

(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
2013 年 11 月 14 日 (14.11.2013) WIPO | PCT



(10) 国际公布号
WO 2013/167002 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02M 3/28 (2006.01) H02M 3/35 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2013/077716
- (22) 国际申请日: 2013 年 6 月 21 日 (21.06.2013)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201210428206.5 2012 年 10 月 31 日 (31.10.2012) CN
- (71) 申请人: 中兴通讯股份有限公司 (ZTE CORPORATION) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。
- (72) 发明人: 刘溪川 (LIU, Xichuan); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。 鲍胜华 (BAO, Shenghua); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南

路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。 陈洲 (CHEN, Zhou); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。

(74) 代理人: 北京派特恩知识产权代理有限公司 (普通合伙) (CHINA PAT INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE); 中国北京市海淀区海淀南路 21 号中关村知识产权大厦 B 座 2 层, Beijing 100080 (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, 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, 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 FOR CONTROLLING SERIES RESONANT CONVERTER

(54) 发明名称: 一种串联谐振变换器的控制方法

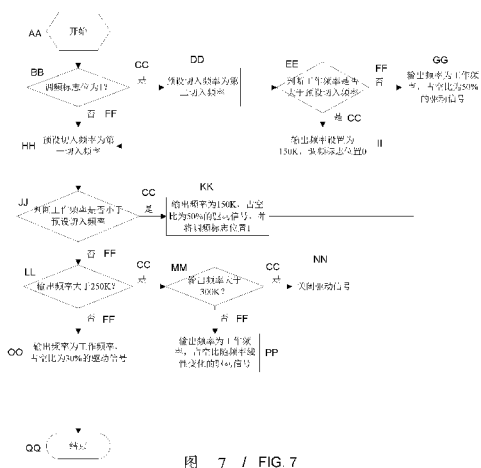


图 7 / FIG. 7

AA START
BB IS THE FREQUENCY MODULATION FLAG 1?
CC YES
DD A PRESET OUT-IN FREQUENCY IS A SECOND CUT-IN FREQUENCY
EE DETERMINE WHETHER THE OPERATING FREQUENCY IS GREATER THAN THE PRESET CUT-IN FREQUENCY
FF NOT
GG OUTPUT A DRIVING SIGNAL WHOSE FREQUENCY IS AN OPERATING FREQUENCY AND DUTY CYCLE IS 50%
HH THE PRESET CUT-IN FREQUENCY IS A FIRST CUT-IN FREQUENCY
II SET THE OUTPUT FREQUENCY TO 150K, AND SET THE FREQUENCY MODULATION FLAG TO 0
JJ DETERMINE WHETHER THE OPERATING FREQUENCY IS SMALLER THAN THE PRESET CUT-IN FREQUENCY
KK OUTPUT A DRIVING SIGNAL WHOSE FREQUENCY IS A 150K AND DUTY CYCLE IS 50%, AND SET THE FREQUENCY MODULATION FLAG TO 1
LL IS THE OUTPUT FREQUENCY IS GREATER THAN 250K?
MM IS THE OUTPUT FREQUENCY IS GREATER THAN 300K?
NN TURN OFF THE DRIVING SIGNAL
OO OUTPUT A DRIVING SIGNAL WHOSE FREQUENCY IS THE OPERATING FREQUENCY AND DUTY CYCLE IS 30%
PP OUTPUT A DRIVING SIGNAL WHOSE FREQUENCY IS THE OPERATING FREQUENCY AND DUTY CYCLE CHANGES LINEARLY WITH THE FREQUENCY
QQ END

(57) Abstract: A method for controlling a series resonant converter. In the method, a feedback signal is obtained by collecting an analog output signal of a series resonant converter, and an operating frequency of the series resonant converter is changed according to the feedback signal; when the series resonant converter is in light load or no load state, a hybrid control mode combining frequency modulation and width modulation with width fixing and frequency modulation is adopted; and when the load is heavy load, a frequency modulation control mode is adopted, and the hybrid control mode and the frequency modulation control mode are switched over through hysteresis control. By means of adopting a hybrid control mode when the load is light load or no load and implementing the switchover between the hybrid control mode and the frequency modulation control mode through the hysteresis control, the present invention solves a problem in which the voltage is unstable when the series resonant converter is in low voltage and light load or in no load, effecting expands the output range, and meanwhile, and solves a problem in which the output voltage gain is not monotonic and a loop is difficult to control due to the adjustment of a duty cycle.

(57) 摘要:

[见续页]

(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, 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))。
- 在修改权利要求的期限届满之前进行, 在收到该修改后将重新公布(细则 48.2(h))。
- 根据申请人的请求, 在条约第 21 条(2)(a)所规定的期限届满之前进行。

一种串联谐振变换器的控制方法, 该方法通过采集串联谐振变换器的模拟输出信号获得反馈信号, 并根据反馈信号改变串联谐振变换器的工作频率; 且当串联谐振变换器的负载为轻载或空载状态时, 其采用调频调宽、定宽调频两种相结合的混合控制模式, 当负载重载时, 其采用调频控制模式, 且混合控制模式和调频控制模式通过滞环控制进行切换。通过在负载轻载或者空载时采用混合控制模式和通过滞环控制实现混合控制模式和调频控制模式切换的方式, 从而解决了串联谐振变换器在低压轻载或空载状态下的电压不稳定的问题、有效地扩展了输出范围, 同时解决了因调整占空比时输出电压增益不单调、环路难以控制的问题。

一种串联谐振变换器的控制方法

技术领域

本发明涉及谐振电源变换技术，具体涉及一种串联谐振变换器的控制方法。

5 背景技术

随着电源变换技术的发展，高效率、高功率密度成为一个重要的发展趋势。谐振变换器以其软开关、效率高、工作频率高、体积小等优点在开关电源技术应用中得到广泛的应用和关注。串联谐振变换器作为其中的一种简单电路拓扑，既能够满足高频化要求，又能够达到较高的转换效率，已被业界广泛采用。

