



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580018459.3

[45] 授权公告日 2009年8月5日

[11] 授权公告号 CN 100524132C

[22] 申请日 2005.4.14

[21] 申请号 200580018459.3

[30] 优先权

[32] 2004.6.8 [33] NO [31] 20042415

[86] 国际申请 PCT/NO2005/000122 2005.4.14

[87] 国际公布 WO2005/121915 英 2005.12.22

[85] 进入国家阶段日期 2006.12.6

[73] 专利权人 海运控制公司

地址 挪威蒂尔

[72] 发明人 托尔阿尔内·约翰森

罗格·斯科杰特内

奥斯吉尔·J·瑟伦森

[56] 参考文献

US5214582A 1993.5.25

US5317542A 1994.5.31

CN1121607A 1996.5.1

船舶动力定位系统的数学模型. 童进军, 何黎明, 田作华. 船舶工程, 第5期. 2002

船舶动力定位系统简介. 钟建毅. 航海技术, 第3期. 2000

动力定位系统发展状况及研究方法. 赵志高, 杨建民, 王磊, 程俊勇. 海洋工程, 第20卷第1期. 2002

审查员 朱晓琳

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 王英

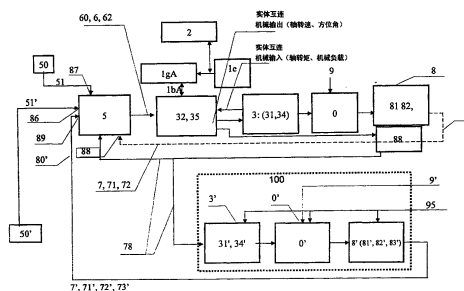
权利要求书6页 说明书25页 附图6页

[54] 发明名称

用于对结合的动态定位和电力管理系统进行测试的方法

[57] 摘要

用于测试海上船舶(0)的控制系统(5)的方法。控制系统从输入命令设备(50)接收诸如所需位置、速度等输入命令(51),并向诸如电推进器或螺旋桨电动机(32,35)等致动器(3)发送控制信号(6,62)。船舶包括诸如将信号(7,71,72)送回控制系统的位置传感器(81)等传感器(8)。致动器接收来自具有电力管理系统(2)的船上电力系统(1)的能量。该方法包括:模拟器(100)从船舶接收信号(6,7),并且模拟致动器模块(3')提供模拟力到模拟船舶模块,其包括用于计算模拟船舶(0')的动态特性的算法,并且模拟传感器模块(8')提供描述模拟船舶的计算动态的模拟传感器信号(7')。并且在如风和水流等干扰(9')下送回被建模的模拟传感器信号(7'),该控制系统连续向实际致动器发送控制信号。



- 1、一种用于测试海上船舶（0）的控制系统（5）的方法，
 - 所述控制系统（5）从输入命令设备（50）接收输入命令（51），并且配置为发送控制信号（6）到致动器（3）；
 - 所述海上船舶（0）包括传感器（8），其将传感器信号（7）提供到所述控制系统（5）；
 - 所述致动器（3）接收船上电力系统（1）提供的电能，该电力系统（1）正由电力管理系统（2）控制，所述方法以下列步骤为特征：
 - 模拟器（100）通过一模拟船舶（0'）来模拟该海上船舶的行为，从所述海上船舶（0）接收一个或多个信号；
 - 所述模拟器（100）包括：
 - 模拟船舶模块，包括用于计算所述模拟船舶（0'）的动态行为的算法；
 - 模拟致动器模块（3'），提供模拟致动力至该模拟船舶模块，以及
 - 模拟传感器模块（8'），提供描述所述模拟船舶（0'）的计算出的动态状态的模拟传感器信号（7'）；
 - 所述模拟传感器模块（8'）将在模拟干扰（9'）下建模出的一个或多个所述模拟传感器信号（7'）送回到所述控制系统（5），同时所述控制系统（5）将控制信号（6，62）发送到所述致动器（3），
 - 用于在所述模拟传感器信号（7'）和所述模拟干扰（9'）下，当所述电力管理系统（2）由所述控制系统（5）支配时，所述电力管理系统（2）控制所述船上电力系统（1）时，测试所述船上电力系统（1）是否能够提供充足的电量。

- 2、如权利要求1所述的方法，其中所述输入命令（51）包括所需位置、航向和速度中的一个或多个。

3、如权利要求1所述的方法，其中所述致动器（3）包括用于推进器（31）的电推进器驱动电动机（32）和用于固定轴螺旋桨（34）的电推进电动机（35）中的一个或多个。

4、如权利要求1所述的方法，其中所述传感器（8）包括位置参考传感器（81，82）。

5、如权利要求1所述的方法，所述模拟干扰（9'）、模拟传感器信号（7'）以及模拟致动力包括所述模拟船舶（0'）的模拟故障模式（95'）。

6、如权利要求3所述的方法，所述模拟器（100）从所述海上船舶（0）接收的所述一个或多个信号包括来自所述一个或多个推进器驱动电动机中的传感器（88）的信号（78），所述推进器驱动电动机中的传感器（88）测量轴转速、螺旋桨螺距、电力消耗或者推进器方位角。

7、如权利要求1所述的方法，所述控制系统（5）是动态定位系统。

8、如权利要求1所述的方法，其中所述模拟器（100）模拟不同天气状态下的所述海上船舶的行为。

9、如权利要求1所述的方法，所述模拟干扰（9'）包括在机械、电气和电子装置中的模拟的单个和多个故障。

10、如权利要求9所述的方法，其中所述模拟的单个和多个故障是在传感器（8）、致动器（3）和信号传送中的一个或多个中的模拟故障。

11、如权利要求9所述的方法，所述测试包括测试所述船上电力系统（1）是否提供对机械、电气和电子组件中的所述模拟的单个和多个故障的容错。

12、如权利要求1所述的方法，所述海上船舶（0）是用于动态位置保持的石油平台。

13、如权利要求1所述的方法，所述传感器（8）包括提供位置信号（71）的位置传感器（81）、提供速度信号（72）的速度传感器（82）以及提供航向信号（73）的罗盘（83）。

14、如权利要求13所述的方法，其中所述罗盘是陀螺仪。

15、如权利要求1所述的方法，所述模拟传感器信号（7'）包括模拟位置信号（71'）、模拟速度信号（72'）以及模拟航向信号（73'），并且此时所述模拟船舶（0'）响应外部或内部的模拟干扰（9'）。

16、如权利要求15所述的方法，其中所述模拟干扰（9'）包括模拟的风、模拟的水流、模拟的浪中的一种或多种。

17、如权利要求1所述的方法，其中

所述控制系统（5）还包括控制信号线（60），所述方法使用所述控制信号线（60）上的控制信号连接器（61）来将所述控制信号（6）分路到模拟器控制信号线（60'）直到所述模拟器（100），并且

所述模拟器包括：

与具有模拟电力管理系统（2'）的模拟发电机（1'）交互的模拟致动器电动机（32'，35'），以及

模拟致动器模块（3'），包括推进器模拟器（31'，34'）。

18、如权利要求1所述的方法，其中添加电力管理系统反馈线（21），用于将电力管理系统反馈信号（22）从所述电力管理系统（2）发送到所述控制系统（5）。

19、如权利要求1所述的方法，其中所述模拟器（100）包括具有模拟电力管理系统（2'）的模拟电力系统（1'），所述模拟电力管理系统（2'）使用反馈线（21'）用于向所述控制系统（5）传送模拟反馈信号（22'）。

20、如权利要求17所述的方法，其中所述模拟器（100）包括具有模拟电力管理系统（2'）的模拟电力系统（1'）。

21、如权利要求1所述的方法，其中所述船上电力系统（1）包括由电动机驱动的发电机（1g）。

22、如权利要求21所述的方法，其中所述电动机包括柴油机和燃气涡轮（1e）中的至少一个。

23、如权利要求1所述的方法，其中所述海上船舶（0）具有由电推进电动机（34）驱动的一个或多个螺旋桨（33）。

24、如权利要求1所述的方法，所述控制系统（5）具有携带传感器信号的传感器信号线（80）、断开所述传感器信号线（80）的信号线连接器（88）和连接模拟信号线（80'）的模拟的信号连接器（89），用于向仍连接的所述控制系统（5）送入所述模拟传感器信号（7'），以向所述致动器（3）的主要电力消耗致动器电动机提供控制信号（6）。

25、一种用于测试海上船舶（0）的控制系统（5）的系统，
- 所述控制系统（5）从输入命令设备（50）接收输入命令（51），并且配置为用于将控制信号（6）发送到致动器（3）；

- 所述海上船舶(0)包括传感器(8), 其将传感器信号(7)提供回所述控制系统(5);

- 所述致动器(3)接收船上电力系统(1)提供的电能, 其中电力系统(1)正由电力管理系统(2)控制;

所述用于测试海上船舶的控制系统(5)的系统以下列特点为特征:

- 模拟器(100)用于通过一模拟船舶来模拟所述海上船舶的行为, 被配置为用于从所述海上船舶(0)接收一个或多个信号;

- 所述模拟器包括:

模拟船舶模块, 包括用于计算所述模拟船舶(0')的动态行为的算法;

模拟致动器模块(3'), 用于提供模拟致动力至所述模拟船舶模块; 和

模拟传感器模块(8'), 配置为对描述所述模拟船舶(0')的计算出的动态状态的模拟传感器信号(7')进行计算; 所述模拟传感器模块(8')配置为将在模拟干扰(9')下建模的一个或多个所述模拟传感器信号(7')送回到所述控制系统(5), 同时设置所述控制系统以连续地将控制信号(6)发送到所述致动器(3);

用于在所述模拟传感器信号(7')和所述模拟干扰(9')下, 当所述电力管理系统(2)由所述控制系统(5)支配时, 所述电力管理系统(2)控制所述船上电力系统(1)时, 测试所述船上电力系统(1)是否能够提供充足的电量。

26、如权利要求25所述的系统, 所述用于测试海上船舶的控制系统(5)的系统在所述模拟传感器信号(7')和所述模拟干扰(9')下, 配置为用于测试所述控制系统(5)和所述电力管理系统(2)是否一起正确运行并是否容错。

27、如权利要求25所述的系统, 所述控制系统(5)具有携带传感器信号的传感器信号线(80)、断开所述传感器信号线(80)的信号线连接器(88)和连接模拟信号线(80')的模拟信号连接器(89),

