

ZHIYE JINENG PEIXUN JIANDING JIAOCAI

■ 职业 技能 培 训 鉴 定 教 材 ■

维修电工

WEIXIU DIANGONG

(高级)

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

ZHIYE JINENG PEIXUN JIANDING JIAOCAI

■ 职业技能培训鉴定教材 ■

维修电工

WEIXIU DIANGONG

(高级)

主 编 赵国良

编 者 周 钢

主 审 吴伟祥

审 稿 吴伟祥 董焕和



中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

维修电工：高级/劳动和社会保障部教材办公室组织编写. —北京：中国劳动社会保障出版社，2007

职业技能培训鉴定教材

ISBN 978-7-5045-6671-3

I. 维… II. 劳… III. 电工-维修-职业技能鉴定-教材 IV. TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 190669 号

(正)

主编 王同庆

副主编 王同庆

主审 王同庆

主审 王同庆

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码：100029)

出版人：张梦欣

*

新华书店经销

北京地质印刷厂印刷 三河市华东印刷装订厂装订

787毫米×1092毫米 16开本 22印张 1插页 475千字

2008年1月第1版 2008年1月第1次印刷

定价：35.00元

读者服务部电话：010-64929211

发行部电话：010-64927085

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010-64954652

内 容 简 介

本教材由劳动和社会保障部教材办公室依据《国家职业标准——维修电工》组织编写。本教材从职业能力培养的角度出发，力求体现职业培训的规律，满足职业技能培训与鉴定考核的需要。

本教材在编写中贯穿“以职业标准为依据，以企业需求为导向，以职业能力为核心”的理念，采用模块化的编写方式。全书按职业功能分为七个模块单元，主要内容包括三相晶闸管变流技术和中高频电源电路，三相晶闸管变流设备的安装、调试及检修，数控系统基本原理，机床控制系统的调试与检修，可编程序控制器及其安装和应用，机电装置的测绘，工艺编制与培训指导等。每一单元内容在涵盖职业技能鉴定考核基本要求的基础上，详细介绍了本职业岗位工作中要求掌握的最新实用知识和技术。

为便于读者迅速抓住重点、提高学习效率，教材中还精心设置了“培训目标”“考核要点”等栏目。每一单元后附有单元测试题及答案，全书最后附有理论知识和操作技能考核试卷，供读者巩固、检验学习效果时参考使用。

本教材可作为高级维修电工职业技能培训与鉴定考核教材，也可供中、高等职业院校相关专业师生参考，以及相关从业人员参加在职培训、岗位培训使用。



前言

。普京

1994年以来,劳动和社会保障部职业技能鉴定中心、教材办公室和中国劳动社会保障出版社组织有关方面专家,依据《中华人民共和国职业技能鉴定规范》,编写出版了职业技能鉴定教材及其配套的职业技能鉴定指导200余种,作为考前培训的权威性教材,受到全国各级培训、鉴定机构的欢迎,有力地推动了职业技能鉴定工作的开展。

劳动保障部从2000年开始陆续制定并颁布了国家职业标准。同时,社会经济、技术不断发展,企业对劳动力素质提出了更高的要求。为了适应新形势,为各级培训、鉴定部门和广大受培训者提供优质服务,教材办公室组织有关专家、技术人员和职业培训教学管理人员、教师,依据国家职业标准和企业对各类技能人才的需求,研发了职业技能培训鉴定教材。

新编写的教材具有以下主要特点:

在编写原则上,突出以职业能力为核心。教材编写贯穿“以职业标准为依据,以企业需求为导向,以职业能力为核心”的理念,依据国家职业标准,结合企业实际,反映岗位要求,突出新知识、新技术、新工艺、新方法,注重职业能力培养。凡是职业岗位工作中要求掌握的知识和技能,均作详细介绍。

在使用功能上,注重服务于培训和鉴定。根据职业发展的实际情况和培训需求,教材力求体现职业培训的规律,反映职业技能鉴定考核的基本要求,满足培训对象参加各级各类鉴定考试的需要。

