(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
2022 年 2 月 10 日 (10.02.2022)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2022/028487 A1

(51) 国际专利分类号:
H02J 3/18 (2006.01) *H02J 13/00* (2006.01)
H02J 3/06 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2021/110604

(22) 国际申请日: 2021 年 8 月 4 日 (04.08.2021)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202010782064.7 2020年8月6日 (06.08.2020) CN

(71) 申请人: 南京南瑞继保电气有限公司 (NR ELECTRIC CO., LTD.) [CN/CN]; 中国江苏省南京市江宁区苏源大道69号, Jiangsu 211102 (CN)。 南京南瑞继保工程技术有限公司 (NR ENGINEERING CO., LTD.) [CN/CN]; 中国江苏省南京市江宁区苏源大道69号, Jiangsu 211102 (CN)。

(72) 发明人: 潘磊 (PAN, Lei); 中国江苏省南京市江宁区苏源大道69号, Jiangsu 211102 (CN)。 董云龙 (DONG, Yunlong); 中国江苏省南京市江宁区苏源大道69号, Jiangsu 211102 (CN)。 卢宇 (LU, Yu); 中国江苏省南京市江宁区苏源大道69号, Jiangsu 211102 (CN)。 林艺哲 (LIN, Yizhe); 中国江苏省南京市江宁区苏源大道69号, Jiangsu 211102 (CN)。 常昊添 (CHANG, Haotian); 中国江苏省南京市江宁区苏源大道69号, Jiangsu 211102 (CN)。 张宝顺 (ZHANG, Baoshun); 中国江苏省南京市江宁区苏源大道69号, Jiangsu 211102 (CN)。 黄如海 (HUANG, Ruhai); 中国江苏省南京市江宁区苏源大道69号, Jiangsu 211102 (CN)。

(54) **Title:** CONTROL AND PROTECTION SYSTEM FOR DISTRIBUTED SERIES COMPENSATOR

(54) 发明名称: 分布式串联补偿器的控制保护系统

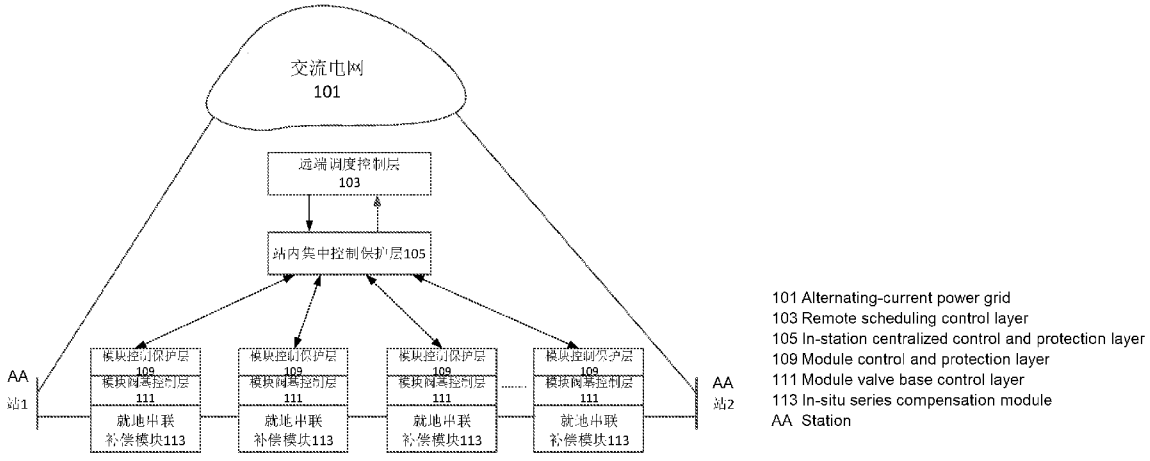


图 1

(57) **Abstract:** Provided is a control and protection system for a distributed series compensator. The control and protection system comprises a remote scheduling control layer, an in-station centralized control and protection layer and an in-situ module control layer, which are hierarchically arranged and hierarchically perform controlling, wherein the in-situ module control layer comprises module control and protection layers and module valve base control layers. The remote scheduling control layer obtains a power instruction according to a real-time operation state of an alternating-current power grid; the in-station centralized control and protection layer receives the power instruction and converts same into a voltage instruction for each in-situ series compensation module; each module control and protection layer receives the voltage instruction, and outputs an in-situ series compensation module output voltage instruction; and each module valve base control layer converts the in-situ module output voltage instruction into a turn-on/off command for a power electronic device within the in-situ module control layer.

WO 2022/028487 A1

[见续页]

(74) 代理人：南京经纬专利商标代理有限公司 (NANJING JINGWEI PATENT & TRADEMARK AGENCY CO., LTD)；中国江苏省南京市鼓楼区中山路179号12楼B座, Jiangsu 210005 (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, RW, SD, SL, ST, 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))。

(57) 摘要：本申请提出一种分布式串联补偿器的控制保护系统，所述控制保护系统包括采用分级布置、分层控制的远端调度控制层、站内集中控制保护层、就地模块控制层；所述就地模块控制层包括模块控制保护层、模块阀基控制层。所述远端调度控制层根据交流电网的实时运行状态，得出功率指令；所述站内集中控制保护层接收所述功率指令并转化为各所述就地串联补偿模块的电压指令；所述模块控制保护层接收所述电压指令，输出就地串联补偿模块输出电压指令；所述模块阀基控制层将所述就地模块输出电压指令转化为所述就地模块控制层内电力电子器件的开通和关断命令。

