

一种同杆并架双回线接地距离保护方案

宋国兵, 刘志良, 康小宁, 赵选宗, 索南加乐

(西安交通大学电气工程学院, 陕西 西安 710049)

摘要: 距离保护应用于同杆并架双回线时其动作性能受零序互感的影响。通过对同杆并架双回线接地故障时零序电流特点以及零序互感对接地距离保护影响的分析, 指出两回线零序电流反向是同杆并架双回线接地距离保护误动的主要原因, 根据两回线零序电流反向时, 故障线路的零序电流大于非故障线路, 提出了一种逻辑判断的零序电流补偿方法。数字仿真的结果表明, 该方法提高了同杆并架双回线距离保护的性能。

关键词: 双回线; 距离保护; 零序互感; 零序电流反向

A scheme for ground distance protection of parallel transmission lines

SONG Guo-bing, LIU Zhi-liang, KANG Xiao-ning, ZHAO Xuan-zong, SUONAN Jia-le

(School of Electrical Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: The performance of conventional distance relay is affected by the mutual coupling which exists in the lines of parallel transmission systems. By analyzing the characteristics of zero-sequence current of parallel transmission lines and its influence on distance relays, it points out that the maloperation of ground distance relays is caused by the reverse of zero-sequence currents in different circuits of parallel transmission lines when faults occurs. In this situation, considering the zero-sequence current in fault circuit line is larger than that of in sound circuit line, a new scheme for ground distance protection is presented by logic comparing the zero-sequence currents to decide if the compensation is adopted or not. Simulations show the scheme can improve the performance of the ground distance relay on parallel transmission lines.

Key words: parallel transmission line; distance protection; zero sequence mutual inductance; zero-sequence current reverse

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)12-0102-05

0 引言

随着电力技术的发展, 电网容量的不断增大, 输电线路走廊越来越紧张。同杆并架双回线共用杆塔、出线走廊窄, 具有节约土地、建设速度快、节省投资等优势; 同时满足现代电力系统对供电可靠性和输电容量的要求, 因此获得日益广泛的应用^[1]。随着同杆双回线路的增多, 它已经成为输电网的重要组成部分, 并且多为重载线路或系统联络线, 因此同杆并架双回线的保护就显得尤为重要, 它关系到供电的可靠性和电网运行的稳定性。

距离保护是同杆并架双回线的重要保护方式之一。到目前为止, 大部分同杆双回线的距离保护没有将其作为一个整体来配置, 而是将单回线的距离保护直接移植到双回线中。当故障发生时, 两回线通过互感相互作用, 使得母线电压不仅取决于本线的电流, 还受另一回线电流的影响, 因

此可能导致以单回线配置的接地距离保护发生超越或拒动^[2-3]。

为了解决由双回线零序互感引起的接地距离保护误动问题, 电力科技工作者进行了大量的研究^[4-12]。综合目前的方法, 主要包括: ①采用邻线零序电流补偿^[5,12]; ②用本线零序电流代替邻线零序电流补偿^[8]; ③不补偿^[6]。这三种方法都各有弊端: 方法1容易导致非故障线路的误动; 方法2在两回线零序电流反向时加剧了距离保护的超越; 方法3受零序互感的影响, 可能导致接地距离保护的超越或拒动。因此, 对于同杆并架双回线的距离保护一直没有得到很好的解决。

1 双回线互感对接地距离保护的影响

由于同杆并架双回线间互感的相互作用, 一回线上发生接地故障时, 母线电压将受两回线零序电流的影响^[6]。如图1所示I回线故障, M侧故障相

母线电压为:

$$\dot{U}_\Phi = \alpha Z_1 (\dot{I}_{\Phi 1} + K \dot{I}_{01}) + \alpha Z_{0m} \dot{I}_{0II} \quad (1)$$

保护 1 的测量阻抗为:

$$Z_{CL} = \alpha Z_1 + \alpha \frac{\dot{I}_{0II}}{\dot{I}_{\Phi 1} + K \dot{I}_{01}} Z_{0m} \quad (2)$$

