

学校编码: 10384

分类号 _____

学号: X2007223027

UDC _____

厦 门 大 学

工 程 硕 士 学 位 论 文

电梯控制系统中变频器的应用和优化

Application and optimization of

frequency converter in the elevator control system

张家兴

指导教师姓名: 刘瞰东 副教授

专 业 名 称: 控制工程

论文提交日期: 2010 年 月

论文答辩时间: 2010 年 月

学位授予日期: 2010 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2010 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘 要

随着现代化城市的高速发展，一幢幢高楼拔地而起，在这些高层建筑中每天都有大量的人和物品需要由电梯来进行垂直输送。在超高层建筑里，电梯的作用在一定程度上比建筑物本身更为重要。随着全国乡镇城市化进程的不断推进，电梯已经走进了大部分人的生活。无论是去商场、超市、酒店、办公楼还是公寓楼都要用到电梯，电梯已经成为人们用的最多的交通工具。正因为如此，电梯的安全性以及舒适感已经成为人们最关心的话题。

此外由于社会经济的快速发展，电梯的在用数量急剧增长，电梯的耗电量巨大。随着国家能源政策对耗能产品提出新的要求，属于建筑中高耗能特种设备的曳引式电梯，其能耗的研究成为电梯能效评价、节能监管、电梯设计、选配电梯的基础。正因为如此，变压变频控制的电梯被开发出来，并凭借其良好的调速性能、舒适感和节能等特点迅速成为电梯的主流产品。

本文从变频器工作原理出发，分析了电梯变频器工作电路，对变频器在电梯控制系统中应用到的主要功能进行分析，并对变频器的应用和优化如舒适感、节能等进行一系列的阐述和探讨，确保变频器能在最大程度上提高电梯的各项性能。科技在发展，电梯也在进步。世界各国的电梯公司都在不断地进行电梯新品的研发、维修保养服务系统的完善，力求满足人们的对现代建筑交通日益增长的需求，力求提高电梯性能和可靠性，提高电梯在环保低碳生活中的地位，并将节能进行到底。

关键词： 电梯；变频器；功能；保护；节能

Abstract

With the increasingly rapid development of modernized city, more and more tall buildings are sprawling everywhere. Among these high-rise buildings, a great number of people and goods are vertically conveyed by elevators every day. And in the extra-high building, the role of an elevator is more important than a building itself in a sense. With the continuous advancement of national towns urbaniation, the elevator has already played a major part in people's life. Regardless of the place you will go to, such as the market, the supermarket, the hotel, the office building or the apartment, all of these are equipped with the elevator which has become the most common means of transportation. Because of this, the safety and comfort of an elevator has become people's most concern.

And as a result of fast development of the social economy, the elevator is greatly in demand while the power consumption is also huge. As the national energy policy has put forward a new request on energy dissipation products, the tractive elevator belonging to the special gas-guzzling equipment is the basis of studying energy efficiency evaluation, elevator energy-saving supervision, elevator design and matching elevator. Therefore, Once the elevator controled by variable pressure frequency has been developoed, will rapidly become the mainstream producct with its characteristics of good performance of speed adjustment, comfort and energy saving.

This paper begins with the principle of frequency converter and analyzes the perating circuit of elevator inverter and the major function of frequency converter on the application to elevator control system. It also discusses the application and optimization of frequency converter, such as comfort and energy saving, to make sure that it can maxiam improve the various performance of elevator. The science and technology is developing as well as the elevator is progressing. All the elevator

companies around the world are unceasingly carrying on research and development of the new elevator product, the service maintenance service system, to makes every effort to satisfy people to the modern architecture transportation, to strive to enhance the elevator performance and reliability and improve the elevator in environmental protection and low-carbon life in position and to undertake energy-saving after all.

