

安徽电气工程职业技术学院

2020 至 2021 学年第 一 学期

电工技术（二） 课程

教

案

总学时 / 周学时： 32 / 4

开课时间： 2020 年 09 月 14 日第 1 周至第 8 周

授课年级、专业、班级： 19 供电秋季 2 班/19 供电 1 班

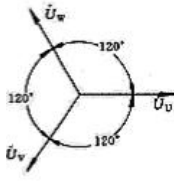
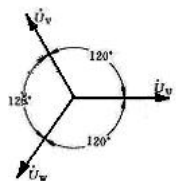
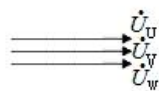
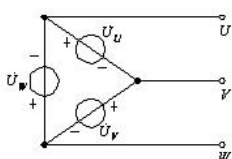
使用教材： 电工技术基础

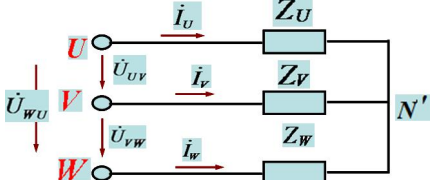
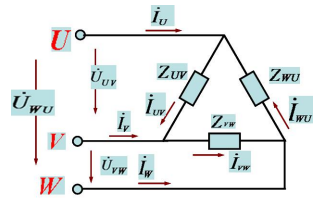
授课教师： 冯春祥

系 部： 电 力工程系

教 案（首页）

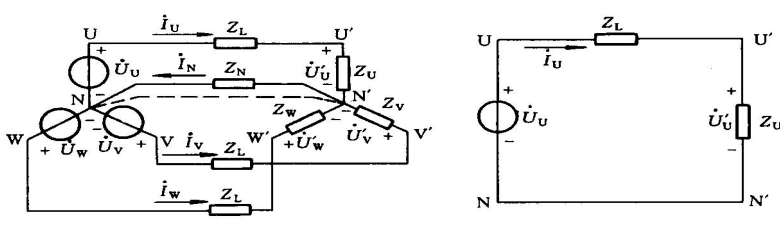
课程名称	电工技术（二）			总计： 32 学时
课程类别	职业（技术）基础课	考核性质	考试	讲课： 28 学时 实验： 4 学时 上机： 学时
任课教师	冯春祥	职称	讲师	
授课对象	专业班级： 19 级供电专业 1 班 秋季 2 班 共 2 个班			
教材参考 和资料 主要	电工技术基础 徐忠民、陈晶主编 合肥工业大学出版社 电工基础 王世才编 中国电力出版社 电工基础 白乃平编 西安电子科技大学出版社 电路 邱关源主编 高等教育出版社（第四版） 电路基础 胡翔骏主编 高等教育出版社			
教和学要 求的	1、了解三相交流电源的产生和特点,学会三相交流电路分析和计算的方法; 2. 掌握非正弦周期电路的谐波分析法,学会非正弦周期电流电路的基本计算。 3、了解耦合系数、同名端的概念,掌握同名端的意义与测量方法;学会含耦合电感元件的正弦交流电路的计算; 4、了解铁磁性物质性质,掌握磁路的基本概念及基本定律;学会交流铁心线圈的电路模型分析方法。			
教及学难 重点	1、三相电源的线电压和相电压的关系;对称三相电路的特点及电压、电流、功率的计算方法; 2、用傅里叶级数将非正弦周期量分解为谐波的方法;非正弦周期电流电路的计算。 3、耦合系数、同名端的概念及同名端测量方法;含耦合电感元件的正弦交流电路的计算; 4、磁路及磁路定律,铁磁性物质的磁化曲线的测定,交流铁心线圈的电路模型分析。 5、			

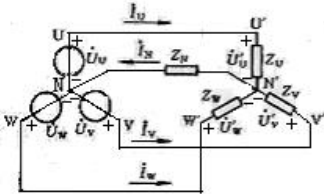
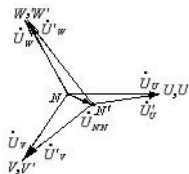
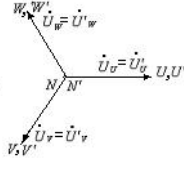
课次	1	班级	19 供电秋 季 2 班/19 供电 1 班	时间	2020. 09. 14(周一 3-4 节)/305
授课方式 (请打√)	理论课 <input checked="" type="checkbox"/> 讨论课 <input type="checkbox"/> 习题课 <input type="checkbox"/> 实验课 <input type="checkbox"/> 实训课 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>				
授课题目： <div>任务四 三相交流电路测试（一）</div> <div>一、三相电路的基本概念</div>					
教学目的、要求： 熟悉:对称三相正弦电压的产生 掌握:1、对称三相正弦量的特点及相序 2、三相电源、负载和电路的连接方式					
教学重点及难点： 重点：对称三相正弦量的特点及相序 难点：对称三相正弦电压的产生					
教 学 过 程					时间
1° 课程介绍，引入新课。					5min
2° 新课： <div>项目二 交流电路测试</div> <div>任务四 三相交流电路测试（一）</div> <div>一、三相电路的基本概念</div> <div>1. 对称三相电源</div> <div>对称三相电源是指三个频率相同、幅值相等而相位依次相差 120° 的交流电源。</div> <div>$u_U = \sqrt{2}U \sin \omega t \quad u_V = \sqrt{2}U \sin(\omega t - 120^\circ) \quad u_W = \sqrt{2}U \sin(\omega t + 120^\circ)$</div> <div>若以 U 相位参考相量，则上述对称三相正弦电压的相量式为</div> <div>$\dot{U}_U = U \angle 0^\circ \quad \dot{U}_V = U \angle -120^\circ \quad \dot{U}_W = U \angle 120^\circ$</div> <div>对称三相正弦电压的瞬时值之和及相量之和均为零，即</div> <div>$u_U + u_V + u_W = 0 \qquad \dot{U}_U + \dot{U}_V + \dot{U}_W = 0$</div>					25min
2. 三相正弦量的相序					20min
三相正弦量的相序有三种，分别是：正序、负序以及零序。					
<div><div></div><div></div><div></div></div> <div>(a) 正 序 (b) 负 序</div>					15min
(c)零序					
3. 三相电源的星形连接和角形连接					
(1) 三相电源的星形（Y）连接					
将三相电源的一端连在一起，另外一端向外引出三					

