

高等学校教学用书

非电量的电测法

上册

苏联 A.M. 屠利庆著

电力工业出版社

高等学校教學用書

非电量的电測法

上册

苏联 A.M. 屠利庆著

姚庆栋等譯

苏联高等教育部审定为动力和电工院系的参考教材

电力工业出版社

高等学校教学用书

非电量的电测法

下 册

苏联A. M. 屠利庆著

姚 庆 栋等译

苏联高等教育部审定为动力和电工院系的参考教材

电力工业出版社

內 容 提 要

本書討論測量非電量的電氣儀表的基本原理和裝置。全書共分三部分：第一部分討論將各種非電量轉變為電量的各種變換器，第二部分討論非電量通過變換器變為電量後所需用的各種基本測量電路的特性和原理，第三部分敘述了各種測量非電量的電氣儀表。下冊只包括第三部分。

原書經蘇聯高等教育部審定為動力和電工院系的參考教材。也可供從事儀表設計和運行的工程技術人員和科學研究工作人員參考。

參加本書翻譯工作的為浙江大學電機系姚慶棟、何志均、陳津侯、林新民、謝福秀、顧貽訓、黃禮鎔、王惠鑒、胡中輯等同志。

А. М. ТУРИЧИН

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НЕЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1954

非電量的電測法

根據蘇聯國立動力出版社1951年莫斯科修訂第2版翻譯

姚 慶 棟等譯

*

697D256

電力工業出版社出版(北京宣武門外大街56號(政大對面))

北京市書刊出版業登記證出字第082號

北京市印刷一厂排印 新華書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 * 8 5印張 * 175千字 * 定價 第10類)1.00元

1957年11月北京第1版

1957年11月北京第1次印刷(0001—3,100冊)

第二版序言

这本著作是由1951年出版的同名的著作改写而成的，在改写的过程中，作者考虑了来自各方面的意见和建議，同时尽量將祖国最近二年来在仪器制造方面，特别是运用自动电桥和补偿器方面的成就补充了进去。

作者感謝評閱者 P. P. 哈尔琴柯，他提出了許多宝貴的建議和意見，此外，Я. М. 費延別尔格、Е. А. 阿鳴馮諾夫、Л. А. 奧斯脫洛夫斯基、И. И. 伊万諾娃、П. Д. 普来斯涅可夫、М. М. 費傑索夫和И. Н. 賽李凡尔斯多夫对于本書各章节提出了有益的意見，在此一併致謝。

П. В. 諾維茨基花了巨大的劳动校閱了這本書，Е. В. 麦尔狄諾娃和Л. М. 雅勃罗尼克整理了原稿，亦表示謝意。

書中缺点在所难免，作者竭誠欢迎讀者提出意見，通信处为：列宁格勒市涅夫斯基大街28号国立动力出版社。

第一版序言

非电量的电测法問題在国内外的許多著作中討論得很多，但这些著作有些只談到非电量的电测法的一部分問題，有些則是按生产部門的特征系統地写成，这样，它所叙述的测量非电量的器具，有用电的仪器，亦有用非电的仪器，这一类的著作有：B. П. 普烈奥勃拉任斯基的“热工测量及仪器”、С. И. 歇普金“化学生产中的控制测量和調节仪器”、H. H. 托彼尔凡尔赫的“冶金厂中的测量和調节仪器”。大家知道，这些著作是叙述性的，适合于需要测量器具运用知識的人們。

近年来，由于广泛应用生产上的自动檢查和自动控制，非常迫切的需要出一本非电量的电测法的書，其中應該充分地叙述仪器的物理化学原理及其理論和計算。

这样的書对运用仪器的工程师有用，对制造和設計测量非电量仪器的工程师亦有用。

此外，这样的書对高等技术学校中相应專業的大学生也是十分需要的。

为了編写一本能滿足上述要求的書，Ф. Е. 焦姆尼柯夫和 P. P. 哈尔琴柯的“非电量的电测法”作了首次的尝试，但是这本书不能完全适合电工测量方面課程的教学大綱。