用于向仍连接的所述控制系统（5）送入所述模拟传感器信号（7'）以将控制信号（6）提供给所述致动器（3）的主要电力消耗致动器电动机。

28、如权利要求25所述的系统，所述控制系统（5）包括没有位置反馈的操纵杆输入设备。

29、如权利要求28所述的系统，其中所述控制系统（5）包括自动航向控制功能和对风或水流力的补偿。

30、如权利要求25所述的系统，所述控制系统（5）具有用于输入这些输入命令（51）的输入命令设备（5）、用于断开所述输入命令设备（50）的命令输入连接器（87）和用于连接模拟命令输入设备（50'）的模拟命令输入连接器（86）。

31、如权利要求25所述的系统，其中所述输入命令（51）包括所需位置、航向和速度中的一个或多个。

32、如权利要求25所述的系统，其中所述致动器（3）包括用于推进器（31）的电推进器驱动电动机（32）和用于固定轴螺旋桨（34）的电推进电动机（35）中的一个或多个。

33、如权利要求25所述的系统，其中所述传感器（8）包括位置参考传感器（81，82）。

34、如权利要求25所述的系统，其中所述模拟干扰（9'）包括模拟的风、模拟的水流、模拟的浪中的一种或多种。

用于对结合的动态定位和电力管理系统进行测试的方法

引言

在许多情况下，带有用于位置保持或其他应用的动态定位（DP）系统（5）的船舶（0）具有柴油机供电的螺旋桨（34）和推进器（31），参见用于示例性地给出现有技术说明的图1。如图1进一步所示，包括发电机（1g）和船舶自动化系统的发电装置（1）在船舶（0）上产生电能，其中发电机（1g）由柴油机和/或燃气涡轮（1e）驱动，船舶自动化系统包括电力管理系统（PMS）（2）。由用于螺旋桨（34）和推进器（31）的电机消耗的电力构成了船上消耗的产生电力的重要部分。因此，如果从动态定位“DP”控制系统（5）到用于螺旋桨或推进器（34，31）的电动机（35，32）的控制信号（6）引起大幅度且快速改变的电能消耗，则结果可能是电力超载、大的功率波动、或者发电装置的非设计操作。这会导致发电装置（1）关闭并且电力供应中断。这种状况称为停电（black-out），其代价高并有潜在的危险，并且可能导致任务丢失、设备损坏、严重的事故以及船舶（0）失事。由于该背景，测试DP控制系统（5）和发电装置（1）（包括电力管理系统（2）和部分船舶自动化系统）之间的交互以确保在船舶（0）的DP操作下不会发生停电、不能接受的电力波动或者其他错误事件或情况是重要的。目前使用的测试过程没有考虑在要求模拟但是实际的情况下对结合发电装置（1）的DP系统（5）进行系统测试。这意味着需要一种测试方法和系统，其可以测试并验证DP系统（5）在要求模拟但实际条件下是否能够正确操作。这既涉及诸如天气等环境条件，也涉及在诸如传感器（8）、致动器（actuator）（3）和信号传送等机械、电气和电子设备中对于单个或多个故障的容错。

背景技术

US 5214582介绍了用于测试典型机动车辆的诊断系统,该机动车辆具有用于独立检测并致动车上的许多不同功能的传感器和致动器。该专利公开中所述的交互式诊断系统是这样一种设备和方法,其用于将打算发送到致动器的所选控制信号与汽车中的车载控制系统断开,并且将来自外部计算机的相应信号直接发送到车载致动器,以便测试与被认为是控制系统的车载计算机同样独立的传感器和/或致动器的运行。

然而,没有提及对海上船舶的测试。此外,没有提及对船上发电装置进行测试。

US 5317542介绍了一种用于船舶系统的切换系统,用于将表示诸如航向、横摇、纵摇和起伏等参数的电气信号分配给使用所述系统的各种船舶系统。该发明特别适合利用声纳进行海底测绘。然而,该系统没有解决测试结合其电力供电系统的船舶DP系统是否正常的问题。

发明内容

通过使用本发明可以解决上述问题,本发明提出了一种用于测试海上船舶的控制系统的方法,其中所述控制系统从输入命令设备接收诸如所需位置、航向和速度等输入命令并且将控制信号发送到致动器,例如用于推进器的电推进器驱动电动机和用于固定轴螺旋桨的电推进电动机。所述海上船舶还包括传感器,例如位置参考传感器,其将传感器信号提供回所述控制系统,并且其中所述致动器接收船上电力系统提供的电能,该电力系统由电力管理系统控制。该方法以下列步骤为特征:

- 模拟器通过一模拟船舶来模拟该海上船舶的行为,接收一个或多个来自所述海上船舶的信号;

- 所述模拟器包括:

- 模拟船舶模块,包括用于计算所述模拟船舶的动态行为的算法;

- 模拟致动器模块,提供模拟致动力至该模拟船舶模块;和

- 模拟传感器模块,提供描述所述模拟船舶的计算出的动态状态的模拟传感器信号;

所述模拟传感器模块配置为将在诸如模拟的风、水流和波浪等模拟干扰下建模出的一个或多个所述模拟传感器信号送回到所述控制系统，同时所述控制系统将控制信号发送到所述致动器，用于在所述模拟传感器信号和所述模拟干扰下，当所述电力管理系统由所述控制系统支配时，所述电力管理系统控制所述船上电力系统时，测试所述船上电力系统是否能够提供充足的电量。

此外，本发明还公开了一种用于测试海上船舶的控制系统系统，在海上船舶中，配置所述控制系统以从输入命令设备接收输入命令，例如所需的位置、航向和速度并且所述控制系统配置为将控制信号发送到致动器，例如用于推进器的电推进器驱动电动机和用于固定轴螺旋桨的电推进电动机。

所述海上船舶包括诸如位置参考传感器等传感器以将传感器信号提供回到所述控制系统。配置所述致动器以接收正由电力管理系统控制的船上电力系统提供的电能，该系统以下列特点为特征：

- 模拟器用于通过一模拟船舶来模拟该海上船舶的行为，被配置用于从所述船舶接收一个或多个信号；

- 所述模拟器包括：

 - 模拟船舶模块，包括用于计算所述模拟船舶的动态行为的算法；

 - 模拟致动器模块，配置为用于提供模拟致动力至所述模拟船舶模块；和

 - 模拟传感器模块，配置为用于计算描述所述模拟船舶的计算出的动态状态的模拟传感器信号；所述传感器模块配置为将在诸如模拟的风、水流和波浪等模拟干扰下建模出的一个或多个所述模拟传感器信号送回到所述控制系统，同时配置所述控制系统以连续地将控制信号发送到所述致动器，所述系统用于在所述模拟传感器信号和所述模拟干扰下，当所述电力管理系统由所述控制系统支配时，所述电力管理系统控制所述船上电力系统时，测试所述船上电力系统是否能够提供充足的电量。

通过下面对本发明的详细说明，本发明的其它优点和新颖特征将变得显而易见。

附图说明

利用数字标识的附图说明了现有技术。该图仅用于说明本发明，不应将其理解为限制本发明，其应该只由附加的权利要求限制。

一般而言，图1到图5中的图示出了信号流程框图，其中，每个框是系统的功能部件，其在机械上和/或逻辑上连接，并具有一组输入信号和一组输出信号。这些信号可以是模拟的和/或数字的，并且可以通过包括数据总线或网络的一个或多个信号线传送。该图示出了功能块之间的信号流向，其中信号沿着具有箭头的线传送，该箭头表示从一个块到另一块的信号的方向。

根据标准术语，用于测量位置和航向的传感器（8）称为“位置参考”传感器（8），同时所有其他测量被总体归（accumulate）在“传感器”（8）下。另外，当DP系统（5）主动地使用船舶的舵并结合主螺旋桨来产生推力时，船舶（0）的舵被包括在“推进器”下。

图1说明了用于海上船舶（0）的控制系统（5）的现有技术；

图2说明了本发明的第一实施例，其中连接船舶模拟器（100）以从位于电推进器电动机（32，35）的传感器（88）接收推进器驱动信号（78）；

图3说明了本发明的第二实施例，该第二实施例是图2所示的本发明的第一实施例的修改，区别在于推进器电动机驱动传感器信号（78）被反馈回控制系统（5），并且来自电力管理系统（2）的电力管理反馈信号（22）被发送到控制系统（5）；

图4说明了本发明第三实施例，该第三实施例类似于图2和3所示的第一和第二实施例，但是模拟了更多组件，并因此在模拟器（100）中进行了更广泛的模拟：在模拟器中包括了对应于实际推进器电驱动电动机（32，35）的模拟电驱动电动机（32'，35'），本实施例包括从模拟器到DP控制系统（5）的推进器反馈（78'）；

图5说明了略微不同于图4所示的第三实施例的本发明第四实施例，区别在于实际的PMS（2）被设置为向控制系统（5）提供实际的PMS反馈信号（22），本实施例还包括从模拟器到DP控制系统（5）的推进器反馈（78'）；

图6说明了船舶(0)在海上可能的旋转移动:围绕纵轴横摇(roll),围绕船的横向(thwartship)轴纵摇(pitch),并且沿着垂直轴平摆(yaw),连同沿着相同轴纵移(surge)、横移(sway)和起伏(heave);

图7说明了在水平的x-y平面的纵移、横移和起伏;

图8是配置在通过使用推进器螺旋桨的动态位置保持钻孔操作中的钻井平台的视图,其类似于上述图。

具体实施方式

图1说明了用于海上船舶(0)的控制系统(5)的现有技术。设置控制系统(5)以从位置参考传感器(81)和具有公共标记(8)的许多其他传感器接收模拟或数字测量值(7)。控制系统(5)还从命令输入设备(50)(如操纵杆、用于DP系统的位置设置设备、用于设置期望航向或舵或推进器角度的航向命令设备、用于设置期望速度的速度命令设备等)接收输入命令。基于测量值和输入命令,控制系统(5)向船上的许多设备发送控制信号(6),最重要的是向致动器(3),例如由电气推进器引擎(32)和电气螺旋桨引擎(35)驱动的推进器(31)和螺旋桨(34)发送该控制信号。这通常包括电力转换器,例如频率转换器。由如柴油机等电力引擎(1e)驱动的发电机(1g)受到电力管理系统(2)控制,从而当从控制系统(5)命令致动器(3)时,发电机(1g)按照来自致动器(3)的要求向配电盘(switchboard)提供充足且稳定的电能。海上船舶(0)会受到风、水流和波浪的作用,其可能扰乱船舶(0)的位置、航向或速度。电力管理系统(2)可以具有用于向控制系统(5)传送PMS反馈信号(22)的电力管理系统反馈线(21)。PMS(2)可以被设置成没有反馈线,只是直接按照如致动器(3)等的用电设备和其他用电设备以及船舶(0)上供应器的需要对发电机和电力引擎(1g, 1e)进行操作。

通信和信号一般具有以下类型:

- 从传感器以及位置和航向参考传感器(8)到DP控制系统(5)的信号(7)一般是模拟信号和在如RS485串行线等信号线(80)上发送的ASCII电报的组合,该信号线遵守诸如NMEA 0183等标准或者

销售商定义的网络消息格式。

- 从DP控制系统（5）到如用于推进器的电推进器电动机（32）（electrical thruster motor）的推进器驱动器，以及从电推进电动机（35）（electrical propulsion motor）到推进螺旋桨（34）的信号或者是在模拟线路上发送的模拟信号、或者是数字信号、或者是在现场总线上或使用销售商根据诸如CAN或UDP等通信协议定义的消息格式的通信网络上发送的消息。

- 从电力管理系统“PMS”（2）和船舶自动化系统（包括电力系统（1））到DP或其他控制系统（5）的信号或者是模拟/数字线，或者是在现场总线上或使用销售商根据诸如CAN或UDP等通信协议定义的消息格式的通信网络上发送的消息。

电力管理系统（PMS）（2）

本发明涉及具有对用于螺旋桨（34）和推进器（31）的电动机（35，32）进行完全或部分电气供电的海上船舶（0）。船舶（0）具有带有发电机（1g）的电力系统（1），所述发电机（1g）一般由柴油机和/或燃气涡轮（1e）驱动。发电机（1g）产生的电力供给船舶（0）上消耗电能的单元。来自发电机（1g）的电通过电力母线（1b）提供，在常规操作中，该电力母线将向诸如船舶（0）的螺旋桨电动机（35）和推进器电动机（32）等电气单元提供在指定电压下的所需电流。对于船舶（0）的安全操作来讲，重要的需求是电力系统（1）不损坏并避免出现船舶（0）的主要组件掉电的情况。特别地，必须避免推进器掉电。而且，必须避免称为“停电（black out）”或者“黑船舶”的情况，这种情况的特征是船舶（0）的电力供应彻底损坏。

电力系统（1）由一般包括电力管理系统（PMS）（2）的船舶自动化或船舶管理系统控制。PMS（2）是一种特定类型的控制系统，包括具有在数据处理器处执行的算法的计算机程序，所述数据处理器从电力系统（1）接收输入信号并向电力系统（1）输出控制信号（6）。PMS（2）包括下述几个功能。

PMS（2）控制电力系统（1），使得由电力系统（1）提供的电能

达到指定的所需电流、电压和频率。电力需求可以随船舶（0）的操作条件而发生很大变化，当船舶（0）在港口时电力需求低，而当船舶（0）在运输中，或者当船舶（0）在巨浪和强风环境下操纵时电力需求高。船舶（0）可能具有几个由例如柴油机（1e）驱动的发电机（1g）。当电力需求低时，可节能地仅仅运行一个发电机和相关联的柴油机并且停止剩余的发电机和柴油机。当电力需求接近最大水平时，必须运行所有的发电机和相关联的柴油机。在中间电力范围中，需要运行一些发电机和相关联的柴油机。PMS（2）一般用于自动管理对所需数量的发电机引擎（1e）的启动和停止，以提供充足的电力并满足燃料高效发电的经济性需求，并且关于这一点PMS（2）在发电机引擎（1e）的启动和关闭期间使系统同步。

PMS（2）将包括安全设备（2d），其具有确保电气电力系统（1）的组件不会在非设计条件下和故障期间损坏的功能。

PMS（2）实时工作以分析电力系统（1e, 1g）的状态以及来自消耗电力的单元（32, 35）的电力需求。考虑当PMS（2）确定电力需求与电力系统（1）的目前产生状态相比太高的情况。那么对于PMS（2）有几个选择：

- 如果存在没有运行的可用发电机，那么PMS（2）可以再启动一个发电机（1g, 1e）。

- PMS（2）可以向消耗电力的电力消耗电气单元（32, 35或其他）发送信号，通知该单元必须将其自身的功耗减少例如特定的百分比或者指定的电量。这称为“减载”。这种减载可以是临时性的，并且可以与启动更多发电机的所需时间相关。同样经常将以减载形式的独立防止停电功能嵌入DP系统（5）。

- PMS（2）可以决定切断到消耗电力的单元的电力供应。这称为“负载切断”。负载切断是可能引起严重问题的非期望操作。尽管如此，在其中可选方案可能是电气电力系统（1）崩溃的一些情况下负载切断最终是必需的。

- PMS（2）正常包括具有以赋予特定单元充足电力供应的优先权为目标的优先权功能。这表示如果电力需求过高，那么首先将减载

和负载切断应用于认为对船舶(0)操作不重要的单元。

例如在具有波浪补偿器的船舶(0)中欠载是一个问题,其中波浪补偿器设计成临时向电力网提供大量的电力。另外,发电机可以具有它们提供的最小电量,使得如果在例如非常平静的海况下推进器没有消耗足够的电力,那么可能发生欠载。这也可能导致停电。

对于一些船舶(0),将电气电力系统(1)划分为几个独立的电力系统(1A, 1B, ...),使得第一电力系统(1A)将具有带有相应的第一发电机(1gA)和第一电力母线(1bA)的一组第一电力引擎(1eA);第二电力系统(1B)将具有带有第二发电机(1gB)和第二电力母线(1bB)的一组第二电力引擎(1eB)等。其动机是如果第一电力系统(1A)损坏,那么来自第二电力系统(1B)的电力仍然是可用的。两个单独的电力系统(1A, 1B, ...)的电力母线(1bA,1bB)可以与称为连接断路器(tie-breaker)的电力开关(1T)连接或断开。在一些具有高电力需求的情况下,将几个独立的电力系统(1A, 1B, ...)与相关联的连接断路器连接以获得足够的功率容量是有利的,但是在其他条件下,应该断开连接断路器,使得独立的电力系统(1A, 1B, ...)分别工作,从而如果因为如柴油机损坏、发电机损坏等故障或电力母线问题而引起一个电力系统(1A, 1B, ...)损坏,那么从其他电力系统(1A, 1B, ...)仍然有可用的电力,并避免“黑船”的情况。连接断路器(1T)由PMS(2)控制。连接断路器的打开和闭合是重要的操作,因为属于不同电力系统(1A, 1B, ...)的两个独立的电力母线的连接或断开可能引起两个电力母线上的电流和电压发生大幅度且快速的变化。如果这些电流和电压的变化变得的过大,那么可能导致一个或多个独立的电力系统(1A, 1B, ...)的损坏。这表示设计PMS(2)使得连接断路器的打开和闭合不会引起损坏或其他操作失常是重要的。

本发明的第一实施例

图2说明本发明第一实施例,其中连接船舶模拟器(100)以从在电推进器电动机(32, 35)的传感器(88)接收推进器驱动信号。包

括在本发明第一实施例中的船舶模拟器（100）具有向模拟船舶（0'）提供模拟力的模拟致动器（3'），给出来自模拟传感器（8'）的模拟测量值（7'），如来自模拟位置传感器（81'）的模拟位置（71'）、来自模拟速度传感器（82'）的模拟速度（72'）、来自模拟回转式罗盘（83'）的模拟航向（73'）等。模拟船舶（0'）还受到如在本说明书的单独段落中描述的模拟风、模拟水流、模拟浪等模拟干扰（9'）的作用。模拟船舶（0'）也会经历模拟故障模式（95'），如传感器故障、舵故障、推进器故障、压载水泵故障、由电磁干扰引起的信号错误等。从控制系统（5）封锁来自传感器（8）的实际测量值（7）。将模拟测量值（7'）供给到仍连接到实际推进器驱动器（32, 35）的控制系统（5）以向致动器（3）发送实际的控制信号（6）。而且，输入命令设备（50）可以从控制系统（5）断开，而模拟输入命令设备（50'）可以向控制系统（5）馈送一系列的模拟输入命令。因此，当模拟除来自推进器驱动电动机的响应以外的其它船舶（0）动力时，命令系统可以命令推进器驱动电动机实时响应结合一系列模拟干扰的一系列模拟输入命令。利用这种方式，可以获得在模拟实际但很少发生的情况下电力系统（1）是否能够提供所需电力的良好测试。模拟条件可以包括已知的水流、风和波谱或诸如信号错误或组件故障等任何其他感兴趣的测试条件。

本发明的第二实施例

图3说明本发明的第二实施例。第二实施例是对图2所示的本发明的第一实施例的修改。区别在于推进器电动机驱动传感信号（78）被馈送回到控制系统（5），以及来自电力管理系统（2）的电力管理反馈信号（22）在PMS反馈线（21）上被送到控制系统（5）。发电机（1g）和驱动该发电机的引擎（1e）合并在一个框内以简化附图。

本发明的第三实施例

图4说明本发明的第三实施例。第三实施例类似于图2和3所示的第一和第二实施例，但是在模拟器中包括了更多组件，因此在模拟器

(100) 中进行了更广泛的模拟：对应于实际推进器电气驱动电动机 (32, 35) 的模拟电气驱动电动机 (32', 35') 包括在模拟器中，模拟电动机 (32', 35') 从控制系统 (5) 接收与提供给实际推进器驱动电动机 (32, 35) 相同的控制信号 (6)。模拟电动机 (32', 35') 的状态由模拟推进器驱动传感器 (88') 测量并在反馈线路 (80') 上反馈到控制系统 (5)。模拟驱动电动机 (32', 35') 位于模拟成物理连接到包括模拟推进器 (31') 和模拟螺旋桨 (34') 的模拟致动器 (3') 的模拟器 (100) 中，但是另外，模拟器 (100) 包括具有模拟电力管理系统 (2') 的模拟发电机 (1')。如本发明的上述实施例，模拟器将模拟测量值 (7') 从船舶模拟器 (100) 发送回实际的控制系统 (5)，该实际的控制系统 (5) 继续将控制信号 (6) 也发送到实际的推进器驱动电动机 (32, 35) 以及优选所有的其他致动器 (3)，如同船舶 (0) 在正常工作下，但是受到模拟干扰 (9') 和模拟故障 (95') 作用。

本发明的第四实施例

图5说明了略微不同于图4所示的第三实施例的本发明的第四实施例，区别在于将实际的PMS (2) 配置成向控制系统 (5) 提供实际的PMS反馈信号 (22)，模拟PMS (2') 没有连接到控制系统 (5) 并且留下在模拟器 (100) 内部模拟对电力生产的控制。模拟器仍向控制系统 (5) 提供传感器信号 (7')，并且实际的船舶 (0) 仍对通过控制系统 (5) 命令的致动器 (3) 的实际操作做出反应。

