

高等学校教学用书

# 普通电工学

上册

苏联 伊·尔·别尔斯基等著

电力工业出版社

高等

---

# 普通电工学

上册

伊·尔·别尔斯基 維·阿·別謝克爾斯基  
苏联 阿·維·頓斯柯依 斯·阿·浦列斯 著  
伊·克·尤爾克夫斯基

高梯麟譯 董毓秀 魯明校

苏联高等教育部审定作为高等学校非电工專業教学参考書

電力工業出版社

## 內 容 提 要

本書論述了關於蘇聯國民經濟電氣化及俄羅斯和蘇聯學者在電工發展過程中所起的作用。研究了電學和磁學中的定律及交流的理論基礎。敘述了電的測量方法，電機和電力傳動，電子工程，電氣照明，電熱等問題之主要特點。還講述了關於電能的產生、傳送和分配的重要概念。

本書中譯本分三冊出版。上冊為電工原理部分，包括電及磁的基本定律、交流理論和電的測量三篇。

本書是高等學校非電工專業學生的教學參考書。

И. Р. БЕЛЬСКИЙ    В. А. БЕСЕКЕРСКИЙ  
А. В. ДОНСКОЙ    С. А. ПРЕСС    Е. К. ЮРКОВСКИЙ

**ОБЩАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ    МОСКВА    1951

## 普 通 電 工 學 上 冊

根據蘇聯國立動力出版社1951年莫斯科版翻譯

高錦麟譯    董毓秀    魯明校

95D24

電力工業出版社出版(北京府右街26號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第082號

北京市印刷一廠排印    新華書店發行

787×1092 $\frac{1}{16}$ 開本 • 10冊印張 • 203千字 • 定價(第10類)1.30元

1954年7月北京第1版    1956年11月北京第3版

1957年5月北京第6次印刷(13,431--15,460冊)

## 著者原序

本書係根据在偉大衛國戰爭時期犧牲的 E. K. 尤尔克夫斯基所著非电机高等工業学校电工学教科書为基础改写而成的。

但是鑑于近年来，电工的迅速发展以及許多新式装备的出現，因而本書已全部加以改編，事实上已成为一本新書，其中仅保存了 E. K. 尤尔克夫斯基教科書的个别部分。大多数的篇章已完全重新編纂，且某些部分，例如：“电力傳动”一篇，在本書里就是第一次編入普通电工学这门課程。另一方面，刪去了对某些現代的技术及工業实用意义不大的章节，例如：交流整流子电动机、回轉變流机、單相異步电动机等皆未編入書中。

对电路、电机及仪表等的現象及过程的敘述，書中特別注意到它們的物理解釋。

本書的第一、第二、第三及第七篇是由 B. A. 別謝克尔斯基写的，第四、第五及第六篇是由 C. A. 浦列斯写的，第八篇及第十篇是由 H. P. 別尔斯基写的，第九篇是由 A. B. 頓斯柯依写的。引言及結束語是由 C. A. 浦列斯写的。

書中内容与1950年由苏联高等教育部批准的普通电工学課程大綱相符。

C. A. 浦列斯

# 目 录

## 著者原序

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 引言 .....                   | 5  |
| 1. 苏联国民经济的电气化。电气自动化 .....  | 5  |
| 2. 俄罗斯及苏联科学在电工发展中的作用 ..... | 10 |

## 第一篇 电及磁的基本定律

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 第一章 直流定律 .....          | 20 |
| 1-1. 电流 .....           | 20 |
| 1-2. 电导及电阻 .....        | 21 |
| 1-3. 电压。段落电路的欧姆定律 ..... | 23 |
| 1-4. 闭合电路的欧姆定律 .....    | 24 |
| 1-5. 克希荷夫定律。并联 .....    | 26 |
| 1-6. 复杂电路的计算方法 .....    | 30 |
| 1-7. 功率及能量 .....        | 35 |
| 第二章 电磁现象 .....          | 38 |
| 2-1. 电流的磁场 .....        | 38 |
| 2-2. 磁感强度及磁通量 .....     | 38 |
| 2-3. 磁场与载流导线的相互作用 ..... | 41 |
| 2-4. 磁场强度及磁导率 .....     | 42 |
| 2-5. 全电流定律 .....        | 44 |
| 2-6. 铁磁 .....           | 48 |
| 2-7. 磁路 .....           | 52 |
| 2-8. 电磁感应 .....         | 57 |
| 2-9. 互感 .....           | 60 |
| 2-10. 自感 .....          | 62 |
| 2-11. 涡流 .....          | 65 |
| 2-12. 磁场的能量 .....       | 66 |

