

对 W XH- 11X 型微机线路保护装置中 零序保护拒动原因的分析

李毅军 葛洲坝二江电厂(443002)

【摘要】 针对 W XH- 11X 型微机线路零序保护的一次拒动情况, 分析了因微机保护用电压互感器的二次电压相位偏移对微机零序保护动作行为的影响。

【关键词】 微机零序保护 拒动 二次电压 相位偏移

1996 年 4 月 10 日 13 时 41 分, 葛洲坝二江电厂的一号旁路开关 G41 代 220kV 葛荆线出线开关 G34 运行时遭遇 A 相接地故障, G41 开关所配的微机线路保护装置(型号为 W XH- 11X, 许昌继电器厂生产)中只有“振荡中的 I 段保护 DZI”动作三跳。对侧(荆门电厂)的保护(W X B- 1A 型微机线路保护装置)动作信号有: 接地距离 I 段, 零序 I 段。对侧故障录波图记录的保护动作过程为发生故障后 100ms 断路器 A 相跳闸, 100ms 后 A 相重合, 线路转为 AB 相间故障, 经 50ms 后断路器三相跳闸。从我侧的故障录波图来看, 被保护线路故障时流入保护装置的零序电流已达 2.2A, 超过了零序 I 段保护的動作电流整定值(1.7A), 且故障点处于保护的正当向, 但零序 I 段保护和高频闭锁零序保护均没有动作, 而是由“振荡中的 I 段保护 DZI”动作后三跳切除故障。下面结合我们事故后的调查分析和试验情况对此次微机零序保护拒动的原因进行分析。

1 关于“振荡中的 I 段保护 DZI”动作的分析

按照整定通知单的要求, G41 代 G34 运行时的微机接地距离保护的 I、II、III 段动作阻抗均整定为 14.1 Ω , 而从 G41 微机保护的此次动作记录看出接地故障时保护所测到的接地故障阻抗为 14.19 Ω , 因此接地距离保护判断为区外故障, 但由于此时保护的启动元件已经动作, 而零序保护由于下面将要分析的原因没有动作, 因此保护装置进入振荡闭锁流程。此后, A 相接地故障发展为 AB0 故障, 故“振荡中的 I 段保护 DZI”动作三跳。

2 关于零序保护拒动的分析

事故后 G41 微机保护装置打印的故障采样值报告如表 1 所示。

对表 1 故障采样值报告进行分析可以得出以下几点结论:

(1) 保护装置内部工作正常, 故障前后的采样值均能正确生成;

(2) 故障前(0 时刻前) $3\dot{I}_0$ 的采样值为 0, 故障后(0 时刻后) $3\dot{I}_0$ 的采样值突增, 0 时刻后的第五个采样值获得最大采样值 $3\dot{I}_{0\max} = 3.48\text{A}$, 对应的有效值为 2.46A, 该值已大于零序 I 段保护的動作电流整定值;

(3) 故障前后的外接 $3\dot{U}_0$ 值基本为 0, 据此判断由电压互感器(以下简称 PT) 开口三角绕组至保护装置的外接零序电压 $3\dot{U}_{0\text{wj}}$ 回路上可能存在问题;

