

# 广东大亚湾核电站 THR 距离保护的应用

张华贵 广东省电力设计研究院 (510600)

**【摘要】** 500kV 一个半断路器接线, 我国现用的是按线路配置线路保护, 动作于两个断路器。可选的距离保护有国产的 CKJ—1, 进口的 ABB 公司的 LZ96、RA ZFE, 西门子公司的 7SL 32, 美国 GE 公司的 TLS, 还有英国 Reyrolle 公司的 THR 等距离保护装置。本文介绍 500kV 广东大亚湾核电站——增城线所用的 THR 距离保护装置

**【关键词】** 静态型 距离保护 振荡闭锁

## 1 THR 距离保护的构成

(1) THR 是一种静态型距离保护。每段 6 个测量元件, 三个接地阻抗元件和三个相间阻抗元件, 三段共 18 个阻抗元件。三段距离为阶段式, 第 II 段带  $T_2$  时间元件, 第 III 段带  $T_3$  时间元件跳闸。

(2) 振荡闭锁元件为双重圆, 即大圆套小圆, 小圆为  $Z_{IIIAC}$  相间阻抗元件, 大圆为附加的  $Z_{AC}$  元件, 构成一个相间接法的双重圆振荡闭锁。由于 500kV 线路在 1 1/2 断路器接线用线路电容式电压互感器 CVT 供给距离保护电压, 故可用一个相间接法的双重圆振荡闭锁。

(3) 断线闭锁元件 VTS, 当 CVT 失压时闭锁距离保护。当三相失压时, 则由快速开关 MCB 辅助触点闭锁距离保护。

(4) 手合及重合闸至线路故障, 加速距离保护跳闸, 有两种方案, 一种是我国习惯用的加速  $Z_{III}$  段, 叫 DCLC, 另一种是我国无用过的 ACLC, 即用交流低压加速  $Z_{III}$  段。

(5) 高值过流速断元件, 可防止方向阻抗元件出口三相短路时拒动的辅助跳闸。

(6)  $3I_0$  零序电流元件, 可作线路出口单相接地, 闭锁  $Z_{\phi\phi}$  所有三段的相间阻抗元件的误动作。

(7) 后备零序方向电流时限元件, 作高阻接地时距离保护拒动后备跳闸。

(8) 自诊断监视元件, 可自动检测保护元件的毛病。

此外, 尚有各元件连接用的二极管矩阵电路, 构成允许式或闭锁式的连接片及信号元件等

## 2 1 1/2 断路器接线用 THR 距离保护的特点

2.1 阻抗测量元件, 第 I、II 段为方向阻抗元件, 第 III 段为偏移阻抗元件, 每个元件均为三个输入的  $\pm 90^\circ$  相位比较元件, 其特性为三个特性综合。分析时, 对两两输入分别进行比相得到除园特性外, 还有一方向直线及一电抗直线, 这种特性比只有 2 个输入的相位比较元件构成一个园特性好一些, 有方向直线可增强方向性的判别, 而电抗直线可减少静态超越, 如接地阻抗元件的  $S_3$  取  $nZ_R < Z_R$  整定, 其线下移。

精工电压为  $0.04\% V_N$  (三相故障) 比  $0.1\% V_N$  少得多, 只有 40mV, 以提高三相短路时的方向灵敏度。为了提高线路在运行中正向出口三相短路的可靠跳闸, 只在其中一个相间阻抗元件附加了记忆回路, 从而避免附加 6 个记忆回路的复杂性。反向出口三相短路, 则靠精工电压的灵敏性防止误动, 厂家认为因精工电压很灵敏, 无须附加 6 个记忆回路, 若在运行

中证实有反向三相短路误动, 则才考虑附加至 6 个记忆回路, 对于 THR 是用提高精工电压的灵敏度的方法而不是靠附加全部 6 个记忆回路为主来解决三相短路的方向性的。特性以 BC 相间方向阻抗元件为例, 当三个输入为:

$$S_1 = I_{BC}Z_R - V_{BC}$$

$$S_2 = V_{BC} + K_P V_{AB}$$

$$S_3 = I_{BC}Z_R$$

其特性见图 2。

式中,  $K_P V_{AB}$  含健全相交叉极化电压, 其功能是防止不对称相间故障时, 使方向阻抗元件无死区, 此时,  $S_2 = V_{BC} + K_P V_{AB}$ , 正向动态  $S_1 \sim S_2$  的圆扩大, 包括原点在圆内, 而  $Z_R$  仍在圆边上。  $K_P$  为复数值, 参数选择使  $K_P V_{AB}$  与电压  $V_{BC}$  同相。这样在不对称出口短路时, 可靠健全相电压交叉极化来保证方向性, 而  $S_2 \sim S_3$  的正方向线也随园下移。

