

并阻尼电阻消弧线圈自动跟踪装置的研究与应用

杜永忠, 李红霞, 陈刚, 蔡旭

(中国矿业大学信电学院, 江苏 徐州 221008)

摘要: 介绍了一种新型的并阻尼电阻消弧线圈装置的原理、功能、结构, 它既能把单相接地电容电流有效地补偿掉又能有效地防止电弧接地过电压, 并且提出了基于这种消弧线圈的自动调谐原理。

关键词: 电容电流; 脱谐度; 阻尼率; 中性点电压

中图分类号: TM475

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2001)09-0053-03

1 引言

随着电力系统的日益扩大, 在小电流接地系统中, 当发生接地故障时, 系统的接地电容电流很大, 接地电弧不能自动熄灭, 由此引发的过电压事故频繁, 这种过电压幅值高持续时间长且遍及全系统。异常过电压还会促使单相接地发展为多相接地短路而扩大事故范围。目前国内广泛使用的串阻尼电阻自动跟踪消弧线圈正常运行时能有效地抑制中性点位移电压, 当发生接地故障时能有效地补偿电网电容电流, 对电网安全运行起到了显著的作用, 但同时也发现阻尼电路烧毁, 进而引发消弧线圈装置故障的事件时有发生, 这主要是因为电网接地和接地消失的暂态转换过程中, 阻尼电阻承受的过电压和过电流, 要求阻尼电阻的主绝缘和匝间绝缘应有一定的强度和足够的热容量, 所以很容易烧毁。为此我们研制了一种新型的自动跟踪消弧线圈装置, 它采用消弧线圈并阻尼电阻方式, 阻尼电阻采用二次间接接入法, 它具有串阻尼电阻消弧线圈同样的效果, 同时也可避免阻尼电阻的烧毁, 具有很好的推广价值。

2 并阻尼电阻消弧线圈的结构

2.1 并阻尼电阻的实现方法

阻尼电阻采用二次间接接入法, 如图1所示, N作为高压端子接入接地变压器的中性点, 在消弧线圈的铁芯上再绕一个二次绕组, 在二次绕组上接入电阻 r , 这样就等效于在消弧线圈的两端并联电阻 R 。并联电阻 R 后必将导致接地残流的增大, 这与消弧线圈的补偿作用相违背, 所以就存在动态投切电阻 r 的问题, 当电网正常运行时开关 K 闭合以增大电网阻尼率, 当发生单相接地故障时瞬时断开开关 K , 以保证消弧线圈的有效补偿。

2.2 阻尼电阻 r 的选取原则

中性点经消弧线圈接地的电网称为补偿电网,

电力规程规定, 在补偿电网正常运行时中性点电压不应超过额定相电压的 15%, 可表示为:

$$U_n = \frac{\cdot U_\phi}{\sqrt{v^2 + d^2}} \quad (1)$$

U_ϕ 为额定相电压, v 为脱谐度, d 为阻尼率, 为系统不平衡度。当 $v=0.05$, $d=0.05$, $\cdot=0.01$ 时有 $U_n=0.14U_\phi$; 当 $v=0$, $d=0.05$, $\cdot=0.01$ 时有 $U_n=0.2U_\phi$ 。由此可以看出当脱谐度小于 0.05 时, U_n 就会超过额定相电压的 15%。作为补偿系统, 一方面应使得脱谐度尽可能小(即接地残流尽可能小), 另一方面又必须保证中性点位移电压不超过额定相电压的 15%, 很显然这是互相矛盾的。但从公式(1)可以看出增大阻尼率 d 是降低此电压的另一途径。

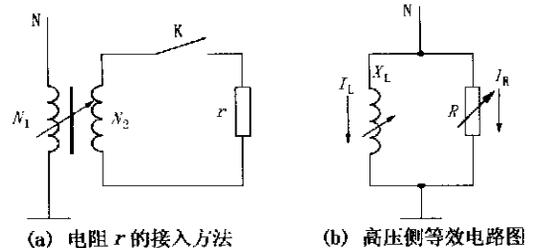


图1 并阻尼电阻消弧线圈的结构图

消弧线圈并阻尼电阻 R 后相当于增大了电网的阻尼率 d 。

$$d = \frac{1}{3 RC_0} \quad (2)$$

$$R = \frac{U_\phi}{I_R} \quad (3)$$

$$I_C = 3 U_\phi C_0 \quad (4)$$

把(3)、(4)式代入(2)式, 则阻尼率可表示为:

$$d = \frac{I_R}{I_C} \quad (5)$$

在全补偿或接近全补偿时 ($v=0$), 中性点电压可表示为:

$$U_n = \frac{\cdot U_\phi}{d} = (I_C / I_R) U_\phi \quad (6)$$

由此可见中性点电压随电网电容电流的增大而增大,随 I_R 的增大而减小,若使中性点电压 U_n 控制在 15%相电压以内,则有 $x \frac{I_C}{I_R} < 15\%$,即:

$$\frac{I_C}{I_R} < \frac{15}{100} \quad (7)$$

消弧线圈采用调匝式结构,设消弧线圈一次匝数为 N_1 (随着消弧线圈档位的变化而变化),二次匝数为 N_2 ,则有 $R = (N_1 / N_2)^2 \cdot r$,可见 R 是随着 N_1 的变大而变大,具体分析如下:

当消弧线圈调谐至全补偿或接近全补偿时有 $v = 0$,即 $I_c = I_L$,这时有:

$$\frac{I_C}{I_R} \frac{I_L}{I_R} = \frac{R}{X_L} = \frac{(N_1 / N_2)^2 \cdot r}{N_1^2 \cdot X_{L0}} = \frac{r}{N_2^2 \cdot X_{L0}} < \frac{15}{100} \quad (8)$$

式中: X_{L0} 为消弧线圈每匝的电抗值, v 为电网的不平衡度。

v 的取值应该考虑实际电网的具体情况,若是电缆线路为主的网络则其不平衡度比较小,若是架空线为主的网络则其不平衡度相对要大一些。

并联阻尼电阻的选取问题比较复杂,在满足式(8)的同时,还应该考虑不使接地瞬间接地电流过大。

3 消弧线圈的自动调谐原理

消弧线圈正常运行时系统零序等效电路如图 2 所示, U_n 为补偿系统中性点电压, I_0 为中性点电流, U_0 为电网自然不平衡电压, X_C 为线路对地容抗,实时测量出消弧线圈对应档位 T1 和 T2 的中性点电压及其相角差、中性点电流及其相角差,由此计算出电网当前的电容电流,根据残流设定值,控制有载分接开关调节消弧线圈的档位,实现自动跟踪调谐。

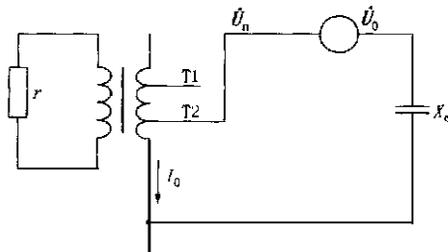


图 2 系统正常运行时零序等效电路图
消弧线圈在档位 T1 时有:

$$\dot{U}_0 = j\dot{I}_{01} X_C - \dot{U}_{n1} \quad (9)$$

消弧线圈在档位 T2 时有:

$$\dot{U}_0 = j\dot{I}_{02} X_C - \dot{U}_{n2} \quad (10)$$

解这两个式子则可得:

$$X_C = \frac{\sqrt{U_{n1}^2 + U_{n2}^2 - 2\cos\alpha \cdot U_{n1} \cdot U_{n2}}}{\sqrt{I_{01}^2 + I_{02}^2 - 2\cos\beta \cdot I_{01} \cdot I_{02}}} \quad (11)$$

式中: \dot{I}_{01} 、 \dot{U}_{01} 是消弧线圈在档位 T1 时的中性点电流和中性点电压; \dot{I}_{02} 、 \dot{U}_{02} 是消弧线圈在档位 T2 时的中性点电流和中性点电压; α 为 \dot{I}_{01} 与 \dot{I}_{02} 之间的相角差; β 为 \dot{U}_{01} 与 \dot{U}_{02} 之间的相角差。

接地残流为: $I = U_\phi (\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L})$, X_L 为消弧线圈对应档位的已知电抗。这样把残流和设定值进行比较而后决定是否调节消弧线圈档位。

4 消弧线圈控制器的构成

消弧线圈控制器由工业控制计算机构成,模块化设计,采用全数字化处理技术及光电隔离技术,其性能稳定、抗干扰能力强、可靠性高。

微机控制器是整套装置的核心部分,所有的控制和计算都由它来实现。其构成如图 3 所示,由信号调理、同时交流采样、多路转换、A/D 转换、I/O 等模块组成。采用高速多路同时交流采样(同时对中性点电压 U_n 、中性点电流 I_0 、参考电压 U_r 进行直接交流采样)以确保输入信号间相角的可比性,另外还采用频率自适应技术,以保证算法(FFT 算法、每周波采样 128 点)的准确性,实时跟踪测量电网电容电流的变化,控制有载分接开关调节消弧线圈的档位,调节消弧线圈电感,实现自动跟踪补偿。当电网发生单相接地时,瞬时切除阻尼电阻实施最佳补偿。控制器还可通过串行通信口和上位机通信接入变电所自动化系统。