<p>根端线 U、V、W，称为三相电源的星形联接。</p> <p>(2) 三相电源的三角形 (Δ) 连接 特点：线电压=相电压</p> <p>例题 2-18 2-19</p> <p>4. 三相负载的星形连接和角形连接</p> <p>(1) 三相负载的星形 (Y) 连接</p>  <p style="text-align: center;">三相负载的星形连接</p> <p>(2) 三相电源的三角形 (Δ) 连接</p>  <p style="text-align: center;">三相负载的三角形连接</p> <p>5. 三相电路的基本接线方式</p> <p>三相电源和三相负载之间可有五种基本组合方式</p> <p>$Y-Y$, Y_0-Y_0, $Y-\Delta$, $\Delta-\Delta$, $\Delta-Y$</p> <p>(1) 三相三线制 (2) 三相四线制</p> <p>3° 课堂小节:</p>	<p>15min</p> <p>10min</p> <p>5min</p>
<p>作业、讨论题、思考题:</p> <p>2-2</p>	
<p>课后小结</p> <p>按要求完成教学内容，达到预期的教学效果与目的。</p>	

课次	2	班级	19 供电秋季 2 班/19 供电 1 班	时间	2020.009.16 (周三 1-2 节)/305
授课方式 (请打√)	理论课 <input checked="" type="checkbox"/> 讨论课 <input type="checkbox"/> 习题课 <input type="checkbox"/> 实验课 <input type="checkbox"/> 实训课 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>				
授课题目:	任务四 三相交流电路测试 (二) 二、三相电路中的电压和电流关系				
教学目的、要求:					
掌握: 三相电路星形连接和角形连接时线电压与相电压、相电流与线电流的关系					
教学重点及难点:					
重点: 三相电路中的电压和电流					
难点: 三相电路中的电压和电流					
教 学 过 程					时间
1° 复习上次课的内容, 引入新课。					5min
2° 新课: 项目二 交流电路测试					
任务四 三相交流电路测试 (二)					
二、三相电路的电压和电流的关系					
1、星形连接的电压和电流					30min
(1) 线电压与相电压的关系					
1) 相电压: 三相电路中, 每相电源绕组的首端与末端之间的电压称为电源的相电压。每相负载两端的电压称为负载的相电压。					
2) 线电压: 三相电源的任意两条端线间的电压称为电源的线电压。三相负载的任意两条端线间的电压称为负载的线电压。					
3) 相电流: 流过每相电源绕组的电流称为电源的相电流。流过每相负载的电流称为负载的相电流。					
4) 流过端线的电流称为线电流。					
5) 流过中线的电流称为中线电流。					
6) 星形连接的三相电源的线电压的瞬时值与相电压的瞬时值之间的关系:					
$u_{uv} = u_U - u_V \quad u_{vw} = u_V - u_W \quad u_{wu} = u_W - u_U$					
7) 星形连接的三相电源的线电压的瞬时值与相电压的相量之间的关系:					
$\left. \begin{aligned} \dot{U}_{UV} &= \dot{U}_U - \dot{U}_V \\ \dot{U}_{VW} &= \dot{U}_V - \dot{U}_W \\ \dot{U}_{WU} &= \dot{U}_W - \dot{U}_U \end{aligned} \right\} \text{对称时} \left\{ \begin{aligned} \dot{U}_{UV} &= \sqrt{3} \dot{U}_U \angle 30^\circ \\ \dot{U}_{VW} &= \sqrt{3} \dot{U}_V \angle 30^\circ \\ \dot{U}_{WU} &= \sqrt{3} \dot{U}_W \angle 30^\circ \end{aligned} \right.$					
$U_{UV} = 2U_0 \cos 30^\circ = \sqrt{3} U_0 \quad U_l = \sqrt{3} U_p$					
(2) 线电流与相电流及中线电流的关系					
星形连接的三相电路中的线电流就是相应的相电流, 即					
$I_L = I_P$					

<p>若线电流是一组正弦对称电流，则有 $\dot{I}_N = \dot{I}_U + \dot{I}_V + \dot{I}_W = 0$</p> <p>2、三角形连接的电压和电流</p> <p>(1) 线电压和相电压的关系</p> <p>三角形连接的三相电源和三相负载的线电压就是相应的相电压，即</p> $U_P = U_L$ <p>(2) 线电流与相电流的关系</p> $\left. \begin{aligned} i_U &= i_{VU} - i_{UW} \\ i_V &= i_{WV} - i_{VU} \\ i_W &= i_{UW} - i_{WV} \end{aligned} \right\} \text{或} \left. \begin{aligned} \dot{I}_U &= \dot{I}_{VU} - \dot{I}_{UW} \\ \dot{I}_V &= \dot{I}_{WV} - \dot{I}_{VU} \\ \dot{I}_W &= \dot{I}_{UW} - \dot{I}_{WV} \end{aligned} \right\} \text{对称时} \left. \begin{aligned} \dot{I}_U &= \sqrt{3} \dot{I}_{VU} \angle -30^\circ \\ \dot{I}_V &= \sqrt{3} \dot{I}_{WV} \angle -30^\circ \\ \dot{I}_W &= \sqrt{3} \dot{I}_{UW} \angle -30^\circ \end{aligned} \right\}$ $I_L = \sqrt{3} I_P$ <p>例题：2-20 2-21</p> <p>3° 小结</p>	<p>20min</p> <p>30min</p> <p>5min</p>
<p>作业、讨论题、思考题：</p> <p>2-8、2-9</p>	
<p>课后小结：</p> <p>按要求完成教学内容，达到预期的教学效果与目的。</p>	

