

## S120驱动永磁同步电机在电梯中的应用

You are here: > 西门子中国 > 制造业的未来 > 成功案例 > S120驱动永磁同步电机在电梯中的应用

## S120驱动永磁同步电机在电梯中的应用

>

### 一、公司简介

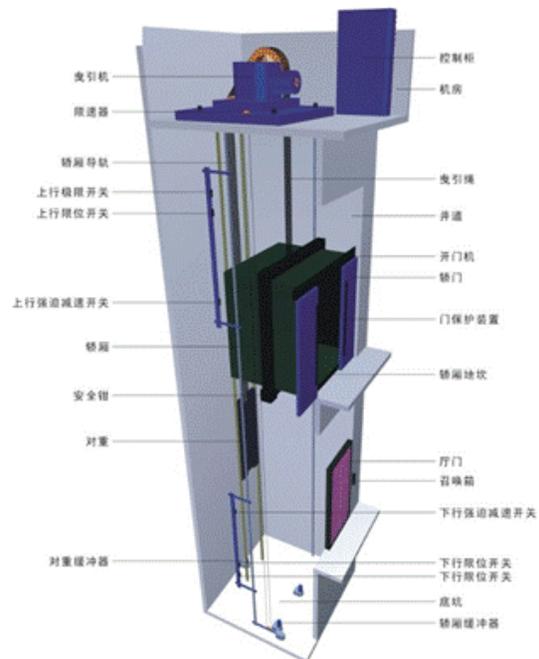
江苏西德电梯公司主要从事各类乘客电梯、观光电梯、扶梯、载货电梯、别墅电梯等研发、设计、制造、销售、安装及维修服务的专业化现代化企业，也是西门子公司在电梯行业重要的战略合作伙伴。西德电梯一直倡导质量第一的理念，并致力于不断技术创新，逐步成为电梯行业内具有技术先导的强大竞争力企业。客户原先使用西威和施耐德的变频器驱动电梯主提升永磁同步电机，客户为了提高自身产品的竞争力，希望使用西门子变频器驱动电梯主提升电机。

>

### 二、系统的工作原理及组成部分

#### 1、系统组成部分

电梯是一种以电动机为动力的垂直升降机，装有箱状吊舱，用于多层建筑乘人或载运货物。曳引绳两端分别连着轿厢和对重，缠绕在曳引轮和导向轮上，曳引电动机通过减速器变速后带动曳引轮转动，靠曳引绳与曳引轮摩擦产生的牵引力，实现轿厢和对重的升降运动，达到运输目的。



#### 电梯系统组成:

**曳引系统:** 曳引系统的主要功能是输出与传递动力，使电梯运行。曳引系统主要由曳引机、曳引钢丝绳、导向轮、反绳轮组成。

**导向系统:** 导向系统的主要功能是限制轿厢和对重的活动自由度，使轿厢和对重只能沿着导轨作升降运动。导向系统主要由导轨，导靴和导轨架组成。

**轿厢:** 轿厢是运送乘客和货物的电梯组件，是电梯的工作部分。轿厢由轿厢架和轿厢体组成。

**门系统:** 门系统的主要功能是封住层站入口和轿厢入口。门系统由轿厢门，层门，开门机，门锁装置组成。

**重量平衡系统:** 系统的主要功能是相对平衡轿厢重量，在电梯工作中能使轿厢与对重间的重量差保持在限额之内，保证电梯的曳引传动正常。系统主要由对重和重量补偿装置组成。

**电力拖动系统:** 电力拖动系统的功能是提供动力，实行电梯速度控制。电力拖动系统由曳引电动机，供电系统，速度反馈装置，电动机调速装置等组成。

**电气控制系统:** 电气控制系统的主要功能是对电梯的运行实行操纵和控制。电气控制系统主要由操纵装置，位置显示装置，控制屏(柜)，平层装置，选层器等组成。

**安全保护系统:** 保证电梯安全使用，防止一切危及人身安全的事故发生。由电梯限速器、安全钳、夹绳器、缓冲器、安全触板、层门门锁、电梯安全窗、电梯超载限制装置、限位开关装置组成。

#### 2、电力拖动系统

电力拖动系统由曳引电动机，供电系统，速度反馈装置，电动机调速装置等组成。

曳引系统主要驱动部分曳引机可分为有齿轮曳引机和无齿轮曳引机。

**有齿轮曳引机:** 由电动机、制动器、减速箱、盘车装置及底座等组成，还有旋转编码器、热保护、制动器闭合确认开关、接线装置。主要机型为蜗轮蜗杆传动曳引机。

**无齿轮曳引机:** 由电动机、制动器、盘车装置及底座等组成，还有旋转编码器、热保护、制动器闭合确认开关、接线装置。主要机型为永磁同步无齿轮曳引机。



有齿轮传动曳引机

永磁同

步无齿轮曳引机

永磁同步电机驱动的无齿轮曳引机，由于采用无齿轮曳引技术，省却了传统的蜗轮蜗杆减速器，使机房噪音大大降低，较有齿轮产品可减小噪音10分贝以上；无需润滑油，根除了油污染，更符合环保要求。永磁同步电动机转子由高性能永磁体构成，无励磁电流，大大地提高电动机的运行效能。由于蜗轮蜗杆的机械传递效率比较低，所以永磁同步无齿轮驱动系统比蜗轮蜗杆传动系统具有更高的效率，降低电力耗能。在安全方面，因为其结构简单、具有刚性直轴制动等特点，在提供全时上下行超速保护功能的同时，可利用永磁同步电动机的反向发电的特点，为电梯系统与乘客提供多层保护。在应用方面，因为永磁同步曳引机外型的小型化及薄型化特点，使电梯配置与建筑物间整合空间的搭配性

