

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



DIANLI XITONG FENXI
XUEXI ZHIDAO SHU

电力系统分析 学习指导书

王葵 编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



DIANLI XITONG FENXI
XUEXI ZHIDAOSHU

电力系统分析 学习指导书

王 葵 编
尹项根 主审



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材，为《电力系统分析（第二版）》的配套参考书。

全书共分十二章，主要包括：①主要知识点，概括了各章节的主要内容，提炼出了本书的精髓；②部分内容辅导，强调了本书的重点、难点，并对其进行深入分析；③习题解析，包括了该书各章的全部习题，共约 181 题，并对部分习题用 MATLAB 程序给出了参考解答。本书内容丰富、概念清晰、实用性强，是学习电力系统分析的一本好参考书。

本书可作为普通高等院校电气信息类专业本科生和研究生的参考书，也可供电气工程科技人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电力系统分析学习指导书/王葵编. —北京：中国电力出版社，2009

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5083 - 8046 - 9

I. 电… II. 王… III. 电力系统—分析—高等学校—
教学参考资料 IV. TM711

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 165308 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 1 月第一版 2009 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.25 印张 344 千字

定价 22.80 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神,加强教材建设,确保教材质量,中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校,满足学科发展和人才培养的需求,坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

“电力系统分析”课程是高等院校电气工程专业的必修课,同时又是学习电气工程专业其他专业课程的基础,因此学好该课程对电气工程专业的学生至关重要。但是大部分学生普遍反映该课程比较难学,特别是电力系统暂态部分非常难学。根据国家教委关于国家重点教材的编写要求,为更好地满足目前的教学需要,为培养出大批高质量的电力事业的建设人才,我们编写了这本《电力系统分析学习指导书》。本书力求具有较强的系统性和针对性,以便能够使学生掌握扎实的电力系统基本理论知识,同时也能够为广大电力工程技术人员提供必要的基础理论、计算方法,从而更准确地掌握电力系统的运行情况,保证电力系统的可靠、优质和经济运行。

本书是与作者翻译的《电力系统分析(第二版)》相配套的,对教材《电力系统分析(第二版)》中的习题进行了详细解答,在手算的基础上,对部分习题给出了 MATLAB 程序,进一步验证了计算结果。

与教材《电力系统分析(第二版)》相匹配,本书也分为十二章,第一章为电力系统发展的简单回顾,并介绍了电力系统的主要元件。第二章介绍了功率的概念和三相功率系统。第三章讲述同步发电机和变压器的稳态模型及其标么值系统。第四章讨论多回路传输线线路参数。第五章讨论线路参数和传输线的补偿问题。第六章讨论正常运行状态下互联网络的潮流计算问题,介绍了几种潮流算法。第七章讨论连续函数优化问题的经典解法。第八章介绍同步发电机的暂态分析及其短路模型。第九章介绍对称故障。第十章介绍对称分量法及其在不对称短路故障中的应用。第十一章讨论电力系统稳定问题。第十二章讨论电力系统控制问题。各章节一般安排 3 个部分的内容,第 1 部分为本章的主要知识点,第 2 部分为本章的重点内容辅导,第 3 部分为本章的习题及其解答。为便于读者学习,在习题解答中给出了相应的公式,读者无需再查阅教材。

本书可供电气工程及自动化专业全日制学生和相关专业读者在学习“电力系统分析”课程时与教科书配套使用,亦可作为考研时的辅导书,同时可供从事电力系统工作的工程技术人员和相关专业人员参考。