课次	3	班级	19 供电秋 季 2 班/19 供电 1 班	时间	2020. 09. 18(周五 1-2 节)/305
授课方式 (请打√)	理论课 <input checked="" type="checkbox"/> 讨论课 <input type="checkbox"/> 习题课 <input type="checkbox"/> 实验课 <input type="checkbox"/> 实训课 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>				
授课题目:	任务四 三相交流电路测试 (三) 三、三相电路 的计算				
教学目的、要求:	掌握: 对称三相电路的特点及分析计算; 熟悉: 对称三相电路的计算步骤				
教学重点及难点:	重点: 对称三相电路的特点及分析计算 难点: 对称三相电路的分析计算				
教 学 过 程					时间
1° 复习上次课的内容, 引入新课。					5min
2° 新课: 项目二 交流电路测试 任务四 三相交流电路测试 (三)					
三、对称三相电路的计算					
(一) 对称三相电路的计算					25min
1、对称三相电路的特点					
设三相电压源的电压分别为					
$\dot{U}_U = U \angle 0^\circ, \quad \dot{U}_V = U \angle -120^\circ, \quad \dot{U}_W = U \angle 120^\circ$					
					
对称三相负载的复阻抗为 $Z_U = Z_V = Z_W = Z$					
则 $\begin{cases} \dot{U}'_U = Z \dot{I}_U \\ \dot{U}'_V = Z \dot{I}_V = \dot{U}'_U \angle -120^\circ \\ \dot{U}'_W = Z \dot{I}_W = \dot{U}'_U \angle 120^\circ \end{cases}$					
负载上的线电压 $\begin{cases} \dot{U}'_{UV} = \sqrt{3} \dot{U}'_U \angle 30^\circ \\ \dot{U}'_{VW} = \sqrt{3} \dot{U}'_V \angle 30^\circ = \dot{U}'_{UV} \angle -120^\circ \\ \dot{U}'_{WU} = \sqrt{3} \dot{U}'_W \angle 30^\circ = \dot{U}'_{UV} \angle 120^\circ \end{cases}$					
在对称三相电路中, 线电压、相电压、线电流、相电流等各组电压和电流都是和电源相电压同相序的对称量。因此, 计算对称三相电路, 只需计算其中一相电路。求出一相的电压、电流后, 根据对称性, 就可以写出另外两相的相应的电压和电流; 再根据线电压与相电压、线电流与相电流之间的关系, 求出线电压和线电流。					
2、对称三相电路的计算步骤					15min

课次	4	班级	19 供电秋季 2 班/19 供电 1 班	时间	2020.09.21(周一 3-4 节)/104
授课方式 (请打√)	理论课 <input checked="" type="checkbox"/> 讨论课 <input type="checkbox"/> 习题课 <input type="checkbox"/> 实验课 <input type="checkbox"/> 实训课 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>				
授课题目:	任务四 三相交流电路测试(四) 三、三相电路的计算(二)				
教学目的、要求:	了解: 不对称三相电路, 掌握对称分量法				
教学重点及难点:	重点: 对称分量法 难点: 对称分量法				
教 学 过 程					时间
1° 复习上次课的内容, 引入新课。					5min
2° 新课: 项目二 交流电路测试 任务四 三相交流电路测试(三)					40min
四、对称三相电路的计算 (二) 不对称三相电路简介					
1、不对称电路的特点					
1) 不对称电路: 在三相电路中, 当电源不对称或三相负载在不对称时, 就组成不对称三相电路。					
2) 计算方法: 采用一般电路的计算方法(因节点数较少, 宜采用节点电压法)					
<div></div> <div></div> <div></div>					
应用弥尔曼定理, 求得负载中性点 N' 与电源中性点 N 之间的电压					
<div>$\dot{U}_{N'N} = \frac{\frac{\dot{U}_U}{Z_U} + \frac{\dot{U}_V}{Z_V} + \frac{\dot{U}_W}{Z_W}}{\frac{1}{Z_U} + \frac{1}{Z_V} + \frac{1}{Z_W} + \frac{1}{Z_N}}$</div> <div>三相负载上的相电压</div> <div>$\left. \begin{aligned} \dot{U}'_U &= \dot{U}_U - \dot{U}_{N'N} \\ \dot{U}'_V &= \dot{U}_V - \dot{U}_{N'N} \\ \dot{U}'_W &= \dot{U}_W - \dot{U}_{N'N} \end{aligned} \right\}$</div>					
三相负载的相电流, 负载线电流等于相电流, 它们是:					
$\dot{I}_U = \frac{\dot{U}'_U}{Z_U}, \dot{I}_V = \frac{\dot{U}'_V}{Z_V}, \dot{I}_W = \frac{\dot{U}'_W}{Z_W}$ 中线电流, 即 $\dot{I}_N = \dot{I}_U + \dot{I}_V + \dot{I}_W$					
例题讲解					
3° 小结					
作业、讨论题、思考题:					
2-32、2-33					
课后小结					
按要求完成教学内容, 达到预期的教学效果与目的。					