Key Words: an elevator; a frequency converter; function; to protect; save energy

厦门大学博硕士学位论文摘要

目 录

摘 要.....	I
Abstract	II
第一章 绪论	- 1 -
1.1 电梯在人们生活中的重要地位	- 1 -
1.2 电梯的发展历史	- 2 -
1.3 电梯控制系统发展史.....	- 2 -
1.4 课题研究背景.....	- 3 -
第二章 变频器的原理和结构	- 5 -
2.1 整流电路	- 5 -
2.2 中间直流电路.....	- 8 -
2.3 逆变电路	- 9 -
第三章 电梯用变频器电路分析及变频器选型的重要性.....	- 11 -
3.1 电梯用变频器电路分析.....	- 11 -
3.2 变频器选型的重要性.....	- 14 -
3.2.1 变频器的类型及其主要参数.....	- 14 -
3.2.2 电梯用变频器容量的选择.....	- 15 -
第四章 交流变压变频调速系统中变频器的功能.....	- 18 -
4.1 变频器频率设定相关功能.....	- 18 -
4.2 变频器的保护功能	- 19 -
4.2.1 变频器的保护.....	- 20 -
4.2.2 变频器驱动电动机的保护	- 22 -
4.2.3 变频器调速系统的保护.....	- 24 -
第五章 电梯用变频器工作环境分析.....	- 26 -
5.1 环境温度对电梯用变频器工作的影响.....	- 26 -
5.2 环境湿度对电梯用变频器工作的影响.....	- 27 -
5.3 电梯用变频器对环境空气的要求.....	- 28 -
5.4 电梯用变频器正常工作的其它要求.....	- 28 -
第六章 电梯用变频器的优化与研究.....	- 30 -

6.1 变频器安装使用及维护的注意事项	- 30 -
6.1.1 谐波干扰产生的原理及其危害	- 30 -
6.1.2 谐波干扰的抑制措施	- 31 -
6.2 电梯用变频器对噪声、振动及电机过热的应对策略	- 32 -
6.2.1 对噪声的应对策略	- 32 -
6.2.2 减少振动的应对措施	- 33 -
6.2.3 关于电动机过热的应对方法	- 34 -
6.3 对电梯门机的控制	- 35 -
6.4 对舒适感的调整和优化	- 36 -
6.4.1 运行舒适感	- 37 -
6.4.2 运行时间	- 38 -
6.4.3 调节舒适感	- 39 -
6.5 变频器在节能降耗方面的探讨和优化	- 40 -
6.5.1 电梯平衡系数的作用	- 41 -
6.5.2 利用变频器省电的基本原理	- 43 -
6.5.3 有源能量回馈器的应用.....	- 43 -
 第七章 总结与展望	 - 48 -
7.1 研究总结及补充	- 48 -
7.2 电梯的发展与展望	- 48 -
 参考文献	 - 51 -
 致 谢	 - 53 -

Contents

Chinese abstract.....	I
English abstract.....	II
Chapter 1 Introduction.....	- 1 -
1. 1 Important status of the elevator in people's life	- 1 -
1. 2 Developing history of the elevator	- 2 -
1. 3 History of the elevator control system	- 2 -
1. 4 Study the background in subject.....	- 3 -
Chapter2 Principle and structure of the frequency converter	- 5 -
2. 1 Rectification circuit	- 5 -
2. 2 Middle direct-current circuit.....	- 8 -
2. 3 Inverter circuit.....	- 9 -
Chapter3 Circuit analysis of the frequency converter used in the elevator and the importance of frequency converter selecting type	- 11 -
3. 1 Circuit analysis of the frequency converter used in the elevator	- 11 -
3. 2 Importance of the frequency converter selecting type.....	- 14 -
3. 2. 1 The type of the frequency converter and main parameter	- 14 -
3. 2. 2 Capacity choice of the frequency converter used in the elevator	- 15 -
Chapter4 The function of the frequency converter in Variable Voltage Variable Frequency control system	- 18 -
4. 1 Functions of frequency setting to the frequency converter	- 18 -
4. 2 The protection function of the frequency converter.....	- 19 -
4. 2. 1 Protection of the frequency converter.....	- 20 -
4. 2. 2 Protection of the frequency converter's driven motor	- 22 -
4. 2. 3 Protection of the frequency converter speed control system	- 24 -
Chapter5 Analysis of the working environment for the elevator's frequency converter	- 26 -

