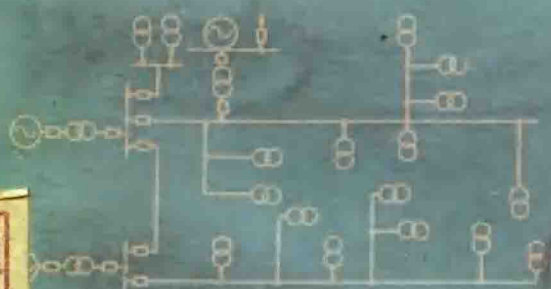


农业机械化丛书

农村电力网

天津大学电力及自动化工程系发电教研室编著



1

科学出版社

内 容 简 介

本书结合我国农村电力网的实际情况,比较全面地阐述了农村电力网的有关规划设计、运行管理等方面的知识。全书共分十四章。第一章介绍电工和农村电力网等方面的一些基本概念。第二章介绍农村电力负荷的计算方法。第三、四章介绍农村电力线路(包括塑料地埋电力线路)和农村变电站的一些运行和设计的基本知识。第五、六章介绍农村电力网电气计算的基本方法,并附以必要的例题,便于读者参照进行运算。第七章介绍农村电力网电气设备的选择。第八至十二章分别介绍农村电力网运行的基础知识,如中性点接地方式、两线一地制的供电线路、保证电能的质量、控制和调整农村电力系统的电压、降低功率和电能损耗的方法等。第十三、十四章分别介绍农村电力网的过电压和继电保护。书末附表中并列有各种电气设备的规格和技术参数。

本书叙述力求通俗易懂,计算方法简便易行,可供初中文化程度以上的农村电力工作者参考,也可供和农电有关的院、校师生阅读。

农 村 电 力 网

天津大学电力及自动化工程系
发电教研室 编著

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1978 年 1 月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1978 年 7 月第一次印刷 印张: 11 7/8

印数: 0001—85,130 字数: 267,000

统一书号: 15031·174

本社书号: 1022·15—5

定 价: 0.82 元

出 版 说 明

在全国人民高举毛主席的伟大旗帜，紧跟以华主席为首的党中央抓纲治国的战略决策，团结战斗的大好形势下，为了大力宣传毛主席关于“**农业的根本出路在于机械化**”的教导，普及农业机械化知识，提高农业机械化队伍的思想、技术水平，发挥亿万群众的积极性和创造性，大搞农业技术改革，加快农业机械化的步伐，以适应普及大寨县和一九八〇年基本上实现农业机械化的需要，中央和地方有关出版社联合出版这套《农业机械化丛书》。

《农业机械化丛书》包括耕作机械、农田基本建设机械、排灌机械、植物保护机械、运输机械、收获机械、农副产品加工机械、化肥、农药、塑料薄膜、林业机械、牧业机械、渔业机械、农村小型电站、半机械化农具、农用动力、农机培训、农机管理、农机修理、农机制造等二十类。可供在生产队、公社、县从事农业机械化工作的贫下中农、工人、干部、知识青年和技术人员参考。

本书属于《农业机械化丛书》农村小型电站类。

前 言

解放以来,在伟大领袖毛主席和党中央的英明领导下,我国农村起了翻天覆地的变化,广大贫下中农当家做了主人,农、林、牧、副、渔都有了很大的发展。充分显示出我国社会主义制度的无比优越性。在毛主席革命路线指引下,随着农业“四化”的进一步开展,我国许多省、市、自治区依靠群众,自力更生,贯彻执行大中小并举多搞中小的方针,因地制宜,利用各种动力资源,特别是水力资源办电。以华主席为首的党中央粉碎了王、张、江、姚“四人帮”反党集团后,全国广大农村到处掀起了农业学大寨的新高潮,出现了一片欣欣向荣的新景象,农村电力事业有了新的发展。目前,全国农村已有小型水电站六万多座,它们一年的发电量,就已超过解放前夕全国一年的总发电量(包括水电和火电)。这个事实雄辩地说明:我国农村电力事业正在蓬勃地向前发展。从长白山林海的密林深处到喜马拉雅山麓的雪山峡谷,从新疆的火焰山口到海南岛的五指山区,一颗颗星罗棋布的“夜明珠”把祖国的锦绣山河装饰得更加雄伟壮丽。现在,全国农村已有百分之七十以上的人民公社和百分之五十以上的生产大队用上了电。