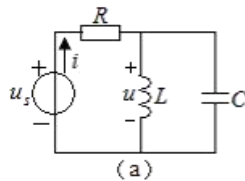
课次	5	班级	19 供电秋季 2 班 /19 供电 1 班	时间	2020. 09. 23 (周三 1-2 节) /305
授课方式 (请打√)	理论课 <input type="checkbox"/> √ 讨论课 <input type="checkbox"/> 习题课 <input type="checkbox"/> 实验课 <input type="checkbox"/> 实训课 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>				
授课题目:	任务四 三相交流电路测试 (五) 四、三相电路的功率				
教学目的、要求:	掌握: 三相电路的功率的计算 熟悉三相电功率测量的方法				
教学重点及难点:	重点: 对称三相电路的功率的计算 难点: 对称三相电路的功率的计算,				
教 学 过 程					时间
1° 复习上次课的内容, 引入新课。					5min
2° 新课: 任务四 三相交流电路测试 (四) 四、三相电路的功率					60min
1. 三相电路的有功功率 三相正弦交流电路总的有功功率等于各相的有功功率之和, 即					
$P = P_U + P_V + P_W = U_U I_U \cos \varphi_U + U_V I_V \cos \varphi_V + U_W I_W \cos \varphi_W$					
对称三相电路的有功功率表示为 $P = 3P_U = 3U_P I_P \cos \varphi_P$					
2. 三相电路的无功功率 三相电路的总的无功功率等于各相的无功功率之和, 即					
$Q = Q_U + Q_V + Q_W = U_U I_U \sin \varphi_U + U_V I_V \sin \varphi_V + U_W I_W \sin \varphi_W$					
对称三相正弦交流电路的无功功率可表示为 $Q = 3Q_U = 3U_P I_P \sin \varphi_P$					
3. 三相电路的视在功率 对称三相正弦交流电路的视在功率为 $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 3U_P I_P = \sqrt{3}U_L I_L$					
4. 对称三相电路的瞬时功率的特点 $p = 3U_P I_P \cos \varphi_P = \sqrt{3}U_L I_L \cos \varphi_P$					
这一结果表明, 对称三相正弦交流电路的瞬时功率是一个不随时间变化的常数, 其值等于有功功率。对于发电机或电动机而言, 在转速一定的情况下, 输出或输入的瞬时功率恒定就意味着与之对应的转矩恒定。转矩恒定, 电机才能平稳地转动而避免震动。这也是对称三相电路的优点之一。					
例 2-27 讲解					20min
五、三相电路功率测量 1、一瓦特表法: 2、两瓦特表: 3、三瓦特表法					
3° 小结:					5min
作业、讨论题、思考题:					
2-35、2-37					
课后小结:					
按要求完成教学内容, 达到预期的教学效果与目的。					

课次	6	班级	19 供电秋季 2 班/19 供电 1 班	时间	2020. 09. 25(周五 1-2 节)/305
授课方式 (请打√)	理论课□ 讨论课□ 习题课□√ 实验课□ 实训课□ 其他□				
授课题目:	项目二 交流电路测试 习题课				
教学目的、要求:	掌握对称三相电路的电压、电流及功率的计算, 熟悉三相电路的连接, 了解不对称三相电路				
教学重点及难点:	重点: 对称三相电路的电压、电流及功率的计算 难点: 对称三相电路的电压、电流及功率的计算				
教 学 过 程					时间
1° 复习项目二三相电路测试单元相关的内容, 引入新课。					5min
2° 新课:					
项目二: 习题课 (1)					
1、对称星形连接的三相电路, 已知电源线电压为 380V, 负载阻抗 $Z_L = (14 + j10) \Omega$, 线路阻抗 $Z = (2 + j2) \Omega$, 中线阻抗 $Z_N = (2 + j1) \Omega$, 求负载的线电压、相电压、线电流、相电流。					20min
1) 分析 2) 解题过程讲解 3) 总结					
2、已知负载星形连接对称三相正弦交流电路中, 电源线电压 = 380V、负载阻抗 $Z = 16 + j12 \Omega$, 试求: 三相有功功率、无功功率、视在功率和电路功率因数。					20min
1) 分析 2) 解题过程讲解 3) 总结					
3、一组对称三角形负载, $Z = 109 \angle 53.13^\circ \Omega$, 现接在对称三相电源上, 测得线电压为 380V, 相电流为 3.5A, 试求 (1) 电动机的功率因数 (2) 有功功率、无功功率及视在功率。					20min
1) 分析 2) 解题过程讲解 3) 总结					
4、一台三相异步电动机接于线电压为 380V 的对称三相电源上运行, 测得线电流为 202A, 输入功率为 110kW, 试求电动机的功率因数、无功功率及视在功率					20min
3° 小结					5min
作业、讨论题、思考题:					
2-35、2-37					
课后小结:					
按要求完成教学内容, 达到预期的教学效果与目的。					

课次	7	班级	19 供电秋季 2 班 /19 供电 1 班	时间	2020. 09. 28(周一 3-4 节)/104
授课方式 (请打√)	理论课 <input checked="" type="checkbox"/> 讨论课 <input type="checkbox"/> 习题课 <input type="checkbox"/> 实验课 <input type="checkbox"/> 实训课 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>				
授课题目:	项目二 交流电路测试 任务五: 谐波分析与测试 (一)				
教学目的、要求:	1. 了解: 常见非正弦周期信号和特点: 2. 熟悉: 非正弦周期函数的分解 3. 掌握: 非正弦周期量有效值、平均值和平均功率的计算.				
教学重点及难点:	重点: 非正弦周期量有效值、平均值和平均功率 难点: 非正弦周期函数的分解				
教 学 过 程					时间
1° 复习上次课的内容, 引入新课。					5min
2° 新课: 项目二 交流电路测试 任务五: 谐波分析与测试 (一)					45min
一、非正弦周期量及其分解					
概述:					
非正弦周期信号: 指具有周期性的非正弦信号					
非正弦周期电流电路: 指处理非正弦周期信号的电路					
非正弦周期交流信号的特点: 一不是正弦波, 二按周期规律变化。					
1、常见的几种非正弦周期信号					
1) 尖脉冲 2) 矩形脉冲 3) 锯齿波					
2、非正弦周期函数的分解					
任何满足狄里赫利条件的周期函数都可以展开为傅里叶级数:					
若给出一个周期函数 $f(t)$, 其周期为 T , 角频率 $\omega = 2\pi/T$, 满足狄里赫利条件, 则利用傅里叶级数可展开为:					
$f(t) = a_0 + a_1 \cos \omega t + b_1 \sin \omega t + a_2 \cos 2\omega t + b_2 \sin 2\omega t + \dots$ $+ a_k \cos k\omega t + b_k \sin k\omega t + \dots = a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos k\omega t + \sum_{k=1}^{\infty} b_k \sin k\omega t$					
若将上式中角频率相同的正弦项和余弦项合并, 还可以把的傅里叶级数展开写成另一种形式, 即					
$f(t) = A_0 + A_1 \sin(\omega t + \theta_1) + A_2 \sin(2\omega t + \theta_2) + \dots A_k \sin(k\omega t + \theta_k) + \dots$ $= A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \sin(k\omega t + \theta_k)$					
两种形式系数之间的关系 $A_0 = a_0$ $A_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2}$ $\theta_k = \arctan \frac{a_k}{b_k}$					

