(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
2024 年 3 月 7 日 (07.03.2024)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2024/045100 A1

(51) 国际专利分类号:
H02H 7/22 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2022/116374

(22) 国际申请日: 2022 年 8 月 31 日 (31.08.2022)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 清华大学 (**TSINGHUA UNIVERSITY**) [CN/CN]; 中国北京市海淀区清华园 1 号, Beijing 10084 (CN)。

(72) 发明人: 施慎行 (**SHI, Shenxing**); 中国北京市海淀区清华园 1 号, Beijing 100084 (CN)。 张开鑫 (**ZHANG, Kaixin**); 中国北京市海淀区清华园 1 号, Beijing 100084 (CN)。 董新洲 (**DONG, Xinzhou**); 中国北京市海淀区清华园 1号, Beijing 100084 (CN)。

(74) 代理人: 北京东方亿思知识产权代理有限责任公司 (**BEIJING EAST IP LTD.**); 中国北京市东城区东长安街 1 号东方广场东方经贸城东 2座1601室, Beijing 100738 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, 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,

WO 2024/045100 A1

(54) **Title:** RELAYING PROTECTION METHOD, APPARATUS AND DEVICE FOR THREE-PHASE ALTERNATING-CURRENT SYSTEM

(54) 发明名称: 三相交流系统的继电保护方法、装置及设备

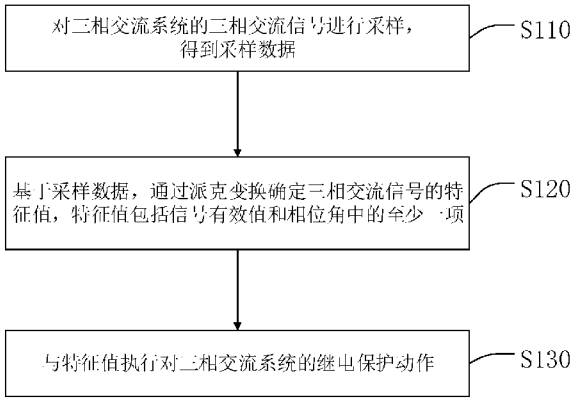


图 1

S110 Sample a three-phase alternating-current signal of a three-phase alternating-current system, so as to obtain sampled data

S120 On the basis of the sampled data, determine a characteristic value of the three-phase alternating-current signal by means of Park transformation, wherein the characteristic value comprises at least one of a signal effective value and a phase angle

S130 Execute a relaying protection action for the three-phase alternating-current system on the basis of the characteristic value

(57) **Abstract:** The present application relates to a relaying protection method, apparatus and device for a three-phase alternating-current system. The relaying protection method for a three-phase alternating-current system comprises: sampling a three-phase alternating-current signal of a three-phase alternating-current system, so as to obtain sampled data; on the basis of the sampled data, determining a characteristic value of the three-phase alternating-current signal by means of Park transformation, wherein the characteristic value comprises at least one of a signal effective value and a phase angle; and executing a relaying protection action for the three-phase alternating-current system on the basis of the characteristic value.

[见续页]

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, SC, 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: 本申请涉及一种三相交流系统的继电保护方法、装置及设备。该三相交流系统的继电保护方法包括：对所述三相交流系统的三相交流信号进行采样，得到采样数据；基于所述采样数据，通过派克变换确定所述三相交流信号的特征值，所述特征值包括信号有效值和相位角中的至少一项；基于所述特征值执行对所述三相交流系统的继电保护动作。

三相交流系统的继电保护方法、装置及设备

技术领域

本申请涉及电力系统继电保护技术领域，更具体地涉及三相交流系统的继电保护方法、装置及设备。

背景技术

我国已经建成世界上最大规模的电网，电力系统日趋庞大且复杂，其面临的风险和挑战也日益增加,继电保护装置承担了保护电网安全的重要职责。在三相交流电力系统中，电压、电流以及频率表征了系统目前所处状态，继电保护需要根据测量和计算得到的数据，对系统状态做出正确的判断，并及时采取相应的对策。无论是基于何种原理构成的交流继电保护，其任务都是对当前状态下所采集电气量计算得出的特征值进行判断，随后按事先制定的策略进行动作或不动作。因此，如何快速和准确地得到当前电力系统的特征值，对于电力系统运行和保护至关重要。

传统的频谱分析法利用离散傅里叶变换将时域信号变换到频域再进行特征值(包括信号幅值和相位角)的计算和分析，此种方法下的所需的采样点数多达 20 至 40 个，并且该方式在非整周期采样时计算准确性降低，并且由于离散傅里叶变换涉及到复数的运算，其计算量通常也较大，计算速度较慢。随着电力系统的发展，对继电保护装置的要求也更高，需要研究更加快速且准确的三相交流系统的继电保护方法、以提升继电保护装置的速动性及准确性。

发明内容

本申请提供了一种三相交流系统的继电保护方法、装置及设备，其目的在于至少解决上述至少一个问题。

本申请第一方面的实施例提供了一种三相交流系统的继电保护方法，

该三相交流系统的继电保护方法包括：

对三相交流系统的三相交流信号进行采样，得到采样数据；

基于采样数据，通过派克变换确定三相交流信号的特征值，特征值包括信号有效值和相位角中的至少一项；

基于特征值执行对三相交流系统的继电保护动作。

在上述方式的三相交流系统的继电保护方法中，在通过派克变换确定三相交流信号的特征值之前，该三相交流系统的继电保护方法还包括：

获取三相交流系统对应的锁相参考电压信号，锁相参考电压信号为正弦电压信号或余弦电压信号，且与三相交流系统的频率以及采样数据对应的采样时间相关；

基于采样数据，通过派克变换确定三相交流信号的特征值，包括：

基于采样数据和锁相参考电压信号，通过派克变换确定三相交流系统的特征值。

在上述方式的三相交流系统的继电保护方法中，锁相参考电压信号为正弦交流信号，锁相参考电压的表达式为：

$$u_r = \sin \omega t$$

其中，u_r 为锁相参考电压信号，ω 为三相交流系统的频率，t 为采样数据对应的采样时间；

基于采样数据和锁相参考电压，通过派克变换确定三相交流系统的特征值，包括：

通过第一计算公式，确定三相交流信号派克变换后的 d 轴坐标分量和 q 轴坐标分量；

基于三相交流信号派克变换后的 d 轴坐标分量和 q 轴坐标分量，通过第二计算公式，确定特征值；

其中，第一计算公式为：

$$\begin{bmatrix} u_{\mathrm{d}} \\ u_{\mathrm{q}} \\ u_0 \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} u_r & -\frac{1}{2}u_r - \frac{\sqrt{3}}{2}\sqrt{1-u_r^2} & -\frac{1}{2}u_r + \frac{\sqrt{3}}{2}\sqrt{1-u_r^2} \\ \sqrt{1-u_r^2} & -\frac{1}{2}\sqrt{1-u_r^2} + \frac{\sqrt{3}}{2}u_r & -\frac{1}{2}\sqrt{1-u_r^2} - \frac{\sqrt{3}}{2}u_r \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{\mathrm{A}} \\ u_{\mathrm{B}} \\ u_{\mathrm{C}} \end{bmatrix}$$

其中，u_d表示派克变换后 d 轴坐标分量，u_q表示派克变换后的 q 轴坐标分量，u_0表示派克变换后的 0 轴坐标分量，u_A、u_B和u_C表示分别对三相交流信号每一相电压瞬时值进行采样得到的采样数据，u_r为锁相参考电压信号值；

第二计算公式为：

$$U=\sqrt{\frac{u_d^2+u_q^2}{2}}$$

$$\varphi=\arctan\frac{u_q}{u_d}$$

其中，U为三相交流信号的电压有效值，φ为三相交流信号的电压相位角，u_d表示派克变换后的 d 轴坐标分量，u_q表示派克变换后的 q 轴坐标分量。

在上述方式的三相交流系统的继电保护方法中，在三相交流系统为三相不对称交流系统的情况下，基于采样数据，通过派克变换确定三相交流信号的特征值，包括：

对采样数据进行相序变换，得到三相交流信号的目标相序分量，目标相序分量包括正序分量、负序分量及零序分量中的至少一项；

对目标相序分量进行派克变换，确定三相交流信号的特征值。

在上述方式的三相交流系统的继电保护方法中，在三相交流系统为三相不对称交流系统的情况下，对三相交流系统的三相交流信号进行采样，得到采样数据，包括：

对于三相交流系统的每一相交流信号，分别以 1/3 交流信号周期的采样时间间隔进行同步采样，得到采样数据。

在上述方式的三相交流系统的继电保护方法中，目标相序分量包括正序分量、负序分量和零序分量；

对采样数据进行相序变换，得到三相交流信号的目标相序分量，包括：

根据第三计算公式，分别计算正序分量、负序分量和零序分量；

第三计算公式为：

$$\boldsymbol{u}_{+}^{\mathrm{abc}}=\frac{1}{3}\begin{bmatrix}u_{\mathrm{A(1)}}+u_{\mathrm{B(9)}}+u_{\mathrm{C(5)}}\\u_{\mathrm{A(5)}}+u_{\mathrm{B(1)}}+u_{\mathrm{C(9)}}\\u_{\mathrm{A(9)}}+u_{\mathrm{B(5)}}+u_{\mathrm{C(1)}}\end{bmatrix},\quad \boldsymbol{u}_{-}^{\mathrm{abc}}=\frac{1}{3}\begin{bmatrix}u_{\mathrm{A(1)}}+u_{\mathrm{B(5)}}+u_{\mathrm{C(9)}}\\u_{\mathrm{A(5)}}+u_{\mathrm{B(9)}}+u_{\mathrm{C(1)}}\\u_{\mathrm{A(9)}}+u_{\mathrm{B(1)}}+u_{\mathrm{C(5)}}\end{bmatrix},\quad \boldsymbol{u}_{0}^{\mathrm{abc}}=\frac{1}{3}\begin{bmatrix}u_{\mathrm{A(1)}}+u_{\mathrm{B(1)}}+u_{\mathrm{C(1)}}\\u_{\mathrm{A(5)}}+u_{\mathrm{B(5)}}+u_{\mathrm{C(5)}}\\u_{\mathrm{A(9)}}+u_{\mathrm{B(9)}}+u_{\mathrm{C(9)}}\end{bmatrix}$$

