

邵阳职业技术学院

毕业设计

产品设计	工艺设计	方案设计
		√

设计题目： 电梯节能及平层救援系统的设计

学生姓名： 李杨

学 号： 201810300208

系 部： 电梯工程学院

专 业： 电梯工程技术

班 级： 电梯 1181 班

指导老师： 黎花叶

二 0 二 一 年 六 月 一 日

目 录

一、绪论.....	1
(一) 设计的背景	1
(二) 设计的意义	2
(三) 设计的目标与内容	2
二、系统的整体结构设计.....	3
(一) 电梯能量回收设计	3
(二) 系统结构设计	4
(三) 系统救援流程	5
三、储能系统选择和设计.....	6
(一) 超级电容.....	6
(二) 充电电路模块设计	8
(三) 双向 DC/DC 变换器	8
四、自平层救援系统设计.....	9
(一) 自平层救援装置组成	9
(二) 自平层救援方向判断.....	10
五、成果.....	13
参考文献	14
致谢.....	15

电梯节能及平层救援系统的设计

[摘要]

本次设计一种加装于现有电梯系统中并且能达到节能与平层救援功能的装置。该装置可以在发生电压故障或者停电等突发情况时，通过超级电容储能，逆变模块向变频器产生交流电使电梯运行到合理位置完成自动平层救援功能；或当电梯启动或者加速时，超级电容起到功率补偿作用，提高电梯运行舒适感，二次利用达到节能效果。

[关键词] 节能紧急 平层救援 变频器 电梯安全

一、绪论

（一）设计的背景

节能减排，建设资源节约型可持续发展社会是我国的一项基本国策，十四五规划中提出了“坚持节约优先”的原则后，全国范围内的节能工作得到了前所未有的关注。调查表明，我国建筑物所消耗的能量约占全部总能耗的 28%。其中电梯的用电量仅次于空调，远高于供水、照明的用电量。一部普通电梯的日用电量为 40~150 千瓦时，按照最低日用电量为 40 千瓦时计算，到 2013 年末，全国每年电梯耗电总量粗略估计就已经达到上百亿千瓦时，耗电量十分巨大。2009 年 5 月 1 日起实施的第 549 号国务院令《特种设备安全监察条例》将特种设备节能与安全提高到重要的地位，对特种设备节能提出了以下要求：（1）特种设备生产、使用单位应当建立健全特种设备安全、节能管理制度和岗位安全、节能责任制度；（2）特种设备生产、使用单位的主要负责人应当对本单位特种设备的安全和节能全面负责；（3）国家鼓励特种设备节能技术的研究、开发、示范和推广，促进特种设备节能技术创新和应用。（4）特种设备生产、使用单位和特种设备检验检测机构，应当保证必要的安全和节能投入。

一方面是国家的政策号召，另一面是中国经济发展的强烈需求。电梯节能与安全已经刻不容缓。随着近年中国电梯技术的进步，电梯安全已经形成了标准的体系和规则。目前电梯节能技术的研究大多是在如何提高电梯运行效率方面做优化。例如电动机的三相异步电动机变为永磁同步电机提高效率；变极调速变为变压调速（ACVV）再变为现在的变频变压调速（VVVF）。这些都是速度和精度方面做改进，而在能量的回馈以及再利用方面的研究并不多。

在电梯总量飞速增长的同时，电梯故障与困人事故也是频频发生。据质检局的统计，在杭州，仅 2017 年 5 月电梯平层救援处置中心接到报警电话就有 5185 通，其中平层救援处置 921 起，困人故障 484 起，设备故障 436 起，维保人员平均到场时间为 14.43 分钟。14.43 分钟是在非常迅速的响应和比较顺利的情况下，实际上要保证这个到场时间是较为困难的。特别是在沿海地区交通拥堵，道路不畅非常容易延误救援的时间。

基于上述问题，本设计提出了一种同时具备节能与自平层救援功能为一体的电梯综合装置。该装置能够降低能耗，保障乘客的安全，减轻维保人员的救援压力，具有很大的应用前景。

（二）设计的意义

目前安装有源能量回馈器的电梯很少，主要原因用户对该装置安全可靠性的怀疑，且有源能量回馈器的价格较贵。本设计从用户需求角度出发，合理考虑用户的投资回报比，用户因节能改造产生的成本，可在短期内通过节省的电费费用完全回收，以此激发电梯使用单位进行电梯节能改造的积极性，同时也提高了电梯的安全性能。因此，本电梯节能及自平层救援系统若在电梯行业的大范围推广使用，会有良好的社会影响，带来极高的经济效益，同时也保证了安全性。

（三）设计的目标与内容

本设计的目的是通过对电梯节能与自平层救援电源的优化设计，以超级电容作为储能元件，并通过三种不同工作模式的控制运行，大大降低电梯的能耗，最终研究完成低成本可实际推广并具有明显节能效果的“电梯节能及自平层救援系统”。这是一种自发-自存-自用的电能回收利用技术。简单地说，就是用超大容量的电容，将电梯“制动发电工况”产生的电能存储起来，在电梯“拖动用电工况”时，先使用存储在超大电容中的电能，不够时再向电网取电，从而实现对“制动工况”产生电能的自存自用。本设计的创新和优势体现在以下几方面：

