



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110716111 A

(43)申请公布日 2020.01.21

(21)申请号 201911106471.X

(22)申请日 2019.11.13

(71)申请人 南方电网科学研究院有限责任公司
电网技术研究中心

地址 510670 广东省广州市黄埔区科翔路
11号

申请人 哈尔滨理工大学

(72)发明人 王婷婷 宫洵 肖微 曾向君
贾磊 张福增 郑欢 李忠华

(74)专利代理机构 哈尔滨市伟晨专利代理事务
所(普通合伙) 23209

代理人 李思奇

(51)Int.Cl.

G01R 31/12(2006.01)

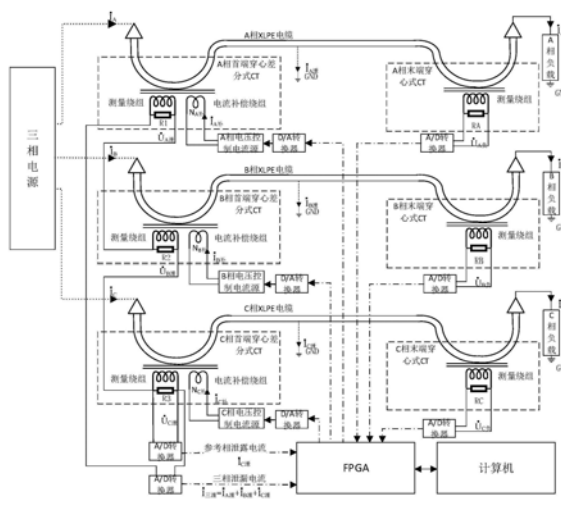
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

一种基于向量法的超高压XLPE电缆绝缘在线监测装置及监测方法

(57)摘要

一种基于向量法的超高压XLPE电缆绝缘在线监测装置及监测方法属于电缆在线监测技术领域;现有技术难以区分零序电流和电缆绝缘的泄露电流;本装置包括三相电源的输出端分别通过各相XLPE电缆与各相负载的输入端连接,各相负载与地GND连接,在每相XLPE电缆的首端和末端均连接有对应的首端穿心差分式CT和末端穿心式CT;每相末端穿心式CT均通过一个电阻与FPGA连接,FPGA通过每相的电压控制电流源与每相的首端穿心差分式CT连接;每相首端穿心差分式CT与一个电阻连接,三相首端穿心差分式CT串联与FPGA连接,FPGA与计算机双向连接;实现三相泄露电流的测量;本方法通过对比分析三相泄露电流与参考相泄露电流的向量关系,实现了XLPE电力电缆绝缘状态的准确评价。



1. 一种基于向量法的超高压XLPE电缆绝缘在线监测装置,其特征在于,包括三相电源、A相XLPE电缆、A相首端穿心差分式CT、A相末端穿心式CT、A相负载、B相XLPE电缆、B相首端穿心差分式CT、B相末端穿心式CT、B相负载、C相XLPE电缆、C相首端穿心差分式CT、C相末端穿心式CT、C相负载、FPGA和计算机;所述三相电源的输出端分别通过各相XLPE电缆与各相负载的输入端连接,各相负载与地GND连接,所述在每相XLPE电缆的首端和末端均连接有对应的首端穿心差分式CT和末端穿心式CT;

所述A相末端穿心式CT的测量绕组输出端通过电阻RA与FPGA的输入端连接,所述FPGA的输出端通过A相电压控制电流源与A相首端穿心差分式CT的电流补偿绕组输入端连接,所述A相首端穿心差分式CT的测量绕组输出端与电阻R1连接;

所述B相末端穿心式CT的测量绕组输出端通过电阻RB与FPGA的输入端连接,所述FPGA的输出端通过B相电压控制电流源与B相首端穿心差分式CT的电流补偿绕组输入端连接,所述B相首端穿心差分式CT的测量绕组输出端与电阻R2连接;

所述C相末端穿心式CT的测量绕组输出端通过电阻RC与FPGA的输入端连接,所述FPGA的输出端通过C相电压控制电流源与C相首端穿心差分式CT的电流补偿绕组输入端连接,所述C相首端穿心差分式CT的测量绕组输出端与电阻R3连接;所述电阻R1通过一条电线串联电阻R2和电阻R3后连接到A/D转换器,电阻R1与A/D转换器连接,所述A/D转换器与FPGA的输入端连接,所述FPGA与电阻R3通过A/D转换器连接,所述FPGA与计算机双向连接。

