

电力定量器

田 亮 耕

DIANLI
DINGLIANGQI

水利电力出版社

内 容 简 介

电力定量器是一种监视和控制电力负荷的专用设备，它的广泛应用将会有效地促进计划用电和节约用电工作的开展。

本书系统地介绍了电力定量器的基本原理、性能和有关的基础知识，对电力定量器的校验、调整、安装和故障处理等内容也以综合控制型电力定量器为例作了详细的叙述。

有关人员通过本书可获得关于电力定量器的系统知识。本书的内容将有助于作好电力负荷的调整、控制和管理工作。

电 力 定 量 器

田 亮 耕

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 6.75印张 149千字
1984年3月第一版 1984年3月北京第一次印刷

印数 00001—15620册 定价 0.75元

书号 15143·5341

序 言

电力定量器是一种监控电力负荷的专用设备。现在，人们已逐渐认识并开始承认它在我国节约和控制能源消耗方面所起的作用。实践证明，正确地使用电力定量器，并管理得当，就会取得明显的经济效果。

本书编写目的是希望在电力系统负荷控制方面，结合我国的实际情况，能使读者对当前使用较多的几种电力定量器的基本原理、性能等有关的基础知识获得一个较全面的了解。为了帮助读者掌握其正确使用和维护的方法，本书还着重介绍了综合控制型电力定量器的校验、调整、安装及故障处理等方面的内容。由于是从使用角度上阐述，因此许多工艺问题便从略。

近年来，电力定量器的功能已有改进，质量有所提高，本书的最后部分对主要的改进作了补充说明。但是，技术在发展，用户对电力定量器的要求也在不断提高。可以预计，更加符合使用要求的、更好的电力负荷监控设备，不久将会问世，并将在电力系统的负荷调整和用电管理方面，发挥更大的作用。

本书在收集资料及审稿工作中，承蒙施心成、王忠有、汪鸿生等同志，以及有关制造厂家的大力协助与支持，在此一并致谢。

由于作者水平所限，加之对现场运行的设备了解得不够深入，书中必然存在不少错误与不足，诚恳地希望读者，特别是从事电力定量器工作的同志批评指正。

作 者

1983年3月

目 录

序 言

第一章 概述	1
第一节 控制负荷的意义	2
第二节 控制负荷的方法	5
第二章 有关电力定量器的基础知识	12
第一节 功率的测量	12
第二节 电量的测量	29
第三节 晶体管开关电路有关知识简介	32
第四节 几种元件的性能简介	47
第三章 电流控制型电力定量器	61
第一节 照明定量器	61
第二节 电流型电力定量器	64
第四章 功率控制型电力定量器	70
第一节 结构及组成部分	70
第二节 工作原理	72
第三节 技术指标及使用方法	77
第五章 综合控制型电力定量器	81
第一节 综合控制型电力定量器的结构	82
第二节 DSK1型电力定量器的技术性能	86
第三节 时控装置	92
第四节 电量控制	99
第五节 功率控制部分的工作原理	109
第六节 检查与调整	133

第七节 整机校验	152
第八节 常见故障的排除	160
第九节 安装与运行	170
第六章 电力定量器的改进	184
第一节 时控机构的改进	185
第二节 DSK1型电力定量器的改进	196
附 录	206
一、功率控制板印刷电路图	206
二、功率控制板原理接线图	207
三、稳压电源板印刷电路图	208
四、稳压电源板原理接线图	209
五、元件参数表	209

第一章 概 述

人类对能源的需要逐年增长。能源的重要性也已越来越被人们所认识和重视。因此，许多国家都把能源的开发和利用，能源的节约与合理分配提到了重要的议事日程上。

相对于煤、油、气、水力、原子能等自然能源来说，电能可看作是二次能源。由于它具有自然能源不可比拟的优点，因而得到了广泛的应用。目前世界上所消耗的能源中，约1/4以上来自电力。

随着生产的发展和人民生活水平的提高，对电力的需求正在迅速增长。目前，我国电力的供需矛盾十分突出，已经影响到工农业的生产与人民的正常生活。解决这个矛盾的主要措施就是“开源和节流”。

