护的動作电流大于电动机满载起动时的最大起动电流。这样整定的定值太高, 在电动机内部故障时保护可能会拒动作。因此本保护装置采用高、低两套定值, 在起动过程中采用高定值, 起动结束转入正常运行时自动切换到低定值。同时, 为避开起动开始瞬间的暂态峰值电流, 电流速断保护在起动时带有不大于 70 ms 的延时, 正常运行时带有不大于 40 ms 的延

时。

2.3 反时限过流保护

反时限过流保护作为电动机热过载的主保护及定子绕组相间短路故障的后备保护,动作于跳闸。

热过载反时限过流保护的動作方程如下:

$$t \frac{1}{I^2 - 1}$$

式中: I 为以电动机额定电流为基准的电流标么值; t 为发热(起动)时间常数。

当电动机起动时,为了躲开起动电流保证反时限不误动,反时限动作特性曲线在电动机起动过程中自动上移,起动结束后再恢复至正常值。即:在起动过程中自动取起动时间常数,起动结束转入正常运行时自动取发热时间常数。起动时间常数远大于发热时间常数。

反时限过流保护动作后,电动机的起动回路自动被闭锁,只有当绕组的温升由于散热已下降到跳闸前绕组温升的一半以下时,电动机的起动回路才自动解除闭锁。

2.4 失磁保护

该保护适用于特大容量的同步电动机及补偿机,以机端视在阻抗反映低励失磁故障。根据失磁过程中机端阻抗的变化轨迹,采用阻抗原理的保护作为电动机的低励或失磁故障保护,反映电动机励磁回路的部分失磁(低励)和完全失磁。

电动机发生低励、失磁故障后,总是先通过静稳边界,然后转入异步运行,进而稳态异步运行。根据这一原理,失磁保护由两个阻抗圆构成,一个为静稳边界阻抗圆,另一个为稳态异步边界阻抗圆。失磁保护的阻抗继电器位于阻抗平面的第三、第四象限,阻抗特性圆圆心在 $-X$ 轴上,两个圆相切于 $-X_d$ 。特性曲线见图 1。

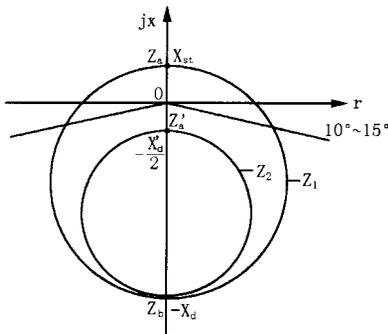


图 1 阻抗特性曲线

Fig. 1 Operation characteristic of impedance

静稳阻抗圆通过 $+X$ 轴的 X_{st} (联系电抗)和 $-X$ 轴的 $-X_d$ (同步电抗),为防止非低励失磁工况下误动作,静稳阻抗圆消除第一、第二象限的动作区。在静稳阻抗圆处保护动作后,若此时机端电压下降较多,在机端低电压延时 t_3 后立即停机。若机端电压下降不多,则经时间 t_1 动作于信号或切换励磁。

稳态异步阻抗圆的大小和位置是以电动机的暂态电抗 X_d' 和同步电抗 X_d 为基准的。在异步阻抗圆处保护动作后,经延时 t_2 动作停机。保护逻辑框图见图 2。

图 2 中各延时数字为整定范围,为躲开电力系统全相震荡, t_1 的整定值应等于或大于 $1 \sim 1.5$ s,为躲开非全相震荡, t_2 的整定值应等于或大于 $1 \sim 1.5$ s。

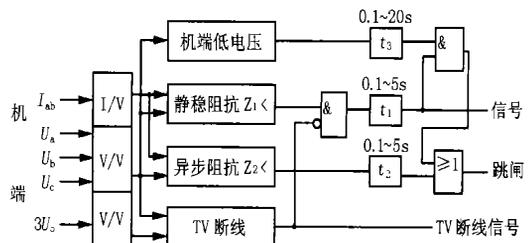


图 2 失磁保护原理框图

Fig. 2 Block diagram of loss of excitation protection

2.5 失步保护

本保护适用于特大容量的同步电动机及补偿机,当系统发生非稳定振荡即失步并危及电动机或系统安全时,动作于跳闸或信号。

本保护采用三阻抗元件,通过阻抗的轨迹变化来检测滑极次数并确定振荡中心的位置,同步电动机失步后机端视在阻抗的轨迹会反时针依次穿过 I 、 II 、 III 、 IV 区,并返回 I 区。发生失步后阻抗轨迹的变化比短路时慢得多。根据此特征,通过整定透镜内角大小,计及阻抗轨迹穿过透镜所需的时间区分短路与失步,因此只有当机端视在阻抗依次穿过图中所示的 I 、 II 、 III 、 IV 区,并返回 I 区且穿越 II 、 III 区的所需的时间大于 50 ms,才判定为一次滑极。当整定的滑极次数到时,如振荡中心位于电动机变压器内部时,一段启动发跳闸命令,如振荡中心位于电动机变压器外部时,启动二段发信号。保护动作特性见图 3。

