

# 相差高频保护存在问题的探讨

杨春明 葛耀中 马一太 西安交通大学 (710049)

**【摘要】** 根据国内电网运行的模拟式相差高频保护装置存在的问题分析, 指出按模拟式相差高频保护实现途径实现数字式相位比较式保护存在的难点, 同时分析了通道存在的问题并考虑采取的相应解决措施, 进而为开发新型的数字式相位比较式保护做了部分的探讨性工作。

**【关键词】** 相差高频保护 相位比较式保护 通道 高频收发信机

## 前言

随着我国电力系统的飞速发展, 系统容量迅速增加, 超高压输电线路日益增多, 为了确保系统安全稳定运行, 要求输电线路主保护能够可靠、快速地切除故障, 并且主保护的双重化最好采用两种不同原理构成的主保护装置。由于我国电力系统大容量的数据通道还不普及以及特殊的管理方式, 分相式电流差动保护没能广泛使用, 而普遍采用的是以载波通道构成的方向高频保护和相差高频保护。方向高频保护具有快速切除线路首次发生的各种类型故障等优点, 但其受电压回路的工作状况影响, 而且在系统发生振荡情况下必须辅以振荡闭锁措施; 而对于相差高频保护可只引入电流量, 构成简单, 亦有快速切除线路首次发生的各种类型故障的优点, 并且在系统振荡情况下仍具有良好的动作特性, 但其动作时间相对较慢, 而两相运行时性能下降, 并且在现场投运时通道对调十分麻烦。综上所述, 相差高频保护还是具有其独特的优点, 如能找到高频相差保护问题所在并加以克服, 那么其仍不失为主保护双重化中的较佳选择方案。近年来, 微机保护在我国已得到普遍推广使用, 而且数字化的高频方向保护已得到成熟的应用及发展。但相位比较式的相差高频保护却处于不理想状态, 因而分析相差高频保护存在问题的原因及数字化的困难所在, 为开发新型相位比较式纵联保护是非常必要的。

## 1 反应 $\dot{I}_1 + K \dot{I}_2$ 操作量的相差高频保护原理存在的不足

### 1.1 操作量 $\dot{I}_1 + K \dot{I}_2$ 存在的不足

目前国内、外普遍采用的操作量为  $\dot{I}_1 + K \dot{I}_2$ , 其中  $\dot{I}_1$  分量是负荷电流和正序故障电流的叠加, 由此来看, 负荷电流是非故障分量, 因而相位的比较将受双端系统角的影响, 参见文献<sup>[1]</sup>中分析, 以三相内部短路最不利情况考虑, 双端操作电流的相位差可能达到  $90^\circ \sim 100^\circ$ ; 这样就使保护动作的灵敏度大大降低。在不对称短路情况下, 由于  $K \dot{I}_2$  占操作量主要成分, 动作灵敏度将大有改善。区外故障时, 操作量具有穿越特性, 因而从原理上分析是具有较强的防误动能力。因而在选取操作量时, 应消除负荷电流的影响而选取故障分量。

### 1.2 两相运行状态

#### 1.2.1 单相断线接地

对于发生单相接地故障, 如果一侧先跳或双端跳开后单侧先合到故障线上, 此时将出现单相断线接地运行状态。如果此时系统的零序阻抗大于正序阻抗, 反应  $\dot{I}_1 + K \dot{I}_2$  的相差高频保护将拒动, 但在系统的零序阻抗小于正序阻抗时, 保护又可正确动作。这里如考虑负荷电流的影响, 则动作条件又得到改善或可使保护正常动作<sup>[1]</sup>。

### 1.2.2 两相运行条件下的健全相故障

对于非全相运行过程中, 如此时发生健全相单相接地, 在负荷电流影响下, 两端操作电流的相位差变大, 使保护可能拒动, 但在负荷反送时, 又使动作条件改善; 对于发生健全相两相接地短路时, 这种情况可视为短路点三相接地非故障相断线状态, 经分析反应  $I_1 + K I_2$  的相差高频保护能可靠动作。综上所述在两相运行条件下发生内部故障时, 由于负荷因素的影响, 将有可能使  $I_1 + K I_2$  的相差高频保护拒动。

