

# (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  
2012年11月15日 (15.11.2012)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号  
WO 2012/151836 A1

- (51) 国际专利分类号:  
G09B 9/00 (2006.01) G01R 27/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2011/080008
- (22) 国际申请日: 2011年9月22日 (22.09.2011)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201110118892.1 2011年5月10日 (10.05.2011) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 安徽省电力科学  
研究院 (ANHUI ELECTRIC POWER RE-  
SEARCH INSTITUTE) [CN/CN]; 中国安徽省合肥市  
金寨路73号, Anhui 230601 (CN)。 苏州华电电气  
股份有限公司 (SUZHOU HD ELECTRIC CO.,  
LTD.) [CN/CN]; 中国江苏省苏州市吴中经济开发区  
河东工业园善浦路255号, Jiangsu 215124 (CN)。 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)。
- (72) 发明人: 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 傅中 (FU, Zhong)  
[CN/CN]; 中国安徽省合肥市金寨路73号, Anhui  
230601 (CN)。 叶剑涛 (YE, Jiantao) [CN/CN]; 中国

安徽省合肥市金寨路73号, Anhui 230601 (CN)。 杨  
道文 (YANG, Daowen) [CN/CN]; 中国安徽省合肥市  
金寨路73号, Anhui 230601 (CN)。 陈自年 (CHEN,  
Zinian) [CN/CN]; 中国安徽省合肥市金寨路73号,  
Anhui 230601 (CN)。 李伟 (LI, Wei) [CN/CN]; 中国  
安徽省合肥市金寨路73号, Anhui 230601 (CN)。 程  
登峰 (CHENG, Dengfeng) [CN/CN]; 中国安徽省合  
肥市金寨路73号, Anhui 230601 (CN)。 黄永康  
(HUANG, Yongkang) [CN/CN]; 中国安徽省合肥市金  
寨路73号, Anhui 230601 (CN)。 董晶晶 (DONG,  
Jingjing) [CN/CN]; 中国安徽省合肥市金寨路73号,  
Anhui 230601 (CN)。 童文辉 (TONG, Wenhui)  
[CN/CN]; 中国安徽省合肥市金寨路73号, Anhui  
230601 (CN)。 王翠翠 (WANG, Cuicui) [CN/CN]; 中  
国安徽省合肥市金寨路73号, Anhui 230601 (CN)。

(74) 代理人: 北京集佳知识产权代理有限公司  
(UNITALEN ATTORNEYS AT LAW); 中国北京市朝  
阳区建国门外大街22号赛特广场7层, Beijing  
100004 (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,

[见续页]

(54) Title: POWER FREQUENCY PARAMETER SIMULATION SYSTEM FOR A POWER TRANSMISSION LINE AND CON-  
TROL METHOD THEREOF

(54) 发明名称: 一种输电线路工频参数模拟系统及其控制方法

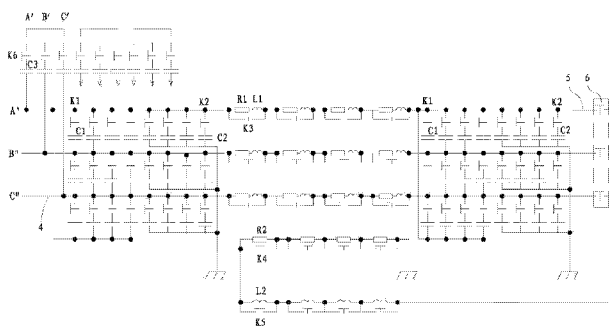


图2 / FIG. 2

(57) Abstract: A power frequency parameter simulation system for a power transmission line and a control method thereof, the sys-  
tem comprises a simulation main circuit(1), an interference power supply(2) and a procedure controller(3). In the system, a power  
frequency parameter of a 10 to 100 kilometers of 500kV power transmission line is simulated in a parameter integration manner, and  
the control method comprises the following steps of: a step to detect the automatically zeroing during starting up, a step to control the  
reduction of the length of a simulation line and a step to control a simulation interference voltage. A long-distance power transmis-  
sion line is realized to be moved into a room and be tested by means of the power frequency parameter test system, so the various in-  
conveniences of on-site measurement are avoided. The system realizes intelligent control over the simulation power line according to  
acquisition and analysis of the procedure controller to a signal, secure and reliable test and experiment performed on the power fre-  
quency parameter of the line in a laboratory can be realized, reliable training equipment is provided for learners, the anti-interference  
capability of a tester can be checked, and the whole system is applicable to line parameter testers produced by most of the conven-  
tional factories in China.

