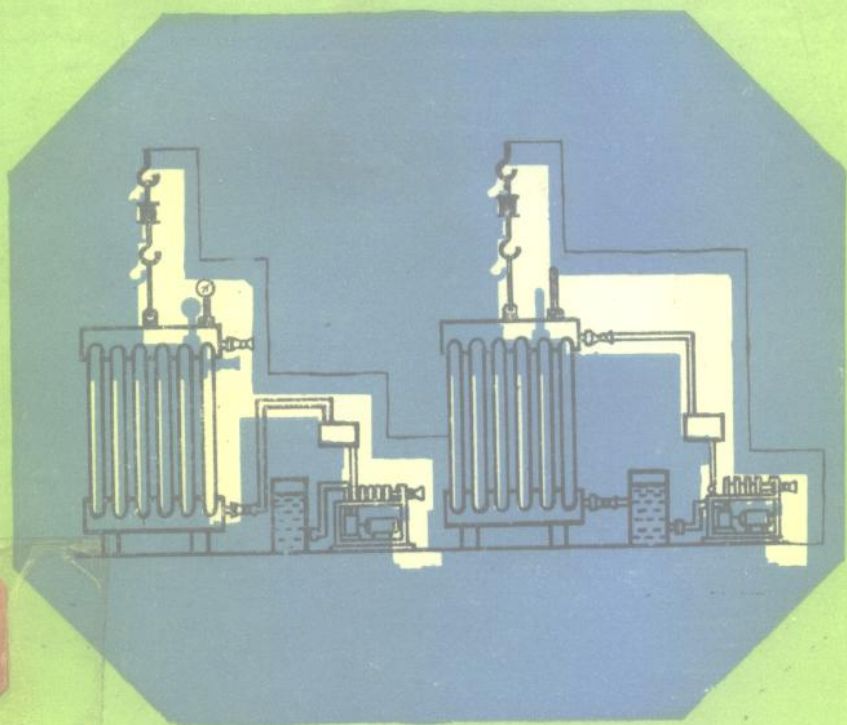


电力变压器安装

〔苏〕 В. Я. 菲利皮申 著
А. С. 图特克维奇



机械工业出版社

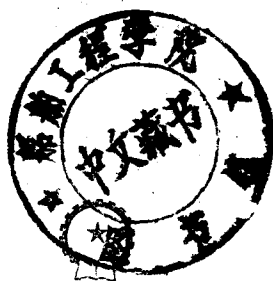
74/41
E 34

326821

电力变压器安装

[苏] В. Я. 菲利皮申^著
А. С. 图特克维奇

崔立君 宋铁章
张万和 吕让沅 译
范思纯 校



机械工业出版社

DV91/21

本书是苏联动力工业出版社1981年出版的变压器丛书第38分册的中译本。

本书介绍了6~750kV 级电力变压器的运输、储存和安装工作的基本工艺过程；变压器安装、调试工作的组织和安全措施；变压器在安装和试运行过程中的常见故障及其判断和消除的方法。书中列出了变压器安装工作所需的技术数据和专用设备。

本书可供从事变压器安装和运行工作的工程技术人员和工人，以及从事变压器设计、制造和试验工作的工程技术人员阅读；亦可作为大专院校的有关师生参考。

МОНТАЖ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

В. Я. Филиппович А. С. Туткович

Энергоиздат Москва 1981

* * *

电力变压器安装

[苏] В. Я. 菲利皮申 著
А. С. 图特克维奇

崔立君 宋铁章 译
张万和 吕让沉

范思纯 校

*

责任编辑：李振标 责任校对：宁秀娥
封面设计：刘代 版式设计：胡金瑛

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

通县建新印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 850×1168 $1/32$ ·印张12 $3/4$ ·字数322 千字

