



能源出版社

日本电管理士
典型试题解答

内 容 简 介

本书是1979~1981年度日本电管理士国家考试和进修考试有关电管理、电理论和控制理论、工厂配电、电力设备、动力用电、电热、电化学、照明及空调等方面的试题解答和解答指导。书中有理论、有计算，特别是试题大都从节能的角度提出问题，对于工厂和企业的节能工作和合理用电很有参考价值。

日本电管理士典型试题解答

[日] 通信电气学校教务部 著

秦玉正 译 沈昕昀 校

能源出版社出版

能源出版社发行部发行

通县曙光印刷厂印制

*

787×1092 1/32开本 9.625印张 213千字

1983年9月第一版 1983年9月第一次印刷

印数1—5000 统一书号17277·2 定价1.00元

译者序

日本为了合理使用能源和大力促进节能工作，规定在耗能较大的工厂中，设“能源管理士”。“能源管理士”必须由经通商产业大臣举行的能源管理士考试(亦称国家考试)合格者担任。这个考试分为热管理士和电管理士两种。本书收集了最近几年日本电管理士国家考试和进修考试*中有代表性的试题，进行了标准解答，并且每一试题均附有解答指导。这是一部密切结合企业能源管理和生产实际问题，有助于提高能源管理干部和技术人员业务水平的参考用书。该书从电的基本理论和概念入手，引伸至大量的具体应用实例，以问答形式，从节能和合理用电的角度出发，有理论、有计算，深入浅出，适合广大企业工程技术人员和大专院校有关专业的师生课外或业余自修时用。

日本是世界上耗能较多的国家之一，由于缺乏能源资源，多年来日本政府大力推行节能工作，因此，日本的节能经验是比较丰富的。希望本书的出版能对当前我国的节能工作有所裨益。

1982年11月

* 进修考试是指日本各地方通商产业局，在其各自的所在地为准备担任能源管理士者举办的进修学习班学习结束时举行的考试。

目 录

第一章	1981年度电管理士国家考试	1
第二章	1980年度电管理士进修考试	63
第三章	1980年度电管理士国家考试	99
第四章	1979年度电管理士进修考试	180
第五章	1979年度电管理士国家考试	207

第一章

1981年度电管理士国家考试

一、电管理概论和法律及 根据法律制订的法令

题1. 参照解答例子写出应填入下文 中的正确的字句或数字。

(解答例子: K——节能)

为了敦促使用能源的事业经营者,在工厂把努力节能作为必须认真实施的事项,在能源使用合理化法律中,提出下列七项工作:

- (1) 燃料的合理燃烧;
- (2) 合理地进行加热、冷却、及 A ;
- (3) 防止由于辐射、传导等引起的热 B ;
- (4) C 的回收利用;
- (5) 热转换为动力等的合理化;
- (6) 防止由于电阻等引起的电 D ;
- (7) 电转换为动力、热等的合理化。

而且对上述事项予以规定并进行公布,作为事业经营者应当遵循的 E 事项。

此外,属于加工工业的、能耗大的工厂(将其燃料等换算成原油当量,一年的使用量在 F 千升以上,电的使

用量在 [G] 万千瓦小时以上的工厂),指定为能源管理指定工厂,规定在这些工厂,必须选任具有能源管理士资格者为 [H]。

被选任为 [H] 的职务是,负责对电管理指定工厂中有节省电的电力设备进行 [I],改善用电方法及 [J]、记录用电量,及编写有关业务情况报告等。

〔答案〕

A. 传热; B. 损失; C. 余热;
D. 损失; E. 考核标准; F. 3000;
G. 1200; H. 能源管理者; I. 维修;
J. 监视。

〔指导〕

这一试题选自“能源使用合理化法律”的第2章有关工厂措施的问题。

1. 事业者的努力

法律第3条(事业者的努力)规定,“敦促使用能源的事业经营者,必须切实地实施下列各款,以搞好工厂的节能工作”。

- (1) 燃料的合理燃烧;
- (2) 合理地进行加热、冷却及传热;
- (3) 防止由于辐射、传导等引起的热损失;
- (4) 余热的回收利用;
- (5) 热转换为动力等的合理化;
- (6) 防止由于电阻等引起的电损失;
- (7) 电转换为动力、热等的合理化。

