

T/CEC

中国电力企业联合会标准

T / CEC 109—2016

10kV~66kV 油浸式并联电抗器技术要求

Technical requirements of 10kV~66kV oil immersed shunt reactor

2016-10-21 发布

2017-01-01 实施

中国电力企业联合会 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	1
4 使用条件	2
5 技术性能	3
6 技术要求	5
7 试验	7
8 铭牌	7
9 标志、起吊、包装、运输和贮存	8
10 使用与维护	8

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写规则》给出的规则起草。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电力变压器标准化技术委员会（DL/TC 02）归口。

本标准主要起草单位：云南电网有限责任公司电力科学研究院、中国电力科学研究院、广东电网公司电力科学研究院、国网上海市电力公司、电力工业电气设备质量检验检测中心、国网河南省电力公司电力科学研究院、国网吉林省电力有限公司电力科学研究院、中国电力工程顾问集团西北电力设计院、国网上海市电力公司电力科学研究院、国网浙江省电力公司电力科学研究院、上海思源电气股份有限公司、特变电工衡阳变压器有限公司、西安西电变压器有限责任公司、北京电力设备总厂有限公司。

本标准主要起草人：崔志刚、孙鹏、钱国超、张淑珍、梁文进、周晓凡、付超、郭慧浩、王伟、赵春明、王黎彦、贺林、余绍峰、侯建国、龚筱琦、陈荣、刘克彬。

本标准为首次制定。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

10kV~66kV 油浸式并联电抗器技术要求

1 范围

本标准规定了油浸式并联电抗器（简称电抗器）的使用条件、技术性能、技术要求、试验和使用与维护等要求。

本标准适用于电压等级为 10kV~66kV、额定频率为 50Hz、用以补偿电容电流的三相油浸式并联电抗器。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 1094.1 电力变压器 第 1 部分：总则
- GB 1094.2 电力变压器 第 2 部分：液浸式变压器的温升
- GB 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 1094.6 电力变压器 第 6 部分：电抗器
- 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 2424.1 电工电子产品环境试验高温低温试验导则
- GB 2536 电工流体 变压器和开关用的未使用的矿物绝缘油
- GB/T 2900.5—2013 电工术语 绝缘固体、液体和气体
- GB/T 2900.95 电工术语 变压器、调压器和电抗器
- GB/T 4109 交流电压高于 1000V 的绝缘套管
- GB/T 4797.7 电工电子产品环境条件分类自然环境条件地震振动和冲击
- GB/T 6451 油浸式电力变压器技术参数和要求
- GB 20840.2 互感器 第 2 部分：电流互感器的补充技术要求
- GB/T 26218.1~26218.3 污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定
- GB/T 23753 330kV 及 500kV 油浸式并联电抗器技术参数和要求
- GB 50150 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准
- DL/T 393 输变电设备状态检修试验规程
- DL/T 596 电力设备预防性试验规程
- DL/T 1387 电力变压器用绕组线选用导则
- DL/T 1388 电力变压器用电工钢带选用导则
- DL/T 5014 330kV~750kV 变电站无功补偿装置设计技术规定
- DL/T 5242 35kV~220kV 变电站无功补偿装置设计技术规定
- JB/T 6758.1—2007 换位导线 第 1 部分：一般规定

3 术语和定义

GB/T 1094.6 和 GB/T 2900.95 界定的术语和定义适用于本标准。

4 使用条件

4.1 正常使用条件

电抗器在下列条件下，应能正常工作：

- 海拔：≤1000m；
- 最高气温：40℃；
- 月平均温度：30℃；
- 年平均温度：20℃；
- 最低气温：-25℃；
- 最高相对湿度：25℃下为 90%；
- 污秽等级：d 级；
- 最大风速：35m/s；
- 覆冰厚度：≤10mm；
- 地面水平加速度：3m/s²；
- 地面垂直加速度：1.5m/s²。

4.2 特殊使用条件

4.2.1 当电抗器用于海拔超过 1000m 的地方运行，而试验场所的海拔比安装地点低时，按 GB 1094.3 的要求：其外绝缘所需的空气间隙，应按每增加 100m（对 1000m 海拔而言），空气间隙值加大 1%来计算。

4.2.2 当电抗器用于较高环境温度或高海拔地区时，按 GB 1094.2 的要求：如果安装场所的外部冷却介质的温度有一项或多项超出 4.1 给出的正常值，则 5.6.1 中给出的所有温升限值应按表 1 的推荐值予以修正，并应修约到最接近温度的整数。

