

336019

成都工学院图书馆

基本馆藏

高等学校教材

电力网及电力系统

(修訂第二版)

楊以涵 倪保珊 張宝洪 編



中国工业出版社

統一書號:
K 15165·587(水电-81)

定 价: 1.60 元

高等学校教材



电力网及电力系统

(修订第二版)

楊以涵 倪保珊 张宝洪 編

中国工业出版社

本书全面和系统地叙述了电力网及电力系统的基本概念，电力网的计算、运行及设计的基本理论和方法，架空电力线路的基本结构和机械部分的基本理论及计算方法。

本书以区域电力网为重点进行阐述，同时也适当介绍了其它各种电力网的特点。

本书为1961年出版的“电力网及电力系统”（交流讲义，顾秋心、杨以涵、应钢城编）的修订本，可作为高等学校“发电厂、电力网及电力系统”专业的“电力网及电力系统”课程的试用教科书，也可供从事电力网及电力系统工作的工程技术人员参考。

电力网及电力系统

（修订第二版）

杨以涵 倪保珊 张宝洪 编

水利电力部办公厅图书编辑部编辑（北京阜外月坛南街房）

中国工业出版社出版（北京修门内大街10号）

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $15^{1/4}$ ·字数336,000

1961年8月北京第一版

1965年8月北京第二版·1965年8月北京第六次印刷

印数11,747—14,301·定价（科五）1.60元

统一书号：K15165·587（水电-81）

序 言

本书是受水利电力部教材编审委员会的委托，根据1962年修订的“电力网及电力系统”课程教学大纲（草案），在原交流讲义“电力网及电力系统”（顾秋心、杨以涵、应铜城编，1961年版）的基础上，进行较大的修订而编写的。

在修订中，曾征求了国内的一些院校对本课程的意见，参考了部分院校在本课程中贯彻执行“少而精”原则的经验，并于1964年7月在重庆召开的本课程教材编审小组会议上对全部内容进行了讨论。为了减轻学生学习负担，对各校共同认为可以删节的内容作了精简（如远距离输电等），并力求将最基本的内容叙述得精炼确切。

本教材适宜于约56学时讲课之用。

本书是集体修订编写的，由杨以涵主编。张宝洪编写了第三、四、五、六各章；杨以涵编写了第一、七、八、九各章；倪保珊编写了第十、十一、十二各章；刘庆国编写了第二章及附录，还参加了第七、八、九各章的编写工作。

本书审阅人孙绍先、倪保珊同志直接参加了几次编审工作，随时提出了宝贵意见。教材编审小组成员及列席同志也都积极参加了审稿工作。

在编写过程中，许多学校和企业单位的同志们给予了热情支持，提供了不少有益的意見和資料，在此对他們表示衷心感謝。

由于編者的經驗和能力所限，本书一定还存在許多缺点，請使用本书的同志們随时予以批評指正，以便再版时加以改正。

編 者

1964年11月

目 录

序 言	
第 一 章 绪 论	1
第一节 电力工业在国民经济中的作用	1
第二节 电力工业发展简史和远景	1
第三节 我国电力工业的发展	2
第四节 电力网、电力系统及动力系统	3
第五节 电力系统运行的基本要求	4
第六节 额定电压	6
第 二 章 架空电力线路的结构	9
第一节 概述	9
第二节 导线及避雷线	9
第三节 杆塔	11
第四节 绝缘子及金具	16
第 三 章 电力网元件的参数、等值电路及功率损耗	21
第一节 概述	21
第二节 有色金属导线线路的参数	21
第三节 铜导线线路的参数	25
第四节 输电线的等值电路及功率损耗	26
第五节 变压器的参数、等值电路及功率损耗	32
第 四 章 开式电力网的计算	41
第一节 概述	41
第二节 电力网中的负荷的表示法	42
第三节 区域电力网电压损耗的计算	43
第四节 地方电力网电压损耗的计算	53
第五节 按容许电压损耗选择导线截面积	55
第六节 输电线的功率圆图	60
第 五 章 闭式电力网的计算	64
第一节 概述	64
第二节 两端供电线路中的功率分布	64
第三节 闭式电力网中的电压损耗	69
第四节 两端供电线路导线截面积的选择	72
第五节 网络变换法	77
第六节 网络拆开法	87
第 六 章 电力网的电能损耗及技术经济计算	89
第一节 概述	89

