

文章编号:1001-1609(2006)01-0063-03

基于信号注入法的 TSC 消弧线圈动态调谐接地装置

程 骏, 陈柏超, 皇甫成

(武汉大学电气工程学院, 湖北 武汉 430072)

Automatic Tuning TSC Arc Suppression Coil Grounding Device Based on Signal Injection

CHENG Jun, CHEN Bai-chao, HUANGPU Cheng

(School of Electrical Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

摘要: 对地电容的测量是谐振接地中的主要难题,提出了一种信号注入的方法,以实现电网对地电容的准确测量。在消弧线圈设置中性点 PT 作为信号注入 PT,从信号注入 PT 二次侧注入 25 Hz 的电流,在另一 PT 开口三角处测量该频率的电压。使用改进后的 TSC 调容式消弧线圈,以单片机 80C196KC 为核心的控制系统,研制出一种自动跟踪补偿装置。现场试验结果证明,该自动跟踪补偿装置具有结构简单、调节速度快、补偿准确度高、谐波危害小,且无机械动作可靠性高等特点。

关键词: 消弧线圈;晶闸管投切电容;信号注入;对地电容
中图分类号: TM864 **文献标识码:** A

Abstract: The capacitance to ground is the key difficulty to measure in resonance grounding system. In this paper, a method of signal injection is proposed to measure capacitance to ground accurately. Neutral-point PT is set up as signal injection PT in arc suppression coil, a 25 Hz current is injected from the secondary of the PT. The voltage of this frequency is measured in the terminals of another PT. Using improved TSC arc-suppression coil, which control system is designed based on microprocessor 80C196KC, the automatic tracing and compensation device is developed. It is proved by the test that this device has many advantages such as simple structure; quick-adjusting; high accuracy compensation; less harmonic and high reliability without mechanical mistake.

Key words: arc suppression coil; TSC; signal injection; capacitance to ground

1 引言

随着城市用电量的增加,配电网的迅速发展,系统的对地电容电流日趋增大,致使瞬间单相接地故障不能自动消除,由此引发的停电事故时有发生。因此我国的中低压配电网多采用中性点经消弧线圈

接地方式,这种接地方式被称为谐振接地^[1]。当发生单相接地故障时,线路的容性电流可以被消弧线圈产生的感性电流抵消,减小接地电流。同时,由于消弧线圈的接入,降低了熄弧恢复电压的上升速度,使电弧不容易重燃,减小弧光接地过电压事故的发生,降低系统绝缘水平,保证配电网的供电可靠性。国内外电力系统以前多采用传统消弧线圈,需人工进行调谐,调谐准确度较差,加上小电流接地系统继电保护选择存在困难,限制了谐振接地的应用与发展。近年来,随着微机的推广应用,高新技术产品不断出现,克服了上述缺点,使谐振接地技术有了长足进步。

笔者研制的自动跟踪补偿装置采用信号注入法测量电网对地电容,计算电容电流,通过控制器的输出控制并联电容组的投入将消弧线圈调谐到合理的补偿状态;或者当电网发生单相接地故障时,迅速将消弧线圈调谐到接近谐振点位置运行,使接地电弧熄灭。

2 信号注入法原理

笔者研究的 TSC 调容式消弧线圈就调谐方式而言属于“随调式”,即在正常情况下消弧线圈远离谐振点运行,中性点位移电压较低,而在接地故障发生后,迅速调整消弧线圈到谐振状态。与变抽头式、调气隙式、相控式和直流偏磁式不同,该消弧线圈无需大容量的直流助磁电源、限压电阻和开关装置。不同调节方式的驱动式消弧线圈,配以适当的自动测控系统后即可具有自动跟踪补偿的功能。为配合快速调容式消弧线圈的要求,提出了一种新的信号注入法测量配网对地电容^[2]。

在消弧线圈上设置中性点 PT 作为信号注入 PT,从信号注入 PT 二次侧注入 25 Hz 的电流,在另一 PT 开口三角处测量该频率的电压,见图 1。其零序等效电路见图 2。