PMS (2)、电力系统 (1)、机械设备和推进器

考虑由推进器 (31) 驱动的电动机 (32) 提供电力的船舶 (0) 驱动推进器 (31)。然后DP系统 (5) 将向推进器输出控制信号 (6)，请参考图1、2、3、4和5。控制信号 (6) 可以是以每个推进器 (31) 所需的轴转度、所需的螺旋桨螺距或所需的轴功率的形式。理想地，推进器将几乎立即提供所需的轴转速、所需的螺旋桨螺距或所需的轴功率。由于推进器是电力驱动的事实，用于推进器 (31) 的轴转速或轴功率的改变将包括电推进器电动机 (32) 消耗的电力改变。如果

电力上的这种改变导致消耗电力的大幅度增长,那么其可以是在电力管理系统(2)控制下的电力系统(1)必须经过一序列操作,可能包括减载、负载切断、连接断路器的闭合和/或打开以及引擎(1e2, 1e3, ...)和诸如驱动已经停止的发电机(1g2, 1g3, ...)所需的泵和压缩机等其他辅助装置的启动中的一个或者多个。在该系列事件之后,电力系统(1)将能够向推进器传递所需电力。(我们甚至可以想象这种情况,其中推进器电力的所需增长相当小,但是电力消耗可能接近启动另一发电机所需电力的极限)。如果推进器(31)电力的所需改变大并且快速,那么在电力系统(1)和电力管理系统(2)无法提供所需电力之前,可能存在显著的延迟。这对于DP系统操作的性能有重要影响。操作员会经常接收到警报和警告从而进行干预并部署船舶(0)的操作。

推进器驱动器

考虑具有由推进器(31)驱动的电动机(32)的船舶(0)。推进器(31)是用于海上船舶的特殊种类的螺旋桨单元,在海上船舶中,螺旋桨安装在轴上,经常在轴隧和管中。推进器的方向沿推进器提供的推力的方向,其可以适合一些围绕主要垂直轴旋转的推进器。这种推进器称为方位推进器。

首先,将讨论具有固定方向的推进器(31)。可以认为推进器(31)包括子系统:推进器驱动电动机(32)和推进单元(31)。推进单元(31)包括螺旋桨叶片和推进器的螺旋桨轴,其是推进器的一部分,当螺旋桨轴旋转时,所述推进器在水上提供推进力。推进单元(31)将提供取决于轴转速的推力。推进器驱动器包括驱动螺旋桨轴和相关电子装置的电动机(32)以及控制软件。送到推进器的输入信号(61)一般是所需的轴转度,但在许多情况下其可以是轴功率。然后,推进器驱动电动机(32)的电子设备和控制软件将以获得所需轴转速为目标对推进器驱动电动机(31)的电动机(32)进行控制。为了获得推进器(31)的轴转速的所需值,推进器电动机(32)需要受电力管理系统(2)控制的电力系统(1)提供充足的电力供应。

在介绍推进器(31)的动力学时,例如关于模拟器设计,将推进器(31)描述为两个子系统的组合是有利的:第一子系统是推进器驱动器,其被供给所需轴转速作为输入信号,并且其将控制驱动器的电动机(32),使得如果电力系统(1)提供足够的能量,在一定的设置时间后,将测量的轴转速收敛到所需速度。第二子系统是推进单元(31),其将供给作为轴转速的函数的推力。

用于DP控制系统(5)的设计和调节的理想情况是推进器驱动器系统(31)将立即驱动轴转速到所需值,也就是具有0稳定时间,因为这将使DP控制系统(5)的设计更简单。然而,在实际应用中,推进器驱动器系统(31)将需要一些稳定时间以使轴转速收敛到所需值,并且在DP控制系统(5)的设计中需要对其考虑。特别地,DP控制系统(5)需要来自位于推进器驱动电动机(32)系统中的传感器(88)的反馈信号(78),该推进器驱动电动机(32)系统测量轴转速、电力消耗,并且另外,DP控制系统(5)需要从传感器(8)来自电力管理系统(2)的反馈信号(22),所述传感器(8)测量电力管理系统(2)的状态,特别是测量电力系统(1)的电压、频率和逻辑状态。使用该反馈信号(22),DP控制系统(5)可以调整发送到推进器驱动电动机(32)的所需轴转速信号,使得电力系统(1)不会超载,并且使得当所需轴转速有快速变化时,在DP控制系统(5)中考虑推进器驱动器的稳定(settling)时间。

如上所述,存在从推进器驱动器系统(32)到DP系统(5)的反馈信号(78)和从电力管理系统(2)到DP控制系统(5)的反馈信号(22)是有用的,但是其具有引入无法预料的稳定性问题的可能性,这可能导致电力和推力的非期望振动,并且甚至可能导致负载切断以及甚至在许多情况下的停电

因为由DP系统(5)、电力管理(2)和推进器驱动器之间的相互作用而引起的潜在问题,所以对具有DP(5)、电力管理(2)和推进器驱动器的组合系统进行系统测试是重要的。而且,该测试应该在关于操作模式、天气情况、海洋状态和故障模式方面的宽范围的操作条件下完成。当前的测试技术不足以在没有对软件和硬件进行非期望的

改进下进行这种以系统方式的测试。

可选的推进结构

在一个可选的推进结构中，使用方位推进器（32）。那么推进器驱动器系统将包括围绕垂直轴以方位角度旋转推进器方向的方位电动机（36）和相关的电子设备和控制系统（5）。那么推力的方向将取决于轴隧方向的方位角。在这种情况下，到方位推进器的输入信号（62）将包括所需轴转速和所需方位角。然后，推进器驱动器将在第一稳定时间后控制轴转速到所需轴转速，并且其将控制推进器方位电动机，以使在第二稳定时间之后围绕垂直轴的螺旋桨角度的方向指向所需方位角。

在第二可选推进结构中，螺旋桨可以是可变螺距的螺旋桨，其具有对于螺旋桨叶片的可变螺距角。在这种类型的螺旋桨中，推力可以取决于轴转速和螺旋桨叶片的螺距角。在这种情况下，推进器驱动器系统包括调整螺旋桨叶片的螺距角的电动机。于是，到推进器驱动器系统的输入信号是所需的轴转速和螺旋桨叶片的所需螺距角。然后，推进器驱动器将在第一稳定时间后控制轴转速到所需的轴转速，并且它将在第二稳定时间之后控制螺旋桨叶片的螺距角到螺旋桨叶片的所需螺距角。

在第三可选推进结构中，将存在一个或多个机械驱动的螺旋桨（每个由柴油机驱动，可能具有液压传送）和/或由电动机驱动的一个或多个电推进器。在这种情况下，船舶的推进器驱动器系统将包括机械驱动的螺旋桨的柴油机和电推进器的推进器驱动器。船舶的推进器驱动器系统将螺旋桨的所需轴转速、可变螺距的螺旋桨的所需螺距角和方位推进器的所需方位角作为输入信号。然后，船舶的推进器驱动器系统将使用推进器驱动器系统的引擎和电动机来以相关稳定时间将轴转速控制到所需值，以相关稳定时间将螺距角控制到所需值，以及以相关稳定时间将方位角控制到所需值。

船舶（0）的运动及该运动的模拟

参见图4，通过质心位置并通过横摇（roll）、纵摇（pitch）和摇摆（yaw）的角度，以船舶（0）在纵移（surge）、横移（sway）和起伏的速度来描述船舶（0）的运动。船舶（0）将受到力和力矩的作用，这些力和力矩影响船舶（0）的运动。这些力和力矩由下面的多种因素激励而形成：来自风、水流和波浪；来自致动器（3）的使用，如螺旋桨（34）、推进器（31）和舵；来自流体动力，其对应于由横摇和纵摇的角度和起伏的位置所引起的弹力（spring force）动作；以及来自与船舶（0）的速度和加速度有关的流体动力。作用于船舶（0）的力和力矩取决于船舶的运动，因此船舶的运动可以看作是作用于船舶（0）的力和力矩产生的结果。对于船舶或船（0）来讲，船体的几何结构、质量及质量分布情况将是已知的。此外，船舶（0）的流体动力学参数的估计将是已知的。当给出船舶（0）的运动时，那么可以在模拟器中例如通过使用算法来计算作用于所述船舶（0）的力和力矩。那么，船舶（0）的加速度和角加速度可以由船舶（0）的运动方程计算，所述运动方程可以从牛顿定律和欧拉定律（Newton's and Euler's laws）中得到。在教科书中介绍了该运动方程。在运动方程中，出现了以下参数：

- 船舶（0）质量；
- 质心位置；
- 浮力中心的位置；
- 船舶（0）的转动惯量；
- 船体的几何结构，包括长度、船宽和吃水深度；
- 流体动力的添加质量，
- 流体动力的潜在阻尼，
- 粘滞阻尼，
- 与由船舶的起伏、纵摇和横摇运动而产生的在船体上的复原力和力矩有关的参数；
- 将波浪成分的振幅、频率和方向与船体上的合力和力矩联系起来参数。
- 此外，运动方程包括来自螺旋桨的致动力的数学模型，来自螺

旋桨的致动力是螺旋桨速度和螺距的函数，来自舵的力是舵角和船舶速度的函数，来自推进器的作用力是推进器速度和方向的函数。

下面的过程可用于计算在时间间隔 T_0 到 T_N 的船舶(0, 0')的运动:

假设船舶(0, 0')的运动给定于起始时刻 T_0 ，并且计算该时刻的力和力矩。然后可以利用船舶(0, 0')的运动方程计算在时刻 T_0 的船舶(0, 0')的加速度和角加速度。然后，可以使用数值积分算法计算在时间 $T_1=T_0+h$ 的船舶(0, 0')的运动，其中 h 是积分算法的时间步长。对于船舶(0, 0')，时间步长 h 典型在0.1-1s的范围中。当计算在时间 T_1 船舶(0, 0')的运动时，可以计算在时间 T_1 的力和力矩，并且利用运动方程得到在 T_1 的加速度和角加速度。再次，使用数值积分计算在时间 $T_2=T_1+h$ 的船舶(0, 0')的运动。可以在每个时刻 $T_k=T_0+h*K$ 重复该过程，直到达到时间 T_N 。

将作用于船舶(0, 0')的各个波浪描述为波浪成分的和，其中每个波浪成分是具有给定频率、振幅和方向的正弦长峰波。对于海上的给定位置，波浪成分的振幅和频率的普遍分布由诸如JONSWAP或ITTC波谱等已知波谱给定，其中波谱的强度以主波高为参数表示。作用于船舶(0, 0')的合力和合力矩将是波浪的振幅、频率和方向以及船舶(0)的速度和航线的函数。来自风的力和力矩将由风速、风向、船舶(0)速度和海表面上的船舶(0)的投影面积给定，作为相对于风向的船舶路线的函数。来自水流的力和力矩将由水流速度、水流方向、在海洋表面下船体的投影面积以及相对于水流方向的船舶速度和路线给定。