其中，$\boldsymbol{u}_{+}^{\mathrm{abc}}$ 为正序分量，$\boldsymbol{u}_{-}^{\mathrm{abc}}$ 为负序分量，$\boldsymbol{u}_{0}^{\mathrm{abc}}$ 为零序分量；采样数据包括：三相交流信号的每一相在 t_0 时刻以及 $t_0+4\frac{T}{12}$ 和 $t_0+8\frac{T}{12}$ 时的电压瞬时值；设置在 t_0 时刻以及 $t_0+4\frac{T}{12}$ 时刻和 $t_0+8\frac{T}{12}$ 时刻的采样点编号分别为 1、5、9，

$$u_{\mathrm{A}}(t_0)=u_{\mathrm{A(1)}}\qquad u_{\mathrm{B}}(t_0)=u_{\mathrm{B(1)}}\qquad u_{\mathrm{C}}(t_0)=u_{\mathrm{C(1)}}$$

$$u_{\mathrm{A}}(t_0+4\frac{T}{12})=u_{\mathrm{A(5)}},\quad u_{\mathrm{B}}(t_0+4\frac{T}{12})=u_{\mathrm{B(5)}},\quad u_{\mathrm{C}}(t_0+4\frac{T}{12})=u_{\mathrm{C(5)}};$$

$$u_{\mathrm{A}}(t_0+8\frac{T}{12})=u_{\mathrm{A(9)}}\qquad u_{\mathrm{B}}(t_0+8\frac{T}{12})=u_{\mathrm{B(9)}}\qquad u_{\mathrm{C}}(t_0+8\frac{T}{12})=u_{\mathrm{C(9)}}$$

对目标相序分量进行派克变换，确定三相交流信号的特征值，包括：

基于目标相序分量，通过第四计算公式，确定三相交流信号的特征值；

第四计算公式为：

$$\begin{bmatrix}u_{\mathrm{nd}}\\u_{\mathrm{nq}}\\u_{\mathrm{n0}}\end{bmatrix}=\frac{2}{3}\begin{bmatrix}\sin\omega t & \sin\left(\omega t-\frac{2\pi}{3}\right) & \sin\left(\omega t+\frac{2\pi}{3}\right)\\\cos\omega t & \cos\left(\omega t-\frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\omega t+\frac{2\pi}{3}\right)\\\frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2}\end{bmatrix}\boldsymbol{u}_{n}^{\mathrm{abc}}$$

其中，n 为+、-或 0，ω 为三相交流系统的频率，t 为与采样数据对应的采样时间相关的时间点。

在上述方式的三相交流系统的继电保护方法中，在三相交流系统为三相对称交流系统的情况下，对三相交流系统的三相交流信号进行采样，得到采样数据，包括：

对三相交流系统的三相交流信号进行单点采样，得到采样数据。

在上述方式的三相交流系统的继电保护方法中，在对三相交流系统的三相交流信号进行采样之前，该三相交流系统的继电保护方法还包括：

对三相交流系统的三相交流信号进行低通滤波；

对三相交流系统的三相交流信号进行采样，包括：

对低通滤波后的三相交流信号进行采样。

本申请第二方面的实施例还提供了一种三相交流系统的继电保护装置，该三相交流系统的继电保护装置包括：

采样模块，用于对三相交流系统的三相交流信号进行采样，得到采样数据；

确定模块，用于基于采样数据，通过派克变换确定三相交流信号的特征值，特征值包括信号有效值和相位角中的至少一项；

执行模块，用于与特征值执行对三相交流系统的继电保护动作。

本申请第三方面的实施例提供了一种三相交流系统的继电保护设备，该设备包括：

处理器以及存储有计算机程序指令的存储器；

所述处理器执行所述计算机程序指令时实现如上述本申请实施例中任意一项提供的三相交流系统的继电保护方法。

本申请第四方面的实施例提供了一种计算机存储介质，该计算机可读存储介质上存储有计算机程序指令，所述计算机程序指令被处理器执行时实现如上述本申请实施例中任意一项提供的三相交流系统的继电保护方法。

本申请第五方面的实施例提供了一种计算机程序产品，计算机程序产品中的指令由电子设备的处理器执行时，使得所述电子设备执行如上述本申请实施例中任意一项提供的三相交流系统的继电保护方法。

本申请实施例的三相交流系统的继电保护方法、装置及设备，通过对三相交流系统的三相交流信号所采样得到的采样数据进行派克变换，能够准确快速地计算出三相交流信号的特征值，如此，根据所得的特征值执行对三相交流系统的继电保护动作。本申请实施例提供的一种三相交流系统的继电保护方法、装置及设备，能够有效实现对三相交流系统特征值的快速计算，进而减少了继电保护装置的保护动作判别时间，提升了继电保护速动性。

附图说明

下面将参考附图来描述本申请示例性实施例的特征、优点和技术效果，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。

图 1 为本申请实施例提供的三相交流系统的继电保护方法的一种流程示意图；

图 2 为本申请实施例提供的三相交流系统的继电保护方法的另一种流程示意图；

图 3 为本申请实施例提供的三相交流系统的继电保护方法的再一种流程示意图；

图 4 为本申请实施例提供的三相交流系统的继电保护装置的结构示意图；

图 5 为本申请实施例提供的三相交流系统的继电保护设备的结构示意图。

具体实施方式

下面将详细描述本申请的各个方面的特征和示例性实施例。在下面的详细描述中，提出了许多具体细节，以便提供对本申请的全面理解。但是，对于本领域技术人员来说很明显的是，本申请可以在不需要这些具体细节中的一些细节的情况下实施。下面对实施例的描述仅仅是为了通过示出本申请的示例来提供对本申请的更好的理解。在附图和下面的描述中，至少部分的公知结构和技术没有被示出，以便避免对本申请造成不必要的模糊；并且，为了清晰，可能夸大了部分结构的尺寸。此外，下文中所描述的特征、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。

为了更好地理解本申请，下面结合图 1 至图 5 对本申请实施方式提供的三相交流系统的继电保护方法、装置及设备进行详细描述。

下面参见请参见图 1，图 1 为本申请实施例提供的三相交流系统的继电保护方法的一种流程示意图。该三相交流系统的继电保护方法应用于电子设备，该电子设备可以包括服务器或者终端等。如图 1 所示，该三相交

流系统的继电保护方法包括以下步骤：

S110，对三相交流系统的三相交流信号进行采样，得到采样数据；

S120，基于采样数据，通过派克变换确定三相交流信号的特征值，特征值包括信号有效值和相位角中的至少一项；

S130，基于特征值执行对三相交流系统的继电保护动作。

本申请实施例的三相交流系统的继电保护方法，通过对三相交流系统的三相交流信号所采样得到的采样数据进行派克变换，能够准确快速地计算出三相交流信号的特征值，如此，根据所得的特征值执行对三相交流系统的继电保护动作。本申请实施例提供的一种三相交流系统的继电保护方法，能够有效实现对三相交流系统特征值的快速计算，进而减少了继电保护装置的保护动作判别时间，提升了继电保护速动性。

在 S110 中，具体实现时，可以是在三相交流系统的相关继电保护的启动算法启动的情况下，对三相交流系统的三相交流信号进行采样，得到采样数据。

本申请中，在对三相交流信号进行采样时，可以是按照预设频率以及预设采样数量进行采样，得到 A、B、C 三相各相对应的采样数据，采样过程中的预设频率和预设采样数据具体可以视实际继电保护精度需求或后续的特征值计算需求等而定。

上述采样的三相交流信号可以为 A、B、C 三相的电压信号或/和电流信号，所采样的电压信号或电流信号均适用于后续基于派克变换的特征值计算。

需要说明，在三相交流电力系统中，一些干扰或者负荷的变化均会使交流系统的电气量发生改变。因此在本申请中，可以采用突变量启动的方式，确定启动算法启动。示例性地，通过连续监测电气参数，比如电流、电压信号，判断电气量是否发生突变，如果超过预先设定的电气值，则启动算法启动。

本申请中，考虑到三相交流系统实质上可分为三相对称交流系统和三相不对称交流系统，而在三相交流系统处于不同状态的情况下，所需的采样数据和后续的特征值计算过程也会存在差异，因此，为了更为合理地实

现对三相交流系统的继电保护，可以更为针对性地采取不同的采样方式对三相交流信号进行采样。

具体地，在一种可选的实施方式中，为了进一步减少量测时间，以有效提升继电保护的速动性，在三相交流系统为三相对称交流系统的情况下，上述对三相交流系统的三相交流信号进行采样，得到采样数据，即步骤 110，具体可以包括：

对三相交流系统的三相交流信号进行单点采样，得到采样数据。

具体地，三相对称交流系统通常包括未发生故障的三相交流系统，以及发生三相接地故障的三相交流系统。本实施例中，在三相交流系统对称的情况下，基于派克变换的特征值计算方法，只需利用任意一个时间点的三相交流信号的采样数据进行计算，计算速度极快，且结果精确。

需要说明，在其他可选的实施方式中，对于三相对称交流系统的三相交流信号，在采样时也可以是对 A、B、C 三相中各相分别以多个时间点进行信号同步采样，如此，综合多个采样数据，进一步提高后续特征值计算的准确性以及继电保护的可靠性。

在一种可选的实施方式中，为了进一步减少量测时间，在保障后续特征值计算的准确性的前提下有效提升继电保护的速动性，在三相交流系统为三相不对称交流系统的情况下，上述对三相交流系统的三相交流信号进行采样，得到采样数据，即步骤 110，具体可以包括：

对于三相交流系统的每一相交流信号，分别以 1/3 交流信号周期的采样时间间隔进行同步采样，得到采样数据。

需要注意，在实际电力系统中，在针对三相对称交流系统和三相不对称交流系统进行不同采样方式采样之前，需要先确定该三相交流系统是否三相对称。

因此，可以针对三相对称交流系统和三相不对称交流系统设置不同的启动算法以及启动算法启动条件。

具体地，本实施例中，可以是在 A、B、C 三相的各相电压或电流均降低到某一阈值以下，或降低一定百分率的情况下，确定关于三相对称交流系统的启动算法启动；而当 A、B、C 三相中只有一相或两相电压或电

流降低的情况下，确定关于三相不对称交流系统的启动算法启动。

在一种可选的实施方式中，为了保障后续计算的准确性，在对三相交流系统的三相交流信号进行采样之前，该三相交流系统的继电保护方法还可以包括：

对三相交流系统的三相交流信号进行低通滤波；

对三相交流系统的三相交流信号进行采样，可以包括：

对低通滤波后的三相交流信号进行采样。

具体实现时，在实际电力系统中，三相交流系统的模拟信号可以通过低通滤波器进行低通滤波，在经低通滤波之后转换为只含基频分量的数字信号，有效减少了在后续计算过程中由其他频率所带来的干扰。

