

(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
2016 年 6 月 16 日 (16.06.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/091091 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01R 31/34 (2006.01) *H02P 6/12* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/095894
- (22) 国际申请日: 2015 年 11 月 30 日 (30.11.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201410742550.0 2014 年 12 月 8 日 (08.12.2014) CN
- (71) 申请人: 中国矿业大学 (CHINA UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国江苏省徐州市大学路 1 号中国矿业大学科研院, Jiangsu 221116 (CN)。
- (72) 发明人: 陈昊 (CHEN, Hao); 中国江苏省徐州市大学路 1 号中国矿业大学科研院, Jiangsu 221116 (CN)。 韩国强 (HAN, Guoqiang); 中国江苏省徐州市大学路 1 号中国矿业大学科研院, Jiangsu 221116 (CN)。 程鹤 (CHENG, He); 中国江苏省徐州市大学路 1 号中国矿业大学科研院, Jiangsu 221116 (CN)。

(CN)。 王千龙 (WANG, Qianlong); 中国江苏省徐州市大学路 1 号中国矿业大学科研院, Jiangsu 221116 (CN)。 王青 (WANG, Qing); 中国江苏省徐州市大学路 1 号中国矿业大学科研院, Jiangsu 221116 (CN)。 王星 (WANG, Xing); 中国江苏省徐州市大学路 1 号中国矿业大学科研院, Jiangsu 221116 (CN)。

(74) 代理人: 北京德崇智捷知识产权代理有限公司 (JW IP LAW FIRM); 中国北京市朝阳区酒仙桥路 14 号 A5 楼 7 层 701, Beijing 100015 (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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

[见续页]

(54) Title: METHOD OF DIAGNOSING AND LOCATING MALFUNCTION OF TWO POSITION SENSORS OF FOUR-PHASE SWITCHED RELUCTANCE MOTOR

(54) 发明名称: 四相开关磁阻电机两只位置传感器故障诊断与定位方法

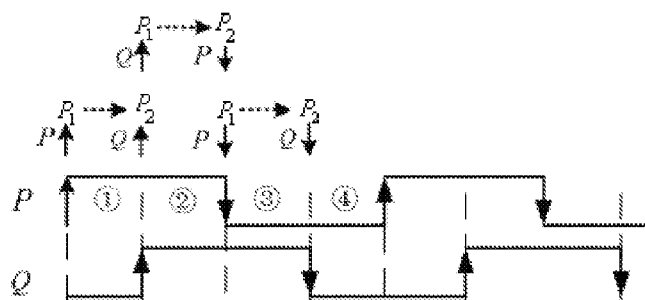


图 2 / Fig. 2

(57) Abstract: Disclosed is a method of diagnosing and locating a malfunction of two position sensors of a four-phase switched reluctance motor, being suitable for diagnosing and locating a malfunction of two position sensors of a rotary or linear switched reluctance motor with four groups or multiples of four groups and a plurality of topologies. The method comprises: determining whether there has been a position sensor malfunction according to a sequence of two adjacent edges of output signals of two position sensors; setting a malfunction diagnosis buffer region; avoiding an incorrect diagnosis; and identifying an output signal of the position sensor of an edge pulse source so as to locate a malfunction of the position sensor. The method can be used for diagnosing and locating a malfunction of one position sensor or two position sensors; diagnosing and locating results are not influenced by a constant speed or by acceleration or deceleration of the motor. The diagnostic method is reliable, highly practical, and has wide engineering application value.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2016/091091 A1



(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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, 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))。

一种四相关磁阻电机两只位置传感器故障诊断与定位方法, 适用于四及四的倍数组、多种拓扑结构、旋转式或直线式开关磁阻电机两只位置传感器的故障诊断定位, 根据两只位置传感器输出信号相邻两个边沿顺序判断是否有位置传感器故障, 设置故障诊断缓冲区间, 避免误诊断的发生, 通过辨别边沿脉冲来源的位置传感器输出信号, 对位置传感器故障定位, 可用于单只位置传感器、两只位置传感器的故障诊断与定位, 电机匀速和加速、减速等速度变化对诊断与定位结果无影响, 诊断方法可靠, 实用性强, 具有广泛的工程应用价值。

四相开关磁阻电机两只位置传感器故障诊断与定位方法

技术领域

本发明涉及一种四相开关磁阻电机两只位置传感器故障诊断与定位方法，尤其是适用于四及四的倍数相、多种拓扑结构、旋转式或直线式开关磁阻电机两只位置传感器的故障诊断与定位。