2. 根据权利要求1所述一种基于向量法的超高压XLPE电缆绝缘在线监测装置,其特征在于,所述FPGA与电阻RA、电阻RB及电阻RC均通过A/D转换器连接。

3. 根据权利要求1所述一种基于向量法的超高压XLPE电缆绝缘在线监测装置,其特征在于,所述FPGA与A相电压控制电流源、B相电压控制电流源及C相电压控制电流源均通过D/A转换器连接。

4. 一种基于权利要求1所述一种基于向量法的超高压XLPE电缆绝缘在线监测装置实现的监测方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤a、三相电源接通电源,电能分别通过各相的XLPE电缆传输到各相负载;

步骤b、通过C相首端穿心差分式CT的测量绕组检测C相XLPE电缆线芯处的参考相泄露电流信息,经过电阻R3将参考相泄露电流信息转换为参考相泄露电压信息,通过A/D转换器将参考相泄露电压信息转换为数字参考相泄露电压信息传输到FPGA中,通过计算机显示,用于实现参考相泄露电流的测量;

步骤c、通过各相首端穿心差分式CT的测量绕组检测三相XLPE电缆线芯处的三相泄露电流信息,经过电阻R1、电阻R2和电阻R3将三相泄露电流信息转换为三相泄露电压信息,通过A/D转换器将三相泄露电压信息转换为数字三相泄露电压信息传输到FPGA中,通过计算机显示,以三相泄露电流信息与参考相泄露电流信息对比作为评价参数,实现XLPE电力电缆绝缘状态的评价,能够判断出具体那一相XLPE电缆出现故障和故障相的绝缘状态;

步骤d、通过各相的末端穿心式CT的测量绕组检测负载电流信息,通过每相末端穿心式CT的测量绕组输出端的电阻将负载电流信息转换为负载电压信号,并将所述负载电压信号传输到FPGA中,通过计算机进行显示,用于实现负载电流的测量;

步骤e、FPGA根据将实时接收的所述负载电压信号传输到各相的电压控制电源中,各相的电压控制电源将电压信号转换为电流信号,传输到各相首端穿心差分式CT的电流补偿绕

组中,经过各相首端穿心差分式CT的电流补偿绕组磁路补偿消除负载电流信号,通过各相首端穿心差分式CT的测量绕组测量到各相XLPE电缆绝缘本体的实际泄露电流信息,经过电阻R1、电阻R2和电阻R3将实际三相泄露电流信息转换为实际三相泄露电压信号,经过A/D转换器将实际三相泄露电压信息转换为数字实际三相泄露电压信号,将所述数字实际三相泄露电压信号传输到FPGA中,通过计算机进行显示,用于实现实际三相泄露电流的测量。

5.根据权利要求4所述一种基于向量法的超高压XLPE电缆绝缘在线监测方法,其特征在于,步骤d中所述各相末端穿心式CT的测量绕组输出端连接的电阻将负载电流信息转换为电压信号后,均通过A/D转换器将模拟电压信号转换为数字电压信号再传输给FPGA。

6.根据权利要求4所述一种基于向量法的超高压XLPE电缆绝缘在线监测方法,其特征在于,步骤e中所述FPGA将实时接收到的负载电压信号通过D/A转换器,将数字负载电压信号转换成模拟负载电压信号再传输到各相电压控制电流源中。

一种基于向量法的超高压XLPE电缆绝缘在线监测装置及监测方法

技术领域

[0001] 本发明属于电缆在线监测技术领域,尤其涉及一种基于向量法的超高压XLPE电缆绝缘在线监测装置及监测方法。

背景技术

[0002] 交联聚乙烯(XLPE)绝缘电力电缆由于其优异的性能已成为城市电网的主体,最高电压等级达到500kV级,电力电缆的绝缘状态直接影响城市电网的运行安全。为了确保供电系统以及电力电缆的安全运行,探索有效的超高压XLPE电力电缆绝缘在线监测新技术已成为电力运行部门十分关注的课题。

[0003] 长期以来高压及超高压电缆的绝缘状态一直沿用传统的定期试验方法(即预防性试验)来检测,预防性试验难以发现电缆的潜在故障,不能提前做出相应的判断和采取可行措施来预防突发线路故障。此外,定期的电网停电试验将造成经济损失和影响人民群众的日常生活。因此,对高压电力电缆进行绝缘故障诊断与在线监测技术的研究以及研发出可靠的在线监测设备显得尤其重要。

