

中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 3159—2007

电气化铁路牵引变压器技术条件

Technical specification of traction transformer
for AC electrified railways

2007-08-13 发布

2007-12-01 实施

中华人民共和国铁道部 发布

电气化铁路牵引变压器技术条件

1 范 围

本标准规定了电气化铁路牵引变压器的定义、产品分类、技术要求、标志、试验和起吊、运输及储存等。

本标准适用于单相工频交流电气化铁路用的牵引变压器。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB 1094.1—1996 电力变压器 第1部分 总则(eqv IEC60076-1:1993)

GB 1094.2—1996 电力变压器 第2部分 温升(eqv IEC60076-2:1993)

GB 1094.3—2003 电力变压器 第3部分 绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙(IEC60076-3:2000MOD)

GB 1094.5—2003 电力变压器 第5部分 承受短路的能力(IEC60076-5:2000 MOD)

GB/T 1094.10—2003 电力变压器 第10部分 声级测定(IEC60076-10:2001 MOD)

GB 2536—1990 变压器油

GB/T 5582—1993 高压电力设备外绝缘污秽等级(neq IEC507:1991)

GB/T 6451—1999 三相油浸式电力变压器技术参数和要求

JB/T 501—2006 电力变压器试验导则

3 术语和定义

本标准采用下列术语和定义:

3.1

单相牵引变压器 single-phase traction transformer

单相牵引变压器在应用于直接供电方式时为双绕组变压器,一次侧绕组接入电力系统三相电网中的两相,二次侧绕组的一端接钢轨大地,另一端接入牵引侧母线。

单相牵引变压器在应用于 AT 供电方式时一般为三绕组变压器,一次侧绕组接入电力系统三相电网中的两相,二次侧两绕组的公共端接钢轨大地,其他两端分别接入牵引侧不同母线。

3.2

三相——二相平衡牵引变压器 three phases-two phases balanced traction transformer

包括斯柯特(SCOTT)联结牵引变压器、YN, ν 和 YN, A 联结平衡牵引变压器等。

当一次侧接到电力系统的三相电网时,则二次侧就产生相位差 90° 的二相等幅电压;当二次侧两个供电臂的负载相同时,一次侧三相电流为对称系的牵引变压器。

3.3

三相牵引变压器 three-phase traction transformer

包括三相 YN, d11 联结和 YN, d11d1 交叉联结牵引变压器。

YN, d11 联结为双绕组变压器,一次侧三相绕组为 Y 型,分别接入电力系统三相电网;二次侧三相

绕组为△型,其一角和钢轨大地相连接,另两角分别接入牵引侧母线。

YN,d11,d1组成的十字交叉联结变压器,一次侧三相绕组为Y型,二次侧d11、d1联结的两个三角形绕组连接成对顶三角形,对顶角接钢轨大地,其他各角分别接入牵引侧不同母线。

3.4

V,v联结牵引变压器 V,v connection traction transformer

包括单相V,v、三相V,v联结和V,x联结牵引变压器,可分别应用于直接供电方式和AT供电方式。

一次侧绕组的两个开口端和一个公共端接入电力系统三相电网,二次侧绕组将公共端与钢轨大地相连接,其他开口端分别接入牵引侧不同母线。

4 产品分类

4.1 按联结组方式

牵引变压器有单相牵引变压器(I,i),单相V,v和三相V,v(V,x)联结牵引变压器,三相YN,d11联结牵引变压器,三相YN,d11,d1组成的十字交叉联结牵引变压器,SCOTT牵引变压器,YN,v联结平衡牵引变压器和YN,A联结平衡牵引变压器等。

4.2 按额定容量

牵引变压器的额定容量一般以正常使用条件作为原则。

额定容量值宜从序列6.3 MV·A,8 MV·A,10 MV·A,12.5 MV·A,16 MV·A,20 MV·A,25 MV·A,31.5 MV·A,40 MV·A,50 MV·A,63 MV·A,75 MV·A,80 MV·A,90 MV·A,100 MV·A和120 MV·A,中选取。

