

# TCSC 装置中电容器过负荷保护的改进算法

孙雯<sup>1</sup>, 柴斌<sup>2</sup>, 荆平<sup>2</sup>

(1. 华北电力大学, 河北 保定 071003; 2. 中国电力科学研究院, 北京 100085)

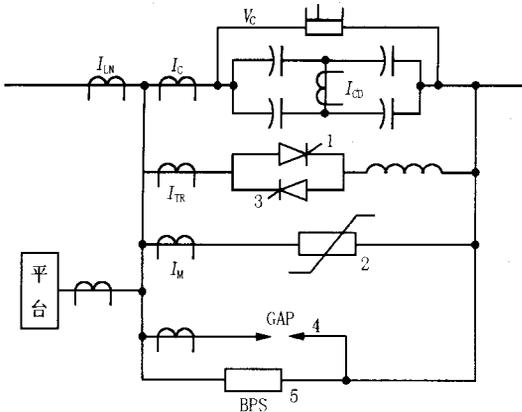
**摘要:** 介绍了可控串联补偿 (TCSC) 电容器装置的电容器过负荷保护的基本原理, 重点就电容器过负荷倍率与允许持续时间的算法问题进行了较详细的讨论, 分析了过去采用求过电流均值算法时, 若过电流幅值波动较大而存在精度方面不足的问题上, 提出了一种更合理的改进算法——加权积分法, 最后通过动模实验验证了该算法的合理性。

**关键词:** 可控串补; 电容器过负荷; 反时限特性; 加权积分法

**中图分类号:** TM531.4      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1003-4897(2004)09-0078-03

## 0 引言

可控串补装置的一次主回路如图 1 所示, 笔者在研究电容器组过负荷保护的过电流倍率与可持续运行时间的实验中发现, 当采用求过负荷时间段电流均值的方法, 在过电流幅值波动较大时, 保护动作的正确性会受到影响, 经分析后提出改进的加权积分法解决了上述问题。



注: 1. 电容器组 C; 2. 氧化锌限压器 MOV; 3. 双向晶闸管 SCR; 4. 触发间隙 GAP; 5. 旁路开关 BPS

图 1 TCSC 装置基本结构  
Fig. 1 Basic structure of TCSC

## 1 电容器过负荷保护改进算法

### 1.1 保护原理与算法依据

可控串补电容器的过负荷保护的原理就是以反时限特性对电容器电流进行连续监视, 当电容器电流  $I(t) > 1.10 I_{ce}$  (电容器额定电流) 时, 启动电容器过负荷保护, 同时对过电流过程进行“累计”(积分), 当积分结果超出电容器允许程度时, 保护动作

闭合 BPS, 将电容器组旁路。

电容器过负荷保护对时间的要求并不高, 主要从过电流产生的热效应来考虑, 它是一个热量逐渐积累的过程。保护应该做到能持续有效地监视电容器电流, 并通过某种手段将这一热量的累积过程记录下来。

国际标准 IEC143-1:1992 年《电力系统用串联电容器》一文中提供了电容器的过电流水平与持续时间关系的准则, 见表 1。ABB 公司在大房(大同—房山) 500 kV 线路的串补工程中给出的经验数据是允许运行 10 s。

表 1 电容器过电流与持续时间关系

Tab. 1 Relationship between capacitor overcurrent and duration time

实际电流/ 额定电流	过电流允许持续时间
1.0	连续
1.1	8 h
1.35	30 min
1.5	10 min

从表 1 分析: 过负荷电流允许持续运行时间随电流增大下降得非常快, 几乎呈指数趋势, 曲线坡度很陡, 可以近似认为电容器过负荷特性曲线是以国标中给定的几个点为拐点的几段折线组成 (如图 2 所示)。

依据这种想法, 对于任一电容器过电流倍率下所允许持续的时间可按以下线性插值法计算:

$$k = (t_1 - t_2) / (a_1 \cdot I_{ce} - a_2 \cdot I_{ce}) \quad (1)$$

$$T = t_1 - (I_c - a_2 \cdot I_{ce}) \cdot k \quad (2)$$

此前笔者曾采用求过负荷电流均值的方法得到式 (2) 中的  $I_c$ , 即对每个采样点的电流有效值及过负荷时间求累加和 (积分), 即求  $I(t)$  和  $t$ 。令  $I_c =$

