



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109586275 A

(43)申请公布日 2019.04.05

(21)申请号 201811217862.4

H02J 3/06(2006.01)

(22)申请日 2018.10.18

(71)申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华园北京
100084-82信箱

申请人 国网四川省电力公司电力科学研究
院

(72)发明人 魏巍 黄少伟 宋炎侃 唐伦
孙昕炜 刘晔

(74)专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限
公司 11002

代理人 王莹 吴欢燕

(51)Int.Cl.

H02J 3/00(2006.01)

H02J 3/36(2006.01)

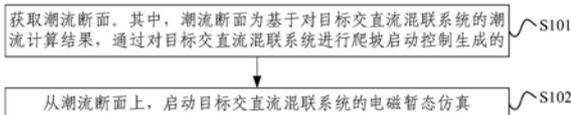
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54)发明名称

交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法与装置

(57)摘要

本发明实施例提供一种交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法与装置,其中所述方法包括:获取潮流断面;从所述潮流断面上,启动目标交直流混联系统的电磁暂态仿真;其中,所述潮流断面为基于对所述目标交直流混联系统的潮流计算结果,通过对所述目标交直流混联系统进行爬坡启动控制生成的。本发明实施例通过应用大规模系统潮流计算结果所提供的潮流断面,并设置同步机的启动方式切换,可以实现目标交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动到稳态,可以更合理的利用计算资源并有效的提高仿真计算效率。



1. 一种交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法,其特征在于,包括:
获取潮流断面;
从所述潮流断面上,启动目标交直流混联系统的电磁暂态仿真;
其中,所述潮流断面为基于对所述目标交直流混联系统的潮流计算结果,通过对所述目标交直流混联系统进行爬坡启动控制生成的。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,基于对所述目标交直流混联系统的潮流计算结果,通过对所述目标交直流混联系统进行爬坡启动控制,生成所述潮流断面的步骤进一步包括:
将所述目标交直流混联系统中的所有同步发电机等效为理想电压源,并设置所述理想电压源的爬坡启动参数;
将对所述目标交直流混联系统的潮流计算结果导入所述目标交直流混联系统的相应母线元件,并对所述目标交直流混联系统进行爬坡启动,达到第一稳态;
在所述第一稳态下,分别测量各所述理想电压源的工作参数,并基于所述工作参数,将各所述理想电压源切换到同步发电机运行模式,并在切换后进行潮流计算,获取所述潮流断面。
3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述基于所述工作参数,将各所述理想电压源切换到同步发电机运行模式的步骤进一步包括:
将各所述工作参数对应导入到各所述同步发电机,求解各所述同步发电机的内部变量;
基于所述内部变量,将各所述理想电压源切换到同步发电机运行模式。
4. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,在所述启动目标交直流混联系统的电磁暂态仿真的步骤之后,还包括:
在所述目标交直流混联系统进入第二稳态后,启用所述同步发电机的相关动态控制。
5. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述工作参数具体包括有功功率、无功功率以及端电压的幅值与相角。
6. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,在所述将对所述目标交直流混联系统的潮流计算结果导入所述目标交直流混联系统的相应母线元件的步骤之前,还包括:
采用潮流计算统一解法或者顺序解法,对所述目标交直流混联系统进行潮流计算,获取潮流计算结果。
7. 一种交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动装置,其特征在于,包括:
潮流断面获取模块,用于获取潮流断面;
启动模块,用于从所述潮流断面上,启动目标交直流混联系统的电磁暂态仿真;
其中,所述潮流断面为基于对所述目标交直流混联系统的潮流计算结果,通过对所述目标交直流混联系统进行爬坡启动控制生成的。
8. 一种电子设备,其特征在于,包括:至少一个存储器、至少一个处理器、通信接口和总线;
所述存储器、所述处理器和所述通信接口通过所述总线完成相互间的通信,所述通信接口还用于所述电子设备与目标交直流混联系统之间的信息传输;
所述存储器中存储有可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算

机程序时,实现如权利要求1至6中任一所述的方法。

9.一种非暂态计算机可读存储介质,其特征在于,所述非暂态计算机可读存储介质存储计算机指令,所述计算机指令使所述计算机执行如权利要求1至6中任一所述的方法。

交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法与装置

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及电力系统控制技术领域,更具体地,涉及一种交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法与装置。

背景技术

[0002] 针对交直流混联系统的研究,一个关键的环节是对其进行建模并仿真。为实现这一目标,现有的众多仿真平台如CloudPSS、PSCAD及BPA等,均可用于交直流混联系统的建模,并可得到电磁暂态模型,但是交直流混联系统模型的启动问题,一直未得到完善的解决。

[0003] 目前,针对交直流混联系统的电磁暂态模型,没有典型的启动策略。而应用传统的同步机爬坡(Ramp)启动对交直流混联系统进行启动时,由于大规模交直流混联系统中直流系统与交流系统多维度耦合,系统结构与设备类型日趋复杂,大量电力电子器件与装置的接入引发了各种电能质量问题与暂态稳定问题,且交流系统与直流系统的稳态特性与暂态特性均相互影响,使得常规的同步发电机启动方式并不能满足交直流混联系统的要求,特别是在建立全电磁暂态仿真模型时,极有可能出现启动阶段耗时过长甚至无法进入稳态运行的情况,会对仿真的计算资源与时间成本均造成极大的浪费。