表 1 特殊运行条件下推荐的温升限值修正值

环境温度 ℃			温升限值修正值 K ^a
年平均	月平均	最高	
15	25	35	+5
20	30	40	0
25	35	45	-5
30	40	50	-10
35	45	55	-15
^a 相对于 5.6.1 中的值。			

注：对于环境温度低于表 1 的情况没有给出规定。如用户无另行规定，则 5.6.1 中的温升限值适用。

如果安装场所的海拔高于 1000m，而试验场所的海拔低于 1000m 时，则试验时允许的温升限值应按如下的规定降低：对于自冷式电抗器，顶层液体温升、绕组平均温升和绕组热点温升限值应按安装场所的海拔高于 1000m 的部分，每增加 400m 时降低 1K。

如果试验场所的海拔高于 1000m，而安装场所的海拔低于 1000m 时，则应做相应的逆修正。

因冷却介质温度高或安装场所海拔高而将电抗器的规定温升限值降低时，均应标在铭牌上。

4.2.3 当电抗器用于地震多发地区运行时，经供需双方协商，应按 GB/T 4797.7 的规定，用计算的方法验证其抗震能力。

4.2.4 当电抗器用于严寒地区、其最低温度低于 -25℃运行时，其特殊技术要求由用户提出，可按照

GB/T 2424.1 的要求进行低温试验并提供试验报告。

4.2.5 当电抗器用于较严重污秽地区或沿海地区运行时，电抗器及支柱绝缘子的外绝缘污秽等级应符合 GB/T 26218.1~26218.3 的规定，满足安装环境要求。

5 技术性能

5.1 型式

三相、油浸式。

5.2 冷却方式

应以油浸自冷（ONAN）为主，特殊情况下可选用其他冷却方式。

5.3 连接方式

中性点不接地的星形连接（YN）。容量在 30Mvar 及以上的应为绕组首、尾端同时引出结构，容量在 30Mvar 以下者可为绕组首端分别引出、尾端公共引出结构。

5.4 工作频率

50Hz。

5.5 性能参数

电抗器的性能参数见表 2。

表 2 性能参数表

额定容量 Mvar	系统标称电压 kV	额定电压 kV	最高运行电压 kV	声级（声压级） dB（A）	损耗（75℃） kW
2	10	11	12	65	19
4					24
6					29
8				68	37
10					40
12				70	47
15					58
6	20	22	24	68	29
8					38
10					40
15				70	60
20					70
25				75	85
30					90
4	35	37.5	40.5	68	24
6					30
8					39
10				70	40
15					63
20					78
30				75	93

表 2 (续)

额定容量 Mvar	系统标称电压 kV	额定电压 kV	最高运行电压 kV	声级 (声压级) dB (A)	损耗 (75℃) kW
40	35	37.5	40.5	75	96
50					110
60					120
10	66	66	72.5	75	50
20					85
60					130
90				85	180

注 1: 表中额定容量是推荐值, 用户如有特殊需要, 可与制造厂协商确定, 其损耗、声级可用插值法确定。

注 2: 表中损耗、声级水平是依据行业的平均水平确定的。

5.6 绝缘水平

5.6.1 电抗器绕组的绝缘水平见表 3。

表 3 电抗器绕组的绝缘水平

单位: kV

系统标称电压 (方均根值)	设备最高电压 U_m (方均根值)	额定雷电冲击耐受电压 (峰值)		额定短时感应或外施耐受电压 (方均根值)
		全波	截波	
10	12	75	85	35
20	24	125	140	55
35	40.5	200	220	85
66	72.5	325	360	140

5.6.2 电抗器套管绝缘水平应满足 GB/T 4109 的要求。

5.6.3 对额定电压 66kV 的电抗器应控制其局部放电水平。按 GB 1094.3 的要求, 最高运行电压 72.5kV 且额定容量为 10Mvar 及以上应进行局部放电测量, 并满足标准规定。

5.7 温升限值

电抗器在正常使用条件下, 在最高运行电压下的温升限值应符合表 4 的规定。

表 4 电抗器的温升限值表

单位: K

名 称	温升限值
绕组	65 (用电阻法测量)
绕组热点	78
铁芯	80
顶层油温	60 (用温度计测量)
油箱壁表面	70 (用红外测温装置测量)

5.8 允许偏差

5.8.1 在额定电压和额定频率下, 电抗器电抗设计值与实测值的允许偏差应在 $\pm 5\%$ 以内, 每相电抗值与三相电抗平均值的偏差不应超过 $\pm 2\%$ 。