1989年2月北京第一版·1989年2月北京第一次印刷

印数 00,001—13,585·定价：6.70元

*

ISBN 7-111-01230-5/TM·157

译者的话

电力变压器安装技术包括变压器从制造厂运到现场直到投入运行这一阶段的全部工艺过程。这是保证变压器在现场正常运行的重要环节。

本书介绍了苏联6~750kV级电力变压器的安装技术。由于苏联变压器的传统结构与我国极为相似，所以本书很适合我国国情。

因为电力变压器安装必然涉及到变压器及其组件的结构，所以该书也从侧面反映了苏联当代变压器制造业的水平。它对我国变压器行业的同行们无疑是一部可贵的参考书。

本书内容全面，资料新颖，叙述详尽，堪称电力变压器安装技术方面的权威著作。

参加本书翻译工作的人员有崔立君（序言及第一章至第五章）、宋铁章（第六章至第八章）、张万和（第九章至第十二章）和吕让沅（第十三章至第十七章和附录），范恩纯同志担任全书译文的校对工作，崔立君担任全书译文的技术审定工作。

由于译者水平所限，不妥之处恳请读者批评指正。

译者

序

在动力方面，每年都有大量的各种电压和各种容量等级的电力变压器和自耦变压器投入运行。

大型变压器的安装是一个工序相当复杂的过程。完成安装工作，需要专用的工艺设备、起重运输设备、工索具、装置和仪器仪表等。安装工作必须由训练有素的人员完成。

过去的10~15年中，由于变压器电压和单台容量的增长，采用了快速有载调压装置，使用了专用的防油氧化保护装置，取消了变压器吊心检查，掌握了油过滤、干燥和脱气的新方法，采用了新的更有效的绝缘现场干燥和烘干工艺以及判断变压器受潮程度的方法等，使变压器的结构及其安装工艺发生了根本性变化。在此期间，大量地采用了330~500kV级变压器，同时掌握了750kV级变压器的生产和安装技术。

本书作者力图总结扎波罗什（Запорож）变压器厂和一些主要的电力安装公司关于6~750kV级变压器的多年安装经验。

本书介绍了安装工作的组织，安装所用的设备、工索具、仪器和材料的准备等问题。有些章节专门介绍了重要的安装工序：变压器的运输、储存、试验、真空处理、注油、加热和烘干、干燥工作以及油保护装置、分接开关和冷却装置的安装。有两章介绍安装工序的顺序和内容；第六章介绍了容量在100MVA及以下、电压在110kV及以下变压器的安装工作；第七章介绍了110~750kV级^①大型变压器的安装工作。在某些章节中，集中讨论了变压器投入运行时及其运行初期如何判断变压器的绝缘状态、如何发现并排除某些故障以及施工时的安全技术和防火措施。

作者希望本书将对从事电力变压器安装和运行的工程技术人员

^① 原文为220~750kV。——译者注

员有益。

Ю. С. 叶尔金 (Елкин) 工程师在校订手稿时做了大量的工作, Ю. И. 利雅勃采夫 (Рябцев) 工程师在评审书稿时提出了许多意见, Г. Ф. 斯柯罗包加托夫 (Скоробогатов) 工程师在校阅某些章节时提出了宝贵的建议, 在此深表谢意。

对于本书的不足之处, 作者将以感谢的心情接受所有意见。来信请寄至: 113114, 莫斯科, М-114, шлюзовая наб, 10, Энергоиздат。

作 者

目 录

序

第一章 电力变压器的主要技术数据	1
1-1 电力变压器的规格	1
1-2 油浸式电力变压器的结构特点、安装工作量和 安装顺序	4
1-3 完善变压器结构和安装工艺的基本途径	6
第二章 变压器的运输、装车和卸车	9
2-1 变压器的局部拆卸和从制造厂发运	9
2-2 变压器的铁路运输	14
2-3 变压器的非铁路运输	17
1. 一般技术要求	17
2. 变压器在汽车拖车上的运输	18
3. 变压器在滑橇拖车上运输的特点	22
2-4 变压器的装车和卸车	23
2-5 变压器在变电所内的移动	28
第三章 变压器的储存	32
3-1 运输后的验收和变压器状态的判断	32
3-2 变压器的储存	34
3-3 成套组件和零件的长期储存	35
1. 套管的储存	35
2. 强油风冷系统和强油水冷系统零部件的储存	39
3. 变压器其它组件的储存	40
第四章 变压器安装前的准备工作	41
4-1 组织工作	41
4-2 高压套管安装前的准备工作	43
1. 3~35kV 套管	43
2. 注油式套管	43