发明内容

[0004] 为了克服上述问题或者至少部分地解决上述问题,本发明实施例提供一种交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法与装置,用以更合理的利用计算资源并有效的提高仿真计算效率。

[0005] 第一方面,本发明实施例提供一种交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法,包括:

[0006] 获取潮流断面;

[0007] 从所述潮流断面上,启动目标交直流混联系统的电磁暂态仿真;

[0008] 其中,所述潮流断面为基于对所述目标交直流混联系统的潮流计算结果,通过对所述目标交直流混联系统进行爬坡启动控制生成的。

[0009] 第二方面,本发明实施例提供一种交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动装置,包括:

[0010] 潮流断面获取模块,用于获取潮流断面;

[0011] 启动模块,用于从所述潮流断面上,启动目标交直流混联系统的电磁暂态仿真;

[0012] 其中,所述潮流断面为基于对所述目标交直流混联系统的潮流计算结果,通过对所述目标交直流混联系统进行爬坡启动控制生成的。

[0013] 第三方面,本发明实施例提供一种电子设备,包括:至少一个存储器、至少一个处理器、通信接口和总线;所述存储器、所述处理器和所述通信接口通过所述总线完成相互间的通信,所述通信接口用于所述电子设备与目标交直流混联系统之间的信息传输;所述存

存储器中存储有可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时,实现如上第一方面所述的交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法。

[0014] 第四方面,本发明实施例提供一种非暂态计算机可读存储介质,所述非暂态计算机可读存储介质存储计算机指令,所述计算机指令使所述计算机执行如上第一方面所述的交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法。

[0015] 本发明实施例提供的交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法与装置,通过应用大规模系统潮流计算结果所提供的潮流断面,并设置同步机的启动方式切换,可以实现目标交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动到稳态,可以更合理的利用计算资源并有效的提高仿真计算效率。

附图说明

[0016] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作一简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0017] 图1为本发明一实施例提供的交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法的流程示意图;

[0018] 图2为根据本发明实施例一种交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法中生成潮流断面的流程示意图;

[0019] 图3为本发明另一实施例提供的交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法的流程示意图;

[0020] 图4为根据本发明实施例一种交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法中交直流混联系统模型的结构示意图;

[0021] 图5为本发明实施例提供的交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动装置的结构示意图;

[0022] 图6为本发明实施例提供的电子设备的实体结构示意图。

具体实施方式

[0023] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明实施例的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明实施例中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明实施例保护的范围。

[0024] 目前,针对交直流混联系统的电磁暂态模型,没有典型的启动策略。而应用传统的同步机爬坡(Ramp)启动对交直流混联系统进行启动时,由于大规模交直流混联系统中直流系统与交流系统多维度耦合等因素,使得常规的同步发电机启动方式并不能满足交直流混联系统的要求,会对仿真的计算资源与时间成本均造成极大的浪费。

[0025] 针对上述问题,本发明实施例通过应用大规模系统潮流计算结果所提供的潮流断面,结合电压爬坡(Ramp)启动来实现交直流混联系统电磁暂态模型的快速启动,有利于仿

真效率的提高及计算资源的合理应用,也可以为基于交直流混联系统的其他研究提供平台。以下将具体通过多个实施例对本发明实施例进行展开说明和介绍。

[0026] 图1为本发明一实施例提供的交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法的流程示意图,该方法的执行主体可以是工控机等控制终端,如图1所示,该方法包括:

[0027] S101,获取潮流断面。其中,潮流断面为基于对目标交直流混联系统的潮流计算结果,通过对目标交直流混联系统进行爬坡启动控制生成的。

[0028] 可以理解为,对于目标交直流混联系统,本发明实施例首先获取其某个潮流断面。其中该潮流断面可以是事先通过软件仿真等方式,根据该目标交直流混联系统的系统参数进行仿真计算得到,并事先进行记录和保存的。则在获取该潮流断面时,通过直接读取保存的相应记录即可得到。此外,该潮流断面也可以是在启动的过程中,根据目标交直流混联系统的系统参数进行实时计算得到的。

[0029] 可以理解的是,其中潮流断面描述了电力系统在某一特定时刻的状态,其包含该时刻电力系统的潮流数据。在本发明实施例中即表示目标交直流混联系统某一特定时刻的状态。例如,系统中各个节点发出或吸收的有功功率、无功功率,以及各个节点处的电压幅值及相角等。

[0030] S102,从潮流断面上,启动目标交直流混联系统的电磁暂态仿真。

[0031] 可以理解为,在对目标交直流混联系统进行启动时,直接以潮流断面的数据,初始化目标交直流混联系统的当前运行参数,并在初始化后的基础上,启动目标交直流混联系统的电磁暂态仿真。即,在启动仿真过程中,使目标交直流混联系统的电磁暂态模型略过启动过程的暂态过程,直接从潮流断面启动而进入稳态。

[0032] 本发明实施例提供的交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法,通过应用大规模系统潮流计算结果所提供的潮流断面,并设置同步机的启动方式切换,可以实现目标交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动到稳态,可以更合理的利用计算资源并有效的提高仿真计算效率。