1. 电梯能量回馈收集方式和应用方式创新，电梯的能量回馈进入自循环模式，避免了回馈电能质量不高给电网造成的谐波污染，降低电梯运行向电网索取的用电量，同时使用户将节能利益落到实处。

2. 使用超级电容替代铅酸蓄电池，绿色环保，落实国家节能环保政策，社会效益巨大；

3. 节能的同时也补偿了电网波动等原因引起的电梯影响，能减少电梯停梯故障概率，从而提高了电梯的安全性能。

4. 项目成果具有制造成本低廉、体积小、重量轻、使用寿命长等优势，在电梯制造行业中具有极高的推广价值。

5. 推动电梯的紧急救援方式从传统的安全窗“自救”方式和最常用的“他救”方式，继续向“自动救护”及“远程救护”方向发展。

二、系统的整体结构设计

（一）电梯能量回收设计

1. 电梯的结构

常见的曳引式乘客电梯的基本结构为：电梯一侧为轿厢一侧为对重，它们通过曳引钢丝绳连接。曳引钢丝绳被放置在井道最上方机房的曳引轮上。对重用来平衡轿厢的自重和乘客的重量，这样可以平衡两侧重量减少启动时的力矩。电梯井壁固定有导轨，与轿厢上的导靴相配合后，限制轿厢水平的抖动，仅在垂直方向上下运行。当轿厢移动时，对重会向反方向移动。曳引式的电梯是通过曳引轮与钢丝绳表面的摩擦力来拉动轿厢运行。曳引驱动方式具有安全可靠，提升高度基本不受限制，电梯速度容易控制等优点，其已成为电梯产品驱动方式的主流。

曳引系统主要由曳引电动机、制动器、减速箱、曳引轮、导向轮等组成[40]。驱动主机是电梯运行动力的来源，电机的转子是由导线组成的一个笼形的装置，它切割磁感线产生电流。而产生的电流又在转动的磁场中产生了转矩，这个转矩通过齿轮减速器带动曳引轮产生转动并移动轿厢。目前的曳引机用主要是三相异步电动机以及同步无齿轮永磁电动机，如图2-1所示。



图2-1 电梯曳引机

2. 电梯再生能量分析

图2-2为恒转矩电动机的四象限运转固有机械特性曲线。

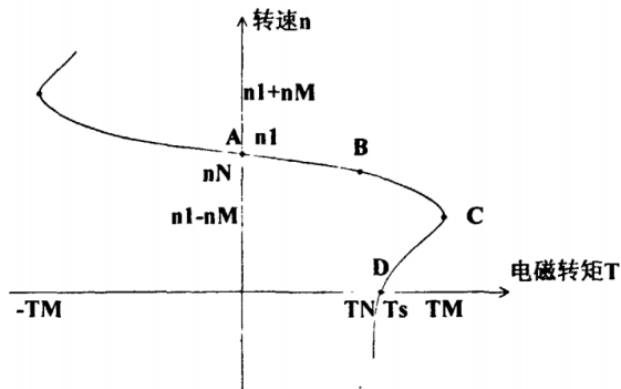


图2-2 电梯曳引机特性曲线图

由图2-2可知电动机主要在三个象限的运转。

- (1) 当电机发电曳引轮转矩和转动速度同一方向时即为第一象限也是电动的状态；
- (2) 当电机转矩为负值，电机转动方向和电机转矩不一致时即为第二象限也是发电的状态；
- (3) 当电机转矩为正值，电机转动方向和电机转矩不一致时即为第四象限也是能耗制动的状态。而电梯由于采用的是变频调速。所以第四象限能耗制动的状态在现在的电梯上是不会出现的。

(二) 系统结构设计

1. 功能介绍

图 2-3 中虚线框内的电路即是本设计在原电梯电气原理中增加的电梯节能及自平层救援系统图。升压逆变模块在市电网停止供电时，把存储的多余电量输到电梯电源的输入端代替市电网供电，并使电梯紧急救援运行到平层。设计采用 AC380V 并接入三相电的作用是可以不改变原来电梯控制柜的电气设计，保证其原设计的完整性便于后期对既有电梯的加装改造，同时又实现多余电能的再利用，保障乘客的安全。充电电路模块可以保证电梯储能装置一直存有平层救援的最低电量，在电梯储存电量过低时通过市电网对超级电容充电。而双向 DC/DC 模块极大的简化了装置结构，实现了单一模块完成充电存储和功率补偿的两个功能，有效减小了装置体积。

