

晶闸管有源逆变器的停电保护方法^{*}

王耀德

(南京师范大学电气与电子工程学院, 210042, 南京)

[摘要] 讨论了蓄电池化成和充放电用的晶闸管电源中有源逆变失败的保护. 加入晶闸管辅助关断电路可以完善蓄电池充放电电源性能. 还分析了停电信号检测和操作电源的实施问题.

[关键词] 晶闸管, 有源逆变, 蓄电池

[中图分类号] TM 461. 4; TM 464; [文献标识码] B; [文章编号] 1672- 1292(2002) 01- 0022- 03

一般的晶闸管(SCR)有源逆变器, 由于没有相应的保护措施, 在电网瞬间停电时, 即电网电压突然降到零时, 失去换相的反电压, 不能进行正常换流, 致使电流失去控制. 有时在电网电压大幅度闪变, 三相电压严重不平衡的情况下, 由于同步失效也可能导致SCR的控制角从逆变移到整流区, 或者丢掉应发出的触发脉冲, 造成逆变电势突然下降或逆变颠覆, 形成过流或短路故障, 烧断快熔以致损坏SCR.

上述问题在蓄电池充放电和化成电源装置中更为突出, 停电时电网的交流电没有了, 而蓄电池的直流电源仍然存在, SCR有源逆变失败, 就会形成直流回路短路, 可能产生很大的短路电流, 若不予以限制可出现SCR损坏, 接触器触头烧毁以及危及蓄电池寿命的事故.

可见, SCR有源逆变器需要完善的瞬时停电保护, 基本要求是停电时不得损坏SCR器件, 即便是快熔烧断也不希望出现, 因为这需要增加维修费用和时间. 因此, 瞬时停电时不应损坏电路中任何器件, 恢复供电后能立即正常投入运行.

若“瞬时”停电有0. 1~ 0. 5 s间隔并未真正脱离电网, 例如, 先是欠压后是停电, 则有可能完成对SCR有源逆变器发出零电流信号和封锁触发脉冲的保护操作, 从而安全地停止逆变器工作, 实现上述要求的瞬停保护. 若停电是瞬时的, 电网交流电以及相关的同步信号同一时刻消失, 就无法进行推最小逆变角和封锁触发脉冲的保护操作, 而且当逆变器中的SCR电流不为零时, 封锁触发脉冲并不能使已导通的SCR关断, 需要另外设置关断SCR的辅助电路才能有效地保护有源逆变器不致因停电引发逆变失败事故. 本文将讨论关断有源逆变器中SCR的辅助电路及相应的控制策略.

1 辅助关断电路

1. 1 直接关断逆变桥中的SCR

为了防止瞬时停电时SCR有源逆变器的逆变失败, 附加的辅助关断电路只要能关断三相逆变桥中共阳极组或共阴极组中任一组3个SCR, 便可切断逆变电流通路, 防止逆变失败. 而共阳极组或共阴极组中的3个SCR是轮流导电, 不论其中哪一个SCR处于导通状态, 辅助电路都应能将它关断.

图1所示的辅助关断电路是由二极管VD₄、VD₆、VD₂, 晶闸管VT₇、VT₈和电容C₁, 电感L₁谐振电路组成的. 在逆变桥开始运行时让关断电路做好准备, 触发VT₈对C₁充电; 充电完成后VT₈自行关断. 经一定延时后触发VT₇, C₁和L₁谐振, 给C₁反充电, 左右正负. 反向充电完成后, VT₇自行关断, 关断的准备结束. 一旦出现停电故障, 触发VT₈导通, 使C₁经VD₄(或VD₆、VD₂)以及VT₁(或VT₃、VT₅)再

^{*} 收稿日期: 2001- 04- 17.

作者简介: 王耀德, 1934- , 南京师范大学电气与电子工程学院教授, 主要从事电气自动控制技术等方面的研究.

次反向充电,于是 C_1 上左正右负电压成为晶闸管 VT_4 (或 VT_6 、 VT_2) 的反向断电压,使逆变桥的共阳极组中的 SCR 关断,完成所需的保护。

此外,可以设法在图 1 电路中 C_1 电容上预先充好左正右负极性电压,省去 VT_7 和 L_1 使电路简化,控制更为简单。试验已证实该方案是可行、实用的,能实施可靠保护。

1.2 保护电路器件的参数计算

1.2.1 关断保护电容的计算

图 1 所示瞬停保护属于电压换流电路,为能可靠关断停电引发的故障电流,电容 C_1 上必须储备足够的电能。该电能与电容电压 U_c 的平方和电容量大小成正比,实验表明不用特别提高电压 U_c 来满足储能的需求。设主电路的 SCR 关断时间为 t_{off} ,若要求关断的故障电流为 I_{FA} ,则所需的电容量 C_1 可按下列下式计算: $C_1 = I_{FA} \times t_{off} / U_c$

例:设需要关断的最大故障电流为 200 A,主电路 SCR 关断时间为 $100 \mu s$,关断电容上预充电压为 200 V,则所需的电容量为: $C_1 = 200 A \times 100 \mu s / 200 V = 100 \mu F$