5.8.2 在额定电压和额定频率, 并换算到 75℃ 时的损耗, 损耗偏差不应超过规定值的 10%。

5.9 伏安特性（线性度）

按 DL/T 5014、DL/T 5242 的规定，电抗器在 1.1 倍最高运行电压内运行时，应具有线性的伏安特性。在不超过 $0.7U_N$ 、 $0.9U_N$ 、 $1.0U_N$ 、 $1.0U_{max}$ 、 $1.1U_{max}$ 的电压下，测得的电抗值偏差不应超过在额定电压下测得的电抗值的 $\pm 5\%$ 。

注： U_N 是额定电压。 U_{max} 是最高运行电压。

5.10 过励磁能力

按 DL/T 5014 的规定，电抗器的过励磁能力在额定频率、额定电压下应满足表 5 的要求。

表 5 电抗器过励磁能力

过电压倍数	1.1	1.15	1.2	1.25	1.3	1.4
允许时间	连续	20min	5min	2min	15s	8s

5.11 谐波电流

当对电抗器施加正弦波形的额定电压时，电抗器允许的三次谐波电流分量峰值不应超过基波电流分量峰值的 3%。

5.12 振动水平

电抗器应在最高运行电压下、在三相励磁的条件下，箱壁的最大振幅不应大于 $120\mu\text{m}$ （峰-峰值）。

5.13 声级水平

声级测定应按照 GB/T 1094.10 进行，在额定运行条件进行声级测量时，规定的轮廓线应距基准发射面 0.3m。应达到表 2 的要求。对电抗器有特殊要求时，可与制造厂另行协商。

5.14 预期寿命

在本标准规定的工作条件下正常运行，并按照制造厂商的使用维护说明书要求进行维护的情况下，电抗器的预期寿命不应低于 30 年。

6 技术要求

6.1 基本要求

6.1.1 电抗器应符合 GB 1094.1、GB 1094.2、GB 1094.3、GB/T 1094.6、GB/T 1094.10、DL/T 5014、DL/T 5242 等的规定。

6.1.2 电抗器组件、部件的设计、制造及检验应符合相关标准及法规的要求。

6.2 结构及部件要求

6.2.1 铁芯

6.2.1.1 电抗器铁芯应采用优质、高导磁晶粒取向硅钢片制造。应符合 DL/T 1388 的规定。

6.2.1.2 铁芯中的芯柱由铁芯饼组成，铁芯饼宜采用辐射式结构。铁芯饼的压紧宜采用不锈钢、低磁高强度材料。芯柱螺杆采用锁紧结构，防止产品运行时芯柱螺杆松动。

6.2.1.3 电抗器铁芯柱宜采用碟形弹簧压紧结构，以保证在冷热状态下都有充分的压紧力。

6.2.1.4 电抗器的铁芯及夹件应与油箱绝缘，并通过安装在油箱顶部的套管引出。对油箱体积较大的，接地母线应沿油箱壁引至地面，以便于运行维护。

6.2.2 绕组

6.2.2.1 电抗器绕组应采用优质铜导线，以降低漏磁通引起的涡流损耗，避免过热。对于 30Mvar 及以上容量的电抗器绕组应采用换位导线。绕组应是全绝缘结构。应符合 DL/T 1387 的规定。

6.2.2.2 电抗器绕组应能承受频繁热胀冷缩的变化而不产生有害变形及绝缘损伤。

6.2.3 油箱

6.2.3.1 油箱应选用高强度的钢板制作，并应能承受表 6 中规定的真空度和正压力的机械强度的能力，不应有损伤和不允许的永久变形。

表 6 电抗器油箱真空度和正压力值

容量 S_r Mvar	真空度 kPa	正压力 kPa
$S_r \geq 30$	0.133	100
$30 > S_r \geq 15$	20	80
$S_r < 15$	50	60

6.2.3.2 油箱的顶部呈圆形或成倾斜状。油箱顶部的所有开孔均应有凸起的法兰盘。套管升高座应增设一根集气管连接至油箱与气体继电器的连管上。通向气体继电器的管道应有 1%~1.5%的坡度。

6.2.3.3 对 30Mvar 及以上的电抗器宜在电抗器油箱壁的下部及对侧的上部设置 2 个油样取样阀。

6.2.4 绝缘油

应选用符合 GB 2536 规定的全新绝缘油。绝缘油应是除抗氧化剂外，不含有任何添加剂及腐蚀性硫。

6.2.5 套管

6.2.5.1 当容量为 30Mvar 及以上时，电抗器绕组 6 个接线端子（三相连接线及每相中性线）应经 6 个套管引出，并带有套管型电流互感器。电流互感器应满足装设差动等保护及相关检测装置的需要。