背景技术

旋转式或直线式开关磁阻电机系统中，位置传感器输出信号提供速度计算和电机换相提供依据，对于旋转式或直线式开关磁阻电机系统可靠运行具有极其重要的作用。但由于灰尘、碰撞等原因，常用的光电式、磁电式、电磁式位置传感器会发生失效故障，导致故障后位置传感器输出信号边沿脉冲的丢失。若位置传感器发生故障而失效，导致开关磁阻电机换相失败，影响开关磁阻电机的可靠运行，因此对位置传感器进行故障诊断和定位极其重要。传统的基于区间时间的故障诊断方法和基于边沿捕获的故障诊断方法仅适用于开关磁阻电机匀速运行状态，对于开关磁阻电机速度变化运行时不适用。如何实现四相开关磁阻电机匀速和加减速运行状态下两只位置传感器故障诊断和定位，是当前开关磁阻电机系统急需解决的技术问题。

发明内容

技术问题：本发明的目的是针对已有技术中存在问题，提供一种四相开关磁阻电机两只位置传感器故障诊断与定位方法

技术方案：本发明的四相开关磁阻电机两只位置传感器故障诊断与定位方法：

1) 使开关磁阻电机位置传感器 P 的输出信号相位时间上早于位置传感器 Q 的输出信号相位，检测开关磁阻电机位置传感器输出信号的相邻两个边沿脉冲 P_1 和边沿脉冲 P_2 ，时间顺序上边沿脉冲 P_1 早于边沿脉冲 P_2 ，相邻两个边沿脉冲的间距为一个区间；

2) 若边沿脉冲 P_1 检测到位置传感器 Q 的输出信号，边沿脉冲 P_2 检测到位置传感器 P 的输出信号，或边沿脉冲 P_1 检测到位置传感器 P 的输出信号，边沿脉冲 P_2 检测到位置传感器 Q 的输出信号，则判断位置传感器无故障；

3) 若除步骤 2) 之外的其他情况出现，则判断位置传感器有故障；

4) 设定位置传感器 P 的输出信号上升沿至位置传感器 Q 的输出信号上升沿为区间①，位置传感器 Q 的输出信号上升沿至位置传感器 P 的输出信号下降沿为区间②，位置传感器 P 的输出信号下降沿至位置传感器 Q 的输出信号下降沿为区间③，位置传感器 Q 的输出信号下降沿至位置传感器 P 的输出信号上升沿为区间④；

5) 当位置传感器故障发生在区间①③时, 故障诊断缓冲两个区间; 当位置传感器故障发生在区间②④时, 故障诊断缓冲一个区间;

6) 经过故障缓冲区间后, 对位置传感器故障进行定位:

若边沿脉冲 P_1 检测到位置传感器 Q 的输出信号, 边沿脉冲 P_2 检测到位置传感器 Q 的输出信号, 则判断位置传感器 P 发生故障; 若边沿脉冲 P_1 检测到位置传感器 P 的输出信号, 边沿脉冲 P_2 检测到位置传感器 P 的输出信号, 则判断位置传感器 Q 发生故障;

若始终检测不到边沿脉冲, 则判断位置传感器 P 和位置传感器 Q 均发生故障。

有益效果: 由于采用了上述技术方案, 本发明对四及四的倍数相、多种拓扑结构、旋转式或直线式开关磁阻电机两只位置传感器故障诊断与定位适用, 通过检测两只位置传感器输出信号边沿脉冲顺序判断是否有位置传感器故障, 设置故障诊断缓冲区间, 避免误诊断的发生, 通过辨别边沿脉冲来源的位置传感器输出信号, 对位置传感器故障定位, 不仅适用于开关磁阻电机匀速运行时位置传感器故障诊断与定位, 而且适用于开关磁阻电机加、减速运行时位置传感器故障诊断与定位, 可用于单只位置传感器、两只位置传感器的故障诊断与定位, 电机匀速和加速、减速等速度变化对诊断与定位结果无影响, 诊断方法可靠, 实用性强, 具有广泛的工程应用价值。

附图说明

图 1 是四相 8/6 结构开关磁阻电机两只位置传感器安装示意图;

图 2 是四相 8/6 结构开关磁阻电机位置传感器故障诊断区间划分示意图;

图 3 是四相 8/6 结构开关磁阻电机位置传感器低电平故障发生在区间①的故障诊断缓冲示意图;