分布式串联补偿器的控制保护系统

相关申请

本申请要求于 2020 年 8 月 6 日提交中国专利局、申请号为202010782064.7、申请名称为“分布式串联补偿器的控制保护系统”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。

技术领域

本申请涉及电力系统中柔性输电领域，具体而言，涉及一种分布式串联补偿器的控制保护系统。

背景技术

随着大型电力系统的互联以及各种新设备的使用，在使发电、输电更经济、更高效的同时也增加了电力系统的规模和复杂度。此外，大量的分布式发电系统接入电网，使传统的固定由输电网向配电网传送的潮流发生逆向。用户负荷的不断增长需要潮流控制手段提高现有的功率输送能力。正在蓬勃发展的智能电网和电力市场间复杂的功率交换也需要频繁的潮流优化控制。

分布式串联补偿器，可以将每个小容量的补偿器制作轻巧得直接分布式地悬挂于电力线路上，实现和静止同步串联补偿器相近的电网潮流控制功能和效果，从而为智能电网提供更灵活、更先进的控制手段，有效提高电力系统的供电能力和安全稳定性。分布式串联补偿器具有体积小、重量轻等特点。大量分布式的子单元保障了设备的冗余性，进而提升了装置的可靠性。同时，分布式潮流控制器（Distributed Power Flow Controller，DPFC）装置可分散部署在输电线路上或者变电站，占地小。

目前全球已有两个分布式串联补偿器的示范工程（分布式静止同步串联补偿器）项目。两个项目的控制保护系统比较简单，均采用模块就地控制的模式。该模式控制方式不灵活，潮流调节的性能较差。中国有部分高校和科研院所开展了多种分布式串联补偿器(分布式串联电抗器、

分布式静止同步串联补偿器、分布式潮流控制器等）的研究项目，这些研究项目主要在拓扑结构、仿真建模和控制策略上开展研究，尚未有关于分布式潮流控制器的控制保护系统结构及功能配置的报告。

专利《一种分布式串联耦合潮流控制器的控制方法》，提出了一种分布式串联耦合潮流控制器的控制方法，包括三层控制策略，分别为暂态闭锁策略、远端潮流总控制策略和潮流自控策略。最高优先级控制策略“暂态闭锁策略”和最低级的控制策略“潮流自控策略”均由就地模块实现。第二优先级控制策略“远端潮流总控策略”由远端调度总控台实现。该方法对分布式潮流控制器的控制策略按照实际控制保护的控制或动作的优先级进行分级，但其并非分层，因此在控制策略较多时，造成级次很多，从而不利于理解和应用。

专利《一种分布式串联耦合潮流控制器的保护装置及方法》，提出了一种通过修改故障电流保护定值的方法来适应不同规划时期的电网线路故障保护需求，提出了保护装置的配置。该专利未提及控制保护系统的分层结构及配置。

专利《一种分布式潮流控制系统及方法》，提出了一种分布式潮流控制器的系统，包含分布式潮流控制器、主控器和能量管理模块。分布式潮流控制器主要采集线路的运行数据和自身的状态信息传送给主控器、并根据主控器发送的调节指令执行相应的工作模式。所述控制系统的三个部分紧密联系，分布式潮流控制器不能独立运行。

论文《基于集中控制的分布式潮流控制器策略研究》提出，分布式潮流控制器采用分布式安装、主从控制的方式实现，由子控制单元和主控制器组成。主控制器安装在变电站内，以集中控制方式对所有子单元进行统一控制。系统若干个子控制单元和一个主控制器之间构建无线通信网络来交换数据。论文提出 DPFC 的主控制器实现系统级控制策略，根据运行人员设定的系统潮流调节目标及补偿模式确定线路上 DPFC 子单元的运行状态和输出容量。该论文提出的控制保护系统中主控单元确定各子单元的运行状态和输出容量。由于线路状态一直在变化，因此该论文所述的控制保护系统需要进行反复迭代投入子模块单元，从而导致控制响应时间较慢。

发明内容

本申请的各示例性实施例提供一种分布式串联补偿器的控制保护系统，采用分级布置、分层控制的方式，结构清晰，可实现分布式模块的独立运行和集中协调控制保护，提高整体系统的运行性能和可靠性，适合于工程应用。

根据本申请一方面，提出一种分布式串联补偿器的控制保护系统。所述分布式串联补偿器由 N 个就地串联补偿模块分布串联在线路上，或者集中串联布置在变电站内，N 为自然数，N 大于 1；所述控制保护系统包括：远端调度控制层，所述远端调度控制层采用分级布置、分层控制，所述远端调度控制层配置为根据交流电网的实时运行状态，得出所述分布式串联补偿器进行所述电网的潮流优化调节的最优线路功率指令或根据所述电网的实时运行状态和负荷预测结果得到功率控制指令曲线；站内集中控制保护层，所述站内集中控制保护层配置为接收第一功率指令或获取第二功率指令，并将所述第一功率指令或所述第二功率指令转化为各所述就地串联补偿模块的第一注入电压指令，并协调控制和集中保护各所述就地串联补偿模块，其中，所述第一功率指令是所述最优线路功率指令，且所述第二功率指令是根据所述电网的实时运行状态和负荷预测结果设定的或预先设定的所述功率控制指令曲线；和就地模块控制层，所述就地模块控制层包括：模块控制保护层，所述模块控制保护层包括控制保护单元，所述模块控制保护层配置为接收所述站内集中控制保护层发送的所述第一注入电压指令或者获取预先设定的第二注入电压指令，所述控制保护单元配置为合成所述第一注入电压指令或所述第二注入电压指令以产生用于所述就地串联补偿模块的输出电压指令；和模块阀基控制层，所述模块阀基控制层配置为将所述就地串联补偿模块的所述输出电压指令转化为用于所述就地串联补偿模块内的电力电子器件的开通或关断命令。

