

135949

工業企業供電



重工業出版社

工業企業供電

蘇聯 A.A 費多羅夫 · B.A. 克梁捷夫斯基著

中央重工業部設計司翻譯科 張 蒼 楚 等 譯

原書經蘇聯高等教育部審定為動力工
程學院、電機工程學院以及電機工程學系用教科書

重 工 業 出 版 社

工業企業供電

электроснабжение промышленных предприятий

原著者： А.А.Федоров及В.А.Князевский

原出版者： Госэнергоиздат

原書出版期： 1951年第一版

譯者： 中央重工業部設計司翻譯科張蓋楚等

出版者： 重工業出版社

總經售： 中國圖書發行公司

印刷者： 工教印刷廠

版次 第一版（1——3000冊）

原 出 版 者 的 話

本書所討論的為工業企業供電問題，即電力負荷及其計算；高壓和低壓線路；以及接線系統、保護、結構、電能的量度和計算問題。同樣，對低壓供電系統的計算，接地和中性點接地裝置等亦有說明。此外，對工業企業變電所的接線系統和結構，提高工業企業功率因數的各種裝置，也專門加以討論。

在本書中，專開一章討論工業企業供電系統的自動化問題。

本書可作為電機工程學院及動力工程學院研究「工業企業電氣設備」問題的學生之教科書。

目 錄

譯者的話	1
原作者的話	2
引 言	4
第 一 章 電力負荷	8
1—1 用電設備分類	8
1—2 電力負荷的確定	9
1—3 用電設備的功率因數	19
1—4 電力損失的確定	20
1—5 電力損失的確定	24
1—6 不平衡負荷	25
1—7 工業企業總負荷的確定	27
1—8 負荷指示圖	29
第 二 章 低壓配電	31
2—1 低壓線路系統	31
2—2 用電設備分組	35
2—3 工業企業車間用電設備的供電電壓之選擇	37
2—4 電力用電設備的低壓導線、電纜及 母線截面之選擇	39
2—5 1000伏以下電氣裝置的短路電流之計算	53
2—6 低壓線路的保護	69
2—7 照明裝置的線路	84
2—8 照明裝置的線路之計算	87
2—9 照明裝置的線路之保護	92
2—10 照明及電力負荷的共用電源	93
2—11 低壓線路的結構	94
2—12 低壓開關設備	96
第 三 章 高壓配電	107

3—1	供電電源	107
3—2	供電電源的數量之確定	108
3—3	配電系統	110
3—4	與電力網相聯的聯絡系統	125
3—5	電壓的選擇	130
3—6	線路的結構	134
第 四 章	工業企業變電所	138
4—1	變電所的作用	138
4—2	變壓器及變電所的容量之確定	138
4—3	變電所及配電站一次接線系統	146
4—4	控制量度儀表	157
4—5	電力的計算	162
4—6	變電所中的保護設備	171
4—7	變電所的結構	187
4—8	變電所的操作盤	202
第 五 章	功率因數的改善	212
5—1	無效電力的補償	212
5—2	工業企業瞬間的、平均的及總平均的自然功率因數和總的功率因數	215
5—3	無效電力的經濟當量	217
5—4	提高自然功率因數的方法	221
5—5	非同期電動機及變壓器工作的合理化	223
5—6	提高功率因數的人工補償方法	231
5—7	同期補償器及靜電電容器的採用	236
5—8	同期化非同期電動機及同期電動機的採用	243
第 六 章	接地裝置及中性點接地	253
6—1	基本概念及定義	253
6—2	人工接地裝置及天然接地裝置	257
6—3	保護接地及中性點接地的應用	262
6—4	接地裝置的計算	264

6—5	中性點接地系統的計算.....	267
6—6	高電壓跳過低壓線路側.....	270
6—7	各種電壓之接地裝置間的聯接及其用途.....	271
第 七 章	工業企業供電的自動化.....	273
7—1	自動化的一般任務.....	273
7—2	備用設備自動合閘裝置.....	274
7—3	自動重合閘.....	279
7—4	發電機的自動同期化.....	281
7—5	非同期電動機的自動起動.....	283
7—6	關於供電系統中遠距離操作和調度的一般概念...	291
附 錄		294
參考文獻		337

譯 者 的 話

由於譯者一直在設計管理部門工作，因此深深感覺目前各設計機構最爲迫切需要的就是有關設計的參考資料，特別是蘇聯先進的設計經驗和理論。兩年來，領導上爲了我們設計人員能全面地、有系統地學習蘇聯先進的技術經驗，並進而改善和加速我們的設計工作起見，責成我們有系統的大量翻譯有關設計方面的俄文技術書籍。譯者雖感自身能力不足，但認爲這項任務是光榮的。

