

综合监控系统的测量反相补偿技术

周步祥 阮树骅 赵鸿图 四川联合大学电力学院 成都 610065

【摘要】 从综合监控系统的数据要求出发,研究了典型功能的数据特征,合理地划分了数据的典型要求,提出了一种利用常规测量手段加反相补偿的技术,它可以适应综合监控系统中各种功能的数据要求,实测结果表明这种技术是可行的、有效的。

【关键词】 测量 反相补偿 综合监控系统

概述

随着电力系统规模的不断扩大,电力系统的安全、可靠、经济地运行已成为电力系统正常

1997—10—13 收稿

运行的一个重要问题,为了适应这种形势的需要,计算机应用系统发展非常迅速,从常规的 SCADA 系统,到综合自动化系统以及专项的安全监控系统(如稳定安全监控系统等)都得到了相应的发展。为了提高计算机监控系统的效率,国内外的研究重点都放在对这些系统的综合方面,但

由于补偿法无需修改网络数学模型,在计算速度和计算效率方面明显优于修改网络数学模型法,在大型电力系统故障分析计算中获得了广泛应用。

割、投入与切除非零阻抗支路加节点合并与分割的模拟方法,并导出了模拟这三类网络操作的统一方法。本文方法已在工程中实际应用。

参考文献

3 算法校核

文中所介绍的模拟网络操作的补偿法已用于我院开发研制的高压电网继电保护整定计算机辅软件和地调模拟仿真系统中,经大量的实算表明,文中方法正确,可满足工程需要。

- 1 西安交通大学等校合编. 电力系统计算. 北京:水利电力出版社,1978
- 2 米麟书等. 电力系统故障计算中互感线路处理方法的研究. 电网技术,1992. 8
- 3 曹国臣、宋家骅. 网络分析中计算节点合并与分割的补偿法. 中国电机工程学报,1996. 3

4 结论

本文系统地研究了在电力系统设计、事故分析、继电保护整定计算及其动作行为分析过程中投入与切除非零阻抗支路、节点合并与分

李秀卿,男,1954年生,硕士,副教授,主要研究方向为电力系统自动化。

曹国臣,男,1954年生,硕士,副教授,主要研究方向为电力系统继电保护与自动化。

UNIFIED METHODS TO SIMULATE NETWORK CHANGES IN TOPOLOGY FOR POWER SYSTEM FAULT ANALYSIS

Li Xiuqing, Cao Guochen (Northeast China Institute of Electric Power Engineering, 132012)

Abstract In this paper, two unified methods, network modification method and compensation method, are presented for simulating network changes in topology caused by addition and removal lines, breaker operations or both of them in power system fault analysis. The methods have the following characteristics:

- (1) Physical concept is clear.
- (2) The methods to simulate all kinds of network changes in topology are unified.
- (3) It is easy to write a program.

Keywords Power system Fault analysis Network changes in topology Simulation method

由于通常这些系统所要求的数据特征各不相同,因此目前绝大多数的综合也只停留在多个系统的简单组合上,由于数据来源不是同一个测量系统,使得组合在一起的功能有时会出现不可理解的现象或结论,而且也增加了系统的维护工作量,降低了系统的性能/价格比;另外,也有一部分系统为了统一数据源,采用重新设计变送测量电路的方法,由于要考虑多种数据的特殊要求,一方面很难保证它们的精度,另一方面测量电路的造价也将大幅度地增加。因此必须有一种方法能为整个综合系统提供统一的数据测量源,这样才能真正保证系统的综合功能,提高系统的效率,真正达到综合的目的。本文就是从这一点出发,提出了一种应用于综合监控系统统一测量数据源的测量反相补偿技术,它研究了常规的测量变送器件的特性曲线以及各种监控功能要求的数据特征,提出了一种反相补偿技术,它具有投资少,不改变常规电路,维护方便等优点,通过理论分析和实际测试都表明这种技术的可行性和有效性。

1 综合监控系统的数据要求和数据特征

在各种监控系统中,都需要采集使用电力系统的状态信息和状态参数,分析目前的SCADA系统、综合自动化系统以及一些专项安全监控系统的要求,它们的数据对象都是电力系统的状态,它们所基于的数据集为:

$$\text{Data} = \{ V(I), P(I), Q(I), P(L), Q(L), I(L) \}$$

式中, $V(I)$, $P(I)$, $Q(I)$ 分别为节点电压、节点注入有功、节点注入无功; $I(L)$, $P(L)$, $Q(L)$ 分别为支路电流、支路有功和支路无功。

