(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2010 年 3 月 4 日 (04.03.2010)

PCT

(10) 国际公布号
WO 2010/022657 A1

(51) 国际专利分类号:
H02P 6/16 (2006.01) *H02P 21/00* (2006.01)
H02K 29/12 (2006.01) *G01D 5/20* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2009/073545

(22) 国际申请日: 2009 年 8 月 26 日 (26.08.2009)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
200810146933.6 2008 年 8 月 27 日 (27.08.2008) CN

(71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): **奇瑞汽车股份有限公司 (CHERY AUTOMOBILE CO., LTD.)** [CN/CN]; 中国安徽省芜湖市经济技术开发区长春路 8 号, Anhui 241009 (CN)。

(72) 发明人; 及
(75) 发明人/申请人 (仅对美国): **吴瑞 (WU, Rui)** [CN/CN]; 中国安徽省芜湖市经济技术开发区长春路 8 号, Anhui 241009 (CN)。

(74) 代理人: **北京信慧永光知识产权代理有限责任公司 (BEIJING SUNHOPE INTELLECTUAL PROPERTY LTD.)**; 中国北京市海淀区知春路 9 号坤讯大厦 1106 室, Beijing 100083 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧洲 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

(54) Title: METHOD FOR MEASURING ROTOR ANGULAR POSITION OF PERMANENT-MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR AND POSITION SENSOR

(54) 发明名称 : 测量永磁同步电机转子角位置的方法及位置传感器

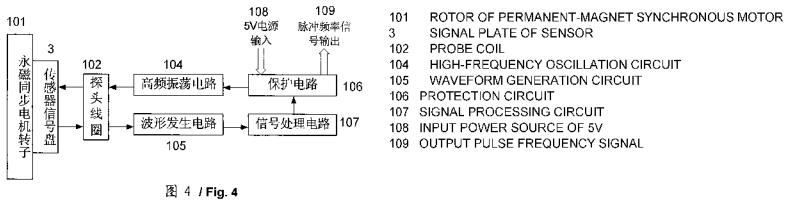

图 4 / Fig. 4

(57) **Abstract**: A method for measuring a rotor angular position of a permanent-magnet synchronous motor and a position sensor. The position sensor includes a hardware circuit, a probe coil (102) and a signal plate (3). The hardware circuit generates a high-frequency oscillating current. The high-frequency oscillating current causes the probe coil (102) to generate alternating magnetic field. The magnetic field induces eddy currents on the surface of the signal plate (3). The eddy currents cause an effective impedance of the probe coil (102) to change. The effective impedance corresponds to the rotor angular position.

(57) 摘要:

一种测量永磁同步电机转子角位置的方法及位置传感器。该位置传感器包括硬件电路、探头线圈（102）和信号盘（3）。硬件电路产生高频振荡电流。高频振荡电流使探头线圈（102）产生交变磁场。该磁场在信号盘（3）表面感应出涡流。该涡流引起探头线圈（102）的有效阻抗改变。该有效阻抗对应转子角位置。

WO 2010/022657 A1

测量永磁同步电机转子角位置的方法及位置传感器

技术领域

本发明涉及永磁同步电机领域，特别涉及测量永磁同步电机转子角位置的方法及位置传感器。

背景技术

永磁同步电机（PMSM）与直流电机、感应电机、普通同步电机相比，具有较高的能量密度和效率，其体积小、惯性低、响应快、控制灵活等优点，逐渐成为交流伺服系统执行电机的主流，尤其是在高精度、高性能要求的功率伺服系统领域。因此，它非常适应于混合动力汽车和电动汽车的驱动系统。

从近年来汽车发展看，永磁同步电机驱动系统已经是当前混合动力汽车和电动汽车驱动系统研究的一个热点，它通常采用的控制方式是低速时采用矢量控制，高速时采用弱磁控制。永磁同步电机的矢量控制需要准确的实时检测转子绝对角位置。