[见续页]



WO 2012/151836 A1



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, 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。

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, 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,

**本国际公布:**

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

---

(57) **摘要:**

一种输电线路工频参数模拟系统及其控制方法。系统包括模拟主线路(1)、干扰电源(2)和程序控制器(3)。系统采用集中参数的方式模拟出 10-100km 的 500kv 输电线路工频分布参数, 其控制方法步骤包括: 开机自动回零检测步骤、减短模拟线路长度控制步骤、模拟干扰电压控制步骤。通过模拟输电线路工频参数测试系统, 实现了将长距离输电线路搬至室内试验, 避免了现场测量的诸多不便, 该系统通过程序控制器对信号的采集分析, 实现了对模拟输电线路的智能控制以及在实验室对线路工频参数的安全可靠测试与试验, 为学员提供了可靠的培训设备, 可检验试验仪器的抗干扰能力, 该系统能适应国内现有大多数厂家生产的线路参数测试仪。

## 一种输电线路工频参数模拟系统及其控制方法

本申请要求于 2011 年 5 月 10 日提交中国专利局、申请号为 201110118892.1、发明名称为“输电线路工频参数模拟系统及其控制方法”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

### 5 技术领域

本发明属于输变电测试，特别涉及一种输电线路工频参数模拟系统及其控制方法，该系统及控制方法是模拟实际线路的工频参数，实现在实验室对实际线路的分析测试。

### 背景技术

10 对于输电线路的参数测试通常需要线路停电进行实地测试，此种方式的测试对于使用各种仪器培训测试人员极为不方便，容易发生安全事故，并且不能提前检验到测试仪器的抗干扰能力，抗干扰能力差的仪器测试结果将不准确。

### 发明内容

15 本发明的目的是提出一种输电线路工频参数模拟系统及其控制方法技术方案，该方案采用集中参数的方式模拟出 10-100km 的 500kV 输电线路工频分布参数，如：导线电阻、电感、电容（对地电容和相间电容）、干扰电压等，用于线路工频参数测试及培训，且能适应国内现有大多数厂家生产的线路参数测试仪。

为了实现上述目的，本发明技术方案是这样实现的：

20 一种输电线路工频参数模拟系统，包括模拟主线路、干扰电源和程序控制器；所述模拟主线路包括三相各自独立的电动调压器、三个单相变压器，所述三个单相变压器输入分别对应连接三相各自独立的电动调压器的输出；所述干扰电源包括三相电动调压器、三相变压器，所述三相变压器输出的三相电压各不相等，所述三相电动调压器输出与所述三相变压器输入连接；所述三个单相  
25 变压器输出分别设置有电压、电流信号传感器，所述三相变压器的三相输出分别设置有电压信号传感器，所述三相各自独立的电动调压器和所述三相电动调压器分别设置有复位信号传感器，所述各信号传感器分别连接至程序控制器的信号采集端，程序控制器的控制输出连接至三相各自独立的电动调压器和三相电动调压器的控制输入；所述模拟主线路的三个单相变压器的三相输出分别连

接 $\pi$ 型阻抗电路,所述 $\pi$ 型阻抗电路前臂和后臂分别是相间电容和对地电容,中间是相互串接的电阻和电感,所述的相间电容通过相间开关实现电容相间连接,所述对地电容通过接地开关实现电容与地连接,与所述相互串接的电阻和电感并接有短路开关,所述前臂与三个单相变压器输出的连接端称为三个单相  
5 变压器输出初端,所述后臂称为输出末端;所述输出末端设置有三相短路开关,所述三相短路开关的短路点与地之间设置有接地回路电阻和解耦电感,所述接地回路电阻和解耦电感串联,接地回路电阻一端接地,与接地回路电阻并联接有电阻短路开关,与解耦电感并连接有解耦电感短路开关;所述干扰电源的三相变压器输出的三相电压分别通过开关和耦合电容连接至模拟主线路三个单  
10 相变压器三相输出所对应的输出初端。

所述 $\pi$ 型阻抗电路是多路,多路 $\pi$ 型阻抗电路相互串联;所述接地回路电阻是多路,多路接地回路电阻相互串联,每一路接地回路电阻并连接有电阻短路开关;所述解耦电感是多路,多路解耦电感相互串联,每一路解耦电感并连接有解耦电感短路开关。

15 所述耦合电容的电容值是 22 毫微法拉至 100 毫微法拉。

所述模拟主线路是 500kV 输电模拟线路,所述三相各自独立的电动调压器电压是在 0 至 500V 的范围;所述干扰电源是 0 至 500V,所述干扰电源三相变压器输出的三相电压通过开关分为三组输出,三组输出通过三组耦合电容连接至三个单相变压器三相输出所对应的输出初端,三组耦合电容分别是 22  
20 毫微法拉、44 毫微法拉和 100 毫微法拉。

所述多路 $\pi$ 型阻抗电路分别是 10 公里、20 公里、30 公里、40 公里 $\pi$ 型阻抗电路,所述多路接地回路电阻分别是 10 公里、20 公里、30 公里、40 公里接地回路电阻,所述多路解耦电感分别是 10 公里、20 公里、30 公里、40 公里解耦电感。

25 所述电动调压器的调压电机与模拟主线路和干扰电源分开电源供电。

一种输电线路工频参数模拟系统控制方法,包括上述的一种输电线路工频参数模拟系统,所述 $\pi$ 型阻抗电路分别是 10 公里、20 公里、30 公里、40 公里 $\pi$ 型阻抗电路,所述接地回路电阻分别是 10 公里、20 公里、30 公里、40 公里接地回路电阻,所述解耦电感分别是 10 公里、20 公里、30 公里、40 公

里解耦电感，对应上述参数设有 10 公里、20 公里、30 公里、40 公里模拟线路电压；其控制方法步骤包括：开机自动回零检测步骤、减短模拟线路长度控制步骤、模拟干扰电压控制步骤；