大大提升，为建筑设计师提供更大的弹性设计空间，同时也间接的改善了人对建筑物空间的使用率与使用质量。现在市场上主流的垂直电梯都使用永磁同步曳引机。

因为上述永磁同步无齿轮曳引机相对于传统的有齿轮传动曳引机的优点，近些年来永磁同步无齿轮曳引机在电梯行业推广很快。目前国内载人电梯中，无齿轮曳引机的使用率已达60%左右，国内目前的客梯年产量为20万台，无齿轮曳引机的年销量达12万台，总产值有20亿左右。

### 三、电力拖动系统控制方案及调试

#### 1、电机参数及配重的选择

电梯曳引机选用江苏西德电梯有限公司生产的无齿轮永磁同步电梯曳引机。

主要电机参数：	曳引轮直径 400mm	额定电流 25.7A
额定速度	1.5m/s	额定功率 11.5Kw
额定负载	1150Kg	额定扭矩 765N
额定电压	380V	悬挂方式 2/1
额定频率	24Hz	工作制 S5 40%

注：S5工作制 包括电制动的断续周期工作制：按一系列相同的工作周期运行，每一周期包括一段起动时间、一段恒定负载运行时间、一段快速电制动时间和一段断能停转时间。

电梯配重的计算，配重是一种平衡体，其质量应选择大约跟电梯厢(包括平均塔载的乘客)的质量相等。当起动电动机时，它只需要供给提升多搭载的乘客上升或少搭载的乘客下降的动力。其余的重力由配重来平衡。按照国家标，出现电梯里面坐满40%-50%额定载荷的人的概率最大，这样最经济的情况下应该是对重的重量等于轿厢的重量加上它额定载荷40%-50%的重量最好。减去轿厢重量的有效配重占额定载荷的比例也叫电梯的平衡系数。本样机中的动平衡系数约为45%，且悬挂方式为2/1，则：

正常运行时的最大扭矩M按照超载10%来计算，

$$\begin{aligned}
 M &= (1.1-\psi) \times QD1g/2r \\
 &= (1.1-0.45) \times 1150 \times 0.4 \times 9.8/4 \\
 &= 732N
 \end{aligned}$$

