



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110595786 A

(43)申请公布日 2019. 12. 20

(21)申请号 201910880866.9

(22)申请日 2019.09.18

(71)申请人 上海理工大学

地址 200093 上海市杨浦区军工路516号

(72)发明人 林献坤 陈飒 王志昊 李铎  
吴宇航

(74)专利代理机构 上海申汇专利代理有限公司  
31001

代理人 王晶

(51)Int.Cl.

G01M 15/02(2006.01)

G01L 5/00(2006.01)

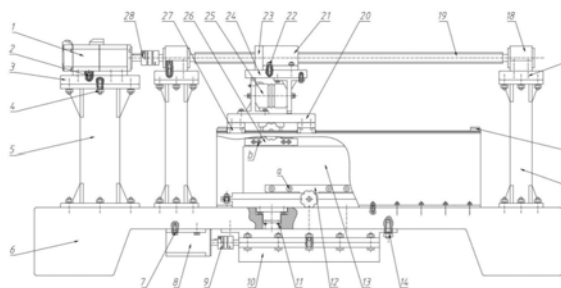
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

### (54)发明名称

无铁芯直线电机推力密度与发热多学科测试试验台

### (57)摘要

本发明涉及一种无铁芯直线电机推力密度与发热多学科测试试验台,由底台部件、电机定子夹具台部件、电机动子夹具部件、推力测量部件、负载传动部件、温升测量部件及支承导轨部件组成。U型槽无铁芯直线电机通过定子夹具和动子夹具固定在试验台上,定子、动子夹具部件均采用双螺旋自定心夹紧结构,由可换夹条从两侧夹紧直线电机,实现对不同尺寸型号的无铁芯直线电机进行稳定夹持;底台下方安装的电机与操作箱提供升降运动所需动力以调整适应不同型号电机的高度;力矩电机通过负载传动部件为直线电机的运动提供恒定制动负载,并由传感器测得电机推力信号,得到推力密度情况;利用红外热像仪对直线电机动子进行非接触式的温升测量,实现对电机发热的检测。



1. 一种无铁芯直线电机推力密度与发热多学科测试试验台,由试验底台(6)、底台操作箱(10)、电机定子夹具台(12)、电机动子夹具部件(26)、推力测量部件(25)、负载传动部件、温升测量部件(29)及支承导轨部件(27)组成,其特征在于:所述底台操作箱(10)和伺服电机(8)分别固定连接在试验底台(6)下方,并由联轴器(9)同轴相连,试验底台(6)中心处开有三个通洞,电机定子夹具台(12)中三个升降螺母分别穿过该通洞与底台操作箱(10)中三个螺母导向件连接,实现电机定子夹具台(12)与底台操作箱(10)的连接;所述电机动子夹具部件(26)通过导轨工作台(20)安装于支承导轨部件(27)上,支承导轨部件(27)固定连接在实验底台(6)上;所述推力测量部件(25)与电机动子夹具部件(26)通过螺纹分别安装在导轨工作台(20)上下两侧,实现推力测量部件与电机动子夹具部件的连接;所述温升测量部件中的红外热像仪(29)由螺纹固定于试验底台(6)上;所述负载传动部件中的丝杠螺母座(21)固定连接在推力测量部件(25)上,丝杠螺母座(21)通过丝杠螺母(23)连接滚珠丝杠(19),滚珠丝杠(19)连接力矩电机(1);所述电机定子夹具台(12)、电机动子夹具(26)均采用双螺旋自定心夹紧结构,由可换夹条从两侧夹紧待测U型槽无铁芯直线电机(13),实现对不同尺寸型号的待测U型槽无铁芯直线电机(13)进行稳定夹持;并通过底台操作箱(10)和伺服电机(8)提供升降运动所需动力以调整适应不同型号的待测U型槽无铁芯直线电机(13)的高度;所述负载传动部件为U型槽无铁芯直线电机的运动提供恒定制动负载,并由推力测量部件(25)中的传感器测得U型槽无铁芯直线电机推力信号,得到推力密度情况;利用红外热像仪(29)对待测U型槽无铁芯直线电机(13)的动子进行非接触式的温升测量,实现对电机发热的检测。

2. 根据权利要求1所述的无铁芯直线电机推力密度与发热多学科测试试验台,其特征在于:所述负载传动部件包括力矩电机(1)、膜片式联轴器(28)、滚珠丝杠(19)、丝杠支承座(18)、丝杠螺母(23)、丝杠螺母座(21),力矩电机(1)通过垫块(3)和支撑柱A(5)固定连接在试验底台(6)上一侧,两个丝杠支承座(18)分别通过垫块(3)和支撑柱B(15)固定连接在试验底台(6)上,并置于支承导轨部件(27)的两侧,所述力矩电机(1)通过膜片式联轴器(28)与滚珠丝杠(19)同轴相连,丝杠螺母座(21)通过螺栓(22)与高度调整板(24)连接。