以 LLC（Lr，Lm，Cr 的缩写，它们分别代表谐振参数中的谐振电感、励磁电感和谐振电容）串联谐振变换器为例，变换器上的谐振元件工作在正弦谐振状态的时候，开关管上的电压自然过零，在变频的范围内都能够实现原边开关管的零电压开通与关断，所以电源损耗很小。因此这种拓扑通常采用变频调制（Pulse frequency modulation，简称 PFM）控制模式。

图 1 为半桥 LLC 串联谐振变换器主电路拓扑。电路在进行 PFM 控制时，功率管 Q1、Q2 占空比均为 0.5，采用固定死区的互补调频方式来进行控制。LLC 串联谐振变换器主电路的谐振网络等效电路如图 2 所示，由等效电路图可得出 LLC 串联谐振变换器主电路直流电压增益表达式为：

$$M = 2n \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{1}{2n \sqrt{\left(1 + \frac{L_r}{L_m} - \frac{L_r}{L_m} \left(\frac{f_s}{f_r}\right)^2\right)^2 + Q^2 \left(\frac{f_s}{f_r} - \frac{f_r}{f_s}\right)^2}} \quad (1)$$

其中， V_o 为输出电压， V_{in} 为输入电压， f_s 为工作频率（亦即开关管的

导通频率), f_r 为第一个工作区的谐振频率, $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_r L_r}}$, L_r 为谐振电感,

L_m 为励磁电感, Q 为品质因数, 品质因数的表达式为:

$$Q = \frac{Z_o}{R_{ac}} = \frac{1}{R_{ac}} \sqrt{\frac{L_r}{C_r}} \quad (2)$$

由表达式 (1) 可绘出 LLC 串联谐振变换器增益特性曲线示意图如图 3 所示, LLC 串联谐振变换器按工作特性可分为三个区域。当工作频率 $f_s > f_r$ 时, 处于第一个工作区; $f_m < f_s < f_r$ 时工作于第二个工作区; $f_s < f_m$ 时, 工作于第三个工作区。其中, C_r 为谐振电容, f_m 为第二个工作区的谐振频率,

$$f_m = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_r(L_r + L_m)}}。$$

当工作频率 f_s 大于谐振频率 f_r 时, 励磁电感 L_m 作为负载未参与谐振, 此时的工作模式类似于一般的串联谐振变换器 (SRC)。当变换器输出空载或轻载时, R_{ac} 接近为无穷大, Q 近似为 0, 因此表达式 (1) 可简化为

$$M = \frac{1}{2n} \frac{1}{1 + \frac{L_r}{L_m} - \frac{L_r}{L_m} \left(\frac{f_r}{f_s}\right)^2} \quad (3)$$

由表达式 (3) 可以看出, 当 LLC 串联谐振变换器工作在空载或轻载时, 工作频率升高或者谐振频率降低, 会使电压增益变小, 当 $f_s > f_r$ 时, 增益的微小变化会引起很大的频率变化, 因此 LLC 串联谐振变换器在空载或轻载条件下输出电压难以稳定。由图 3 可以看出, 当工作在低压轻载状态时, 增益特性曲线趋于平坦, 如果要稳压就需要很高的工作频率, 但工作频率很高会带来一系列问题, 如磁性器件难以优化, 开关损耗增加, 可靠性降低等; 另外当负载接近空载时, 输出电压会随着频率或占空比的升高反而上升, 导致无法进行负反馈环路控制。

目前业界中通常采用如下方法来克服上述问题:

第一种方法是, 在空载或轻载状态下, 加个小的假负载实现输出电压

调节；

第二种方法是，在空载或轻载状态下，加入调宽（或者移相）控制即调整开关管的占空比（或者移相角）；

第三种方法是，在空载或轻载状态下，加入调宽（或者移相）和调频
5 调宽混合控制即同时调整开关管的占空比（或者移相角）和工作频率。

上述三种方法，虽然可以克服上述问题，然而亦分别存在如下问题：

第一种方法虽然可以实现空载或轻载状态下的稳压，但是牺牲了空载或轻载时的变换器转换效率；

第二种方法虽然极大的改善了空载或轻载状态下的稳定度，实现了空
10 载或轻载状态下的稳压，但由于调宽时增益特性曲线的非线性，即可能出现随着占空比的增加输出电压反而下降，这样导致环路设计困难，难以保证调宽范围反馈环路始终稳定不振荡，另外当变换器工作在切换负载点附近时，会存在两种控制策略来回切换，使环路不稳定，影响变换器整体输出特性；

第三种方法是在第二种方法的基础上，加入了同时调频调宽控制，目的是保证输出增益特性曲线的线性关系，一定程度上解决了环路设计困难的问题。但是在实际工程中对于输出范围很宽的变换器而言，很难保证在
15 输出极限低压时，输出增益特性曲线随占空比的变化仍然呈线性关系，因此该方法同样会存在环路难以控制，调频调宽曲线难以优化等实际工程问题。另外当变换器工作在切换负载点附近时，同样会存在两种控制策略来回切换，使环路不稳定，影响变换器整体输出特性。
20

上面以半桥 LLC 串联谐振为例说明了变换器工作在低压轻载或空载时存在问题和缺陷，全桥串联谐振也存在相同的现象。理论上，所有采用调频控制的串联谐振电路均存在上述问题。

发明内容

本发明的目的在于提供一种串联谐振变换器的控制方法，该方法解决了串联谐振变换器在低压轻载或空载状态下的电压不稳定的问题、有效的扩展了输出范围，同时解决了因调整占空比时输出电压增益不单调、环路难以控制的问题。