在传统的监控系统中,这些量通常都需要相应的电路来进行测量,但随着微型计算机的不断发展,交流采样技术及微机变送技术的不断进步,电力系统的结构特征可以得到充分的应用,通常:

$$A = f(V(I), I(L))$$

A 是 Data 中的各种量。即电网监控用的各种状

态信息均可通过节点电压和支路电流计算得到,现代交流采样已实现了这一点,因此在数据采集系统中,主要的是研究电压、电流的采集问题。

常规的电压、电流的采集通过交流采样变送器很容易实现,它们通常在正常运行的量程范围以内,变送电路可以保证线性的精度,但在综合监控系统中,有相当一部分功能是在系统异常运行时要采集的数据,例如雷电、操作过电压,以及用于保护和稳定分析的短路电流,而在这些情况下常规变送器就很难保证其线性。这些异常数据的数据特征范围如表 1 所示。

表 1 数据特征范围

数 据	正 常 值	异 常 值
电 压	$V(I)$	$2 \times V(I)$
电 流	$I(L)$	$10 \times I(L)$

2 反相补偿技术

2.1 变送电路的原理

变送电路的原理非常简单,就是一个变压器,这里我们以电压型输出为分析对象,即:

$$\begin{cases} V_{V2} = K_1 V_1 \\ V_{I2} = K_2 I_1 \end{cases} \quad (1)$$

式中的 V_{V2} 和 V_{I2} 是变压器的副边输出, V_1 和 I_1 为变压器的原边输入,显然分别对应两种不同类型的变压器,在电力系统中 V_1 通常为 0~100V (PT 输出), I_1 为 0~5A (CT 输出),在此范围中可以线性化,但超过此范围将不能保证线性化,即由于磁饱和的影响,一定范围以外的变化是一种非线性的关系,因此, V_{V2} 和 V_{I2} 的关系式可以用下式来表示:

$$\begin{cases} V_{V2} = s_1 K_1 V_1 + s_2 f(V_1) \\ V_{I2} = s_1 K_2 I_1 + s_2 g(I_1) \\ s_1 = \begin{cases} 1 & V_1 \text{ 和 } I_1 \text{ 在额定范围内} \\ 0 & V_1 \text{ 和 } I_1 \text{ 在额定范围外} \end{cases} \\ s_2 = \begin{cases} 1 & V_1 \text{ 和 } I_1 \text{ 在额定范围外} \\ 0 & V_1 \text{ 和 } I_1 \text{ 在额定范围内} \end{cases} \end{cases} \quad (2)$$

函数 f 和 g 是由于磁饱和而引起的非线性分量,通常这种关系比较复杂,可以通过求解微

分方程或数值化的方法获得。

2.2 反相补偿技术

从前面的分析可以看出,当输入超出一定的范围时,特性曲线将不再是一条直线,即不是一种对应的线性关系,而我们测量要求则必须是一种线性关系才行,因此必须作相应的处理。

将(2)式中的 $s_2 f(V_1)$ 和 $s_2 g(I_1)$ 进行重新组合,改写成:

$$\begin{cases} s_2 f(V_1) = s_2 (K_1 V_1 + f_1(V_1)) \\ s_2 g(I_1) = s_2 (K_2 I_1 + g_1(I_1)) \end{cases} \quad (3) \quad \text{特}$$

将(3)代入(2)得:

$$\begin{cases} V_{V2} = (s_1 + s_2) K_1 V_1 + s_2 f_1(V_1) = K_1 V_1 + s_2 f_1(V_1) \\ V_{I2} = (s_1 + s_2) K_2 I_1 + s_2 g_1(I_1) = K_2 I_1 + s_2 g_1(I_1) \end{cases} \quad (4)$$

由(4)式可知,在变送器的输出端得到的 V_{V2} 和 V_{I2} 值,并没有线性地反映原边值的变化,线性反映原边变化的是(4)式中的 $K_1 V_1$ 和 $K_2 I_1$ 项,即:

$$\begin{cases} V_{V2} = K_1 V_1 \\ V_{I2} = K_2 I_1 \end{cases} \quad (5)$$

比较(4)和(5)得:

$$\begin{cases} V_{V2} = K_1 V_1 = V_{V2} - s_2 f_1(V_1) \\ V_{I2} = K_2 I_1 = V_{I2} - s_2 g_1(I_1) \end{cases} \quad (6)$$

因此从(6)式中可以看出,由测量值 V_{V2} 和 V_{I2} 再进行一项反向补偿,即加上一项 $-s_2 f_1(V_1)$ 和 $-s_2 g_1(I_1)$,即可得到线性地反映原边变化的值。

通过 $f_1(V_1)$ 和 $g_1(I_1)$ 可以通过测量部分值,再通过插值的方法得到计算公式。

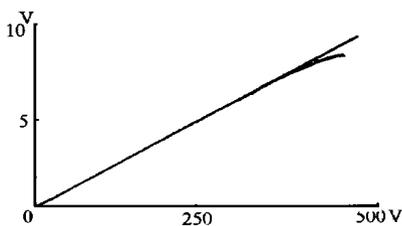


图1 电压变送器特性曲线

3 实际测量

用WB系列变送器进行了实际测量,电压

变送器的额定输入为0~250V,输出为0~5V,电流变送器的额定输入为0~10A,输出也为0~5V。图1给出了电压变送器的特性曲线,其中直线为补偿后的特性;图2给出了电流变送器的特性曲线,由于输入输出的差别太大,补偿后的特性无法在图中画出,具体的数值结果列于表2中,图2和表2均可看出该变送器的低端线性效果也不是很好,为了改善其特性,也需要对其进行补偿。显然补偿后的结果可以满足过电压2倍,过电流10倍的线性化要求。