众所周知，建设新的电站需要大量投资和建设时间。因此，近期要改变电力供不应求的状况，就必须在积极“开源”——加强电力生产基本建设的同时，大力开展“节流”——计划用电和节约用电的工作。

用电负荷实行有计划的分配、调度、调整和控制，是计划用电和节约用电的关键措施之一。多年来，围绕这一问题，各有关方面都进行了大量的工作，取得了许多成绩。当前的问题是需进一步提高这一工作的技术水平和管理水平，使其更加科学化和现代化，以适应生产发展的需要。

第一节 控制负荷的意义

一、电能供应的特点

在当前的技术条件下，电能还不能大量而方便地储存，因而电能供应的特点只能是发电、供电、用电三者同时完成。它的生产、输送、使用是不可分割的一个整体。必须随时根据使用负荷的要求，调整电力系统的生产与分配的关系，使生产、输送、使用取得综合平衡（即发、供、用电的平衡）。这就要求计划发电、计划供电和计划用电三者之间必须协调一致，要求整个电力系统有一个合理的运行方式。否则，将导致紊乱，可能发生非计划拉闸限电、非经济状态运行或者降低供电质量，甚至危及系统的安全运行。

二、负荷曲线

在一定的时期里，负荷随时间变化的关系以图形表示出来就是负荷曲线。

负荷曲线可以是发、供、用电计划的一种表达方式（计划负荷曲线），亦可作为实际供电的统计、考核记录（实际负荷曲线）。它按不同的时间周期可分为年、季、月、周、日等负荷曲线。小至一个用电户、大至一个电网，均可根据实际用电或供电情况画出各自的负荷曲线。

各种不同的用户，用电特点和用电时间有所不同。如果没有人为的调节，每一用电单位的日负荷变化可能很大。图1-1及1-2是两个不同电网的日负荷曲线。

由图1-1中看出，每天24小时中，负荷变化是很大的。在一天中，8~10点，14~16点，20~22点，这三个时区内，由于用电设备集中开动，形成了负荷高峰，这就是人们

常说的早峰、中峰和晚峰。其余的时间相对来说负荷较小，在每天的后半夜（凌晨）0～5点左右负荷最低，一般称为负荷低谷区。图1-1是比较典型的日负荷曲线。

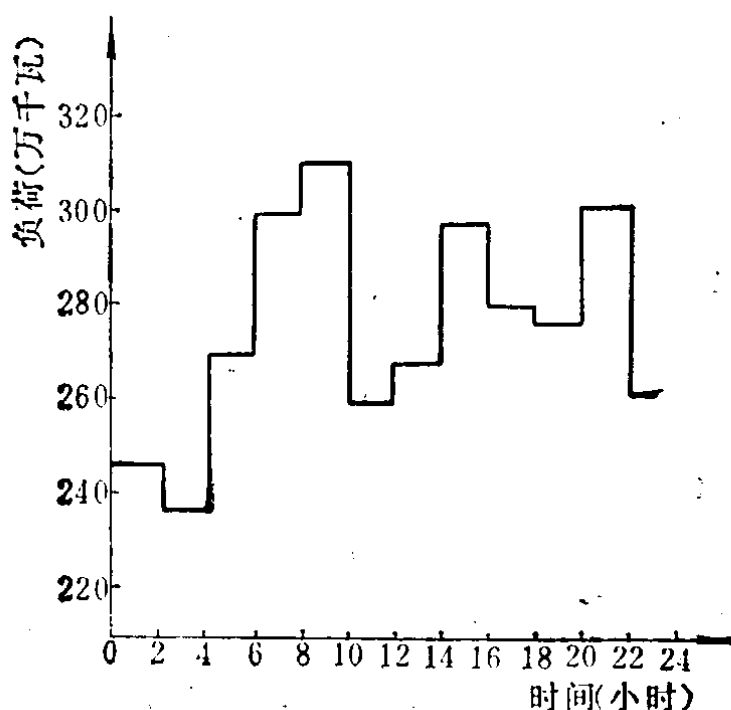


图 1-1 电网日负荷曲线之一

图1-2所示的日负荷曲线是进行过负荷调整的情况。从这条曲线中可以看出，这个电网的早高峰已被推移至10～11点，“中峰”被抑制，但“晚峰”（20～24点）却突出较多，这说明负荷虽经调整，但仍不很理想。