为实现上述发明目的，本发明的技术方案为：通过采集串联谐振变换器的模拟输出信号获得反馈信号，并根据反馈信号改变串联谐振变换器的工作频率；根据负载的状态选择串联谐振变换器的控制模式，当负载为轻载或空载状态时，串联谐振变换器采用调频调宽、定宽调频两种相结合的混合控制模式，当负载为重载状态时，串联谐振变换器采用调频控制模式，且混合控制模式和调频控制模式通过滞环控制进行切换。

优选地，所述串联谐振变换器的工作频率是通过反馈信号与给定值的差的绝对值进行积分运算后乘以设定的比例获得。

优选地，当串联谐振变换器采用混合控制模式时，其中的调频调宽控制模式是频率和占空比同时进行调整控制的控制模式。

优选地，设置调频状态标志位及预设与调频状态标志位对应的切入频率，将计算出的工作频率与预设切入频率进行比较，根据比较结果来确定串联谐振变换器的控制模式。

优选地，调频状态标志位为 0 或 1，当调频状态标志位为 0 时，预设的切入频率为第一切入频率，当工作频率大于第一切入频率时，串联谐振变换器采用混合控制模式，否则将调频状态标志位置 1，串联谐振变换器进入调频控制模式；调频状态标志位为 1 时，预设的切入频率为第二切入频率，当串联谐振变换器小于第二切入频率时，串联谐振变换器采用调频控制模式，否则将调频状态标志位置 0，串联谐振变换器进入混合控制模式。

优选地，在调频状态标志位为 0 且工作频率小于第一切入频率时或调

频状态标志位为 1 且工作频率大于第二切入频率时，将工作频率设置为第一切入频率和第二切入频率之间的一个频率值。

优选地，在混合控制模式下，当工作频率大于一预定值时，将串联谐振变换器工作的占空比设为 0，当工作频率在第一切入频率和第二切入频率之间时，使串联谐振变换器采用定宽调频控制模式，工作频率在第二切入频率和预定值之间时，使串联谐振变换器采用调频调宽控制模式。

采用本发明控制方法的有益效果有如下几点：

(1) 由于当串联谐振变换器工作在低压轻载或空载状态下，采用调频调宽和定宽调频两种相结合的混合控制模式，对串联谐振变换器的工作频率和占空比进行控制，实现了低压轻载或空载状态下的稳压功能，有效扩展了输出范围，同时解决了低压轻载条件下因输出电压增益不单调，环路难以控制的问题；

(2) 混合控制模式和调频控制模式两种工作模式在切换时，采用滞环制，解决了当串联谐振变换器工作在切换负载点附近时两种控制模式来回切换导致输出不稳定的问题，有效提高了切换时环路稳定性和串联谐振变换器的整体输出性能指标。

附图说明

图 1 是半桥 LLC 串联谐振变换器主电路拓扑结构图；

图 2 是图 1 中谐振网络等效电路图；

图 3 是 LLC 增益特性曲线示意图；

图 4 是图 1 中采用调频控制输出特性仿真图；

图 5 是图 1 中采用调宽控制输出特性仿真图；

图 6 是图 1 中采用同时调频调宽控制输出特性仿真图；

图 7 根据本发明实施例的谐振变换器控制方法的一种优选流程图；

图 8 根据本发明实施例具体控制中占空比与频率对应关系图。

具体实施方式

为了详细说明本发明的技术内容、构造特征、所达成的目的及效果，以下结合实施方式并配合附图作进一步说明。

本发明控制方法适用于串联谐振变换电路，具体包括：LC 串联谐振变换电路（SRC），串并联谐振变换电路（SPRC）以及 LLC 串联谐振变换电路；电路拓扑可以是半桥，全桥等。

本发明控制方法如下：

通过采集串联谐振变换器的模拟输出信号获得反馈信号，并根据反馈信号改变串联谐振变换器的工作频率；根据负载的状态选择串联谐振变换器的控制模式，当负载为轻载或空载状态时，串联谐振变换器采用调频调宽、定宽调频两种相结合的混合控制模式，当负载为重载状态时，串联谐振变换器采用调频控制模式，且混合控制模式和调频控制模式通过滞环控制进行切换。

串联谐振变换器负载的混合控制模式和调频控制模式的切换，是通过预设两个状态（调频标志位的状态）和每一状态对应的切入频率共同来确定（如后详述）。负载为轻载或重载，是根据实际应用而设定的，不同的串联谐振变换器、不同的应用场景，其轻载或重载的划分并不相同。

本发明具体实施例仍以图 1 所示的半桥 LLC 串联谐振变换器为例进行说明。半桥 LLC 串联谐振变换器还包括处理器、存储单元、控制开关管 Q1、Q2 的单元等，此为本领域技术人员所熟知，因此并未在图中示出，在此不再详加赘述。

为便于说明，首先对半桥 LLC 串联谐振变换器在采用调频控制模式、调宽控制模式和调频调宽控制模式时的输出电压特性进行说明。

请参阅图 4，其揭示了半桥 LLC 串联谐振变换器在采用调频控制模式、占空比为 45%、工作在同样轻载开环条件时，工作频率分别为 100K、150K、

200K、250K、300K 时，对应的输出电压特性。

由图 4 可以看出，当随着工作频率的升高输出电压变化范围已经很小，这限制了半桥 LLC 串联谐振变换器的输出调节能力。

请参阅图 5，其揭示了半桥 LLC 串联谐振变换器在采用调宽控制模式、
5 工作频率为 300K、工作在同样轻载开环条件时，占空比分别为 15%、20%、30%、40%、45%，对应的输出电压特性。

由图 5 可以看出，引入调宽控制可极大的改善变换器输出调节能力，但是同时也可以看出，随着占空比的降低输出电压反而上升，这样会导致半桥 LLC 串联谐振变换器输出电压增益不单调，环路难以控制。