2. 考核标准

法律第4条(事业者应当遵循的考核标准事项)规定,

“为在工厂切实而有效地实施能源使用合理化法律,对前条各款,制订出事业者的考核标准事项,并予以公布”。

3. 能源管理指定工厂

法律第6条(指定工厂)规定,“凡属于加工、矿业、供电、供煤气和供热的工厂,能源(燃料和电)的使用量,超过一定数量时,指定为能源管理指定工厂”。

关于能源使用量的必要条件,政令第2条(燃料及电的使用量的必要条件)有规定。

热管理指定工厂……换算为原油当量燃料的使用量,每年在3000千升以上者。

电管理指定工厂……电的使用量每年在1200万千瓦小时以上者。

4. 能源管理负责人

法律第7条(能源管理负责人)规定,“每个能源管理指定工厂,都必须从持有能源管理士证书的人员中,选任能源管理负责人”。

5. 能源管理负责人的职务

法律第9条(能源管理负责人的职务)规定,“能源管理负责人,在电管理指定工厂中,管理下列业务”。

- (1) 就有关用电合理化,负责维修耗电设备;
- (2) 改进并监视用电方法;
- (3) 有关用电设备合理化的维修(省令第7条);
- (4) 法律第11条规定的帐薄的记录及编写有关业务情况的报告等(省令第7条)。

题2. 简要说明下列术语。

- (1) 电力单耗;
- (2) 热泵;

- (3) 复合循环发电(联合循环发电);
- (4) 生物量;
- (5) 按功率因数高低增减电费制度。

〔答案〕

(1) 用生产量去除用于生产的电量, 所得的值即为电力单耗, 按产品单位的不同, 分别以〔千瓦时/吨〕、〔千瓦时/立方米〕、〔千瓦时/袋〕等表示之。它是表示生产效率的重要指标。

(2) 从低温源取得热能并使热能向高温源移动的装置。利用低温侧的温度下降可以制冷, 利用高温侧的温度上升可以取暖, 两方都能利用的则是热泵。

(3) 将许多热循环联合起来, 以小容量进行高效率发电的方式。将燃气轮机和汽轮机联合起来的发电方式, 已在四国电力公司坂出火力发电厂和国营铁路川崎火力发电厂等处实际使用。

(4) 就是所谓的生物质能, 指的是可作为能源利用的陆生和水生植物、农畜废物、城市有机垃圾等。它们是很有希望的新能源。把这些材料转换为沼气和酒精的技术正在探讨。

(5) 由于功率因数的高低而产生的生产成本的差价反映到电费中来的就是功率因数增减制度。在供电规程中, 功率因数以85%为基准, 根据低于或高于这一基准而增减基本电费。

〔指导〕

1. 电力单耗按下列公式计算。

$$\text{电力单耗} = \frac{\text{用电量[kWh]}}{\text{生产量[例如 t, m}^3\text{]}}$$

上式的倒数, 表示每千瓦时电的产量, 亦即工厂的生

产效率。以此值来评价各种电力使用合理化措施的效果。

为了降低单耗，可以考虑的措施有：避免停电和机器故障，提高机器的开动率；防止电动机空转和关掉不需要的照明电灯；大力降低废品率，提高成品率；通过改进生产工艺和提高自动化程度等，以提高负荷率；减少受电设备、变电设备和配电设备的电力损失；引进省电的机器等。

2. 根据热力学第二定律，“通过循环，从低热源取走热，而移给高热源以等量的热，除依靠从外部做功外，别无它法。”亦即在自然界里，热从低的一方，向高的一方移动时必须做功。

