

微机控制式电力系统谐波电流直接测量方法的研究

李熊

(杭州电力教育培训中心, 浙江 杭州 310015)

摘要: 根据磁动势补偿零基波磁通电流互感器的工作原理及特点, 提出一种微机控制的零基波磁通电流互感器方案。利用微机的快速性、智能性实现实时准确的补偿。提出根据互感器主铁心谐波磁通直接测量电力系统谐波的方案。该方案因其直接的测量原理具有很高的实时性、准确性。对提高电力系统谐波监测能力具有重要意义。

关键词: 电流互感器; 零基波磁通; 谐波测量

中图分类号: TM903.12⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2000)06-0019-04

1 引言

近年来由于电力电子技术的发展以及它们在各个工业部门和用电设备上广泛应用, 电力系统谐波问题日趋严重。实际测量结果是处理谐波问题的最终依据。对电力系统谐波进行准确测量, 实施有效监测成为电力系统安全、可靠、经济运行的必要保障^[2]。目前电力系统谐波电流测量一般采用谐波分析仪等间接测量方法。由于测量原理的间接性, 且需要高精度电流互感器提供系统一次电流波形, 使其测量精度的提高受到很大的限制。本文提出一种电力系统谐波电流的直接测量方法, 使谐波电流测量精度得到明显提高。

2 谐波电流直接测量原理

由于激磁电流是电流互感器误差的主要原因, 因此降低电流互感器铁心磁通就是提高互感器测量精度的有效方法^[3]。零磁通电流互感器实质上就是补偿误差可调的电流互感器, 其比差和角差基本与一次线圈通过的工作电流大小无关。零磁通电流互感器的补偿方式可分为: 磁势补偿和电势补偿, 其主要思路就是通过调节补偿绕组中的外加电势和外加阻抗达到误差补偿可调的目的。零基波磁通电流互感器就是通过补偿使得主铁心的基波磁通基本为零。

磁动势补偿零基波磁通电流互感器原理线路图^[1]如图1所示。它由辅助互感器(B)与主互感器(A)、磁势补偿线圈(N_3)、指零线圈(N_u)、谐波测量线圈(N_m)、外加电势(\dot{E}_c)、可调阻抗(R_p)、低通滤波器和指零仪(D)等部分组成。其中辅助互感器与主互感器具有相同的匝数比。

保持 R_p 不变, 通过调整 \dot{E}_c 的相位和幅值, 可

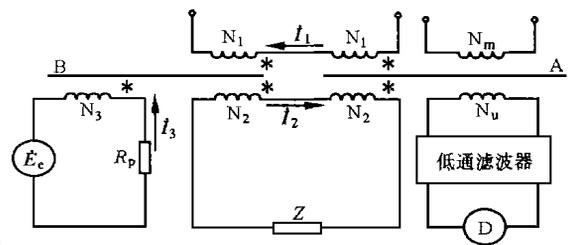


图1 磁动势补偿零基波磁通高精度电流互感器

以调整 \dot{I}_3 , 从而达到只利用补偿线圈为互感器励磁的目的, 即互感器一次基波电流不参予互感器的励磁, 只作为电信号传递之用。在主电流互感器上, 则有 $\dot{I}_1 = \dot{I}_2$ 。此时主互感器达到零基波磁通, 理论上误差为零, 且互感器所带二次负荷也由补偿线圈承担, 因此在补偿器允许的条件下, 可适当加大电流互感器的二次负荷。

主铁心基波磁通达到零时, 主铁心内仅存有谐波磁通, 即可从谐波测量线圈(N_m)两端测量谐波磁通感应电势, 该电势反映系统一次谐波电流, 从而实现电力系统谐波电流的直接测量。

但磁动势补偿零基波磁通电流互感器是针对互感器的每一工作点下的误差情况进行补偿的, 因而当互感器的工作点变化时, 应自动跟踪调整补偿器的输出, 使补偿系统与补偿电流互感器之间达到稳定的磁势平衡, 才能维持互感器主铁心的零基波磁通状态并提取谐波信号。本文由此提出微机控制式磁动势补偿零基波磁通电流互感器方案。

3 微机控制式磁动势补偿零基波磁通电流互感器

3.1 零基波磁通补偿的磁势自平衡规律

图2为微机调节式零基波磁通电流互感器自平衡磁势补偿系统框图^[1]。图中 为电流互感器正

常工作磁通量,它是 i_0 的函数, i_2 则是 的函数。由于补偿线圈和一次工作电流一起为互感器提供励磁,则有 $i_1 = -i_2 - i_0$ 。 i_2 可根据外加补偿电势的 e_e 变化而变化,根据检零线圈的感应电势 e_u 调整补偿回路外加补偿电势 e_e 的相位和幅值,就可使补偿系统与补偿电流互感器之间达到稳定的磁势平衡。可见如何利用检零线圈的感应电势调整补偿回路的外加补偿电势是实现磁势补偿自平衡的问题所在。