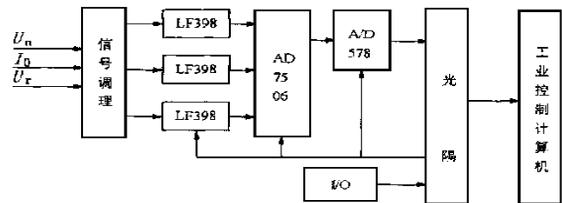


图 3 控制器原理图

5 结束语

自动跟踪消弧装置需要解决两个问题,一个是如何抑制补偿电网正常运行时全调谐状态下发生串联谐振过电压问题,一个是自动调谐原理问题。本装置采用并联阻尼电阻相当于增大了电网的阻尼率从而有效地抑制了串联谐振过电压,所以这种消弧

线圈可以在过补偿、欠补偿以及全补偿方式下运行；关于自动调谐原理问题，这种原理从数学模型上来说更接近实际情况，只忽略了电网对地泄漏电阻，充分考虑了消弧线圈本身电阻及并联阻尼电阻在不同档位时变化比较大这个问题，在实现手段上采用中性点电压和中性点电流同时直接交流采样，保证了二者之间相位的绝对可比性，并且采用了自适应采样技术，保证了算法上的准确性，所以其测量精度较高。本装置已在河北某供电局变电所进行了现场试运行，各项参数测试符合电网规程标准，现场使用效果良好。

参考文献：

- [1] 李福寿. 中性点非有效接地电网的运行[M]. 水利电力出版社, 1993.

- [2] 张彪. 自动跟踪补偿消弧成套装置在煤矿高压电网中的应用[J]. 高电压技术, 1993, (2).
- [3] 马明建. 数据采集与处理技术[M]. 西安交通大学出版社, 1999.
- [4] 王世一. 数字信号处理[M]. 北京理工大学出版社, 1997.

收稿日期：2001-02-21； 改回日期：2001-04-03

作者简介：杜永忠(1968-)，男，现在中国矿业大学信电学院攻读硕士学位研究生，主要从事消弧线圈及接地保护方面的学习和研究工作；李红霞(1974-)，女，现在山西潞安矿业集团公司设计处工作，主要从事电气产品的设计工作；蔡旭(1964-)，男，博士，中国矿业大学信电学院教授，主要从事消弧线圈等电力自动化产品方面的科研与教学工作。

Study and application of a new reactor paralleled resistance

DU Yong-zhong, LI Hong-xia, CHEN Gang, CAI Xu

(China Mining and Technology University, Xuzhou 221008, China)

Abstract: The principle, function and construction of a new reactor paralleled resistance are introduced in this paper. It can efficiently compensate for capacitance current, while grounding overvoltage can be prevented. Furthermore, an automatic tuning principle based on this reactor is brought up.

Keywords: capacitance current; off tuning degree; damping ratio; neutral point voltage

(上接第34页) 而采用三层的客户/服务器软件结构，克服了传统的2层C/S结构可扩展性差、软硬件组合有限、难以管理大量的客户机等缺点，使系统提高了效率、增加了安全性、组件可共享和重用性、并且更加易于维护。总之Windows DNA体系结构为我们开发电力MIS提供了非常好的构架。

参考文献：

- [1] Mary Kirtland. 基于组件的应用程序设计 (Designing Component-Based Applications). 北京: 北京大学出版社, 1999.
- [2] David S Platt. 深入理解 COM+ (Understanding COM+). 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [3] 潘爱民. COM原理与应用. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [4] 楼伟进, 应飏. COM/DCOM/COM+ 组件技术. 计算机应

用, 2000, (4).

- [5] 刘林, 连迹遐. C/S体系结构下电力企业MIS设计的新考虑. 中国电机工程学报, 1998, (11).
- [6] 提兆旭, 李源. 基于客户/服务器计算的电力企业MIS构造与优化. 电机工程学报, 1999, (5).
- [7] 赫丽娜, 徐心和, 陈文林. Windows DNA在MIS开发中的应用. 计算机工程, 2000, (4).
- [8] 李维. Delphi 5. X分布式多层应用系统篇. 北京: 机械工业出版社, 2000.

收稿日期：2001-04-11

作者简介：王强(1974-)，男，四川大学电气信息学院99级硕士研究生，从事电力系统继电保护和电力系统软件研究；吕飞鹏(1968-)，男，博士，副教授，从事电力系统继电保护和综合信息处理智能系统研究。

Application of Windows DNA in the management information system of electric power enterprise

WANG Qiang, LU Fei-peng

(Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: This paper explained the architecture and all kinds of important technology of Windows DNA, and discussed how to take advantage of Windows DNA to construct large scale distributed MIS of electric power enterprise. In the end many advantages were given when we used Windows DNA.

Keywords: Windows DNA; COM/DCOM/MTS/COM+; ASP; distributive; component; database