

问题讨论

CRH₂型动车组主断路器的选型探讨汤志强¹, 石晓康²(1. 株洲庆云轨道牵引装备有限公司, 湖南 株洲 412002;
2. 湖南铁道职业技术学院, 湖南 株洲 412001)

摘 要: 从中国和日本不同的铁路过分相方式及车辆保护方式入手, 解析国内机车车辆对车载主断路器的要求与日本车载断路器之间的差异, 由此指出CRH₂型动车组选用CB201型真空断路器存在的一些技术局限性, 并提出相关改型建议。

关键词: CRH₂型动车组; 车载断路器; 机械寿命; 开断容量; 最高工作电压

中图分类号: U264.34; U266.2

文献标识码: B

文章编号: 1000-128X(2011)05-0069-02

车载断路器是列车上最重要的电器部件, 是控制列车与接触网之间电气接通与分断的总开关, 当列车发生如短路、欠压等严重故障时, 都通过断路器的操作来切断机车电源, 以保护列车设备及司乘人员的安全。

CRH₂型动车组是在引进日本川崎重工的技术基础上, 结合中国实际情况而研制出来的。自2007年正式上线运营以来, 该型动车组的运行一直比较稳定, 可靠性很高。但随着运营时间的延长, 车辆上原来配装的CB201型主断路器表现出了一些性能上的缺陷, 制约了车辆的长期运营可靠性。这主要是由于国内的铁路供电系统与机车车辆之间的操作控制方式与日本的系统有着明显的差异, 使两者之间对车载主断路器有着截然不同的性能要求所导致。

1 CB201型断路器性能介绍

由于CRH₂型动车组技术原型为日本新干线E2-1000型动车组, 所以CRH₂上许多设备都采用了E2-1000型动车组上的同型号设备, 车载断路器也因此沿用了原型车的CB201型真空断路器。CB201真空断路器用在日本E2-1000动车组上时, 其工作要求为: ①当变压器二次侧出现过流等故障时, 断路器断开故障电路; ②当列车在库内试车或进出站时, CB201断路器作为主开关进行分、合操作。正是由于动车组对断路器的工作要求比较简单, 所以配装在E2-1000动车组上的CB201真空断路器技术性能相对比较低。

CB201型真空断路器主要技术参数如下^[1]:

最高工作电压	30 kV
额定工作电流	200 A
额定开断容量	100 MVA
额定开断电流	3 400 A
额定短时耐受电流	4 000 A

收稿日期: 2011-04-06

机械寿命

50 000 次

但日本电气化铁路供电系统与列车之间的配合控制方式与中国的控制方式有很大不同, 这一点导致双方对车载断路器的要求也随之有很大差异。CB201型断路器满足日本E2-1000型动车组的使用要求, 但却远远不能满足CRH₂型动车组的安全运营要求, 原因如下。

2 技术局限性原因分析

2.1 不同的过分相方式

目前, 列车自动过分相方式主要有车载自动过分相和地面自动过分相2种。日本新干线采用地面自动过分相方式, 我国则主要采用车载自动过分相方式。以下为2种方式的不同工作原理介绍。

车载自动过分相原理如图1所示, 列车在A处得到预告信号后, 将关闭辅助绕组, 在B处封锁主变流器脉冲, 然后在C处断开车载主断路器, 列车断电进入中性段, 惰行进入右侧供电臂后, 于D处合上车载主断路器, 并在E处将主变流器脉冲解锁, 开启辅助电源, 然后列车进入正常行驶。

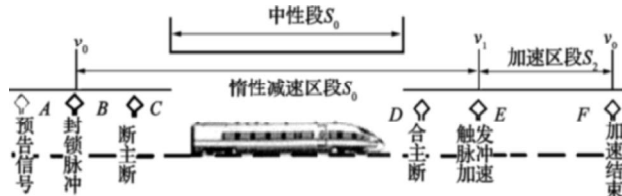


图1 列车自动过分相原理

地面自动过分相原理如图2所示, 主要由变电站的2个分相断路器S1、S2, 2个分相绝缘器F1、F2以及列车位置传感器CG1~CG4组成。当列车驶入CG1时, 断路器S1合闸, 中性段带A相电; 列车进入CG2后, S1断开, S2合闸, 此时中性段由带A相电变为带B相电; 列车带电通过分相区到达CG4后, 断开S2, 完成过分相。整个过程, 全部由变电站的电器进行相应动作, 车载断路器不进行任何操作^[2]。

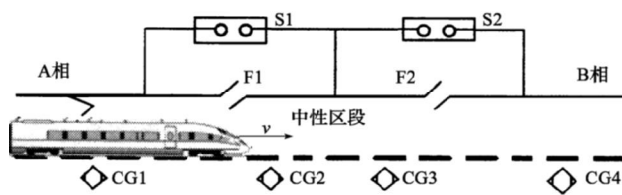


图2 地面自动过分相原理

正是由于这2种过分相方式的差异, 导致了对车载断路器截然不同的寿命要求。在我国, 车载断路器在每次过分相时都得进行操作, 而国内分相区的间隔距离大概在20~40 km, 以列车每年行使40万km计, 光过分相操作就有1万多次, 再加上出入库、进出站以及故障开断等, 年操作次数在1.5万次左右。而在日本, 其车载断路器在过分相时不进行任何操作, 同样的列车里程数, 断路器年工作量仅在3 000次左右, 所以对其机械寿命参数的要求比中国要低得多。CB201型断路器的机械寿命就是完全按照日本的工作方式进行设计, 配装在

