

动车试验线牵引供电三相平衡补偿装置的系统设计

蒋家久, 陈志博, 沈 辉, 王才孝

(南车株洲电力机车研究所有限公司, 湖南 株洲 412001)

摘要: 动车试验线电压由 10 kV 升压供给 25 kV 单相牵引负荷, 供电电源采用 SVC 动态无功补偿的三相平衡补偿系统。本文介绍了该系统的平衡补偿原理、补偿装置构成、装置参数选择及平衡控制, 探讨了系统稳定性问题, 并通过仿真对 TSC 电路参数进行了优选。该系统补偿方式新颖, 性能优良。

关键词: 三相平衡补偿; 牵引变压器; 晶闸管投切电容器; 晶闸管投切电抗器

中图分类号: TM714.3

文献标识码: A

文章编号: 1671-8410(2010)05-0038-07

System Design of 3-phase Balance -Compensation Device in Traction Power Supply for EMU Test Line

JIANG Jia-jiu, CHEN Zhi-bo, SHEN Hui, WANG Cai-xiao

(CSR Zhuzhou Institute Co.,Ltd., Zhuzhou,Hunan 412001,China)

Abstract: EMU test line supplies 25 kV voltage to single -phase traction load from 10 kV boosting. The 3-phase balance-compensation system of the power supply is used based on the SVC dynamic reactive compensation. It introduces balance-compensation theory, composition structure of the compensation devices, parameters selection and balance control of this system. The stability issues are also explored. Furthermore, TSC circuit's parameters are optimal selected by simulation. The compensative method is novel and the performance of the system is excellent.

Key words: 3-phase balance-compensation; traction transformer; TSC(thyristor switched capacitor); TSR(thyristor switched reactor)

0 引言

干线电气化铁道由 110 kV 或 220 kV 三相电网通过变压器降压供给机车牵引负荷, 供电区间循环换相降低了负序影响^[1], 加之电网容量日渐增大, 故所有电气化线路迄今未见设置平衡补偿装置; 但小容量系统供给单相牵引负荷时, 一般须进行平衡补偿, 补偿不当则可能出现严重过载问题。

某公司为进行动车出厂运行考核试验, 从 10 kV 电网升压获取 25 kV 单相试验电源, 期间曾出现不平衡负荷引起上级变压器跳闸故障。该公司在新厂区建立交

流牵引变电站时, 将试验设备容量增大到 10 MW, 以满足多条动车静调线、滚动试验台及环线高速动车组运行试验的需要。为保证供电质量, 消除负序影响, 充分发挥电力系统的供电能力, 新建牵引供电电源采用南车株洲电力机车研究所有限公司研制的牵引变压器与 TSC+TSR 型动态无功补偿相结合的平衡补偿系统。本文介绍了该供电系统的平衡补偿原理、补偿装置构成、装置参数选择及分组投切原则, 探讨了容性补偿装置的组成对系统稳定性的影响, 从系统稳定性考虑, 通过仿真对 TSC 电路进行了最优参数选择, 结果表明, 该系统在全牵引负荷范围内, 平衡补偿性能优良。

1 牵引试验变压器的选型

根据平衡补偿装置设置的位置, 可供选择的牵引

收稿日期: 2010-08-09

作者简介: 蒋家久(1927-), 男, 教授级高级工程师, 长期从事电气化铁道供电及机车电传动方面的研究和设计工作。

试验变压器有：三相三绕组变压器、三相双绕组变压器和单相变压器。三相三绕组变压器的低压绕组用于平衡补偿，使变压器一次侧绕组直接获得三相平衡电流；三相双绕组变压器和单相变压器仅用于电压变换^[2-3]，本身与平衡补偿无关，补偿装置直接接于10 kV母线。

老厂区试验线采用三相三绕组牵引变压器，系统供电线路如图1所示。电力变压器由35 kV电网供电，变压器容量为6.3 MVA，10 kV电压同时供给厂区动力负荷与牵引试验负荷。牵引变压器的3个绕组输出电压分别为10 kV、25 kV及3 kV，对应容量为3.15 MVA、3.15 MVA和1.82 MVA。电力变压器和牵引变压器的容量及电流如表1所示。只有当第三绕组（即低压绕组）完全补偿后牵引变压器才能正常工作，否则会造成一次侧绕组过载、输出过流。未补偿情况下，在额定牵引负荷时，一次侧绕组的相电流为182 A 相当于额定值（105 A）的 1.73倍，一次侧绕组严重过载；而输出电流 I_B 为另两相电流的2倍，不计工厂用动力负荷，仅正常的牵引电流就会造成上级电力变压器过载跳闸（表2）。

