

## 四川省地方标准

DB51/T XXXX—XXXX

### 高过载节能环保型智能牵引变压器设计规 范

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

四川省市场监督管理局 发布

目 次

前 言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 2

4 设计要求 ..... 3

## 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。

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。

本文件由四川省经济和信息化厅提出、归口、解释并组织实施。

本文件起草单位：中铁二院工程集团有限责任公司、四川艾德瑞电气有限公司、中铁电气工业有限公司和云南变压器电气股份有限公司。

本文件主要起草人：邓云川、王志强、陈刚、肖琨、尹磊、柴淑颖、吕维华、贺毅、唐伟、代文平、林宗良、何宏国、袁勇、许晓蓉、刘梅、钟源、文菓、仵宇宁、高保。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——本次为首次发布。

# 高过载节能环保型智能牵引变压器设计规范

## 1 范围

本文件规范了轨道交通用高过载节能环保型智能牵引变压器的设计，做到安全可靠、节能环保、技术先进、经济合理。

本设计规范适用于电压等级为110kV、132kV和220kV，额定频率为50Hz，额定容量为（6300+6300）kVA～（40000+40000）kVA，三相Vv联结的高过载节能环保型智能牵引变压器（以下简称“变压器”）的设计，其他容量变压器的设计可参照本标准。

## 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 电力变压器 第1部分：总则
- GB/T 1094.2 电力变压器 第2部分：液浸式变压器的温升
- GB/T 1094.3 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
- GB/T 1094.5 电力变压器 第5部分：承受短路的能力
- GB/T 1094.7 电力变压器 第7部分：油浸式电力变压器负载导则
- GB/T 1094.10 电力变压器 第10部分：声级测定
- GB/T 1094.14 电力变压器 第14部分：采用高温绝缘材料的液浸式电力变压器
- GB/T 6451 油浸式电力变压器技术参数和要求
- DL/T 1411 智能高压设备技术导则
- DL/T 1861 高过载能力配电变压器技术导则
- DL/T 2217 变压器用天然酯和合成酯油溶解气体分析导则
- JB/T 11328 三相Vv联结牵引变压器
- TB/T 3159 电气化铁路牵引变压器技术条件
- IEC60076-1（所有部分） 电力变压器 第1部分：总则（Power transformers-Part1: General）
- IEC60076-2（所有部分） 电力变压器 第2部分：液浸式变压器的温升（Power transformers-Part2: Temperature rise for liquid-immersed transformers）
- IEC60076-3（所有部分） 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（Power transformers-Part3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air）
- IEC60076-5（所有部分） 电力变压器 第5部分：承受短路的能力（Power transformers-Part5: Ability to withstand short circuit）
- IEC60076-10（所有部分） 电力变压器 第10部分：声级测定（Power transformers-Part10: Determination of sound levels）
- IEC60076-14（所有部分） 电力变压器 第14部分：采用高温绝缘材料的液浸式电力变压器（Power transformer-Part14: Liquid-immersed power transformer using high-temperature insulation materials）

IEC 61099（所有部分） 绝缘液体-电气用未使用过合成有机酯规范（insulating liquids-Specifications for unused synthetic organic esters for electrical purposes）

IEC 62770（所有部分） 电气应用的流体-未使用的天然酯适用于变压器和类似的电气设备（Fluids for electrotechnical applications-Unused natural esters for transformers and similar electrical equipment）

### 3 术语和定义

DL/T 1411、DL/T 1861、DL/T 2217界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**过载能力 overload capacity**

能够承受的超过额定负荷的值和时间范围。

[来源：DL/T 1861—2018, 3.1]

#### 3.2

**天然酯绝缘油 natural ester insulating oil**

从种子或其他生物材料中提取、用于变压器或类似电气设备的绝缘液体，其主要成分是甘油三酯，具有良好的生物降解性和环境相容性。

[来源：DL/T 2217—2021, 3.2]

#### 3.3

**合成酯绝缘油 synthetic ester insulating oil**

有机酸与醇（如季戊四醇）经过酯化反应得到的绝缘油。

[来源：DL/T 2217—2021, 3.3]