[0033] 其中,根据上述各实施例可选的,基于对目标交直流混联系统的潮流计算结果,通过对目标交直流混联系统进行爬坡启动控制,生成潮流断面的进一步处理步骤参考图2,为根据本发明实施例一种交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法中生成潮流断面的流程示意图,包括:

[0034] S201,将目标交直流混联系统中的所有同步发电机等效为理想电压源,并设置理想电压源的爬坡启动参数。

[0035] 可以理解为,在进行潮流断面的计算时,考虑到同步发电机内部参数复杂,难以准确测量,且数据量较大,不便于记录与计算,在仿真中将目标交直流混联系统中的所有同步发电机用多个理想电压源分别进行替代。在此基础上,对于具有爬坡(Ramp)启动电源或同步发电机的交直流混联系统,为了在仿真开始时通过电压的Ramp过程使得整个交直流混联系统平稳爬升至稳态,需事先对Ramp启动电源或同步发电机的爬坡启动参数进行设置。由于本发明实施例首先将同步发电机等效替换为了理想电压源,则需要对各理想电压源爬坡启动参数进行设置。

[0036] S202,将对目标交直流混联系统的潮流计算结果导入目标交直流混联系统的相应母线元件,并对目标交直流混联系统进行爬坡启动,达到第一稳态。

[0037] 可以理解为,在进行本发明实施例的仿真计算之前,事先需要对目标交直流混联系统进行潮流计算,得到潮流计算结果。在本发明实施例的潮流断面计算中,先要获取该潮流计算结果,然后将该潮流计算结果作为初始母线电压,导入到仿真中目标交直流混联系统模型的相应母线元件中。

[0038] 可以理解的是,目标交直流混联系统模型即为对实际的目标交直流混联系统进行仿真建模得到的目标交直流混联系统的模型。并且,对于目标交直流混联系统的每个母线元件,在进行潮流计算时,均会得到一个对应的潮流计算结果。则在进行潮流计算结果的导入时,每个潮流计算结果也会被对应导入到其所对应的母线元件。

[0039] 之后,在上述步骤对理想电压源设置爬坡启动参数,以及本步骤导入潮流计算结果的基础上,将整个目标交直流混联系统进行爬坡启动,使目标交直流混联系统开始运行,逐步进入稳态运行,即达到第一稳态。

[0040] S203,在第一稳态下,分别测量各理想电压源的工作参数,并基于工作参数,将各理想电压源切换到同步发电机运行模式,并在切换后进行潮流计算,获取潮流断面。

[0041] 可以理解为,在根据上述步骤使目标交直流混联系统进入第一稳态后,目标交直流混联系统中各元器件,包括各同步发电机等效而成的理想电压源,运行参数均趋于稳定。此时,可以对各理想电压源的工作参数进行准确测量。其中可选的,工作参数具体包括有功功率、无功功率以及端电压的幅值与相角等。

[0042] 之后,在得到各理想电压源的工作参数的基础上,可以利用这些工作参数获取到各理想电压源所对应的同步发电机的运行参数以及内部变量等。由于此时目标交直流混联系统模型中各同步发电机还是以理想电压源的形式存在,为更精确的计算目标交直流混联系统的运行数据,并进行实际的启动操作,根据上述同步发电机的运行参数或者内部变量等,将各理想电压源切换到同步发电机运行模式。切换后,在当前运行模式下,对目标交直流混联系统进行潮流计算,得到目标交直流混联系统运行所需的潮流断面。

[0043] 本发明实施例提供的交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法,结合电压爬坡(Ramp)启动,来实现交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动,可以实现交直流混联系统的快速平稳启动,有利于仿真效率的提高及计算资源的合理应用。并且,本发明实施例的方法可移植性强,可应用于各种电磁暂态仿真软件,也可应用于其他电力系统场景等。

[0044] 其中,根据上述各实施例,在将对目标交直流混联系统的潮流计算结果导入目标交直流混联系统的相应母线元件的步骤之前,本发明实施例的方法还包括:采用潮流计算统一解法或者顺序解法,对目标交直流混联系统进行潮流计算,获取潮流计算结果。

[0045] 可以理解为,本发明实施例所要解决的一个问题即为目标交直流混联系统的潮流计算,在得到精确的潮流计算结果的基础上,才可以进一步研究潮流断面的设置问题。本发明实施例中采用统一解法或者顺序解法来对目标交直流混联系统进行潮流计算。

[0046] 具体而言,采用统一解法时,以极坐标形式的Newton-Raphson法为基础,将直流系统方程和交流系统方程统一进行迭代求解。潮流雅可比矩阵除包括交流电网参数之外,还包括直流换流器和直流输电线路的参数。

[0047] 采用顺序解法时,在迭代过程中,将直流系统方程和交流系统方程分别进行求解。在求解交流系统方程时,将直流系统用接在相应节点上的已知其有功和无功功率的负荷来等值。而在求解直流系统方程时,将交流系统模拟成加在换流器交流母线上上的一个恒定电