目前，检测电机转子位置传感器主要有两类：一类是以数字量信号输出，如开关霍尔传感器；开关霍尔传感器在电机高速时的分辨率较差，影响电机的弱磁扩速范围；另一类是以模拟量信号输出。模拟量信号在电动汽车和混合动力汽车车体恶劣的电磁环境干扰下不利于传输，易产生信号失真，且模拟量信号在解算角度前还须进行 A/D 转换，导致信号滞后，影响传感器的动态响应性能。

发明内容

本发明要解决的技术问题是，为了在测量永磁同步电机转子角位置过程中，实现高速度、高分辨率，信号失真小，本发明提供一种测量永磁同步电机转子角位置的方法及位置传感器，该传感器能适应于电动汽车和混合动力汽车的复杂电磁干扰环境，满足高精度、高性能伺服系统的控制要求。

该传感器主要由信号盘、探头线圈、硬件电路三部分构成基本工作系统，硬件电路提供高频振荡电流流入探头线圈，在探头线圈中产生交变的磁场。如果在这一交变磁场的有效范围内没有金属材料靠近，则这一磁场能量会全部损失；当有被测金属导体在这一磁场内时，则在此金属表面产生感应电流，称之为电涡流，与此同时该电涡流场也产生一个方向与探头线圈方向相反的交变磁场，由于其反作用，使探头线圈中

的高频电流的幅值和相位得到改变（即线圈的有效阻抗），这一变化与信号盘金属导体的磁导率、电导率、几何形状、几何尺寸以及探头线圈到信号盘表面的距离等参数有关。通常假定信号盘金属导体材质均匀且性能是线性和各项同性，则探头线圈和信号盘系统的物理性质可由信号盘金属导体的电导率σ、磁导率ξ、尺寸因子τ、探头线圈与信号盘表面的距离 D、以及探头线圈激励电流的角频率ω等参数来描述，即探头线圈有效阻抗可用$Z=f(\tau,\xi,\sigma,D,\omega)$函数来表示。控制 D,$\xi$,$\sigma$,$\omega$这几个参数不变，则探头线圈的有效阻抗 Z 就成为信号盘尺寸因子 τ 的单值函数，我们将该有效阻抗 Z 引入到波形产生电路中，就可以得到频率 f 与信号盘尺寸因子τ对应的数字脉冲信号，而根据信号盘的尺寸因子τ又可以计算出其绝对角位置$\theta(t)$，因此，信号盘的绝对角位置$\theta(t)$变化转化成传感器输出数字脉冲的频率 f 变化:$f \propto \theta(t)$，从而实现对永磁同步电机转子绝对角位置$\theta(t)$的测量。

本发明的技术方案具体包括：

一种位置传感器，包括：

硬件电路，用于提供高频振荡电流；

探头线圈，用于根据流入的高频振荡电流，产生交变的磁场；

信号盘，用于使磁场产生电涡流效应，当信号盘随电机转子旋转时，在传感器信号盘中产生的电涡流损耗会导致探头线圈绕组的有效阻抗变化。

一种测量永磁同步电机转子角位置的方法包括如下步骤：

硬件电路产生高频振荡电流，

高频振荡电流流入探头线圈，使得探头线圈产生交变磁场；

交变磁场使得信号盘表面产生电涡流；

通过信号盘随电机转子的旋转，电涡流使得所述探头线圈的绕组有效阻抗发生变化，从而得到有效阻抗的变化值；

获取有效阻抗的变化值，由于探头线圈绕组的有效阻抗变化对应于永磁同步电机转子绝对角位置，从而实现对永磁同步电机转子角位置的测量。

本发明的技术方案，通过设计了一种适用于永磁同步电机转子的数字式位置传感器，在测量永磁同步电机转子角位置中，实现了高速度、高分辨率，信号失真小，并且电机高速时的分辨率也很高，在恶劣的电磁环境干扰下不影响信号的传输，失真小，也减小了信号滞后等动态响应性能。

