

配电线路全线速切保护的可行性研究

潘贞存 桑在中 张尔桦 王慧 范正林

山东工业大学电力工程学院(250014)

【摘要】本文根据当代城市及大型企业中配电网的特点和供电要求,提出了配电线路故障全线速切的概念,分析了其必要性和可行性,提出了实用的实施方案,与常规的时限配合式保护进行了综合经济技术比较,得出了较有意义的结论。

【关键词】配电系统 线路保护 全线速切 可行性

引言

众所周知,继电保护装置的快速动作,电力设备故障的快速清除,是提高电力系统暂态稳定性,减轻设备损坏程度和降低故障损失的最有效的措施之一,因而在我国的220kV以及以上电压等级的电网中,一般均采用具有全线速切功能的高频保护、微波保护或纵差保护作为输电线路的主保护。在110kV及以下的电网中,特别是35kV及以下的中低压配电系统中,由于技术、投资和人们传统习惯等方面的原因,一般均采用已沿用几十年的三段式或两段式时限配合的电流保护、电流电压连锁保护和距离保护等。这样,每条线路中仅有部分区段中的故障能够被快速切除,其余部分的故障则要经0.5秒或更长的延时后才能切除。随着电力工业的发展,中低压配电网络的结构、用电负荷性质和用户对供电的要求都发生了很大的变化,传统的时限配合式继电保护在实用中遇到了一些问题,本文将对这些问题进行分析,在此基础上提出采用全线速切保护的必要性,并对可行的技术方案进行探讨。

1 配电线路采用全线速切式保护的必要性

近年来,随着电能需求量的不断增加和用电负荷性质的不断变化,电力系统电网的结构,特别是城市和大中型工矿企业内部的供配电电网的结构都进行了较大的调整,配电变电站的供电半径逐步变小,配电线路的长度相应变短,所传送的负荷量不断增加。由于负荷中的感性无功成分增加,为维护电压水平,保持无功平衡,各供配电变电站广泛采用并联补偿电容器进行无功补偿。供配电电网的这些变化,给这些电网的继电保护工作带来了许多新的问题,传统的时限配合式继电保护已暴露出一些弊端,其中最主要的问题是无法满足电压暂态稳定性的要求,现分析如下:

由于配电线路长度变短,线路末端短路时的最大短路电流与首端短路电流的差值变小,使无时限速断(即Ⅰ段)保护的保护区大大缩小,甚至变为零,这样线路上大部分区段上的故障要靠延时0.5秒的Ⅱ段保护或延时更长的Ⅲ段保护来切除(有些配电线路不设Ⅱ段保护),故障持续时间大大加长,这一方面会导致故障设备及相连设备的进一步损坏,造成较大的设备损失;更为严重的是,在另一方面会使有关母线上的电压在较长时间内严重降低,使接于这些母线上的高低压电动机大大减速,并联补偿电容器的无功出力大大降低,在故障切除后,电压趋于恢复正常,但此时转速已经降低的电动机要自起动,从电网中吸收大量电流,在线路上产生

较大的压降,使电压难以恢复,有时甚至反而会进一步降低,最终导致大量电机低压保护动作跳闸,使大量无故障线路上的负荷被甩掉。我省的胜利油田、齐鲁石化公司等多地的电网曾多次出现这种情况,特别是在胜利油田,一次延缓切除的故障可能会影响到邻近的多个变电站,甩负荷的数量高达 50MW 到 100MW,使大片抽油、注水等设备停运,带来了非常严重的后果,造成了极大的经济损失。

造成上述甩负荷的原因,主要是由于故障未被及时切除。要解决甩负荷的问题,主要有两条途径,一是加强电网结构,合理无功配置,尽量减少线路压降,确保在系统故障及故障切除后电动机自启动过程中电网电压能维持在一个合理的水平。这种方式虽然比较有效,但需要很大的投资和较长的工期。另一途径就是加快继电保护的動作速度,采用全线速切的继电保护装置。采用全线速切保护后,虽然故障后的电压也会降低,但因故障持续时间缩短,电机由于惯性作用转速不会有太大的降低,所以故障切除后不会出现自启动现象,因而也就不存在因电压崩溃而大量甩负荷的问题。胜利油田的运行经验也表明,只要是 I 段保护动作跳闸,就不会出现甩负荷的情况。由此可见,在技术条件允许又不需要投入太大资金、增设太多设备的情况下,实现全线速切保护是十分必要的。