[0004] 国内外研究者对XLPE电缆绝缘检测技术做了大量研究,取得了很多有价值的成果,目前XLPE电缆绝缘检测方法主要有:直流分量法、直流叠加法、交流叠加法、局部放电法、谐波分量法、介质损耗角正切法和接地电流法等。其中接地电流法是通过测量XLPE电缆绝缘的接地电流判别电缆绝缘的绝缘状态,但是该方法受到电缆接地方式、交叉互联和负载电流的影响,即当负载电流不对称导致零序电流不为零,将难以区分零序电流和电缆绝缘的泄露电流。

发明内容

[0005] 本发明克服了上述现有技术的不足,提供一种基于向量法的超高压XLPE电缆绝缘在线监测装置及监测方法,本装置三相采用首端穿心差分式电流互感器从超高压XLPE电缆线芯处获取XLPE电力电缆绝缘的三相泄露电流,解决了超高压XLPE电缆绝缘在线监测技术中泄露电流提取面临的难题;本方法通过对比分析三相泄露电流与参考相泄露电流的向量关系,建立三相泄露电流随时间的变化关系,实现了XLPE电力电缆绝缘状态的准确评价。

[0006] 本发明的技术方案:

[0007] 技术方案一

[0008] 一种基于向量法的超高压XLPE电缆绝缘在线监测装置,包括三相电源、A相XLPE电缆、A相首端穿心差分式CT、A相末端穿心式CT、A相负载、B相XLPE电缆、B相首端穿心差分式CT、B相末端穿心式CT、B相负载、C相XLPE电缆、C相首端穿心差分式CT、C相末端穿心式CT、C相负载、FPGA和计算机;所述三相电源的输出端分别通过各相XLPE电缆与各相负载的输入端连接,各相负载与地GND连接,所述在每相XLPE电缆的首端和末端均连接有对应的首端穿心差分式CT和末端穿心式CT;

[0009] 所述A相末端穿心式CT的测量绕组输出端通过电阻RA与FPGA的输入端连接,所述FPGA的输出端通过A相电压控制电流源与A相首端穿心差分式CT的电流补偿绕组输入端连接,所述A相首端穿心差分式CT的测量绕组输出端与电阻R1连接;

[0010] 所述B相末端穿心式CT的测量绕组输出端通过电阻RB与FPGA的输入端连接,所述FPGA的输出端通过B相电压控制电流源与B相首端穿心差分式CT的电流补偿绕组输入端连接,所述B相首端穿心差分式CT的测量绕组输出端与电阻R2连接;

[0011] 所述C相末端穿心式CT的测量绕组输出端通过电阻RC与FPGA的输入端连接,所述FPGA的输出端通过C相电压控制电流源与C相首端穿心差分式CT的电流补偿绕组输入端连接,所述C相首端穿心差分式CT的测量绕组输出端与电阻R3连接;所述电阻R1通过一条电线串联电阻R2和电阻R3后连接到A/D转换器,电阻R1与A/D转换器连接,所述A/D转换器与FPGA的输入端连接,所述FPGA与电阻R3通过A/D转换器连接,所述FPGA与计算机双向连接。

[0012] 进一步地,所述FPGA与电阻RA、电阻RB及电阻RC均通过A/D转换器连接。

[0013] 进一步地,所述FPGA与A相电压控制电流源、B相电压控制电流源及C相电压控制电流源均通过D/A转换器连接。

[0014] 技术方案二

[0015] 一种基于技术方案一所述一种基于向量法的超高压XLPE电缆绝缘在线监测装置实现的监测方法,包括以下步骤:

[0016] 步骤a、三相电源接通电源,电能分别通过各相的XLPE电缆传输到各相负载;

[0017] 步骤b、通过C相首端穿心差分式CT的测量绕组检测C相XLPE电缆线芯处的参考相泄露电流信息,经过电阻R3将参考相泄露电流信息转换为参考相泄露电压信息,通过A/D转换器将参考相泄露电压信息转换为数字参考相泄露电压信息传输到FPGA中,通过计算机显示,用于实现参考相泄露电流的测量;