式中，曳引比 $r=2$ ，Q为轿厢载重量，D1为曳引轮直径，D1=400mm， $\psi$ 为平衡系数， $\psi=0.45$ 。

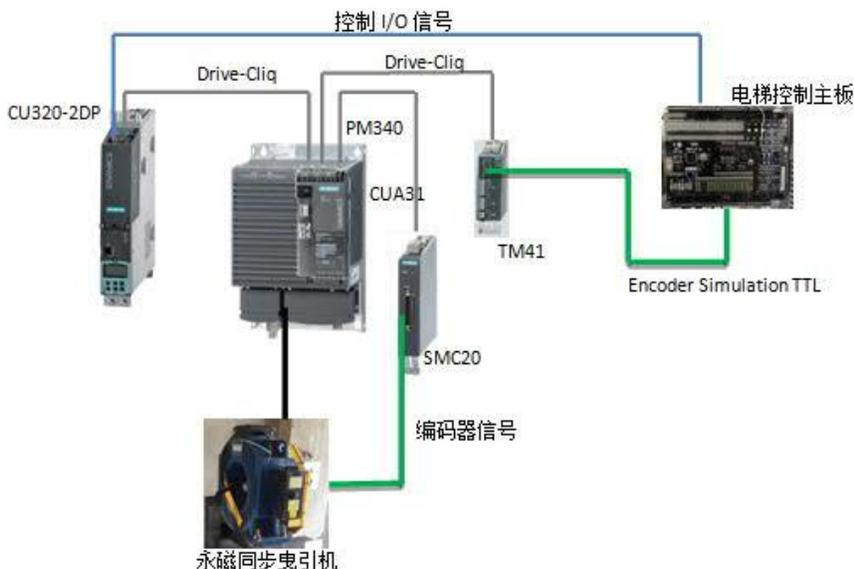
#### 2、电力拖动系统方案

曳引机驱动系统的要求：

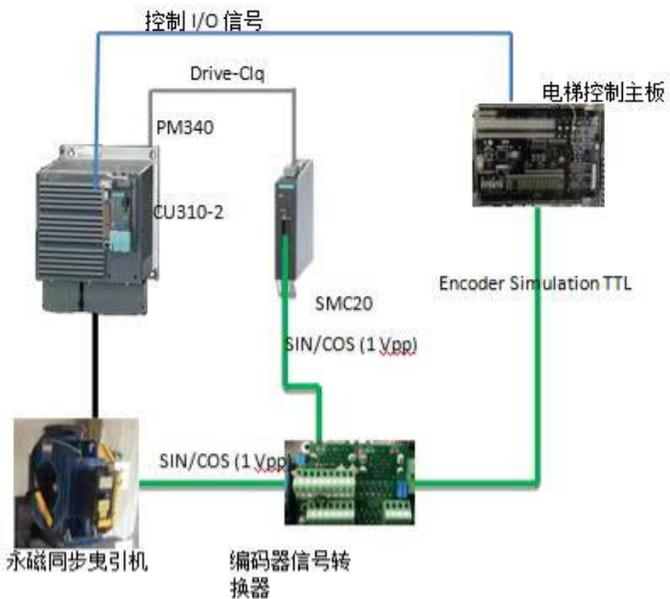
- 1、驱动永磁同步电机，实现闭环矢量控制。
- 2、西德电梯永磁同步电机的编码器为海德汉 ERN 1387，增量式编码器 SIN/COS (1 Vpp)。
- 3、要求变频器带Encoder Simulation TTL差分 5V 输出信号，此信号输出到电梯控制主板监控电梯实际速度。
- 4、为保证电梯乘坐舒适性，速度环比比例积分根据实际速度切换。
- 5、变频器脉宽调制频率需要8KHz,达到降低电机运行噪音的目的。

基于西门子S120可以提供以下两个方案，

方案1：S120 CU320-2DP+CUA31+PM340+TM41+SMC20



方案2：S120 CU310-2DP+SMC20+PM340+编码器信号转换器

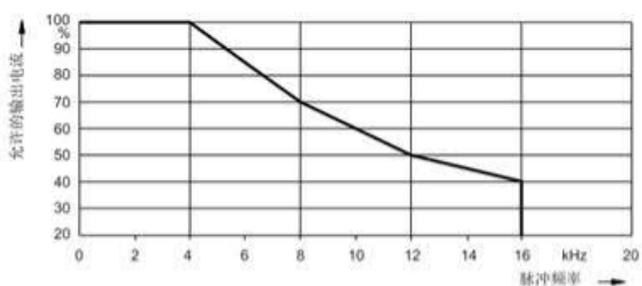


方案1中，西门子提供了整个电力拖动系统，S120为了实现变频器TTL模拟信号的输出，选择了TM41选件，且需要选配CU320-2DP做为变频器的控制单元。相对于方案1，方案2的优点是曳引机驱动变频器结构简单，在实现拖动功能的同时，大大节省了曳引同步电机驱动的成本。选用了可靠的第三方编码器转换器，变频器只负责驱动永磁同步电机实现闭环矢量速度控制，TTL差分5V信号通过编码器信号转换器直接输出到电梯控制主板，调试简单。

### 3、电力拖动系统选型

因为在电梯提升系统中，用于电梯的永磁无齿同步曳引机根据电梯行业经验直接提供负载重量和运行线速度。关于变频器，需要对应同步电机功率的选择重载功率，客户通过计算提供了变频器功率和制动电阻功率。但是为了达到降低电机运行噪音的目的，变频器的脉宽调制频率需要增加到8KHz，因此需要考虑实际变频器因脉宽调制频率增大而造成的输出电流降容。当变频器的脉宽调制频率需要增加到8KHz时，变频器允许的持续输出电流降容到额定的70%。

PM340模块型功率模块的降额特性曲线



客户主要选择第三方制动电阻，在S120功率单元PM340有对制动电阻阻值的要求，即客户选择的制动单元阻值不能小于PM340功率单元允许的最小阻值要求，如果选择的制动单元阻值小于功率单元允许的阻值，会导致PM340内置的制动单元损坏。

### 4、第三方永磁同步电机的调试及优化

#### 磁极位置识别：

S120驱动永磁同步电机需要进行磁极位置识别功能来确定同步电机的电气磁极位置，在磁场定向控制中需要该位置。所以对于带未校准编码器的电机，只需要进行一次磁极位置识别，相比较客户原先使用施耐德ATV71L，因为ATV71L不能接入编码器C、D信号，每次变频器上电第一次运行会自动执行磁极位置识别，从而引起电梯产生较大的震动，降低了电梯的舒适性，而本样机中S120驱动沈阳蓝光永磁同步电机，编码器为海德汉ERN1387，带有C、D信号，所以只需在电梯调试时执行一次磁极位置识别，之后运行不会出现ATV71L的情况，保证了电梯运行的舒适性。