在相间阻抗元件中, 三个输入量之一为  $S_3$ , 断送电时, 三相电流  $I = 0$ , 此断开线的相间阻抗元件不动作, 从这里, 也可见三个输入量比二个输入量 (即无  $S_3$  输入量) 的阻抗元件特性要好。

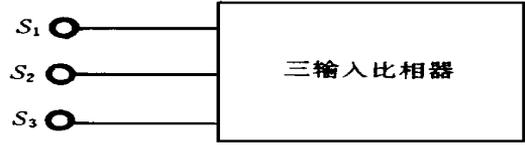


图 1 三输入比相器

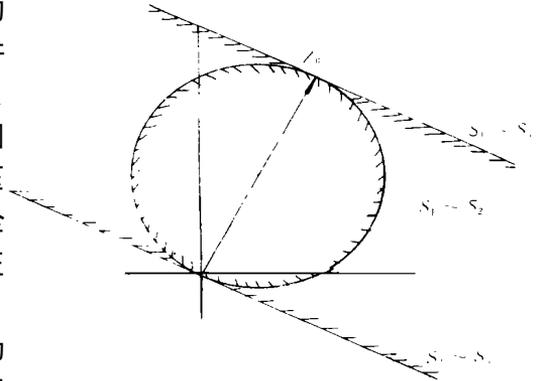


图 2 三个输入的相位比较器方向阻抗元件特性图

## 2.2 双重圆振闭的优缺点及辅助措施

优点:

- (1) 双重圆振闭, 简单易明, 反映振荡轨迹, 不反映操作量。
- (2) 振荡周期  $T > 200\text{ms}$  的振荡可动作闭锁阻抗元件。
- (3) 全相运行情况下, 能区别无振荡的各种故障。
- (4) 非全相时振荡, 仍有振荡闭锁功能。由于 500kV 一个半断路器接线使用线路 CVT, 非全相时相间双重圆振闭仍有效, 可简化振荡闭锁的接线, 只用一个相间接法的双重圆振闭。
- (5) 非全相无振荡再故障, 能区别各种故障。
- (6) 阻抗元件 I、II、III 段可分别接入振荡闭锁, 这样, 较大时限的 III 段阻抗元件可不接入振荡闭锁。

缺点:

- (1) 振荡周期  $T < 200\text{ms}$  的振荡, 双重圆振闭失效, 从而落入振荡中心的线路, 距离保护会误动。
- (2) 先全相振荡, 后故障, 距离保护可能拒动。
- (3) 非全相振荡, 再故障, 距离保护可能拒动。

辅助措施:

- (1) 过快的振荡, 大机组已受不了, 双重圆振闭失效, 距离保护误动不算严重。而且 500kV 核电网稳定性较好, 一般难以发生  $T < 200\text{ms}$  的过快的振荡。
- (2) 全相或非全相振荡, 后故障, 距离保护拒动, 可由不经振闭带时限的阻抗元件 III 段后备跳闸。更主要的 500kV 核电网靠主 1 保护即不怕振荡的线路电流差动保护跳闸。

### 2.3 THR 构成全线速断保护

(1) 18 个阻抗元件的 THR 距离保护, 可构成允许式或闭锁式, 但无论构成哪一种全线速断保护, THR 均仍保留有独立的第 I 段跳闸, 这是它的优点, 不受对侧的控制本侧独立出口第 I 段。

(2) 允许式欠程动作较快, 因无须防止双回路功率倒向附加动作延时元件。但允许欠程允许的接地过渡电阻较少。而超程可允许较大的接地过渡电阻, 但动作较慢, 因超程要防止双回路功率倒向附加了延时动作跳闸元件。

采用欠程或超程, 随用户选择, 倒换连接片即可。

(3) THR 构成闭锁式, 不用 18 个阻抗元件的方案, 而用增加 6 个反向阻抗元件, 共 24 个阻抗元件的方案, 由于 500kV 载波通道为相—相耦合方式, 故一般均用 THR 的允许式而不用闭锁式, 闭锁式宜用于相—地耦合通道。

THR 距离保护, 结构齐整, 在保留距离保护三段阶梯式跳闸的基础上构成全线速断保护。

### 2.4 允许超程式的后备零序方向电流保护。

(1) 阻抗元件的一个缺点就是当线路接地故障电阻较大时会拒动。从系统的运行提出, 当线路接地故障时, 要求 500kV 线路保护能切除高达 300 $\Omega$  的接地故障, 为此, 须用到零序方向电流后备保护。