10 请参阅图 6，其揭示了半桥 LLC 串联谐振变换器在采用调频调宽控制模式，工作在同样轻载开环条件时，频率对应占空比分别为 300K/15%、280K/20%、260K/25%、240K/30%、220K/35%、200K/40%对应的输出电压特性。

15 由图 6 可以看出，引入调频调宽控制后输出电压基本上随着设定的频率占空比控制曲线呈线性变化，但半桥 LLC 串联谐振变换器仍然存在输出电压增益不单调的情况同时还存在严重的非线性，导致增益突变。因此也会存在环路难以控制的问题。

以下为本发明控制方法的具体说明。

20 请参阅图 7，其为本实施例的控制方法流程图，其通过对调频标志位进行判断，进行相应的控制，调频标志位是在半桥 LLC 串联谐振变换器软件中预设的，其设置为 0 或 1。

在调频标志位为 0 时，将预设切入频率赋值为第一切入频率，在本实施例中第一切入频率设定为 110K，当判断开关管 Q1、Q2 的工作频率小于第一切入频率（即小于 110K）时，判定半桥 LLC 串联谐振变换器的负载为重载，将开关管 Q1、Q2 的工作频率设置为 150K（占空比为 50%），并对
25

串联谐振变换电路的模拟输出信号进行采样得到反馈信号，将该反馈信号与给定值的差的绝对值进行积分运算后乘以设定的比例得到下一周期开关管 Q1 、 Q2 的工作频率，同时将调频标志位设置为 1，进入调频控制模式；否则，判定半桥 LLC 串联谐振变换器的负载为轻载或空载，此时使半桥 LLC 串联谐振变换器工作在混合控制模式。

上述的给定值和设定的比例是根据半桥 LLC 串联谐振变换器器件参数和实际工作要求而定的。

在调频标志位为 1 时，将预设切入频率赋值为第二切入频率，在本实施例中第二切入频率设定为 250K，当工作频率大于第二切入频率（即大于 250K）时，判定半桥 LLC 串联谐振变换器的负载为轻载或者空载，将开关管 Q1 、 Q2 的工作频率设置为 150K（占空比为 30%），并对串联谐振变换电路的模拟输出信号进行采样得到反馈信号，将该反馈信号与给定值的差的绝对值进行积分运算后乘以设定的比例得到下一周期开关管 Q1 、 Q2 的工作频率和占空比，同时将调频标志位设置 0，进入混合控制模式；否则判定半桥 LLC 串联谐振变换器的负载为重载，使半桥 LLC 串联谐振变换器工作在调频控制模式。

本实施例中混合控制模式采用的控制方法具体如下：

在混合控制模式下，工作频率在第一切入频率和第二切入频率之间时，采用固定占空比调整频率的控制模式，即开关管 Q1 、 Q2 占空比固定为 30%。

在混合控制模式下，工作频率在第二切入频率~300K 之间时，采用频率和占空比同时进行调整的控制模式，即开关管 Q1 、 Q2 占空比在 30%~15%线性变化。

在混合控制模式下，频率在 300K 以上时，开关管 Q1 、 Q2 占空比为 0。

请参阅图 8，其反映了本实施例具体控制中占空比与频率对应关系，从图中可以很直观的看出本发明控制方法主要的控制思路。

由于当串联谐振变换器工作在低压轻载或空载状态下，采用调频调宽和定宽调频两种相结合的混合控制模式，对串联谐振变换器开关管工作频率和占空比进行控制，实现了低压轻载或空载状态下的稳压功能，有效的扩展了输出范围，同时解决了低压轻载条件下因输出电压增益不单调、环路难以控制的问题；且混合控制模式和调频控制模式两种工作模式在切换时，采用滞环控制，解决了当串联谐振变换器工作在切换负载点附近时两种控制模式来回切换导致输出不稳定的问题，有效的提高了切换时环路稳定性和串联谐振变换器的整体输出性能指标。

需要说明的是，上述实施例中所有的具体数据只是作为一个实例来进行说明的，本发明不仅限于此，实际工程中可根据需要进行设定。

以上所揭露的仅为本发明的较佳实例而已，当然不能以此来限定本发明之权利范围，因此依本发明权利要求所作的等同变化，仍属于本发明所涵盖的范围。

工业实用性

本发明通过在负载为轻载或者空载时采用混合控制模式和通过滞环控制实现混合控制模式和调频控制模式切换的方式，从而解决了串联谐振变换器在低压轻载或空载状态下的电压不稳定的问题、有效地扩展了输出范围，同时解决了因调整占空比时输出电压增益不单调、环路难以控制的问题，从而有效提高了切换时环路稳定性和串联谐振变换器的整体输出性能指标。

权利要求书

1、一种串联谐振变换器的控制方法，包括：通过采集串联谐振变换器的模拟输出信号获得反馈信号，并根据反馈信号改变串联谐振变换器的工作频率；根据负载的状态选择串联谐振变换器的控制模式，当负载为轻载或空载状态时，串联谐振变换器采用调频调宽、定宽调频两种相结合的混合控制模式，当负载为重载时，串联谐振变换器采用调频控制模式，且混合控制模式和调频控制模式通过滞环控制进行切换。