在编写模式上,采用分级模块化编写。纵向上,教材按照国家职业资格等级单独成册,各等级合理衔接、步步提升,为技能人才培养搭建科学的阶梯型培训架构。横向上,教材按照职业功能分模块展开,安排足量、适用的内容,贴近生产实际,贴近培训对象需要,贴近市场需求。

在内容安排上,增强教材的可读性。为便于培训、鉴定部门在有限的时间内把最重要的知识和技能传授给培训对象,同时也便于培训对象迅速抓住重点,提高学习效率,在教材中精心设置了“培训目标”“考核要点”等栏目,以提示应该达到的目标,需要掌握的重点、难点、鉴定点和有关的扩展知识。另外,每个学习单元后安排了单元测试





目 录

第 1 单元 三相晶闸管变流技术和中高频电源电路/1—56

第一节 三相晶闸管变流技术基础/3

- 一、三相晶闸管可控整流电路
- 二、晶闸管有源逆变电路
- 三、晶闸管的触发电路

第二节 中高频电源电路基本原理/27

- 一、无源逆变电路
- 二、交流调压与变频电路
- 三、中高频电源电路

单元考核要点/51

单元测试题/51

单元测试题答案/55

第 2 单元 三相晶闸管变流设备的安装、调试及检修/57—101

第一节 三相可控整流设备的应用、特点、调试与检修/59

- 一、三相可控整流设备的应用及特点
- 二、三相可控整流设备的调试及检修
- 三、晶闸管同步电动机励磁装置及其调试

第二节 中高频加热设备的检修/74

- 一、中频加热设备的检修
- 二、高频加热设备的检修

第三节 软启动及变频调速设备的安装、使用及检修/78

- 一、软启动设备
- 二、变频调速设备



单元考核要点/95

单元测试题/95

单元测试题答案/100

第3单元 数控系统基本原理/103—143

第一节 数控机床概述/105

一、数控机床的基本组成及原理

二、数控机床的特点及分类

三、机床电气原理图的分析方法与步骤

第二节 数控机床的CNC系统/114

一、CNC系统的基本构成

二、CNC系统的接口装置

第三节 数控机床的伺服驱动及位置检测装置/123

一、伺服驱动系统

二、位置检测装置

单元考核要点/139

单元测试题/140

单元测试题答案/143

第4单元 机床控制系统的调试与检修/145—209

第一节 机床控制系统基础/147

一、电气传动基础

二、自动控制基础

三、数字电路基础

四、单片机基础

第二节 经济型数控机床的调试与检修/179

一、经济型数控机床的功能、特点及构成

二、经济型数控机床的检修

第三节 较复杂机械控制系统的调试与检修/193

一、B2010A龙门刨床控制系统简介

二、B2010A龙门刨床控制系统的调试及检修

单元考核要点/203

单元测试题/203

单元测试题答案/208

第5单元 可编程序控制器及其安装和应用/211—255

第一节 可编程序控制器概述/213



- 一、可编程序控制器及其特点