在一实施例中，所述站内集中控制保护层包括：各所述就地串联补偿模块的协调控制单元、三相电压不平衡控制单元和集中保护单元；其中，所述各就地串联补偿模块的协调控制单元配置为实现对各所述就地

串联补偿模块的投入和退出的时序控制以及所述第一注入电压指令的分配；所述三相电压不平衡控制单元配置为平衡线路的三相电压；以及所述各就地串联补偿模块的所述集中保护单元配置为在交流系统发生故障时保护所有所述就地串联补偿模块，以及与交流系统保护相配合。

在一实施例中，所述协调控制单元和所述集中保护单元集成于一台装置。

在一实施例中，所述协调控制单元、所述三相电压不平衡控制单元和所述集中保护单元集成于一台装置。

在一实施例中，所述站内集中控制保护层包含线路过载控制单元，所述线路过载控制单元配置为当所述分布式串联补偿器所接入的线路的或者相邻线路的线路电流超过预设值时，调节发送给各就地模块控制层的所述第一注入电压指令，以控制所述线路电流在设定值内。

在一实施例中，所述站内集中控制保护层配置有两套功能一样的集中控制保护设备，所述两套集中控制保护设备均包括用于实现所述两套设备的主系统和备系统的选择功能的协调控制单元，所述主系统配置为优先执行传输给所述模块控制保护层的指令。

在一实施例中，所述模块控制保护层的所述控制保护单元包括：直流电压控制单元、线路过载控制单元、电压指令限制单元和过电流保护单元；其中，所述直流电压控制单元配置为稳定所述就地串联补偿模块电容电压；所述线路过载控制单元配置为控制所述分布式串联补偿器所接入的线路的电流在设定值以内；以及所述过电流保护单元用于避免所述就地串联补偿模块承受过电流冲击，保护所述就地串联补偿模块安全。

在一实施例中，所述直流电压控制单元、所述线路过载控制单元和所述过电流保护子单元集成于一块控制板卡。

在一实施例中，所述控制保护系统应用于多回线路中。

在一实施例中，所述站内集中控制保护层还包含多回线路功率的协调控制单元，所述协调控制单元配置为分配多回线路功率指令。

在一实施例中，每回线路中的所有就地串联补偿模块配置有一套站内集中控制设备，所述一套站内集中控制设备包含协调控制单元和集中保护单元。

在一实施例中，所述远端调度控制层与所述站内集中控制保护层通过光纤或网线通讯；以及所述站内集中控制保护层和所述就地模块控制保护层通过无线或者光纤通讯。

采用上述方案后，本申请分布式串联补偿器的控制保护系统能够实现分布式模块的独立运行和集中协调控制保护，提高了整体系统的运行性能和可靠性，更好的发挥分布式串联补偿器优化系统潮流的优势。上述分布式串联补偿器的控制保护系统方案采用分层布置，系统结构清晰、简单，功能全面且相互配合，适合于工程应用。

应当理解的是，以上的一般描述的实施例和后文的细节描述的具体实施例仅是示例性的，本申请并不限制于此。

附图说明

图 1 示出根据本申请一实施例的分布式串联补偿器的控制保护系统结构图。

图 2 示出根据本申请另一实施例的分布式串联补偿器的控制保护系统结构图。

图 3 示出根据本申请一实施例的分布式串联补偿器系统的结构图。

图 4 示出根据本申请又一实施例的适用于双回线路应用的分布式串联补偿器的控制保护系统结构图。

具体实施方式

现在将参考附图更全面地描述示例实施例。通过参照附图详细描述其示例实施例，本申请的上述和其它目标、特征及优点将变得更加显而易见。然而，示例实施例能够以多种形式实施，且不应被理解为限于在此阐述的实施例。相反，提供这些实施例使得本申请将全面和完整，并将示例实施例的构思全面地传达给本领域的技术人员。在图中相同的附图标记表示相同或类似的部分，因而将省略对它们的重复描述。

所描述的特征、结构或特性可以以任何合适的方式结合在一个或更多实施例中。在下面的描述中，提供许多具体细节从而给出对本公开的实施例的充分理解。然而，本领域技术人员将意识到，可以实践本公开

的技术方案而没有这些特定细节中的一个或更多，或者可以采用其它的方式、组元、材料、装置或操作等。在这些情况下，将不详细示出或描述公知结构、方法、装置、实现、材料或者操作。

本申请的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别不同对象，而不是用于描述特定顺序，也不是用于进一步的限定。此外，术语“包括”和“具有”以及它们任何衍生词，意图在于覆盖不排他的包含。例如包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备没有限定于已列出的步骤或单元，而是可选地还包括没有列出的步骤或单元，或可选地还包括对于这些过程、方法、产品或设备固有的其他步骤或单元。

为了充分发挥分布式串联补偿器潮流优化的特点，保护其设备及电力系统的安全，推动分布式潮流控制器应用的快速发展，发明人发现，需要一种性能更优、结构更清晰、功能更全面、更适合工程应用的分布式串联补偿器的控制保护系统。

下面结合附图对本申请的具体实施方式进行详细说明。

图 1 示出根据本申请一实施例的分布式串联补偿器的控制保护系统结构图。图 2 示出根据本申请另一实施例的分布式串联补偿器的控制保护系统结构图。图 3 示出根据本申请一实施例的分布式串联补偿器系统的结构图。