本实施例中，对经低通滤波提取基频后的三相交流信号进行采样，得到含基频的三相交流信号的采样数据，如此，可以使得后续基于派克变换的特征值计算更为准确有效。

在 S120 中，具体实现时，在对三相交流信号进行采样得到采样数据后，基于该采样数据，采用派克变换具体确定三相交流信号的特征值。上述特征值可以包括信号有效值和相位角中的至少一项，具体可以视继电保护需求而定。

为了便于理解，下面以三相对称交流系统中的电压信号为例，对本申请提供的三相交流系统的继电保护方法进行介绍。

针对三相交流系统为三相对称交流系统的情况，若在 t 时刻分别在 A、B、C 三相进行交流电压信号采样，得到采样数据，该采样数据中即包括 A、B、C 三相各相在 t 时刻下的电压瞬时值。

上述 A、B、C 三相各相在 t 时刻下的电压瞬时值的表达式具体可以如下述公式 1：

$$\begin{aligned} u_{\mathrm{A}} &= \sqrt{2}U\sin(\omega t+\varphi) \\ u_{\mathrm{B}} &= \sqrt{2}U\sin(\omega t+\varphi-120^{\circ}) \\ u_{\mathrm{C}} &= \sqrt{2}U\sin(\omega t+\varphi+120^{\circ}) \end{aligned} \qquad \text{公式 1}$$

公式 1 中，u_{A} 、u_{B}、u_{C} 分别代表 A、B、C 三相电压瞬时值；U 代表电压信号的有效值；t 为采样时间，ω 代表电压信号的频率，φ 代表电压信号的相位角；下标 A、B、C 分别表示 A、B、C 三相。此时，由于三

相交流系统三相对称，因此三相电压信号的有效值相等，相位角互差120°。

基于此，通过对上述采样数据直接进行派克变换，可以实现对特征值（包括电压信号的有效值U和φ代表电压信号的相位角）的准确计算。

具体地，派克变换是一种坐标变换，其原理是将静止 A、B、C 坐标下的数字量转换成旋转的 dq 坐标下的数字量，为使派克变换矩阵可逆，添加虚拟 0 轴坐标。

派克变换的数学表达式如公式 2 所示：

$$\begin{bmatrix} u_d \\ u_q \\ u_0 \end{bmatrix} = \frac{2}{3}\begin{bmatrix} \sin(\omega t) & \sin\left(\omega t-\frac{2\pi}{3}\right) & \sin\left(\omega t+\frac{2\pi}{3}\right) \\ \cos(\omega t) & \cos\left(\omega t-\frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\omega t+\frac{2\pi}{3}\right) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} u_A \\ u_B \\ u_C \end{bmatrix} \quad \text{公式 2}$$

公式 2 中，u_d表示派克变换后的 d 轴坐标分量，u_q表示派克变换后的 q 轴分量，u_0表示派克变换后的 0 轴分量；u_A、u_B、u_C与(1)式中的含义相同，分别代表 A、B、C 三相电压瞬时值，ω对应三相对称系统的频率。

当u_A、u_B、u_C三个信号为同一频率交流信号且互差 120°（$2\pi/3$）电角度，即三相交流系统三相对称时，经过派克变换得到 dq0 坐标下的信号为直流信号。

将公式 1 代入公式 2，可以得到下述公式 3：

$$\begin{bmatrix} u_d \\ u_q \\ u_0 \end{bmatrix} = \frac{2}{3}\begin{bmatrix} \sin(\omega t) & \sin\left(\omega t-\frac{2\pi}{3}\right) & \sin\left(\omega t+\frac{2\pi}{3}\right) \\ \cos(\omega t) & \cos\left(\omega t-\frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\omega t+\frac{2\pi}{3}\right) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \sqrt{2}U\sin(\omega t+\varphi) \\ \sqrt{2}U\sin\left(\omega t+\varphi-\frac{2\pi}{3}\right) \\ \sqrt{2}U\sin\left(\omega t+\varphi+\frac{2\pi}{3}\right) \end{bmatrix} \quad \text{公式 3}$$

进一步地，化简计算得到公式 4：

$$\begin{bmatrix} u_d \\ u_q \\ u_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{2}U\cos\varphi \\ \sqrt{2}U\sin\varphi \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{公式 4}$$

由公式 4 可知，dq0 坐标下的分量为直流分量，d 轴分量和 q 轴分量包含了电压有效值和相位角的信息，0 轴分量为 0。如此，根据公式 4 可以构造出电压有效值和相位角的计算公式，具体如公式 5 所示：

$$U=\sqrt{\frac{u_{\mathrm{d}}^{2}+u_{\mathrm{q}}^{2}}{2}} \qquad \text{公式 5}$$

$$\varphi=\arctan\frac{u_{\mathrm{q}}}{u_{\mathrm{d}}}$$

公式 5 中，U 为三相交流信号的电压有效值，φ 为三相交流信号的电压相位角，u_{d} 表示派克变换后的 d 轴坐标分量，u_{q} 表示派克变换后的 q 轴坐标分量。

综上，针对三相对称交流系统而言，相较于传统的频谱分析法，本申请实施例提供的三相交流系统的继电保护方法中，只需要采样三相对称信号任意一个时间点的瞬时值，利用派克变换即可完成特征值的计算，由此，有效提升了三相交流系统继电保护的速动性及准确性。

需要注意，在利用派克变换进行特征值计算时，注意到派克变换矩阵的元素是随时间变化的，主要表现为 ωt 随时间和频率的变化。实际计算中，只有当待计算的三相信号与派克变换矩阵中的 ωt 一致时，才能基于派克变换进行特征值计算。因此，在通过派克变换进行特征值计算之前，需要锁相以确保派克变换矩阵中的 ωt 与待计算信号的一致。

需要说明，上述锁相的含义即：两个信号之间的相位同步，即两个信号之间的相位锁定不变。

本申请实施例中，在基于采样数据通过派克变换进行特征值计算时，可以通过相应的检测装置实时获取与三相交流信号的采样数据对应的 ωt。

示例性地，若针对三相对称交流系统的三相交流信号是采用单点采样方式进行采样，那么，通过相应的检测装置获取在 t 时刻下三相单点采样对应的 ωt，即可实现对三相交流信号的锁相，从而确保派克变换矩阵中的 ωt 与待计算信号的一致。

而针对三相不对称交流系统，对于其每一相交流信号分别以 1/3 交流信号周期的采样时间间隔进行同步采样的采样方式，在获取 ωt 时，由于各个采样数据对应的各个采样时刻的关联性，因此，同样只需获取其中一个

采样数据对应的ωt，即可实现对三相交流信号的锁相，从而确保派克变换矩阵中的ωt与待计算信号的一致。

在一种可选的实施方式中，针对到上述需实时获取ωt以进行锁相的方式，为了进一步提升基于派克变换的特征值计算速率，在通过派克变换确定三相交流信号的特征值之前，该三相交流系统的继电保护方法还可以包括：

获取三相交流系统对应的锁相参考电压信号，锁相参考电压信号为正弦电压信号或余弦电压信号，且与三相交流系统的频率以及采样数据对应的采样时间相关；

基于采样数据，通过派克变换确定三相交流信号的特征值，可以包括：

基于采样数据和锁相参考电压信号，通过派克变换确定三相交流系统的特征值。

本实施例中，将所需的锁相信息ωt转换成了一个包含了ωt信息的正弦电压信号或者余弦电压信号，如此，在基于采样数据进行派克变换时，派克变换矩阵中的参数ωt可被包括上述正弦电压信号或者余弦电压信号的表达式替换，从而间接实现在派克变换中对三相交流系统的锁相操作，实现对三相交流系统特征值的准确、快速计算。

具体实现时，可以在继电保护装置内部预先生成一个与三相交流系统的频率和时间同步的正弦电压信号或余弦电压信号。

那么，在三相交流系统启动算法启动进行采样的过程中，通过获取与采样数据的采样时刻对应的锁相参考电压信号，即可将该锁相参考电压信号代入到派克变换矩阵中，再根据采样数据和代入锁相参考电压信号后的派克变换矩阵，进行派克变换，从而可以实现对三相交流系统特征值的准确、高效计算。

具体地，在一种可选的实施方式中，上述锁相参考电压信号可以为最大值为 1 的标准正弦交流信号，锁相参考电压的表达式如公式 6 所示：

$$u_r = \sin \omega t \qquad \text{公式 6}$$

公式 6 中，u_r为锁相参考电压信号，ω为三相交流系统的频率，t为

采样数据对应的采样时间；

基于采样数据和锁相参考电压，通过派克变换确定三相交流系统的特征值，可以包括：

通过第一计算公式，确定三相交流信号派克变换后的 d 轴坐标分量和 q 轴坐标分量；

基于三相交流信号派克变换后的 d 轴坐标分量和 q 轴坐标分量，通过第二计算公式，确定特征值；

第一计算公式可以如公式 7 所示：

$$\begin{bmatrix} u_{\mathrm{d}} \\ u_{\mathrm{q}} \\ u_{0} \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} u_r & -\frac{1}{2}u_r - \frac{\sqrt{3}}{2}\sqrt{1-u_r^{\,2}} & -\frac{1}{2}u_r + \frac{\sqrt{3}}{2}\sqrt{1-u_r^{\,2}} \\ \sqrt{1-u_r^{\,2}} & -\frac{1}{2}\sqrt{1-u_r^{\,2}} + \frac{\sqrt{3}}{2}u_r & -\frac{1}{2}\sqrt{1-u_r^{\,2}} - \frac{\sqrt{3}}{2}u_r \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{\mathrm{A}} \\ u_{\mathrm{B}} \\ u_{\mathrm{C}} \end{bmatrix} \quad \text{公式 7}$$

公式 7 中，u_{d}表示派克变换后 d 轴坐标分量，u_{q}表示派克变换后的 q 轴坐标分量，u_0表示派克变换后的 0 轴坐标分量，u_{A}、u_{B} 和u_{C} 表示分别对三相交流信号每一相电压瞬时值进行采样得到的采样数据，u_r为锁相参考电压信号值；