5.1 The effect of ambient temperature to the working of the elevator's frequency converter.....	26 -
5.2 The effect of ambient humidity to the working of the elevator's frequency converter.....	27 -
5.3 The environmental air requirements of the elevator's frequency converter	28 -
5.4 The other requirements of the elevator's frequency converter.....	28 -
Chapter6 Optimization and research of the elevator's frequency converter	30 -
6.1 The attention notes for installation and maintenance of the frequency converter.....	30 -
6.1.1 The principle and hazards of the harmonic interference.....	30 -
6.1.2 Measures to restrain the harmonic interference.....	31 -
6.2 Strategies for the response of elevator's frequency converter to the noise, vibration and motor overheating	32 -
6.2.1 Strategies for reacting to the noise.....	32 -
6.2.2 Measures to reduce vibration.....	33 -
6.2.3 Measures to deal with the motor overheating.....	34 -
6.3 Control of the elevator door-motor	35 -
6.4 Adjustment and optimization of the comfort.....	36 -
6.4.1 Running comfort.....	37 -
6.4.2 Running time.....	38 -
6.4.3 Comfort adjustment	39 -
6.5 Discussion and optimization of the frequency converter in the energy saving.....	40 -
6.5.1 The role of the elevator's balance coefficient.....	41 -
6.5.2 The basic principles of using frequency converter in power-saving ...	43 -
6.5.3 Application of active energy back coupling	43 -
Chapter7 Summary and prospect	48 -
7.1 Summary and supplement.....	48 -
7.2 Development and prospect of the elevator	48 -
References	51 -
Thanks.....	53 -

第一章 绪论

随着生产的发展，城市迅速的崛起。城市人口的膨胀，逼迫人们向高空发展，大中小城市的高楼大厦，如同雨后春笋般的出现。当人们闲暇的时候，登高可作为一种消遣和锻炼。但在时间就是金钱，就是效率的社会，高楼大厦，却给人们的生活带来诸多的不便，更严重的是丧失了时间。于是，垂直升降的机械——电梯，便应运而生。1889年，世界上第一台电梯，由美国的奥的斯公司生产使用。从此，电梯进入了人们的生活和生产领域，给生产和生活带来了极大的方便。

1.1 电梯在人们生活中的重要地位

随着现代化城市的高速发展，一幢幢高楼拔地而起。在这些高层建筑中每天都有大量的人和物品需要由电梯来进行垂直输送。在超高层建筑里，电梯的作用在一定程度上比建筑物本身更为重要。纽约世界贸易中心大楼，高410m共100层，每天要输送5万人上下班，还有8万人来访和旅游。为了高效地进行输送，大楼共设置了电梯208台和自动扶梯49台。通过合理配置，使垂直交通十分快捷和方便。世界速度最快且运行距离最长的电梯位于迪拜哈利法塔，速度最高达17.4m/s。中国速度最快且运行距离最长的电梯则位于台北101大楼，速度最高达16.8m/s。

由我国自行设计和建设的上海东方明珠电视塔，坐落于黄浦江畔，浦东陆家嘴嘴尖上，1991年7月30日动工，1994年10月1日建成。塔高468米，与外滩的“万国建筑博览群”隔江相望，建设完成时，列亚洲第一，世界第三高塔。现为亚洲第二，世界第四高塔。东方明珠塔每年接待来自于五洲四海中外宾客280多万人次，是集观光、餐饮、购物、娱乐、游船、会展、历史陈列、广播电视发射等多功能于一体的综合性旅游文化景点。塔内安装了6台高速乘客电梯，其中一台为双层轿厢电梯，额定载重量为3500kg，运行速度为4m/s，可乘客50人。

除了超高层建筑外，在高层和一些多层的饭店、办公楼和住宅楼，电梯也渐渐成为了不可缺少的垂直输送工具。在服务性和生产性部门，如医院、商场、仓库等也需要大量的病床电梯、自动扶梯、和载货电梯。随着经济和技术的发展，

电梯的使用领域将越来越广，电梯已成为现代物质文明的一个标志。

1.2 电梯的发展历史

很久之前，人们就使用一些原始的升降工具运送人和货物。公元前 100 年前后，我国古人发明了辘轳，它采用卷筒的回转运动完成升降动作，因而增加了提升物品的高度。公元前 236 年，希腊数学家 Archimedes 设计制作了由绞车和滑轮组构成的起重装置。这些升降工具的驱动力一般是人力或畜力。19 世纪初，在欧美开始用蒸汽机作为升降工具的动力。1845 年，威廉汤姆逊研制出 1 台液压驱动的升降机，其液压驱动的介质是水。尽管升降工具被一代代富有创新精神的工程师们进行不断改进，然而被工业界普遍认可的升降机仍未出现，直到 1852 年世界第 1 台安全升降机诞生。1889 年，美国奥的斯升降机公司推出了世界第一部以直流电动机为动力的升降机，诞生了名副其实的电梯。