参见图 1 和图 3，分别示出了根据本申请一实施例的分布式串联补偿器的基本结构及控制保护系统。分布式串联补偿器由 N 个就地串联补偿模块 113（Local Series Compensation Module）分布串联在线路上或者集中串联布置在变电站内，N 为自然数，N 大于 1。每个就地串联补偿模块 113 均包含电压源换流器 301 和旁路设备 303。

根据本申请该实施例的分布式串联补偿器的控制保护系统采用三级布置、四层控制保护的结构。三级布置层包括远端调度控制层 103、站内集中控制保护层 105 和就地模块控制层。四个控制保护层包括远端调度控制层 103、站内集中控制保护层 105、模块控制保护层 109 和模块阀基控制层 111，其中，远端调度控制层 103 和站内集中控制保护层 105 通过光纤或网线彼此通讯，站内集中控制保护层 105 和模块控制保护层

109 通过无线或者光纤彼此通讯。

可以理解为，三级布置层是指这三级放在不同的地方；四层控制是指控制系统分为了四个层次来实现。三级布置的是硬件，四层控制指软件，其中模块控制保护层 109 和模块阀基控制层 111 的软件均布置在就地单元模块中。远端调度控制层 103 布置在远方电力调度中心，站内集中控制保护层 105 布置在分布串串联补偿器的控制保护室。

根据一些实施例，远端调度控制层 103 根据交流电网 101 的实时运行状态，得出分布式串联补偿器进行电网 101 的潮流优化调节的最优线路功率指令或根据电网 101 的实时运行状态和负荷预测结果（Result of Load Forecasting）得到功率控制指令曲线。功率指令是指需要通过分布式潮流控制器将线路的有功功率调节到的目标值。功率控制指令曲线是指在不同时间段内，（根据电网 101 的实时运行状态和负荷预测结果得到的）不同的线路功率指令所形成的曲线。站内集中控制保护层 105 将功率指令转化为各就地串联补偿模块 113 的第一注入电压指令，并协调控制和集中保护各就地串联补偿模块 113。主要通过以下方式实现协调控制和集中保护：各就地串联补偿模块的协调控制单元配置为实现对各就地串联补偿模块的投入和退出的时序控制以及第一注入电压指令的分配；三相电压不平衡控制单元配置为平衡线路的三相电压；各就地串联补偿模块的集中保护单元配置为在交流系统发生故障时保护所有就地串联补偿模块，以及与交流系统保护相配合。

线路功率指令可由远端调度控制层 103 发送、或者由站内运行人员根据电网 101 的实时运行状态和负荷预测结果设定或预先设定。模块控制保护层 109 接收站内集中控制保护层 105 发送的第一注入电压指令或者预先设定第二注入电压指令，第一注入电压指令和第二注入电压指令经模块控制保护层 109 的控制保护单元合成后产生就地模块输出电压指令。模块阀基控制层 111 将所述就地模块输出电压指令转化为就地串联补偿模块 113 内电力电子器件的开通或关断命令。

根据一些实施例，站内集中控制保护层 105 包括但不限于：各就地串联补偿模块 113 的协调控制单元、三相电压不平衡控制单元和集中保护单元。其中，各就地串联补偿模块 113 的协调控制单元实现对各就地

串联补偿模块 113 的投入和退出以及注入电压指令的分配。三相电压不平衡控制单元实现线路三相电压的平衡。各就地串联补偿模块 113 的集中保护单元实现在交流系统发生故障时对就地串联补偿模块的保护、以及与交流系统保护的配合功能。

根据一些实施例，前述协调控制单元、三相电压不平衡控制单元和集中保护单元集成在一台装置上。

根据另一些实施例，前述协调控制单元和集中保护单元集成在一台装置上。

根据一些实施例，站内集中控制保护层 105 包含线路过载控制单元，当分布式串联补偿器所接入的线路或者相邻线路电流超过设定值时，线路过载控制单元调节各就地串联补偿模块 113 的注入电压指令，控制线路电流在设定值内。

根据一些实施例，模块控制保护层 109 的控制保护单元包括但不限于：直流电压控制单元、线路过载控制单元、电压指令限制单元和过电流保护单元。其中，直流电压控制单元实现就地串联补偿模块电容电压的稳定，线路过载控制单元可控制分布式串联补偿器所接入的线路的电流在设定值以内，过电流保护单元避免就地串联补偿模块承受过电流冲击，保护就地串联补偿模块 113 安全。

根据一些实施例，前述直流电压控制子单元、线路过载控制单元、电压指令限制单元和过电流保护子单元可集成于一块控制板卡。

根据一些实施例，参见图 2,站内集中控制保护层 105、107 配置有两套功能一样的集中控制保护系统，两套系统的功能分别集成于两台装置中，如图中的站内集中控制保护层 105 和站内集中控制保护层 107。两套系统均包括用于实现两套系统的主系统和备系统选择功能的协调控制单元。主系统传输给模块控制保护层 109 的指令被优先执行。两台装置均与远端调度控制层 103、以及模块控制保护层 109 通讯。

