

电工测量仪表

譯文選集

(内部刊物)

第九集

第一机械工业部电工仪表研究所

哈尔滨

1962年5月

目 录

現代电气仪表制造业的发展	A. M. 達姆斯基 Г. И. 卡瓦列洛夫 (1)
仪器制造业的現代发展趋向 (电工測量仪表部分)	Г. И. 卡瓦列洛夫 (6)
中頻电磁系仪表	П. П. 奧爾納特斯基, Н. Ф. 蘇維德和 Ю. М. 杜茲 (8)
用于实验室和檢驗工場的象限式靜电系仪表 (德)	(11)
万用伏安欧姆計	Н. И. 秋林, А. М. 列巴爾斯卡雅和 В. П. 保古斯拉夫斯基 (16)
用电压和的方法校驗直流瓦特表	И. Н. 奧舍爾 (20)
电工測量仪表携帶式校驗裝置	Д. Д. 克聶捷夫 (22)
电流互感器誤差的計算	М. И. 劉維 (24)
数字式时间脈冲变换器的系統誤差	В. Н. 赫利斯多諾夫, В. П. 拉夫洛夫 (35)
0.001 欧姆到 100000 欧姆基准器和标准电阻的比較电桥	В. П. 雪格林 (41)
直流电源稳定器的新綫路	Н. Н. 葉夫季希耶夫 (44)
測量和調整裝置技术經濟效果的确定	Я. Д. 普洛德金 (46)
磁性材料的标准化問題	Е. Н. 柴朱琳娜 (52)
設計仪表时金属电镀層与焊料的联接問題	Л. М. 拉皮捷斯 (54)
高矯頑力合金的温度老化	工程師 P. C. 布伯洛夫斯卡亞, 工程師 A. M. 莫洛左瓦 工程師 Ф. И. 惠蘭娜 (59)



現代电气仪表制造業的發展

A.M. 达姆斯基 Г.И. 卡瓦列洛夫

在苏共第22次代表大会历史性的決議中提到对各个生产部門中要以新技术为基础进行最根本的重新装备，这与仪表制造工业的发展有密切联系；在很大程度上，仪表制造工业保証着綜合自动化和遙控技术的需要。

苏联电气仪表制造和计量的高度发展水平促进了这种复杂的技术問題的解决，如創造原子反应堆，电站，原子破冰船，世界上最强大的火箭，如苏联宇宙飛行員卓越的飞行。

現代电气仪表制造是苏联工业中一个龐大的专业化部門，在这一部門里組織着测量电磁值用技术工具的成批和大批生产。

发展用电气方法测量非电量的显著成果保証了在各个科学和生产部門中广泛地运用电气测量仪表技术，象在国民經济中广泛地利用这种方法来测量土壤温度，日光輻射，种子和空气的湿度；在生物学和医学中，用为取得各种程序的数量特性，发展物理、化学、天文学、机械学及其他精密科学广泛地利用最多样性的电气测量工具是不可能的。

在認識和了解自然界現代技术工具的武庫里，电气测量的重要作用日益增長，测量技术迫切要求它来闡明科学技术的基本問題和确定其解决途徑，按我們的意見，这些任务可以归納成下列几个方面：

1、在各个科学和生产部門中广泛地使用电气测量技术方法，提出了需要显著地扩大电气测量仪表的品种，以及各种类型裝置的必要性。

此外，新的技术部門的迅速发展（原子能、火箭、宇宙飞行、无线电子学等等）要求創造各种仪表和测量裝置，在特殊使用条件下工作，以及能解决一系列新的特殊性的問

題。

2、从各个方面深入的探索細微的自然現象的規律性，采用各种更为复杂的机器、仪器、仪表和工艺过程，都要求在扩大量限时不断地提高测量准确度。

从各个方面经常提出这样的任务：最大限度的达到現代科学中已达到的准确度，亦即是基准准确度，甚至超过此准确度。

这样就产生了必要性，利用特別精密和灵敏的方法和相应的仪器，而这种方法直至不久以前純粹为實驗室中的方法，而现在車間中，田野条件下，及在活动物体上，测量准确度与实际计量达到的最好成就的區別愈来愈小。

3、在各个科学和技术部門中发展綜合性的研究，要求建立精密的多綫测量仪器，特别是用于同时进行許多数值的大批测量。

4、許多科学和技术专业的特殊值需要有精密测量快速变化值的仪器，而且在大多数情况下，只有电气测量方法才能保証这种动态测量的必需准确度和可靠性。

5、生产过程广泛地采用自动化，使指示式测量仪表变成調节器的测量之件，或变成控制计算机上的訊息情报部件，可显著地增長复杂生产过程中测量参数的数量。

所有上述情况都要求必須建立多点的或集中测量，或对已定工作狀況偏差監督的綜合性测量系統。

6、在测量技术发展和复杂化的条件下，負有愈来愈重大的責任，对于很多重要的試驗，或复杂化的工艺过程，仪表和测量裝置工作的可靠性和安全性具有特殊的意义，甚至在惡劣的使用条件下，長期地保存着仪表保証期的性能。

7、不断地扩大国内对已生产品种的电工测量仪表的需求，研究设计并快速掌握按仪表本身数据常常是非常复杂的新品种，也需要探索组织工业生产的新方法。

为解决上述任务应采取什么方法呢？

大家知道，在1961年苏联各制造厂生产了将近400种电气测量仪表（不包括改型和改标准度尺在内），而到1965年计划生产超过700种，而且许多在目前正在生产的仪表，到那个时候也会进行某种改型。此外，必须测量新的物理值，扩大测量范围，提高测量准确度和大量地增加品种，其中很大程度上由于要满足专门的配套仪表，它们常常是在非常恶劣的使用条件下工作，这样，目前对于陆、空、海运输，野外无线电电子设备，以及一系列的生产过程，实际上都需要整个一连串指示式的（指针的），开关板的，配电盘式的和携带式的仪表（包括高灵敏度的，某些品种过去仅在实验室中使用），因此，在所谓这类一般用途仪表（ГОСТ 1845—59内的A和B使用组）某些已由特殊系列仪表所补充。而且，在许多情况下，由于冶金工程师和结构设计师的新成就而使在許多情况下活动部分用拉紧固定的可靠的新结构。

重要的任务是创制耐震动，耐冲击的，和耐高温配电盘式及开关板式的仪表，用在加速度很大和升高温度（达 100°C ）条件下工作，以及十分可靠的《微型表》（达 10×16 毫米）。此外，还应考虑创制指示式《无可动部分》的仪表。

但应指出一点，虽然自动化电气测量仪表，测量系统和测量装置从各个方面尽可能地向前发展，但目前尚无根据完全取消直接交换式的仪表，即带机械测量机构和被动作用测量线路的指针式仪表，这些仪表解决大量的实际任务，而且显然，在单一的和简单的测量工作中这些仪表还将有很长的使用时间，作为配电盘式指示器和检验仪表，还可使用于各种用途的复杂的测量仪器中，包括自动化仪器。它们的比重将逐步减少，这根据工业新的电气测量仪器的发展及掌握情况。

要求直接读数指示式仪表有新的质量，首先根据测量线路的发展和改进来保证之，而归根到底应由仪表的特性和用途确定的，仪表的测量机构，主要问题是属于设计与工艺上的改进，一般都与新材料和新工艺的应用有关。