第二节	负荷曲线	89
第三节	线路中电能损耗的计算	92
第四节	变压器中的电能损耗	94
第五节	电力网的投资及年运行费用	95
第六节	电力网的技术经济计算	97
第七节	提高电力网负荷的功率因数	98
第八节	闭式电力网的经济运行	102
第九节	变压器的经济运行	105
第十节	提高电力系统的电压水平	106
第十一节	经济电流密度	107
第七章	电力系统中有功功率平衡及调频概念	111
第一节	概述	111
第二节	电力系统中有功功率平衡及其备用	112
第三节	汽轮机的调速器	113
第四节	电力系统调频的概念	115
第八章	电力系统中的无功功率平衡和调压	117
第一节	概述	117
第二节	电力系统中无功功率的平衡和备用容量	119
第三节	同步发电机是最基本的无功电源	120
第四节	同期调相机和静电电容器	123
第五节	电力系统中根据无功平衡所需的补偿设备容量	124
第六节	无功补偿设备的合理分布	125
第七节	用电设备的电压偏移	129
第八节	电压中枢点的电压管理	130
第九节	借改变发电机端电压调压	136
第十节	变压器分接头的选择	137
第十一节	借调压变压器调压	138
第十二节	借改变电力网中无功功率分布来调压	147
第十三节	按调压要求决定无功补偿设备容量	148
第十四节	用串联电容补偿线路参数的调压方法	149
第十五节	电力系统中调压设备的合理使用	150
第十六节	电力系统中无功补偿设备容量的综述	152
第九章	电力网及电力系统的设计	154
第一节	概述	154
第二节	电力网综合负荷的确定	155
第三节	选择电力网的电压	158
第四节	电力网的结线图	163
第五节	选择电力网导线截面积的综述	166
第十章	正常运行情况下架空线路导线和避雷线的机械计算	169
第一节	概述	169

第二节	架空线路的工作条件	171
第三节	计算用气象条件	173
第四节	导线和避雷线的机械荷载	175
第五节	一档距内导线的拉力和弧垂	178
第六节	气象条件变化时一档距内导线应力和弧垂的变化	179
第七节	临界档距	181
第八节	钢芯铝线的计算	184
第九节	档距不等的一个耐张段中, 各档距中导线材料应力和弧垂的确定	189
第十一章	线路断线情况下的导线计算	193
第一节	概述	193
第二节	杆塔主杆间力的分布	194
第三节	杆塔的弯曲系数	195
第四节	悬垂绝缘子串的平衡	196
第五节	使用悬垂绝缘子和固定线夹的线路上, 断线时导线拉力的确定	197
第六节	应用释放线夹的线路上断线时的导线拉力	202
第七节	线路上转动横担或变形横担的应用	203
第十二章	架空线路杆塔的尺寸	206
第一节	概述	206
第二节	导线和避雷线在杆塔上的排列方式与线间距离的确定	207
第三节	杆塔高度的确定	211
第四节	架空线路杆塔的荷载图	212
附录 I	裸铜线、裸铝线和钢芯铝线	215
附录 II	架空线路的感抗和电阻	216
表 II-1	用铜导线敷设的架空线路的感抗和电阻	216
表 II-2	用铝导线敷设的架空线路的感抗和电阻	216
表 II-3	用钢芯铝线敷设的架空线路的感抗和电阻	217
附录 III	架空线路和电缆线路的电纳	218
表 III-1	用铜导线敷设的架空线路的电纳	218
表 III-2	用钢芯铝线敷设的架空线路的电纳	218
表 III-3	铜芯三芯电缆的感抗和电纳	219
附录 IV	铜导线的电阻和內感抗	219
表 IV-1	多股铜导线的电阻	219
表 IV-2	多股铜导线的內感抗	220
表 IV-3	单股铜导线的电阻和內感抗	220
附录 V	油浸式电力变压器	221
表 V-1	三相双绕组变压器的特性	221
表 V-2	单相双绕组变压器的特性	222
表 V-3	三相三绕组变压器的特性	223
表 V-4	单相三绕组变压器的特性	224