收稿日期:2005-10-12; 修回日期:2005-12-15

作者简介:程 骏(1982-),男,硕士研究生,主要研究方向为电力电子技术在电力系统中的应用。

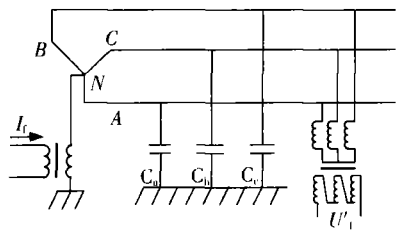


图 1 信号注入法原理图

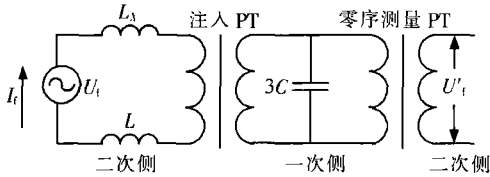


图 2 信号注入法零序等效电路图

图中： L_0 为注入 PT 的漏抗； L 为外加的电感， L 在 25 Hz 下的感抗为数十欧姆，目的是使 25 Hz 信号源具有纯感性电流的性质。以 10 kV 配网在单相接地电容电流小于 5 A 时无须测量零序电容来计算，要测量的零序电容的容抗最大为 1 154 Ω ，PT 变比为 60，因此电容的容抗归算到二次侧仅为 0.32 Ω ，远小于感抗。可以认为注入电流不随着系统零序电容的变化而变化，具有纯感性电流的性质。PT 二次侧电压 U'_1 ：

$$U'_1 = \frac{I_i}{3\omega_r CK^2} \quad (1)$$

式中： ω_r 为注入电流角频率； K 为 PT 变比。

系统正常运行时，消弧线圈处于高阻状态，中性点电压为不对称电压。不对称电压与配电网三相系统的不平衡度有关，架空线路的不对称度通常为 0.5%~1.5%。如果不对称电压为 150 V，则反应到 PT 二次侧为 2.5 V。 U'_{m0} 为反应到二次侧的中性点不对称电压，见图 3。

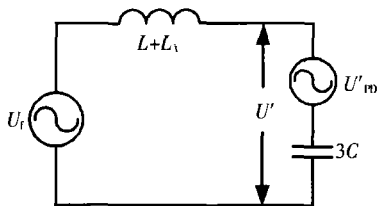


图 3 有中性点不对称电压时 PT 二次侧等效电路

50 Hz 的不对称电压对测量 PT 中的测量电压影响很大，当有不对称电压时，测量 PT 二次侧的电压实际上为 U' 。

$$U' = U'_{m0} + U'_1 = U'_{m0} + I_i \frac{1}{3\omega_r CK^2} \quad (2)$$

对于一个单相接地短路电流为 30 A 的电网， U'_1 最小可为 0.075 V，测量 PT 中 25 Hz 电压(0.075 V)相对于 50 Hz 不对称电压(2.5 V)很小。图 4(a)为无中性点不对称电压时，在测量 PT 一次侧和二次侧测量的波形，图 4 (b) 为当一次侧中性点不对称电压为 100 V 时，在测量 PT 二次侧测量的电压波形。可见

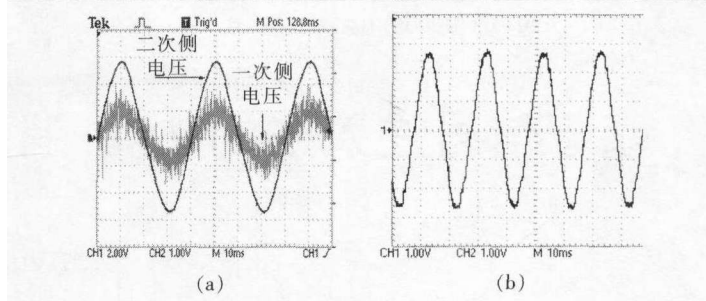


图 4 PT 的电压测量波形

25 Hz 的信号已经淹没在 50 Hz 的信号中。

对该信号可以采用 FFT 计算进行分析。考虑到 25 Hz 信号的周期恰好为 2 个工频周期，采用模拟器件在 1 个工频周期对信号进行积分以提取 25 Hz 信号，可以完全很好的消除 50 Hz 信号。