1.2.2 关断保护 SCR 计算

图 1 中所示关断保护电路属于短时和间隔工作方式,不会经常动作,保护用 SCR(VT_7) 无需选用与主电路 SCR 相同电流容量的器件。依照所选用的 SCR 具有 H 级或 L 级的浪涌能力,可以让保护用 SCR 工作于瞬时过载状态,相配的散热器也可以用较小的尺寸。通常,电路中关断保护二极管 D 都具有 H 级电流浪涌水平,它的电流容量选与 SCR 相同即可。

保护用 SCR(VT_7) 所承受的正向阻断电压约为电池电压 E_b 的 2 倍,而所承受的反向阻断电压与主电路 SCR 的相同。

2 停电检测

既然是 SCR 逆变器的瞬时停电保护,停电的检测和信号发出应当是非常迅速和准确的。图 2 所示一种停电检测电路,其中电容容量 $C_1 \gg C_2$ 。三相供电正常时,电容器上电压 U_{C1} 和 U_{C2} 绝对值相同,比较器 CP 输出为低电平;停电时 C_1 上的 U_{C1} 比 C_2 上的 U_{C2} 衰减慢得多,两者的值

出现不相等的状态,CP 的输出电平由低跳变为高,迅速反应停电故障。显然,缺相就是一相停电,同样会出现 $U_{C1} > U_{C2}$ 的状态,因此图 2 电路亦能检测缺相故障,而缺相同样会引发逆变失败故障。只要将图 2 中检测变压器 T_e 原边直接接到三相逆变器的交流输入侧,便能准确测量出停电故障,即使交流电源波形上有缺口,也不会引起测量出错。

逆变桥的直流侧电压或平波电抗器两端电压是不是完整的 6 个波头,可以作为逆变桥故障诊断的信息,但作为停电故障诊断是不够充分的,因为除了停电故障可以使逆变电压波头少于 6 个,还有其它故障也会使电压波头减少。

另外,SCR 有源逆变器在电网瞬时停电后,直接的效果是形成短路电流故障。在形成短路电流的过程中,当推逆变角 β_{min} 不能限制故障电流,电流大于某一定值时,实施关断 SCR 保护也是有效的。尽管造成过流的起因并不限于停电故障,可能还有其它缘故,而引入过流关断保护,对逆变桥可靠运行的意义是显然的。

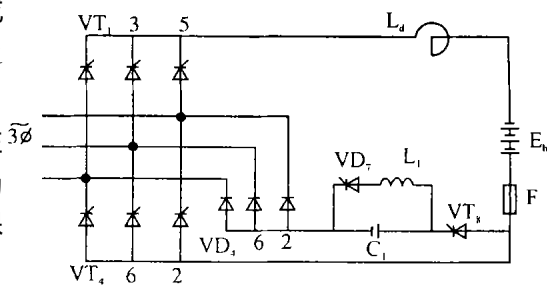


图 1 单电容辅助关断保护电路

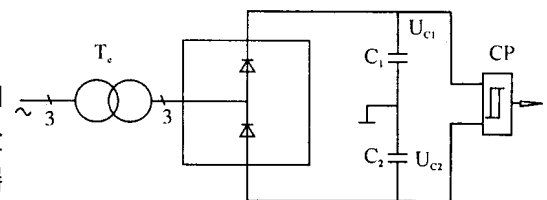


图 2 停电检测电路

3 控制电源

停电时常规的控制电源也没有了,为此必须安排好停电保护控制电路所必须的电源,否则就谈不上实施保护.对此,一方面要尽量简化保护电路,减少所需的功耗,以利于装备容量较小的不停电电源,降低费用;另一方面在直流控制电源中适当地增加滤波电容,兼作储能,在瞬停后有0.5~1.0s时间维持控制电源,便可作为保护操作所需的电源.一般说,后一种措施已能满足保护操作需要,储能电容容量是可以接受的.

在蓄电池化成和放电过程中,交流电网停电时,蓄电池直流电源仍存在,也可以利用,所以不用装备专用的不停电控制电源.

SCR有源逆变器不仅在蓄电池化成和充放电电源中得到广泛应用,在其它领域(如线绕式异步电动机串级调速装置)也有大量使用.而电网瞬停保护不够完善常常会带来麻烦和故障.寻求简便有效的保护是一项有意义的技术关键.以上讨论的保护电路,可望进一步完善蓄电池化成和充放电电源的性能.

[参考文献]

- [1] 日本电气学会. 电力半导体变流电路[M]. 王兆安,等译. 北京:机械工业出版社,1993.

Power-cut Protection for the Thyristor Inverter with Supply

Wang Yaode

(College of Electrical and Electronic Engineering, Nanjing Normal University, 210042, Nanjing, PRC)

Abstract: The protection for the failure of the inverter with supply in the thyristor inverter source to be used for battery formation and as charge/discharge is studied. The auxiliary circuit to switch off the thyristor in the inverter is added in order to improve the properties of battery charge/discharge source. The signal sensing for power-off and the implement of the control source to be used for the protection is analysed in this paper.

Key words: thyristor, inverter with supply, battery

[责任编辑:刘健]

(上接第21页)

The Development of Static Reactive Power Compensation System

Sun Pindong

(College of Electrical and Electronic Engineering, Nanjing Normal University, 210042, Nanjing, PRC)

Abstract: The paper introduces the working principle in TCR and the grouped compensation capacitor plus TCR. A suppressing method for high-frequency harmonic in the system is also presented. In addition, an example of real compensation system design is given.

Key words: reactive compensation, power factor, FC+TCR, microprocessor

[责任编辑:刘健]