三、负荷不平衡带来的问题

由于电能难以大量储存，而生产和使用是必须随时平衡的。电网用电负荷变化时，发电与供电量亦须随时调整。当电网负荷处于高峰状态时，为满足用电需要，就要投入备用机组，这些发电机组是为“调峰”或应付系统故障时的急需而装设的，只在短时间内投入，设备利用率很低。例如：据国外某些电力系统统计，备用机组容量均约占总装机容量的

10%，而利用时间只有5%，有的国家负荷峰谷差竟达50%。备用机组的频繁启动，对电力系统的经济运行是极为不利的。

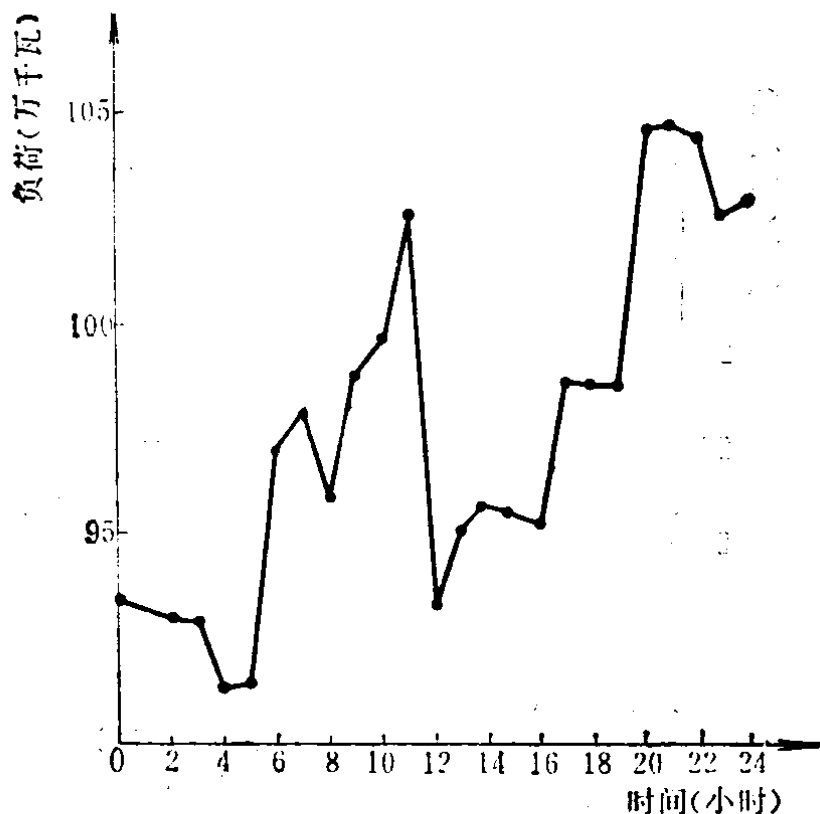


图 1-2 电网日负荷曲线之二

在我国，大部分电网备用容量不多，备用出力不够，调峰及调频能力差。在负荷高峰时，往往造成系统供电质量下降（如电压、频率下降等），电网达不到经济运行指标，严重时还会危及系统的稳定与安全，从而被迫采取应急措施——拉闸限电。这就给用电单位带来了损害和不便，从而造成经济损失和生产、生活上的紊乱。