本書是繼「工業企業供電問題」一書出版後而着手翻譯的。由於該書是供富有設計經驗的蘇聯工業企業供電設計工作者參考，因此僅提出一些原則性的方案，而對詳細的理論敘述較少。本書則在理論及應用上均作了較爲詳盡的分析，特別是電力負荷的計算、功率因數的改善及供電的自動化等，敘述得更爲透徹。因此，將這兩本書所敘述的章節融會貫通後，基本上可以解決工業企業供電設計中所遇到的主要問題。

本書第五章爲劉榮達同志所譯，第六章爲成秉進同志所譯，而所有其餘各章則爲我所譯。非我譯之兩章，爲了統一前後譯文語氣和名詞，由我對照原文和王節韻工程師在一起作了若干修改。修改部分如有錯誤，應由我負責。

本書是爲了供中央重工業部瀋陽設計幹部學校電力設計研究班參考而加速翻譯出來的。由於譯者亦參加該班學習，因此是利用學習以外的時間日夜趕譯趕校出來的。譯者雖抱着謹慎負責的態度，再三校對，但由於譯者能力所限，錯誤一定在所難免，希望讀者提出批評指正。這不是客套話，而是譯者誠摯的希望。

最後，譯者對校閱本書全部譯稿的王節韻工程師、看過全書譯稿的饒洪業同志、參加校對清樣工作的蒙鴻俊和曹桂芝同志及在譯校過程中曾經給予我們幫助的其他許多同志敬致謝意。

張蓋楚 於中央重工業部瀋陽設計幹部學校

1953年4月

原 作 者 的 話

本書是第一次嘗試將榮膺列寧勳章的莫洛托夫動力工程學院對「工業企業電氣設備」專業科學生所講授「工業企業供電」一科的教材加以編撰和系統化。

「工業企業供電」這門課程是在學完各個專門科目——「發電廠和變電所」及「電力網」——後而講授的。因此，某些一般性的問題，例如，短路電流的計算，以及接地裝置等，在上述科目中已有極詳盡的敘述，故在本書中未全面地加以討論，只闡明其在工業企業供電中的特點。

同時，還應該指出，電氣設備的安裝和維護問題，將在「工業企業供電」課程講授完畢後，在「工業企業電氣設備的安裝和維護」課中單獨教授。

「工業企業供電的自動化」一章，就其篇幅來說，較其他各章為小，原因是電動機的起動、停止、順轉和逆轉的自動化等問題，已列於與本科平行講授的「電動機操作的自動化」課中。

本書所討論的主要是電力負荷的計算、配電、變電所的構成、無效電力的補償、電氣設備的接地以及工業企業供電的自動化等問題。

無疑的，本書 免不存在着缺點，因為作者是初次將所講授的教材加以有系統的彙編。因此，作者對本書的讀者——大學學生以及在工業企業動力部門中工作的工程師和技術員所提出的一切改進意見，將表示無比的感激。更重要的是：讀者所提出的意見，將促使我們改進教學大綱和以後各版的教材內容。

本書第五章及第六章為 B. A. 克梁捷夫斯基執筆，其餘各章則

爲 A. A. 費多羅夫執筆。

最後，作者對在編寫本書原稿和繪製圖樣過程中給予幫助的 Э. М. 利斯特赫依尼，С. Г. 謝洛娃，Е. И. 莫斯卡列娃及 Н. И. 列阿麗多娃致以由衷的謝忱。

讀者對本書的意見，請投函莫斯科水閘河岸 10 號。
(Москва, Шлюзовая наб, 10. Госэнергоиздат)

作 者

引 言

發電、送電及配電裝置所構成的總體稱為供電系統。

建立工業企業供電系統的目的係為了保證對工業用電設備供電。工業企業的用電設備為各種機械用的電動機、電爐、電解設備、電氣器具和電焊機、電氣照明及其他工業用電設備。

工業企業的供電任務是與建立發電廠和廣泛採用電力傳動裝置以作為各種機械的原動力而同時提出的。

第一批工業用發電廠係建在工廠內，即建在工業企業廠區內。後來，俄國兵工工程師 Ф.А. 比羅茨基（1875年）在俄羅斯進行多次送電試驗；俄國學者 Л.А. 拉契諾夫（1880年）科學地創立了將電力作遠距離輸送的理論；天才的俄國學者 М.О. 多利伏——多布羅伏利斯基在1891年創造了具有世界意義的技術，即創造了三相配電系統和利用電力的技術。因此便有可能在燃料（泥炭、煤、瓦斯）產地或在蘊藏水力的地方建立發電廠。所以發電廠之建設，再也不受工業企業所在地的限制。而發電廠與工業企業的聯系則利用較高電壓的送電線。因而電能從發電廠被送至遙遠的用電地區。應該特別指出的是：電能沿導線在每一電壓的一定地區內輸送，較之將燃料沿鐵路送至發電廠總是要來得便宜。