2. 电气原理图设计说明

电梯节能及自平层救援系统电气原理图 2-3。在市电网有电的情况下继电器 PW 得电吸合。L1、L2、L3 三相电通过常开开关 PW 给变频器供电。此时 UPSC 继电器保持失电，升压逆变模块和 L1、L2、L3 三相电保持断开。在市电网断电的情况下继电器 PW 失电断开。三相电输入端的常开触点 PW 断开，L1、L2、L3 三相电与变频器断开连接。此时主板会收到

DC24V 的自动救援信号（ARD-CHECK）。确认收到救援信号后，主板控制升压逆变模块开始输出，UPSC 继电器得电吸合；同时主板输出信号短接相序继电器。升压逆变装置前的 UPSC 常开触点闭合。此时超级电容的电能通过升压逆变输入变频器的输入端，变频器重新得电。此时主板给出信号，开始对相序继电器 J 进行短接，使相序继电器失效。在救援运行时，即使突然市电网恢复供电。由于三相电输入端常开触点 PW 保持断开的状态，因此防止电浪涌对升压逆变模块和变频器的冲击。电梯会保持救援运行直到完成后断电停梯。

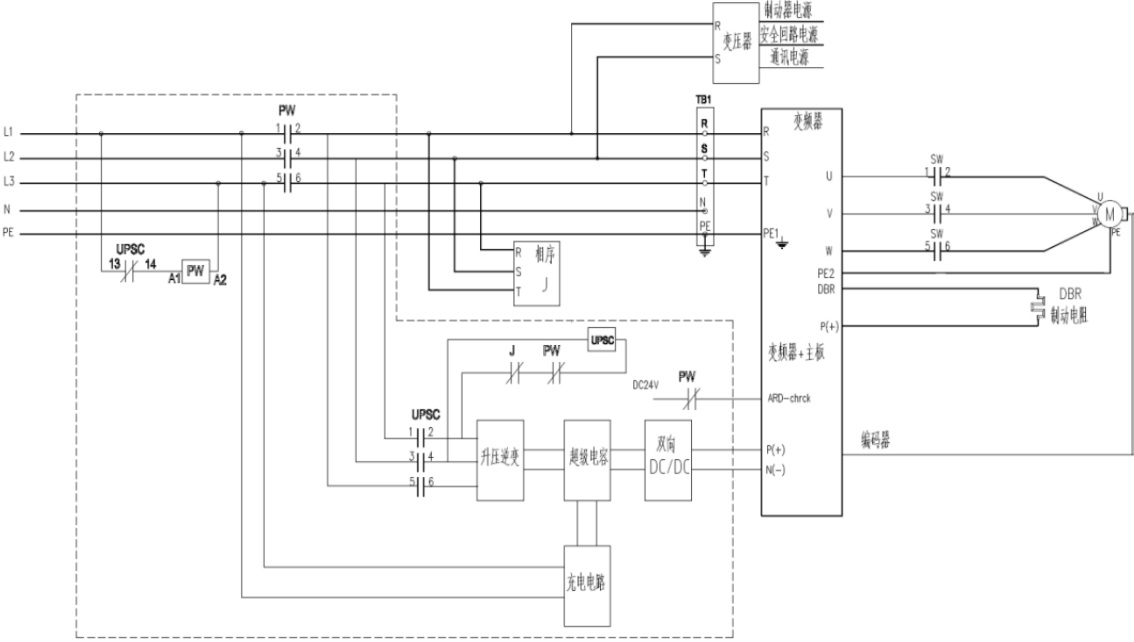


图2-3 系统电路设计框图

对电梯节能及自平层救援系统的控制部分设计主要采用了MENKEN出厂的型号为ARD-2P110-4Y的控制系统。设计组采用现有的应急救援控制系统作为基础，进行简单的调整就可以整合于电梯节能及自平层救援系统使用，大大降低了工作的复杂性。所以本设计对于控制程序方面不做介绍。

（三）系统救援流程

在正常运行时通过 ARD 救援控制系统判读系统是否掉电。当系统掉电时，电梯失去动力立刻制动停止运行。ARD 救援控制系统也立即识别系统发生掉电，给出电梯控制系统自动救援模式信号。此时超级电容将存储的电能量逆变输出给电梯控制系统、变频器、曳引机。电梯控制系统先对电梯位置进行分析判断。若电梯停止位置在门区则不需要移动轿厢；若电梯位置在非门区位置，则电梯进行负载方向和运行方向的判断，随后启动声光报警并以设定的救援速度低速移动轿厢到门区位置。随后电梯进行开门，使轿厢的乘客可以自行脱困离开电梯轿厢。门在设定的时间后关闭。电梯完成应急救援，停止于当前楼层等待专业