负荷降低时，若谷值负荷过小，电网的出力得不到充分利用，降低了发、供电设备的利用率，系统的潜力不能发挥，所以电网的负荷峰谷差过大，不利于经济运行。

为了电网调峰的需要，所加装的调峰机组，会增加电力

系统的设备与基本建设投资，从经济管理的角度看，有时这样做也是不合算的。

四、调整负荷的积极意义

合理地调整 and 安排用电负荷，压低在高峰负荷时间的用电需量，鼓励和增加低谷时间的用电，人为地使负荷曲线趋于平直，这就是人们常说的“移峰填谷”，这是电力系统挖潜的重要措施，也是计划用电的主要目的之一。特别是在电力供应不能满足需要的情况下、有计划地分配和调整用电负荷，可以充分发挥电力系统现有发、供电设备的潜力，减少或推迟由于调峰的需要，而增加的设备和基建的投资，改善系统的运行方式，合理地安排使用现有设备，减少系统损耗（如煤耗、线损等），提高运行的经济性和可靠性，改善电网的供电质量。

调整负荷从某种意义上来讲就是对负荷实行计划控制，避免或减少无计划拉闸限电，提高供电的可靠性，使用电单位能够掌握用电主动权，便于合理安排生产，促进节约用电工作的开展，减少停电损失。这是“供”、“用”两利的一种措施。

不同行业、不同单位进行“避峰”、“让峰”调荷、错开工作班次（错开使用动力设备）的时间，还可以缓和対城市交通、服务事业的压力等。

总之，调整（控制）负荷是保证电网安全、经济运行不可缺少的一环，是一个有益于国计民生的十分有效的措施。

第二节 控制负荷的方法

国外早已开始注意对电力负荷的控制。二十年代及更早

一些时间,相继有负荷控制装置或控制系统出现。特别是到六十年代后期,负荷控制系统得到了很快的推广和应用。例如作为控制负荷用的音频控制系统,各国用它控制负荷的总容量(指变电站变压器容量)约占全世界总装机容量的10%左右,有的国家利用负荷控制系统降低了负荷的“峰”“谷”差,推迟了部分新建发、供电工程,节约了投资。据统计,平均每控制1000千瓦负荷,仅因延期使用基建(包括设备)投资一项,每年即可获得近10万美元的利益。经济上取得的这种明显的效益,鼓励了许多国家越来越重视这项工作。

我国在负荷控制工作上,也采取了许多措施。近年来,逐步由较简单的人工控制过渡到采用现代化科学管理的手段。许多地区做了大量有益的、探索性的实验,为进一步普遍开展这项工作创造了有利条件。

按时间周期的不同,调整负荷一般可分为日负荷(周负荷)、月负荷(季负荷)、年负荷调整等。由于电力系统出力可能发生变化(如机组检修、雨量对水力发电的影响及事故等),用电量也有随时更改的可能性,因而控制负荷,就是由调整出力与用电负荷的平衡决定的。一般地说,对用电单位以日负荷调整为最基本方式,所以控制负荷也基本上以日负荷的调整为主。

控制负荷又分有计划的、无计划的,以经济手段控制的和强制手段控制的几种不同类型,现简述如下。

一、拉闸限电

在高峰负荷时,因系统出力不足,被迫拉掉一部分用户或供电线路,从而达到降低负荷,取得发、供电平衡的目的。这种控制负荷的方式是较为原始的,也是强制性的。由于它影响面较大又无计划,往往给用电单位带来混乱和损失,所

以这个办法尽管是有效的但却是“不得已而为之”，不宜轻易使用。

二、人为的有计划的调节负荷

根据系统出力的情况，按照各用电单位的需求及用电规律、特点，有计划地调节或错开用电时间，用以达到均衡负荷的目的。如调整工矿企业的工作班次，实行轮休制度，安排深夜用电（如农业排灌）等方法，压低峰值负荷，提高谷值负荷，使系统的负荷曲线相对平直。

三、施行分部电价改变收费制度

根据每日用电的不同时间段，采用不同的收费标准（费率），从电价上奖励避峰用电。例如：采取提高负荷高峰时间用电价格，降低负荷低谷时间的用电价格并加收最高需量费率等措施，以鼓励用户自动调整自己的用电负荷，达到降低系统高峰负荷的目的，这是一种经济管理手段，由于这种办法添置的设备费用较少，又能起到一定的控制高峰负荷的作用，近年来已逐渐为各国所重视，在北美、北欧、西欧、日本等地已得到广泛的应用。

