

高频闭锁式保护误动原因探讨

张克元 朱景云 许昌继电器研究所 (461000)

王能桂 周结实 戴德超 杨邦苏 陈麟书 许继昌南通信公司 (461000)

【摘要】 着重分析了高频保护收发信机受 50Hz 工频分量经高频通道侵入的影响, 并结合两次故障录下收信高频信号间断波的分析, 基本判断是由于 50Hz 工频分量在高频通道接地不良时侵入收发信机高频输出回路造成的结果。对此, 初步提出抑制工频分量方法, 并结合现场实际进一步模拟验证该文分析的正确性。

【关键词】 收信间断 高频通道 高频变压器饱和 工频分量 地电位升高

引言

近几年来 220kV 输电线路上的高频闭锁保护, 在发生区外故障时正方向侧高频闭锁式保护误动作的情况各地时有发生。各种型号的微机型保护和配各种型号的收发信机都曾发生过, 除查明原因属器件质量、装置本身以及人为原因外, 大部分误动作情况, 因在现场正常运行条件下复查装置动作正确, 而找不出原因。为此, 许多有微机故障录波器的变电站都加有高频通道信号录波, 亦有些变电站是录发信机的收信输出继电器的空触点, 便于录到高频信号进行分析保护动作行为。广东省一次故障, 高频闭锁式保护区外故障正方向侧保护误动, 录下的高频信号中, 出现 100Hz 收信间断信号 4 次, 每次约持续 5ms, 因此反方向侧保护不能可靠闭锁正方向侧保护而误动, 从而引起了误动作跳闸。究其原因, 原微机保护停信后, 延时 1ms 就动作出口, 将此时间改为 5ms 后仍有误动作现象, 根据广东省其它型号保护运行经验, 要改为 8ms 才能避免误动现象。但延时加长了, 必然要牺牲动作时间。分析上述情况造成保护误动原因显然是出现 100Hz 的收信间断高频信号所致, 因此只有找出产生收信间断的真正原因, 并从根本上消除它才是彻底的解决办法。早在 1996 年宜昌微机保护运行经验交流会上就曾提请电力部国调组织有通信专家在内的专家组, 查找分析产生 100Hz 收信高频信号间断的原因。在努力查找上述原因过程中, 我们在现场多次发现高频保护误动与高频通道未完全按电力部反措要求接地有关, 广东中调也曾反映, 凡控制室采用铜地网接地的, 由于接地良好, 高频保护发生问题也较少。这些情况促使我们怀疑收信高频信号间断可能是 50Hz 工频分量侵入高频通道造成的影响。继电保护专家王梅义同志在这过程也发现一个没被人们注意的问题, 即早期的收发信机和早期的结合滤波器在构成原理上都有一个与通道串接的电容存在, 从而使 50Hz 工频分量在高频通道中不能形成通路。而新的收发信机和新出的结合滤波器为了提高性能指标采用了新的接线原理, 在两者连接的高频通道通路中不再具有通道串接的电容, 因此高频通道对 50Hz 工频分量就形成一个无阻挡的通路, 这一情况如果接地状况不好, 50Hz 工频分量就很容易经高频通道加到收发信机输入端而造成影响。本文将根据我们的初步试验结果就这一问题提出初浅的分析与参考意见, 试图解决高频保护不明误动原因。由于我们水平有限, 不妥之处希望各位专家批评指正。

收稿日期: 1997—09—28

1 对高频闭锁式保护出现 100Hz 收信间断引起误动原因的探讨和对两次高频信号录波图的分析

根据两次故障高频信号录波图(见图2与图4)出现 100Hz 收信间断高频信号,我们认为这是由于故障时大短路电流对高频通道电磁感应和地电位升高,使高频通道中叠加了 50Hz 工频量,对高频信号产生影响所致。当高频输出回路中叠加 50Hz 工频分量时,使高频输出变压器的工作点产生变化,当工频量与高频量叠加的信号使工作点超过拐点时,变压器饱和,使传送高频信号衰耗增加。当 50Hz 工频量大到一定值影响发信功率降低或收信电平降低(综合两侧可能受影响的结果)而造成收信电平低于灵敏启动电平时,就出现收信间断,见图1所示。图1a为没有叠加 50Hz 工频量时的高频信号;图1b为有较小 50Hz 工频分量与高频量叠加的信号,此时工作点未饱和;图1c,1d示意高频变压器一次与二次饱和和波形图,因为高频输出变压器磁芯材料磁滞回线较平、较窄,具有矩形性质,因此上升和下降近似对称。图1e为叠加较大 50Hz 工频分量的高频信号。