本書是作为学习“非电量的电测法”課程的大学生的参考教材。

本書的第一部分是作为課堂講課的基本教材，第二部分和第三部分是作为課程設計和实验的材料。

在材料叙述上作者采用了有理方程式。

作者希望本書对于在非电量的电测部門工作的工厂及科学研究的机关的工程技术人员有所帮助。

作 者

統一書號:150361599

定價 1.00 元

目 录

緒言	1
----------	---

第一部分 將非电量轉变为电量的变换器

第一篇 参量变换器

第一章 变阻器式变换器	5
§ 1-1. 理論基础	5
§ 1-2. 变阻器式变换器的構造	7
第二章 接触变换器	8
§ 2-1. 接触变换器的作用原理和主要型式	8
§ 2-2. 对测量电路的要求	11
第三章 接触电阻变换器	13
§ 3-1. 炭堆变换器	13
§ 3-2. 炭絲变换器	15
第四章 电阻絲变换器	16
§ 4-1. 理論基础. 采用的材料	16
§ 4-2. 电阻絲变换器的粘固	18
§ 4-3. 测量电路的灵敏度和对它的要求	19
第五章 热电阻	21
§ 5-1. 概 說	21
§ 5-2. 热电阻在测量气流速度的仪器中的应用	22
§ 5-3. 热电阻在根据导热原理的气体分析器里的应用	32
§ 5-4. 热电阻在真空测量仪器里的应用	38
§ 5-5. 热电阻在溫度测量仪器里的应用	39
§ 5-6. 热电阻在动态中的工作(热电阻的热慣性)	45
第六章 电解質电阻变换器	48
§ 6-1. 理論基础	48
§ 6-2. 电解質变换器溫度誤差的补偿	52
第七章 極化变换器	58
§ 7-1. 基本原理	58

§ 7-2. 应用極譜法的要点	63
第八章 压磁变换器	65
§ 8-1. 理論基础	65
§ 8-2. 变换器的磁路計算	68
§ 8-3. 压磁变换器的灵敏度	73
§ 8-4. 压磁变换器的誤差	75
第九章 电感变换器	77
§ 9-1. 理論基础。电感变换器的型式	77
§ 9-2. 变换器的磁路計算	81
§ 9-3. 綫圈的磁势和匝数, 以及电源頻率的选择	85
§ 9-4. 电感变换器的誤差和它的工作状态的选择	89
第十章 电容变换器	92
§ 10-1. 理論基础	92
§ 10-2. 电容变换器应用的特点。特性的直綫性、溫度的 影响和对于测量电路的要求	94
§ 10-3. 具有电容变换器的仪器的测量电路	98
第十一章 光电变换器	102
§ 11-1. 应用在测量技术上的光电元件的主要特性	102
§ 11-2. 光电变换器的型式	108
§ 11-3. 光电元件接入测量綫路的方式	109
§ 11-4. 差接光电变换器	111
第十二章 游离变换器	113
§ 12-1. 理論基础	113
§ 12-2. 应用游离变换器的实例	117
§ 12-3. 对于变换器和测量电路的要求	121

第二篇 发电变换器

第十三章 感应变换器	123
§ 13-1. 理論基础。变换器的类型	123
§ 13-2. 溫度誤差	126
第十四章 热电变换器	127
§ 14-1. 理論基础	127
§ 14-2. 热电偶所用的材料	130
§ 14-3. 热电偶自由端的溫度变化所引起的誤差	131
§ 14-4. 导綫、热电偶和测量器溫度变化所引起的誤差	135

第十五章 压电变换器	136
§ 15-1. 理論基础	136
§ 15-2. 对于测量电路的要求	141
第十六章 氫离子濃度測定儀器的电位变换器 (pH 計的变换器)	144
§ 16-1. 理論基础。氫的指标和边界电位	144
§ 16-2. 金屬-金屬离子系統的电極电位	147
§ 16-3. 氧化-还原系統的电極电位	150
§ 16-4. 玻璃电極的电位	154
§ 16-5. 对于测量电路的要求	157
第十七章 逆变換器	157
§ 17-1. 工作原理	157
§ 17-2. 逆变換器应用的实例	158