电子学、半导体和计算技术的先进方法，对于设计者的任务，是需要作大量的选择测量线路，以提高灵敏度，准确度，扩大频率范围，控制附加误差，适用于各种使用条件，而利用比较简单的通用测量机构。

因此，仪表带主动作用测量线路的发展（带有能源）就成为设计工作上带有特点的趋势，从最后三年工业所掌握的152种新型的电气测量仪表中，其中有28种仪表的测量线路利用放大器和变换器的半导体元件，例如，在Φ58型仪表中，带静电测量机构的电子放大线路，可以得到宽频范围的灵敏微安表和伏特表，而配合T17型仪表内带光补偿放大线路的热电式变换器，可以创制测量电路内低消耗的（达100微安）热电式伏特表。

在测量线路内添加主动作用元件，不仅可以扩大量限和提高测量准确度，而且在一系列情况下，可以解决将高灵敏度仪表在使用条件十分恶劣的设备上使用的任务。假如还可作这样的比较，不久前电压的准确测量到 10^{-8} 伏，只有在实验室条件下用专用设备用长时间才能测出，而现代光补偿微伏表可以快速地和十分准确地在野外条件下进行这种测量。

目前日益广泛地实际运用在测量线路内加入逻辑元件——乘积的、积分的、开关式的等等，——根据现代物理和冶金学的成就，这样亦可用较简单的测量机构设计出十分珍贵的仪表。静止式功率变换器可利用半导体的霍尔效应，对于光指示式的示波器可以省略复杂的功率振荡子，功率瞬时值的记录使用一般带变换器的电流振荡子，利用所谓《化学粒子效应》可以用简单的测量机构创制十分珍贵的积分和中值仪表。

带有主动作用和逻辑元件测量线路的发展牵涉到大量的积分仪表——计数器，由于不

帶活動元件堅實積數綫路製造方面的发展，可以創制更为精密的計算直流和交流電能的電表，這種儀表在理論上可以無期限地長期使用，甚至可在非常惡劣的條件下使用。

从設計結構观点出发，在保持或甚至提高其準確度等級的條件下，力求縮小開關板，配電盤和攜帶指示式儀表的外形尺寸。

最近几年一般用途的開關板儀表，其正面的基本外形尺寸應為 120×120 毫米，代替 160×160 毫米，目前关于配電盤儀表，如上所述，外形尺寸減少到 10×10 毫米。

在實驗室儀表中愈来愈广泛地使用光标讀數，对于标度尺也打开了更为寬大的远景，在提高讀數準確度的情況下，由于加長了光指示的光程，按多層讀數的标度尺，可以縮小其外形尺寸。

新的电气測量工具中，最大可能性的是用自动化的測量裝置，這可以通过創制单独的自动化电气測量儀器^①，以及綜合的測量和檢驗系統和裝置的方法来实现。

大家知道，保證最高的測量準確度，要用补偿和電橋的方法，因此，在平衡过程自动化方面已进行了許多年的工作，并已創制了大量的最多种多样的自动化儀表。

苏联及国外各工厂所設計及製造的自动化补偿器（電位差計）和電橋，大部分为电机机械式記錄儀器，跟踪連續（均匀地）变换被測值为模擬形式——按比例（或按規定規律变化）連續移动指示器，記錄于紙上，以时间为变化函数（或为另一被測值）指示器的移动，并常常作用于調節器上。

当被控制参数的变化比較慢时，仅需1个儀表在許多点上按順序分散的測量許多数值，例如ЭПП-09型24点自动電位差計，实际上就是多点式集中測量系統，但是电机机械式自动化儀器使用在跟踪变换方面，由于儀器慣性受到一定的限制，此外，被測值的模擬表示，由于需将其变换为電碼形式要求有附加变换工序。

因此，最有利的办法，是将被測值階梯式

斷續的表示法采取补偿式和電橋式綫路，在这一基础上所設計的这种新型自动化儀表，是較慢速作用（1—10測量/秒）的电机机械式数字儀表和快速作用的（達 10^3 測量/秒）帶動態补偿或電碼—脈冲变换的模擬数字变换器，可以得到用其他測量儀器不可能求得的结果，并可解决一系列上述任务。

例如，不久前電流測量誤差0.01%，僅在實驗室內需由熟練的工作人員进行測量，而且需用几分鐘。現代精密自动化数字儀表进行这种測量仅1秒鐘，并可在移动帶上自动記錄測量结果，根据快速作用的模擬—数字化变换器，可以創制動態測量用的記錄式儀表（1秒鐘100000次值，帶有記憶及以后再显示），整个誤差为0.5—1%，这是其他儀表所不能达到的。

这样，帶斷續平衡的（按任何規律）补偿式和電橋測量綫路的自动化，目的在将被測連續值变换为電碼形式，有些情况需要变换为数字形式，这是創制新的測量儀器主要方法中的一种方法。根据这些方法所設計的許多型別的自动化儀表，具有十分可貴的参数，特別有效地利用这些儀表，配合数字化計算式裝置使用，或在控制工艺过程調整系統中，以及在綜合測量裝置中配合操縱機器使用。

如上所述，现阶段科学和技术会經常要求我們进行許多参数的大量測量，常常要求快速地，对于直接观察者是不可能达到的。在目前，苏联工厂所生产的电气測量裝置，基本上是各个单个儀器的配套，必要时，由研究者自己从这些儀器中（如一般利用自制的，平时方便收集的儀器和元件），裝配出复杂的測量綫路和裝置，作为同时控制測量許多参数用的唯一广泛使用的儀表，就是多光綫示波器，但严格說来，这种示波器沒有額定的誤差，仅只是一种有条件地測量儀表，最后一个阶段，在苏联及国外开始出现专业性的測量裝置，以解决单个类型，多綫多参数測量任务。但参数的数量也是有限的，目前迫切需要創制多綫綜合性的情报—邏輯式測量裝置，包括測量变换器，

記憶部件，記錄裝置，分析器及其他元件，聯系成統一的程序控制裝置系統，它給操作者僅選擇所需要的情報。

大量測量過程的自動化與帶有初級傳感器工作的測量變換器的發展和改進有密切關係，大量數值測量和控制的多样性和複雜性，要求傳感器有統一輸出參數，並創制通用變換器，這種變換器，其本身具有各種函數和邏輯部件（放大器、積分器、微分部件、分壓器、發電機等等）解決一個共同的問題，任何一種傳感部件多样性的情況下，測量變換器理論的發展，容許顯著地擴大電工測量儀表和自動化測量儀器的使用範圍，這特別指科學研究所用儀器。

測量儀表和電路的自動調整對研究過程中，可以創制連續控制用的萬用綜合裝置，而當使用單個儀表時，可以使操作者省略去大量無關的情報，例如，量限的自動轉換，與研究過程速度有關的記錄速度或測量頻率的变化，各種作用部件的接入（積分器、分析器、乘積器等等）座標座標圖表的構成，及其他工序，這不僅減輕研究者的工作量，而且可以最大靈活地和全面地利用儀表的可能性，在這一方面的工作，實際上僅只是開始。對於綜合性自動化測量系統，有極重要的意義。

測量自動化實際發展方向中，其中一個方向，是設計研究在測量過程中情報的初次加工方法，並為此目的創制邏輯裝置，嵌入裝于自動化儀表內，或作為一種獨立部件與儀表配在一起工作。