#### 3.4

**酯基绝缘油 ester based insulating oil**

天然酯绝缘油、合成酯绝缘油均称为酯基绝缘油。

#### 3.5

**智能组件 intelligent component**

智能高压设备的组成部分，由多个智能电子装置集合而成，用于高压设备的状态信号采集、运行控制、故障监测、非电量保护等全部或部分功能。

[来源：DL/T 1411—2015, 3.3]

#### 3.6

**监测 IED monitoring IED**

智能组件的组成部分之一。通过采集高压设备状态信息，实现对其运行状态和/或控制状态和/或负载能力状态的智能评估。

[来源：DL/T 1411—2015, 3.8]

#### 3.7

**控制 IED controlling IED**

智能组件的组成部分之一。用于高压设备或其组（部）件的网络化和/或智能化控制，通常兼有对受控组（部）件的监测功能。

[来源：DL/T 1411—2015, 3.9]

### 3.8

#### 主 IED main IED

智能组件的组成部分之一。用于集合智能组件内各IED信息，对高压设备的运行可靠性、控制可靠性及负载能力等做出评估，以支持牵引供电系统运行控制和/或状态检修。

[来源：DL/T 1411—2015, 3.10]

### 3.9

#### 节能 energy conservation

通过采用新材料、新结构、新工艺等技术手段降低变压器空载损耗和负载损耗，使变压器在运行中消耗较少能源。

### 3.10

#### 环保 environmental protection

变压器采用生物降解率高的绝缘油作为绝缘和冷却介质，发生泄漏对环境无危害。

### 3.11

#### 超额定容量 exceeding the rated capacity

变压器具有高于铭牌上额定容量一个容量等级连续运行能力（如额定容量：12500+12500kVA，超额定容量：16000+16000 kVA）。

## 4 设计要求

### 4.1 使用条件

酯基油变压器的一般使用条件应符合GB/T 1094.1的相关规定，当使用环境的最低温度低于所用天然酯绝缘油的倾点10℃以上时，应注意低温冷启动问题。

### 4.2 基本要求

4.2.1 变压器应按照 GB/T 1094.1、GB/T 1094.2、GB/T 1094.3、GB/T 1094.5、GB/T 1094.7、GB/T 1094.10、GB/T 1094.14、GB/T 6451、JB/T 11328、TB/T 3159 和 IEC 60076-1、IEC 60076-2、IEC 60076-3、IEC 60076-5、IEC 60076-10、IEC 60076-14 中的相关规定来设计。

4.2.2 变压器绝缘油设计为采用天然酯绝缘油或合成酯绝缘油，导线匝绝缘设计为采用热改性纸或热改性纸+NOMEX 纸，冷却方式设计为采用油浸自冷（KNAN）预留风冷条件。

### 4.2.3 过载能力

110kV、132kV、220kV 级变压器在超额定容量负载时按图 1 所示的典型负荷曲线运行（负载周期约 6.0h），K1 取 0.8，按环境温度 30℃，绕组最热点温度不超过 160℃，顶层绝缘液体温度不超过 115℃。

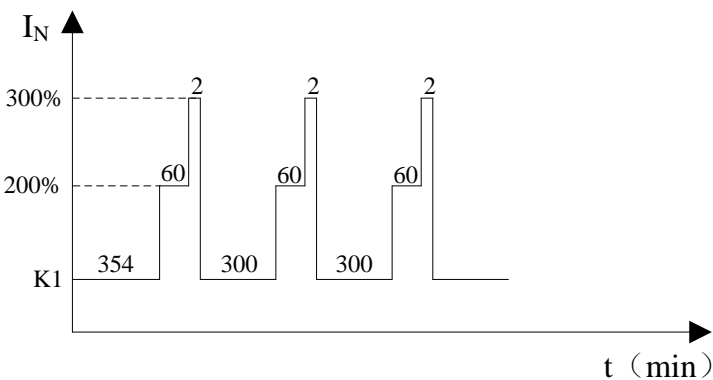


图1 典型负荷曲线图

4.2.4 温升限值

变压器在表 1 规定的额定容量负载及超额定容量负载下连续运行的温升限值如表 1 所示。

表1 温升限值

负载情况	110kV		132kV		220kV	
	额定容量负载	超额定容量负载	额定容量负载	超额定容量负载	额定容量负载	超额定容量负载
绕组平均（K）	65	90	65	90	65	90
顶层油（K）	55	85	55	85	55	85