图 4 是四相 8/6 结构开关磁阻电机位置传感器低电平故障发生在区间③的故障诊断缓冲示意图;

图 5 是四相 8/6 结构开关磁阻电机位置传感器低电平故障发生在区间②的故障诊断缓冲示意图;

图 6 是四相 8/6 结构开关磁阻电机位置传感器低电平故障发生在区间④的故障诊断缓冲示意图;

图 7 是四相 8/6 结构开关磁阻电机位置传感器 P 低电平故障诊断定位结果;

图 8 是四相 8/6 结构开关磁阻电机位置传感器 Q 低电平故障诊断定位结果;

图 9 是四相 8/6 结构开关磁阻电机位置传感器高低电平故障区间划分对应关系示意图。

具体实施方式

下面结合附图对本发明的一个实施例作进一步的描述：

图 1 所示为四相 8/6 结构开关磁阻电机两只位置传感器 P、Q 安装示意图，两只位置传感器 P、Q 安装角度间隔角度 β 为 75 度，所产生的位置传感器输出信号如图 2 所示，使开关磁阻电机位置传感器 P 的输出信号相位时间上早于位置传感器 Q 的输出信号相位；位置传感器 P 的输出信号上升沿至位置传感器 Q 的输出信号上升沿为区间①，位置传感器 Q 的输出信号上升沿至位置传感器 P 的输出信号下降沿为区间②，位置传感器 P 的输出信号下降沿至位置传感器 Q 的输出信号下降沿为区间③，位置传感器 Q 的输出信号下降沿至位置传感器 P 的输出信号上升沿为区间④；

检测开关磁阻电机位置传感器输出信号的相邻两个边沿脉冲 P_1 和边沿脉冲 P_2 ，时间顺序上边沿脉冲 P_1 早于边沿脉冲 P_2 ，相邻两个边沿脉冲的间距为一个区间；

图 2 所示，若边沿脉冲 P_1 检测到位置传感器 Q 的输出信号，边沿脉冲 P_2 检测到位置传感器 P 的输出信号，或边沿脉冲 P_1 检测到位置传感器 P 的输出信号，边沿脉冲 P_2 检测到位置传感器 Q 的输出信号，则判断位置传感器无故障；若除此之外的其他情况出现，则判断位置传感器有故障。

当位置传感器 P 在区间①③发生低电平故障，如图 3 图 4 所示，故障诊断缓冲两个区间；当位置传感器 P 在区间②④发生低电平故障，如图 5 图 6 所示，故障诊断缓冲一个区间；

经过故障缓冲区间后，对位置传感器故障进行定位，若边沿脉冲 P_1 检测到位置传感器 Q 的输出信号，边沿脉冲 P_2 检测到位置传感器 Q 的输出信号，则判断位置传感器 P 发生低电平故障，如图 7 所示。若边沿脉冲 P_1 检测到位置传感器 P 的输出信号，边沿脉冲 P_2 检测到位置传感器 P 的输出信号，则判断位置传感器 Q 发生低电平故障，如图 8 所示；

若始终检测不到边沿脉冲，则判断位置传感器 P 和位置传感器 Q 均发生低电平故障；

检测开关磁阻电机位置传感器输出信号的相邻两个边沿脉冲 P_1 和边沿脉冲 P_2 ，重复上述步骤，诊断四相开关磁阻电机两只位置传感器发生高电平故障，并定位所发生故障的位置传感器，对应的区间划分如图 9 所示。

上述方法对有两只位置传感器的四相 16/12 结构、四相 32/24 结构等开关磁阻电机位置传感器故障诊断与定位也适用。

权利要求书

1. 一种四相开关磁阻电机两只位置传感器故障诊断与定位方法，其特征在于包括如下步骤：

1) 使开关磁阻电机位置传感器 P 的输出信号相位时间上早于位置传感器 Q 的输出信号相位，检测开关磁阻电机位置传感器输出信号的相邻两个边沿脉冲 P_1 和边沿脉冲 P_2 ，时间顺序上边沿脉冲 P_1 早于边沿脉冲 P_2 ，相邻两个边沿脉冲的间距为一个区间；

2) 若边沿脉冲 P_1 检测到位置传感器 Q 的输出信号，边沿脉冲 P_2 检测到位置传感器 P 的输出信号，或边沿脉冲 P_1 检测到位置传感器 P 的输出信号，边沿脉冲 P_2 检测到位置传感器 Q 的输出信号，则判断位置传感器无故障；