人员的复位。

下图 2-4 为 ARD 平层救援装置的控制流程图。

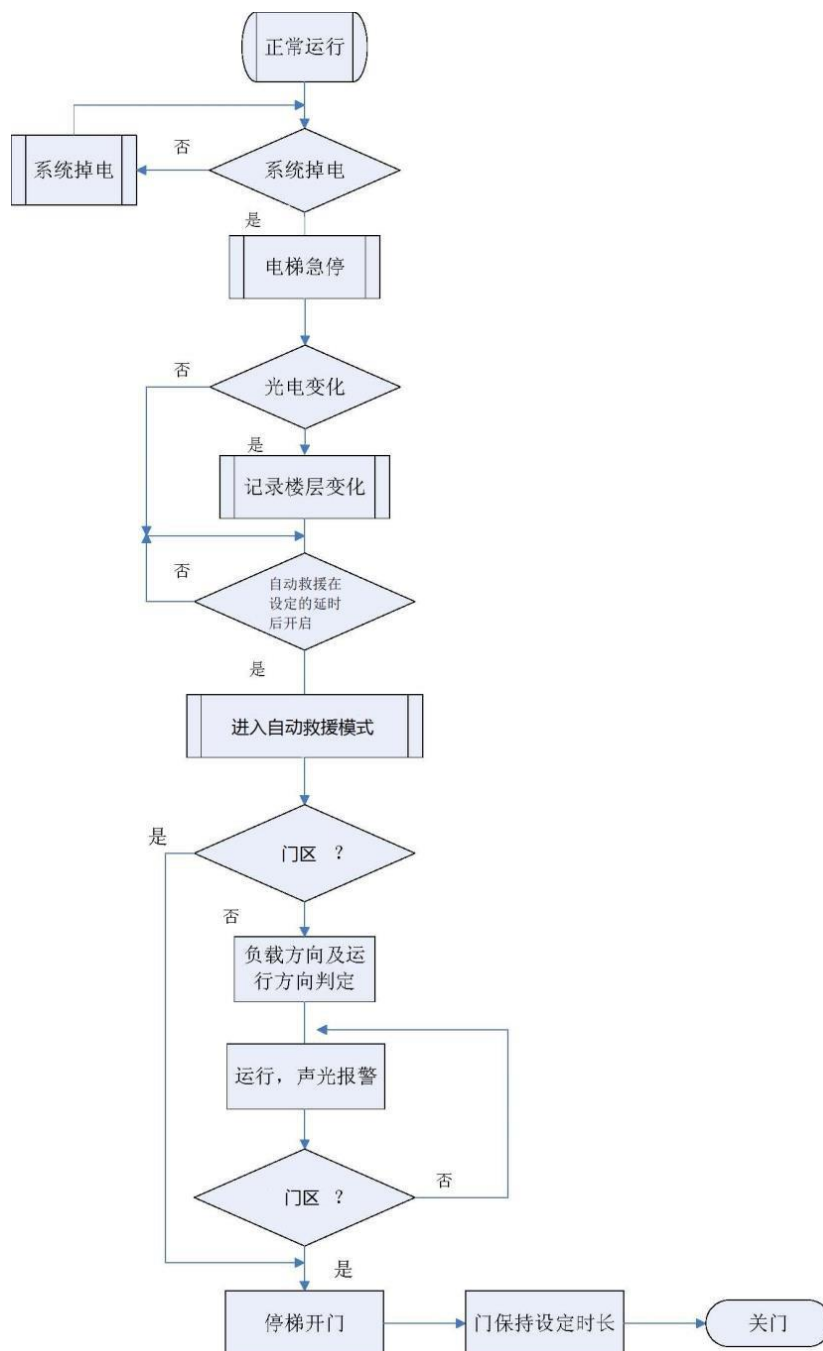


图 2-4 ARD 平层救援装置的控制流程图

三、储能系统选择和设计

(一) 超级电容

1. 超级电容的介绍

超级电容又称电化学电容或双电层电容，英文名称为 EDLC，图 3-1 所示，这是近年材料科学技术的突破而出现的新型功率型储能元件。自美国人 Becker 发表第一篇关于超级

电容的专利以来，超级电容的相关技术已取得快速发展，其容量已经达到万法拉级，价格从每法拉 1 美元下降至 0.01 美元以下。世界著名科技期刊《探索》杂志将超级电容列为 2006 年世界七大科技发现之一，认为其是能量储存领域的一项革命性发展。以前，因为受容量大小的限制，电容的作用被限制在滤波、耦合、谐振等方面，而在充放电方面的应用并不多。随着材料科学的突破，超级电容使用特殊的组织结构来增加它的表面积，减小分隔距离，使得容量值成百上千倍的增大，电容的储电能力有了突破的进展，可以被当为大功率物理二次电源使用。