有了电,农村面貌发生了巨大的变化。许多社队办起了夜校,学政治,学文化,学技术,活跃了农村的政治文化生活。

有了电,促进了农、林、牧、副、渔生产的全面发展,加速了农业机械化的进程。目前,在农机修造、农田排灌、粮油和饲料加工、诱捕害虫等方面,以及林业的采伐和加工,畜牧业的剪毛、挤乳、饲养、孵化,水产品的捕捞和加工等等都普遍使用

了电力，这对提高劳动生产率和减轻劳动强度都起了很大的作用。例如，华北地区某生产大队发扬自力更生精神，建成一座容量为 40 瓩的小水电站。这座小水电站所发出的电力，除用于照明和作其它动力外，每年仅为附近社队加工粮食就达一百二十五万斤，可节省三万五千个劳动日。

有了电，使农业与工业联结得更加紧密，有力地促进了县、社、队工业的发展。例如，福建省永春县、广东省罗定县、广西壮族自治区陆川县和浙江省仙居县等已将分散的小电站联成地方小电网。小电网的形成，既可向农田排灌、农副产品加工、生活照明等供电，又有能力为地方兴办的小化肥、小水泥、小机械等“五小”企业提供电力。

在全党动员，大办农业，为普及大寨县而奋斗的大好形势下，为配合农业学大寨群众运动的深入开展，加速实现农业的现代化，我们组织部分师生深入实际调查研究，在有关方面的支持下，编写了《农村电力网》这本书，供农村广大电力工作者参考。由于我们的水平不高，实践经验不足，书中一定还会有缺点和不足之处，希望读者批评指正。

编著者 1977 年 9 月

目 录

前言	iii
第一章 概述	1
第一节 电工上常用的一些基本名词和公式	1
第二节 发电厂的类型	12
第三节 农村电力网和电力系统	20
第四节 不同的电压等级	24
第五节 额定的电压等级	28
第二章 农村电力网的负荷及其计算	30
第一节 农村的电力负荷	30
第二节 农村电力负荷的特点	32
第三节 农村电力负荷曲线	35
第四节 农村电力负荷的计算	39
第三章 农村电力线路	48
第一节 导线	49
第二节 避雷线	50
第三节 电杆	51
第四节 绝缘子	61
第五节 金具	66
第六节 架空电力线路的维护	68
第七节 低压地埋电力线路	70
第四章 农村变电站	77
第一节 农村变电站的任务	77
第二节 农村变电站的电气设备	78
第三节 电力变压器	79
第四节 农村变电站的主结线与布置	84

第五节	农村变电站的位置与容量的选定原则	93
第六节	主变压器的容量和台数的选定原则	96
第七节	配电变压器的位置和容量的选定原则	97
第八节	配变台的型式	101
第九节	变电站的接地装置	103
第五章	电力网的正常电气计算	110
第一节	铝、铜导线的电阻和电抗	110
第二节	铝、铜导线的电纳和电导	112
第三节	钢(铁)导线的电阻和感抗	113
第四节	输电线的等值电路和功率损耗	115
第五节	变压器的参数、等值电路和功率损耗	119
第六节	线路的电压损耗及其计算	130
第七节	变压器中的电压损耗	139
第八节	功率分布的计算	140
第九节	电能损耗的计算	145
第六章	短路电流计算	147
第一节	短路的基本概念	147
第二节	计算短路电流的一般知识	149
第三节	无限大电源系统的三相短路	154
第四节	三相短路电流的计算	156
第五节	不对称短路电流的估算	158
第七章	电气设备和载流导体的选择	163
第一节	基本概念	163
第二节	选择电气设备的共同条件	164
第三节	高压油开关的选择	166
第四节	隔离开关的选择	171
第五节	负荷开关的选择	172
第六节	高压熔断器的选择	173
第七节	互感器的选择	182
第八节	母线的选择	190