- 二、可编程序控制器的基本构成和工作原理
- 三、FX系列可编程序控制器的系统配置

第二节 可编程序控制器的安装与使用/223

- 一、可编程序控制器的基本指令及其编程
- 二、可编程序控制器的安装与使用
- 三、用可编程序控制器改造继电接触控制系统实例

单元考核要点/249

单元测试题/249

单元测试题答案/255

第6单元 机电装置的测绘/257—315

第一节 电气装置的测绘/259

- 一、常用单元电路
- 二、电气线路的测绘

第二节 简单机械装置的测绘/273

- 一、机械制图与公差配合基础
- 二、材料知识
- 三、简单机械装置的测绘

单元考核要点/308

单元测试题/308

单元测试题答案/313

第7单元 工艺编制与培训指导/317—342

第一节 工艺编制/319

- 一、电气设备修理工艺基础
- 二、电气设备修理工艺的编制

第二节 指导操作/323

- 一、指导操作的基本方法
- 二、操作指导举例

单元考核要点/328

单元测试题/328

单元测试题答案/331

理论知识考核试卷/332

理论知识考核试卷答案/336

操作技能考核试卷/340

本

第



单元

三相晶闸管变流技术和 中高频电源电路

- 第一节 三相晶闸管变流技术基础/3
- 第二节 中高频电源电路基本原理/27

本

单元针对“国家职业标准”规定的高级维修电工所从事的工作内容及其对读图与分析能力的要求,介绍相关的专业知识、电路的基本组成、工作原理和读图与分析方法,主要包括三相晶闸管变流技术基础和中高频电源电路基本原理等内容。

策

单元

三相晶闸管变流技术基础
中高频电源电路基本原理

三相晶闸管变流技术基础 第一策 □
中高频电源电路基本原理 第二策 □



第一节 三相晶闸管变流技术基础

培训 目标

- 了解三相晶闸管变流电路的基本组成及工作原理
- 能够读懂三相晶闸管控制系统的电路图

一、三相晶闸管可控整流电路

三相可控整流电路比单相可控整流电路输出直流电压平均值高, 波形脉动小, 输出功率大, 且不存在单相可控整流电路因三相负载不平衡对电网造成的影响, 广泛应用于中、大功率的可控整流设备中, 如直流电气传动系统、电镀电源及其他大功率直流设备等。

三相可控整流电路分为三相半波可控整流电路、三相全控桥式可控整流电路、三相半控桥式可控整流电路以及带平衡电抗器的双反星形可控整流电路等类型, 其中三相半波可控整流电路较为简单。

1. 三相半波可控整流电路

三相半波可控整流电路结构简单, 经常用于电阻性负载和对波形要求不高的场合。

(1) 电路组成。三相半波可控整流电路(电阻负载)如图 1—1 所示, 主要包括三相整流变压器、晶闸管和电阻负载。为减小三次谐波, 变压器通常采用 Δ/Y 联结; 为使触发电路简单, 晶闸管 V_1 、 V_2 、 V_3 通常采用共阴极接法。

