

比例制动和增量比例制动差动继电器的性能比较

宋小舟¹, 王东¹, 王红玲², 容昊³, 王湛¹

(1. 许继电气有限公司, 河南 许昌 461000; 2. 许昌师专物理系, 河南 许昌 461000;

3. 湖南怀化电力局, 湖南 怀化 418000)

摘要: 比例制动差动继电器和增量比例制动差动继电器在电力系统母线保护中都得到了应用, 这两种继电器既有共同点, 又存在一些差别。本文就这两种差动继电器原理和特点加以分析和比较, 以便电力系统选用时有一个比较明确的概念。

关键词: 比例制动; 增量比例制动; 制动系数

中图分类号: TM773

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2002)09-0025-03

1 引言

目前, 国内外主流的微机母线都采用比例制动差动继电器, 如国际上 ABB 公司的 REB500 系列、西门子公司的 7SS500 系列母线保护, 国内许继公司的 WMH800 系列母线保护。广泛的应用表明, 比例制动差动继电器反应故障能力强, 可靠性高, 对电力系统的安全运行起到了重要的作用。由于反映故障分量的保护在线路保护应用中取得了成功, 因此有人提出在母线保护上采用反映故障分量的增量比例制动差动继电器。本文就比例制动差动继电器和增量比例制动差动继电器的工作原理和特点进行了分析和比较, 以便电力系统选用时有一个比较明确的概念。

2 比例制动差动继电器的工作原理

当电力系统运行方式变化较大时, 电流差动继电器的灵敏度将受到影响, 如果能使电流差动继电器的动作电流随外部短路电流的变化而变化, 即用外部短路电流作为制动量, 那么外部短路电流越大, 制动量也就越大, 因此母线短路时继电器将会有较高的灵敏度, 为此引入比例制动概念(为区分方便, 以下称其为常规比例制动)。其动作方程为

$$\begin{cases} |I_d| > I_{dd} \\ |I_d| > KI_f \end{cases} \quad (1)$$

式中: I_d 为某一时刻差动电流瞬时值, $|I_d| = \left| \sum_{i=1}^n I_i \right|$; I_f 为同一时刻制动电流瞬时值, $|I_f| = \sum_{i=1}^n |I_i|$; K 为比率制动系数; I_{dd} 为差动电流整定门坎。

差动保护动作曲线如图 1 所示。

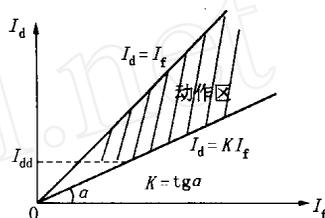


图 1 比例制动差动继电器保护动作曲线

Fig. 1 Operating characteristics of restraint differential protection

3 增量比例制动继电器的工作原理

增量比例制动差动继电器为完全故障分量继电器, 即差动量和制动量都采用故障分量, 增量比例制动在母线保护中的应用就是基于这样一个理念, 利用故障分量可以提高保护抗过渡电阻的能力, 减少保护性能受故障前系统负荷的影响, 其动作方程为

$$\begin{cases} I_d > I_{dd} \\ I_d > KI_f \end{cases} \quad (2)$$

式中: I_d 为某一时刻差动电流增量值, $I_d = \left| \sum_{i=1}^n (I_i - I_{i-T}) \right|$; I_f 为同一时刻制动电流增量值, $I_f = \sum_{i=1}^n |I_i - I_{i-T}|$ (其中 $I_i - I_{i-T}$ 为第 i 回路的工频变化量); K 为比率制动系数; I_{dd} 为差动电流整定门坎。