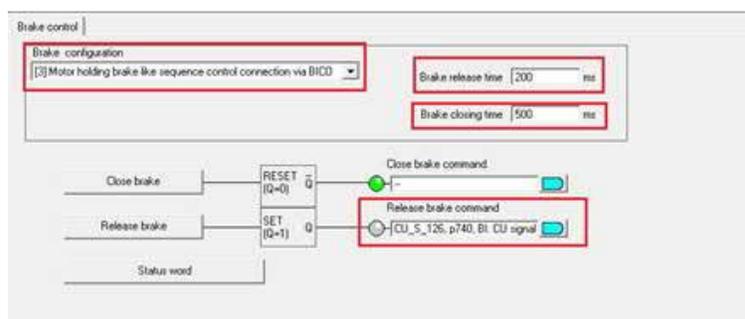
磁极位置识别主要步骤：

- 1.通过 p1980 选择一个识别方法
  - 2.设置 p1990 = 1，启动一次性磁极位置识别
- 实际的磁极位置识别过程，电机至少旋转360°

实际磁极位置识别方法应满足以下补充条件：

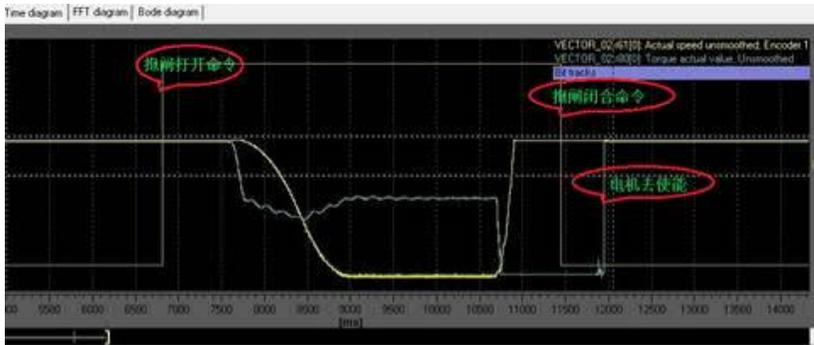
- 转速设定值 = 0 或静止状态
- 电机能够自由旋转，垂直负载脱开

#### 抱闸设置：



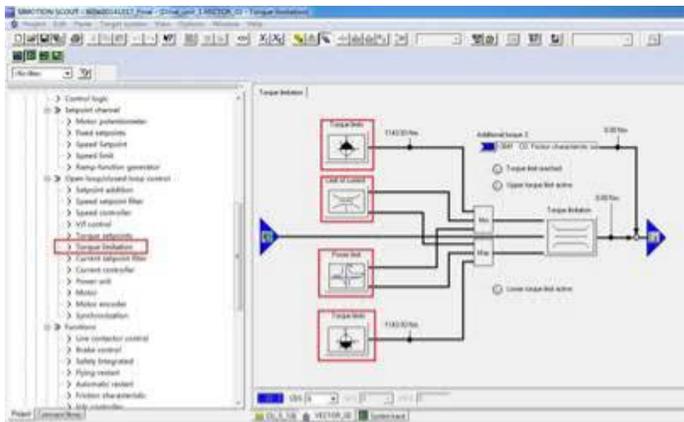
电机抱闸参数设置

P1215=3: 电机抱闸同顺序控制，通过 BICO 连接。P1216 电机抱闸打开时间，抱闸通电后（打开抱闸），转速/速度设定值在该时间内保持为零，之后使能转速/速度设定值。P1217 电机抱闸闭合时间，在执行 OFF1 或 OFF3、给抱闸断电（闭合抱闸）后，驱动在该时间仍处于闭环控制中，转速/速度设定值为零，在该时间届满后删除脉冲。如果设置的闭合时间比实际闭合时间短，则可能会使负载滑落；而如果闭合时间设得太大，控制闭环会施加反作用在抱闸上，缩短抱闸使用寿命。



**转矩限制:**

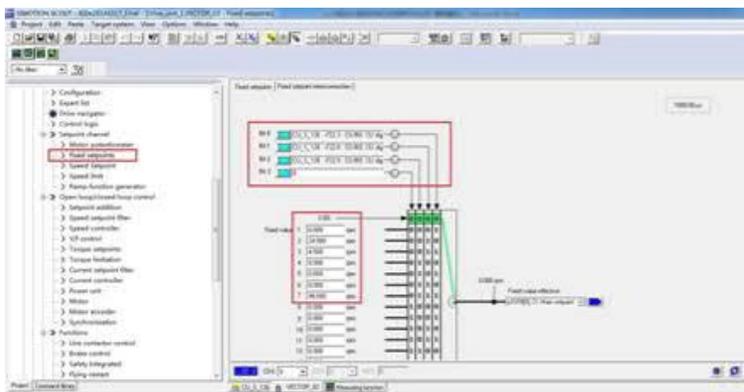
转矩限值允许的转矩, 针对电机电动运行和回馈运行设置不同的转矩限值, 且由转矩限制, 电流设置和功率限制共同决定。需要确认设定的回馈功率是否满足电机回馈运行。