由图1e看到,当 50Hz 工频分量大到一定值的收信正、负半波都受其影响而产生间断,因此引起 100Hz 收信间断波。当 50Hz 工频分量再增大,收信间断随之增大加宽,趋向接近 10ms。但考虑到故障时故障电流有直流偏移,使耦合到高频通道中的 50Hz 工频分量会更大,并带有直流偏移,在这种情况下,收信间断有可能增宽超过 10ms。

基于上述情况,对两次故障高频信号录波图分析如下:

(1) 1996年7月20日12时37分58秒广东省 220kV 惠州秋长线遭雷击,C相接地短路,惠秋乙线惠侧高频闭锁式保护区外故障误动作,跳C相,重合成功时,惠州侧录到高频信号,波形图见图2。从图中看到(收信输出空触点),收发信机在故障后 7.4ms 启信,只持续不到 3.3ms,就出现第一次停信约 8.8ms,正好与 $3I_0$ 电流正半周峰值附近对应,由于此时保护测量元件还未动作,没有立即误动作。由于直流偏移较严重,正向偏移使收信间断较大,待到负半周偏移相对较小未达到出现收信间断,使发信持续约 14.7ms,以后连续出现四次约 5ms 收信间断波都相应地在 $3I_0$ 电流正、负最大值附近出现,频率为 100Hz,正符合上面分析。由于高频通道中在故障大电流下与短路电流同相的地电位升高产生的 50Hz 工频分量电压差叠加到高频信号上,使高频输出变压器饱和,影