3. 根据权利要求1所述的无铁芯直线电机推力密度与发热多学科测试试验台,其特征在于:所述底台操作箱(10)包括箱体上盖(30)、操作箱体(33)、蜗轮(35)、蜗杆轴(36)、右旋升降螺母A(40)、右旋螺纹轴A(41)、右旋升降螺母B(42)、右旋螺纹轴B(43)、左旋升降螺母C(46)、左旋螺纹轴C(47),所述上盖(30)与操作箱体(33)固定连接,所述蜗杆轴(36)两端通过一对面对面安装的角接触球轴承(32)与上盖(30)及操作箱体(33)两侧连接,所述右旋螺纹轴A41和右旋螺纹轴B43安装在蜗杆轴36前,并通过对应的蜗轮(35)与蜗杆轴(36)啮合连接,所述左旋螺纹轴C安装在蜗杆轴36后,并通过对应的蜗轮(35)与蜗杆轴(36)啮合连接;所述右旋螺纹轴A41、右旋螺纹轴B43、左旋螺纹轴C(47)上端分别配合连接右旋升降螺母A(40)、右旋升降螺母B(42)和左旋升降螺母C(46);当伺服电机(8)驱动蜗杆轴(36)旋转时,与蜗杆轴(36)啮合的三个蜗轮(35)旋转,带动右旋螺纹轴A41和右旋螺纹轴B43同向旋转,左旋螺纹轴C47反向旋转,使得右旋升降螺母A(40)、右旋升降螺母B(42)和左旋升降螺母C(46)同时上升或下降,从而实现对无铁芯直线电机不同高度的调整。

4. 根据权利要求1所述的无铁芯直线电机推力密度与发热多学科测试试验台,其特征在于:所述电机定子夹具台(12)包括夹具台上盖(48)、夹具台体(49)、螺母导向件B(51)、螺

母导向件C (52)、螺母导向件A (53)、可换夹条A (55)、左旋夹紧螺母A (60)、右旋夹紧螺母A (65)、螺纹轴A (62),所述夹具台上盖 (48) 和夹具台体 (49) 由螺栓 (54) 固定连接,所述螺纹轴A (62) 两端通过一对面对面安装的角接触球轴承安装夹具台体 (49) 中,所述螺母导向件A (53)、螺母导向件B (51)、螺母导向件C (52) 分别由螺钉固定于夹具台体 (49) 底部,并分别对应于底台操作箱 (10) 中三根螺纹轴的位置,所述可换夹条A (55) 固定连接在左旋夹紧螺母A (60) 和右旋夹紧螺母A (65) 上,左旋夹紧螺母A (60) 和右旋夹紧螺母A (65) 对应螺纹旋向分别装在螺纹轴 (62) 两侧,左旋夹紧螺母A (60) 和右旋夹紧螺母A (65) 的外凸部分嵌入夹具台体 (49) 的U型槽内为螺母移动导向,螺纹轴A (62) 通过平键与旋转操作手轮连接;所述螺纹轴A (62) 两端具有不同旋向的螺纹。

5. 根据权利要求1所述的无铁芯直线电机推力密度与发热多学科测试试验台,其特征在于:所述电机定子夹具部件 (26) 包括滑块连接件 (68)、左旋夹紧螺母B (72)、右旋夹紧螺母B (74)、可换夹条B (75)、支承座 (78)、螺纹轴B (79)、导轨工作台 (20),所述螺纹轴B (79) 两端通过一对面对面安装的角接触球轴承 (77) 安装在支承座 (78) 内,支承座 (78) 固定安装在导轨工作台 (20) 的下表面,所述可换夹条B (75) 由螺钉 (73) 装于右旋夹紧螺母B (74)、可换夹条B (75) 上,右旋夹紧螺母B (74)、可换夹条B (75) 对应螺纹旋向分别装在螺纹轴B (79) 两侧;所述右旋夹紧螺母B (74)、可换夹条B (75) 外凸部分嵌入导轨工作台 (20) 相应U型槽内为螺母移动导向,螺纹轴B (79) 通过平键连接操作手轮;所述螺纹轴B (79) 两端具有不同旋向的螺纹。

6. 根据权利要求1所述的无铁芯直线电机推力密度与发热多学科测试试验台,其特征在于:所述推力测量部件 (25) 包括高度调整板 (24)、加速度传感器 (83)、传感器固定板 (85)、导轨工作台 (20)、拉压力传感器 (86)、导向块 (88),两块传感器固定板 (85) 分别正反装在导轨工作台 (20) 和高度调整板 (24) 上,加速度传感器 (83) 和拉压力传感器 (86) 分别安装于两块传感器固定板 (85) 之间,导向块 (88) 装于传感器固定板 (85) 上,导向块 (88) 外凸端嵌入导轨工作台 (20) 和高度调整板 (24) 相应的U型槽内。

## 无铁芯直线电机推力密度与发热多学科测试试验台

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种无铁芯直线电机推力密度与发热多学科测试试验台,尤其是一种可以实现对不同型号不同尺寸无铁芯直线电机推力密度与动子发热检测的试验台。

### 背景技术

[0002] 无铁芯直线电机可将电能直接转换为直线运动机械能,省去了大量中间机械传动环节,加快了系统反应速度,提高了加工速度与精度,因此广泛应用于高精密加工机床。然而,无铁芯直线电机在运行过程中由于纹波扰动、齿槽效应和端部效应等因素的影响,会产生推力波动,导致推力密度分布不均以及动子发热情况较严重,其直接影响到直线电机的性能。目前,对无铁芯直线电机推力密度与发热检测的试验台主要是针对固定型号的直线电机的检测,并且多是静态测试,因此,需设计一款能够适应多型号无铁芯直线电机对推力密度与发热进行检测的装置。对于无铁芯直线电机推力密度分布不均的抑制、动子发热结构优化的研究有一定意义,且对于评价和选择优质的直线电机也有重要的作用。

### 发明内容

[0003] 本发明提出一种无铁芯直线电机推力密度与动子发热检测试验台,通过设计直线电机动子夹具和定子夹具,可实现对不同型号不同尺寸直线电机的稳定夹持,通过设计负载传动结构可以实现对恒定负载状况下直线电机推力的检测,采用红外热像仪可对动子进行非接触温升测量。

