

(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 1 月 31 日 (31.01.2013)



(10) 国际公布号
WO 2013/013384 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02H 7/26 (2006.01) *G01R 31/08* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2011/077600
- (22) 国际申请日: 2011 年 7 月 26 日 (26.07.2011)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 西安交通大学 (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国陕西省西安市碑林区咸宁西路 28 号, Shaanxi 710049 (CN)。
- (72) 发明人; 及
(75) 发明人/申请人 (仅对美国): 宋国兵 (SONG, Guobing) [CN/CN]; 中国陕西省西安市碑林区咸宁西路 28 号, Shaanxi 710049 (CN)。高淑萍 (GAO, Shuping) [CN/CN]; 中国陕西省西安市碑林区咸宁西路 28 号, Shaanxi 710049 (CN)。索南·加乐 (SUONAN, Jiale) [CN/CN]; 中国陕西省西安市碑林区咸宁西路 28 号, Shaanxi 710049 (CN)。蔡新雷 (CAI, Xinlei) [CN/CN]; 中国陕西省西安市碑林区咸宁西路 28 号, Shaanxi 710049 (CN)。
- (74) 代理人: 西安通大专利代理有限公司 (XI'AN TONGDA PATENT AGENCY CO., LTD.); 中国陕西省西安市碑林区咸宁西路 28 号, Shaanxi 710049 (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,

[见续页]

(54) Title: WHOLE-LINE QUICK-ACTION PROTECTION METHOD FOR IDENTIFYING INTERNAL AND EXTERNAL FAULTS OF HVDC TRANSMISSION LINES USING ONE-END ELECTRICAL SIGNALS

(54) 发明名称: 一种识别高压直流输电线路区内、外故障的单端电气量全线速动保护方法

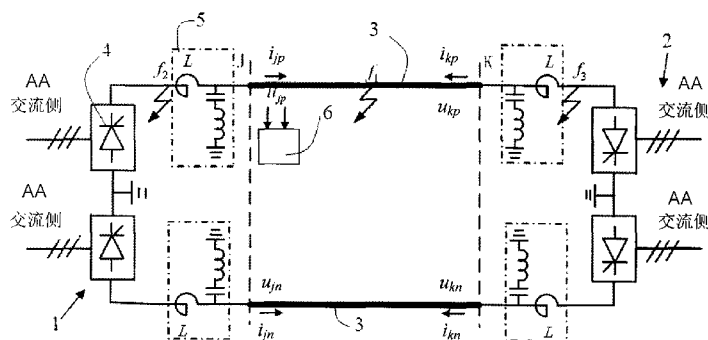


图 1 /Fig.1

AA AC side

(57) Abstract: A whole-line quick-action protection method for identifying the internal and external faults of High Voltage Direct Current (HVDC) transmission lines using one-end electrical signals. The method identifies the internal and external faults by using the amplitudes of some components with special frequencies of the one-end electrical signals at the DC line side of converter stations. The protection method only uses one-end electrical signals and does not require high sampling frequency. Its algorithm is simple and can be easily realized in engineering. Moreover, the protection method has fast operation, good selectivity, high reliability and a perfect theory, and is easy to give out setting values.

(57) 摘要: 一种识别高压直流输电线路区内、外故障的单端电气量全线速动保护方法, 其利用单端换流站直流线路侧电气量的特定频率分量的幅值实现区内、外故障的判别。该保护方法仅需要采用单端电气量, 对采样频率要求不高, 算法简单, 在工程上易于实现。此外, 该保护方法动作速度快, 选择性好, 可靠性高, 理论完备易于整定。



WO 2013/013384 A1



RU, 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。

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, ML, MR, NE, SN, TD,
TG)。

- (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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ,
BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE,
BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR,

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种识别高压直流输电线路区内、外故障的 单端电气量全线速动保护方法

技术领域

本发明属于电力系统继电保护技术领域，具体来说，是一种利用单端电气
5 量识别高压直流输电线路区内、外故障的全线速动保护方法。

背景技术

高压直流(HVDC)输电以其传输功率大，线路造价低，控制性能好等优点，
在远距离、大功率输电中占有越来越重要的地位，世界发达国家都把它作为大
容量、远距离送电和异步联网的主要手段，在我国也因“西电东送，南北互供，
10 全国联网”而成为电力建设的热点。自 1989 年葛洲坝至上海采用直流输电以
来，我国直流输电工程数量在世界上已名列前茅。

高压直流输电线路一般作为大区域联网的联络线，它的安全性和可靠性不
仅关系到本系统的稳定性，而且将直接影响与其连接的区域电网甚至整个电网
的稳定运行。由于直流线路长，发生故障的概率高，因此提高直流输电线路继
15 电保护的运行水平对保证直流输电系统的安全性与可靠性具有重要意义。而从
某种意义上来讲，直流输电线路主保护的性能标志了直流系统继电保护的运行
水平。

目前，运行中的直流线路多以行波保护作为主保护。行波保护具有动作速
度快的优点，但为了有效利用电压、电流的变化率，行波保护对采样率要求极
20 高。为了保证雷电干扰情况下保护的选择性，被迫降低了保护的灵敏度，也增
加了保护判据的复杂性。国内外研究表明：行波保护不但易受雷电和干扰的影
响，而且不能够识别高阻故障，易误动，动作的可靠性低。综上所述，国内外
投运的直流输电工程，其直流输电线路的主保护普遍存在着理论不完备、没有
普遍适用的整定原则、整定仅依赖于仿真结果等问题。从而导致了直流线路继

电保护装置对采样率要求高，且存在着选择性差、灵敏度低、可靠性不高的问题。

发明内容

本发明的目的在于提供一种灵敏度高、选择性好、动作速度快、可靠性高的高压直流输电线路区内、外故障的单端电气量全线速动保护方法。从而为直流输电线路提供继电保护。

为达到上述目的，本发明提供一种识别高压直流输电线路区内、外故障的单端电气量全线速动保护方法，其利用单端换流站直流线路侧特定频率电气量的幅值实现区内故障、区外故障的判别。

进一步的，所述的利用单端换流站直流线路侧特定频率电气量的幅值实现区内故障、区外故障的判别按照以下步骤进行：

步骤一，在换流站中，从本极直流输电线路侧的传感器中获得电气量信号；

步骤二，根据本极电流计算单位时间内的电流突变，大于起动门槛值时启动该保护；

步骤三，利用控制保护系统中的数字滤波器对从步骤一中获得的电气量信号进行滤波，获得特定频率电气量；

步骤四，计算滤波得到的特定频率电气量的幅值；

步骤五，比较特定频率电气量的幅值与设定门槛值的大小，实现区内故障、区外故障判别。

进一步的，所述步骤五中的设定门槛值由平波电抗器外侧（远离直流线路侧）发生金属性故障时线路侧传感器所能感受的电气量进行整定，其值由平波电抗器参数、直流滤波器参数以及线路参数确定。

进一步的，所述设定门槛值大于平波电抗器外侧发生最严重故障（例如金属性接地）时由步骤四计算得到的特定频率电气量的幅值，并且该设定门槛值小于直流输电线路区内发生最轻微故障（例如 500 欧姆过渡电阻接地）时由步

骤四得到的特定频率电气量的幅值。

进一步的，所述步骤三中的电气量信号为电流信号，所述步骤三中的特定频率为特定频率点或特定频率段，所述特定频率点为直流滤波器的调谐频率点，为工频交流频率的 12、24、或 36 倍；所述特定频率段为 300Hz 以上。其中所述特定频率段优选为 300Hz~5kHz。

进一步的，所述步骤三中的电气量信号为电压信号，所述步骤三中的特定频率为特定频率段，所述特定频率段为 300Hz 以上。其中所述特定频率段优选为 300Hz~5kHz。

进一步的，所述特定频率按照以下方法获得：

步骤一：以平波电抗器和直流滤波器构成直流滤波环节，该直流滤波环节与直流输电线路连接的一端设有传感器，该传感器包括分流器和分压器；

步骤二：获得线路区外故障时从换流站侧看所述直流滤波环节的最小输入阻抗，并获得该最小输入阻抗在不同频率下的阻抗幅值，在此情况下流过直流输电线路侧的分流器的电流最大；

步骤三：获得线路区内故障时从直流线路侧看直流滤波环节的最大输入阻抗，并获得该最大输入阻抗在不同频率下的阻抗幅值，在该情况下流过直流输电线路侧分流器的电流最小；

步骤四：将获得的上述最小输入阻抗的阻抗幅值与最大输入阻抗的阻抗幅值进行对比，最小输入阻抗的阻抗幅值比最大输入阻抗的阻抗幅值大 10 倍以上或 100 倍以上所对应的频点或频带即为特定频率点或特定频率带。

进一步的，所述步骤四中计算滤波得到的特定频率电气量幅值的方法包括傅氏算法、最小二乘法、积分法、以及其它求取信号幅值的算法。

以下是本发明的原理：

请参照图 1，图 1 为双极直流输电系统的结构简图。直流输电系统由换流站 1、2 和直流输电线路 3 构成。换流站 1、2 都装设有换流阀 4。图中 f_1 、 f_2 、

f_3 为故障点，其中 f_1 发生在直流输电线路 3 上，称为区内故障点； f_2 和 f_3 发生换流站侧，称为区外故障点。 u_{jp} 、 i_{jp} 分别是换流站 1 的正极直流电压和直流电流； u_{jn} 、 i_{jn} 分别是换流站 1 的负极直流电压和直流电流； u_{kp} 、 i_{kp} 分别是换流站 2 的正极直流电压和直流电流； u_{kn} 、 i_{kn} 分别是换流站 2 的负极直流电压和直流电流。图 1 中虚线部分为平波电抗器和直流滤波器组成的滤波环节 5。该直流输电系统还包括设置在直流输电线路 3 两侧的控制保护系统 6，该控制保护系统 6 通过其中设有的 A/D 转换器（未图示）可获得本端极电气量的数字信号，并进行数字信号的处理、判别，实现保护功能。

