

励磁系统整流装置均流不佳问题解决方法

余振, 万泉

(国电南瑞科技股份有限公司 江苏南京 210061)

摘要:分析了励磁系统整流装置均流不佳的各种原因,包括交流阻抗、元件通态特性、母排连接方式等,提出了相应的解决方法,即更换可控硅排列次序、主回路母排重新设计、安装均流磁环与数字智能均流,在实际应用中效果较好。

关键词:励磁系统;整流装置;均流

中图分类号:TM461

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2013)03-0023-03

均流系数是励磁系统的一项重要指标,电力行业标准 DLT583^[1]、GBT7409^[2]均规定功率整流装置均流系数一般不小于 0.85,以便设备的容量得到充分合理的应用。电力行业标准规定当并联运行的支路中,有 1 条支路退出运行时,应能保证发电机在所有运行方式下(包括强励)均能连续长期运行,如均流系数较低时,可能会导致励磁系统退出 1 条支路后不能满足强励运行的电流要求,进而影响电厂的安全可靠运行,因此均流问题现在越来越受到电厂人员的重视。本文针对整流装置均流不佳的各种原因进行分析,提出了相应的解决方法,并在实际应用中效果较好。

1 影响均流系数的几种原因

衡量励磁系统整流装置均流好坏程度的标准是均流系数,数值越大均流越好,反之则均流越差。均流系数 K_1 计算公式^[1]如下:

$$K_1 = \frac{\sum_{i=1}^m I_i}{m I_{\max}} \quad (1)$$

式中: $\sum_{i=1}^m I_i$ 为 m 条并联支路电流的和; I_{\max} 为并联支路中的电流最大值。如某机组整流装置电流分别为 800 A, 700 A, 600 A 时,则均流系数为 0.875。

在任意时刻,并联的 2 个支路导通为相同的两相可控硅。电流分配如图 1 所示,交、直流侧电抗参数、可控硅参数、换相时刻和换相过程都影响 T_{12} 和 T_{22} 之间电流分配。 T_{12} 和 T_{22} 回路方程列写如下:

$$\begin{aligned} (R_{1a} + R_{1d} + R_{1T}) \cdot i_1 + (L_{1a} + L_{1d}) \frac{di_1}{dt} + V_{1T} = \\ (R_{2a} + R_{2d} + R_{2T}) \cdot i_2 + (L_{2a} + L_{2d}) \frac{di_2}{dt} + V_{2T} \end{aligned} \quad (2)$$

上式在 b 相导通期间,满足:

$$i_1 + i_2 = i_\gamma = \begin{cases} \frac{\sqrt{2} U_2}{2\omega L_1} (\cos \alpha - \cos \omega t) & \alpha \leq \omega t \leq \alpha + \gamma \\ I_d & \alpha + \gamma < \omega t < \alpha + \pi/6 \end{cases} \quad (3)$$

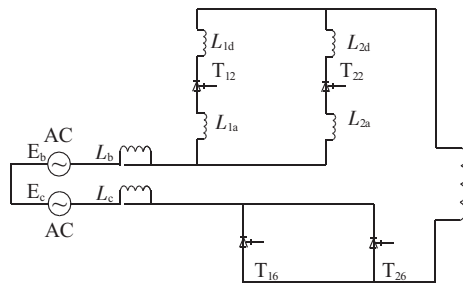


图 1 电流分配

式中: R_{1a}, R_{2a} 分别为整流桥 1, 2 b 相交流侧铜排或电缆电阻; R_{1d}, R_{2d} 分别为整流桥 1, 2 直流侧铜排或电缆电阻; R_{1T}, R_{2T} 分别为整流桥 1, 2 b 相可控硅通态电阻; L_{1a}, L_{2a} 分别为整流桥 1, 2 b 相交流侧铜排或电缆电感; L_{1d}, L_{2d} 分别为整流桥 1, 2 直流侧铜排或电缆电感; i_1, i_2 分别为整流桥 1, 2 b 相可控硅电流; V_{1T}, V_{2T} 分别为整流桥 1, 2 b 相可控硅通态压降或导通转折压降(门槛压降); α 为整流桥可控硅触发角; γ 为整流桥可控硅换相角。根据以上公式分析及实际工程经验,在可控硅元件没有损坏的前提下,影响均流系数的原因主要有以下几种。

