

(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
2014 年 12 月 31 日 (31.12.2014)



(10) 国际公布号
WO 2014/206007 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02J 3/01 (2006.01) *F03D 9/00* (2006.01)
H02J 3/38 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2013/088373
- (22) 国际申请日: 2013 年 12 月 3 日 (03.12.2013)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201310260083.3 2013 年 6 月 26 日 (26.06.2013) CN
- (71) 申请人: 国家电网公司 (STATE GRID CORPORATION OF CHINA) [CN/CN]; 中国北京市西城区西长安街 86 号, Beijing 100031 (CN)。 许继集团有限公司 (XJ GROUP CORPORATION) [CN/CN]; 中国河南省许昌市许继大道 1298 号, Henan 461000 (CN)。 北京许继电气有限公司 (BEIJING XJ ELECTRIC CO., LTD) [CN/CN]; 中国北京市海淀区上地信息路 3 号, Beijing 100000 (CN)。
- (72) 发明人: 及
- (71) 申请人: 吴晓明 (WU, Xiaoming) [CN/CN]; 中国河南省许昌市许继大道 1298 号, Henan 461000 (CN)。 王欣星 (WANG, Xinxing) [CN/CN]; 中国河南省许

昌市许继大道 1298 号, Henan 461000 (CN)。 张庆忠 (ZHANG, Qingzhong) [CN/CN]; 中国河南省许昌市许继大道 1298 号, Henan 461000 (CN)。 桓保军 (HUAN, Baojun) [CN/CN]; 中国河南省许昌市许继大道 1298 号, Henan 461000 (CN)。

(74) 代理人: 郑州睿信知识产权代理有限公司 (ZHENGZHOU RUIXIN INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国河南省郑州市金水区农业路东 16 号 2 号楼 17 层 1704 号, Henan 450008 (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, LT, 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。

(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,

[见续页]

(54) Title: WIND POWER PLANT HARMONIC SUPPRESSION METHOD, WIND POWER GENERATOR SETS, AND WIND POWER STATION

(54) 发明名称: 风电场谐波抑制方法、风力发电机组和风力发电站

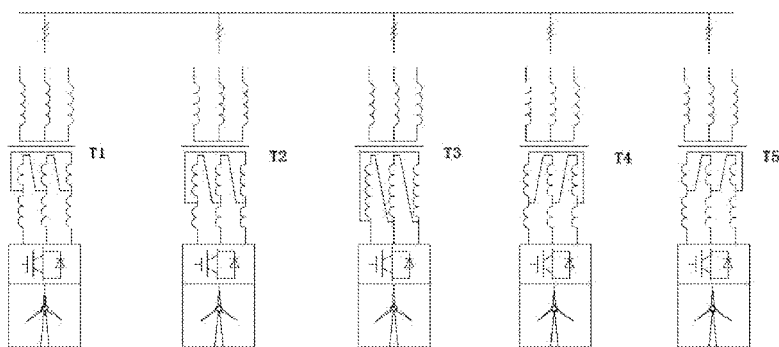


图 1 / FIG. 1

(57) Abstract: In a wind power plant harmonic suppression method, grid-connection of a wind power generator sets is achieved by using transformers with different phase-shifting angles on a same feeder line, harmonic waves produced by nonlinear currents are counteracted due to the fact that the phase-shifting angles of the transformers are different, and therefore harmonic output on a power grid of a wind power plant is reduced. The wind power generator sets comprise a wind turbine, a power generation system, and a phase-shifting transformer used for connecting the grid. The wind power station comprises at least two wind power generator sets being spatially adjacent and having a same model.