图 2 是滤波环节 5 的电路图。滤波环节 5 由平波电抗器 51 和直流滤波器 52 构成。滤波环节 5 与直流输电线路 3 通过传感器 8 连接，该传感器 8 包括分流器 9 和分压器 10。滤波环节 5 与换流站 1 的换流阀 4 通过分流器 11 和分压器 12 连接。图中 u_1 、 i_1 分别是换流站 1 换流阀 4 侧的电压和电流， u_2 、 i_2 分别是直流输电线路 3 侧的电压和电流。从图 2 的滤波环节 5 可以看出：当直流输电线路 3 区外发生故障时，由于平波电抗器 51 的阻滞作用，使得直流输电线路 3 侧的分流器 9 感受到的较高频电流分量很小；当直流输电线路 3 区内发生故障时，由于没有平波电抗器 51 的阻挡作用，直流输电线路 3 侧的分流器 9 感受到的较高频电流分量很大，该特性可以用来区分直流输电线路区内、外故障，且具有较高的灵敏度和选择性。

为了充分利用滤波环节 5 在直流输电线路 3 区内、区外故障时所表现出的这种差异性，构造具有绝对选择性的继电保护原理，需要分析在哪些频带中，直流输电线路 3 区外故障时分流器 9 所感受到的最大电流还远远小于直流输电线路 3 区内故障的最小短路电流。为此图 3 给出了发生区外故障时从换流阀 4 侧看滤波环节 5 的最小输入阻抗 Z_{in} ，在最小输入阻抗时直流输电线路侧的分流器 9 感受到的电流最大，图 4 给出了某直流工程的直流滤波器参数下图 3

电路的阻抗频率特性。图 5 给出了线路区内故障时从直流输电线路 3 侧看滤波环节 5 的最大输入阻抗 Z_{in} ，该情况下直流输电线路侧分流器 9 感受到的电流最小，图 6 给出了某直流工程的直流滤波器参数下图 5 电路的阻抗频率特性。

从图 4 的阻抗频率特性可知，在直流线路区外故障时，由平波电抗器 51 与直流滤波器 52 构成的滤波环节 5 对高频具有阻滞作用，频率越高阻滞效果越明显，即频率较高的分量难以从直流线路区外传到直流输电电路上。由图 6 的阻抗频率特性可知，在直流输电线路区内故障情况时，线路两端的滤波环节 5 的阻抗特性具有带通性质，其中对 600Hz、1200Hz 和 1800Hz 三个频率的信号没有阻滞作用，也就是说这三个频率下的电流将不会受到阻滞，直流输电线路侧的分流器 9 感受到的这三个频率分量的幅值会较大。与图 6 对比可知，图 4 中的阻抗特性在以上三个频点所表现的阻抗远大于 $1k\Omega$ 。也就是说，在区外故障情况下，直流线路侧在以上三个频率的电流分量远小于区内故障情况。因此，可以根据以上三个频率分量的含量来区分直流输电线路区内、外故障。

从图 4 和图 6 还可以看出，对于 300Hz 以上频率信号，图 4 的阻滞能力则比图 6 高出 100 倍以上。

考虑到直流输电线路 3 区内故障时，直流滤波器 52 调谐频率对信号的阻滞作用最小，调谐频率点的电流分量将较大，可以可靠的进行区内、外故障的判别。考虑到故障信号的能量主要集中在低频带，以及输电线路参数的分布特性和频变特性对高频信号的滤波和阻滞作用增加等因素，输电线路故障时高频分量含量其实较小，该结论从直流输电线路故障的录波中也得到了证实。因此，虽然前面分析了 300Hz 以上的信号都具有区内、外故障的区分能力，但从可靠性的角度和信号处理能力与硬件装置关系的角度考虑，利用 300Hz 以上频率分量中低频带进行故障判别，对提高动作可靠性和降低硬件成本有更为显著的技术效果。

本发明具有以下有益效果：

1、本方法采用单端电气量作为判据的原始信息，仅需提取直流输电线路的单端特定频率点或特定频率带的电气量即可实现区内、外故障的判别。与利用双端电气量的保护相比，不受通信通道的影响可靠性高、动作速度快；

2、本发明是基于直流输电线路区内、外故障时直流滤波环节阻抗特性差异，提出直流输电线路单端量保护方法，构造的继电保护理论完备、选择性好、灵敏度高；

3、与现有方法相比，本发明方法对保护装置的采样频率要求低、易于实现。克服了现有直流输电线路行波保护对采样频率要求高、选择性差、灵敏度低、可靠性不高等问题，可以取代现有的行波保护作为直流输电线路的主保护，尤其适合于利用单端电气量实现特/超高压直流输电线路的全线速动保护；

4、利用与平波电抗器和直流滤波器有关的特征频率信号进行故障识别，由于这些信号频率相对较低，且具有幅值高、能量大的特点，因此利用该频率信号的继电保护将具有对采样率低、可靠性高的特点。

附图说明

图 1 为双极直流输电系统结构示意图；

图 2 是图 1 所示的双极直流输电系统的平波电抗器和直流滤波器构成的直流滤波环节的电路图；

图 3 是线路区外故障时从换流站侧看直流滤波环节的最小输入阻抗；

图 4 是图 3 中的最小输入阻抗的频率特性；

图 5 是线路区内故障时从直流线路侧看直流滤波环节的最大输入阻抗；

图 6 是图 5 中的最大输入阻抗的频率特性；

图 7 是根据特定频率段电流判别区内故障（直流输电线路中点金属性接地）的仿真图；

图 8 是根据特定频率点电流判别区内故障（直流输电线路中点金属性接地）的仿真图；

图 9 是根据特定频率段电流判别区内故障（直流输电线路中点经 500 欧姆过渡电阻接地）的仿真图；

图 10 是根据特定频率点电流判别区内故障（直流输电线路中点经 500 欧姆过渡电阻接地）的仿真图；

5 图 11 是根据特定频率段电流判别区外故障（整流侧发生金属性接地）的仿真图；

图 12 是根据特定频率点电流判别区外故障（整流侧发生金属性接地）的仿真图；

10 图 13 是根据特定频率段电流判别区外故障（逆变侧发生金属性接地）的仿真图；

图 14 是根据特定频率点电流判别区外故障（逆变侧发生金属性接地）的仿真图；

图 15 是根据特定频率段电压判别区内故障（直流输电线路中点金属性接地）的仿真图；

15 图 16 是根据特定频率段电压判别区内故障（直流输电线路中点经 500 欧姆过渡电阻接地）的仿真图；

图 17 是根据特定频率段电压判别区外故障（整流侧发生金属性接地）的仿真图；

20 图 18 是根据特定频率段电压判别区外故障（逆变侧发生金属性接地）的仿真图。

具体实施方式

实施例 1：

识别高压直流输电线路区内、外故障的单端电气量全线速动保护方法，主要利用单端换流站直流线路侧特定频率电气量的幅值实现区内故障、区外故障
25 的判别。

按照以下步骤进行：

- 1) 在换流站中，从本极直流输电线路侧的传感器中获得本极电流信号；
- 2) 根据本极电流计算单位时间内的电流突变，大于起动门槛值时起动保护；
- 3) 利用控制保护系统中的数字滤波器对从步骤一中获得的本极电流进行滤波，获得特定频率电流量；
- 4) 计算滤波得到的特定频率电流的幅值；
- 5) 比较特定频率电流的幅值与设定门槛值的大小，实现直流输电线路区内故障、区外故障判别。

其中步骤 2) 可按照以下方法进行：

根据公式 (1) 用本端电流计算单位时间内的电流突变，大于起动门槛值时起动该保护；

$$\sum_{m=1}^N \Delta i > k_r N I_{set} \quad (1)$$

其中： $m=1, 2, \dots, N$ ； N 为单位时间内采样点数，也就是起动元件数据窗所对应的采样点数，数据窗长度可取 5~10ms；电流突变 $\Delta i = i - I_n$ ， i 为本极当前电流采样值， I_n 为本极故障前正常运行电流值； k_r 为可靠系数， $k_r \geq 1$ ，一般可取 1.2~1.5； $I_{set} = 0.1 I_n$ ， I_n 为直流输电线路的额定电流。

步骤 4) 所采用的特定频率包括特定频率段和特定频率点。所述特定频率点为直流滤波器的调谐频率点，为工频交流频率的 12、24、或 36 倍（即 600Hz、1200Hz 和 1800Hz）；所述特定频率段为 300Hz 以上。

若从可靠性的角度和信号处理能力与硬件装置关系的角度考虑，利用 300Hz 以上频率分量中低频带进行故障判别，对提高动作可靠性和降低硬件成本有更为显著的技术效果，则采用特定频率段 300Hz~5kHz 为优选方案。