[0004] 为实现上述发明目的,本发明的技术方案是这样实现的:一种无铁芯直线电机推力密度与发热多学科测试试验台,由试验底台、底台操作箱、电机定子夹具台、电机动子夹具部件、推力测量部件、负载传动部件、温升测量部件及支承导轨部件组成,所述底台操作箱和伺服电机分别固定连接在试验底台下方,并由联轴器同轴相连,试验底台中心处开有三个通洞,电机定子夹具台中三个升降螺母分别穿过该通洞与底台操作箱中三个螺母导向件连接,实现电机定子夹具台与底台操作箱的连接;所述电机动子夹具部件通过导轨工作台安装于支承导轨部件上,支承导轨部件固定连接在实验底台上;所述推力测量部件与电机动子夹具部件通过螺纹分别安装在导轨工作台上下两侧,实现推力测量部件与电机动子夹具部件的连接;所述温升测量部件中的红外热像仪由螺纹固定于试验底台上;所述负载传动部件中的丝杠螺母座固定连接在推力测量部件上,丝杠螺母座通过丝杠螺母连接滚珠丝杠,滚珠丝杠连接力矩电机;所述电机定子夹具台、电机动子夹具均采用双螺旋自定心夹紧结构,由可换夹条从两侧夹紧待测U型槽无铁芯直线电机,实现对不同尺寸型号的待测U型槽无铁芯直线电机进行稳定夹持;并通过底台操作箱和伺服电机提供升降运动所需动力以调整适应不同型号的待测U型槽无铁芯直线电机的高度;所述负载传动部件为U型槽无铁芯直线电机的运动提供恒定制动负载,并由推力测量部件中的传感器测得U型槽无铁芯直线电机推力信号,得到推力密度情况;利用红外热像仪对待测U型槽无铁芯直线电机的动子进行非接触式的温升测量,实现对电机发热的检测。

[0005] 进一步,所述负载传动部件包括力矩电机、膜片式联轴器、滚珠丝杠、丝杠支承座、丝杠螺母、丝杠螺母座,力矩电机通过垫块和支撑柱A固定连接在试验底台上一侧,两个丝杠支承座分别通过垫块和支撑柱B固定连接在试验底台上,并置于支承导轨部件的两侧,所述力矩电机通过膜片式联轴器与滚珠丝杠同轴相连,丝杠螺母座通过螺栓与高度调整板连接。

[0006] 进一步,所述底台操作箱包括箱体上盖、操作箱体、蜗轮、蜗杆轴、右旋升降螺母A、右旋螺纹轴A、右旋升降螺母B、右旋螺纹轴B、左旋升降螺母C、左旋螺纹轴C,所述上盖与操作箱体固定连接,所述蜗杆轴两端通过一对面对面安装的角接触球轴承与上盖及操作箱体两侧连接,所述右旋螺纹轴A和右旋螺纹轴B安装在蜗杆轴前,并通过对应的蜗轮与蜗杆轴啮合连接,所述左旋螺纹轴C安装在蜗杆轴后,并通过对应的蜗轮与蜗杆轴啮合连接;所述右旋螺纹轴A、右旋螺纹轴B、左旋螺纹轴C上端分别配合连接右旋升降螺母A、右旋升降螺母B和左旋升降螺母C;当伺服电机驱动蜗杆轴旋转时,与蜗杆轴啮合的三个蜗轮旋转,带动右旋螺纹轴A和右旋螺纹轴B同向旋转,左旋螺纹轴C反向旋转,使得右旋升降螺母A、右旋升降螺母B和左旋升降螺母C同时上升或下降,从而实现对无铁芯直线电机不同高度的调整。

[0007] 进一步,所述电机定子夹具台包括夹具台上盖、夹具台体、螺母导向件B、螺母导向件C、螺母导向件A、可换夹条A、左旋夹紧螺母A、右旋夹紧螺母A、螺纹轴A,所述夹具台上盖和夹具台体由螺栓固定连接,所述螺纹轴A两端通过一对面对面安装的角接触球轴承安装夹具台体中,所述螺母导向件A、螺母导向件B、螺母导向件C分别由螺钉固定于夹具台体底部,并分别对应于底台操作箱中三根螺纹轴的位置,所述可换夹条A固定连接在左旋夹紧螺母A和右旋夹紧螺母A上,左旋夹紧螺母A和右旋夹紧螺母A对应螺纹旋向分别装在螺纹轴两侧,左旋夹紧螺母A和右旋夹紧螺母A的外凸部分嵌入夹具台体的U型槽内为螺母移动导向,螺纹轴A通过平键与旋转操作手轮连接;所述螺纹轴A两端具有不同旋向的螺纹。

[0008] 进一步,所述电机定子夹具部件包括滑块连接件、左旋夹紧螺母B、右旋夹紧螺母B、可换夹条B、支承座、螺纹轴B、导轨工作台,所述螺纹轴B两端通过一对面对面安装的角接触球轴承安装在支承座内,支承座固定安装在导轨工作台的下表面,所述可换夹条B由螺钉装于右旋夹紧螺母B、可换夹条B上,右旋夹紧螺母B、可换夹条B对应螺纹旋向分别装在螺纹轴B两侧;所述右旋夹紧螺母B、可换夹条B外凸部分嵌入导轨工作台相应U型槽内为螺母移动导向,螺纹轴B通过平键连接操作手轮;所述螺纹轴B两端具有不同旋向的螺纹。