现在常说的电梯是服务于规定楼层的固定式升降设备。它具有一个轿厢，运行在至少两列垂直的或倾斜角小于 15° 的刚性导轨之间，轿厢尺寸与结构形式便于乘客出入或装卸货物。它适用于装置在两层以上的建筑内，是输送人员或货物的垂直提升设备。电梯无严格的速度分类，我国习惯上按下述方法分类：低速梯，常指低于 1.00m/s 速度的电梯；快速梯，常指速度在 1.00~2.00m/s 之间的电梯；高速梯，常指速度在 2.00~3.00m/s 之间的电梯；超高速梯，则一般指速度超过 3.00m/s 的电梯。随着电梯技术的不断发展，电梯速度越来越高，区别高、快、低速电梯的速度限值也在相应地提高。

1.3 电梯控制系统发展史

电梯在驱动控制技术方面的发展经历了直流电机驱动控制，交流单速电机驱动控制，交流双速电机驱动控制，直流有齿轮、无齿轮调速驱动控制，交流调压调速驱动控制，交流变压变频调速驱动控制，交流永磁同步电机变频调速驱动控制等阶段。19 世纪末，采用沃德-伦纳德系统驱动控制的直流电梯出现，使电梯的运行性能明显改善。20 世纪初，开始出现交流感应电动机驱动的电梯，后来槽轮式（即曳引式）驱动的电梯代替了鼓轮卷筒式驱动的电梯，为长行程和具有高度安全性的现代电梯奠定了基础。很长时间电梯一直使用直流电动机驱动，最

初的交流电动机只有单速，电梯运行性能很不理想。虽然交流双速电动机问世后，基本满足了电梯运行的基本要求；但在调速性能方面却难以满足更高的要求。所以 20 世纪上半叶，直流调速系统在中、高速电梯中占有较大比例。1967 年，晶闸管用于电梯驱动，交流调压调速驱动控制的电梯出现。在 1983 年，变压变频控制的电梯出现，由于其良好的调速性能、舒适感和节能等特点迅速成为电梯的主流产品。1996 年，交流永磁同步无齿轮曳引机驱动的无机房电梯出现，电梯技术又一次革新。由于曳引机和控制柜置于井道中，省去了独立机房，节约了建筑成本，增加了大楼的有效面积，提高了大楼建筑美学的设计自由度。这种电梯还具有节能、无油污染、免维护和安全性高等特点。

1.4 课题研究背景

电梯是机、电、电子技术一体化的产品。其机械部分好比是人的躯体，电气部分相当于人的神经、微机控制部分相当于人的大脑。各部分密切协同，电梯方能可靠运行。对于垂直电梯最主要的事故危险是：“坠落”和“剪切”。所谓“坠落”是指人员从楼层的门口或者从轿厢坠入井道，人员可能是直接坠落或者随轿厢坠落。造成轿厢坠落的原因很多，最主要的原因是轿厢严重超载，还有可能是设备长期使用后，没有及时维修、检验，部件的磨损或者控制失灵。“剪切”则指的是人员站在门口的位置被运行的轿厢卡轧。正常的电梯当门开着时是不会运行的。但一旦电梯发生故障控制失灵，或者轿厢超载就会出现电梯开门运行状况。所以严格禁止超载，是防止发生剪切事故的重要措施，此外乘客进出电梯时应不要在门口停留等候和乘坐电梯时不要倚靠电梯门，等等。由于电梯的普及再加上频频发生的电梯事故，电梯与锅炉、压力容器、压力管道、起重机械、游乐设施等被列为特种设备。所谓“特种设备”就因为这种设备的运行存在一定的危险性，如果管理不善或者操作不当可能造成事故，将给人民的生命和财产造成重大损失。因此根据国家特种设备安全监察条例，电梯每个月至少应有两次维护保养，每年必需年检一次。