* * * GPU 3 DATE 96, 04, 10, 13, 41, 42, 35

表 1

TME	I_a	I_b	I_c	$3I_0$	U_a	U_b	U_c	$3U_0$	$3U_{0zc}$
- 12	0 32	- 0 63	0 32	0 00	46 0	- 85 0	39 3	- 0 2	0 3
- 11	0 52	- 0 56	0 04	0 00	75 5	- 71 5	- 3 5	- 0 2	0 5
- 10	0 59	- 0 35	- 0 28	0 04	86 0	- 38 0	- 44 5	- 0 0	3 5
- 9	0 49	- 0 04	- 0 49	0 00	73 0	4 6	- 74 0	- 0 2	3 6
- 8	0 28	0 32	- 0 59	- 0 04	39 8	45 5	- 84 5	- 0 2	0 8
- 7	- 0 04	0 52	- 0 52	0 00	- 3 8	75 0	- 72 5	- 0 0	- 1 3
- 6	- 0 35	0 59	- 0 28	0 00	- 45 5	84 5	- 40 3	- 0 2	- 1 3
- 5	- 0 52	0 52	0 00	0 00	- 75 5	71 5	2 6	- 0 4	- 1 4
- 4	- 0 56	0 32	0 28	0 00	- 86 5	38 3	43 5	- 0 2	- 4 7
- 3	- 0 52	0 00	0 49	0 00	- 74 0	- 4 3	73 0	- 0 2	- 5 3
- 2	- 0 28	- 0 35	0 59	0 00	- 40 5	- 45 5	84 5	- 0 2	- 1 5
- 1	0 04	- 0 56	0 56	0 04	3 1	- 75 0	72 5	- 0 2	0 6
0	0 28	- 0 63	0 35	0 04	44 8	- 85 0	40 5	- 0 2	0 3
1	0 77	- 0 56	0 04	0 25	71 5	- 70 5	- 0 1	- 0 2	0 9
2	1 81	- 0 32	- 0 25	1 26	75 5	- 33 3	- 36 5	- 0 7	5 7
3	3 03	0 00	- 0 45	2 63	63 8	9 9	- 65 5	- 1 1	8 2
4	3 67	0 28	- 0 59	3 45	37 3	48 0	- 80 5	- 0 9	4 8
5	3 42	0 52	- 0 52	3 48	0 1	74 0	- 73 5	- 0 4	0 6
6	2 29	0 63	- 0 28	2 66	- 36 5	80 0	- 46 3	0 0	- 2 8
7	0 66	0 52	0 00	1 19	- 63 5	64 0	- 6 9	0 7	- 6 4
8	- 1 05	0 28	0 25	- 0 49	- 74 5	30 6	33 0	0 7	- 9 9
9	- 2 41	- 0 04	0 49	- 1 95	- 65 0	- 10 1	64 0	0 4	- 6 1
10	- 3 08	- 0 35	0 59	- 2 86	- 37 5	- 48 3	79 0	0 4	- 6 8
11	- 2 89	- 0 59	0 52	- 2 94	- 0 4	- 74 5	73 0	0 2	- 1 9
12	- 1 88	- 0 66	0 32	- 2 17	36 0	- 81 0	46 0	- 0 4	1 0
13	- 0 28	- 0 56	0 04	- 0 77	63 0	- 65 5	6 9	- 0 9	4 4
14	1 39	- 0 35	- 0 25	0 87	74 0	- 32 3	- 32 8	- 0 9	8 9
15	2 69	0 00	- 0 49	2 27	65 5	8 6	- 64 0	- 0 9	10 1
16	3 36	0 32	- 0 56	3 14	38 3	47 0	- 79 5	- 0 9	5 8
17	3 14	0 52	- 0 49	3 22	1 4	73 5	- 73 5	- 0 7	1 4
18	2 09	0 63	- 0 32	2 41	- 35 3	80 0	- 47 0	0 0	- 2 3
19	0 49	0 52	- 0 04	1 02	- 62 5	65 0	- 8 3	0 4	- 5 8
20	- 1 22	0 28	0 25	- 0 66	- 74 0	32 3	31 6	0 4	- 10 1
21	- 2 58	- 0 04	0 49	- 2 13	- 65 5	- 8 4	63 0	0 7	- 10 9
22	- 3 25	- 0 35	0 59	- 2 97	- 38 8	- 46 8	78 5	0 4	- 7 1
23	- 3 03	- 0 56	0 52	- 3 08	- 1 9	- 73 5	73 0	0 0	- 2 4

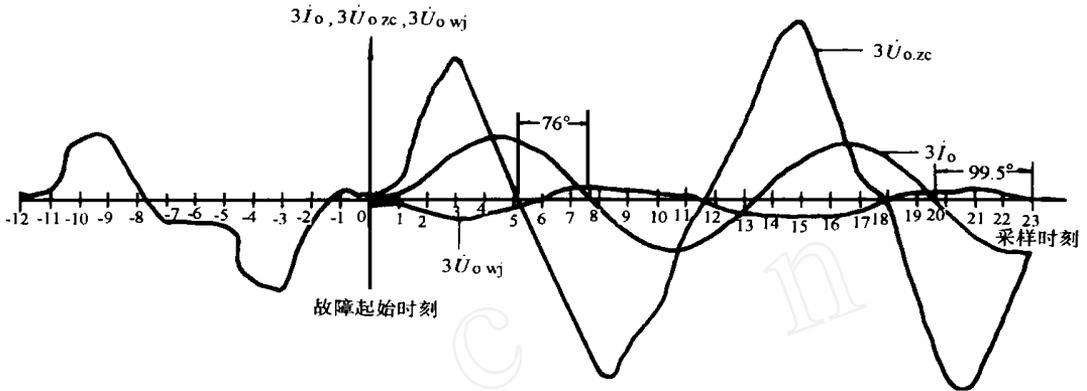
注: 故障采样值报告中的 $3\dot{U}_{0zc}$ 值为根据 A、B、C 三相电压在同一时刻的采样值并利用 $3\dot{U}_{0zc} = \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c$ 的关系所计算出来的保护装置中的自产 $3\dot{U}_0$ 电压值。