所述开机自动回零检测步骤是：开机检测各调压器的零位状态，并将不在  
5 零位的调压器自动回零；

所述减短模拟线路长度控制步骤是：当减短线路长度参数时，首先是将电压减至对应模拟线路长度的电压，然后将参数改变到对应线路长度的参数；

所述模拟干扰电压控制步骤是：当需要对模拟线路加入干扰电压时，先打开“干扰电源”电源，将模拟线路长度切换到最高线路长度档，进行干扰电压  
10 输出的升降压调节到所需的干扰电压，加入干扰电压到模拟线路相线上。

本发明的有益效果是：避免了传统输电线路参数现场测试的线路停电需要，通过程序控制器对信号的采集分析，实现了对模拟输电线路的智能控制；在实验室简单的实现各种线路参数测试与试验，并可检验试验仪器的抗干扰能力。

## 15 附图说明

图 1 为本发明控制系统电源电路示意图；

图 2 为本发明控制系统四路参数接入电路示意图。

### 具体实施方式

为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂，下面结合附图对本发明的具体实施方式做详细的说明。  
20

实施例 1，

一种输电线路工频参数模拟系统实施例，参见图 1 和图 2，所述系统包括模拟主线路 1、干扰电源 2 和程序控制器 3；所述模拟主线路包括三相各自独立的电动调压器 1-1、三个单相变压器 1-2，所述三个单相变压器输入分别对  
25 应连接三相各自独立的电动调压器的输出；所述干扰电源包括三相电动调压器 2-1、三相变压器 2-2，所述三相变压器输出的三相电压各不相等，所述三相电动调压器输出与  
所述三相变压器输入连接；所述三个单相变压器输出分别设置有电压传感器 1-3、电流信号传感器 1-4，所述三相变压器的三相输出分别设置有电压信号传感器 2-3，所述三相各自独立的电动调压器和所述三相电动调

压器分别设置有复位信号传感器,所述各信号传感器分别连接至程序控制器的信号采集端,程序控制器的控制输出连接至三相各自独立的电动调压器和三相电动调压器的控制输入控制驱动电机 M 和 MA、MB 和 MC; 所述模拟主线路的三个单相变压器的三相输出分别连接  $\pi$  型阻抗电路,所述  $\pi$  型阻抗电路前臂 5 和后臂分别是相间电容 C1 和对地电容 C2、中间是相互串接的电阻 R1 和电感 L1,所述的相间电容通过相间开关 K1 实现电容相间连接,所述对地电容通过接地开关 K2 实现电容与地连接,与所述相互串接的电阻和电感并接有短路开关 K3,所述前臂与三个单相变压器输出的连接端称为三个单相变压器输出初端 4,所述后臂称为输出末端 5; 所述输出末端设置有三相短路开关 6,所述 10 三相短路开关的短路点与地之间设置有接地回路电阻 R2 和解耦电感 L2,所述接地回路电阻和解耦电感串联,接地回路电阻一端接地,与接地回路电阻并连接有电阻短路开关 K4,与解耦电感并连接有解耦电感短路开关 K5; 所述干扰电源的三相变压器输出的三相电压分别通过开关 K6 和耦合电容 C3 连接至模拟主线路三个单相变压器三相输出所对应的输出初端。

15 其中,  $\pi$  型阻抗电路的电容、电阻和电感是根据所模拟的线路长度的等值电路计算得出,为了模拟不同长度的线路的阻抗,所述  $\pi$  型阻抗电路分为多路,多路  $\pi$  型阻抗电路相互串联(其中的多路的相间电容和多路的对地电容相互是并接的,中间的多路电阻电感是串接的); 所述接地回路电阻是多路,多路接地回路电阻相互串联,每一路接地回路电阻并连接有电阻短路开关; 所述解耦 20 电感是多路,多路解耦电感相互串联,每一路解耦电感并连接有解耦电感短路开关。

为了限制干扰电压接入时不会产生大电流,所述耦合电容的电容值选择在 22 毫微法拉 (nF) 至 100 毫微法拉 (nF)。

25 其中,当测量线路正序阻抗和零序阻抗时,末端接地,忽略电阻,三相线路每相有自感,相与相之间有互感,由于  $\pi$  型阻抗电路使用集中参数代替分布参数,使用集中电感,各相之间没有互感的关系,电路中也很难实现,为了使模拟线路的电感接近实际电感,模拟线路参数更准确,根据电路原理,在模拟线路末端加入了解耦电感,接入了解耦电感后各相自感发生了变化,使得测量的结果跟接近实际电路,这些参数我们可以通过实测和计算得到。

本实施例所述模拟主线路是 500kV 输电线路，其三相各自独立的电动调压器模拟电压是在 0 至 500V 的范围调整；另外所述干扰电源是在 0 至 500V 之间调整，如图 2 所示，所述干扰电源三相变压器输出的三相电压通过开关分为三组输出，三组输出通过三组耦合电容连接至三个单相变压器输出所对应的输出初端，三组耦合电容分别是 22 毫微法拉、44 毫微法拉和 100 毫微法拉。