生活在继续，科技在发展，电梯也在进步。电梯的材质由黑白到彩色，样式由直式到斜式，在操纵控制方面更是步步出新一手柄开关操纵，按钮控制，信号控制，集选控制、人机对话等，多台电梯还出现了并联控制，智能群控；双层轿

厢电梯展示出节省井道空间，提升运输能力的优势，变速式自动人行道及自动扶梯大大节省了行人的时间；不同外形的扇形、三角形、半棱形、圆形观光电梯则使身处其中的乘客的视线不再封闭。如今，世界各国的电梯公司还在不断地进行电梯新品的研发、维修保养服务系统的完善，力求满足人们对现代建筑交通日益增长的需求。在控制方面，用微机全面取代继电器，实现闭环控制，进一步提高电梯性能和可靠性，简化控制系统和减少调试的要求已是控制的主流。目前更强调运行质量和开拓功能，电梯控制正向多微机分散控制发展。

正由于社会经济的快速发展，电梯的在用数量急剧增长，电梯的耗电量巨大。随着国家能源政策对耗能产品提出新的要求，属于建筑中高耗能特种设备的曳引电梯，其能耗的研究成为电梯能效评价、节能监管、电梯设计、选配电梯的基础。因此曳引式电梯的节能研究具有一定的理论价值和社会效益。

一个半世纪的风风雨雨，翻天覆地的是历史的变迁，永恒不变的是电梯提升现代人生活质量的承诺。

第二章 变频器的原理和结构

变频器的发展已有数十年的历史,在变频器的发展过程中也曾出现过多种类型的变频器,但是目前成为市场主流的变频器基本上有着如图 2-1 所示的基本结构。

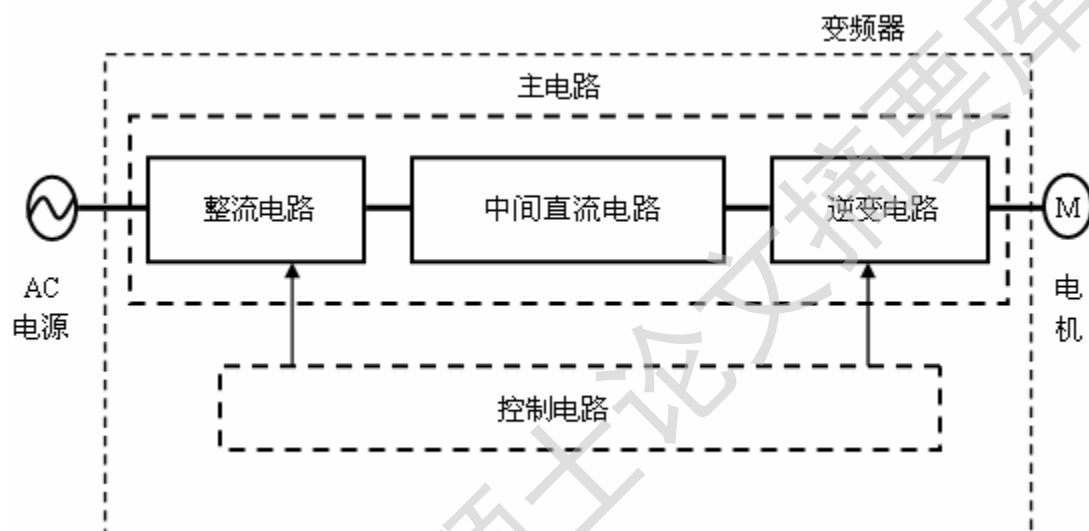


图 2-1: 变频器的构成

如图 2-1 所示,变频器的主电路主要由整流电路、直流中间电路和逆变电路三部分以及有关的辅助电路组成。下面我们将分别介绍这三部分电路。

2.1 整流电路

一般的三相变频器的整流电路由三相全波整流桥组成。它的主要作用是对工频的外部电源进行整流,并给逆变电路和控制电路提供所需要的直流电源。整流电路按其控制方式可以是直流电压源也可以是直流电流源。

整流电路的主要作用是对电网的交流电源进行整流后给逆变电路和控制电路提供所需要的直流电源。在电流型变频器中整流电路的作用相当于一个直流电流源,而在电压型变频器中整流电路的作用则相当于一个直流电压源。根据所用整流元器件的不同,整流电路也有多种形式。

