

[牵引供电]

牵引供电系统存在的问题与对策

文/西安铁路职业技术学院 王向阳

对目前高速铁路牵引供电系统存在问题的分析,提出将有源滤波器、AT供电方式和Schoot接线方式变压器三者结合,构建新型同相AT牵引供电系统,解决当前高速铁路牵引供电系统所存在的问题。

作为高速铁路牵引负荷的动力——牵引供电系统就显得尤为重要,其供电质量的优劣,对高速铁路安全、可靠、经济运行有重大影响。

牵引供电系统存在的问题

运行经验证实,单相工频交流制的电气化铁道有很多的优点和较明显的经济效益,根据目前世界各国高速电气化铁路的发展情况,今后的发展方向主要是采用单相工频交流制。牵引供电系统的供电对象是电力机车,而电力机车为单相、移动性动态负荷,负荷电流受线路状况和机车本身运行工况(起动、加速、惰行、过电分相、制动与再生等)的多变因素影响,具有随机剧烈波动的特性。加之我国电气化铁道运行的电力机车主型是交—直—直流系统,是一种非线性、低功率因数负荷,将对牵引供电系统和电力系统注入各次谐波电流,成为一种谐波源。在电力机车不同工况下,牵引负荷电流相位角(相对于牵引网电压)的变化幅度较大,致使功率因数偏低。这种制式和牵引特点,使许多问题,如谐波、无功、负序以及“过电分相”等一直备受人们关注,可以说自工频单相交流电气化铁道投入运行不久,人们就已经着手研究和解决这些问题,并提出了一些对策。但这些对策还无法解决高速、重载电气化铁路的“过电分相”、负序电流、三相不平衡等问题。

牵引供电系统存在问题的危害

牵引供电系统存在的这些问题,会对电力网及用户带来极大的危害,会引起变压器以及电力线路上的影响。由于牵引供电系统是一个会随时

发生变化的感性负载,当其承载一定的电压后,会由于变压器以及牵引电动机等的一些设备的非线性关系,造成机车电流中产生谐波成分,由于这些谐波在铁道牵引变电所的三相供电系统中分布不具有对称性。当铁道牵引供电系统的牵引负载功率过大,其空间和时间上分布不均匀和不对称时,就会导致牵引供电系统成为电力系统中主要的无功源,其危害主要表现在以下方面:

1) 无功功率对电网和设备的影响和危害主要表现在以下几个方面:①有效增加有功损耗,提升了整个牵引供电系统中的有功损耗,并增高了系统供电线路及供电设备中的发热量,从而使系统出现能量损耗。②增加了无功容量,会使线路电流增大和视在功率增加,从而使得发电机、变压器以及其他电气设备和导线的容量增加,从而降低了供电设备的功率及容量的利用率。③使线路及变压器的电压降增大,如果是冲击性无功功率负载,还会使电压产生剧烈波动,使供电质量降低。

2) 谐波电流对电网造成严重污染,恶化用电设备环境,危害主要有:①谐波增加了公共电网中各元件的谐波损耗,导致用电、输电、发电设备的效率降低。②使供电线路中,产生附加损耗,供电线路、送变电设备以及其他用电设备发热程度增加,如:损耗程度加大,引起材料发热,绝缘老化、缩短绝缘材料的寿命。③会造成继电保护装置的工作不正常。谐波对继电器设备的运行有极大的影响,一旦有谐波干扰,继电器相关性便会受到一定改变,从而影响到继电器的正常运转。继电器工作不能顺利进行,会对铁道牵引

供电系统的安全运行造成极大的威胁。④谐波会引起供电系统电力网局部出现串联或并联谐振的现象。且串联或并联谐波的发生,会使许多的电容器组不能正常工作和运行,最终导致负载能力的下降。⑤对铁路沿线的通信系统产生干扰,会降低通信质量或使通信系统无法正常工作。