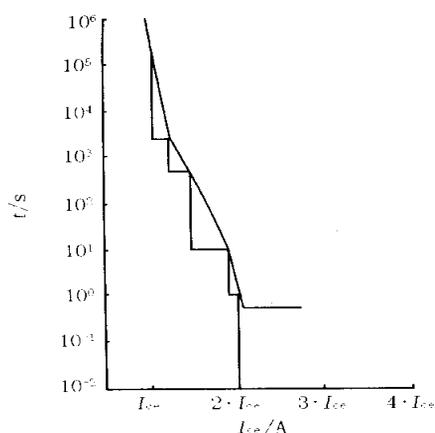


图2 电容器过电流反时限曲线

Fig. 2 Inverse time curves of capacitor overcurrent

$I(t)/t$ , 得到过电流时间段的电流均值, 将此结果代入式(2)计算在此过电流下允许持续时间  $T$ 。

但笔者在做动模实验过程中发现, 采用上述方法计算电容器过负荷电流与持续时间的关系, 并决定保护是否动作时, 在过负荷电流持续稳定或上下波动不大时, 控制效果还比较理想, 但当过负荷电流摆动幅度较大时, 该算法存在一定的不足之处, 尤其是过电流在低水平已经持续较长一段时间后又摆动到较高水平时(如 1.5 ~ 1.8 倍额定电流左右), 控制效果并不理想。

## 1.2 算法的分析与改进

经过分析发现, 之所以出现以上情况, 问题出在求过负荷时间段内的平均过电流上, 即  $I(t)/t$ 。如过电流在 1.24 倍时已经持续了较长时间后电流增加到 1.78 倍, 这时电容器在大电流作用下应该在短时间内(10 s 左右)动作, 退出运行, 但由于采取求平均值法, 使得  $I(t)/t$  的值增加得并不明显, 结果保护迟迟不动作, 这样 1.78 倍过电流的显著作用并未被突出。为了解决这一问题, 笔者试采取了另一种电容器过电流算法——加权积分法。

由于电容器过负荷倍率与其能承受时间的关系曲线呈反时限特性, 笔者考虑按照不同程度的过负荷, 给不同的过负荷电流赋予不同的权值, 然后再对赋予了权值的过电流积分。具体算法是: 权值  $R = 1/T$ ,  $T$  为根据式(2)计算得到的过电流允许持续时间, 但此时的  $I_c$  是这一点的采样值, 而非时间段内的均值, 然后将计算结果在过负荷时间段内逐点累加, 一直到积分结果等于 1 时(为留有裕度一般取 0.97 左右), 保护动作。采取这种算法的理由是: 当过负荷水平低时, 电容器允许持续运行的时间  $T$  就

长, 这也说明该电流对电容器是否能持续运行的影响较小, 于是给该过负荷电流的权值就小 ( $1/T$ ); 相应地, 随着过负荷电流倍率增大, 电容器允许持续运行时间  $T$  迅速缩短, 而这时的过负荷电流将给予一个较大的权值。

为了验证上述加权积分法的合理性, 笔者进行大量动模实验, 并对实验结果进行了分析, 认为该算法简单、合理、尤其适合工程计算中, 现举一典型实验数据(见表 2), 对两种算法的优越性作以对比:(实验中设定电容器额定电流  $I_c = 600$  A)

表 2 典型实验举例

实验条件		用加权	用求均值法
过负荷电流	持续时间	积分法	
830 A	1 200 s	$1/T = 0.973$	$I/t = 832$
1 070 A	10 s		
实验结果		1 208 s 动作	1 250 s 还未动
实验误差		0.2 %	4 % 以上

从这个实验中可见, 电容器电流在 1.3 倍额定电流下持续 1 200 s 后加到 1.78 倍额定电流(1 070 A)时, 电容器最理想的动作时间在 1 206 s 时刻, 但采用  $I/t$  的方法时, 1 220 s 时仍迟迟未动作, 而加权积分法只产生 0.2 % 的误差, 这使保护动作的正确性和灵敏性都提高了。

## 2 结论

通过以上对电容器过负荷程度与持续时间的两种算法的实验分析, 可以看出, 当电容器过负荷电流上、下波动较大时, 采用加权积分法比求均值的方法更具优越性, 也更符合电力系统实际运行中负荷容易上、下波动的状况, 它重点突出了不同大小的过负荷电流对于过电流保护的動作所起的不同作用, 尤其给容易引起电容器老化或损坏的大电流以较高的权值, 使保护迅速动作, 而且改进的算法简单有效, 尤其适合工程应用。

## 参考文献:

- [1] 输变电常用标准汇编电力电容器卷 (Transmit & Transform Electricity Standard Compilation for Compensators) [M]. 北京: 中国标准出版社 (Beijing: Standards Press of China), 2001.
- [2] 中国电力科学研究院 (China Electric Power Research Institute). 大房 500 kV 串补工程技术资料 (Datong to Fangshan 500 kV Thyristor Controlled Series Compensation Data) [Z]. 北京: 中国电力科学研究院 (Beijing: China Electric Power Research Institute), 2001.