以气体或液体为工质的热能同动能之间的相互转换，是通过流体的膨胀、压缩而做功，从而引起工质改变的循环来进行的。这种循环有以下两种：（1）用机械能从低温物体取走热能，使其向高温物体移动的制冷循环；（2）将高温源的热能转变为机械能的热循环。

在冷冻循环方面，用动能 L 从低温侧取走热能 Q_1 ，以热能 Q_2 移给高温侧时，则 $Q_2 = Q_1 + L$ 。在这种循环中，以使用 Q_1 为目的的装置为冷冻机，使用 Q_2 的装置及 Q_1 、 Q_2 两方都使用的装置为热泵。把模拟水泵从低温处向高温处送热的动作称之为热泵。

3. 火力发电厂大多设置燃气轮机作为备用电源。由于使用的是开放型燃气轮机，因此排气的温度高、损失大，纯热效率只有20~26%。

有效地利用这种排气的有排气循环和增压锅炉循环两种方式。由于增压锅炉循环同排气循环相比，在使用上有困难，因此较多采用排气循环。

开放型简单循环的燃气轮机，由于排气温度高，而且遗

留下16~18%的空气中的氧气，因此可作为锅炉的燃烧用空气使用并产生蒸汽。

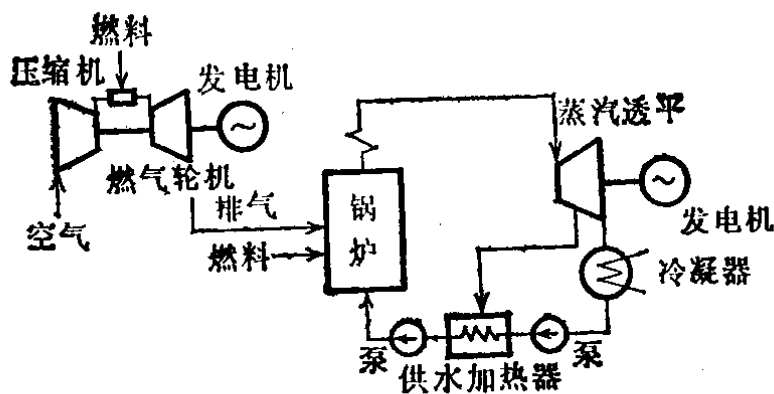


图1.1 排气联合循环

循环的形式如图 1.1 所示，燃气轮机一面发电一面起着锅炉鼓风机的作用，燃气轮机的排气由同容量的汽轮机设备加以有效地利用形成联合循环，象这样，把两个以上的热循环组织到一起的循环，称之为联合循环，这种办法可提高设备效率 3~5 %。

4. Biomass 是由生命(Bio)和质量(mass)组成的词，可译为生物量。从整个地球来看，可以说是在进行植物（生产者）→动物（消费者）→微生物（还原者或分解者）的物质循环，参加这种物质循环的一切生物有机体为生物量。

从能源资源的观点来看，“生物依靠固有的机能把太阳能转化为有机物的量”叫做生物量，也就是可再生资源。属于这类资源的有森林资源，生产碳氢化合物的资源，油料作物，碳化氢系统的植物和水生植物等。

5. 当功率因数不佳时，供给同一功率的电流值就变大，因而增加电源的供给损失。并且，由于电流变大，有关的设备容量也要变大，从而增加设备费用。将增加的费用反映到电费中去的办法，就是试题中所提的制度。

电费一般分为基本费(数额一定)和与用电量成比例的电
量费。基本费的计算公式如下:

$$\begin{aligned} & \{ \text{一般费用单价} \times \text{基准电量} + \text{特别费用单价} \times \\ & \times (\text{合同电量} - \text{基准电量}) \} \times \\ & \times \frac{185 - \text{功率因数}}{100} \end{aligned}$$

功率因数为 85 % 时, 系数变成 1.0, 比 85 % 高时便宜, 比 85 % 低时贵。

从上述计算公式可知, 功率因数达到 100 % 时, 电费比基准值减少 15 %。

二、电工理论及控制理论

题3. 参照解答例子写出应填入下文 中的关于控制理论的恰当答案。

(解答例子: 13—— $\lg \omega$)