<p> $a_k = A_k \sin \theta_k \quad b_k = A_k \cos \theta_k$ </p> <p> 谐波次数 K 为偶数的谐波称为偶次谐波；谐波次数 K 为奇数的谐波称为奇次谐波。根据非正弦周期函数波形的某些特点，可以直观地判断它含有哪些谐波分量，不含哪些谐波分量。这样可使非正弦周期函数的分解得以简化。 </p> <p> 一些典型非正弦周期信号波形及其傅里叶级数 </p> <p> (1) 奇函数的傅里叶级数 (2) 偶函数的傅里叶级数 (3) 奇谐波函数的傅里叶级数 (4) 偶谐波函数的傅里叶级数 </p> <p> 例题 2-28 </p> <p> 二、非正弦周期量的有效值、平均值及电路的平均功率 </p> <p> 1、有效值 $I = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + I_2^2 + \dots}$ </p> <p> 2、平均值 $I_{av} = \frac{1}{T} \int_0^T i dt$ </p> <p> 波形因数 $K_f = \frac{\text{有效值}}{\text{平均值}}$ 波顶因数 $K_A = \frac{\text{最大值}}{\text{有效值}}$ </p> <p> 3、平均功率 $P = U_0 I_0 + \sum_{k=1}^{\infty} U_k I_k \cos \varphi_k$ </p> <p> 4、例题 </p> <p> 3° 小结 </p>	<p>35min</p> <p>5min</p>
作业、讨论题、思考题：2-40	
课后小结 教学过程各部分时间分配比较合理。	

课次	8	班级	19 供电秋季 2 班/19 供电 1 班	时间	2020.09.30(周三 1-2 节)/104
授课方式 (请打√)	理论课 <input checked="" type="checkbox"/> 讨论课 <input type="checkbox"/> 习题课 <input type="checkbox"/> 实验课 <input type="checkbox"/> 实训课 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>				
授课题目:	项目二 交流电路测试 任务五: 谐波分析与测试(二)				
教学目的、要求:	1、熟悉非正弦周期电流电路的谐波分析法 2、掌握非正弦周期电流电路计算方法				
教学重点及难点:	重点: 非正弦周期电流电路的计算方法 难点: 叠加定理的应用				
教 学 过 程					时间
1° 复习上次课的内容, 引入新课。					5min
2° 新课: 项目二 交流电路测试 任务五: 谐波分析与测试(二)					
三、非正弦周期电流电路的计算					5min
1、非正弦周期电流电路的计算采用谐波分析法					20min
2、计算步骤:					
(1) 将给定的非正弦周期电源电压或电流分解为傅里叶级数, 并根据精确度的要求, 截取有限项;					
(2) 分别计算出电源电压或电流的直流分量和各次谐波分量单独作用时电路中所产生的电压和电流;					
(3) 将计算出来的同一条支路的电压或电流的直流分量和各次谐波分量的瞬时值表达式相加, 从而求得在非正弦周期电压或电流作用下的各支路电压和电流					
3、谐波分析法的应用注意:					10min
(1) 电感和电容对于不同频率的谐波呈现不同的阻抗。					
对直流分量, 电感相当于短路, 电容相当于开路;					
对于 k 次谐波, 感抗 $X_{Lk} = k\omega L = kX_{L1}$ 容抗 $X_{Ck} = \frac{1}{k\omega C} = \frac{1}{k}X_{C1}$					
(2) 应用叠加定理求各支路电压或电流时, 只能将同一支路的各电压或电流分量的瞬时值表达式相加, 而不能将各电压分量或电流分量的相量相加。					
4、例题 2-31: 图所示电路中 $u_s = (10 + 100\sqrt{2} \sin \omega t + 20\sqrt{2} \sin 3\omega t) V$					35min
$R = 5\Omega, \omega L = 2\Omega, \frac{1}{\omega C} = 12\Omega$, 求电流 i , 电压 u 和电压源 u_s 输出的平均功率					
3° 本章小结					15min
作业、讨论题、思考题: 2-41					
课后小结					



课次	9	班级	19 供电秋季 2 班/19 供电 1 班	时间	2020. 10. 09(周五 1-2 节)/104
授课方式 (请打√)	理论课 <input checked="" type="checkbox"/> 讨论课 <input type="checkbox"/> 习题课 <input type="checkbox"/> 实验课 <input type="checkbox"/> 实训课 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>				
授课题目:	项目四 交流铁心线圈的测试 任务一 互感电路的测试 (一)				
教学目的、要求:					
1. 掌握: 互感和互感电压, 互感系数、耦合系数及互感电压的计算;					
2. 熟悉: 同名端的概念;					
3. 了解: 互感系数的概念					
教学重点及难点:					
重点: 互感和互感电压, 互感元件的电压与电流的关系;					
难点: 互感元件的电压与电流的关系					
教 学 过 程					时间
1° 复习上次课的内容, 引入新课。					5min
2° 新课: 项目四 交流铁芯线圈的测试 任务一 互感电路的测试 (一)					40min
一、互感和互感电压					
1、互感现象					40min
2、互感系数					
(1) 自感系数: 在线圈中电流的参考方向和自感磁链的参考方向符合右手螺旋定则的情况下, 两线圈自感系数分别为 $L_1 = \frac{\psi_{11}}{i_1}$, $L_2 = \frac{\psi_{22}}{i_2}$					40min
(2) 互感系数: 在互感磁链的参考方向 (即互感磁通的参考方向) 与产生互感磁链的电流的参考方向符合右手螺旋定则的情况下, 耦合线圈的互感系数定义为互感磁链与产生它的电流之比。即 $M_{21} = \frac{\psi_{21}}{i_1}$, $M_{12} = \frac{\psi_{12}}{i_2}$					
3、耦合系数					40min
耦合系数 K 是表示两个线圈之间磁耦合的紧密程度, 其定义式为					
$K = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} \qquad K = \sqrt{\frac{\psi_{21}}{\psi_{22}} \cdot \frac{\psi_{12}}{\psi_{11}}}$					40min
4、互感电压 $u_{12} = \frac{d\psi_{12}}{dt} = M \frac{di_2}{dt}$ $u_{21} = \frac{d\psi_{21}}{dt} = M \frac{di_1}{dt}$					
相量表示: $\dot{U}_{21} = j\omega M \dot{I}_1 = jX_M \dot{I}_1$, $\dot{U}_{12} = j\omega M \dot{I}_2 = jX_M \dot{I}_2$					40min
二、同名端					
1、同名端:					40min
具有磁耦合的两个线圈, 在同一变化磁通 (指的是同时与两线圈交链的磁感					