3) 若除步骤 2) 之外的其他情况出现，则判断位置传感器有故障；

4) 设定位置传感器 P 的输出信号上升沿至位置传感器 Q 的输出信号上升沿为区间①，位置传感器 Q 的输出信号上升沿至位置传感器 P 的输出信号下降沿为区间②，位置传感器 P 的输出信号下降沿至位置传感器 Q 的输出信号下降沿为区间③，位置传感器 Q 的输出信号下降沿至位置传感器 P 的输出信号上升沿为区间④；

5) 当位置传感器故障发生在区间①③时，故障诊断缓冲两个区间；当位置传感器故障发生在区间②④时，故障诊断缓冲一个区间；

6) 经过故障缓冲区间后，对位置传感器故障进行定位：

若边沿脉冲 P_1 检测到位置传感器 Q 的输出信号，边沿脉冲 P_2 检测到位置传感器 Q 的输出信号，则判断位置传感器 P 发生故障；若边沿脉冲 P_1 检测到位置传感器 P 的输出信号，边沿脉冲 P_2 检测到位置传感器 P 的输出信号，则判断位置传感器 Q 发生故障；

若始终检测不到边沿脉冲，则判断位置传感器 P 和位置传感器 Q 均发生故障。

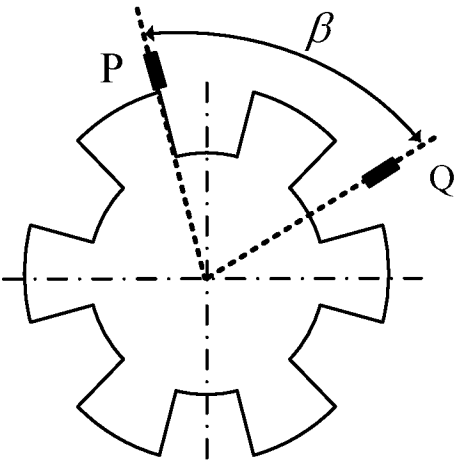


图 1

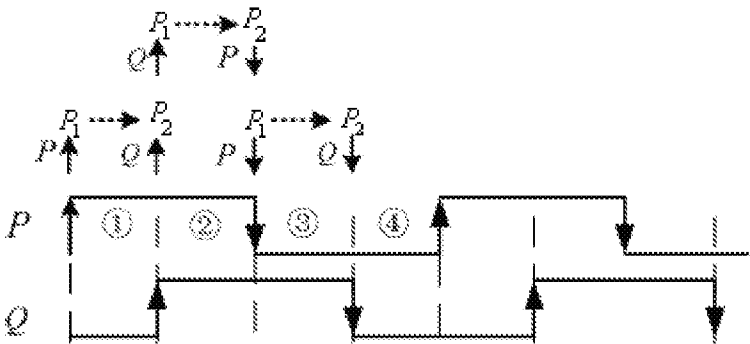