工藝過程操縱的自動化，在測量技術面前提出了一連串的問題，關於創制專用裝置和系統，可與一般測量并用，為達到調整作用，實現配合控制計算裝置工作的專業性；由測量儀器組成的複雜的整套裝置，測量和計算技術的

綜合化可以創制一系列，在原理上是新系統的，能够在十分之幾秒內分析和調整任一複雜的實際操作過程。

在許多情況下，常遇到必需周期性地測量大量參數，而間隔時間很長，直至目前對於這種情況。還只有大量使用每種儀表僅只能測量一種參數的儀表。

在今後提出了尽可能廣泛地在這方面貫徹循環監督的測量系統。這樣可顯著地縮小尺寸，降低儀器的成本，保證工作中的方便性和操作性。

綜合測量儀表在調節系統中生根成為各種測量技術發展的特殊標誌，其中並包括電工測量技術，在蘇聯已設計成，並繼續研究電量和非電量集中檢驗的專業系統，用於電站和其他對象上。應說明一點，專業化，即是工業系統能夠解決一定具體工藝的問題，用集中檢驗系統內加入一定的數律來實現，在最簡單的情況下，這種數律就是許多水平系統（《裝設》系統），對於水平的偏差，由一定裝置來監督之，這些函數具體化後，大大地減輕了控制工業系統的設計工作，大量多綫測量用的萬用研究測量系統應考慮到加入任一數律，任一規定程序，並包括在各種範圍內加入程序外的測量的可能性。

提高電工測量儀表的可靠性和耐用性，是目前所提出的最尖銳的問題，因為我們要求儀表在長時間內仍保持所規定的度量特性，直到目前為止，在這方面所進行的工作，大多限於作一般設計和工藝上改進的範圍內，這種情況是由于大多數的電工測量儀表的結構是比較簡單的，其組成元件不太多，而另一方面，任何儀表是由操作者或試驗者直接操作，只需同時監督一定限度數量的儀表。

對保證測量技術儀器無條件可靠的必要性還重視不夠，其中一部分，特別是電工測量儀表，近年來，由於其在實際生產中顯著地擴大了使用儀表的數量，以及由於為取得許多重大的試驗或完全是很重要的工藝過程的成果，提高了儀表責任。

①這裡所指的甚至是跟綜合變換儀器上所使用的自動化電工測量儀表的術語，這些儀器內，平衡過程或單個儀表內測量電路間過程的重合是自動化的，廣義地說，如大家所知，自動化即為任一指針式儀表直接所指示的測量結果。

評定电工測量儀表的可靠性有其本身的特点，首先必須保證這些儀表長期的，常常以數十和數千小時計算的連續工作時間，但必須考慮到儀表的超差，即是儀表超出準確度等級，失掉了度量特性，這只有通过標準表的校驗才被發現。所以特別有重要意義的問題，是如何保證大量測量用自動化測量裝置和多点檢驗和測量系統的可靠性。

在目前產生了可靠性的計算，和在數量上定額界限確定的必要性，這種數量標準的擬定僅僅可以根據統計計算，和根據在一定時間內評定保持儀表規定特性的或然率方法。

耐用性問題具有很大的經濟意義，對蘇聯所出品的电工測量儀表的連續工作期限增長三倍。按以1965年計劃產量，這樣每年可節約數億盧布。

在电工儀表製造中提高儀表的可靠性，目前所採取的部分措施是：加強對外界影響的防護性（外殼的密封，使用保護層和防護性浸透的減震器等等）或利用結構和工藝上的措施方法（增加作用力矩，穩定性和另部件的老化），為解決這一問題，完全必須達到規定可靠性的保險期限，以及其他电工測量儀表的主要參數，這要求有非常重要的理論上的研究。

从电工儀表製造的生產組織觀點出發，與其他機械製造部門比較有一系列的特点。第一點，电工測量儀表的品種特別多，作用原理，結構和用途，彼此間區別很大；第二點，經常不斷地將一種型別更換為另一種更為完善的型別（一種儀表在出廠後，常常經過5~8年就被認為落后了）；第三點，工藝過程的多种多样，最後，對某一種型別的儀表需要幾萬或幾十萬個，而其他型別的儀表僅需要幾個或幾十個，這一切都在生產組織中留下了困難，由於儀表型別的品種的擴大，這些电工儀表製造中的特点，在生產組織問題中將顯示得更為突出。

將經過科學分析的电工測量儀表品種型號，由國家集中計劃安排生產，有利於對各製造廠進行專業分工，使之僅僅生產一定品種類別

的儀表，這樣也可將儀表的品種減少到數百種，到那個時候，在某些國家內品種還以數千類型計算。

各製造廠嚴格的专业分工是國家所必需的，近年來并具有很大的意義，專業化使有可能以數量不太大的類型部件，創制具有各種參數的和各種用途的統一的儀表系列。

电工儀表製造中另部件的通用化，目前在個別工廠中已達到60%。

關於裝配和接線工作勞動量的減少，目前在电工儀表製造中其比重佔40%，其基本方法就是生產上的流水方法，目前在蘇聯各種大批生產儀表的裝配，都在傳送帶上進行，用這一方法製造的儀表不僅是開關板儀表和電度表，還有高準確度的實驗室儀表，在大批儀表生產中使用流水綫的成功，提醒了尋找類似的裝配方法，用於裝配生產批數不大的儀表，關於這種生產形式的其中一個方法是交換流水或多品種流水裝配綫，與恒定流水綫的區別，是這種流水綫可以建立數種具有相同或近似的工藝路綫的儀表及部件的裝配，假如不按工序的程序和結構，則根據工作的種類和其複雜性，所生產儀表的品種愈多，從這些儀表中組織近似工藝路綫的組別，或然可能性愈大。

在製造測量機構，可動系統，外殼，蓋，標度盤，銘牌等等對裝配綫的供給上，最有利的條件是在許多工廠中已經實行的由專業性封閉工段供給的方法。

电工自動化測量儀表，集中測量檢驗系統的生產品組織要求电工儀表製造工廠在新的生產形式下，進行一定的重新改組，顯然備料和機械車間要縮減，而顯著地擴大裝配、調整、和試驗工段，同時類似儀表元件和部件調整的高準確度，必須要有精密的計量設備，同時還須有無線電測量型別的一般設備，在生產組織中帶來本身的差異和特性，但對於這些類型的儀表和系統，可能最主要的裝配和調整採用流水方法，對於典型部件的製造，廣泛使用密閉工段。

蘇聯电工儀表製造在上述方向中的發展，

不仅可以满足国民经济中的迫切要求，而且保证了今后科学上所提任务的解决。

云山译自苏联“测量技术”1962年第1期
郭志坚校对

仪器制造业的现代发展趋向 (电工测量仪表部份)

Г. И. 卡瓦列洛夫

在我国，如在所有工业发达的国家一样，电工仪表制造业是一个庞大的专业化工业部门，它成批和大量生产电量，电路系数和材料的电气物理性能测量用的工程仪器的装置及大量的设计试制着新型的工程仪器装置。

1961年苏联工厂成批出产了保证广泛范围电量测量的约400种型号电工测量仪表（不包括改型和改表盘（Шкальность））：开关板式，配电盘式和携带式仪表；自动记录仪表和光射线示波器；电阻仪器和标准量器；磁性测量仪器；综合测量装置；电度表。

