

文章编号:1671-251X(2011)08-0061-04

DOI:CNKI:32-1627/TP.20110807.1132.018

## 一种新型的全补偿消弧线圈

宋昭昭, 马小平, 卜丽

(中国矿业大学信电学院, 江苏 徐州 221116)

**摘要:**为解决预调式消弧线圈补偿精度较低和随调式消弧线圈接地点残流较大以及补偿速度较慢的问题,结合预调式和随调式消弧线圈的优点,给出了一种新型全补偿消弧线圈的结构,建立了可控电抗器特性仿真模型以及10 kV电网经新型消弧线圈接地仿真模型。仿真结果表明,该消弧线圈在10 kV电网单相接地故障时主消弧线圈可以迅速投入,补偿大部分电容电流;从消弧线圈在反应时间之后可以微调实现精确全部补偿,兼顾了消弧线圈的补偿速度和补偿精度。

**关键词:**消弧线圈;全补偿;单相接地故障;可控电抗器

中图分类号:TD611

文献标识码:A

网络出版时间:2011-08-07 11:32

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20110807.1132.018.html>

### A New Type of Arc Suppression Coil with Full Compensation

SONG Zhao-zhao, MA Xiao-ping, BU Li

(School of Information and Electrical Engineering of CUMT., Xuzhou 221116, China)

**Abstract:** To solve problems of low compensation precision of pre-adjusted type arc suppression coil and bigger residual current and slow compensation speed of grounding point of post-set arc suppression coil, the paper gave structure of a new type of arc suppression coil with full compensation combining with advantages of pre-adjusted and post-set arc suppression coil. It established a simulation model of characteristics of controlled reactor and 10 kV power network to ground with the new type of arc suppression coil. The simulation results showed that when 10 kV power network happened single-phase ground fault, the main arc suppression coil can quickly operate, and compensate most of capacitive current; subordinate arc suppression coil can compensate accurately with fine turning after response time. The new type of arc suppression coil can improve both speed and accuracy of compensation.

**Key words:** arc suppression coil, full compensation, single-phase grounded fault, controlled reactor

### 0 引言

近年来,随着城网容量的扩大和电缆逐渐取代架空线路,当电网发生单相接地故障时,弧道中的电容电流不断增大而不能可靠地自熄,持续的电弧会引起弧光过电压,容易形成间隙性的弧光接地或电弧稳定接地;同时,单相接地故障容易扩大为相间短路。因此,采用高质量的自动跟踪消弧线圈对提

高中压电网的供电可靠性和安全性是十分重要的。

为提高供电可靠性,目前我国6~10 kV中压电网首选中性点不接地运行方式,当接地电流不满足要求时,则需要采用中性点经消弧线圈接地运行方式<sup>[1]</sup>。随着电网容量的不断扩大,越来越多的中压电网采用了中性点经消弧线圈接地方式,以更加有效地熄灭接地电弧。

消弧线圈根据调谐策略可以分为预调式和随调式两种,两者各有优缺点。预调式消弧线圈补偿精度较低,随调式消弧线圈接地点残流较大以及补偿速度较慢<sup>[2]</sup>。为解决这些问题,本文给出了一种新型结构的消弧线圈,是在分析了预调式消弧线圈和随调式消弧线圈的原理和优缺点之后,将两者的优

收稿日期:2011-04-13

基金项目:2010全国大学生创新性实验计划(101029010)

作者简介:宋昭昭(1987-),男,河南焦作人,硕士研究生,主要研究方向为电力电子技术 in 电力系统自动化的应用。E-mail: songzhaozhao2008@126.com

点有机结合实现的。仿真结果表明,这种新型结构的消弧线圈可提高传统消弧线圈的速度和精度,实现了自动跟踪全补偿。

### 1 新型消弧线圈的结构和原理

如上文所述,消弧线圈调谐策略分为预调式和随调式。预调式补偿方式的补偿精度受限于其结构和原理,故障时接地点的残流较大,如自动调匝式消弧线圈;随调式补偿方式在补偿精度上解决了自动调匝式精度不高的问题,但它却无法解决故障时接地点残流过大的问题,对瞬时性的接地故障没有起到迅速的抑制作用<sup>[3]</sup>。所以无论采用预调式补偿方式还是采用随调式补偿方式,都会存在其不可克服的缺点。