(57) 摘要: 风电场谐波抑制方法, 在同一条馈线并网发电的风电机组采用不同移相角度的变压器并网, 利用变压器移相角度的不同, 抵消非线性电流产生的谐波, 从而降低了风电场的上网谐波。风力发电机组, 包括风力机、发电系统和用于连接电网的移相变压器。风力发电站, 包括至少两台空间相邻、型号相同的风力发电机组。



WO 2014/206007 A1



RW, SD, SL, 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))。

风电场谐波抑制方法、风力发电机组和风力发电站

技术领域

本发明涉及风电场风电机组并网发电谐波治理方法，属于风电场并网控制技术领域。

背景技术

随着电力电子技术的成熟，新建风电场的机组发电过程大多是由电力电子逆变器控制，不论是双馈控制发电机转子励磁或者使用逆变器直接并网都存在由于脉宽调制产生的非线性谐波问题。虽然控制方法和逆变器 IGBT 开关频率的提升都可以减小谐波输出，但是基于控制方法的局限和提升 IGBT 开关频率所带来的损耗问题，有害谐波仍然需要借助其他方法加以抑制。

同时由于风电场大多采用单一型号机组，其在算法上的缺陷，也会在相同机组并网时相互叠加，放大算法上的缺陷带来的波形畸变量，如此在风电场的输出存在比常规电厂更大的波形畸变和丰富的谐波注入到电网，影响电网发电质量。

发明内容

本发明的目的是提供一种针对风电场并网发电输出谐波抑制的方法，用来降低由于电力电子逆变器控制的风电机组并网发电注入到电网中的有害谐波。提高风电场并网发电质量，减少风电场谐波对电网的干扰。同时还提供了一种风力发电机组和风力发电站系统构架。

为实现上述目的，本发明的方案包括：

风力发电机组，包括风力机、发电系统和用于连接电网的变压器，所述变压器为移相变压器。

风力发电站，包括至少两台空间相邻、型号相同的风力发电机组，每台风力发电机组包括风力机、发电系统和用于连接同一馈线的变压器，所述变压器为移相变压器，各风力发电机组所对应移相变压器的移相角度依次相差 $60/N$ ， N 为风力发电机组台数。 $N=5$ ，各风力发电机组所对应移相变压器均为 Yd11 接法，移相角分别为 -24° ， -12° ， 0° ， $+12^\circ$ ， $+24^\circ$ 。

风电场谐波抑制方法，在选定区域内，空间相邻、型号相同的至少两台风力发电机组连接同一馈线，每台风力发电机组的变压器均采用移相变压器。各风力发电机组所对应移相变压器的移相角度依次相差 $60/N$ ， N 为风力发电机组台数。 $N=5$ ，各风力发电机组所对应移相变压器均为 Yd11 接法，移相角分别为 -24° ， -12° ， 0° ， $+12^\circ$ ， $+24^\circ$ 。

在风电场风电机组多台集中馈线并网的普遍接线方式下，使用并网变压器移相方法，使产生在风电机组控制的谐波在馈线电网中相互抵消，降低风电场上网的谐波输出。

附图说明

图1是谐波抑制方法的系统原理图。

具体实施方式

本发明的风力发电机组主要构成与现有风力发电机组相同，从外形来讲，包括风轮、机舱、塔架和基础，从能量传递上来讲，依次包括风力机、发电系统和变压器，通过变压器连接电网，本发明的风力发电机组，变压器为移相变压器。发电系统包括发电机与 PWM 逆变器电力电子设备。

进一步的，所述(2)中风电机组采用移相变压器并网，所特指的移相变压器均连接在一条馈线上，连接到一条馈线上的机组为空间相邻的同型号机组。

对于风力发电站（风电场）谐波抑制，应当根据风电机组地理环境条件，选择机组并网馈线，让相邻同型号机组联结到一条馈线上；使一条馈线上连接的上网机组变压器采用相同角度不同相位的移相变压器；移相变压器移相角度

为 $\pm \frac{60}{N}$ ，角度对称分配，其中 N 为连接的机组台数。

即如图 1，连接到一条馈线上的机组为空间相邻的同型号机组。5 台机组分别对应的移相变压器为 T1、T2、T3、T4、T5，T1-T5 是相同角度不同相位的移相变压器。

