

基于本地多信息的后备保护研究

马磊, 王增平, 马静

(华北电力大学电气工程学院, 河北 保定 071003)

摘要: 后备保护是电力系统保护中的重要组成部分,但随着电力系统的日益增大,对采用阶梯型时限整定后备保护,很难实现保护范围与时间整定配合。为解决上述问题,提出一种基于本地多信息量的后备保护方法,揭示了变电站故障与故障表现的信息间的关系,用关系矩阵实现信息融合。对方法的构成、动作原理及相关问题进行了详细介绍。分析表明,该方法简洁易行,具有较强的容错性和可扩展性。

关键词: 电力系统; 继电保护; 后备保护; 信息融合

中图分类号: TM77 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)04-0006-04

0 引言

后备保护是电力系统继电保护的重要组成部分,在主保护失灵或断路器拒动时切除故障保证系统稳定运行^[1]。以典型的220 kV系统为例,其线路后备保护通常采用三段式方向距离、零序保护,主变后备保护采用多段式方向零序、过流保护。这些后备保护都是通过多段式保护的動作时限、動作定值以及動作区间的相互配合来实现的。但随着电力系统网络结构的扩大和网络复杂性的增强,在同一条母线连接的电力传输线路长短相差很大,级数复杂,对于多段式的后备保护来说,其定值和时限的配合相当繁杂,造成后备保护的動作时间过长,不利于快速切除故障^[2]。同时后备保护要切除没有发生故障的线路,造成更大的停电区域。以上问题都与系统的可靠供电和电网的稳定运行产生矛盾。

为了克服传统后备保护的不足,针对上述问题,有学者提出一种快速后备保护系统,大大缩短了后备保护的動作时间^[2]。也有学者从网络保护的角度出发,利用光纤传输,实现配置与算法都非常简单的电力系统保护^[3]。或通过通信网络将变电站间互联,利用广域范围的电流差动快速后备保护^[4],利用专家系统实现广域后备保护^[5]。

从信息论的角度,采集的信息越多,利用信息的冗余性,系统的容错性就越强。因而如果将保护装置联网,利用数字通信的优势,实现数据共享和信息共享,继电保护装置就可以得到更多的系统故障信息,进而就可以改善后备保护的性。本文提出一种基于本地多信息的后备保护方案,利用本地故障信息与故障区域的关系矩阵快速定位故障发生的区

域,其方法简洁易行,具有较强的容错性和可扩展性。

1 本地多信息后备保护新方案

1.1 保护信息的来源与获取

保护可利用的信息来源有两个方面。一方面为通过各种传感器(PT、CT)获得的一次系统的信息,如一次系统的各回路电压、电流值,又可称为直接信息。另一方面为变换、处理和传输一次信息的二次设备其本身的工作状态信息,如电流电压二次回路的完好性,继电保护与自动装置的工作状态等,这些又可称为间接信息。

保护信息可以从本地直接获得,也可以从远处获得。就一个具体的变电站而言,从本地获得保护的可用信息,就是通过变电站综合自动化系统收集变电站内的各出线、母线、变压器及隔离开关的直接信息,以及由二次设备产生的间接信息。其实现的现实性得宜于微机处理能力的突飞猛进,变电站综合自动化发展的日新月异和新型光电式传感器的推广。从远处获得保护的可用信息的方式也很多,比较有代表性的是电力系统纵联保护,其通过载波、微波等方式获取远端的信息,但可获取的信息量非常有限。或是采用光纤等大容量通道组成通信网络与远方互传信息,但其不可避免要解决数据采集的同步及大量数据的传递问题,且光纤通信设备的安装与维护成本非常高,这为其实际应用造成了障碍。综合上述思想,为了便于工程中的实现,最大限度地挖掘已有资源,本处采用易于获取的本地信息。

1.2 保护的构成

本地多信息后备保护的核心思想是通过多种信

息的融合快速判定故障的区域,在主保护失效的情况下快速发出跳闸命令,与传统后备保护相比,不必依靠时间的整定配合实现选择性。其构成如图 1,采用的信息元件是变压器高低压侧、变电站出线、母联断路器上的方向信息,以及母线差动保护的動作信息。