4.3 按额定电压

一次侧:110 kV,220 kV;

二次侧:27.5 kV,2×27.5 kV,55 kV。

4.4 按冷却方式

冷却方式可分为自冷和风冷等类型。

4.5 按调压方式

调压方式可分为无励磁调压和有载调压两种类型。

5 技术要求

5.1 使用条件

5.1.1 正常使用条件

正常使用按下列条件:

a) 海拔

海拔不超过1 000 m。

b) 环境温度

最高气温 +40℃;

最热月平均温度 +30℃;

最高年平均温度 +20℃;

最低气温 -25℃。

c) 相对湿度

月平均不大于90%;

日平均不大于95%。

d) 电源电压的波形及对称性

电源电压的波形近似于正弦波,且三相电源电压应大致对称。

e) 安装地点和环境

安装地点:户外;

最大风速:35 m/s;

覆冰厚度: ≤ 10 mm;

安装环境:根据环境条件,按 GB/T 5582—1993 污秽等级考虑;地震引发的地面加速度 a_g ,水平方向低于 3 m/s^2 ,垂直方向低于 1.5 m/s^2 。

5.1.2 特殊使用条件

不符合本标准 5.1.1 规定的牵引变压器正常使用条件,按 GB 1094.1—1996 中 1.2.2 的规定进行调整。

5.2 技术性能

5.2.1 额定频率

额定频率为 50 Hz。

5.2.2 系统标称电压和设备最高工作电压 U_m

如表 1 所示。

5.2.3 变压器绕组和分级绝缘绕组中性点的绝缘水平

分别如表 1 和表 2 所示。

表 1 绕组的绝缘水平

系统标称电压 kV	设备最高工作 电压 kV	1 min 工频耐受 电压 (方均根值, kV)	雷电冲击耐受电压 (峰值, kV)		操作冲击耐受 电压(相对地, 峰值, kV)
			全波	截波	
110	126	200	480	530	—
220	252	395	950	1 050	750
27.5	31.5	85	200	220	—
55	63	140	325	360	—

表 2 分级绝缘绕组中性点的绝缘水平

系统标称电压 kV	中性点接地方式	外施耐受电压 (方均根值, kV)	雷电冲击耐受电压 (峰值, kV)
110		95	250
220	直接接地	85	185
	不直接接地	200	400

5.2.4 冷却方式

牵引变压器的冷却方式一般采用油浸自冷(ONAN),并预留风冷条件。

5.2.5 连续额定容量下的温升限值

顶层油温升: ≤ 55 K(温度计法);

绕组平均温升: ≤ 65 K(电阻法)。

5.2.6 短路阻抗

110 kV 级牵引变压器的短路阻抗一般为 8.4% 或 10.5%;220 kV 级牵引变压器的短路阻抗一般为 12%~14%。在特殊使用条件下需要变动短路阻抗时,使用部门可与制造厂协商而定。

5.2.7 空载电流

在额定电压和额定频率的条件下,空载电流不大于额定电流的 0.6%。

5.2.8 效率

在额定条件下,当负载的功率因数为 1 时,牵引变压器的效率应不小于 99.5%。

5.2.9 过励磁能力

满载时 105% 励磁:连续;

空载时 110% 励磁:连续。

5.2.10 过负荷能力

牵引变压器按图 1 所示的典型负荷曲线运行(负载周期约 6.0 h),并按环境温度 30℃,绕组最热点温度不超过 140℃,顶层油温不超过 105℃。在图 1 中,对于 K_1 ,常速单线取 0.5,常速复线取 0.6,客运专线或重载铁路取 0.7~0.8。