第二计算公式可以为前述公式 5 所示：

$$U = \sqrt{\frac{u_{\mathrm{d}}^{\,2} + u_{\mathrm{q}}^{\,2}}{2}}$$

$$\varphi = \arctan\frac{u_{\mathrm{q}}}{u_{\mathrm{d}}} \quad \text{公式 5}$$

其中，U为三相交流信号的电压有效值，φ为三相交流信号的电压相位角，u_{d}表示派克变换后的 d 轴坐标分量，u_{q}表示派克变换后的 q 轴坐标分量。

需要说明，若只计算三相交流信号的有效值，可以将派克变换矩阵化简为固定系数的矩阵，如此，前述公式 7 可以进一步简化为下述公式 8：

$$\begin{bmatrix} u_{\mathrm{d}} \\ u_{\mathrm{q}} \\ u_{0} \end{bmatrix} = \frac{2}{3}\begin{bmatrix} 0 & -\frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} u_{\mathrm{A}} \\ u_{\mathrm{B}} \\ u_{\mathrm{C}} \end{bmatrix} \quad \text{公式 8}$$

如此，通过公式 8 计算三相交流信号的有效值，可以进一步实现对于三相交流系统继电保护中特征值的快速计算，有效提升了继电保护的速动性。

在一种可选的实施方式中，为了更为合理、准确地实现基于派克变换的特征值计算，在三相交流系统为三相不对称交流系统的情况下，上述基于采样数据，通过派克变换确定三相交流信号的特征值，即步骤 120，具体可以包括：

对采样数据进行相序变换，得到三相交流信号的目标相序分量，目标相序分量可以包括正序分量、负序分量及零序分量中的至少一项；

对目标相序分量进行派克变换，确定三相交流信号的特征值。

需要说明，考虑到不同继电保护所需涉及的电气量参数并不一致，例如，针对一些三相交流系统的接地故障继电保护，其故障情况通常会体现在负序分量和零序分量上，因此，为了更为合理、高效地实现对所需特征值的计算，上述目标相序分量具体可以视三相交流系统中的继电保护类型而定。

在一种可选的实施方式中，为了更为合理、准确地对三相交流系统的特征值进行计算，上述目标相序分量可以同时包括正序分量、负序分量和零序分量；

对采样数据进行相序变换，得到三相交流信号的目标相序分量，可以包括：

根据第三计算公式，分别计算正序分量、负序分量和零序分量；

第三计算公式具体如下述公式 8 所示：

$$\boldsymbol{u}_{+}^{\mathrm{abc}} = \frac{1}{3}\begin{bmatrix} u_{\mathrm{A}(1)} + u_{\mathrm{B}(9)} + u_{\mathrm{C}(5)} \\ u_{\mathrm{A}(5)} + u_{\mathrm{B}(1)} + u_{\mathrm{C}(9)} \\ u_{\mathrm{A}(9)} + u_{\mathrm{B}(5)} + u_{\mathrm{C}(1)} \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{u}_{-}^{\mathrm{abc}} = \frac{1}{3}\begin{bmatrix} u_{\mathrm{A}(1)} + u_{\mathrm{B}(5)} + u_{\mathrm{C}(9)} \\ u_{\mathrm{A}(5)} + u_{\mathrm{B}(9)} + u_{\mathrm{C}(1)} \\ u_{\mathrm{A}(9)} + u_{\mathrm{B}(1)} + u_{\mathrm{C}(5)} \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{u}_{0}^{\mathrm{abc}} = \frac{1}{3}\begin{bmatrix} u_{\mathrm{A}(1)} + u_{\mathrm{B}(1)} + u_{\mathrm{C}(1)} \\ u_{\mathrm{A}(5)} + u_{\mathrm{B}(5)} + u_{\mathrm{C}(5)} \\ u_{\mathrm{A}(9)} + u_{\mathrm{B}(9)} + u_{\mathrm{C}(9)} \end{bmatrix} \quad \text{公式 9}$$

公式 9 中，$\boldsymbol{u}_{+}^{abc}$ 为正序分量，$\boldsymbol{u}_{-}^{abc}$ 为负序分量，$\boldsymbol{u}_{0}^{abc}$ 为零序分量；采样数据可以包括：三相交流信号的每一相在 t_0 时刻以及 $t_0+4\frac{T}{12}$ 和 $t_0+8\frac{T}{12}$ 时的电压瞬时值；设置在 t_0 时刻以及 $t_0+4\frac{T}{12}$ 时刻和 $t_0+8\frac{T}{12}$ 时刻的采样点编号分别为 1、5、9，

$$u_{\mathrm{A}}(t_0)=u_{\mathrm{A}(1)} \qquad u_{\mathrm{B}}(t_0)=u_{\mathrm{B}(1)} \qquad u_{\mathrm{C}}(t_0)=u_{\mathrm{C}(1)}$$

$$u_{\mathrm{A}}(t_0+4\frac{T}{12})=u_{\mathrm{A}(5)}\text{，}\quad u_{\mathrm{B}}(t_0+4\frac{T}{12})=u_{\mathrm{B}(5)}\text{，}\quad u_{\mathrm{C}}(t_0+4\frac{T}{12})=u_{\mathrm{C}(5)}\text{；}$$

$$u_{\mathrm{A}}(t_0+8\frac{T}{12})=u_{\mathrm{A}(9)} \qquad u_{\mathrm{B}}(t_0+8\frac{T}{12})=u_{\mathrm{B}(9)} \qquad u_{\mathrm{C}}(t_0+8\frac{T}{12})=u_{\mathrm{C}(9)}$$

对目标相序分量进行派克变换，确定三相交流信号的特征值，可以包括：

基于目标相序分量，通过第四计算公式，确定三相交流信号的特征值；

第四计算公式可以如下述公式 10 所示：

$$\begin{bmatrix} u_{\mathrm{nd}} \\ u_{\mathrm{nq}} \\ u_{\mathrm{n0}} \end{bmatrix}=\frac{2}{3}\begin{bmatrix} \sin\omega t & \sin\left(\omega t-\frac{2\pi}{3}\right) & \sin\left(\omega t+\frac{2\pi}{3}\right) \\ \cos\omega t & \cos\left(\omega t-\frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\omega t+\frac{2\pi}{3}\right) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}\boldsymbol{u}_{n}^{abc} \qquad \text{公式 10}$$

其中，n 为+、-或 0，ω 为三相交流系统的频率，t 为与采样数据对应的采样时间相关的时间点。

需要说明，在其他可选的实施方式中，为了进一步减少采样时间以及采样数量，上述采样数据中也可以是仅包含三相交流信号的每一相在 t_0、$t_0+4\frac{T}{12}$ 和 $t_0+8\frac{T}{12}$ 三个时刻中任意两个时刻的电压瞬时值，在采样得到各相在 t_0、$t_0+4\frac{T}{12}$ 和 $t_0+8\frac{T}{12}$ 三个时刻中任意两个时刻的电压瞬时值之后，通过联立方程即可求解得到各相在第三时刻下的电压瞬时值。

示例性地，对于一个理想的单相基频正弦信号（以 A 相为例）$u_A=U_A\sin(\omega t+\varphi_A)$，$\omega$ 已知，t 由采样时刻决定，同样视作已知，幅值 U_A 和相位 φ_A 均未知，需要通过方程求解确定。

假设针对 A 相，分别在 t_0 时刻和 $t_0+4\frac{T}{12}$ 时刻进行采样，得到公式 11：

$$u_1 = U_A \sin(\omega t_0 + \varphi_A)$$
$$u_2 = U_A \sin(\omega(t_0 + 4\frac{T}{12}) + \varphi_A) \quad \text{公式 11}$$

由此，即可求解出幅值U_A和相位φ_A，进而得到 A 相在$t_0 + 8\frac{T}{12}$时刻下的电压瞬时值。以此类推，同样对三相中的 B、C 两相在t_0、$t_0 + 4\frac{T}{12}$和$t_0 + 8\frac{T}{12}$三个时刻中任意两个时刻的电压瞬时值进行采样后，可以计算得到第三时刻下的电压瞬时值。

基于此，通过将 A、B、C 三相各相通过采样及计算确定的在t_0时刻以及$t_0 + 4\frac{T}{12}$时刻 和$t_0 + 8\frac{T}{12}$时刻的电压瞬时值代入至上述第三计算公式中，即可计算得到三相不对称交流系统的正序分量、负序分量及零序分量。

需要说明，在前述多个实施例中，对于三相交流系统进行采样时，均是以对三相交流电压信号采样为例，并以此对三相交流电压信号的特征值的具体计算方式进行展开说明。然而，在实际应用场景中，也可以是对三相交流电流信号进行采样，并对三相交流电流信号的特征值进行采样，电流信号的特征值计算方式与上述电压信号的特征值计算方式一致，区别仅在于采样信号为电流信号。

在 S130，具体实现时，在计算得到三相交流系统的三相交流信号的特征值后，即可基于特征值执行对三相交流系统的继电保护动作。

以简单的电流继电保护为例，对于保护范围内的三相交流线路，设保护动作整定值为I_{set}，当通过派克变换计算所得电流有效值$I > I_{set}$时，保护立即动作，否则，保护不动作。

为了更好地理解本申请提供的三相交流系统的继电保护方法，下面请参见图 2 和图 3。图 2 为本申请实施例提供的三相交流系统的继电保护方法的另一种流程示意图。图 3 为本申请实施例提供的三相交流系统的继电保护方法的再一种流程示意图。图 2 和图 3 分别对于三相对称交流系统和三相不对称交流系统的三相交流系统的继电保护方法的流程示意图进行展示。

具体地，针对三相对称交流系统，如图 2 所示，在确定该三相交流系统为三相对称交流系统的情况下，通过分别对三相交流信号 A、B、C 三

相各相进行单点采样，并对锁相参考电压信号采样，如此，基于采样得到的三相交流信号采样数据和锁相参考电压信号，可以计算得到三相交流信号的特征值。

基于此，在计算得到三相交流信号的特征之后，判断该特征值是否满足继电保护动作条件，若满足继电保护动作条件，则继电保护动作，若特征值不满足继电保护动作条件，则继电保护不动作。

针对三相不对称交流系统，如图 3 所示，在确定该三相交流系统为三相不对称交流系统的情况下，可以对三相交流信号的 A、B、C 各相分别按照 T/3（1/3 交流信号周期）的时间间隔进行采样，对采样数据进行相序变换，得到正序分量、负序分量和零序分量，并对锁相参考电压信号进行采样，如此，基于计算得到的三相交流信号的正序分量、负序分量和零序分量，以及采样得到的锁相参考电压信号，通过派克变换分别计算得到正序电压特征值、负序电压特征值和零序电压特征值。