第二部分 基本測量电路

第三篇 測量电路的基础

第十八章 測量儀器各部分参数的配合	161
§ 18-1. 概說	161
§ 18-2. 不平衡和平衡測量电路的一般特性	162
§ 18-3. 測量电路各組成部分(环节)参数的配合。儀器的 方框略圖	165
§ 18-4. 四端網絡的品質指标和匹配度对于变换效率的影响	170
§ 18-5. 最高变换效率的条件	173
§ 18-6. 方框略圖方法的应用实例	175
第十九章 应用于非电量測量儀器的測量器的選擇	178
§ 19-1. 直流和交流測量器(及平衡指示器)	178
§ 19-2. 电子管放大器与各种測量器的配合使用	181
§ 19-3. 具有高輸入阻抗的直流放大器	185
§ 19-4. 从功率的观点選擇測量器	195
第二十章 頻率变换电路	196
§ 20-1. 概說	196
§ 20-2. 具有不可控二極管的电路	199
§ 20-3. 应用电磁式(振動式)变换器的电路	201
§ 20-4. 具有可控二極管的电路	204

§ 20-5. 控制电压的获得方法	209
第二十一章 积分电路和微分电路	211
§ 21-1. 具有 R 、 C 、 L 和 M 的积分电路和微分电路	211
§ 21-2. 积分放大器	214

第四篇 测量电路

第二十二章 不平衡的直流电桥电路	216
§ 22-1. 基本关系	216
§ 22-2. 当变换器的参数一定时电桥电路中各电阻間最佳的对比关系	217
§ 22-3. 当测量器的参数一定时电桥电路中各电阻間最佳的对比关系	222
§ 22-4. 电桥电路对仪器标度特性的影响	223
§ 22-5. 用流比計作测量器的直流电桥电路	228
§ 22-6. 当工作臂的电阻显著改变时直流电桥电路中测量器內电流的簡單計算方法	230
第二十三章 不平衡的交流电桥电路	233
§ 23-1. 基本关系	233
§ 23-2. 具有 $Z_1 = Z_2$ 及 $Z_3 = Z_4$ 对称情形的电桥电路(圖 23-1)	235
§ 23-3. 具有 $Z_1 = Z_3$ 及 $Z_2 = Z_4$ 对称情形的电桥电路(圖 23-1)	236
§ 23-4. 应用具有極大阻抗的测量器的电桥电路	238
第二十四章 自动平衡的测量电路	240
§ 24-1. 自动补偿器的作用原理和灵敏度	240
§ 24-2. 应用于测量热电高温計热电势的自动补偿器电路的特点	242
§ 24-3. 自动电桥的作用原理和它的标度的特性	244
§ 24-4. 自动补偿器和电桥(СП和СМ型)的电动机械随动裝置	247
§ 24-5. ЭПВ、ЭПД、ЭПП、ЭМВ、ЭМД 和 ЭМП 型的自动补偿器和电桥的电子管随动裝置	251

目 录

第三部分 非电量测量的电气仪器

第五篇 测量机械量的电气仪器

第二十五章	测量长度和位移(测微计)的电气仪器	255
§ 25-1.	电感测微计	255
§ 25-2.	光电测微计	257
§ 25-3.	测量零件的厚度和不均匀度的电气仪器	258
第二十六章	液体和颗粒体的水平面遥远测量的电气仪器(水位计)	262
§ 26-1.	变阻器水位计	262
§ 26-2.	电感水位计	264
§ 26-3.	电容水位计	267
第二十七章	测量表面不平度(光洁度)的电气仪器(断面仪)	268
§ 27-1.	压电断面仪	270
§ 27-2.	感应断面仪	272
第二十八章	测量形变的电气仪器(张力仪)	274
§ 28-1.	电阻丝张力仪	274
§ 28-2.	电感张力仪	279
§ 28-3.	絃(电声式的)张力仪	280
第二十九章	测量集中力和压力的电气仪器(测力计和压力计)	283
§ 29-1.	压电测力计和压力计	283
§ 29-2.	压磁测力计和压力计	284
§ 29-3.	电容测力计和压力计	286
§ 29-4.	电感测力计和压力计	287
第三十章	测量真空的仪器(真空计)	292
§ 30-1.	具有热电阻的真空计(型号 BT-2 和 BC-1)	292
§ 30-2.	磁场放电真空计	294