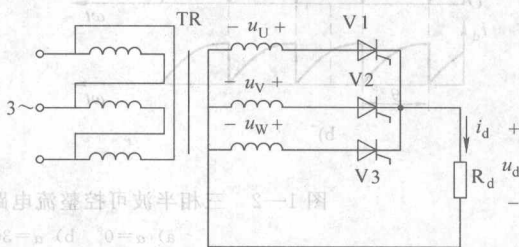


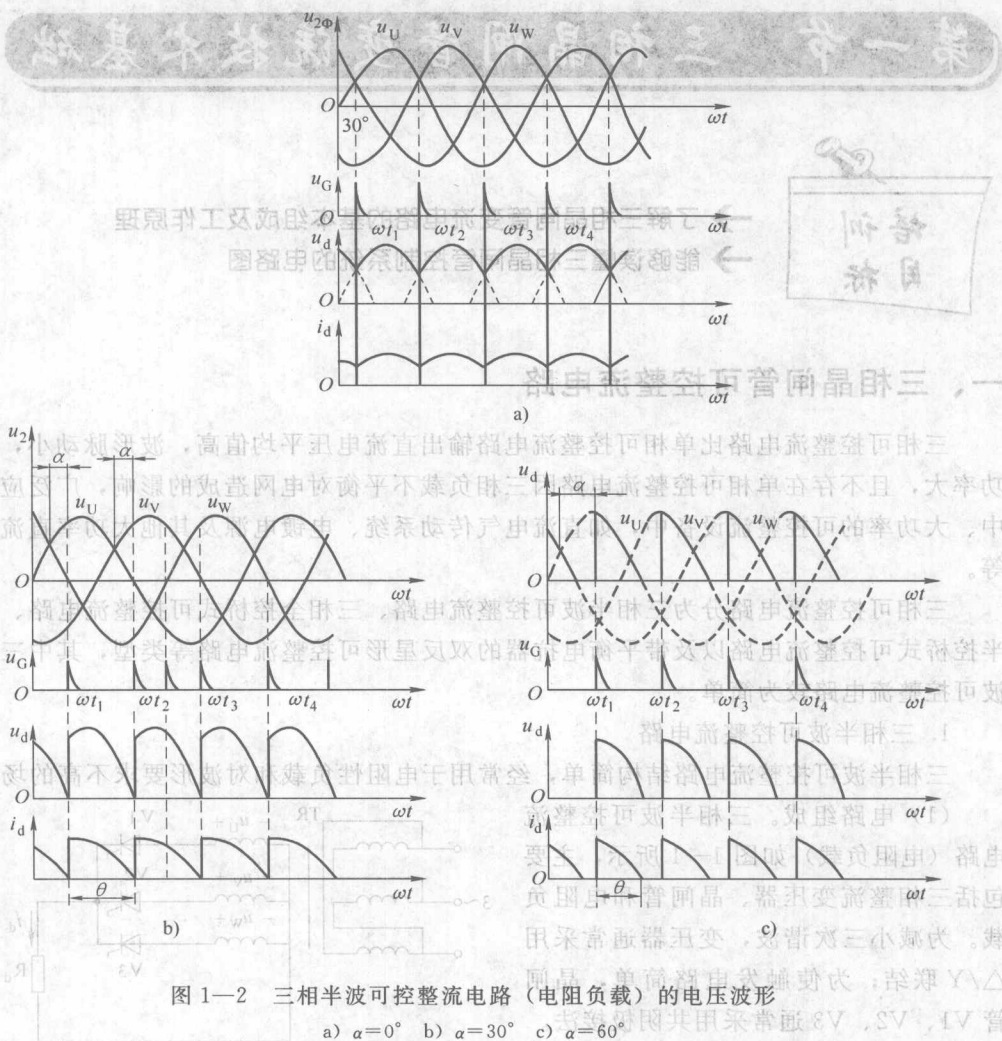
图 1—1 三相半波可控整流电路图(电阻负载)

(2) 工作原理。因三相交流电压存在 120° 相位差, 不同时刻各相交流电压有不同的瞬时值, 某时刻哪一相电压最高, 则该相晶闸管承受较高的正向电压, 具备触发导通条件。相差 120° 轮流给各晶闸管发触发脉冲, 三只晶闸管轮流触发导通。

三相交流电 u_U 、 u_V 、 u_W 三条曲线的交点是相邻两相交流电压高低的交界点, 称为自然换相(换流)点, 三相可控整流电路的控制角 α 应从自然换相点算起(即自然换相点处 $\alpha=0^\circ$), 因在自然换相点之前该相电压还没有前一相电压高, 该相晶闸管尚不具备触发导通条件。

现通过几个时刻分析三相半波可控整流电路的工作情况, 三相半波可控整流电路(电阻负载)的电压波形如图 1—2 所示。

1) 当 $\alpha=0^\circ$ 时。在自然换相点处依次触发各晶闸管, 某一相晶闸管被触发导通后, 同时使前一相晶闸管因承受反向电压而关断, 称为触发换相。此时各晶闸管轮流导通 120° , 输出波形与三相半波不可控整流电路相同。



2) 当 $\alpha=30^\circ$ 时。当 U 相电压过零时触发 V2 (同时 V1 关断); V 相电压过零时触发 V3 (同时 V2 关断); W 相电压过零时触发 V1 (同时 V3 关断)。此时波形仍然连续, 且为临界连续点。

3) 当 $\alpha=60^\circ$ 时。当 U 相电压过零时 V2 还没被触发; V 相电压过零时 V3 还没被触发; W 相电压过零时 V1 还没被触发。此时波形不连续。