综合预调式和随调式消弧线圈的优点,本文给出一种新型消弧线圈,其结构如图1所示。

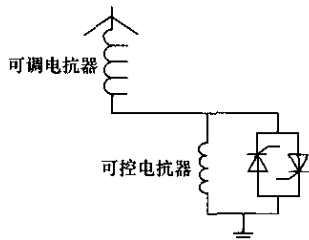


图1 新型消弧线圈结构

该新型消弧线圈以自动调匝式消弧线圈为主体,串联辅助以可控硅电子开关控制的电抗器。消弧线圈包括主消弧线圈和从消弧线圈。主消弧线圈为机械调档式,调档速度慢、档位粗,但是容量较大,起到预调、粗调作用;从消弧线圈由电子开关控制,速度快、档位细,可以连续调节,起到随调、细调作用。当电力系统正常运行时,从消弧线圈并不投入工作,靠主消弧线圈将脱谐度保持在过补偿15%左右,避免谐振<sup>[4]</sup>;当电力系统发生单相接地故障时,主消弧线圈迅速投入,从消弧线圈则根据实际接地电流值小范围细调补偿电流。

### 2 电感值的选取与调档策略

#### 2.1 电感值的选取

由于半导体开关器件会产生谐波分量,影响供电质量,但是只要可控电抗器控制电感不超过主消弧线圈电感量的25%,就可能保证谐波分量不超过基波分量的5%<sup>[5]</sup>。此外,可控电抗器控制电感需要选择合适的值以满足要能覆盖调匝式电感的各个档位的要求。

针对电源电压10 kV、电容电流40 A的电网系

统,通过计算,设计主消弧线圈选择调流范围为20~52 A,自动调档,每4 A为一档,分为9档,容量为315 kV·A。主消弧线圈电感为300~115.4 Ω,则相应的从消弧线圈电感可以选择为36 Ω。

#### 2.2 调档策略

正常情况下的调档比较简单,以档位电流中指为界,每个档位的区间为本档位电流范围±2 A。如果新计算得出的电流值的1.15倍不在原档位区间,就需要调整原电流范围,进而确定新的电容电流的档位,然后控制器发出控制信号利用有载分接开关将消弧线圈档位调节到正确的档位处。本文所选取的主消弧线圈的档位区间共为9档,各个档对应的区间电流值如表1所示。

表1 主消弧线圈档位对应的区间电流值

档位	1	2	3	4	5
电流/A	18~22	22~26	26~30	30~34	34~38
档位	6	7	8	9	
电流/A	38~42	42~46	46~50	50~54	

当电流值处于边缘值时,可能会出现频繁调档的情况。针对这种情况,采用边界裕度,边界裕度值选用0.25 A,例如要从第一档调到第二档,电流值必须大于22.25 A才可以;要从第二档调到第一档,电流值必须小于21.75 A才可以。这样可避免频繁调档的情况出现。

### 3 Matlab 模型仿真

#### 3.1 可控电抗器特性仿真

采用 Matlab 中的 Simulink 进行仿真,建立可控电抗器特性仿真模型,如图2所示。

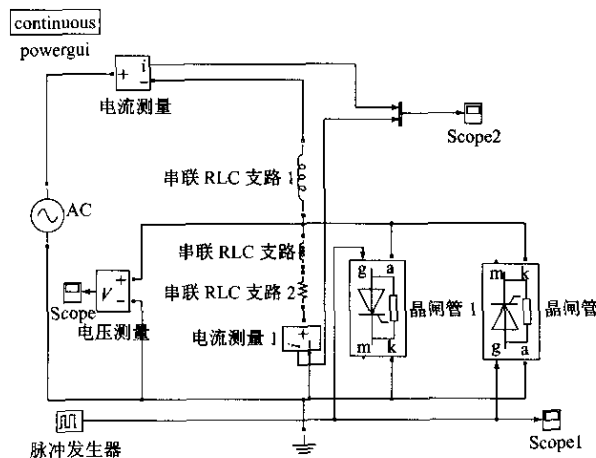


图2 可控电抗器特性仿真

图2中,电源电压为交流6 000 V;选取主消弧线圈位于第一档时进行仿真,仿真模型中加入了等

效电阻(一般是比较小的值),这里取 5 Ω。

通过仿真,得出了晶闸管导通角  $\delta$  与消弧线圈电感补偿电流  $I_0$  基波分量的关系,如表 2 所示。

表 2 晶闸管导通角与消弧线圈电感补偿电流基波分量的关系

$\delta/(\circ)$	90	110	130	150	170
$I_0/A$	19.99	19.19	18.53	18.10	17.62

从表 2 可看出,电感补偿电流随着晶闸管的导通角的变化而变化,电感补偿电流值可以在一定的范围内连续变化(主消弧线圈一档时变化范围为 2 A 左右),可实现补偿电流的微调。档位越高,电流可以变化的范围越大。