传递因子的频率响应, 可以用称之为频率传递函数的复变量来表示。

频率传递函数等于以 1 替换传递函数中 2 的结果。频率传递函数 $G(j\omega)$ 的图形表示, 有代表性的方法, 有以下几种:

(1) 3 : 在复平面上改变 $\omega (\omega = -\infty \sim +\infty)$ 复向量 $G(j\omega)$ 的端点所画出的轨迹。

(例) 4 因子的轨迹与复平面上的虚轴相重合。

(2) 5 : 在横轴取 $\lg \omega$, 在纵轴取增益 = 6 [dB] 及相位角 = 7 [度] 所画出的两条曲线作为一组的图。

(例)当 $G(j\omega) = \frac{1}{1+j\omega T}$ 时, 增益特性在 $0 \leq \omega \leq$

8 时为一平行于横轴的直线, 在 9 $\leq \omega$ 时, 可以用斜率为 10 的向下倾斜的直线近似地表示。

(3) 增益-相位图: 于 11 轴取增益, 于 12 轴取相位角, 以 ω 作为参数所画出的图。

〔答案〕

1. $j\omega$;
2. s ;
3. 向量图(乃奎斯特图);
4. 微分, 积分;
5. 伯德图;
6. $20 \lg |G(j\omega)|$;
7. $\angle G(j\omega)$;
8. $\frac{1}{T}$;
9. $\frac{1}{T}$;
10. $20 [\text{dB}/\text{十倍频程}(\text{dec})]$;
11. 纵;
12. 横。

〔指导〕

如果得到系统传递函数 $G(s)$, 即能很快求出频率传递函数。频率传递函数是以 $j\omega$ 替换传递函数中的 s 所得之复变量 $G(j\omega)$ 。为了将宽频域范围的频率响应直观地表达清楚, 使用频率响应图来表示。其中, 有代表性的为向量图(亦称乃奎斯特图)、伯德图及增益-相位图。

向量轨迹: 使 ω 从 $-\infty$ 变化到 $+\infty$, 在复平面上向量 $G(j\omega)$ 的端点所描绘的轨迹叫向量图或乃奎斯特图。 ω 由 $-\infty \sim 0$ 的向量轨迹与 ω 由 $0 \sim +\infty$ 的向量轨迹对称于 x 轴。微分因子 $G(s) = s$ 的频率传递函数 $G(j\omega) = j\omega$ 和积分因子 $G(s) = 1/s$ 的频率传递函数 $G(j\omega) = 1/j\omega$ 的向量轨迹

与复平面上的虚轴相重合。

伯德图：为获得宽频域范围的特性，在横轴取 $\lg \omega$ ，在纵轴取增益 $g = 20 \lg |G(j\omega)|$ 与相位角 $\theta = \angle G(j\omega)$ 所描绘的曲线作为一组的图。将频率变化 10 倍的频率范围叫做 1 个十倍频程 (1 dec)，并且把频率变化 2 倍的频率范围叫做 1 个倍频程 (1 oct)，以此作为频率的度量单位。绘制 $G(s) = K/(Ts + 1)$ 的伯德图，其增益 g 和相位角 θ 为

$$g = 20 \lg \left| \frac{K}{j\omega T + 1} \right| = 20 \lg \left| \frac{K}{\sqrt{(\omega T)^2 + 1}} \right|$$

$$= 20 \lg |K| - 10 \lg |(\omega T)^2 + 1| \quad (1)$$

$$\theta = \text{tg}^{-1}(-\omega T) \quad (2)$$

式(1)在 $\omega T \ll 1$ 时， $(\omega T)^2 \approx 0$ ，

$$g = 20 \lg |K| - 10 \lg 1 = 20 \lg |K| \quad (3)$$

式(1)在 $\omega T \gg 1$ 时，可将 1 忽略，

$$g = 20 \lg |K| - 10 \lg |(\omega T)^2|$$

$$= 20 \lg |K| - 20 \lg |\omega T| \quad (4)$$

从式(3)和式(4)可得，增益特性在 $0 \leq \omega < 1/T$ 时，为一平行于横轴的直线 $20 \lg |K|$ ，在 $1/T \leq \omega$ 时，增益特性可以