在开关板式和配电盘式仪表方面，进行了下列工作：创造了提高气候稳定性高灵敏度抗振动和抗颤震的模型，创制了一般用途的广角度仪表（标尺角大于 200° ），静电系伏特表和超低频测量仪表系列。在安装在开关板上的所有测量仪表通用的新标准基础上，在仪表外壳外形尺寸统一方面进行着大量的工作。设计和试制量限为5—10微安的高灵敏度指针式开关仪表；有提高可靠性的耐振动和耐颤震仪表；佔据1—2立方公分体积的超小型微安表；有定位调节接点组的指针式仪表及量限由30至15仟伏的开关板和配电盘式静电系仪表等。当前将要创造0.2—0.5级电子测量仪器用配电盘式仪表系列。

在携带式指示仪表方面，新的研究设计试制工作的主要方向是进一步提高准确度，扩大被测之量的范围，扩大频率适应范围，进行工艺和结构改进，以提高仪表的稳定性和可靠性。

由于试制新系列仪表和进行老结构改型，携带式指示仪表的品种得到了显著的改革和扩大。开始出产多系列光标指示器和双排标度尺的0.1级多量限直流仪表。正在出产0.5级小型直流仪表系列；新系列镜式和指针式检流计；有扩大频率范围的0.2级电动系仪表。正在试制各种用途的新式万用仪表。计划在更广泛的交流频率范围内扩大仪表品种和提高测量准确度。

在采用电机机械式测量机构和陈旧的测量线路的条件下减小直接读数仪表的基本误差至0.1%范围之外是有许多困难的，而且不是合理的。看来，将来的前途是采用被测量间接变换的自动补偿测量线路。采用直流和交流放大和变换线路可以显著提高仪表的灵敏度。

在电阻仪器和标准量器方面，主要是提高直流电位差计，电阻箱和电桥的准确度，扩大电阻值和提高准确度（标准量器），扩大交流电桥的品种。工业部门正在试制误差为0.002%的精密直流电位差计；电桥、电位差计，其中包括大电流用标准电阻线圈（达1000安），兆欧以下的0.1和0.2级电阻箱。研究设计准确度为0.001%的成套直流测量仪器；交流精密补偿器，其中包括频率范围达10仟赫芝的；误差不大于0.5%的高阻（达 10^4 欧）电桥；0.1级精密电桥。提高电容和电感标准量器的准确度。

在自动记录仪表方面，试制出多系列小型开关板式和携带式安培表，伏特表，瓦特表，相位表和频率表，其中包括1.5和2.5级正流系仪表，纸的工作部份宽100毫米的墨水记录式

仪表。开始用产用放大器可以得到0.5微安或0.5毫伏量限的携帶式多量限自动记录仪表。已经出产速度由脉冲传送器轉換的应急用自动记录器系列及誤差为1.0—1.5%直流电流与电压成函数的记录紙为100×150毫米的双座标自动记录仪表。出产量限为0—75%分貝和10—110毫伏的电解和瞬時值自动记录器。預定研究設計和試制有放大器的自动记录仪表，多綫自动记录器（3—6个通路），有較高快速作用的自动记录仪表（25赫芝以下），鐘表机构自动传动的自动记录仪表。

在創制現代統一系列的各种用途固定式和携帶式光射綫示波器以及統一系列的檢流計（振動器，目的是在其上用統一系列的儀器代替目前出产的所有光射綫示波器）方面正在進行大量的工作，按示波器划分种类預定出产十二綫和三十綫固定示波器及六綫十二綫、二十綫和三十綫携帶式示波器。

已經掌握了万用十二綫示波器的生产，这种示波器在寬120毫米普通自动显影感光紙上记录光帶拉伸速度在10米/秒以下，用于利用迴綫型和綫框型檢流計记录頻率达1200赫芝的过程。这种示波器是基准結構，在其基础上研究設計簡化的十二綫模型和万用三十綫固定式示波器。

正在出产有定距控制檢流計組合用于在感光紙上记录800赫芝以下过程的四十綫携帶式示波器。檢流計的电流最大灵敏度达 $2.4 \cdot 10^{-6}$ 毫米/安/米。当前将要出产簡化的（輕便的）、六綫和二十綫携帶式示波器以及所謂直徑3和6毫米的“鉛筆型”統一系列的示波檢流計。測量裝置在實驗室和工厂實踐中正得到日益廣泛的應用。正在掌握電位差計裝置的成批生产，其中包括全套儀器，可以進行準確度達0.03%的直流測量，而用熱電比較儀可以進行準確度達0.1%的音頻—交流測量。正在出产可以測量 10^{-6} 至 10^9 歐電阻誤差在0.05—0.5—1.5%以內的電橋裝置。正在出产直流和交流光電補償比較儀，用于交流精密測量頻率達400—3000赫芝的功率，电压和电流，誤差为

0.05—0.1%；仅用穩壓器和穩流器，可平穩調節0.1—450伏和1安以下範圍內的輸出，偏差不大於0.02%/小時。已掌握電容、電感和時間常數精密測量裝置，電工鐫自動化實驗（按ГОСТ302—58）裝置，中頻電流互感器檢驗裝置的生产。正在試制生产用于扩大直流和交流儀器量限的0.2和0.5級仅用放大器，正弦波形，偏差不大於0.05%的交流穩壓器。

被測之量間接轉換成數字形式的數字仪表和自动電工測量仪表已經投入生产。被測之量間接變換的自动補償綫路可以大大越過直流磁電式實驗室仪表的準確度範圍（0.1級）并开辟出提高測量準確度的遠景。这种型式的仪表已研究設計，而1—10—100和1000伏0.02級伏特表正在接受實驗。

間接變換方法可以在廣泛頻率範圍內顯著提高相位表和頻率表的準確度。但是这种仪表复杂，成本比較高，因为技術參數高，首先是指示值的準確度是其它方法所不能達到的，而且測量过程自动化，可以自动记录測量結果。

第二類數字仪表为直流和交流自动數字電橋和普通与較高準確度的交流補償器，它們可以使工厂的大量測試工序自动化。0.05級數字自动電橋即属于此类仪表。

可以得到新的技術效果的第三類數字仪表包括被測之量間接變換成數字形式的快速作用電子測量變換器，測量誤差0.1—0.5—1.0%，變換速度保證每秒測量 10^4 — 10^5 次。在这种綫路基础上可以創制誤差为0.1—0.5%的快速作用數字記錄器，即動態測量仪表。另一方面，这种仪表亦是創制許多变化較慢參數集中測量或檢查系統的基础。正在研究設計和試制快速作用的數字伏特表的基准結構，用于在一秒內測量5000—10000個值測量範圍10—100伏，測量準確度0.5—1.0%。

不斷擴大電工測量仪表的品種決定着電氣測量用于檢查任何物理量的通用性和實際適應性。

程逸嵐摘譯自蘇聯“儀器制造”62年第1期。
劉占華校對

中 頻 電 磁 系 儀 表

П.П. 奧爾納特斯基 Н.Ф. 蘇維德 Ю.М. 杜茲

在用于工頻交流迴路中的各種電氣測量儀表的系統中電磁系儀表的应用特別廣泛，這是因為它的結構簡單，工作可靠和能耐受較大的過負載。由於採用了堅固的和穩定的張絲和光指示器，使儀表的靈敏大大的提高了，實際上是降低了這些儀表的消耗。然而擴大電磁系儀表頻率使用範圍的可能性還差的多。