3. 硬质绝缘套管.....	45
4. 110~750kV充油式高压套管.....	47
4-3 装入式电流互感器安装前的准备工作.....	54
4-4 组件和仪表安装前的准备工作.....	57
1. 气体继电器.....	57
2. 信号式温度计.....	60
第五章 变压器油的准备和储存.....	62
5-1 变压器油的规格及对其要求.....	62
5-2 变压器油的油务管理和储存.....	63
5-3 用离心分离法处理变压器油.....	66
5-4 用过滤法处理变压器油.....	67
5-5 用吸附法处理变压器油.....	70
5-6 在真空装置中处理油.....	74
5-7 变压器油的试验.....	78
第六章 100MVA及以下、6~110kV变压器的 安装工作.....	87
6-1 整装运输变压器的安装.....	87
6-2 密封式变压器的安装.....	94
1. TM3系列变压器的安装.....	94
2. 充不燃性液体(氯代联苯)的TH3系列变压器的 安装特点.....	98
6-3 干式变压器的安装特点.....	99
6-4 局部拆卸运输的变压器的安装.....	101
1. 工作程序.....	101
2. 套管的安装.....	102
3. ПБВ型和ПТЛ型分接开关驱动机构的安装和调整.....	105
4. 储油柜和安全气道的安装.....	107
5. 法兰连接的安装.....	111
6. 保护装置和控制电缆的安装.....	114
6-5 油浸自冷和油浸风冷冷却系统的安装.....	115
第七章 110~750kV大型电力变压器的安装工作.....	123

7-1	安装工作的内容和程序.....	123
7-2	为安装成套组件解除变压器的密封.....	124
7-3	解除密封期间防止绝缘受潮的措施.....	126
7-4	套管和装入式电流互感器装置的安装.....	133
1.	装入式电流互感器装置的安装.....	133
2.	低压套管的安装.....	135
3.	注油式套管的安装.....	137
4.	110~330kV 套管的安装.....	137
5.	400~750kV 套管的安装.....	140
6.	高压电缆接线变压器用的110~500kV 套管的安装.....	145
7-5	储油柜、安全气道、断流活门、压力释放阀、附属装置和辅助金属构件的安装.....	145
7-6	变压器吊心检查.....	151
第八章	强油风冷和强油水冷冷却系统的安装.....	163
8-1	强油风冷冷却系统的工作原理及其结构特点.....	163
8-2	强油风冷冷却系统的准备和安装.....	168
1.	冷却装置的安装.....	168
2.	油泵的安装.....	170
3.	油管路 的安装.....	170
4.	冷却系统的注油.....	171
8-3	强油水冷冷却系统的工作原理及其结构.....	171
8-4	强油水冷冷却系统的准备和安装.....	175
8-5	冷却系统的自动控制.....	178
8-6	控制柜的安装、电力和控制电缆的安装、冷却系统工作的检查和试验性投入运行.....	186
8-7	变压器采用导向油循环冷却时强油风冷和强油水冷冷却系统的安装.....	187
第九章	有载调压装置的安装和调整.....	190
9-1	几种主要型式的有载调压装置技术数据和工作原理.....	190
9-2	电抗式有载调压装置的安装.....	199
1.	电抗式有载调压装置的结构和动作原理.....	199