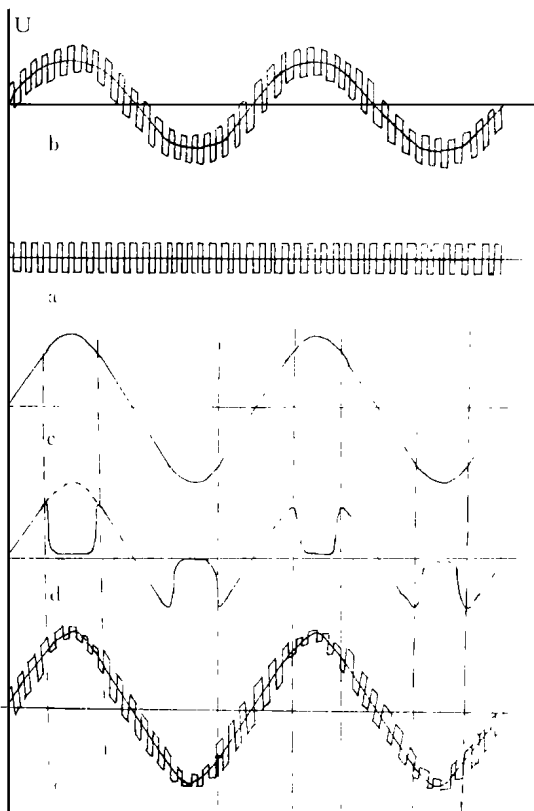


图1 高频信号、工频信号叠加及高频变压器二次饱和波形

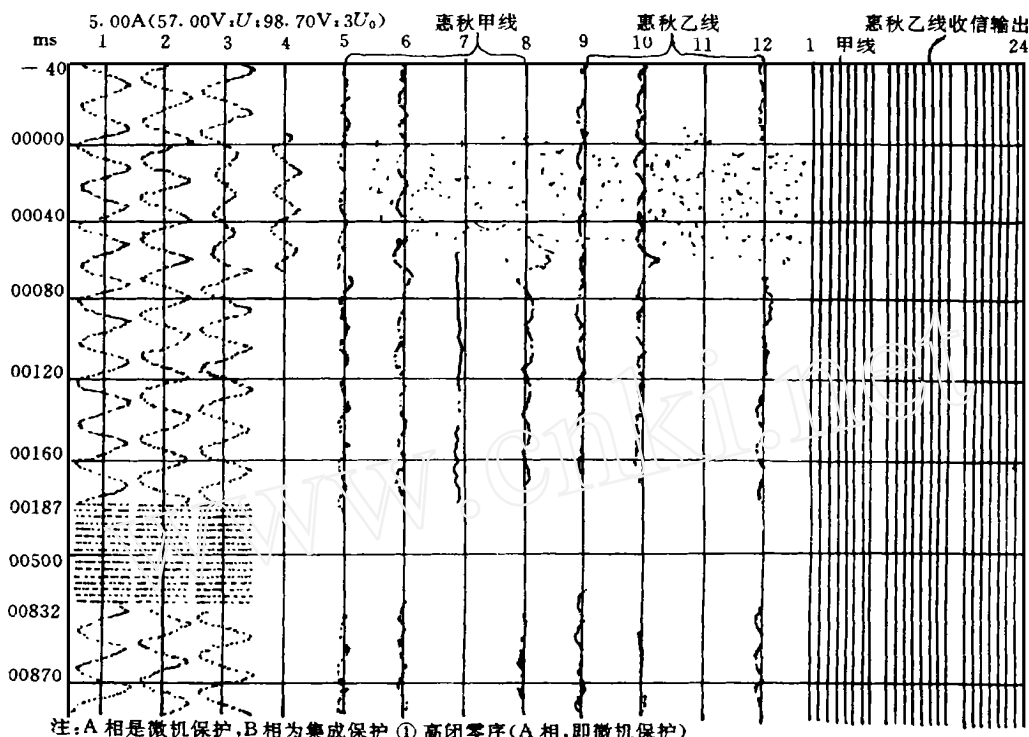


图 2 惠州秋长线故障录波图 (1996—07—20—12: 37: 58)

响了高频信号致使出现 100Hz 的收信间断波, 见图 3 高频信号与短路电流对应关系图。图中忽略了收信继电器触点动作、返回、以及回路响应时间, 另外在按比例计算绘图时也会存在一些误差。从图 2 中看到微机保护中正向测量元件动作后, 碰上再收到闭锁信号的收信间隔时间, 超过原软件设计停信后延时 1ms, 就会误动出口。

图 3 中还看到以下几点:

- a 故障线路的 $3I_0$ 电流与非故障线路的 $3I_0$ 电流除幅值外, 波形类似。
- b $3I_0$ 第 1 次过零点不到 1ms。
- c $3I_0$ 第 1 个峰值时间约 8.8ms。

(2) 1997 年 6 月 29 日 15 时 52 分 59 秒湖北省 220kV 白郭线发生 C 相故障时, 长郭 II 回线长侧高频闭锁式保护区外故障误动作, 郭侧录到高频信号录波图见图 4。郭侧为反方向, 从图中看到, 故障前约 5ms 高频通道中就出现发信波形, 到故障后约 2ms 变小, 到故障后 11.8ms 才启信, 并出现尖峰, 发信持续约 17.2ms 后出现第 1 个收信间隔约 3.6ms, 正好与 $3I_0$ 前移 52.2 的波形负半周最大值附近对应, 因此使收发信机启信变慢, 实际上未出现收信间断。由于直流偏移不明显, 基本上收信间断对称, 共出现四次约 3.6ms 收信间断, 都相当前移 52.2 波形的正、负最大值附近出现, 频率为 100Hz, 也与上面分析一致。高频信号收信间断波与故障电流波对应关系见图 4b。也因保护停信后延时 1ms, 再碰到收信间断约 3.6ms 也就误动出口。湖北的高频信号录波与广东的高频信号录波收信间断与 $3I_0$ 电流波形不同之处是湖北高频信号收信间断对应故障 $3I_0$ 电流前移约 52.2°, 即高频通道中耦合具有感性 50Hz 工频分量电势, 也就是除了地电位升高的电压差外, 还有短路电流对高频通道电磁感应成份。此外录高频通道中高频信号波形不如录收信输出触点表示的高频发信收信波形平滑。