图 4 示出根据本申请又一实施例的适用于双回线路应用的分布式串联补偿器的控制保护系统结构图。

根据一些实施例，如图 4 所示，对于多回线路应用的场景，每回线路各就地串联补偿模块 113 配置一套站内集中控制装置，包含协调控制

单元和集中保护单元。此外，站内集中控制保护层 105 还包含多回线路功率的协调控制单元，实现对多回线路功率指令的分配。

本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例中的全部或部分模块或层，是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成，所述的计算机程序可存储于一非易失性计算机可读取存储介质中，该计算机程序在由计算机的处理器执行时，可实现上述相关模块或层的功能。其中，本申请所提供的各实施例中所使用的对存储器、存储、数据库或其它介质的任何引用，均可包括非易失性和/或易失性存储器。非易失性存储器可包括只读存储器（ROM）、可编程 ROM（PROM）、电可编程 ROM（EPROM）、电可擦除可编程 ROM（EEPROM）或闪存。易失性存储器可包括随机存取存储器（RAM）或者外部高速缓冲存储器。作为说明而非局限，RAM 以多种形式可得，诸如静态 RAM（SRAM）、动态 RAM（DRAM）、同步 DRAM（SDRAM）、双数据率 SDRAM（DDRSDRAM）、增强型 SDRAM（ESDRAM）、同步链路（Synchlink）、DRAM（SLDRAM）、存储器总线（Rambus）直接 RAM（RDRAM）、直接存储器总线动态 RAM（DRDRAM）、以及存储器总线动态 RAM（RDRAM）等。

以上对本申请实施例进行了详细描述和解释。应清楚地理解，本申请描述了如何形成和使用特定示例，但本申请不限于这些示例的任何细节。相反，基于本申请公开的内容的教导，这些原理能够应用于许多其它实施例。

通过对示例实施例的描述，本领域技术人员易于理解，根据本申请实施例的技术方案至少具有以下优点中的一个或多个。

采用上述方案后，本申请分布式串联补偿器的控制保护系统能够实现分布式模块的独立运行和集中协调控制保护，提高整体系统的运行性能和可靠性，更好的发挥分布式串联补偿器优化系统潮流的优势。上述分布式串联补偿器的控制保护系统方案采用分层布置，系统结构清晰、简单，功能全面且相互配合，适合于工程应用。

以上具体地示出和描述了本申请的示例性实施例。应可理解的是，本申请不限于这里描述的详细结构、设置方式或实现方法。相反，本申请意图涵盖包含在所附权利要求的精神和范围内的各种修改和等效设置。

权 利 要 求 书

1、一种分布式串联补偿器的控制保护系统，其中：

所述分布式串联补偿器由 N 个就地串联补偿模块分布串联在线路上，或者集中串联布置在变电站内，N 为自然数，N 大于 1；

所述控制保护系统包括：

远端调度控制层，所述远端调度控制层采用分级布置、分层控制，所述远端调度控制层配置为根据交流电网的实时运行状态，得出所述分布式串联补偿器进行所述电网的潮流优化调节的最优线路功率指令或根据所述电网的实时运行状态和负荷预测结果得到功率控制指令曲线；

站内集中控制保护层，所述站内集中控制保护层配置为接收第一功率指令或获取第二功率指令，并将所述第一功率指令或所述第二功率指令转化为各所述就地串联补偿模块的第一注入电压指令，并协调控制和集中保护各所述就地串联补偿模块，其中，所述第一功率指令是所述最优线路功率指令，且所述第二功率指令是根据所述电网的实时运行状态和负荷预测结果设定的或预先设定的所述功率控制指令曲线；和

就地模块控制层，所述就地模块控制层包括：

模块控制保护层，所述模块控制保护层包括控制保护单元，所述模块控制保护层配置为接收所述站内集中控制保护层发送的所述第一注入电压指令或者获取预先设定的第二注入电压指令，所述控制保护单元配置为合成所述第一注入电压指令或所述第二注入电压指令以产生用于所述就地串联补偿模块的输出电压指令；和

模块阀基控制层，所述模块阀基控制层配置为将所述就地串联补偿模块的所述输出电压指令转化为用于所述就地串联补偿模块内的电力电子器件的开通或关断命令。

2、如权利要求 1 所述的控制保护系统，其中，

所述站内集中控制保护层包括：各所述就地串联补偿模块的协调控

制单元、三相电压不平衡控制单元和集中保护单元；

其中，所述各就地串联补偿模块的协调控制单元配置为实现对各所述就地串联补偿模块的投入和退出的时序控制以及所述第一注入电压指令的分配；

所述三相电压不平衡控制单元配置为平衡线路的三相电压；以及

所述各就地串联补偿模块的所述集中保护单元配置为在交流系统发生故障时保护所有所述就地串联补偿模块，以及与交流系统保护相配合。

3、如权利要求 2 所述的控制保护系统，其中，

所述协调控制单元和所述集中保护单元集成于一台装置。

4、如权利要求 2 所述的控制保护系统，其中，

所述协调控制单元、所述三相电压不平衡控制单元和所述集中保护单元集成于一台装置。

5、如权利要求 1 所述的控制保护系统，其中，

所述站内集中控制保护层包含线路过载控制单元，所述线路过载控制单元配置为当所述分布式串联补偿器所接入的线路的或者相邻线路的线路电流超过预设值时，调节发送给各就地模块控制层的所述第一注入电压指令，以控制所述线路电流在设定值内。

6、如权利要求 1 所述的控制保护系统，其中，

所述站内集中控制保护层配置有两套功能一样的集中控制保护设备，所述两套集中控制保护设备均包括用于实现所述两套设备的主系统和备系统的选择功能的协调控制单元，所述主系统配置为优先执行传输给所述模块控制保护层的指令。