4 增量比例制动差动继电器和常规比例制动差动继电器的性能分析

为方便理解, 以下分析和计算都以单母线为例

(如图 2),并且假设母线上只有两个元件,一个是电源(电流为 I_1),另一个是负荷(电流为 I_2)。

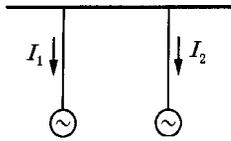


图 2 简化的单母线系统

Fig. 2 Simplified single-bus system

其常规比例制动方程中差动电流和制动电流分别为: $I_d = |I_1 + I_2|$; $I_f = |I_1| + |I_2|$ 。

母线的故障状态图 3(a)可分解为母线的正常运行状态图 3(b)和故障附加状态图 3(c)。

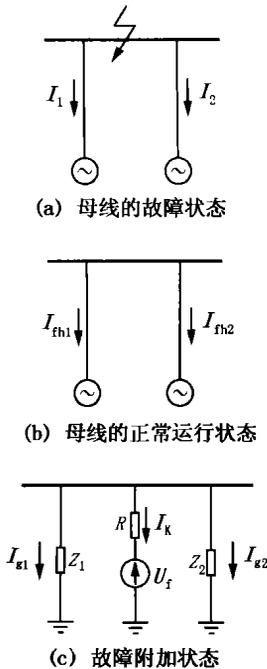


图 3 利用叠加原理分析母线故障

Fig. 3 Use overlap theory to analyze the bus fault

假设正常运行状态 I_1 和 I_2 的电流分别为 I_{fh1} 和 I_{fh2} ,且 $I_{fh1} = -I_{fh2}$, $I_{fh1} = I_{fh2} = I_{fh}$;故障点电流大小为 I_k ;故障状态 I_1 和 I_2 的故障分量分别为 I_{g1} 和 I_{g2} ,则 $I_{g1} + I_{g2} = -I_k$ 。取 I_1 的电流为正方向,其常规比例制动方程中差动电流和制动电流可转化为

$$I_d = |I_{fh1} + I_{g1} + I_{fh2} + I_{g2}| = |-I_k| = I_k \quad (3)$$

$$I_f = |I_{fh1} + I_{g1}| + |I_{fh2} + I_{g2}| =$$

$$I_{fh1} + I_{g1} + I_{fh2} - I_{g2} = 2I_{fh} + I_k - 2I_{g2} \quad (4)$$

其增量比例制动动作方程中则为

$$I_d = |(I_1 - I_{fh1}) + (I_2 - I_{fh2})| = |I_{g1} + I_{g2}| = |-I_k| = I_k \quad (5)$$

$$I_f = |I_1 - I_{fh1}| + |I_2 - I_{fh2}| = |I_{g1}| + |I_{g2}| =$$

$$I_{g1} + I_{g2} = I_k \quad (6)$$

假设制动系数为 K ,常规比例制动的动作方程整理为式(7),所以增量比例制动的动作方程整理为式(8)。

$$I_k > K(2I_{fh2} + I_k - 2I_{g2}) \quad (7)$$

$$I_k > KI_k \quad (8)$$

由 $I_d = I_d$ 可知常规比例制动和增量比例制动的动作量数值相等,由于差动电流本身即为故障分量,所以无论取或不取工频变化量,它反应故障电流的能力没什么差别。

因为 $I_k = I_f - 2I_{fh} + 2I_{g2}$,所以增量比例制动动作方程按常规比例制动可化为

$$I_d = K(I_f - 2I_{fh} + 2I_{g2})$$

常规比例制动和增量比例制动的动作曲线如图 4 所示。

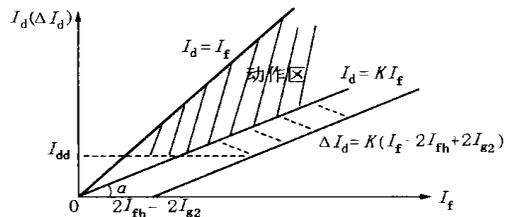


图 4 常规比例制动和增量比例制动的差动保护动作曲线

Fig. 4 Operating characteristics of differential protection with normal rate restraint and fault component rate restraint principles

比较图(4)曲线可知,在同样内部故障条件下,当没有负荷流出时($R = 0, I_{fh2} = I_{g2}$),增量比例制动的动作范围就等于常规比例制动的动作范围;当有负荷电流流出时($R > 0, I_{fh2} > I_{g2}$),增量比例制动的动作范围就大于常规比例制动的动作范围。动作范围的差别为图中阴影的虚线部分,所以增量比例制动的灵敏度大于常规比例制动的灵敏度。但判断保护的性,不能单从保护的动作范围进行比较,应当从判据反应故障的综合能力(包括判据是否能一直投入,是否能反应复杂的综合故障等)。

母线故障时考虑过渡电阻的影响,如图 5 所示。

$$I_k = \frac{U_f}{\frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} + R} = \frac{U_f (Z_1 + Z_2)}{Z_1 Z_2 + R(Z_1 + Z_2)}$$

$$I_f = 2I_{fh2} + I_k - 2I_{g2} = 2I_{fh2} + \frac{U_f (Z_2 - Z_1)}{Z_1 Z_2 + R(Z_1 + Z_2)}$$