图 3-1 Maxwell 电容

2. 超级电容组接线的设计

超级电容储能部分通过双向 DC/DC 变换器与电梯变频器交流电整流后的直流电路部分（电梯变频器 DCBUS）并联，超级电容可以在启动加速时与电网同时向曳引机供电使启动运行电压稳定加速更平稳；当电梯处于发电时，电梯运行产生的多余电量通过 DC/DC 变换器存入超级电容。系统随时检测超级电容电压大小从而控制超级电容工作模式，若电压超过设定的保护电压时就断开双向 DC/DC 与电梯直流线路部分的连接，防止超级电容过充。如果电梯处于再生发电状态，且超级电容器组电压没有越过上限，控制器立即启动双向 DC/DC 电路反向导通，将多余的能量储存到超级电容中供电梯功率补偿或者救援平层之用。此过程中，若检测到超级电容器组端电压高过设定上限值，双向 DC/DC 立刻关闭，同时打开并联于变频器直流线路部分的耗能电阻将能量泄放。若超级电容电压低于平层救援所需下限值时，则打开充电电路通过市电迅速对超级电容充电。当超级电容电压超过紧急救援设定最低电压值时，就立刻切断充电电路。遇到断电等故障情况时，如果轿厢不在平层位置，逆变回路将启动，直流电也变成了交流电，继续供给电机工作电源，电梯会以较为缓慢的速度运行到平层位置，然后让乘客安全离开。超级电容接线电路框图如图 3-2 所示。

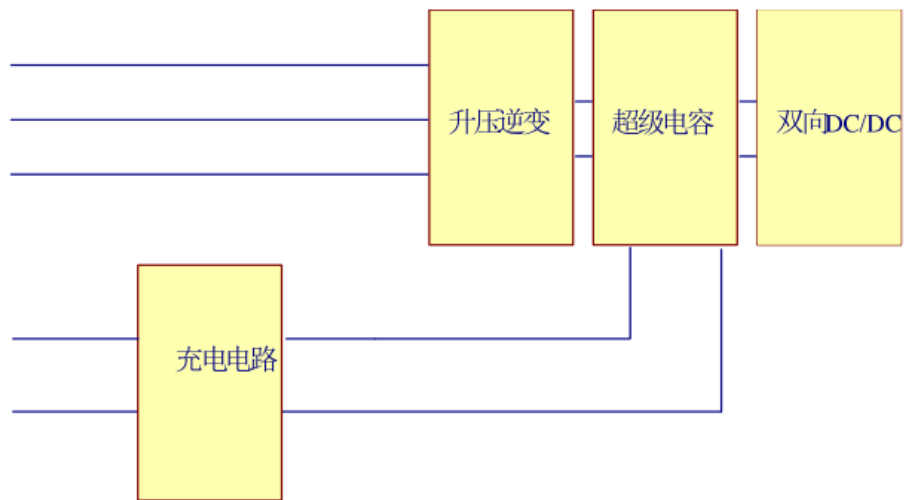


图 3-2 超级电容接线电路框图

（二）充电电路模块设计

充电电路作用是保证超级电容存储的电能量足够进行平层救援。超级电容有两种充电模式，若存储电量低于系统设定的值，就会进入市电网充电模式，系统接入市电网直接对电容充电。超级电容端电压和电网 220v 相同时即停止充电。另一种充电模式是直流母线充电。超级电容储能装置并联在直流母线上，当超级电容通过双向 DC/DC 接通直流母线时，超级电容两端的电压逐渐增加到设定值，这就是直流母线对超级电容的充电过程，如图 3-3 所示。

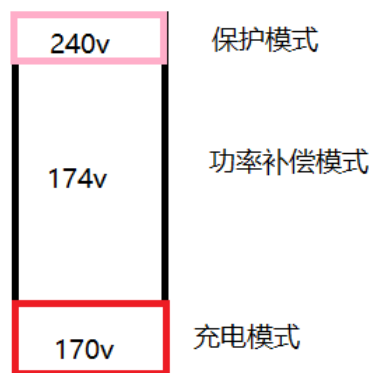


图 3-3 超级电容模式结构图

（三）双向 DC/DC 变换器

在功能上双向 DC/DC 变换器等同于一个升压转换器和一个降压转换器，在 PWM 控制下，双向 DC/DC 变换器的电压输出控制更加灵活，并且体积也有明显的减小，电流在变换器可以双向流动完成升压和降压的功能。电梯运行中，曳引机处于工作模式，电容的电能量要迅

速释放到变频器直流部分输出。这需要电容的能量通过 DC/DC 变换器进行升压到变频器直流电路部分完成功率补偿。电梯运行中曳引机作为发电作用时变频器的电流能迅速的释放到超级电容中存储。这需要电容的能量通过 DC/DC 变换器进行降压到超级电容完成充电。电流可以双向流动，一个方向升压补偿，一个方向降压充电，通过晶体管 SW1 和晶体管 SW2 可以完成对电压的输出的控制，下图 3-4 就是双向 DC/DC 变换器的工作原理。