全书由山东大学王葵编，由华中科技大学尹项根主审。

感谢硕士研究生李建超、陈毅苇、商莹在本书编写过程中所做的大量的文字工作和书图扫描工作。感谢山东大学潘贞存教授在整个编写工作中给予的帮助和支持。

由于编写时间短，内容较多，书中难免存在错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2008年9月

目 录

前言

第一章 电力系统简介	1
一、主要知识点	1
二、部分内容辅导	1
三、解题指导	1
第二章 基本原理	4
一、主要知识点	4
二、部分内容辅导	4
三、解题指导	5
第三章 发电机和变压器模型和标幺值系统	18
一、主要知识点	18
二、部分内容辅导	18
三、解题指导	19
第四章 传输线参数	36
一、主要知识点	36
二、部分内容辅导	36
三、解题指导	39
第五章 输电线路模型及其特性	48
一、主要知识点	48
二、部分内容辅导	48
三、解题指导	50
第六章 潮流分析	79
一、主要知识点	79
二、部分内容辅导	79
三、解题指导	80
第七章 发电量最优分配	108
一、主要知识点	108
二、部分内容辅导	108
三、解题指导	109
第八章 同步电机暂态分析	126
一、主要知识点	126
二、部分内容辅导	126
三、解题指导	128

第九章 对称故障	138
一、主要知识点	138
二、部分内容辅导	138
三、解题指导	140
第十章 对称分量法和不对称故障	159
一、主要知识点	159
二、部分内容辅导	159
三、解题指导	161
第十一章 稳定性	189
一、主要知识点	189
二、部分内容辅导	189
三、解题指导	190
第十二章 电力系统控制	204
一、主要知识点	204
二、部分内容辅导	204
三、解题指导	205

第一章 电力系统简介

一、主要知识点

- (1) 现代电力系统的构成, 包括发电、高压输电及次高压输电、配电和负荷。
- (2) 能源控制中心介绍。
- (3) 计算机分析。以个人计算机为辅助工具, 利用 MATLAB 列举了电力系统分析的几种方法。

二、部分内容辅导

现代电力系统的发电部分主要由发电机和变压器组成。电力系统的负荷分为工业负荷、商业负荷和民用负荷。日负荷系数、年负荷系数计算式为

$$\text{日负荷系数} = \frac{\text{平均负荷} \times 24\text{h}}{\text{峰值负荷} \times 24\text{h}} = \frac{24\text{h 消耗的电能}}{\text{峰值负荷} \times 24\text{h}}$$

$$\text{年负荷系数} = \frac{\text{全年消耗电能}}{\text{峰值负荷} \times 8760\text{h}}$$

三、解题指导

1.1 预测电力负荷需求量是规划未来电力供应的出发点。近年来电力负荷需求持续增长引导人们不断努力采用数学曲线来预测这种增长趋势。最简单的一种曲线是

$$P = P_0 e^{a(t-t_0)}$$

式中: a 是平均增长率 (标么值); P 是 t 年的需求量; P_0 是 t_0 年的给定需求量。

假设某国 1984 年的电能需求峰值是 480GW, 平均增长率为 3.4%。利用上述曲线和 MATLAB 以 GW 为单位, 绘制从 1984~1999 年的预测电力负荷峰值需求图, 并估计 1999 年的电能需求峰值。

解: 用下述命令绘制需求增长图。

```
t0=84; P0=480;
a=.034;
t=(84:1:99)';
P=P0 * exp(a * (t-t0));
disp('Predicted Peak Demand-GW')
disp([t,P])
plot(t,P),grid
xlabel('Year'),ylabel('Peak power demand GW')
P99=P0 * exp(a * (99-t0))
```

结果为:

Predicted Peak Demand—GW

84.0000	480.0000
85.0000	496.6006
86.0000	513.7753
87.0000	531.5441
88.0000	549.9273
89.0000	568.9463
90.0000	588.6231
91.0000	608.9804
92.0000	630.0418
93.0000	651.8315
94.0000	674.3740
95.0000	697.6978
96.0000	721.8274
97.0000	746.7916
98.0000	772.6190
99.0000	799.3398