<p>应线所形成的变化磁通)作用下,产生感应电动势,两线圈中同时为感应电动势的正极或同时为感应电动势的负极的两个端点,称为同极性端,也称同名端。</p> <p>2、同名端测定</p> <p>(1) 直流发 (2) 交流法</p> <p>3° 小结(略)</p>	5min
<p>作业、讨论题、思考题:</p> <p>4-25、4-27</p>	
<p>课后小结</p> <p>教学过程各部分时间分配比较合理。</p>	

课次	10	班级	19 供电秋季 2 班/19 供电 1 班	时间	2020. 10. 19(周一 3-4 节)/104
授课方式 (请打√)	理论课 <input checked="" type="checkbox"/> 讨论课 <input type="checkbox"/> 习题课 <input type="checkbox"/> 实验课 <input type="checkbox"/> 实训课 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>				
授课题目:	项目四 交流铁心线圈的测试 任务一 互感电路的测试 (二)				
教学目的、要求:					
1. 掌握: 互感元件的电压与电流的关系、互感元件的串联和并联的计算;					
2. 熟悉: 互感元件的电压与电流的关系;					
3. 了解: 互感元件的串联或并联					
教学重点及难点:					
重点: 互感元件的串联和并联的计算;					
难点: 互感元件的电压与电流的关系					
教 学 过 程					时间
1° 复习上次课的内容, 引入新课。					5min
2° 新课: 项目四 交流铁芯线圈的测试 任务一 互感电路的测试(二)					30min
二、同名端					
3、互感元件的电压与电流的关系					
$\left. \begin{aligned} u_1 &= \pm L_1 \frac{di_1}{dt} \pm M \frac{di_2}{dt} \\ u_2 &= \pm L_2 \frac{di_2}{dt} \pm M \frac{di_1}{dt} \end{aligned} \right\}$					50min
顺向连接时 $u_1 = u_{11} + u_{12} = L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}$ $u_2 = u_{21} + u_{22} = L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt}$					
反向连接时 $u_1 = u_{11} + u_{12} = L_1 \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_2}{dt}$ $u_2 = u_{21} + u_{22} = L_2 \frac{di_2}{dt} - M \frac{di_1}{dt}$					
$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= \pm j\omega L_1 \dot{I}_1 \pm j\omega M \dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 &= \pm j\omega M \dot{I}_1 \pm j\omega L_2 \dot{I}_2 \end{aligned} \right\}$					
三、互感元件的串联和并联					
1、互感元件的串联					
1) 两种串联方式					
<p>(a) (b) (c) (d) (e) (f)</p>					

<p>2) 电压与电流的关系</p> <p>顺向连接时 $\begin{cases} \dot{U}_1 = j\omega L_1 \dot{I}_1 + j\omega M \dot{I}_2 = j\omega(L_1 + M) \dot{I} \\ \dot{U}_2 = j\omega L_2 \dot{I}_2 + j\omega M \dot{I}_1 = j\omega(L_2 + M) \dot{I} \\ \dot{U} = \dot{U}_1 + \dot{U}_2 = j\omega(L_1 + L_2 + 2M) \dot{I} \end{cases}$</p> <p>反向连接时 $\begin{cases} \dot{U}_1 = j\omega L_1 \dot{I}_1 - j\omega M \dot{I}_2 = j\omega(L_1 - M) \dot{I} \\ \dot{U}_2 = j\omega L_2 \dot{I}_2 - j\omega M \dot{I}_1 = j\omega(L_2 - M) \dot{I} \\ \dot{U} = \dot{U}_1 + \dot{U}_2 = j\omega(L_1 + L_2 - 2M) \dot{I} \end{cases}$</p> <p>3) 等效电路和等效电感</p> <p>互感元件串联电路的等效电感为 $L_{eq} = (L_1 + L_2 \pm 2M)$</p> <p>顺向串联时, 2M 前取“+”号, 反向串联时, 2M 前取“-”号。</p> <p>2、互感元件的并联</p> <p>1) 两种并联方式</p> <p>2) 电压与电流的关系 $\left. \begin{aligned} \dot{I}_1 &= \frac{j\omega L_2 + j\omega M}{(\omega M)^2 - \omega^2 L_1 L_2} \dot{U} \\ \dot{I}_2 &= \frac{j\omega L_1 + j\omega M}{(\omega M)^2 - \omega^2 L_1 L_2} \dot{U} \\ \dot{I} &= \frac{j\omega(L_1 + L_2 + 2M)}{(\omega M)^2 - \omega^2 L_1 L_2} \dot{U} \end{aligned} \right\}$</p> <p>3) 等效电路和等效电感</p> <p>互感元件并联电路的等效电感为 $L_{eq} = \frac{L_1 L_2 - M}{L_1 + L_2 \mp 2M}$</p> <p>同侧并联时, 2M 前取“-”号, 异侧并联时 2M 前取“+”号。</p> <p>例题讲解</p> <p>3° 小结 (略)</p>	5min
<p>作业、讨论题、思考题:</p> <p>4-25、4-27</p>	
<p>课后小结</p> <p>教学过程各部分时间分配比较合理。</p>	