如此，在根据派克变化计算得到正、负、零序电压特征值后，基于特征值对继电保护是否动作进行判断，若满足继电保护动作条件，则继电保护动作，若特征值不满足继电保护动作条件，则继电保护不动作。

本实施例中，通过分别针对三相对称交流系统和三相不对称交流系统进行针对性的信号采样及数据处理，并通过派克变换快速、准确地计算特征值，能够有效减少继电保护动作的判别时间，提升三相交流系统继电保护的速动性及准确性。

基于上述实施例提供的三相交流系统的继电保护方法，本申请还提供了与上述三相交流系统的继电保护方法相对应的一种三相交流系统的继电保护装置，下面通过图 4 对三相交流系统的继电保护装置进行详细介绍。

图 4 为本申请实施例提供的三相交流系统的继电保护装置的结构示意图。图 4 示出的三相交流系统的继电保护装置 400 包括：

采样模块 410，用于对三相交流系统的三相交流信号进行采样，得到采样数据；

确定模块 420，用于基于采样数据，通过派克变换确定三相交流信号的特征值，特征值包括信号有效值和相位角中的至少一项；

执行模块 430，用于与特征值执行对三相交流系统的继电保护动作。

本申请实施例的三相交流系统的继电保护装置，通过对三相交流系统的三相交流信号所采样得到的采样数据进行派克变换，能够准确快速地计算出三相交流信号的特征值，如此，根据所得的特征值执行对三相交流系统的继电保护动作。本申请实施例提供的一种三相交流系统的继电保护装置，能够有效实现对三相交流系统特征值的快速计算，进而减少了继电保护装置的保护动作判别时间，提升了继电保护速动性。

在上述方式的三相交流系统的继电保护装置中，为了进一步提升基于派克变换的特征值计算速率，在通过派克变换确定三相交流信号的特征值之前，该三相交流系统的继电保护装置 400 还可以可以包括：

获取模块，可以用于获取三相交流系统对应的锁相参考电压信号，锁相参考电压信号可以为正弦电压信号或余弦电压信号，且与三相交流系统的频率以及采样数据对应的采样时间相关；

上述确定模块 420，具体可以用于基于采样数据和锁相参考电压信号，通过派克变换确定三相交流系统的特征值。

在上述方式的三相交流系统的继电保护装置中，具体地，锁相参考电压信号具体可以为正弦交流信号，锁相参考电压的表达式可以为：

$$u_r = \sin \omega t$$

其中，u_r 为锁相参考电压信号，ω 为三相交流系统的频率，t 为采样数据对应的采样时间；

上述确定模块 420，具体可以包括：

第一确定子模块，可以用于通过第一计算公式，确定三相交流信号派克变换后的 d 轴坐标分量和 q 轴坐标分量；

第二确定子模块，可以用于基于三相交流信号派克变换后的 d 轴坐标分量和 q 轴坐标分量，通过第二计算公式，确定特征值；

其中，第一计算公式可以为：

$$\begin{bmatrix} u_{\mathrm{d}} \\ u_{\mathrm{q}} \\ u_0 \end{bmatrix} = \frac{2}{3}\begin{bmatrix} u_r & -\frac{1}{2}u_r - \frac{\sqrt{3}}{2}\sqrt{1-u_r^{\,2}} & -\frac{1}{2}u_r + \frac{\sqrt{3}}{2}\sqrt{1-u_r^{\,2}} \\ \sqrt{1-u_r^{\,2}} & -\frac{1}{2}\sqrt{1-u_r^{\,2}} + \frac{\sqrt{3}}{2}u_r & -\frac{1}{2}\sqrt{1-u_r^{\,2}} - \frac{\sqrt{3}}{2}u_r \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} u_{\mathrm{A}} \\ u_{\mathrm{B}} \\ u_{\mathrm{C}} \end{bmatrix}$$

其中，u_{d}表示派克变换后 d 轴坐标分量，u_{q}表示派克变换后的 q 轴坐标分量，u_0表示派克变换后的 0 轴坐标分量，u_{A}、u_{B} 和u_{C} 表示分别对三相交流信号每一相电压瞬时值进行采样得到的采样数据，u_r 为锁相参考电压信号值；

第二计算公式可以为：

$$U = \sqrt{\frac{u_{\mathrm{d}}^{\,2} + u_{\mathrm{q}}^{\,2}}{2}}$$

$$\varphi = \arctan\frac{u_{\mathrm{q}}}{u_{\mathrm{d}}}$$

其中，U为三相交流信号的电压有效值，φ为三相交流信号的电压相位角，u_{d}表示派克变换后的 d 轴坐标分量，u_{q}表示派克变换后的 q 轴坐标分量。

在上述方式的三相交流系统的继电保护装置中，为了更为合理、准确地实现基于派克变换的特征值计算，在三相交流系统为三相不对称交流系统的情况下，上述确定模块 420，具体可以包括：

相序变换子模块，可以用于对采样数据进行相序变换，得到三相交流信号的目标相序分量，目标相序分量可以包括正序分量、负序分量及零序分量中的至少一项；

第三确定子模块，可以用于对目标相序分量进行派克变换，确定三相交流信号的特征值。

在上述方式的三相交流系统的继电保护装置中，为了进一步减少量测时间，在保障后续特征值计算的准确性的前提下有效提升继电保护的速动性，在三相交流系统为三相不对称交流系统的情况下，上述采样模块 410，具体可以用于：

对于三相交流系统的每一相交流信号，分别以 1/3 交流信号周期的采

样时间间隔进行同步采样，得到采样数据。

在上述方式的三相交流系统的继电保护装置中，具体地，目标相序分量可以包括正序分量、负序分量和零序分量；

上述相序变换子模块，具体可以用于根据第三计算公式，分别计算正序分量、负序分量和零序分量；

第三计算公式可以为：

$$\boldsymbol{u}_{+}^{\mathrm{abc}}=\frac{1}{3}\begin{bmatrix}u_{\mathrm{A(1)}}+u_{\mathrm{B(9)}}+u_{\mathrm{C(5)}}\\u_{\mathrm{A(5)}}+u_{\mathrm{B(1)}}+u_{\mathrm{C(9)}}\\u_{\mathrm{A(9)}}+u_{\mathrm{B(5)}}+u_{\mathrm{C(1)}}\end{bmatrix},\quad \boldsymbol{u}_{-}^{\mathrm{abc}}=\frac{1}{3}\begin{bmatrix}u_{\mathrm{A(1)}}+u_{\mathrm{B(5)}}+u_{\mathrm{C(9)}}\\u_{\mathrm{A(5)}}+u_{\mathrm{B(9)}}+u_{\mathrm{C(1)}}\\u_{\mathrm{A(9)}}+u_{\mathrm{B(1)}}+u_{\mathrm{C(5)}}\end{bmatrix},\quad \boldsymbol{u}_{0}^{\mathrm{abc}}=\frac{1}{3}\begin{bmatrix}u_{\mathrm{A(1)}}+u_{\mathrm{B(1)}}+u_{\mathrm{C(1)}}\\u_{\mathrm{A(5)}}+u_{\mathrm{B(5)}}+u_{\mathrm{C(5)}}\\u_{\mathrm{A(9)}}+u_{\mathrm{B(9)}}+u_{\mathrm{C(9)}}\end{bmatrix}$$

其中，$\boldsymbol{u}_{+}^{\mathrm{abc}}$ 为正序分量，$\boldsymbol{u}_{-}^{\mathrm{abc}}$ 为负序分量，$\boldsymbol{u}_{0}^{\mathrm{abc}}$ 为零序分量；采样数据可以包括：三相交流信号的每一相在 t_0 时刻以及 $t_0+4\frac{T}{12}$ 和 $t_0+8\frac{T}{12}$ 时的电压瞬时值；设置在 t_0 时刻以及 $t_0+4\frac{T}{12}$ 时刻和 $t_0+8\frac{T}{12}$ 时刻的采样点编号分别为1、5、9，

$$u_{\mathrm{A}}(t_0)=u_{\mathrm{A(1)}}\qquad u_{\mathrm{B}}(t_0)=u_{\mathrm{B(1)}}\qquad u_{\mathrm{C}}(t_0)=u_{\mathrm{C(1)}}$$

$$u_{\mathrm{A}}(t_0+4\frac{T}{12})=u_{\mathrm{A(5)}},\quad u_{\mathrm{B}}(t_0+4\frac{T}{12})=u_{\mathrm{B(5)}},\quad u_{\mathrm{C}}(t_0+4\frac{T}{12})=u_{\mathrm{C(5)}};$$

$$u_{\mathrm{A}}(t_0+8\frac{T}{12})=u_{\mathrm{A(9)}}\qquad u_{\mathrm{B}}(t_0+8\frac{T}{12})=u_{\mathrm{B(9)}}\qquad u_{\mathrm{C}}(t_0+8\frac{T}{12})=u_{\mathrm{C(9)}}$$

上述第三确定子模块，具体可以用于：

基于目标相序分量，通过第四计算公式，确定三相交流信号的特征值；

第四计算公式可以为：

$$\begin{bmatrix}u_{\mathrm{nd}}\\u_{\mathrm{nq}}\\u_{\mathrm{n0}}\end{bmatrix}=\frac{2}{3}\begin{bmatrix}\sin\omega t & \sin\left(\omega t-\frac{2\pi}{3}\right) & \sin\left(\omega t+\frac{2\pi}{3}\right)\\\cos\omega t & \cos\left(\omega t-\frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\omega t+\frac{2\pi}{3}\right)\\\frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2}\end{bmatrix}\boldsymbol{u}_{n}^{\mathrm{abc}}$$

其中，n 为+、-或 0，ω 为三相交流系统的频率，t 为与采样数据对应的采样时间相关的时间点。

在上述方式的三相交流系统的继电保护装置中，为了进一步减少量测时间，以有效提升继电保护的速动性，在三相交流系统为三相对称交流系

统的情况下，上述采样模块 410，具体可以用于：

对三相交流系统的三相交流信号进行单点采样，得到采样数据。

在上述方式的三相交流系统的继电保护装置中，为了保障后续计算的准确性，在对三相交流系统的三相交流信号进行采样之前，该三相交流系统的继电保护装置 400 还可以包括：

滤波模块，可以用于对三相交流系统的三相交流信号进行低通滤波；

上述采样模块 410，具体可以用于对低通滤波后的三相交流信号进行采样。

图 5 为本申请实施例提供的三相交流系统的继电保护设备的结构示意图。

三相交流系统的继电保护设备可以包括处理器 501 以及存储有计算机程序指令的存储器 502。

具体地，上述处理器 501 可以包括中央处理器（CPU），或者特定集成电路（Application Specific Integrated Circuit，ASIC），或者可以被配置成实施本申请实施例的一个或多个集成电路。

