

电容器电气参量 测量技术

B. B. 卡尔比欣 著

国防工业出版社

73.156
170

电容器电气参量测量技术

B. B. 卡尔比欣 著

果为、彤古 译

electrical

國防1963年5月版社

出版者的話

本书叙述电容器电气参量测量技术以及所用仪器的檢驗和使用的
基本概念，测量电容量、介质損耗角正切、絕緣电阻、电容温度系数
等的方法；討論在大規模生产的条件下广泛用来测量这些电气参量的一
些仪器；闡明了仪器的作用原理和結構，仪器的綫路和技术特性，
以及在特殊条件下仪器的定期檢定方法。

本书系根据苏联B. B. Карпихин著“Техника измерений элект-
рических параметров конденсаторов” (Госэнергоиздат 1955 年
第一版) 譯出。但 1961 年苏联国家动力出版社又出版了該作者著的
“Массовые измерения в производстве радиоконденсаторов”。該
书实际上是“Техника измерений электрических параметров кон-
денсаторов”的修訂再版本。因此我們將 1961 年版本增加的内容补
譯予本书下列各有关章节：2-11, 4-4, 5-3, 6-3, 6-4 和第七章。

本书供电气測量實驗室工作人員、技术檢驗科工作人員、生产工
人，以及其他在电容器制造业中从事測量的人員参考。

ТЕХНИКА ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОНДЕНСАТОРОВ

В. В. КАРПИХИН
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ 1955

*

电容器电气参量测量技术

В. В. 卡尔比欣著

果为、彭古譯

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第 974 号

国防工业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

*

787×1092 $1/32$ 印張 $5\frac{3}{4}$ 122 千字

1963年7月第一版 1963年7月第一次印刷 印数：0,001—4,700册

統一书号：15034·487 定价：(11-5)1.00元

序 言

偉大的俄国科学家 Д. И. 門捷列夫曾說过：“度量衡是認識自然界的最重要的工具”。在人类認識自然界的过程中，測量具有极大的意义。不仅在科学方面，而且在技术方面，工业方面，特别是在大規模生产的条件下，測量和測量技术都起着主导作用。

有鉴于此，对現代化的測量提出越来越高的要求。目前，要求以很高的准确度和最短的时间来測量所有的量值。新的測量方法不断地出現和采用；或者是具有高准确度的，或者是具有高生产效率的，而經常是二者兼备的新型測量仪器不断地被研制成功。

測量技术不仅在科学研究方面，就是在生产上也获得了广泛的应用。在各种工业部門工作的大多数工程技术人員、工长和工人都势必要遇到或多或少的測量。

在生产低压电容器的电容器制造工厂必須測量許多不同的量值，并且这样的測量必須重复許多次。还应当指出，某些測量需要以高准确度进行，并且为此目的需要采用复杂的仪器或者十分复杂的測量方法。

为了大規模地測量电容器的介质損耗角正切、电容溫度系数、电容量等等而使用复杂的高頻仪器。

对工程师、工长、技术檢驗科和實驗室的工作人員，以及参加生产綫和执行各种不同測量操作的生产工人来讲，必須解决許多問題，因而須要熟悉仪器、仪器的技术特性、善于估計測量仪器的誤差。

因此,要在技术上正确地使用装置,必須具有測量技术方面的知識(哪怕是极概括地了解),必須会根据誤差鉴定仪器和所进行的測量,必須会校准仪器,必須在主要特征方面掌握装置和技术特性,当然还必須会用它們来工作。

在本书中研究測量技术的基本原理,研究在大規模生产低压紙电容器、陶瓷电容器、云母电容器及其它各种类型的电容器的条件下測量許多量值的特点,及为此所使用的仪器。

由于篇幅所限,不容再研究基本上只是在實驗室条件下所进行的測量。

未研究例行試驗和寿命試驗,以及如旁路电容器的耦合阻抗那种参量的測量等等。

由于同样的原因,也放过了許多其它的,有时甚至是重要的測量技术問題。属于这方面的有:产品可靠性的定义問題,測量器具的設計問題,包括半自动装置和自动装置的設計問題。

这全然是独立的題目,它远远超出本书的范围。对这个題目應該按另一种形式来叙述,这是其它部門的工作人員所感兴趣的。

目 录

序言	5
第一章 大规模测量的特点	7
1-1. 大规模测量的主要特点	7
1-2. 大规模测量的准确度	8
1-3. 换算表的编制	11
1-4. 电容器参量的复验	13
1-5. 大规模测量对仪器的基本要求	15
1-6. 测量用附件	16
1-7. 测量操作的机械化和自动化	20
1-8. 测量器具的使用	24
1-9. 测量器具的检定	24
1-10. 电容器的例行试验	26
第二章 测量电容量的仪器	32
2-1. 测量电容量的一般问题	32
2-2. МЛЕ-1型电桥	34
2-3. МТЕ-1型电桥	42
2-4. 204 型电桥	47
2-5. ИЕ-2 型仪器	54
2-6. ЦИЕТ-1000 型仪器	60
2-7. ЭФ 型微法计	64
2-8. СВ-151 型仪器	67
2-9. ПНРК-1 型仪器	72
2-10. ЦИП-1-Е 型仪器	80
2-11. ПРК-3 型仪器	83
第三章 测量电容器损耗角正切的仪器	89