根据故障前后的外接零序电压 \dot{U}_{0wj} 值基本为零的情况, 我们对保护装置由 PT 开口三角绕组引入的外接零序电压 $3\dot{U}_{0wj}$ 的引入回路进行了检查, 发现有严重的接触不良情况, 经过处理后外接零序电压 $3\dot{U}_{0wj}$ 的采样值恢复了正常。同时我们也对零序电流和零序电压回路的引入极性进行了核对, 确定极性是正确的。

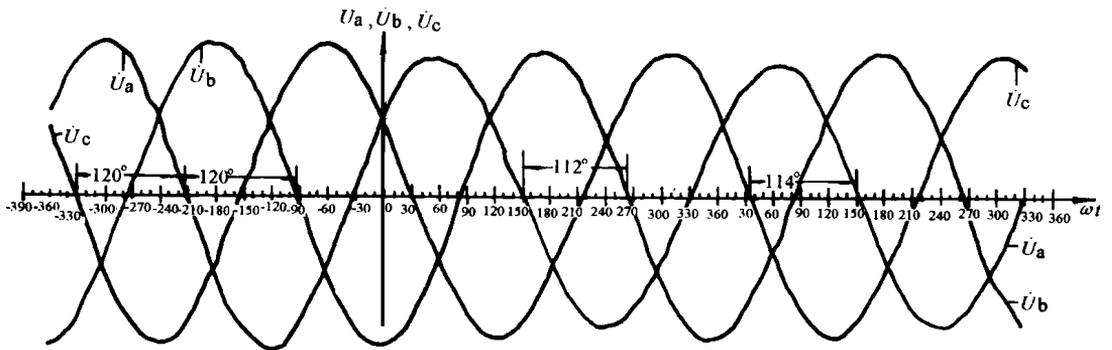
从进一步的分析来看, 虽然存在着因外接零序电压 $3\dot{U}_{0wj}$ 回路接触不良导致区内故障时微机零序保护装置到不到足够的外部零序电压 $3\dot{U}_{0wj}$ 值的情况, 但这也不能导致零序保护在被保护线路发生区内故障时拒动。因为按照 WXH-11X 型微机零序保护的原理, 只有当在保护装置的启动元件动作前若有连续 60ms 判为 PT 二次回路断线时才将判断被保护线路发生接地故障时零序功率方向所用的零序电压由自产零序电压 $3\dot{U}_{0zc}$ 转到外接零序电压 $3\dot{U}_{0wj}$ 上去, 也就是说只要当线路发生故障后微机保护装置的电压引入回路不出现 PT 断线的情况, 那么被保护线路发生故障后微机保护中零序保护用于判断零序功率方向的故障分量是采用由 A、B、C 三相电压采样值求矢量和得到的自产零序电压 $3\dot{U}_{0zc}$ 和零序电流 $3\dot{I}_0$, 而与由 PT 开口三角绕组引来的外接零序电压 $3\dot{U}_{0wj}$ 无关。根据保护装置的动作记录及我厂计算机监控系统的事件记录, 在故障前后均没有出现 PT 断线的情况, 由此可以推断造成此次微机零序保护拒动的真正原因在于保护装置中的自产零序电压 $3\dot{U}_{0zc}$ 没有正确地反映被保护线路故障时所产生零序电压的相位。

下面是根据此次故障后 G41 微机零序保护的故障采样值报告对线路故障后自产零序电压 $3\dot{U}_{0zc}$ 的相位进行分析:

图 1a 是根据故障采样值报告中的 $3\dot{U}_{0z}$ 、 $3\dot{U}_{0z}$ 和 $3\dot{I}_0$ 的数据利用计算机拟合出来的 $3\dot{I}_0$ 和自产零序电压 $3\dot{U}_{0z}$ 及外接零序电压 $3\dot{U}_{0wj}$ 之间的相位特性曲线(注:从图 1a 中可以看出外接零序电压 $3\dot{U}_{0wj}$ 的值虽然很小,但被保护线路发生故障后的相位变化过程还是准确的),图 1b 是根据 PT 二次的 \dot{U}_a 、 \dot{U}_b 、 \dot{U}_c 三相电压采样值拟合出来的 A、B、C 三相电压在故障前后的相位特性曲线。



(a) 零序电流 $3\dot{I}_0$ 、自产零序电压 $3\dot{U}_{0z}$ 与外部零序电压 $3\dot{U}_{0wj}$ 之间的相位关系



(b) A、B、C 三相电压之间的相位关系

图 1 线路 A 相接地故障时有关电气量的计算机拟合曲线

由图 1a 可以看出,线路故障后微机保护中自产零序电压 $3\dot{U}_{0z}$ 的相位超前于零序电流 $3\dot{I}_0$ 约 76° ;而外接零序电压 $3\dot{U}_{0wj}$ 则滞后于 $3\dot{I}_0$ 约 100° 。由图 1b 可以看出,故障前 PT 二次电压 \dot{U}_a 、 \dot{U}_b 、 \dot{U}_c 这三相电压的相角差为 120° ;而故障后这种相位关系发生了变化,若以 \dot{U}_a 发生故障后的第五点采样值即 \dot{U}_a 过零点时刻的 \dot{U}_a 相位作为参考相位基准,则 \dot{U}_b 滞后 \dot{U}_a 的角度为 112° ; \dot{U}_c 超前 \dot{U}_a 的角度为 114° 。显然线路发生故障后三相电压的相位关系发生了偏移, \dot{U}_a 、 \dot{U}_b 、 \dot{U}_c 这三相电压的之间的相角差已不是 120° ;由此导致了自产零序电压 $3\dot{U}_{0z}$ 也不能正确地反映线路故障时零序分量之间的相位关系,在这种情况下下的零序向量示意图如图 2a 所示(取短路阻抗角为保护装置的整定阻抗角 80°)。按微机保护装置检验规程整定的微机零序保护的零序功率方向元件动作区为 $3\dot{U}_0$ 超前 $3\dot{I}_0$ 15° 至 $3\dot{U}_0$ 滞后 $3\dot{I}_0$ 160° 的范围内,即零序功率方向元件的动作特性如图 2b 所示。可见线路发生故障时加在微机零序保护功率方向元件上的零序电压 $3\dot{U}_{0z}$ 的相位已位于零序功率方向元件动作区的反方向,落在了微机零序保护功率方向元件的动作区之外,而 G41 微机零序故障时加在微机零序保护功率方向元件上的零序电压 $3\dot{U}_{0z}$ 的相位

已位于零序功率方向元件动作区的反方向,落在了微机零序保护功率方向元件的动作区之外,而G41微机零序保护的控制字KG整定情况为:

- D15 = 1 投入电压电流求和自检;
- D14 = 1 零序保护经 $\Delta 3U_0$ 闭锁;
- D13 - D8 均置1,所有零序保护均带方向;