表2 电流测量及补偿结果

输入值	输出值	测量结果	补偿结果	输入值	输出值	测量结果	补偿结果
1.172	0.767	1.534	1.172	32.997	8.77	17.54	32.997
1.9	1.061	2.122	1.88	35.21	8.90	17.8	35.12
2.882	1.552	3.104	2.87	41.17	9.02	18.04	41.23
3.61	1.802	3.604	3.604	46.30	9.21	18.42	46.58
4.623	2.32	4.64	4.64	50.35	9.26	18.52	50.16
6.048	3.01	6.02	6.02	54.47	9.32	18.64	54.32
6.682	3.33	6.66	6.66	60.93	9.35	18.7	60.93
8.17	4.05	8.1	8.1	63.62	9.36	18.72	63.47
9.12	4.59	9.18	9.18	64.47	9.39	18.78	64.81
11.08	5.02	10.04	11.08	69.26	9.43	18.86	69.29
14.72	6.73	13.46	14.71	70.11	9.45	18.9	70.41
20.013	7.87	15.74	19.67	75.08	9.47	18.94	75.01
27.12	8.57	17.14	26.89	85.58	9.52	19.04	85.36
29.93	8.61	17.22	29.71	97.57	9.58	19.16	97.82

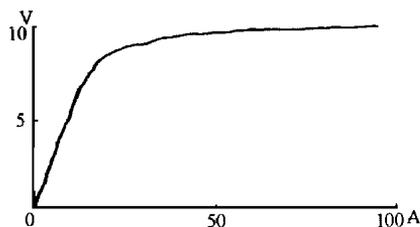


图2 电流变送器特性曲线

4 结论

综合监控系统的测量补偿技术可以保证综合监控系统数据来源的一致性,保证系统功能的精度,而且由于其采用的是常规的变送器件,因此投资非常省,具有良好的性能/价格比,在现代综合监控系统中具有较大的应用价值。

参考文献

- 1 B.B. 阿法纳西耶夫. 电流互感器. 北京:机械工业出版社,1989.12 (下转24页)

理器上执行卡尔曼滤波算法,三相电压、三相电流和中线电流的状态估计仅用 0.095ms,考虑采样速率为 20 个采样点/周,采样周期为 1ms。因此 90%的采样间隔为主处理器提供识别的故障类型和故障区域计算所需要的时间。向量信号处理器的应用对一些复杂的算法十分有效。

参考文献

- 1 A . 1987(9).
- 2 Application of Kalman filtering in computer relaying. IEEE 1981 ,PAS - 100(7).
- 3 Kalman filtering applied to power system measurements for relaying. IEEE 1985 pas - 104(12).
- 4 Application of adaptive Kalman filtering in fault classification distance protection and fault location using microprocessor. IEEE 1988 pas - 107(1)
- 5 王照林等编. 现代控制理论基础. 国防工业出版社,1981.2
- 6 钟瑚绵编. 最佳控制的数学方法及其应用. 江苏科学技术出版社,1982.6
- 7 Implementation of Kalman and Adaptive Kalman Filtering Algorithms for Digital Distance Protection on A Vector Singal Processor. IEEE Transactions on Power Delivery ,1989 ,4(1)

于九祥,男,1939年生,副教授,主要研究方向为电力系统继电保护。

THE APPLICATION OF KALMAN FILTERING TECHNIQUE IN DISTANCE PROTECTION

Yu Jiuxiang (Shandong University of Technology Jinan ,250014)

Abstract This paper presents a set of micro - computer distance protection scheme using Kalman Filtering algorithms. The scheme can be divided into five major components :fault detection ,postfault current and voltage estimation (filtering) , fault classification ,zone computation ,and fault location. This research focuses on the implementation of filtering algorithms on the Vector Signal Processor (VSP) TMS320. The test results show that the precision ,convergency speed and the quantity of the calculation are all satisfied.

Keywords Kalman filtering Micro - computer distance protection Vector Signal Processor

(上接 19 页)

THE REVERSE COMPENSATION TECHNOLOGY FOR MEASUREMENT OF THE COMPREHENSIVE MONITOR SYSTEM

Zhou Buxian , Ruan Shuhua , Zhao Hongtu (Sichuan Uinon University ,610065 ,Chengdu)

Abstract The reverse compensation technology used the common equipment is presented in this paper. It is based on data requirement of the comprehensive monitor system ,data feature of the typical functions. It can meet the demands of the multifunctions of the comprehensive monitor system. The test results show that It is practical and efficient.

Keywords measurement reverse compensation comprehensive monitor system