1.1 交流阻抗影响

对于交流侧采用铜排互连的整流桥,离交流进线处较近的功率柜由于交流阻抗较小通常输出电流较大,而离交流进线处较远的功率柜由于交流阻抗较大通常输出电流较小。不同的进出线方式也影响并联元件之间电流分配,理想与实际母排连接方式如图 2 所示。这就要求采用合理的布局,尽量减小可控硅整流桥交直流回路阻抗的差异,特别是交流侧感抗的差异。

1.2 可控硅元件的管压降影响

如图 3 所示,并联可控硅对于通态峰值电压(V_{TM})、斜率电阻(R_{T0})、门槛电压(V_{T0})对均流效果影响较大。在选择可控硅时应尽量选取上述参数相近的元件作为同一桥臂的位置进行并联,最大限度保证各可控硅平均通态压降的一致性。

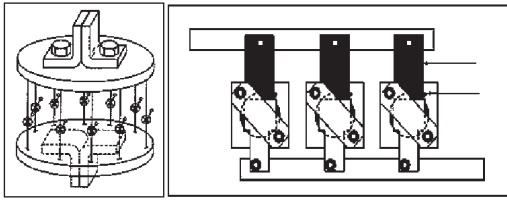


图2 理想与实际母排连接方式

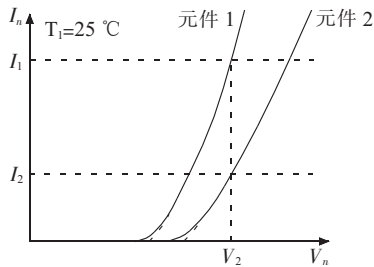


图3 晶闸管元件通态特性对均流的影响

1.3 可控硅元件的开通特性

由于可控硅元件导通特性及触发脉冲的差异,导致可控硅开通存在时间差异,引起支路电流的差异。如图4的-C相晚触发导致C相电流明显不均流。

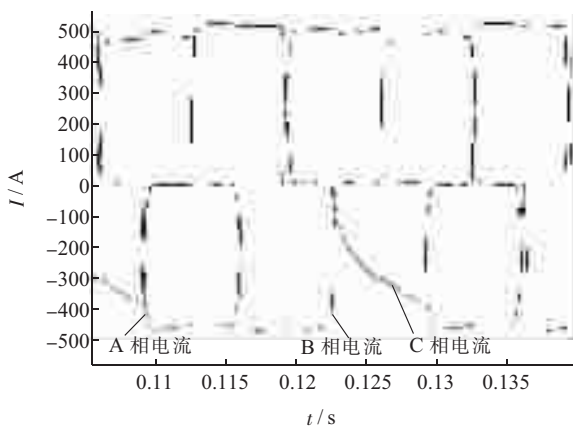


图4 -C相晚触发电流波形

1.4 一次回路上存在接触不良的情况

由于铜排连接螺丝不合适或者连接不紧密导致接触电阻较大,通常该柜电流比其他柜明显偏低^[3,4]。

2 在线监测手段

对励磁系统均流的监测方法通常有如下几种:

(1) 霍尔元件。由于电流互感器不适用于直流电流的测量,无法判断出各柜的实际输出大小,而分流计精度较低,且串联在主电路上,测量存在安全隐患。用霍尔元件测量直流电流,弱电回路与主电路隔离,能够输出与被测电流波形相同的“跟随电压”,容易与计算机或二次仪表接口。其准确度高,线性度好,响应时间快,频带宽,不会产生过电压。各功率柜的直流侧输出使用霍尔元件进行测量,输出电流大小一目了然。