7、如权利要求 1 所述的控制保护系统，其中，

所述模块控制保护层的所述控制保护单元包括：直流电压控制单元、线路过载控制单元、电压指令限制单元和过电流保护单元；

其中，所述直流电压控制单元配置为稳定所述就地串联补偿模块电容电压；

所述线路过载控制单元配置为控制所述分布式串联补偿器所接入的线路的电流在设定值以内；以及

所述过电流保护单元用于避免所述就地串联补偿模块承受过电流冲

击，保护所述就地串联补偿模块安全。

8、如权利要求 7 所述的控制保护系统，其中，

所述直流电压控制单元、所述线路过载控制单元和所述过电流保护子单元集成于一块控制板卡。

9、如权利要求 1 所述的控制保护系统，其中，

所述控制保护系统应用于多回线路中。

10、如权利要求 9 所述的控制保护系统，其中，

所述站内集中控制保护层还包含多回线路功率的协调控制单元，所述协调控制单元配置为分配多回线路功率指令。

11、如权利要求 9 所述的控制保护系统，其中，

每回线路中的所有就地串联补偿模块配置有一套站内集中控制设备，所述一套站内集中控制设备包含协调控制单元和集中保护单元。

12、根据权利要求 1 所述的控制保护系统，其中，

所述远端调度控制层与所述站内集中控制保护层通过光纤或网线通讯；以及

所述站内集中控制保护层和所述就地模块控制保护层通过无线或者光纤通讯。

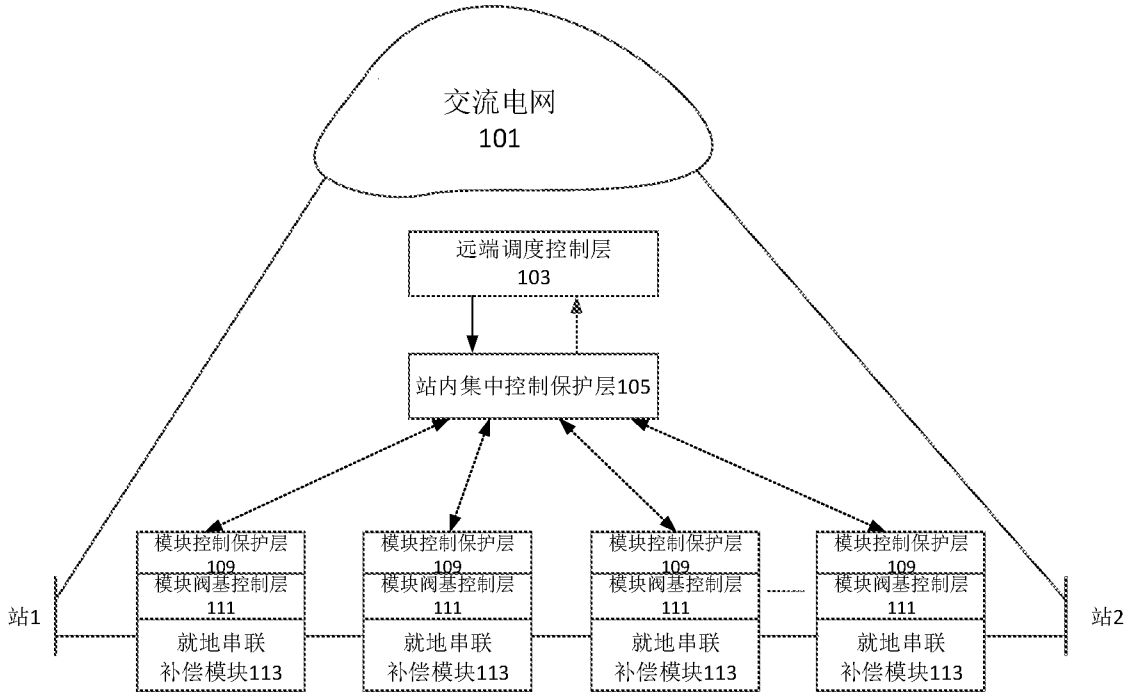

交流电网
101
远端调度控制层
103
站内集中控制保护层105
模块控制保护层
109
模块阀基控制层
111
就地串联
补偿模块113
站1
站2

图 1

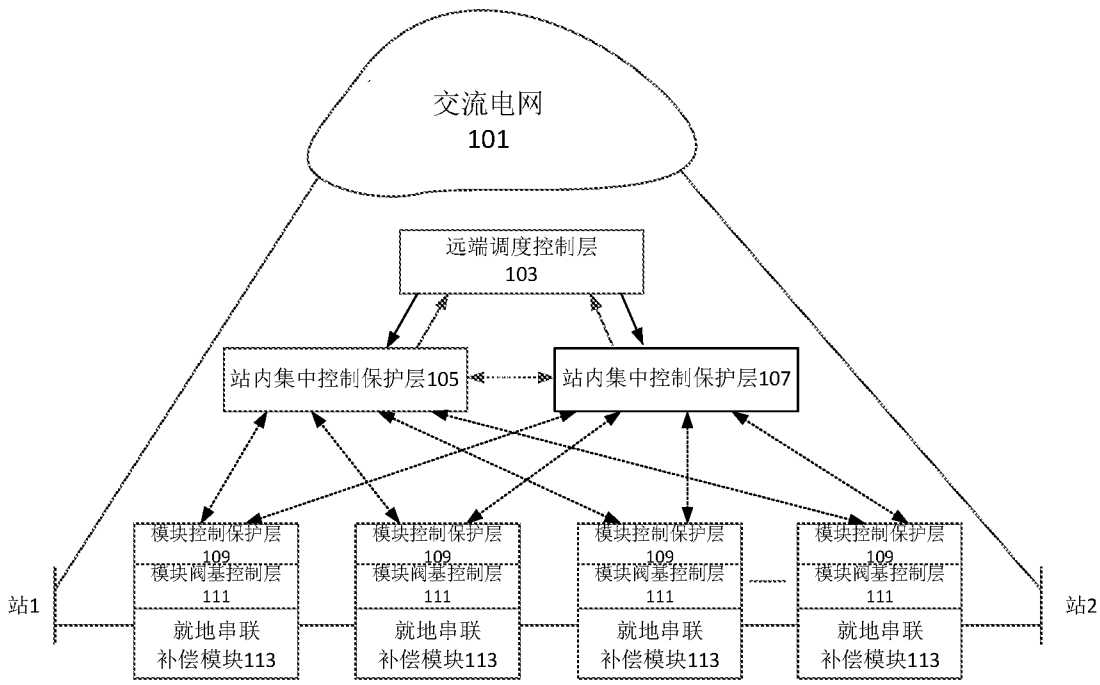

交流电网
101
远端调度控制层
103
站内集中控制保护层105
站内集中控制保护层107
模块控制保护层
109
模块阀基控制层
111
就地串联
补偿模块113
站1
站2