4.2.5 智能化设计

变压器应配置测量传感器、监测 IED、控制 IED 及主 IED，主 IED 集成于现场就地屏柜中，柜内提供触摸屏，可以实现就地诊断及变压器状态查看，可独立运行。后台配置智能变压器故障预测及状态分析系统软件，可以实现变压器维护、检修的智能化，针对故障处理给出流程化指导建议和对检修操作有效监管。屏柜安装在油池边的地基上，通过电缆沟与变压器本体连接。就地屏柜通过光纤上传至后台。

4.2.5.1 变压器智能组件配置

智能组件配置应符合下表 2 的规定。

表2 智能组件配置表

项目	主要内容	应用要求
测量	基本状态信息采集	应采用
	非电量保护	应采用
控制	无载电动分接开关控制	应采用

表 2 智能组件配置表（续）

项目	主要内容	应用要求
监测	油中溶解气体监测	应采用
	铁芯接地电流监测	应采用
	绕组、铁芯热点温度监测	应采用
	局部放电监测	可采用
	高压套管监测	可采用
主 IED	汇集监测信息并评估上传	应采用

4.2.5.2 测量

变压器常规测量项目及技术要求应符合表 3 的规定。常规测量项目应采用数字化测量。

表3 常规测量项目及技术要求

项目	测量参量	应用要求	技术要求
基本状态量	主油箱油面温度		2℃（不确定度）
	变压器油位		1cm（不确定度）
	无载电动分接开关当前位置		0 差错
非电量保护	气体继电器接点信息	重瓦斯：内部严重放电、短路	0 差错
		轻瓦斯：内部轻微放电、过热	0 差错
	压力释放器状态信息	内部严重放电、短路	0 差错
	信号复归		0 差错
	油压速动监测信号	内部严重放电、短路	0 差错
	保护跳闸指令	保护动作	0 差错
	动作信息	报文、至测控装置	0 差错

4.2.5.3 控制

无载分接开关可由控制器自主控制或由智能组件通过控制器控制。无载分接开关控制 IED 配置及要求应符合表 4 的规定。

表4 无载电动分接开关控制 IED 配置及要求

信息类别	信息名称	配置原则	备注
控制指令	升-档	应采用	接收报文及开关量输出
	降-档	应采用	接收报文及开关量输出



表 4 无载电动分接开关控制 IED 配置及要求（续）

信息类别	信息名称	配置原则	备注
控制指令	调到指定档位	应采用	接收报文及开关量输出
控制反馈	当前档位	应采用	档位变更时发送报文
	已到最高档位	应采用	开关量采集并发送报文
	已到最低档位	应采用	开关量采集并发送报文
监测信息	所在绕组电压及电流	应采用	接收合并单位采样值
	格式化信息	应采用	发送报文
	结果信息(变化前、后的档位信息)	应采用	发送报文
	总的操作次数	可采用	动作累积值

4.2.5.4 监测 IED

4.2.5.4.1 一般要求

监测 IED 应根据工程实际需要选用。监测 IED 的格式化信息和结果信息应通过站内通信网络保送到主 IED。报送周期可根据实际情况选择，推荐为 2h。若自上一次报送以来监测量的变化超过 5%，则追加报送 1 次。各监测 IED 应配置足够的存储空间，以满足趋势分析和深度分析的需要。

4.2.5.4.2 油中溶解气体监测

变压器宜配备油中溶解气体监测 IED，用于监测变压器油中溶解气体，油中溶解气体监测 IED 宜采用光声光谱原理。在正常运行条件下，油中溶解气体监测 IED 技术要求应符合表 5 的规定，其中，H<sub>2</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>为应选，其他气体和微水为可选，装置通过 RS485 串口通信上送测量数据。