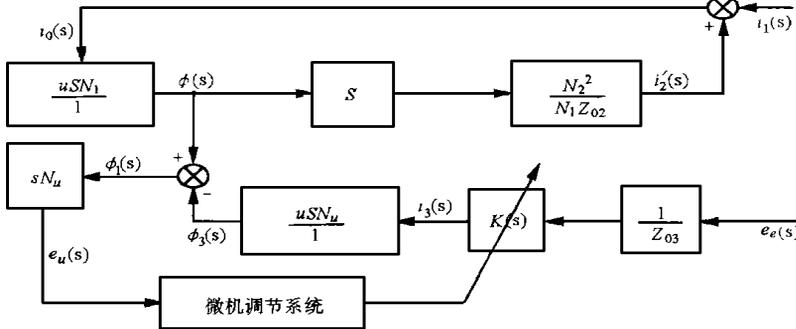


图2 微机调节式零基波磁通电流互感器自平衡磁势补偿系统框图

3.2 微机调节式磁动势补偿零基波磁通电流互感器

微机调节式磁动势补偿零基波磁通电流互感器如图3所示。该电流互感器由互感器主体部分,补偿电势产生电路,检测线圈感应电势检测电路,一次电流相位检测电路以及单片机系统组成。其中后三部分可统称为微机控制回路。

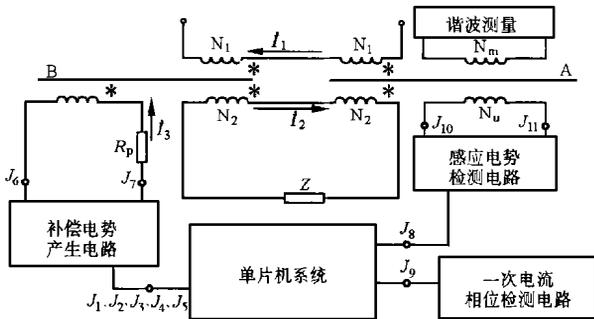


图3 微机调节式磁动势补偿零基波磁通电流互感器结构原理图

根据零基波磁通电流互感器磁势自平衡规律,通过微机控制的有源补偿方法可以实现真正的磁势自平衡补偿系统。

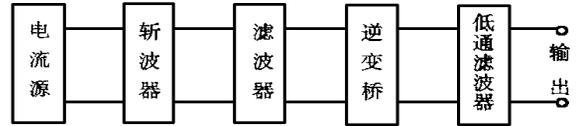


图4 磁动势补偿零基波磁通电流互感器补偿电势主电路原理框图

3.3 补偿电势生成电路原理

为使补偿绕组产生的磁势恰好能补偿铁心所需的基波励磁磁势,补偿回路中的补偿电势应是一个幅值可调,相位可调的电势。

磁动势补偿零基波磁通电流互感器补偿电势产生电路框图如图4所示。它包括斩波器,滤波器,逆变桥,低通滤波器四个部分,并由电流源供电。

通过对斩波器的控制实现调幅,通过对逆变器的控制实现调相。从而在输出端得到一个幅值、相位均可调的补偿电势 \dot{E}_e 。

3.4 补偿电势的微机控制

为满足补偿绕组回路补偿电势的调幅、调相要求,其控制回路应能检测互感器主铁心的基波磁通,跟踪互感器一次电流的频率变化,并据此发出调节补偿电势的幅值、相位的控制信号。