式中: $\dot{I}_{\Phi 1}$ 、 \dot{I}_{01} 为线路 I 的故障相电流及零序电流;
 \dot{I}_{0II} 为线路 II 的零序电流; Z_1 、 Z_{0m} 为单回线全长的正序阻抗及双回线间的零序互阻抗; α 为短路点距离占全线长度的比例; K 为本线零序电流补偿系数 $K = (Z_0 - Z_1) / Z_1$ 。

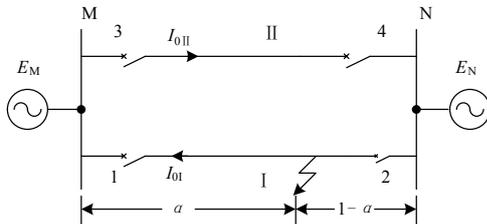


图 1 双回线一回线接地故障示意图

Fig.1 Diagram that one line of double-circuit line has ground fault

由式 (2) 可以看出, 零序互感是测量阻抗不能准确反应故障距离的根本原因, 若 \dot{I}_{01} 、 \dot{I}_{0II} 方向相同, 测量阻抗偏大, 保护范围缩短; 若 \dot{I}_{01} 、 \dot{I}_{0II} 方向相反, 测量阻抗偏小, 保护超越。

为了消除线间零序互感对接地距离保护的影响, 特别是在两回线零序电流反向时, 避免故障线路接地距离继电器超越误动, 同时能够准确感应故障点, 可采用引入邻线零序电流补偿, 当引入邻线零序电流时, 保护 1 的测量阻抗为:

$$Z'_{CL} = \dot{U}_\Phi / (\dot{I}_{\Phi 1} + K \dot{I}_{01} + K' \dot{I}_{0II}) = \alpha Z_1 \quad (3)$$

式中: $K' = Z_{0m} / Z_1$ 。

以上过程虽然是在同杆双回线两侧并列运行的运行方式下进行分析的, 但它们同样适用于同杆双回线一侧分列运行、两侧分列运行和一回线停电检修的情况。

2 同杆并架双回线零序电流分析

2.1 单回线不对称接地故障

图 1 的零序网络经解耦变换后如图 2 所示。对零序网络列写节点电压方程可以求得:

$$\dot{U}_{0a} = \frac{C / \alpha + 2A / (\alpha(1-\alpha))}{BC / A + C(1+1/\alpha) + B(1+1/(1-\alpha)) + 2A / (\alpha(1-\alpha))} \dot{U}_0$$

$$\dot{U}_{0b} = \frac{B / (1-\alpha) + 2A / (\alpha(1-\alpha))}{BC / A + C(1+1/\alpha) + B(1+1/(1-\alpha)) + 2A / (\alpha(1-\alpha))} \dot{U}_0 \quad (4)$$

其中: $A = \frac{1}{Z_0 - Z_{0m}}$, $B = \frac{1}{Z_{0M} + \alpha Z_m}$, $C = \frac{1}{Z_{0N} + (1-\alpha)Z_{0m}}$

根据电压电流的关系可得:

$$\dot{I}_{01} = \frac{\dot{U}_{0a} - \dot{U}_0}{\alpha(Z_0 - Z_{0m})}, \dot{I}_{0II} = \frac{\dot{U}_{0a} - \dot{U}_{0b}}{Z_0 - Z_{0m}} \quad (5)$$

将式 (4) 代入式 (5) 整理得:

$$\frac{\dot{I}_{0II}}{\dot{I}_{01}} = \frac{\alpha Z_{0N} - (1-\alpha)Z_{0M}}{(2-\alpha)Z_{0N} + (1-\alpha)(Z_{0M} + Z_0 + Z_{0m})} \quad (6)$$