$$P_{99} = 799.3398 \text{ GW}$$

预计需求图如图 1.1 所示。

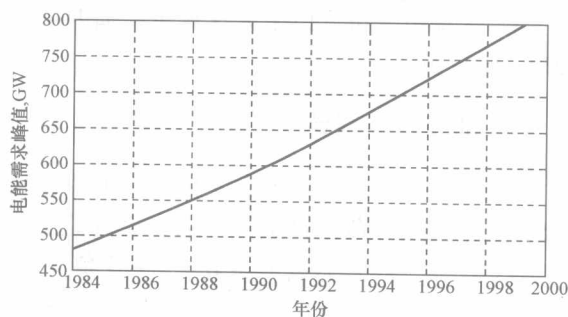


图 1.1 习题 1.1 的预计电能需求图

1.2 预计某个国家 10 年内能量消耗翻一番。根据给定的一个简单指数增长公式 $P = P_0 e^{at}$ 来计算增长率 a 。

$$\text{解: } 2P_0 = P_0 e^{10a}$$

$$\ln 2 = 10a$$

解得

$$a = \frac{0.693}{10} = 0.0693 = 6.93\%$$

1.3 一个发电站的年负荷见表 1.1。假定每月功率为常数，即平均值。利用 MATLAB 中的函数 `barcycle`，绘制年负荷曲线并写出必要的命令求平均负荷和年负荷系数。

表 1.1

系统年负荷

时间, 月份	负荷, MW	时间, 月份	负荷, MW	时间, 月份	负荷, MW
一月	8	五月	6	九月	10
二月	6	六月	12	十月	4
三月	4	七月	16	十一月	6
四月	2	八月	14	十二月	8

解：命令如下

```
data=[ 0    1    8
       1    2    6
       2    3    4
```

```

3    4    2
4    5    6
5    6   12
6    7   16
7    8   14
8    9   10
9   10    4
10   11    6
11   12    8 ];

```

```

P=data(:,3);
Dt=data(:,2)-data(:,1);
W=P'*Dt;
Pavg=W/sum(Dt)
Peak=max(P)
LF=Pavg/Peak*100
barcycle(data)
xlabel('time,month'),ylabel('P,MW'),grid

```

结果为

$$P_{\text{avg}} = 8\text{MW}$$

$$P_{\text{eak}} = 16$$

$$L_F = 0.5$$

绘制的年负荷曲线如图 1.2 所示。

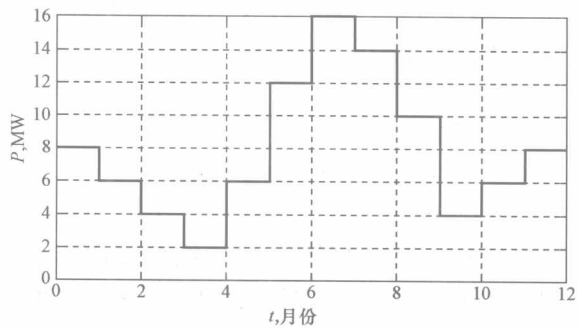


图 1.2 习题 1.3 的年负荷曲线

第二章 基本原理

一、主要知识点

- (1) 单相交流电路功率分析, 包括瞬时功率、视在功率、有功功率、无功功率, 复功率和功率因数。
- (2) Y 连接负荷和 Δ 连接负荷分析, 以及 Δ —Y 变换。
- (3) 对称三相功率计算。计算与对称三相电源连接负荷的瞬时功率, 有功、无功和复功率。

二、部分内容辅导

1. 单相交流电路功率分析

带有负荷的单相正弦电压源如图 2.1 所示。图中, $v(t) = V_m \cos(\omega t + \theta_v)$, $i(t) = I_m \cos(\omega t + \theta_i)$ 。

瞬时功率为

$$p(t) = v(t)i(t) = V_m I_m \cos(\omega t + \theta_v) \cos(\omega t + \theta_i)$$