图 2 中显示的所述多路  $\pi$  型阻抗电路分别是 10 公里、20 公里、30 公里、40 公里  $\pi$  型阻抗电路，所述多路接地回路电阻分别是 10 公里、20 公里、30 公里、40 公里接地回路电阻，所述多路解耦电感分别是 10 公里、20 公里、30 公里、40 公里解耦电感。上述参数的数值通过等值电路可以计算出来；四个相间电容 C1 分别对应是 0.01、0.02、0.03、0.04 微法拉；四个对地电容 C2 分别对应是 0.015、0.03、0.045、0.06 微法拉；四个电阻 R1 分别对应是 0.15、0.3、0.45、0.6 欧姆；四个电感 L1 分别对应是 8.9、17.8、26.7、35.6 毫亨；四个接地回路电阻 R2 分别对应是 0.5、1.0、1.5、2.0 欧姆。

为了能够在模拟主线路和干扰电源断电时调压器回零，因此所述电动调压器的调压电机与模拟主线路和干扰电源分开电源供电。

实施例 2，

一种输电线路工频参数模拟系统控制方法，包括实施例 1 上述的一种输电线路工频参数模拟系统，所述  $\pi$  型阻抗电路分别是 10 公里、20 公里、30 公里、40 公里  $\pi$  型阻抗电路，所述接地回路电阻分别是 10 公里、20 公里、30 公里、40 公里接地回路电阻，所述解耦电感分别是 10 公里、20 公里、30 公里、40 公里解耦电感，对应上述参数设有 10 公里、20 公里、30 公里、40 公里模拟线路电压；其控制方法步骤包括：开机自动回零检测步骤、减短模拟线路长度控制步骤、模拟干扰电压控制步骤；

所述开机自动回零检测步骤是：开机检测各调压器的零位状态，并将不在零位的调压器自动回零；

所述减短模拟线路长度控制步骤是：当减短线路长度参数时，首先是将电压减至对应模拟线路长度的电压，然后将参数改变到对应线路长度的参数；

所述模拟干扰电压控制步骤是：当需要对模拟线路加入干扰电压时，先打开“干扰电源”电源，将模拟线路长度切换到任意线路长度档，进行干扰电压

输出的升降压调节到所需的干扰电压，加入干扰电压到模拟线路相线上。

所述各参数对应模拟的线路长度的电压值分别是 10 公里：30V，20 公里：60V，30 公里：90V，40 公里：120V，50 公里：150V，60 公里：180V，70 公里：210V，80 公里：240V，90 公里：270V，100 公里：300V。

- 5 上述实施例 1 和实施例 2 是用集中参数的方式模拟出 500kV 输电线路的分布参数，将 100 公里长度的线路通过四组参数组合可以划分成 10 等分，在加入模拟电源的同时叠加入干扰电源，模拟线路工频参数测试时线路上的感应电压，干扰电源将对工频参数测试仪测量时产生影响，因此通过这套系统可检测工频参数测试仪抗干扰电源的能力以及干扰电源对测试结果准确度的影响。
- 10 理论上，输电线路就是对称的无源二端口网络，并可用对称的等值电路来表示，一般有  $\pi$  型和 T 型两种电路均可作为输电线的等值电路，在工程中，既要保证必要的精度，又要尽可能的简化计算，采用近似参数时，对长度不超过 300km 的线路用一个  $\pi$  型电路来代替更为准确，对于更长的线路，则可用串级联接的多个  $\pi$  型电路来模拟。
- 15 因此，本发明使用输电线路的集中参数  $\pi$  型电路代替了其分布参数特征，线路全长 100 公里。该  $\pi$  型电路前后为相间电容和对地电容，中间为电阻和电感，通过调节电阻、电感、电容的大小表示不同长度的线路（长度有 10 公里、20 公里... ..100 公里，共 10 种不同长度），调节参数切换电路时，可将相间电容、对地电容和电阻、电感同时切换入相同线路长度时的参数，为保证  $\pi$  型电
- 20 路的准确性，测零序阻抗时同时切入相应长度的地回路阻抗。测量阻抗时，末端增加了电感 L2，此电感是将三相线路解耦后形成集中参数时，末端需要增加的一个电感，此电感可以通过计算获得。切换 10 等份 100 公里线路长度时采用二进制组合方式，1、2、3、4 组合方式，可以手动步进式组合方式，即当需要减少线路长度时可以由内部软件智能化判断组合方式。
- 25 线路工频参数测试时，可能从附近运行的线路或设备上感应较高的电压，此电压对测试人员的安全和测试数据的准确度都会有影响。此感应电压主要包括电容耦合感应电压和电磁耦合感应电压，根据干扰线路电压等级和耦合紧密情况的不同，干扰电压值从几百伏到十几千伏不等。本系统加入了模拟电容耦合感应电压，将干扰电源与测试电源叠加，模拟对测试回路的影响。



干扰电压由调压器经隔离变和电容切入,利用电容耦合的原理加入测试回路,本实施例有三条干扰源,可以切入任意一条干扰源,主要区别在于耦合电容大小不相同,耦合能量不相同,因此耦合至线路的电压不同,干扰效果也不相同;每条干扰源中每相干扰电压不相同,由电容前端的调压器同步调节,保证耦合到线路的电压三相不一致,从而实现对测量回路的模拟干扰作用,做任意长度线路的各种参数时均可以切入干扰电压。当试验进行时,由于采用电容耦合的方式,因此回路电源和干扰电源不需要相位同步就可切入干扰。耦合电容的选择,需要限制通过该电容的电流大小,此电流不大于 150mA,因此选择电容时需足够小,要小于 150nF,其容抗足够大以便限制通过电容的电流,通过计算我们选择了电容 22nF、44nF、100nF。三相同步可调干扰电源隔离输出: A 相 0-200V; B 相 0-300V; C 相 0-500V。