因而在被保护线路发生区内接地故障时,G41的微机零序保护将被零序功率方向元件闭锁而拒动。

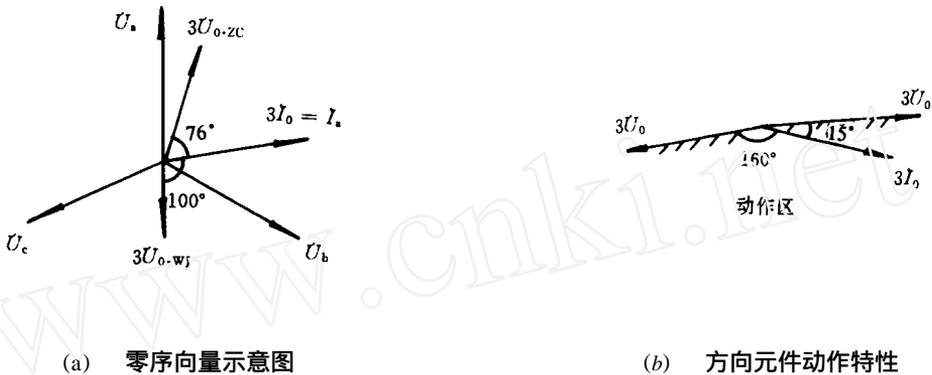


图2

3 线路接地故障时电压相位异常的原因分析

上面已经分析,线路发生接地故障时加在保护装置上的电压相位异常是造成此次微机零序保护拒动的原因。为此,我们对造成电压相位偏移的原因进行了查找和分析,经过对包括PT二次绕组在内的整个电压二次回路进行认真细致的检查,发现在正常运行时PT二次回路的中性点对地有4V多的电压,还发现PT二次回路中性点接地线因锈蚀有较大的接触电阻。据此可以分析正是由于这种接触电阻使得PT二次回路中性点不能与接地网紧密相连,造成了PT二次回路中性点的电位不是一个稳定的零电位,而是随PT二次三相电压的不对称程度而变的悬浮电位 E_n ,对于实施了继电保护反事故措施使PT开口三角绕组零线不与PT二次回路中性线共用同一电缆芯线的PT二次回路,该悬浮电位 E_n 的大小可由式1求得:

$$E_n = \frac{\dot{U}_a Y_a + \dot{U}_b Y_b + \dot{U}_c Y_c}{Y_a + Y_b + Y_c} \quad (1)$$

式中 Y_a, Y_b, Y_c 为电压互感器二次绕组A、B、C三相的导纳, $\dot{U}_a, \dot{U}_b, \dot{U}_c$ 为PT二次绕组的三相电压;

在正常运行时, $\dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = 0$,或PT二次回路的三相负载对称且PT中性点接地良好,则 $E_n = 0$,表明PT二次回路中性点没有发生偏移。若PT中性点接地不良且三相负载不完全对称,则PT二次回路中性点将根据三相负载不对称的程度发生相应的偏移,我们在检查中发现PT二次回路中性点对地有4V多的电压即是由于这种PT二次回路三相负载不完全对称而造成的。当电力系统发生接地故障时,因 $(\dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c)$ 不等于零,当PT二次回路中性点与地网之间有接触电阻时,PT二次回路中性点将发生较大的偏移,也即PT二次回路中性点对地将有一个附加电压,在此附加电压的作用下,造成了PT二次A、B、C三相电压的相位发生了偏移,加在保护装置上的电压量不能正确地反映电力一次系统的实际故障情况,因而对保

护装置的动作将产生不良影响。这种影响的大小与接地故障点到 PT 安装处的距离有关, 距离越近, 电力一次系统三相电压的不对称程度越大, PT 二次回路中性点的偏移也就越大, 越容易造成保护装置的不正确动作。就采用自产零序电压原理的微机零序保护及其他类型零序保护的零序功率方向元件而言, 被保护线路发生接地故障时因 PT 二次电压回路中性点偏移而造成的二次回路三相电压相位关系的变化, 必然要引起零序功率方向元件所用的内部自产零序电压的相位不能真实地反映被保护线路故障时的一次系统零序电压的相位, 从而导致了零序保护的不正确动作。G41 微机零序保护的拒动就是由于这种被保护线路故障时 PT 二次回路中性点偏移所导致的 PT 二次回路三相电压相位不正确而造成的。

参考文献

- 1 许昌继电器厂 .W XH- 11X 型微机线路保护装置说明书

(上接 40 页) 从表 1 可看出, 使用 TSG 调试 XC—11 时, 对单端测距, 最大误差 2.18km, 最小误差 1.99, 对两端测距, 最大误差 1.7km, 最小误差 0。误差原因主要是由 XC—11 有关参数未修正造成的, 误差的另一个原因是因为 TSG 的分辨率低。由此可见, TSG 和 XC—11 研制是基本成功的, 而且 TSG 使用确实很方便。