变压器的铁芯及其与外部的电气连接线(如套管和导电杆等)和油箱中的结构件均应满足变压器过负荷的要求。

牵引变压器的过负荷曲线结合不同线路行车组织方案而有所不同,用户可根据需要与制造厂对负荷曲线进行调整。

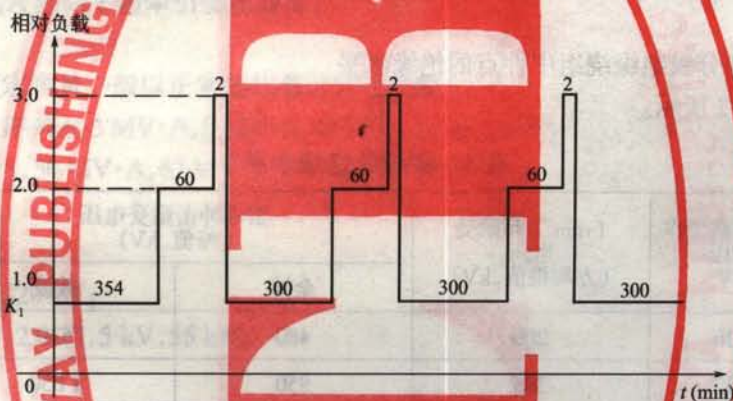


图 1 典型负荷曲线图

5.2.11 承受短路能力

牵引变压器应能承受牵引网近端和远端频繁短路的能力(不少于 70 次/年,其中 40% 为近端短路:在一次侧额定电压、二次侧短路情况下 3 s 内连续两次冲击,而不影响其使用寿命)。变压器(在任意分接位置)应能在规定的过电流条件下承受外部短路的热、动稳定效应而无损伤。

稳态短路电流 I 应使用变压器的短路阻抗加上系统阻抗来计算,110(220) kV 系统短路表观容量取 9 000(18 000) MV·A;最大暂态短路电流峰值取 2.55 倍($S \leq 100$ MV·A)或 2.69 倍($S > 100$ MV·A)的 I 值。

在稳态短路电流下,热稳定能力 2 s 内不应造成变压器任何热损伤;在最大暂态短路电流峰值下,动稳定能力 0.25 s 内不应造成变压器任何机械损伤,短路后绕组最热点温度不超过 250℃(短路前牵引变压器在额定状态下运行)。

5.2.12 声级

自冷式牵引变压器在额定条件下的声功率级应不超过表 3 规定的限值。

5.2.13 局部放电量

变压器在 $1.5U_m/\sqrt{3}$ (相对地分级绝缘的变压器)或 $1.3U_m$ (相间)电压下,30 min 高压线端测量的视在放电量不大于 200 pC,套管不超过 10 pC。

5.2.14 变压器油箱机械强度

应承受表 4 中所示真空度和正压力的油箱机械强度试验,油箱不得有损伤和不允许的永久变形。

表 3 牵引变压器的声功率级

额定容量 MV·A	声功率级 L dB(A)	
	110 kV 级	220 kV 级
6.3	75	—
8	76	—
10	77	—
12.5	78	—
16	79	—
20	81	84
25	82	85
31.5	84	87
40	85	88
50	86	90
63	88	92
75	89	93
80	89	93
100	91	94
120	92	95

表 4 变压器油箱的机械强度

电压等级 kV	容量范围 kV·A	真空度 kPa	正压力 kPa
110	≤16 000	50	60
	≥20 000	20	80
220	—	0.133	98

变压器油箱及其储油柜应能承受 50 kPa 的密封试验,其试验时间为 72 h,油箱、储油柜、套管、阀门及散热器和油箱连接处不会发生渗漏油现象和损伤(出厂前进行)。

5.2.15 现场运行

变压器运到现场后应保证变压器不经吊罩检查即能可靠投入运行。投入运行时,在额定电压下进行 5 次冲击合闸应无异常现象。

5.2.16 正常使用寿命

牵引变压器的正常使用寿命为不少于 30 年。

5.2.17 结构和材料

结构和材料符合下列要求:

- a) 铁芯应采取有效的防止多点接地措施,设置专用的铁芯接地套管,铁芯通过套管从油箱上部引出可靠接地。
- b) 同一批次的绕组均应采用同一厂家及由同一批次的纸包无氧铜导线绕制。
- c) 铁芯应能够承受长途运输冲击,长期运行时不会发生任何松散变形。
- d) 油箱可用钟罩式结构;油箱两侧各设一个接地端子,结构上应能在不拆卸外罩的情况下可以方