电压有效值和电流有效值的乘积 $|V| |I|$ 被称为视在功率, 单位是 VA。

有功功率为

$$P = |V| |I| \cos \theta$$

无功功率为

$$Q = |V| |I| \sin \theta$$

复功率为

$$S = VI^* = P + jQ$$

对于复功率潮流, 有以下几点结论:

- (1) 输电线上的有功潮流主要是由两端电压的相角差决定的;
- (2) 假设 $R=0$, 则当负载角 $\delta=90^\circ$ 时功率达到理论最大值 (静态传输容量);
- (3) 为了保持暂态稳定, 电力系统通常运行在小负载角 δ 下。

2. Y 连接负荷和 Δ 连接负荷

对于 Y 连接的负荷而言, 线电压的大小是相电压大小的 $\sqrt{3}$ 倍, 并且在正相序中, 线电压超前相电压 30° 。

对于 Δ 连接的负荷而言, 线电流的大小是相电流的 $\sqrt{3}$ 倍, 并且在正相序中, 线电流滞后相电流 30° 。

Y 连接负荷和 Δ 连接负荷之间的转换关系为

$$Z_Y = \frac{Z_\Delta}{3}$$

3. 对称三相功率分析

虽然每相功率是变化的,但总瞬时功率是恒定的,等于单相有功功率的3倍。习惯上,额定功率为三相功率,额定电压为线电压。这样,应用每相等值电路时,谨慎使用每相的相电压,应对额定电压除以 $\sqrt{3}$ 。

三、解题指导

2.1 修改教材中例 2.1 中的程序,要求:

(1) 使用户能够输入峰值为 V_m 、相角为 θ_v 的正弦电源 $v(t) = V_m \cos(\omega t + \theta_v)$ V 和大小为 Z 、阻抗角为 γ 的负荷阻抗。

(2) 类似于例 2.1,该程序应能绘制 $i(t)$ 、 $v(t)$ 、 $p(t)$ 、 $p_R(t)$ 和 $p_X(t)$ 的图形。在 $V_m=100$ V、 $\theta_v=0$ 、负荷如下时运行该程序:

感性负荷, $Z=1.25\angle 60^\circ\Omega$;

容性负荷, $Z=2.0\angle -30^\circ\Omega$;

电阻性负荷, $Z=2.5\angle 0^\circ\Omega$ 。

试求:

(1) 由 $p_R(t)$ 和 $p_X(t)$ 的图形,估计每个负荷的有功功率和无功功率,写出关于感性和容性负荷无功功率正负号的结论。

(2) 利用电流和电压相量,计算每个负荷的有功功率和无功功率,并与曲线得到的结果比较。

(3) 如果上述负荷连接在同一个电源上,确定从电源吸收的总有功功率和总无功功率。

解:下述语句用来绘制瞬时电压、电流和教材中式 (2.6) $p_R(t) = |V||I|\cos\theta + |V||I|\cos\theta\cos 2(\omega t + \theta_v)$ 、式 (2.8) $p_X(t) = |V||I|\sin\theta\sin 2(\omega t + \theta_v)$ 给定的瞬时量的图形。

```
Vm=input('Enter voltage peak amplitude Vm=');
thetav=input('Enter voltage phase angle in degree thetav=');
Vm=100;thetav=0;    % Voltage amplitude and phase angle
Z=input('Enter magnitude of the load impedance Z=');
gama=input('Enter load phase angle in degree gama=');
thetai=thetav-gama;    % Current phase angle in degree
Im=Vm/Z;
wt=0:.05:2*pi;
v=Vm*cos(wt);
i=Im*cos(wt+thetai*pi/180);
p=v.*i;
V=Vm/sqrt(2); I=Im/sqrt(2);
pr=V*I*cos(theta)*(1+cos(2*wt));
px=V*I*sin(theta)*sin(2*wt);
disp('(a) Estimate from the plots')
P=max(pr)/2, Q=V*I*sin(theta)*sin(2*pi/4)
```

```

P=P*ones(1,length(wt));
xline=zeros(1,length(wt));
wt=180/pi*wt;
subplot(221), plot(wt,v,wt,i,wt,xline),grid
title(['v(t)=Vm coswt, i(t)=Im cos(wt+',num2str(thetai),')'])
xlabel('wt, degrees')
subplot(222), plot(wt,p,wt,xline),grid
title('p(t)=v(t) i(t)'), xlabel('wt, degrees')
subplot(223), plot(wt,pr,wt,P,wt,xline),grid
title('pr(t) Eq. 2. 6'), xlabel('wt, degrees')
subplot(224), plot(wt,px,wt,xline),grid
title('px(t) Eq. 2. 8'), xlabel('wt, degrees')
subplot(111)
disp('(b)From P and Q formulas using phasor values')
P=V*I*cos(theta);
Q=V*I*sin(theta)