4) 当 $\alpha=150^\circ$ 时。当 U 相电压过零时触发 V1; V 相电压过零时触发 V2; W 相电压过零时触发 V3。此时因各晶闸管已不再承受正向电压, 不能被触发导通, 故没有输出波形, 输出电压为零。

(3) 特点

1) 当 $\alpha=0^\circ$ 时, 输出直流电压平均值 U_d 最大, 随控制角 α 增大 U_d 不断降低, 直到当 $\alpha=150^\circ$ 时 $U_d=0$ 。所以该电路的移相范围为 $0^\circ \sim 150^\circ$ 。

2) 当 $\alpha \leq 30^\circ$ 时, 输出波形连续, 各晶闸管轮流导通 120° 。



3) 当 $\alpha > 30^\circ$ 时输出波形不连续, 各晶闸管导通角 $\theta = 150^\circ - 120^\circ < 120^\circ$ 。

(4) 有关计算

1) 输出直流电压平均值:

当 $\alpha \leq 30^\circ$ 时, $U_d = 1.17U_{2\Phi} \cos \alpha$ ($U_{2\Phi}$ 为变压器二次相电压)

当 $\alpha > 30^\circ$ 时, $U_d = 0.675U_{2\Phi} [1 + \cos(30^\circ + \alpha)]$

2) 输出直流电流平均值: $I_d = \frac{U_d}{R}$

3) 晶闸管最高反向电压: $U_{VM} = \sqrt{2}U_{2l} = \sqrt{6}U_{2\Phi}$ (U_{2l} 为变压器二次线电压)

4) 晶闸管电流平均值: $I_{dv} = \frac{1}{3} I_d$

(5) 带大电感负载的情况

1) 工作情况分析。带大电感负载时, 因电感释放电流, 造成晶闸管不能及时关断, 一直导通到下一相晶闸管触发导通, 使该相晶闸管承受反向电压才关断。三相半波可控整流电路 (大电感负载) 和波形如图 1—3 所示, 各时刻工作情况如下:

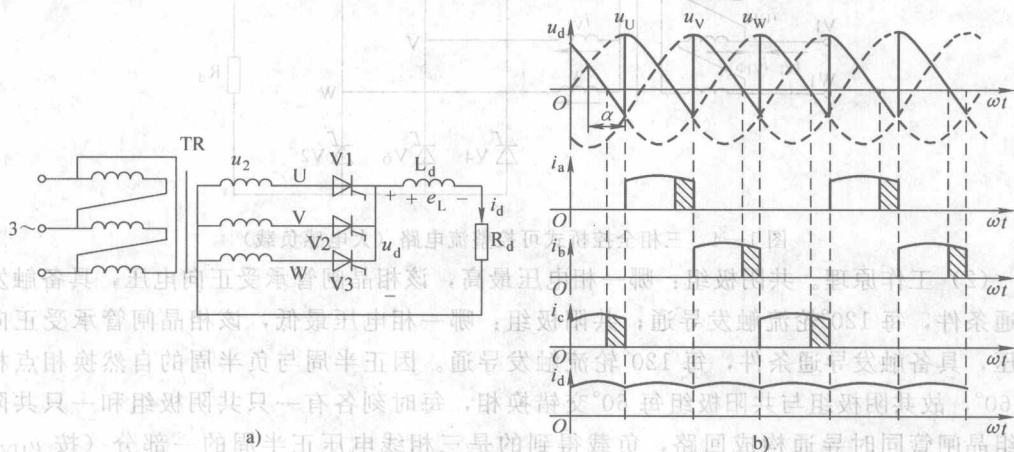


图 1—3 三相半波可控整流电路 (大电感负载) 和波形

a) 电路 b) 波形

① 当 $\alpha \leq 30^\circ$ 时, 某一相晶闸管触发导通时, 前一相电压还没过零, 输出电压不出现负波形。

② 当 $\alpha > 30^\circ$ 时, 某一相晶闸管触发导通时, 前一相电压已经过零, 但因电感释放电流, 造成前一相晶闸管不能及时关断, 一直导通到触发换相点才关断, 使输出电压出现负波形。