2. 电抗式有载调压装置的 安装特点.....	200
3. 电抗式有载调压装置 动作的检查.....	201
9-3 PHOA型埋入式有载调压装置的安装.....	206
1. 结构特点和传动 系统图.....	206
2. 有载调压装置的 安装.....	210
3. 有载调压装置动作的检查 和调整.....	211
4. 有载调压装置的解体 检查.....	212
9-4 其它型式的电阻式有载调压装置的安装和调整.....	216
1. 民主德国生产的SAV型、SDV型和SCV型有载调压装置.....	216
2. 保加利亚生产的PC 型有载调压装置.....	218
3. PHTA-35/320 型有载调压装置.....	220
4. 吊挂式PHOA型电阻式有载调压装置.....	224
9-5 有载调压装置驱动机构的安装和调整.....	228
第十章 油和绝缘的保护装置的安装.....	234
10-1 油和绝缘的隔膜保护装置的 安装.....	234
10-2 绝缘和油的充氮保护装置的 安装.....	239
10-3 吸附式吸湿器的 安装.....	243
10-4 连续净油器的 安装.....	246
10-5 电热吸湿器的 安装.....	249
第十一章 变压器绝缘状况的判断.....	252
11-1 决定绝缘状况各种因素的综合 分析.....	252
11-2 绝缘电阻和吸收比的测 量方法.....	254
11-3 介质损耗角的测量 方法.....	260
11-4 用测量“电容-频率”和“电容-时间”特性判断 绝缘状态的方法.....	264
11-5 用样件直接判断固体绝缘吸潮程度的方法.....	267
11-6 绝缘补充处理方法的选择.....	270
第十二章 安装时绝缘处理的工艺过程.....	272
12-1 变压器的 真空处理.....	272
12-2 变压器的 注油.....	276
12-3 变压器的 预热.....	278

X

12-4 变压器绝缘的烘干.....	287
1. 热油预热绝缘的烘干和真空处理.....	287
2. 绝缘的低温烘干.....	288
第十三章 变压器的干燥.....	293
13-1 概述.....	293
13-2 150~500kV变压器在自身油箱中用感应加热法 进行真空干燥.....	295
1. 场地、器身、设备和仪表的准备.....	295
2. 加热设备的计算和安装.....	300
3. 有关的管理工作.....	306
4. 干燥和绝缘浸渍工艺过程的执行程序和控制.....	307
13-3 变压器在自身油箱中用感应加热法进行非真空 干燥的特点.....	309
13-4 变压器在自身油箱中干燥时器身加热的其他方法.....	310
1. 用蒸汽加热变压器.....	310
2. 用零序电流加热变压器.....	311
第十四章 变压器投入运行前的试验.....	314
14-1 试验目的、内容和顺序.....	314
14-2 在单相低励磁下空载损耗的测量.....	315
14-3 绕组直流电阻的测量.....	318
14-4 电压比的测量.....	320
14-5 绕组联结组的检查.....	321
14-6 用外施耐压试验检查绝缘的电气强度.....	324
第十五章 安装收尾工作和变压器投入运行.....	327
15-1 变压器安装的收尾工作.....	327
15-2 变压器空载试运行.....	330
15-3 变压器在运行初期的监视和维护.....	331
第十六章 变压器安装时的安全技术和防火措施.....	335
16-1 变压器安装时安全和防火技术工作的组织.....	335
16-2 索具作业时的安全技术.....	337
16-3 变压器组装时的安全技术和防火措施.....	338

16-4 变压器干燥、烘干和加热时的安全技术和防火措施.....	341
16-5 变压器和成套组件试验时对安全技术的基本要求.....	342
第十七章 变压器在安装过程中发生的缺欠及其 排除方法.....	344
17-1 排除变压器器身上的缺欠.....	344
1. 引线绝缘的修复.....	344
2. 器身绝缘件的修复.....	345
3. 铜引线的焊接.....	346
17-2 排除变压器油箱和成套组件密封不严的缺欠.....	350
17-3 排除变压器成套组件上的某些缺欠.....	354
1. 套管瓷件的修复.....	354
2. 油浸风冷冷却系统的风扇振动的排除.....	355
3. 变压器充氮保护装置软囊和隔膜保护装置中隔膜的 修复.....	356
附录.....	357
I 油浸式变压器安装时需用的主要技术数据.....	357
II 铁路运输车的技术数据.....	363
III 汽车拖车和滑橇拖车的技术特性.....	365
IV 牵引车的技术特性.....	366
V 安装变压器时所用的设备、工具、材料和物品.....	367
VI 油纸绝缘高压套管的尺寸和技术数据.....	369
VII 变压器绕组和铁心的压紧.....	375
无填料密封油泵的技术数据.....	379
IX 水冷却器的技术数据.....	379
X 有载调压装置的技术数据.....	380
XI 电阻式有载调压装置的圆图.....	381
XII 有载调压装置驱动机构的技术数据.....	383
XIII 真空设备的技术数据.....	383
XIV 变压器在元宝式铁路运输车上固定的计算.....	385
参考文献.....	394

