

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 10693—2022
代替 JB/T 10693—2007

城市轨道交通用干式牵引整流变压器

Dry traction rectifier transformers for urban rail traffic

(报批稿)

(本稿完成日期:)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 使用条件.....	1
5 产品型号及联结方法.....	2
6 技术要求.....	2
7 试验项目及试验方法.....	7
8 可靠性.....	7
9 铭牌.....	8
10 标志、包装、运输及贮存.....	8
表 1 短路阻抗.....	3
表 2 负载标准工作制等级.....	4
表 3 温升限值.....	4
表 4 10 kV 级变压器声级水平.....	5
表 5 20 kV 级变压器声级水平.....	6
表 6 35 kV 级变压器声级水平.....	7

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替JB/T 10693—2007《城市轨道交通用干式牵引整流变压器》，与JB/T 10693—2007相比主要技术变化如下：

- 对范围进行了修改，明确了产品的电压等级、容量和额定频率；
- 对规范性引用文件进行了完善，将GB 6450和GB/T 17211分别用GB/T 1094.11和GB/T 1094.12替换，增加了对GB/T 1094.1、GB/T 1094.10和GB/T 2900.95的引用，删除了对IEC 61378-2的引用；
- 增加了术语和定义；
- 增加了使用条件；
- 增加了对电压比偏差和声级水平的有关技术要求；
- 增加了电压比测量和相位移校验（例行试验）的有关内容；
- 增加了可靠性的要求；
- 将名牌作为单独一章，并增加了对“负载等级”的标志；
- 增加了对绕组接线端子标志的内容。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国变压器标准化技术委员会（SAC/TC44）归口。

本文件起草单位：沈阳变压器研究院股份有限公司、上海沪光变压器有限公司、卧龙电气集团北京华泰变压器有限公司、顺特电气设备有限公司、广州中车骏发电气有限公司、海南金盘智能科技股份有限公司、天津市特变电工变压器有限公司、明珠电气股份有限公司、特变电工智能电气有限责任公司、中国电力科学研究院武汉分院、海鸿电气有限公司、重庆望变电气（集团）股份有限公司、浙江江山变压器股份有限公司、特变电工湖南电气有限公司、山东电力设备有限公司、西安西电变压器有限责任公司、华翔翔能科技股份有限公司。

本文件主要起草人：章忠国、龙晔、何宝振、肖明、樊建平、张显忠、胡江涛、孙根会、蔡定国、房玉杰、应斯、梁庆宁、邹红、姜振军、张俊、林波、顾建伟、叶灿华。

本文件所代替文件的历次版本发布情况为：

- JB/T 10693—2007。

城市轨道交通用干式牵引整流变压器

1 范围

本文件规定了城市轨道交通用干式牵引整流变压器的术语和定义,使用条件,产品型号及联结方法,技术要求,试验项目及试验方法,可靠性,铭牌,以及标志、包装、运输及贮存。

本文件适用于电压等级为35kV及以下、额定容量为315 kVA~4400kVA且额定频率为50Hz的城市轨道交通(地铁、轻轨和城市铁路公交列车等)牵引整流变电站(所)中作为整流器供电电源用的干式牵引整流变压器的制造。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 1094.1—2013 电力变压器 第1部分:总则

GB/T 1094.10 电力变压器 第10部分:声级测定

GB/T 1094.11 电力变压器 第11部分:干式变压器

GB/T 1094.12 电力变压器 第12部分:干式电力变压器负载导则

GB/T 2900.95 电工术语 变压器、调压器和电抗器

GB/T 3859.1—2013 半导体变流器 通用要求和电网换相变流器 第1-1部分:基本要求规范

GB/T 10228 干式电力变压器技术参数和要求

GB/T 18494.1—2014 变流变压器 第1部分:工业用变流变压器

JB/T 501 电力变压器试验导则

JB/T 3837 变压器类产品型号编制方法

3 术语和定义

GB/T 1094.1—2013、GB/T 2900.95、GB/T 3859.1—2013和GB/T 18494.1—2014界定的术语和定义适用于本文件。

4 使用条件

4.1 正常使用条件

正常使用条件按GB/T 1094.11的规定。

除此之外,干式牵引整流变压器(以下简称变压器)设计时还应考虑下列使用条件:

- a) 在快速变动和波动的载荷条件下工作;
- b) 谐波;
- c) 振动。

4.2 特殊使用条件

特殊使用条件按GB/T 1094.11的规定。

其他特殊使用条件（如：高湿度、高于额定负载周期条件下运行或异常负载周期、频繁地通电和断电、持续的相电压不平衡和/或非正弦波、断路器有较高的过电压等）由用户与制造方协商。