存储器 502 可以包括用于数据或指令的大容量存储器。举例来说而非限制，存储器 502 可包括硬盘驱动器（Hard Disk Drive，HDD）、软盘驱动器、闪存、光盘、磁光盘、磁带或通用串行总线（Universal Serial Bus，USB）驱动器或者两个或更多个以上这些的组合。在合适的情况下，存储器 502 可包括可移除或不可移除(或固定)的介质。在合适的情况下，存储器 502 可在综合网关容灾设备的内部或外部。在特定实施例中，存储器 502 是非易失性固态存储器。

存储器可包括只读存储器（ROM），随机存取存储器（RAM），磁盘存储介质设备，光存储介质设备，闪存设备，电气、光学或其他物理/有形的存储器存储设备。因此，通常，存储器包括一个或多个编码有包括计算机可执行指令的软件的有形（非暂态）计算机可读存储介质（例如，存储器设备），并且当该软件被执行（例如，由一个或多个处理器）时，其可操作来执行参考根据本公开的一方面的方法所描述的操作。

处理器 501 通过读取并执行存储器 502 中存储的计算机程序指令，以

实现上述实施例中的任意一种三相交流系统的继电保护方法。

在一个示例中，数据三相交流系统的继电保护设备还可包括通信接口 503 和总线 510。其中，如图 5 所示，处理器 501、存储器 502、通信接口 503 通过总线 510 连接并完成相互间的通信。

通信接口 503，主要用于实现本申请实施例中各模块、装置、单元和/或设备之间的通信。

总线 510 包括硬件、软件或两者，将三相交流系统的继电保护设备的部件彼此耦接在一起。举例来说而非限制，总线可包括加速图形端口（AGP）或其他图形总线、增强工业标准架构（EISA）总线、前端总线（FSB）、超传输（HT）互连、工业标准架构（ISA）总线、无限带宽互连、低引脚数（LPC）总线、存储器总线、微信道架构（MCA）总线、外围组件互连（PCI）总线、PCI-Express（PCI-X）总线、串行高级技术附件（SATA）总线、视频电子标准协会局部（VLB）总线或其他合适的总线或者两个或更多个以上这些的组合。在合适的情况下，总线 510 可包括一个或多个总线。尽管本申请实施例描述和示出了特定的总线，但本申请考虑任何合适的总线或互连。

该三相交流系统的继电保护设备执行本申请实施例中的三相交流系统的继电保护方法，从而实现图 1 描述的三相交流系统的继电保护方法。

另外，结合上述实施例中的三相交流系统的继电保护方法，本申请实施例可提供一种计算机存储介质来实现。该计算机存储介质上存储有计算机程序指令；该计算机程序指令被处理器执行时实现上述实施例中的任意一种三相交流系统的继电保护方法。

需要明确的是，本申请并不局限于上文所描述并在图中示出的特定配置和处理。为了简明起见，这里省略了对已知方法的详细描述。在上述实施例中，描述和示出了若干具体的步骤作为示例。但是，本申请的方法过程并不限于所描述和示出的具体步骤，本领域的技术人员可以在领会本申请的精神后，作出各种改变、修改和添加，或者改变步骤之间的顺序。

以上所述的结构框图中所示的功能块可以实现为硬件、软件、固件或者它们的组合。当以硬件方式实现时，其可以例如是电子电路、专用集成

电路（ASIC）、适当的固件、插件、功能卡等等。当以软件方式实现时，本申请的元素是被用于执行所需任务的程序或者代码段。程序或者代码段可以存储在机器可读介质中，或者通过载波中携带的数据信号在传输介质或者通信链路上传送。“机器可读介质”可以包括能够存储或传输信息的任何介质。机器可读介质的例子包括电子电路、半导体存储器设备、ROM、闪存、可擦除 ROM（EROM）、软盘、CD-ROM、光盘、硬盘、光纤介质、射频（RF）链路，等等。代码段可以经由诸如因特网、内联网等的计算机网络被下载。

还需要说明的是，本申请中提及的示例性实施例，基于一系列的步骤或者装置描述一些方法或系统。但是，本申请不局限于上述步骤的顺序，也就是说，可以按照实施例中提及的顺序执行步骤，也可以不同于实施例中的顺序，或者若干步骤同时执行。

上面参考根据本公开的实施例的方法、装置（系统）和计算机程序产品的流程图和/或框图描述了本公开的各方面。应当理解，流程图和/或框图中的每个方框以及流程图和/或框图中各方框的组合可以由计算机程序指令实现。这些计算机程序指令可被提供给通用计算机、专用计算机、或其它可编程数据处理装置的处理器，以产生一种机器，使得经由计算机或其它可编程数据处理装置的处理器执行的这些指令使能对流程图和/或框图的一个或多个方框中指定的功能/动作的实现。这种处理器可以是但不限于是通用处理器、专用处理器、特殊应用处理器或者现场可编程逻辑电路。还可理解，框图和/或流程图中的每个方框以及框图和/或流程图中的方框的组合，也可以由执行指定的功能或动作的专用硬件来实现，或可由专用硬件和计算机指令的组合来实现。

本领域技术人员应能理解，上述实施例均是示例性而非限制性的。在不同实施例中出现的不同技术特征可以进行组合，以取得有益效果。本领域技术人员在研究附图、说明书及权利要求书的基础上，应能理解并实现所揭示的实施例的其他变化的实施例。在权利要求书中，术语“包括”并不排除其他装置或步骤；物品没有使用数量词修饰时旨在包括一个/种或多个/种物品，并可以与“一个/种或多个/种物品”互换使用”；术语“第

一”、“第二”用于标示名称而非用于表示任何特定的顺序。权利要求中的任何附图标记均不应被理解为对保护范围的限制。权利要求中出现的多个部分的功能可以由一个单独的硬件或软件模块来实现。某些技术特征出现在不同的从属权利要求中并不意味着不能将这些技术特征进行组合以取得有益效果。

权 利 要 求 书

1、一种三相交流系统的继电保护方法，包括：

对所述三相交流系统的三相交流信号进行采样，得到采样数据；

基于所述采样数据，通过派克变换确定所述三相交流信号的特征值，所述特征值包括信号有效值和相位角中的至少一项；

基于所述特征值执行对所述三相交流系统的继电保护动作。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其中，在所述通过派克变换确定所述三相交流信号的特征值之前，所述方法还包括：

获取所述三相交流系统对应的锁相参考电压信号，所述锁相参考电压信号为正弦电压信号或余弦电压信号，且与所述三相交流系统的频率以及所述采样数据对应的采样时间相关；

所述基于所述采样数据，通过派克变换确定所述三相交流信号的特征值，包括：

基于所述采样数据和所述锁相参考电压信号，通过派克变换确定所述三相交流系统的特征值。

3、根据权利要求 2 所述的方法，其中，所述锁相参考电压信号为正弦交流信号，所述锁相参考电压的表达式为：

$$u_r = \sin \omega t$$

其中，u_r 为所述锁相参考电压信号，ω 为所述三相交流系统的频率，t 为所述采样数据对应的采样时间；

所述基于所述采样数据和所述锁相参考电压，通过派克变换确定所述三相交流系统的特征值，包括：

通过第一计算公式，确定所述三相交流信号派克变换后的 d 轴坐标分量和 q 轴坐标分量；

基于所述三相交流信号派克变换后的 d 轴坐标分量和 q 轴坐标分量，通过第二计算公式，确定所述特征值；

其中，所述第一计算公式为：

$$\begin{bmatrix} u_{\mathrm{d}} \\ u_{\mathrm{q}} \\ u_0 \end{bmatrix} = \frac{2}{3}\begin{bmatrix} u_r & -\frac{1}{2}u_r - \frac{\sqrt{3}}{2}\sqrt{1-u_r^{\,2}} & -\frac{1}{2}u_r + \frac{\sqrt{3}}{2}\sqrt{1-u_r^{\,2}} \\ \sqrt{1-u_r^{\,2}} & -\frac{1}{2}\sqrt{1-u_r^{\,2}} + \frac{\sqrt{3}}{2}u_r & -\frac{1}{2}\sqrt{1-u_r^{\,2}} - \frac{\sqrt{3}}{2}u_r \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} u_{\mathrm{A}} \\ u_{\mathrm{B}} \\ u_{\mathrm{C}} \end{bmatrix}$$

其中，u_{d}表示派克变换后 d 轴坐标分量，u_{q}表示派克变换后的 q 轴坐标分量，u_0表示派克变换后的 0 轴坐标分量，u_{A}、u_{B} 和u_{C} 表示分别对所述三相交流信号每一相电压瞬时值进行采样得到的采样数据，u_r为所述锁相参考电压信号值；

所述第二计算公式为：

$$U = \sqrt{\frac{u_{\mathrm{d}}^{\,2} + u_{\mathrm{q}}^{\,2}}{2}}$$

$$\varphi = \arctan\frac{u_{\mathrm{q}}}{u_{\mathrm{d}}}$$

其中，U为所述三相交流信号的电压有效值，φ为所述三相交流信号的电压相位角，u_{d}表示派克变换后的 d 轴坐标分量，u_{q}表示派克变换后的 q 轴坐标分量。

4、根据权利要求 1 所述的方法，其中，在所述三相交流系统为三相不对称交流系统的情况下，所述基于所述采样数据，通过派克变换确定所述三相交流信号的特征值，包括：

对所述采样数据进行相序变换，得到所述三相交流信号的目标相序分量，所述目标相序分量包括正序分量、负序分量及零序分量中的至少一项；

对所述目标相序分量进行派克变换，确定所述三相交流信号的特征值。

5、根据权利要求 4 所述的方法，其中，在所述三相交流系统为三相不对称交流系统的情况下，所述对所述三相交流系统的三相交流信号进行采样，得到采样数据，包括：

对于所述三相交流系统的每一相交流信号，分别以 1/3 交流信号周期的采样时间间隔进行同步采样，得到所述采样数据。

6、根据权利要求 5 所述的方法，其中，所述目标相序分量包括正序分量、负序分量和零序分量；

所述对所述采样数据进行相序变换，得到所述三相交流信号的目标相序分量，包括：

根据第三计算公式，分别计算所述正序分量、所述负序分量和所述零序分量；

所述第三计算公式为：

$$\boldsymbol{u}_{+}^{abc}=\frac{1}{3}\begin{bmatrix}u_{A(1)}+u_{B(9)}+u_{C(5)}\\u_{A(5)}+u_{B(1)}+u_{C(9)}\\u_{A(9)}+u_{B(5)}+u_{C(1)}\end{bmatrix},\quad \boldsymbol{u}_{-}^{abc}=\frac{1}{3}\begin{bmatrix}u_{A(1)}+u_{B(5)}+u_{C(9)}\\u_{A(5)}+u_{B(9)}+u_{C(1)}\\u_{A(9)}+u_{B(1)}+u_{C(5)}\end{bmatrix},\quad \boldsymbol{u}_{0}^{abc}=\frac{1}{3}\begin{bmatrix}u_{A(1)}+u_{B(1)}+u_{C(1)}\\u_{A(5)}+u_{B(5)}+u_{C(5)}\\u_{A(9)}+u_{B(9)}+u_{C(9)}\end{bmatrix}$$