(2) THR 距离保护, 可附加后备的零序方向电流保护, 并构成允许超程式, 为了躲开正常时阻抗元件的按相跳闸, 零序方向电流保护带有短延时三相跳闸。此外, 还可有带长延时的零序方向电流保护独立三相跳闸。

(3) 500kV 为 1 1/2 断路器接线时, 采用线路上的 CVT, 当单相故障非全相时, 超程允许式的零序方向电流保护不会误动作, 这是由于非全相时, 线路两侧的零序方向元件不会同时动作。

### 2.5 手合加速及重合闸后加速距离保护

#### (1) DCLC 方式

用手合及重合闸触点起动作加速  $Z_{III}$  用的直流中间继电器, 当线路上存在故障时, 可经偏移圆  $Z_{III}$  加速切除线路故障。这种方式和我国习惯用的加速方式相同。

#### (2) ACLC 方式

用交流低压继电器起动作加速  $Z_{III}$  段。这种方式, 我国无使用经验。这种方式无 DCLC 方式好, 一是低压继电器的灵敏度, 二是当重合闸的动作时间快于  $Z_{III}$  段的动作时间  $T_3$  时, 重合闸后加速失效。这种方式适用于慢速重合闸, 即重合闸时间如  $\theta$  大于  $Z_{III}$  段的动作时间。ACLC 用于快速重合闸, 要采取措施。

### 2.6 电流速断

电流速断无方向性, 整定时应躲开反向最大故障电流。它是简单、动作迅速, 可防止方向阻抗元件, 正向出口三相短路的拒动。

### 2.7 非全相再故障 THR 距离保护的動作

(1) 18 个阻抗元件的 THR, 接地阻抗元件和相间阻抗元件各负其责, 当接地故障时, 用  $3I_0$  元件闭锁相间阻抗元件的误动作。  $3I_0$  元件应躲开非全相时的  $3I_0$  电流整定。这样, 当非全相再故障, 无论接地故障或健全的相间故障, 阻抗元件均可动作。

(2) 非全相再故障的動作回路, THR 是配合同一厂家的重合闸装置 M GAA 实现的。在非全相时, M GAA 有记忆回路, 而当非全相再故障, 阻抗元件动作时, M GAA 的非全相记忆触

点与阻抗元件的触点构成与门出口三相跳闸。

### 2.8 THR 距离保护与重合闸的配合

(1) 只第 I 段起动重合闸和全线速断起动重合闸。而带时限跳闸的第 II 段及第 III 段出口不起动重合闸，且是三跳不重。

(2) 从重合闸返回单跳/三跳信号给 THR 距离保护。这由重合闸控制单跳/三跳继电器的触点给予准备距离保护的三相跳闸回路来实现重合到永久性故障时的跳闸

## 3 THR 允许欠程或允许超程保护方案

### 3.1 THR 允许欠程式

允许欠程接线最简单，见图 3 示。本侧有  $Z_{I=0} 8Z_L$  段独立跳闸。 $Z_I$  的第二功能是发讯对侧并带延时 150ms 复归发讯，这对相继切除故障有利。对侧由  $Z_{II=1} 3Z_L$  与收讯构成与门加速  $Z_{II}$  跳闸。欠程不适用于较短的线路。

### 3.2 THR 允许超程及欠程组合式

允许超程适用于较短的线路上。THR 具有 18 个阻抗元件，有独立的  $Z_{II}$  元件可供超程使用。允许超程由本侧  $Z_{II}$  段发讯，对侧由  $Z_{II}$  与收讯构成与门加速  $Z_{II}$  跳闸。

允许超程式在双回路上应用时，防功率倒向造成健全线路误动作，THR 用收讯延时动作出口跳闸的措施，这使允许超程动作慢一些。

当线路的  $Z_{I=0} 8Z_L$  可整定时，THR 还可构成允许超程及欠程组合式。

## 4 结语

英国 Reyrolle 公司生产的 THR 距离保护是一种典型的三段式距离保护，具有 18 个阻抗测量元件，每段 6 个，三个接地阻抗元件、三个相间阻抗元件，每个阻抗元件为三个输入量。结合通道可构成允许式或闭锁式全线速断保护，并兼有独立第 I 段及后备跳闸。THR 距离保护具有选相功能，可与单相重合闸 M GAA 配合使用，并在非全相再故障可三相跳闸。

为防止接地故障电阻较大时的拒动，可附加零序方向电流时限后备保护。

全相振荡或非全相振荡再故障要靠不接入振闭的带时限的第 III 段跳闸。

THR 距离保护简单可靠，广泛应用在香港的高压和超高压电网上。现在推广应用在 500kV 的广东大亚湾核电站——增城线上，并与不怕振荡的全线速断的线路电流差动保护共同构成双重化的线路主保护。