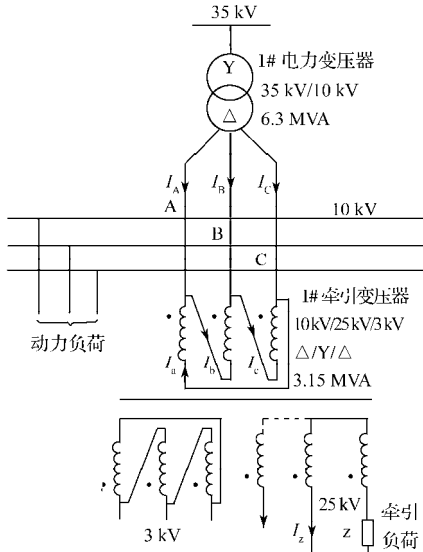


图1 动车试验线牵引供电线路 (三相三绕组牵引变压器)

Fig.1 Traction power line for EMU test (3-phase 3-winding traction transformer)

表1 电力变压器与牵引变压器的容量与电流

Tab.1 Capacities and currents of power transformer and traction transformer

类别	绕组	额定容量 / MVA	额定电压 / kV	额定电流 / A	
				相电流	线电流
电力变压器	一次侧	6.30	35	104	104
	二次侧	6.30	10	210	364
牵引变压器	一次侧	3.15	10	105	182
	二次侧（牵引）	3.15	25	126	126
	第三（补偿）	1.82	3	202	350

表2 牵引变压器负荷与一次侧绕组电流关系 ($P_N=3.15$ MW、第三绕组未补偿时)

Tab.2 Relationship between loads and primary winding currents of traction transformer (when $P_N=3.15$ MW and the third winding is uncompensated)

牵引负荷 P_Z	二次侧绕组电流 I_Z/A	一次侧绕组电流 / A			
		线电流		相电流	
		$I_A=I_C$	I_B	I_a	$I_b=I_c$
$0.5P_N$	63	91	182	0	91
$0.75P_N$	95	137	273	0	137
P_N	126	182	364	0	182
$1.25P_N$	158	228	455	0	228
$1.5P_N$	189	273	546	0	273

新厂区电力变压器的容量为12.5 MVA，由110 kV电网供电，牵引变压器容量为10 MVA，是老厂区容量的3倍多。大容量负荷不适于再通过第三绕组来平衡补偿，如果设置第三绕组，补偿电流将达到1 900 A，绕组电流也将至1 100 A。大电流将带来诸多负面影响，如补偿装置支路增多、支路电流大、装置散热困难、变压器结构复杂、容量大而浪费等。补偿的目的是将单相电流转变为三相平衡电流，可无需在牵引变压器设置第三绕组而直接在10 kV电网进行补偿。

当补偿装置直接接于10 kV电网，牵引变压器可选用三相式或单相式结构。三相式结构（图2(a)）可从图1演变而来。实际上，当25 kV二次侧绕组加载时，10 kV一次侧绕组B、C相电流大小相等、相位相反；A相芯柱因无二次侧绕组，故一次侧绕组电流始终为零，可简化为图2(b)，即三相牵引变压器的简单实用形式。设牵引负荷为10 MW，表3示出图2(b)中变压器绕组电压、电流及容量的额定值。

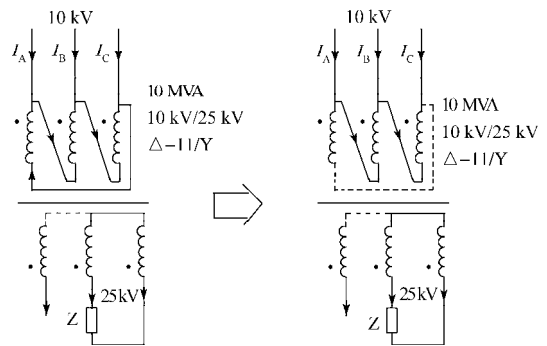


图2 三相牵引变压器接线图

Fig.2 Wiring diagram of 3-phase traction transformer

单相牵引变压器接入电源形式如图3所示。变压器容量为10 MVA，牵引绕组电流为400 A，10 kV绕组电流为1 000 A。

表 3 额定容量为10 MVA的三相双绕牵引变压器绕组的电压、电流与容量

Tab.3 Voltages, currents and capacities of windings of 10 MVA traction transformer with 3-phase 2-winding