3) 负序电流的危害:我国的电气化铁路是通过三相电力系统经牵引变压器将110 kV(或者220 kV)电压降压为27.5 kV(或者55 kV)后向牵引网和电力机车进行单相供电。因为牵引变压器不对称的供电方式,必然会在电力系统中造成负序电流,从而对供电设备产生一系列危害,例如发电机转子升温幅度增大,引起附加振动;变压器能量损失增多,在铁心磁路中会产生附加发热;输电线中能量损失增多,降低线路的输送能力;继电保护与自动装置负序参量起动元件误动作增多等。

牵引供电系统存在问题的应对措施

目前我国在解决无功和谐波污染问题时,一般采用两种方法:一是对谐波源本身进行改造,使其不产生或少产生谐波,电力机车性能的好坏是谐波电流产生与否的重要影响因素。如一方面尽量选择性能好的机电设备,更新电力机车的性能,提高功率因数;另一方面在平时设备维护过程中,要及时更换陈旧设备。性能好的机电设备可以有效降低谐波电流的产生,从而降低谐波电流对于系统的影响。还可以在电力机车上安装功率校正装置,发现无功功率可以自动校正。这是提高效率的关键措施。二是可以通过各种手段来进行补偿。在供电系统中,常运用的补偿方法是运用电车上的无源或者有源或者两者相结合的方式来进行补偿。另外并联电容的应用也可以有效补偿无功功率。但这种方法的缺点是补偿特性受电网阻抗和运行状态影响,易和系统发生并联谐振,导致谐波放大,使滤波器过载甚至烧毁,它只能补偿固定频率的谐波,补偿效果不理想。

对于负序电流的解决对策:①采用大容量的电源。负序电流产生的影响主要是由于系统自身不能承受巨大的不平衡电流导致的。采用高压、大容量的电源,既是要避免负序电流的产生较为严重的影响,又是在提高系统自身的性能。②改善变压器的接线。我们可以通过使用单相、三相V/V接线,斯科特接线,平衡接线变压器等多种形式的牵引变压器来实现负序电流的解决。③采用换相连接。

解决方案

以上应对措施,不能从根本上解决牵引供电系统中的谐波、负序等问题,还带来了各供电区段的电分相绝缘器的分隔问题,即电分相。严重制约了高速、重载铁路的发展。最理想的方法是采用有源补偿装置的同相供电系统。既解决了电分相的问题,利用补偿装置,也解决了负序和谐波问题,一举多得。

采用有源补偿装置构成的同相供电系统原理图如下图所示。

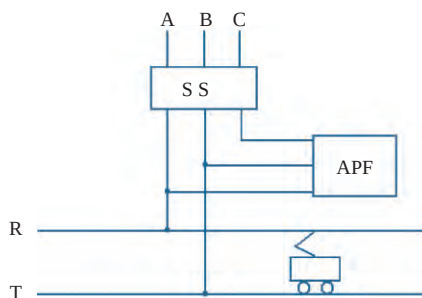


图 有源补偿装置构成的同相供电系统原理

SS为牵引变电所,APF为有源滤波器,T为接触网,R为轨道。其工作原理是:当有源滤波器提供负载所需的基波无功电流、负序电流和谐波电流时,电源仅提供负载所需的基波有功电流,该电流与电源各相的电压同相位且三相对称,此时,电源仅提供负载所需的有功功率,系统达到了同相供电及平衡变换的目的。此方案中,有源补偿装置的核心是有源滤波器,它由补偿电流生成电路、电流跟踪控制电路和主电路构成。补偿电流生成电路的核心是检测出补偿对象电流中的谐波、无功和不平衡电流等分量,也就是补偿电流。电流跟踪控制电路的作用是根据补偿电流生成电路指令信号产生相应的控制脉冲。工作原理是,检测补偿对象的电压和电流,经补偿电流生成电路得到补偿电流指令信号,在经过电流跟踪控制电路产生控制脉冲,通过驱动电路控制主电路产生补偿对象所需要的综合补偿电流。

结束语

基于有源滤波器的平衡变换技术,不仅能达到三相平衡供电的目的,而且能动态补偿,完全滤除谐波和无功,是比较理想的新型牵引供电系统方案。EA

(收稿日期:2015.04.10)

(编辑:白文亭)