表 V-5 三繞組變壓器繞組間的短路電壓	224
表 V-6 額定電壓及調壓分接頭電壓	225
附錄 VI 裸線的持續容許電流	225
附錄 VII 導線的持續容許電流和熔斷器熔絲的最大容許額定電流	226
表 VII-1 明設在絕緣支柱上的橡皮絕緣的銅線	226
表 VII-2 明設在絕緣支柱上的橡皮絕緣的鋁線	226
表 VII-3 敷設在同一管中的橡皮或人造纖維絕緣的单芯銅線	227
表 VII-4 敷設在同一管中的橡皮絕緣单芯鋁線	227
表 VII-5 對容許電流的校正係數	228
附錄 VIII 紙絕緣銅芯電纜的持續容許電流	228
表 VIII-1 埋入地中的電纜	228
表 VIII-2 露天敷設的電纜	229
表 VIII-3 電纜平行敷設條數對容許負荷的校正係數	229
表 VIII-4 泥土溫度（不等於 $+15^{\circ}\text{C}$ 時）對電纜容許負荷的校正係數	230
表 VIII-5 空氣溫度（不等於 $+25^{\circ}\text{C}$ 時）對電纜容許負荷的校正係數	230
表 VIII-6 埋入地中（泥土溫度為 $+15^{\circ}\text{C}$ ）或露天敷設（空氣溫度為 $+25^{\circ}\text{C}$ ）鉛皮隔芯電纜的持續容許負荷（中性點不接地）	230
附錄 IX 裸導線的規範表	231
表 IX-1 鋼芯鋁線規範表（舊規範）	231
表 IX-2 LJ 型鋁線規範表	231
表 IX-3 LGJ 型鋼芯鋁線規範表	232
表 IX-4 LGJQ 及 LGJJ 型鋼芯鋁線規範表	232
表 IX-5 單股鋼導線規範	233
表 IX-6 多股鋼導線規範	233
附錄 X 股線的機械物理特性	233
附錄 XI 高海拔地區線路的空氣間隙	233
表 XI-1 絕緣子串沖擊強度的等效間隙	233
表 XI-2 和內部過電壓相配合的等效間隙	234
表 XI-3 最大工作電壓的等效間隙	234
附錄 XII 高海拔地區線路的絕緣子個數	234
附錄 XIII 補償設備的特性	234
表 XIII-1 同期調相機的特性	234
表 XIII-2 高壓并聯電容器的特性	235
表 XIII-3 串聯電容器的特性	235

第一章 緒 論

第一节 电力工业在国民經济中的作用

电气化是国民經济的重要技术基础。列宁說过：“共产主义就是苏維埃政权加全国电气化”^①。

刘少奇同志在中国共产党第八届全国代表大会第二次會議上所作的工作报告中曾指出：“在技术革命方面，主要的任务是：把包括农业和手工业在內的全国經济有計劃有步骤地轉到新的技术基础上，轉到現代化大生产的技术基础上，使一切能够使用机器的劳动都使用机器，实现全国城市和农村的电气化；……。”^②

电气化是现代工业生产不可缺少的重要条件。它有效地促进了生产过程的机械化和自动化，对提高劳动生产率起着非常重要的作用。

电气化对农业的技术改造也起着很重要的作用。在农田排灌、农副产品加工和田間作业等方面应用电能后，能显著地提高农作物的产量，提高劳动生产率，促进农业生产的发展。

电气化是交通运输业技术改造的方向之一，同时还是現代人民生活不可缺少的条件。

电气化所以如此重要，国民經济各部門所以越来越多地使用电能，是和电能的优越性分不开的。电能的优越性主要表现在下列三方面：

1. 轉变簡便。电能可以簡便地在发电厂中从水能、热能、原子能等轉变而来，同时电能又可以簡便地轉变为另一种形态的能量，如利用电动机将电能变成机械能，利用电炉将电能变成热能，利用电灯将电能变成光能等。

