

高压异步电动机的智能化综合保护

蔡泽祥 侯勇

东北电力学院 (132012)

刘振武 傅德贵

通辽发电总厂 (028011)

摘要 本文详细分析了高压异步电动机的故障特征及现有保护的不足。基于对称分量法理论,本文提出了基于检测负序、零序电流及电流幅值的电动机保护方法,该方法能够覆盖高压异步电动机的常见故障,并可实现对电动机故障类型的自动诊断,实现了智能化的综合保护。

关键词 高压异步电动机 继电保护 对称分量法

概述

我国发电厂中的一些重要辅机设备,如磨煤机、送(引)风机等,都是采用 6kV 高压异步电动机拖动的。由于运行条件差及保护的不完善,现场运行中高压电动机的烧损是普遍存在的。由于电厂辅机设备的特殊重要性,高压电动机的烧损会带来巨大的直接和间接损失。类似的问题在其他行业中也是普遍存在的。^[1,2,3]

目前高压电动机的主保护是以感应过流继电器为主的过流反时限保护和短路速断保护。现场运行中存在以下问题^[2,3]。

(1)过流保护主要针对的是以电流增加为主要特征的对称故障和严重短路故障,如过载、堵转、严重短路等。各类不对称故障,如断相、不平衡运行等,一般不出现显著的电流增加,从而过流保护难以及时正确地动作。

(2)电动机的各类内部绕组故障,如匝间短路、接地短路等,往往是由于运行环境较差,长期运行不当引起的。起初这类故障往往只是局部的,并不出现显著的电流增大,但若不及时处理会导致事故扩大,等到故障严重到出现较大的过流信息时,电动机已经损坏,即使保护动作也失去了意义。

(3)对于磨煤机一类的重负荷起动设备,常规的感应式过流继电器整定困难,经常不能躲过起动电流,现场运行中常有退出保护起动的情况。

本文针对高压电动机现有保护存在的以上问题,提出了基于检测负序电流、零序电流和过流程度的高压电动机综合保护方法。该方法能够覆盖所有常见故障类型,并可自动诊断故障原因,从而实现了高压电动机的智能化综合保护。

1 高压电动机故障特征分析^[4]

高压电动机的常见故障可分为对称与不对称两大类。对称故障有:对称过载、堵转、短路等,这类故障对电动机的损害主要是由于电流增大引起的热效应。因此,对称故障可以通过过流程度来反映,这正是常规过流保护的基本立足点。

电动机的不对称故障很多,如断相、不平衡、相间短路、接地短路等。除了严重的短路会造成故障相电流明显增大外,不对称故障的大多数一般不出现显著的电流幅值变化,因此过流保

收稿日期:1995—07—18

护常常不能及时鉴别。而不对称故障对电动机的损害又不仅仅是电流增加引起的发热,更重要的是不对称引起的负序效应及其给电动机运行带来的隐患。进一步地,电动机的不对称故障容易形成事故扩大,造成电机的严重损坏。因此,电动机运行缺陷的早期诊断是非常重要的。

根据对称分量法分析,当发生不对称故障时,电动机的电流可以分解为正序、负序和零序分量。电动机正常运行中,三相基本对称,负序和零序电流分量基本为零,而一旦发生不对称故障,将会大幅值出现,据此作为鉴别不对称故障的判据将会有很高的灵敏度和可靠性。

高压电动机常见故障的分析结果如表 1

表 1 高压电动机故障特征分布

故障类型		零序	负序	过电流	其他故障特征	保护特性	
对称故障	过载	无	无	$(1.2\sim 5)I_e$	$I_a \approx I_b \approx I_c$	反时限	
	堵转	无	无	$(5\sim 7)I_e$	$I_a \approx I_b \approx I_c$	短时限	
	短路	无	无	$(8\sim 10)I_e$	$I_a \approx I_b \approx I_c$	速断	
不对称故障	非接地	断相	无	$I_c/\sqrt{3}$	$\sqrt{3}I_0$	$I_a=0, I_b=-I_c$	短时限
		逆相	无	I_a	无	$I_c \approx I_b \approx I_e$	速断
		不平衡	无	有	无	$I_a \neq I_b \neq I_c$	短时限
		相间短路	无	有(其值取决于位置)		$I_b \approx I_c > I_a$	速断
	接地	单相接地	$\Sigma I/3$	有	取决于位置	$I_a > I_b \approx I_c$	速断
		二相接地	$\Sigma I/3$	有	取决于位置	$I_b, I_c > I_a = I_0$	速断

注:(1)单相故障设 A 相为故障相;二相故障设 B、C 相为故障相;

(2) I_e 表示故障前电流幅值; $\Sigma I = I_a + I_b + I_c$

2 高压电动机保护的故障判据

根据以上分析,电动机发生对称故障时的主要特征是出现电流幅值增大,而发生不对称故障时的主要特征是出现负序和零序电流分量。根据这一结论,本文将高压电动机的保护分解成三个部分,即过流保护、负序电流保护、零序电流保护,如表 2。由此可基本覆盖电动机的所有常见故障类型,实现了真正的综合保护。