相位	二次侧 (25 kV) 绕组额定值				一次侧 (10 kV) 绕组额定值			
	相电压 / kV	相电流 / A	线电流 / A	容量 / MVA	相电压 / kV	相电流 / A	线电流 / A	容量 / MVA
A	-	-	-	-	-	-	577	-
B	14.43	400	400	5.77	10	577	1155	5.77
C	14.43	400	400	5.77	10	577	577	5.77
合计				11.55				11.55

三相牵引变压器绕组容量比单相变压器大15%，体积、重量和成本费用相应增加；三相变压器最大输出电流为1 155 A，大于单相变压器(1 000 A)；三相变压器的输入输出开关设备及保护设施都比单相变压器的复杂。基于上述情况，选用单相变压器作为动车试验线的牵引变压器是合理的。

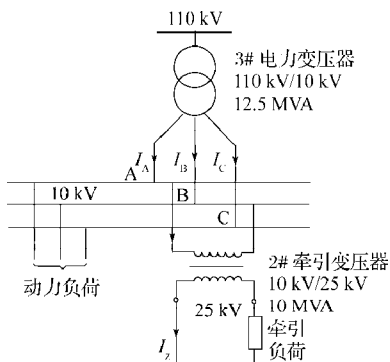
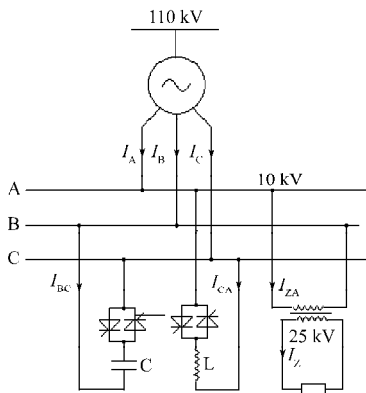


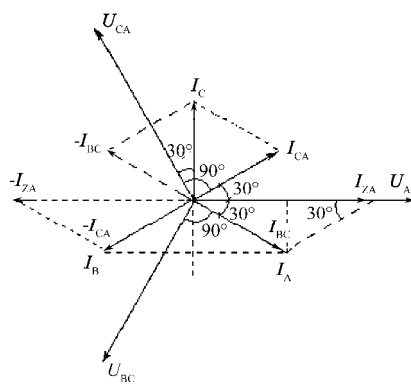
图3 动车试验牵引供电线路图 (单相牵引变压器)
Fig.3 Wiring diagram of traction power supply for EMU test (single-phase traction transformer)

2 三相平衡补偿原理

图4示出单相牵引供电的平衡补偿电路及电流电压矢量图。单相牵引变压器由10 kV电网的AB相供电，二次侧输出25 kV电压，供给动车牵引负荷电流 I_z ，最大输出视在功率 $S_z=10$ MVA。现代高速动车采用交流变频传动，其电源侧变流器采用四象限控制器^[4]，负荷功率因数接近于1，故取牵引负荷电流 I_{zA} 与电压 U_{AB} 同相位。



(a) 补偿电路
(a) Compensation circuit



(b) 矢量图
(b) Vector diagram

图4 三相平衡补偿电路及其矢量图

Fig.4 3-phase balance-compensation circuit and its vector diagram

平衡补偿装置由TSC与TSR构成，TSC接于BC相，TSR接于CA相。TSC支路产生的容性电流 I_{BC} 超前电压 U_{BC} 90°，TSR支路产生的感性电流 I_{CA} 滞后电压 U_{CA} 90°。在不同牵引负荷电流下，通过调节TSC和TSR电流，可使三相电流 I_A 、 I_B 和 I_C 平衡对称。