其中，$\boldsymbol{u}_{+}^{abc}$ 为所述正序分量，$\boldsymbol{u}_{-}^{abc}$ 为所述负序分量，$\boldsymbol{u}_{0}^{abc}$ 为所述零序分量；所述采样数据包括：所述三相交流信号的每一相在 t_0 时刻以及 $t_0+4\frac{T}{12}$ 和 $t_0+8\frac{T}{12}$ 时的电压瞬时值；设置在 t_0 时刻以及 $t_0+4\frac{T}{12}$ 时刻和 $t_0+8\frac{T}{12}$ 时刻的采样点编号分别为 1、5、9，

$$u_A(t_0)=u_{A(1)}\qquad u_B(t_0)=u_{B(1)}\qquad u_C(t_0)=u_{C(1)}$$

$$u_A(t_0+4\frac{T}{12})=u_{A(5)},\quad u_B(t_0+4\frac{T}{12})=u_{B(5)},\quad u_C(t_0+4\frac{T}{12})=u_{C(5)};$$

$$u_A(t_0+8\frac{T}{12})=u_{A(9)}\qquad u_B(t_0+8\frac{T}{12})=u_{B(9)}\qquad u_C(t_0+8\frac{T}{12})=u_{C(9)}$$

所述对所述目标相序分量进行派克变换，确定所述三相交流信号的特征值，包括：

基于所述目标相序分量，通过第四计算公式，确定所述三相交流信号的特征值；

所述第四计算公式为：

$$\begin{bmatrix}u_{nd}\\u_{nq}\\u_{n0}\end{bmatrix}=\frac{2}{3}\begin{bmatrix}\sin\omega t & \sin\left(\omega t-\frac{2\pi}{3}\right) & \sin\left(\omega t+\frac{2\pi}{3}\right)\\\cos\omega t & \cos\left(\omega t-\frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\omega t+\frac{2\pi}{3}\right)\\\frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2}\end{bmatrix}\boldsymbol{u}_{n}^{abc}$$

其中，n 为+、-或 0，ω 为所述三相交流系统的频率，t 为与所述采样数据对应的采样时间相关的时间点。

7、根据权利要求 1 所述的方法，其中，在所述三相交流系统为三相对称交流系统的情况下，所述对所述三相交流系统的三相交流信号进行采样，得到采样数据，包括：

对所述三相交流系统的三相交流信号进行单点采样，得到所述采样数据。

8、根据权利要求 1-7 任一项所述的方法，其中，在对所述三相交流系统的三相交流信号进行采样之前，所述方法还包括：

对所述三相交流系统的三相交流信号进行低通滤波；

所述对所述三相交流系统的三相交流信号进行采样，包括：

对所述低通滤波后的三相交流信号进行采样。

9、一种三相交流系统的继电保护装置，包括：

采样模块，用于对所述三相交流系统的三相交流信号进行采样，得到采样数据；

确定模块，用于基于所述采样数据，通过派克变换确定所述三相交流信号的特征值，所述特征值包括信号有效值和相位角中的至少一项；

执行模块，用于与所述特征值执行对所述三相交流系统的继电保护动作。

10、一种三相交流系统的继电保护设备，所述设备包括：处理器以及存储有计算机程序指令的存储器；

所述处理器执行所述计算机程序指令时实现如权利要求 1-8 任意一项所述的三相交流系统的继电保护方法。

11、一种计算机可读存储介质，其特征在于，所述计算机可读存储介质上存储有计算机程序指令，所述计算机程序指令被处理器执行时实现如权利要求 1-8 任意一项所述的三相交流系统的继电保护方法。

12、一种计算机程序产品，其特征在于，所述计算机程序产品中的指令由电子设备的处理器执行时，使得所述电子设备能够执行如权利要求 1-8 任意一项所述的三相交流系统的继电保护方法。

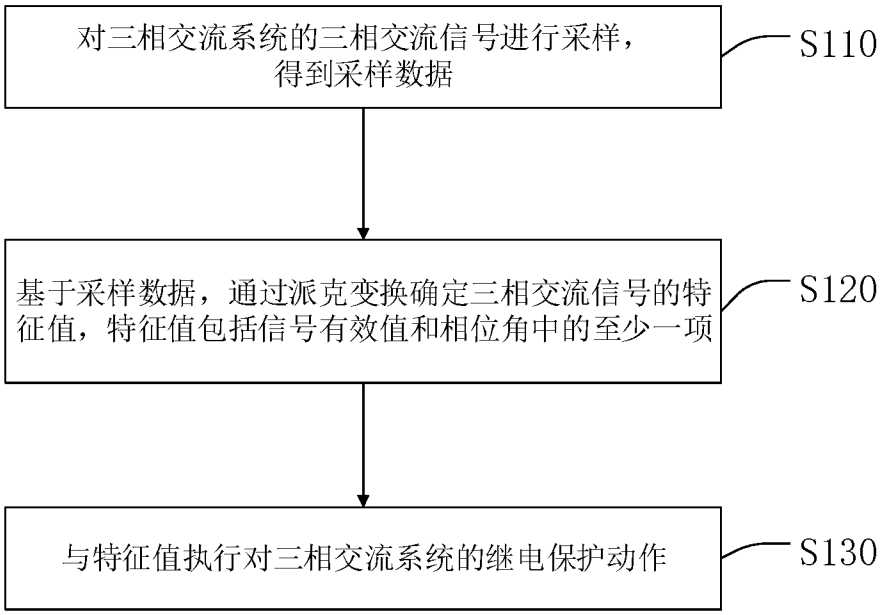

对三相交流系统的三相交流信号进行采样，得到采样数据
S110
基于采样数据，通过派克变换确定三相交流信号的特征值，特征值包括信号有效值和相位角中的至少一项
S120
与特征值执行对三相交流系统的继电保护动作
S130

