

微机保护算法在矿井电动机综合保护中的应用

于群, 曹娜

(山东科技大学信电学院, 山东 济南 250031)

摘要: 论述了矿井电动机微机综合保护器中与相敏、不对称短路及断相有关的微机保护算法, 并给出了具体的计算公式。这些方法结合矿井实际情况, 简单可靠, 运算量小, 非常适用于微机编程。

关键词: 微机算法; 电动机; 综合保护

中图分类号: TM771

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2004)20-0050-02

0 引言

我国的工矿企业中大量使用着各种中小型交流异步电动机, 与其配套使用的起动机中基本上都安装了电动机综合保护器(简称电动机综保)。目前使用的电动机综保大部分采用分立元件和传统的保护原理, 可靠性和稳定性较差, 加之矿井的环境条件差, 因此保护装置误动、拒动的情况时有发生, 这对电动机的安全运行极为不利, 往往造成重大的经济损失。基于这一事实, 我们研制了一套以单片机为核心的电动机微机保护装置, 经过近两年来的工业现场实验表明, 该装置无论在保护的灵敏性还是可靠性方面都优于传统的综合保护装置。这主要归功于微机综合保护装置极强的综合分析和判断能力, 更为重要的是装置中采用了合适的保护原理和保护算法。本文将对此详细论述。

1 相敏保护的算法

作为一个完整的电动机综合保护装置, 一般要具有短路、过负荷、断相、接地及过欠压等保护功能。在设计时, 应考虑到保护装置是应用在煤矿井下这一特殊的工业环境中。通常, 短路保护是按过电流幅值进行整定的。而在煤矿井下使用的鼠笼式电动机一般均采用直接起动方式, 由于供电系统的电源容量较小, 随着供电距离延长, 采掘机械容量增大, 往往遇到电动机的最大起动电流与线路末端最小两相短路电流比较接近, 造成整定困难。在当前一些电动机微机保护装置中, 采用在起动时将电动机的短路保护电流整定值提高, 等起动结束后再恢复正常值的办法来躲开起动电流。但这个方法在电动机起动时发生短路就无法实现保护。现在煤矿电动机综保中一般采用相敏保护的方法, 其原理是电动机起动时的功率因数很低(一般为 $\cos \phi = 0.5$ 左右), 而在电缆线路短路时, 电感效应很小, 故而功率因数

很高($\cos \phi$ 接近于 1)。显然通过鉴别相位关系, 很容易实现相敏保护。但在设计具体电路时遇到如下具体问题。为了简化前向输入通道, 接入综保的电参数为线电压 U_{ab} 、 U_{cb} 与相电流 I_a 、 I_c , 这使得不易直接得出所需的相位关系; 即使在前向通道中输入了相电压和相电流, 为了获得相位关系, 可采用硬件或软件两种方法。若使用硬件检测电路测出相位角, 由单片机实现判断, 显然没有充分发挥出微机保护的优越性。若只用软件来计算相位角, 则要调用求三角函数子程序, 从而影响了保护的实时性。为解决上述问题, 我们用求有功功率的方法来计算功率因数。其原理如下:

设接入综保的电参数为线电压 u_{ab} 、 u_{cb} 与相电流 i_a 、 i_c , 经同步采样后利用离散值可求得相应的有效值 U_{ab} 、 U_{cb} 、 I_a 、 I_b , 同时可求出相电压与相电流的有效值 U_p 、 I_p 。

输电线路的三相有功功率为:

$$P = U_{ab} I_a \cos \phi_{ab} + U_{cb} I_c \cos \phi_{cb} = 3 U_p I_p \cos \phi$$

式中: ϕ_{ab} 为 u_{ab} 与 i_a 的相位差; ϕ_{cb} 为 u_{cb} 与 i_c 的相位差。

因此只要计算出电路的三相有功功率就可求出功率因数, 即:

$$\cos \phi = P / (3 U_p I_p) \quad (1)$$

为了提高保护算法的快速性, 我们采用了相隔 90 的两点积算法, 有功功率的计算原理如下所述。

一般说来, 若输入线路的电流、电压量分别为:

$$i = \sqrt{2} I \sin \omega t = I_m \sin \omega t$$

$$u = \sqrt{2} U \sin(\omega t + \phi) = U_m \sin(\omega t + \phi)$$

式中: ϕ 为 u 与 i 的相位差, U 、 I 和 U_m 、 I_m 分别为 u 与 i 的有效值和最大值。

则此线路的有功功率 P_1 为:

$$P_1 = IU \cos \phi \quad (2)$$

对电流、电压进行相差 90 的同步采样, 所得

的两组采样值为:

$$i_1 = I_m \sin t_1$$

$$u_1 = U_m \sin(t_1 + \varphi)$$

$$i_2 = I_m \sin(t_1 + 90^\circ) = I_m \cos t_1$$

$$u_2 = U_m \sin(t_1 + \varphi + 90^\circ) = U_m \cos(t_1 + \varphi)$$

再进行如下运算:

$$\begin{aligned} i_1 \cdot u_1 + i_2 \cdot u_2 &= I_m U_m (\sin t_1 \cdot \sin(t_1 + \varphi) + \cos t_1 \cdot \cos(t_1 + \varphi)) \\ &= I_m U_m (\cos(t_1 - t_1 + \varphi)) = \\ &I_m U_m \cos \varphi = 2 IU \cos \varphi = 2 P_1 \end{aligned} \quad (3)$$

利用式(3)的结论,对 u_{ab} 、 u_{cb} 、 i_a 、 i_c 进行相差 90° 的同步采样,得到的两组采样值为: u_{ab1} 、 u_{cb1} 、 i_{a1} 、 i_{c1} ; u_{ab2} 、 u_{cb2} 、 i_{a2} 、 i_{c2} 即可计算出三相有功功率:

$$P = U_{ab} I_a \cos \varphi + U_{cb} I_c \cos \varphi = (i_{a1} \cdot u_{ab1} + i_{a2} \cdot u_{ab2} + i_{c1} \cdot u_{cb1} + i_{c2} \cdot u_{cb2}) / 2 \quad (4)$$

将计算出来的 P 代入式(1)即可计算出功率因数 $\cos \varphi$ 。由此可见,该方法非常简单,运算量小,能够较好满足相敏保护的要求。

2 断相及不对称短路保护的算法

在矿井中,常常由于电动机供电回路接头电阻增大或由于电缆芯线被外力拉断一相而造成电动机的单相运行。当环境噪声较大,电动机距离运行人员较远时,则有可能使单相运行的电动机长时间运转而未被发觉,从而造成电动机损坏。由于此时电动机处于不平衡运行状态,电路中必然出现负序电流,因此利用负序电流作为断相的保护判据,既灵敏又准确可靠。若输入综合保护装置的电流为三相电流,则根据对称分量原理很容易计算出负序电流的大小,但是在大多数保护装置中输入的电流只有 A、C 相电流,为此我们采用如下的算法:

根据输入量首先计算出 A、C 相电流的实部和虚部,即:

$$I_a = I_{ac} + j I_{as}$$

$$I_c = I_{cc} + j I_{cs}$$

式中: I_{ac} 、 I_{cc} 为实部, I_{as} 、 I_{cs} 为虚部。

将负序电流分量也写成上面的形式,有:

$$I_2 = I_{2c} + j I_{2s}$$

$$\text{因为 } I_a + I_b + I_c = 0$$

由对称分量原理可知:

$$I_2 = \frac{1}{3} (I_a + \sqrt{3} I_b + I_c) =$$

$$\frac{1}{3} [(1 - \sqrt{3}j) I_a + (1 + \sqrt{3}j) I_c] =$$

$$\frac{1}{3} [(\frac{\sqrt{3}}{2} + j \frac{1}{2}) (I_{ac} + j I_{as}) + j \sqrt{3} (I_{cc} + j I_{cs})] =$$

$$\frac{1}{2} I_{ac} - \frac{\sqrt{3}}{3} (\frac{1}{2} I_{as} + I_{cs}) + j [\frac{1}{2} I_{as} + \frac{\sqrt{3}}{3} (\frac{1}{2} I_{ac} + I_{cc})]$$

即得到负序分量的实部、虚部为:

$$I_{2c} = \frac{1}{2} I_{ac} - \frac{\sqrt{3}}{3} (\frac{1}{2} I_{as} + I_{cs})$$

$$I_{2s} = \frac{1}{2} I_{as} + \frac{\sqrt{3}}{3} (\frac{1}{2} I_{ac} + I_{cc})$$

以上式中 e^{j120° 为运算符, $e^{j120^\circ} = e^{j120^\circ}$

当电动机发生不对称短路(两相短路,两相接地短路)时,同样出现负序电流,因此利用负序电流作为动作判据,可以较好地实现电动机的不对称短路及断相保护。

需要说明的是,无论是上述应用在相敏保护中计算功率因数的算法,还是不对称短路及断相保护中计算负序电流的算法,都是基于正弦函数模型的算法。实际上正常线路,尤其是故障后电流、电压都含有各种暂态分量,而且数据采集系统还会引入各种误差,所以这一类算法要获得精确的结果,必须和数字滤波器配合使用。限于篇幅,本保护装置中数字滤波器的具体设计在此就不论述。