步骤 4) 中计算滤波得到的特定频率电流幅值的方法包括傅氏算法、最小

二乘法、积分法、以及其它求取信号幅值的算法。

步骤 5) 中所述的设定门槛值由平波电抗器外侧（远离直流线路侧）发生金属性故障时线路侧传感器所能感受的电气量进行整定，其值由平波电抗器参数、直流滤波器参数以及线路参数确定。所述设定门槛值大于平波电抗器外侧发生最严重故障（例如金属性接地）时由步骤四计算得到的特定频率电流的幅值，并且该设定门槛值小于直流输电线路区内发生最轻微故障（例如 500 欧姆过渡电阻接地）时由步骤四得到的特定频率电流的幅值。

本实施例中对不同的区内、区外故障进行了仿真验证。请参照图 7 至图 14，其中图 7 和图 8 对直流输电线路区内中点金属性接地故障进行了验证；图 9 和图 10 对直流输电线路区内中点经 500 欧姆过度电阻接地故障进行了验证；图 11 和图 12 是直流输电线路区外、整流侧发生金属性接地故障的验证结果；图 13 和图 14 是直流输电线路区外、逆变侧发生金属性接地故障的验证结果。其中图 7、图 9、图 11、图 13 均是是根据特定频率段为 500Hz-4.8KHz 的电流所作出的判别结果。其中起动门槛值为 $0.1I_n$ ，特定频段信号的门槛值设定为 $0.005 I_n$ 。图 8、图 10、图 12 及图 14 均是是根据特定频率点 600Hz 的电流所作出的判别结果。其中起动门槛值为 $0.1I_n$ ，特定频点信号的门槛值设定为 $0.002 I_n$ 。

根据图 7 至图 14 的验证结果，可以显著地显示本发明的方法对于区内、区外故障判别的灵敏度高、选择性好、动作速度快、可靠性高。从而为直流输电线路提供可靠的继电保护。

实施例 2:

识别高压直流输电线路区内、外故障的单端电气量全线速动保护方法，主要利用单端换流站直流线路侧特定频率电气量的幅值实现区内故障、区外故障的判别。

按照以下步骤进行：

1) 在换流站中, 从本极直流输电线路侧的传感器中获得本极电压信号和本极电流信号;

2) 根据本极电流信号计算单位时间内的电流突变, 大于起动门槛值时启动保护;

5 3) 利用控制保护系统中的数字滤波器对从步骤一中获得的本极电压信号进行滤波, 获得特定频率电压量;

4) 计算滤波得到的特定频率电压量的幅值;

5) 比较特定频率电压量的幅值与设定门槛值的大小, 实现区内故障、区外故障判别。

10 其中步骤 2) 采用的具体步骤与实施例 1 中的一致。不再重复。在此也可以采用电压量起动方法, 如采用电压量起动, 本实施例仅用电压即可实现。

步骤 4) 所采用的特定频率为特定频率段。所述特定频率段为 300Hz 以上。若从可靠性的角度和信号处理能力与硬件装置关系的角度考虑, 利用 300Hz 以上频率分量中低频带进行故障判别, 对提高动作可靠性和降低硬件成本有更
15 为显著的技术效果, 则采用特定频率段为 300Hz~5kHz 为优选方案。

步骤 4) 中计算滤波得到的特定频率电压幅值的方法包括傅氏算法、最小二乘法、积分法、以及其它求取信号幅值的算法。

步骤 5) 中所述的设定门槛值由平波电抗器外侧 (远离直流线路侧) 发生金属性故障时线路侧传感器所能感受的电气量进行整定, 其值由平波电抗器参
20 数、直流滤波器参数以及线路参数确定。所述设定门槛值大于平波电抗器外侧发生最严重故障 (例如金属性接地) 时由步骤四计算得到的特定频率电压的幅值, 并且该设定门槛值小于直流输电线路区内发生最轻微故障 (例如 500 欧姆过渡电阻接地) 时由步骤四得到的特定频率电压的幅值。

本实施例中对不同的区内、区外故障进行了仿真验证。请参照图 15 至图
25 18, 其中图 15 对直流输电线路区内中点金属性接地故障进行了验证; 图 16

对直流输电线路区内中点经 500 欧姆过度电阻接地故障进行了验证；图 17 是直流输电线路区外、整流侧发生金属性接地故障的验证结果；图 18 是直流输电线路区外、逆变侧发生金属性接地故障的验证结果。其中图 15 至图 18 均是
5 根据特定频率段为 500Hz-4.8kHz 的电流所作出的判别结果。其中起动门槛值为 $0.1I_n$ ，特定频段信号的门槛值设定为 $0.005 U_n$ ，其中 U_n 为直流输电线路的额定电压。

根据图 15 至图 18 的验证结果，可以显著地显示本发明的方法对于区内、区外故障判别的灵敏度高、选择性好、动作速度快、可靠性高。从而为直流输电线路提供可靠的继电保护。

10 以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明，不能认定本发明的具体实施方式仅限于此，对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明构思的前提下，还可以做出若干简单的推演或替换，都应当视为属于本发明由所提交的权利要求书确定专利保护范围。

权 利 要 求 书

1、一种识别高压直流输电线路区内、外故障的单端电气量全线速动保护方法，其特征在于：利用单端换流站直流线路侧特定频率电气量的幅值实现区内故障、区外故障的判别。

2、根据权利要求 1 所述的识别高压直流输电线路区内、外故障的单端电气量全线速动保护方法，其特征在于：所述的利用单端换流站直流线路侧特定频率电气量的幅值实现区内故障、区外故障的判别按照以下步骤进行：

步骤一，在换流站中，从本极直流输电线路侧的传感器中获得电气量信号；

10 步骤二，根据本极电流计算单位时间内的电流突变，大于起动门槛值时起动该保护；

步骤三，利用控制保护系统中的数字滤波器对从步骤一中获得的电气量信号进行滤波，获得特定频率电气量；

步骤四，计算滤波得到的特定频率电气量的幅值；

15 步骤五，比较特定频率电气量的幅值与设定门槛值的大小，实现区内故障、区外故障判别。

3、根据权利要求 2 所述的识别高压直流输电线路区内、外故障的单端电气量全线速动检测方法，其特征在于：所述换流站包括换流阀及直流滤波环节，该直流滤波环节设有平波电抗器和直流滤波器，
20 所述步骤五中的设定门槛值由所述平波电抗器外侧发生金属性故障时直流输电线路侧的传感器所能感受的电气量进行整定，其值由平波电抗器参数、直流滤波器参数以及线路参数确定。

4、根据权利要求 3 所述的识别高压直流输电线路区内、外故障的单端电气量全线速动检测方法，其特征在于：所述设定门槛值大于

权 利 要 求 书

平波电抗器外侧发生最严重故障时由步骤四计算得到的特定频率电气量的幅值，并且该设定门槛值小于直流输电线路区内发生最轻微故障时由步骤四得到的特定频率电气量的幅值。

5 5、根据权利要求 2 所述的识别高压直流输电线路区内、外故障的单端电气量全线速动检测方法，其特征在于：所述步骤三中的电气量信号为电流信号，所述步骤三中的特定频率为特定频率点或特定频率段，所述特定频率点为直流滤波器的调谐频率点，为工频交流频率的 12、24、或 36 倍；所述特定频率段为 300Hz 以上。

10 6、根据权利要求 5 所述的识别高压直流输电线路区内、外故障的单端电气量全线速动检测方法，其特征在于：所述特定频率段为 300Hz~5kHz。

15 7、根据权利要求 2 所述的识别高压直流输电线路区内、外故障的单端电气量全线速动检测方法，其特征在于：所述步骤三中的电气量信号为电压信号，所述步骤三中的特定频率为特定频率段，所述特定频率段为 300Hz 以上。

8、根据权利要求 7 所述的识别高压直流输电线路区内、外故障的单端电气量全线速动检测方法，其特征在于：所述特定频率段为 300Hz~5kHz。

20 9、根据权利要求 2、3、4、5、6、7 或 8 所述的识别高压直流输电线路区内、外故障的单端电气量全线速动保护方法，其特征在于：所述特定频率按照以下方法获得：

步骤一：以平波电抗器和直流滤波器构成直流滤波环节，该直流滤波环节与直流输电线路连接的一端设有传感器，该传感器包括分流器和分压器；

权 利 要 求 书

步骤二：获得线路区外故障时从换流站侧看所述直流滤波环节的最小输入阻抗，并获得该最小输入阻抗在不同频率下的阻抗幅值，在此情况下流过直流输电线路侧的分流器的电流最大；

5 步骤三：获得线路区内故障时从直流线路侧看直流滤波环节的最大输入阻抗，并获得该最大输入阻抗在不同频率下的阻抗幅值，在该情况下流过直流输电线路侧分流器的电流最小；

步骤四：将获得的上述最小输入阻抗的阻抗幅值与最大输入阻抗的阻抗幅值进行对比，最小输入阻抗的阻抗幅值比最大输入阻抗的阻抗幅值大 10 倍以上或 100 倍以上所对应的频点或频带即为特定频率
10 点或特定频率带。

10、根据权利要求 2 所述的识别高压直流输电线路区内、外故障的单端电气量全线速动保护方法，其特征在于：所述步骤四中计算滤波得到的特定频率电气量幅值的方法包括傅氏算法、最小二乘法、积分法、以及其它求取信号幅值的算法。