附图说明

图 1 是本发明实施例 1 提供的位置传感器的探头线圈和硬件电路模块示意图；

图 2 是本发明实施例 1 提供的位置传感器的信号盘的示意图；

图 3 是本发明实施例 1 提供的位置传感器安装在永磁电机端面位置的剖面图；

图 4 是本发明实施例 2 提供的位置传感器的工作流程图；

图 5 是本发明实施例 2 提供的测量永磁同步电机转子角位置的方法流程图。

具体实施方式

为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本发明实施方式作进一步地详细描述。

实施例 1

本实施例提供了一种用于永磁同步电机转子的数字式位置传感器。

如图 1 所示：为本实施例提供的位置传感器的探头线圈和硬件电路模块示意图。该位置传感器主要由信号盘 3、探头线圈、硬件电路三部分构成基本工作系统，位置传感器的探头线圈和硬件电路模块封装为一体（简称传感器模块 10），呈扁平扇形，传感器模块 10 的厚度仅为 6 毫米，传感器模块 10 内部布置有 2 组平面线圈绕组 L1、L2 和信号处理电路模块。2 组线圈互差 180 度的电角度周期，构成振荡电路的一部分。

如图 2 所示：为位置传感器信号盘 3 的示意图，其下底面设有安装螺纹孔，用于将信号盘安装固定在电机转子上；其上表面为被测金属导体形面，由具有正、余弦结构的两条曲线环围构成。

如图 3 所示：为位置传感器安装在永磁电机端面位置的剖面图，电机定子 200 与电机水套 100 固定在一起，电机转子 300 通过转子支撑 400 支撑，传感器模块 10 通过螺钉固定在一个 2 毫米厚的传感器支架 20 上，传感器支架 20 与电机定子 200 固定为一体，保持相对位置。传感器信号盘 1 通过螺钉固定在电机转子支撑 400 上，传感器模块 10 和传感器信号盘 3 沿轴向相对布置，两者相对面 A-A 平面为感应面，传感器模块 10 和传感器信号盘 3 所在的位置为电机内部空间，没有增加电机的轴向长度。采用该布置方式的位置传感器系统，结构简单，安装方便，充分利用了电机的内部空间。

如图 4 所示：为位置传感器的工作流程图，给传感器提供 5V 直流电源时，高频振荡电路产生高频振荡电流流入探头线圈，在探头线圈中产生交变的磁场，该磁场使传感器信号盘表面产生电涡流效应，该磁场使传感器信号盘金属导体表面产生电涡流

效应，当传感器信号盘随电机转子旋转时，在传感器信号盘金属导体表面产生的电涡流损耗会导致探头线圈绕组的有效阻抗变化，而有效阻抗的变化与探头线圈绕组扫过的传感器信号盘金属导体表面面积成比例，即探头线圈有效阻抗可用$Z=f(S)$函数来表示，S 为传感器信号盘被测金属导体表面面积，它是信号盘的绝对角位置$\theta(t)$的单值函数$S=g(\theta(t))$。将该有效阻抗 Z 引入到波形产生电路中，就可以得到频率 f 与信号盘的绝对角位置$\theta(t)$对应的数字脉冲信号，通过信号处理电路对该脉冲信号作滤波、比较、放大等处理，最后以数字量脉冲频率信号输出。根据该数字脉冲信号的频率 f 就可解算出信号盘的绝对角位置$\theta(t)$，从而实现对永磁同步电机转子绝对角位置$\theta(t)$的测量。

本实施例提供的位置传感器，用于测量永磁同步电机转子角位置，具有高速性能好，分辨率高，输出信号易于传输，体积小，易于布置和安装等特点。

实施例 2

本实施例提供了一种测量永磁同步电机转子角位置的方法，该方法中采用了实施例 1 中的位置传感器，利用电涡流效应将电机转子角位置变化转化为探头线圈等效阻抗的变化，并把探头线圈作为波形产生电路的一部分，从而得到输出脉冲频率 f 与信号盘的绝对角位置相对应的数字量信号的电机转子角位置检测方法。