第一章 电力变压器的主要技术数据

1-1 电力变压器的规格

由于电力变压器的用途极其广泛，所以规格也极其繁多。电力变压器是按照额定容量、电压等级、工作条件和工作状态以及结构型式区分的，按照额定容量和电压等级，电力变压器分成若干类别如下。

变 压 器 类 别	容量范围(kVA)	电压等级(kV)
I	100及以下	35及以下
II	100以上至1000	35及以下
III	1000以上至6300	35及以下
IV	6300以上	35及以下
V	32000及以下	35以上至110
VI	32000以上至80000	330及以下
VII	80000以上至200000	330及以下
VIII	200000以上	330及以下
IX	任意容量	330以上
X	直流输电线路用的任意容量	任意电压

按照工作条件、负载特性或工作状态，电力变压器可以分为一般用途变压器、有载调压变压器和特殊用途变压器（矿用、牵引、变流、起动、电炉变压器等）。

在工业上可以生产温带、寒带和热带地区工作的户外式或户内式电力变压器。

按照冷却介质种类，变压器可以分为干式变压器、油浸式变压器和充不燃液体介质的变压器。

各种型式变压器的型号标志如下：

1) 字母标志，用以表示相数、冷却方式、绕组数和分接变换方式。除了上述按照标准和技术条件规定的标志外，某些个别型式的变压器还可以采用附加字母标志，以表示该型变压器的特点；

2) 额定容量和电压等级的标志；

3) 该结构变压器施工图纸的设计年份的标志（仅指明公元年代后二位数字）；

4) 苏联国家标准 ГОСТ 15150—69 规定的气候条件类别和安装地点种类的标志。

变压器字母标志由下列字母按顺序组成。第一个字母表示相数，O—单相，T—三相。接下去的一个或二个字母表示冷却方式。冷却方式 Θ 的字母含义如下：

干式变压器：

C——开启式自然空气冷却；

C3——防护式自然空气冷却；

CT——密封式自然空气冷却；

CT——吹风冷却（风冷）。

油浸式变压器：

M——空气和油自然循环冷却（油浸自冷）；

Д——强迫空气循环和油自然循环冷却（油浸风冷）；

MT——空气自然循环和强迫油循环冷却（强油自冷）；

ДТ——强迫空气和油循环冷却（强油风冷）；

MB——强迫水循环和油自然循环冷却（油浸水冷）；

Ц——强迫水和油循环冷却（强油水冷）。

Θ 冷却方式括号中的简称都是校者加注的，目的是便于文字叙述。

充不燃液体介质自然冷却的变压器;

H——不燃液体介质自然冷却;

HД——不燃液体介质吹风冷却。

字母 T 表示三绕组变压器; 双绕组变压器不另加字母表示。

字母 H 表示有载调压变压器。此外, 用于变压器字母标志的尚有下列字母:

A——自耦变压器, 位于表示相数字母的前面;

P——低压为分裂式绕组的变压器, 位于表示相数字母的后面;

3——密封式油浸变压器或用氮层保护的充不燃液体介质的变压器, 位于表示冷却方式字母的后面;

C 或 II——电厂自用电变压器或直流输电线路用变压器, 位于字母标志的最后面。

在字母标志之后, 划一短横, 接着以分数的形式表示额定容量和电压等级, 分子表示额定容量 (kVA), 分母表示电压等级 (kV)。如果自耦变压器有 110kV 及以上的中压绕组, 则以复分数的形式标出中压绕组的电压等级。

用下列符号表示变压器的结构型式适用于相应的气候条件:

Y——温带地区;

XД——寒带地区;

T——热带地区。

按照安装地点, 变压器的结构型式又分为以下几种:

1——户外装置;

2——户内装置, 其温度和湿度的变化范围与外部介质的差别不大;