(2) 电压测量。使用万用表测量各段铜排的阻抗

压降。采用此方法可以测量出铜排各段的压降和可控硅的管压降,当铜排压接不紧密使得接触电阻变大或某相可控硅压降与其他相差别较大时,利用此方法可以较为快速的发现问题。

(3) 温度测量。使用红外线测温仪可以随时检查每条桥臂上整流元件和快熔的运行情况,均流特性差的整流柜,其快熔之间温差较大,个别快熔温升异常,参照该整流柜的均流测试表可以看出:温度过高的快熔压降大,温度偏低的快熔压降小。并且与温度偏高的快熔连接的元件温度也偏高,其承受的电流较大,与温度较低的快熔连接的元件温度也较低,其承受的电流偏小。因此,均流偏差是导致元件、快熔温升异常的直接原因。这样就为均流调整、测算找到了一个新的参照数据——快熔运行温度。同理,元件温度也可以是均流调整和测算误差参照数据,这要根据整流柜的具体结构来确定^[5]。

(4) 电流波形分析。配合大电流探头对单柜的交流侧进行测量,对交流侧的电流波形进行分析,可找出导通异常的可控硅。在0.122时刻-C相电流上升波形如图4所示,可知触发延时致使电流在整个导通周期之内都没有爬升至电流均分点,有效值变化达到一半以上,两管均流差值较大。查看交流侧波形,可以检测出:① 脉冲触发引起的不均流问题,如脉冲未触发、脉冲出发强度不够等;② 各支路由可控硅元件参数不匹配引起的不均流问题。

3 解决均流问题的方法

对于励磁系统均流较差的问题,首先应结合上文提到的各种监测手段确定可控硅元件是否工作正常,如元件本身均正常导通,则需要根据各柜的异常情况实施最优的解决方案。

3.1 调换可控硅排列次序

对于可控硅的并联使用,要得到大范围的动态均流,应选择并联可控硅元件的 R_{T0} , V_{T0} 一致(相等最好)。选斜率电阻相近的可控硅元件作为同一桥臂的位置进行并联, V_{TM} 相近仅作为参考。

其优点:成本较低,一般情况下采用此方法能解决部分均流问题。缺点:可控硅的拆卸较麻烦,受可控硅的参数影响,此方法有一定局限性。

3.2 交流母排重新设计

在整流元器件参数较匹配或完全一致情况下,有时候也会出现不均流的问题。在排除了脉冲触发与铜排压接不紧密后,往往由于交流母排设计不合理导致:(1) 铜排弯折或者接口太多,自感与接触电阻较大;(2) 柜体结构不合理,单相铜排涡流;(3) 铜排排列不合理,距离过近,排间产生互感。

随着机组容量的提升,各桥臂的载流能力要求越来越高,铜排布局对均流影响越来越大。电解铝与离子膜烧碱行业同相逆并联的技术得到了广泛应用,同相逆并联(如图5所示)特点就是利用导体产生的磁力线相互抵消,减少导排的互感,最终减少母线的交流阻抗,达到提高功率因数的目的。采用同相逆并联后,还可以减少涡流引起的附加损耗。

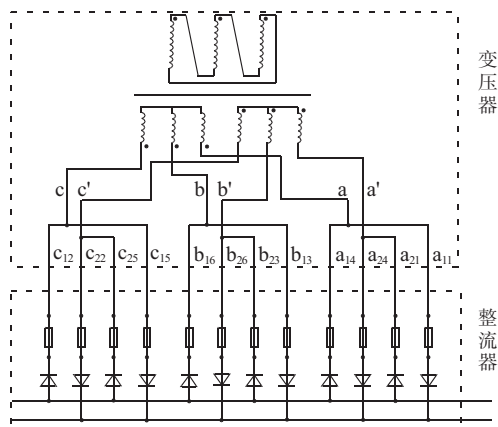


图5 同相逆并联

其优点:能解决由于结构设计引起的均流问题。缺点:更换铜排成本较高,部分受制于功率柜空间而无法重新设计,只能解决少部分均流问题。

3.3 安装磁环

磁环线圈有阻止交流电路中电流变化的特性。通过调节磁环磁阻的大小来改变功率装置的交流阻抗,磁阻越小,其产生的磁场就越大,等效产生阻抗就越大。如图6所示,靠近交流进线侧的1号与2号功率柜交流阻抗势必小于相对远端3号功率柜。1号与2号功率柜安装磁环后,适当调节磁环气隙使得3柜进线交流阻抗基本一致从而达到均流的目的。