第九节	导线截面的选择	191
第八章	农村电力系统的中性点接地方式	196
第一节	中性点不接地系统	196
第二节	中性点经消弧线圈接地系统	199
第三节	中性点直接接地系统	201
第九章	两线一地制的供电系统	204
第一节	原理与结线	204
第二节	特点与应用范围	205
第三节	接地问题	208
第四节	对通讯线路的干扰影响	209
第五节	事故分析与应采取的措施	212
第六节	电压损耗及功率损耗的计算	214
第十章	农村电力系统的电能质量	216
第一节	频率变化对电力负荷的影响	217
第二节	维持系统频率为额定值的必要条件	219
第三节	农村电力系统的备用容量	220
第四节	电压变化对电力负荷的影响	222
第五节	维持系统电压为额定值的必要条件	223
第十一章	农村电力系统电压的控制和调整	228
第一节	用电设备的电压偏移	228
第二节	通过改变发电机端电压来进行电压调整	229
第三节	通过合理选择变压器的分接头来进行电压调整	230
第四节	装设并联电容器来进行电压调整	232
第五节	用串联电容补偿线路参数的方法来进行电压调整	233
第十二章	降低系统功率和电能损耗的措施	242
第一节	提高电力网运行的电压水平	242
第二节	提高用户电力负荷的功率因数	245
第三节	变压器的经济运行	252
第四节	减少线路的迂迴供电	253
第十三章	农村电力网的过电压保护	255

第一节	变电站的直击雷保护	257
第二节	架空输电线路的防雷保护	261
第三节	变电站对侵入波的保护	264
第十四章	农村电力网的继电保护	272
第一节	关于继电保护的基本知识	272
第二节	电力变压器的继电保护	277
第三节	农村电力网送电线路的继电保护	287
第四节	继电保护装置的操作电源	294
附表 1	汉语拼音字母及读音	299
附表 2	拉丁字母及读音	300
附表 3	希腊字母及读音	301
附表 4	各种导线规格	302
附表 5	各种绝缘子规格	310
附表 6	电力变压器的技术数据	318
附表 7	高压油开关的技术数据	331
附表 8	隔离开关规格	333
附表 9	负荷开关的技术数据	340
附表 10	开关操动机构的规格	342
附表 11	各种熔断器规格	347
附表 12	电压互感器规格	351
附表 13	电流互感器规格	352
附表 14	电力电容器规格	358
附表 15	各种避雷器规格	361
附表 16	各种常用继电器规格	364

第一章 概 述

第一节 电工上常用的一些基本名词和公式

电荷 一切物质,都是由分子构成的,分子又是由原子构成的。各种物质的原子,又都是由原子核和一定数量的电子组成。原子核带正电荷,电子带负电荷。但是,不论是什么物质,原子核所带的正电荷,与原子核周围电子所带的负电荷是等电量的,所以任何物质平常都没有带电现象。如果设法使某一种物质得到多余的电子,或使它失去一些电子,那末,得到多余电子的物质就带负电荷,失去电子的物质就带正电荷。物体所带电荷的多少,叫做电量,它的单位是库伦(简称库,以字母 Q 表示)。

电流 导体里的电子有规律地向一个方向移动,叫做电流。为什么导体中的电子很容易移动呢?因为这类物体的原子核周围的电子不仅在原子内运动,有些很活跃的电子还能脱离原子核而自由运动,这些自由运动的电子,通常把它叫做自由电子。但它的运动是没有规则的,所以不能形成电流。如果把导体接在电源上(例如发电机),则由于电源的作用,强迫导体中的自由电子按统一的方向移动,导体里就形成了电流。电流分直流和交流两种:方向始终不变的电流叫直流;方向和大小按一定周期变化的电流叫交流。电流的方向,习惯上规定为由正极流向负极,但实际上电子流动的方向是由负极流向正极。电流符号为 I 或 i ,单位是安培(简称安,以字母 A 表示)。