图 4 中还看到以下几点:

a. 故障线路的 $3I_0$ 电流与非故障线路的 $3I_0$ 电流除幅值外, 波形类似。

b. 故障线路第 2 个峰峰值比第 1 个峰峰值大。

c. 高频信号中叠加工频负半波电流发信突变约 1.4~1.54 倍, 正半波发信突变约 1.7~1.8 倍, 这是由于收发信机滤波器和输出变压器过冲所致。

据了解湖北宜昌局郭家岗变电站高频电缆敷设与短路电流并行走向, 因此有感性 50Hz 工频量耦合到高频通道中是可能的。

从上面分析, 两次高频信号录波图都出现 100Hz 收信间断, 都可用高频通道中叠加入 50Hz 工频分量影响得到解释。从这个分析出发, 广东省中调反映, 过去保护采用 SF—5B 收发信机出现问题较少, 也可以说明。因为 SF—5B 收发信机的线路滤波器为串联谐振电路, 其电容与高频通道为串接式, 因而对高频通道中

耦合的 50Hz 工频量有抑制作用, 而新的收发信机, 由于具有性能良好的收信滤波器, 故收信高频信号不再经过发信输出线路滤波器, 而是通过高频变压器耦合到收信端。这样, 与高频通道连接路径中不具有串接电容, 使高频信号在输出变压器输出侧成为 50Hz 工频量的通路。另外从湖北省这次故障了解到, 误动的高频闭锁式保护收发信机接专用通道, 其结合滤波器也没有与通道串接的电容, 因此, 在高频回路中都没有抑制 50Hz 工频分量的电容, 完全成为工频量通路, 致使工频分量更容易对高频信号产生影响。这也可以说明同样的收发信机也有没有误动作的原因。另外从这回非故障线路第二套高频闭锁式保护没有出现误动作, 查明高频通道中接有分频器, 对 50Hz 工频分量侵入收发信机有抑制作用, 也是主要的原因。

尚有一点值得注意: 较短线路或近区短路, 高频闭锁保护区外故障正方向侧保护误动的较多, 这与短路电流较大有关。为了尽量抑制高频通道中耦合进入较大的 50Hz 工频分量, 将高频通道两端可靠接地是非常必要的。

2 收发信机受 50Hz 工频分量影响试验

为了进一步证实我们的上述分析, 模拟两侧收发信机高频通道中串入和并入 50Hz 高频分量进行试验。试验表明当 50Hz 工频分量达到 0.6V 就开始出现对发信的影响, 增加到 4.5V 对高频发信电压的最大衰耗为 10.5dB, 对收信电压的最大衰耗为 5dB, 再增大工频量到 8V, 对发信电压及收信电压的最大衰耗无明显增大。在同样条件下, 在收发信机高频信号入口处串入 $0.33\mu\text{f}$ 电容就大大抑制了 50Hz 工频分量, 电压到 220V 也未见到对高频信号有影响。 $0.33\mu\text{f}$ 电容的低频 (50Hz) 容抗为 9650Ω , 高频 40kHz 容抗为 12.06Ω , 而高频信号输出变压器输出侧的工频阻抗约 1Ω , 因此 $0.33\mu\text{f}$ 电容对抑制工频分量是有效的。