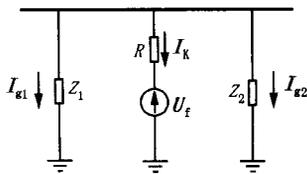


图5 母线经过渡电阻故障

Fig. 5 Bus fault via transient resistance

$$\frac{I_d}{I_f} = \frac{I_k}{I_f} = \frac{U_f (Z_1 + Z_2)}{2 I_{fn2} R (Z_1 + Z_2) + 2 I_{fn2} Z_1 Z_2 + U_f (Z_1 - Z_2)} \quad (9)$$

从式(5)和式(6)可得 $I_d / I_f = I_k / I_k = 1$ (10)

比较式(9)和式(10)可知,增量比例制动的差动保护不受过渡电阻的影响,而常规比例制动差动保护的制动系数则要考虑到过渡电阻的影响。

进一步假设图2为220 kV系统,电源侧为无穷大电源,并假设正常负荷 $I_{fn1} = I_{fn2} = 3$ A,TA变比等于1200/5,进行近似计算。表1列出了当母线故障经不同过渡电阻时, I_d / I_f 和 I_d / I_f 所得的计算结果。

表1 不同过渡电阻对 I_d / I_f 和 I_d / I_f 的影响

Tab. 1 The influence of different transient resistances

	on I_d / I_f and I_d / I_f			
$R /$	50	100	200	300
I_k / A	18.3	9.17	4.58	3.054
$I_d = I_k / A$	18.3	9.17	4.58	3.054
$I_f = I_k / A$	18.3	9.17	4.58	3.054
I_d / I_f	1	1	1	1
$I_d = I_k / A$	18.3	9.17	4.58	3.054
$I_f = I_k + 2 I_{fn2} / A$	24.3	15.17	10.58	9.054
I_d / I_f	0.75	0.605	0.43	0.33

通过分析以上结果,增量比例制动的差动保护不受过渡电阻的影响,但是只要选取合适的比例制动系数,常规比例制动的差动保护在经大过渡电阻短路的情况下也能可靠动作。例如,日本的母线保护制动系数固定为0.3,这就具有很大的抗过渡电阻能力,既是经过300的过渡电阻短路,母线保护也不会拒动。

Performance comparison of differential relays with rate restraint and fault component rate restraint

SONG Xiao-zhou¹, WANG Dong¹, WANG Hong-ling², RONG Hao³, WANG Zhan¹

(1. XI electric Corporation, Xuchang 461000, China; 2. Xuchang Teachers College, Xuchang 461000, China; 3. Hunan Huaihua Electric Power Bureau, Huaihua 418000, China)

Abstract: Both rate restraint differential relay and fault component rate restraint differential relay are used for bus protection in power system. They have many features in common, but there are also some differences between them. The principles and features of these two differential relays are analyzed and compared in this paper.

Key words: rate restraint; fault component rate restraint; restraint coefficient

从判据使用的有效时间看,增量比例制动的差动保护由于数据量依赖于工频变化量,因此其判据只能短时起作用,当系统进入故障状态以后,工频变化量很小,保护不具备反应故障的能力,但对于常规比例制动的差动保护只要有故障存在,就具备故障反应能力。特别是当系统发生转换性故障时,例如区外CT严重饱和转为区内故障时,增量比例制动差动保护的差动电流变化量很小,此时它不能反应这种类型的故障。

5 结论

通过以上分析,可以得出以下结论:增量比例制动差动保护和常规比例制动差动保护的动作用量相等,都为母线故障时的电流故障分量,但增量比例制动差动保护的制动量为常规比例差动保护制动电流的工频变化量。增量比例制动差动保护不受过渡电阻和负荷电流的影响,相对常规比例制动具有较大的动作范围和较高的灵敏度。常规比例制动差动保护只要选取合适的制动系数,也可具有和其近似的性能。常规比例制动差动保护具有反应稳态故障的能力,并且也具备反应复杂故障的能力,而增量比例制动在这方面具有缺陷。增量比例制动可以作为常规比例制动的补充,两者结合可以更好地提高母线差动保护的性。

参考文献:

- [1] 王春生,等. 母线保护[M]. 北京:中国电力出版社,1997.
- [2] 葛耀中. 新型继电保护与故障测距原理与技术[M]. 西安:西安交大出版社,1996.

收稿日期: 2002-03-28

作者简介:

宋小舟(1969-),男,工程师,从事电力系统继电保护产品的研究开发工作。

王东(1973-),男,助理工程师,从事电力系统继电保护产品的研究开发工作。

王红玲(1962-),女,讲师,从事电力系统自动化的教学和研究工作。