4 结论

- (1) TSG 是一种新型的开发研究工具;
- (2) 可用于实验室开发、研究, 也可用于现场调试, 检验保护、测距及其它自动装置的动作行为;
- (3) 如果有数据记录, 可以再现历史上发生过的真实故障;
- (4) 使用灵活、方便、成本低廉。
- (5) 8 位的数模转换器分辨率稍低, 造成信号动态范围小, 这是有待于完善的不足之处。

表 1 试验结果

故障类型	故障点 M 端 (km)	故障时刻		单端结果 (M)	两端结果 (km)
		M 端	N 端		
单相接地	75	9: 51: 50 381912 μ s	9: 51: 50 381853 μ s	76.99	76.3
两相短路	75	9: 33: 03 847726 μ s	9: 33: 03 847676 μ s	77.18	75
三相短路	75	10: 07: 44 750440 μ s	10: 07: 44 750382 μ s	77.18	76.2
* 两相接地短路	30	9: 58: 40 257024 μ s	9: 58: 40 257502 μ s	27.84	28.3

* 线路长度 200km, 故障点设置在距 M 端 30km, 距 N 端 170km 处。

参考文献

- 1 周明德 . 微型计算机硬件接口电路及应用 . 清华大学出版社, 1981
- 2 何立民编著 . MCS—51 系列单片机应用系统设计系统配置与接口电路 . 北京航空航天大学出版社, 1990

After analyzing the conventional time- inverse overload protection of the motor, the paper presents a new thermal overload protection scheme basing on the solution of a differential equation. This differential equation is established from the motor winding's thermal model. It really reflects the increasing procedure of temperature when the motor is overloaded. The result of solution is a recurrence formula of accumulation stator current which is used as the protection criteria. To realize the new protection scheme, the microprocessor- based block diagram is presented.

Keywords: Accumulated stator current Overload protection

NEW PRODUCT DEVELOPMENT

Development of SF- 501 Transceiver Specially Used for Bypass HF Protection **Daidechao, Zhou Jieshi**(33)

The development of SF- 501 transceiver specially used for bypass HF protection and its feature are described in this paper. The transceiver can change its working frequency by switching- over the button on its panel like TV set. Its frequency- change technique is of leading level in Chinese similar products and it will provide great convenience for the operators of bypass HF protection.

Keywords: Bypass HF protection Transceiver Simultaneous switch- over

Transient Signal Generator **Dong Xinzhou et al**(38)

The necessity, the feasibility and the principle of TSG is discussed. TSG consists of the microcontroller 8031 and the D/A converter. It can convert the EMTP calculation result to analogue signal. It is an effective tool in the study of digital relay and other automatic devices. It has already been applied in the test of fault locator XC- 11. The result shows that it is successful.

Keywords: Electric power system Protection Fault location Signal generation

EXPERIENCE EXCHANGE

Analysis on the Cause of Refusal to Operate of Zero Sequence Protection in WXH- 11x Microprocessor- Based Line Protection Device **Li Yijun**(41)

Referring to one case of refusal to operate of zero sequence protection in WXH- 11x microprocessor- based line protection device, the influence of secondary voltage phase shift of the voltage transformer used for the microprocessor- based protection on the operation of the microprocessor- based zero- sequence protection is analyzed in this paper.

Keywords: Microprocessor- based zero- sequence protection Refusal to operate Secondary voltage Phase shift

Plotting of Phasor Diagram of Sine AC Circuit **Li Zhongqiang**(46)

The definition of sine current and voltage arrow head symbols and their positive direction is described by some practical examples. The phasor arrows of potential rise and voltage- drop are represented in same principle, that is to say, directed to high potential. The presentation of voltage and current of general sine AC circuit and the plotting of phasor diagram are also analyzed basing the principle.

Keywords: Phasor diagram Sine AC circuit Current Voltage Potential

Discussion on the Operation of Reclosers Arranged for the Microprocessor- Based Protections and Other Protections in Our Province **Yie Xuexiang**(51)

Operation and Improvement of the Reclosers of Small Power Supply System in 110kV Network **Tan Qiong**(54)

Arrangement Features and Type Selection of Xianghongdian Pumped- Storage Set's Protection **Xue Honglin, Wei Qing**(56)

The protection arrangement and the special problem of the Xianghongdian pumped- storage set and the investigation on protection manufacturers are described.

Keyword: Pumped- storage set Protection

English Editor: Zhang Zhiqiang