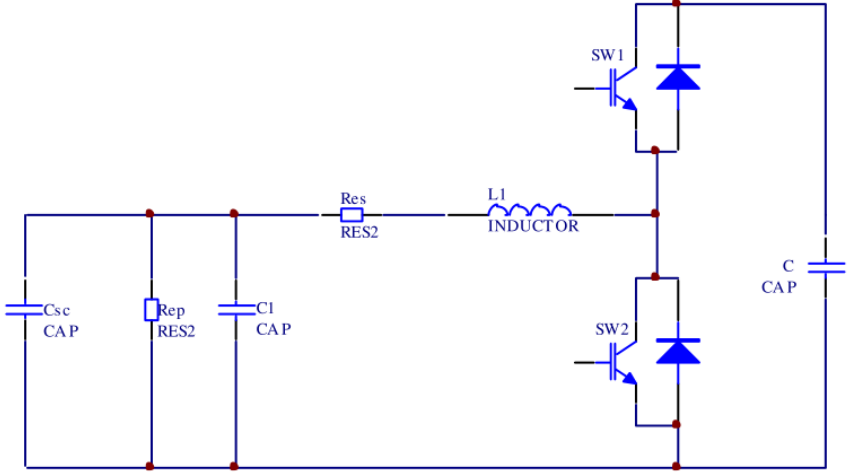


图 3-4 双向 DC/DC 变换器电路原理图

四、自平层救援系统设计

(一) 自平层救援装置组成

本设计的电梯的自平层救援单元由充电电路连接超级电容；超级电容连接升压逆变模块。升压逆变模块由控制电路控制在需要时向电梯三相电的输入端供电，充电电路连接 220V 市电，由控制电路控制开断。当系统交流三相电源正常接通时，系统交流三相电源通过变频器来驱动电梯。同时，系统交流三相电源还为电梯其它部位正在用电工作的零部件进行供电辅助。在电梯下降的过程中，变频器逆变单元是处于制动状态的，这样的话就会使变频器直流端母线的电压升高。此时，电梯节能单元的双向 DC/DC 变换器模块的充电功能开始启动，它可将制动能量存储起来，平层救援装置结构如图 4-1 所示。

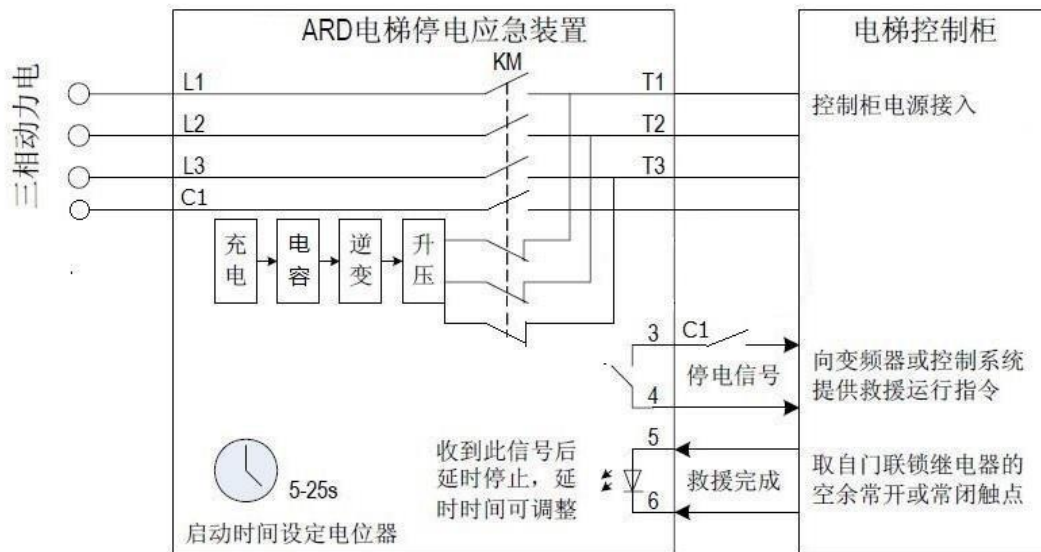


图 4-1 平层救援装置结构图

（二）自平层救援方向判断

为了电梯救援运行时能耗需求更小，效率更高。电梯在救援运行时，会对电梯所停井道设计的位置进行判断，可以通过位置选择电梯运行方向。同时电梯也会对负载方向进行判断设计，通过向负载方向进行救援运行，减小救援运行时所需的电能。

1. 电梯位置的判断

设计电梯的位置判断对于救援运行非常重要。在电梯意外停电，电梯正处于冲顶状态，设计轿厢位于井道最顶端时。如果不进行位置判断继续将电梯向上运行，那么对重将压在缓冲器上，曳引机和钢丝绳会不停的打滑，轿厢则永远无法到达平层的位置。当电梯意外设计停电，电梯正好处于平层位置时。此时可以不移动轿厢，仅需开关电梯门将乘客放出即设计可完成救援。

电梯在停电时位置的判断主要依靠电梯的平层光电和电梯的旋转编码器。电梯正常设计运行时平层光电时刻记录电梯层站的位置。停电时利用变频器的电容余电，自动记忆楼层设计信息，以及旋转编码器的位置以及运行方向。在采用超级电容恢复供电时，通过对设计掉电前旋转编码器位置与掉电后旋转编码器的位置作比对进一步确定轿厢目前所停的位设计置。