中国的CRH₂动车组上就存在很大的技术局限,因为5万次的机械寿命在中国仅能满足3~4年的正常运营要求。

对于CRH₂型动车组车载断路器,由于采用的是列车自动过分相控制方式,根据IEC60077.4:2003的要求,此种工作方式的车载断路器工作频度应该为C3:重型,其机械寿命要求达到20万次以上,CB201型断路器5万次的机械寿命参数是远远不能满足运营要求的。

2.2 不同的短路保护方式

在日本的供电网与列车的配合控制中,当动车组出现变压器一次侧短路时,其短路保护由牵引变电站的馈线保护系统完成。即在保护元件检测到出现短路故障的情况下,由电流速断元件在50 ms以内动作切断故障^[3],以保护动车组人员设备安全。

正是由于日本采用这种短路保护方式,使列车对车载断路器的短路开断能力要求很低。以E2—1000动车组为例,CB201断路器只要求在变压器二次侧以后的电路中出现过流等故障时,能开断故障电流;不要求对变压器一次侧的主电路提供短路保护,所以其额定开断电流只有3 400 A,开断容量仅有100 MVA。对应的短路接通能力和短时耐受能力都很低。

在中国铁路供电网与列车的配合控制中,则一般采用分段保护的馈线保护方式。要求机车或动车组自身具有一次侧短路保护功能。如TB/T 2808—1997《电气化铁道 电力机车与牵引供电系统继电保护及自动装置配合的技术要求》中,就明确要求机车25 kV侧必须具有电流速断保护装置,且开断时间要求小于60 ms。由于动车组一次侧短路相当于供电系统牵引母线直接短路,短路电流比较大。以某典型的三相牵引变电所为例:电力系统的电抗 $X_{1\Sigma}=0.083$ ($S_d=100$ MVA),2台主变压器并联工作,每台容量为25 MVA, $U_k\%=10.5$,则牵引母线接地时的短路电流计算如下^[4]:

$$\text{变压器电抗为: } X_T = \frac{U_k\%}{100} \cdot \frac{S_d}{S_n} = \frac{10.5}{100} \times \frac{100}{2 \times 25} = 0.21$$

$$I_{k*} = \frac{\sqrt{3}E}{2(X_{1\Sigma} + X_T)} = \frac{\sqrt{3}}{2 \times (0.083 + 0.21)} = 2.96$$

$$I_K = I_{k*} I_d = 2.96 \times \frac{100}{\sqrt{3} \times 27.5} = 6.21 \text{ kA}$$

可以看出,其短路电流值远远大于CB201型断路器的额定开断电流3 400 A,该型断路器完全不具备对此类严重故障的保护能力。一旦发生此类情况,动车组将面临较大的安全隐患。因此,除了CRH₂动车组之外,国内生产的其他交流机车或动车组采用的真空断路器额定开断电流都达到16 kA或20 kA,开断容量达到480 MVA或600 MVA,这样才能确保机车或动车组一次侧发生短路故障时,断路器能迅速开断短路电流,防止发生火灾危及人员设备安全。

随着铁路供电系统容量的不断增加,对车载断路器的开断容量的要求也越来越高。考虑到要满足长远

发展的需要,CRH₂型动车组断路器的开断容量最好在600 MVA以上。

2.3 其他

根据供应商提供的试验报告,CB201型断路器在进行介电强度试验时,其1 min工频耐压有效值为70 kV^[5],也不符合IEC60077.1标准的要求,应该提高至标准规定的75 kV。

CRH₂型动车组作为国内主要的客运列车,运营区域广泛,而根据国内的实际情况,某些地区铁路供电系统的电压波动范围较大,最高电压甚至超过31 kV^[6],已超出了CB201型断路器的最高工作电压范围,也建议提高对车载断路器的最高工作电压参数要求。

3 改进建议

由于国内的铁路供电系统与机车车辆之间的操作控制方式与日本的控制方式有很大的差异,尤其是过分相以及短路保护方式完全不同,导致了国内运行的列车对车载断路器的要求比日本的车载断路器要严格得多。CB201型断路器配装在E2-1000型动车组上,是适合日本的运营特点的;而配装在CRH₂型动车组上,却满足不了中国的运营要求,存在很大的技术局限性,建议采用新型的车载断路器。

要满足CRH₂型动车组的安全运营要求,可以根据IEC60077.4标准的规定,同时结合国内铁路供电系统的特殊性,提出对车载断路器的具体技术要求。个人建议主要技术参数要求提高如下:

最高工作电压	≥32 kV
额定工作电流	≥200 A
额定开断容量	≥600 MVA
额定开断电流	≥20 kA
额定短时耐受电流	≥20 kA
机械寿命	≥200 000 次

综合以上分析以及国内相关主型真空断路器的性能参数来看,TDVC-660/25型真空断路器是最适合CRH₂型动车组要求的车载断路器;而BVAC N99型真空断路器以及22CB型真空断路器如果能通过试验验证其在最高工作电压条件下具有可靠的大电流开断能力,则也将是合适的备选产品。

参考文献:

- [1] 张曙光. CRH₂型动车组[M]. 北京:中国铁道出版社,2008.
- [2] 张曙光. 京沪高速铁路系统优化研究[M]. 北京:中国铁道出版社,2009.
- [3] 李群湛,等. 高速铁路电气化工程[M]. 成都:西南交通大学出版社,2006.
- [4] 杨玉菲. 电气化铁道供电系统[M]. 北京:中国铁道出版社,2005.
- [5] 日立制作所. 中国时速200公里级铁路动车组—零部件例行试验检验报告—真空断路器[R]. 日本:日立制作所,2007.
- [6] 杨一民,等. 我国电气化铁道专用无功补偿装置的发展动态及应用[J]. 电力电容器,1999(4).