表 2 电动机保护的组成

保护类型	针对故障	保护特性
过流保护	过载、堵转	过流反时限
	严重短路	速断
负序保护	断相、不平衡	负序反时限
	局部短路	定时限
零序保护	接地性短路	定时限

根据本文的分析还可发现,电动机的负序、零序电流分量及过流程度等故障信息的分布组

合关系与电动机的故障类型之间有很好的对应关系。根据这一对应关系,可以鉴别电动机的故障类型,指示故障原因,从而实现了智能化的自动故障诊断。这样结合其他故障特征可形成表3的高压电动机常见故障诊断表。

综上所述,本文通过检测电动机的过流、负序和零序电流等故障特征,实现了覆盖高压电动机所有常见故障的综合保护。同时,还可以根据故障特征的分布,进行自动故障诊断,从而实现了高压电动机保护的智能化。

表3 电动机常见故障诊断表

零序	负序	过电流	其他故障特征	对应的故障
无	无	$(1.2\sim 5)I_c$	$I_a \approx I_b \approx I_c$	过载
无	无	$(5\sim 7)I_c$	$I_a \approx I_b \approx I_c$	堵转
无	无	$(8\sim 10)I_c$	$I_a \approx I_b \approx I_c$	短路
无	$I_c/\sqrt{3}$	$\sqrt{3}I_o$	$I_a=0, I_b=-I_c$	断相
无	I_a	无	$I_a \approx I_b \approx I_c$	逆相
无	有	无	$I_a \neq I_b \neq I_c$	不平衡
无	有	有或无	$I_b \approx -I_c > I_a$	相间短路
$\Sigma I/3$	有	有或无	$I_a > I_b \approx I_c$	单相接地
$\Sigma I/3$	有	有或无	$I_b, I_c > I_a = I_o$	二相接地

注:(1)单相故障设A相为故障相;二相故障设B、C相为故障相;

(2) I_o 表示故障前电流幅值; $\Sigma I=I_a+I_b+I_c$

3 智能化高压电动机综合保护实现原理

根据以上基本思想。本文研制了具有故障诊断功能的智能化高压电动机综合保护装置。保护装置的实现原理框图如图1。

保护装置的核心问题是如何检测各故障特征。

过流程度的检测采用A、C二相不完全接线方式,分别检测A相和C相电流幅值,取较大者作为电动机过流信息。

负序电流的检测采用图2的负序电流滤过器。按照图2的极性有:

$$\begin{cases} U_R = \frac{N_2}{N_1} R (I_A + I_C) \\ U_C = -j \frac{N_4}{N_3} X_C (I_A - I_C) \end{cases} \quad (1)$$

图2中各参数要求满足以下关系:

$$\frac{N_2}{N_1} R = \sqrt{3} \frac{N_4}{N_3} X_C \quad (2)$$

负序滤过器输出 U_2 为:

$$U_2 = U_R + U_C = -\frac{N_2}{N_1} R I_B - j \frac{N_4}{N_3} X_C (I_A - I_C) \quad (3)$$

当原边通过正序电流 I_{A1}, I_{B1}, I_{C1} , 负序滤过器输出 $U_2^{(1)}$ 为:

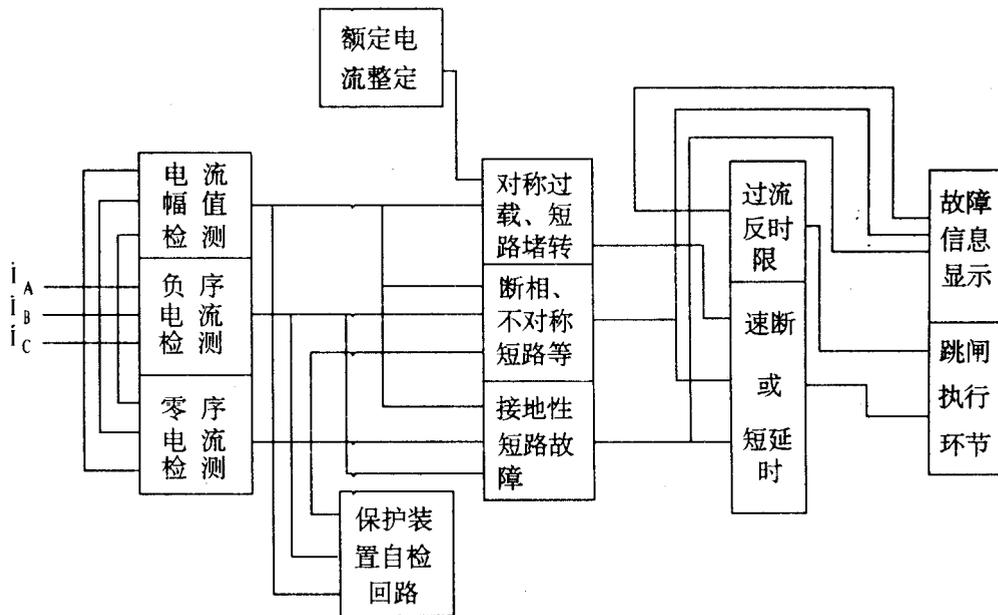


图1 高压电动机综合保护装置原理

$$\begin{aligned}
 U_2^{(1)} &= -\frac{N_2}{N_1}RI_{B1} - j\frac{N_4}{N_3}X_C(I_{A1} - I_{C1}) \\
 &= -\frac{N_2}{N_1}RI_{B1} + \frac{N_4}{N_3}\sqrt{3}X_C\dot{I}_{R1} = 0
 \end{aligned} \tag{4}$$