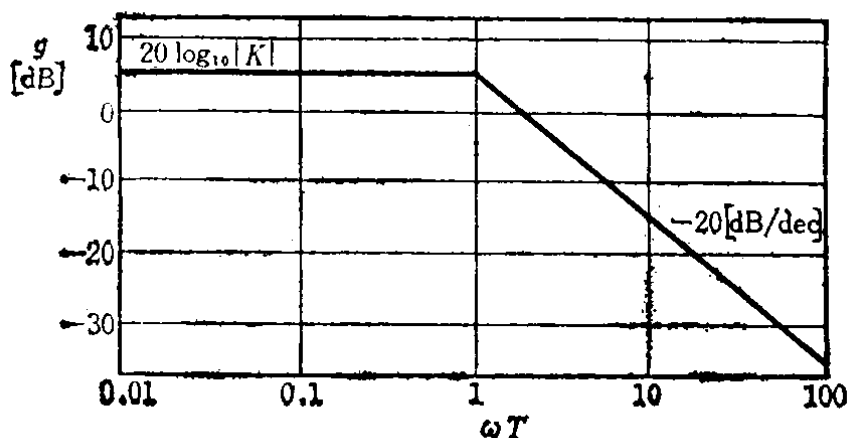


图1.2 $K/(Ts + 1)$ 的增益图

近似为斜率为 $20[\text{dB/dec}]$ 的向下倾斜的直线。 $\omega = \frac{1}{T}$ 叫做角频率。图1.2为 $K/(Ts + 1)$ 的增益图。

增益-相位图：增益-相位图是横轴取相位(度)，纵轴取增益 $[\text{dB}]$ ，使 ω 由 $0 \sim \infty$ 变化所描绘的曲线，该曲线以 ω 为参数进行标度。

题4. 如图 1.3 所示，把某具有滞后功率因数的负荷同感抗 $j = 10[\Omega]$ 并联接成的电路，输入 $200[\text{V}]$ 的交流电压，各分路电流表 A_1 、 A_2 、 A_3 的读数分别为 $18[\text{A}]$ 、 $20[\text{A}]$ 、 $34[\text{A}]$ ，求负荷的无功功率、有功功率及功率因数。

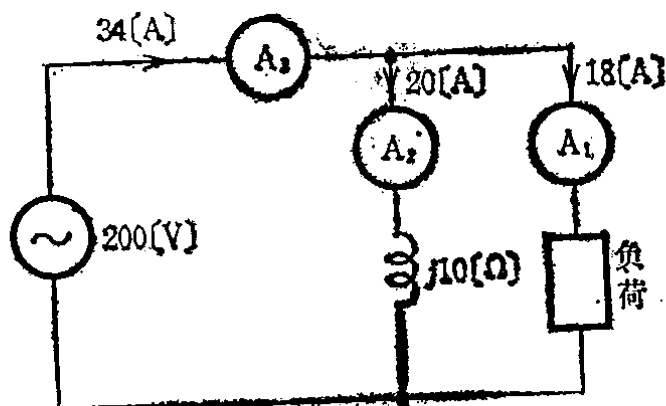


图 1.3

〔答案〕

设负荷的功率因数为 $\cos\theta$ ，则各电流的向量如图1.4所示。从图 1.4 来看下式成立。

$$\begin{aligned} & \sqrt{(18\cos\theta)^2 + (20 + 18\sin\theta)^2} \\ &= 34 \end{aligned} \quad (1)$$

将等式两边分别平方，并整理之，则

$$\begin{aligned} 18^2\cos^2\theta + 20^2 + 2 \times 20 \times 18\sin\theta + 18^2\sin^2\theta &= 34^2 \\ 18^2(\cos^2\theta + \sin^2\theta) + 2 \times 20 \times 18\sin\theta &= 34^2 - 20^2 \end{aligned}$$