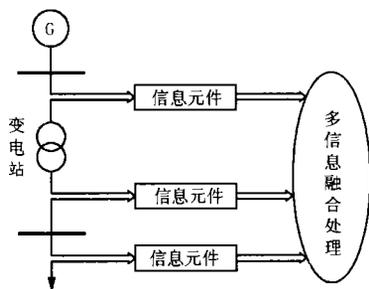


图 1 本地多信息后备保护配置图

Fig 1 Configuration of local multi-information backup protection

保护中的方向信息与母线差动保护动作信息,是现有微机保护程序执行的中间量,对这些信息的获取不会额外增加微机保护执行的负担。将各保护装置与多信息融合处理单元用光纤或电缆,以总线结构连接起来,就可以实现信息的融合。这种站内的数据通信技术在实际应用已经非常成熟。

1.3 保护的動作原理

对于保护中使用的方向信息和母差保护动作信息,根据动作情况可以定义其输出值 D_i 、 RB_i 分别为:

$$D_i = \begin{cases} 1 & \text{正方向元件动作} \\ 0 & \text{方向元件不动作} \\ -1 & \text{反方向元件动作} \end{cases}$$

$$RB_i = \begin{cases} 1 & \text{母差保护动作} \\ 0 & \text{母差保护不动作} \end{cases}$$

定义变电站出线方向元件正方向为由母线指向线路,母联断路器方向元件正方向为由 II 母线指向 I 母线,变压器高、低压侧方向元件正方向均为由母线指向变压器。

如图 2,对变电站内任一处故障 f ,各个信息元件(方向元件 D 与母差保护元件 RB)均对应一组输出值 E 。它们之间是一个非线性关系:

$$F = f(E) \quad (1)$$

这种非线性关系可以用关系矩阵的形式描述:

$$F = M \cdot E \quad (2)$$

矩阵 M 的每一行对应于一处故障位置,每一列对应于参加融合的一种信息量对各处故障的输出。

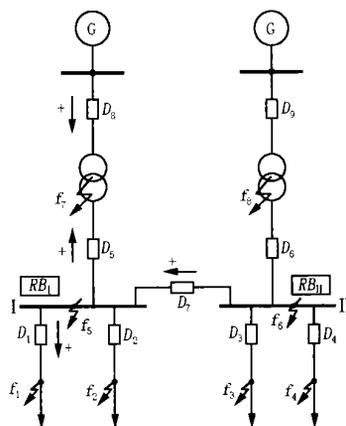


图 2 典型变电站故障位置图

Fig 2 Typical fault location in substation

对于图 2 所示的变电站,各处故障与信息量输出关系如表 1。

表 1 变电站故障与信息量输出间的关系

Tab 1 Relationship between substation fault and information output

	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8	D_9	RB_I	RB_{II}
f_1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	0	0
f_2	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	0	0
f_3	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	0	0
f_4	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	0	0
f_5	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	0
f_6	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	0	1
f_7	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1	0	0
f_8	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	0	0

故障位置与故障时的信息量标准输出通过关系矩阵 M 联系起来。通过比较故障时信息量的实际输出向量 μ 与矩阵 M 各行向量的范数距离,就可以确定故障的位置。

范数距离的定义为:

$$d(x, y) = \|x - y\|_p = \left(\sum_{j=1}^N |x_j - y_j|^p \right)^{1/p} \quad (3)$$

这里为了简化计算,提高运行速度,取 $p = 1$,则 μ 与 M 中第 j 行的距离为:

$$d_j(M, \mu) = \|M_j - \mu\|_1 = \sum_{i=1}^N |M_{ij} - \mu_i| \quad (4)$$

如果 μ 与 M 中某行的距离为 0,就意味着信息量对应于该行的故障位置。如信息输出量 $\mu = (1, -1, -1, -1, -1, -1, 1, 1, 1, 0, 0)$,其与 M 中各行的距离 $d = (0, 4, 6, 6, 3, 5, 4, 6)$,可见故障位置在 f_1 处,本地多信息后备保护将启动,在 f_1 对应的主保

护失效时,延时切除故障。

在上述信息融合的过程传递的是二次系统产生的间接信息,较一次系统的直接信息,数据形式简单,数据量小,因而,以常规速率传递数据即可保证本地多信息后备保护判断的快速性。