图4(b)示出平衡补偿后的电流、电压矢量图。以电压矢量 U_{AB} 为基准，则三相电流 I_A 、 I_B 、 I_C 为：

$$I_A = I_{zA} - I_{CA} \tag{1}$$

$$I_B = I_{BC} - I_{zA} \tag{2}$$

$$I_C = I_{CA} - I_{BC} \tag{3}$$

式中： I_{CA} ——TSR感性电流； I_{BC} ——TSC容性电流； I_{zA} ——牵引负载电流。

由图4(b)可知， I_{CA} 与 $-I_{BC}$ 相位相差120°，二者相加得 I_C 。若 I_{CA} 与 I_{BC} 幅值相等，则 I_C 垂直于X轴，且 $I_C = I_{CA} = I_{BC}$ 。据此，令 $I_A = I_{BC}$ ，沿 I_A 的顶点作 I_{CA} 的平行线交于X轴，得 I_{zA} ，即可知 I_{zA} 、 I_{CA} 和 I_A 之间的关系，且 $I_A = I_{BC} = I_{zA}/\sqrt{3}$ 。同理可知， $I_B = I_{CA} = I_{zA}/\sqrt{3}$ 。

以上结果说明，如果牵引负载接于AB相，平衡补偿装置TSC接于BC相，TSR接于CA相，调节补偿装置TSR的电流 I_{TSR} 等于TSC电流 I_{TSC} ，并等于牵引负载电流 I_{zA} 的 $1/\sqrt{3}$ ，即 $I_{TSR} = I_{TSC} = I_{zA}/\sqrt{3}$ ，则10 kV电网的三相电流 I_A 、 I_B 、 I_C 幅值相等，彼此相位相差120°，达到了完全平

衡对称。

当额定牵引视在功率 $S_2=10$ MVA时,TSR与TSC的额定补偿容量为 $S_2/\sqrt{3}$ 即 $Q_{TSR} = Q_{TSC} = S_2/\sqrt{3}=5.77$ Mvar, 额定补偿电流 $I_{TSR} = I_{TSC} = I_{ZA}/\sqrt{3} = 577$ A。

3 牵引供电平衡补偿系统

图5 示出单相牵引供电的三相平衡补偿电路。10 MVA单相牵引升压变压器接于10 kV 母线电压的AB相,二次侧输出25 kV 电压供给牵引试验负荷。平衡补

偿装置由多支路TSC和TSR构成,感性补偿补偿装置由6条TSR支路组成,容性补偿装置由3条TSC支路和3条TSR支路组成,总补偿容量都等于5.77 Mvar。感性补偿装置通过断路器和隔离开关接入10 kV 电压的CA相,容性补偿装置接入BC相。补偿装置按容量分级设计、组成28级分组投切。平衡补偿采用跟踪补偿方式,根据牵引负荷的大小,自动跟踪投入相应级的补偿支路,使牵引负荷在全功率范围内实现平衡补偿。