动态定位-DP

在动态定位中，即所谓的DP，在三个自由度(DOF)中控制船舶(0)。给出在 x 和 y 方向以及在航线中的期望位置作为操作者在输入命令设备或者控制面板(50)上使用键盘、滚动球、鼠标或操纵杆的输入。控制系统(5)用于计算在纵移和横移方向上所需的致动力以及围绕平摆轴的致动力矩，使得船舶(0)达到期望的位置和航线。

控制系统(5)还包括致动器分配,其包括计算螺旋桨力、舵力和对应于支配的致动力和力矩的推进力。控制系统(5)通过运行船舶(0)上的计算机上的算法而实现。这种控制系统算法将期望位置和航线与测量的位置和航线进行比较,并且使用教科书中找到的控制理论基于此算法计算所需的致动力和力矩。另外,该算法包括其中计算螺旋桨力、舵力和推进器力的分配模块。位置和航向由DGPS传感器、回转罗盘、水声传感器系统、激光或雷达位置参考传感器和张索(taut-wire)测量,其中在水声传感器系统中,发射机应答器设置在海底,在张索中,测量固定在海底的张索的倾斜度。

操纵杆系统

除了没有位置反馈,该系统类似于DP系统(5)并经常嵌在DP系统(5)中。操作者将通过使用操纵杆控制总推进方向和幅度来手工定位船舶(0)。该系统以与DP控制系统(5)完全相同的方式依靠推进器、电力系统(1)和电力管理系统(2)。一些操纵杆系统也可以包括自动航向控制功能和对风或水流力的补偿。

简短附图说明

在图1所示的框图中说明了现有技术,其中控制系统(5)从相应的输入命令设备接收输入命令并且从所谓的位置参考传感器(81)接收测量值。控制系统(5)可以是动态定位系统,该控制系统(5)向用于致动器的电动机发送控制信号(6),致动器的力与外力结合导致由所述传感器(8)检测的动态船舶性能并引起控制系统(5)再次作出反应。具有船上电力引擎的发电机向致动器(3)提供电能。发电机和引擎由电力管理系统(2)控制。

在附图2到图5中说明了本发明。这些图用于说明本发明,而不应将其理解为限制本发明的范围,其只由附加的权利要求限定。

结合动态定位系统(DP)(5)的电力管理系统(PMS)(2)

PMS(2)和电力系统(1)最难以解决的现象是在电力系统(1)

中出现大幅度并且快速变化的电力波动。特别地，大幅度且突然的电力增加是潜在的问题，并且可能导致电力切断或停电。这种电力需求的突然并且大幅度的增加可能由电推进器功率的大幅度且突然的增加引起，所述电力推进器的功率的大幅度且突然的增加可能在DP操作下巨浪或狂风中发生，或者是能够导致暂时失去位置或航向的一些部件故障的结果。运行在DP系统（5）下的船舶（0）中的推进器的电力消耗将取决于DP系统（5）的具体特性和性能。这表示在具有电推进器和DP的船舶（0）上的PMS（2）的性能将主要取决于DP系统（5）。

图1所示的是在具有由电提供动力的推进器上的船舶（0）上的处于其运行状态的DP系统（5）的框图。DP控制系统（5）向推进器系统发送控制信号（6）。该推进器系统由电力系统（1）供给电力，其依次受到船舶自动化和PMS（2）的控制。DP控制系统（5）从PMS（2）接收反馈信号，使得DP控制系统（5）可以以避免可能导致电力系统（1）停电的潜在问题情况为目的来调整其控制信号（6）。在DP系统（5）中，这通常称为防停电功能。因为船舶自动化和PMS（2）是具有许多逻辑条件和基于规则控制的复杂系统，因此将难以分析从电力系统（1）和PMS（2）到DP控制系统（5）的反馈互连，并由此可能引起不可预知的稳定性问题，这可以导致诸如不可接受的电力变化或停电等非期望的事件。

用于具有DP的船舶（0）的PMS（1）的测试

PMS（2）是复杂系统，并且PMS（2）的成功操作对于具有电力驱动的推进器和螺旋桨的船舶（0）的操作是重要的。这清楚地提出了对PMS（2）进行广泛测试的需要。使用当前可用的测试系统，在FAT测试（工厂验收试验）中，在PMS（2）的制造厂的设备中对PMS（2）进行测试，并且在其安装后，可以在船舶（0）试航中对该PMS（2）进行船上测试。然而，PMS（2）的性能将紧密地取决于其控制的特定电力系统（1）的特性。特别地，由DP系统（5）控制的螺旋桨和推进器的电力需求将是总电力的重要部分。因为应该结合DP系

统(5)对该PMS(2)进行测试以观察当向DP系统(5)提供所需电力时PMS(2)是否可以正确运行。而且,该测试应该针对大范围的操作条件,即利用不同的海况、不同的水流、不同的传感器(8)和致动器(3)故障以及不同操作者的错误。

这意味着将PMS(2)的测试作为在PMS(2)的制造厂的设备处的FAT测试中的单独单元是不够的。另外,将PMS(2)安装在船舶(0)上后,必须在试航中对该PMS(2)进行测试。然而,为了在预期的条件下对PMS(2)和DP系统(5)进行完全实际的测试,必须等待或寻找期望的但很少出现的天气条件和海况,或者等待或激发出现特定错误时可能预期的情况,但是如果这种情况偶然发生或通过激发而出现,那么这将是危险的。很少考虑选择将船舶(0)置于诸如引擎或发电机损坏等极端条件以便检查控制系统(5)是否发出用于对错误进行正确补偿的控制信号(6)。通常不进行这种测试。

现有技术: 闭环DP控制系统HIL测试

图1示出处于运行状态的DP系统(5)的框图。到DP控制系统(5)的输入是来自位置参考传感器(81)和其他传感器(8)的传感器信号(7)、来自船舶自动化和PMS(2)的反馈信号以及来自输入命令设备的输入命令。DP系统(5)的输出是到致动器(3)的控制信号(6),该致动器(3)包括螺旋桨和/或推进器。

图2示出在具有模拟器(100)的闭环中如何根据本发明动态测试DP控制系统(5)。这种类型的测试称为硬件在环测试(HIL测试)。模拟器(100)包括致动器模拟器模块(3')、具有模拟核心电力管理系统(2')功能的模拟柴油机电力系统(1')、模拟船舶模块(0')以及模拟传感器和位置参考模块(8')。模拟致动器模块(3')产生作用于模拟船舶(0')的模拟力和力矩,并且然后实时计算船舶(0')的模拟运动。在现有技术的常规HIL测试中,到DP控制系统(5)的输入是来自模拟器(100)的模拟传感器信号(7')并可能是来自模拟输入命令设备(50')的模拟输入命令(51'),该模拟输入命令设备(50')构成模拟器(100)的一部分。DP控制系统(5)的输出命

令是发送到模拟器中的模拟致动器（31'，24'）的控制信号（6，62）。在常规HIL测试中，DP控制系统（5）的输出控制信号（6，62）没有连接到船舶（0）的致动器（3），并且DP控制系统（5）的输入信号不是来自实际的位置参考传感器（81）和其他传感器（8）。

图2所示的该类型的HIL测试非常适用于在以海况和天气条件形式的大范围操作条件下，以及在模拟器中建立的相关情况的大范围故障情况下对DP系统（5）进行测试。这是由于以下事实是可行的：可以开发详细并精确的响应致动器信号的船舶运动的动态模拟器以及响应船舶运动的传感器信号（7）的动态模拟器。与此相反，不容易开发用于电力系统的精确模拟器（1）和用于PMS（2）的模拟器（2'），这是因为这些系统非常复杂并且难于建立足够具体的模型，并且其可能包括大量具有不连续输出的开关元件，这使利用现有方法和技术精确模拟PMS（2）变得很困难。这意味着在这种类型的HIL测试中不允许对电力系统（1）和PMS（2）的功能和性能进行系统、全面的测试。

在常规HIL测试中，到DP控制系统（5）的输入是来自模拟器的模拟传感器信号（7'），并可能是来自模拟电力系统和PMS（2）的模拟信号，以及来自模拟器的模拟输入命令。DP控制系统（5）的输出是发送到模拟器中的模拟致动器（3'）的控制信号（6）。在常规HIL测试中，DP控制系统（5）的输出没有连接到船舶（0）的致动器（3），并且DP控制系统（5）的输入不是来自实际的位置参考传感器（81）和其他传感器（8）。

本发明的描述

本发明的第一实施例

图2所示的本发明的第一实施例涉及用于系统测试的新型HIL测试配置，该系统包括下列互连模块：DP系统（5）、推进器驱动器系统、电气电力系统（1）以及电力管理系统（2）。

在其运行状态下，这些模块配置如下：

* DP控制系统（5）的输出信号是到推进器驱动电动机（32）系

统的控制信号(6, 62)。推进器驱动电动机(32)系统消耗由电力管理系统(2)控制的电力系统(1, 1g, 1e)提供的电能。推进器驱动电动机(32)系统利用期望命令的轴转速、螺距角和方位角驱动螺旋桨形式的推进单元(31), 并且推进单元(31)对此响应而建立推进力, 并与诸如风和浪等扰动力一起来驱动船舶(0), 并且在船舶的运动中, 纵移、横移和平摆就船舶(0)的动态定位而言是更重要的。船舶的运动由位置参考传感器(81)测量, 并且来自位置参考传感器(81)的传感器信号(7)输入到DP控制系统(5), 其依次计算合适的推进器驱动信号(6, 62)使得船舶(0)在纵移、横移和平摆中得到期望的指定运动。

本发明的第一基本实施例包括以下步骤:

- * 利用市场上可得到的提供推进器驱动信号(78)的推进器传感器(88)测量推进器驱动电动机(32)系统建立的轴转速、螺距角和方位角;

- * 推进器驱动器系统(32)的推进器驱动传感器信号(78)用作到模拟器(100)的输入信号。模拟器(100)具有实时计算模拟变量(7')的算法, 所述模拟变量(7')说明响应于轴转速、螺距角和方位角(即输入到模拟器(100)的推进器驱动信号(78))的模拟船舶(0')的运动。

- * 模拟器(100)包括用于位置参考传感器(8)的模拟模块(8'), 其实时计算模拟的位置参考传感器信号(7'), 其对应于在包括可能的模拟故障模式(95')的模拟干扰(9')下船舶(0')的模拟运动。

- * 在本发明的操作中, 将来自位置参考传感器(81)的实际传感器信号(7)与DP控制系统(5)断开, 并且取而代之的是将模拟的位置参考信号(7')输入到DP控制系统(5)。

在本发明的第一和第二实施例中, 推进器驱动传感器信号(78)被断开而不会输入到的DP控制系统(5), 并且替换为将模拟的推进器驱动传感器信号(78')用作到DP控制系统(5)的输入。