### 3.2 10 kV 电网中性点经消弧线圈接地系统仿真

在 Simulink 中将主从消弧线圈接入 10 kV 电网中进行仿真,检验其补偿效果。仿真模型如图 3 所示。

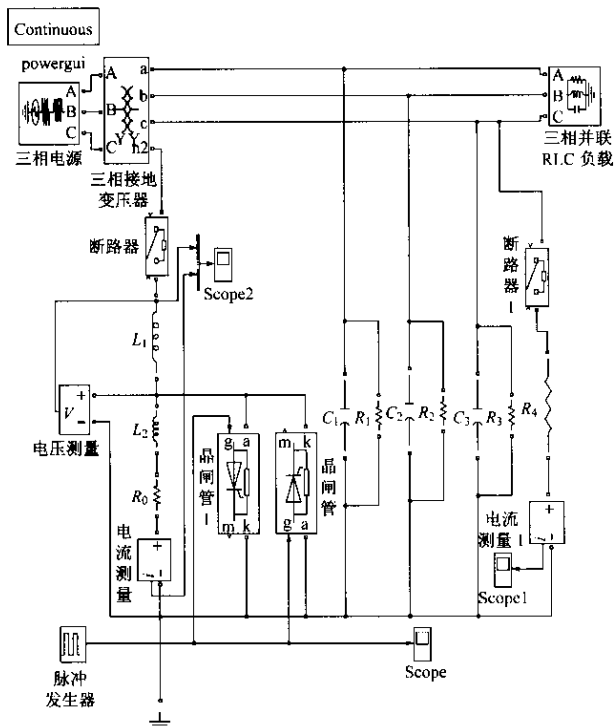


图 3 10 kV 电网中性点经消弧线圈接地系统仿真

模型中的消弧线圈与可控电抗器仿真中的模型相同,电源用三相交流电源,经三相接地变压器产生一个中性点,然后经主从消弧线圈接地。经过接地变压器后,电网接三相三角形负载,每相电网均有分布电容与绝缘电阻。仿真结果如图 4、图 5 所示。

当发生单相直接接地故障后投入消弧线圈对故障点电流的补偿效果:从图 4 可看出,发生故障时消

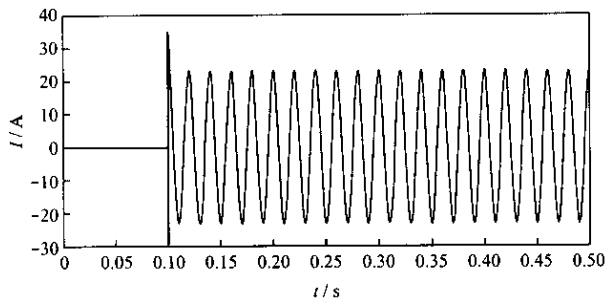


图 4 单相接地故障时消弧线圈不投入时故障点的电流波形

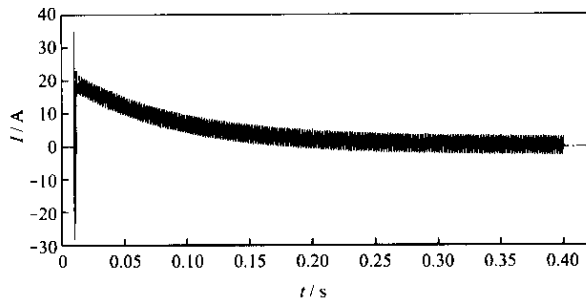


图 5 0.1 s 发生单相直接接地故障,0.12 s 时投入消弧线圈,4.0 s 故障消除时故障点的电流波形

弧线圈不投入时,可以看到故障点的电流值是很大的,若不能及时处理,对于电网系统是十分危险的;而从图 5 可看出,发生故障时投入消弧线圈后,主消弧线圈可以根据电网的运行状态迅速调整到谐振位置,瞬时补偿掉大部分故障点电流,补偿效果十分明显,而从消弧线圈则在反应时间后通过可控电抗器的不断微调,实现故障电流的精确补偿,稳定后故障点残流为 2 A 以下。