从试验结果可以看出收发信机高频信号受 50Hz 工频分量影响是存在的, 工频量达一定

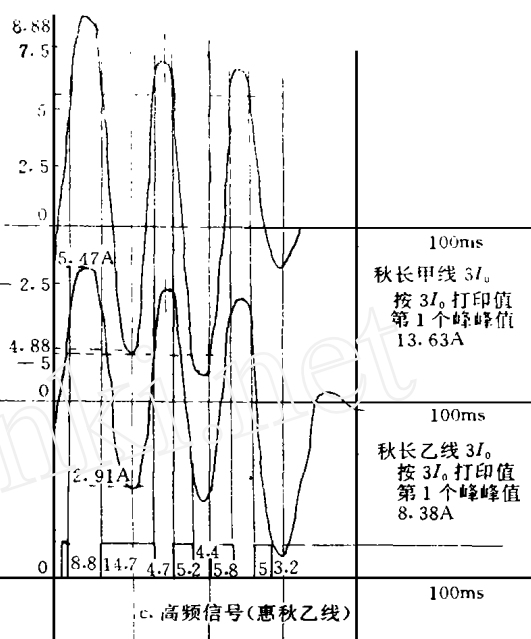


图 3 惠秋乙线 $3I_0$ 电流波与收信间断对应图
(1996 年 7 月 20 日惠秋甲线 C 相雷击故障录波)

值后, 综合两侧影响可能出现收信间断, 收信间断波频率为 100Hz, 间断时间可接近 9ms。高频信号回路中串入 0.33μf 电容对抑制工频分量很有效, 而对高频信号影响也很小。因此可采用此方法来抑制工频分量的侵入 (见试验报告)。

3 故障时高频通道中侵入的 50Hz 工频量

收发信机总是与保护装置一起装在屏上安装在主控制室中。收发信机的高频信号通过高压或超高压输电线路传输到对侧, 其间通过高频电缆自主控制室收发信机端联接到开关站的结合滤波器端, 再经耦合电容接到输电线路上。主控制室到开关场一般距离 200 到 500m。

故障时短路电流很大, 产生很强的电磁场。对高频电缆中会产生 50Hz 工频分量, 其途径有两种方式, 一种是直接传导, 即短路电流通过接地点、大地、变电站接地网, 回到电

源端, 使地电位升高, 在高频电缆地线两端产生电压差。其相位与短路电流同相位。另一种由电磁感应耦合到高频电缆上, 如为平行导线其电势:

$$e = -M \frac{di}{dt} \quad M = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \ln \frac{(2h-d)(h-d)}{(h+d)d} + \frac{\mu_0 l}{8\pi}$$

式中:

e ——互感电势, 伏 $\frac{di}{dt}$ ——短路电流变化率, 安/秒

M ——平行导线的互感, 亨

h ——高压母线或高压输电线路对高频电缆距离, 米

l ——高频电缆长度, 米 d ——高频电缆外直径, 米

其相位超前短路电流 90°。如高频电缆敷设走向与高压母线或高压输电线路正交, 则此感应电势为零。因此经设计时应尽量躲开平行走向以减少这种电势值。因此故障时, 工频量侵入高频电缆是不可避免的。应采取措施在结构、布置、远离开关站、电缆敷设走向施工设计等方面来尽可能减少其值。另外亦应考虑收发信机与结合滤波器之间的高频回路都应有工频