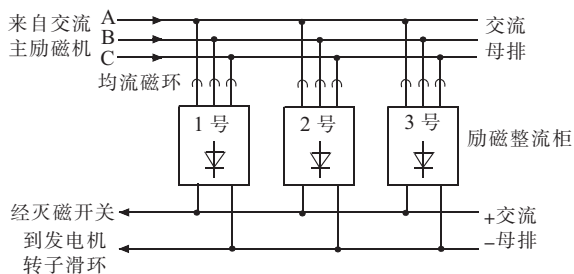


图6 励磁系统整流柜布置

其优点:使用磁环增加该功率装置的交流阻抗,达到均衡各柜输出电流的目的,对机组励磁系统性能没有任何影响,可以解决大多数均流问题。缺点:在单柜输出较大时会产生一定的噪声;将消耗一定的功率引起发热;会发生高频震动,磁环如安装不紧长时间使用后有松脱的隐患^[6]。

3.4 智能均流

通过常规自然均流方式,励磁整流系统一般能够

达到行业标准要求。但近年来部分电厂要求均流系数达到0.95以上,因此部分厂商开发了数字智能均流功能。其原理是通过数字方式对AVR输出的可控硅触发脉冲进行处理,调整可控硅导通时刻,从而达到均流的目的。如图4波形为某电厂不均流时单柜输出波形,采用数字均流后波形如图7所示,整体的均流系数达到0.99。

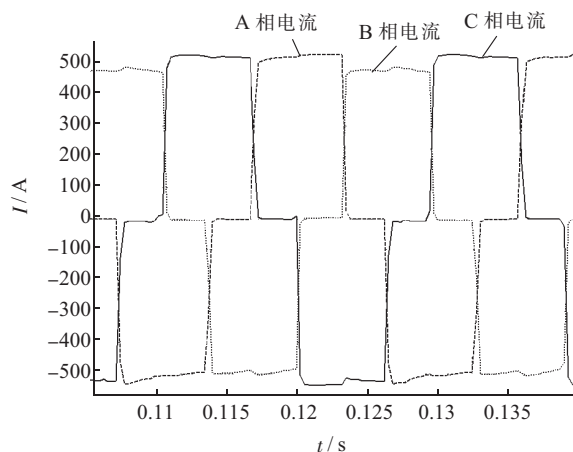


图7 均流系数达到0.99时可控硅整流波形

数字式均流与常规均流相比有一定的优势:

(1) 调整方法简单,调整方向明确,能够在线实施,现场调整工作量不大。

(2) 降低对可控硅器件参数一致性要求,从而降低选配难度。

(3) 具备较强的交、直流进出线变化的适应性,对现场施工要求低,能够比较方便安排整流柜的位置等;

(4) 测量的各可控硅的电流能比较准确反映各个可控硅状况和真正均流情况^[7]。

但是数字均流也存在一定的缺点:

(1) 由于在脉冲回路串接调整电路,降低了系统的可靠性;

(2) 数字均流容易掩盖可控硅器件本身存在的问题,如某相可控硅通态压降较差或者触发不一致,应该对该相可控硅进行更换处理,可是往往此种情况下,由于数字均流调整简单而更换可控硅较麻烦,于是维护人员通过数字均流的调整掩盖了这一问题,对功率柜安全运行造成隐患。