06446

3-1. 測量介质損耗角正切的一般問題	89
3-2. ИИИ 型儀器	93
第四章 測量電容器絕緣電阻的儀器	101
4-1. 測量電容器絕緣電阻的一般問題	101
4-2. МПН-1 型兆歐表	105
4-3. RM-175 型兆歐表	110
4-4. ТО-2 型兆歐表	116
4-5. 鏡式檢流計設備和兆歐表的定期檢定	120
第五章 測量電容溫度系數的儀器	125
5-1. 測量電容溫度系數(TKE)的一般問題	125
5-2. TKE-1 型和 TKE-2 型儀器	128
5-3. C-2A 型測量電容溫度系數的設備	137
第六章 抗電強度試驗的儀器	154
6-1. 電容器抗電強度試驗的一般問題	154
6-2. ПУ-2 型击穿設備	157
6-3. ТПУ-10 型儀器	159
6-4. ИСК-4 型儀器	164
第七章 電容器電氣參量的檢驗的自動化和機械化	169
7-1. 測量操作的自動化和機械化的一般問題	169
7-2. КБК-4 型云母電容器出廠檢驗的自動機	171
參考文獻	181

73.156
170

电容器电气参量测量技术

B. B. 卡尔比欣著

果为、彤古译

electrical

國防1963年5月版社

出版者的話

本书叙述电容器电气参量测量技术以及所用仪器的檢驗和使用的
基本概念，测量电容量、介质損耗角正切、絕緣电阻、电容温度系数
等的方法；討論在大規模生产的条件下广泛用来测量这些电气参量的一
些仪器；闡明了仪器的作用原理和結構，仪器的綫路和技术特性，
以及在特殊条件下仪器的定期檢定方法。

本书系根据苏联B. B. Карпихин著“Техника измерений элект-
рических параметров конденсаторов” (Госэнергоиздат 1955 年
第一版) 譯出。但 1961 年苏联国家动力出版社又出版了該作者著的
“Массовые измерения в производстве радиоконденсаторов”。該
书实际上是“Техника измерений электрических параметров кон-
денсаторов”的修訂再版本。因此我們將 1961 年版本增加的内容补
譯予本书下列各有关章节：2-11, 4-4, 5-3, 6-3, 6-4 和第七章。

本书供电气測量實驗室工作人員、技术檢驗科工作人員、生产工
人，以及其他在电容器制造业中从事測量的人員参考。

ТЕХНИКА ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОНДЕНСАТОРОВ

В. В. КАРПИХИН
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ 1955

*

电容器电气参量测量技术

В. В. 卡尔比欣著

果为、彭古譯

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第 974 号

国防工业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

*

787×1092 $1/32$ 印張 $5\frac{3}{4}$ 122 千字

1963年7月第一版 1963年7月第一次印刷 印数：0,001—4,700册

統一书号：15034·487 定价：(11-5)1.00元

目 录

序言	5
第一章 大规模测量的特点	7
1-1. 大规模测量的主要特点	7
1-2. 大规模测量的准确度	8
1-3. 换算表的编制	11
1-4. 电容器参量的复验	13
1-5. 大规模测量对仪器的基本要求	15
1-6. 测量用附件	16
1-7. 测量操作的机械化和自动化	20
1-8. 测量器具的使用	24
1-9. 测量器具的检定	24
1-10. 电容器的例行试验	26
第二章 测量电容量的仪器	32
2-1. 测量电容量的一般问题	32
2-2. МЛЕ-1型电桥	34
2-3. МТЕ-1型电桥	42
2-4. 204 型电桥	47
2-5. ИЕ-2 型仪器	54
2-6. ЦИЕТ-1000 型仪器	60
2-7. ЭФ 型微法计	64
2-8. СВ-151 型仪器	67
2-9. ПНРК-1 型仪器	72
2-10. ЦИП-1-Е 型仪器	80
2-11. ПРК-3 型仪器	83
第三章 测量电容器损耗角正切的仪器	89