[0009] 进一步,所述推力测量部件包括高度调整板、加速度传感器、传感器固定板、导轨工作台、拉压力传感器、导向块,两块传感器固定板分别正反装在导轨工作台和高度调整板上,加速度传感器和拉压力传感器分别安装于两块传感器固定板之间,导向块装于传感器固定板上,导向块外凸端嵌入导轨工作台和高度调整板相应的U型槽内。

[0010] 本发明的有益效果是:

[0011] 1、本发明可以实现对不同型号不同尺寸的无铁芯直线电机稳定夹持以进行推力密度与发热多学科测试实验,具有通用性。

[0012] 2、本发明可以实现对无铁芯直线电机推力运行情况下的动态检测。

[0013] 3、本发明可以实现对无铁芯直线电机定子发热情况的非接触式检测。

## 附图说明

- [0014] 图1是本发明的无铁芯直线电机测试试验台总装配主视图；  
[0015] 图2是本发明的无铁芯直线电机测试试验台总装配俯视图；  
[0016] 图3是本发明的底台操作箱装配的主视图；  
[0017] 图4是本发明的底台操作箱装配的左视图；  
[0018] 图5是本发明的电机定子夹具台装配的主视图；  
[0019] 图6是本发明的电机定子夹具台装配的左视图；  
[0020] 图7是本发明的电机定子夹具部件装配的右视图；  
[0021] 图8是本发明的电机定子夹具部件装配的主视图；  
[0022] 图9是本发明的推力测量部件装配的主视图；  
[0023] 图10是本发明的推力测量部件装配的左视图。

## 具体实施方式

[0024] 下面结合附图与实施例对本发明作进一步的说明。

[0025] 请参阅图1-10,本发明的无铁芯直线电机性能测试试验台,主要由试验底台6、底台操作箱10、电机定子夹具台12、电机定子夹具部件26、推力测量部件25、负载传动部件、温升测量部件29及支承导轨部件27组成。

[0026] 如图1、2所示,底台操作箱10和伺服电机8分别由螺栓14和螺钉7固定在底台6下方,并由联轴器9同轴相连,实现底台操作箱10及其部件与试验底台6的固定;试验底台6中心处开有三个通洞,电机定子夹具台12中三个升降螺母分别穿过该通洞与底台操作箱10中三个螺母导向件通过螺钉对应连接,实现电机定子夹具台12与底台操作箱10的连接;待测U型槽无铁芯直线电机13的定子定子分别安装于电机定子夹具台12与电机定子夹具部件26上,电机定子夹具部件26通过导轨工作台20安装于支承导轨部件27之上,支承导轨部件27通过螺钉固定于实验底台6;推力测量部件25与电机定子夹具部件26由螺纹分别安装在导轨工作台20上下两侧,实现推力测量部件与电机定子夹具部件的连接;温升测量部件29中的红外热像仪由螺纹固定于试验底台6之上。

[0027] U型槽无铁芯直线电机通过电机定子夹具台12、电机定子夹具部件26固定在试验底台6上,电机定子夹具台12、电机定子夹具26均采用双螺旋自定心夹紧结构,由可换夹条从两侧夹紧直线电机并通过螺钉固定,实现对不同尺寸型号的无铁芯直线电机进行稳定夹持;试验底台6下方安装的底台操作箱10和伺服电机8提供升降运动所需动力以调整适应不同型号电机的高度;由负载传动部件为U型槽无铁芯直线电机的运动提供恒定制动负载,并由力传感器测得U型槽无铁芯直线电机推力信号,得到推力密度情况;利用红外热像仪对直线电机定子进行非接触式的温升测量,实现对电机发热的检测。

[0028] 负载传动部件包括力矩电机1、膜片式联轴器28、滚珠丝杠19、丝杠支承座18、丝杠螺母23、丝杠螺母座21,力矩电机1通过内六角螺钉2与垫块3连接,再由螺栓4安装于支撑柱A5而固定在试验底台6上一侧,两个丝杠支承座18分别通过垫块3和支撑柱B15固定连接在试验底台6上,并置于支承导轨部件27的两侧,力矩电机1通过膜片式联轴器28与滚珠丝杠19同轴相连,丝杠螺母座21由螺栓22与高度调整板24连接。

[0029] 如图3、4所示,底台操作箱10包括箱体上盖30、轴承端盖31、角接触球轴承32、操作

箱体33、单向推力球轴承34、蜗轮35、蜗杆轴36、平键37、封油环38、套筒39、右旋升降螺母A40、右旋螺纹轴A41、右旋升降螺母B42、右旋螺纹轴B43、深沟球轴承44、螺栓45、左旋升降螺母C46、左旋螺纹轴C47, 三根螺纹轴装配完成后, 右旋螺纹轴A41、右旋升降螺母B42安装在蜗杆轴36前, 左旋螺纹轴C47安装在蜗杆轴36后, 伺服电机8通过联轴器9与蜗杆轴36相连接, 上盖30和操作箱体33由螺栓45连接, 蜗杆轴36采用“两端支承-调隙”的定位方式, 两端角接触球轴承32采用面对面安装, 套筒39实现轴向间隙调整; 三根螺纹轴定位结构相同, 升降螺母所施轴向力由单向推力球轴承34承受, 径向力由深沟球轴承44承受, 蜗轮与螺纹轴由平键37连接, 封油环38提供一定储油润滑且可对轴向间隙调整; 右旋螺纹轴A41和右旋螺纹轴B43安装在蜗杆轴36前, 由对应蜗轮与之啮合, 左旋螺纹轴C安装在蜗杆轴36后, 由对应蜗轮与之啮合。