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| 2-13. 电感电路的闭合与开啓 .....     | 71        |
| <b>第三章 电場 .....</b>        | <b>78</b> |
| 3-1. 电場强度 .....            | 78        |
| 3-2. 电位 .....              | 81        |
| 3-3. 电位移 .....             | 83        |
| 3-4. 电容 .....              | 85        |
| 3-5. 电場能量 .....            | 89        |
| 3-6. 电容器的充电与放电 .....       | 90        |
| 3-7. 最主要的絕緣材料 .....        | 94        |
| <b>第四章 电流通过溶液的現象 .....</b> | <b>97</b> |
| 4-1. 电解液的电导率 .....         | 97        |
| 4-2. 鉛蓄電池 .....            | 100       |
| 4-3. 鹼性蓄電池 .....           | 104       |

## 第二篇 交流理論

|                                        |            |
|----------------------------------------|------------|
| <b>第五章 交变电流、基本概念 .....</b>             | <b>106</b> |
| 5-1. 交变电动势之获得 .....                    | 106        |
| 5-2. 周期及頻率 .....                       | 110        |
| 5-3. 向量圖 .....                         | 113        |
| 5-4. 电流、电压及电动势之有效值 .....               | 117        |
| <b>第六章 交流电路 .....</b>                  | <b>122</b> |
| 6-1. 帶电阻的交流电路 .....                    | 122        |
| 6-2. 帶电感的交流电路 .....                    | 127        |
| 6-3. 交流电路中之电容 .....                    | 132        |
| 6-4. 有效电阻和感抗串联。交流电路之克希荷夫<br>第二定律 ..... | 136        |
| 6-5. 有效电阻、电感和电容串联 .....                | 143        |
| 6-6. 电压諧振 .....                        | 147        |
| 6-7. 电阻和电抗并联。交流电路之克希荷夫第一定律 .....       | 150        |
| 6-8. 电流諧振 .....                        | 156        |
| 6-9. 功率因数对电網工作的影响 .....                | 158        |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 6-10. 帶有鋼心繞圈之电路。非正弦电流 ..... | 162 |
| 6-11. 振盪迴路。电磁場 .....        | 163 |
| <b>第七章 三相电流</b> .....       | 175 |
| 7-1. 三相电流之获得 .....          | 175 |
| 7-2. 發電機繞組之接綫 .....         | 178 |
| 7-3. 受电器之星形接入法 .....        | 181 |
| 7-4. 受电器之三角形接入法 .....       | 187 |
| 7-5. 三相电流之功率 .....          | 192 |
| 7-6. 旋轉磁場 .....             | 193 |

### 第三篇 电的測量

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| <b>第八章 电气測量仪表之基本型式</b> ..... | 202 |
| 8-1. 一般概念 .....              | 202 |
| 8-2. 磁电式仪表 .....             | 208 |
| 8-3. 电磁式仪表 .....             | 210 |
| 8-4. 电动式仪表 .....             | 212 |
| 8-5. 热綫式仪表 .....             | 214 |
| 8-6. 感应式仪表 .....             | 215 |
| 8-7. 靜电式仪表 .....             | 223 |
| 8-8. 磁电示波器 .....             | 224 |
| <b>第九章 电的測量方法</b> .....      | 226 |
| 9-1. 电流之測量 .....             | 226 |
| 9-2. 电压之測量 .....             | 227 |
| 9-3. 电阻之測量 .....             | 229 |
| 9-4. 直流功率及能量之測量 .....        | 234 |
| 9-5. 單相交流有功功率及能量之測量 .....    | 238 |
| 9-6. 三相电流有功功率及能量之測量 .....    | 241 |
| 9-7. 無功功率及能量之測量 .....        | 245 |
| 9-8. 功率因数之測量 .....           | 246 |
| 9-9. 頻率之測量 .....             | 248 |
| 9-10. 非电数值之电气測量 .....        | 249 |