在基輔工學院測量裝置教研室所進行的工作指出了電磁系儀表不但是安培表就是微安表和伏特表在消耗相當小的時候頻率範圍是能夠相當大的擴展的。除此而外，新結構的電磁系儀表也提供了改善儀表標度尺特性的可能性。

在電磁系安培表和伏特表中頻率誤差產生的原因是：

處於綫圈交變磁場的作用範圍內的儀表可動部分的鐵磁性鐵芯和固定部分的銅繞組和其它金屬零件的渦流作用。

匝間電容和區間電容的作用。

在伏特表中產生頻率誤差的原因是儀表綫圈感抗的變化。在安培表中由於匝數少和少量的匝間電容，渦流作用佔優勢。渦流產生的磁通在固定綫圈的基本磁通上起去磁作用，減少這基本磁通，使儀表的指示值產生負的誤差。

可以知道電磁系儀表由於渦流的作用產生的誤差等於：

$$\gamma_{\text{в.м}} = - \frac{kM_0 L_0 \omega^2}{R_0^2 + \omega^2 L_0^2} \quad (1)$$

式中

M_0 ——綫圈與渦流迴路之間的等效互感系數；

L_0 ——渦流迴路的等效自感系數；

R_0 ——渦流迴路的等效（有功）電阻。

顯然，在低頻時，當 $\omega^2 L_0^2 \ll R_0^2$ 誤差 $\gamma_{\text{в.м}}$ 與頻率的平方成比例，而進一步當 $\omega^2 L_0^2 > R_0^2$ 時誤差 $\gamma_{\text{в.м}}$ 停止增加而逐漸接近它的最大值。

用計算和試驗確定 R_0 , M_0 和 L_0 的數值都是困難的。因此為了闡明這個誤差的各組成部分的比重，將要用專門的試驗分別確定儀表的鐵芯中，銅繞組和固定部分的金屬中的渦流作用，用適當的結構的方法排除上面指出的各種因素作用。由 30~50 微米厚的坡莫合金片組成的鐵芯，由編織線（литцендрата）填滿的綫圈繞組和由膠木板代替金屬固定部分框架。試驗表明，在《精密儀表》工廠早期生產的 ACT 型安培表中，由於當 10000 Hz 時，渦流作用重新分配，測量 5 安培時總誤差將等於 2% 和上述三個頻率誤差分量大約平均分配。當實現上述指出結構的方法在 10000 赫芝時，總誤差 $\gamma_{\text{в.м}}$ 將減小到 0.2%。

用低矯頑力 H_0 的粉末軟磁材料製造的鐵芯也有可能減小安培表的頻率誤差 $\gamma_{\text{в.м}}$ 。

象由 (1) 看來當比較低的頻率

$$\gamma_{\text{в.м}} = -k_1 f^2 100\% \quad (2)$$

式中

k_1 ——比例系數

f ——頻率

用电容器的分路作用大概的补偿这个误差这个电容可以按一定关系计算出，由 (2) 式中导出计算寄生电容的值

$$\delta C = \omega^2 L C 100\% \quad (3)$$

式中

δC ——在有电容分路的条件，仪表指示值变化；

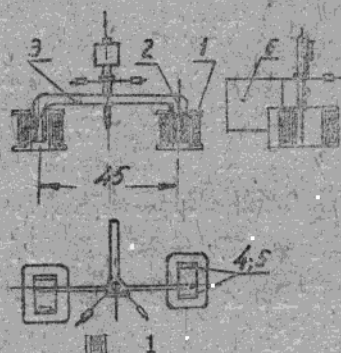
C ——电容器的分路电容。

L —— 仪表线圈的电感。

当补偿条件 $\delta C + \gamma_{s.m} = 0$ 时，由 (2) 和计算得到

$$C = \frac{k_1}{4\pi^2 L} \quad (4)$$

由 (4) 看来，补偿条件不依频率为转移。虽然是从有分路电容补偿误差 $\gamma_{s.m}$ 得到的结论，但也可以大概的运用到电流测量范围不大于 10A 的仪表中，因为当测量范围增加时线圈的电感成平方的减少和不容许增加需要的分路电容值。



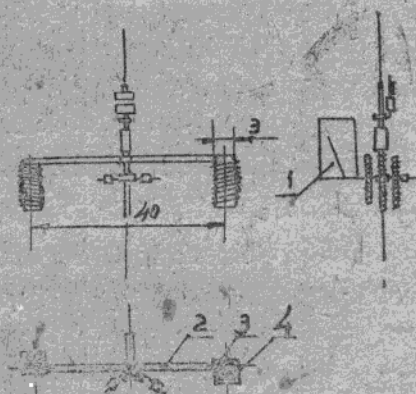
- 1 —— 线圈； 2 —— 动铁芯；
3 —— 动铁支架； 4 —— 辅助铁芯；
5 —— 固定铁芯； 6 —— 阻尼翼片

电磁系毫安表的匝数增加和匝间电容的增加，因此匝间电容分路作用的误差超过涡流退磁作用的误差，总频率误差变为正的。在 [2] 中研究出了用以有效电阻 R_k 闭合的专用补偿绕组 W_k 的去磁作用补偿这个误差的方法。可是在 [2] 中写出的补偿方法可能是被限制的，由于频率的升高，增加了相互补偿误差 ($\gamma_{s.m} \delta C$) 的绝对值，由于频率关系，误差的变化不可避免地有各种不同的规律，这样即产生了结果误差的值很大。

扩大仪表频率范围更可靠的方法，是减少由于涡流作用所产生的误差，采用上面所提到的设计措施，以及由于减少匝间电容和电感线圈的值，降低线圈的安培匝数，并将仪表铁芯的外形尺寸减少到尽可能最小。

所有上述条件在最大程度上，符合于基辅工学院测量装置实验室所设计，并已试验过的

无定向电磁系仪表的新结构，带有两对相互排斥的铁芯，用拉丝和光标读数，为附加防护外界磁场的影响，仪表的测量机构按装于坡莫合金的屏蔽内，活动系统的零件是用胶布板和分层绝缘板制成，空气阻尼，《精密仪表》工厂所制造的仪表已采用光学系统，和 C50 伏特表的外壳。



- 1 —— 阻尼翼片； 2 —— 可动线圈架；
3 —— 有绕组的铁芯； 4 —— 有绕组的固定铁芯。

新的电磁系仪表有两种设计类型。

在第一种结构 (图 1) 的仪表内，是用改变附加铁芯的位置，以保证指示值能在标度尺长度的 $\pm 10\%$ 范围内变化，为消除视差，标度尺直接喷上预先调以白色底色的透明的有机玻璃，这样光点投影和标度尺上的分度线实际是在一个平面上，仪表量程的变化是用并联或是串联测量机构的线圈进行的。

绕组和活动铁芯间的静电相互作用，是将拉丝与仪表上其中一个端钮联接排除之。

根据上述结构已制造成：直流和交流的安培表，毫安表，和伏特表，其相应上量限为：5~10安，5~10毫安和 7.5 伏。

标度尺的工作部分——当不均匀系数不大于 1.3 时，为上量限的 10 至 100%。

当频率为 50 赫芝时，仪表的基本误差不超过上量限的 $\pm 0.5\%$ 。指示值的变化在 20 至 20000 赫芝范围内不超过 $\pm 0.5\%$ 。