(3) 长时间运行后,可控硅特性发生变化可能造成均流变差,此时如强行对可控硅进行均流可能加重特性变化较多可控硅的负载,缩短可控硅的使用寿命。

4 结束语

针对励磁系统常见的均流问题进行了归纳总结,提出了功率柜桥臂电流的实时监测办法,对均流问题给出了相应的解决办法,并且总结了几种解决办法的

- [6] 陈磊,黄琦,张昌华,等.考虑故障影响的电动汽车充电系统控制策略的研究[J].电力系统保护与控制,2012,40(7):117-122.
- [7] 龚钢军,孙毅,蔡明明,等.面向智能电网的物联网架构与应用方案研究[J].电力系统保护与控制,2011,39(20):52-58.
- [8] 宋永华,阳岳希,胡泽春.电动汽车电池的现状及发展趋势[J].电网技术,2011,35(4):1-7.
- [9] 李明,姜久春,牛萌,等.电动汽车充电站网络监控系统的研究[J].汽车电子,2010,26(2):163-164.
- [10] 严辉,李庚银,赵磊,等.电动汽车充电站监控系统的设计与实现[J].电网技术,2009,33(12):15-19.
- [11] 赵明宇,王刚,汪映辉,等.电动汽车充电设施监控系统设计与实现[J].电力系统自动化,2011,35(10):65-70.
- [12] 周逢权,连湛伟,王晓雷,等.电动汽车充电站运营模式探析[J].电力系统保护与控制,2010,38(21):63-66,71.

作者简介:

沈珑桓(1992),男,江苏无锡人,本科,研究方向为电动汽车和分布式电源接入;
宋国兵(1972),男,河南信阳人,副教授,研究方向为输电线路故障定位、自适应重合闸和新能源发展技术。

Research on Toll Standard of Electric Vehicles Battery Swap Service

SHEN Long-huan, SONG Guo-bing

(Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: In recent years, domestic electric vehicles gain more popularization and application. However, it is deficient in research of operation charging mode about the battery swap electric bus, and there is no corresponding successful commercial operation case. This paper analyses the present charging situation of charging and swapping battery service. Taking the battery swap electric bus in preferential policy city as an example, in consider of depreciation of charging and swapping station, the cost of battery, the service of charging and swapping and so on, this paper analyses the balance of investment and profit, to calculate charging and swapping service charge standard. Comparing with the charge standard of oil-alternative in part provinces, conclusions and suggestions on charging battery swap service are then given, which provides reference for the research and release of domestic electric vehicles charging and swapping service toll standard.

Key words: smart grid; electric vehicles; charging infrastructure; charging and swapping station; charge standard

(上接第 25 页)

优缺点。经过实践证明,采用了上述几种方法后,可以解决绝大多数的励磁系统均流问题,均流系数能提升到 0.9 以上。励磁系统的调试检修人员可以结合现场实际情况根据难易程度选择最为合适的办法。

参考文献:

- [1] DLT 583—2006,大中型水轮发电机静止整流励磁系统及装置技术条件[S].
- [2] GBT 7409.3—2007,同步电机励磁系统 大中型同步发电机励磁系统技术要求[S].
- [3] 许其品,魏伟,王永刚.可控硅整流桥均流的探讨[J].水电厂自动化与大坝监测,2010,34(4):12-15.
- [4] 王伟,石磊,马齐,等.影响并列运行可控硅励磁整流桥均流的因素[J].水电厂自动化,2006(S):90-96.
- [5] 陈改琴.整流柜均流系数测算方法的改进[J].有色冶金节能,2010(1):49-51.
- [6] 余前军,李自淳,钱厚军.励磁整流柜高性能均流磁环[J].大电机技术,2009(3):48-50.
- [7] 许敬涛.整流设备动态均流技术[J].中国氯碱,2010(3):5-7.

作者简介:

余振(1983),男,江苏南京人,工程师,从事发电机励磁控制研究工作;
万泉(1985),男,湖北武汉人,工程师,从事发电机励磁控制研究工作。

Solutions of Current Inequality in Rectifiers of Generator Excitation System

YU Zhen, WAN Quan

(NARI Technology Development Co. Ltd., NanJing 210061, China)

Abstract: Reasons for poor current-sharing of rectifiers for generator excitation, including AC Impedance, component on-state characteristics and busbar connection mode, are analyzed. This paper proposes relevant solving method that is rearrangement of the order of SCR, redesign of main circuit busbar, installation of flux diverter and digital intelligent current-sharing, achieving good results in practical application.

Key words: excitation system; rectifying device; current sharing