

微机型电力变压器差动保护装置

韩晓萍 孙 怡 山东工业大学 (250014)

谢秀颖 山东建筑学院 (250014)

摘要 介绍一种微机型电力变压器差动保护装置。该装置利用微型计算机快速检测、准确判断的智能特点,通过检测变压器回路断路器的运行状态,对变压器施以相应的控制方式。如果变压器已处于正常运行状态,则微机对差动保护回路的差动电流和制动电流进行检测、比较,从而判别变压器的内部与外部故障。如果制动电流大于差动电流,则判定为变压器正常运行或外部故障,差动保护不动作;如果制动电流小于差动电流,则判别为变压器内部故障,保护装置即发出变压器跳闸命令脉冲。

如果检测到变压器处于停运状态,则由微机继续监测变压器状态,一旦发生变压器投运则利用 kalman filter 对变压器回路电流进行滤波分析。通过对直流偏移、基波分量及二次谐波分量的检测、比较,来判别变压器的励磁涌流和投运于内部故障。如果判定为非投运于内部故障,则利用二次谐波的制动原理,使差动保护有效地躲过励磁涌流而不致于误动作。本装置的主要优点是可以成功地躲过变压器空载投运时的励磁涌流和变压器外部短路时的不平衡电流而不致于降低保护装置的灵敏度。同时,由于实施了微机控制,本差动保护较之传统的差动保护检测精确,判断准确,动作可靠性高。

关键词 继电保护 微型计算机 自动控制

1 概述

众所周知,差动保护一直是电力变压器的一种基本保护装置。但传统的差动保护装置有许多不尽人意之处。一个突出的问题就是不平衡电流太大。运行中,差动保护的工作性能要受到变压器空载投运时的励磁涌流、电流瞬变、变压器分接头改变、电流互感器匹配不当等诸多因素的影响。这一些因素的作用结果,都将导致差动保护不平衡电流的增大。这其中最突出的影响因素就是变压器的励磁涌流和外部短路所引起的不平衡电流。多少年来,国内外许多电力工作者都致力于研制一种工作性能更为理想的差动保护装置。近几年来,对于微机型差动保护研究也在逐步发展,一些新的想法,新的建议不断提出。我们基于国内外诸多电气专家的理论基础和设计思想,结合微机应用技术,提出一种新型的微机型变压器差动保护装置。该装置除了能够行使一般差动保护所具有功能之外,其突出的优点在于它能在不降低灵敏度的前提下,成功地躲过变压器空载投运时的励磁涌流和外部短路时的不平衡电流,克服了差动保护装置的一大难题。此微机型差动保护装置自动化程度高,通用性强,可用以保护多种型号的变压器。

2 工作原理

对于传统的差动保护装置,为了躲过变压器空载运行时的励磁涌流和外部短路不平衡电流,往往采用如下几种主要方法:

- (1) 提高差动保护动作整定值;其缺点是降低了保护的灵敏度和快速性。
- (2) 采用鉴别波形间断角原理躲过励磁涌流。

(3) 利用速饱和变流器解决励磁涌流的问题；其缺点是躲过外部短路的性能较差。

(4) 利用带制动特性的差动保护装置，躲过外部短路引起的不平衡电流；但躲过励磁涌流的性能较差。

(5) 利用二次谐波制动原理躲过变压器励磁涌流，同时配以对外部穿越性故障的制动回路。

现场使用的差动保护装置中，往往根据不同的要求，采用以上一种或几种方法组合构成。而对于传统的差动保护装置，功能越完善，辅助设备越多，导致设备性能不稳定、故障率越高，往往不能达到预期的效果。为了克服传统差动保护装置的诸多弊端，我们结合微机应用技术，研制了这种双重制动的微机型差动保护装置。

2.1 装置对变压器励磁涌流的制动原理

首先利用微机监测变压器的运行状态，如果变压器处于正常运行状态，则进行差动电流和制动电流的检测；如果变压器处于停运状态，则继续对变压器状态进行监测。一旦发现变压器合闸投运，便运用“Kalman filter”对变压器回路电流波形进行滤波分析，从而对变压器的励磁涌流和内部故障进行判别。