说明书附图

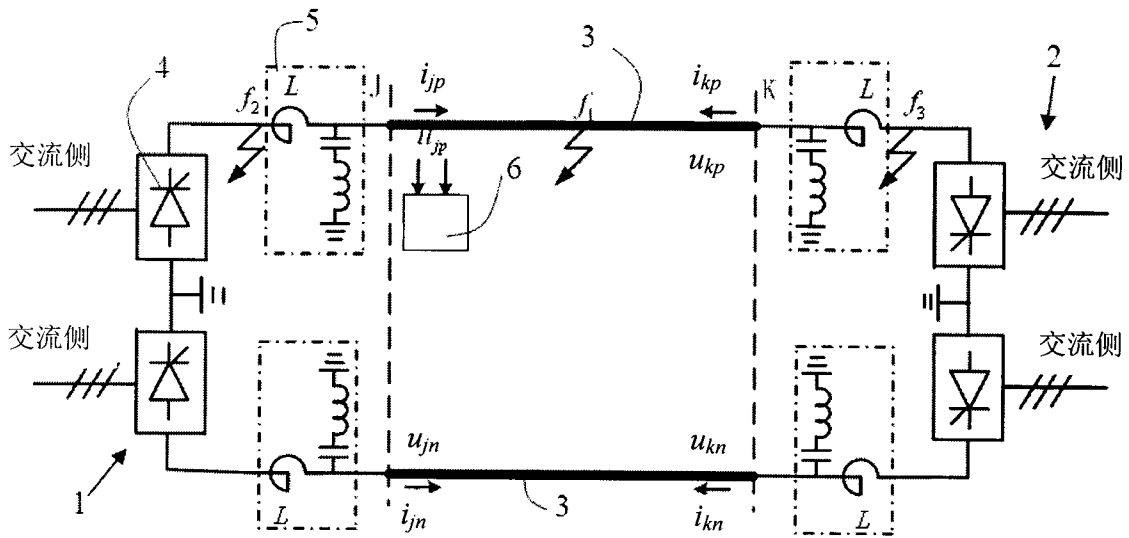


图 1

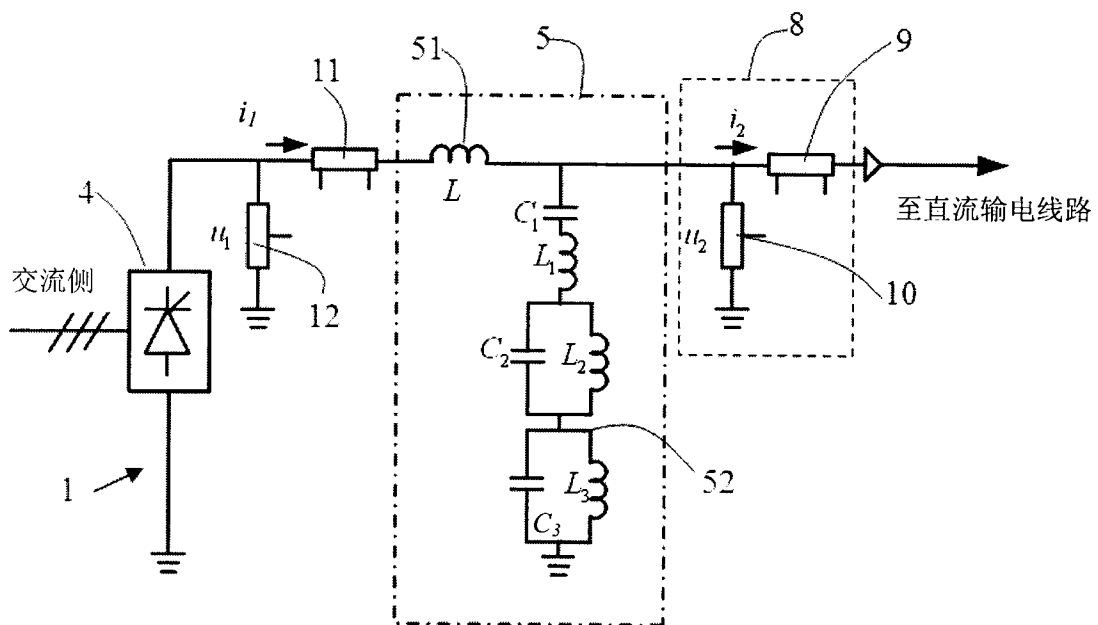


图 2

说明书附图

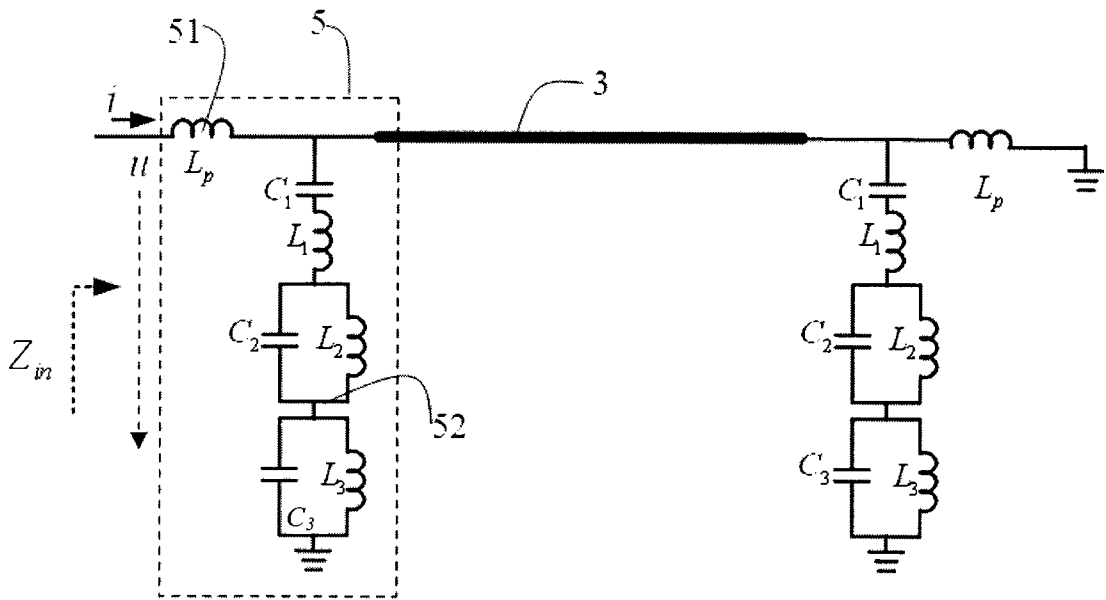


图 3

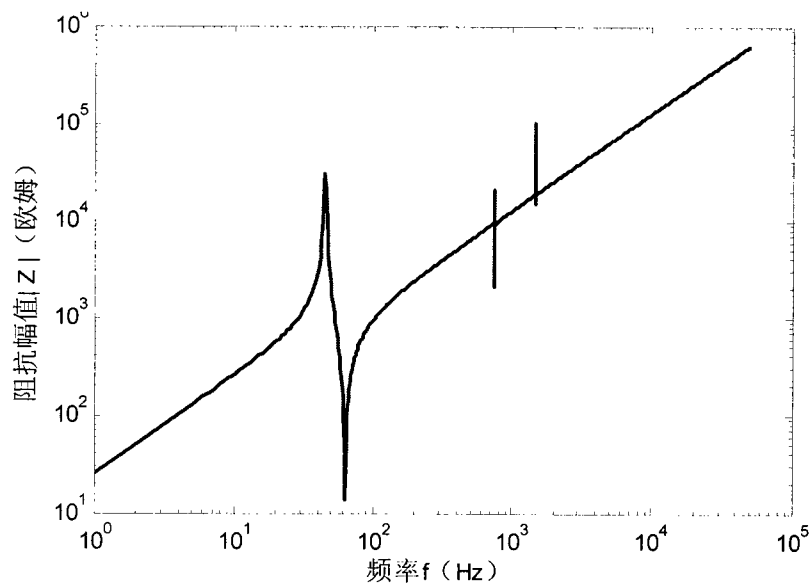


图 4

说明书附图

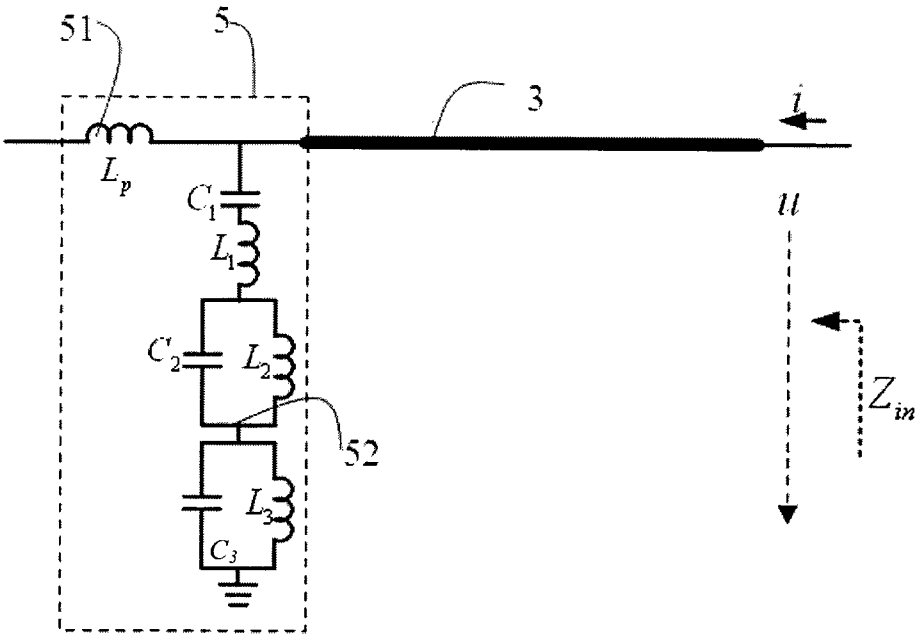


图 5

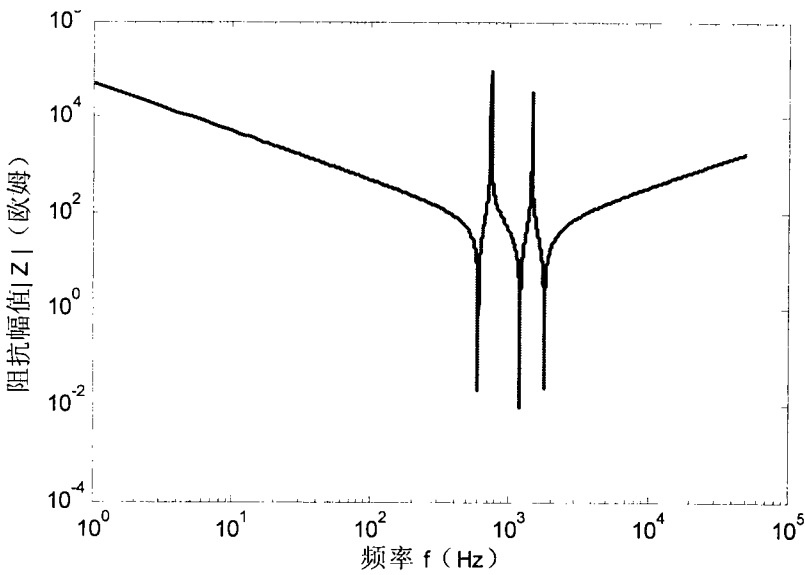


图 6

说明书附图

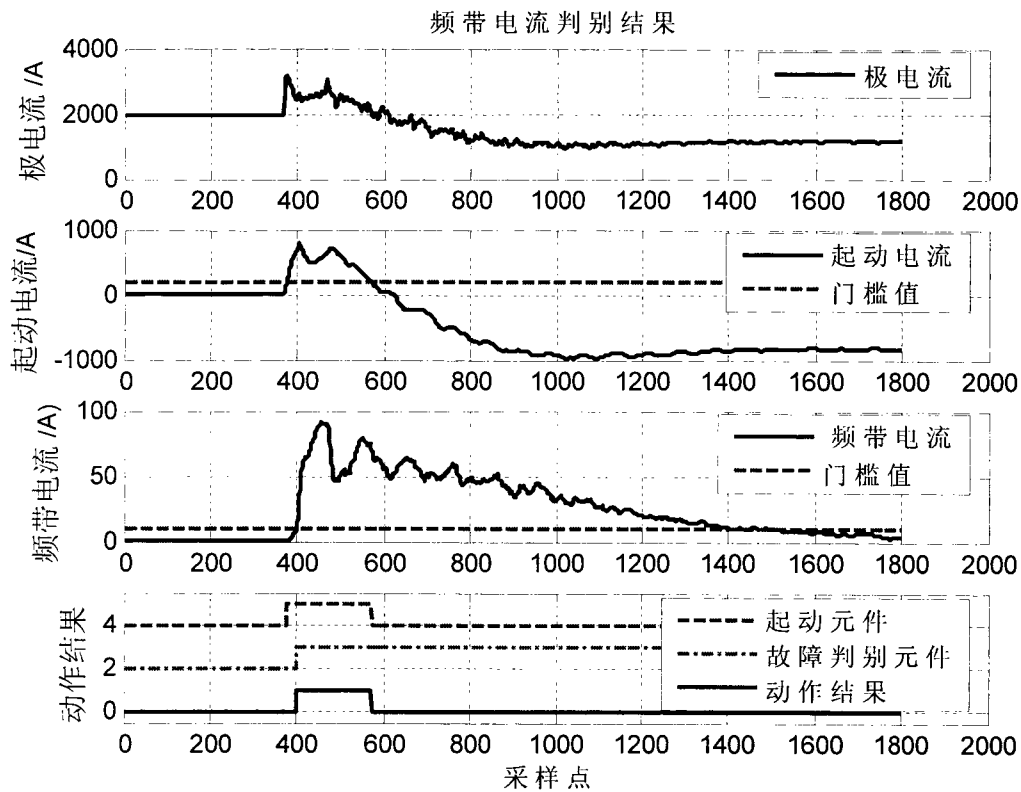


图 7

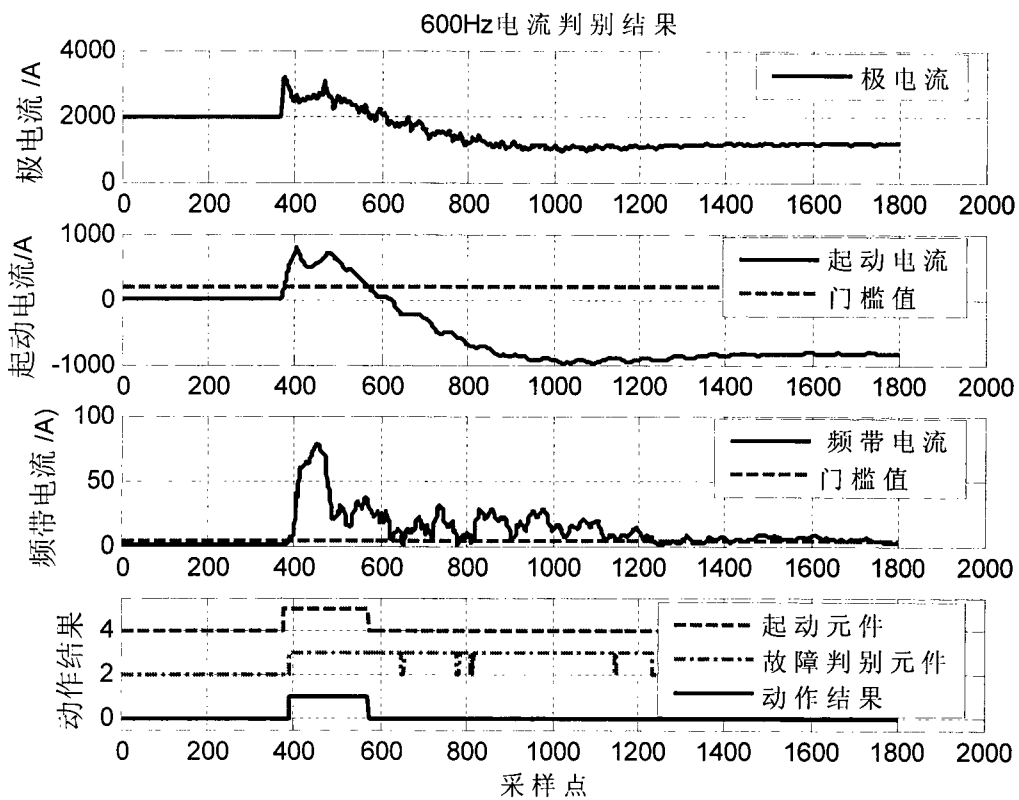


图 8

说明书附图

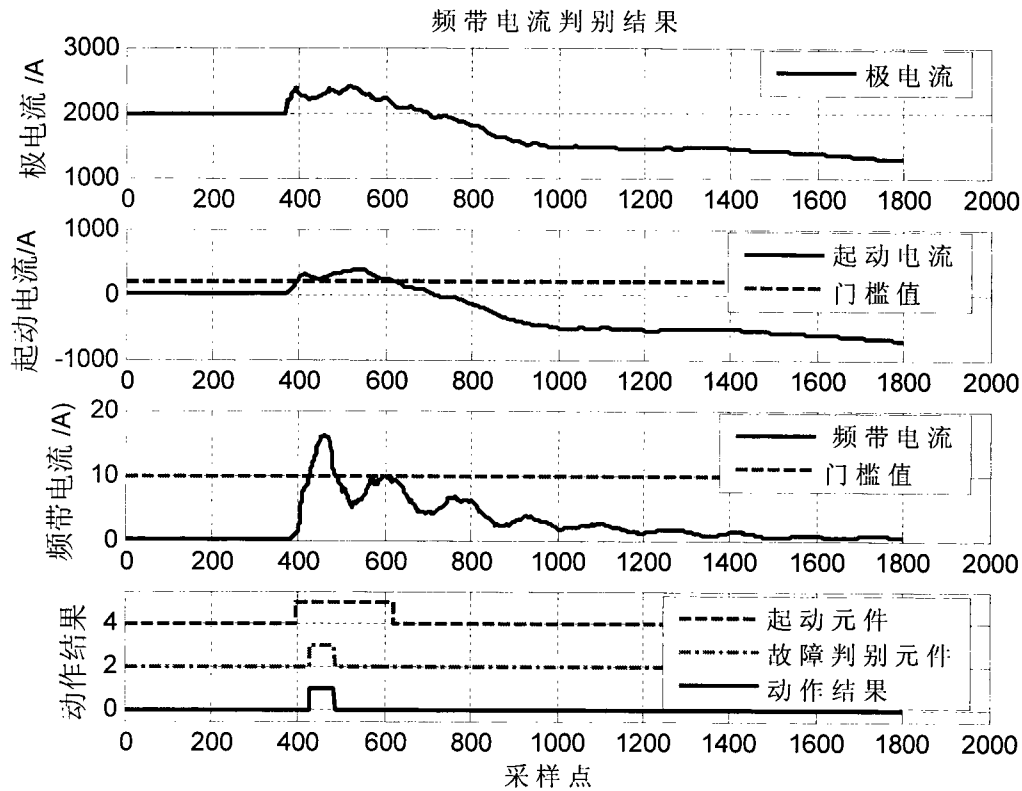


图 9

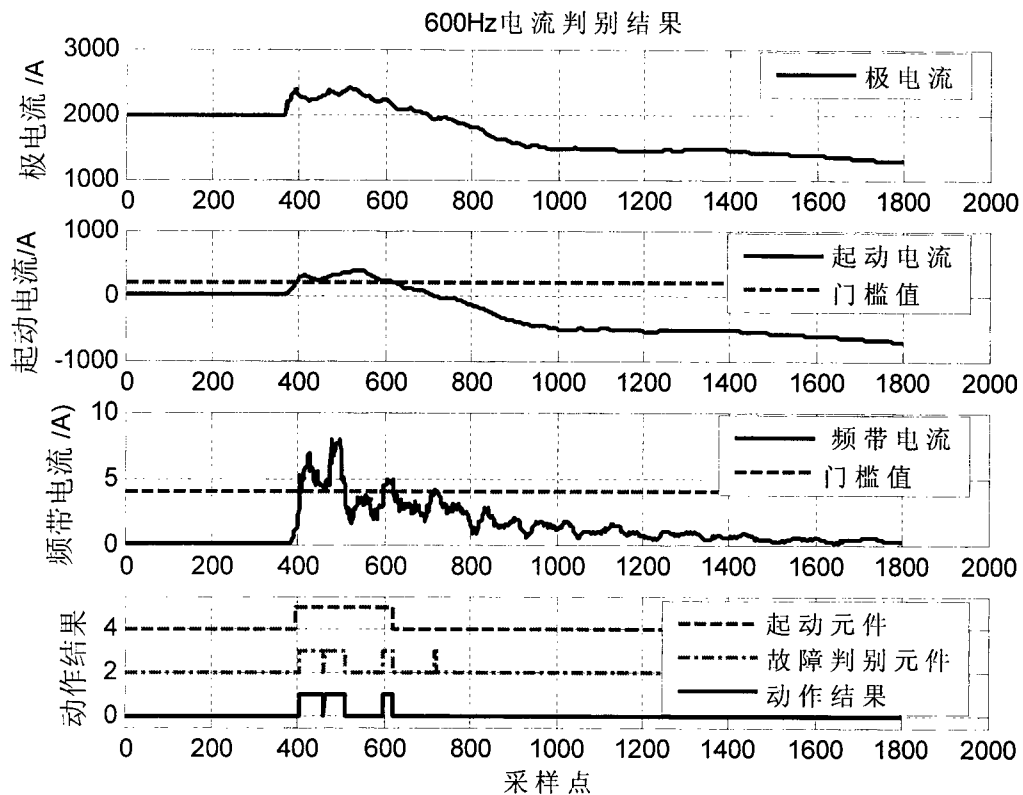


图 10

说明书附图

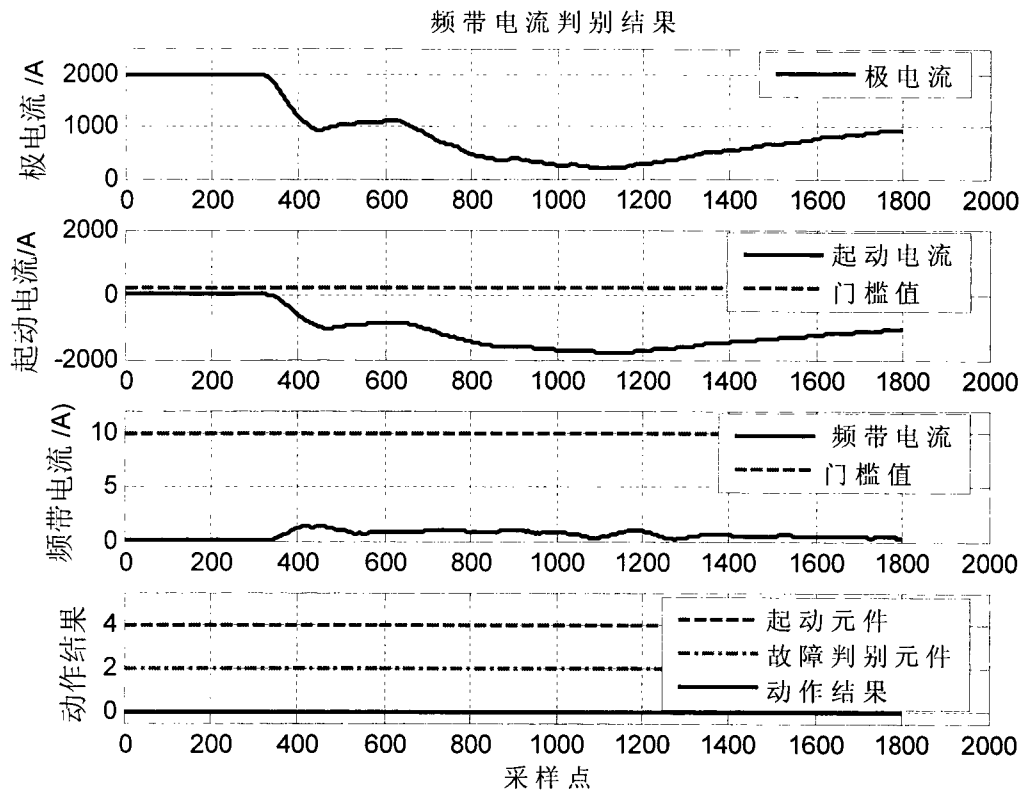


图 11

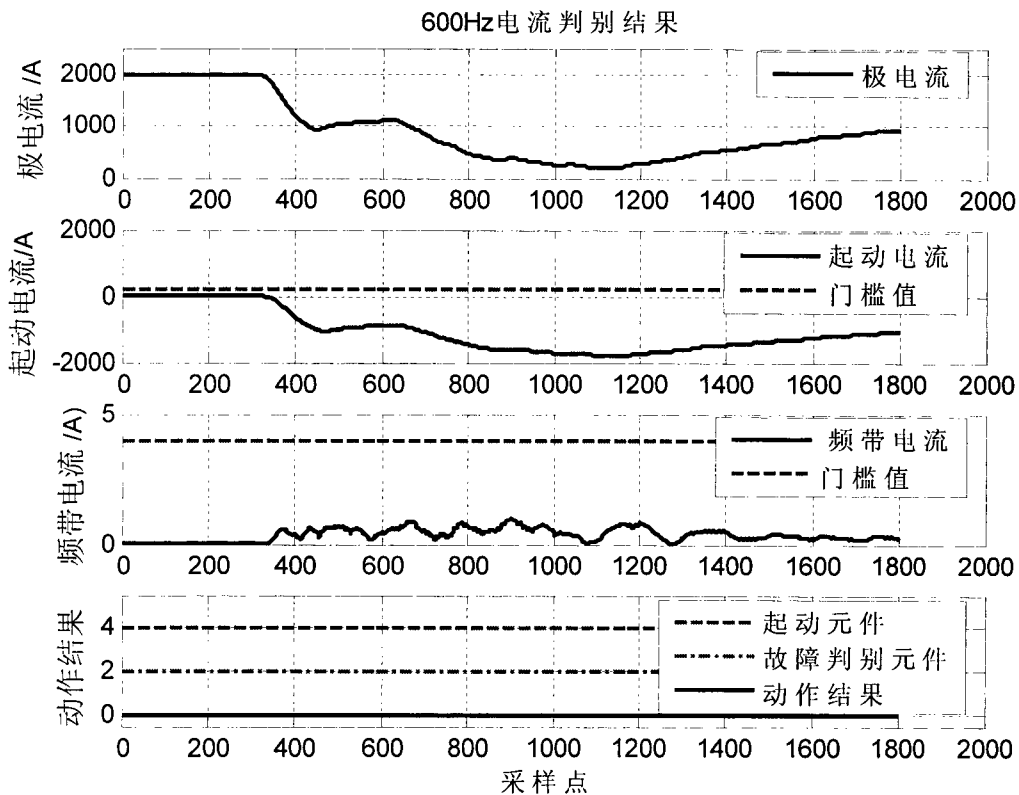


图 12

说明书附图

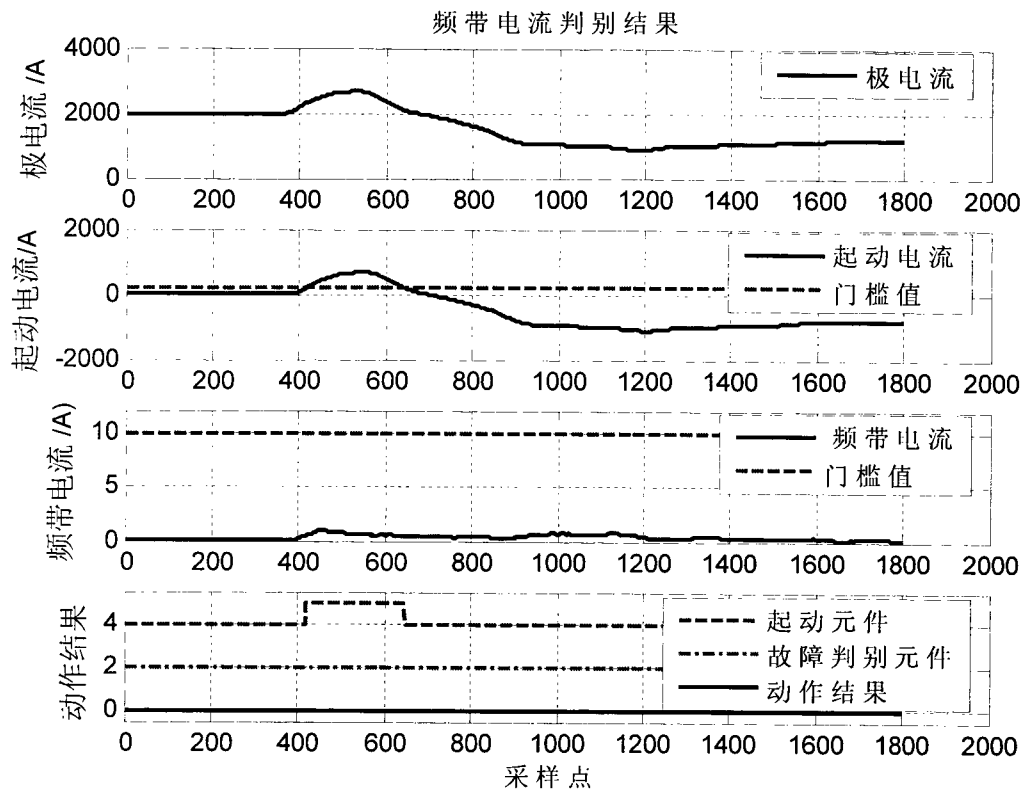


图 13

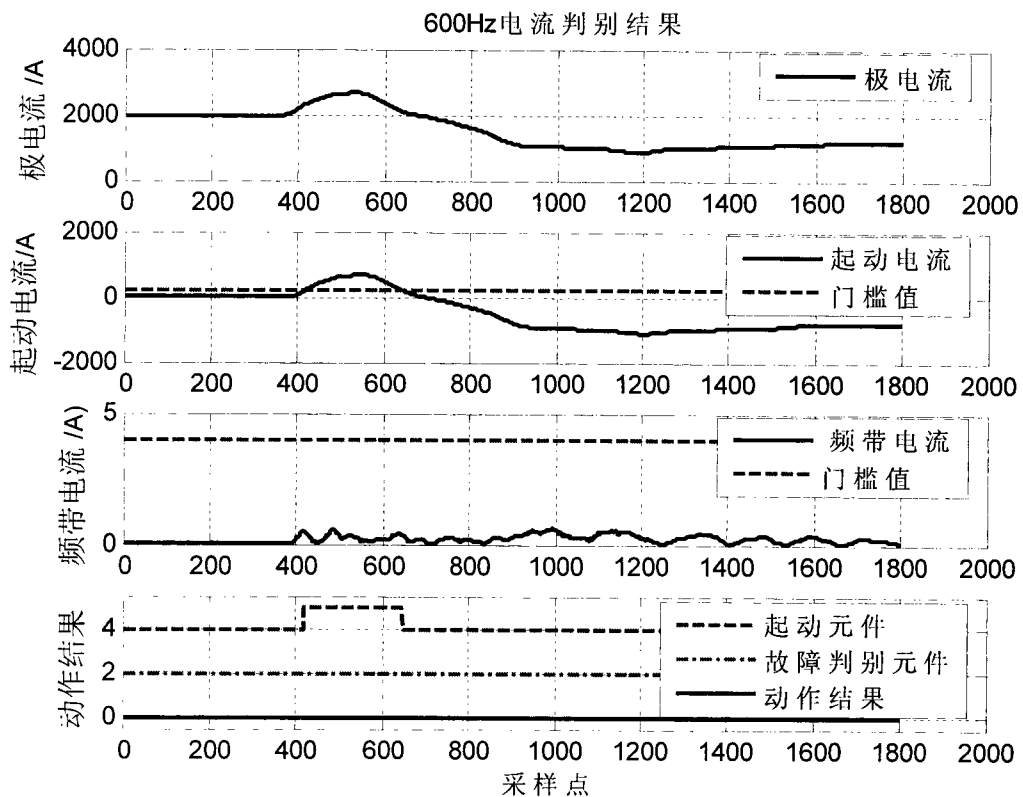


图 14

说明书附图

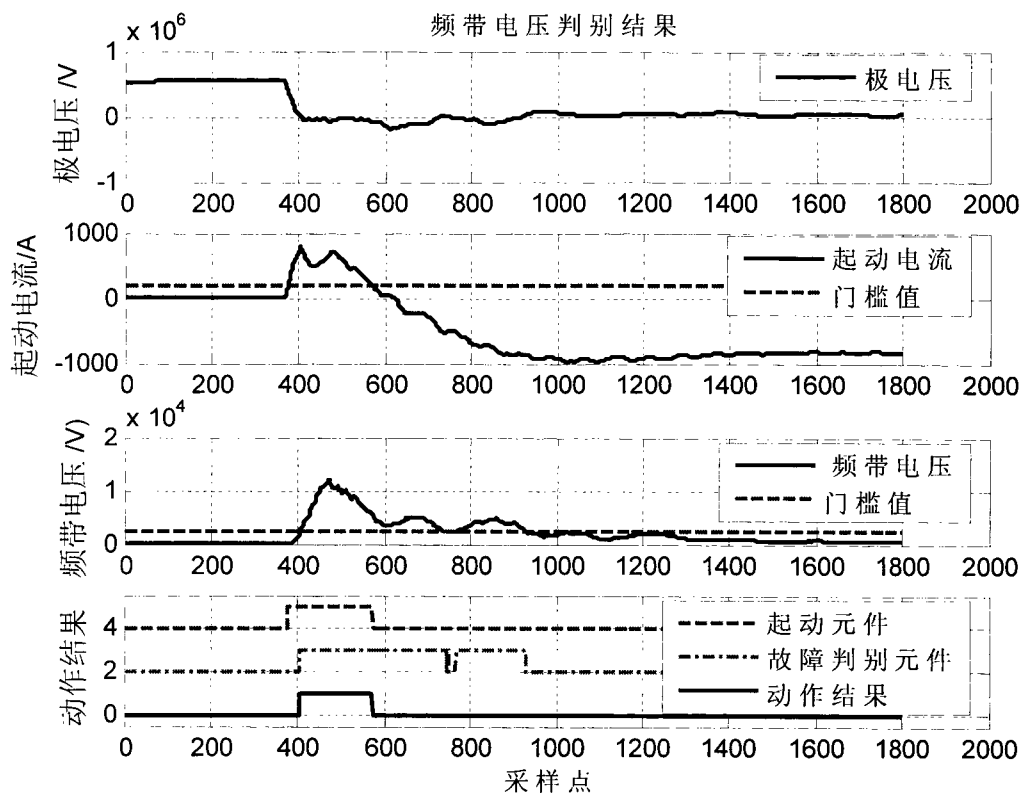


图 15

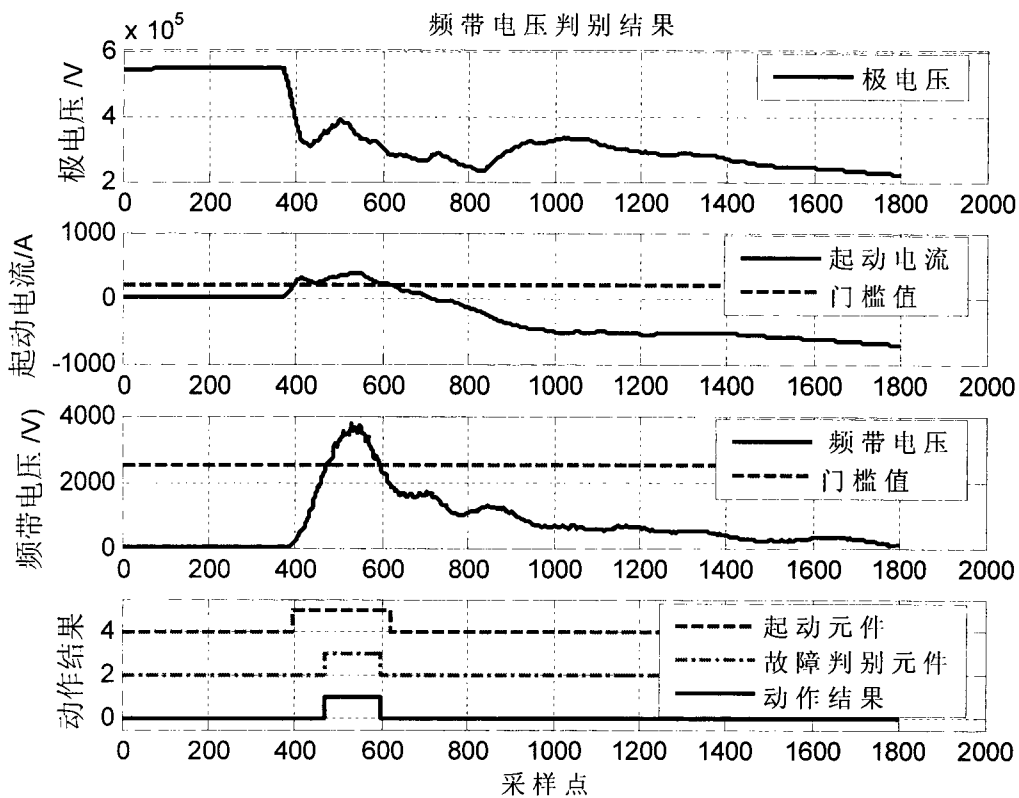


图 16

说明书附图

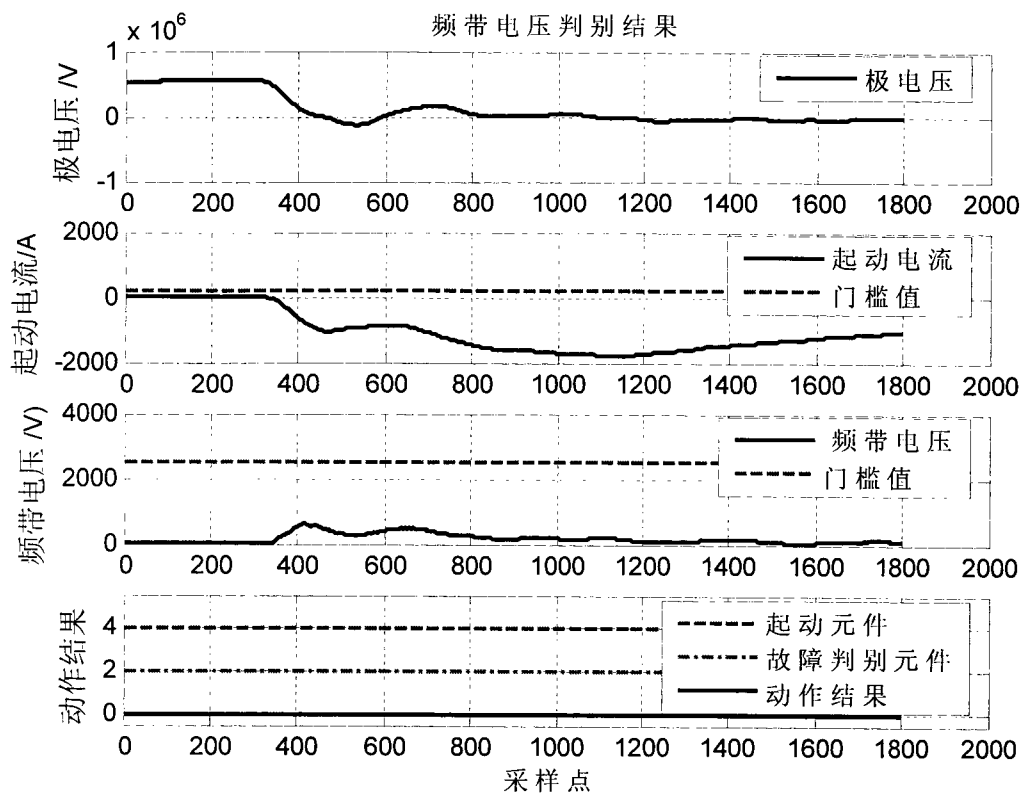


图 17

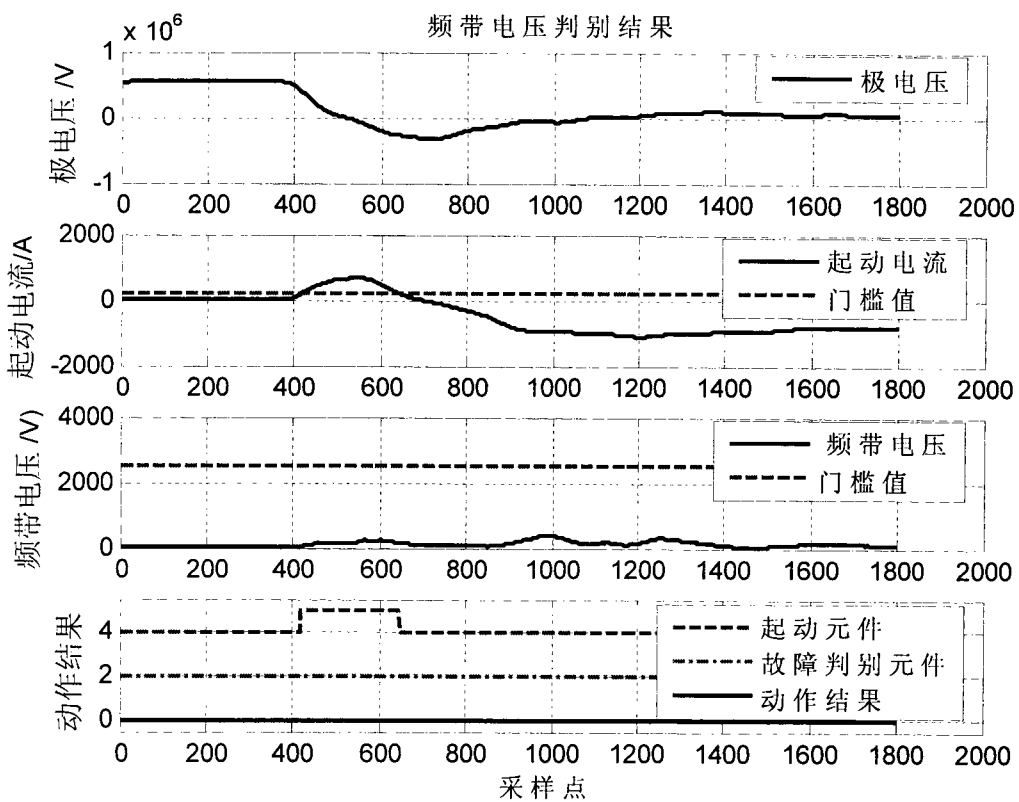