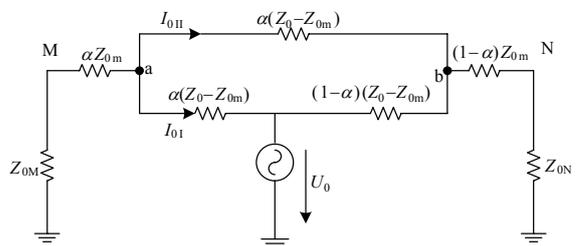


图 2 零序等效网络

Fig.2 Zero-sequence equivalent network

其中: α 为故障距离占全长的比例; Z_0 为线路的零序阻抗; Z_{0m} 为线间的互阻抗; Z_{0M} 为 M 侧系统零序阻抗; Z_{0N} 为 N 侧系统零序阻抗。

从方程 (6) 可以分析得出, α 在 0 到 1 区间内 $\dot{I}_{0II} / \dot{I}_{01}$ 是递增函数, \dot{I}_{0II} 的幅值小于 \dot{I}_{01} , 且存在一个 α_0 使得 \dot{I}_{0II} 等于零, 称 α_0 所代表的线路的点为零序电流平衡点, 推导可得:

$$\alpha_0 = Z_{0M} / (Z_{0M} + Z_{0N}) \quad (7)$$

从式 (7) 可以看出, 零序电流平衡点的位置是由同杆双回线两侧系统的零序阻抗决定, 且靠近强电源侧。并且, 在平衡点以近 \dot{I}_{0II} 和 \dot{I}_{01} 反向, 在平衡点以远二者同向且趋于相等, 当 α 等于 1 时, \dot{I}_{0II} 和 \dot{I}_{01} 完全相同。

2.2 跨线接地故障

跨线接地故障的零序网络示意图如图 3, 对该电路图列写节点电压方程可以求得:

$$\dot{U}_{0a} = \frac{Z_{0M} + \alpha Z_{0m}}{2Z_{0M} + \alpha(Z_{0m} + Z_0)} (\dot{U}_{01} + \dot{U}_{0II}) \quad (8)$$

$$\dot{U}_{0b} = \frac{Z_{0M} + (1-\alpha)Z_{0m}}{2Z_{0M} + (1-\alpha)(Z_{0m} + Z_0)} (\dot{U}_{01} + \dot{U}_{0II})$$

根据电压电流的关系可得:

$$\dot{I}_{01} = \frac{\dot{U}_{0a} - \dot{U}_{01}}{\alpha(Z_0 - Z_{0m})}, \dot{I}_{02} = \frac{\dot{U}_{0a} - \dot{U}_{011}}{\alpha(Z_0 - Z_{0m})} \quad (9)$$

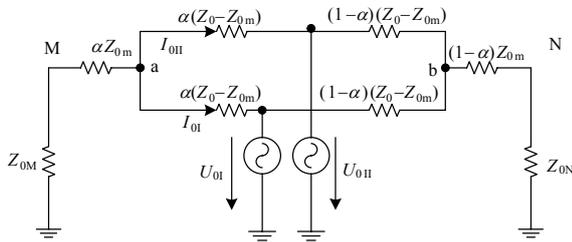


图3 跨线接地故障的零序等值网络

Fig.3 Zero-sequence equivalent network of cross country grounding fault

将式(8)得到的 \dot{U}_{a0} 和 \dot{U}_{b0} 代入方程(9)可得:

$$\dot{I}_{01} = \frac{(Z_{0M} + \alpha Z_{0m})\dot{U}_{011} - (Z_{0M} + \alpha Z_0)\dot{U}_{01}}{\alpha(Z_0 - Z_{0m})} \quad (10)$$

$$\dot{I}_{02} = \frac{(Z_{0M} + \alpha Z_{0m})\dot{U}_{01} - (Z_{0M} + \alpha Z_0)\dot{U}_{011}}{\alpha(Z_0 - Z_{0m})}$$