### 参考文献

1 Reyrolle Protection, TYPE THR HIGH SPEED DISTANCE PROTECTION. NEI ELECTRONICSLTD 1987.

### 附录 双重圆振荡闭锁的适用性

众所周知，双重圆闭能区分短路与振荡。振荡时，测量大、小圆动作的时间差，当  $\Delta T > \Delta T_{set}$ ，振闭有效。短路时，大、小圆同时动作， $\Delta T < \Delta T_{set}$ 。双重圆最小有效振荡周期为

$$T_{min} = \frac{360 \Delta T_{set}}{\delta_2 - \delta_1}$$

双重圆最大有效振荡频率为

$$f_{max} = \frac{\delta_2 - \delta_1}{360 \Delta T_{set}}$$

(下转 61 页)

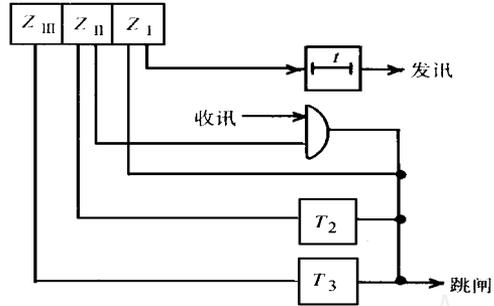


图 3 THR 允许欠程式保护方案图

风孔设计在不易被干扰的器件上方或易发热器件上方,以便使易被干扰器件避开干扰源,保证装置的可靠性。

## 5 结论

随着大规模集成电路的飞速发展,插箱被越来越多的应用于装置中和装置可靠性要求的进一步提高,插箱的抗干扰功能将被越来越重视。本文对提高插箱抗干扰能力进行的探讨,旨在提高整机的电磁兼容性能。

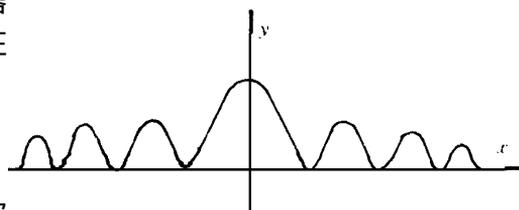


图 6

### 参考文献

- 1 孟庆龙·金克逵主编·电器结构、工艺及计算机辅助工艺规程设计·机械工业出版社
- 3 贺景亮编·电力系统电磁兼容·水利电力出版社
- 3 楼仁海等编·工程电磁理论·国防工业出版社
- 4 IEC917 和 IEC297 系列机柜、机架和插箱的电磁屏蔽性能试验
- 5 电机工程手册 第一卷·机械工业出版社

(上接 48 页)

式中  $\delta_1$ ——振荡阻抗轨迹与大圆交点两侧电源夹角

$\delta_2$ ——振荡阻抗轨迹与小圆交点两侧电源夹角

$\Delta T_{set}$ ——时间整定值,为了区分短路与振荡,取  $30\text{ms}$ 。  $\delta_2 - \delta_1$  一般在  $50^\circ$  以下,故  $T_{min} > 200\text{ms}$ ,  $f_{max} < 5$  周/秒。双重圆振闭可用于振荡周期大于  $200\text{ms}$  或振荡频率小于  $5$  周/秒的线路上。

对于稳定较差的弱联系大环网或长距离重负荷的单回输电线,振荡频率可使  $\Delta T < \Delta T_{set}$ , 双重圆振闭失效,距离保护在此快振荡时会误跳闸。这种线路应用改进振闭的距离保护。

其次,在振荡频率小于  $5$  周/秒的线路应用

双重圆振闭时,由于先振荡后故障双重圆先闭锁会使距离保护拒动,应选用双重化的另一套不怕振荡的主保护,如线路电流差动保护,它在先振荡后故障时能快速切除故障。

最后指出,在装有综合重合闸的线路上,应用有完善振闭的距离保护更好,可减少距离保护的误动和拒动。

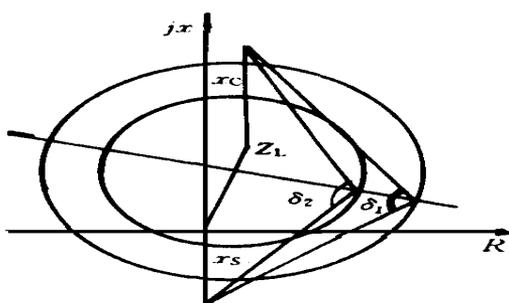


图 4 振荡阻抗图

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 SWT-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 Lin- 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