2 配电线路全线速切保护的实现方法

继电保护的理论和实践早已证明,要实现全线速切保护,必须同时检测、比较被保护线路两端的电气信号,并通过适当的通道将各侧保护测量量或测量结果传送至对侧,两侧保护通过综合比较和判断后,确定故障是否在保护线路中。

在 220kV 及以上电压等级的电力系统中,广泛采用高频距离保护、高频方向保护和高频相差保护等作为检测两端电气信号的保护,从原理上讲,这些保护也完全能够应用于配电系统,但它们大都结构复杂,需要较多的附加一次设备和较大的投资,不适合于配电系统的具体情况。因此,应根据配电系统的特点,研究结构简单、价格适中、运行和维护都比较简单、能够方便地进行双侧信息交换的配电线路全线速切保护系统。

由于配电网络大都为单电源辐射性开式电力网,因而应用于这种系统中的保护的测量元件可以采用结构简单、实现方便的电流测量元件或电流电压联锁测量元件,而不必采用具有方向性的复杂测量元件。

随着通讯技术的迅速发展,两端保护交换信息的手段上可有多种形式,根据配电网线路保护的具体要求,可以选用电话线传输、专用电缆传输、光纤传输和无线传输等几种。

在传输信息的结构上,可以直接传送被保护线路两端测量信号的部分或全部特征,也可以传送两端保护初步测量的结果。在前一种情况下,测量元件的构成复杂,两端交换的信息量较大,对信号通道的要求较高,对已配备 SCADA 系统的配电网,可以采用这种方式,但若单独构成保护,宜采用后一种情况。在后一种情况下,传输信息与保护的配合方式上可以是闭锁式和查询式。

闭锁式配电线路全线速切保护的原理框图如图 1 所示。

在图 1 中, B 为配电变电所中的母线, $L_1, L_2, \dots, L_n$ 为 n 条配电线路, $B_1, B_2, \dots, B_n$ 为 n 个用户变电站, $LJ_1, LJ_2, \dots, LJ_n$ 分别为 n 条线路首端的电流测量元件,它们可以是传统的电磁型电流继电器,也可以是新型的集成电路或微型机电流继电器,其整定值可以取 II 段或 III 段保护整定值, $LJ_1', LJ_2', \dots, LJ_n'$ 分别为 n 条线路末端的电流测量元件,其构成及整定方式与各线路首端电流测量元件基本相同; $T_1, T_2, \dots, T_n$ 为闭锁信号发射设备,在无线传送方式下,可选用小功

率定向电台、经改造后的对讲电话、手持电话机等;R为闭锁信号接收设备,它用来接受由 T_1 、 T_2 ... T_n 中任意一个发表的闭锁信号,并在接受到闭锁信号的情况下闭锁变电站中的保护。

下面讨论一下该系统的工作情况。

当某一配电线路的内部发生故障时,比如线路 L_1 中 D_1 点发生短路时,此时电流测量元件 LJ_1 动作,其余各继电器均不动作,任何一个闭锁信号发射设备均不会发出闭锁信号,信号接收器R也就收不到闭锁信号,保护立即动作,将线路1断路器跳开,使故障得以快速切除。

当被保护线路外部发生故障时,比如说用户变电站 B_1 的某出线 D_2 点发生故障时,若故障位于 LJ_1 、 LJ_1' 的动作范围之外,它们均不会动作,本保护系统对该故障没有任何反应。若故障属于 LJ_1 、 LJ_1' 的动作范围之内,则 LJ_1 、 LJ_1' 均动作, T_1 发射机发射闭锁信号,R接收到信号后迅速将 LJ_1 闭锁,使其不能跳闸。