打开“干扰电源”时,系统自动切换到最高线路长度档,点按干扰一,二或三之一,干扰灯闪亮时,长按干扰升或降压按钮,调节干扰到模拟线路上的电压值,再点按闪亮按钮灯,常亮时切入相应干扰电压。

打开“调压电源”后,“同步调压”时,长按任一相电压升或降压按钮,各相模拟线路电压同时调节;“独立调压”时,长按任一相电压升或降压按钮,对应相模拟线路电压独立调节。二者可以互相切换控制。

实施例开机默认为最长档位,如 100 公里,即  $10+20+30+40=100$  公里,当用户想减短线路长度时,系统会先自动降压,再切至当前线路长度档,以免直接切换到低长度档时电流过大,当独立调压时,系统将各相电压先降至相等的自动降压值,然后用户再进行独立调压相关试验。在使用调压电源加长模拟线路长度时,系统不会自动调压。

当需要对模拟线路加入干扰电压时,先点按“干扰电源”打开电源,此时系统自动将模拟线路长度切换到最高线路长度档,如 100 公里档。点按干扰类型一,二或三,此时相应干扰灯闪亮,用户须先进行干扰电压输出的升降压调节,直到调到合适的干扰电压,然后将干扰电压叠加到模拟线路相线上。

本系统调压方式有二种:同步调压和独立调压,在调压过程中可以互相切换,只有在使用“调压电源”时才这二种调压方式才有效。默认状态下,在同步调压时,按任意 ABC 升压按钮时,三相电压同步升压;按任意 ABC 降压按

钮时，三相电压同步降压；松开升降压按钮时停止升降压。当切换到独立调压时，按 A 相升降压按钮，则 A 相调压器升降压输出，其它调压器不动作；按 B 或 C 相时也相应动作，三者不会互相干扰，但如果升压过高，系统有可能会过流保护。如果是先独立调压后同步调压，则同步升压时，系统先升压到三相中最高的一相的电压，然后三个调压器再一起升压；而同步降压时，先降压到三相中最低的一相的电压，然后再一起降压。

以上所述，仅是本发明的较佳实施例而已，并非对本发明作任何形式上的限制。虽然本发明已以较佳实施例揭露如上，然而并非用以限定本发明。任何熟悉本领域的技术人员，在不脱离本发明技术方案范围情况下，都可利用上述揭示的方法和技术内容对本发明技术方案做出许多可能的变动和修饰，或修改为等同变化的等效实施例。因此，凡是未脱离本发明技术方案的内容，依据本发明的技术实质对以上实施例所做的任何简单修改、等同变化及修饰，均仍属于本发明技术方案保护的范围内。

## 权 利 要 求

1、输电线路工频参数模拟系统，其特征在于，所述系统包括模拟主线路、干扰电源和程序控制器；所述模拟主线路包括三相各自独立的电动调压器、三个单相变压器，所述三个单相变压器输入分别对应连接三相各自独立的电动调压器的输出；所述干扰电源包括三相电动调压器、三相变压器，所述三相变压器输出的三相电压各不相等，所述三相电动调压器输出与所述三相变压器输入连接；所述三个单相变压器输出分别设置有电压、电流信号传感器，所述三相变压器的三相输出分别设置有电压信号传感器，所述三相各自独立的电动调压器和所述三相电动调压器分别设置有复位信号传感器，所述各信号传感器分别连接至程序控制器的信号采集端，程序控制器的控制输出连接至三相各自独立的电动调压器和三相电动调压器的控制输入；所述模拟主线路的三个单相变压器的三相输出分别连接 $\pi$ 型阻抗电路，所述 $\pi$ 型阻抗电路前臂和后臂分别是相间电容和对地电容、中间是相互串接的电阻和电感，所述的相间电容通过相间开关实现电容相间连接，所述对地电容通过接地开关实现电容与地连接，与所述相互串接的电阻和电感并联有短路开关，所述前臂与三个单相变压器输出的连接端称为三个单相变压器输出初端，所述后臂称为输出末端；所述输出末端设置有三相短路开关，所述三相短路开关的短路点与地之间设置有接地回路电阻和解耦电感，所述接地回路电阻和解耦电感串联，接地回路电阻一端接地，与接地回路电阻并联接有电阻短路开关，与解耦电感并联连接有解耦电感短路开关；所述干扰电源的三相变压器输出的三相电压分别通过开关和耦合电容连接至模拟主线路三个单相变压器三相输出所对应的输出初端。

2、根据权利要求1所述的输电线路工频参数模拟系统，其特征在于，所述 $\pi$ 型阻抗电路是多路，多路 $\pi$ 型阻抗电路相互串联；所述接地回路电阻是多路，多路接地回路电阻相互串联，每一路接地回路电阻并联接有电阻短路开关；所述解耦电感是多路，多路解耦电感相互串联，每一路解耦电感并联连接有解耦电感短路开关。