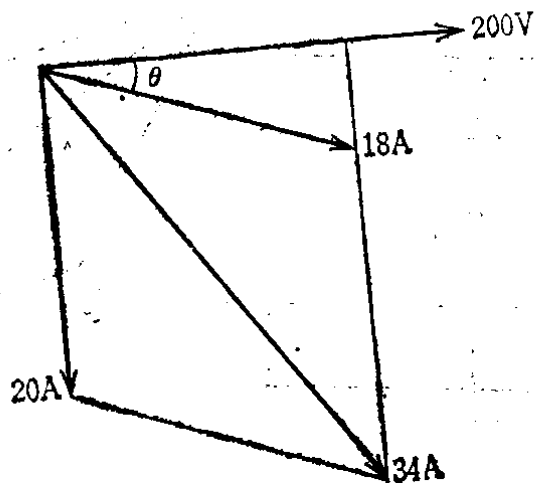


图 1.4

$$\sin\theta = \frac{34^2 - 20^2 - 18^2}{2 \times 20 \times 18} = 0.6 \quad (2)$$

$$\text{从而 } \cos\theta = \sqrt{1 - 0.6^2} = 0.8 \quad (3)$$

负荷的无功功率 Q 为

$$Q = 200 \times 18 \times 0.6 = 2160(\text{var})$$

负荷的有功功率 P 为

$$P = 200 \times 18 \times 0.8 = 2880[\text{W}]$$

〔答〕负荷的无功功率为 2160 [var];

负荷的有功功率为 2880 [W];

负荷的功率因数为 0.8。

〔指导〕

关于交流电压及电流问题，一般以画向量图的方法进行解答最为普遍。这时，在并联电路将电压作为基准向量，在串联电路将电流作为基准向量。

如图 1.5 (a)，将负荷 $\dot{Z}_1$ 及 $\dot{Z}_2$ 连接于电源电压 $\dot{V}$ 时，通过 $\dot{Z}_1$ 的电流 $\dot{I}_1$ 比电压 $\dot{V}$ 滞后 θ_1 ， $\dot{Z}_2$ 的电流 $\dot{I}_2$ 比电压 $\dot{V}$ 滞后 θ_2 。这个电路的电流的向量图若取电压 $\dot{V}$ 为基准向量，则如图 1.5 (b) 所示。