- [3] 刘晓冬,朱子述,陈陈(LIU Xiao-dong, ZHU Zi-shu, CHEN Chen). 500 kV 线路串补电容器上过电压研究(Over Voltage Research on Series Compensation Capacitor of 500 kV Line)[J]. 上海交通大学学报(Journal of Shanghai Jiaotong University),1997,31(12).
- [4] Mathur R M. Basati R S. A Thyristor Controlled Static Phase shifter for AC Power Transmission[J]. IEEE Trans on Power System,1981,100(5):2650-2655.

收稿日期: 2003-08-06; 修回日期: 2003-11-27

作者简介:

孙雯(1977-),女,硕士研究生,研究方向为电力系统继电保护;

柴斌(1977-),男,现在中国电力科学研究院从事 TCSC 可控串补阀的研究;

荆平(1965-),男,硕士,工程师,现在中国电力科学研究院从事 TCSC 可控串补保护的研究。

### The improved algorithm of capacitor overload protection of TCSC

SUN Wen<sup>1</sup>, CHAI Bin<sup>2</sup>, JING Ping<sup>2</sup>

(1. North China Electric Power University, Baoding 071003, China;

2. China Electric Power Research Institute, Beijing 100085, China)

**Abstract:** The paper introduces the overload protection principle of TCSC-based devices, and discusses the relationship between the capacitor overload rate and the duration time in detail. After analyzing the shortage that the larger of the amplitude fluctuation of overcurrent, the less accuracy of the former algorithm, it expounds a simple but effective overload algorithm—weighted and integral method, which has been proved reasonable by simulating dynamic experiments.

**Key words:** thyristor controlled series compensation (TCSC); capacitor overload; inverse time characteristic; weighted and integral method

## 关于召开中电协中国继电保护及自动化行业年会的通知

主办单位: 中国电器工业协会继电保护及自动化设备分会

各电力用户、电力制造企业:

云集数百家电力用户及电力制造企业的行业盛会将于 2004 年 5 月 22 日至 23 日在中国河南许昌召开。

会议主题: 电力 寻求 共赢

会议主要内容: 1) 发展和改革委员会关于今后 17 年电力发展规划;

2) 中国国家认证认可监督管理委员会关于对继电保护及自动化产品的认证政策;

3) 国家标准化管理委员会最新发布的产品强制标准信息;

4) 欧盟关于继电产品加入低电压设备指令及电磁兼容性指令(CE)的有关法规要求;

5) 国际 IEC 最新发布的量度继电器和保护装置的产品安全要求;

6) 大型国有企业成功之道与民营企业成功秘笈;

7) 运用平衡计分卡成功实施企业战略专题讲座。

媒体支持:《继电器》、《电器工业》、《电气时代》、电力王国 <http://www.powerkingdom.com>

会务安排: 会务费及资料费:1000 元/人(会员单位 800 元/人);会议统一安排住宿,费用自理。

报到时间: 2004 年 5 月 21 日全天;

会议时间: 2004 年 5 月 22 日~5 月 23 日

会议地点: 许昌大酒店(许昌市七一路中段)

行车路线:

· 车站: 许昌火车(汽车)站到七一路中段,约 500 米;可乘 6 路公交车至许昌大酒店下;乘出租车 3 元。

· 机场: 郑州国际机场乘出租车直达许昌大酒店。

注意事项: 理事会将于 5 月 21 日晚 8 点召开,请各理事长、副理事长、理事单位代表提前到达,准时参加会议。

会议确认: 请您在 2004 年 5 月 12 日前反馈回执(邮寄、电话、传真、电子邮件均可),以便会议秘书处提前为您做好准备。

通讯地址: 河南省许昌市许继大道 32 号 邮编: 461000 传真: 0374 - 3319473/3310177

会议秘书处联系人:

李永宏: 0374 - 3212554; 13782391270; 宋霞: 0374 - 3212775; 13837498066;

周萍: 0374 - 3212649; 13903740012;