图 2

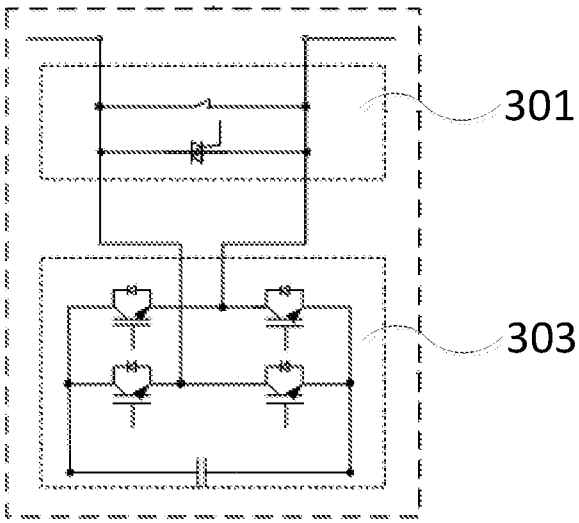

301
303

图 3

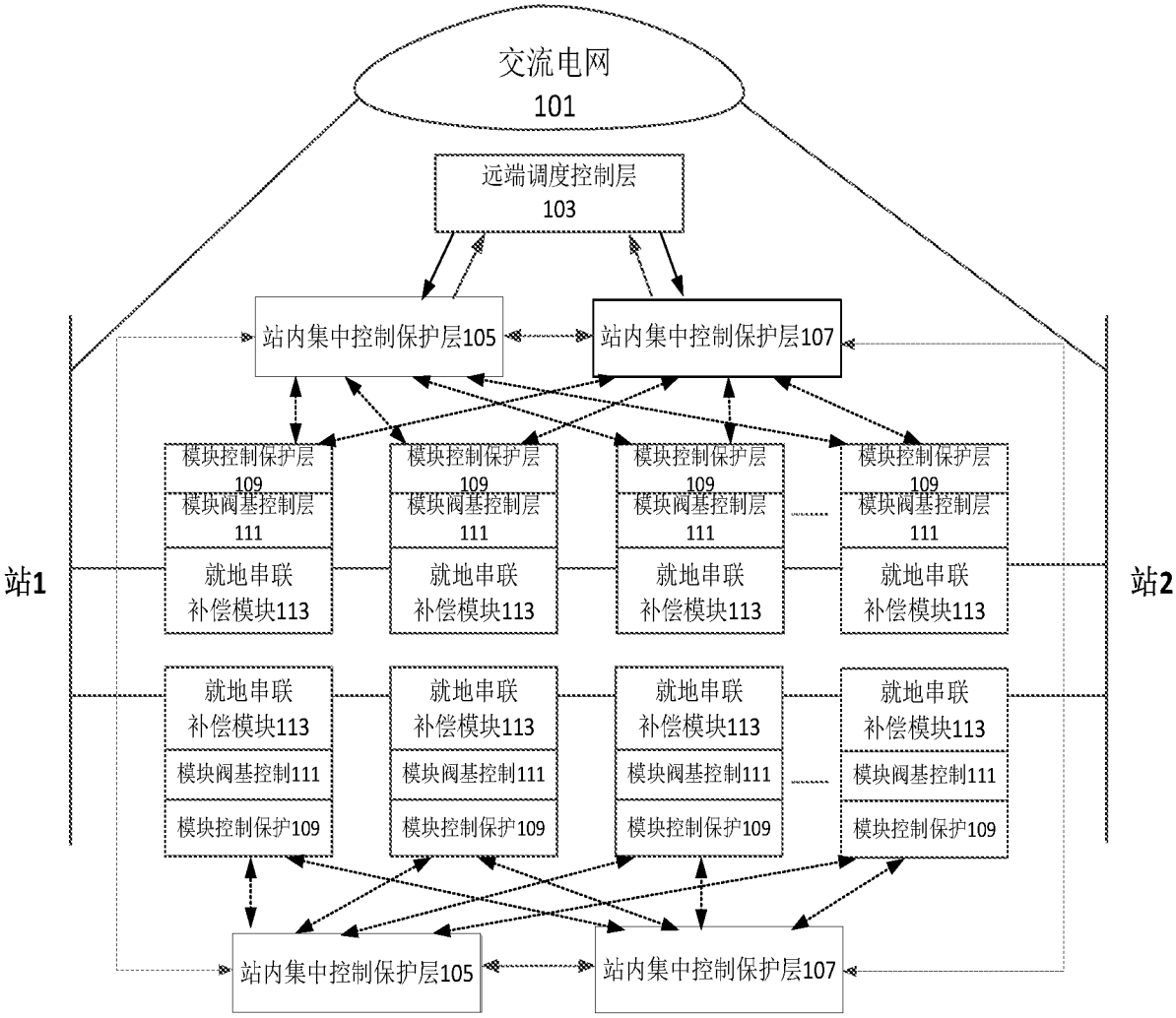

交流电网
101
远端调度控制层
103
站内集中控制保护层105
站内集中控制保护层107
模块控制保护层
109
模块阀基控制层
111
就地串联
补偿模块113
模块阀基控制111
模块控制保护109
站1
站2

图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2021/110604

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J 3/18(2006.01)i; H02J 3/06(2006.01)i; H02J 13/00(2006.01)i

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)

H02J

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; CNKI; VEN; IEEE; EPTXT; USTXT; WOTXT: 串联, 补偿, 分布式, 潮流, 功率, 就地, 分层, 分级, 电压, series, compensation, distribution, power, site, voltage

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 111934323 A (NR ELECTRIC CO., LTD. et al.) 13 November 2020 (2020-11-13) claims 1-12	1-12
X	郑蒙 (ZHENG, Meng). "分布式潮流控制器多串联变流器间交互影响分析及协调控制研究 (Research on Interaction Analysis and Coordinated Control for the Multi-series Converter of DPFC)" *中国优秀硕士学位论文全文数据库 (工程科技II辑) (Science-Engineering (B), China Master's Theses Full-Text Database),* No. 07, 15 July 2019 (2019-07-15), ISSN: 1674-0246, pp. 1-59	1, 5, 9-12
Y	郑蒙 (ZHENG, Meng). "分布式潮流控制器多串联变流器间交互影响分析及协调控制研究 (Research on Interaction Analysis and Coordinated Control for the Multi-series Converter of DPFC)" *中国优秀硕士学位论文全文数据库 (工程科技II辑) (Science-Engineering (B), China Master's Theses Full-Text Database),* No. 07, 15 July 2019 (2019-07-15), ISSN: 1674-0246, pp. 1-59	6

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"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
"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)
"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
"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
"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
"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
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
30 September 2021	**26 October 2021**
Name and mailing address of the ISA/CN **China National Intellectual Property Administration (ISA/CN)** **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088** **China** Facsimile No. **(86-10)62019451**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2021/110604