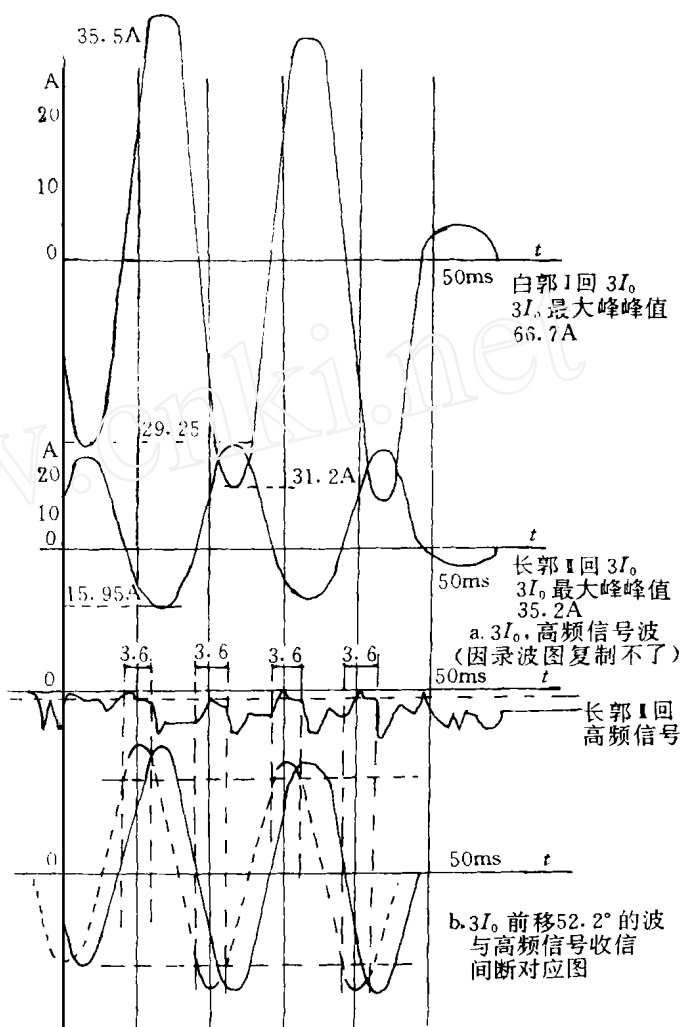


图 4

量抑制电容来抑制工频量侵入。

收发信机高频信号输出的接地线,过去由高频电缆在结合滤波器端直接与一次绕组一起接地,保护其绝缘过电压击穿。但这种接地方式对操作过电压、雷击过电压等仍可能有过高的电压窜入二次回路,造成二次设备、器件击穿损坏,因此经试验提出高频电缆应在控制室收发信机端接地,为考虑原有滤波器绝缘水平,在结合滤波器端装避雷器间隙保护(见《继电器》1991第4期)。反措要求高频电缆两端接地,并要求有一定截面铜排联接,以尽量降低高频电缆接地线间电压差(降低与大地构成回路的分压)。

4 结束语

通过上述分析,我们认为高频信号中不正常的100Hz收信间断波是由于故障时大短路电流产生的50Hz工频分量侵入高频回路,对收发信机影响造成的。由于没有整体考虑高频回路中抑制工频量侵入问题,新型收发信机与结合滤波器高频回路对工频量形成通路,因此必须各自考虑抑制工频量和受工频量的影响。对收发信机加入 $0.33\mu\text{f}$ 电容抑制工频量影响是有效的。用分频器的回路也有效果。然后过大的50Hz工频分量源也是不应该有的,也应在结构、布置、走向、接地等方面改进下功夫。由于是在试验室内试验,并未完全模拟现场通道具体情况,建议现场能更真实模拟验证其正确性。从录波图中还说明两点:

- (1) 由于直流偏移影响第一个收信间断可能较长,对快速停信保护要考虑这个影响。
- (2) 由于未启信的第一个可能收信间断,延缓了启信时间,也应予以重视。

在这里也提出两点建议:

(1) 随着工业、技术迅速发展,微机技术应用深入各个领域,静态保护、微计算机等,接地良好与否有较大影响。建议设计部门和主管领导不要默守成规,舍不得化钱,应改变目前主控制室接地结构,确保良好、可靠、长期稳定的接地。

(2) 录高频通道中高频信号,目前的两种方法,录高频信号的更直接一些。有分频器的高频回路录下高频信号更好些。因为高频通道中相邻频率,其它散杂波都会对其有影响,因此故障录波器录高频信号的一路,应有分频器,只录取所需的频率。(许继昌南通信公司生产这种分频器作为附件,订货时注明可以供货。该分频器亦可供各种故障录波器使用。)

参考文献

- 1 刘北营、袁邦亮. 隔离开关投切空载旁路母线干扰高频保护的实例分析与对策. 继电器, 1991. 4
- 2 电力系统继电保护及安全自动装置反事故措施要点. 电力部, 1994, 11
- 3 收发信机试验报告. 许继昌南通信公司, 1997, 9

(上接32页)(火) 电站对继电保护的要求, 主要性能指标达到目前国内同类产品的先进水平。

参考文献

- 1 水利水电技术. 水利部, 1996. 11
- 2 小型水(火) 电站电气设计手册. 水利电力出版社, 1986. 2
- 3 大型发电机保护原理. 许昌继电器厂, 1989. 3
- 4 继电器. 许昌继电器研究所, 1996. 12

YTF(S)- 500 remote trip signal transmission device is a new generation of remote tripping device which is developed basing on the advanced technology of SW T- 500F6 teleprotection signal audio transmission device and ESB500 power line carrier of Siemens company. Differing with other remote tripping signal transmission devices in China, the device can simultaneously transmit the remote tripping signals of two independent systems. It has higher safety and reliability than that of other devices, because it adopts the patent techniques of Siemens company, the keyed frequency-shift F6 modulation technique and the pulse noise restraint technique.