控制回路以单片机为核心。各检测量经采集电路送入单片机,单片机根据分析处理结果输出控制信号分别调节补偿电势的幅值和相位,图5为微机控制回路基本原理框图。

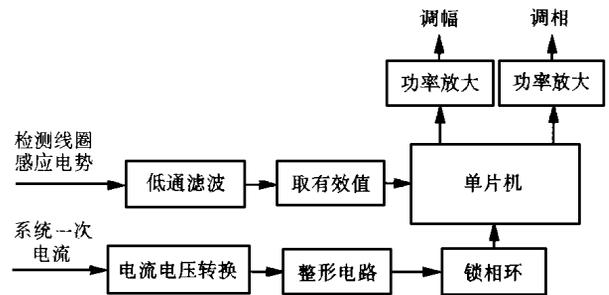


图5 微机控制回路基本原理框图

该控制回路中,单片机接有两路输入,两路输出(实际调相输出有四路)。单片机输出经功率放大电路以保证可靠触发补偿电势主电路晶体管。

主铁心检测线圈感应电势反映主铁心磁通,经低通滤波滤除高次谐波后即为主铁心基波磁通的反映。取该电压的有效值送入单片机经模数转换后作

为补偿电势的调节根据。

电流互感器一次电流利用电流电压转换电路变为电压信号,整形电路将这一信号整形为矩形波,其高电平对应一次电流的正半波,低电平对应负半波。这一工频矩形波经锁相环跟踪倍频为100Hz的矩形波作为单片机的一个外部中断源。单片机响应该中断后经一定延时发出调相控制信号(逆变器触发信号)以保证补偿电势频率与电流互感器一次侧电流频率一致。

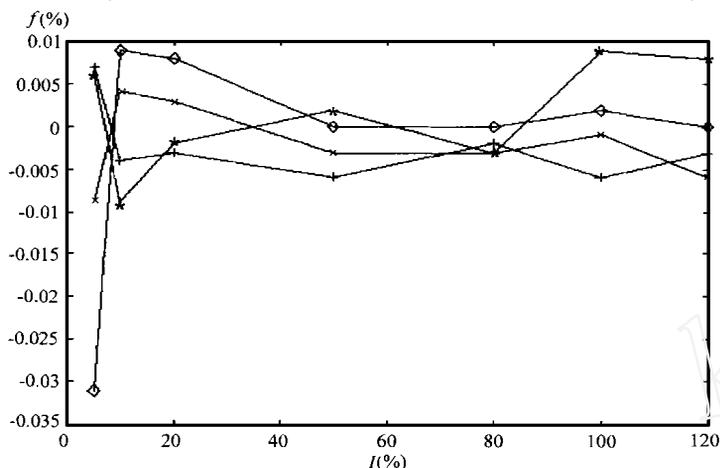


图6 补偿后互感器二次电流幅值偏差

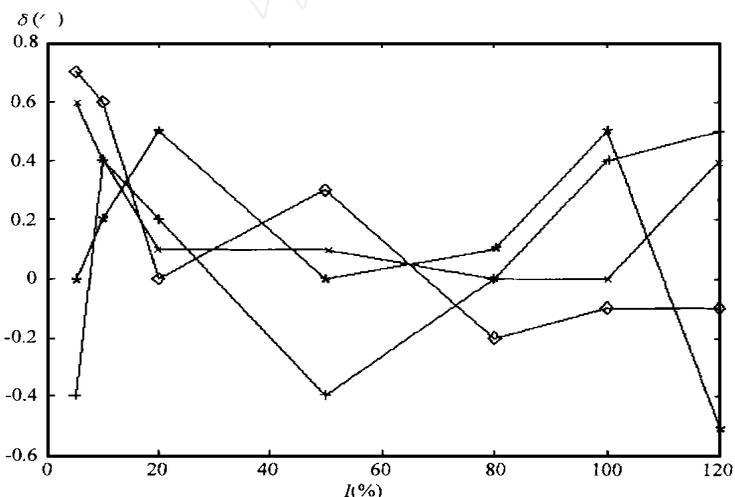


图7 补偿后互感器二次电流相位偏差

在电流互感器工作点不变的条件下,相位调节和幅值调节过程分为两步,首先根据检测线圈的感应电势的变化趋势调整补偿电势的相位,当检测线圈感应电势有效值达到最小时,再调整补偿电势的幅值,使检测线圈感应电势接近于零,从而实现主铁心零基波磁通。随着电流互感器的工作点变化不断重复上述过程。

补偿电势的幅值,相位的调节次序及其具体调节过程均由软件控制实现。

4 谐波电流测量及其精度

前述的微机调节式磁动势补偿零基波磁通电流互感器在正常工作时主铁心基波磁通基本为零。在图3所示谐波测量线圈两端为主铁心内谐波磁通的感应电势,反映了电力系统一次谐波电流的变化情况。利用单片机系统或其它记录监测手段测量记录该测量线圈的感应电势,即为电力系统一次谐波电流波形。该波形为除基波外所有谐波分量的合成波形。

由手动调节补偿电势方法试验所得数据^[1]作补偿后互感器二次电流幅值偏差图6及相位偏差图7,试验用电流互感器容量为20VA,图中:

$$I(\%) = \frac{\text{互感器一次工作电流}}{\text{互感器一次额定电流}} \times 100\%$$

$$f(\%) = \frac{\text{二次电流幅值(折算至一次侧)} - \text{一次电流幅值}}{\text{一次电流幅值}} \times 100\%$$