便地更换套管及瓷件。

- e) 变压器应在油箱下部设置供千斤顶顶起变压器的装置。
- f) 所有设备的金属外壳均采用高黏着力、防腐涂料喷涂。

5.2.18 组件

组件应符合下列要求：

- a) 在变压器油箱的上部和下部配备滤油阀,并能满足底部真空注油的要求:底部装有足够大的放油阀;在油箱和储油柜间应配有两部分油隔开活门;在箱体和散热器间有两部分油隔开活门,设带自动复归压力释放器并带有跳闸接点。
- b) 油箱应配备带锁的扶梯,扶梯的位置和高度足以保证工作人员在带电工作的条件厂能够取气样和观察气体继电器。人与 110(220) kV 带电体间的距离大于 1.6(2.5) m,与 27.5(55) kV 带电体间的距离大于 1(1.25) m。
- c) 储油柜一般为全密封胶囊型或金属波纹膨胀型,并配备带油封的吸湿器、真空注油阀、注油孔排气阀、放油及排污油装置、油位表和吊轴。
- d) 套管爬距
额定电压 110 kV 及 220 kV 套管应根据工作环境条件按 GB/T 15582—1993 中污秽等级选取套管爬距;
额定电压 27.5 kV 和 2×27.5 kV 侧,套管爬距不小于 1 200 mm;
额定电压 55 kV 侧,套管爬距不小于 2 400 mm。
变压器在一次侧采用油纸电容式套管。套管的水平破坏拉断力不应小于 3 920 N。套管的安装位置和相互距离应便于接线。
- e) 额定容量大于 63 MV·A 的变压器,在油箱壁的中部和下部各装有统一口径的油样阀门:63 MV·A 及以下的变压器在油箱壁的下部装一只油样阀门。
- f) 端子箱(或控制箱)一般设置在变压器本体上,其外壳防护等级应不低于 IP55;变压器所有的故障信号接点应通过耐油电缆引至端子箱(或控制箱)内的端子排上,端子排应预留 8~10 个端子。对于冷却方式采用自冷的变压器,端子箱内设信号测量和保护装置辅助回路用的接线端子;对于冷却方式采用风冷的变压器,控制箱内设风机控制装置、电热器以及信号测量和保护装置辅助回路用的接线端子,控制箱内为防止凝露设带温度调节的加热器(AC 220 V)、人工控制开关和熔断器。

5.2.19 安全保护装置

在安全保护装置中应配有气体继电器(带 2 对以上辅助接点,其安装位置和结构应能观察到分解出气体的数量和颜色,且应便于取气样)和压力释放装置(自动复归型,带辅助接点)。

对于冷却方式采用风冷的变压器,散热器应有油温度控制的自动投切的冷却控制系统,风扇电动机采用三相、50 Hz、380 V 动力电源;该电动机应有过载、短路及断相保护,故障时应能发出信号。

5.2.20 油及油保护装置

变压器油应符合 GB 2536—1990 的规定,并按所需油量的 110% 提供。

油保护装置应符合 GB/T 6451—1999 的规定。

5.2.21 油温测量装置

在油温测量装置中应配有户外式信号温度计(共带 4 对辅助接点),以满足油温报警、跳闸及冷却控制系统的需要。并应符合下列要求:

- a) 变压器应装有温度计和温度计座。管座应设在油箱顶部,并伸入油内为 $120 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ 。
- b) 信号温度计的安装位置应便于观察,其准确级应符合相关标准。

5.3 其他要求

牵引变压器的空载损耗和负载损耗等其他要求,由使用部门与制造厂协商确定。

6 标志

6.1 牵引变压器的接线端子应有明显标志,同时应标有运输及起吊标志,所有标志应符合相关标准的规定。

6.2 变压器所有接地处应有明显的接地符号“≡”或“接地”字样。

6.3 每台牵引变压器应设有铭牌,铭牌的材料不受气候的影响,并应安装在明显可见的位置;铭牌上所标志的项目内容应清晰且牢固。铭牌上应标注下述项目:

- a) 牵引变压器的名称、型号和产品代号;
- b) 标准代号;
- c) 制造厂名;
- d) 出厂序号;
- e) 制造年月;
- f) 相数;
- g) 额定容量(kV·A 或 MV·A,对于多绕组变压器,应给出每个绕组的额定容量,如果一个绕组的额定容量并不是其他绕组额定容量的总和时,则应给出负载组合);
- h) 额定频率(Hz);
- i) 各绕组的额定电压(V 或 kV)和分接范围;
- j) 各绕组的额定电流(A 或 kA);
- k) 联结组标号和绕组联结示意图;
- l) 冷却方式;
- m) 绝缘水平;
- n) 空载电流(实测值);
- o) 空载损耗及负载损耗(W 或 kW,实测值。对多绕组变压器的负载损耗应表示各对绕组工作状态的损耗值);
- p) 以百分数表示的短路阻抗实测值(对于多绕组变压器,应给出不同的两绕组组合下的短路阻抗以及列出各自的参考容量);
- q) 顶层油温升和绕组温升(若不是标准值时);
- r) 总重;
- s) 绝缘油重;
- t) 器身重或上节油箱重;
- u) 运输重量。

牵引变压器除装设标有以上项目的主铭牌外,还应装设标有关于附件性能的铭牌,需分别按所用附件(如套管和分接开关)的相应标准列出。

7 试验

变压器的试验包括例行试验、型式试验和特殊试验。试验程序和方法应按 GB 1094.1—1996、GB 1094.2—1996、GB 1094.3—2003、GB 1094.5—2003、CB/T 1094.10—2003、GB/T 6451—1999 和 JB/T 501—2006 的规定。

7.1 例行试验

例行试验包括以下内容:

- a) 绕组电阻测量;
- b) 电压比测量和联结组标号检定(包括各抽头);
- c) 短路阻抗和负载损耗测量;

- d) 空载电流和空载损耗测量;
- e) 绕组对地绝缘电阻和绝缘系统电容的介质损耗因数的测量;
- f) 绝缘例行试验(含局部放电测量试验);
- s) 密封试验;
- h) 分接开关试验;
- i) 绝缘油试验。

7.2 型式试验

型式试验包括以下内容:

- a) 温升试验;
- b) 绝缘型式试验;
- c) 油箱机械强度试验。

变压器各组件应按相应的标准提供单独的型式试验报告。

7.3 特殊试验

特殊试验包括以下内容:

- a) 过负荷能力试验,根据典型(5.2.10 条款)或用户提出实际使用的负荷曲线,由用户和制造厂共同商定进行试验,其各部分温升应满足本标准的规定;另外在本试验前后应取油样进行气相色谱分析试验;
- b) 短路承受能力试验;
- c) 声级测定;
- d) 过励磁试验。

8 起吊、运输及储存

8.1 变压器应具有承受变压器总重的起吊装置,变压器器身、油箱和可拆卸结构的储油柜及散热器等应有起吊装置;变压器下节油箱应设置水平牵引的装置。

8.2 变压器的结构应在经过正常的铁路、公路及水路运输后内部结构相互位置不变,紧固件不松动。变压器的组件、部件(如储油柜、散热器、套管和阀门等)的结构和布置应不妨碍吊装、运输及运输中紧固定位。

8.3 变压器通常为带油运输。如受运输条件限制时,可不带油运输,但应充以干燥的气体,气体压力 20 kPa~30 kPa,并明确标志所充气体种类。运输前应进行密封试验,确保密封良好。变压器主体在运输中及到达现场后,油箱内的气体压力应保持正压,并有压力表进行监视。

8.4 变压器应满足运输重量、尺寸的限度和运输过程中耐受冲撞的能力,并装设冲撞记录仪进行检查。变压器结构应满足允许倾斜 15°。

8.5 运输时应保证变压器的所有组件、部件(如储油柜、散热器、套管和阀门等)不损坏和不受潮。