图 1

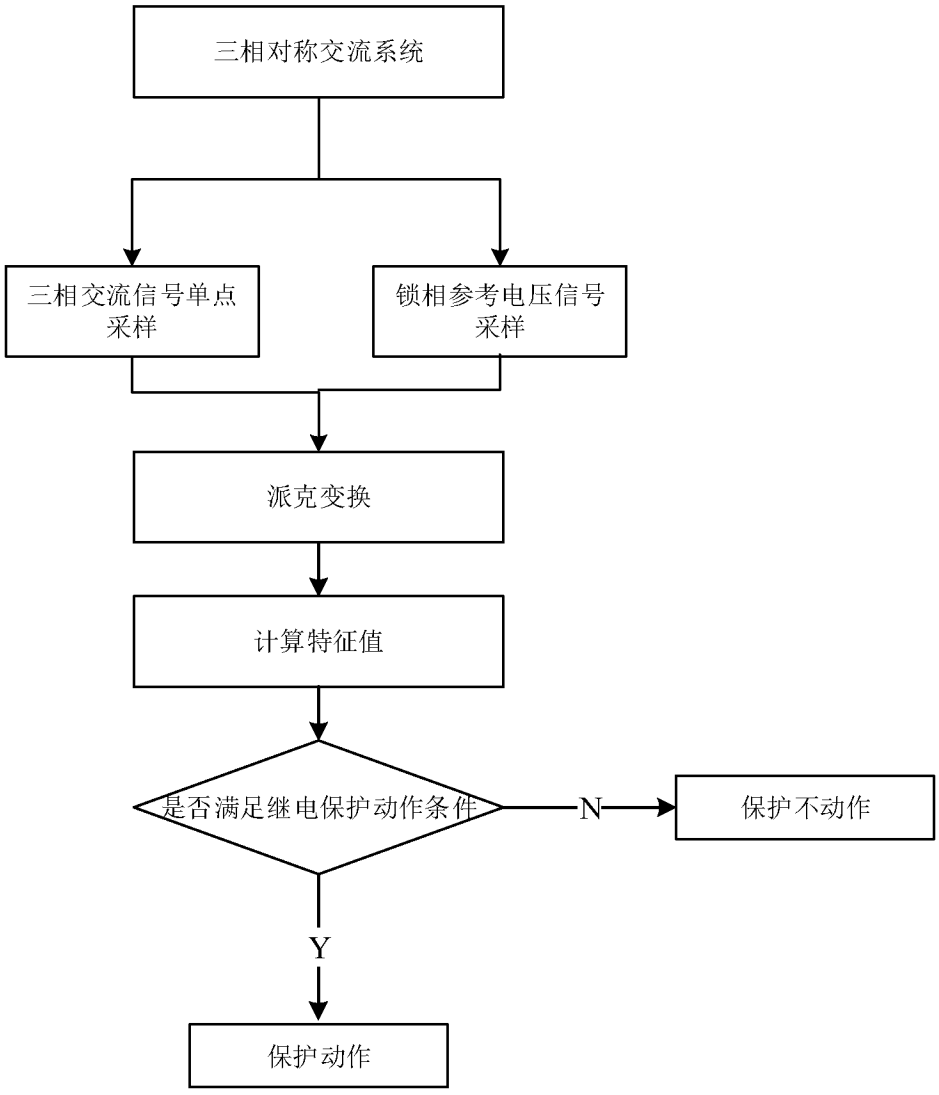

三相对称交流系统
三相交流信号单点采样
锁相参考电压信号采样
派克变换
计算特征值
是否满足继电保护动作条件
N
保护不动作
Y
保护动作

图 2

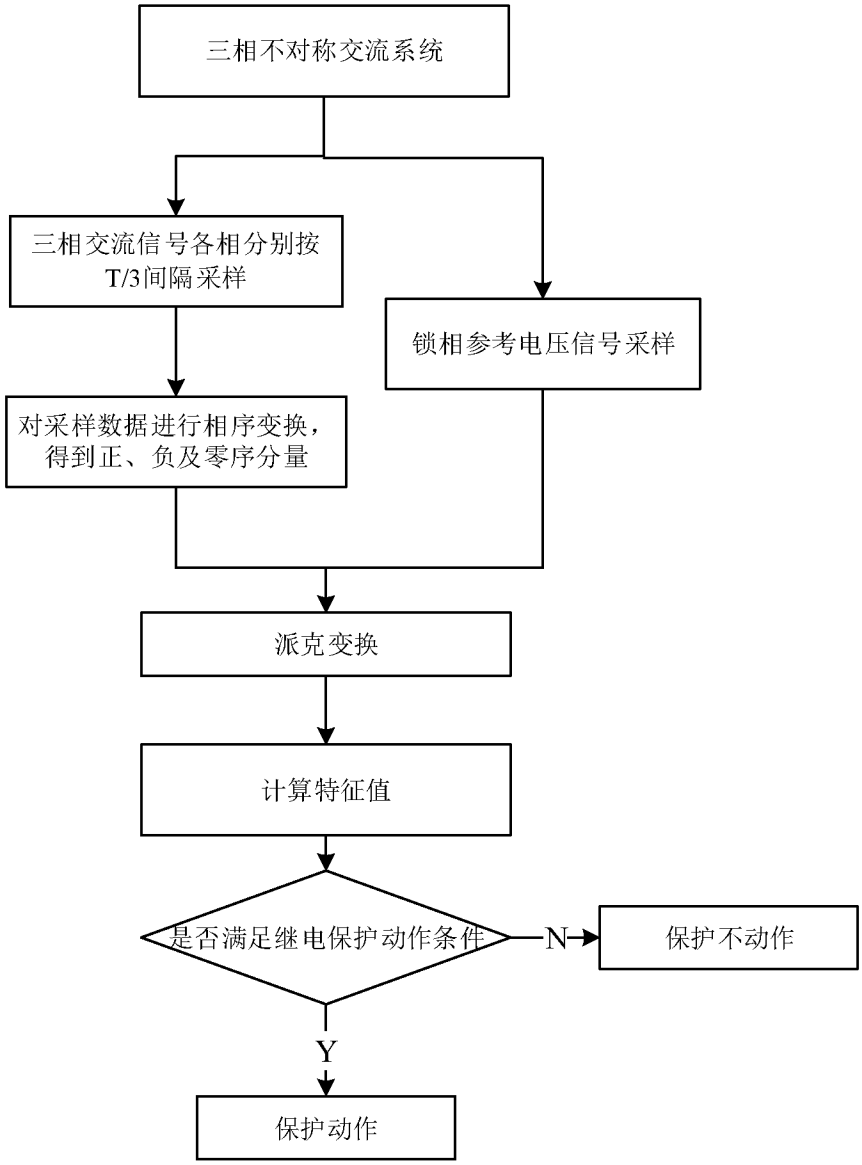

三相不对称交流系统
三相交流信号各相分别按T/3间隔采样
锁相参考电压信号采样
对采样数据进行相序变换，得到正、负及零序分量
派克变换
计算特征值
是否满足继电保护动作条件
N
保护不动作
Y
保护动作

图 3

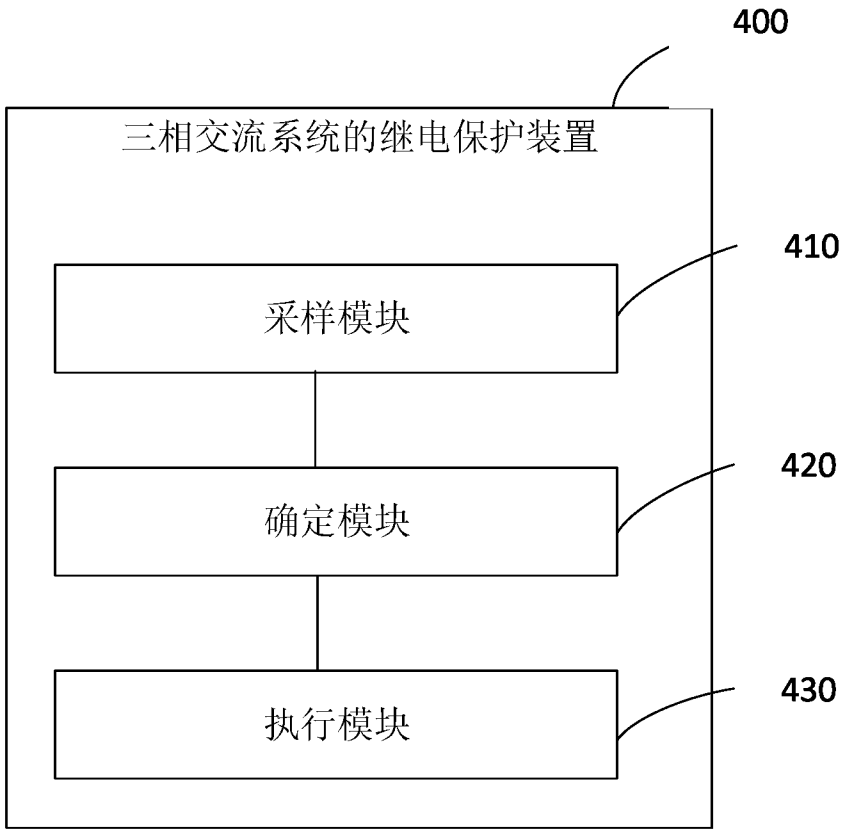

400
三相交流系统的继电保护装置
410
采样模块
420
确定模块
430
执行模块

图 4

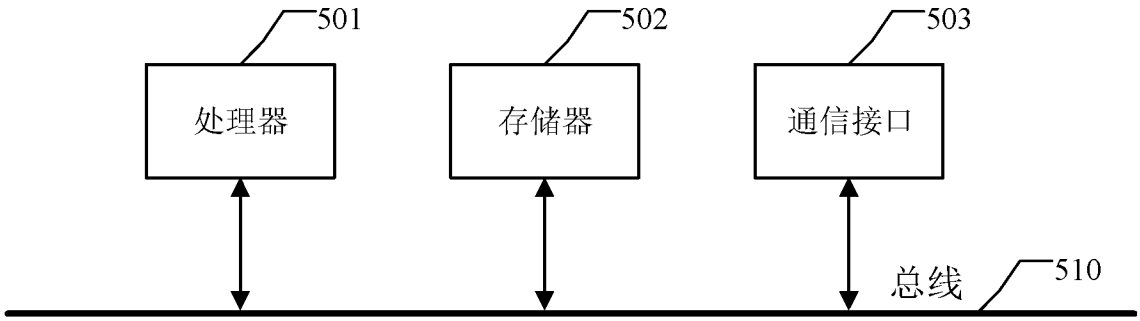

501
处理器
502
存储器
503
通信接口
总线
510

图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2022/116374

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02H7/22(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)

IPC:H02H

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; DWPI; VEN; USTXT; WOTXT; EPTXT; CNKI; IEEE: 三相交流, 采样数据, 派克变换, 继电保护, three-phase alternating current, sampled data, park transform, relay protection

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 114034981 A (KUNMING UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 11 February 2022 (2022-02-11) description, paragraphs 5-170, and figures 1-9	1-2, 4-5, 7-12
A	CN 114034981 A (KUNMING UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 11 February 2022 (2022-02-11) description, paragraphs 5-170, and figures 1-9	3, 6
X	CN 112583402 A (SHENYANG VYCON NEW ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD.) 30 March 2021 (2021-03-30) description, paragraphs 5-76, and figures 1-7	1-2, 4-5, 7-12
A	CN 112583402 A (SHENYANG VYCON NEW ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD.) 30 March 2021 (2021-03-30) description, paragraphs 5-76, and figures 1-7	3, 6
A	CN 114123325 A (BEIJING SIFANG AUTOMATION CO., LTD. et al.) 01 March 2022 (2022-03-01) description, paragraphs 137-260, and figures 1-2	3, 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
"D" document cited by the applicant in the international application
"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
21 April 2023	**26 April 2023**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) **China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088**	Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 114636883 A (NANHONG POWER TECHNOLOGY CO., LTD.) 17 June 2022 (2022-06-17) entire document	1-12
A	US 2018348308 A1 (SCHNEIDER ELECTRIC SOLAR INVERTERS USA INC.) 06 December 2018 (2018-12-06) entire document	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2022/116374

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 114034981 A	11 February 2022	None	
CN 112583402 A	30 March 2021	CN 112583402 B	22 June 2021
CN 114123325 A	01 March 2022	None	
CN 114636883 A	17 June 2022	None	
US 2018348308 A1	06 December 2018	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2022/116374

A. 主题的分类

H02H7/22(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)

IPC:H02H

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;DWPI;VEN;USTXT;WOTXT;EPTXT;CNKI;IEEE:三相交流,采样数据,派克变换，继电保护,three-phase alternating current, sampled data, park transform, relay protection

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 114034981 A (昆明理工大学) 2022年2月11日 (2022-02-11) 说明书第5-170段，图1-9	1-2,4-5,7-12
A	CN 114034981 A (昆明理工大学) 2022年2月11日 (2022-02-11) 说明书第5-170段，图1-9	3,6
X	CN 112583402 A (沈阳微控新能源技术有限公司) 2021年3月30日 (2021-03-30) 说明书第5-76段，图1-7	1-2,4-5,7-12
A	CN 112583402 A (沈阳微控新能源技术有限公司) 2021年3月30日 (2021-03-30) 说明书第5-76段，图1-7	3,6
A	CN 114123325 A (北京四方继保自动化股份有限公司 等) 2022年3月1日 (2022-03-01) 说明书第137-260段，图1-2	3,6
A	CN 114636883 A (南宏电力科技有限公司) 2022年6月17日 (2022-06-17) 全文	1-12

☑ 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

"D" 申请人在国际申请中引证的文件

"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
2023年4月21日	2023年4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 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	李文婷 电话号码 (+86) 020-28958148

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2022/116374

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	US 2018348308 A1 (SCHNEIDER ELECTRIC SOLAR INVERTERS USA INC) 2018年12月6日 (2018 - 12 - 06) 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/CN2022/116374

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 114034981 A	2022年2月11日	无	
CN 112583402 A	2021年3月30日	CN 112583402 B	2021年6月22日
CN 114123325 A	2022年3月1日	无	
CN 114636883 A	2022年6月17日	无	
US 2018348308 A1	2018年12月6日	无	