当原边通过负序电流 I_{A2}, I_{B2}, I_{C2} 时, 负序滤波器输出 $U_2^{(2)}$ 为:

$$\begin{aligned}
 U_2^{(2)} &= -\frac{N_2}{N_1}RI_{B2} - j\frac{N_4}{N_3}X_C(I_{A2} - I_{C2}) \\
 &= -\frac{N_2}{N_1}RI_{B2} - \frac{N_4}{N_3}X_C\sqrt{3}I_{B2} = 2U_R
 \end{aligned} \tag{5}$$

因此, 负序滤波器只能通过负序电流分量, 当发生 B 相断线时, 负序滤波器相量图如图 3。

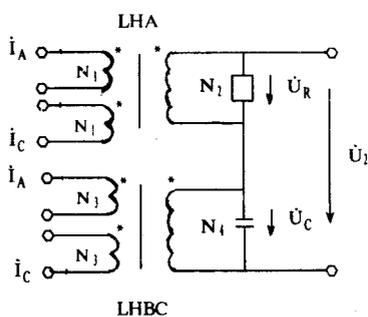


图2 负序电流过滤器

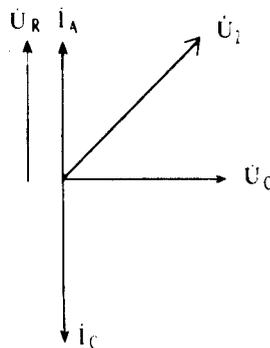


图3 B相断线时的相量图($I_A = -I_C$)

零序电流的检测采用特制的可拆卸式零序电流互感器。由于 6kV 系统为中性点不直接接地系统, 零序电流的大小取决于电缆长度、同一母线上负荷数等因素, 变化范围较大。本文零序电流保护可灵活整定, 以适应不同应用环境下的零序电流变化。

需要说明的是, 本文各保护的配合顺序是过流速断—零序—负序—过流反时限, 因此前面分析负序滤波器时没有考虑零序电流的影响。

本文的保护装置采用集成电路组件构成,除了电动机故障信息检测外,还包括反时限特性实现、故障显示、自检功能实现及电源和跳闸等辅助回路,限于篇幅,不再详细叙述。

本文研制的保护装置的各保护功能之间相互独立,各保护输出可只投信号,也可投跳闸,各保护功能可根据需要自行组合。

基于本文原理研制的高压电动机综合保护装置在通辽发电厂、佳木斯第二发电厂运行一年半,取得了非常满意的效果,显示出良好的推广应用前景。

4 结论

高压异步电动机的常规过流保护和速断保护不能有效地保护各类不对称故障。由于高压电动机及其辅机设备的特殊重要性,其保护急待完善。

本文基于对高压电动机故障特征的详细分析,将保护分解为过流、负序和零序保护三大类,由此构成的综合保护可基本覆盖电动机的所有常见故障类型,并可实现智能化的自动故障诊断。

本文研制的智能化高压电动机综合保护装置,已于1994年11月通过吉林省电力局鉴定,并在现场推广应用,具有良好的发展前景。

参考文献

- 1 Paoletti. J. Improving Existing Motor Protection for Medium Voltage Motors. IEEE Trans. Ind. Appl. 1989
- 2 Motor Reliability Working Group. Report of Large Motor Reliability Survey of Industrial and Commercial Installation, IEEE Trans. Ind. Appl. 1987
- 3 罗建业. 浅谈中压电动机的故障和保护. 电工技术杂志, 1991, 2
- 4 蔡泽祥. 异步电动机故障电流分析及保护. 继电器, 1993, 4
- 5 马长贵. 继电保护基础. 北京: 水电出版社, 1986
- 6 高景德. 交流电机及其系统的分析. 北京: 清华大学出版社, 1993年8月

.....
(上接 23 页) 3. 1. 4 绝缘间隙及爬电距离测试

3. 2 技术要求

产品标准规定产品的额定绝缘电压, 试验电压的等级及试验部位。

3. 3 试验方法

a 绝缘电阻测试应根据不同的额定绝缘电压选择测试仪器的电压等级, 见表 6 规定。

表 6 额定绝缘电压与测试仪器

额定绝缘电压(V)	测试仪器电压等级(V)
$U \leq 60$	250
$60 \leq U \leq 250$	500
$U \geq 250$	100

b 介质强度试验和冲击电压试验, 应根据产品规定的试验电压, 施加于被试部位, 其方法见 GB 7261 的规定。

c 按试验部位的要求, 应将各独立回路所带电端子连在一起, 分别对外壳和地, 或者相互之间进行试验。