

采用固体继电器作 TSC 的投切开关

朱细敏, 李裕能

(武汉大学 电气工程学院, 湖北 武汉 430072)

摘要: 在电力系统中, 采用晶闸管投切电容器 TSC (Thyristor Switched Capacitors) 的动态无功补偿装置中, 晶闸管对驱动信号要求严格, 驱动电路相当复杂。介绍了 TSC 无功补偿的电路原理图和固体继电器 SSR (Solid State Relay) 的组成原理图及 SSR 的主要特点。考虑到过零型 SSR 具有 TSC 投切电容器所具有的过零触发功能, 提出将其作为 TSC 的投切开关, 从而简化了 TSC 电路。

关键词: 过零触发; 固体继电器; 晶闸管投切电容器

中图分类号: TM 714.3; TM 774 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-6047(2006)06-0082-03

目前, 电力系统中采用的动态无功补偿装置, 绝大多数采用晶闸管投切电容器 TSC (Thyristor Switched Capacitors) 的补偿方式, 这比传统的交流接触器控制投切电容器的补偿方式有较大进步。但是, 在采用 TSC 动态无功补偿装置中, 为了实现投切的快速、无涌流, 以及器件和装置的保护功能, 其驱动电路相当复杂, 可靠性大为降低^[1]。

交流过零型固体继电器 SSR (Solid State Relay) 采用了过零触发技术, 具有电压过零时开启、负载电流过零时关断的特性。此种特性正是 TSC 所要求具有的, 因此, 可考虑采用过零型固体继电器作为 TSC 投切的开关, 简化晶闸管对驱动电路的复杂要求。

1 TSC 无功补偿电路

TSC 无功补偿装置的电容器在投入电网时, 若晶闸管导通时的电网电压与电容器残压相差较大, 就会由于电容器上的电压不能突变, 而产生很大的电流冲击(合闸涌流), 这一冲击很可能损坏晶闸管, 或给电网带来高频冲击^[2]。

为了电容器投入时不引起涌流冲击, 必须选准晶闸管触发的理想时刻, 即保证晶闸管导通时电网电压与电容器残压大小相等、极性一致。由于电容器残压的不确定性, 晶闸管上的电压是一个不能根据电网电压计算的值, 采用检测晶闸管两端电压的零电压触发方式, 通过检测晶闸管两端(阳极和阴极)的电压确定电网电压与电容器残压是否相等。当晶闸管两端电压相等(电位差为零)时, 触发晶闸管。

图 1 为其对应电路原理图。

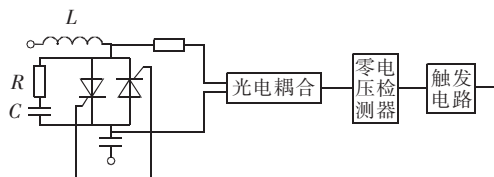


图 1 零电压触发原理框图

Fig.1 Principle of zero-voltage triggering

图中, 串联小电感 L 用来抑制冲击电流, 一般可以不画出; 并联 RC 阻容吸收网络用于吸收浪涌电流和抑制过电压; 晶闸管两端电压经电阻降压送到光电耦合器, 当交流电压瞬时值与电容器残压相等时, 晶闸管上电压为零, 零电压检测电路输出 1 个脉冲, 启动触发电路, 触发相应晶闸管。另外, 在主回路上还专门装有 1 组氧化锌避雷器, 用以吸收操作过电压和雷击过电压等。在每一相中都串有快速熔断器作为快速过流保护^[3]。

2 交流过零型固体继电器

2.1 电路组成

交流过零型 SSR 采用了过零触发技术, 具有电压过零时开启、负载电流过零时关断的特性, 其原理框图如图 2 所示^[4]。

该电路由信号输入、零电压检测、工作指示、双向晶闸管控制和吸收等电路组成。采用了光电耦合器 V_{CD} 作为输入电路和输出电路之间的隔离元件。 V_D 是防止 U_{in} 正负接反烧坏 V_{CD} ^[5]。