[0018] 步骤c、通过各相首端穿心差分式CT的测量绕组检测三相XLPE电缆线芯处的三相泄露电流信息,经过电阻R1、电阻R2和电阻R3将三相泄露电流信息转换为三相泄露电压信息,通过A/D转换器将三相泄露电压信息转换为数字三相泄露电压信息传输到FPGA中,通过计算机显示,以三相泄露电流信息与参考相泄露电流信息对比作为评价参数,实现XLPE电力电缆绝缘状态的评价,能够判断出具体那一相XLPE电缆出现故障和故障相的绝缘状态;

[0019] 步骤d、通过各相的末端穿心式CT的测量绕组检测负载电流信息,通过每相末端穿心式CT的测量绕组输出端的电阻将负载电流信息转换为负载电压信号,并将所述负载电压信号传输到FPGA中,通过计算机进行显示,用于实现负载电流的测量;

[0020] 步骤e、FPGA根据将实时接收的所述负载电压信号传输到各相的电压控制电源中,各相的电压控制电源将电压信号转换为电流信号,传输到各相首端穿心差分式CT的电流补偿绕组中,经过各相首端穿心差分式CT的电流补偿绕组磁路补偿消除负载电流信号,通过各相首端穿心差分式CT的测量绕组测量到各相XLPE电缆绝缘本体的实际泄露电流信息,经过电阻R1、电阻R2和电阻R3将实际三相泄露电流信息转换为实际三相泄露电压信号,经过A/D转换器将实际三相泄露电压信息转换为数字实际三相泄露电压信号,将所述数字实际三相泄露电压信号传输到FPGA中,通过计算机进行显示,用于实现实际三相泄露电流的测量。

[0021] 进一步地,步骤d中所述各相末端穿心式CT的测量绕组输出端连接的电阻将负载

电流信息转换为电压信号后,均通过A/D转换器将模拟电压信号转换为数字电压信号再传输给FPGA。

[0022] 进一步地,步骤e中所述FPGA将实时接收到的负载电压信号通过D/A转换器,将数字负载电压信号转换成模拟负载电压信号再传输到各相电压控制电流源中。

[0023] 本发明相对于现有技术具有以下有益效果:

[0024] 本发明提供了一种基于向量法的超高压XLPE电缆绝缘在线监测装置及监测方法,本装置三相采用首端穿心差分式电流互感器从超高压XLPE电缆线芯处获取XLPE电力电缆绝缘的三相泄露电流,以三相泄露电流与参考相泄露电流向量对比作为评价参数,实现XLPE电力电缆绝缘状态的评价,首端穿心差动式CT不会影响线路的安全运行,同时克服了电缆交叉互联、绝缘护套破损接地、感应电压和负载电流不对称等因素的影响,解决了超高压XLPE电缆绝缘在线监测技术中泄露电流提取面临的难题。

[0025] 本方法通过对比分析三相泄露电流与参考相泄露电流的向量关系,建立三相泄露电流随时间的变化关系,能够反映绝缘状态随时间的变化关系,同时也能够监测超高压XLPE电缆的载流量信息,判定故障相的绝缘状态,避免了负载电流的影响,所得信息将真实反映超高压XLPE电缆的绝缘状态;实现了XLPE电力电缆绝缘状态的准确评价。

[0026] 本方法通过本装置实现三相泄露电流的测量,采用穿心差分式CT从电缆线芯处获取的一种测试方法,消除了超高压电缆交叉互联、负载电流和接地方式等因素的影响,实现了超高压XLPE电缆的绝缘状态的准确评价;

附图说明

[0027] 图1是本发明结构原理图;

[0028] 图2是三相泄露电流向量图。

具体实施方式

[0029] 以下将结合附图对本发明进行详细说明。

[0030] 具体实施方式一

[0031] 一种基于向量法的超高压XLPE电缆绝缘在线监测装置,如图1所示,包括三相电源、A相XLPE电缆、A相首端穿心差分式CT、A相末端穿心式CT、A相负载、B相XLPE电缆、B相首端穿心差分式CT、B相末端穿心式CT、B相负载、C相XLPE电缆、C相首端穿心差分式CT、C相末端穿心式CT、C相负载、FPGA和计算机;

[0032] 所述三相电源的输出端通过A相XLPE电缆与A相负载的输入端连接,所述A相负载与地GND连接;所述A相XLPE电缆的首端和末端分别连接有A相首端穿心差分式CT和A相末端穿心式CT,所述A相末端穿心式CT的测量绕组输出端通过电阻RA与FPGA的输入端连接,所述FPGA的输出端通过A相电压控制电流源与A相首端穿心差分式CT的电流补偿绕组输入端连接,所述A相首端穿心差分式CT的测量绕组输出端与电阻R1连接;