从式(10)可知,当发生同名跨线接地故障时, \dot{U}_{01} 和 \dot{U}_{011} 相同,从而 \dot{I}_{01} 和 \dot{I}_{011} 大小相等、方向相同。当发生异名跨线接地故障时,两回线的零序电流关系和故障的类型有关,若 \dot{U}_{01} 和 \dot{U}_{011} 大小相等、方向相反时, \dot{I}_{01} 和 \dot{I}_{011} 也大小相等、方向相反。

3 同杆并架双回线距离保护存在的问题

对于距离保护而言,为了确定故障环路,除距离元件外,通常还引入选相元件和方向元件把关。但这些措施在双回线情况下,会受到诸多因素的影响。例如,双回线路按单回线配置距离保护时,由于零序互感的作用,导致保护的绩效欠佳,特别是当两回线零序电流反向时会导致接地距离的超越误动;在双回线中,由于零序互感影响导致零序方向误动的现象时有发生;由于存在各种形式的跨线故障,导致双回线的故障类型繁多,现有的选相原理多用于单回线路,无法直接用于双回线。因此,在双回线中,故障环路不容易确定。但输电线路对距离保护性能的要求较高,不但要求故障线路的距离保护不能超越动作,而且要求非故障线路距离继电器的测量阻抗也不能落入动作区。例如 IAIIBC-G 故障时,对两回线分别是 AG 和 BCG,但基于单回信息的选相原理,一般会误选为 ABC。而此时由于两回线的零序电流反向,必然导致两回线中的零序方向一正一反,不能反映实际情况。且由于零序电流反向,接地距离继电器存在超越。因此,在相邻

线信息能够得到,能够改善距离保护的绩效。如果在数字化变电站条件下,这些信息的获取就更加容易。

若采用邻线零序电流补偿,故障线路距离继电器可以正确动作。但是对于非故障线路存在三个亟待解决的问题:

1) 邻线出口故障,本线接地距离继电器失方向。

I 回线出口接地故障时,对 M 侧而言,故障位置处于零序电流平衡点以近, \dot{I}_{011} 和 \dot{I}_{01} 反向且 $|\dot{I}_{01}| \gg |\dot{I}_{011}|$,可能使 $|K\dot{I}_{01}| > |\dot{I}_{011} + K\dot{I}_{011}|$,导致保护 3 的接地距离继电器测量阻抗 $\dot{U}_{\Phi} / (\dot{I}_{011} + K\dot{I}_{011} + K\dot{I}_{01})$ 失方向,发生非故障线路误动。

2) 故障线路跳闸不同时,非故障线接地距离误动。

故障位于 N 侧 I 回线出口,即保护 1 的 II 段范围内,保护 2 的 I 段范围内,保护 2 无时限快速跳闸后,跳闸后两回线零序电流反向,保护 1 仍能正确测量,其距离 II 段延时动作,而保护 4 由于失去邻线零序电流补偿,测量距离缩短,有可能 II 段也动作,于是保护 1 和 4 都以 II 段时限跳闸。保护 4 误跳非故障线路,保护失去选择性。

3) 一回线停电检修且两端接地,运行线路外部故障接地距离继电器超越。

由文献[7]可知,停电检修两端接地时,同样也存在一个零序电流平衡点,但是不同的是在平衡点以近,两回线零序电流同向;平衡点以远,两回线零序电流反向。这时检修线路的零序电流不能测得,在对侧出口故障,由于零序互感的影响本侧 I 段保护会超越误动。

从以上的分析可以看出,当两回线零序电流反向时,可能导致以单回线配置的距离保护发生超越,也可能引起采用邻线零序电流补偿的非故障线路距离继电器误动。

因此,两回线零序电流反向是同杆并架双回线距离保护误动的主要原因。

4 逻辑判断的零序电流补偿

只有采用邻线零序电流补偿,才能避免两回线零序电流反向时接地距离的超越误动,但是可能导致非故障线路的误动。为防止非故障线路继电器误动的发生,本文提出逻辑判断的零序电流补偿,根据两回线零序电流的方向和大小进行逻辑判断,当两回线零序电流反向时,故障线路的距离保护采用