2、根据权利要求1所述串联谐振变换器的控制方法，其中：所述串联谐振变换器的工作频率是通过反馈信号与给定值的差的绝对值进行积分运算后乘以设定的比例获得。

3、根据权利要求1所述串联谐振变换器的控制方法，其中：当串联谐振变换器采用混合控制模式时，其中的调频调宽控制模式是频率和占空比同时进行调整控制的控制模式。

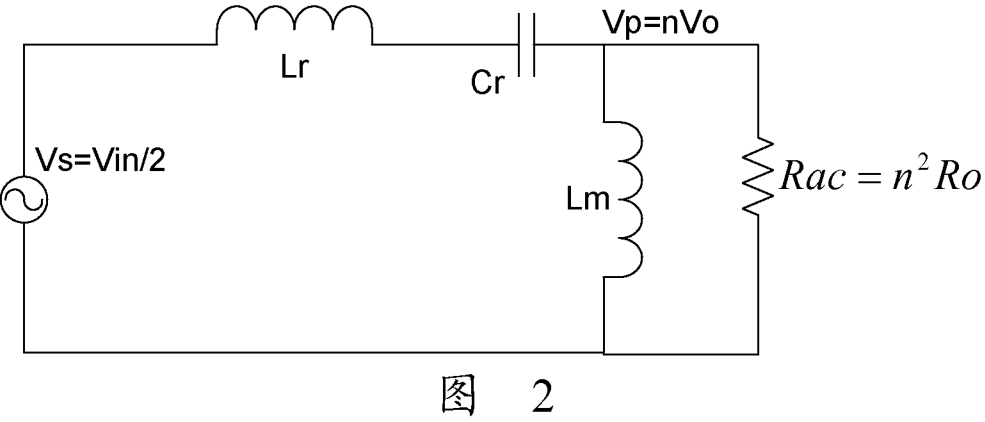
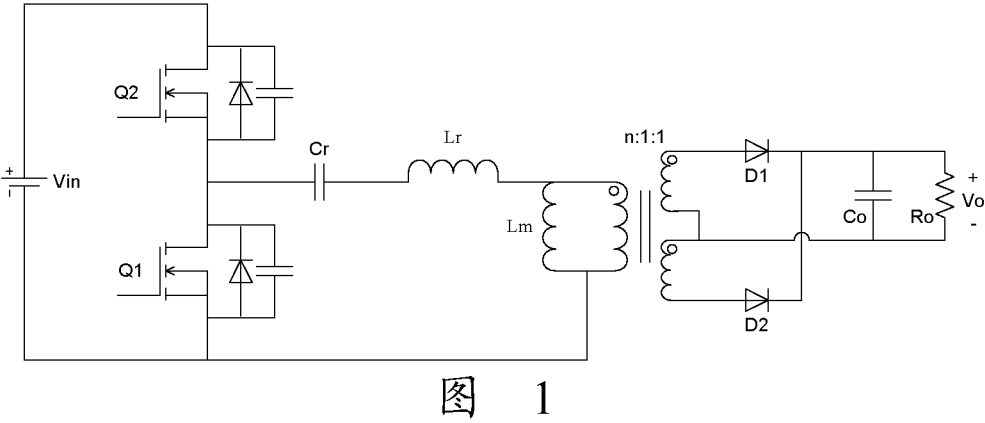
4、根据权利要求1所述串联谐振变换器的控制方法，其中：设置调频状态标志位及预设与调频状态标志位对应的切入频率，将计算出的工作频率与预设切入频率进行比较，根据比较结果来确定变换器串联谐振变换器的控制模式。

5、根据权利要求4所述串联谐振变换器的控制方法，其中：调频状态标志位为0或1，当调频状态标志位为0时，预设的切入频率为第一切入频率，当工作频率大于第一切入频率时，串联谐振变换器采用混合控制模式，否则将调频状态标志位置1，串联谐振变换器进入调频控制模式；调频状态标志位为1时，预设的切入频率为第二切入频率，当串联谐振变换器小于第二切入频率时，串联谐振变换器采用调频控制模式，否则将调频状态标志位置0，串联谐振变换器进入混合控制模式。

6、根据权利要求5所述串联谐振变换器的控制方法，其中：在调频状

态标志位为 0 且工作频率小于第一切入频率时或调频状态标志位为 1 且工作频率大于第二切入频率时，将工作频率设置为第一切入频率和第二切入频率之间的一个频率值。

- 7、根据权利要求 5 所述串联谐振变换器的控制方法，其中：在混合控制模式下，当工作频率大于一预定值时，将串联谐振变换器工作的占空比
5 设为 0，当工作频率在第一切入频率和第二切入频率之间时，使串联谐振变换器采用定宽调频控制模式，工作频率在第二切入频率和预定值之间时，使串联谐振变换器采用调频调宽控制模式。