[0033] 所述三相电源的输出端通过B相XLPE电缆与B相负载的输入端连接,所述B相负载与地GND连接;所述B相XLPE电缆的首端和末端分别连接有B相首端穿心差分式CT和B相末端穿心式CT,所述B相末端穿心式CT的测量绕组输出端通过电阻RB与FPGA的输入端连接,所述FPGA的输出端通过B相电压控制电流源与B相首端穿心差分式CT的电流补偿绕组输入端连

接,所述B相首端穿心差分式CT的测量绕组输出端与电阻R2连接;

[0034] 所述三相电源的输出端通过C相XLPE电缆与C相负载的输入端连接,所述C相负载与地GND连接;所述C相XLPE电缆的首端和末端分别连接有C相首端穿心差分式CT和C相末端穿心式CT,所述C相末端穿心式CT的测量绕组输出端通过电阻RC与FPGA的输入端连接,所述FPGA的输出端通过C相电压控制电流源与C相首端穿心差分式CT的电流补偿绕组输入端连接,所述C相首端穿心差分式CT的测量绕组输出端与电阻R3连接;

[0035] 所述电阻R1通过一条电线串联电阻R2和电阻R3后连接到A/D转换器,电阻R1与A/D转换器连接,所述A/D转换器与FPGA的输入端连接,所述FPGA与电阻R1、电阻R2和电阻R3通过A/D转换器连接,所述FPGA与计算机双向连接。

[0036] 具体地,所述各相首端穿心差分式CT均为穿心差分式电流互感器,各相末端穿心式CT均为穿心式电流互感器。

[0037] 具体地,所述FPGA与电阻RA、电阻RB及电阻RC均通过A/D转换器连接。

[0038] 具体地,所述FPGA与A相电压控制电流源、B相电压控制电流源及C相电压控制电流源均通过D/A转换器连接。

[0039] 具体地,本实施方式三相采用首端穿心差分式电流互感器从超高压XLPE电缆线芯处获取XLPE电力电缆绝缘的三相泄露电流,以三相泄露电流与参考相泄露电流向量对比作为评价参数,实现XLPE电力电缆绝缘状态的评价,有效的解决了电缆交叉互联和负载电流不对称的影响。

[0040] 本实施方式通过三相超高压XLPE电力电缆、末端穿心式电流互感器、首端穿心差分式CT、电压控制电流源、FPGA和计算机等的连接,实现XLPE电缆绝缘三相泄露电流的测量;

[0041] 本实施方式通过每相末端穿心式CT的输出端接有一个小电流高精密电阻,输出端经A/D转换器连接到FPGA,实现负载电流的测量;

[0042] 本实施方式通过FPGA经D/A转换器连接到电压控制电流源,该电压控制电流源连接到首端穿心差分式CT的电流补偿绕组,实现电缆首末端电流差分运算得到电缆绝缘本体泄露电流;

[0043] 本实施方式通过XLPE电缆每一相都装有一个首端穿心差分式CT,该首端穿心差分式CT的输出端接有一精密电阻,电缆三相首端穿心差分式电流互感器的输出端串接,并通过A/D转换器连接到FPGA,实现三相泄露电流的测量,解决了超高压XLPE电缆绝缘在线监测技术中泄露电流提取面临的难题。

[0044] 具体实施方式二

[0045] 一种基于具体实施方式一所述一种基于向量法的超高压XLPE电缆绝缘在线监测装置实现的监测方法,包括以下步骤:

[0046] 步骤a、三相电源接通电源,电能分别通过各相的XLPE电缆传输到各相负载;

[0047] 步骤b、通过C相首端穿心差分式CT的测量绕组检测C相XLPE电缆线芯处的参考相泄露电流信息,经过电阻R3将参考相泄露电流信息转换为参考相泄露电压信息,通过A/D转换器将参考相泄露电压信息转换为数字参考相泄露电压信息传输到FPGA中,通过计算机显示,用于实现参考相泄露电流的测量;