# 引 言

## 1. 苏联国民經济的电气化。电气自动化

苏維埃国家成立的初期，它的創始者——偉大的列宁——提出了关于国家电气化的問題。这时列宁提議要“特別注意工業及运输業的电气化及电在农業上的应用”。后来为了实现列宁的指示，成立了一个特別的委员会，名为全俄电气化委员会，簡称为 ГОЭЛРО。在 1920 年期间，由列宁經常指导的这个委员会拟定了用單行本印成的报告書——“全俄电气化計劃”。报告書于第八次全俄苏維埃代表大会开幕前夕印發，在會議上电气化的計劃已被批准。在 1920 年 12 月 22 日的會議上，列宁在关于全俄电气化計劃具有历史意义的發言中，清楚地論述了这个計劃对于今后整个国家經济及文化發展的作用；他称全俄电气化計劃为“第二个党綱”。列宁指出：“电是现代大生产的技术基础”和“共产主义就是苏維埃政权加全国电气化。”

斯大林同志热誠地支持了全俄电气化計劃。关于这个計劃，斯大林在給列宁的信中提出了全俄电气化計劃的最大的优点和关于如何能胜利地实现这計劃的自己的意見。

估計期限为十五年的計劃，已經提前完成，并已实际成为苏联以后所有建設計劃的基础。全俄电气化計劃开辟了苏联經济恢复及社会主义改造的偉大工作时期，它也是苏联五年計劃的开端。

和列宁一样，斯大林同志指出：“沒有电，决不能振兴工業，改造农業。”在 1928 年 11 月的联共(布)中央全体會議上，斯大林

同志指出：“列宁認為国家电气化并不是个别發電厂的孤立建造，而是把国家經濟包括农業在內，逐步地轉移到近代大生产的新的技术基础上，而这种近代大生产是这样的或那样的、直接的或間接的与电气化的問題相联系着。”

全俄电气化計劃的完成以及往后的苏联电气化及电气自动化的全部發展，都是在党和政府的领导下进行的。

經過几个五年計劃，苏联已成为高度工業化及电气化的强国。建立了用最新的国产机器及器件来装备的最大的火力和水力發電厂。国家佈滿了连接国内各个区域的輸电綫網，組成了强大的电力系统。

依据 1950 年 8 月—12 月間苏联部長會議所公佈的、具有历史意义的決議，已在伏尔加河、阿姆河、德涅泊河及頓河上大規模地展开了巨型水电厂的建設。这种技术史上的空前建筑(堪称为偉大的共产主义建設)当以更快的速度將三十年前所开始的国家电气化事業向前推进。

电及电气化乃是共产主义的主要物質技术基础。电能的重要是在于它具有下列的宝貴特性：

- 1) 电能具有万能性，即易于变成其它形式的能量——机械能、热能、光能、化学能等；
- 2) 电能易于輸送到远方；
- 3) 电能可以容易而方便地分成任意部分，甚至分到最小微量；
- 4) 与其他能量相比，特別容易控制、測量及調整。

由于电能可以輸送到远方，国家的所有动力資源就有被利用的可能，并且此种利用在技术上是合理的。如火力發電厂建筑在烟煤、褐煤及泥煤矿区附近，就可以采用包括低等燃料在內的各类燃料。又如水电厂正日益扩大地利用着河流、瀑布、山湖等的能量。若兴建乡村的及集体农庄的水电厂而將小河也納入国家能量