图 2

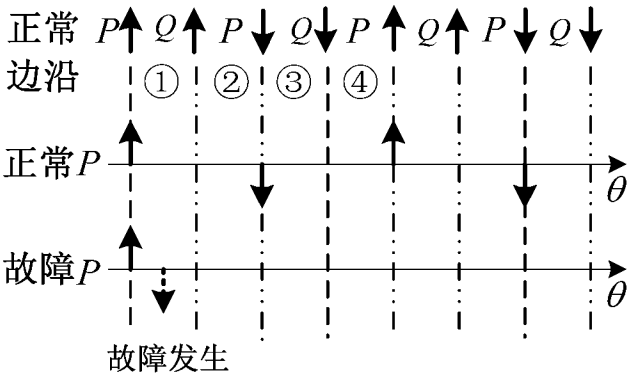


图 3

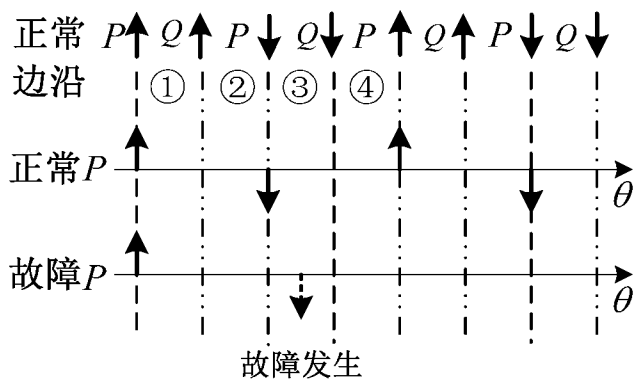


图 4

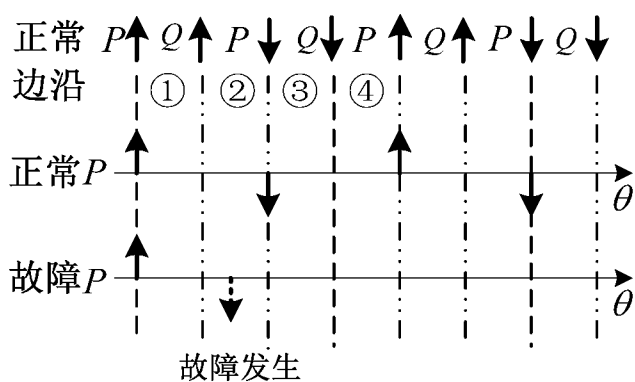


图 5

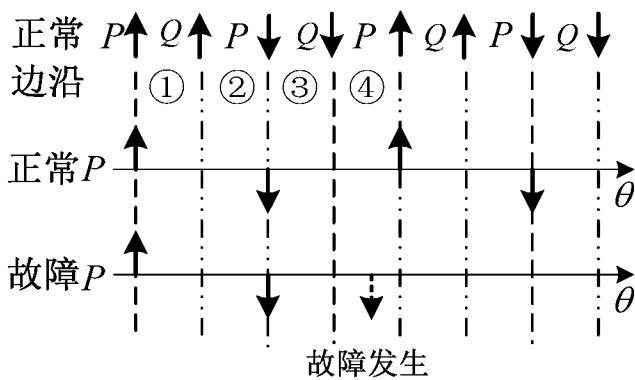


图 6

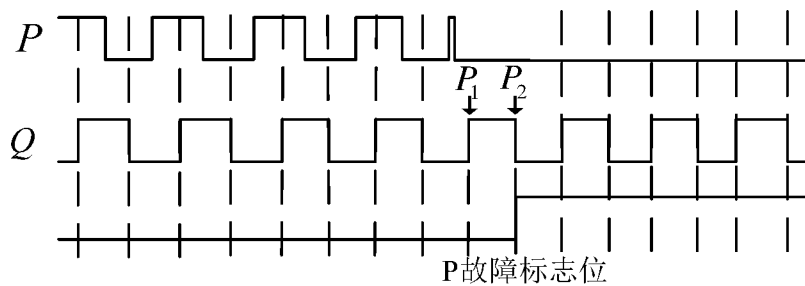


图 7

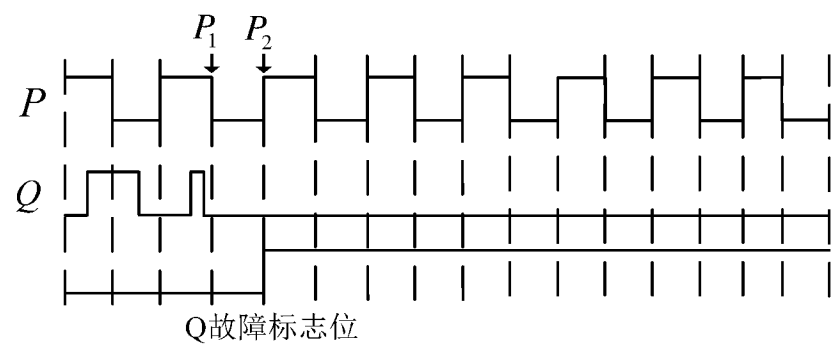


图 8

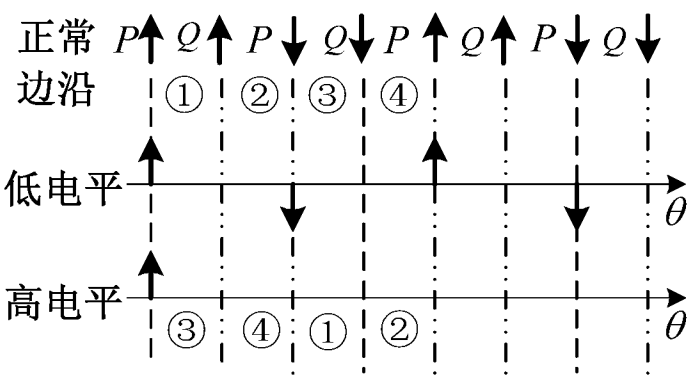


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/095894**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

G01R 31/34 (2006.01) i; H02P 6/12 (2006.01) i

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)