[0048] 步骤c、通过各相首端穿心差分式CT的测量绕组检测三相XLPE电缆线芯处的三相

泄露电流信息,经过电阻R1、电阻R2和电阻R3将三相泄露电流信息转换为三相泄露电压信息,通过A/D转换器将三相泄露电压信息转换为数字三相泄露电压信息传输到FPGA中,通过计算机显示,以三相泄露电流信息与参考相泄露电流信息对比作为评价参数,实现XLPE电力电缆绝缘状态的评价,能够判断出具体那一相XLPE电缆出现故障和故障相的绝缘状态;

[0049] 步骤d、通过各相的末端穿心式CT的测量绕组检测负载电流信息,通过每相末端穿心式CT的测量绕组输出端的电阻将负载电流信息转换为负载电压信号,并将所述负载电压信号传输到FPGA中,通过计算机进行显示,用于实现负载电流的测量;

[0050] 步骤e,FPGA根据将实时接收的所述负载电压信号传输到各相的电压控制电源中,各相的电压控制电源将电压信号转换为电流信号,传输到各相首端穿心差分式CT的电流补偿绕组中,经过各相首端穿心差分式CT的电流补偿绕组磁路补偿消除负载电流信号,通过各相首端穿心差分式CT的测量绕组测量到各相XLPE电缆绝缘本体的实际各相泄露电流信息,经过电阻R1、电阻R2和电阻R3将实际三相泄露电流信息转换为实际三相泄露电压信号,经过A/D转换器将实际三相泄露电压信息转换为数字实际三相泄露电压信号,将所述数字实际三相泄露电压信号传输到FPGA中,通过计算机进行显示,用于实现实际三相泄露电流的测量。

[0051] 具体地,步骤d中所述各相末端穿心式CT的测量绕组输出端连接的电阻将负载电流信息转换为电压信号后,均通过A/D转换器将模拟电压信号转换为数字电压信号再传输给FPGA。

[0052] 具体地,步骤e中所述FPGA将实时接收到的负载电压信号通过D/A转换器,将数字负载电压信号转换成模拟负载电压信号再传输到各相电压控制电流源中。

[0053] 具体地,如图1所示, i_A 、 i_B 、 i_C 为流过A、B、C相XLPE电缆导体的电流; $i_{A负}$ 、 $i_{B负}$ 、 $i_{C负}$ 为流过A、B、C相负载的电流; $i_{A泄}$ 、 $i_{B泄}$ 、 $i_{C泄}$ 为流过A、B、C相XLPE电缆绝缘的泄露电流; $i_{C泄}$ 为参考相泄露电流; $i_{三泄}$ 为三相泄露电流,其中 $i_{三泄} = i_{A泄} + i_{B泄} + i_{C泄}$; $i_{A补}$ 、 $i_{B补}$ 、 $i_{C补}$ 为A、B、C相电压控制电流源输出的电流,用于补偿流过A、B、C相负载的电流; $\dot{U}_{A负}$ 、 $\dot{U}_{B负}$ 、 $\dot{U}_{C负}$ 为A、B、C相末端穿心式CT输出的电压; $\dot{U}_{A泄}$ 、 $\dot{U}_{B泄}$ 、 $\dot{U}_{C泄}$ 为A、B、C相首端穿心差分式CT输出的电压; $N_{A补}$ 、 $N_{B补}$ 、 $N_{C补}$ 为A、B、C相首端穿心差分式CT补偿绕组的匝数; R_A 、 R_B 、 R_C 为A、B、C相末端穿心式CT测量绕组连接的电阻,用于将负载电流转换为电压; R_1 、 R_2 、 R_3 为A、B、C相首端穿心差分式CT测量绕组连接的电阻,用于将泄露电流转换为电压,则有:

$$[0054] \quad \begin{cases} i_A = i_{A负} + i_{A泄} \\ i_B = i_{B负} + i_{B泄} \\ i_C = i_{C负} + i_{C泄} \end{cases} \quad \text{式(1)}$$

[0055] 式中: i_A 、 i_B 、 i_C 为流过A、B、C相XLPE电缆的电流,单位为A; $i_{A负}$ 、 $i_{B负}$ 、 $i_{C负}$ 为