为避免在 $\delta = 180^\circ$ (震荡电流最大)附近的严重条件下断路器跳闸,失步保护应在 $\delta = 0^\circ \sim 110^\circ$ 期间发出跳闸脉冲。

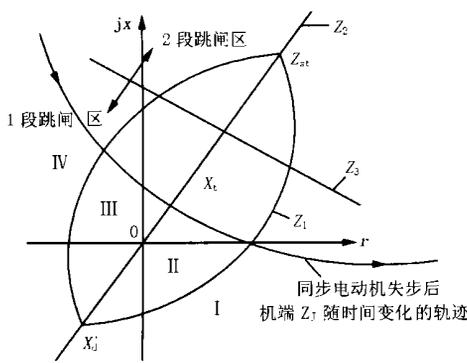


图 3 失步保护动作特性

Fig. 3 Operation characteristic of out of step protection

2.6 转子一点接地保护

该保护适用于特大容量的同步电动机及补偿机,主要反映转子回路一点接地故障。

采用乒乓式开关切换原理,通过求解两个不同的接地回路方程,实时计算转子接地电阻和接地位置。原理图见图 4 所示。其中: S_1 、 S_2 为由微机控制的电子开关, R_g 为接地电阻, ω 为接地点位置, E 为转子电压。两个降压电阻 R , 一个测量电阻 R_1 。当 S_1 闭合, S_2 断开时(状态 1), 在 R_1 上测得电压为 U_1 ; S_1 断开, S_2 接通时(状态 2), 在 R_1 上测得电压为 U_2 。 $U = |U_1 - U_2|$ 。接地电阻和接地位置计算公式如下:

$$R_g = E \cdot R_1 / (U - R_1 - R); \quad \omega = U_1 / U$$

为防止保护误动及计算溢出, 特设启动判据:

$$E > 50 \text{ V}$$

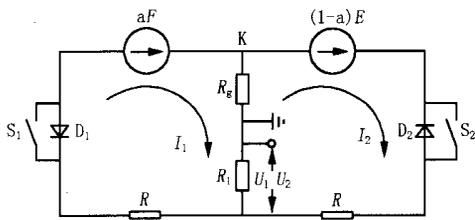


图 4 转子一点接地保护电压采样图

Fig. 4 Voltage sampling diagram of rotor earth fault protection

当 R_g 小于或等于接地电阻整定值时, 经延时发转子一点接地信号或作用于跳闸。

在单元管理机上可实时显示转子接地电阻值和接地位置。

2.7 起动时间过长及转子卡住保护

电动机有时无法正常起动, 很大的起动电流长时间存在, 电动机可能烧坏, 或者电动机起动成功转入正常运行后, 发生转子卡住等因素造成定子电流

增大危及电动机的安全, 因而需装设该保护。

当电动机起动结束后电流仍大于动作电流的整定值时, 带时限动作于跳闸; 或者电动机在正常运行过程中电流大于动作电流的整定值时, 带时限动作于跳闸。

2.8 频繁启动保护

电动机有时起动不起来, 运行人员可能在较短的时间内连续操作数次, 或者有些电动机具有特殊的负载, 需要频繁地跳开又起动, 如果这些多次起动相隔的时间较短, 势必造成电动机严重过热。

保护装置测量电动机在连续 10 min 内的起动次数, 若实际起动次数超过整定次数, 频繁起动保护动作于跳闸并且电动机的起动回路被自动闭锁 3 min, 3 min 之后才自动解除闭锁, 电动机可以重新起动。