压。

[0048] 直流系统潮流计算公式如下：

$$[0049] \quad V_{d0} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} N_b K_T V_t;$$

$$[0050] \quad V_d = V_{d0} \cos \theta_d - \frac{3}{\pi} N_b X_c I_d;$$

$$[0051] \quad \cos \varphi \approx \frac{V_d}{V_{d0}};$$

$$[0052] \quad P_d = N_p V_d I_d;$$

$$[0053] \quad Q_d = P_d \tan \varphi;$$

[0054] 式中, V_d 为直流电压, I_d 为直流电流, N_p 为直流系统的级数, N_b 为每级的六脉波桥数, X_c 为换流变压器漏抗, P_d 为直流传输的有功功率, Q_d 为直流传输的无功功率。

[0055] 交流系统潮流计算公式如下：

$$[0056] \quad \frac{P_i + Q_i}{\dot{V}_i^*} = \sum_{j=1}^n Y_{ij} \dot{V}_j, \quad (i = 1, 2, \dots, n);$$

[0057] 式中, P_i 、 Q_i 、 \dot{V}_i 分别为交流系统第*i*个节点处的有功功率、无功功率和电压, Y_{ij} 为节点导纳矩阵的元素。

[0058] 其中,根据上述各实施例可选的,基于工作参数,将各理想电压源切换到同步发电机运行模式的步骤进一步包括:将各工作参数对应导入到各同步发电机,求解各同步发电机的内部变量;基于内部变量,将各理想电压源切换到同步发电机运行模式。

[0059] 可以理解为,根据上述各实施例,在目标交直流混联系统进入第一稳态后,可以测量得到各同步发电机所等效而成的理想电压源的工作参数。即,一个理想电压源,可以对应得到一组工作参数。则相应的,各工作参数也即是各理想电压源所对应的同步发电机的工作参数。

[0060] 于是,为了将等效的理想电压源切换回同步发电机的运行模式,以进行正常的启动流程,首先将测量得到的各理想电压源的工作参数导入到各理想电压源分别对应的同步发电机,进行等效计算,得到由表象的工作参数所对等的同步发电机的内部变量。可以理解的是,其中内部变量包括发电机定子电流、励磁绕组电和电流、d轴阻尼绕组电压和电流、q轴阻尼绕组电压和电流、转子角位置以及电磁转矩等能够确定某一同步发电机具体属性的参数变量。

[0061] 之后,在确定同步发电机的内部变量的基础上,自动根据该内部变量对仿真过程参数进行设置,从而将各理想电压源切换到同步发电机运行模式。再之后,便可根据当前的目标交直流混联系统,来计算满足运行需求的潮流断面。

[0062] 另外,在上述各实施例的基础上,在启动目标交直流混联系统的电磁暂态仿真的步骤之后,本发明实施例的方法还包括:在目标交直流混联系统进入第二稳态后,启用同步发电机的相关动态控制。

[0063] 可以理解为,根据上述各实施例,在对目标交直流混联系统进行启动时,可以略过

启动过程的暂态过程,直接从潮流断面启动而进入稳态。在从潮流断面启动之后,目标交直流混联系统会从潮流断面对应的运行状态开始,向稳态过程逐步过度。在这个过程中,本发明实施例对目标交直流混联系统的运行状态进行实时监测,当检测到目标交直流混联系统进入稳态运行,即达到第二稳态时,控制启用目标交直流混联系统中各同步发电机的相关动态控制,例如包括调速控制、励磁控制等。

[0064] 本发明实施例提供的交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法,通过启用目标交直流混联系统中各同步发电机的相关动态控制,使系统进入正常的工作状态,保障正常的生产过程。

[0065] 为进一步说明本发明实施例的技术方案,本发明实施例根据上述各实施例提供如下实施例的处理流程,但不对本发明实施例的保护范围进行限制。

[0066] 图3为本发明另一实施例提供的交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法的流程示意图,该方法的基础为电压Ramp启动与潮流断面启动,是两者的结合与改进。在传统的Ramp启动中,通过设置电压源或者同步机的Ramp参数,使得整个系统通过爬坡过程逐渐进入稳态运行;在提供潮流断面启动的仿真平台(如CloudPSS)中,系统可以根据潮流计算的结果生成潮流断面,在启动时可直接从潮流断面处启动,不经过暂态过程而直接进入稳态运行。具体而言,包括如下处理步骤:

[0067] 步骤1,导入潮流计算结果。将对目标交直流混联系统的潮流计算结果作为母线电压数据,导入相应的母线元件,此时目标交直流混联系统中的同步发电机用理想电压源等效替代。

[0068] 步骤2,Ramp启动初始化。设置理想电压源的Ramp参数,整个目标交直流混联系统通过Ramp过程进行启动。

[0069] 步骤3,理想电压源到同步发电机的转换。当系统进入第一稳态运行之后,自动测量每个理想电压源的有功/无功功率,端电压的幅值与相角,并将其自动导入到相应的同步发电机,用来求解同步发电机的内部变量。在此基础上,将理想电压源切换到同步发电机运行模式,潮流断面得到完全匹配。

[0070] 步骤4,启用动态控制。从潮流断面上启动目标交直流混联系统的电磁暂态仿真,当目标交直流混联系统再次进入稳态运行,即进入第二稳态时,启用同步发电机的相关动态控制(如调速控制、励磁控制等)。