電力的主要用戶是工業企業、工廠以及城市商埠和電氣化鐵路運輸等。如前所述，工業企業的內部供電系統是由送電、配電及用電設備所構成。將工廠自用發電廠列入工業企業供電系統中的情形也是極為普遍的。此時，供電系統則增加一個額外的組成部分——生產電力的環節。

在工業企業中，必須建造工廠自用發電廠是為許多原因所決定，其中最主要的是：

- 1) 工業企業距電力網極遠；

2) 需要生產熱力以用於技術生產和採暖；

3) 需要對重要用電設備建立備用電源（第二個電源）。

但是，在各工業企業中，其所以建有自用發電廠，往往是由於歷史上的原因所造成的。例如，在革命前的俄國，電力網極不發達，因此，與建造工業企業的同時，還必須在廠區內建立發電廠。

偉大的十月社會主義革命後，開始大規模地展開了國營區域發電廠的建設。

1920年，在弗·依·列寧和約·維·斯大林的領導下，擬訂了一個俄羅斯國家電氣化計劃（Гоэлро）。這個計劃是在新的經濟基礎，即在社會主義基礎上而製訂的。根據 Гоэлро 計劃，要建立總容量為 175 萬瓩的許多發電廠，這些發電廠均是利用低質煤（莫斯科附近的褐煤、泥炭）及水力發電。按照 Гоэлро 計劃，所建造的第一批發電廠中計有卡什路斯卡雅水力發電站，伏爾霍夫斯卡雅水力發電站等。到 1935 年，Гоэлро 計劃完成了 2 倍（即完成了原計劃的 3 倍——譯者）。

同時，我國各地區也佈滿了電力網線路。由於電力網容量的增長，電力的價格降低了，電力的質量和供電的可靠性也隨之提高了。

目前，電力網變電所對工業企業供電的可靠性已達到極高的程度，實際上工業企業已無供電中斷的事故發生。

在歷次斯大林五年計劃的年代中，我國的動力事業以飛快的速度發展着，因而在蘇聯的許多地區，建立工業企業時不考慮建造作為備用的地方性發電廠。所以，建立中央熱電站，只能認為是一種例外，因為僅在技術生產和採暖需要蒸汽、熱水時才予建造。而且，在建造時是以高度利用燃料（最良好的效率）為目的的，故工業企業所需的電力異常便宜。

同樣，也應盡可能建設臨時性發電廠，以保證在工業企業建設——安裝期中能對其施工裝置的用電設備供電。

在工業企業的實際供電工作中，亦可遇到與建設工業企業之同時，並建造小型或中型水力發電站的情形。其所以是合理的係由於水力發電站所發出的電力成本甚低，特別是在水力發電站自動化的

情況下，因而在工業企業運轉的技術經濟指標上是有利的。

工業企業自用發電廠投入電力網中工作也並不是稀少的情形。此種發電廠往往是作為「備用」發電廠使用，極少作為「基本」發電廠（意即担负經常負荷的發電廠——譯者）。「備用」發電廠與「基本」發電廠的區別在於：前者僅在最大負荷期中始投入電力網中運轉。總之，工業企業應盡可能有不相同的工作制。

在歷次斯大林五年計劃的年代中，與建立巨型電力網的同時，也建立了大量需要電力網供電的工業企業。這些工業企業的供電系統之設計，是在蘇聯各設計機構中進行的，故供電系統的設計與運轉經驗已為蘇聯工程師們所總結也是極自然的事。總結的結果，在許多設計機構中，對工業企業供電問題獲得了標準的解決方案。

其他個別的問題，也獲得了解決，得出了計算和設計的方法（例如，匯流母線是工程師 Ф.Я. 戈利得貝奴格提出的；選擇車間變壓器容量和分散車間變電所容量的方法是科學技術碩士 А.С. 里貝路曼尼提出的；計算電力負荷的方法是工程師 Л.С. 利夫什茨和 Г.М. 卡梁洛夫提出的；高壓線深入負荷中心是工程師 П.С. 哈爾欽科提出的以及其他方案等）。