当被保护线路与用户变电站某出线同时发生故障时,比如 D_1 、 D_3 点同时故障时,线路1的速切保护将被闭锁,虽然这种情况在系统中发生的机率很低,但在雷雨季节仍是可能的,为防止这种情况下线路无保护,在线路上除需配备速切主保护外,还应装设常规的后备保护。实际工程中,可以采用常规保护配置不变,而用其中的Ⅱ段或Ⅲ段与信号接收设备配合构成速切保护的实施方案。

上述的闭锁式全线速切保护的优点是构成比较简单,工程改造量小,在线路末端仅需使用信号发射设备,而在首端仅需一台公用的接收设备,因而投资较省。这种方式的缺点是信号通道的依赖性较强,在出现外部短路,而相应发射设备或接收设备故障的情况下,有可能导致越级跳闸误动作。

查询式全线路速切保护的原理框图与闭锁式保护类似,不同之处在于首端和末端的通讯设备应具有收、发两种功能。在系统发生短路故障时,首端保护动作后,其发射机向相应线路末端通讯设备发出查询信号,末端通讯设备根据其电流测量元件的测量结果,在内部故障的情况下发回动作信号,在外部故障的情况下发回闭锁信号,首端保护再根据回收信号的情况,决定是否动作跳闸。这种方式的优点是可以防止通讯设备故障而导致保护误动作,其缺点是通讯设备的构成较复杂,需要的投资也相对较大。实际工程中可根据对电网可靠性的要求,选取不同的方案。

3 经济技术情况分析

长期以来,电力工业中普遍存在着“重发、轻供、不管用”的现象,对与广大电力用户直接相关的配电系统的投入相当低,这种系统的保护问题没有受到应有的重视,长期沿用时限配合式的Ⅱ段或Ⅲ段保护。随着电网结构和用电负荷性质的不断变化,配电系统中电压稳定问题已十分突出,近几年来在城市和大中型企业的内部电网中电压稳定破坏事故时有发生,每次都带来十分惨重的经济损失。仅胜利油田,每年仅电压稳定破坏造成的经济损失高达数千万元。尽管造成电压稳定破坏的原因很多,但继电保护装置的延时动作是最重要的原因(下转25页)

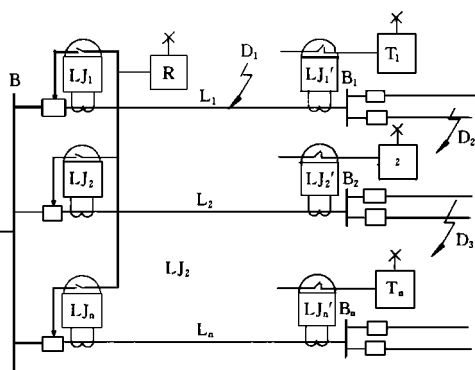


图1 闭锁式全线速切保护原理框图

4 结论

(1) 本文提出的利用BP网络构成的阻抗继电器方案,经仿真结果证明可实现各种形状的动作特性。

(2) 本文方法的优点在于:

a 动作特性的实现不必已知边界方程,因此在复杂特性阻抗继电器的实现上具有独特优点。

b 网络的训练过程是离线完成的,而实际使用时,只是简单地进行前向传播计算,计算量小,有利于高速保护的实现。

c 动作特性的修改可在现场进行,运行人员不必修改源程序,只要启动网络训练程序,输入新的样本点,可自动形成新的保护特性,对操作人员要求低。

d 由于整个训练过程可在通用微机上完成,实际写入EPROM芯片的只是各相应权值的大小,因此算法所占存储量很小。

参考文献

- 1 贺江峰等. 一种BP网络结构和学习参数自整定的学习方法. 第二届中国人工智能联合学术会议论文集, 清华大学出版社, 1994. 10
- 2 史忠植. 神经计算. 北京: 电子工业出版社, 1993. 11