四、使用负荷控制装置

简单的负荷控制装置很早就已被采用，如路灯照明的自动切换，热水加热器的定时投切，对某些负荷使用过流切除控制（非保护性的）等等。近年来又发展成了系列仪器，如负荷记录装置，功率因数记录装置，需量报警器，需量监控器，按预定负荷曲线自动控制装置等。为配合计划用电工作，我国亦发展了多种负荷控制设备，有动力负荷或照明负荷控制装置，也有电力或电量控制装置，根据各地区电网要求的不同，各种装置都在调整负荷方面起到了积极作用。我国联合设计的综合型负荷控制装置定名为“电力定量器”，

它综合和吸取了各种负荷控制装置的长处，是有代表性的负荷控制装置（它的部分功能类似于国外的需量监控器）。

这种控制负荷方法的优点是设备投资不多，与负荷控制系统相比，其附属设备少，不需要通讯通道，工作也比较可靠，所以从资金上和技术要求上讲，都更适合目前我国实际情况。另外，这种半自动化设备可以有计划地控制负荷，可以确保电力定量分配的落实，在功能上，符合我国要实行电力统一分配的供应制度。可以预计，这种设备在今后一个相当时期内将发挥更多的积极作用。随着技术和工艺的进步，负荷控制装置本身将日趋完善，功能也会更多样化，更加符合供用电科学管理的要求。

五、利用负荷控制系统

国外的负荷控制系统种类繁多，但其工作方式却大致相同。一般地说都是将控制信号通过电力系统网路，传输到被控用电单位，用电单位的接收机经过对信号的鉴别，当符合规定信号时，按事先安排的程序操作被控设备的开关。其中关键的问题是选用什么信号，以何种方式通过系统传输通道。在这方面各国都有自己的经验，例如有所谓音频控制系统、工频电压调制系统、高频调制双向通信系统等，而使用较多的还是第一种。现举两种系统为例，介绍如下。

1. 音频控制系统

音频控制系统是将频率在音频范围内（例如在100~200赫内）的信号，以脉冲时间间隔的方式进行编码（见图1-3）。启动脉冲发出以后，间隔一定时间，使脉冲接收机准备工作，然后可发出有规则的脉冲和间隔。若要给予大量的指令，则可将电码记号分成几段，例如地址电码、指令电码等。改变地址电码的编码即可变更受控用户（见图1-4）。

这里仅举一例，图中直接选择指令是与地址无关的（是准备用在简单接收机上的），而指令电码是确定某一地址被控设备投入或切除的记号。还可以有其他形式的编码方式，其设计思想基本相同。