[0071] 本发明实施例通过仿真对该交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法进行检验。其中一个实施例中仿真平台为CloudPSS在线云仿真平台,目标交直流混联系统的模型结构如图4所示,为根据本发明实施例一种交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法中交直流混联系统模型的结构示意图。如图4所示,系统模型为含4条直流线路的交直流混联系统模型,其中四条660kV直流线路与作为受端的IEEE39节点系统的四条母线分别连接,直流系统采用单极12脉动的CIGREHVDC模型。设置同步发电机的启动方式,并设置同步发电机Ramp参数为0.06。

[0072] 仿真结果显示,应用基于潮流快速启动的交直流混联系统启动方法,直流线路建压成功,且交流系统的输送功率趋于稳定并与潮流结果基本一致,整个系统在1s左右运行到稳定状态。该结果说明本发明实施例所提供的交直流混联系统启动方法的有效性与高效性。

[0073] 作为本发明实施例的另一个方面,本发明实施例根据上述各实施例提供一种交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动装置,该装置用于在上述各实施例中实现交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动。因此,在上述各实施例的交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法中的描述和定义,可以用于本发明实施例中各个执行模块的理解,具体可参考上述实施例,此处不在赘述。

[0074] 根据本发明实施例的一个实施例,交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动装置的结构如图5所示,为本发明实施例提供的交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动装置的结构示意图,该装置可以用于实现上述各方法实施例中交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动,该装置包括:潮流断面获取模块501和启动模块502。其中:

[0075] 潮流断面获取模块501用于获取潮流断面,其中,潮流断面为基于对目标交直流混联系统的潮流计算结果,通过对目标交直流混联系统进行爬坡启动控制生成的;启动模块502用于从潮流断面上,启动目标交直流混联系统的电磁暂态仿真。

[0076] 具体而言,对于目标交直流混联系统,潮流断面获取模块501获取其某个潮流断面。其中该潮流断面可以是事先通过软件仿真等方式,根据该目标交直流混联系统的系统参数进行仿真计算得到,并事先进行记录和保存的。则在获取该潮流断面时,潮流断面获取模块501通过直接读取保存的相应记录即可得到。此外,该潮流断面也可以是在启动的过程中,根据目标交直流混联系统的系统参数,进行实时计算得到的。则在计算结束后,潮流断面获取模块501直接获取该潮流断面数据即可。

[0077] 之后,启动模块502在对目标交直流混联系统进行启动时,直接以潮流断面的数据,初始化目标交直流混联系统的当前运行参数,并在初始化后的基础上,启动目标交直流混联系统的电磁暂态仿真。即,启动模块502在启动仿真过程中,使目标交直流混联系统的电磁暂态模型略过启动过程的暂态过程,直接从潮流断面启动而进入稳态。

[0078] 本发明实施例提供的交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动装置,通过设置相应的执行模块,应用大规模系统潮流计算结果所提供的潮流断面,并设置同步机的启动方式切换,可以实现目标交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动到稳态,可以更合理的利用计算资源并有效的提高仿真计算效率。

[0079] 在上述实施例的基础上,本发明实施例的装置还包括计算模块,用于:将目标交直流混联系统中的所有同步发电机等效为理想电压源,并设置理想电压源的爬坡启动参数;将对目标交直流混联系统的潮流计算结果导入目标交直流混联系统的相应母线元件,并对目标交直流混联系统进行爬坡启动,达到第一稳态;在第一稳态下,分别测量各理想电压源的工作参数,并基于工作参数,将各理想电压源切换到同步发电机运行模式,并在切换后进行潮流计算,获取潮流断面。

[0080] 其中可选的,工作参数具体包括有功功率、无功功率以及端电压的幅值与相角。

[0081] 其中可选的,上述计算模块具体用于:将各工作参数对应导入到各同步发电机,求解各同步发电机的内部变量;基于内部变量,将各理想电压源切换到同步发电机运行模式。

[0082] 另外,在上述各实施例的基础上,启动模块还用于:在目标交直流混联系统进入第二稳态后,启用同步发电机的相关动态控制。

[0083] 另外,在上述各实施例的基础上,计算模块还用于:采用潮流计算统一解法或者顺序解法,对目标交直流混联系统进行潮流计算,获取潮流计算结果。

[0084] 可以理解的是,本发明实施例中可以通过硬件处理器(hardware processor)来实现上述各实施例的装置中的各相关程序模块。并且,本发明实施例各交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动装置在用于实现上述各方法实施例中交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动时,产生的有益效果与对应的上述各方法实施例相同,可以参考上述各方法实施例,此处不再赘述。

[0085] 作为本发明实施例的又一个方面,本实施例根据上述各实施例提供一种电子设备,参考图6,为本发明实施例提供的电子设备的实体结构示意图,包括:至少一个存储器601、至少一个处理器602、通信接口603和总线604。

[0086] 其中,存储器601、处理器602和通信接口603通过总线604完成相互间的通信,通信接口603用于该电子设备与目标交直流混联系统之间的信息传输;存储器601中存储有可在处理器602上运行的计算机程序,处理器602执行该计算机程序时,实现如上述各实施例所述的交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法。

[0087] 可以理解为,该电子设备中至少包含存储器601、处理器602、通信接口603和总线604,且存储器601、处理器602和通信接口603通过总线604形成相互间的通信连接,并可完成相互间的通信,如处理器602从存储器601中读取交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法的程序指令等。另外,通信接口603还可以实现该电子设备与目标交直流混联系统之间的通信连接,并可完成相互间信息传输,如通过通信接口603实现交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动等。