3、根据权利要求1所述的输电线路工频参数模拟系统，其特征在于，所述耦合电容的电容值是22毫微法拉至100毫微法拉。

4、根据权利要求1所述的输电线路工频参数模拟系统，其特征在于，所

述模拟主线路是 500kV 输电模拟线路，所述三相各自独立的电动调压器电压是在 0 至 500V 的范围，所述干扰电源是 0 至 500V，所述干扰电源三相变压器输出的三相电压通过开关分为三组输出，三组输出通过三组耦合电容连接至三个单相变压器三相输出所对应的输出初端，三组耦合电容分别是 22 毫微法拉、44 毫微法拉和 100 毫微法拉。

5 5、根据权利要求 2 所述的输电线路工频参数模拟系统，其特征在于，所述多路  $\pi$  型阻抗电路分别是 10 公里、20 公里、30 公里、40 公里  $\pi$  型阻抗电路，所述多路接地回路电阻分别是 10 公里、20 公里、30 公里、40 公里接地回路电阻，所述多路解耦电感分别是 10 公里、20 公里、30 公里、40 公里解耦电感。

6、根据权利要求 1 所述的输电线路工频参数模拟系统，其特征在于，所述电动调压器的调压电机与模拟主线路和干扰电源分开电源供电。

7、输电线路工频参数模拟系统控制方法，其特征在于，包括权利要求 1 所述的输电线路工频参数模拟系统，所述  $\pi$  型阻抗电路分别是 10 公里、20 公里、30 公里、40 公里  $\pi$  型阻抗电路，所述接地回路电阻分别是 10 公里、20 公里、30 公里、40 公里接地回路电阻，所述解耦电感分别是 10 公里、20 公里、30 公里、40 公里解耦电感，对应上述参数设有 10 公里、20 公里、30 公里、40 公里模拟线路电压；其控制方法步骤包括：开机自动回零检测步骤、减短模拟线路长度控制步骤、模拟干扰电压控制步骤；

20 所述开机自动回零检测步骤是：开机检测各调压器的零位状态，并将不在零位的调压器自动回零；

所述减短模拟线路长度控制步骤是：当减短线路长度参数时，首先是将电压减至对应模拟线路长度的电压，然后将参数改变到对应线路长度的参数；

25 所述模拟干扰电压控制步骤是：当需要对模拟线路加入干扰电压时，先打开“干扰电源”电源，将模拟线路长度切换到任意线路长度档，进行干扰电压输出的升降压调节到所需的干扰电压，加入干扰电压到模拟线路相线上。