该方法具体包括以下步骤，如图 5 所示：

步骤 1、硬件电路产生高频振荡电流；

步骤 2、高频振荡电流流入探头线圈，使得探头线圈产生交变磁场；

步骤 3、交变磁场使得信号盘表面产生电涡流；

步骤 4、通过信号盘随电机转子的旋转，电涡流使得所述探头线圈的绕组有效阻抗发生变化，从而得到有效阻抗的变化值；

其中，有效阻抗的变化值取决于探头线圈绕组扫过的信号盘金属导体表面面积和频率；

探头线圈绕组扫过的信号盘金属导体表面面积是信号盘的绝对角位置的单值函数，两者一一对应；

步骤 5、获取有效阻抗的变化值，探头线圈绕组的有效阻抗变化对应于永磁同步电机转子绝对角位置，从而实现对永磁同步电机转子角位置的测量；

其中，步骤 5 中具体包括：

探头线圈作为波形发生电路阻抗的一部分，将其有效阻抗引入到波形产生电路

中，便可获得频率与信号盘的绝对角位置对应的数字脉冲信号；

信号处理电路对所述数字脉冲信号作滤波、比较、放大等处理，以数字量脉冲频率信号输出；

根据数字脉冲信号的频率就可解算出信号盘的绝对角位置，从而实现对永磁同步电机转子绝对角位置的测量。

本实施例中的技术方案，采用实施例 1 中的数字式位置传感器，使得在测量永磁同步电机转子角位置中，电机高速情况下传感器的检测分辨率也很高，且在恶劣的电磁环境干扰下不影响信号的传输，失真小，也减小了信号滞后等动态响应性能。