[0088] 电子设备运行时,处理器602调用存储器601中的程序指令,以执行上述各方法实施例所提供的方法,例如包括:获取潮流断面,其中,潮流断面为基于对目标交直流混联系统的潮流计算结果,通过对目标交直流混联系统进行爬坡启动控制生成的;从潮流断面上,启动目标交直流混联系统的电磁暂态仿真等。

[0089] 上述的存储器601中的程序指令可以通过软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个计算机可读存储介质中。或者,实现上述各方法实施例的全部或部分步骤可以通过程序指令相关的硬件来完成,前述的程序可以存储于一计算机可读存储介质中,该程序在执行时,执行包括上述各方法实施例的步骤;而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(Read-Only Memory,ROM)、随机存取存储器(Random Access Memory,RAM)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0090] 本发明实施例还根据上述各实施例提供一种非暂态计算机可读存储介质,该非暂态计算机可读存储介质存储计算机指令,该计算机指令使计算机执行如上述各实施例所述的交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动方法,例如包括:获取潮流断面,其中,潮流断面为基于对目标交直流混联系统的潮流计算结果,通过对目标交直流混联系统进行爬坡启动控制生成的;从潮流断面上,启动目标交直流混联系统的电磁暂态仿真等。

[0091] 本发明实施例提供的电子设备和非暂态计算机可读存储介质,通过执行上述各实施例所述的译员基因的选取方法,通过应用大规模系统潮流计算结果所提供的潮流断面,并设置同步机的启动方式切换,可以实现目标交直流混联系统电磁暂态仿真的快速启动到稳态,可以更合理的利用计算资源并有效的提高仿真计算效率。

[0092] 可以理解的是,以上所描述的装置、电子设备及存储介质的实施例仅仅是示意性的,其中作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,既可以位于一个

地方,或者也可以分布到不同网络单元上。可以根据实际需要选择其中的部分或全部模块来实现本实施例方案的目的。本领域普通技术人员在不付出创造性的劳动的情况下,即可以理解并实施。

[0093] 通过以上实施方式的描述,本领域的技术人员可以清楚地了解,各实施方式可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现,当然也可以通过硬件。基于这样的理解,上述技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品可以存储在计算机可读存储介质中,如U盘、移动硬盘、ROM、RAM、磁碟或者光盘等,包括若干指令,用以使得一台计算机设备(如个人计算机,服务器,或者网络设备等)执行上述各方法实施例或者方法实施例的某些部分所述的方法。

[0094] 另外,本领域内的技术人员应当理解的是,在本发明实施例的申请文件中,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0095] 本发明实施例的说明书中,说明了大量具体细节。然而应当理解的是,本发明实施例的实施例可以在没有这些具体细节的情况下实践。在一些实例中,并未详细示出公知的方法、结构和技术,以便不模糊对本说明书的理解。类似地,应当理解,为了精简本发明实施例公开并帮助理解各个发明方面中的一个或多个,在上面对本发明实施例的示例性实施例的描述中,本发明实施例的各个特征有时被一起分组到单个实施例、图、或者对其的描述中。

[0096] 然而,并不应将该公开的方法解释成反映如下意图:即所要求保护的本发明实施例要求比在每个权利要求中所明确记载的特征更多的特征。更确切地说,如权利要求书所反映的那样,发明方面在于少于前面公开的单个实施例的所有特征。因此,遵循具体实施方式的权利要求书由此明确地并入该具体实施方式,其中每个权利要求本身都作为本发明实施例的单独实施例。

[0097] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明实施例的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明实施例进行了详细的说明,本领域的技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明实施例各实施例技术方案的精神和范围。