3——装于自然通风的封闭场所, 其温度和湿度的变化范围大大地低于外部空气;

4——装于空调的封闭场所;

5——装于较高湿度的场所。

型号标志举例:

TM-100/10-77Y1: 三相双绕组变压器, 油浸自冷, 额定容量100kVA, 电压等级10kV, 1977年设计, 适用于温带气候, 户外装置。

TC3-100/10-75Y3: 三相 防护式干式变压器, 额定容量100 kVA, 电压等级 10kV, 1975年设计, 适用于温带气候, 适用于安装在自然通风的封闭场所。

ТРДНС-40000/35-74Т1: 三相双绕组变压器, 低压为分裂式绕组, 油浸风冷, 有载调压, 电厂自用电变压器, 额定容量40MVA, 电压等级35kV, 1974年设计, 适用于热带气候, 户外装置。

АТДЦНТ-125000/220/110-68Y1: 三相三绕组自耦变压器, 强油风冷, 有载调压, 额定容量125MVA, 高压绕组电压200kV, 中压绕组电压110kV, 1968年设计, 适用于温带气候, 户外装置。

ТЦ-250000/500-76XJ1: 三相双绕组变压器, 强油水冷, 额定容量250MVA, 电压等级500kV, 1976年设计, 适用于寒带气候, 户外装置。

ОДЦНП-175000/750-75Y1: 单相双绕组变压器, 强油风冷, 有载调压, 适用于直流输电线路, 额定容量175MVA, 电压等级750kV, 1975年设计, 适用于温带气候, 户外装置。

用变压器油作为电介质和冷却液体的油浸式变压器是电力变压器的基本品种。

干式变压器的容量比较小 (I~IV类)。不带密封外壳的干式变压器仅适用于封闭场所。

充不燃液体介质的变压器适用于重污秽和防火条件要求高的场所, 在那里干式变压器和油浸式变压器均不允许使用。

1-2 油浸式电力变压器的结构特点、

安装工作量和安装顺序

安装工作量和安装顺序取决于具体型号变压器的结构特点。

现代变压器的器身通常制成不可拆卸的，并装于本身的油箱中发往安装地点。这就使得外形尺寸和重量都很大的大型变压器，在安装地点卸车和就位时的工作必须采用索具作业，劳动量很大，而且责任十分重大。

采用电缆纸、变压器油和其它吸潮材料作为变压器的绝缘，带来了很大的工作量。这些工作量有：在变压器运输、储存、装配和检查过程中必须预防绝缘和油受潮；监视绝缘和油的状态；必要时，必须恢复固体绝缘和油的绝缘性能。

器身基本部件（铁心和绕组）的必要强度是靠夹紧装置和拉紧装置来保证的。这种紧固结构必然对运输提出附加限制（没有严重振动，限制加速度）。运输条件遭受破坏时，必须检查器身。25t 以上变压器采用钟罩式油箱，这种油箱上下节连接部位较低，所以在必要情况下解体检查变压器时可以用不起吊器身。

由于受到运输条件的限制，大型变压器在运输前需要进行大量的拆卸工作，而在安装地点又要重新进行组装和试验。

安装工作量和安装顺序还取决于变压器主要组件（冷却系统、有载调压装置、变压器油保护装置、高压套管等）的结构特点。例如，I～III类变压器的油浸自冷冷却系统，一般在制造厂里就组装在变压器上了。大型变压器的强迫油、空气和水循环的冷却系统，是以拆卸状态从制造厂发运的，需直接在安装地点进行清理、组装和调整。冷却系统的结构还决定变压器注油时的工作顺序。

油浸式变压器还装有下列组件：监视油位和油温的仪表（油位计、普通温度计、信号式温度计）；在非正常状态下切除变压器并发出信号的保护继电器（气体继电器、油位继电器）；监视负载和给变压器电气保护电路供电的装入式电流互感器；防止油箱损伤的安全装置（安全气道、压力释放阀）。

大型电力变压器的冷却系统还配备电动设备（油泵、电风扇）、电气装置和仪器仪表（控制箱、压力表、信号式温度计）。安装