[0030] 当驱动其旋转时, 与之啮合的三个蜗轮35旋转, 借助平键37带动螺纹轴旋转, 右旋螺纹轴A41和右旋螺纹轴B43同向旋转, 左旋螺纹轴C47反向旋转, 并且由于右旋螺纹轴A41和右旋螺纹轴B43与左旋螺纹轴C47的螺纹旋向不同, 使得三个螺母同时上升或下降, 从而实现对无铁芯直线电机不同高度的调整。

[0031] 如图5、6所示, 电机定子夹具台12包括夹具台上盖48、夹具台体49、螺母导向件B51、螺母导向件C52、螺母导向件A53、螺栓54、可换夹条A55、操作手轮A56、轴承端盖57、羊毛毡圈58、角接触球轴承59、左旋夹紧螺母A60、套筒61、螺纹轴A62、轴用弹性挡圈63、平键64、右旋夹紧螺母A65、内六角螺钉66。夹具台上盖48和夹具台体49由螺栓54连接, 螺纹轴A62采用“两端支承-调隙”的定位方式, 两端角接触球轴承59采用面对面安装, 套筒61用以调整轴向间隙, 螺母导向件A53、螺母导向件B51、螺母导向件C52分别由螺钉固定于夹具台体49底部, 其分布分别对应于底台操作箱10中右旋螺纹轴A41、右旋螺纹轴B43、左旋螺纹轴C47的位置, 可换夹条A55由螺钉66装于左旋夹紧螺母A60和右旋夹紧螺母A65上, 两夹紧螺母对应螺纹旋向分别装在螺纹轴62两侧, 夹紧螺母外凸部分嵌入夹具台体49的U型槽内为螺母移动导向, 旋转操作手轮A56通过平键64使得螺纹轴A62旋转, 由于螺纹轴A62两端制有不同旋向的螺纹, 故与之啮合的两侧螺母会同时带动可换夹条A55靠拢或放开, 最后用装配螺钉固定, 实现对直线电机定子的夹持。

[0032] 如图7、8所示, 电机动子夹具部件26包括滑块连接件68、轴用弹性挡圈69、平键70、操作手轮B71、左旋夹紧螺母B72、右旋夹紧螺母B74、可换夹条B75、套筒76、角接触球轴承77、轴承座78、螺纹轴B79、羊毛毡圈80、孔用弹性挡圈81、导轨工作台20, 夹紧螺母外凸部分嵌入导轨工作台20相应U型槽内为螺母移动导向, 旋转操作手轮B71通过平键70使得螺纹轴B79旋转, 由于螺纹轴B79两端制有不同旋向的螺纹, 故与之啮合的两侧螺母会同时带动可换夹条靠拢或放开, 最后由装配螺钉固定, 实现对直线电机动子的夹持。

[0033] 如图9、10所示, 所述推力测量部件25包括高度调整板24、加速度传感器83、螺钉84、传感器固定板85、导轨工作台20、拉压力传感器86、螺钉87、导向块88、螺钉90, 两块传感器固定板85由螺钉87分别正反装在导轨工作台20和高度调整板24上, 加速度传感器83和拉压力传感器86分别由螺钉84和螺钉90安装于两块传感器固定板85之间, 导向块88装于传感器固定板85上, 其外凸端嵌入导轨工作台20和高度调整板24相应的U型槽内, 为拉压力传感器86的压缩和拉伸运动导向, 由拉压力传感器86和加速度传感器83测得数据, 实现对直线电机推力的测量。

[0034] 本发明通过设计一种无铁芯直线电机夹具、力矩电机与滚珠丝杠的负载传动部件及推力与温升测量部件,给出了一种可检测不同型号尺寸无铁芯直线电机推力密度与动子发热试验台的设计方案,该试验台具备一定的通用性。