根据本发明的系统被设置为测试在所述模拟的传感器信号(7')和所述模拟的干扰(9')下, 所述控制系统(5)和所述电力管理系

统(2)是否能一起正常运行并且容错。该模拟的干扰(95')可以是在诸如传感器(8)、致动器(3)和信号传送等机械、电气和电子设备中所模拟的单个或多个故障。根据本发明的系统测试可以包括测试控制系统(5)、实际电力系统(1)和电力管理系统(2)是否向机械、电气、电子组件中的所述模拟的单个和多个故障提供容错。

本发明的第二实施例 (“AIT.3”)

除了系统包括测量轴转速、电力消耗、螺距角和方位角的推进器电动机传感器(88)的特征外,在本发明第二实施例中处于运行状态的系统也与第一实施例大致相同,并且来自推进器传感器的传感器信号(78)是到DP控制系统(5)的输入,来自电力管理系统(2)的实际PMS反馈信号是到DP控制系统(5)的输入。本发明包括与发明的基本实施例相同的步骤。

本发明的第三实施例 (AIT.2)

在图4所示的本发明第三实施例中,处于运行状态的系统非常类似于第二实施例,但是有一些轻微但是重要的区别。本发明的第三实施例包括以下步骤:

- * 如使用第一和第二实施例,来自DP控制系统(5)的输出信号(6, 62)包括到推进器驱动器系统(32, 31)的控制信号(62)。

- * 请参见图4, DP控制系统(5)的输出信号(6)另外用作到模拟器(100)中的模拟驱动电动机(32')的真正输入控制信号(62),所述输出信号(6)包括到推进器驱动器系统的控制信号(62)。

- * 模拟器(100)包含具有实时计算模拟变量的算法的模拟器模块(32'),该模拟变量说明用于推进器(31')的模拟电驱动电动机(32')的动力。而且,包括模拟的电力系统(1')和模拟的电力管理系统(2')的模拟器模块,包括模拟的推进器(31')的模拟轴转速、电力消耗、螺距角和方位角。

- * 模拟器(100)中的船舶动力学算法模块实时计算模拟变量,其说明在模拟的干扰(9')并可能在模拟的故障模式(95')下,响

应于模拟的轴转速、螺距角和方位角，模拟船舶（0'）的运动”。

* 模拟器包括计算模拟传感器信号（7'）的模拟器模块（8'），该模拟的传感器信号（7'）对应于说明推进器驱动器系统的动力的变量。

* 模拟器（100）包括用于位置参考传感器（8）的模拟器模块（8'），其实时计算对应于模拟船舶（0'）的模拟运动的模拟位置参考传感器信号（7'）。

* 来自位置参考传感器（81）的传感器信号（7）与DP控制系统（5）断开，并且取而代之，将模拟位置参考信号（7'）输入到DP控制系统（5）。

如图4所示，可以将模拟电力管理系统（2'）输出的反馈测量信号（22'）传送回DP控制系统（5），但是可以记录模拟PMS（2'）输出信号（22'）以与实际电力管理系统（2）输出的实际测量信号（22）相比较，进而检查模拟电力管理系统（2'）的模拟质量。（在模拟条件下，如果非常相似，建模后的或模拟出的PMS（2'）被验证为用于实际PMS（2）的实际模拟模块，并且可以在以后建模中使用。）。如上所述，不容易开发用于电力系统（1）的精确模拟器（1'）和用于PMS的精确模拟器（2'），这是因为这些系统非常复杂并且难于详细建模，并且可能包括大量具有不连续输出的开关元件，这使其难以使用现有方法和技术精确模拟PMS，因此来自不充分建模的电力管理系统（2'）的反馈实际上是不可用的。

本发明的第四实施例

在图5所示的本发明的第四实施例中，处于运行状态的系统非常类似于第三实施例。本发明的第四实施例包括本发明的第三实施例的步骤，并具有以下其他步骤：

* 来自实际电力管理系统（2）的信号（22）经由PMS反馈线（21）连接到DP控制系统（5）。来自模拟电力管理系统（2'）的模拟信号没有输入到DP控制系统（5）。

本发明不同实施例的优点

本发明的第一实施例

图2所示的本发明的第一实施例是包括DP控制系统（5）、推进器驱动电动机（32）系统、电力系统（1）和电力管理系统（2）的系统的硬件在环测试（“HIL”）。因为推进器驱动器系统（32）驱动实际的推进器（31）单元，其反过来驱动船舶（0），所以在推进器驱动器系统（32）上的负载是实际的。与其中DP控制系统（5）已经在HIL测试中测试的现有技术相比，本发明的优势在于，推进器驱动器系统（32）、电力系统（1）和电力管理系统（2）还结合DP控制系统（5）在硬件在环测试配置中进行测试。这是重要的，因为DP控制系统（5）和电力管理系统（2）之间的耦合可能导致不可预知的问题，而这可能导致包括负载切断和停电的潜在危险或代价高的情况。

包含接收推进器传感器信号（78）作为输入的船舶模拟器（100），使得在具有天气条件、海况、操作场景形式的模拟干扰（9'）和模拟故障模式（95'）的大量模拟条件下对系统进行测试成为可能。在常规试航中，在这么多的实际条件下测试系统是可能的但是不可行，这是因为这需要寻求大量的天气条件和海况，并且它包括将船舶（0）置于潜在危险的故障环境中，这将导致对于民用船舶（0）不可接受的测试时间和高昂的费用以及对船舶（0）的潜在危险。

本发明的第二实施例

如图3所示的本发明的第二实施例具有与基本实施例相同的优势，但是此外，测试中还包含了来自推进器驱动器（32）的反馈信号（72）和从实际电力管理系统（2）到DP控制系统（5）的反馈信号（23）。在DP系统（5）中，包括这些反馈互连是普遍的并且增加了DP系统（5）和电力管理系统（2）的组合动力的复杂性，并且HIL配置中的组合系统测试具有重大价值。

本发明的第三实施例

图4所示的本发明的第三实施例是包括DP控制系统（5）、推进器

驱动电动机系统 (32)、电力系统 (1) 和电力管理系统 (2) 的系统的硬件在环测试。在本实施例中, 模拟器 (100) 包括推进器驱动器系统 (32')、电力系统 (1') 和电力管理系统 (2) 的模型。本方案的优势在于不需要访问推进器驱动传感器 (88), 这意味着该方案可以导致较简单的接口, 使得测试之前的准备可以比第一和第二实施例花费更少的时间, 在第一实施例和第二实施例中, 测试系统必须连接到推进器驱动传感器 (8)。

与第一实施例和第二实施例相比, 该第三实施例具有必须包括推进器电驱动系统 (32')、电力系统 (1') 和电力管理系统 (2') 的模拟模型的可能缺点。如上所述, 这些模块难以精确模拟。然而, 在本实施例中, 尽管推进器驱动系统 (32')、电力系统 (1') 和电力管理系统 (2') 的模拟模块可能不精确, 但是将对实际的推进器驱动器系统 (32, 31)、实际的电力系统 (1) 和实际的电力管理系统 (2) 进行详尽的测试。对此的原因在于: 在测试中, 所述实际的推进器驱动器系统、所述实际的电气电力系统 (1) 和所述实际的电力管理系统 (2) 由DP系统 (5) 驱动, 并且如果测试场景引起这些实际模块的故障和损坏, 那么在测试中这将被检测到。

同样, 在本实施例中, 推进器驱动器系统驱动实际推进器单元 (31), 其反过来驱动船舶 (0), 并且因而断定推进器驱动器系统 (32) 上的负载将是相当实际的。这意味着本实施例与其中DP系统 (5) 已经在HIL测试中测试的现有技术相比同样具有优势, 在该HIL测试中, 同样在如模拟器中建立的大量操作条件下测试结合DP系统 (5) 的推进器驱动器系统、电气电力系统 (1) 和电力管理系统 (2)。

本发明的第四实施例

第四实施例或多或少具有与第三实施例相同的优点。当没有来自模拟电力管理系统 (2') 的反馈而是接收到来自实际电力管理系统 (2) 的反馈时, 避免了由模拟中的不精确或错误引起的干扰。而且, 可以发现在很少但可能遇到的模拟环境下由PMS (2) 和控制系统 (5) 之间的耦合所引起的故障。待测试的系统的详细特性、特别是从电力管