```

(1) 对于感性负载 $Z=1.25\angle 60^\circ\Omega$, 运行上述程序的结果为:

输入电压峰值 $V_m=100\text{V}$

输入电压相角 $\theta_v=0^\circ$

输入负载阻抗的幅值 $Z=1.25\Omega$

输入负荷的相角 $\gamma=60^\circ$

(a). 由图 2.2 所示的图形估计得到

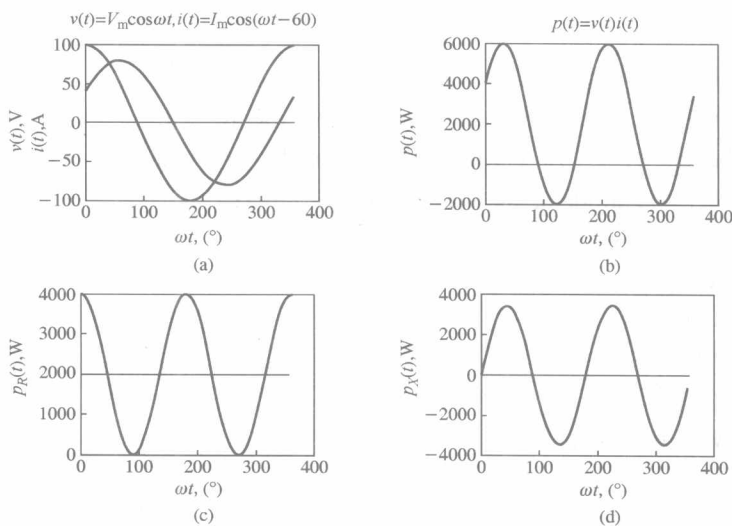


图 2.2 瞬时电流、电压、功率, 式 (2.6) 和式 (2.8) 给定的瞬时量

(a) 瞬时电压、电流; (b) 瞬时功率; (c) 式 (2.6) 给定的瞬时量;

(d) 式 (2.8) 给定的瞬时量

$$P = 2000\text{W}$$

$$Q = 3464\text{var}$$

(b) 对于感性负载 $Z = 1.25\angle 60^\circ\Omega$, 电压、电流的有效值分别为

$$V = \frac{100\angle 0^\circ}{1.414} = 70.71\angle 0^\circ(\text{V})$$

$$I = \frac{70.71\angle 0^\circ}{1.25\angle 60^\circ} = 56.57\angle -60^\circ(\text{A})$$