的周轉中，則這些小河的能量也能得到有益的利用。利用大量空氣移動能量的風力發電廠，在動力經濟中正在起着一定的作用。

在所有國民經濟部門中的配電與供電方面，電工技術給予了更多的可能性。在轉動機器、車床及機組方面，在用熔化、加熱及焊接等方法將材料進行熱處理方面，在工房的照明方面及許多化學過程中，如果不廣泛地應用電能，則近代化工業是不可想像的。由於能充分地供電，工業中許多新的部門，例如鋁及其他輕金屬的生產等便出現並且發展起來了。由於有了電氣化，使重物的搬運及提昇方面的很多操作都機械化了，使工人從笨重的勞動中解脫了出來。

電氣化正以很快的速度深入到國民經濟的其他部門中——運輸及農業。依據國家的幾個五年計劃，鐵路將逐漸轉向到電車曳引，這較之火車曳引具有巨大的技術經濟的優越性。在农村中，電氣（照明及各樣農業機器的電力傳動）正在很快地普及着。

僅就工業及其他國民經濟部門的供電來講，是遠不能說明電氣化的含義的。電氣化還使生產機器的本身及其生產過程發生高度的改變。生產機器與生產設備中的許多單獨機構的電力控制（啟動、調速、制動等），從根本上改變了機器和設備的構造，這就使生產率及產品加工的質量能夠大大地提高。由於電力傳動的複合運用，電氣化能對車床、機器設備的工作進行精確的控制與檢查，並使它們能很迅速地適應於工藝過程中變化着的要求。全面地講，這就不僅和機械有關，而且也與熱處理過程有關，例如感應加熱及電的表面淬火等等，在許多生產部門中，這些熱處理過程已引起了很大的改革。基於新發現的電物理及電化學現象而創立起來的某些嶄新的工藝過程，已呈現在我們的眼前並在很快地發展着。

在我們的時代里，電能的應用通過電氣自動化，即電氣化的最高形式，而獲得了很大的發展。自動控制、自動檢查及自動調

节乃是技术进展之最重要的手段，它們具有近代科学技术發展的全部特征。以前，自动車床及机器仅局限于某些生产部門，而現在由于利用了电气工具，很可能將自动化裝置推广到一切国民經济部門中。由于采用了自动化的电力傳动，就制造了多种多样的車床、机器及設備，它們在复杂的运行中，能依次更換，自动完成那些复杂的操作循环，这种运行的次序是事先由工作圖表用电控制机件所規定的。

在最复杂的操作循环里，各个單独的机器与机床均与公共的中央电气控制設備联接在一起，組成若干自动的流水作業綫。

电的自动控制能保証不断地观察与記錄这些或那些表示生产过程的基本物理量和参数。任何参数的改变能造成电的冲击，为了控制和檢查就要測量、記錄和利用这些冲击。在許多大量生产中，自动的規格檢查器能將产品依其尺寸、形狀及其他特性进行分类就是基于这种原理。在热及化学設備中，电的自动控制用来保持最合适温度、压力及濃度。这样就保証了正常的运行，并消滅事故發生的可能性。

將連續控制与檢查的仪器联在一起，就形成了自动調整系統，它能使很多的、甚至最复杂的生产过程完全自动化。这些設備中，在測量参数的同时，还不断地送出信号，这些信号經過必要的改变和放大以后，便在控制电路中引起这样的变化，此种变化將生产机器或設備的一切部分都調整到最佳的工作状态。因此全部設備便不断地反应着生产过程的进行，自动改正一切誤差而保持着事先規定的操作精确程度，如产品必要的尺寸或物理化学特性等。

广泛地实行电气化，特别是电气自动化，不但从根本上改变了生产过程的特性，也从根本上改变了劳动的条件。必須指出：在这个問題上，資本主义社会制度与社会主义制度間有着深刻的差別。在資本主义社会里，机械化与自动化提高了設備的生产

率，但因人体的劳动在很大程度上被万能的机械与仪器所代替，故同时又引起了劳动力的过剩。所以在资本主义社会里，技术进步不是使劳动者的境遇有所改善，而是导致相反的结果，促使失业增多，从而增加了苦难和贫困。此外，单方面的、只对企业主有利的机械化，常常使得生产中的劳动条件更加恶化起来。例如在各种产业部门中，很多管理传送机的工人们，在传送机的高速运转下，他们本身也就变成了自动机器，变成了“机器人”，忍受疲憊不堪的机械式的单调劳动力。