理系统（2）到DP系统（5）的反馈的布置将确定是否应该使用四个中的第三个实施例。

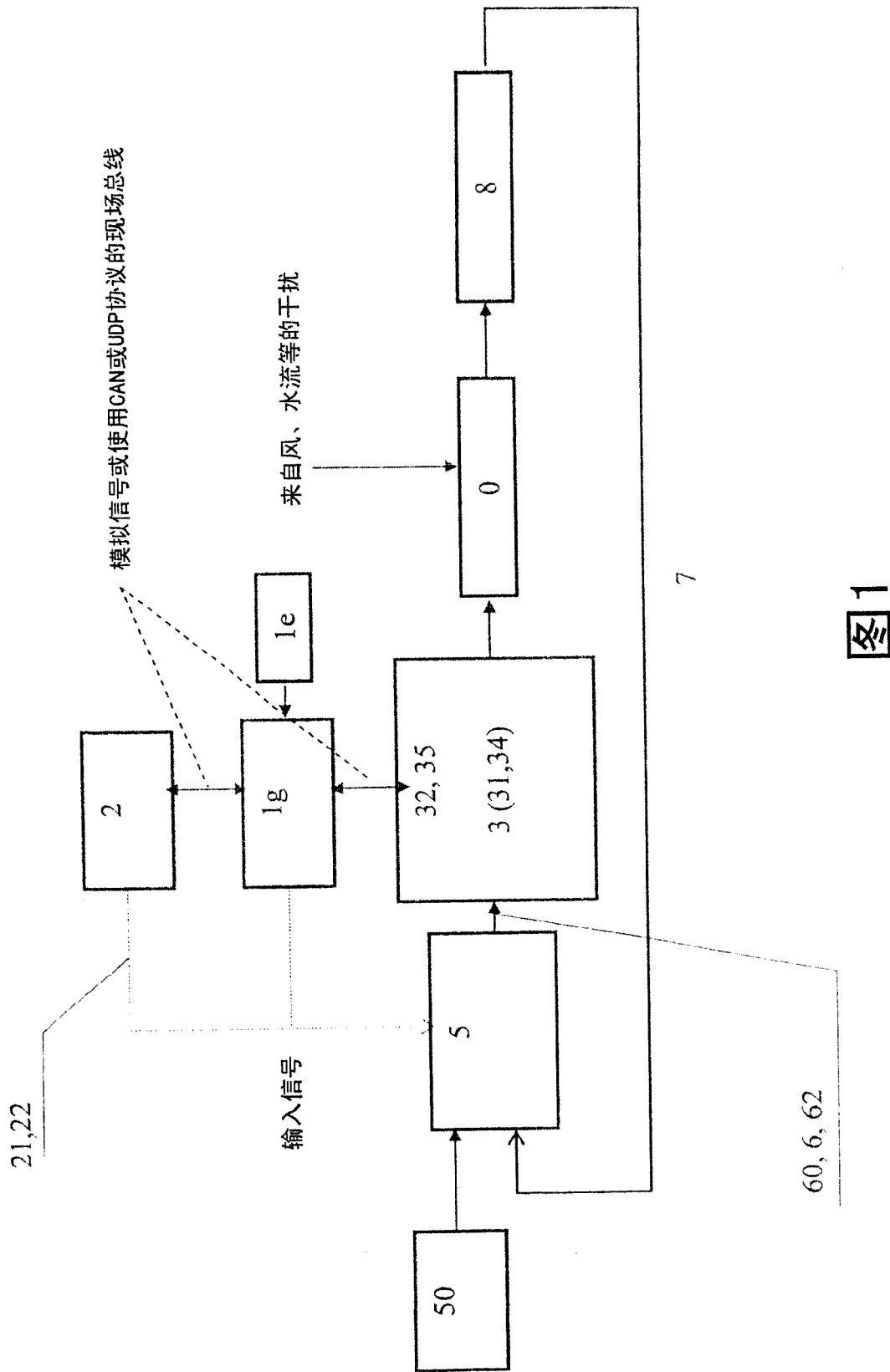


图1

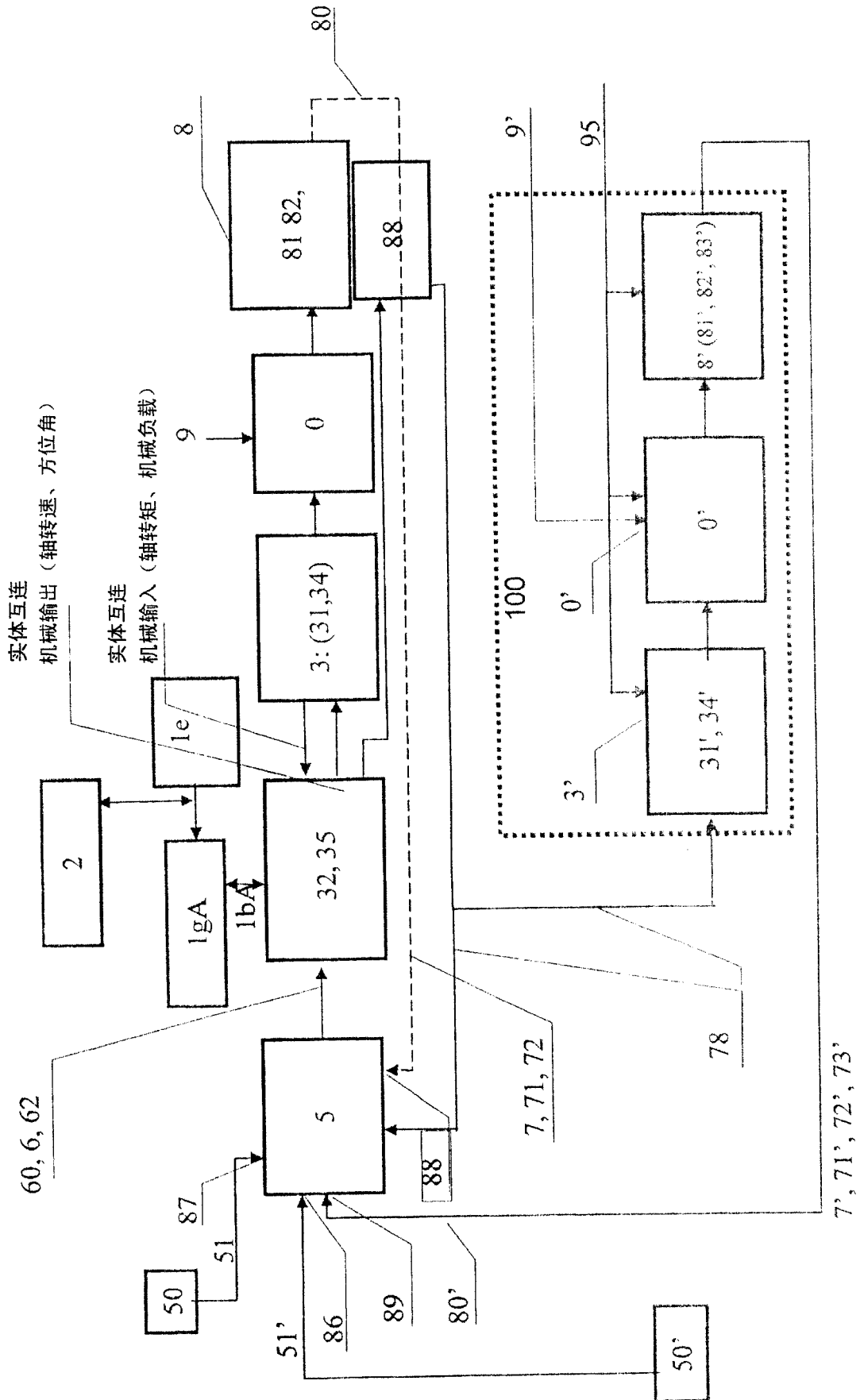


图2

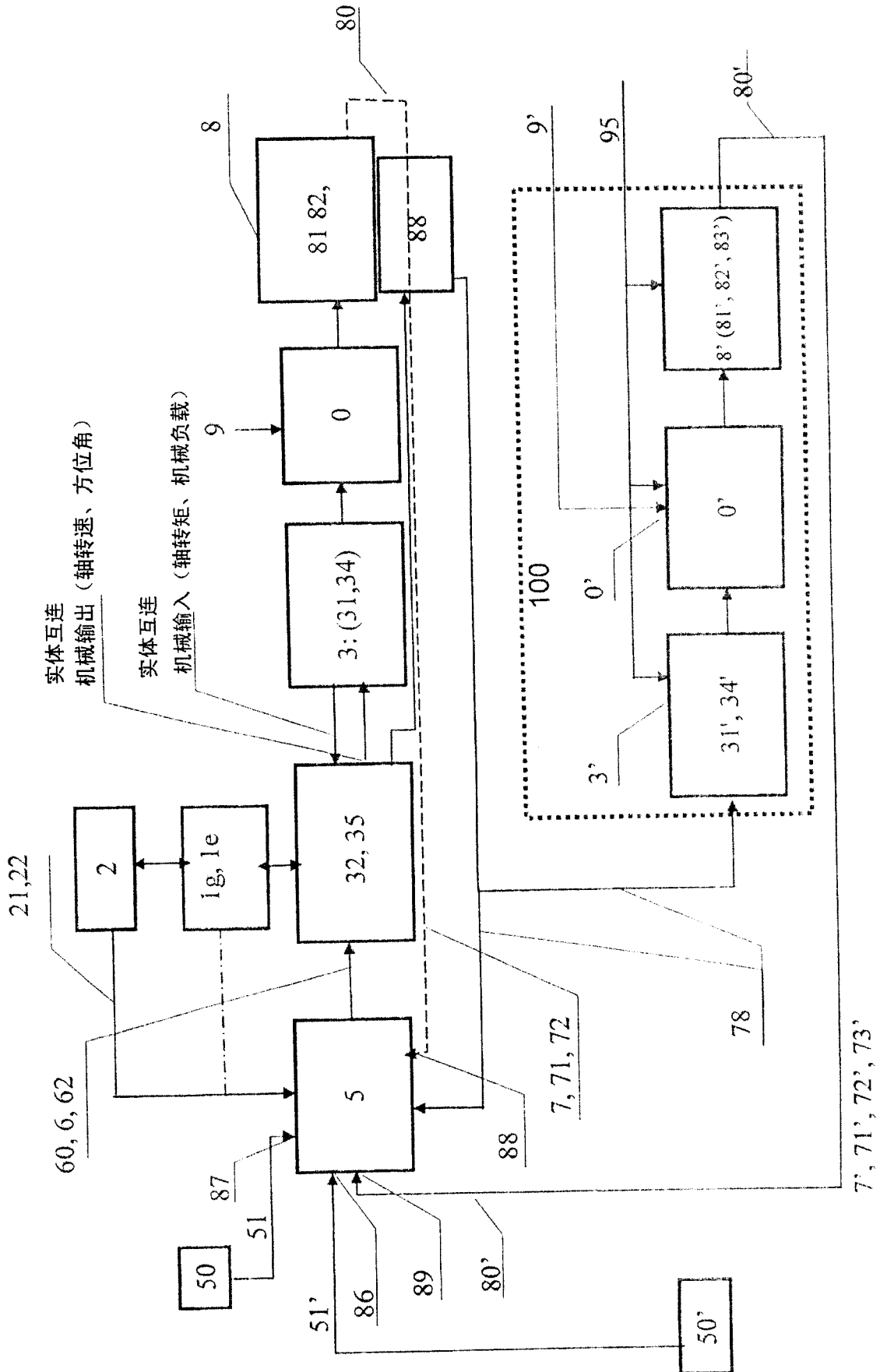


图3

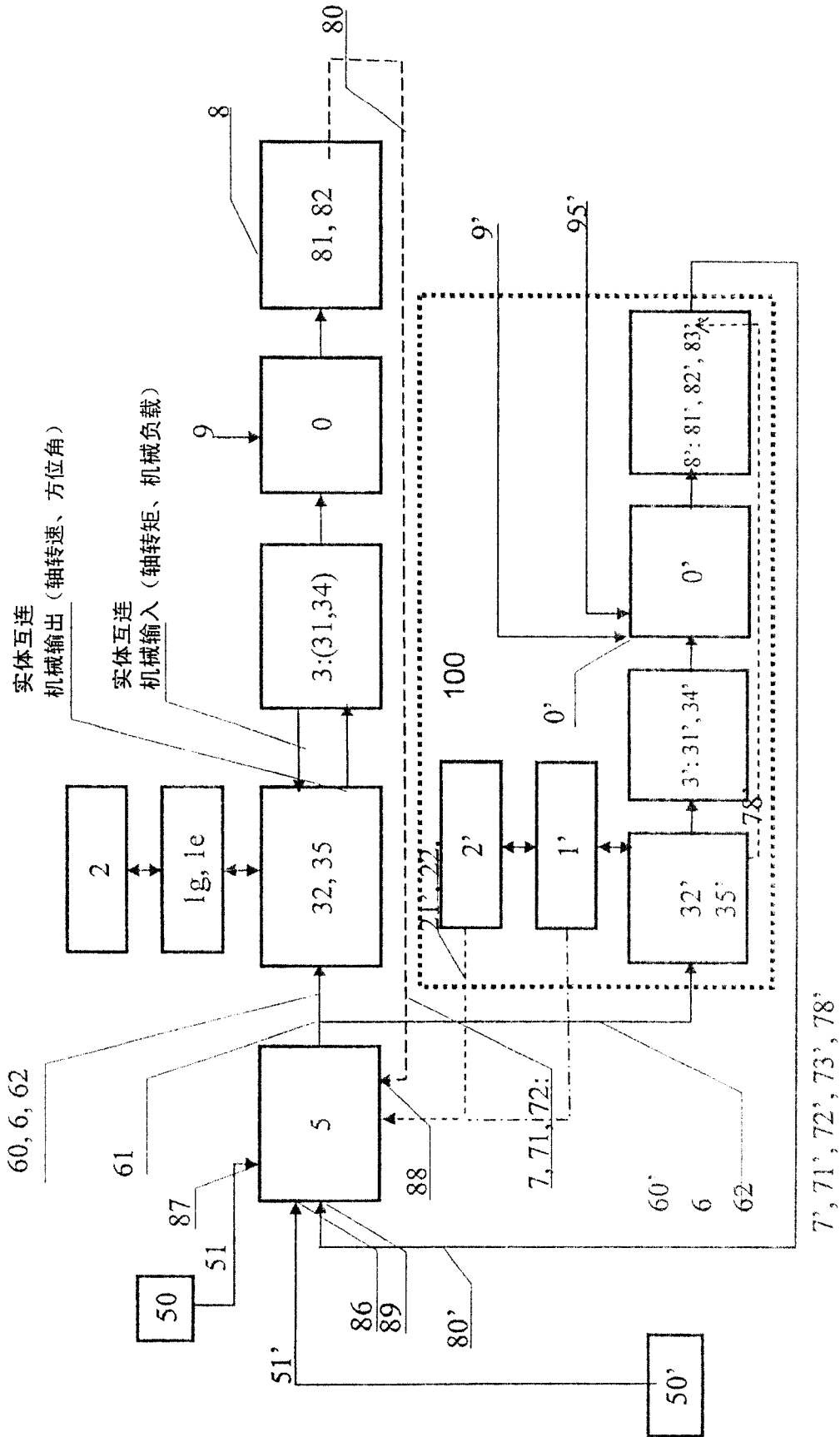