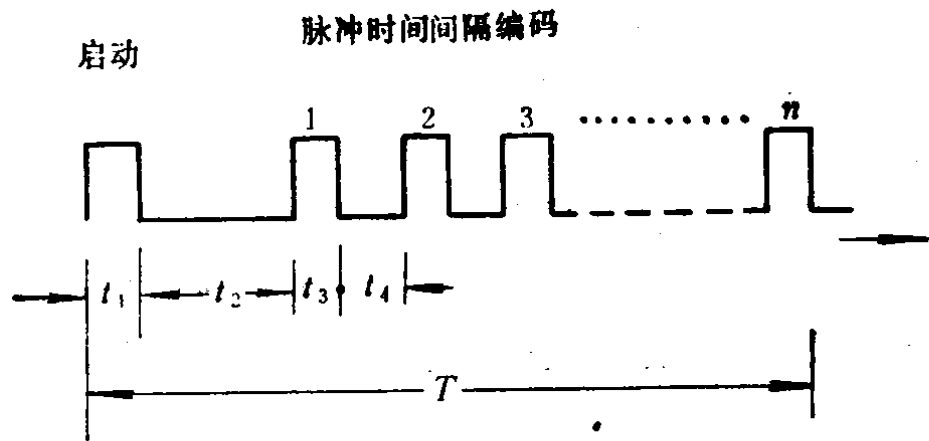


图 1-3 脉冲时间间隔电码

t_1 —启动时间； t_2 —启动脉冲与指令脉冲间隔时间； t_3 —脉冲时间； t_4 —间隔时间

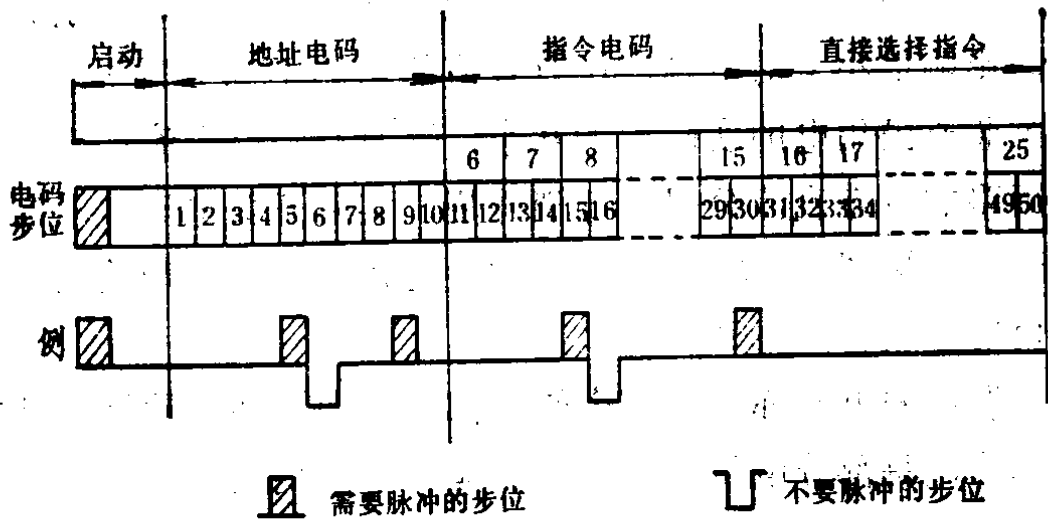


图 1-4 复杂的多指令脉冲时间间隔电码实例

音频信号由信号发生器供给，经过编码调制的信号，通过某种设备或电路注入电网、传输到需控单位的接收器。接收器首先鉴别信号频率（区别是否为负荷控制信号，防止其他

干扰引起误动)，其次将接收的编码与接收器预先整定的编码比较，如果脉冲编码的时间、数量和顺序等均相符合，即可按规定程序进行开关操作。一般地均可直接控制负荷开关。

利用现有电网结构作音频信号的通道，由于容性负荷的存在，控制信号的损耗很大，不得不采用发送功率相当大的信号发生器，有时还要附加特殊滤波器，这是一个明显的缺点。

2. 工频电压周波调制负荷控制系统

在供电网路中，选取合适的不同的周波使其发生形变，利用这种波形畸变进行编码，不同的编码控制和操纵不同的负荷。

这种控制系统结构简单，利用硅闸流管在电压波形由负到正接近零点的相角下导通，供电系统短路，电压瞬时降至零，由于畸变信号加在电压波形上，在接近零值时，引起的波动影响最小（对电网电压有效值的影响不到1%），因而对工业或民用电的实际影响甚小，这时有短路电流产生。但因短路的暂态直流分量的抵消作用，实际开关电流被限制得相当小（见图1-5所示），一般的导通角选在每个周波的 335° 电角度处较合适。

发出的电码亦分成三个组成部分：即起动、地址、功能三部分，每部分电码之间还需间隔若干个周波。

由于电码信号采用工频，在网路中传输时衰减很小。它的动作执行机构是接收器。

另外还有些其他种类的负荷控制系统，如利用在电网上叠加信号（错位叠加）改变系统电压过零时间的方法，进行二进位制编码，发送信号、控制负荷等等，总之，各种类型的装置工作过程都是雷同的。