一般地讲，在资本主义国家中，电气化与自动化的发展服从于经济局势的状况，并依靠劳动力价格、机械装备的价格及其他生产开支。因此，这种发展不可能具有像在社会主义计划经济条件里的原则上的意义。在社会主义计划经济条件，此种发展是技术进步的经常作用因素。

在苏联，电气化、机械化及自动化的施行，完全是为了劳动人民的利益，所以在这里便不会有像在资本主义国家中所常发生的那种矛盾。假若由于自动化的结果，使部分工人从原有工作中解脱出来，则他们很快就能得到新的工作，而且通常是担任比以前更熟练的劳动。同样，机械化决不会变成通过劳役制以提高生产力的手段。机械化与自动化的方法合理的、有计划的配合，总是使劳动条件更加改善，而不是使其恶化。正如苏联企业的实践所证明，由于生产部门实行高度电气化的结果，劳动过程的性质便在不断地改变。繁重的体力劳动，与不需要脑力训练的单调劳动一样，是正在日益消失下去。继之而来的，是生产设备与生产机组的复杂电气自动控制与调整系统的调整，安装与维护方面的劳动操作正日益扩大地发展起来。这些操作除要求熟练的体力技巧以外，还要求具有熟练科学技术的高度智力修养。因此，电气化和基于电气化的生产自动化，乃是消除体力劳动与脑力劳动对立关系的主要的和有力的手段。而消除体力劳动与脑力劳动之间界限，

同时更广泛地創造条件，促进人們才能的全面發展，就是共产主义建設的基本任务。这里便显示出由 B.И. 列宁所下的定义“共产主义就是苏維埃政权加全国电气化”的深刻意义。

同时还須指出电气化在苏联人民文化發展領域中所起的重大作用。电气化給人們的生活帶來了电气照明、電話、無綫电及电视——这些都是教育广大羣众及提高人民文化水平的最重要的槓桿。集体农庄生活中的生活电气化更具有特別巨大的意义，集体农庄的生活在文化水平方面來說，已接近于城市生活的情况。同时，借助于电气化，便实现着共产主义的第二个巨大任务——消除城乡之間的对立。列宁在 1920 年 12 月 22 日第八次苏維埃代表大会上的發言里，特別指出了农民生活中的电气照明在文化上所起的作用。从那时起，人們为了向苏联电气化的偉大創造者表示最深切的热爱和敬意，便把电灯叫做“伊里奇灯”，以作紀念。

## 2. 俄罗斯及苏联科学在电工發展中的作用

在电工学的历史中，俄国的科学和技术佔居着首要位置之一。

早在十八世紀的中叶，彼得堡科学院已緊張地进行了电学的研究。这門科学的創始人之一的 M. B. 罗蒙諾索夫在其名著“論述由电力而产生的空中現象”及“用数学方法論証的电学原理”中，首次指出了电現象与机械現象之間的联系。他将电力定义为“斥力及吸力的一种作用，也是光与火所产生的作用”。由于这样，罗蒙諾索夫就远远地超过了十八世紀佔統治地位的理论，此种理论将电认为是液体、“流体”等等。罗蒙諾索夫与他的朋友（也是他的同事）里赫曼院士一起組織了对天电及雷电現象的系統的实地研究。为了測量电荷，里赫曼按照罗蒙諾索夫的意見制成了一种电表，这就是世界上第一只电气測量仪表。1753年，里赫曼在作实验时被雷电击斃了，他可以称为牺牲在征服自然的斗争中的科