图4

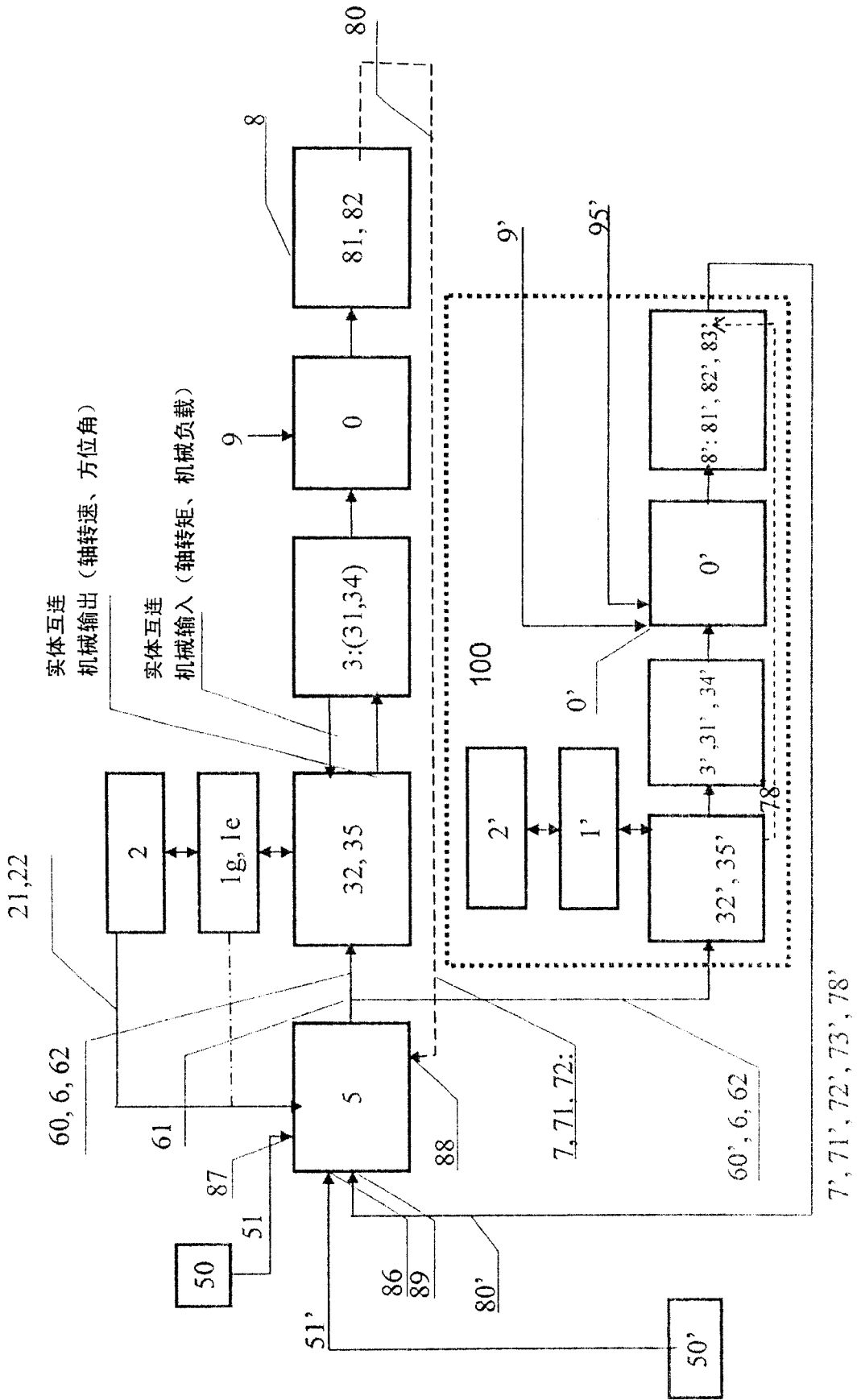


图5

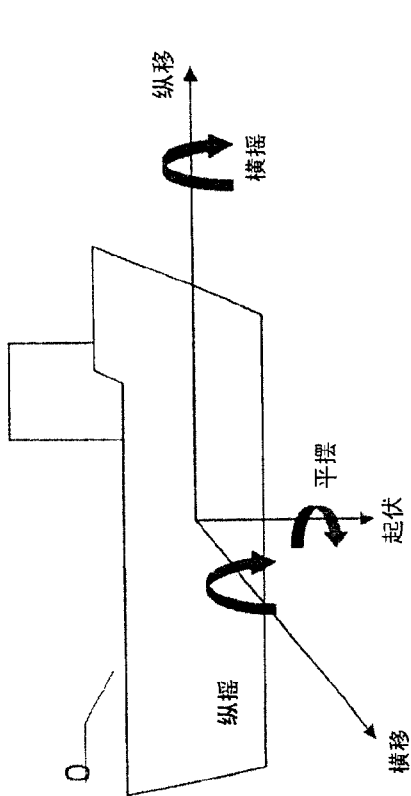


图6

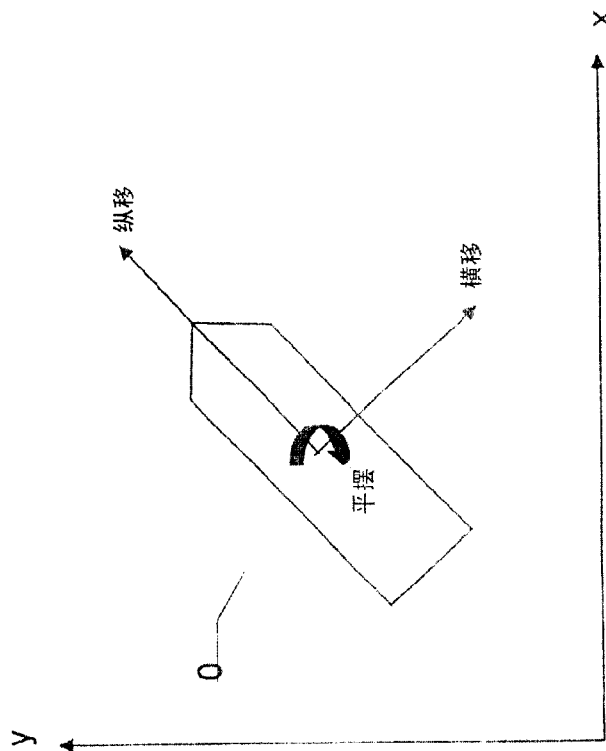


图7

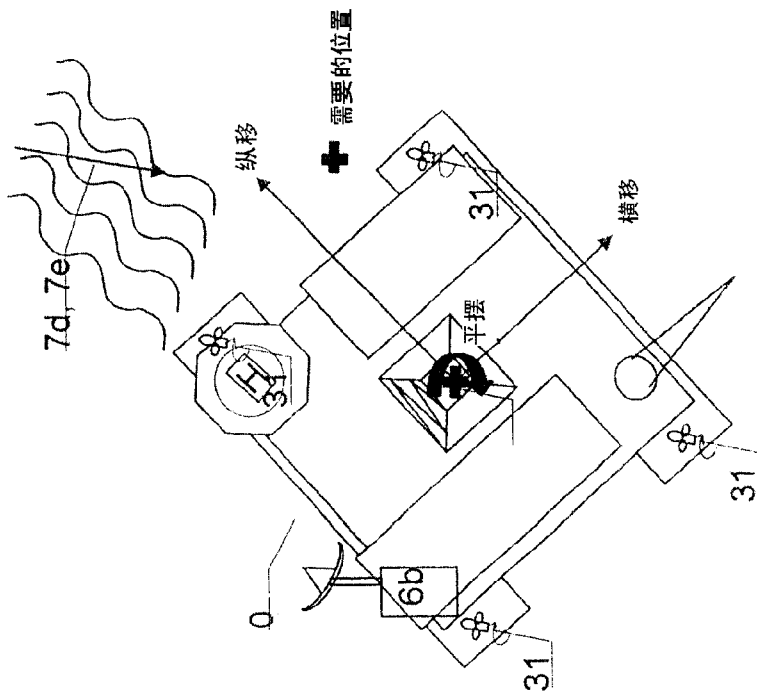


图8