转矩限制

**变频器控制信号设定:**

本样机中变频器速度给定值通过二进制选择的固定频率给定实现。

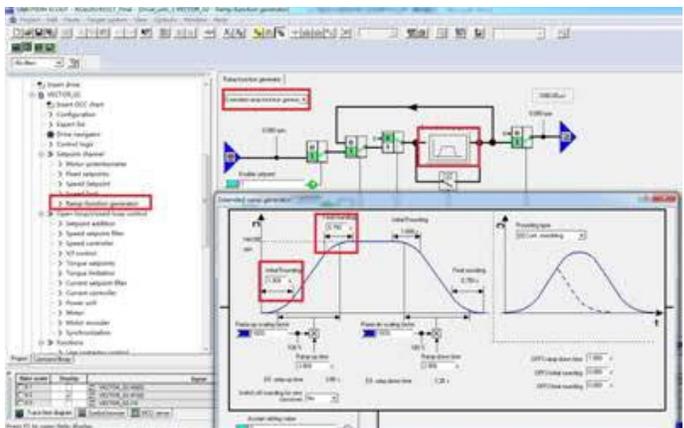


固定频率给定二进制选择

变频器的故障信号输出信号连接到电梯控制主板, 因为在系统上电时, 电梯的控制主板启动时间比变频器时间要短, 当变频器没有准备好, 电梯控制主板提前启动变频器, 有可能导致意外发生, 所以需要故障信号输出信号取反后发送到电梯控制主板。当变频器控制单元正常运行后才能把故障信号取反发送出去, 所以变频器在正常运行的情况才会发出常1信号, 当变频器断电或者变频器故障时, 电梯控制主板不能接收到这个常1信号, 就认为变频器不具备启动条件, 整个电梯系统无法正常运行。

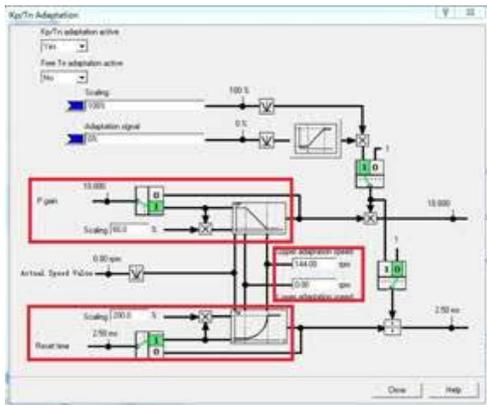
**电梯运行舒适性设置:**

为了满足乘客乘坐电梯时舒适性的要求, 需要通过扩展斜坡函数发生器和转速控制器适配来实现。扩展的斜坡函数发生器提供电机启动加速过程中的起始圆弧和结束圆弧, 实现了速度的平稳过渡, 在电梯整个加减速过程中实现变加速度的功能, 在电梯启动瞬间和快加速到达给定速度时, 减小了电梯运行加速度, 提高了电梯乘坐的舒适性, 避免了电梯从静止状态突然启动和电梯加速到设定速度时的冲击。



带初始和结束圆弧的斜坡发生器

速度控制器Kp\_n/ Tn\_n适配，首先电梯启动时，因为电梯是垂直轴，需要较大的Kp\_n和较小的Tn\_n，当电梯速度变大时，为了保证电梯的舒适性，需要调小电机运行的动态响应，让速度环特性变软，即调小Kp\_n和增大Tn\_n。速度控制器Kp\_n/ Tn\_n适配实现了根据电梯运行速度切换速度控制器Kp\_n/ Tn\_n的功能。相对于基于电梯运行速度切换速度控制器KP\_n/ Tn\_n，S120速度控制器KP\_n/ Tn\_n适配功能更加灵活，实现了Kp\_n/ Tn\_n的平滑调整。

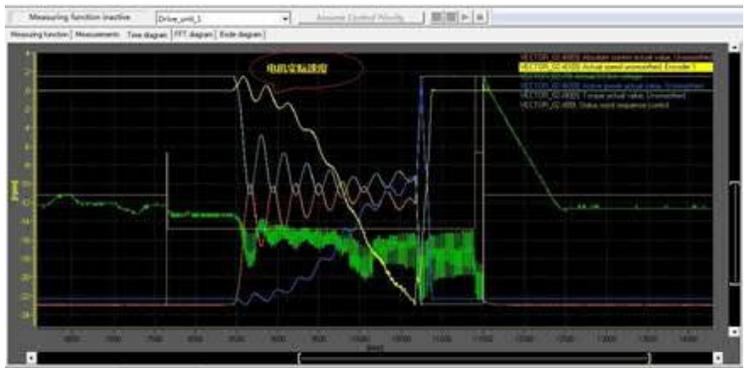


速度控制器Kp\_n/ Tn\_n适配

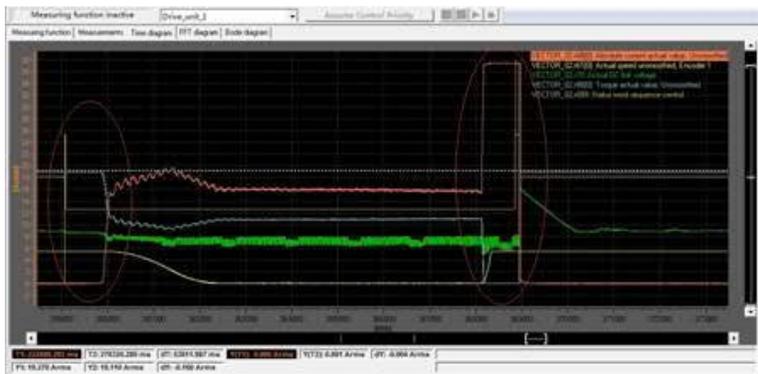
### 电梯提升的优化:

S120驱动曳引同步电机，首先采用 P1910 进行电机数据识别（静态测量）。空载时进行编码器识别得到磁极，得到P431换向角偏移，不接入负载，通过P1960选择2，进行带编码器的旋转检测得到更准确的饱和特性曲线。在电机没有更换及编码器安装没有移动的前提下，可以直接在P431中输入已知的磁极换向角偏移，不需要重新做磁极角辨识。

基于之前的优化准备工作，接入负载，曳引机挂上轿厢和配重，根据之前电梯配重的选择，在轿厢空置的情况下，曳引机的有效负载约为额定负载的50%，基本达到了电梯运行的最大负载，启动电梯下行，电机运行在电动状态，出现溜车现象，S120报故障F7412（驱动：换向角出错）。但在接入负载之前多次进行了磁极位置识别，得到的P431换向角偏移基本相同，且在曳引电机空载时可以正常运行，所以可以排除是因为换向角偏移角度错误的原因，根据手册关于F7412的故障说明中提到可能是控制回路因为参数设定错误而不稳定。结合其中溜车时的Trace图中的速度和扭矩的变化，发现速度环的响应达不到性能要求。通过逐步增大Kp\_n和减小Tn\_n，电梯可以启动运行。



Kp\_n, 2.5 Tn\_n 60ms

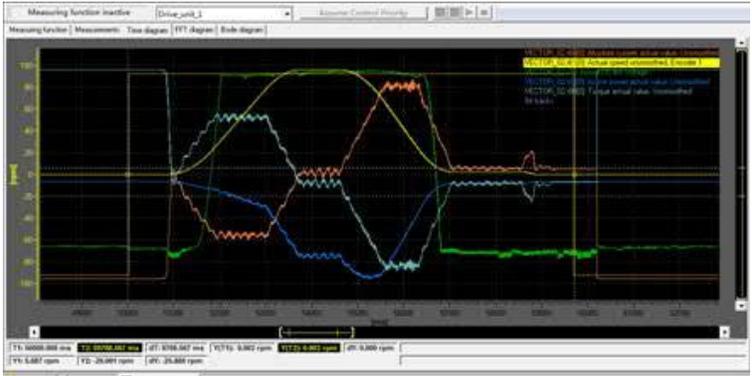
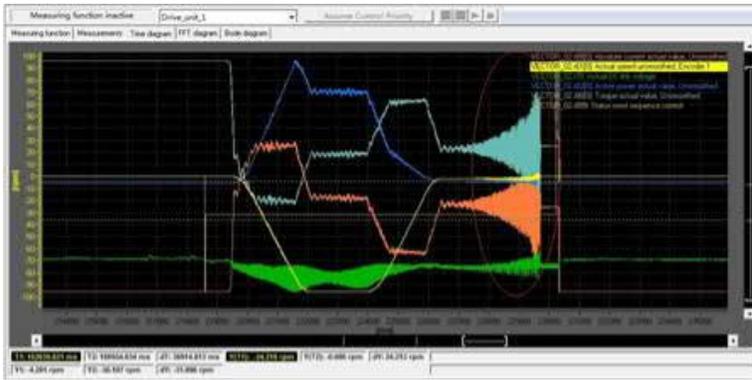


Kp\_n, 11.5 Tn\_n 2.5ms

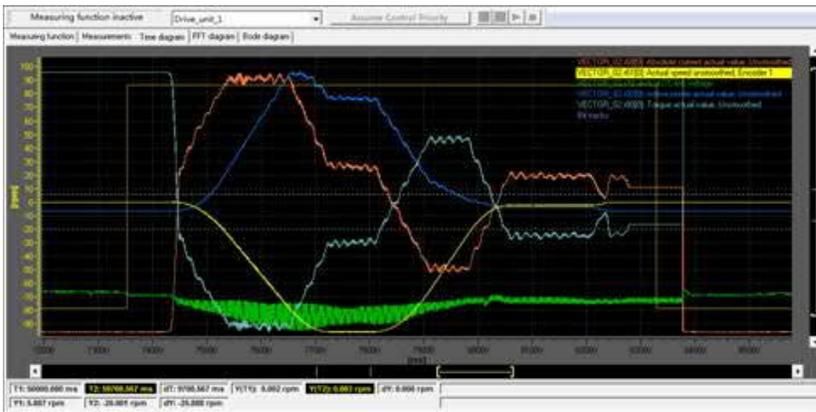
运行过程中，发现电梯运行在检修模式时，电梯每次停车，都会出现非常大的堵转电流，基本达到了变频器的最大电流，实际情况也是电梯停车时都会有很大的震动，通过观察Trace图的电流曲线和抱闸闭合命令输出，最大电流出现在抱闸闭合命令输出之前，本样机中变频器的抱闸控制命令是先输出到电梯控制主板，然后由电梯控制主板发出抱闸打开和闭合命令。由Trace图分析，此堵转电流出现是因为电脑控制主板发出停车命令，而后通过检测TTL差分信号得到电机的实际速度后控制抱闸，使抱闸闭合作先于变频器的抱闸时序，导致电机堵转。通过把变频的抱闸时序和电梯控制主板的抱闸时序进行匹配，消除了此堵转电流。