Keywords: Remote trip Safety Reliability Keyed frequency-shift

Development of IC- Based Complete Protection Suitable for Small or Middle Scale Hydro (Thermal) Power Stations Zhang Dawei et al(30)

An IC- based protective device which is suitable for the small or middle scale hydro (thermal) power stations with the single generator capacity not more than 50MW and the outgoing voltage not higher than 35kV is introduced. The device uses digital dial setting and its main protective unit is equipped with element failure locking circuit. So it has higher reliability and flexibility.

Keywords: Protection digital setting IC- based Small and middle- scale hydro (thermal) power stations

GENERAL DESCRIPTION

Current State of fault Recorder and Discussion on New Scheme Su Hongxun et al(33)

The main functions and important features of the new generation of combined fault recorder and monitor device which is set up on IPC technique, LAN technique and communication technique are described in view of the shortcomings of fault recorder in China.

Keywords: Fault recorder Harmonic analysis On- line data analysis IPC LAN

Discussion on the Maloperation Cause of HF Blocking Type Protection Zhang Keyuan et al(39)

The influence of 150Hz line- frequency component which comes into the transceiver of HF protection via HF channel is analyzed. Combined with the analysis on the interrupted waves of receiver's HF signal recorded at two faults, the judgement is given that the maloperation results from the 50Hz line- frequency component which comes into the HF output circuit of the transceiver when the HF channel is not grounded well. This paper presents a method of restricting the line- frequency component and suggests to verify the correctness of the analysis by farther simulation combined with site experience.

Keywords: Receiving interrupt HF channel HF transformer saturation Line- frequency component Ground potential rise

EXPERIENCE EXCHANGE

THR Distance Protection Applied in Dayawan Nuclear Power Station Zhang Huagui(45)

For the connections of 500kV one- and a- half CBs, line protection is equipped according to line layout and operates to two CBs. The available distance protections can be selected from domestic CKJ- 1, LZ96 and RA ZFE of ABB company, 7SL 32 of Siemens company, TLS of GE company, and THR of Reyrolle company, etc. The THR distance protection used on the Dayawan nuclear power station to Zengcheng 500kV line is introduced.

Keywords: Static type Distance protection Swing blocking

Analysis and Countermeasure of Anomaly in Control Circuit Yu Junfeng et al(49)

The anomaly of control circuit is carefully analyzed in three aspects and the detailed solution is presented basing on some typical examples.

Keywords: Control circuit CB Trip-proof relay System reliability

RELIABILITY RESEARCH

Study on the Testing and Assessment Method of Measurement Relay's Reliability Han Tianxing et al(52)

Because the failure of relay and protective device can lead great loss to power system and other industries, to rise the reliability of equipment used in the power system is very necessary. Measurement relay is a basic unit of relay protection for power system, so to study the reliability of measurement relay becomes more important. The reliability data system is set up basing on the operation feature of the relay. Many important questions, such as how to perform the verification, assessment and statistic of the reliability are discussed and the testing procedure is described. Basing on the above test theory of reliability, the reliability tester of measurement relay is studied.

Key words: Measurement relay Reliability data system Reliability test

The Designing of Resisting Disturbance of the Subrack Han Zaolin, Xiao Juan(56)

Along with the development of modern scientific technique, more and more equipment in power, electronic and apparatus industries use subrack structure to lay electronic elements. To decrease the influence of electromagnetic wave and static electricity produced from the equipment and environment on the function of the equipment, how to improve the function and reliability of resisting disturbance in aspects of material selection, earthing design, card screening, mounting location and ventage design are discussed.

Key words: Subrack Anti- interference design Screening