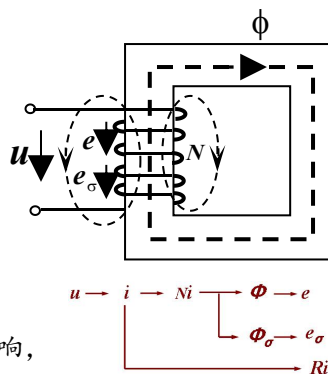
课次	11	班级	19 供电秋季 2 班 /19 供电 1 班	时间	2020. 10. 21 (周三 1-2 节)/104
授课方式 (请打√)	理论课 <input checked="" type="checkbox"/> 讨论课 <input type="checkbox"/> 习题课 <input type="checkbox"/> 实验课 <input type="checkbox"/> 实训课 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>				
授课题目:	项目四 交流铁心线圈的测试 任务二: 交流铁芯线圈的伏安特性的测试 (一)				
教学目的、要求:	1. 掌握: 磁感应强度、磁通量、磁场强度等基本概念; 铁磁性物质的磁化曲线 2. 熟悉: 磁导率的概念; 铁磁性物质磁化曲线相关的物理概念。 3. 了解: 磁场强度 H 与磁场中的电流 i 之间的定量关系; 软磁材料、硬磁材料。				
教学重点及难点:	重点: 磁感应强度、磁通量、磁场强度; 铁磁性物质磁化曲线及其相关的物理概念。 难点: 铁磁性物质磁化曲线及其相关的物理概念				
教 学 过 程					时间
1° 复习上次课的内容, 引入新课。					5min
2° 新课:					
任务二: 交流铁芯线圈的伏安特性的测试 (一) 一、磁场的基本物理量					35min
1、磁感应强度 2、磁通量 3、磁导率 4、磁场强度 5、安培环路定律					
二、铁磁性物质					45min
1、铁磁性物质的分类 2、铁磁性物质的磁化 1)、铁磁性物质的磁化 2)、磁化现象 3、磁化曲线 1)、起始磁化曲线 2)、磁滞回线					
3° 小结 (略)					5min
作业、讨论题、思考题:					
4-31、4-32					
课后小结					
教学过程各部分时间分配比较合理。					

课次	12	班级	19 供电秋季 2 班 /19 供电 1 班	时 间	2020. 10. 23(周五 1-2 节)/104
授课方式 (请打√)	理论课 <input checked="" type="checkbox"/> 讨论课 <input type="checkbox"/> 习题课 <input type="checkbox"/> 实验课 <input type="checkbox"/> 实训课 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>				
授课题目:	项目四 交流铁心线圈的测试 任务二: 交流铁芯线圈的伏安特性的测试(二)				
教学目的、要求:	掌握磁路基尔霍夫定律, 磁路欧姆定律				
教学重点及难点:	重点:磁路基尔霍夫定律, 磁路欧姆定律, 难点:磁路基尔霍夫定律, 磁路欧姆定律,				
教 学 过 程					时间
1° 复习上次课的内容, 引入新课。					5min
2° 新课 任务二: 交流铁芯线圈的伏安特性的测试(二)					40min
三、磁路与磁路定律					
1、磁路					
(1) 磁路的概念 (2) 磁路分类					
2、磁路基尔霍夫定律					
(1) 磁路基尔霍夫第一定律					
磁路中任一节点所连接的各支路中的磁通的代					
数和恒等于零, 即 $\sum \phi = 0$ 分析: $\Phi_1 + \Phi_2 = \Phi_3$					
(2) 磁路基尔霍夫第二定律					
在磁路的任一回路中, 各段磁路的磁位差的代数和等于各磁动势的代数和。其数					
学表达式为					
3、磁路欧姆定律					
(1) 概念 $U_m = NI = \frac{\phi}{S\mu} L = \phi R_m$ (2) 说明 (3) 磁路与电路的比较					
作业讲解					40min
3° 小结					5min
作业、讨论题、思考题:					
4-33					
课后小结					
教学过程各部分时间分配比较合理。					

课次	13	班级	19 供电秋季 2 班 /19 供电 1 班	时间	2020. 11. 02(周一 3-4 节) /实验室
授课方式 (请打√)	理论课 <input type="checkbox"/> √ 讨论课 <input type="checkbox"/> 习题课 <input type="checkbox"/> 实验课 <input type="checkbox"/> 实训课 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>				
授课题目：实验： 三相交流电路电压电流的测量					
教学目的、要求： 1. 了解三相负载作星形、三角形连接的方法 2. 验证上述两种接法下线、相电压及线相电流之间的关系 3. 验证中性线的作用					
教学重点及难点： 重点： 三相负载作星形、三角形连接的方法，验证上述两种接法下线、相电压及线相电流之间的关系、验证中性线的作用 难点： 两种接法下线、相电压及线相电流之间的关系					
教 学 过 程					时间
1° 复习引入新课：					5min
2° 新课：实验： 三相交流电路电压电流的测量					10min
一. 实验目的 1. 了解三相负载作星形、三角形连接的方法 2. 验证上述两种接法下线、相电压及线相电流之间的关系 3. 验证中性线的作用					70min
二. 原理说明 1. 三相负载星形连接 $U_L = \sqrt{3}U_P \quad I_L = \sqrt{3}I_P \quad \text{对称时可以省略中性线。}$ 2. 三相负载三角形形连接 $U_L = U_P \quad I_L = \sqrt{3}I_P$ 3. 负载不对称时，中性线上有电流。					
三. 实验设备 DJG-04					
四. 实验内容 1. 三相负载星形连接 2. 三相负载三角形形连接					
3° 实验：学生操作，教师辅导					
4° 小结					5min
作业：实验报告					
课后小结：					