学英雄。

十八世紀的末叶，由于伏打及伽伐尼的研究，發現了电流現象，并發明了新的电源，于是电气学說就进入一个新的时代。俄国教授 B. B. 彼德罗夫开辟了实际利用电流的途徑，他制造了当时最强大的电池，并且在1802年發現了电弧現象，这种現象后来被錯誤地称为伏打电弧。当时彼德罗夫不仅發現了电弧，而且还指出了它的最重要的用途，即：照明、电爐的恢复过程及金屬焊接；因此，彼德罗夫可視為近代电工技术的創始人之一。

在十九世紀的前三十多年中，在电学与磁学的基本現象定律方面已經作出了最偉大的發現。在一系列电磁基本定律中，包括有俄国学者楞次——院士，后来曾任彼得堡大学的校長——的定律。楞次在1833年所發現的定律确定了电磁惰性的普遍原理，并把电磁力的定律与电磁感应的定律联系起来了。楞次同时还与焦耳互不相关地發現了电能与热能之間的关系定律。

进入人类活动的全部領域——工業、運輸業、軍事、通訊、建筑及日常生活——中的各种电工技术，在电气和电磁基本定律的严密理論基础上蓬勃地發展起来了。在所有这些領域中，俄国的科学家及技术家們起着重大的、而且常常是主导的作用。

在有綫通訊的發展史中，俄国学者 П. Л. 施林格佔居着首要位置之一，他在1832年發明了第一个电磁式电报机，發明絕緣导电体的荣誉也应屬於施林格，利用这种导体在空中、地下及水里佈設長距离的通信綫成为可能。1812年，作成了远距地雷爆炸裝置。施林格的發明，以后被俄国的另外一些革新家加以發展了。俄国院士 B. C. 亞可比致力于电报和通訊綫的改进，他在1839年所發明的新式“打字电报机”在俄国得到了实际的应用。亞可比是俄国第一个远距离电报通訊(彼得堡与沙皇行宮之間)的創始人；在这个綫路裝置中，亞可比首次采用了由他自己所發明的电报信号的“轉撥”或自动轉撥。

在十九世紀的末叶，俄国在通訊的領域中又佔了第一位。偉大的無線電通訊及無線電工程創始人 A. C. 波波夫，应用了馬克士威尔，赫茲，列別节夫及其他学者的成就，在 1895 年發明了“雷击記錄器”，这就是世界上第一个無線电器具。1896 年 3 月 12 日，在彼得堡大学物理研究室中举行了無線電發射的第一次表演。从此产生了一个新的技术領域，这个領域在二十世紀中获得了巨大的發展。

俄国技术專家佔居主导地位的另一領域便是电气照明，难怪在欧洲当时把这个照明称为“俄国光”。彼德罗夫所發明的电弧，由于俄国發明家的研究，以后便得到了广泛的利用。在这些發明家的中間，最著名的是 П. H. 亞布罗赤可夫，他在 1876 年發明了由兩排炭棒所組成的著名的“电燭”。由于亞布罗赤可夫不倦的努力，他的电燭已流行于全世界，到达了“波斯王与柬埔寨国王的宮庭”。这个事实在技术史上的意义远超出了电气照明的范围，因为亞布罗赤可夫堪称为第一流的技术家，他成功地解决了电能的分配問題。

在弧光电气照明中，傑出的工程师 B. H. 契克列夫作了很大的貢獻，他發明了帶有差动調節的弧光灯，改进了亞布罗赤可夫的电燭，把弧光探照灯的構造也从根本上改变了，这种改变大大地增加了探照灯的光强。B. H. 契克列夫与 П. H. 亞布罗赤可夫及另外一些俄国电工技术的先鋒战士一起，在 1880 年創辦了世界首批电工技术刊物之一的杂志——直到現在仍存在的“电”杂志。

白熾电灯代替了弧光灯，白熾灯的誕生地也是俄国。卓越的工程师及發明家 A. H. 罗賓根，还在 1873 年便作成了第一个炭絲白熾灯，它是一切現代白熾电灯的雛型。以后，电气照明設備已大有改进，并得到广泛应用，但罗賓根在 1890 年發明了帶有金屬絲的白熾灯，又成功地对照明技术进行了再一次改革。