### 1.3 相位比较特性分析

相差高频保护双端电流的相位特性除了同系统运行方式及故障类型有关外, 还受电流互感器误差、保护装置的误差以及高频信号传送时间延迟等因素的影响。参见文献<sup>[1]</sup>中分析, 以三相内部短路最不利情况为例, 考虑到各种影响相位的误差, 两端将分别产生  $122^\circ + \delta$  和  $122^\circ - \delta$  ( $\delta$  为高频信号的传输延时) 的相位差, 这意味着在通道上只会产生  $58^\circ \pm \delta$  的空档。对于区外故障, 如忽略分布电容电流的影响, 双端产生的最大相位误差分别为  $22^\circ + \delta$  和  $22^\circ - \delta$ , 在实际应用中通常选择闭锁角为  $60^\circ$ ; 以区内故障双端操作电流的相位差校验, 可以看出在某些特殊运行方式及故障类型下将出现灵敏度的不足, 主要原因是选取的操作量  $I_1 + K I_2$  不能反应在各种运行方式下发生故障时产生的故障特征。这对模拟式保护来说, 根据运行状态选择反应故障特征的操作量是难做到的, 但对于数字式保护是可以采用相应手段加以解决的。

### 1.4 分布电容电流的影响

对于高电压、长距离输电线, 分布电容电流对相位比较式保护的双端电流相位的影响很大, 是一个不容忽视的因素, 必须采取一定的措施加以补偿。具体影响大致表现如下:

a 区内故障时, 双端分布电容电流的流向可近似为同相, 那么同操作量的叠加结果不会导致操作量性质的变化, 只会使相位比较的灵敏度下降, 并且不会导致拒动现象<sup>[4]</sup>。

b 在区外故障时, 当短路功率较小时, 对于电压变化较大的保护端, 分布电容电流的影响较为显著, 可能影响该端的相位性质, 如将其他因素考虑在内, 将使防误动性能大大下降, 甚至导致误动。尤为严重的是在区外短路切除后转为负荷状态时, 当传送功率(负荷电流)较小时, 且此时启动元件尚未返回, 那么分布电容电流的大小将改变双端电流的相位特性, 从而导致误动, 这种影响在双回线及环网系统中亦同样存在。

c 在相差高频保护现场投运的整组对调过程中, 以负荷电流做为基准来调整通道的高频信号, 如不考虑分布电容电流的影响在内, 那么会给保护在实际故障时的相位比较带来一定的误差。

### 1.5 暂态分量对相差高频保护的影响

由故障分析可知, 在线路发生故障后, 故障电流中除包含工频稳态量外, 还有非周期分量及谐波分量。其中非周期分量可能导致操作电流偏向时间座标轴的某一侧, 可能产生拒动和误动; 谐波分量则可能使操作方波变碎<sup>[2]</sup>, 影响保护正确动作。为克服此影响通常采用滤波及延时手段解决, 并且为进一步保证可靠性, 采用二次比相<sup>[3]</sup>, 从而使保护的动作时间加长。

## 2 数字式相位比较式保护存在的问题

继WXB—01微机保护之后, 国内曾开发研制出WXB—02型微机式相位比较式保护, 但由于运行使用中存在问题, 所以未被现场推广使用。近年来, 随着微机保护的日益成熟, 运行经验逐渐丰富, 总结数字式的相差高频保护大致存在以下几方面的问题:

a. 微机保护硬件系统比模拟式保护硬件系统具有许多优点, 然而亦有其不足之处, 比如在处理实时性要求较高的问题就会遇到一定的困难, 因为微机保护中的数据采集及实时处理

功能是在中断中进行的, 采样数据是离散的, 因而在实现相差操作时, 是以采样点的数值提取出操作量后, 同操作门坎相比较来控制收发信机进行双端的相位比较。如中断采样周期为 1 毫秒, 这样将会产生 18 的操作误差, 如图 1 所示, a 为操作量的波形图 ( $\sigma$  为操作门坎), b 为模拟式保护的操作方波, c 为微机式保护产生的操作方波。类同上述的分析方法, 对于在中断中实现收信的检测亦同样存在至少 18 的测量误差, 如果将操作误差及测量误差均按最不利因素考虑, 那么这种实现手段将可能产生 36 的相位误差。显然以这样手段来实现双端的相位比较, 并未发挥微机硬件系统的优点, 而恰恰是利用了它的弊端。

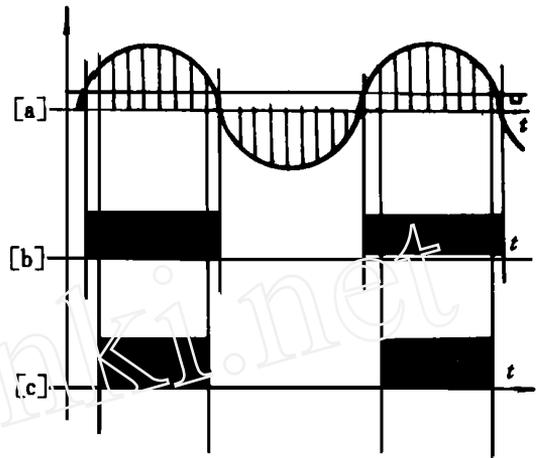


图 1 操作方波示意图

b 相位比较是通过操作量瞬时采样值同操作门坎的比较控制收发信机, 并通过在通道上获得代表双端操作电流相位关系的高频信号来实现的, 而某一时刻的采样点数值可能受干扰、暂态分量及硬件系统的正确工作等因素的影响, 那么必须充分保证任一点采样值的正确性, 即必须采取抗干扰, 检错及有效的滤波措施, 而利用微机手段实现这种滤波性能好、响应速度快的滤波器是较难的。