一般来说在变频器中应用的几种整流电路有以下几种:

1、二极管整流电路

二极管整流电路主要用于 PWM 变频器，其电路结构如图 2-2 所示。直流电压 E_d 经直流中间电路的电容进行平滑后送至逆变电路。由于二极管整流电路不具有开关功能，下图所示整流桥的输出电压决定于电源电压的幅值。

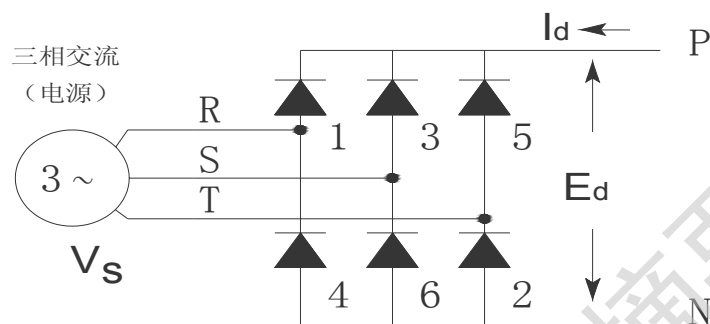
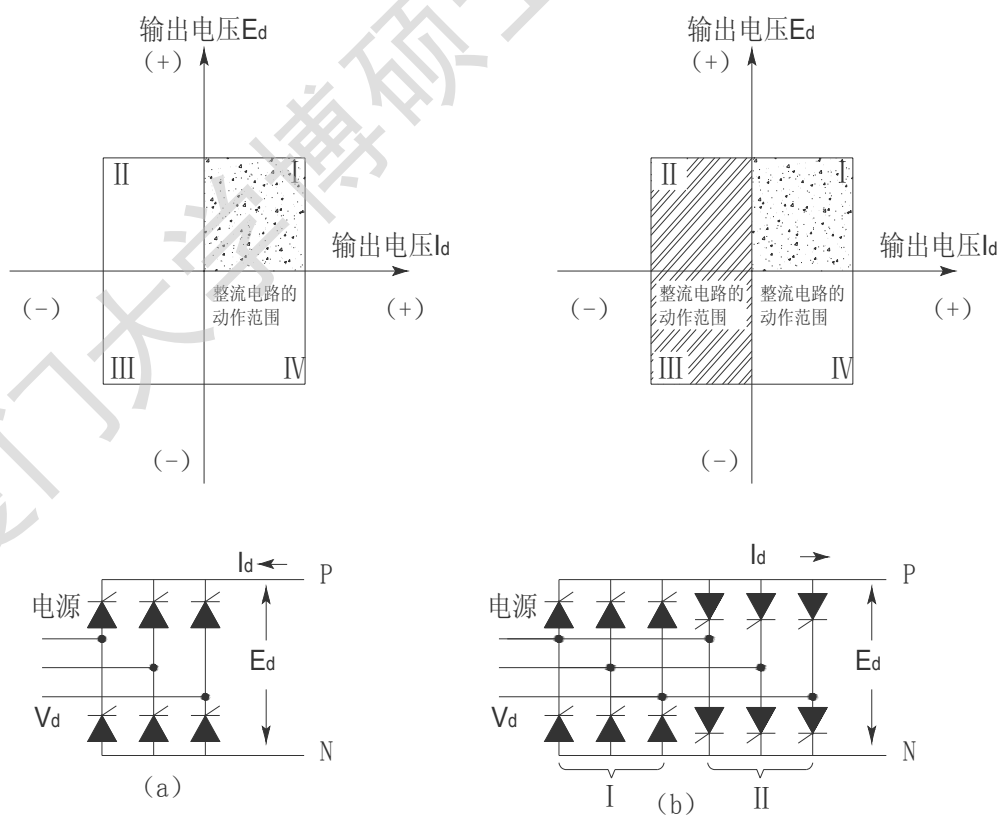


图 2-2：二极管整流电路

2、晶闸管整流电路



(a) 单向型晶闸管整流电路；(b) 可逆型晶闸管整流电路

图 2-3：晶闸管整流电路及其工作范围

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库