5 产品型号及联结方法

5.1 产品型号

干式牵引整流变压器的产品型号应符合JB/T 3837的规定。

示例：

ZQSC—4400/35 表示三相、浇注式、绝缘耐热等级为155级（F）、自冷、双绕组、无励磁调压、绕组采用铜导线、4400kVA、35kV级的干式牵引整流变压器。

5.2 联结方法

5.2.1 概述

城市轨道交通用牵引整流机组的整流方式通常分为6相12脉波和12相24脉波两种。

变压器的绕组联结方法按上述整流方式分为两类。

根据技术要求，变压器可采用6相12脉波或12相24脉波整流方式运行。

5.2.2 6相12脉波整流方式

6相12脉波整流方式通常采用一台变压器，变压器的绕组联结组标号通常为Dy11d0或Dy5d0。

注：当采用其他联结组标号时，只要阀侧的两个绕组为y、d联结即可实现。

5.2.3 12相24脉波整流方式

移相角度是以移相前的空载线电压相量为基准相量，移相后的空载线电压相量超前基准相量为正，滞后为负。

12相24脉波整流方式通常采用两台变压器，变压器的联结组标号通常为：

- a) I # 变压器 Dy11d0 (+7.5°)，II # 变压器 Dy1d2 (-7.5°)；
- b) I # 变压器 Dy5d0 (+7.5°)，II # 变压器 Dy7d2 (-7.5°)。

组成12相24脉波联结方法的两台变压器，结构应保证通过外部连接可实现移相+7.5°和-7.5°的互换。

注1：当两个网侧绕组相差为15°时，只要阀侧的两个位置相同的绕组为y、d联结即可实现。

例如：Dy11d0 (+7.5°) 为y滞后D的相角是337.5°，d滞后D的相角是7.5°；Dy1d2 (-7.5°) 为y滞后D的相角是22.5°，d滞后D的相角是52.5°。

6 技术要求

6.1 概述

本文件仅对牵引整流变压器的特殊部分提出如下要求，其他与交流变压器的共性部分，应符合GB/T 18494.1的规定；与干式电力变压器的共性部分，应符合GB/T 1094.11和GB/T 10228的规定。

6.2 网侧额定电压及分接

变压器网侧额定电压为10kV、20kV、35kV。网侧绕组应具有±5%或±2×2.5%的分接。

6.3 绝缘耐热等级

变压器绝缘耐热等级通常为155级（F）或180级（H）。

6.4 阀侧空载线电压不平衡度

每台变压器的两组阀侧空载线电压不平衡度应不大于0.35%。

阀侧空载线电压不平衡度按式（1）计算：

$$K_{u2} = \left| \frac{U_{2-1} - U_{2-2}}{(U_{2-1} + U_{2-2})/2} \right| \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

K_{u2} —两组阀侧空载线电压不平衡度，单位为%；

U_{2-1} 、 U_{2-2} —两组阀侧空载线电压，单位为V。

6.5 短路阻抗

6.5.1 网侧绕组对阀侧绕组（两组阀侧绕组短路时）的短路阻抗 Z_k （即穿越阻抗）应符合表1的规定。

表1 短路阻抗

网侧电压等级 kV	短路阻抗 %
10	8
20	
35	

根据用户需要，也可采用其他短路阻抗值；但对用于双桥并联不设平衡电抗器的整流电路轴向双分裂结构的牵引整流变压器，其一组阀侧绕组对另一组阀侧绕组的短路阻抗值（即分裂阻抗Z）应不小于20%。

短路阻抗的实测值与规定值的偏差应在-5%~+10%范围内。

6.5.2 对由两台变压器组成的12相24脉波整流变压器（组），两台变压器的短路阻抗不平衡度应不大于3%。

两台变压器的短路阻抗不平衡度按式（2）计算：

$$K_{Zk} = \left| \frac{Z_{k1} - Z_{k2}}{(Z_{k1} + Z_{k2})/2} \right| \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

K_{Zk} —短路阻抗不平衡度，单位为%；

Z_{k1} 、 Z_{k2} —每台变压器的短路阻抗，单位为%。

6.5.3 网侧绕组对任一组阀侧绕组的短路阻抗（即半穿越阻抗 Z_b ）应满足如下要求：

- a) 两个短路阻抗（ZB）不平衡度应不大于3%；
- b) 两个短路阻抗（ZB）的偏差与阀侧空载线电压偏差应起互补作用。

6.6 相位角偏差和电压比偏差

对于采用移相方式的12相24脉波变压器，与网侧主分接及其他分接对应的阀侧空载线电压相位角（ 15° ）的偏差为 $\pm 1.5\%$ ，电压比的偏差为 $\pm 1\%$ 。