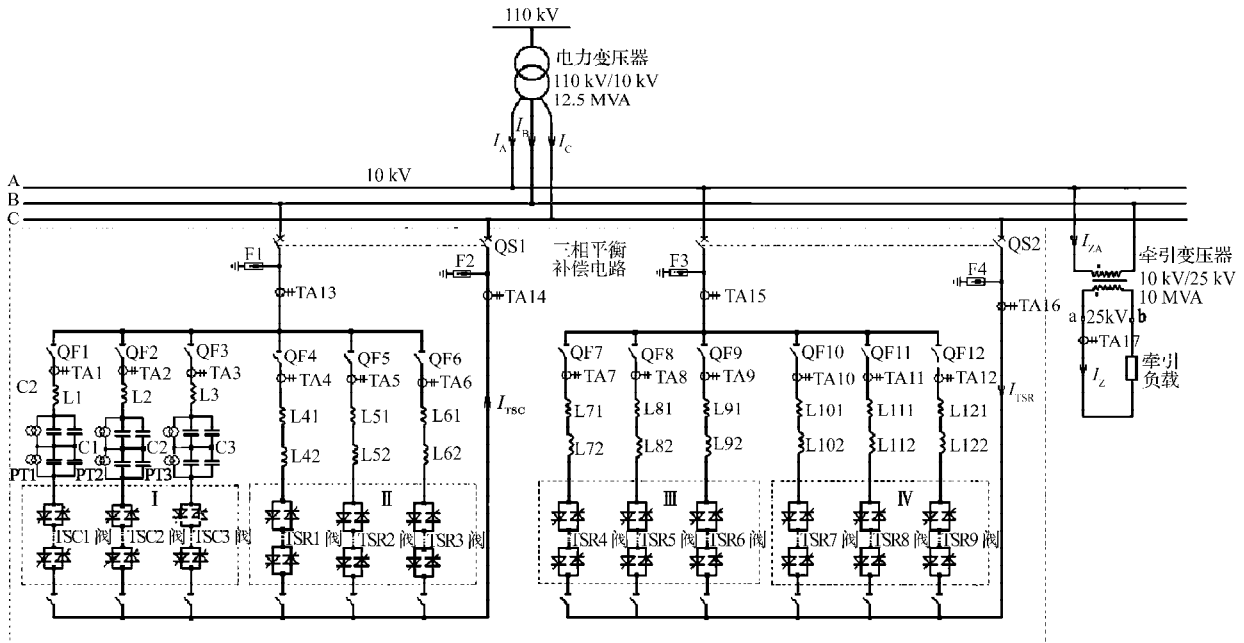


图5 单相牵引供电三相平衡补偿电路

Fig. 5 3-phase balance-compensation circuit for single-phase traction power supply

3.1 TSC 补偿支路

TSC 补偿支路由电容器组、串联电抗器和晶闸管阀串联构成。电容器组由单台电容器2串多并组成,2台电容器相串联是为了提高支路的安全性,防止因电容器损坏而产生的巨大短路电流,危及晶闸管阀的安全。每台电容器设有熔断器,电容器组并联放电线圈,二次侧绕组电压用于差动保护,当电容器过流、损坏或熔丝烧断,则保护动作,立即封锁脉冲或跳闸。

所有TSC 阀和TSR 阀的基本结构完全相同,均由反向并联晶闸管组件串联组成,TSC 阀组件由10个反向并联晶闸管串联而成,TSR 阀组件由6个反向并联晶闸管串联而成。每一组件包括6.5 kV 反向并联晶闸管、RC 阻尼电路和均压电阻、脉冲变压器、取能电流互感器和脉冲控制板。脉冲控制板从RC 电路和电流互感器获取控制电源,将控制箱发出的光脉冲信号经光电变换、放大后通过脉冲变压器触发反向并联晶闸管,同时它还将组件的状态通过光纤回送控制箱。

TSC 阀的通断由阀柜控制箱通过光纤控制,TSC 支路在电压零点给脉冲投入,封锁脉冲后电流过零关断,通断时无电流冲击与过电压。支路关断后,因电容器存在残压(残压释放到安全值以后才能够再次投入),故TSC 支路不能频繁投切,投切间隔时间有一定限制。

TSC 设计时采用高电抗率,系统谐振频率远离特征频率,故补偿系统运行稳定,不会出现谐振过流现象。

3.2 TSR 补偿支路

TSR 支路由并联电抗器和晶闸管阀串联构成。电抗器分成两节串联,主要为防止电抗器闪络击穿而造成直接短路。TSR 阀在电压峰点给脉冲触发导通后,支路电流立即进入稳态,封锁脉冲后,电流过零关断,通断过程无电流冲击与过电压,响应迅速,故TSR 支路可频繁投切。TSR 支路因无残压存在,晶闸管阀承受的电压较TSC 阀低,故晶闸管组件只需6组串联。

3.3 晶闸管阀柜

TSC 阀和TSR 阀分别安装于绝缘水平为10 kV 的阀

柜内,一个阀柜内装设3个支路晶闸管阀,该系统共4个阀柜(图5)。TSR1~TSR6支路电流较小,晶闸管组件采用铝型材散热器;TSR7~TSR9支路和TSC1~TSR3支路电流较大,晶闸管组件采用热管散热器。

TSC阀组件在封锁脉冲后短时间内,晶闸管电压的安全系数为2.3;通电但未提供触发脉冲时,电压安全系数高达4.5。TSR阀组件在通电但未提供触发脉冲时,电压安全系数2.75。TSC与TSR通断时均无涌流与过电压,故阀组晶闸管常处于安全状态。