相位偏差 = 二次电流相位 - 一次电流相位

测点标记为“+”时: $Z=4$, $\cos = 1$

测点标记为“×”时: $Z=0.8$, $\cos = 1$

测点标记为“*”时: $Z=0.4$, $\cos = 1$

测点标记为“ ”时: $Z=0.2$, $\cos = 1$

其中 Z 为互感器二次负载阻抗幅值,
 \cos 为二次负载阻抗功率因数。

在各种负载条件下,由图6、图7可见互感器二次电流偏差在万分之二以内,此时电流互感器主铁芯内的基波磁通相对于需测量的各次谐波磁通已小到可忽略不计。本文所述微机调节式零基波磁通电流互感器的补偿精度及实时性与上述手动调节方式相比具有明显优势,因此利用本方法测得的谐波电流波形具有很高的精度。

5 结论

这种测量方法无需对电力系统一次电流波形进行分解以及等待被测电流波形稳定的过程。由于其直接的测量手段而具有很好的实时性及准确性,是一种运行可靠,测量结果可信的谐波测量方法。

参考文献:

- [1] 鲍海. 电网中电流和电压信号传递误差的有源补偿方法研究. 华北电力大学工学博士学位论文, 1997.
- [2] 吴竟昌等. 电力系统谐波. 水利电力出版社, 1988.
- [3] 唐统一, 赵伟. 电磁测量. 清华大学出版社, 1997.
- [4] Xu Q, Fefsum A, Watson R. Application of external com

pensation to current transformers. IEE Proc - Sci Mens. Technol. 1996, 143(2).

收稿日期: 1999-12-13

作者简介: 李熊(1975-), 男, 本科, 主要从事电力系统继电保护教学及研究。

Study on direct - measurement of harmonic currents of power system

LI Xiong

(The Training Center for Adult Education of Zhejiang Power System, Hangzhou 310015, China)

Abstract: According to the theory of zero elementary wave magnetic flux current transformer, a principle of computer - regulating magnetomotive force compensation zero elementary wave magnetic flux current transformer is given which has the characteristics of fast and accuracy. A principle of measuring harmonics directly according to the harmonic magnetic flux in the main core of the current transformer is proposed. It is effective to improve measurement accuracy of harmonics in power system.

Keywords: current transformer; zero elementary wave magnetic flux; harmonics measurement

(上接第9页)

5 结论

理论分析和大量仿真试验表明, 基于神经网络原理的振荡短路判别元件是正确的, 其结构简单易于实现。在正常情况下, 对各类故障均能正确启动, 在振荡时又出现故障也能快速可靠动作, 且可以承受较大的单相接地过渡电阻。由于采用波形跟踪技术, 因而不受振荡周期的影响。采用双重判据网络的可靠性更高, 容错性更强。

参考文献:

- [1] Mechraoui A, Thomas D W P. A New Principle for High Resistance Earth Fault Detection during Fast Power Swing for Distance Protection. IEEE Trans on PWRD, 1997, 12(4):

1452 ~ 1457.

- [2] Mechraoui A, Thomas D W P. A New Blocking Principle with phase and Earth Fault Detection during Fast Power Swing Blocking Scheme for Distance Protection. IEEE Trans on PWRD, 1995, 10(3): 242 ~ 248.
- [3] Chakravarthy S K, Nayar C V, Achuthan N R. Applying Pattern Recognition in Distance Relaying, Part 1: Concept. IEE Proc, 1992, 139(4): 301 ~ 305.
- [4] 王晓茹, 王清泉, 周秦武. 一种区分振荡与故障的新方法. 电力系统自动化, 1995, 19(4): 34 ~ 38.
- [5] 焦邵华, 刘万顺, 伍思涛. 基于神经网络的自适应距离保护研究. 电力系统自动化, 1998, 22(12): 27 ~ 30.

收稿日期: 1999-11-30

作者简介: 郁惟镛(1940-), 男, 教授, 博导, 从事电力系统继电保护及综合自动化研究与教学工作。

Identification on oscillation and short circuit modes in electric power system based on ANN

YU Wei-yong, LI Hang, KANG Jian-zhou

(Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: The oscillation in electric power system would impact on the performances of the distance relay. It is a problem to solve. A new criterion based on ANN is proposed by comparing several traditional relaying principles. Using this new criterion, the modes of fault, oscillation and fault by oscillation can be distinguished correctly. BP algorithm is available for distance relay after innovated. The result from EMTP simulation shows that the new criterion is more reliable and available than that of the traditional one.

Keywords: oscillation in power system; ANN; fault current component; BP algorithm