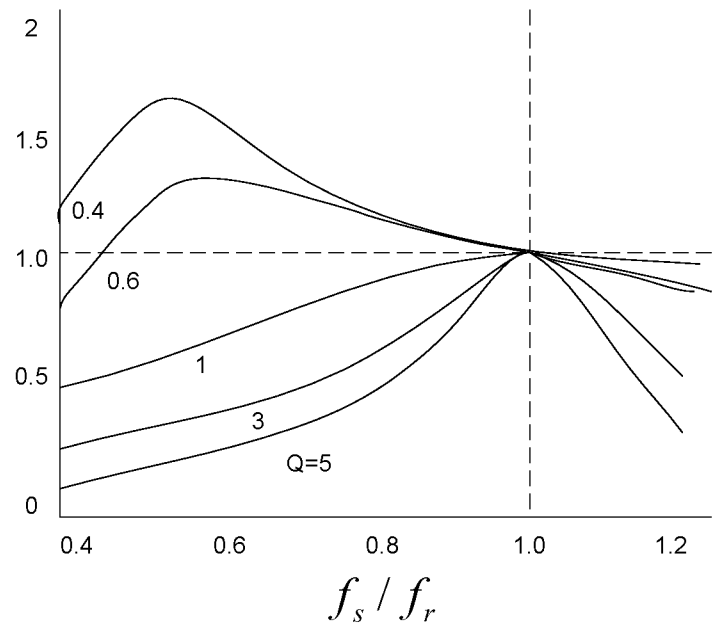


图 3

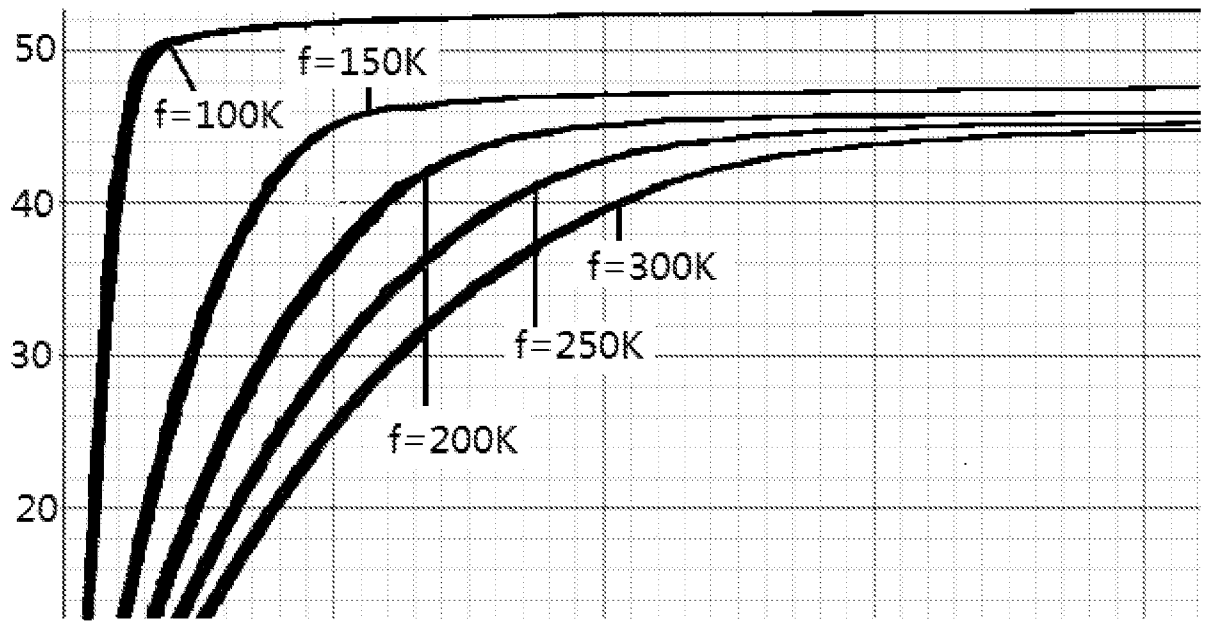


图 4

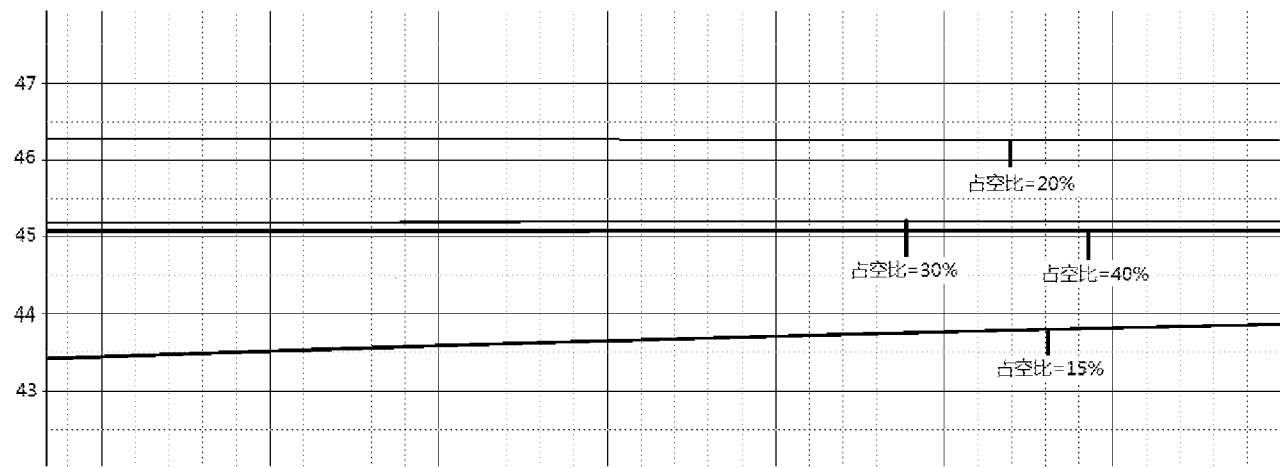


图 5

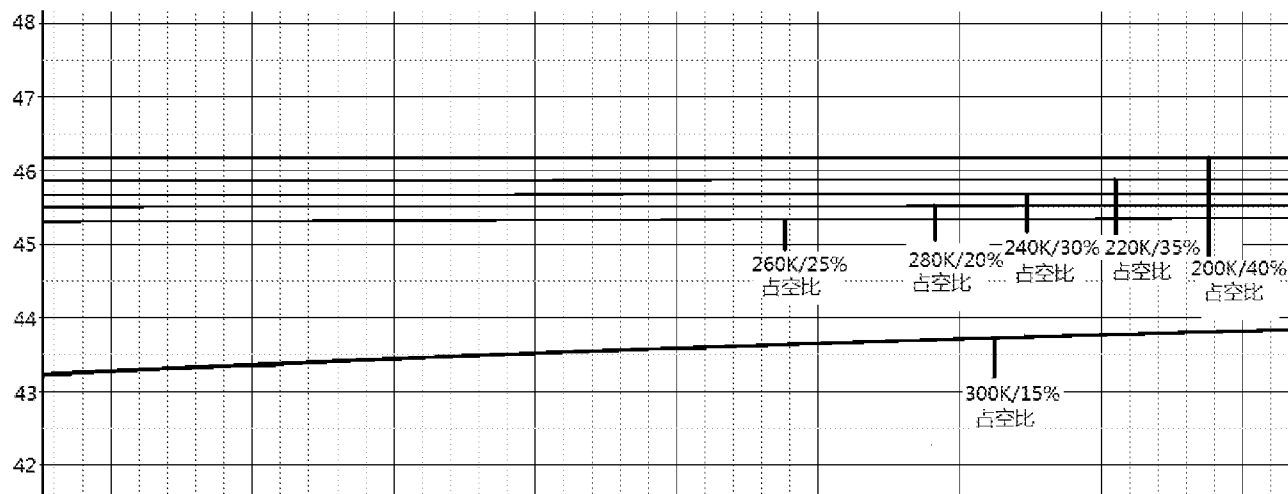


图 6

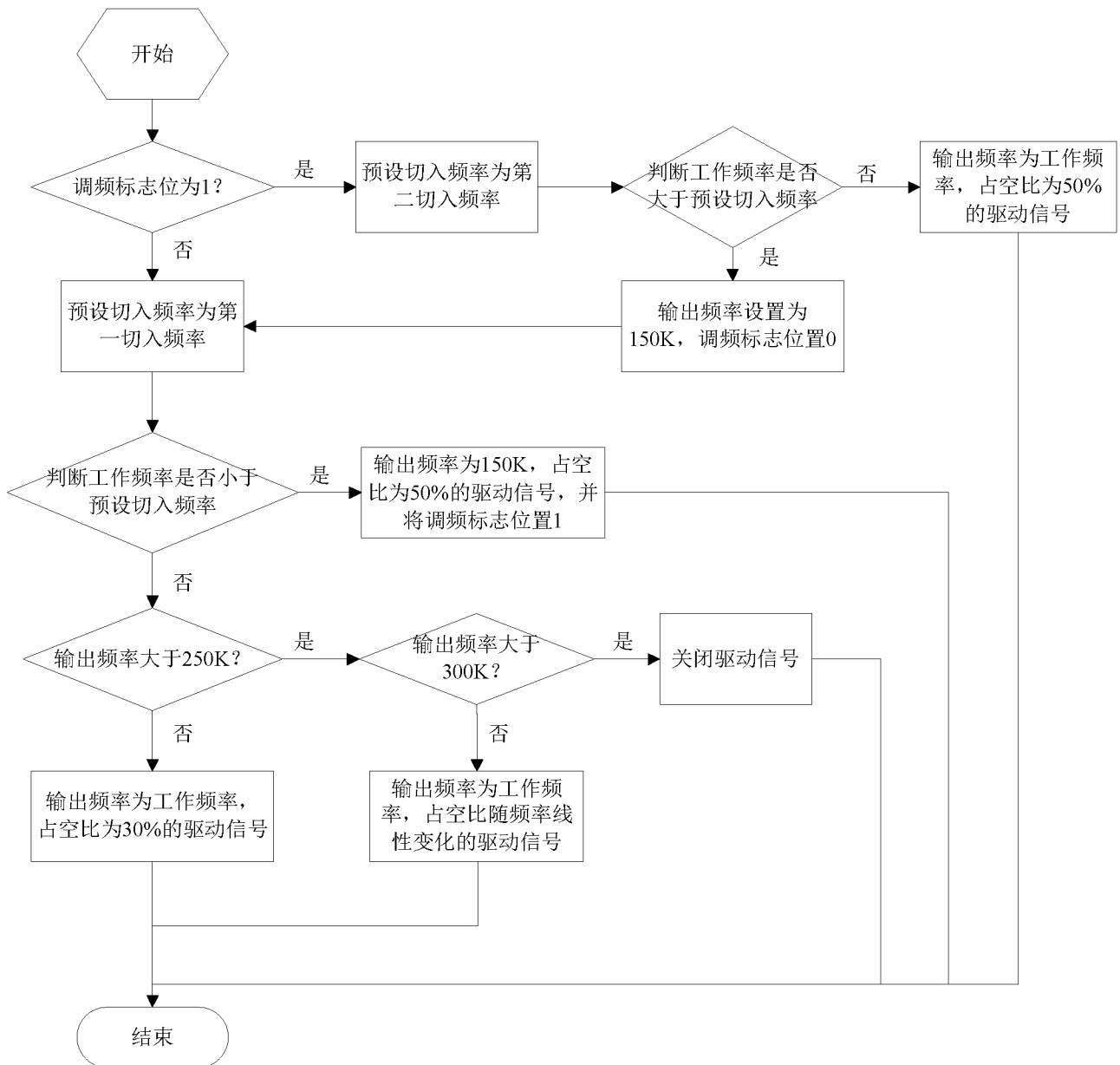


图 7

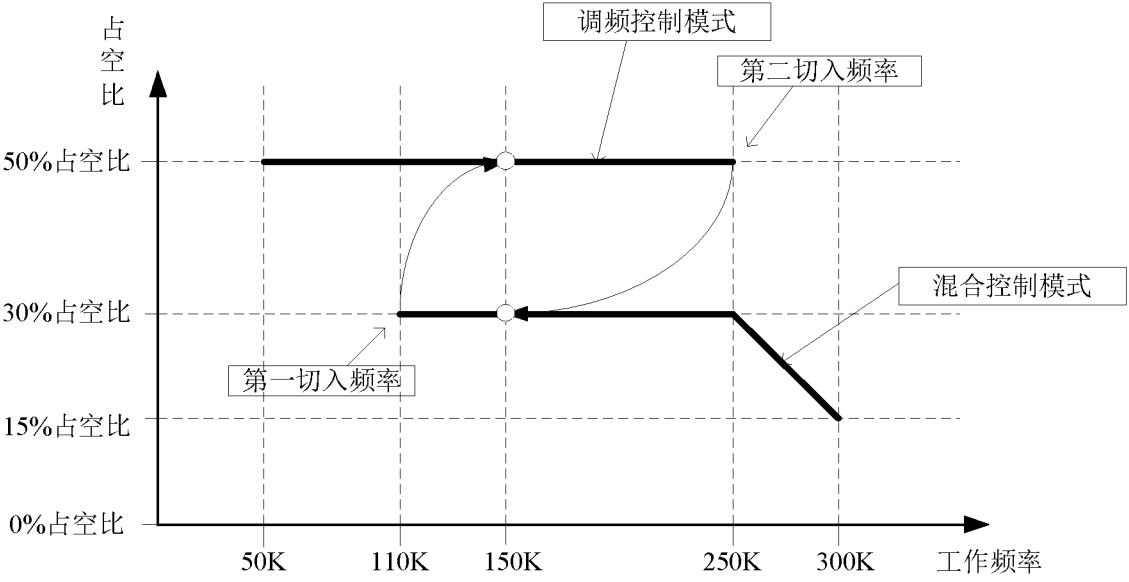


图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2013/077716

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: H02M

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, CNTXT, CNKI, EPODOC, WPI: frequency conversion, PFM, PWM, mix, pulse frequency modulation, pulse width modulation, pulse width modulation, duty ratio, zero load, light load, frequency modulation, width modulation, frequency, width, resonant, resonance

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 1992493 A (EMERSON NETWORK POWER ENERGY SYSTEMS AB), 04 July 2007 (04.07.2007), the whole document	1-7
A	CN 1885699 A (EMERSON NETWORK POWER CO., LTD.), 27 December 2006	1-7
A	CN 101056061 A (EMERSON NETWORK POWER ENERGY SYSTEMS AB), 17 October 2007 (17.10.2007), the whole document	1-7
A	CN101707440 A (ZTE CORP.), 12 May 2010 (12.05.2010), the whole document	1-7
A	CN 101867296 A (NARI TECHNOLOGY DEVELOPMENT LIMITED COMPANY), 20 October 2010 (20.10.2010), the whole document	1-7
A	US 2009/0034298 A1 (CHAMPION MICROELECTRONIC CORP.), 05 February 2009 (05.02.2009), the whole document	1-7

☐ 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 09 September 2013 (09.09.2013)	Date of mailing of the international search report 26 September 2013 (26.09.2013)