06446

3-1. 測量介质損耗角正切的一般問題	89
3-2. ИИИ 型儀器	93
第四章 測量電容器絕緣電阻的儀器	101
4-1. 測量電容器絕緣電阻的一般問題	101
4-2. МПН-1 型兆歐表	105
4-3. RM-175 型兆歐表	110
4-4. ТО-2 型兆歐表	116
4-5. 鏡式檢流計設備和兆歐表的定期檢定	120
第五章 測量電容溫度系數的儀器	125
5-1. 測量電容溫度系數(TKE)的一般問題	125
5-2. TKE-1 型和 TKE-2 型儀器	128
5-3. C-2A 型測量電容溫度系數的設備	137
第六章 抗電強度試驗的儀器	154
6-1. 電容器抗電強度試驗的一般問題	154
6-2. ПУ-2 型击穿設備	157
6-3. ТПУ-10 型儀器	159
6-4. ИСК-4 型儀器	164
第七章 電容器電氣參量的檢驗的自動化和機械化	169
7-1. 測量操作的自動化和機械化的一般問題	169
7-2. КБК-4 型云母電容器出廠檢驗的自動機	171
參考文獻	181

序 言

偉大的俄国科学家 Д. И. 門捷列夫曾說过：“度量衡是認識自然界的最重要的工具”。在人类認識自然界的过程中，測量具有极大的意义。不仅在科学方面，而且在技术方面，工业方面，特别是在大規模生产的条件下，測量和測量技术都起着主导作用。

有鉴于此，对現代化的測量提出越来越高的要求。目前，要求以很高的准确度和最短的时间来測量所有的量值。新的測量方法不断地出現和采用；或者是具有高准确度的，或者是具有高生产效率的，而經常是二者兼备的新型測量仪器不断地被研制成功。

測量技术不仅在科学研究方面，就是在生产上也获得了广泛的应用。在各种工业部門工作的大多数工程技术人員、工长和工人都势必要遇到或多或少的測量。

在生产低压电容器的电容器制造工厂必須測量許多不同的量值，并且这样的測量必須重复許多次。还应当指出，某些測量需要以高准确度进行，并且为此目的需要采用复杂的仪器或者十分复杂的測量方法。

为了大規模地測量电容器的介质損耗角正切、电容溫度系数、电容量等等而使用复杂的高頻仪器。

对工程师、工长、技术檢驗科和實驗室的工作人員，以及参加生产綫和执行各种不同測量操作的生产工人来讲，必須解决許多問題，因而須要熟悉仪器、仪器的技术特性、善于估計測量仪器的誤差。

因此,要在技术上正确地使用装置,必須具有測量技术方面的知識(哪怕是极概括地了解),必須会根据誤差鉴定仪器和所进行的測量,必須会校准仪器,必須在主要特征方面掌握装置和技术特性,当然还必須会用它們来工作。

在本书中研究測量技术的基本原理,研究在大規模生产低压紙电容器、陶瓷电容器、云母电容器及其它各种类型的电容器的条件下測量許多量值的特点,及为此所使用的仪器。

由于篇幅所限,不容再研究基本上只是在實驗室条件下所进行的測量。

未研究例行試驗和寿命試驗,以及如旁路电容器的耦合阻抗那种参量的測量等等。

由于同样的原因,也放过了許多其它的,有时甚至是重要的測量技术問題。属于这方面的有:产品可靠性的定义問題,測量器具的設計問題,包括半自动装置和自动装置的設計問題。

这全然是独立的題目,它远远超出本书的范围。对这个題目應該按另一种形式来叙述,这是其它部門的工作人員所感兴趣的。

第一章 大規模測量的特點

1-1. 大規模測量的主要特點

大規模生產低壓紙電容器和雲母電容器時，要大規模地測量電容器的各種電氣參量。應當確定的電氣參量為：電容量、絕緣電阻、介質損耗角正切、電容溫度系數等；而且某些參量是每個電容器都必須確定的。任何類型的電容器都要逐個確定電容量值，金屬化紙電容器還要逐個確定絕緣電阻值，等等。對進行測量的準確度提出非常高的要求，而且這種要求還隨着更高質量的產品（無論是舊型的或者是新型的）的制出而逐年提高。

有些量值的測量，例如介質損耗角正切、電容溫度系數等的測量，是相當複雜的，這是由於這些量值本身的性質和所採用的儀器及測量方法的複雜性所致。大部分參量的測量都要在高頻下進行，這也使得進行大規模測量的操作複雜化。

因此，就形成了大規模測量電容器的電氣參量的一系列特點。

主要特點是：測量的結果不是取被測的量的絕對值，而是取與某一規定標稱值的偏差百分數，或者僅取被測的量值與某一規定範圍的偏差值。這些範圍是根據蘇聯國家標準或技術條件按每一類型的電容器制定的。例如，在確定電容器的電容量時，不確定其絕對值，而僅確定與標稱值的偏差百分數，並且根據其電容量值的偏差百分數按照蘇聯電容器電容量準確度等級將電容器分組（ $\pm 2\%$ ， $\pm 5\%$ ， $\pm 10\%$ ， $\pm 20\%$ ）。