由此可知，無論是在設計機構中，或者在工業企業中，均培養了大批工程師和技術員，他們都是從事研究工業企業供電問題的電氣人員。

在發電廠中，每100000瓩安裝容量所能担负單位大容量為3—15瓩的用電設備的總設備容量在300000瓩以上，而維護這些用電設備所需的專家遠遠超過發電所需的專家。因此，在高等工業學校中設立這門課程（即工業企業供電——譯者）是正確的。

如上所述，工業企業供電系統之正確設計和維護，有着極其重要的意義。因為供電系統設計不良，維護不周，將不可避免地要大大降低我國電氣化的效果。例如，為了彌補工業企業供電系統中所損失的電力，所建立的發電廠，將超額消耗大量的燃料。

目前，新建之工業企業，絕大多數均已達到自動化。新建的工業企業，完全自動化（包括技術生產過程）的情形也是極為普遍的。

已建立多年的工業企業，其供電系統已經改建了或者正在改建和使之自動化，所採取的措施是：架空供電線自動重合閘、備用電源自動合閘、重要機械用的非同期電動機自動起動等。

與工業企業供電系統自動化的同時，還普遍採用遠距離操作以達到遙控生產過程。某些先進企業的經驗證明：此種控制系統具有極高的效果。

世界上最大的古比雪夫和斯大林格勒水力發電站——偉大的共產主義建設——之建設，將根本地改變着我國各大地區的國民經濟面貌。

隨着電力之大規模生產，將促進工業和農業對電力之需要也達到同樣的規模。

所有這一切，只有在我們具有蘇維埃經濟特點的國家裏才可能。在我們蘇聯，任何建設，自然，其中也包括發電廠之建設，都是按照國家的規定有計劃地進行的。在無政府狀態和自流現象佔統治地位的資本主義國家裏，是不可能進行科學的有組織的建設和計劃的。社會主義的生產組織，是最科學的組織，它較之資本主義的生產組織，有着無可比擬的高度水平。社會主義經濟體系，對於我們幹部的技術和文化水平之增長、對於充分地利用精湛的先進技術有着無限的可能性，而且也為勞動生產率之提高創造着一切條件。在蘇聯，企業的生產率呈下降曲線的情形是從來沒有過的。蘇維埃國家的經濟總是表現着成直線上升的指標，因此，從這裏也可以清楚地看到我們國家的生命力和力量。我們國家正滿懷信心地向共產主義——共產主義制度——邁進。在共產主義社會裏，電力將被完全用來為人類謀福利。

由此可知，培養工業企業的工程技術幹部——電氣技術人員——是一項極重要的任務。

設立「工業企業供電」這門課程的目的也就是在於使學生瞭解工業企業供電系統，並使他們能正確地選擇和利用電氣設備。

第一章 電力負荷

1-1 用電設備分類

所有用電設備可以分成各個獨立的組。其分組的主要條件係根據相同的工作制和相類似的負荷曲線。此種分組的方法可以適用於任何工業部門及任何企業。

將所有用電設備分成獨立的組能更正確地計算出該類用電設備的總負荷。

用電設備可以分成下列三組：

1. 持續工作，不改變或極小改變負荷的用電設備，根據ГОСТ 183—41（電機類）及ГОСТ 2774—44（電氣器具類），所謂持續工作制即電機或電氣器具可以不受時間的限制而不停地工作，在工作中即使電機或電氣器具某些部分的溫度升高，亦不超過標準所規定的允許溫度範圍。

此類用電設備最具有代表性的便是水泵和通風機用電動機。

2. 短時工作制的用電設備，根據ГОСТ 183—41，電機工作時間甚短，在工作期內其各部分不達到規定的溫度，而停止工作的時間一直延長到該電機的溫度與周圍環境溫度相同為止。

此類用電設備最具有代表性的便是金屬切削機床用輔助機械（橫樑升降、圓柱夾器、刀架快速移動裝置等用的機械）的傳動電動機，以及水閘用電動機。

3. 反覆短時工作制的用電設備，根據ГОСТ 183—41的分類，此種工作制為工作時間甚短而停止或空轉交相更替。

反覆短時工作制的特點為接用的相對延長性（ПВ）和循環的長時性。

在反覆短時工作制下，電機或電氣器具能相對的延長使用，不受時間的限制。即使各部分的溫度升高，但亦不超過標準所規定的

允許溫度範圍。

此類用電設備最具有代表性的便是吊車用電動機。

電氣工業係根據上述用電設備的工作制，按所指出的條件而製造電動機。

實際上，每一種用電設備的負荷曲線都與設計時所提出的不同，而且每一工業部門的技術生產特點也影響着用電設備的工作制。因此，一切影響用電設備（例如電動機）工作制的因素，最後將反映在負荷曲線上。所以用電設備的需要容量曲線是將所有用電設備分類及分組的主要指標。