§ 30-3.	BM-3 型式游离真空計	296
第三十一章	測量机械振盪参数的电气仪器 (振動計和加速度計)	298
§ 31-1.	頻率的关系	298
§ 31-2.	感应变换器	301
§ 31-3.	加速度計	304
第三十二章	測量轉矩的电气仪器 (扭力計)	306
§ 32-1.	沒有接触裝置的电感扭力計	306
§ 32-2.	感应扭力計	308
第三十三章	測量旋轉速度的仪器 (轉速計)	313
§ 33-1.	感应轉速計	313
§ 33-2.	电脈冲轉速計	321
§ 33-3.	頻閃觀察轉速計	324

第六篇 測量溫度的电气仪器

第三十四章	电阻溫度計与热电高溫計	327
§ 34-1.	一般概述。溫度标度	327
§ 34-2.	工業用电阻溫度計变换器	330
§ 34-3.	电阻溫度計的測量电路。溫度誤差	335
§ 34-4.	工業用热电高溫計	337
§ 34-5.	热电偶的構造	340
§ 34-6.	热电偶自由端的热穩定自由端溫度的自动修正	345
§ 34-7.	电阻溫度計的与热电高溫計的变换器 热損耗所引起的誤差	347
§ 34-8.	热电偶与电阻溫度計变换器的安裝	352
§ 34-9.	吸取式与加热式热电偶	353
§ 34-10.	在介質溫度瞬变的(一次的)情况下电阻溫度計 与热电高溫計变换器的热惰性	354
§ 34-11.	固体的与表面的溫度測量	358
第三十五章	利用物体輻射能的高溫計	362
§ 35-1.	絕對黑体的輻射参数与溫度的关系	362
§ 35-2.	光学高溫計	365
§ 35-3.	光学高溫計的讀数在非全輻射时的誤差及其修正	370
§ 35-4.	全輻射高溫計	372

§ 35-5. 全輻射高溫計的誤差与安裝	376
§ 35-6. 比色高溫計与它的誤差	379
§ 35-7. 光电亮度高溫計	381
§ 35-8. 光电比色高溫計	384

第七篇 測量液体和气体濃度的电式仪器

第三十六章 利用电导原理的电式濃度計	387
§ 36-1. 測鹽計	387
§ 36-2. 測量酸和鹼的濃度的濃度計	395
第三十七章 电式 pH 計	396
§ 37-1. 銻电極 pH 計	396
§ 37-2. 玻璃电極 pH 計	399
§ 37-3. pH 計的分度。緩冲溶液	401
第三十八章 極譜儀	402
§ 38-1. 指示式極譜儀	403
§ 38-2. 自动式極譜儀	404
第三十九章 根据輻射能的吸收和分散測量濃度的 电式仪器(比色計, 測烟計)	405
§ 39-1. 輻射能的吸收和分散与液体和气体成份的关系	405
§ 39-2. 利用輻射能的吸收或分散測量物質成份的方法的一般特性	408
§ 39-3. 光电比色計	409
§ 39-4. 利用輻射能热效应的比色計	412
§ 39-5. 电式測烟計	413
第四十章 电式气体分析器	416
§ 40-1. 根据导热原理的电式气体分析器	416
§ 40-2. 根据化学反应(催化作用)热的測量原理 的电式气体分析器	421
§ 40-3. 光-声式气体分析器	426
§ 40-4. 磁式气体分析器	430
第四十一章 質譜儀	433
§ 41-1. 作用原理	433
§ 41-2. 利用質譜儀以測定空气中氮的濃度的方法来 檢驗高度真空仪器的漏气	436