6.7 局部放电

变压器的局部放电要求按GB/T 1094.11的规定。

6.8 负载条件

变压器负载标准工作制等级应符合GB/T 3859.1—2013中的V级和VI级，具体见表2。

表2 负载标准工作制等级

项 目	标准工作制等级					
	V 级			VI 级		
负载电流	1.0 p. u.	1.5 p. u.	2.0 p. u.	1.0 p. u.	1.5 p. u.	3.0 p. u.
允许运行时间	连续	2h	1min	连续	2h	1min
24h内允许1.5p. u. (2h)运行两次，间隔时间不低于8h，牵引负载周期通常在每天早、晚高峰时间各出现一次，间隔时间由用户提供给制造方。 注1：负载电流用变流器额定直流电流的标么值（p. u.）表示。 注2：表中过载电流值在额定电流运行达到稳定温度后再分别施加。						

6.9 负载能力

6.9.1 在最高环境温度时，变压器各绕组的热点温度应不大于该变压器的绝缘耐热等级所允许的限值。

6.9.2 变压器负载能力的计算按GB/T 1094.12的规定；运行一个周期（24h），相对寿命损失应不大于1.0。

6.10 温升限值

变压器在100%额定工频负载条件下的温升限值应符合表3的规定。

表3 温升限值

部位	绝缘耐热等级	V级	VI级
绕组平均 (电阻法)	155级(F)	75K	70K
	180级(H)	90K	85K
铁心、金属部件和与其相邻的材料	—	在任何情况下，不会出现使铁心本身、其他部件或与其相邻的材料受到损坏的温度。	
注1：温升限值以最高环境温度 40°C 、年平均温度 20°C 和最热月平均温度 30°C 为基准。 注2：绕组热点温度通过计算或温升试验数据确定。			

6.11 声级水平

10kV级变压器的声级水平按表4的规定。

20kV级变压器的声级水平按表5的规定。

35kV级变压器的声级水平按表6的规定。

表4 10 kV级变压器声级水平

额定容量 kVA	声功率级 dB(A)
315	65
400	
500	67
630	
800	
1000	
1250	69
1600	
2000	
2200	
2500	
2750	71
3000	
3300	
3600	73
4000	
4400	
4400	
声功率级由声压级或声强级的实测值按GB/T 1094.10的规定换算得出。 特殊条件下的声级水平由制造方与用户协商确定。	

表5 20 kV级变压器声级水平

额定容量 kVA	声功率级 dB(A)
500	68
630	
800	
1000	70
1250	
1600	
2000	72
2200	
2500	
2750	74
3000	
3300	
3600	76
4000	
4400	
<p>声功率级由声压级或声强级的实测值按GB/T 1094.10的规定换算得出。 特殊条件下的声级水平由制造方与用户协商确定。</p>	

表6 35 kV级变压器声级水平

额定容量 kVA	声功率级 ^a dB(A)
630	69
800	
1000	
1250	71
1600	
2000	
2200	73
2500	
2750	
3000	75
3300	
3600	
4000	77
4400	

声功率级由声压级或声强级的实测值按GB/T 1094.10的规定换算得出。
特殊条件下的声级水平由制造方与用户协商确定。

7 试验项目及试验方法

7.1 概述

除本文件另有规定,变压器的试验项目及试验方法应符合GB/T 1094.10、GB/T 1094.11、GB/T 10228、GB/T 18494.1和JB/T 501的规定。

7.2 电压比测量和相位移校验(例行试验)

电压比测量应在每个分接上进行,对于采用移相方式的12相24脉波牵引整流变压器,应对相位移进行校验。

在测量设备受限制的情况下,电压比和相位移的校验可结合示波器法,允许用各段变比测量方法进行间接换算。

8 可靠性

可靠性按GB/T 1094.11的规定。

变压器在整个预期寿命期间，应无任何故障地向运行在高度电力波动系统的轨道车辆持续供电。对于在直流快速运输系统中使用的变压器，需要具备高度可靠的性能。通常，在公共运输系统中的商业运营期间，变压器在故障发生后，其更换费用较高。

9 铭牌

变压器的铭牌除应符合GB/T 1094.11的规定外，对于12相24脉波移相变压器还应标志如下内容：

- a) 绕组接线图或相量图；
- b) 网侧绕组的移相度数（采用移相方式的12相24脉波干式牵引整流变压器）；
- c) 负载等级。

10 标志、包装、运输及贮存

10.1 标志

变压器的各绕组均应有相应的接线端子标志，所有标志应牢固且耐腐蚀。

10.2 包装、运输及贮存

变压器的包装、运输及贮存应符合GB/T 10228的规定。