以上所述仅为本发明的较佳实施例，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权利要求书

1、一种测量永磁同步电机转子角位置的方法，其特征在于，包括如下步骤：

步骤 1、硬件电路产生高频振荡电流；

步骤 2、所述高频振荡电流流入探头线圈，使得所述探头线圈产生交变磁场；

步骤 3、所述交变磁场使得信号盘表面产生电涡流；

步骤 4、所述信号盘随电机转子旋转，所述电涡流使得所述探头线圈的绕组有效阻抗发生变化，得到有效阻抗的变化值；

步骤 5、获取有效阻抗的变化值，所述探头线圈绕组的有效阻抗变化对应于永磁同步电机转子绝对角位置，从而实现对永磁同步电机转子角位置的测量。

2、根据权利要求 1 所述的测量永磁同步电机转子角位置的方法，其特征在于，所述有效阻抗的变化值根据所述探头线圈绕组扫过的信号盘金属导体表面面积和频率确定；

所述探头线圈绕组扫过的信号盘金属导体表面面积与信号盘的绝对角位置对应。

3、根据权利要求 1 所述的测量永磁同步电机转子角位置的方法，其特征在于，所述步骤 5 中，具体包括：

获得频率与信号盘的绝对角位置对应的数字脉冲信号；

信号处理电路对所述数字脉冲信号作滤波、比较、放大等处理，以数字量脉冲频率信号输出；

根据所述数字脉冲信号的频率解算出信号盘的绝对角位置，从而实现对永磁同步电机转子绝对角位置的测量。

4、一种位置传感器，其特征在于，包括：

硬件电路，用于提供高频振荡电流；

探头线圈，用于根据流入的高频振荡电流，产生交变的磁场；

信号盘，用于使所述磁场产生电涡流效应，当信号盘随电机转子旋转时，在传感器信号盘中产生的电涡流损耗会导致探头线圈绕组的有效阻抗变化。

5、根据权利要求 4 所述的位置传感器，其特征在于，所述有效阻抗反映永磁同步电机转子绝对角位置。

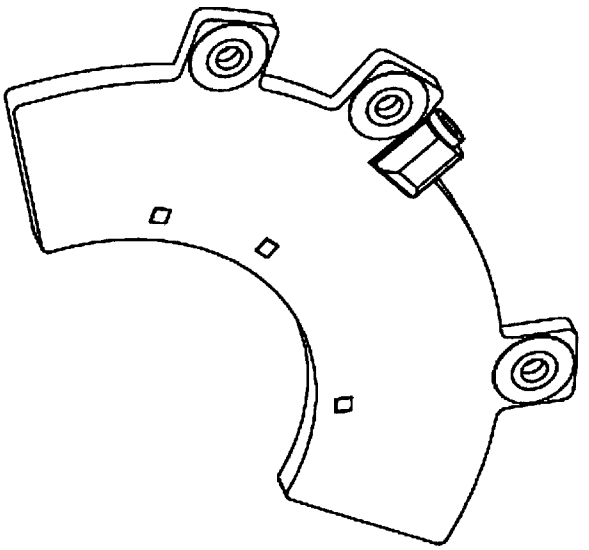

图 1

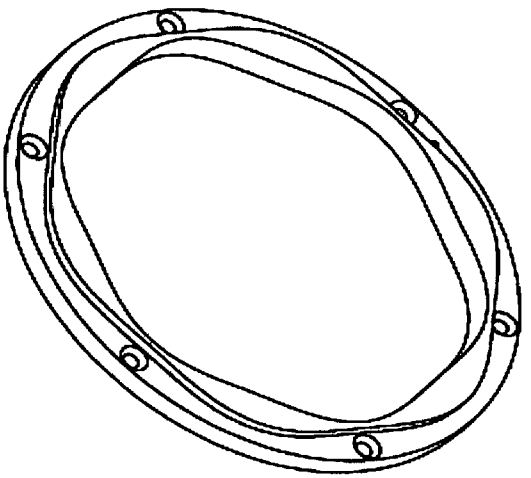

图 2

替换页(细则第26条)