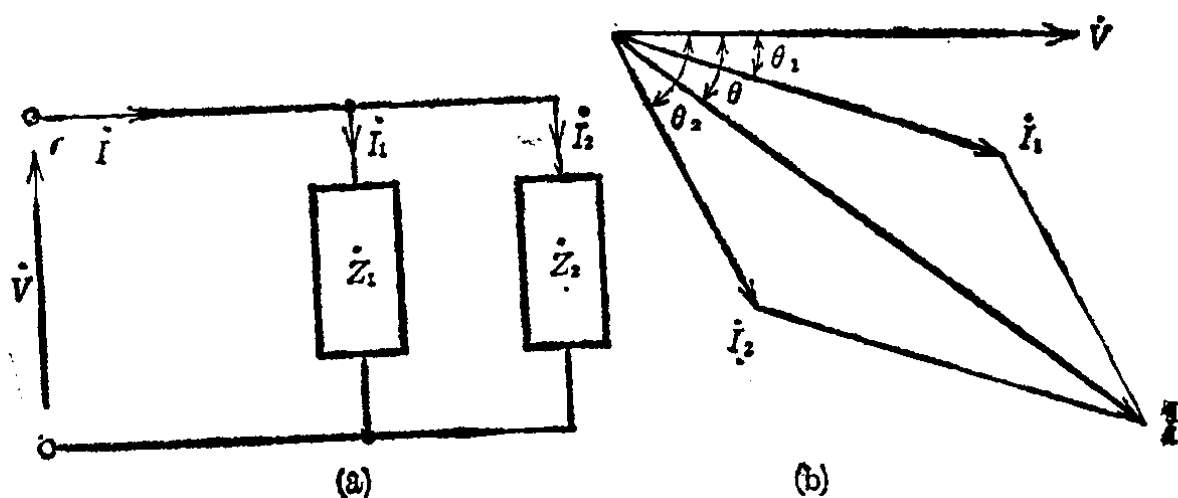


图 1.5

从向量图可知 $\dot{I}_1$ 和 $\dot{I}_2$ 的合成电流 $\dot{I}$ 为,

$$\begin{aligned}\dot{I} &= \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = \dot{I}_1 \cos \theta_1 - j \dot{I}_1 \sin \theta_1 + \dot{I}_2 \cos \theta_2 - j \dot{I}_2 \sin \theta_2 \\ &= (\dot{I}_1 \cos \theta_1 + \dot{I}_2 \cos \theta_2) - j(\dot{I}_1 \sin \theta_1 + \dot{I}_2 \sin \theta_2)\end{aligned}\quad (1)$$

若从式(1)求 I 的绝对值, 则

$$I = \sqrt{(\dot{I}_1 \cos \theta_1 + \dot{I}_2 \cos \theta_2)^2 + (\dot{I}_1 \sin \theta_1 + \dot{I}_2 \sin \theta_2)^2} \quad (2)$$

合成电流 I 相对于参考电压 V 的滞后角 θ 即为

$$\theta = \operatorname{tg}^{-1} \frac{\dot{I}_1 \sin \theta_1 + \dot{I}_2 \sin \theta_2}{\dot{I}_1 \cos \theta_1 + \dot{I}_2 \cos \theta_2} \quad (3)$$

由于此试题的 $\dot{Z}_1$ 为 $10[\Omega]$ 的纯电感而无电阻部分, 因此, 电流比电压滞后 90° , I_1 为 $20[A]$, 通过 Z_2 的负荷电流 I_2 为 $18[A]$, 合成电流为 $34[A]$, 电源电压为 $200[V]$, 因此若把负荷电流相对于电压的滞后角计为 θ , 则答案的向量图可以画出。

由向量图可得出下式。

$$\sqrt{(18 \cos \theta)^2 + (20 + 18 \sin \theta)^2} = 34 \quad (4)$$

解式(4)得, $\sin \theta = 0.6$, 则功率因数 $\cos \theta$ 为

$$\cos \theta = \sqrt{1 - \sin^2 \theta} \quad (5)$$

负荷的无功功率 Q 为

$$Q = VI\sin\theta \text{ [var]} \quad (6)$$

负荷的有功功率 P 为

$$P = VI\cos\theta \text{ [W]} \quad (7)$$

三、工厂配电

题5. 参照解答例子写出应填入下文 [] 中的正确的字句。

(解答例子: 11——基波)

大容量的可控硅装置连接于配电线路, 负荷电流除基波成分外, 还应包含 [1] 的成分。此电流流入配电线路, 由于线路的 [2], 负荷端电压的波形成为 [3], 给予其它负荷设备以坏的影响。特别是由于配电线路和变压器的 [4] 性电抗和改善功率因数的 [5] 性电抗的 [6], 特定的高次谐波电流将变得异常大, 不但线路的损失增大, 而且用于改善功率因数的电容器, 会因过电流而引起 [7] 等故障。为了防止这样的故障, 以改变 [8] 为目的, 采取在电容器回路中安装 [9] 或改变系统等措施。此外也有采用在连接于高次谐波发生器的负荷母线上安设 [10] 的方法。

〔答案〕

- | | |
|-----------|----------|
| 1. 高次谐波; | 2. 阻抗; |
| 3. 畸形波形; | 4. 电感; |
| 5. 电容; | 6. 共振; |
| 7. 过热; | 8. 谐振点; |
| 9. 滤波扼流圈; | 10. 滤波器。 |

〔指导〕