邻线零序电流补偿, 非故障线路的距离保护不采用补偿。该思想的基础是: 两回线零序电流反向时, 故障线路的零序电流会大于非故障线路的零序电流。补偿故障回线是为了防止超越, 不补偿非故障回线是为了防止误动。

I 回线发生接地故障, 对非故障线路而言, 邻线与本线零序电流之比, 由式 (6) 得到:

$$\frac{\dot{I}_{0I}}{\dot{I}_{0II}} = \frac{(2-\alpha)Z_{n0} + (1-\alpha)(Z_{m0} + Z_0 + Z_m)}{\alpha Z_{n0} - (1-\alpha)Z_{m0}} \quad (11)$$

由式 (11) 分析得, α 在 0 到零序电流平衡点区间内, \dot{I}_{0I} 与 \dot{I}_{0II} 反向, \dot{I}_{0I} 与 \dot{I}_{0II} 的幅值之比是逐渐递增。因此, $\alpha = 0$ 时, \dot{I}_{0I} 与 \dot{I}_{0II} 得到幅值之比的最小值为:

$$\left| \frac{\dot{I}_{0I}}{\dot{I}_{0II}} \right| = \left| \frac{Z_{M0} + 2Z_{N0} + Z_0 + Z_{0m}}{Z_{M0}} \right| = \left| 1 + \frac{2Z_{N0} + Z_0 + Z_{0m}}{Z_{M0}} \right| > 1 \quad (12)$$

从式 (12) 可以知道, 接地故障发生后, 两回线零序电流反向时, 故障线路的零序电流大于非故障线路的零序电流。

逻辑判断的零序电流补偿的流程图见图 4。

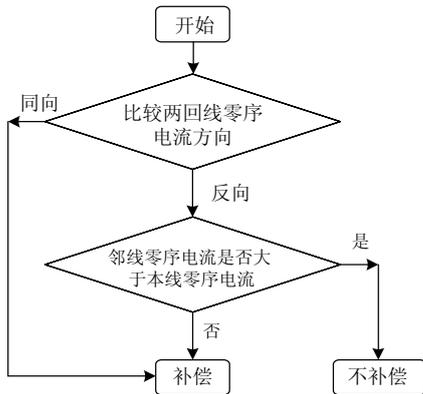


图 4 零序电流补偿的流程图

Fig.4 Flow chart of compensation for zero-sequence current

逻辑判断的零序电流补偿方法很好地解决了采用邻线零序电流补偿时邻线出口接地故障, 本线接地距离继电器失方向的问题。邻线出口接地故障, 两回线的零序电流反向, 邻线零序电流大于本线零序电流, 邻线逻辑判断的结果是采用补偿方法, 故障线路接地距离继电器的测量阻抗可以准确反应故障距离, 本线逻辑判断结果为不补偿, 非故障线路接地距离不会失方向而误动。

此外, 对于故障线路两端跳闸不同时, 可以采用双回线相继速动保护。如图 1, 两条线路中的 III 段距离元件动作时, 输出闭锁信号分别闭锁另一回线 II 段相继速跳距离元件。该 II 段相继速跳距离保

护的动作条件为: (1) II 段距离元件动作; (2) 收到邻线来的闭锁信号, 随后消失; (3) II 段距离元件经小延时不返回。例如对 M 侧保护, I 回线末端故障, 短路初, 保护 1、3 III 段距离元件均动作, 分别闭锁另一回线 II 段相继速动保护, 随后故障由保护 2 的 I 段跳开, 保护 3 距离元件返回, 闭锁信号返回, 保护 1 收不到闭锁信号; II 段距离元件经一短延时不返回, 则立即跳闸, 加速故障的切除。

对于一回线停电检修时, 运行线路区外故障保护超越的问题, 可以采用文献[13]提出的自适应引入邻线零序电流的补偿措施。假设故障发生于整定点处, 利用母线处的零序电压电流求出本侧的系统零序阻抗, 采用对侧可能取得的最大系统零序阻抗, 求出检修线路的零序电流用于补偿。这使得邻线两端挂地检修情况下, 线路末端故障时, 接地距离继电器的测量阻抗偏差变小, 提高保护的性能。