G01R; H02P

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)

CNABS; CNKI; CNTXT; DWPI; SIPOABS: generator, sense, detect, four-phase, SR motor, SRM, motor, position, location, localization, Hall, detect, sensor, detector, transducer, fault, failure, abnormal, impulse, pulse, edge, switched reluctance motor

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 104483644 A (CHINA UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY), 01 April 2015 (01.04.2015), claim 1	1
X	CN 103472263 A (TSINGHUA UNIVERSITY), 25 December 2013 (25.12.2013), claim 1, and description, paragraphs 0010-0011	1
A	CN 103439655 A (NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS), 11 December 2013 (11.12.2013), the whole document	1
A	CN 103414408 A (TAIYUAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY), 27 November 2013 (27.11.2013), the whole document	1
A	JP 2010220349 A (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS LTD.), 30 September 2010 (30.09.2010), the whole document	1

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 24 February 2016 (24.02.2016)	Date of mailing of the international search report 04 March 2016 (04.03.2016)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer MIAO, Wen Telephone No.: (86-10) 62085340

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/095894

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	XU, Peilin et al., "Fault Diagnosis and Fault-Tolerant Control of Position Signals for Switched Reluctance Motors", PROCEEDINGS OF THE CSEE, volume 31, number 33, 25 November 2011 (25.11.2011), ISSN: 0258-8013, pages 123-129	1
A	MA, Changshan et al., "Fault Diagnosis and Fault-Tolerant Control of Position Signal for Doubly Salient Motor", PROCEEDINGS OF THE CSEE, volume 28, number 18, 25 June 2008 (25.06.2008), ISSN: 0258-8013, pages 73-78	1
A	FU, Anqi et al., "Fault Detection and Correction of Switch-Mode Hall Position Sensors for Brushless DC Motors", MICROMOTORS, volume 46, number 9, 30 September 2013 (30.09.2013), ISSN: 1001-6848, pages 62-67	1

International application No.
PCT/CN2015/095894

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2015/095894

A. 主题的分类

G01R 31/34(2006.01)i; H02P 6/12(2006.01)i

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)

G01R; H02P

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))

CNABS; CNKI; CNTXT; DWPI; SIPOABS: 电机, 电动机, 马达, 发电机, 位置, 霍尔, 霍尔, 传感, 探测, 检测, 故障, 异常, 脉冲, 边沿, 四相, 开关磁阻电机, SR电机, SRM, motor, position, location, localization, Hall, detect, sensor, detector, transducer, fault, failure, abnormal, impulse, pulse, edge, switched reluctance motor

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
PX	CN 104483644 A (中国矿业大学) 2015年 4月 1日 (2015 - 04 - 01) 权利要求1	1
X	CN 103472263 A (清华大学) 2013年 12月 25日 (2013 - 12 - 25) 权利要求1, 说明书第0010-0011段	1
A	CN 103439655 A (南京航空航天大学) 2013年 12月 11日 (2013 - 12 - 11) 全文	1
A	CN 103414408 A (太原理工大学) 2013年 11月 27日 (2013 - 11 - 27) 全文	1
A	JP 2010220349 A (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS LTD.) 2010年 9月 30日 (2010 - 09 - 30) 全文	1

☒ 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

2016年 2月 24日

国际检索报告邮寄日期

2016年 3月 4日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

苗文

电话号码 (86-10)62085340

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
A	许培林 等. “开关磁阻电机位置信号的故障检测与容错控制” 中国电机工程学报, 第31卷, 第33期, 2011年 11月 25日 (2011 - 11 - 25), ISSN: 0258-8013, 第123-129页	1
A	马长山 等. “双凸极电机位置信号的故障诊断与容错控制” 中国电机工程学报, 第28卷, 第18期, 2008年 6月 25日 (2008 - 06 - 25), ISSN: 0258-8013, 第73-78页	1
A	傅安琪 等. “无刷直流电动机开关式霍尔位置传感器故障检测与信号矫正” 微电机, 第46卷, 第9期, 2013年 9月 30日 (2013 - 09 - 30), ISSN: 1001-6848, 第62-67页	1

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2015/095894

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	104483644	A	2015年 4月 1日	无			
CN	103472263	A	2013年 12月 25日	无			
CN	103439655	A	2013年 12月 11日	无			
CN	103414408	A	2013年 11月 27日	无			
JP	2010220349	A	2010年 9月 30日	JP	5356077	B2	2013年 12月 4日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)