对励磁涌流的频域分析表明，在励磁涌流中含有很大成份的二次谐波分量。一般约占基波分量的40%左右。根据这个特点，利用微机对变压器回路电流进行检测，如果电流中二次谐波超过基波分量一定百分数，则差动保护拒动。即，若满足 $|A_1 I_3 + A_2 I_4| \geq k |A_1 I_1 + A_2 I_2|$ 则发出保护拒动命令。式中， I_1 、 I_2 分别表示变压器初、次级电流， A_1 、 A_2 分别表示分接头位置和电流互感器变比。K 表示百分谐波参数， I_3 、 I_4 分别表示变压器初次级绕组中二次谐波电流。

上式可简写为 $S_r \geq S_0$

式中 S_r 和 S_0 分别表示制动和动作信号。

若运用 Z 状态变量 kalman filter，其状态方程可表示为：

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix}_{k+1} = \begin{bmatrix} 10000 \\ 01000 \\ 00100 \\ 00010 \\ 0000 \end{bmatrix} e^{-BT} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix}_k + \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \\ w_5 \end{bmatrix}_k$$

其测量方程为：

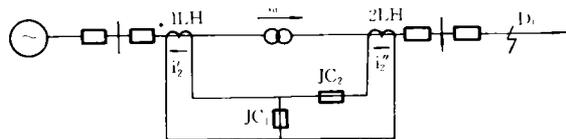
$$Z_k = [\cos\omega kT \quad -\sin\omega kT \quad \cos 2\omega kT \quad -\sin 2\omega kT \quad 1] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix}_k + u_k$$

初始协方差 P_0 矩阵和系统协方差 Q 矩阵用来表达状态范围和驱动函数数量值。

2.2 装置对保护范围外部短路的制动作用原理

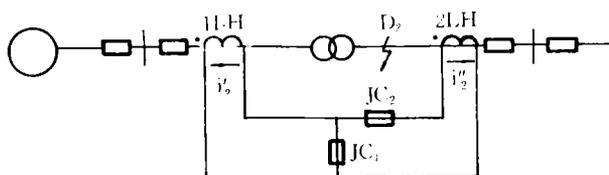
若发生外部短路，如图 1 中 D_1 点短路，流过差动电流检测元件 JC_1 中的电流为 $i'_2 - i''_2$ ，如果忽略变压器两侧电流互感器特性差异所导致的不平衡电流，此时 $i'_2 - i''_2 = 0$ ，而流过制动电流检测元件 JC_2 中的电流为 i''_2 。显然，制动电流大于差动电流，故保护装置不动作。

2.3 保护范围内部短路时，差动保护动作原理



JC₁—差动电流检测元件
JC₂—制动电流检测元件

图1 外部短路、差动保护制动原理



JC₁—差动电流检测元件
JC₂—制动电流检测元件

图2 内部短路、差动保护动作原理

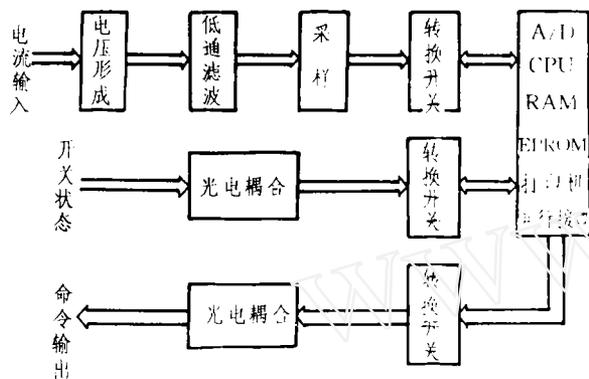


图3 硬件电路框图

5 试验结果

试验项目

5.1 双绕组变压器空载投入，检测差动保护的二次谐波制动性能。

下面图5为本实验项目的实验录波图。由图5可见，变压器空载合闸后，产生励磁涌流，由于采用二次谐波制动原理，差动保护装置制动，不发跳闸命令脉冲。

5.2 保护范围内三相短路，差动保护动作特性。

下面图6为本实验项目的实验录波图

由图6可见，当差动保护范围内三相短路时，差动保护动作，发出断路器跳闸命令脉冲。

5.3 保护范围外三相短路，差动保护制动特性。

下面图7为本实验项目的实验录波图

由图7可见，当差动保护装置保护范围外三相短路时，差动保护制动，不发跳闸命令脉

保护范围内部短路时，如图2中D₂处，流过差动电流检测元件JC₁的电流为 $i'_{2}+i''_{2}=2i''_{2}$ ，流过制动电流检测元件JC₂的电流为 i''_{2} ，因为差动电流大于制动电流（几乎是制动电流的两倍），故保护装置动作，发出跳闸命令脉冲。