电位 电位也叫电势。当一种物体带着电荷时，这个物体就具有一定的电位。一般以大地的电位当作零电位，故任何带正电荷的物体，都具有比大地高的电位。带负电荷的物体，其电位都比大地低。电位的单位为伏特(简称伏，以字母V表示)。

电动势 要使自由电子沿着导体移动，就必须维持导体两端的电位差。造成和维持这种电位差来推动电子移动的能力，就叫做电动势。电动势的符号为 E 或 e ，单位也是伏特(V)。

电压 电压也叫电位差，就是导体两点之间的电位差。它在电路中的作用是促使电荷运动而形成电流。电压的符号为 U 或 u ，单位也是伏特(V)。1000伏特(V)称为千伏(kV)。

电阻 电流在导体内流动时所受的阻力叫做电阻。电阻的符号为 R 或 r ，单位是欧姆(简称欧，以字母 Ω 表示)。

电容 在单位电压下，电容器容纳的电荷量叫做该电容器的电容。电容的符号用 C 表示，单位是法拉(简称法，以字母 F 表示)。由于法拉单位太大，常以法拉的百万分之一，称做微法拉(μF)表示电容的大小。电容可以下式表示：

$$C = \frac{Q}{U} \quad (1-1)$$

式中 C ——电容器的电容(法拉)；
 Q ——电容器上的电荷量(库伦)；
 U ——电容器上所加的电压(伏特)。

磁场和磁力线 磁力所能达到的地方就叫做磁场。通常用磁力线来表示磁场的作用范围，磁力的方向，强弱等特性。

磁力线在铁芯中所经过的路径叫做磁路。磁力线在磁路中受到的阻力叫磁阻。

物质的磁导系数表示物体导磁的能力，以符号 μ 表示，单

位为亨利/厘米。通常把真空或空气的磁导系数规定为1,凡磁导系数接近于1的物质,叫做非磁性物质,如铝,铜等;凡磁导系数大于真空的磁导系数几百至几万倍的物质,叫做磁性物质,如钢、铁等。

通过与磁力线相垂直面积的磁力线数叫磁通。磁通的符号为 Φ ,单位为“韦伯”或“马克斯威尔”(MX)。简称“韦”或“马”。 $1\text{韦}=10^8\text{马}$ 。

通过单位面积的磁力线数叫磁通密度,以符号 B 表示,单位为高斯(马/厘米²)。磁通密度的公式为:

$$B = \frac{\Phi}{S} \quad (1-2)$$

式中 Φ ——磁通(马);
 S ——与磁通相垂直的面积(厘米²)。

电流的磁效应 电流通过导线时,在导线的周围就会产生磁场,这种现象就叫做电流的磁效应。通过导线的电流越大,磁场就越强;越靠近导线的地方磁力线密度越大,远离导线的地方磁力线密度越小。

磁动势 要使某一物体产生磁力线,必须有一定的原动力,这种原动力就叫做磁动势(简称磁势)。磁动势的大小决定于线圈的匝数 W 和通过线圈的电流 I 两者的乘积,其符号为 F ,单位为安匝,即:

$$F = I \cdot W \quad (1-3)$$

磁场强度 在均匀磁场中,作用于单位长度磁路上的磁势,叫做磁场强度,它的符号是 H ,单位为安匝/厘米,以公式表示为:

$$H = F/l = I \cdot W/l \quad (1-4)$$

式中 l ——磁路长度(厘米)。

磁通密度 B 与磁场强度 H 有如下关系:

$$B = \mu H \quad (1-5)$$

式中 μ ——磁导系数(亨利/厘米)。

周期和频率 交流电按正弦函数变化时，其方向和大
小每变化一次就叫做一周，所需的时间就叫周期，以字母 T 表
示。交流电每秒钟变化的周期数叫做频率(或叫周波)，以字
母 f 表示，单位为赫芝(简称赫)或周/秒，即：