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 108206518 A (CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE STATE GRID CORP CHINA et al.) 26 June 2018 (2018-06-26) description, paragraphs [0012]-[0014]	6
A	郑蒙 (ZHENG, Meng). "分布式潮流控制器多串联变流器间交互影响分析及协调控制研究 (Research on Interaction Analysis and Coordinated Control for the Multi-series Converter of DPFC)" *中国优秀硕士学位论文全文数据库 (工程科技II辑) (Science-Engineering (B), China Master's Theses Full-Text Database),* No. 07, 15 July 2019 (2019-07-15), ISSN: 1674-0246, pp. 1-59	2-4, 7, 8
A	JP 2018148664 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 20 September 2018 (2018-09-20) entire document	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2021/110604

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 111934323 A	13 November 2020	None	
CN 108206518 A	26 June 2018	None	
JP 2018148664 A	20 September 2018	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2021/110604

A. 主题的分类

H02J 3/18(2006.01)i; H02J 3/06(2006.01)i; H02J 13/00(2006.01)i

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)

H02J

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;CNKI;VEN;IEEE;EPTXT;USTXT;WOTXT：串联，补偿，分布式，潮流，功率，就地，分层，分级，电压，series，compensation，distribution，power，site，voltage

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
PX	CN 111934323 A (南京南瑞继保电气有限公司 等) 2020年 11月 13日 (2020-11-13) 权利要求1-12	1-12
X	郑蒙. "分布式潮流控制器多串联变流器间交互影响分析及协调控制研究" 中国优秀硕士学位论文全文数据库（工程科技Ⅱ辑），第07期，2019年 7月 15日 (2019-07-15)， ISSN：1674-0246, 第1-59页	1、5、9-12
Y	郑蒙. "分布式潮流控制器多串联变流器间交互影响分析及协调控制研究" 中国优秀硕士学位论文全文数据库（工程科技Ⅱ辑），第07期，2019年 7月 15日 (2019-07-15)， ISSN：1674-0246, 第1-59页	6
Y	CN 108206518 A (中国电力科学研究院 等) 2018年 6月 26日 (2018-06-26) 说明书第[0012]-[0014]段	6

☑ 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	国际检索报告邮寄日期
2021年 9月 30日	2021年 10月 26日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	王翔
传真号 (86-10)62019451	电话号码 （86-512）88996250

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	郑蒙. "分布式潮流控制器多串联变流器间交互影响分析及协调控制研究" 中国优秀硕士学位论文全文数据库（工程科技Ⅱ辑），第07期，2019年 7月 15日 (2019-07-15)，ISSN：1674-0246, 第1-59页	2-4、7、8
A	JP 2018148664 A (FUJI ELECTRIC CO LTD) 2018年 9月 20日 (2018-09-20) 全文	1-12

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2021/110604

检索报告引用的专利文件	公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN 111934323 A	2020年 11月 13日	无	
CN 108206518 A	2018年 6月 26日	无	
JP 2018148664 A	2018年 9月 20日	无	