5 仿真试验

为验证逻辑判断的零序电流补偿的距离保护的動作性能, 采用电磁暂态程序 ATP-EMTP 建立系统模型, 如图 4 所示。电压等级为 500 kV, 线路长度 300 km, 输电线路为分布参数模型, 采样频率为工频下每周期 40 点。

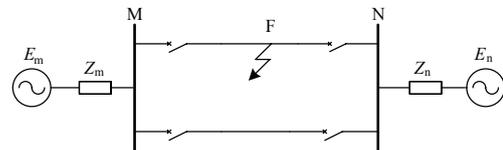


图 5 仿真系统模型

Fig.5 Model of simulation system

系统参数:

$$[Z_m] = \begin{bmatrix} j65.333 & j2.333 & j2.333 \\ j2.333 & j65.333 & j2.333 \\ j2.333 & j2.333 & j65.333 \end{bmatrix} (\Omega)$$

$$[Z_n] = \begin{bmatrix} j46.666 & j6.666 & j6.666 \\ j6.666 & j46.666 & j6.666 \\ j6.666 & j6.666 & j46.666 \end{bmatrix} (\Omega)$$

线路参数:

$$Z_1 = 0.05468 + j0.3223, \quad C_1 = 0.01095; \quad Z_0 = 0.2931 + j1.2371, \quad C_0 = 0.005473; \quad Z_{0M} = 0.2385 + j0.825, \quad C_{0M} = 0.0026.$$

整定范围为线路全长的 80% 处, 用 Matlab 对采样的数据进行处理, 系统的运行方式 ($\theta_m = 30^\circ$, $\theta_n = 0^\circ$)。分别仿真 IA-G 和 IAIBC-G 故障时, 不同零序电流补偿方式下 IA 和 IIA 距离继电器的动作情况, 结果如表 1 和表 2 所示。

表 1 IA-G 距离保护的仿真结果

Tab.1 Simulation results of IA-G distance protection

故障位置 /%	不补偿		邻线补偿		逻辑补偿	
	IA	IIA	IA	IIA	IA	IIA
10	动作	不动作	动作	动作	动作	不动作
40	动作	不动作	动作	不动作	动作	不动作
70	动作	不动作	动作	不动作	动作	不动作
80	不动作	不动作	动作	不动作	动作	不动作
90	不动作	不动作	不动作	不动作	不动作	不动作

表 2 IAII BC-G 距离保护的仿真结果

Tab.2 Simulation results of IAII BC-G distance protection

故障位置 /%	不补偿		邻线补偿		逻辑补偿	
	IA	IIA	IA	IIA	IA	IIA
10	动作	不动作	动作	不动作	动作	不动作
40	动作	不动作	动作	不动作	动作	不动作
70	动作	不动作	动作	不动作	动作	不动作
80	动作	不动作	动作	不动作	动作	不动作
90	动作	不动作	不动作	不动作	不动作	不动作

从表 1 和表 2 中看出，不补偿和邻线零序电流补偿的距离保护出现了误动或拒动的情况。不补偿的距离保护在线路 80%处 IA-G 故障时，两回线零序电流同向，距离保护拒动；线路 90%处 IAII BC-G 故障时，两回线零序电流反向，距离保护超越动作。邻线零序电流补偿的距离保护在线路 10%处 IA-G 故障时，两回线零序电流反向，非故障线路距离保护 IIA 失方向而误跳。采用逻辑判断的零序电流补偿时，距离保护准确动作。

6 结论

零序互感是双回线接地距离继电器的测量阻抗不能准确反应故障距离的根本原因。两回线零序电流反向导致距离保护超越，两回线零序电流同向导致距离保护的保护区范围缩小。引入邻线零序电流补偿，故障线路接地距离继电器能准确反映故障点位置，不会导致由两回线零序电流反向引起的接地距离的超越，但可能引起非故障线路继电器的误动，因此对于能取得相邻零序电流的同杆双回线，可采用逻辑判断的零序电流补偿方法解决非故障线的误动问题。