$$f = \frac{1}{T} \quad (1-6)$$

我国电力系统的标准频率是 50 赫，即每秒钟变化 50 周。
发电机的转速、频率和磁极对数有下列关系：

$$n = \frac{60f}{P} \quad (1-7)$$

式中 n ——发电机的转速(转/分)；
 f ——频率(赫)；
 P ——磁极对数。

当标准频率为 50 赫时，磁极对数和对应的转速，列于表
1.1 中。

表 1.1 $f = 50$ 赫时，磁极对数和对应的转速

磁极对数	1	2	3	4	8	12	16	24	40
转速(转/分)	3000	1500	1000	750	375	250	187.5	125	75

自感 当导体中有电流通过时，周围就产生磁场，如果
电流发生变化，磁场也随着变化，磁场的变化将在导体中产生
感应电动势以力图阻止原来电流的变化。这种现象就叫做自
感。

互感 将一个通有电流的线圈(称为原线圈)靠近或套
入另一个成闭合回路的线圈(称为副线圈)，然后改变原线圈
中电流的大小或方向，在副线圈中便产生出感应电动势来，这

种现象称为互感。

电抗 当导线或线圈通过交流电流时,由于交流电流的大小和方向时刻都在变化,因此,便产生了自感电动势。这个自感电动势对交流电流具有相当的抵抗作用,它阻止着交流电流的通过。这种由自感电动势所表现出来的阻力,我们称为自感电抗,简称感抗,通常以字母 X_L 表示,单位为欧姆。它的大小与导线或线圈的电感量、电源的频率成正比,用公式表示如下:

$$X_L = 2\pi fL \quad (1-8)$$

式中 f ——电源的频率,单位为周/秒;

L ——导线或线圈的电感量,单位为亨。

当电容器接上交流电源以后,由于电容器不断进行着充、放电过程,在电容器上建立的电压极性和电源电压的极性总是相同的,对交流电流同样具有抵抗的作用。这种阻力我们就称之为电容电抗,简称容抗,通常以字母 X_C 表示,单位也是欧姆。容抗的大小和电容器的电容量、电源的频率成反比,用公式表示如下:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} \quad (1-9)$$

式中 C ——电容器的电容量,单位为法拉。

当感抗和容抗串联时,两者的差值叫做电抗,以字母 X 表示,单位也是欧姆。以公式表示:

$$X = X_L - X_C \quad (1-10)$$

阻抗 在具有电阻和电抗的交流电路中,电压和电流的比值,叫做阻抗,以符号 Z 表示,单位也是欧姆。电阻、电抗和阻抗相互间的关系,可用一个直角三角形表示(如图 1-1)。斜边代表阻抗 Z 的数值。按照勾股弦定律可求出 Z 的数值,即:

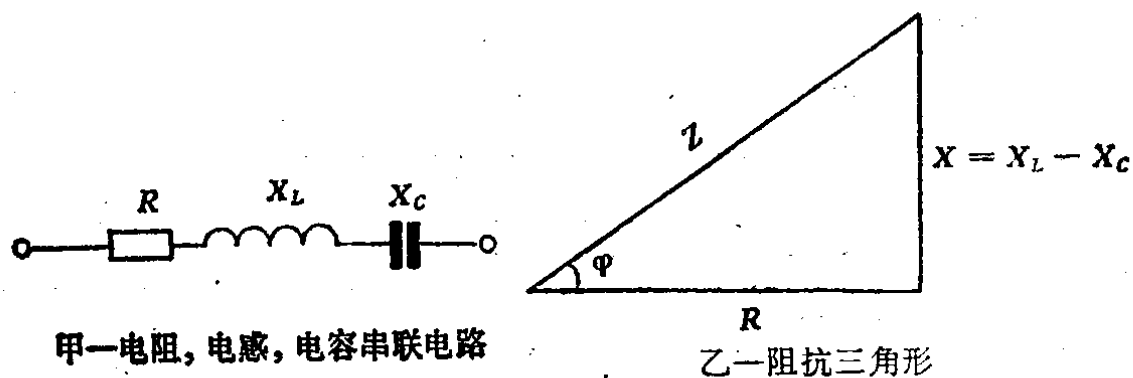


图 1-1

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (1-11)$$

式中 $X = X_L - X_C$.