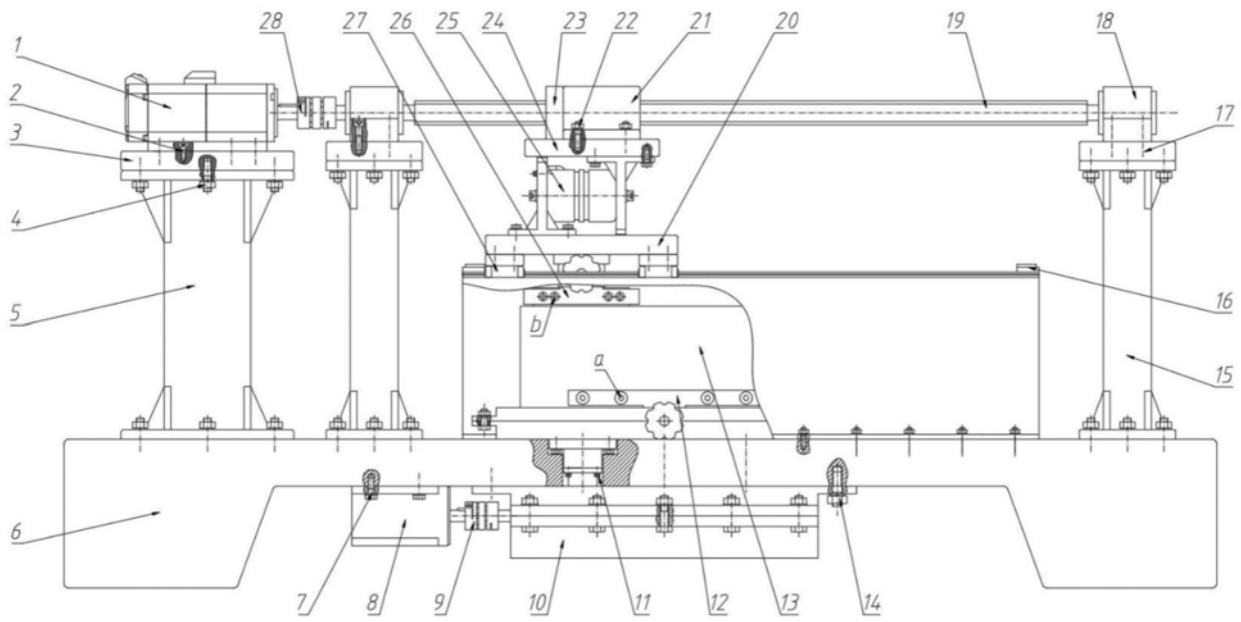


图1

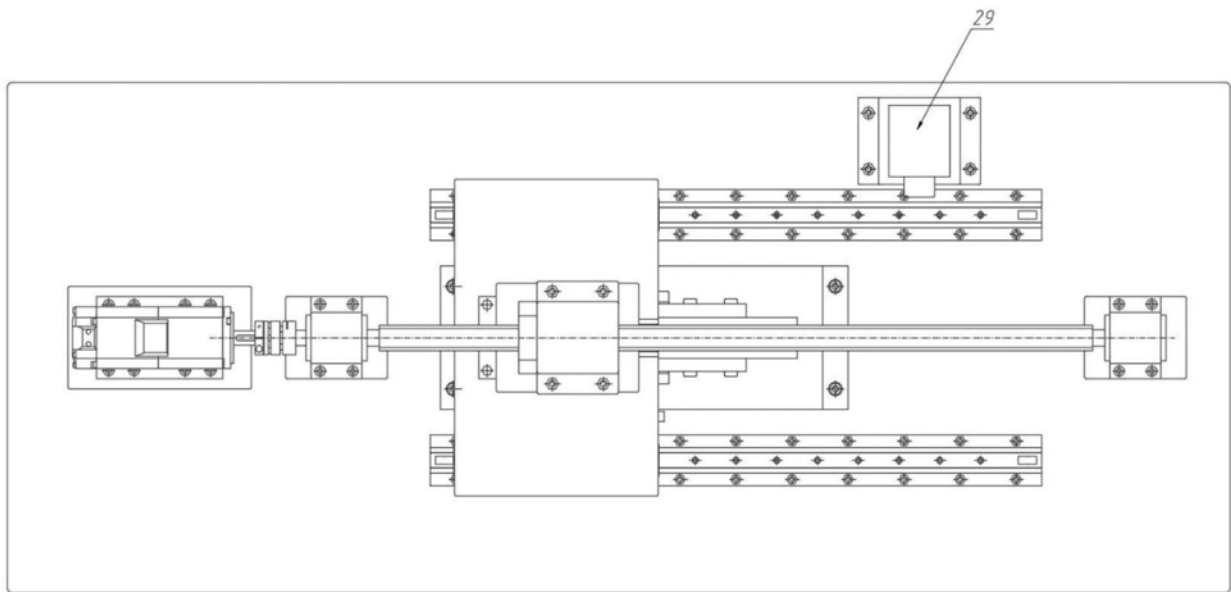


图2

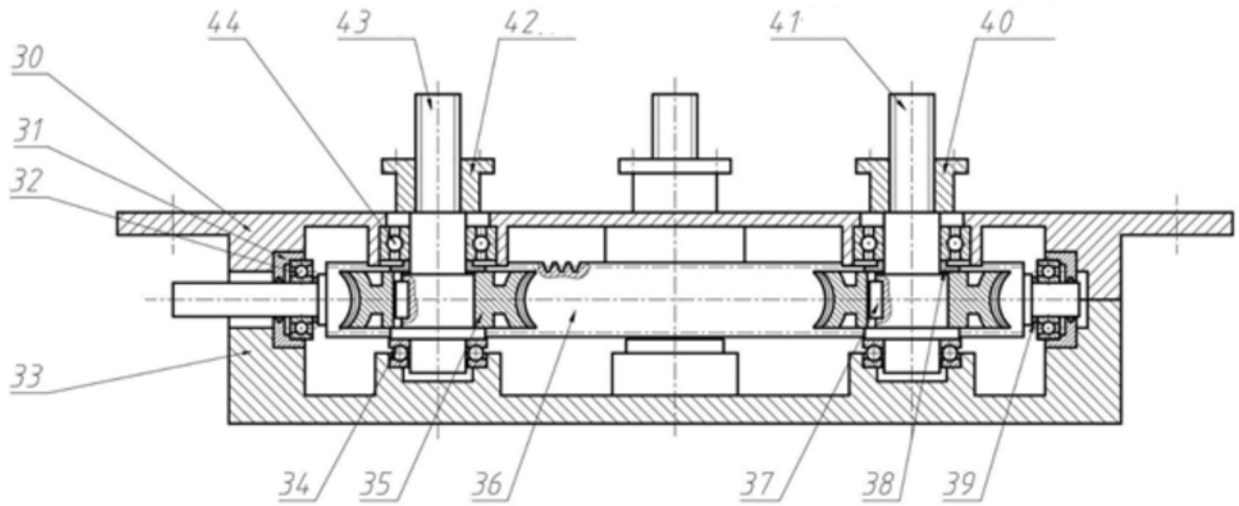


图3