参考文献

[1] 葛耀中. 新型继电保护与故障测距原理与技术[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1996: 127-315.
 GE Yao-zhong. New types of protective relaying and fault location: their theory and techniques[M]. Xi' an:

Xi' an Jiaotong University Press, 1996: 127-315.
 [2] 武在前. 220 kV 同杆双回线继电保护方案的研究(硕士学位论文)[D]. 太原: 太原理工大学, 2004.
 WU Zai-qian. Research on protective relay scheme for 220 kV double circuit lines on the same tower, thesis[M]. Taiyuan: Taiyuan University of Science and Technology, 2004.
 [3] 俞波. 超高压同杆并架双回线路微机保护的研究(博士学位论文)[D].北京: 华北电力大学, 2002.
 YU Bo. Research on microprocessor-based protective relay for EHV double circuit lines on same tower, doctoral dissertation[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2002.
 [4] 索南加乐. 同杆双回线的故障分析及继电保护(博士学位论文)[D]. 西安: 西安交通大学, 1991.
 SUONAN Jia-le. Fault analysis and protective relaying of parallel lines on the same tower, doctoral dissertation [D]. Xi'an: Xi'an Jiaotong University, 1991.
 [5] 余鲲. 存在零序互感的同杆并架多回线保护整定计算的研究[J]. 电力科学与工程, 2007, 23 (1): 45-48.
 YU Kun. Study on protection setting computation of parallel multi-circuit transmission lines with zero sequence transformer[J]. Electric Power Science and Engineering, 2007, 23 (1): 45-48.
 [6] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005: 270-277.
 ZHU Sheng-shi. Principle and technology of high voltage networks protection[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2005: 270-277.
 [7] 冯博文. 双回线零序互感对接地距离继电器测量阻抗的影响[J]. 电力系统自动化, 1990, 14 (5): 33-39.
 FENG Bo-wen. The effect of zero-sequence mutual inductance of double-circuit line on ground distance relay[J]. Automation of Electric Power Systems, 1990, 14 (5): 33-39.
 [8] 杨隽坤, 张宏阳, 洪海燕. 同杆并架双回线保护中的距离保护[J]. 广东电力, 2005, 18 (10): 9-12.
 YANG Jun-kun, ZHANG Hong-yang, HONG Hai-yan. Distance protection of double-circuit lines on the same pole[J]. Guangdong Electric Power, 2005, 18 (10): 9-12.
 [9] 郑军, 邓妍. 适用于同杆并架双回线路的零序距离保护研究[J]. 水电能源科学, 2006, 24 (1): 15-19.
 ZHENG Jun, DENG Yan. Study on double lines distance relay based on zero sequence components[J]. Water Resources and Power, 2006, 24 (1): 15-19.
 [10] 文明浩, 陈德树. 平行线对接地距离保护运行特性的影响[J]. 继电器, 2000, 28 (4): 53-55.
 WEN Ming-hao, CHEN De-shu. Analysis of some protection schemes on double transmission lines on the ground fault conditions[J]. Relay, 2000, 28 (4): 53-55.
 [11] 朱晓彤, 郑玉平, 等. 同杆并架双回线跨线不接地故障的距离保护[J]. 电力系统自动化, 2003, 27 (19): 61-64.