阻抗 Z 边和电阻 R 边的夹角叫做阻抗角, 通常用希腊字母 φ 表示.

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} \quad (1-12)$$

如果采用复坐标平面来表示, 则电阻、电抗和阻抗、阻抗角的关系如图 1-1 丙所示. 这时可以用复数来表示阻抗之间的关系:

$$\dot{Z} = R + jX \quad (1-13)$$

交流电路中电流和电压的相位 在电阻回路中, 电流和电压的相位相同, 如图 1-2 所示.

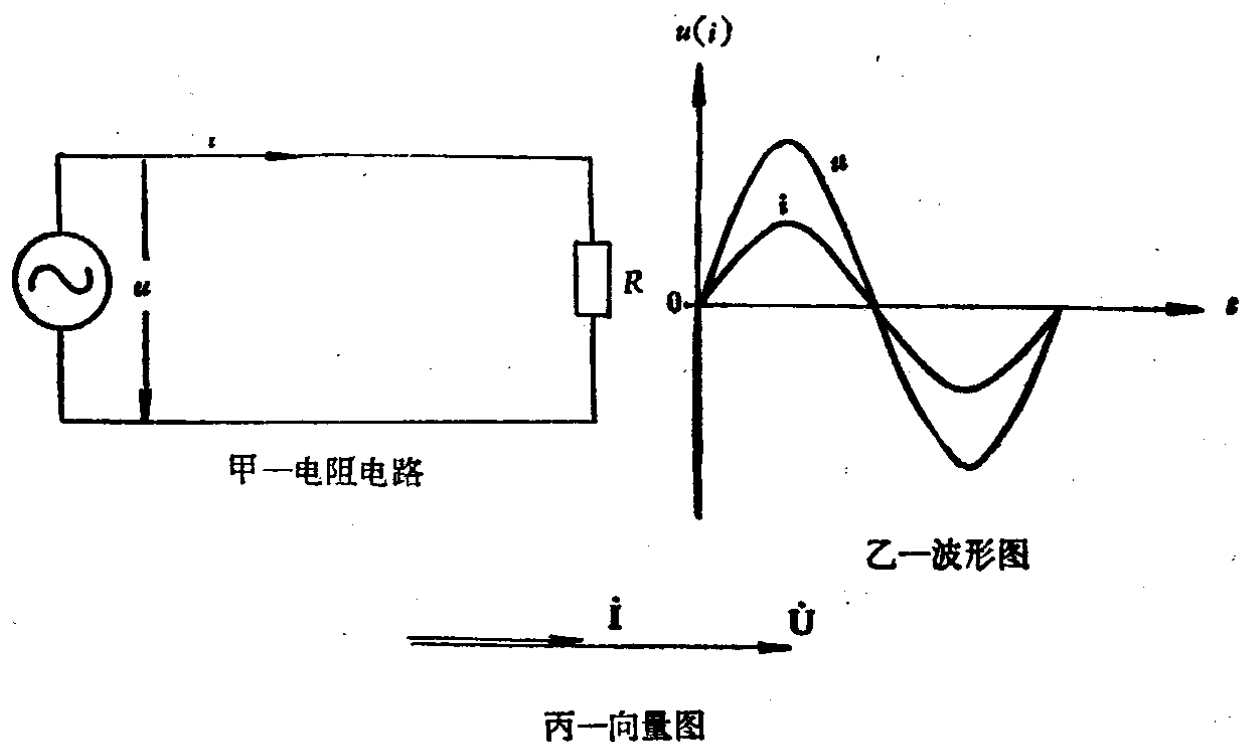


图 1-2 电阻回路中电流和电压的相位

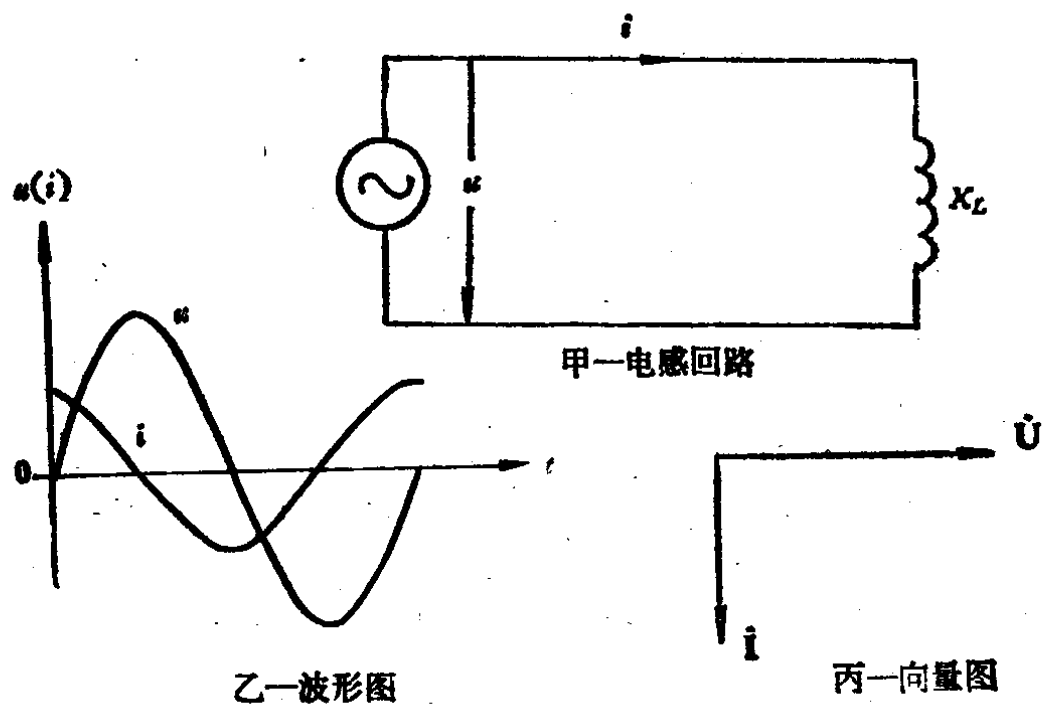


图 1-3 电感回路中电流和电压的相位

在电感回路中,电压超前电流 90° (按逆时针方向),如图 1-3 所示.