電氣照明在負荷分類上佔居特殊的地位，其顯著的特點如下：

a) 負荷變化極大，在切斷時由最大減小至零，在接用時則恰巧相反；

b) 白晝的長短、年度、地理位置、工作班數均影響負荷時間的久暫；

в) 如果無熒光燈照明，則其最高功率因數等於 1。

除了將用電設備按工作制和負荷曲線分組外，還應考慮到負荷不對稱的程度或各相負荷的不平衡性。電動機、三相電爐及其他有三相對稱負荷的用電設備均屬於對稱負荷。而電氣照明、單相及二相電爐、單相電焊變壓器等則屬於不對稱負荷（單相及二相負荷）。

最後，在計算時，必須將電力負荷分成有效負荷和無效負荷或有效電力和無效電力。

1-2 電力負荷的確定

A 概 論

在設計任何一個工業企業的供電系統時，必須明瞭其未來的電力負荷。在確定負荷時，須特別注意，因為選擇供電系統的各個組成部分（導線、電纜、變壓器、開關設備）完全取決於原始資料。

雖然截至目前為止，還沒有一個公認的計算電力負荷的方法，但是實際的設計工作對設計本身提出了不斷增長着的要求，而且也得出了計算電力負荷可以採用的方法。

目前確定電力負荷的方法是根據電氣設備及工業企業供電系統的使用經驗而求得的。

工業企業電力負荷大小之確定，必須從確定車間負荷開始。首先確定車間每一用電設備的負荷，然後將工作制相類似的用電設備分組，確定車間變電所低壓母線上的負荷。車間負荷係用以選擇供應各個用電設備或各個用電設備組所需電力的導線及電纜的截面、用以選擇車間變電所中的變壓器容量及開關設備。

車間變電所低壓母線上的負荷加上車間變壓器中的損失及對車間變壓器供電的全廠高壓配電線路的損失構成總降壓變電所低壓母線上的負荷，該負荷用以確定供電導線截面、開關設備及選擇總降壓變電所中的變壓器容量。總降壓變電所低壓母線上的負荷加上總降壓變電所之變壓器中的損失及電力網供電線路的損失即為企業的總負荷。圖 1—1 為確定工業企業電力負荷的各個構成部分。

確定電力負荷的方法並不完全一致，根據供電系統（成組用電設備、車間變電所或總降壓變電所等）處於何種位置而定。同時，確定的方法也隨所

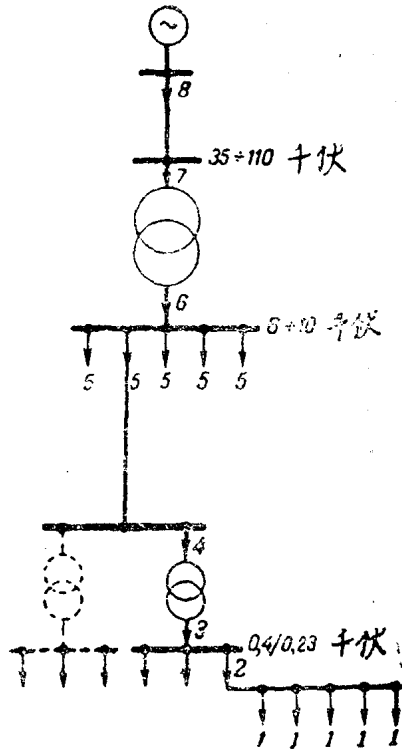


圖1—1 確定工業企業供電系統電力負荷的系統圖。

- 1—各個用電設備所構成的負荷；
- 2—各個用電設備的供電線路的負荷；
- 3—車間變電所低壓母線上的負荷；
- 4—車間變電所高壓母線上的負荷（計入變壓器中的損失）；
- 5—每條出線所構成的總降壓變電所低壓母線上的負荷（計入出線的損失）；
- 6—總降壓變電所低壓母線上的總負荷；
- 7—總降壓變電所高壓母線上的負荷（計入變壓器中的損失）；
- 8—工業企業在電力網變電所母線上所構成的負荷（計入高壓供電線中的損失）。