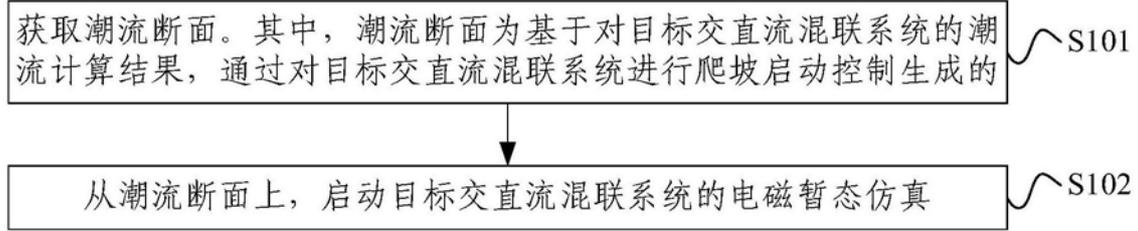


图1

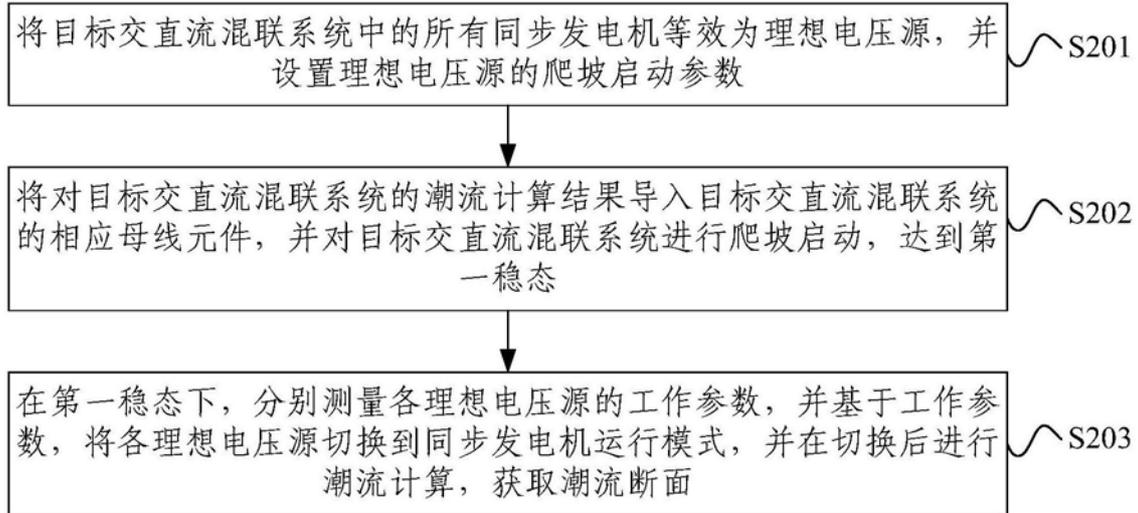


图2

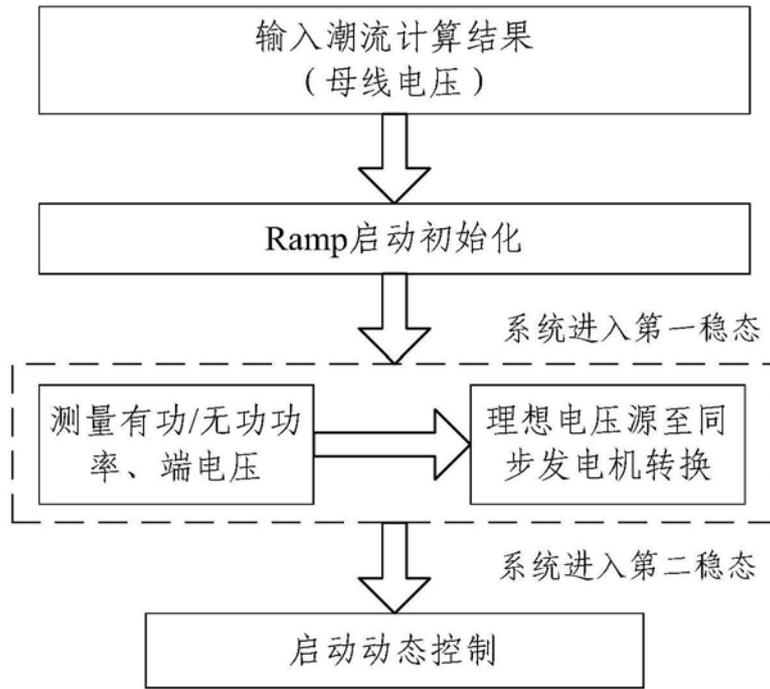


图3