在电容回路中,电流超前电压 90° (按逆时针方向),如图

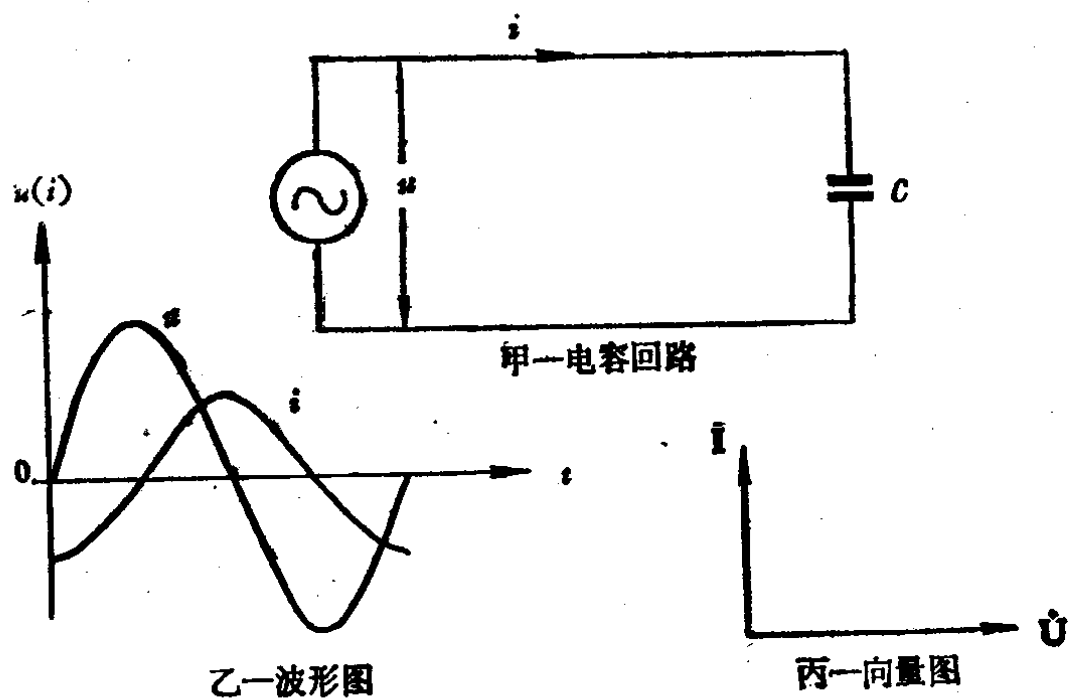


图 1-4 电容回路中电流和电压的相位

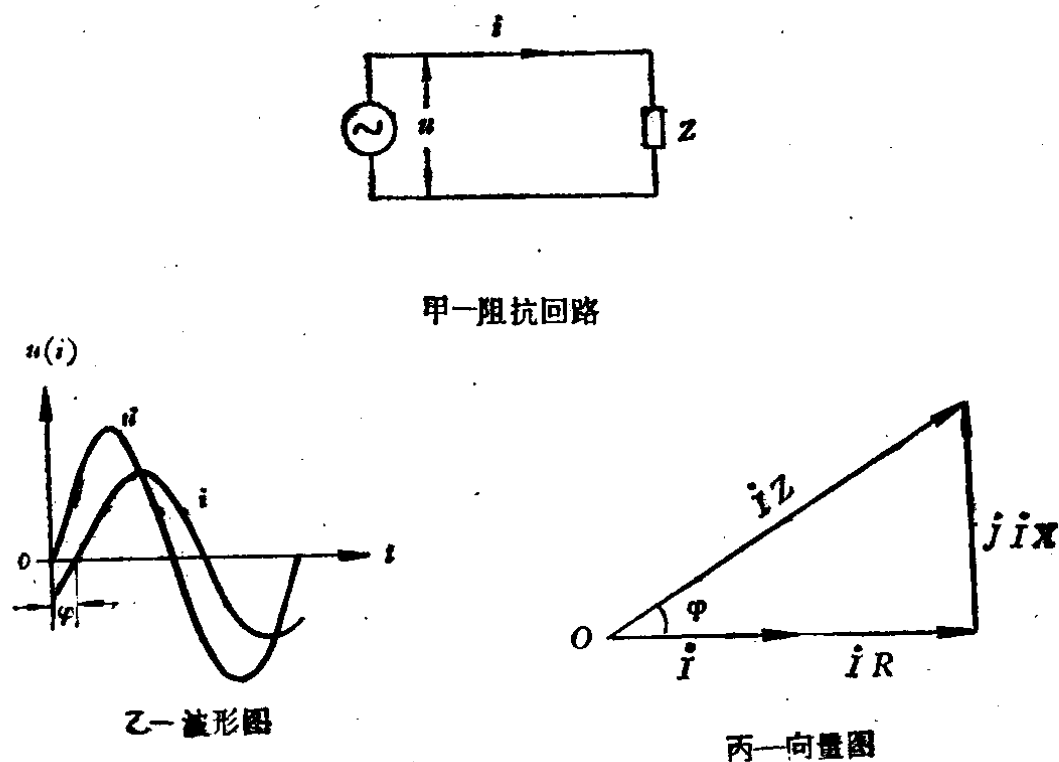


图 1-5 阻抗回路中电流和电压的相位

1-4 所示。

在阻抗回路中,电压和电流的相位差是阻抗角 φ 的数值,

• • •