设计图 4-2 为旋转编码器与电梯节能及自平层救援系统的连接图。通过简单的插接件拆接设计就可以对既有电梯完成加装，安装非常简便设计。

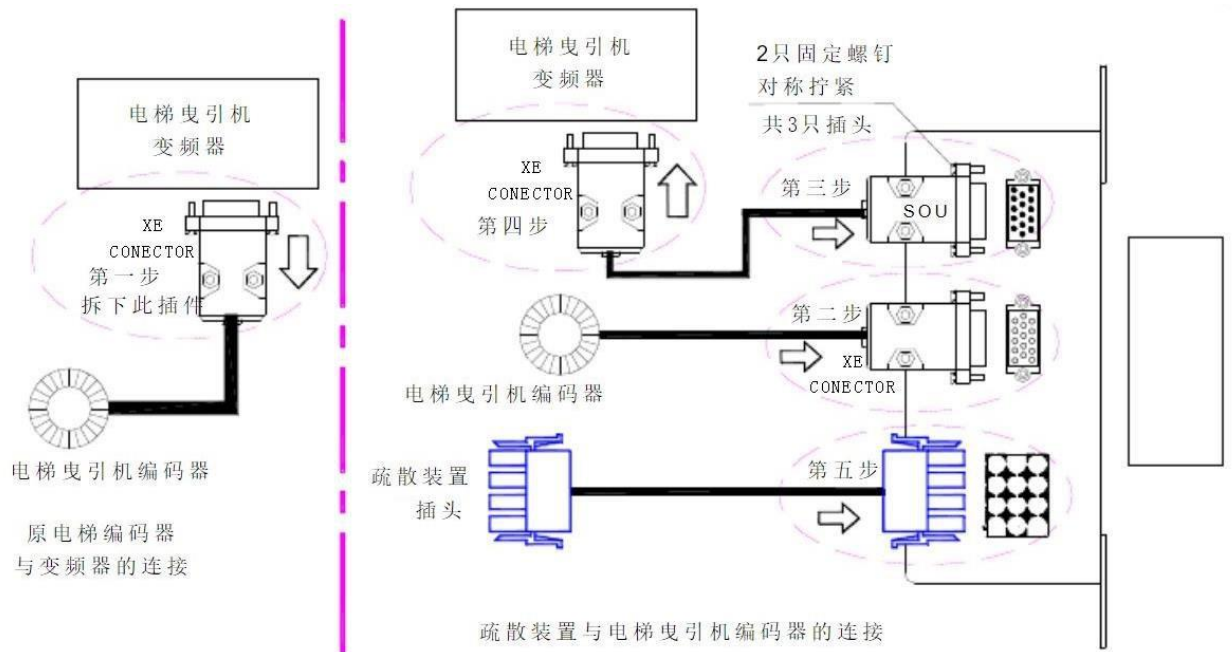


图 4-2 旋转编码器接线图

2. 电梯负载方向的判断

判断电梯的负载方向对于救援运行也非常重要。电梯能根据轿厢与对重两端的重量判断负载方向。通过电梯主板控制电梯短暂的打开抱闸，然后通过旋转编码器记录电梯溜动的方向和距离。这样就能判断电梯负载的不平衡度。

当轿厢和对重重量相差不大，那么系统选择根据楼层就近平层。如果轿厢和对重重量相差较大，则选择按负载方向救援平层。

将轿厢往提升重载方向运行，会大大增大电池的瞬间输出电流，此时直流母线约为 20-30A，此电流值接近逆变模块功率的上限。这容易出现过流保护导致应急救援不成功，且大大增加救援的耗电量。如果通过控制电梯往提升轻载方向运行，电容的瞬间输出电流和救援运行时电流都较小，一般低于 10A。这一般都在逆变器模块的最大功率范围之内，确保能应急救援成功，并且可以减少救援运行时所需能耗。下图 4-3 为根据负载判断救援方向示意图。