电梯正常工作时，电机首先到达电梯最大速度，电梯控制主板通过楼层距离计算出的速度包络曲线，当轿厢快到指定楼层时，切换到慢速运行使轿厢底部与楼层对齐，完成平层动作。当速度控制器Kp\_n, 11.5, Tn\_n, 3ms, 电机运行4.5rpm时出现了速度震荡。通过Trace图分析，因为在低速运行时Kp\_n偏大，造成电机转速震荡，因为电梯启动时需要电机具有高动态响应能力，所以不能大幅度的减小Kp\_n，可以通过慢慢的减小Kp\_n，本样机中当Kp\_n减小到10.8时，电机速度在4.5rpm出现的速度震荡消失，电梯在整个运行周期内，速度平稳。

Kp\_n, 11.5 Tn\_n 2.5ms



Kp\_n, 10.8 Tn\_n 2.5ms, 电梯上行 电机发电运行



Kp\_n, 10.8 Tn\_n 2.5ms, 电梯下行 电机电动运行

### 验收测试及后期优

#### 抱闸力检测功能:

为了保证电梯曳引机抱闸系统的正常运行,增加了抱闸力检测功能。

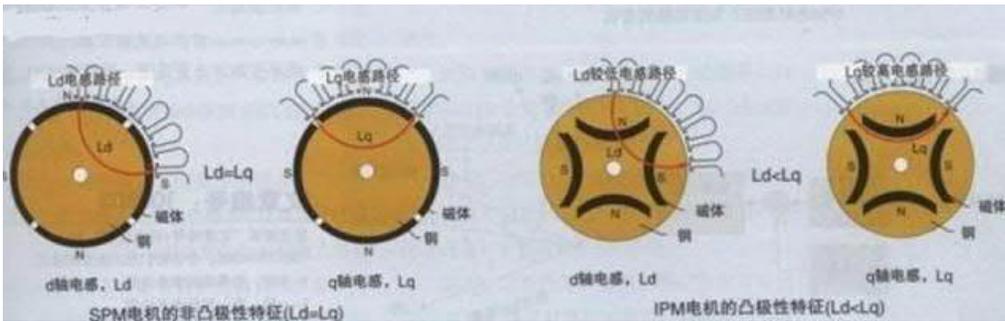
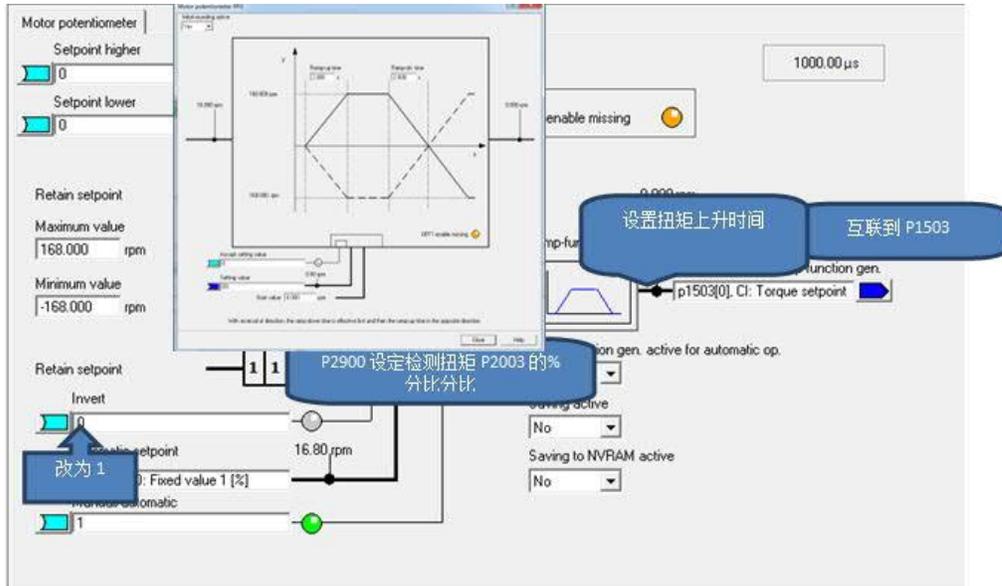
当电梯处于空闲模式时,电梯控制器会输出抱闸力测试请求,由变频器负责给电机一定的堵转力矩,由电梯控制板检测曳引轮是否出现打滑现象。如果有打滑认为抱闸力不够,电梯停用,否则认为测试正常。