1.4 保护的容错性分析

在本地多信息后备保护的配置中,各方向元件均有很强的方向性,对各处故障均能正确的判别方向性。在进行 $N-1$ 的容错性分析时,假设有一个方向元件发生了故障不能判别出方向,输出为 0,保护仍然能正确的识别故障位置。如在出线 L_1 处发生 f_1 故障,但方向元件 D_1 不能判方向输出为 0,信息输出 $\mu = [0, -1, -1, -1, -1, -1, 1, 1, 1, 0, 0]$,其与 M 中各行的距离 $d = [1, 3, 5, 5, 2, 4, 3, 5]$,这里取距离的最小值,就能正确判别 f_1 故障。又如在 I 段母线上发生 f_2 故障,但母联断路器上的方向元件故障输出为 0,信息输出 $\mu = (-1, -1, -1, -1, -1, -1, 0, 1, 1, 1, 0)$,其与 M 中各行的距离 $d = (4, 4, 4, 4, 1, 3, 4, 4)$,仍取距离最小值,可正确判别 f_2 故障。由上可见,信息输出量 μ 与 M 中各行向量比距离,距离最小的行所对应的故障位置即为实际的故障位置。

由表 1 可见,在不综合母线差动保护的動作信息 RB_1, RB_2 且母联断路器上的方向元件故障 $D_7 = 0$ 时,信息输出无法区别是哪条母线发生了故障。融合母线差动保护的動作信息正是为了解决这一难题。如前述由 μ 判别 f_2 故障。若母线发生了故障,而其母差保护失效不能动作,在各方向元件均正确判别方向的前提下,又可以根据表 1 的关系利用方向信息实现方向式母线保护^[6]。

2 本地多信息后备保护的几个问题

2.1 故障启动元件与方向元件的选取

由保护的构成可见,本地多信息后备保护要利用大量的方向信息,方向元件的选取及其可靠性,是保护的关键。在现有成熟的微机保护的基础上,所配置的正、反方向元件在原理完全相同并严格配合其整定值时,是能够正确动作判别方向的。

这里采用突变量启动元件和突变量方向元件判别方向。当突变量启动元件动作后,转入故障处理程序,投入突变量方向元件判方向。突变量方向元件在故障的初期能够快速可靠的判别方向,但利用于后备保护时,在故障的后期,由于突变量特征的衰弱,以及系统中可能会出现的一系列操作,其往往会

误动作,所以在突变量方向元件的基础上,可以加装反应故障分量的正序方向元件^[7]。变电站各处均加装相同的元件,并在其出口处设短延时就可以实现他们的配合,准确地获得各处的方向信息。

2.2 保护的下放与扩展

本地多信息后备保护由不同间隔单元与主单元通过网络连接组成,使用的仅仅是本变电站内部的运行与故障数据,传递的是方向信息与母线差动保护动作信息,所以非常容易实现继电保护功能的分层与下放。由于故障启动元件与方向元件在微机保护中实际上是一段程序,可以由各间隔单元微机保护装置独立获取相应的信息,通过通讯网络传给本地多信息后备保护主单元判别故障位置,实现后备保护功能,所以该后备保护不影响主保护的独立配置与独立动作性能。同时,数据采集与信息处理的下放,避免了大量采样值数据的同步采集与传递的困难。

该后备保护非常容易扩展,如增加一条变电站出线,仅需要在该线路的微机保护装置中添加故障启动元件与方向元件,用于获得方向信息。在表 1 中添加本线路故障时其它各信息元件的标准输出值,即可同前述,利用关系矩阵判别本线路上的故障。

2.3 PT或 CT断线对保护的影响

本地多信息后备保护的基础是方向的判别,而方向判别不可避免的要采用电流、电压信息,所以 PT或 CT断线对后备保护动作的影响是一个不容忽视的问题。本地多信息后备保护获取的方向信息产生于各保护装置判别的初期,故 PT或 CT断线可能会导致错误的方向信息。现有保护装置本身就具有了 PT断线检测、CT断线检测等异常检测模块^[8],同时其 PT、CT又都是独立配置的,当有一套保护装置检测出 PT、CT断线,而不能判别方向时,如文章 1.4 节的叙述,本地多信息保护依然能够正确判别。几套保护装置同时发生 PT、CT断线的情况,我们认为发生的可能性极小,在本处予以忽略。

3 结论

本文提出一种利用故障位置与故障信息间的关系矩阵快速判别故障位置,实现后备保护的方法,能够有效克服传统后备保护动作时间过长带来的问题。该方法以实际的微机保护为基础,有微机保护成熟的运行经验,其利用本地故障时的数据,挖掘了故障时变电站各微机保护的信息,并对其进行融合,