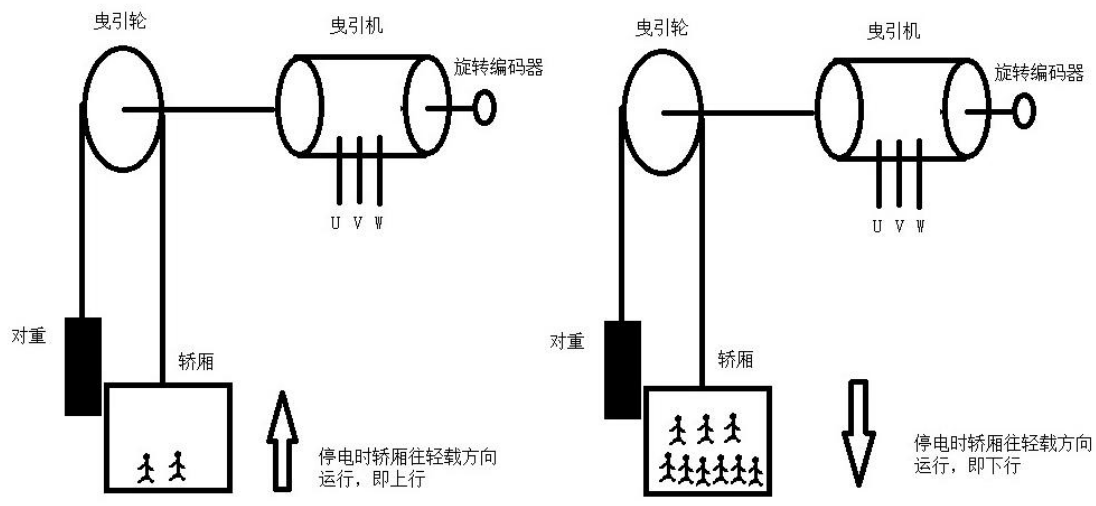


图 4-3 电梯的负载方向判断示意图

五、成果

本次设计的主要工作和成果总结如下：

1. 根据电梯运行时电动机的工作特性设计电梯能量回收电路。
2. 通过计算选定合适本装置的超级电容容量大小。
3. 在目前行业标准规范的前提下对自动救援装置进行研究设计。
4. 以实地测试的数据分析本装置的效果。

每个好的产品都是通过不断的改良才最终形成的，本装置虽通过了样梯效果的初步验证，但是仍然要继续思考如何提升回收效率，如何优化救援时间。并不断试验验证和改良优化。只有这样才会最终成为一个优秀的设计，满意的产品。由于时间紧迫，本设计对于超级电容功率补偿方面还没有做较为详细的介绍和测试。接下来的时间里，还将对补偿工作模式情况下变频器直流母线电压进行测量，并设置比较组。通过对比分析检测功率补偿的节电效果以及提升运行稳定性的表现。在将来的下一阶段，我们还计划将对设备的绝缘性能、电磁兼容性、外壳防护等级、接地、工作噪声等等方面进行测试和调整。目前电梯行业竞争激烈，要想在竞争中取得优势，必须要有精湛的技术和亲民的价格。之后电梯的技术与市场发展趋势主要表现在：

1. 电梯的控制系统将更为智能化。
2. 超高速电梯的研究将继续发展，并且速度越来越快。
3. 电梯的安全性将进一步提高。
4. 节能电梯将推广。

从应用前景与展望而言，电梯节能及自平层救援系统的市场容量巨大。目前我国在用电梯 500 多万部。每年新增电梯约 60 万部。按在用电梯的 5%、新增电梯 20%推广应用估算，每年有 37 多万部的市场容量，按每台电梯节电装置 4000 元计算，市场容量和产值大约每年 15 亿元左右。

本设计之中必定还有许多不足之处，恳请各位专家和老师们批评指正。

参考文献

- [1]朱德文. 电梯交通系统的智能控制与应用[M]. 长春: 吉林大学出版社, 2018:35-56.
- [2]芮静康. 电梯电气控制技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019:45-95.
- [3]常路德. 电梯控制系统维护一读通[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2020:22-36.
- [4]梁延东. 电梯控制技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019:25-33.
- [5]李惠昇. 电梯控制技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2018:18-35.
- [6]叶湘滨, 熊飞丽等. 传感器与测试技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2018:22-37.
- [7]丁镇生. 传感器及传感技术应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2018:72-73.
- [8]董帅. 超级电容储能电梯节能关键技术的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2019:1-50.
- [9]丁守宝, 刘富君. 我国特种设备检测技术的现状与展望. 中国计量学院学报. 2020, 19(4):10-35.
- [10]陈功富, 韩贤东. 计算机网设计与实现[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2019:33-57.
- [11]郝立平. STM32 系列 ARMCortex-M3 微控制器原理与实践[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2018:20-36.
- [12]李璞, 郭敏. 单片机的应用与发展[J]. 中国校外教育, 2019(27):3-29.

致谢

至此毕业设计完成之际，首先要感谢我的指导老师黎老师。本次毕业设计是在黎老师的悉心指导与鼓励下完成的。黎老师为我提供了良好的实验条件，在学习计划、撰写毕业设计、解疑答难等方面提供了很多专业性的指导。黎老师渊博的知识、严谨的治学态度、精益求精的工作作风和诲人不倦的高尚师德，都将深深地感染和激励着我。在这些年的学习时光中，黎老师不仅在学业上给我以悉心指导，同时还在思想、生活上给我以无微不至的关怀，在此谨向黎老师致以诚挚的感谢！感谢为这篇毕业设计的完成付出了辛勤劳动和心血的同学们。他们在我学习的过程中团结合作、认真严谨、不畏艰苦，给了我极大的帮助。感谢我的实习同事们，感谢他们在我毕业设计的撰写中给予了我的指导和建议。