利用教材中式 (2.7) $P = |V||I|\cos\theta$ 和式 (2.9) $Q = |V||I|\sin\theta$ 可得

$$P = 70.71 \times 56.57 \times \cos(60^\circ) = 2000(\text{W})$$

$$Q = 70.71 \times 56.57 \times \sin(60^\circ) = 3464(\text{var})$$

(2) 对于容性负荷 $Z = 2.0\angle -30^\circ\Omega$ 。

由图形估计得

$$P = 2165\text{W}$$

$$Q = -1250\text{var}$$

(3) 类似地, 对于 $Z = 2.5\angle 0^\circ\Omega$, 可得

$$P = 2000\text{W}$$

$$Q = 0\text{var}$$

(4) 当上述三个负荷并行连接在同一电源上时, 总有功功率和总无功功率分别为

$$P = 2000 + 2165 + 2000 = 6165(\text{W})$$

$$Q = 3464 - 1250 + 0 = 2214(\text{var})$$

2.2 某单相负载由正弦电压源 $v(t) = 200\cos(377t)\text{V}$ 供电, 瞬时功率为

$$p(t) = 800 + 1000\cos(754t - 36.87^\circ)\text{W}$$

试完成:

(1) 求负载的复功率。

(2) 求瞬时电流 $i(t)$ 和负载电流的有效值。

(3) 求负载阻抗。

(4) 用 MATLAB 画出 $v(t)$ 、 $p(t)$ 和 $i(t) = p(t)/v(t)$ 以 0.1ms 为步长在 $0 \sim 16.67\text{ms}$ 区间内的图形。由电流波形, 估算电流的峰值、相角和角频率, 并且核对 (2) 中得到的结果。注意 MATLAB 中数组或元素相除的命令符号为 “/”。

$$\begin{aligned} \text{解: (1)} \quad p(t) &= 800 + 1000\cos(754t - 36.87^\circ) \\ &= 800 + 1000\cos 36.87^\circ \cos 754t + \sin 36.87^\circ \sin 754t \\ &= 800 + 800\cos 754t + 600\sin 754t \\ &= 800 \times [1 + \cos 2(377)t] + 600\sin 2(377)t\text{W} \end{aligned}$$

$$p(t) \text{ 与式 (2.5) } p(t) = \underbrace{|V||I|\cos\theta[1 + \cos 2(\omega t + \theta_v)]}_{p_R(t)} + \underbrace{|V||I|\sin\theta\sin 2(\omega t + \theta_v)}_{p_X(t)}$$

具有相同的形式, 所以 $P = 800\text{W}$, $Q = 600\text{var}$ 或者 $S = 800 + j600 = 1000\angle 36.87^\circ\text{VA}$ 。

(2) 利用 $S = \frac{1}{2}V_m I_m^*$ 可得

$$1000\angle 36.87^\circ = \frac{1}{2}200\angle 0^\circ I_m$$

得到

$$I_m = 10 \angle -36.87^\circ \text{ A}$$

因此, 瞬时电流为

$$i(t) = 10 \cos(377t - 36.87^\circ) \text{ A}$$

(3) 负载阻抗为

$$Z_L = \frac{V}{I} = \frac{200 \angle 0^\circ}{10 \angle -36.87^\circ} = 20 \angle 36.87^\circ (\Omega)$$

(4) 使用命令

```
Vm=200;
t=0:0.0001:0.01667;
v=Vm*cos(377*t);
p=800+1000*cos(754*t-36.87*pi/180);
i=p./v;
wt=180/pi*377*t;
xline=zeros(1,length(wt));
subplot(221),plot(wt,v,wt,xline),grid
xlabel('wt,degrees'),title('v(t)')
subplot(222),plot(wt,p,wt,xline),grid
xlabel('wt,degrees'),title('p(t)')
subplot(223),plot(wt,i,wt,xline),grid
xlabel('wt,degrees'),title('i(t)'),subplot(111)
```