表5 油中溶解气体监测技术要求

特征气体	最小可检量 <sup>a</sup>	测量范围	不确定度 <sup>b</sup>
H <sub>2</sub>	5 μ L/L	0~2000 μ L/L	max (30%, 5 μ L/L)
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0.5 μ L/L	0~100 μ L/L	max (30%, 0.5 μ L/L)
CH <sub>4</sub>	1 μ L/L	0~1000 μ L/L	max (30%, 1 μ L/L)
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0.5 μ L/L	0~1000 μ L/L	max (30%, 0.5 μ L/L)
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.5 μ L/L	0~1000 μ L/L	max (30%, 0.5 μ L/L)
CO	25 μ L/L	0~5000 μ L/L	max (30%, 25 μ L/L)
CO <sub>2</sub>	50 μ L/L	0~15000 μ L/L	max (30%, 50 μ L/L)
H <sub>2</sub> O	2%RH	0%RH~100%RH	5%RH
<sup>a</sup> 最小可检量可权衡其他利弊做出适当调整；			
<sup>b</sup> 运行中可适当放宽不确定度要求。			

4.2.5.4.3 铁芯接地电流监测

变压器宜安装铁芯接地电流监测 IED，用于监测变压器铁芯接地电流，及时发现变压器铁芯多点接地故障。测量范围为 1mA～10A，测量不确定度为 1mA 或 3%（取较大者）。

4.2.5.4.4 绕组、铁芯热点温度监测

绕组、铁芯热点温度监测 IED 用于监测绕组主绝缘和铁芯热点温度，应采用光纤温度传感器直接测量。测温点数由用户或/和制造企业协商确定。测点位置应根据内部温度场计算或实测结果决定。温度传感器的性能指标如下：

- a) 测温范围：-40℃～200℃，测温精度小于或等于±1℃，测温重复性要求为相对标准偏差 RSD 小于 1%；
- b) 允许的最高安全工作温度为 250℃；
- c) 与变压器油相容性为相容；
- d) 传感器抗拉抗挤压大于或等于 10N；
- e) 耐油压能力为 120kPa；
- f) 光缆抗拉强度大于或等于 10N；
- g) 光缆曲率半径小于或等于 3cm。

4.2.5.4.5 局部放电监测

变压器配备局部放电监测 IED，用于监测变压器内部放电信号，可监测达到一定强度的局部放电信号，并跟踪其发展趋势。在并入标准干扰源的情况下，最小可监测视在放电量不大于 300pC 的局部放电信号，监测上限不应小于 10000pC。

4.2.5.4.6 高压套管监测

高压套管监测基本要求应符合表 6 的规定。

表6 高压套管监测的基本要求

检测参量	测量范围	测量误差要求	不确定度
全电流有效值	2mA～200mA	±（标准读数×1%+0.1mA）	<0.2%
	100mA～1000mA	±1%	<0.2%
电容量	100pF～50000pF	±（标准读数×1%+1pF）	<0.2%
介质损耗因数	0.001～0.3	±（标准读数×1%+0.001）	<3% (在介质损耗因数≥0.005 时)

4.2.5.4.7 主 IED

主 IED 接收全部监测 IED 以及兼有监测功能的控制 IED 的信息，并上传至站端监测单元，服务于状态检修等。

4.2.6 节能设计

110kV、132kV、220kV 级变压器空载损耗、负载损耗指标均优于 TB/T 3159 中相关规定。

110kV、132kV级变压器的额定容量、电压组合、空载损耗、空载电流以及额定容量下运行容量、负载损耗、短路阻抗和超额定容量下运行容量、负载损耗、短路阻抗应符合表2的规定。