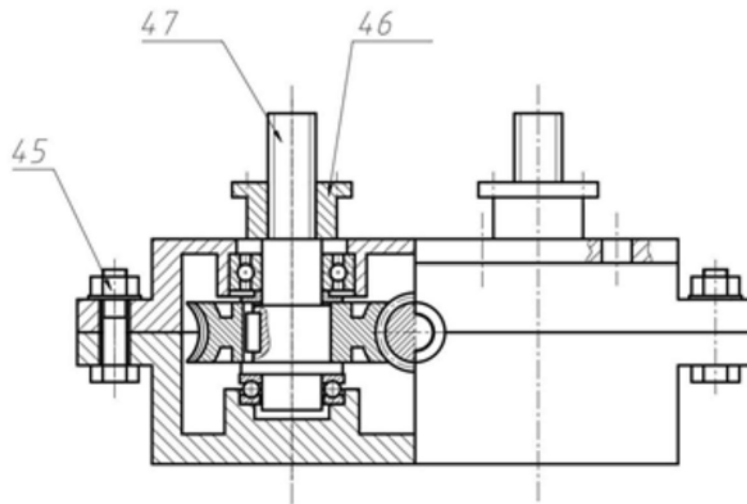


图4

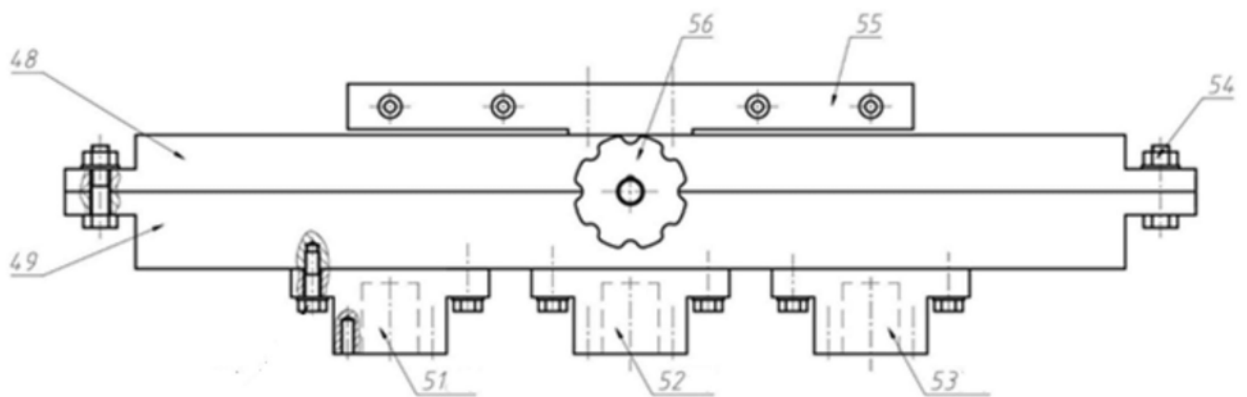


图5

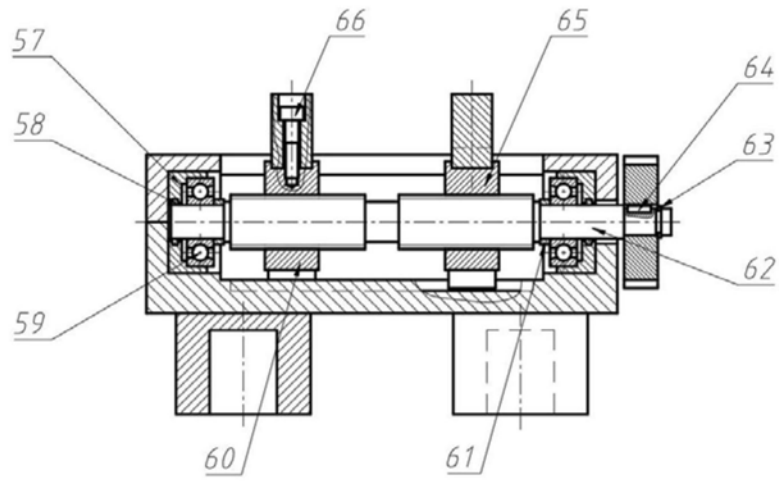


图6

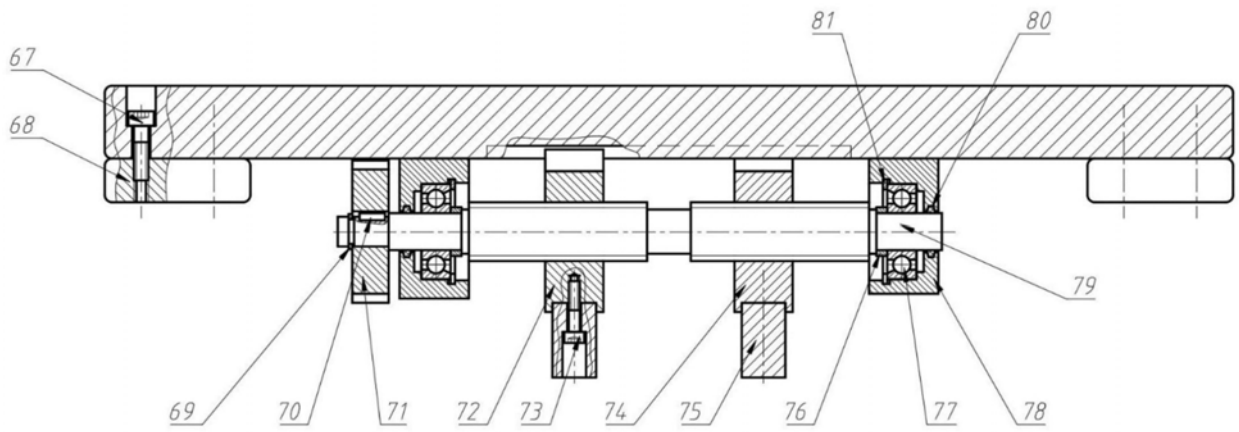