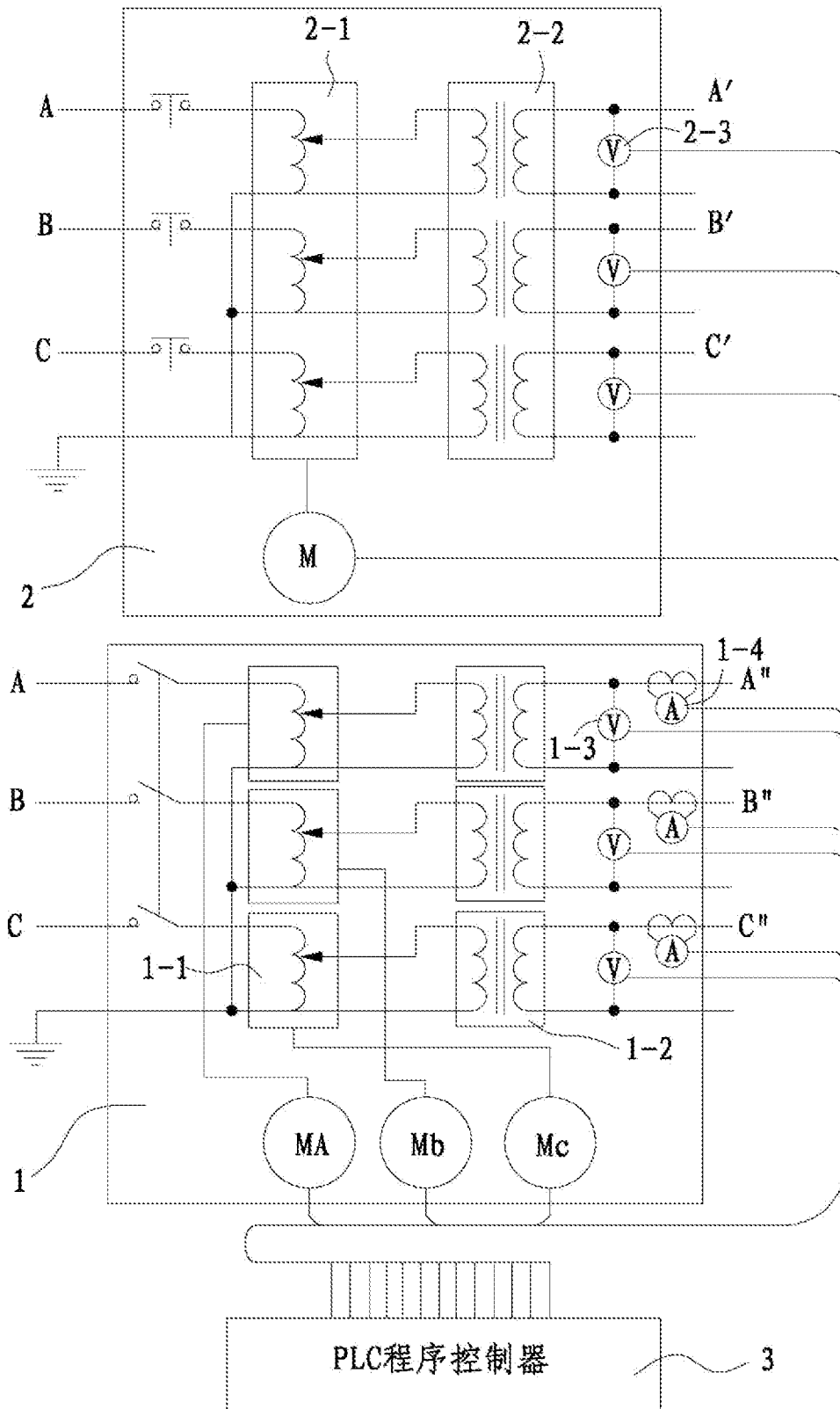


图 1

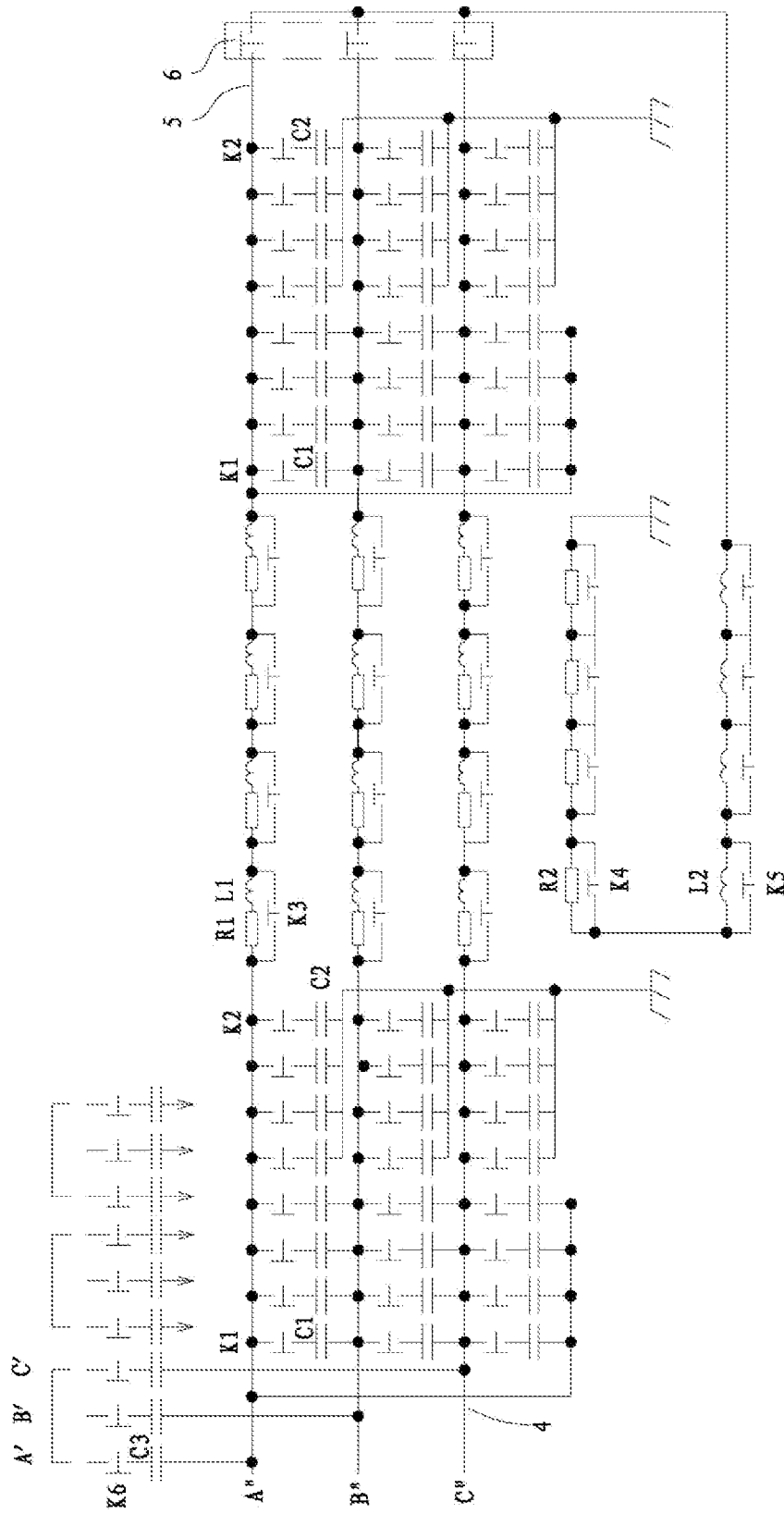


图 2

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/CN2011/080008

## 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: G09B9+, G09B23/18, G01R27+,G01R31+

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, CNTXT, WPI, EPODOC: power, transmit, transmission, long, far, distance, line, model, simulat+, emulation, impedance, capacitance, earth, ground, phase-to-phase, interphase, zero, positive, sequence, disturb+, interference, test+, teach+, indoor?, laboratory, lab, three, phase