6.2.5.2 套管应满足 GB/T 4109 和 GB/T 26218.2 的要求。

6.2.5.3 套管式电流互感器：套管式电流互感器应符合 GB 20840.2 的要求，其配置方案和特性要求由用户提出。

6.2.6 冷却装置

6.2.6.1 散热器的数量和冷却能力应能散发总损耗所产生的全部热量。并根据电抗器的使用环境的不同，按第 4 章的规定进行修订核算，应能充分满足现场使用需求。

6.2.6.2 散热器应经过蝶阀固定在电抗器的油箱上，以便在安装或拆卸散热器时，电抗器油箱不必放油。

6.2.7 储油柜

6.2.7.1 电抗器均应装有储油柜，其结构应便于清理内部，储油柜的一端应装有油位计，储油柜的容积应保证在最高环境温度及所允许的过载状态下油不溢出，在最低环境温度未投入运行时，应能观察到油位指示。

6.2.7.2 储油柜应有注油、放油、放气和排污装置。与电抗器油箱之间应安装一只蝶阀，便于现场检修维护。

6.3 安全保护及测量装置

6.3.1 气体继电器

6.3.1.1 电抗器本体应装设气体继电器，具备重瓦斯和轻瓦斯保护功能。

6.3.1.2 气体继电器的触点容量在交流 220V 或 110V 时不小于 66V·A，直流有感负载时，不小于 15W。

6.3.1.3 电抗器油箱和联管的设计应使气体易于汇集在气体继电器内。电抗器不得有存气现象。

6.3.1.4 积聚在气体继电器内的气体数量达到 250mL~300mL 或流经气体继电器的油流速度达到整定值时，应接通相应触点。

6.3.1.5 气体继电器的安装位置及其结构应能观察到分解气体的数量和油速标尺，而且应便于取气体。

6.3.1.6 气体继电器应加装不锈钢防雨装置，且不妨碍观察。为便于检修，应在气体继电器安装管道两侧设置阀门。

6.3.2 压力释放装置

6.3.2.1 电抗器应装有压力释放装置，当电抗器油箱内压力达到安全限值时，压力释放装置应可靠地释

放压力。

6.3.2.2 压力释放装置应配备一对报警信号或一对跳闸触点。应配有机机械式动作指示器。

6.3.2.3 压力释放装置应安装在油箱顶盖的边沿附近，应设有排油管以导引向下排放油气。

6.3.3 油温测量装置

6.3.3.1 电抗器应有供温度计用的管座。管座应设在油箱的顶部，并伸入油内 $120\text{mm} \pm 10\text{mm}$ 。同时，需装设户外测温装置，其触点容量在交流 220V 时，不低于 $50\text{V} \cdot \text{A}$ ，直流有感负载时，不低于 15W。测温装置的安装位置应便于观察，且其准确度应符合相应标准。

6.3.3.2 10Mvar 及以上的电抗器，应装有具有远传功能的温度变送器。

6.3.3.3 测量装置的报警和跳闸触点应具有防雨防潮措施，确保正常情况下不发生误动。

7 试验

7.1 概述

例行试验、型式试验和特殊试验的一般要求见 GB 1094.1。

7.2 例行试验

例行试验项目如下：

- 绕组绝缘电阻测量；
- 绕组直流电阻测量；
- 绕组电抗测量；
- 绕组介质损耗和电容量测量；
- 铁芯绝缘测量；
- 雷电冲击试验；
- 外施工频耐压试验；
- 感应耐压试验；
- 损耗测量；
- 套管型电流互感器试验；
- 油箱和散热器的压力密封试验；
- 绝缘油试验。

7.3 型式试验

型式试验项目如下：

- 温升试验；
- 伏安特性试验；
- 振动测量；
- 声级测量。

7.4 特殊试验

根据用户特殊需要，可选择特殊试验项目如下：

- 三相电抗器的零序电抗测量；
- 谐波电流测量；
- 绕组热点温升测量；
- 耐低温性能试验。

8 铭牌

铭牌应包括如下内容：

- 型号；

- 户内或户外用；
- 制造厂名称；
- 出厂序号；
- 执行标准；
- 制造年月；
- 绝缘水平；
- 相数；
- 额定容量；
- 额定频率；
- 额定电压；
- 额定电流；
- 最高运行电压；
- 绕组连接；
- 额定电压及频率下的电抗实测值；
- 冷却方式；
- 顶层油温升和绕组平均温升；
- 总质量；
- 运输质量；
- 器身质量；
- 绝缘油质量。