图7

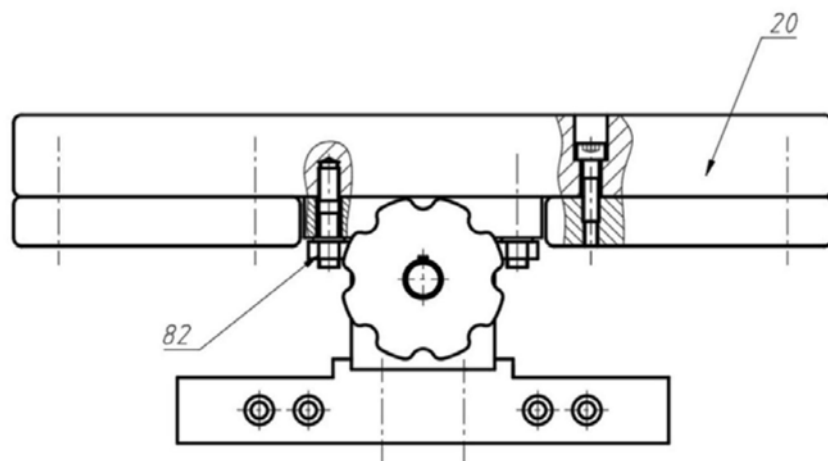


图8

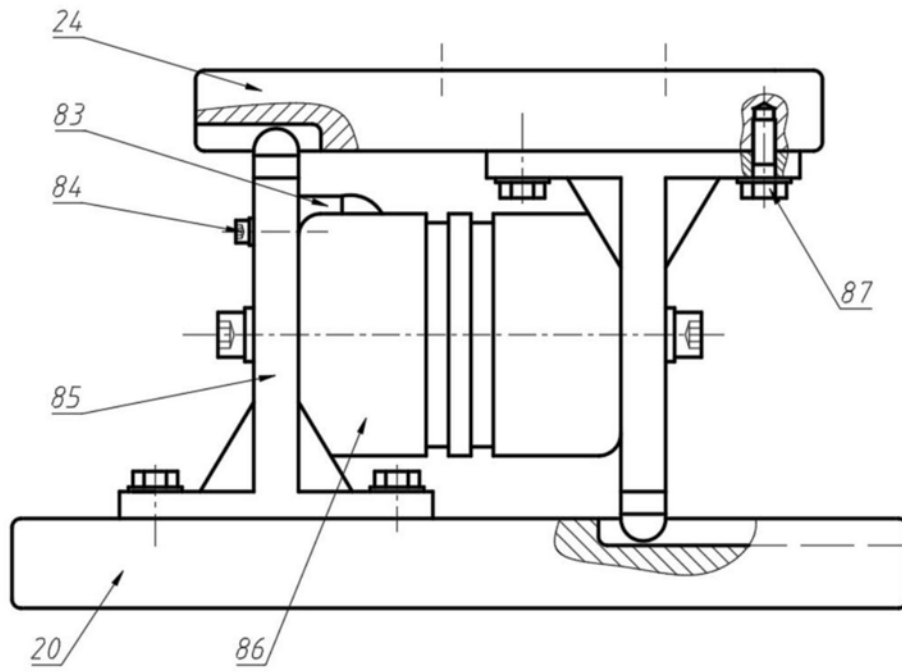


图9

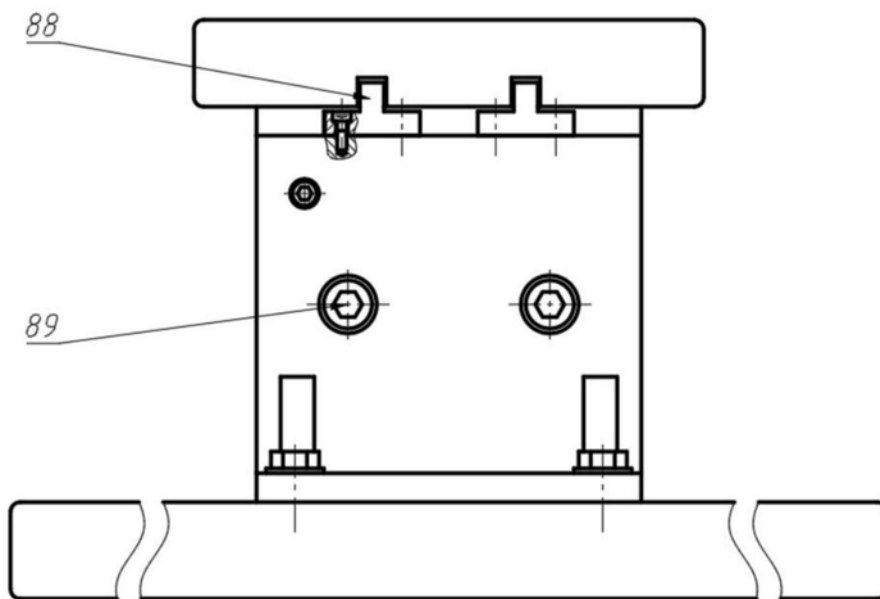


图10