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN102184656A (ANHUI ELECTRIC POWER RES INST etc.) 14 Sep. 2011(14.09.2011) claims 1-7	1-7
A	CN201639294U (HUBEI ELECTRIC POWER TESTING&RES INST etc.) 17 Nov.2010(17.11.2010) the whole document	1-7
A	CN101938125A (WUHAN YITIAN SCIENCE AND TECHNOLOGY CO LTD) 05 Jan. 2011(05.01.2011) the whole document	1-7
A	CN2722259Y (NANJING POWER SUPPLY CO JIANGSU PROV POW etc.) 31 Aug. 2005(31.08.2005) the whole document	1-7

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;”document member of the same patent family</p>
---	--

Date of the actual completion of the international search 04 Feb. 2012(04.02.2012)	Date of mailing of the international search report 01 Mar.2012(01.03.2012)
---	---

<p>Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10)62019451</p>	<p>Authorized officer <b>ZHANG,Honglei</b> Telephone No. (86-10)62085785</p>
---	--

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2011/080008

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN101789602A(CHINA ELECTRIC POWER RES INS) 28 Jul. 2010(28.07.2010) the whole document	1-7
A	EP1976089A2(GENERAL ELECTRIC CO) 01 Oct. 2008(01.10.2008) The whole document	1-7
A	US2004073387A1(ABB RES LTD) 15 Apr. 2004(15.04.2004) the whole document	1-7



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/CN2011/080008

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN102184656A	14.09.2011	none	
CN201639294U	17.11.2010	none	
CN101938125A	05.01.2011	none	
CN2722259Y	31.08.2005	none	
CN101789602A	28.07.2010	none	
EP1976089A2	01.10.2008	MX2008004186 A	28.02.2009
		AU2008201131 B2	20.10.2011
		US2008239602 A1	02.10.2008
		JP2008259412 A	23.10.2008
		KR20080089295 A	06.10.2008
		IN200800663 I1	26.12.2008
		CN101277012 A	01.10.2008
		BR200801048 A	18.11.2008
		AU2008201131 A1	16.10.2008
US2004073387A1	15.04.2004	EP1408595 A1	14.04.2004
		US7200500 B2	03.04.2007

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2011/080008

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER:

G09B 9/00 (2006.01) i

G01R 27/00 (2006.01) i

<b>A. 主题的分类</b>		
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>B. 检索领域</b>		
检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)		
IPC: G09B9+, G09B23/18, G01R27+, G01R31+,		
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, CNTXT, WPI, EPODOC: 高压, 远距离, 长距离, 输电, 线路, 模型, 模拟, 仿真, 阻抗, 电容, 相间电容, 对地电容, 正序阻抗, 零序阻抗, 干扰, 测试, 培训, 教学, 学习, 室内, 实验室, 工频, 三相, power, transmit, transmission, long, far, distance, line, model, simulat+, emulation, impedance, capacitance, earth, ground, phase-to-phase, interphase, zero, positive, sequence, disturb+, interference, test+, teach+, indoor?, laboratory, lab, three, phase		
<b>C. 相关文件</b>		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN102184656A(安徽省电力科学研究院等) 14.9 月 2011(14.09.2011) 权利要求 1-7	1-7
A	CN201639294U(湖北电力试验研究院等)17.11 月 2010(17.11.2010) 全文	1-7
A	CN101938125A(武汉义天科技有限公司) 05.1 月 2011(05.01.2011) 全文	1-7
A	CN2722259Y(江苏省电力公司南京供电公司等)31.8 月 2005(31.08.2005) 全文	1-7 1-7
A	CN101789602A(中国电力科学研究院)28.7 月 2010(28.07.2010) 全文	1-7
A	EP1976089A2(GENERAL ELECTRIC CO)01.10 月 2008(01.10.2008) 全文	1-7
<input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在 C 栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型:		“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
“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件		“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
“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利		“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
“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)		“&” 同族专利的文件
“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		
国际检索实际完成的日期 04.2 月 2012(04.02.2012)	国际检索报告邮寄日期 <b>01.3 月 2012 (01.03.2012)</b>	
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  <b>张洪雷</b>  电话号码: (86-10) <b>62085785</b>	

C(续). 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	US2004073387A1(ABB RES LTD)15.4 月 2004(15.04.2004) 全文	1-7

国际检索报告

关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2011/080008

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN102184656A	14.09.2011	无	
CN201639294U	17.11.2010	无	
CN101938125A	05.01.2011	无	
CN2722259Y	31.08.2005	无	
CN101789602A	28.07.2010	无	
EP1976089A2	01.10.2008	MX2008004186 A	28.02.2009
		AU2008201131 B2	20.10.2011
		US2008239602 A1	02.10.2008
		JP2008259412 A	23.10.2008
		KR20080089295 A	06.10.2008
		IN200800663 I1	26.12.2008
		CN101277012 A	01.10.2008
		BR200801048 A	18.11.2008
		AU2008201131 A1	16.10.2008
US2004073387A1	15.04.2004	EP1408595 A1	14.04.2004
		US7200500 B2	03.04.2007

**A. 主题的分类**

G09B 9/00 (2006.01) i

G01R 27/00 (2006.01) i