(上接 11 页) 因之一。采用本文提出全线速切保护,可望较好地解决上述问题,在具体实施上,仅需在现有保护设备基础上增设部分通讯设备,工程施工量较小,每站设备改造费用仅需十万元左右。由此可见,采用全线速切保护不仅是必要的,可行的,而且也是十分经济的。

4 结论

本文提出的配电线路全线速切保护的概念,冲破了传统继电保护中的一些思路和框架。采用这种保护,可以较好地解决普遍存在于城市和大中型企业内部配电系统中的电压稳定性问题,对确保配电系统的安全、可靠运行,生产的持续高效都有十分重要的意义。文中给出了两种可行的实施方案,并分析了其各自的优缺点,用户可以根据配电网的特点选择不同的实施方案。

参考文献

- 1 王梅义, 吴竞昌, 蒙定中. 大电网系统技术. 水利电力出版社, 1991
- 2 马长贵主编. 继电保护基础. 水利电力出版社, 1987
- 3 P. Borremans, A. Clalvar, Voltage Stability-Foundational Concepts and Comparison of Practical Criteria C IGRE Aug 1984

CONTENTS AND ABSTRACTS(Partial)

THEORETICAL STUDY AND CALCULATION

The Influence of Capacitance Current to differential Protection and Its Compensation Scheme

Wu Yekai, Zou Dongxin (4)

The influence of distributed Capacitance of UHV distant transmission line to current differential protection is analyzed and the corresponding capacitance current compensation scheme is presented in this paper. The scheme is simple and practical, not only increasing security during short-circuit beyond protected zone but also improving sensitivity at fault within the protected zone.

Key words: Distributed capacitance Current differential protection Capacitance current compensation

Feasibility Study on Whole Line Fault High Speed Clearing Protection for Distribution Power System

Pan Zhencun et al (9)

A new concept of whole line fault high speed clearing protection is introduced according to the structure of urban distribution power system and requirement of power supplying. Feasibility study on this protection is carried out. A practical implement scheme of this protection, which measures the electrical signal on both sides of the protected line is presented.

Key words: Distribution power system Line protection High speed relay Feasibility

One Convenient Method for Modifying Bus- Impedance Matrix in Open Circuit State

Wang Chun et al (12)

The computing formulas for modifying bus- impedance matrix in open circuit state are derived in this paper. They are convenient to calculate and easily programmed. They have been used in fault- calculating program.

Key words: Open circuit fault Bus- impedance matrix Line with zero- sequence mutual impedance

The Method of Deriving Magnetization Curve When Using Magnetic Characteristic to Discriminate Energization Inrush of Transformer

Zhang Yan et al (16)

A new method of deriving magnetization curve of transformer- the approximating function optimization is presented to meet the requirement of using magnetic flux characteristic to discriminate the energization inrush current in transformer. Actual calculation shows that the magnetization curve derived by the method is of high accuracy and its error is within 1%, thus it can meet the requirement of transformer differential protection.

Key words: Power transformer Magnetization curve Energization inrush

NEW TECHNICAL RESEARCH AND APPLICATION

Reliability Analysis on The microcomputer Supervisory Control System for Substation by Using Two- Model Redundancy Technology

Sun Ying (19)

A microcomputer protection and supervisory control system for substation by using the two- model redundancy technology is briefly described. With reference to the system, the reliability of the two- model redundancy system is analyzed and effect of fault- tolerant technique in improving the reliability of the system is also discussed.

Key words: Redundancy Fault- tolerant Substation Microcomputer supervisory control

A New Method to Realize the Digital Impedance Relay

Jin Ming (22)

A new method to realize the digital impedance relay based on microcomputer is described in this paper. The new method utilizes ANN (artificial neural network) and is available for all kinds of relay characteristics which are used in power system. Some examples are used to test the new algorithm and the results show the algorithm performs well.

Key words: ANN Impedance relay Distance protection

Microcomputer Based Single Phase Earthed Protection of Generator stator Winding of Secondary Harmonic Mould

Yan Zhuosheng et al (26)

A single phase earthed protection of generator stator winding is presented in this paper. It is realized by de-