图 18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2011/077600**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: H02H; G01R 31/08

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)

DWPI, CNTXT, CNKI, IEEE: FAULT, FREQUENCY, LINE, TRANSMISSION, one-end, one-side, area, internal, external, frequency point, frequency block, frequency band, high frequency, low frequency

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 101777759 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY), 14 July 2010 (14.07.2010), description, paragraphs 0102-0107 and 0117-0136, and figures 2 and 8	1, 2, 10
A		3-9
E	CN 102255293 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY), 23 November 2011 (23.11.2011), claims 1-10	1-10
A	CN 101697411 A (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY), 21 April 2010 (21.04.2010), the whole document	1-10
A	US 5796257 A (UNIV BATH), 18 August 1998 (18.08.1998), the whole document	1-10
A	GAO, Shuping et al., A New Pilot Protection Principle for HVDC Transmission Lines Based on Current Fault Component, AUTOMATION OF ELECTRIC POWER SYSTEMS. 10 March 2011, vol. 35, no. 5, pages 52-56 and 86, ISSN 1000-1026	1-10

☐ 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
07 March 2012 (07.03.2012)Date of mailing of the international search report
05 April 2012 (05.04.2012)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

SONG, XuemeiTelephone No.: (86-10) **62411797**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2011/077600

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 101777759 A	14.07.2010	None	
CN 102255293 A	23.11.2011	None	
CN 101697411 A	21.04.2010	None	
US 5796257 A	18.08.1998	GB 2270217 A	02.03.1994
		WO 9406026 A1	17.03.1994
		AU 4968093 A	29.03.1994
		EP 0657033 A1	14.06.1995
		GB 2270217 B	10.04.1996