2. 輸送和分配經济。电能可以很方便地通过电力线路輸送到远方和分配到各个用戶，輸送电能和分配电能的效率很高，成本很低。

3. 控制便利。使用电能以后，生产过程很容易实现自动化。

为了滿足国民經济各部門对电能日益增长的需要和促进工农业电气化程度的日益提高，就要求优先发展电力工业，广泛地兴建发电厂和电力网。同时也要积极发展电力科学技术事业。

社会主义制度是最有利于发展电力工业的，社会主义新的生产关系促进生产力无限强大与发展，社会主义时代是电力工业得以迅速发展的时代。

第二节 电力工业发展簡史和远景

最早的輸电线是直流的，电压由100伏漸增到400伏，供电范围很小。以后，人們千方

● 列宁全集、第31卷、468頁，人民出版社，1958年8月第一版。

● 刘少奇：“中国共产党中央委员会向第八届全国代表大会第二次會議的工作报告”，1958年5月5日，人民出版社，1958年版。

百計地實現更高電壓的輸電。但是，隨著輸電電壓的升高，產生了直流發電機和電動機製造上的困難。於是有人創造了三相交流發電機、電動機和變壓器，指出了交流電的優點以及長距離交流輸電的經濟性和可靠性，並建造了交流三相輸電線，奠定了現代交流輸電技術的基礎。

隨著社會生產力的發展，發電容量逐漸增大，輸電距離逐漸增加，而且要求運行得更可靠和更經濟。這些因素促使了和正在促使著電力技術向着下列方向發展：

一、大力發展電力網的連接及擴大電力系統。把孤立的發電廠連接成電力系統，並且進一步把這些較小的系統連接成巨大的聯合電力系統，在技術上和經濟上都可以收到極大的效益：可以減少系統中的裝機容量；能夠充分利用動力資源；可以充分發揮水電廠的作用；可以提高供電的可靠性和運行的經濟性等。

二、積極開發水力資源，採用大容量機組和高溫高壓設備。世界上的水力資源是很豐富的，如果用以發電，將是極大的動力源泉。有些國家都已建成了一些巨大容量的水電廠。目前水輪發電機的单机容量已達10.5萬瓩、20萬瓩，甚至更高。隨著系統的發展，火電廠容量及單位機組的容量也越來越大，並廣泛採用效率較高的高溫高壓設備，大型火電廠裝機容量已發展到100萬瓩以上，裝置单机容量為10萬、15萬、20萬、30萬以至50萬瓩以上的汽輪發電機組和蒸發量為320、440、540、640、900，以至1450噸/小時的大型鍋爐，其蒸汽規範為130大氣壓、565°C；170大氣壓、580°C；220大氣壓、600°C及300大氣壓、650°C。

三、建設原子能發電廠和採用燃氣輪機發電設備。最近十年來，原子能的發現與原子能電廠建設的成功，標誌著動能利用將進入另一個新的紀元。

近年來，正在大力研究燃氣輪機裝置，這種設備簡單靈活，在電力工業中是有發展前途的。

四、提高發供電的自動化程度。動力系統自動化是用來：預防事故，或者縮小事故範圍，提高系統運行的可靠性；提高電能質量；提高系統運行的經濟性；減輕人們的勞動，提高勞動生產率。

目前，水電廠和變電所的監視、控制和操作可以實行全部自動化了。火電廠的熱力生產過程也將逐步發展到全部自動化。

第三節 我國電力工業的發展

解放前，我國的電力工業是十分落後的。我國的電力工業是在1882年由帝國主義在上海開辦發電廠起始的，解放以前的60余年中，發展速度緩慢，到解放前夕，全國發電廠總裝機容量僅185萬瓩，年發電量43億度。這些電廠畸形地集中在東北地區及若干沿海大城市，大多是孤立運行的，僅東北地區有154~220千伏的輸電線，所用設備都來自資本主義各國，規格混亂，技術經濟水平很低，事故頻繁，工人的勞動條件惡劣，在解放戰爭期間，又遭到反動派的嚴重破壞。

解放後在黨的領導下，開始了大規模的經濟建設。在1950~1952年的國民經濟恢復時期，改建和擴建了一些發電廠。到1952年，全國的發電量就增加了64%。

在第一个五年计划期间，为了适应工业的发展，特别是新工业基地建设的需要，除积极扩建原有电厂和继续改善及扩充现有电力系统外，大规模地建设了新电厂和新电力系统。到1957年底，发电设备容量和发电量均比1949年增长了几倍。此外，还扩大和改善了东北电力系统；建立了其他地区的电力系统，同时还新建了更多的输电线路。

1958~1960年是我国工农业大发展的三年，电力工业也获得了空前的大发展。1960年的发电量和装机容量比1957年又有成倍的增长。其速度之快，是世界历史上所未有的。