### 3 相差高频保护在实际运行中载波通道存在的问题

高频保护装置的运行状况, 不只取决于保护装置本身的保护原理及工作情况, 而且还和构成高频保护的外围部件高频收发信机及通道的工作状况有关, 即保护动作正确性的保证是受收发信机及通道是否正常的影晌。近年来, 在高频保护的运行过程中, 曾出现多起由于收发信机及通道的异常而导致保护装置的拒动及误动<sup>[6]</sup>, 大致存在以下问题:

a. 收发信机质量问题, 如电源故障、元件损坏、虚焊等造成收发信机在区外故障时不能够工作发信, 致使保护的误动。

b. 收发信机特性不良而造成的误动。诸如中频滤波器特性不好, 使信号出现较高幅度的“拖尾”; 与对侧信号发生“拍频”; 前置放大级调整不当, 使自发自收电平太低, 当外部故障时仅收到对侧信号而引起的误动; 功放、比相回路元件参数配合不当, 使之在直流电压波动时造成误动等等。

c. 通道的短路及断路。

d. 故障时产生的干扰造成收发信机元器件的损坏, 从而导致收发信机不能正常工作。

e. 原因不明的通道异常而造成保护的误动。如近年来发生的几起误动, 在区外故障时, 两侧保护及收发信机均进行了正常的发信操作, 然而通道上却存在“间断波”(现场实际录波也得到过), 从而使保护装置误动。在故障消失后, 对收发信机及通道进行全面测试, 结果一切正常, 因而这个问题原因必须进一步的探讨和研究。

相差高频是通过获取双端共同操作后的叠加信息来判别相位关系的, 从而对通道的要求是比较严格的, 即不但要可靠而且还要精确。诸如收发信机的收、发信延时或离散度较大, 收发信机的“拖尾”, 通道“拍频”及异常等现象均会导致相差高频保护的不正确动作。所以相差高频保护装置必须采取有效的手段来保证通道的可靠性及检测通道的准确性。在此笔者提

出以下几方面建议:

(a) 收发信机应具有自身硬件系统的检测措施。诸如电源故障或异常、元件损坏、工作特性异常等问题,一旦检出便告警,同时闭锁保护。

(b) 保护装置不仅在正常投运时应定时地监视载波通道是否正常工作,而且还要对收发信机的性能进行监测。如收发信延时的离散性、“拖尾”、“拍频”等异常工作状态。

(c) 保护装置应对通道先断再故障、故障同时通道故障、故障以后通道再断开等可能出现的问题采取相应的对策,以尽可能地防止保护误动。

(d) 保护装置在实现保护原理时,应考虑在故障后对通道出现干扰或“间断波”现象采取相应的防误动措施,但是最好是从根本上消除干扰或“间断波”的出现。

总之,高频通道工作正常与否将直接影响高频保护的正确动作。近年来微机保护得到了突飞猛进的发展,但高频通道方面的可靠性试验研究工作应加强,因而如何保证高频通道的可靠性必须引起研究部门及制造厂家的充分重视,否则将影响微机保护的正常发展。苏联应用相差高频保护较多,而且在保证通道可靠性方面亦取得了许多宝贵的经验,如文献<sup>[5]</sup>中讨论了高频通道收信门槛电平灵敏度的确定原则,其中分析了当收信门槛电平整定不当时,在相应的电压等级、线路长度(换位及不换位)、大气状况等条件下发生故障,电晕干扰将有可能在通道中产生“间断波”,并且是工频周期,同时提出了相应的解决措施,这方面是值得借鉴学习的。另外,近年来通信技术的发展及应用,如目前已得到应用的微波、光纤通道,还有扩频技术的通信设备的研制,又给实现纵联保护提供了新的技术手段。

## 4 结论

4.1 由于模拟式保护在判别工作状态及提取故障量上有一定的困难,诸如模拟式相差高频操作量中的负荷分量及整个保护过程中都采用  $I_1 + KI_2$  的操作量,从而使在两相运行状态及其他特殊运行状态下不能很好地反应故障特征,因而存在一些不良动作特性。而采用数字化的微机保护就可使问题得到解决,即可根据运行状态选取出反应其故障特征的故障分量作为操作量,一方面提高了动作的灵敏性及可靠性,另一方面可进一步增大闭锁角。