表7 110kV、132kV 级变压器性能参数表

额定容量 (S1+S2) kVA	电压组合及分接范围			空载 损耗 kW	空载 电流 %	额定容量			超额定容量		
	高压 kV	高压分 接范围	低压 kV			运行容量 kVA	负载损耗 kW	短路阻抗 %	运行容量 kVA	负载损耗 kW	短路阻抗 %
6300+6300	110 132	$\pm 2 \times 2.5\%$ $\pm 3 \times 2.5\%$ $\pm 4 \times 2.5\%$	27.5	12	0.5	6300+6300	58	8.4	8000+8000	88	10.5
6300+8000				13		6300+8000	62		8000+10000	94	
8000+8000				14		8000+8000	66		10000+10000	100	
8000+10000				15		8000+10000	71		10000+12500	110	
10000+10000				16	0.4	10000+10000	76		12500+12500	120	
10000+12500				17		10000+12500	83		12500+16000	132	
12500+12500				18		12500+12500	90		16000+16000	144	
12500+16000				20		12500+16000	99		16000+20000	158	
16000+16000				22		16000+16000	108		20000+20000	172	
16000+20000				24		16000+20000	118		20000+25000	186	
20000+20000				26	0.3	20000+20000	128		25000+25000	200	
20000+25000				28		20000+25000	139		25000+31500	218	
25000+25000				30		25000+25000	150		31500+31500	236	
25000+31500				33		25000+31500	164		31500+40000	261	
31500+31500				36		31500+31500	178		40000+40000	286	

220kV级变压器的额定容量、电压组合、空载损耗、空载电流以及额定容量下运行容量、负载损耗、短路阻抗和超额定容量下运行容量、负载损耗、短路阻抗应符合表3的规定。

表8 220kV 级变压器性能参数表

额定容量 (S1+S2) kVA	电压组合及分接范围			空载 损耗 kW	空载 电流 %	额定容量			超额定容量		
	高压 kV	高压分 接范围	低压 kV			运行容量 kVA	负载损 耗 kW	短路阻抗 %	运行容量 kVA	负载损耗 kW	短路阻抗 %

表 8 220kV 级变压器性能参数表（续）

额定容量 (S1+S2) kVA	电压组合及分接范围			空载 损耗 kW	空载 电流 %	额定容量			超额定容量		
	高压 kV	高压分 接范围	低压 kV			运行容量 kVA	负载损 耗 kW	短路阻抗 %	运行容量 kVA	负载损耗 kW	短路阻抗 %
12500+12500	220	$\pm 2 \times 2.5\%$	27.5	24	0.6	12500+12500	92	10.5	16000+16000	144	12.5
12500+16000				26		12500+16000	102		16000+20000	158	
16000+16000				28		16000+16000	112		20000+20000	172	
16000+20000				31		16000+20000	123		20000+25000	187	
20000+20000				34		20000+20000	134		25000+25000	202	
20000+25000		$\pm 3 \times 2.5\%$	27.5	36	0.5	20000+25000	142		25000+31500	221	
25000+25000				38		25000+25000	150		31500+31500	240	
25000+31500		$\pm 4 \times 2.5\%$	27.5	42		25000+31500	165		31500+40000	260	
31500+31500				46		31500+31500	180		40000+40000	280	
31500+40000				50		31500+40000	195		40000+50000	306	
40000+40000				54		40000+40000	210		50000+50000	328	

- 4.2.7 变压器油箱应采用密封结构，变压器运行时应避免天然酯绝缘油或合成酯绝缘油与空气接触。
- 4.2.8 变压器注油应采用真空注油工艺，注油温度宜为（60～80）℃。
- 4.2.9 当变压器油温低于其倾点时，不应对其进行调压操作。
- 4.2.10 未使用的变压器油应符合 IEC62770:2013 或 IEC61099:2010 的规定。
- 4.2.11 天然酯绝缘油或合成酯绝缘油不宜与矿物油混用；不同原料来源的天然酯绝缘油不宜混合使用，如需将不同类型的天然酯绝缘油与已使用过的天然酯绝缘油混合使用或将天然酯绝缘油和矿物油混合使用，则混合后的绝缘油性能应满足使用要求。
- 4.2.12 天然酯绝缘油或合成酯绝缘油灌注完成并静置时间满足要求，变压器中绝缘油性能满足 IEC62770:2013 或 IEC61099:2010 的规定后才可对变压器通电。