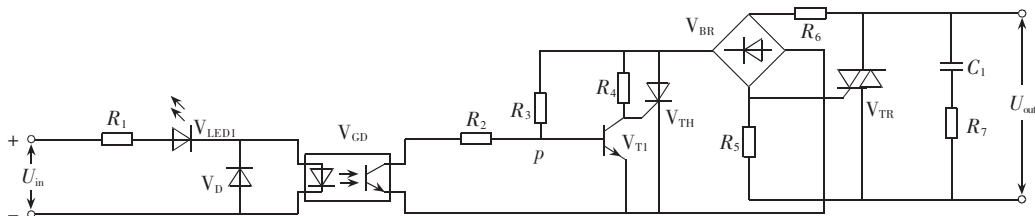


图 2 SSR 的原理框图

Fig.2 Principle of SSR

电路工作过程:当无输入信号时, V_{GD} 中的光敏三极管截止, V_{T1} 是交流电压零点检测器,通过 R_3 获得基极电流而饱和导通,将 V_{TH} 的门极箝在低电位而处于关断状态。当有输入信号时,光敏三极管导通,此时 V_{TH} 的状态由 V_{T1} 决定,如此电源电压大于过零电压时,分压器 R_3 、 R_2 的分压点 p 点电压大于 U_{be1} 、 V_{T1} 饱和导通, V_{TH} 的门极因箝在低电位而截止,双向晶闸管 V_{TR} 的门极因没有触发脉冲而处于关断状态。只有当电源电压小于过零电压, p 点电压小于 U_{be1} 时 V_{T1} 截止, V_{BR} 获得触发信号而导通,在 V_{TR} 的门极获得触发脉冲, V_{TR} 就导通,从而接通负载电源。

当输入信号关断后, V_{GD} 中的光敏三极管截止, V_{T1} 饱和导通, V_{TH} 的门极因箝在低电位而关断,但是此时 V_{TR} 仍保持导通状态,负载上仍有电流流过,直到负载电流随 U_{AC} 减小到小于 V_{TR} 的维持电流后才会自行关断,切断负载电源^[3]。

SSR多为4端接线,2个输入端,2个输出端,如图3所示。输入端接控制信号,输出端与负载、电源串联,SSR实际是一个受控的电力电子开关;输入/输出间为光电隔离,输入端加上直流或脉冲信号到一定电流值后,输出端就能从断态转变成通态^[6]。



图3 SSR的基本应用电路
Fig.3 Wiring of SSR

2.2 主要特点

a. 控制功率小。只需输入很小的控制电流便能正常工作。能方便地与TTL、DTL、HTL和CMOS集成相配合,可广泛应用于各种电子设备中。其输出部分采用大功率晶体管或晶闸管元件来控制、接通或断开负载和电源,具有很大的功率放大作用^[5]。

b. 可靠性高。由于无触点的接触电阻小,因而其构成的系统工作可靠性高。

c. 抗干扰能力强。SSR对系统的干扰小,同时自身抗干扰能力也强。另外,由于交流型SSR采用了过零触发技术,具有零电压、零电流断开的特性,从而能有效地降低线路中的 du/dt 和 di/dt ,使得它对外界的电磁干扰降到底限。此外,由于SSR在输入与输出之间采取了光电隔离等措施,其抗干扰能力也相应明显提高^[7]。

d. 动作快。SSR由电子元件组成,故响应快。对直流SSR,响应时间小于几十微秒,比电磁继电器的速度提高近千倍。对过零交流SSR,其转换时间也不大于市电周期的一半(即10ms)。在本文研究的系统中周期为1s,因此,其开关响应的动作是较快的^[8]。

e. 寿命长。

f. 能承受的浪涌电流大。SSR能承受的浪涌电流可为其额定值的6~10倍。

g. 对电源电压的适应范围广。交流型SSR的工作电压可以在30~220V内任意选择。

h. 耐压水平高。SSR输入/输出之间的介质耐压可达2.5kV以上^[9]。

需要指出的是,尽管SSR有上述众多优点,但与传统的微电子继电器相比,仍有不足之处,如漏电流大,接触电压大,触点单一,使用温度范围窄,过载能力差及价格偏高等。

3 采用过零型SSR作为TSC的投切开关

由上所述,将TSC所要求的开关具有过零触发功能和过零型SSR所具有的过零触发技术相比较,可采用过零型SSR作为TSC的投切开关,图4所示为电网单相实现TSC无功补偿时连接图。其中AC-SSR为交流过零型SSR; C 为电网所需补偿的电容; u_g 为触发脉冲;+、-两端加上直流或脉冲信号到一定电流值后,继电器就能从断态转变成通态。

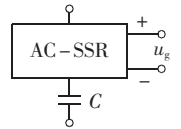


图4 交流过零型SSR
作为TSC开关
Fig.4 TSC with AC zero
-crossing SSR as its switch

参考文献:

- [1] 何一浩,王树民. TSC动态无功补偿技术综评[J]. 中国电力, 2004,37(10):22-26.
HE Yi-hao,WANG Shu-min. Summerization on TSC static var compensation technology[J]. Electric Power,2004,37(10):22-26.
- [2] 黄绍平,彭晓,沈喜明. TSC无功补偿装置的设计[J]. 高压电器, 2003,39(6):33-35.
HUANG Shao-ping,PENG Xiao,HUAN Xi-ming. Design of TSC reactive power compensation device[J]. High Voltage Apparatus,2003,39(6):33-35.
- [3] 李鹏,陈志业,徐玉琴,等. ATSC型快速动态无功补偿装置[J]. 电力系统自动化,2005,29(5):51-54.
LI Peng,CHEN Zhi-ye,XU Yu-qin,et al. ATSC type fast dynamic var compensation device[J]. Automation of Electric Power Systems,2005,29(5):51-54.
- [4] 严晓江,胡步洁. 固体继电器的原理及应用[J]. 电气时代,2004(10):42.
YAN Xiao-jiang,HU Bu-jie. The theory and application of SSR[J]. Electrical Times,2004(10):42.
- [5] 张小良. 高电压大电流直流固体继电器的电路设计[J]. 世界电子元器件,2003(9):38-39.
ZHANG Xiao-liang. The circuit design of high-voltage-and-large-current DC SSR[J]. World Electronic Components, 2003(9):38-39.
- [6] 曹太平,朱永民. 交流输入型固体继电器研究[J]. 机电元件, 2003(2):22-25.
CAO Da-ping,ZHU Yong-min. Study on solid relay of AC input type[J]. Electromechanical Components,2003(2):22-25.
- [7] 罗永昌,谷永刚,肖国春,等. SSR在TSC装置中应用的实验研究[J]. 电力电子技术,2004,38(4):66-68.
LUO Yong-chang,GU Yong-gang,XIAO Guo-chun,et al. Study of the zero-cross solid state relay applied in TSC[J]. Power Electronics,2004,38(4):66-68.
- [8] TABANDEH M,ALAVI M H,MARAMI M,et al. Design and implementation of TSC type SVC using a new approach for electrical quantities measurement[C]//2001 IEEE Porto Power Tech Conference I. Porto,Portugal:IEEE,2001:6.
- [9] ZHANG Jian-hua,DAI Guang-ping,XIAO Gang,et al. Design of the control system for thyristor switch capacitor devices[C]//Transmission and Distribution Conference and Exposition.[S.L.]: IEEE,2003:606-610.

- [10] 胡宗波,张波,邓卫华,等. 固态继电器在 ISSCC 型动态无功补偿装置中的应用研究[J]. 电工技术杂志,2004(2):60-63.
- HU Zong-bo,ZHANG Bo,DENG Wei-hua,et al. Application study on SSR in ISSCC type dynamic reactive compenstor[J]. Electric Technology Magazine,2004(2):60-63.

(责任编辑:李 玲)

作者简介:

朱细敏(1980-),女,湖南临湘人,硕士研究生,研究方向为电能质量分析与监测(E-mail:zhuximinssq@163.com);李裕能(1948-),男,重庆人,教授,从事电路、电器测试技术等方面的教学与科研工作。

Thyristor switched capacitor with solid state relay

ZHU Xi-min,LI Yu-neng

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

Abs tract: For the dynamic reactive power compensation device applying the TSC (Thyristor Switched Capacitor) in power systems,the strict driving signal is required,making the driving circuit very complicated. The principle of the TSC reactive compensation is introduced,as well as the composition and main features of the SSR(Solid State Relay) are provided. Since the zero-voltage SSR has the zero-voltage triggering function needed by the TSC,it can be used as the switch of the TSC to simplify the TSC circuit.

Key words: zero-voltage triggering; solid state relay; thyristor switched capacitor

“联接缔造完美”——魏德米勒(中国)HDC 重载接插件产品发布会召开

本刊讯 2006年4月7日,全球电气联接技术产品领域领先制造商——德国魏德米勒集团在其中国生产基地苏州举行了该公司HDC重载接插件在大中国区乃至全球的首次大型新产品发布会,来自全国各大电气行业公司的嘉宾和众多国内外知名厂商出席,其中包括西门子、ABB、西安西开、白云电气、郑州平高、北京四方、徐工集团等业界领先制造商。作为全球电气联接技术产品的领先供应商,魏德米勒集团此次在150年的历史中第一次推出了这一非德国本土开发、生产但供应全球市场的产品家族。

魏德米勒中国区总裁 Rainer Berthan 先生在发言中提到魏德米勒懂得将中西方的优势合二为一,借鉴西方先进的工程技术水平,利用东方的灵活性、速度和低成本优势。魏德米勒电联接国际贸易(上海)有限公司总经理宛晨先生也指出:“魏德米勒集团定位于节约成本的中国本地化生产,将为中国客户供应最优性价比的产品以及便捷周到的高质量解决方案。HDC 产品的全新发布代表了魏德米勒对中国市场的承诺,代表了其扎根于中国市场的信心,同时我们也承诺对产品质量永不妥协。”随后,魏德米勒电联接(苏州)有限公司总经理 Johanne Wiebe 先生对苏州生产基地的生产状况作了系统的介绍。本次发布的 HDC 重载接插件拥有多种系列、多种连接方式、多种安装方式和多种组合选择,值得一提的是魏德米勒率领先在重载接插件产品

中推出了直插式联接的方式,奠定了行业内新技术应用的标准;新产品的插芯材料符合 RoHS;采用了流线型设计、激光打印标识、多层表面处理、标准外壳增加了防腐和锁扣功能;采用了模块系统,如 USB 总线系统模块、高压模块等多种特殊应用解决方案……。魏德米勒(中国)所有的产品均通过了 CSA、UL、VDE 等世界主要质量认证机构的认证,可广泛应用于电力、机械制造、交通等领域和行业。

(陈晓东)