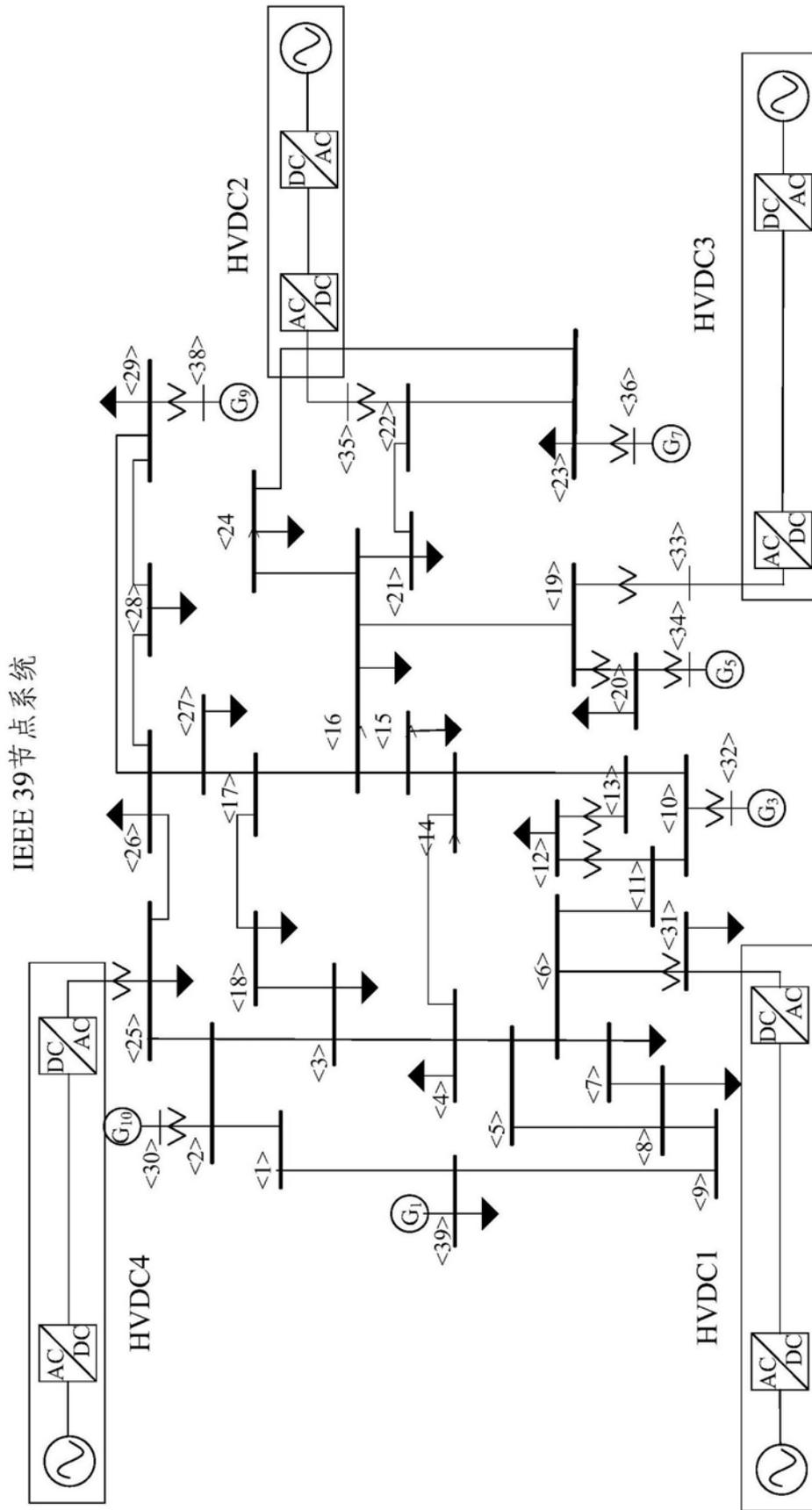


图4

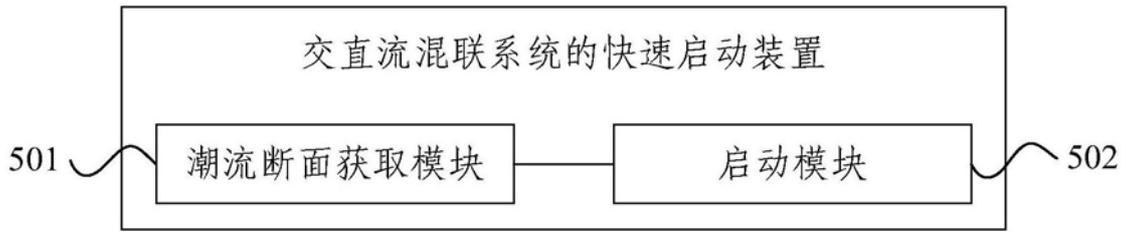


图5

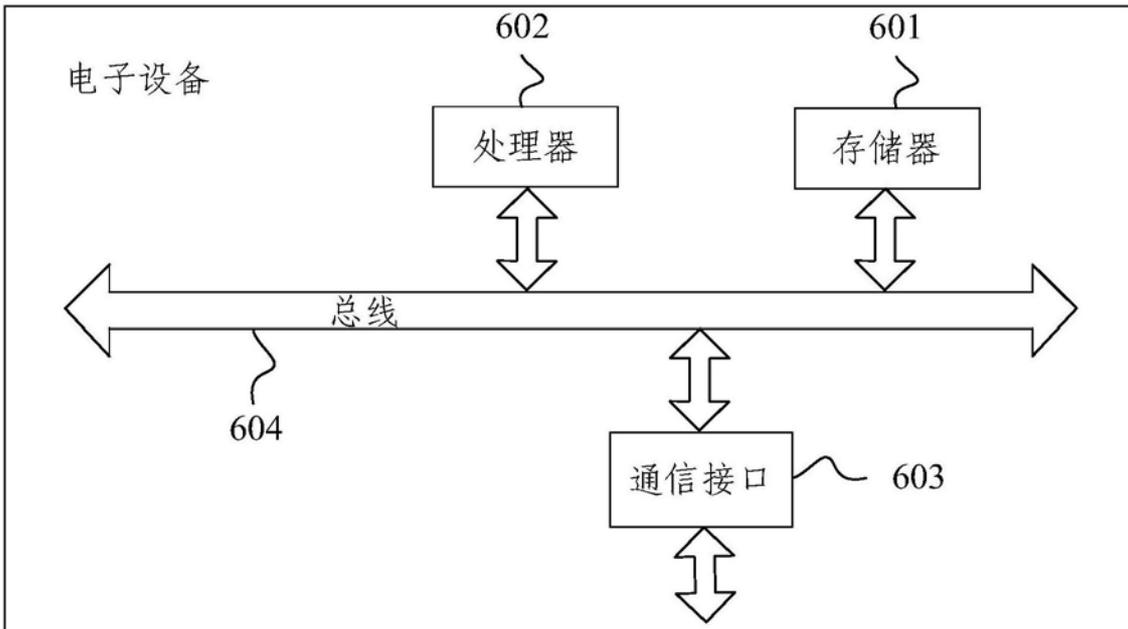


图6