实现快速后备保护的功能。分析表明,该方法原理清晰,有较强的容错性和灵活的可扩展性,为快速后备保护的实现提供了新选择。

参考文献:

- [1] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术(第二版)[M]. 北京: 中国电力出版社, 1995.
ZHU Sheng-shi Theory and Technology of HV Network Protective Relaying, Second Edition [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1995.
- [2] 熊小伏, 周家启, 赵霞, 等. 快速后备保护研究[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(11): 45-47.
XDNG Xiao-fu, ZHOU Jia-qi, ZHAO Xia, et al Research on Fast Operating Backup Protection [J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(11): 45-47.
- [3] 许先锋. 基于光纤传输的电力系统网络保护的实现[J]. 电力系统自动化学报, 2002, 14(5): 31-33.
XU Xian-feng The Realization of Electric Power System's Net Protection Based on Fiber Transmission [J]. Proceedings of the EPSA, 2002, 14(5): 31-33.
- [4] Tan J C, Crossley P A, McLaren P G, et al Application of a Wide Area Backup Protection Expert System to Prevent Cascading Outages [J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2002, 17(2): 375-380.
- [5] Serizawa Y, Myoujin M, Kitamura K, et al Wide-area Current Differential Backup Protection Employing Broadband Communications and Time Transfer Systems [J]. IEEE Trans on Power Delivery, 1998, 13(4): 1046-1052.
- [6] 李莹, 杨奇迹. 方向式微机母线保护的研究[J]. 继电器, 2000, 28(1): 26-28.
LI Ying, YANG Qi-xun Study of Microprocessor-based Directional Bus Protection [J]. Relay, 2000, 28(1): 26-28.
- [7] 葛耀中. 新型继电保护与故障测距原理与技术[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1996.
GE Yao-zhong New Types of Protective Relaying and Fault Location Their Theory and Techniques [M]. Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press, 1996.
- [8] 北京四方继保自动化有限公司. CSL-101A/B, CSL-102A/B 数字式高压线路保护装置说明书(V4.00)[Z]. 2003.
Beijing Sifang Automation Co., Ltd Manual of Digital HV Line Protection Equipment CSL-101A/B, CSL-102A/B, V4.00 [Z]. 2003.

收稿日期: 2005-07-04; 修回日期: 2005-08-14

作者简介:

马磊(1982-),男,硕士研究生,从事电力系统微机保护方面的学习与研究; E-mail: hd_malei@sohu.com

王增平(1964-),男,教授,博士生导师,从事电力系统微机保护、变电站综合自动化系统的研究;

马静(1981-),男,博士研究生,从事电力系统微机保护方面的学习与研究。

Study on local multi-information backup protection

MA Lei, WANG Zengping, MA Jing

(School of Electrical Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: Backup protection is of importance in power system protection. As power systems grow larger, it becomes difficult to achieve range and time coordination in backup protection according to step principle. To cope with those problems, a new backup protection scheme based on local multi-information is proposed. It analyzes the relationship between substation fault and fault information and presents the information fusion by relation matrices. Then the structure, decision-making process and some topics of the scheme are elaborated. Analysis shows that this scheme is of simpleness and good traits on fault tolerant and expansion.

Key words: power system; protective relaying; backup protection; information fusion

我国首台 1.2兆瓦风力发电机研制成功

我国首台具有自主知识产权的 1.2 MW (兆瓦) 永磁直驱风力发电机在哈电机电工业有限责任公司正式研制成功并发车。该发电机将安装在黑龙江省穆稜县风场。这台 1.2 MW 直驱式变速恒频永磁风力发电机由哈电机电工业有限责任公司历时 8 年研制成功, 发电机的设计是在总结中小水轮发电机和交直流电机制造经验的基础上, 吸收了国内外风电技术, 具有其独特性。特点是无齿轮箱, 与国内外采用的有齿轮箱结构相比简化了结构, 降低了噪音, 提高了可靠性; 该产品可根据风速改变风轮转速, 而保持上网频率不变, 提高了风能利用率; 还可以调节发电机有功功率、无功功率和功率因数, 有利于电网稳定; 取消了补偿电容, 不但不吸收电网无功, 而且还可以向电网发送无功; 平稳并网, 并网电流不大于额定电流的 20%, 并采用 DCS 系统控制, PLC 单机控制, 使用维护方便。