具体实现方法为:

通过简单的参数设置，利用MOP的斜坡发生器，实现了抱闸力测试的要求。

**隐藏式电机停机去电流：**

永磁同步电机根据转子结构一般可分为凸极式 (IPMSM) 和隐极式 (SPMSM)。



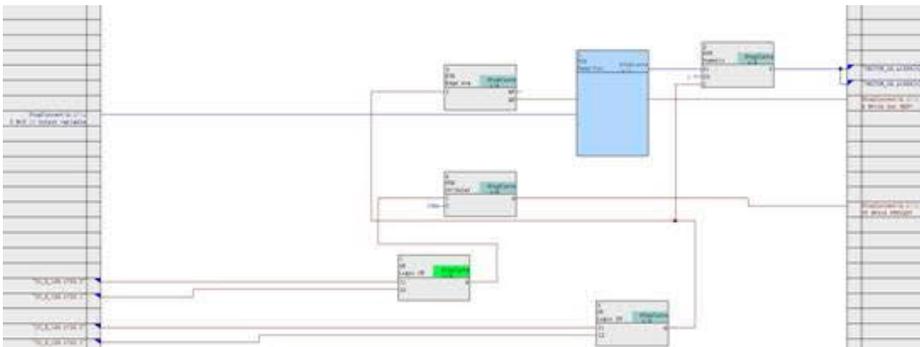
对于IPMSM具有明显的凸极效应，即直轴电感与交轴电感不相等（一般） $L_d < L_q$   
对于SPMSM没有凸极效应，即  $L_d = L_q$

在永磁同步曳引机在电梯主提升的应用过程中，发现隐极式同步电机在停车时会发出有别于抱闸闭合的响声，影响了电梯乘坐的舒适感。由下图发现现场监控电机电机停车S120去使能瞬，由在电机零速停车时，发现有3rpm的速度震荡，这个速度震荡导致了停车噪音的出现。



电机零速停车速度曲线

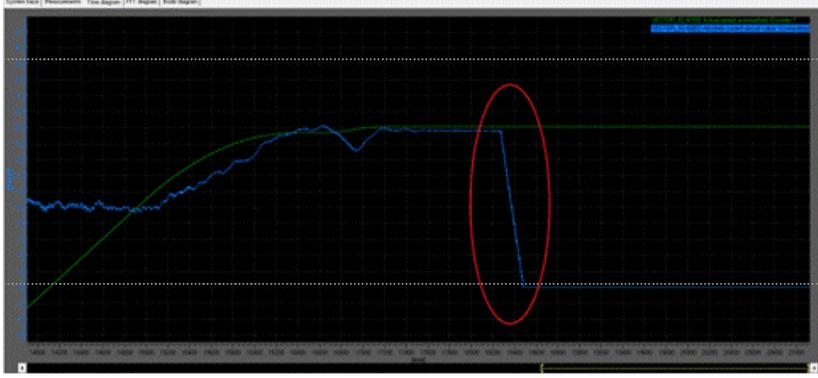
根据永磁同步电机根据转子结构一般可分为凸极式 (IPMSM) 和隐极式 (SPMSM) 的主要不同点是  $L_d$  和  $L_q$  不相等，怀疑是否因为去使能时电流突然变为零，导致了电机的震动。所以为了验证电流突变是否震荡的直接原因，所以通过DCC编程减缓了电机去使能时的电流突变。



DCC功能图

实现的主要原理是在电梯控制主板不发启动命令给变频器时，激活DCC斜坡函数。通过扭矩限幅的方式实现电机电流按照斜坡缓慢下降，达到消除电机停车震动的问题。由下图可以看到，当电流按照斜坡下降时，电机速度没有出现抖动。

带去电流功能的零速停车曲线



&gt;

### 五、样机开发结果

此电梯电力拖动系统，从调试结束至今已经稳定运行了一年多，产品性能和电梯乘坐舒适度都得到了客户的认可。现场实际调试了两台电梯永磁同步无齿曳引机，通过简单的参数设置，以及优化速度环比例 $Kp_n$ 和积分 $Tn_n$ ，容易实现客户要求的性能，DCC和BICO功能，大大提高了系统功能的可扩展性。

&gt;

### 六、应用体会

在样机开发前期，多种控制方案的对比是非常重要的，在满足控制性能要求的

前提下，选择性价比最高的控制方案，提高我们产品的竞争力。

&gt;

### 七、参考文献

- (1)SIEMENS SINAMICS S120 参数手册 01/2013
- (2)SINAMICS S120 Function Manual Drive Functions 04/2014
- (3)永磁同步无齿轮曳引机目前状态及发展趋势 作者：刘文超 胥文明

2017/7/26 | Author: Name

分享该页面: > > >

© 1996-2019