第四十二章 测量湿度的电式仪器	438
§ 42-1. 测量固体湿度的电式仪器(湿度计)	438
§ 42-2. 测定气体湿度的电式仪器	443

緒 言

非电量的电測法是測量技術中一個極其廣大的部門，實際上包括對一切數量的測量，這些數量被用來鑑定各種物理現象、化學現象和生產過程。

科學的發展與測量技術的發展有密切的聯繫。測量是用實驗的方法對任何現象、任何規律性在質和量兩方面達到認識的過程，它所具有的可能性（關於準確度、靈敏度以及被測數量的範圍）在頗大的程度上決定了科學的發展水平。測量技術達到的水平愈高，則科學的成就顯得愈為深廣。而在另一方面，科學的發展又為測量技術的發展創立新的前提、新的途徑和新的可能性。

在生產的發展與測量技術的發展之間也看到了完全相似的相互聯繫。現代的生產，特別是在社會主義計劃經濟情況下的現代生產的特點，是極嚴格地遵守技術規程和普遍地採用生產過程的自動控制。只有借助於測量技術，測量出表征各種技術操作過程中每一部分和每一環節的特性的那些參量，現代生產的要求才能得到保證。所以在今日蘇維埃的冶金、化學、制煉石油、紡織、食品、金屬加工製造等工業的工廠里，以及其他各工業部門的工廠里，充滿了各種各樣的測量儀器，用以檢測和操縱生產過程。在另一方面，生產上的成就又保證了新材料的獲得和儀器零件製造的更加精密，這就為測量技術的發展開創了更為廣大的可能性。

表征各種生產過程的特性的各種參量的測量可以歸結為有限的幾種物理量的測定：溫度、機械量（力、壓力、位移、速度、加速度等等）、液態或氣態介質中各成份的濃度、時間、各種電量（電流、電壓、頻率、電功率等）。

普遍採用電式測量儀器來測定包括非電量（溫度、機械量及其他）在內的實際上的一切物理量，是現代測量技術發展上的特點。這一情況是由於電式測量儀器具有為大家所熟知的一系列優點：連續測量和記錄所測數量的可能性，實施遠距測量以及與控制生產過程的執行機

構相联系(通过繼电器)的可能性,測量的高度準確性和靈敏性,無論所測數量的數值甚大或甚小時,測量範圍都很廣闊。

當使用電式儀器來檢測非電量時,出現了測量技術中這一部門所獨有的一些問題。在這些問題里面,首先應該提到的是將非電量變換為電量的問題。在測量裝置里面完成這種變換作用的元件,我們稱它為變換器。

這類變換器是利用固體、液體或氣體的某種電參量與所測數量間的倚賴關係,例如電阻與溫度間的關係。

以電的方法來測量非電量的儀器的基本結構圖可以繪成如圖 1 所

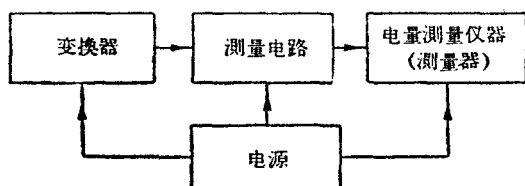


圖 1 測量非電量的電式儀器的結構圖

示的形式。變換器經過測量電路與電量測量儀器聯繫起來,測量儀器的標度以所測非電量的單位來刻劃。為了使得電量測量儀器(安培計、

伏特計、檢流計等)的概念能夠與整個測量儀器的概念更為方便地區別開來,我們以後將稱電量測量儀器為測量器。

在一般的情況下,電源供电給儀器的所有三個基本部分。在個別場合下,電源只要對測量電路供电就夠了,而在有很多場合里面,變換器本身就是測量電路和測量器的電源(例如熱電高溫計里面的熱電偶);在後一種情況下,就不必要有單獨的(輔助的)供电電源了。

如果所測非電量在變換器里面被轉變成為電阻、電感、電容之類的電參量,這些電參量的測定必須要有輔助的電源,我們稱這一類變換器為參量變換器。如果所測非電量在變換器里面被轉變為電勢,則我們稱這類變換器為發電變換器。

應該指出,在有些情況下,也使用所謂逆變換器來將電量轉變為非電量,以便與所測非電量作比較;使變換器輸出端的非電量與所測非電量相均衡的電量(輸入)的數值,隨所測的非電量而轉移。

在最簡單的情況下,測量電路就是連接變換器與測量器(例如在熱電高溫計里用毫伏計作為測量器)的導線。如果變換器的電參量用