		JPH 08507914 A	20.08.1996
		EP 0657033 B1	09.04.1997
		DE 69309694 E	15.05.1997
		CA 2141420 C	08.01.2002
		JP 3386465 B2	17.03.2003

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2011/077600

CONTINUATION OF SECOND SHEET BOX A:

CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02H 7/26 (2006.01) i

G01R 31/08 (2006.01) i

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2011/077600

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: H02H; G01R 31/08

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))

DWPI, CNTXT, CNKI, IEEE: FAULT, FREQUENCY, LINE, TRANSMISSION, 单端, 单侧, 一端, 一侧, 故障, 区, 内, 外, 频率, 频点, 频段, 频带, 线, 高频, 低频

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 101777759 A (西安交通大学) 14. 7 月 2010 (14. 07. 2010) 说明书第 0102-0107, 0117-0136 段, 以及附图 2, 8	1, 2, 10
A		3-9
E	CN 102255293 A (西安交通大学) 23. 11 月 2011 (23. 11. 2011) 权利要求 1-10	1-10
A	CN 101697411 A (华南理工大学) 21. 4 月 2010 (21. 04. 2010) 全文	1-10
A	US 5796257 A (UNIV BATH) 18. 8 月 1998 (18. 08. 1998) 全文	1-10
A	高淑萍 等. 利用电流突变特性的高压直流输电线路纵联保护新原理. 电力系统自动化. 10. 3 月 2011, 第 35 卷, 第 5 期, 第 52-56, 86 页, ISSN 1000-1026	1-10

☐ 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
07. 3 月 2012 (07. 03. 2012)

国际检索报告邮寄日期
05.4 月 2012 (05.04.2012)

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/CN2011/077600

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 101777759 A	14. 07. 2010	无	
CN 102255293 A	23. 11. 2011	无	
CN 101697411 A	21. 04. 2010	无	
US 5796257 A	18. 08. 1998	GB 2270217 A	02. 03. 1994
		WO 9406026 A1	17. 03. 1994
		AU 4968093 A	29. 03. 1994
		EP 0657033 A1	14. 06. 1995
		GB 2270217 B	10. 04. 1996
		JPH 08507914 A	20. 08. 1996
		EP 0657033 B1	09. 04. 1997
		DE 69309694 E	15. 05. 1997
		CA 2141420 C	08. 01. 2002
		JP 3386465 B2	17. 03. 2003

续第 2 页 A 栏:

主题的分类

H02H 7/26 (2006.01) i

G01R 31/08 (2006.01) i