③ 当 $\alpha = 90^\circ$ 时, 输出电压波形正负面积相等, 电压平均值 $U_d = 0$ 。

2) 移相范围。很明显, 三相半波可控整流电路带大电感负载时的移相范围为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。

3) 有关计算

① 输出直流电压平均值: $U_d = 1.17U_{2\Phi} \cos \alpha$

② 晶闸管最高反向电压: $U_{VM} = \sqrt{2}U_{2l} = \sqrt{6}U_{2\Phi}$



③晶闸管电流平均值: $I_{dV} = \frac{1}{3} I_d$

④晶闸管电流有效值: $I_V = \frac{1}{\sqrt{3}} I_d$

2. 三相全控桥式可控整流电路

三相全控桥式可控整流电路广泛应用于直流电动机驱动系统或要求能实现有源逆变的场合,通常为电感负载。

(1) 电路组成。三相全控桥式可控整流电路(大电感负载)如图1—4所示,主要包括三相整流变压器、晶闸管和大电感负载,变压器 Δ/Y 联结;六只晶闸管分为共阴组 V1、V3、V5 和共阳组 V2、V4、V6。

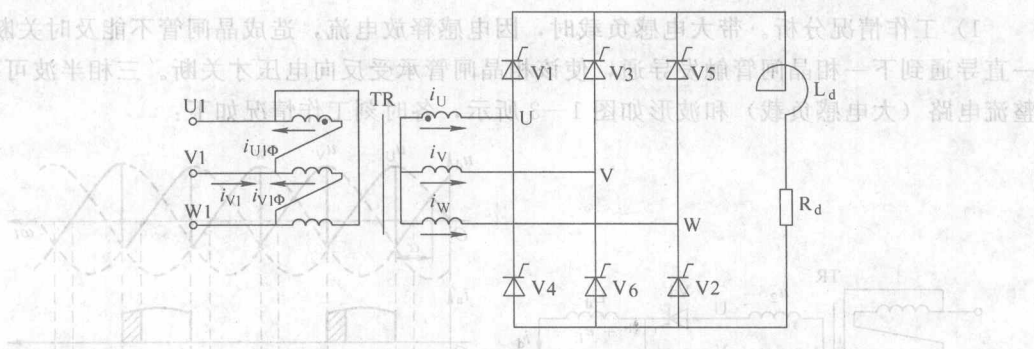


图1—4 三相全控桥式可控整流电路(大电感负载)

(2) 工作原理。共阴极组: 哪一相电压最高, 该相晶闸管承受正向电压, 具备触发导通条件, 每 120° 轮流触发导通; 共阳极组: 哪一相电压最低, 该相晶闸管承受正向电压, 具备触发导通条件, 每 120° 轮流触发导通。因正半周与负半周的自然换相点相差 60° , 故共阴极组与共阳极组每 60° 交错换相, 每时刻各有一只共阴极组和一只共阳极组晶闸管同时导通构成回路, 负载得到的是三相线电压正半周的一部分(按 u_{UV} 、 u_{VW} 、 u_{WU} 、 u_{UV} 、 u_{VW} 、 u_{WU} ... 顺序不断循环)。该电路的电压波形如图1—5所示, 各时刻工作情况简单分析如下:

1) 当 $\alpha=0^\circ$ 时, 在自然换相点处依次触发各晶闸管, 输出波形与三相桥式不可控整流电路相同。

2) 当 $\alpha \leq 60^\circ$ 时, 触发时刻开始后移, 但输出波形不会出现负的部分。

3) 当 $\alpha > 60^\circ$ 时, 线电压过零时下一只晶闸管还没被触发, 因电感续流使正在导通的晶闸管不能及时关断, 输出波形出现负的部分。

4) 当 $\alpha=90^\circ$ 时, 输出波形正负面积相等, $U_d=0$ 。

(3) 移相范围。由以上分析可知, 三相全控桥式可控整流电路(大电感负载)的移相范围为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。