每一阀柜设有脉冲控制箱用以接收发自中央控制柜的投切信号。控制箱接受投入指令后,在电压过零或90°时通过光纤向晶闸管组件发出触发脉冲;当无投入指令时,控制箱封锁、无输出。触发脉冲板设有防干扰环节以防止补偿装置的误导通。控制箱设有小型触摸显示器,实时显示柜内各支路电流大小及晶闸管组件的状态。

3.4 系统平衡控制

负荷平衡控制包括自动运行和手动运行2种方式。采用自动运行方式时,控制系统自动跟踪牵引负荷电流的变化并投入相应组合的补偿支路,10 kV侧电流总处于平衡状态。具体实施时,由中央控制柜实时检测牵引电流信号和TSC、TSR补偿电流信号并对牵引电流和补偿电流大小进行比较,一旦偏差超过规定值,系统立即发出指令使阀柜控制箱投入或切除相应的补偿支路。自动跟踪过程迅速,响应时间小于10 ms,转换时无电流冲击。为防止负荷来回转换振荡,系统设置了较大的回滞区间值。

如牵引负荷为确定值或补偿装置出现局部故障时,可采取手动运行控制方式。手动运行时,可人为设置任一级组合,补偿电流为恒定值,且 $I_{TSC}=I_{TSR0}$ 。当牵引电流小于或等于 $1.73I_{TSC}$ 时,则10 kV电网负载电流 $I_C=I_{TSC}=I_{TSR}$,另两相电流 $I_A、I_B$ 小于 I_C 。

4 补偿装置容量分级及支路阻抗参数选择

感性补偿装置由6组TSR支路组成,容性补偿装置由3组TSC支路+3组TSR支路组成,二者总补偿容量均为5774 kvar。按28级分组投切,容量级差 $Q=206$ kvar,电流级差 $I=21$ A,相应牵引负荷级差 $S_2=357$ kVA。

4.1 补偿容量的划分

4.1.1 感性补偿装置

感性补偿装置各支路的容量关系为 $Q_{TSR4} : Q_{TSR5} : Q_{TSR6} : Q_{TSR7} : Q_{TSR8} : Q_{TSR9}=1 : 2 : 4 : 7 : 7 : 7$ 。每条TSR支

路输出的无功为 $\frac{U^2}{X}$ (其中:U为支路输入电压,X为支路电抗)。以容量最小的TSR4支路的电抗为基准,则各支路的电抗关系为:

$$X_{TSR4} : X_{TSR5} : X_{TSR6} : X_{TSR7} : X_{TSR8} : X_{TSR9} = 1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{4} : \frac{1}{7} : \frac{1}{7} : \frac{1}{7} \quad (4)$$

4.1.2 容性补偿装置

容性补偿装置之所以采用由TSC与TSR混合组成是因为:

(1)TSC多支路组合运行时易引起系统振荡,危及阀组与电容器的安全。谐振频率与TSC支路容量、阻抗比、系统容量等密切相关,选择谐振频率时尽量避免出现在特征频率位置。多支路TSC可构成多种组合状态;而组合状态越多,则谐振点落入特征频率的概率增大,故TSC支路数最好不要超过3。

(2)在同电源电压前提下,TSR使用的晶闸管数量仅为TSC的3/5,且TSC投切转换时间长,不适于频繁投切。故从节约成本、提高可靠性角度考虑,容性补偿装置以TSC为主再辅以TSR,容量的微调通过TSR来实现,可提高平衡补偿的调节灵敏性。

基于上述考虑,选择3组TSC支路和3组TSR支路构成容性补偿装置。各支路容量关系为: $Q_{TSC1} : Q_{TSC2} : Q_{TSC3} : Q_{TSR1} : Q_{TSR2} : Q_{TSR3}=8 : 10 : 10 : 1 : 2 : 4$ 。仍以TSR4支路的电抗为基准,因 $X_{TSR1}=X_{TSR4}$,则容性补偿装置各支路的阻抗关系为:

$$X_{TSC1} : X_{TSC2} : X_{TSC3} : X_{TSR1} : X_{TSR2} : X_{TSR3} = \frac{X}{8} : \frac{X}{10} : \frac{X}{10} : X : \frac{X}{2} : \frac{X}{4} \quad (5)$$

式中: $X_{TSC1}、X_{TSC2}$ 及 X_{TSC3} ——电抗率 $\beta=0$ 时,TSC1、TSC2及TSC3支路的容抗; $X_{TSR1}、X_{TSR2}$ 及 X_{TSR3} ——TSR1、TSR2及TSR3支路的并联电抗。