在国民经济的调整、巩固、充实、提高期间，电力工业除了进行一系列的调整、巩固、充实和提高的工作以外，还大力进行了支援农业的工作。几年来农业用电得到了很大的发展。1962年农村小型电站的容量比1957年增加十多倍，全国电力排灌站的设备容量，相当于1957年的几十倍。

在党的英明领导和全国电力工作者的勤奋劳动下，经过解放后十多年的建设，我国电力工业已经完全改变了原来的落后面貌。今后随着社会主义建设事业的不断发展，将建设更多的发电厂和电力系统，为实现全国电气化而继续前进。

第四节 电力网、电力系统及动力系统

在电力工业发展的初期，发电厂都是建立在用电地区附近，规模很小，而且是孤立运行的。动力资源和电能用户之间，在地区上往往是不一致的。譬如水能资源集中在江河区域水位落差较大的地方，热能资源集中在产煤、石油、天然气等地区，而大工业、大城市和其它用电部门则因原料产地、消费中心或受历史、地理条件的限制，可能与动力资源地区相隔很远。为了合理利用动力资源，常常希望将发电厂建立在动力资源地区，这就需要建立升压变电所，高压输电线和降压变电所，通过它们把电能由发电厂送给离动力资源地区较远的用户。随着高压输电技术的发展，在地理上相隔一定距离的发电厂就有可能联系起来并列运行。发电厂并联运行比孤立运行在技术上和经济上都具有十分明显的优越性，所以并联运行的规模越来越大，开始是在一个地区之内，后来发展到地区之间的互相联系，这就组成了庞大的统一供电系统。

发电厂、变电所以及电能和热能用户，其相互间用电力网和热力网联系起来，构成电能和热能的统一生产、输送、分配和使用的总体称为动力系统。

动力系统的一部分，包括发电机、升压及降压变电所、电力线路及用电设备的总体称为电力系统。因此，电力系统中不包括动力系统的热力和水力部分，当然也不包括原动机。此外，热力网也不包括在电力系统之内。

电力系统的一部分，包括变电所及其所属的电力设备和各种不同电压等级的线路称为电力网。电力网和电力系统的差别就在于前者不包括发电机和用电设备。

电力网是联系发电厂和用户的中间环节，不仅担负输送和分配电能的任务，同时还起着沟通发电厂的作用。

电力网有区域电力网、地方电力网和远距离输电线路等。区域电力网是指电压在35千伏以上，输电距离在20公里以上的电力网；地方电力网则是指电压不超过35千伏，输电距离不超过20公里的电力网。当电压高于220千伏，输电距离达到500公里以上时，在输电技术

上又出現了一系列的新問題。为了区别于一般的区域电力网，就把它另立一类，称为远距离輸电线。

图1-1为一动力系统的示意图，由图上可以看出动力系统、电力系统及电力网之間的差别和联系，也可以看出地方电力网和区域电力网之間的差别和联系。

水电厂经过升压变压器、220千伏輸电线和降压变压器将电能送到用电中心，然后通过110千伏区域电力网和电力系统中的其它发电厂并联运行。火电厂通过升压变压器、110千伏线路把电能送到用电中心。热电厂建立在用电用热中心，它发出的热能直接通过热力网向热能用户供热，发出的电能除了供当地負荷消耗一部分外，剩下的通过升压变压器送到110千伏电力网。由三个发电厂送来的电能110千伏环形电力网汇合以后，经过逐级降压为35千伏、6~10千伏、380/220伏的电力网层层分配給6千伏电能用户和380/220伏电能用户。