(4) 有关计算

1) 输出直流电压平均值(该公式适用于感性负载或电阻负载 $\alpha \leq 60^\circ$ 的场合):

$$U_d = 1.35 U_{2L} \cos \alpha = 2.34 U_{2\phi} \cos \alpha$$

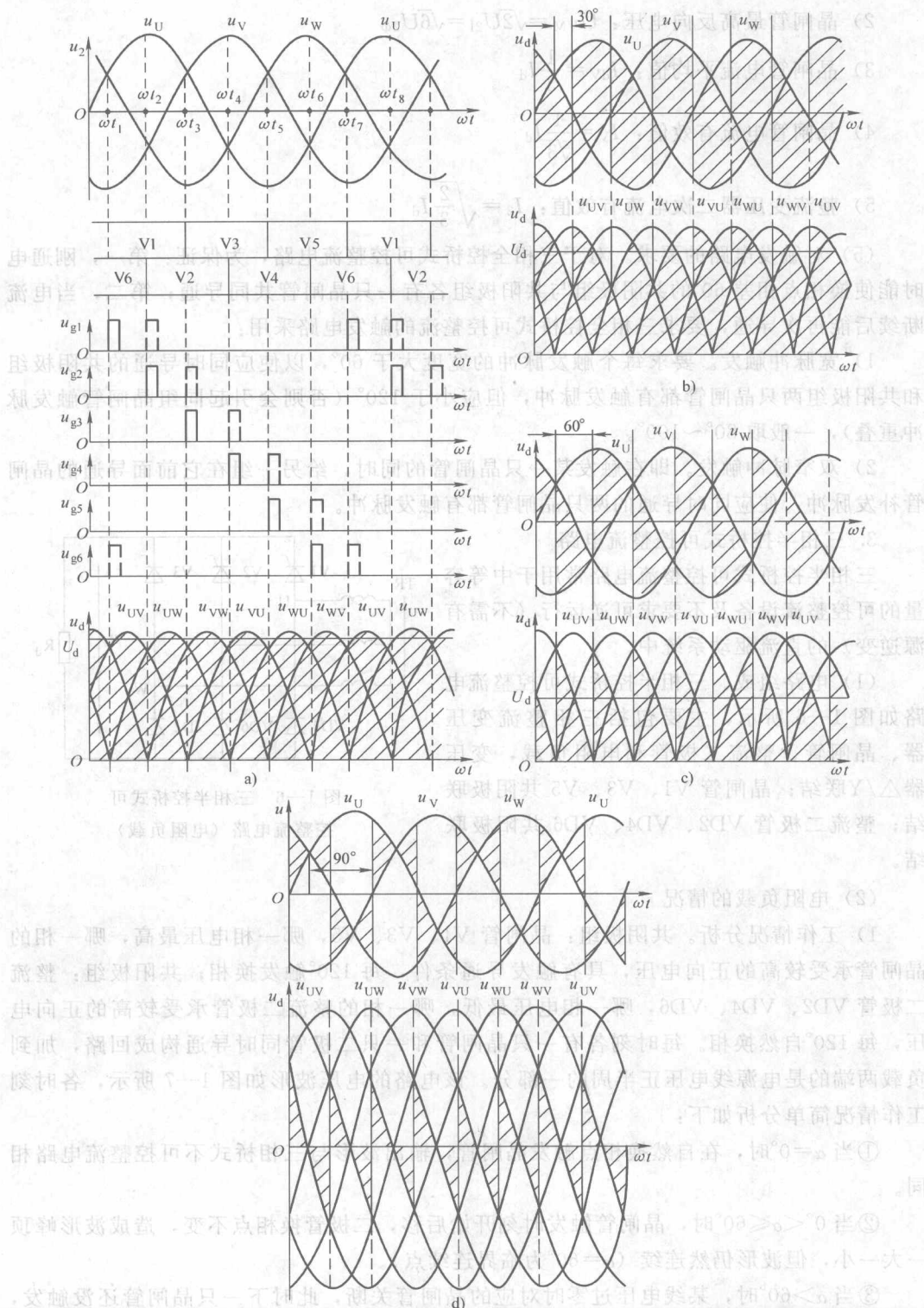


图 1—5 三相全控桥式可控整流电路（大电感负载）的电压波形
a) $\alpha=0^\circ$ 的波形 b) $\alpha=30^\circ$ 的波形 c) $\alpha=60^\circ$ 的波形 d) $\alpha=90^\circ$ 的波形