由表 1 的测量结果可见，测量准确度完全可以满足现场要求。系统电容值越大，则注入电流在系统电容上产生的电压越低。由于现场更习惯于电容电流的表述方法，所以应将电容值转换为电容电流值显示。

表 1 电容测量结果及误差

中性点电压/V	实际电容值/ μF	电容测量值/ μF	测量相对误差/%
0	66.2	67.11	1.37
	45.6	46.21	1.33
	33.2	33.56	1.10
	16.2	16.36	0.98
	11.4	11.51	0.86
	7.90	7.95	0.73
	5.20	5.22	0.78
150	66.2	67.52	1.98
	45.6	45.41	1.77
	33.2	33.71	1.54
	16.2	16.41	1.30
	11.4	11.54	1.23
	7.90	8.02	1.51
	5.20	5.28	1.53

3 TSC 式消弧线圈工作原理

利用晶闸管投切电容的 TSC 消弧线圈是继调匝式、调气隙式以及调直流偏磁式消弧线圈之后的一种新型自动调谐式消弧线圈。它是基于单相变压器的原理，利用等效阻抗的电感调节方法。一次绕组作为主电感，二次绕组带有电容负载，通过控制器控制电容负载的大小来改变其等效电感值。消弧线圈的挡数与调节范围由二次绕组的电容器总调节数与总容量确定^[3]。其具体情况如下。

由于消弧线圈接于电网中变电站或发电厂的中性点，TSC 式消弧线圈又带有二次绕组，因此 TSC 式消弧线圈等效于 1 台单相运行的变压器，见图 5。图中： L_1 为高压绕组，其电感值恒定； L_2 为低压绕组，与其并联接有 n ($n=4, 5, 6, 7$) 个反并联晶闸管对 T_1, T_2, \dots, T_n 与电容器 C_1, C_2, \dots, C_n 相串联的支路。

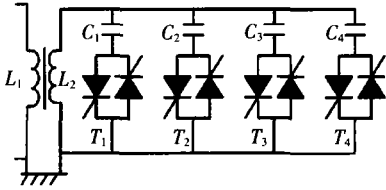


图 5 TSC 式消弧线圈原理图

T_1, T_2, \dots, T_n 只有两种工作状态：全导通或者全截止，在这里晶闸管是作为快速开关来使用。 C_1, C_2, \dots, C_n 的容量按照 20:21:22: $\dots, 2n-1$ 来配置。改变 T_1, T_2, \dots, T_n 的开合状态，可组合成 $2n$ 个二次负载电容值，这些电容的容量在 $0 \sim (2n-1)X$ kvar 之间等差改变。根据变压器阻抗变换的原理，通过晶闸管控制接入电容器的组数就可以调节高压绕组两端的等值电感量，从而实现消弧线圈 $2n$ 级电流等差调节。调节级差为 $\Delta I = X/U_0$ 。式中： X 为二次侧第 1 个并联支路的电容容量； U_0 为消弧线圈的额定电压。

TSC 式消弧线圈的等效电路见图 6。由于 R_1, R_2 及 R_m 的值较小，因而在工程计算时，为了简化可以忽略。新型 TSC 消弧线圈的铁心结构与传统的调匝式消弧线圈的铁心结构相同，为带有空气隙的两柱铁心形式。图 5 中 L_1 为一个无分接头的消弧线圈，电感不变。