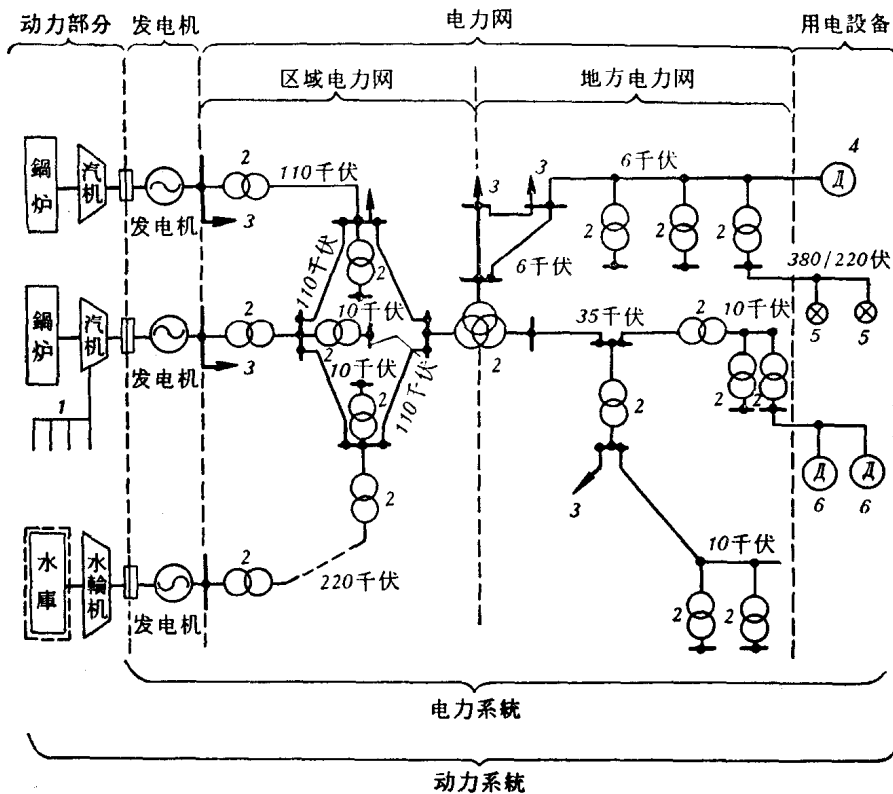


图 1-1 动力系统、电力系统及电力网示意图

1—热力网；2—变压器；3—負荷；4—额定电压为6千伏的电动机；5—电灯；
6—额定电压为380伏的电动机

第五节 电力系统运行的基本要求

电能的生产、輸送、分配和使用与其他工业有截然不同的特点。

电力系统运行的主要特点是：

1. 电能不能儲藏。电能的生产、輸送、分配、使用是在同一时刻完成的，就是说电能

是不能儲藏的。发电厂在任何时刻生产的电能必須等于該时刻用戶所消耗的电能，电力系统功率是准确地每时每刻平衡的。正是由于这一特点，电力系统中的各个元件都是紧密地相互联系，相互影响的，任何一个元件的损坏都可能立刻招致不同程度的供电中断。

2. 暫态过程非常迅速。电能的传送是用电磁波的形式进行的，过程仅只千分之一秒甚至百万分之一秒。电力系统元件的接入、切除都是在瞬間完成的，电能用戶的启用、停止、增减負荷也都是在很短時間內完成的。由于这一特点，有关电力系统的短路，丧失稳定等过程也是短暫的，这就要求电力系统的运行状态作迅速而准确的調整、切换等操作。这些調整操作依靠人工动作，显然不能达到滿意的效果。因此，必須采取特殊的自动裝置来迅速而准确地完成各方面的技术要求。

3. 和国民經济各部門間关系密切。由于使用电能較其它能源具有显著的优越性，因此国民經济各部門都广泛使用电能来进行生产，人民的日常生活中，也广泛使用电气器具。电能不足或停止供应将直接影响各个部門的生产，使国民經济的各部門不能按計劃完成生产任务，并会引起严重的后果。同时，也将影响人民日常生活。因此，要求电力系统运行高度可靠与經济。

用戶对供电的要求及电力系统运行的上述特点，决定了对电力系统运行有下述基本要求：

1. 供电可靠性。各种电能用戶对电力系统运行的首要要求是保証供电的可靠性，也就是要持續不断地向用戶供电。

对用戶供电的中断将使生产停頓，生活混乱，甚至影响人身和设备的安全，給国民經济造成极大的損失。停电給国民經济造成的損失，远远超过了电力系统本身的損失，更重要的是有些損失无法用数字来計算。因此，电力系统的运行应尽可能保証对用戶供电的可靠性。

造成对用戶停止供电的原因可能是由于电力系统的元件（如线路、变压器及发电机等）发生了事故，也可能是因为系统运行的全面瓦解（如系统稳定破坏）。前一种情况属于局部性事故，其停电范围和造成的損失都比較小；后一种情况属于整体性事故，其后果是造成大面积或全面停电，其恢复供电所需要的时间往往很长，給国民經济带来的損失是非常大的。