本实施例中，移相变压器采用 Yd11 连接，将 5 台移相变压器二次侧各绕组相对于一次绕组的移相角列表如下：

移相角				
Yd11-24°	Yd11-12°	Yd11-0°	Yd11+12°	Yd11+24°

当5台风电机组并联运行同时并网发电时，对其中一台机组一次相电流作傅里叶级数展开可得：

$$i_{A1} = \frac{2n}{\pi} I_d \left\{ \sin[(\omega t + 24^\circ) - 24^\circ] - \frac{1}{5} \sin[(5\omega t + 24^\circ) + 24^\circ] \right. \\ \left. - \frac{1}{7} \sin[(7\omega t + 24^\circ) - 24^\circ] + \frac{1}{11} \sin[(11\omega t + 24^\circ) + 24^\circ] \right. \\ \left. + \frac{1}{13} \sin[(13\omega t + 24^\circ) - 24^\circ] + \dots \right\}$$

其中 I_d 为风电机组控制逆变器中折算到移相变压器二次侧的等效直流电

流，根据上式可以分别列出其他几台风机输出的电流： i_{A1} 、 i_{A2} 、 i_{A3} 、 i_{A4} 、 i_{A5} 。

上网汇入电网中总电流 $i_A = i_{A1} + i_{A2} + i_{A3} + i_{A4} + i_{A5}$ 。从这些式子可以看出，二次电流只有 $6k \pm 1$ 次谐波($k = 0, 1, 2, \dots$)，如果称 $6k + 1$ 次谐波为正序谐波(含基波)，称所有 $6k - 1$ 次谐波为负序谐波，则 I_A 可以表示为 $i_A = i_{A+} + i_{A-}$ ，其中：

$$i_{A+} = \frac{2n}{\pi} I_d \left\{ \sin[(\omega t + a) - a] - \frac{1}{7} \sin[7(\omega t + a) - a] \right. \\ \left. + \frac{1}{13} \sin[13(\omega t + a) - a] + \dots \right\}$$

$$= \frac{2n}{\pi} I_d \sum \frac{(-1)^k}{6k+1} [\sin(6k+1)\omega t + 6ka]$$

$$i_{A-} = \frac{2n}{\pi} I_d \sum \frac{(-1)^k}{6k-1} [\sin(6k-1)\omega t + 6ka]$$

各次电流的相位

各台变压器二次绕组序号	移相角	6ka/rad					
		k=0	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5
W1	-24	0	-144	-288	-72	-216	0
W2	-12	0	-72	-144	-36	-108	0
W3	0	0	0	0	0	0	0
W4	12	0	+72	+144	+36	+108	0
W5	24	0	+144	+288	+72	+216	0

由上表可以得出以下结论：

当 $k=0$ 时，各电流分量重的基波分量相位相同，故以此侧电流中的基波同相位相叠加，不相抵消，同理可知， $k=5$ 时，电流分量中的 29 次，31 次谐波相位相同，不会抵消。当 $k=1$ 时，各电流分量中的 5 次，7 次谐波分量中的 W1 和 W5、W2、W4 相位正好相反，故相互抵消，同理可知， $k=2$ ， $k=3$ ， $k=4$ 时情况相同，11 次、13 次；17 次、19 次；23 次，25 次谐波分量相互抵消，其幅值为 0，电流分量最低次谐波次数为 29 次。

作为一般规律，由此可知，电网侧电流基波的有效值为： $I_{A(1)} = N \times \frac{2n}{\pi} I_d$

各次谐波为： $i_{A(m)} = \frac{N}{m} \times \frac{2n}{\pi} I_d \sin m\omega t (m = 6NK \pm 1; k = 0, 1, 2, 3, \dots)$ 。以 m 个

相位一次相差 $\pi/3m$ 的变压器分别由 m 个经由 PWM 控制调制的电路（PWM 逆变

器), 其网侧电流仅含 $6mk \pm 1$ 次谐波, 而且各次谐波电流的有效值与其谐波次数成反比。从而起到了并网发电谐波抑制的效果。

对于移相变压器设计, 电网一次侧采用星型联结, 风机发电机侧采用三角或者三角形延边设计。由于这样接线三个绕组中, 三次及三次倍数的电压方向一致, 发电机侧的三次及三次倍数谐波电压相互抵消, 不会在电网侧形成电流, 可以防止对电网的三次及三次的倍数谐波干扰。