4.2 系统稳定性的检查及TSC阻抗参数的选择

表4示出补偿装置分级投入序号与对应的补偿支路组合。根据不同的牵引负荷电流,投入对应序号的支路组合,则10 kV侧电流达到完全平衡。

当TSC支路数为3时,TSC有5种分组投入状态(表4)。采用Matlab仿真软件对TSC+TSR平衡补偿系统作了稳定性检查。仿真技术条件为:110 kV电源系统容量为2400 MVA;电力变压器容量为12.5 MVA,阻抗电压10.5%,1到3台并联工作;电抗率 β 在0~0.15范围内,步长 $\beta=0.01$,且3组TSC支路的 β 值相同。

表4 投入序号及其TSC与TSR补偿支路组合

Tab. 4 Turn-on sequence number and its combination of TSC and TSR

投入 序号	补偿后的 10 kV 侧平衡电流 / A	I_{ZA}/A	容性补偿装置分组						感性补偿装置分组								
			TSR 支路序号			TSC 支路序号			TSR 支路序号								
			1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	21	36															
2	41	71															
3	62	107															
4	83	143															
5	103	179															
6	124	214															
7	144	250															
8	165	286															
9	186	321															
10	206	357															
11	227	393															
12	247	429															
13	268	464															
14	289	500															
15	309	536															
16	330	571															
17	351	607															
18	371	643															
19	392	679															
20	412	714															
21	433	750															
22	454	786															
23	474	821															
24	495	857															
25	515	893															
26	536	929															
27	557	964															
28	577	1 000															

仿真结果发现：当 $\beta = 0.11$ 时，全部在特征频率位置出现谐振（例如：当2台变压器并联工作、TSC1+TSC2组合投入、 $\beta = 0.075$ 时，系统谐振频率为150 Hz（图6）；当 $0.12 < \beta < 0.15$ 时，谐振点向低端移动，谐振频率在118~138 Hz范围内，远离特征频率。为尽可能减小串联电抗器的体积及重量，TSC支路设计时，选择 $\beta = 0.12$ ，以TSR4支路的并联电抗 X 为基准，则电容器组的容抗 X_C 和串联电抗器的感抗 X_L 分别如式(6)及式(7)所示：

$$X_{C1} : X_{C2} : X_{C3} = \left[\frac{X}{8(1-\beta)} \right] : \left[\frac{X}{10(1-\beta)} \right] : \left[\frac{X}{10(1-\beta)} \right] \quad (6)$$

$$X_{L1} : X_{L2} : X_{L3} = \left[\frac{\beta X}{8(1-\beta)} \right] : \left[\frac{\beta X}{10(1-\beta)} \right] : \left[\frac{\beta X}{10(1-\beta)} \right] \quad (7)$$

5 三相平衡补偿效果

当牵引负荷由零变化到10 MW，平衡补偿装置自动跟踪调节，10 kV电网三相电流总保持在最佳平衡状

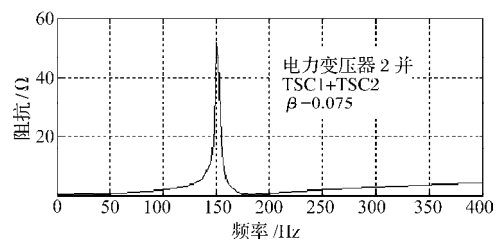


图6 平衡补偿系统的阻抗频率曲线

Fig.6 Impedance-frequency curve of balance-compensation system

态。表5示出投入序号为13~16的10 kV三相电流 I_A 、 I_B 、 I_C 随牵引负荷的变化关系。表中数字说明，当补偿电流 $I_{TSC} = I_{TSR} = I_{ZA}/\sqrt{3}$ 时，三相电流 $I_A = I_B = I_C$ 达到完全平衡对称。牵引负荷电流每增加 $I_{ZA}=36 A$ ，则补偿电流增大一级，即 $I_{TSC} = I_{ZA}/\sqrt{3}=21 A$ ；级间牵引电流微量变化时，10 kV电网C相电流保持 $I_C = I_{TSC} = I_{TSR}$ ，另两相电流 I_A, I_B 与 I_C 的差值不大于21 A，可见三相平衡度仍十分良好。动车采用交流变频传动，其负荷功率因数接近于1，但实际运行时不可能完全等于1，故补偿后的三相电流与表中数值会有所偏离，这种偏离