4.2 采用数字式手段实现相位比较式保护,可以利用数值处理技术更好地克服非周期分量及谐波分量的影响;利用微机硬件系统的特点,克服在前文所提及的操作误差和测量误差亦是可能的。

4.3 相位比较式保护的实现必须有可靠的高频通道为保障。

4.4 相位比较式保护具有实现简单,只反应电流量,且在振荡状态下,仍具有优良的动作特性等优点,如能保证通道的可靠性,克服其通道对调等不利因素,那么相位比较式保护仍是一种很好的主保护原理方案。

### 参考文献

- 1 葛耀中. 高压输电线路高频保护. 水利电力出版社, 1987. 9
- 2 朱声石等. 高压电网继电保护原理与技术. 水利出版社, 1983. 10
- 3 电网技术, 高压线路继电保护装置的统一设计和样机的动模试验专辑. 水利电力部电力科学院. 1986. 1
- 4 杨春明. 高压输电线路微机式自适应纵联保护原理及装置的研究. 西安交通大学博士论文, 1995. 12
- 5 [苏] A. . e y 等. 继电保护高频通道收信门槛电平灵敏度的确定. 电站, 1991, No. 1
- 6 冀有党, 孙刚等. 高频保护载波通道运行问题的分析. 第六届全国继电保护学术研讨会论文集, 1996. 11

# RELAY

Vol. 25 No. 5

Oct 1997

## CONTENTS AND ABSTRACTS (Partial)

### THEORETICAL STUDY AND APPLICATION

**Research on the Expert System of Setting Calculation for Zero Sequence Current Protection of HV network** ..... **Chen Yonglin et al(1)**

Applying expert system theory and intelligent program designing method and combining conventional setting calculation of zero- sequence current protection, an expert system of setting calculation for zero- sequence current protection has been developed. The system better realizes the effective combination of value calculation and logic inference and is easy for realization of the expert system's behaviour. By practical calculation, its result can satisfy the requirement.

**Keywords:** Setting calculation of protective relay Expert system

**Parallel Multiloop Transmission Lines Produce Circulating Current and its Compensation** .....

..... **Wei Gang, Zhang Yichen (6)**

This paper discusses when parallel multiloop transmission lines may result in induced voltage and circulating current. The EMTP program is used to compute model system. The method for compensation of circulating current is discussed and the method is effective for distortionless operation of protective relays.

**Keywords:** Multiloop transmission line Parallel Circulating current Compensation

**Discussion on the Problems Existing in Phase- Comparison Pilot Relay** ..... **Yang Chuenming et al(11)**

After analyzing the problems of analog phase- comparison pilot relays that run in our power system, this paper discusses some difficulties when realizing digital phase- comparison relay according to the approach of realizing analog phase- comparison relay. In the same time, the paper analyzes the existing problems of power line carrier and provides the corresponding resolving method. Some foundation viewpoints for the design of new type digital phase- comparison relay are presented.

**Keywords:** Phase- comparison pilot relay Microprocessor- based protective device Power line carrier communication system

**A New Approach of Evaluating Phasor Mode** ..... **Zhou Dam in (15)**

A new approach of evaluating phasor mode is presented in this paper. Contrasting with other methods, the approach is of higher approaching accuracy, and in four subdivisions its maximum error is less than  $7.87510^{-3}\%$ . Thus it is of higher practical value in microprocessor- based protective and control devices.

**Keywords:** Evaluating phasor mode Approach

**A Kind of Approach for Judging Metal- Fault** ..... **Cui Jingan Wang Anding (18)**

A kind of approach for judging metal- fault is presented basing on the practical case that majority of locating algorithms from single- end can evaluate accurate fault distance at metal fault or short- circuit with less transient resistance. The approach is tested using EMTP and its result proves the approach is correct.

**Key words:** Fault HV transmission line Short- circuit

### NEW TECHNIQUE AND SCHEME

**Initial Discussion on Transmitting Protection Signal on Power- Line Carrier in Multi- Purpose Mode**

..... **Jiang Lin in (21)**

A kind of HF protection communication- "transmitting audio protection signal on PLC in multi- purpose mode" is discussed in this paper. Because of increasing shortage of carrier frequency on power network, demand on using channel in multi- purpose mode is increasing strongly. Using PLC to transmit protection signal is an economic and reliable transmission mode, no matter now or in the future. Transmitting audio protection signal on PLC in multi- purpose mode belongs in 'edge science' between communication field and protection field and needs engineers of the two fields to make research together.

**Keywords:** PLC Teleprotection Simultaneous multi- purpose Alternative multi- purpose

**The New Microprocessor- Based Overload Protection Scheme of Motor through Accumulated Stator Current**

..... **Xu Lei, Xu Xianrong (27)**