用直流电测量时，指示值的最大变差为上

量限的 $\pm 0.25\%$ 。

这一结构的仪表是按“精密仪表”厂的合作设计的。

第二种结构的仪表(圖2),工作线圈是直接繞制在活动 and 固定鉄芯上,由此,重要的一点是可得到长度为300毫米的双排标度尺的仪表,因为在这种结构内测量机构的偏移角不受线圈的内部尺寸所限制。

除上述情况外,这种结构在频率范围不变的情况下,可设计出高灵敏度的仪表在基輔工学院测量装置实验室内已制成上量限为2.5毫安交直流毫安表。当频率为50赫芝时,仪表的基本误差不超过上量限的 $\pm 0.5\%$,指示值的变化在20至20000赫芝范围内不超过 $\pm 0.3\%$ 。

电磁系仪表这一结构的缺点在于,供电必须通过拉絲,加重活动部分置放于活动鉄芯上的繞組的重量。

拉絲仪表的品质系数是反作用力矩与活动部分重量的比例关系。

$$A = \frac{W}{G} 2 \frac{100}{l_0}, \quad (5)$$

式中

W ——拉絲长度为100毫米时90°的单位反作用力矩。

G ——活动部分重量 克;

l_0 ——拉絲的长度,毫米

根据[3]内的数据,当值 $A \geq 4$ 时,为工艺性的仪表,这在上述仪表曾談到过,这两种类型仪表的最表明特性的技术数据见表。

大家知道,电磁系仪表的标度尺一般是不均匀的,而且当偏移角很小时接近于平方形标度尺,这样降低了标度尺起始的讀数准确度,上面所介紹的新型电磁系仪表的标度尺几乎是均匀的,标度尺的改善,是通过利用两个鉄芯在一定距离内的排斥作用,当在标度尺起始部

分的相对增加旋轉力矩,当活动部分的偏移角接近于仪表偏移的全偏轉时,减少旋轉力矩 M_{ap} 。

仪表轉动力矩与偏移角间的关系:

$$M_{\Sigma} = \frac{k m_1 m_2}{r_0^2 (\alpha_0 + \alpha)^2} \quad (6)$$

式中

m_1, m_2 ——鉄芯的磁质量;

r_0 ——自軸至鉄芯中心的距离;

α_0, α ——仪表活动部分偏移的起始角和可变角。

当值 α_0 和 α 很小并且对称时,标度尺起始 M_{ap} 增加,此外,当两个鉄芯相互排斥的距离增加时,相互退磁作用减少,这与 M_{Σ} 的相对增加相当,当角接近于偏移全角时, M_{ap} 的减少不仅由于两个相互排斥鉄芯间的距离的增加,还由于鉄芯异极间拉力的作用,可以考虑下列的关系式:

$$M_{\Sigma} = M_{om} - M_{np} = k r_0 \left[\frac{m_1 m_2}{\delta^2} - \frac{m_1 m_2}{(L_c^2 + \delta^2)^{3/2}} \right], \quad (7)$$

式中

$\delta = r_0 (\alpha_0 + \alpha)$ ——活动和固定鉄芯间的距离。

M_{om}, M_{np} ——由排斥力和拉力作用所产生的分量。

L_c ——鉄芯长度。

从实际經驗中說明,当鉄芯长度减少时,起始部分和标度尺的后半部分有改善

結論 所設計仪表从上量限的10%有几乎是均匀的标度尺,第一种结构比較简单并且可靠。

如大家所知,类似这样的仪表还从未生产过。

参 数 名 称	单 位	型 别			
		第 1 种			第 2 种
		安培表	毫安表	伏特表	毫安表
量 限.....		5—10安	5—10毫安	7.5伏	2.5毫安
安 匝.....	安 匝	20	9	3.7	10
繞組参数:					
匝 数.....		2 × 2	2 × 900	2 × 250	4 × 1000
电 阻.....	欧 姆	$2 \times 4 \times 10^{-3}$	2 × 50	4	4 × 50
电 感.....	毫 亨 利	$2 \times 6 \times 10^{-8}$	2 × 14	0.7	70
全偏轉电流	毫 安	—	—	35	—
鉄芯尺寸	毫 米	5 × 10 × 0.1			3 × 15 × 0.1
活动部分重量	克	0.5			1
Бр. оц. 4 ~ 3 青銅拉絲的单位反 作用力矩	毫克厘米 90°	2	0.5	0.5	0.7
反作用力矩与活动部分重量的比 例关系	毫克厘米 90°	24	6	6	4

参 考 文 献

1、Арутюнов В.О. Электрические измерительные приборы и измерения, Госэнергоиздат, М., 1958.

2、Орнатский П.П., Ходеев И.К.,

Демьяненко В. А. Известия высших учебных заведений, Приборостроение, 1958, №4

3、Пигин С.М. Измерительная техника, 1958, №3.

湯顯志, 云山譯自(苏)測量技術1961年第11期
湯顯志校對

用于实验室和檢驗工場的象限式靜电系仪表

从1942年以来,带有張絲測量机构的光标式象限式靜电系仪表,就作为安全作业常用的便携式仪表被应用到实验室和檢驗工場中,它们的优点和多种的使用特性早就在有关的杂志

上发表过了。最近几年設立在柏林的德国科学院仪表制造研究所設計了下列几种形式的象限式靜电系仪表。

結構形式:	A	B	C	D	E	F	G
复式綫路測量上限值:	25	60	100	250	600	1000	1500伏
准确度:	—	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

測量上限值允許超过額定測量范围的10%。对于25伏特的象限式靜电系仪表的准确度可以用測量上限的指示誤差为1.0%的仪

表来代替。

这些象限式靜电系仪表通常用质量符号 S 表示,并且可在实际应用中加以选择。1961年

曼尔巴哈(Mellbach VEB(K)工厂承担了这些产品的制造任务。

为了获得有关象限式静电系仪表的使用特性的技术情报,应该特别注意到它作为静电系电压表的使用,尤其是在象限式线路中的应用。因为在象限式线路中进行电压测量时,仪表本身存在着原始性误差(gründsätzlich Anzeigefehler),所以到目前为止,没有得到广泛的应用。然而它们即使是在针式线路中所产生的对称的辅助电压,趋向于零的,从这个基本观点出发也是不能够使用。

一个带有原始性误差的测量方法的存在,在使用时我们或是通过计算来考虑这种误差或是要限制其附加条件,最后的这种情况,它的原始性指示误差将是很小的。目前对于这两种象限式线路都应加以考虑,仪表内部的联接线路是在仪表刻度盘上用符号表示出。

对于象限式静电系仪表我们从一般的方程式中可以导出:

$$\alpha = K(\varphi_2 - \varphi_1)(\varphi_3 - \frac{\varphi_2 + \varphi_1}{2})$$

α —光标指示器的偏转,标度尺上刻度为线性的由0~100刻度

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ 是接线端1、2、3、4、上的电位差。

K : 测量机构常数,决定于张丝固定常数和测量机构的尺寸。

1、接在复式线路中电压表,假设 U_x 是被测电压,如图1所示

$$\varphi_1 = U_x, \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi_4 = 0, \alpha_1(U_x) = \frac{K}{\alpha} U_x^2$$