3 硬件电路设计

说明：

变压器状态信号可由变压器电源侧断路器辅助触点输入，如果此信号难以取得，亦可由变压器初、次级绕组电流信号输入。保护装置的差动电流及制动电流可由变压器各侧电流互感器二次侧取得。这里要注意的是，当保护装置用于保护双绕组变压器时，制动电流宜由变压器受电侧取得。而当用于保护三绕组变压器时，制动电流宜由变压器电源侧取得。当三绕组变压器三侧都有电源时，则宜由电源最强一侧取得。

4 软件电路设计

说明：

①延时时限 t_1 取为变压器回路断路器全开断时间，可根据变压器回路断路器的形式而定。

②差动保护动作跳闸失败后，可由其后备保护（如过电流保护）进行跳闸。

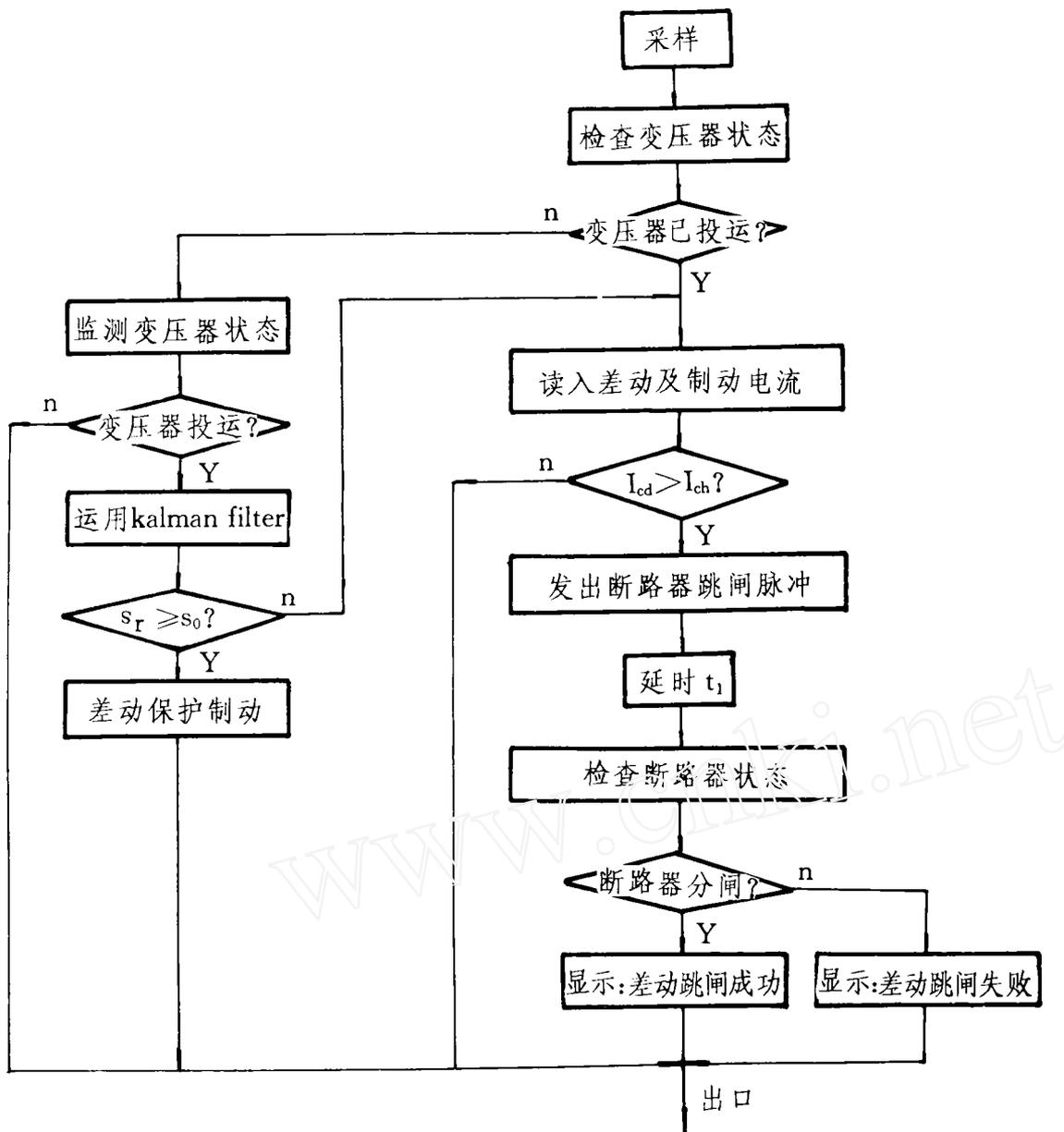


图4 装置软件原理框图

冲。

6 结论

实验表明，该微机型差动保护装置具有如下优点：

(1) 判断具有高度准确性，本项技术包含三个判断项目：断路器状态（合闸与否）、二次谐波的制动信号与动作信号比较（ $S_r \geq S_0$ ？）、差动电流与制动电流的比较（ $I_{cd} > I_{ch}$ ？），这三种判断项目都是有与无、大与小的判断，比较信号非常明显，毫无含糊因素或其他因素的影响，因而，此微机型保护装置具有高度的判断准确性。大大提高了保护装置的灵敏度和动作准确率。