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 HUANG, Shan Telephone No.: (86-10) 62414161

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2013/077716

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 1992493 A	04.07.2007	WO 2007076702 A1	12.07.2007
		EP 1973220 A1	24.09.2008
		US 2009218994 A1	03.09.2009
		RU 2008131329 A	10.02.2010
		RU 2427068 C2	20.08.2011
		CN 1992493 B	18.05.2011
		US 8406014 B2	26.03.2013
CN 1885699 A	27.12.2006	CN 100421342 C	24.09.2008
CN 101056061 A	17.10.2007	WO 2007118401 A1	25.10.2007
		EP 2009758 A1	31.12.2008
		US 2009303750 A1	10.12.2009
		RU 2008143194 A	20.05.2010
		RU 2436210 C2	10.12.2011
		US 8284570 B2	09.10.2012
		CN 101056061 B	05.12.2012
CN 101707440 A	12.05.2010	WO 2011057523 A1	19.05.2011
CN 101867296 A	20.10.2010	CN 101867296 B	05.12.2012
US 2009/0034298 A1	05.02.2009	None	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2013/077716

CONTINUATION:

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02M 3/28 (2006.01) i

H02M 3/335 (2006.01) i

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2013/077716

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:H02M

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, CNTXT, CNKI, EPODOC, WPI 谐振, 空载, 轻载, 调频, 变频, PFM, PWM, 混合, 脉冲频率调制, 脉冲宽度调制, 脉宽调制, 占空比, zero load, light load, frequency modulation, width modulation, frequency, width, resonant, resonance