表5 三相电流随牵引负荷的变化关系
Tab.5 Relationship between 3-phase current and traction load

投入序号	13					14				
补偿电流 / A ($I_{TSC}=I_{TSR}$)	268					289				
牵引功率 / kW	4 400	4 500	4 600	4 644	4 700	4 800	4 900	4 950	5 000	5 100
10 kV 牵引电流 I_{ZA} / A	440	450	460	464	470	480	490	495	500	510
10 kV 侧 I_A / A	247	256	264	268	273	272	280	284	289	297
电 流 I_B / A	247	256	264	268	273	272	280	284	289	297
I_C / A	268	268	268	268	268	289	289	289	289	289
投入序号	15					16				
补偿电流 ($I_{TSC}=I_{TSR}$) / A	309					330				
牵引功率 / kW	5 200	5 250	5 300	5 357	5 400	5 500	5 600	5 700	5 714	5 800
10 kV 牵引电流 I_{ZA} / A	520	525	530	536	540	550	560	570	571	580
10 kV 侧 I_A / A	296	300	304	309	313	312	320	329	330	334
电 流 I_B / A	296	300	304	309	313	312	320	329	330	334
I_C / A	309	309	309	309	309	330	330	330	330	330

对工作不带来任何影响。

6 结语

采用TSC + TSR型动态无功补偿实现动车试验线三相平衡补偿是SVC的一种新的用途。补偿装置高压阀组通过光纤触发,投切过程中无冲击电流与过电压,可靠性高;感性无功与容性无功互补,补偿电路不产生谐波,10 kV电网三相电流为正弦波;平衡补偿系统采用分级分组电流跟踪投切方式,跟踪速度快,电流级差小,

方式简单实用,在全负荷范围内,三相平衡性能良好。

参考文献:

- [1] 谭秀炳. 交流电气化铁道牵引供电系统[M]. 成都:西南交通大学出版社,2007.
- [2] 李鲁华. 电气化铁道供电系统[M]. 北京:中国铁道出版社,2008.
- [3] 李群湛,连级三,高仕斌. 高速铁路电气化工程[M]. 成都:西南交通大学出版社,2006.
- [4] 张曙光. HXd2型电力机车[M]. 北京:中国铁道出版社,2009.

刊号: ISSN 1671-8410
CN 43-1486/U
邮发代号: 42-337

刊 期: 双月刊
开 本: 标准16开
出版日期: 单月20日

原刊名 《变流技术与电力牵引》

创刊于1978年

2011年《大功率变流技术》开始征订了!

HIGH POWER CONVERTER TECHNOLOGY
DAGONGLV BIANLIU JISHU

主办: 株洲变流技术国家工程研究中心有限公司
南车株洲电力机车研究所有限公司

协办: 清华大学电力电子工程研究中心
浙江大学电力电子应用技术国家工程研究中心

◆本刊宗旨

反映电力电子变流技术与电力传动及其系统控制技术领域的国内外最新发展动态,深化电力电子变流技术与电力传动及其系统控制技术的研究与工业实践,推进自主创新进程和自主品牌的发展与壮大,为我国变流技术与电力传动领域的发展服务。

◆主题内容

- ★ 电力电子器件及其应用
 - ★ 变流装置及其应用
 - ★ 应用系统及其控制
- 涉及行业有电力、交通(包括轨道交通和道路运输装备等)、冶炼、采矿、化工、航空、航天及军工等。

◆读者对象

主要为从事变流技术、电传动与控制自动化领域的研发人员、企业领导和管理人员以及大中专院校相关专业的师生。

◆主要栏目

- ★ 综述与评论
- ★ 应用基础研究
- ★ 电力电子器件与应用
- ★ 变流器与控制
- ★ 绿色能源与节能
- ★ 工业应用
- ★ 电力传动
- ★ 电磁污染与电能质量控制

地址: 湖南省株洲市时代路169号南车株洲电力机车研究所有限公司《大功率变流技术》编辑部 邮编: 412001
电话: 0731-28498892 28498232 传真: 0731-28498141 E-mail: ct&et@teg.cn