### 4 结语

依据将预调式和随调式消弧线圈相结合的思想,给出了一种新型结构的消弧线圈,其主消弧线圈为预调式的调匝式消弧线圈,从消弧线圈为随调式的消弧线圈。建立仿真模型进行仿真,仿真结果表明,这种结构的消弧线圈可以兼顾快速性和精确性。主消弧线圈可以在发生单相接地故障时迅速投入,补偿掉大部分故障点的电容电流,而从消弧线圈在反应时间后,通过调节晶闸管的触发角来微调补偿电流值,实现精确补偿,故障点残流小于 2 A,补偿效果良好。

### 参考文献:

[1] 陈柏超,陈维贤,尹忠东,等. 10 kV 电网新型自动调谐消弧线圈及控制装置[J]. 中国电力,1997,30(9): 70-71.

文章编号:1671-251X(2011)08-0064-04

DOI:CNKI:32-1627/TP.20110807.1133.019

## 二次型单神经元自适应算法在电动机控制中的应用

刘宁宁<sup>1</sup>, 孙伟<sup>1</sup>, 娄奔月<sup>1</sup>, 丁立伟<sup>2</sup>

(1. 中国矿业大学信电学院, 江苏 徐州 221008; 2. 兖矿集团电铝分公司, 山东 邹城 273500)

**摘要:**针对直流电动机调速系统现有控制方法存在PID控制器参数固定而导致控制效果差的问题,提出了二次型单神经元自适应PID控制算法,即在加权系数的调整中引入二次型性能指标,通过计算控制律可以得到所期望的优化效果。Matlab仿真结果表明,该算法可改善控制系统的动态过程品质,降低超调量,缩短稳定时间,并且有一定的抗干扰能力。

**关键词:**直流电动机; 调速系统; PID控制; 二次型单神经元自适应控制

中图分类号:TD614 文献标识码:A 网络出版时间:2011-08-07 11:33

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20110807.1133.019.html>

### Application of Quadratic Single Neuron Adaptive Algorithm in Motor Control

LIU Ning-ning<sup>1</sup>, SUN Wei<sup>1</sup>, LOU Ben-yue<sup>1</sup>, DING Li-wei<sup>2</sup>

(1. School of Information and Electrical Engineering of CUMT., Xuzhou 221008, China.

2. Electric Aluminum Branch of Yankuang Group, Zoucheng 273500, China)

**Abstract:** In view of problem that current control method of speed-regulation system of DC motor has poor control effect caused by fixed parameters of PID controller, the paper put forward an adaptive PID control algorithm with quadratic single neuron, namely quadratic performance indexes was introduced in adjustment of weighting coefficients, and expecting optimization effect was gotten by calculating control law. The Matlab simulation result showed that the method can improve dynamic process performance of control system, reduce overshoot, shorten settling time and has some certain anti-interference ability.

**Key words:** DC motor, speed-regulation system, PID control, quadratic single neuron adaptive control

### 0 引言

PID控制是工业过程控制中最常见、应用最广泛的一种控制策略,它具有原理简单、使用方便、适

应性强、鲁棒性较强等优点,工业过程控制中,95%以上的回路具有PID结构。由于PID控制器算法简单,尽管工业自动化飞速发展,PID控制技术仍然是工业过程控制的基础,并且它还占着主导地位。但传统的PID控制器因参数固定,而导致控制效果差。为此,本文提出二次型单神经元自适应PID控制算法,它继承了常规PID控制器简单、实用的优点,易于现场调试,控制品质优于常规PID控制器。

收稿日期:2011-04-22

作者简介:刘宁宁(1987-),女,山东邹城人,硕士研究生,研究方向为复杂过程控制。E-mail:liuningningok@163.com

[2] 姚大潜.有源全补偿消弧线圈试验装置研究[D].保定:华北电力大学,2009.

[3] 曲铁龙.全补偿消弧线圈及其控制方法研究[D].保定:华北电力大学,2008.

[4] 王崇林,梁睿,刘建华,等.基于变耦电抗器法的新型消弧线圈[J].电力系统自动化,2005,29(20):81-84.

[5] 王兆安,杨君,刘进军,等.谐波抑制和无功功率补偿[M].北京:机械工业出版社,2009.