为了保証对用戶供电的可靠性，首先要求电力系统元件的运行具有足够的可靠性，因为元件发生事故不仅造成对部分用戶供电的中断，而且在不利的情况下，可能从局部事故发展成为全局性事故，导致系统运行的全面瓦解。运行經驗表明，电力系统运行的全局性事故往往是由局部性事故发展扩大而成的。其次，还要求提高系统运行本身的可靠性，保証不发生或不輕易发生造成大面积停电的系统全面性瓦解事故。当系统运行可靠性很高时，即使发生了元件性事故，由于系统有足够的抗干扰的能力，也不致使局部事故扩大发展成为全局性事故。

應該注意，供电可靠性，元件运行可靠性，系统运行可靠性，三者是有密切联系而又不是完全同一的概念。供电可靠性指的是对用戶供电不間断，元件可靠性指的是元件不发生事故，系统运行可靠性指的是不发生整体事故。显然，提高元件可靠性和系统运行可靠

性，都是为了提高对用户供电可靠性这一目的服务的。最大限度地满足用户对不间断供电的要求是提高电力系统运行可靠性及元件运行可靠性的主要任务。

随着技术的进步，供电可靠性正在不断提高，但现阶段还不能保证对用户供电的绝对可靠性，也就是有时还要因事故造成规模不同的供电中断，给用户造成程度不同的损失。但用户的性质不同，停电造成的损失也是不同的，有些特别严重，有些则关系不大。保证供电可靠性首先是最大限度地满足最重要用户，即停电损失最严重用户的不间断供电要求。为了便于在设计 and 运行时分别对待，根据对供电可靠程度要求程度的不同将用户分成三级：

第一级负荷：对这一级负荷中断供电，将招致人身危险、设备损坏、产生废品、使生产秩序长期不能恢复、以及市政生活发生混乱等，给国民经济带来巨大损失。

第二级负荷：对这一级负荷中断供电，将造成大量减产、工人窝工、机械停顿、工业企业内部交通运输阻塞、以及城市人民生活受到影响等。

第三级负荷：所有不属于第一级和第二级的负荷（如附属车间，小城市和农村的公用负荷等）。

2. 保证电能的良好质量。用户对供电的另一要求是电能要有良好的质量。所谓良好的电能质量，主要是指电力系统中的频率和各点电压应保持在一定的容许变动范围之内。

频率的变化严重地影响电力用户的正常工作。随着频率的降低，电动机转速将下降，从而使生产率降低。频率增高使电动机转速加大，此时一些对转速有严格要求的生产部门，例如纺织厂可能增加废品。

电压的变化也对用户工作不利，电压过高或过低都将使用电设备不能正常工作，或使其技术经济指标显著下降。

3. 电力系统运行的经济性。所谓运行的经济性，就是使生产、输送和分配电能的耗费少、效率高、最大限度地降低售给用户的电能成本。电力系统运行越经济，其售电成本越低，则越能促进国民经济各部门生产的发展。为了达到运行经济的目的，要求特别注意节约燃料，努力降低各项耗费，并尽可能降低基本建设投资。

在电力网设计和运行中，为了满足供电可靠、电能具有良好质量和运行经济等要求，需要进行一系列的技术经济计算：

（1）电能损耗计算。在设计中为了合理选择电力网元件的参数（例如选择导线及电缆的截面），在运行中为了降低电能损耗，都需要进行电能损耗的计算。

（2）电压损耗和电压偏移的计算。为了保证良好的电能质量，需要进行电压损耗和电压偏移的计算。

（3）机械强度计算。对于架空线路，为了选择其元件的合理尺寸和结构，需要进行机械强度的计算。

对某些电力网，除上述计算外，还需要进行短路电流、电力系统稳定、线路防雷等计算。这些问题将在另外的课程中讲到，本课程将着重讨论以上三种计算。

第六节 额定电压

受电器（如电动机、白炽灯等）、发电机和变压器在正常运行时最经济的电压称为它

的额定电压。

电力网的额定电压是依照受电器的额定电压制订的。电力网中有电压损耗，设电力网 ef 部分（图1-2）的电压可用直线 U_1U_2 表示，则受电器1~5的端电压是不同的，线路始端的电压 U_1 比末端的电压 U_2 要高些。显然，为了使所有受电器的平均电压最接近于它们的额定电压，电力网的平均电压 $(U_2 + U_1)/2$ 应等于受电器的额定电压。这电压就称为电力网的额定电压。