3 总结

综上所述,本文论述了在矿井电动机微机综合保护装置中有关相敏、不对称短路及断相保护的算法原理,并给出了具体的算法公式。这些方法结合矿井实际情况,简单可靠,运算量小,为提高整个保护装置的性能提供了有力的保证。

参考文献:

- [1] 杨奇逊(YANG Qi-xun). 微型机继电保护基础(Basis of Microprocessor-based Protection) [M]. 北京:中国电力出版社(Beijing: China Electric Power Press), 2002.
- [2] 沈金官(SHEN Jin-guan). 电网监控技术(Power System Monitor and Control Technology) [M]. 北京:中国电力出版社(Beijing: China Electric Power Press), 1997.
- [3] 王维俭(WANG Wei-jian). 电气主设备继电保护原理与应用(Protection Principle and Application of Main Electrical Equipment) [M]. 北京:中国电力出版社(Beijing: China Electric Power Press), 1996.

(下转第 56 页 continued on page 56)

3 事故后的防范措施

事故后,对全厂所有直流系统及二次控制回路进行了全面的检查,并制定以下整改措施。

1) 检查厂用室低压设备有交流、直流联合控制回路的,将交、直流控制线分别绑扎进行区分。

2) 检查有无交流、直流、强电、弱电回路合用一根控制电缆的,有则更换电缆。避免芯线间感应出干扰电压,并在其终端连接设备上产出不能接受的共模和差模干扰电压。

3) 提高出口继电器动作电压,使其动作电压大于 $50\% U_H$,小于 $65\% U_H$ 。

4) 对长距离电缆启动出口的中间继电器为避免直流电源正极接地,应改用较大启动功率的。

5) 对由变电站控制室至机房保护室的启动出口继电器线圈两端所有加有二极管的,将二极管焊开,用电阻与电容的串联代替原有二极管。

6) 将保护出口中间继电器线圈两端并联“二极管串电容”回路的改为“二极管串电阻”。

4 结束语

通过此次事故我们得到了一个很重要的启示,

Analysis of maloperation causes of generator-transformer protection by DC earthing

LIU Xirchun

(Ningxia Daba Power Plant, Qingtongxia 751607, China)

Abstract: Through a maloperation of No. 4 generator-transformer block in Daba Power Plant, this paper analyses its reason, studies the effect of AC voltage on a DC circuit and microcomputer-based protection, and comes to the conclusion that the DC and AC can't be transmitted by the same cable or different clusters bound into sheaves. Some relevant countermeasures are put forward.

Key words: microcomputer-based protection; maloperation; analysis

(上接第 51 页 continued from page 51)

[4] 于群,曹娜(YU Qun, CAO Na). 内嵌 MUC 的 AduC812 在电动机综合保护中的应用 (Application and Design of A-DuC812 with Embedded MUC in Synthetic Protection for Motors) [J]. 煤矿自动化 (Coal Mine Automation), 2001, (2): 21-23.

保护工作人员在现场维护中只注重于保护装置动作行为的正确性。对“反措”中的细节问题没有很好的理解,并且对于发电厂直流系统在低压控制系统中交流电源对其供电质量的影响没有足够的重视。这就要求继电保护人员不但要加强本专业技术的学习,而且相关专业也要进行学习,拓宽思路,善于横向思考问题,才能更好地解决现场难题,保证继电保护及安全自动装置的安全稳定运行。

参考文献:

[1] 国家电力调度通讯中心 (The State Power Dispatch and Communication Center). 电力系统继电保护规定汇编 (The Rules of Power System Protection) [M]. 北京:中国电力出版社 (Beijing: China Electric Power Press), 1997.

收稿日期: 2004-01-06; 修回日期: 2004-03-08

作者简介:

刘新春(1976-),男,本科,助工,从事继电保护应用工作。E-mail: 13014243532@vip.sina.com

收稿日期: 2004-02-12; 修回日期: 2004-03-01

作者简介:

于群(1970-),男,硕士,讲师,从事电气工程及其自动化专业教学与科研工作,研究方向为电力系统继电保护和综合自动化;

曹娜(1971-),女,副教授,博士,研究方向为电力系统自动化。E-mail: caona@ustsd.edu.cn

Application of microcomputer algorithm for mine motor comprehensive protection

YU Qun, CAO Na

(School of Information and Electrical Engineering, Shandong University of Science and Technology, Jinan 250031, China)

Abstract: The principle of microcomputer algorithm for phase sensitive short-circuit protection, asymmetry short-circuit protection and open phase protection is proposed, which is used in the mine motor comprehensive protection. The formulas are also pointed out. According to the practical situation of the mine motor, these formulas are simple, reliable, small quantum of computation and suitable for programming.

Key words: microcomputer algorithm; motor; comprehensive protection