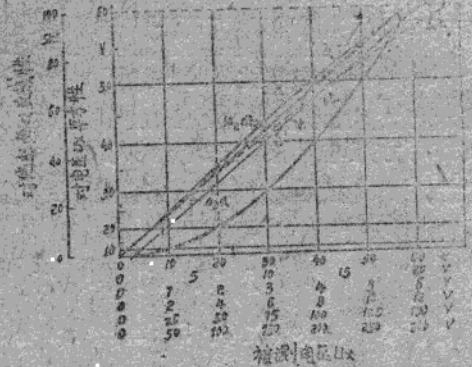


图1、接在复式线路中的象限式静电系仪表, U_x —被测电压

如图2所示,标尺特性曲线 α 是一个平方性抛物线。 $\alpha_1 = f_1(U_x)$ 这个标度尺曲线在静电系仪表中,它的标度尺上限由0~ U_D , U_D 是个固定的被测值,在静电系仪表中100刻度以下的标尺的刻度为线性的刻度。它可作为象限式静电系仪表的最大测量范围的上限值

此处为:

$$100 = \frac{K}{2} U_D^2 \text{ 或是 } K = \frac{200}{U_D^2}$$



由此可得到标度尺曲线方程和被测电压。

$$\alpha(U_x) = 100 \left(\frac{U_x}{U_D} \right)^2$$

$$\text{和 } U_x = \sqrt{\frac{2\alpha_1}{K}} = U_D \sqrt{\frac{\alpha}{100}}$$

K —测量机构常数,对于每种测量范围上限具有下列数值:

测量范围 上限 U_D	25	60	100	250	600	1000	1500伏
测量机构 常数 $\times$	8 25	1 18	1 50	2 625	1 1800	1 5000	1 11250

接在复式线路中的电压表没有原始性的指示误差(gründsätzlich Anzeigefehler)

2、接在针式线路内的电压表。

按线路图3得:

※ 原始性指示误差,是属于于基本误差范围内的,它只是与仪表的结构和使用线路有关。

譯者註

$$\varphi_1 = -\frac{U_H}{2}, \quad \varphi_1 = U_x,$$

$$\varphi_2 = +\frac{U_H}{2}, \quad \varphi_1 = 0,$$

$$\alpha_1(U_x) = KU_H U_x = \frac{200 U_H}{U_D^2} U_x,$$

$$U_x = \frac{\alpha_2}{KU_H} = \frac{U_D^2}{200 U_H} \alpha_2$$

根据圖2所示标度尺特性曲线 $\alpha_2 = f_2(U_x)$ 是通过零点的直线。

在标度尺末端即是針式线路的测量范围的上限值。

$$U_N = \frac{U_D^2}{2U_H} \text{ 和 } \alpha_2 = 100 \frac{U_x}{U_N},$$

α_2 系指被测值以 U_N 的百分数表示。接在針式线路中的电压表沒有原始性的指示誤差。它也沒有固定的测量范围的上限值；因而 U_H 可以在已知范围中自由选择。

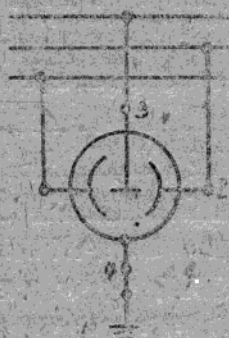


圖3 接在針式线路中的象限式静电系仪表

U_x = 被测电压

U_H = 辅助电压

如果引入 $n > 0$ 和选择 $U_H = \frac{n U_D}{2}$

$$\text{这样得到 } U_N = \frac{U_D}{n}$$

系数 n 的范围与测量机构的調正有关并对于象限式静电系仪表有着独特的区别。如果我们超出这种范围，調正仪表的指示誤差与测量

机构比較困难，并且它的指示值在个别标尺范围内是非常不稳定。如果試驗电压为5000伏时，对于每种情形的 U_H 和 U_N 来說它的上限值为1500伏。而测量上限值为1000伏和1500伏的象限式静电系仪表只能在复式线路中才能决定，它的标度尺也只能属于是平方性的。因为它在針式线路中几乎可以避免 U_H 或是 U_x 超出1500伏范围。

3、接在第一象限式中的电压表。

根据圖4得：

$$\varphi_1 = \varphi_2 = 0$$

$$\varphi_1 = U_x$$

$$\varphi_2 = U_H$$

$$\alpha_1(U_x) = KU_x \left(U_H - \frac{U_x}{2} \right)$$

$$= KU_x U_H \left(1 - \frac{U_x}{2U_H} \right) = KU_x U_H -$$

$$- \frac{K}{2} U_x^2 = \alpha_2(U_x) - \Delta_1 \alpha$$

$$U_x = U_H - \sqrt{U_H^2 \frac{2\alpha_1}{K}}$$

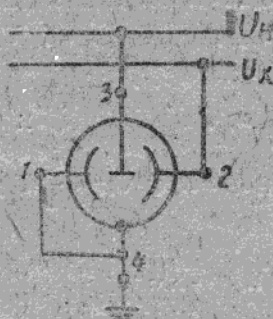


圖4 接在第一象限中象限式静电系仪表

U_x ：被测电压

U_H ：辅助电压 =

如圖2所示，标度尺曲线 $\alpha_1 = f_1(U_x)$ 是一个假設的拋物线。讓我們把电压表象接在針式线路中一样的情况来研究它的指示。这样即

出現 $\Delta_1 \alpha = \frac{K}{2} U_x^2$ 此式作为仪表的誤差（帶）

区域。 α_1 在 $\Delta_1 \alpha$ 范围内并迟滞后， α_2 ，

$$\text{設 } \alpha_3 > 0, U_H > \frac{U_x}{2}$$

例題1) (參看計算例題5)指出, 當 $n=3$ 由標度尺特性曲線 α_3 計算出的被測電壓 U_x 大於由曲線 α_2 算出的被測電壓 U_x 的10%左右, 但是由 α_3 計算很不方便的。因而我們尋找另外的方法, 使 $\Delta_1\alpha$ 小到這樣程度: 可以由 α_3 來代替 α_3 的計算。

要求 $\Delta_1\alpha \leq 1$ 時情況, 如果 $\frac{U_x}{2U_H} \leq \frac{U_N}{2U_H} \leq$

0.01時, $U_H \geq 50U_N$,

由此可得

$$\frac{\frac{nU_D}{2}}{\frac{U_D}{n}} = \frac{n^2}{2} \geq 50, \text{ 也就是, } n \geq 10.$$

例題2指出, 在 $n=10$ 時用 α_2 的簡單計算來代替用 α_3 進行的計算

當要求 $\Delta_1\alpha \leq 1$ 時, 出現了這種現象即第一象限線路中的指示值有顯著的減小。這種現象可以用下面的方法解釋, 由於輔助電壓的增大使假設的拋物線的斜度變成了很陡的上升。在已知一個輔助電壓 U_H^* 和處在 U_N 電壓下的標度尺特性曲線 d 的假設拋物線 $\alpha_4 = f_4(U_x)$ 可分成 α_2 的直線段, 按圖2所示, 我們必須注意到這些許多小的增量 $\Delta_2\alpha$ 。最後來決定 U_H^*

$$KU_H U_N = KU_H^* U_N - \frac{K}{2} U_N^2.$$

$$U_H^* = U_H + \frac{U_N}{2}$$

由此我們可獲得新的標度尺曲線。

$$\alpha_4(U_x) = K \left(U_H + \frac{U_N}{2} \right) U_x - \frac{K}{2} U_x^2$$

曲線 $\alpha_4(U_x)$ 的綫性增量有這樣的大小的數值:

$$\Delta_3\alpha = \alpha_4(U_x) - \alpha_2(U_x) = \frac{K}{2} U_x (U_N - U_x)$$

當 $U_x = \frac{U_N}{2}$ 增量有最大值,

$$(\Delta_2\alpha)_m = \frac{K}{8} U_N^2$$

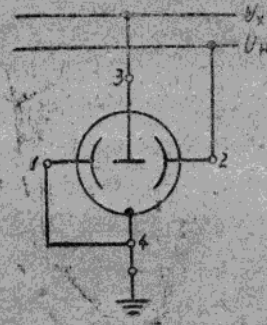


圖5、接在第二象限線路中的象限式靜電系儀表。

U_x : 被測電壓 U_H : 輔助電壓:

我們用標度尺的長度表示 $\Delta_2\alpha$ 可以得到

$$\frac{(\Delta_2\alpha)_m}{100} = \frac{K}{8} \frac{U_N^2}{KU_H U_N} = \frac{1}{8} \frac{U_N}{U_H}$$

現在要使 $(\Delta_2\alpha)_m \leq 1$ 這樣可以导出

$$U_H \geq 12.5 U_N \text{ 或者 } \begin{cases} U_N \leq 0.2 U_D \\ U_H \geq 2.5 U_D \end{cases} \text{ 或是 } n \geq 5$$

這種情形比前面的有顯著地減弱。

用這種方法的計算很方便的使用在第一象限線路中, 同時也擴大了它的使用範圍。

要求 $n=5$ 時相應的有下列數值:

U_D	25	60	100	250	600伏
U_N	5	12	20	50	120伏
U_H	62.5	150	250	625	1500伏
U_H^*	65	156	250	650	1560伏

例題3指出, 在 $n=5$ 時由 α_3 計算出的 U_x 還是大於由 α_2 所計算的 U_x 的3%左右。所以用 α_2 和 U_H 的簡單方法可以代替用 α_4 和 U_H^* 的計算方法。

4、接在第二象限中的電壓表。

根據圖5得到: $\varphi_1 = \varphi_4 = 0, \varphi_2 = U_H, \varphi_3 = U_x$

$$\alpha_3(U_x) = KU_H \left(U_x - \frac{U_H}{2} \right) = KU_H U_x$$

$$\left(1 - \frac{U_H}{2U_x} \right) = KU_H U_x - \frac{K}{2} U_H^2$$

$$U_x = \frac{\alpha_3 + \frac{K}{2} U_H^2}{KU_H}$$

※ U_H^* 與 U_H 不同, U_H^* 包含着許多小增量 $\Delta_2\alpha$ $U_H^* > U_H$ 譯者註

从圖 2 中知道, 标度尺特性曲線 $\alpha_3 = f_3$, (U_x) 是一个平行 α_2 的直線, 并且根据 不同 綫段处在固定的誤差范圍內, $\Delta_3 \alpha = \frac{K}{2} U_H^2$
 $\lambda_3 > 0$ 即: $U_H < 2U_x$.

例題 4 指出在 $n = \frac{2}{5}$ 时由 α_3 所算出的 U_x 比由 α_2 算出的大 U_x 大 5.4% 式右。

讓我們用标度尺長度来表示 $\Delta_3 \alpha$, 这样即得到:

$$\frac{\Delta \alpha}{100} = \frac{\frac{K}{2} U_H^2}{K U_H U_N} = \frac{U_H}{2 U_N}$$

要使 $\Delta_3 \alpha \leq 1$ 时, 即可变成,

$$U_H \leq 0.02 U_N \text{ 或是 } \left\{ \begin{array}{l} U_N \geq 5 U_D \\ U_N \leq 0.1 U_D \end{array} \right\} \text{ 或是}$$

$$n \leq \frac{1}{5}$$

例題 5 指出; 在 $n = \frac{1}{5}$ 时用 α_2 的簡便計算方法可以代替用 α_3 的复杂算法;

当 $n < \frac{1}{5}$ 时, 这里不能象在第一象限綫路

中可以用近似方法来計算。

但是它的使用范围还是类似我們在第一象限綫路中所使用的方法。如果我們不考虑到每种測量的情况, 从我們所見到的仪表中这两种象限式綫路没有什么区别。 α 永远是两个电压的函数, 其中接在接綫端 2 上的电压永远是很小的, 而接綫端 3 上电压永远是大的。所观察到 α 值的指示不能与两个电压同时作为被测电压和同时作为輔助电压相关, 首先在标度尺特性由綫上展示出 $\alpha = f(U_x)$ 是个可以分割的, 两个电压是个自变函数并且也是参数。我們对于第一或者第二象限綫路加以区别的話, 按此方法我們能否測算出一个电压, 而这个电压小于或是大于 U_D , 仍是值得研究的課題。

5、計算例題:

$$1、U_D = 50 \text{ 伏}, n = 3, U_H = 90 \text{ 伏}, U_N = 20 \text{ 伏},$$

$$\alpha_2 = 75 \text{ 格} \quad U_x = 25 \text{ 伏},$$

$$\alpha_3 = 75 \text{ 格}, \quad U_x = 16.5 \text{ 伏},$$

$$2、U_D = 60 \text{ 伏}, n = 10, U_H = 300 \text{ 伏}, U_N = 6 \text{ 伏},$$

$$\alpha_2 = 75 \text{ 格}, \quad U_x = 4.5 \text{ 伏}$$

$$\alpha_3 = 75 \text{ 格}, \quad U_x = 4.5 \text{ 伏}$$

$$3、U_D = 60 \text{ 伏}, n = 5, U_H = 150 \text{ 伏}, U_N = 12 \text{ 伏},$$

$$\alpha_2 = 75 \text{ 格}, \quad U_x = 9 \text{ 伏},$$

$$\alpha_3 = 75 \text{ 格}, \quad U_x = 9.29 \text{ 伏},$$

$$\alpha_4 = 75 \text{ 格}, \quad U_H^* = 156 \text{ 伏},$$

$$U_x = 8.9 \text{ 伏},$$

$$4、U_D = 60 \text{ 伏}, n = \frac{2}{5}, U_H = 12 \text{ 伏},$$

$$U_N = 150 \text{ 伏},$$

$$\alpha_2 = 75 \text{ 格}, \quad U_x = 112.5 \text{ 伏},$$

$$\alpha_3 = 75 \text{ 格}, \quad U_x = 118.5 \text{ 伏},$$

$$5、U_D = 60 \text{ 伏}, n = \frac{1}{5}, U_H = 6 \text{ 伏},$$

$$U_N = 300 \text{ 伏},$$

$$\alpha_2 = 75 \text{ 格}, \quad U_x = 225 \text{ 伏},$$

$$\alpha_3 = 75 \text{ 格}, \quad U_x = 228 \text{ 伏},$$

最后應該着重的提出对于象限式静电系仪表的基本方程理論應該繼續研究, 深入地研究可以詳細地获得仪表的基本誤差, 并不是对于每个仪表是偶然情况, 而是在最不利的情况下还是大于那种情况。

关于象限式静电系仪表的偶然指示誤差产生, 在針式綫路中可以避免, 因为这种綫路沒有原始性指示誤差, 并且 n 值可以象在象限綫路中一样的用相同的方法求出它的变化, 这两种情况在已經选择的綫路中标度尺可以經常校驗检查。

文 献

1、Piller, P.M 静电系測量仪表, 帶有光标讀数一个新式結構的静电系电压表, 西門子杂志 22 (1942) 2.66—71