2.9 零序过流保护

零序过流保护, 其电流取自机端专用的零序电流互感器, 作为电动机定子绕组及引出线单相接地故障的主保护。

当电动机零序电流 $3I_0$ 大于动作电流的整定值时, 带时限动作于信号或跳闸。

当应用于小电流接地系统时, 零序动作电流的整定计算原则是: 躲过本电动机外部(指机端电流互感器以外) 该电压等级电网中任一点单相接地时的三倍零序电流; 当应用于大电流接地系统时, 零序动作电流的整定计算原则是: 躲过电动机正常运行及起动过程中由于三相电流不完全对称而出现的零序不平衡电流。

2.10 基波零序电压保护

作为特大容量的同步电动机及补偿机定子回路或引出线单相接地故障的又一主保护。这种特大容量的同步电动机为降压变压器同步电动机组, 当电动机定子绕组或引出线或变压器低压绕组任一点发生单相接地时, 该保护按要求的时限动作于跳闸或信号。

基波零序电压保护能保护电动机 85% ~ 95% 的定子绕组单相接地。

$$\text{动作判据为: } |3U_0| > U_{op}$$

其中 $3U_0$ 为机端零序电压, U_{op} 为基波零序电压整定值。

该保护的电压应按躲过正常运行时机端三相电压互感器开口三角绕组的最大不平衡电压 $U_{unb, max}$ 整定, 即:

$$U_{op} = K_{rel} U_{unb, max}$$

式中: K_{rel} 为可靠系数,取 1.2 ~ 1.3。 $U_{unb. max}$ 为实测不平衡电压,若 $U_{op} = 5V$,则保护死区 5%;当 $U_{op} < 10V$ 时,应校验高压系统接地短路时传递到机端的基波零序电压,以免误动。

2.11 两段式定时限负序过电流保护

负序过电流保护,作为电动机断相、定子绕组或引出线不对称相间短路、定子绕组匝间短路及三相电流不平衡的主保护。

负序过电流保护第二段的整定计算原则是:在电动机正常运行及起动过程中,允许三相电压之间有持续性的 5% 以内的误差,此时会出现较长时间的负序电流,应保证负序电流保护第二段可靠地不动作。第二段为长延时。

负序过电流保护第一段的整定计算原则是:在系统最小运行方式下电动机机端两相短路时,最小的短路电流负序分量应使负序电流保护一段可靠地动作,同时还必须保证在电动机起动过程中负序电流保护第一段可靠地不动作。第一段为短延时。

2.12 三相低电压保护

在实际工程中,常有许多电动机在一条母线上运行,当母线附近发生对称或不对称相间短路时,母线电压下降。而短路故障切除后,母线电压基本对称地恢复,所有电动机一起自起动,总的起动电流很大,致使母线电压长时间无法恢复,导致所有电动机

都无法自起动成功,造成严重后果。为了保证重要电动机自起动成功,有必要在不重要的电动机及负载特性不允许自起动的电动机上装设三相低电压保护,以保证重要电动机自起动成功。

当电动机母线三相电压降低到整定动作值以下时,带时限动作于跳闸。

3 结论

该套电动机成套保护装置保护配置完善,性能可靠,支持综合自动化系统,性能价格比合理,完全满足大型同步电动机对保护的需要,推广应用前景良好。

参考文献:

- [1] 祖伟,姚晴林. 微型电动机成套保护装置的研制[J]. 继电器,1997,25(2):31-35.

收稿日期: 2003-03-07

作者简介:

杨智德(1968-),男,工程师,从事主设备微机保护装置的研制工作;

曹炳彦(1970-),男,工程师,从事自动化装置的研制工作;

姚晴林(1932-),男,教授,从事电力系统继电保护与自动化的研究。

WDH120 microprocessor based motor protection

YANG Zhi-de¹, CAO Bing-yan¹, YAO Qing-lin²

(1. Protection & Automation Business Dept of XI Electric Corporation, XuChang 461000, China;

2. Hefei Industrial University, Hefei 230009, China)

Abstract: A successful development of microprocessor - based protection equipment for big synchronous motor is introduced in this thesis. It has perfect configurable function and highly reliable performance. It can satisfy the demand of integrated automation system and have run for two years with successful experience.

Key words: synchronous motor; microprocessor protection

中国南方电网将构筑三道防线保证电网安全运行

中国南方电网公司今天宣布,将构筑三道防线,以保证我国南方电网安全运行。这“三道防线”分别是:一加强安全运行管理;二是当局部出现振荡时迅速启动安全自动装置进行截断,把事故局限小范围内;最后一道防线是制定紧急预案。一旦出现大面积停电,电网能在最短时间内重新启动,恢复供电。

(转载于 cctv)