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	CN 1992493 A (艾默生网络能源系统有限公司) 04.7 月 2007 (04.07.2007) 全文	1-7
A	CN 1885699 A (艾默生网络能源有限公司) 27.12 月 2006 (27.12.2006) 全文	1-7
A	CN 101056061 A (艾默生网络能源系统有限公司) 17.10 月 2007 (17.10.2007) 全文	1-7
A	CN101707440 A (中兴通讯股份有限公司) 12.5 月 2010 (12.05.2010) 全文	1-7
A	CN 101867296 A (国电南瑞科技股份有限公司) 20.10 月 2010 (20.10.2010) 全文	1-7
A	US 2009/0034298 A1 (CHAMPION MICROELECTRONIC CORP.) 05.2 月 2009 (05.02.2009) 全文	1-7

☐ 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

09.9 月 2013 (09.09.2013)

国际检索报告邮寄日期

26.9 月 2013 (26.09.2013)

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

黄珊

电话号码: (86-10) **62414161**

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2013/077716

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 1992493 A	04.07.2007	WO 2007076702 A1	12.07.2007
		EP 1973220 A1	24.09.2008
		US 2009218994 A1	03.09.2009
		RU 2008131329 A	10.02.2010
		RU 2427068 C2	20.08.2011
		CN 1992493 B	18.05.2011
		US 8406014 B2	26.03.2013
CN 1885699 A	27.12.2006	CN 100421342 C	24.09.2008
CN 101056061 A	17.10.2007	WO 2007118401 A1	25.10.2007
		EP 2009758 A1	31.12.2008
		US 2009303750 A1	10.12.2009
		RU 2008143194 A	20.05.2010
		RU 2436210 C2	10.12.2011
		US 8284570 B2	09.10.2012
		CN 101056061 B	05.12.2012
CN 101707440 A	12.05.2010	WO 2011057523 A1	19.05.2011
CN 101867296 A	20.10.2010	CN 101867296 B	05.12.2012
US 2009/0034298 A1	05.02.2009	无	

续:

A. 主题的分类

H02M 3/28 (2006.01) i

H02M 3/335 (2006.01) i