结果如图 2.3 所示。从图中可知电流幅值为 10A, 滞后电压 36.87° , 并且角频率为 377 rad/s 。

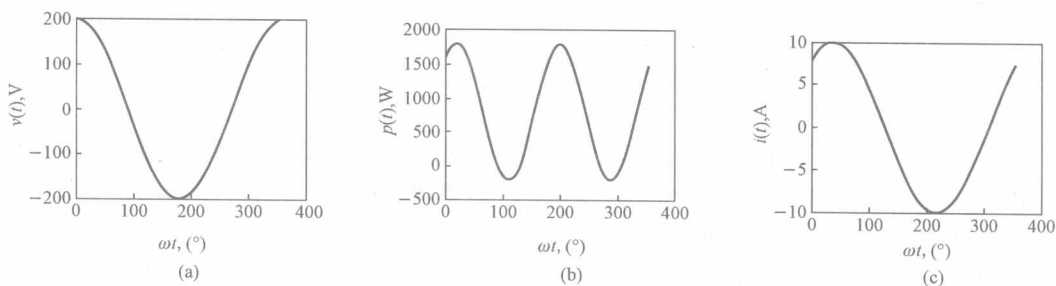


图 2.3 习题 2.2 的瞬时电压, 功率和电流

(a) 瞬时电压; (b) 功率; (c) 电流

2.3 一个感性负载由 R 和 X 串联组成 (如图 2.4 所示), 在 $\cos\varphi=0.8$ (滞后) 时, 从 2400 V (有效值) 的电源吸收功率 288 kW 。试确定 R 和 X 。



图 2.4 R 和 X 串联组成的感性负荷

解: 由已知可得

$$\theta = \cos^{-1} 0.8 = 36.87^\circ$$

复功率为

$$S = \frac{288}{0.8} \angle 36.87^\circ = 360 \angle 36.87^\circ (\text{kVA})$$

由 $S=VI^*$ 可得电流为

$$I = \frac{360 \times 10^3 \angle -36.87^\circ}{2400 \angle 0^\circ} = 150 \angle -36.87^\circ (\text{A})$$

因此, 串联阻抗为

$$Z = R + jX = \frac{V}{I} = \frac{2400 \angle 0^\circ}{150 \angle -36.87^\circ} = 12.8 + j9.6 (\Omega)$$

即

$$R = 12.8 (\Omega), \quad X = 9.6 (\Omega)$$

2.4 一个感性负荷由 R 和 X 并联组成 (见图 2.5), 当 $\cos\varphi=0.8$ 滞后时, 从 2400V (有效值) 的电源吸收功率 288kW。试确定 R 和 X 。

解: 复功率为

$$S = \frac{288}{0.8} \angle 36.87^\circ = 360 \angle 36.87^\circ (\text{kVA})$$

$$= 288 (\text{kW}) + j216 (\text{kvar})$$

$$R = \frac{|V|^2}{P} = \frac{(2400)^2}{288 \times 10^3} = 20 (\Omega)$$

$$X = \frac{|V|^2}{Q} = \frac{(2400)^2}{216 \times 10^3} = 26.667 (\Omega)$$

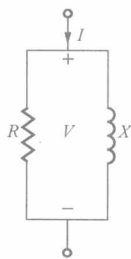


图 2.5 R 和 X 并联组成的感性负荷

2.5 两个负荷并联接在某单相 240V (有效值) 的电源上。当 $\cos\varphi=0.8$ (滞后) 时, 两个负荷吸收的总有功功率为 400kW, 其中一个负荷在 $\cos\varphi=0.96$ (超前) 时吸收功率 120kW。求另一个负荷的复功率。

解: $\theta = \cos^{-1} 0.8 = 36.87^\circ$

总复功率为

$$S = \frac{400}{0.8} \angle 36.87^\circ = 500 \angle 36.87^\circ (\text{kVA})$$

$$= 400 (\text{kW}) + j300 (\text{kvar})$$

120kW 负荷的复功率为

$$S_1 = \frac{120}{0.96} \angle -16.26^\circ = 125 \angle -16.26^\circ (\text{kVA})$$

$$= 120 (\text{kW}) - j35 (\text{kvar})$$

因此, 第二个负载的复功率为

$$S_2 = (400 + j300) - (120 - j35) = 280 (\text{kW}) + j335 (\text{kvar})$$

2.6 图 2.6 中的负荷由电阻 R 和电抗为 X 的电容并联组成。它通过一条阻抗为 $8.4 + j11.2\Omega$ 的线路接在单相电源上。负荷端电压有效值为 $1200 \angle 0^\circ \text{V}$, 在超前功率因数为 0.8 时, 负载吸收功率 30kVA。试完成:

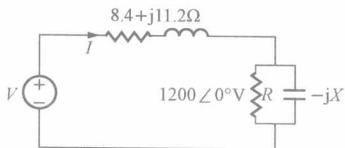


图 2.6 习题 2.6 电路

(1) 求 R 和 X 的值。

(2) 确定电源电压 V 。

解: $\theta = \cos^{-1} 0.8 = 36.87^\circ$

复功率为

$$S = 30 \angle -36.87^\circ = 24 (\text{kW}) - j18 (\text{kvar})$$

(1) 由复功率求得

$$R = \frac{|V|^2}{P} = \frac{(1200)^2}{24000} = 60(\Omega)$$

$$X = \frac{|V|^2}{Q} = \frac{(1200)^2}{18000} = 80(\Omega)$$

(2) 由 $S=VI^*$ 可得电流为

$$I = \frac{30000 \angle 36.87^\circ}{1200 \angle 0^\circ} = 25 \angle 36.87^\circ (\text{A})$$

则电源电压为

$$\begin{aligned} V &= 1200 \angle 0^\circ + 25 \angle 36.87^\circ \times (8.4 + j11.2) \\ &= 1200 + j350 = 1250 \angle 16.26^\circ (\text{V}) \end{aligned}$$

2.7 如图 2.7 所示, 两个阻抗 $Z_1 = 0.8 + j5.6\Omega$, $Z_2 = 8 - j16\Omega$ 和一台单相电动机并联接在 200V (有效值)、60Hz 的电源上。在滞后功率因数为 0.8 时, 电动机吸收功率 5kVA。

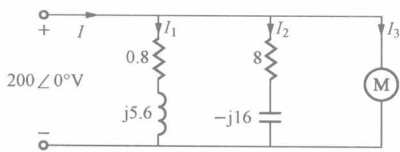


图 2.7 习题 2.7 电路图

试求:

- (1) 两个阻抗的复功率 S_1 、 S_2 和电动机的复功率 S_3 ;
- (2) 电源发出的总功率、电源电流和总功率因数;
- (3) 将一个电容与此负载并联, 求把总功率因数改善至 1 时的无功功率 (kvar) 和电容值 (μF), 并求此时的线路电流。

解: (1) 负载的复功率为

$$S_1 = \frac{|V|^2}{Z_1^*} = \frac{(200)^2}{0.8 - j5.6} = 1000 + j7000(\text{VA})$$

$$S_2 = \frac{|V|^2}{Z_2^*} = \frac{(200)^2}{8 + j16} = 1000 - j2000(\text{VA})$$

$$S_3 = 5000 \angle 36.87^\circ = 4000 + j3000(\text{VA})$$

因此, 总的复功率为

$$S_t = 6 + j8 = 10 \angle 53.13^\circ (\text{kVA})$$

(2) 由 $S=VI^*$ 可得电流为

$$I = \frac{10000 \angle -53.13^\circ}{200 \angle 0^\circ} = 50 \angle -53.13^\circ (\text{A})$$

功率因数为

$$\cos 53.13^\circ = 0.6 (\text{滞后})$$

(3) 当总功率因数为 1 时, $Q_c = 8000 \text{var}$, 所以容性阻抗为

$$Z_c = \frac{|V|^2}{S_c^*} = \frac{(200)^2}{j8000} = -j5(\Omega)$$

电容为

$$C = \frac{10^6}{2\pi \times 60 \times 5} = 530.5(\mu\text{F})$$

此时的线路电流为

$$I = \frac{6000 \angle 0^\circ}{200 \angle 0^\circ} = 30 \angle 0^\circ (\text{A})$$