风电场所产生的谐波主要是逆变器经过转子或者定子电流经逆变器逆变后注入到电网的功率中所含的谐波分量, 这是一个发电过程所产生的。由于发电设备并网具有的相互独立性, 所以文件中要求了风电机组之间的地理位置的相关性和机组之间的相互匹配性。

根据风功率时空差别对风电机组发电的影响, 以及移相变压器制造工艺中匝数取整误差对变压器移相角度和电压幅值误差因素, 本发明选用相邻机组不超过 5 台。在实际应用中, 可以根据并在一条馈线的电网上风力发电机数来确定具体移相的角度。由于风力发电机的馈线连接一般都是就近原则, 一般情况下, 就近风力发电机由于空间上和时间上的差别小, 发电机的风功率特性接近。因此有利于移相变压器移相连接降低谐波。但是由于随着变压器移相角度的细分, 变压器在制造中会出现由于匝数的凑整原则, 出现较大的误差(电压越低凑整误差越大), 使得变压器不能达到计算中所要求的输出值, 使得误差增加; 另外, 由于所连接的风机增多, 势必造成空间差距的增大, 风电机组所感应的风功率同一性也将有较大的变化, 这也会造成并网风电机组较大的输出差别。实践证明, 相邻五台机组具有较小的风功率误差。

权 利 要 求 书

- 1, 风力发电机组, 包括风力机、发电系统和用于连接电网的变压器, 其特征在于, 所述变压器为移相变压器。
- 2, 风力发电站, 其特征在于, 包括至少两台空间相邻、型号相同的风力发电机组, 每台风力发电机组包括风力机、发电系统和用于连接同一馈线的变压器, 所述变压器为移相变压器, 各风力发电机组所对应移相变压器的移相角度依次相差 $60/N$, N 为风力发电机组台数。
- 3, 根据权利要求 2 所述的风力发电站, 其特征在于, $N=5$, 各风力发电机组所对应移相变压器均为 Yd11 接法, 移相角分别为 -24° , -12° , 0° , $+12^\circ$, $+24^\circ$ 。
- 4, 风电场谐波抑制方法, 其特征在于, 在选定区域内, 将空间相邻、型号相同的至少两台风力发电机组连接同一馈线, 每台风力发电机组的变压器均采用移相变压器, 各风力发电机组所对应移相变压器的移相角度依次相差 $60/N$, N 为风力发电机组台数。
- 5, 根据权利要求 4 所述的风电场谐波抑制方法, 其特征在于, $N=5$, 各风力发电机组所对应移相变压器均为 Yd11 接法, 移相角分别为 -24° , -12° , 0° , $+12^\circ$, $+24^\circ$ 。