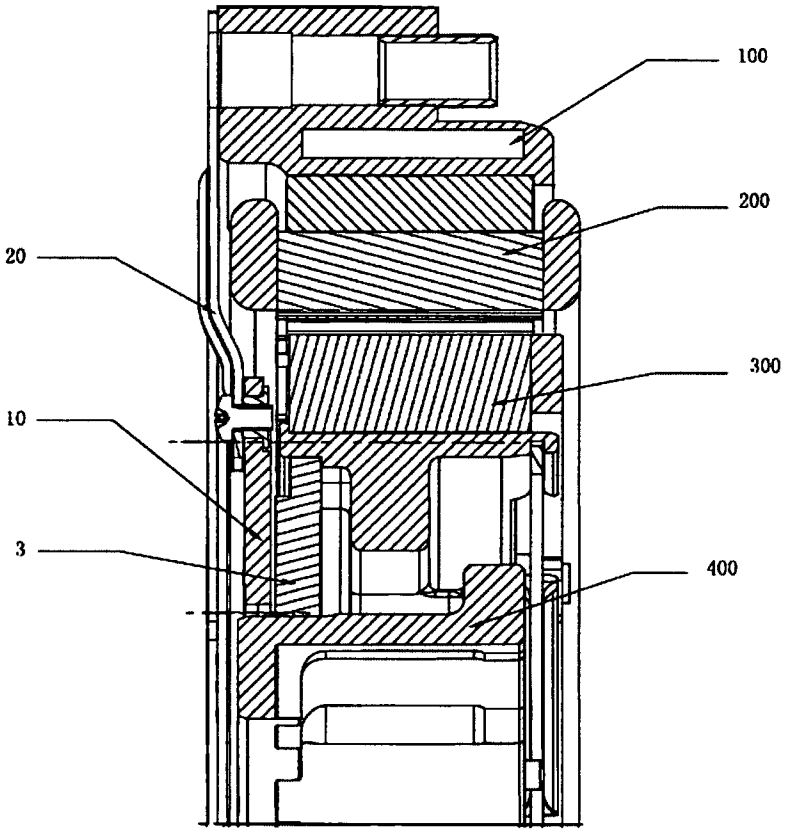

图 3

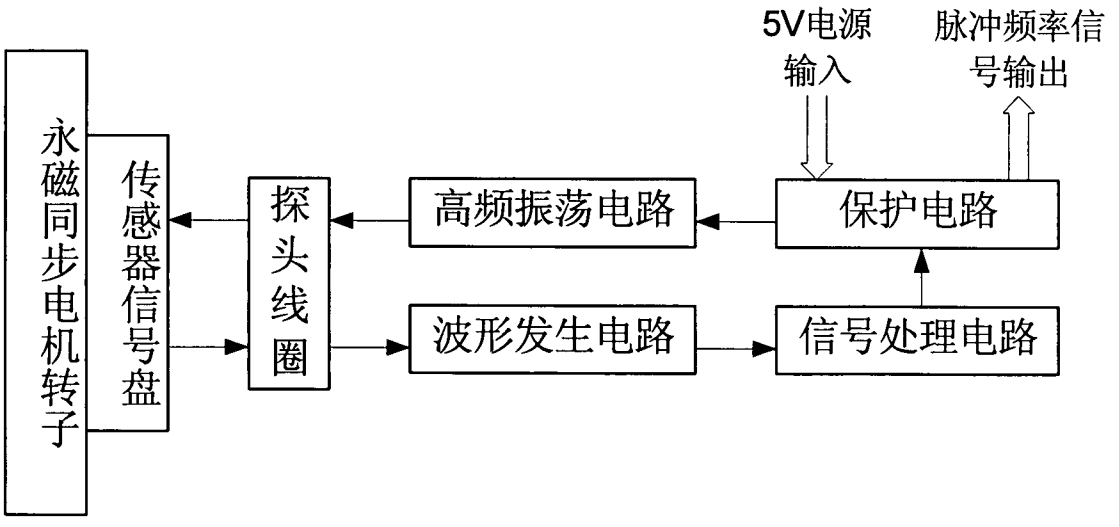

图 4

替换页(细则第26条)

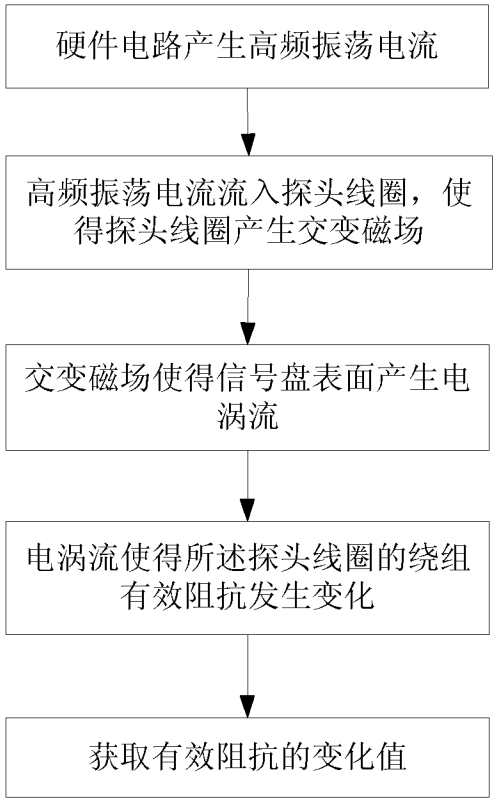
硬件电路产生高频振荡电流
高频振荡电流流入探头线圈，使得探头线圈产生交变磁场
交变磁场使得信号盘表面产生电涡流
电涡流使得所述探头线圈的绕组有效阻抗发生变化
获取有效阻抗的变化值