课次	14	班级	19 供电秋季 2 班 /19 供电 1 班	时间	2020.11.04(周三)/实验室
授课方式 (请打√)	理论课 <input checked="" type="checkbox"/> √ 讨论课 <input type="checkbox"/> 习题课 <input type="checkbox"/> 实验课 <input type="checkbox"/> 实训课 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>				
授课题目:	实验: 三相电路功率的测量				
教学目的、要求:	1、掌握用一瓦特表法,二瓦特表法测量三相电路有功功率与无功功率的方法; 2、进一步熟练掌握功率表的接线和使用方法。				
教学重点及难点:	重点: 二瓦特表法测量三相电路有功功率 难点: 二瓦特表法测量三相电路有功功率				
教 学 过 程					时间
1° 复习引入新课:					5min
2° 新课: 实验: 三相电路功率的测量					10min
一. 实验目的					
1、掌握用一瓦特表法,二瓦特表法测量三相电路有功功率与无功功率的方法;					
2、进一步熟练掌握功率表的接线和使用方法。					
二. 原理说明					
1. 对于三相四线制供电的三相星形联接的负载(即 Y0 接法)					
$\sum P = P_U + P_V + P_W = 3P_U$					
2. 三相三线制供电系统中,不论三相负载是否对称,也不论负载是 Y 接还是 Δ 接,都可用二瓦特表法测量三相负载的总有功功率。					
$P = P_1 + P_2 = U_{UV} I_U \cos \varphi_1 + U_{VW} I_V \cos \varphi_2$					
3. 在对称三相电路中,无功功率还可以用一只功率表来测量, $Q = \sqrt{3}P$					
三. 实验设备 DJG-04 、DJG-05 、DJG-07、交流电源(含调压器)、电压表、电流表					
四. 实验内容					
1. 用一瓦特表测定三相负载总功率					
2. 用二瓦特表测定三相负载总功率(Y)、用二瓦特表测定三相负载总功率(三角形连接)					
3. 用一瓦特表测量三相电路无功功率					
3° 实验: 学生操作, 教师辅导					70min
4° 小结					5min
作业: 实验报告					
课后小结					
教学过程各部分时间分配比较合理。					

课次	15	班级	19 供电秋季 2 班 /19 供电 1 班	时 间	2020. 11. 06(周五 1-2 节)/104
授课方式 (请打√)	理论课 <input checked="" type="checkbox"/> 讨论课 <input type="checkbox"/> 习题课 <input type="checkbox"/> 实验课 <input type="checkbox"/> 实训课 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>				
授课题目:	项目四 交流铁心线圈的测试 任务二: 交流铁芯线圈的伏安特性的测试(三)				
教学目的、要求:	了解交流铁心线圈的电磁关系、熟悉铁心线圈的电压、电流及其磁通的关系,掌握铁心线圈铁心损耗及等值电路				
教学重点及难点:	重点: 铁心线圈铁心损耗及等值电路, 难点: 铁心线圈的电压、电流及其磁通的关系				
教 学 过 程					时间
1° 复习上次课的内容, 引入新课。					5min
2° 新课 任务二: 交流铁芯线圈的伏安特性的测试(二)					10min
四、交流铁芯线圈					
1、电磁关系					
(1) 结合图分析电磁关系					
(2) 计算分析电磁关系: $U \approx E = 4.44 f N \Phi_m$					
2、电压、电流及其磁通的波形					20min
(1) 当电压为正弦量					
当铁心线圈的主磁通为正弦波时, 由于磁路饱和的影响, 线圈电流不是正弦波, 而是一个尖顶波。铁心饱和程度越高, 电流波形就越尖。若铁心未饱和, 则主磁通与电流之间呈线性关系, 当主磁通为正弦波时, 线圈电流也将是正弦波。					
(2) 当电流为正弦量					
当铁心线圈的电流 $i(t)$ 的波形为正弦波时, 由于磁饱和的影响, 主磁通 $\phi(t)$ 的波形为平顶波, 电压 $u(t)$ 的波形为尖顶波。若铁心未饱和, 当线圈中的电流 $i(t)$ 为正弦波时, 主磁通 $\phi(t)$ 和电压 $u(t)$ 也为正弦波。					
3、铁心损耗					10min
1) 磁滞损耗 2) 涡流损耗					
4、交流铁芯线圈的等效电路					15min
(1) 不计线圈电阻和漏磁通情况下的电路模型					
1) 电流分析及其向量图 2) 总电流 3) 电路模型					
(2) 计及线圈电阻及漏磁通时的电路模型 $\dot{U}_1 = \dot{U}_R + \dot{U}_\sigma + \dot{U} = R\dot{I} + jX\dot{I} - E$ 说明					



5、伏安特性和等效电感	10min
(1) 伏安特性: (2) 等效电感: $L = \frac{U}{\omega I}$	
6、电磁铁	15min
(1) 组成 (2) 电磁铁的吸力 (3) 按用途分类	
1) 起重电磁铁 2) 控制和保护电器中的电磁铁 3) 电磁吸盘	
3° 小结	5min
作业、讨论题、思考题: 4-33	
课后小结 教学过程各部分时间分配比较合理。	

课次	16	班级	19 供电秋季 2 班 /19 供电 1 班	时 间	2020.11.11 (周三 1-2)/104
授课方式 (请打√)	理论课 <input checked="" type="checkbox"/> 讨论课 <input type="checkbox"/> 习题课 <input type="checkbox"/> 实验课 <input type="checkbox"/> 实训课 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>				
授课题目： <div style="text-align: center;">复习</div>					
教学目的、要求： 1. 掌握：基本理论、基本概念、基本计算。 2. 熟悉：基本理论、基本概念、基本计算。					
教学重点及难点： 1. 重点：基本理论、基本概念、基本计算。 2. 难点：基本计算					
教 学 过 程					时间
项目二：交流电路的测试 任务四：三相交流电路的测试 项目三：线性电路的过渡过程 项目四：交流铁芯线圈的测试					
作业、讨论题、思考题：					
课后小结 按要求完成教学内容，学生应加强课后复习。					