在按絕緣电阻值和介质損耗角正切值分选时，只是确定电容器的被测参量值是否与規定的范围符合，依此将电容器分为合格品或是不合格品。

因此，在大規模測量时，我們必須偏重于这样的測量方法，即不必确定被测的量值的絕對值而能立即确定出被测电容器的参量与标称值的偏差百分数，或者确定出其值是大于或小于規定的范围。

如果仍須进行某种計算的話，則应当尽可能預先計算好，而在直接測量时，則利用已做好的表。在实际生产中，这种表称之为換算表或換算卡片。例如，在使用讀数为电容量絕對值(微法或微微法)的仪器将电容器按照电容量与标称值的偏差百分数分选为 $\pm 2\%$ ， $\pm 5\%$ ， $\pm 10\%$ ， $\pm 20\%$ 等組时，則应当制做換算表(或換算卡片)，在測量每个电容量标称值时，事先用換算卡片将各百分数組換算成以微微法或微法計的电容量与标称容量的偏差范围。

在編制这样的表格时，必須考虑測量的准确度。

1-2. 大規模測量的准确度

各种不同的物理量可以按可能性和必要性以不同的准确度进行測量。按照苏联国家标准的規定，測量紙介电容器的电容量所需的准确度为 $\pm 2\%$ 。如有好的和标准的仪器时，可以測量得更准确。不能用准确度低于 $\pm 2\%$ 的仪器来測量。

一般工业上的測量，尤其是在大規模生产的条件下，是按給定的要求所限定的准确度进行的，这就允許使用不太复杂的仪器和比較簡單的方法，更主要的是能用非常快速的方法进行測量。

进行测量和使用测量器具时要估计仪器或测量器具的准确度。所谓测量仪器读数的准确度，是指所用仪器的读数与范型度量件或标准测量仪器的读数相接近的程度。

测量仪器的准确度以误差范围来衡量。测量仪器读数的准确度通常简称为仪器的准确度。

误差分为绝对误差和相对误差。绝对误差是用被测的量的计量单位来表示，而相对误差是以无名数或百分数形式来表示。

仪器的读数(B_n)和被测的量的实际值(B_0)的差值称之为仪器读数的绝对误差(d):

$$d = B_n - B_0$$

相对误差有好几种形式: 实际的、标称的和折合的。以 d 与被测的量的实际值(范型度量件或仪器的读数的实际值)之比的百分数来表示的误差, 称之为实际相对误差:

$$d_0\% = \frac{d}{B_0} \times 100。$$

以 d 与范型度量件的标称值或测量仪器的读数之比的百分数来表示的误差, 称之为相对标称误差:

$$d_n\% = \frac{d}{B_n} \times 100。$$

以 d 与度盘的测量上限(即指度盘的最大读数) $B_{e,n}$ 之比的百分数来表示的误差, 称之为折合相对误差:

$$d_n\% = \frac{d}{B_{e,n}} \times 100。$$

例 1 假设测量电容量的电桥的实际读数为 1.01 微法, 而仪器的读数为 1 微法, 则绝对误差将为 $d = B_n - B_0$ 或 $d = 1 - 1.01 = -0.01$ 微法。实际相对误差为

$$d_o\% = \frac{d}{B_o} \times 100,$$

$$d_o\% = \frac{-0.01}{1.01} \times 100 = -0.99\%。$$

标称相对误差为

$$d_n\% = \frac{d}{B_n} \times 100,$$

$$d_n\% = \frac{-0.01}{1.00} \times 100 = -1\%。$$

在大多数情况下，折合相对误差是为指针式仪表而规定的。在上例中，对电桥的每个倍率位置都要确定折合相对误差（假若有折合相对误差的话）。

例2 在倍率10处进行测量，在这个倍率时的测量范围是从1到10微法，则折合相对误差以下式表示：

$$d_n\% = \frac{d}{B_{B \cdot n}} \times 100,$$

$$d_n\% = \frac{-0.01}{10} \times 100 = -0.1\%，$$

式中 $B_{B \cdot n} = 10$ 微法。

在大规模测量时，时常利用另外一个量值——修正量。修正量等于误差数值，但其符号相反。为了获得被测量的实际值而应该以代数的形式附加到仪器的读数上的量，称之为修正量 C 。因之

$$C = -d \text{ 或 } C = B_o - B_n。$$

在大规模测量电容器参量时，最值得注意的是标称相对误差，因为通常是要测量某个标称值或者与标称值偏差的百分数。

有时采用实际误差和绝对误差，对折合误差通常是不感兴趣，因为它根本不能表达该测量的真实情况。

但是，在测量电容量的仪器说明书中，往往只有折合误