图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2009/073545

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See extra sheet

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: H02K; H02P; G05D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CPRS; CNKI; WPI; EPODOC ROTOR, POSITION, EDDY, CURRENT, SENSOR, TRANSDUCER, SENSE, ROTARY, ANGLE, COIL, WINDING, INDUCTANCE, REACTANCE, INDUCTIVE, IMPEDANCE, ANGULAR

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2002162252 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 07 June 2002 (07. 06. 2002) paragraphs 0024-0039, 0052-0053 of the description, Figs. 1-13, 19	1，3-5
A		2
PX	CN 101359893 A (CHERY AUTOMOBILE CO., LTD.) 04 February 2009 (04. 02. 2009) page 1, line 22 to page 5, line 1 of the description, Figs. 1-5	1-5
PX	CN 101275988 A (CHERY AUTOMOBILE CO., LTD.) 01 October 2008 (01. 10. 2008) page2, line 19 to page 3, line 5 and page 6, lines 4-10 of the description, Fig. 2	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim (S) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&"document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
23 November 2009 (23. 11. 2009)	**03 Dec. 2009 (03.12.2009)**
Name and mailing address of the ISA/CN The State Intellectual Property Office, the P.R.China 6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District, Beijing, China 100088 Facsimile No. 86-10-62019451	Authorized officer SONG, Xuemei Telephone No. (86-10)62411797

Form PCT/ISA /210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2009/073545

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2002162252 A	07. 06. 2002	NONE	
CN 101359893 A	04. 02. 2009	NONE	
CN 101275988 A	01. 10. 2008	NONE	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2009/073545

Continuation of Box A in second sheet

CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P 6/16 (2007.01) i

H02K 29/12 (2006.01) i

H02P 21/00 (2006.01) i

G01D 5/20 (2006.01) i

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2009/073545

A. 主题的分类

见附加页

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: H02K; H02P; G05D

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用）)

CPRS; CNKI; WPI; EPODOC 转子，位置，涡流，电机，电动机，马达，线圈，绕组，高频，阻抗，感抗，电感 ROTOR, POSITION, EDDY, CURRENT, SENSOR, TRANSDUCER, SENSE, ROTARY, ANGLE, COIL, WINDING, INDUCTANCE, REACTANCE, INDUCTIVE, IMPEDANCE, ANGULAR

C. 相关文件

类　型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
X	JP 2002162252 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 07. 6 月 2002 (07. 06. 2002) 说明书第 0024-0039，0052-0053 段，图 1-13，19	1，3-5
A		2
PX	CN 101359893 A (奇瑞汽车股份有限公司) 04. 2 月 2009 (04. 02. 2009) 说明书第 1 页第 22 行-第 5 页第 1 行，图 1-5	1-5
PX	CN 101275988 A (奇瑞汽车股份有限公司) 01. 10 月 2008 (01. 10. 2008) 说明书第 2 页第 19 行-第 3 页第 5 行及第 6 页第 4-10 行，图 2	1-5

☐ 其余文件在 C 栏的续页中列出。　　☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

"L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

"P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

"T" 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

"X" 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

"Y" 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

"&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
23. 11 月 2009 (23. 11. 2009)	**03.12 月 2009 (03.12.2009)**
ISA/CN 的名称和邮寄地址： 中华人民共和国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088 传真号：　(86-10)62019451	受权官员 宋雪梅 电话号码：(86-10) **62411797**

国际检索报告

关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2009/073545

检索报告中引用的专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
JP 2002162252 A	07. 06. 2002	无	
CN 101359893 A	04. 02. 2009	无	
CN 101275988 A	01. 10. 2008	无	

续第 2 页 A 栏：

主题的分类

H02P 6/16 (2007.01) i

H02K 29/12 (2006.01) i

H02P 21/00 (2006.01) i

G01D 5/20 (2006.01) i