院士 Б. С. 亞可比——十九世紀俄国科学技术多才的活动家之一——是电机学及电力傳动領域中的一名先鋒战士。他制成了第一具回轉运动的电磁式电动机（1834 年），并走在所有学者前面，首先注意到了电力傳动較之蒸汽傳动所具有的全部优点。他超过了当代技术思想好几十年。根据亞可比牵引小船的設計，第一次采用了电力傳动，这个小船試驗是 1838 年 9 月 15 日在涅瓦河上进行的。由于当时缺乏合适的电能發生器，亞可比的电动机沒有得到进一步的应用，但發明者昭示了电力傳动的可能性及其优点。

后来 B. H. 契克列夫在生产机器中第一次采用了电力傳动，他在 1872 年制造了电气縫紉机。

俄国物理学家 А. Г. 斯脫列托夫在直流电机的发展方面作出了偉大的貢獻。他研究了鉄的磁化現象，給电机及电器的磁路計算奠定了穩固的基础。

П. Н. 亞布罗赤可夫是交流电机領域中的先鋒战士，他为了給电燭供电，制造了一个新的發电机；亞布罗赤可夫發电机就是近代同步發电机的雛型。

交流最重要設備之一——变压器——的發明荣誉也属于 П. Н. 亞布罗赤可夫，为了給受电器独立供电，他在自己的照明系統中采用了变压器；变压器和亞布罗赤可夫电燭都是在 1876 年發明的。以后，另一个俄国發明家 И. Ф. 烏沙金研究了变压器的構造，他提出变压器不仅用来給亞布罗赤可夫的电燭供电，而且也能供电給其他受电器。1882 年在莫斯科工業展覽会上第一次展覽了烏沙金的变压器。

交流电机發展的輝煌时代，与卓越的俄国电工学家 М. О. 多里沃-多布罗沃尔斯基的名字是分不开的。多里沃-多布罗沃尔斯基是三相电流制的創造者，在現在全部电工技术中属于支配的地位。在十九世紀八十年代的几年中，多里沃-多布罗沃尔斯基研

究了产生三相电流的方法与星形、三角形的接綫方法；之后，制造了第一个三相發电机及三相变压器；最后又制造了第一个三相电动机，特別著名的，是多里沃-多布罗沃尔斯基应用了非拉利斯所發現的旋轉磁場的原理，在1889年發明了繞綫式及鼠籠式三相異步电动机。在这个發明以后，已經过去60年了，而三相鼠籠式異步电动机在原理上仍保持着 M. O. 多里沃-多布罗沃尔斯基所制造的形式，在全世界各地繼續地应用着，并且还是国民經济一切部門中的主要电动机。

俄罗斯同时还是电版术及电焊术兩個优秀电工技术部門的誕生地。电版术，也就是用电解法从金屬版复制精确副本的过程，是1837年由亞可比院士所發明。电版术首次在实际中的应用——在印刷業、文件及信貨券的印刷、美术工業等里——也是与亞可比的名字分不开的。电版术从俄国傳遍了全世界。

远在十九世紀的初叶，电弧焊接原理已由彼德罗夫發現了，但是在很長的时期中沒有得到实用。只是在1882年，天才的俄国發明家 H. H. 白納尔道斯才借助于炭質电極及被加工物体間所引起的电弧，建立了焊接与切割金屬的实用方法。白納尔道斯的裝置就是世界上第一个电焊器具。

以后，白納尔道斯还在电極材料及制造方法，被加工金屬与电極的相互位置，控制电弧的方法等等各方面提出了一系列的改进和改变的意見。可以認為，白納尔道斯通过自己的杰出發明决定了电弧电焊，这是工業电工的十分重要部門的进一步的全部發展。

除了白納尔道斯以外，另外一个卓越的革新家矿場工程师 H. Г. 斯拉夫揚諾夫在發展电热过程中也起了極為重要的作用，他在1880—1890年間，研究出来了并在工厂实践中采用了利用电弧以对金屬进行加热及鑄的新方法。斯拉夫揚諾夫的电热过程成功地解决了許多工艺問題。这些問題包括將許多金屬部分連接成