2) 晶闸管最高反向电压: $U_{VM} = \sqrt{2}U_{21} = \sqrt{6}U_{2\phi}$

3) 晶闸管电流平均值: $I_{dV} = \frac{1}{3}I_d$

4) 晶闸管电流有效值: $I_V = \frac{1}{\sqrt{3}}I_d$

5) 整流变压器二次电流有效值: $I_2 = \sqrt{\frac{2}{3}}I_d$

(5) 对触发电路的要求。对于三相全控桥式可控整流电路, 为保证: 第一, 刚通电时能使换相点相差 60° 的共阴组与共阳组各有一只晶闸管共同导通; 第二, 当电流断续后能再次导通, 要求三相全控桥式可控整流的触发电路采用:

1) 宽脉冲触发。要求每个触发脉冲的宽度大于 60° , 以使应同时导通的共阴组和共阳组两只晶闸管都有触发脉冲, 但应小于 120° (否则会引起同组晶闸管触发脉冲重叠), 一般取 $80^\circ \sim 100^\circ$ 。

2) 双窄脉冲触发。即在触发某一只晶闸管的同时, 给另一组在它前面导通的晶闸管补发脉冲, 使应同时导通的两只晶闸管都有触发脉冲。

3. 三相半控桥式可控整流电路

三相半控桥式可控整流电路常用于中等容量的可控整流设备及不要求可逆运行 (不需有源逆变) 的直流驱动系统中。

(1) 电路组成。三相半控桥式可控整流电路如图 1-6 所示, 主要包括三相整流变压器、晶闸管、整流二极管和电阻负载, 变压器 Δ/Y 联结; 晶闸管 V1、V3、V5 共阴极联结; 整流二极管 VD2、VD4、VD6 共阳极联结。

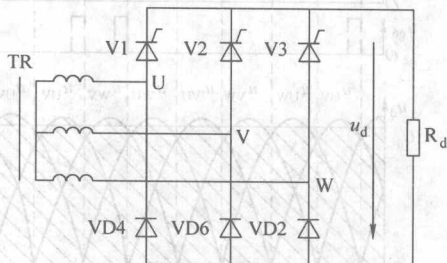


图 1-6 三相半控桥式可控整流电路 (电阻负载)

(2) 电阻负载的情况

1) 工作情况分析。共阴组: 晶闸管 V1、V3、V5, 哪一相电压最高, 哪一相的晶闸管承受较高的正向电压, 具有触发导通条件, 每 120° 触发换相; 共阳组: 整流二极管 VD2、VD4、VD6, 哪一相电压最低, 哪一相的整流二极管承受较高的正向电压, 每 120° 自然换相。每时刻各有一只晶闸管和一只二极管同时导通构成回路, 加到负载两端的是电源线电压正半周的一部分。该电路的电压波形如图 1-7 所示, 各时刻工作情况简单分析如下:

①当 $\alpha = 0^\circ$ 时, 在自然换相点触发晶闸管, 输出波形与三相桥式不可控整流电路相同。

②当 $0^\circ < \alpha \leq 60^\circ$ 时, 晶闸管触发时刻开始后移, 二极管换相点不变, 造成波形峰顶一大一小, 但波形仍然连续 ($\alpha = 60^\circ$ 为临界连续点)。

③当 $\alpha > 60^\circ$ 时, 某线电压过零时对应的晶闸管关断, 此时下一只晶闸管还没触发, 造成波形不连续。