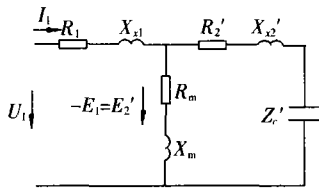


图 6 消弧线圈的等效电路

4 控制装置结构

快速消弧线圈控制器选用以 80C196KC 为核心的单片机系统。控制系统框图见图 7。控制系统要正常工作，产生与可控硅回路电压同步的触发脉冲，则同步信号的获取是首先应该解决的问题。同步信号通过电压互感器由电抗器两端获得，经高精度电压比较器 LM311 整形为同步方波信号，作为触发脉冲的同步基准。采集的电压、电流信号分别由消弧电抗器上的 PT, CT 经电阻衰减网络接至 CPU 片内的 A/D 转换器。80C196KC 微处理器根据控制模式的要求发出控制信号，控制信号经 74LS221 整形后形成一定脉宽的，且上升沿很陡的脉冲，由光电隔离送给脉冲变压器触发可控硅。控制参数的设置和显示可以通过人机接口外接键盘和大屏幕汉字 LED 显示屏，配有面板式热敏汉字打印机，可打印实时运行的状态参数。控制器设有 RS-232 串行接口，可以作为一个子系统

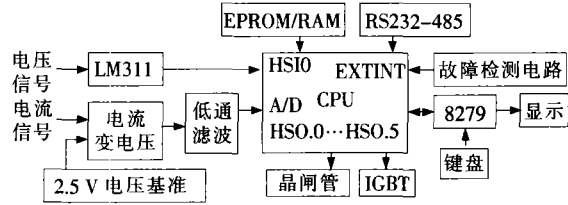


图 7 测控系统框图

与各种自动化系统连接，实现无人值班站的远程监控。实践证明，这套控制系统完全满足设计要求。

整套装置由接地变压器、消弧线圈、控制器、电容补偿柜、隔离开关、TV, TA, 以及过压过流保护设备氧化锌避雷器和熔断器等组成，见图 8。

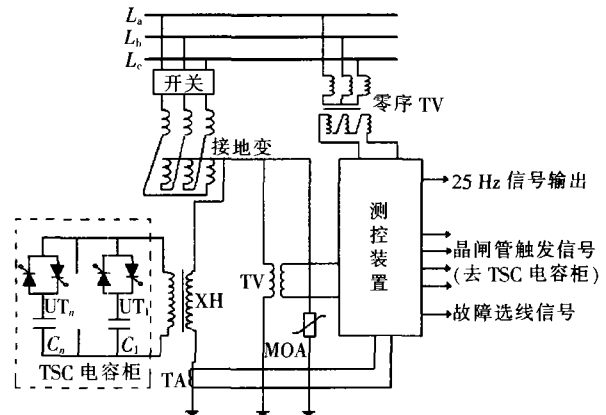


图 8 自动跟踪系统结构图

平时，测控装置通过输出 25 Hz 信号实现电容电流的实时测量。当发生单相接地故障后，中性点电压 U_0 升高，故障检测回路发出中断信号，单片机通过检测单相接地为真，向 TSC 电容柜相应的晶闸管对发出触发导通信号。

5 结语

笔者提出的新型 TSC 快速消弧线圈接地技术采用注入信号法测量系统对地电容，计算电容电流，实现消弧线圈自动跟踪调整。该自动跟踪消弧装置，跟踪测量和跟踪调谐快，灵敏度和动作可靠性较高，与适当的故障选线技术相结合，即能实现测量控制系统与接地保护装置一体化，以便于瞬间熄灭接地电弧或迅速清除接地故障。

参考文献：

- [1] 要焕年，曹梅月. 电力系统谐振接地[M]. 北京：中国电力出版社，2000.
- [2] 刘力，孙结中. 一种测量配电网电容电流的新方法[J]. 电网技术，2001，25(5)：30-34.
- [3] 常思哲，杨学昌. 查表式可控硅投切电容消弧线圈的研制[J]. 高电压技术，2004(4)：11-13.

欢迎投稿！ 欢迎订阅！ 欢迎评刊！ 欢迎刊登广告！