预计不久，在我国也将出现符合我国需要的负荷控制系统。

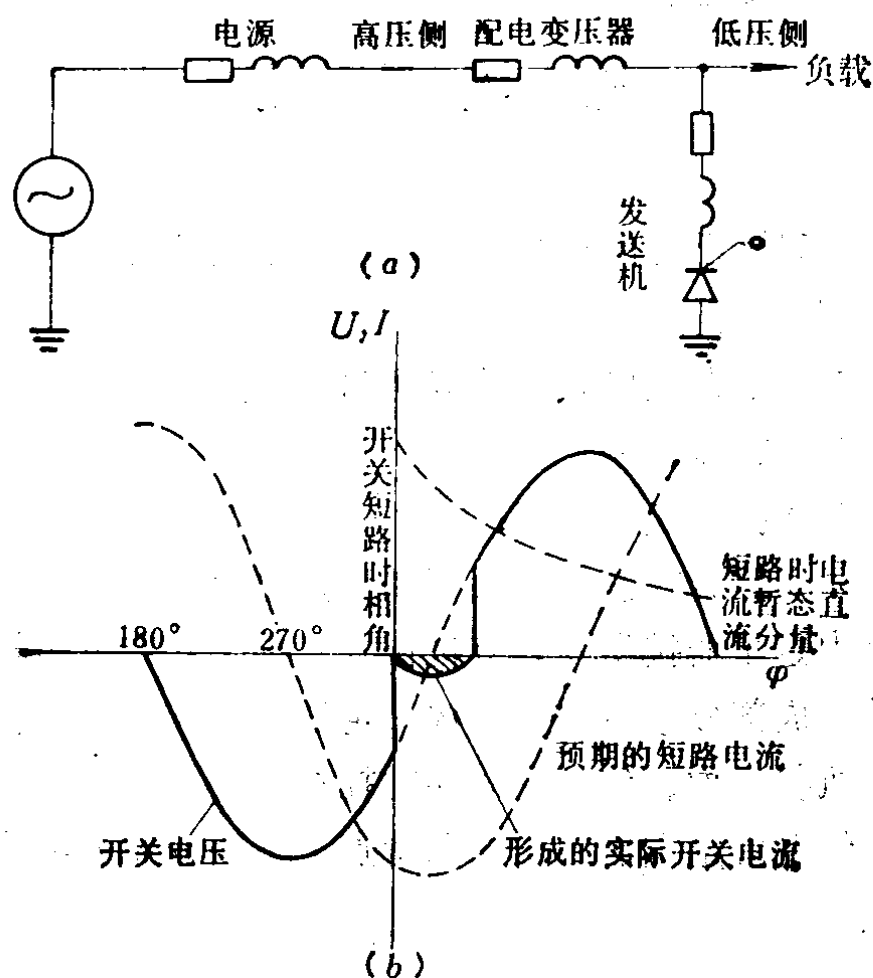


图 1-5 周波调制信号系统工作原理图
(a)接有发送机的配电网等效电路；(b)对波形控制

第二章 有关电力定量器的 基础知识

目前我国已有的电力定量器按其控制功能来说，大约可分为以下几种：

- (1) 控制用电负荷 (有功功率) ；
- (2) 控制日用电量；
- (3) 控制负荷电流；
- (4) 综合控制用电负荷和日用电量。

电力定量器按结构分有机械式、电子式和电子机械式三种。其组成部分包括测量机构、定值比较与控制机构、报警与跳闸执行机构、信号系统和时控机构等。

围绕电力定量器的结构和特点，下面介绍一些有关的基础知识。

第一节 功率的测量

电力定量器为完成定值与比较的功能，首先要对用电负荷进行测量。功率测量方法的正确性和准确性，将直接影响电力定量器的质量。测量功率的方法有多种，在电力定量中，使用了有功功率表法、功率变换器法、电度表法以及用测量负荷电流代替测量功率法等等。

一、交流三相电路的有功功率

由于电力定量器只控制三相回路，所以这里只讨论三相