由于受电器的容许电压偏移约为 $\pm 5\%$ ，所以一般电力网中的电压损耗约为 10% ，为此要求电力网始端的工作电压较额定电压高 5% 。发电机一般连于电力网线路的始端，所以它的额定电压就比它接入的电力网的额定电压高 5% 。

变压器具有发电机和受电器的双重地位，它的一次侧是接受电能的，相当于受电器，而它的二次侧是送出电能的，相当于一个电源。因此，变压器的一次侧的额定电压等于受电器的额定电压（直接与发电机连接的变压器，其一次侧额定电压应等于发电机的额定电压），二次侧的输出电压应较受电器的额定电压高 5% 。由于变压器二次侧的额定电压定义为空载时的电压，变压器在额定负荷下，变压器内部的电压损耗约为 5% 。所以为使正常工作时，保持变压器二次侧的输出电压较受电器的额定电压高 5% ，就必须规定变压器二次侧的额定电压较受电器的额定电压高 10% 。对于有些漏抗较小的变压器，其内部电压损耗较小，所以规定其二次侧的额定电压较受电器的额定电压高 5% 。

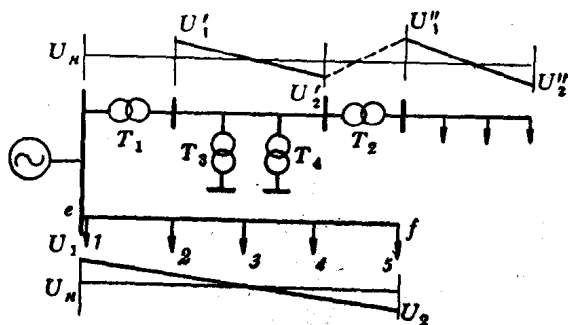


图 1-2 电力网中的电压变化

我国的额定电压分三类：
第一类额定电压是100伏以下的电压（表1-1），主要用于安全照明、蓄电池及开关设备的直流操作电源。
第二类额定电压是大于110伏、小于1000伏的电压（表1-2），主要用于电力及照明设备。

表 1-1 第一类额定电压

直 流 (伏)	交 流 (伏)	
	三 相 (线电压)	单 相
6	—	—
12	—	12
24	—	—
—	36	36
48	—	—

注：三相36伏电压只作为潮湿工地和房屋的局部照明及电力负荷之用。

第三类额定电压是 1000 伏及 1000 伏以上的电压 (表 1-3), 主要用于发电机、送电线路、变压器及受电设备。

表 1-2 第二类额定电压

受 电 设 备			发 电 机		变 压 器			
直 流 (伏)	交 流 三 相 (伏)		直 流 (伏)	交流三相 (伏)	交 流 (伏)			
	线 电 压	相 电 压			三 相		单 相	
					一次线卷	二次线卷	一次线卷	二次线卷
110	—	—	115	—	—	—	—	—
—	(127)	—	—	(133)	(127)	(133)	(127)	(133)
220	220	127	230	230	220	230	220	230
—	380	220	—	400	380	400	380	—
440	—	—	480	—	—	—	—	—

注: 本表列入括号内的电压, 只用于矿井下或其他保安条件要求较高之处。

表 1-3 第三类额定电压

受电设备额定电压 (千伏)	交流发电机线电压 (千伏)	变 压 器 线 电 压 (千伏)	
		一 次 线 卷	二 次 线 卷
3	3.15	3及3.15	3.15及3.3
6	6.3	6及6.3	6.3 及6.6
10	10.5	10及10.5	10.5及11
—	15.75	15.75	—
35	—	35	38.5
60	—	60	66
110	—	110	121
154	—	154	169
220	—	220	242
330	—	330	363

注: 1. 变压器的一次线卷栏内 3.15、6.3、10.5 及 15.75 千伏电压适用于和发电机端直接连接的升压变压器及降压变压器。

2. 变压器二次线卷栏内 3.3、6.6 及 11 千伏电压适用于阻抗值在 7.5% 及以上的降压变压器。

3. 如证明在技术上和经济上有特殊优点时, 水轮发电机的额定电压容许用非标准电压。

4. 在本标准前已有的 20 千伏线路, 除非经过技术经济计算证明改用 35 千伏电压确实有利外, 一律暂不改用较高的电压。