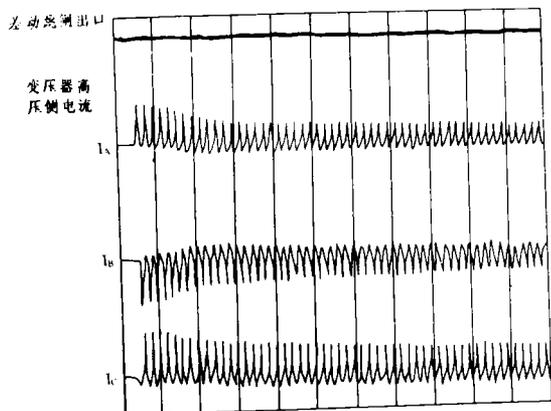
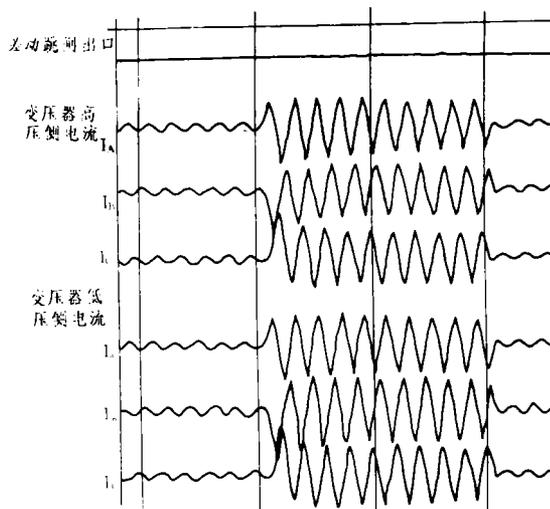
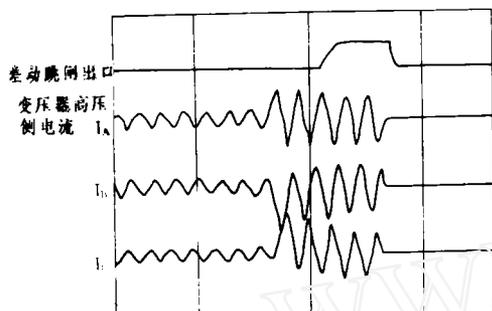


图5 变压器空载投入, 差动保护二次谐波制动特性录波图



差动整定值 4A 负荷电流 4.5A 短路电流 16A
图7 外部三相短路, 差动保护制动录波图



差动整定值 4A 负荷电流 4A
短路电流 8A

图6 内部三相短路, 差动保护动作录波图

(2) 通用性强, 自动化程度高

此微机型差动保护装置可用于保护、控制多种型号的变压器, 对于不同型号的变压器, 只需改变程序中的几个参数。

参考文献

- 1 Adly A Girgis, David G Hart, W. Bin chang. An Adaptive Scheme for Digital Protection of Power Transformers. IEEE Transaction on Power Delivery, Vol6, No2, April 1992.
- 2 贺家礼等. 电力系统继电保护原理
3. 周明德. 微型计算机硬件. 软件及其应用.