9 标志、起吊、包装、运输和贮存

9.1 电抗器应有“当心触电”安全标志及运输、起吊标志和接线端子标志。其标志图示应符合相关标准的规定。

9.2 电抗器应具有承受电抗器总质量的起吊装置。电抗器器身、油箱、储油柜、散热器或冷却器等也应有起吊装置。

9.3 电抗器不带油运输时，须充以干燥的氮气或干燥的空气。电抗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，并应有压力表进行监视。电抗器在贮存期间应保持正压，并应有压力表进行监视。

9.4 容量在 30Mvar 及以上的电抗器，在运输中应装三维冲撞记录仪。其运输冲击加速度不超过 30m/s^2 。

9.5 电抗器经过正常的铁路、公路和水路运输后，其内部结构件的相互位置不应变动，紧固件不应松动。电抗器的组件、部件（如套管、散热器或冷却器、事故放油阀和储油柜等）结构布置不应妨碍吊装、运输及运输中紧固定位。

9.6 在运输、贮存直至安装前，应保护电抗器的所有组件、部件（如套管、储油柜、阀门及散热器或冷却器等）不损坏和不受潮。

10 使用与维护

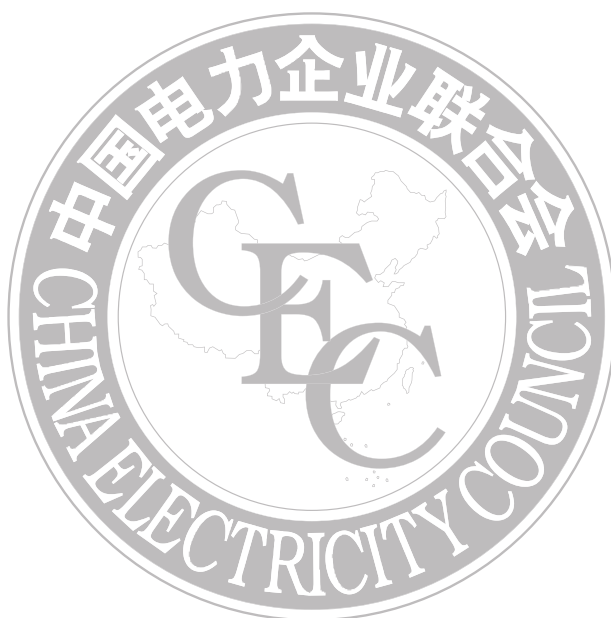
10.1 投切电抗器的断路器不应使用真空断路器。应选用遮断容量满足要求、不易产生遮断过电压的断路器。宜选配相应的操作过电压防范设施。

10.2 应为电抗器配置差动保护、匝间保护、零序过流保护、过流保护和过负荷保护。以便能快速切除故障。

10.3 电抗器交接验收及日常运行维护，应按照 GB 50150、DL/T 596、DL/T 393 执行。对于容量在

30Mvar 及以上的电抗器，宜定期开展下列重点试验、检查：

- a) 新投运电抗器在投运前应进行油中溶解气体色谱分析和油中水分检测试验。在投运后第 4 天和第 30 天时，宜进行油中溶解气体色谱分析检验。结果应达到标准要求。
 - b) 运行中的电抗器宜每年进行一次油中溶解气体色谱分析和油中水分检测试验。
 - c) 运行中的电抗器宜每 3 年进行一次下列试验：
 - 1) 绕组直流电阻；
 - 2) 绕组交流阻抗；
 - 3) 绕组连同套管的绝缘电阻、吸收比或极化指数；
 - 4) 绕组连同套管的 $\tan\delta$ ；
 - 5) 铁芯及夹件的绝缘电阻；
 - 6) 气体继电器校验及其二次回路试验；
 - 7) 压力释放器校验及其二次回路试验。
-



中国电力企业联合会标准
10kV~66kV 油浸式并联电抗器技术要求
T / CEC 109—2016

*

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)
北京传奇佳彩印刷有限公司印刷

*

2016 年 10 月第一版 2016 年 10 月北京第一次印刷
880 毫米×1230 毫米 16 开本 0.75 印张 20 千字

*

统一书号 155123·3384 定价 9.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

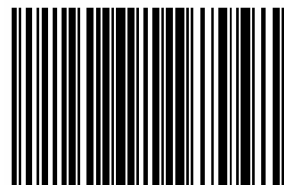
版 权 专 有 翻 印 必 究



中电联微信公众号



中国电力出版社官方微信



155123.3384