(下转第114页 continued on page 114)

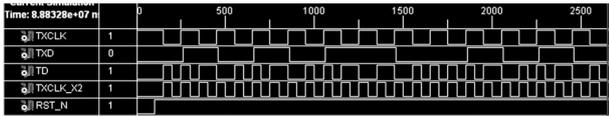


图 8 编码仿真图

Fig.8 Coding simulation

2 软件流程设计

该软件主要有主程序和中断服务子程序组成，分为接收和发送两个过程。图 9 为系统软件流程图。

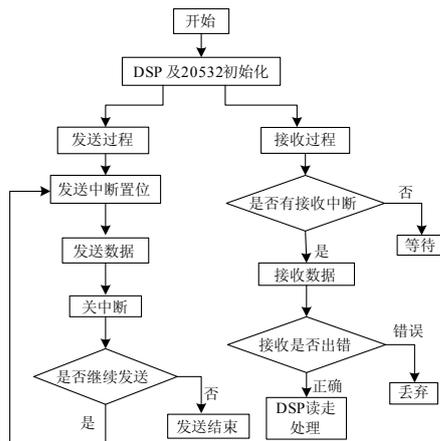


图 9 软件流程图

Fig.9 Software flow chart

3 结束语

本设计详细给出了电流差动保护中光纤通讯的硬件设计方案和软件流程。数据从线路的一侧到达另一侧，误码率的大小对性能指标影响很大。因此本设计用一片 CPLD 芯片代替了多个传统逻辑芯片的组合，实现了时钟提取，数据的编解码，20532 以其强大的通信能力和超强的纠错功能，大大提高了系统可靠性与稳定性。该系统已经在微机保护中

广泛应用，实践证明，完全满足现场的通讯要求。

参考文献

[1] 李瑞生. 光纤电流差动保护与通道实验技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
LI Rui-sheng. Line fiber optical differential protection and technology of experimental channel[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2006.

[2] 李永明. 锁相环设计、仿真与应用 [M].五版. 北京: 清华大学出版社, 2007.
LI Yong-ming. Phase-locked loop simulation, design and applications[M]. Fifth Edition. Beijing: Tsinghua University Press, 2007.

[3] 王紫婷. EDA 技术与应用[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 2003.
WANG Zi-ting. EDA technology and application[M]. Lanzhou: Lanzhou University Press, 2003.

[4] 王勇, 王忠, 卢梭. 基于 20532 的光纤通讯保护方案[J]. 电力系统通讯, 2008, 9 (10): 44-46.
WANG Yong, WANG Zhong, LU Suo. Fiber-optical communication and protection program based on 20532[J]. Power Communication System, 2008, 9 (10): 44-66.

[5] 余良春. 光纤通讯在电力系统的应用[J]. 水利电力科技, 1999, 7 (4): 39-44.
YU Liang-chun. Applications of fiber-optical communication in power system[J]. Water Resources and Hydropower Technology, 1999, 7 (4): 39-44.

收稿日期: 2009-08-20

作者简介:

郭震 (1983-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电路与系统;

周俊华 (1971-), 男, 本科, 研究方向为电力系统保护与测控; E-mail:junhuazh@xjgc.com

宋一丁 (1982-), 男, 本科, 研究方向为电力系统保护与测控。

(上接第 106 页 continued from page 106)

ZHU Xiao-tong, ZHENG Yu-ping, et al. Distance protection of double-circuit line on the same pole when phase to phase fault occurs[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27 (19): 61-64.

[12] 曹树江, 宋从矩. 同杆双回线接地距离保护的的特殊问题[J]. 河北电力科技, 1994(2): 63-66.

CAO Shu-jiang, SONG Cong-ju. The special problem in ground-fault distance protection of double-circuit line on the same pole[J]. Hebei Electric Power, 1994(2): 63-66.

[13] 程文君, 郑玉平, 等. 一种新的双回线单端相继速动保护的实现[J]. 电力系统自动化, 2008, 32 (17): 61-65.

CHENG Wen-jun, ZHENG Yu-ping, et al. Implementation of a new one-ended mutual speed-up

protection for double-circuit transmission lines[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32 (17): 61-65.

收稿日期: 2009-07-14

作者简介:

宋国兵 (1972-), 男, 副教授, 硕士生导师, 主要从事输电线路的继电保护研究;

刘志良 (1984-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为同杆并架双回线的距离保护; E-mail: zhiliang.liu@stu.xjtu.edu.cn

康小宁 (1968-), 男, 教授, 硕士生导师, 主要从事电力系统继电保护的研究。