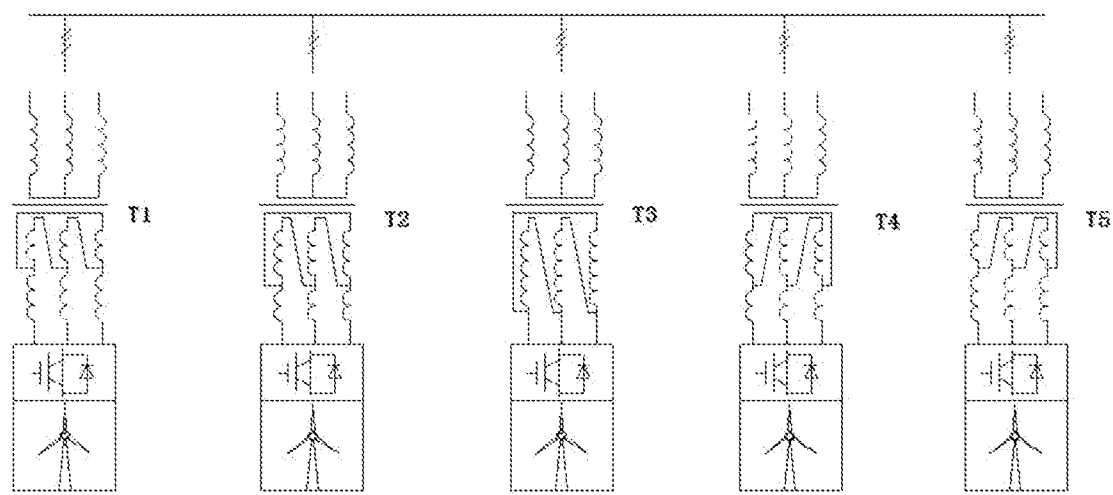


图 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2013/088373

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See the 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: H02J 3/01, H02J 3/38, F03D 9/00, H02J 3/-

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)

CNPAT, WPI, EPODOC: phase shifting transformer, electricity generation; WU, Xiaoming; phase shifting, transformer, harmonic, network

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 102969860 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY), 13 March 2013 (13.03.2013), description, paragraphs [0033]-[0050], and figures 5-7	1
Y		2-5
Y	CN 102237686 A (GENERAL ELECTRIC CO.), 09 November 2011 (09.11.2011), description, paragraphs [0054]-[0078], and figures 1 and 3	2-5
P, X	CN 103326365 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.), 25 September 2013 (25.09.2013), claims 1-5	1-5
A	CN 101635198 A (DONGGUAN GUANGHUA INDUSTRIAL CO., LTD.), 27 January 2010 (27.01.2010), the whole document	1-5

☐ 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	
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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
“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)	“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
“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	“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 13 March 2014 (13.03.2014)	Date of mailing of the international search report 03 April 2014 (03.04.2014)
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 HUO, Yan Telephone No.: (86-10) 62089123

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2013/088373

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102969860 A	13.03.2013	None	
CN 102237686 A	09.11.2011	US 2011133563 A1	09.06.2011
		US 8405251 B2	26.03.2013
		EP 2381555 A2	26.10.2011
CN 103326365 A	25.09.2013	None	
CN 101635198 A	27.01.2010	CN 101635198 B	11.05.2011

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2013/088373

CONTINUATION: A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J 3/01 (2006.01) i

H02J 3/38 (2006.01) i

F03D 9/00 (2006.01) i

A. 主题的分类

参见附加页

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: H02J 3/01, H02J 3/38, F03D 9/00, H02J3/-

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))

CNPAT, WPI, EPODOC: 移相变压器, 谐波, 电网, 发电, 吴晓明, phase shifting, transformer, harmonic, network

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	CN 102969860 A (华中科技大学) 13.3 月 2013 (13.03.2013) 说明书第	1
Y	[0033]-[0050]段, 图 5-7	2-5
Y	CN 102237686 A (通用电气公司) 09.11 月 2011 (09.11.2011) 说明书第	2-5
	[0054]-[0078]段, 图 1 和 3	
P,X	CN 103326365 A (国家电网公司等) 25.9 月 2013 (25.09.2013) 权利要求 1-5	1-5
A	CN 101635198 A (东莞市光华实业有限公司) 27.1 月 2010 (27.01.2010) 全文	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

13.3 月 2014 (13.03.2014)

国际检索报告邮寄日期

03.4 月 2014 (03.04.2014)

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

霍艳

电话号码: (86-10) 62089123

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2013/088373

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN 102969860 A	13.03.2013	无	
CN 102237686 A	09.11.2011	US 2011133563 A1	09.06.2011
		US 8405251 B2	26.03.2013
		EP 2381555 A2	26.10.2011
CN 103326365 A	25.09.2013	无	
CN 101635198 A	27.01.2010	CN 101635198 B	11.05.2011

续: A. 主题的分类

H02J 3/01 (2006.01) i

H02J 3/38 (2006.01) i

F03D 9/00 (2006.01) i