流过A、B、C相负载的电流,单位为A; $\dot{I}_{A泄}$ 、 $\dot{I}_{B泄}$ 、 $\dot{I}_{C泄}$ 为流过A、B、C相XLPE电缆绝缘的泄露电流,单位为A;由于首端穿心差分式CT中磁势=电流·匝数,则:

$$[0056] \quad \begin{cases} \dot{I}_{A负} \cdot 1 \text{匝} = K_{A末} \dot{U}_{A负} \\ \dot{I}_{B负} \cdot 1 \text{匝} = K_{B末} \dot{U}_{B负} \\ \dot{I}_{C负} \cdot 1 \text{匝} = K_{C末} \dot{U}_{C负} \end{cases} \quad \text{式(2)}$$

$$[0057] \quad \begin{cases} \dot{I}_{A负} \cdot 1 \text{匝} = N_{A补} \dot{I}_{A补} \\ \dot{I}_{B负} \cdot 1 \text{匝} = N_{B补} \dot{I}_{B补} \\ \dot{I}_{C负} \cdot 1 \text{匝} = N_{C补} \dot{I}_{C补} \end{cases} \quad \text{式(3)}$$

[0058] 式中: $K_{A末}$ 、 $K_{B末}$ 、 $K_{C末}$ 为末端A、B、C相穿心式CT转换系数,单位为A·匝/V; $N_{A补}$ 、 $N_{B补}$ 、 $N_{C补}$ 为A、B、C相首端穿心差分式CT补偿绕组的匝数,单位为匝; $\dot{I}_{A补}$ 、 $\dot{I}_{B补}$ 、 $\dot{I}_{C补}$ 为电压控制电流源输出的电流,单位为A;由式(2)和式(3)得:

$$[0059] \quad \begin{cases} \dot{I}_{A补} = \frac{K_{A末} \dot{U}_{A负}}{N_{A补}} \\ \dot{I}_{B补} = \frac{K_{B末} \dot{U}_{B负}}{N_{A补}} \\ \dot{I}_{C补} = \frac{K_{C末} \dot{U}_{C负}}{N_{A补}} \end{cases} \quad \text{式(4)}$$

$$[0060] \quad \begin{cases} \dot{I}_{A泄} \cdot 1 \text{匝} = K \dot{U}_{A泄} \\ \dot{I}_{B泄} \cdot 1 \text{匝} = K \dot{U}_{B泄} \\ \dot{I}_{C泄} \cdot 1 \text{匝} = K \dot{U}_{C泄} \end{cases} \quad \text{式(5)}$$

$$[0061] \quad \dot{I}_{三泄} = \dot{I}_{A泄} + \dot{I}_{B泄} + \dot{I}_{C泄} = K(\dot{U}_{A泄} + \dot{U}_{B泄} + \dot{U}_{C泄}) \quad \text{式(6)}$$

[0062] 式中: K 为首端穿心差分式CT转换系数,单位为A·匝/V; $\dot{U}_{A泄}$ 、 $\dot{U}_{B泄}$ 、 $\dot{U}_{C泄}$ 为A、B、C相首端穿心差分式CT输出的电压,单位为V; $\dot{I}_{三泄}$ 为三相泄露电流,单位为A。

[0063] 具体地,如图2所示, $\dot{I}_{A泄}$ 、 $\dot{I}_{B泄}$ 、 $\dot{I}_{C泄}$ 为流过A、B、C相XLPE电缆绝缘的泄露电流; $\dot{I}'_{C泄}$ 为当A、B、C相电缆绝缘完好时 $\dot{I}_{A泄}$ 和 $\dot{I}_{B泄}$ 的向量和, $\dot{I}'_{C泄}$ 与 $\dot{I}_{C泄}$ 相差180°; $\dot{I}''_{三泄}$ 、 $\dot{I}'''_{三泄}$ 、 $\dot{I}''''_{三泄}$ 分别为C、A、B相电缆绝缘不同故障时的三相泄露电流。XLPE电缆绝缘故障的判断依据为:当XLPE电缆某一相电缆绝缘故障时,该相的泄露电流将比其余完好相电

缆绝缘的泄露电流大,此时电缆绝缘的三相泄露电流不为零,三相绝缘泄露电流 $I_{三泄}$ 将于故障相泄露电流同相位,通过对比三相泄露电流与参考相的泄露电流相位关系可判断出具体哪一相电缆出现故障,依据三相泄露电流与参考相的泄露电流幅值关系能够判断出故障相的绝缘状态。

[0064] 本实施方式利用参考相绝缘的泄露电流作为基准,以三相泄露电流和参考相泄露电流向量对比作为评价参数,实现故障相电缆绝缘状态的评价。

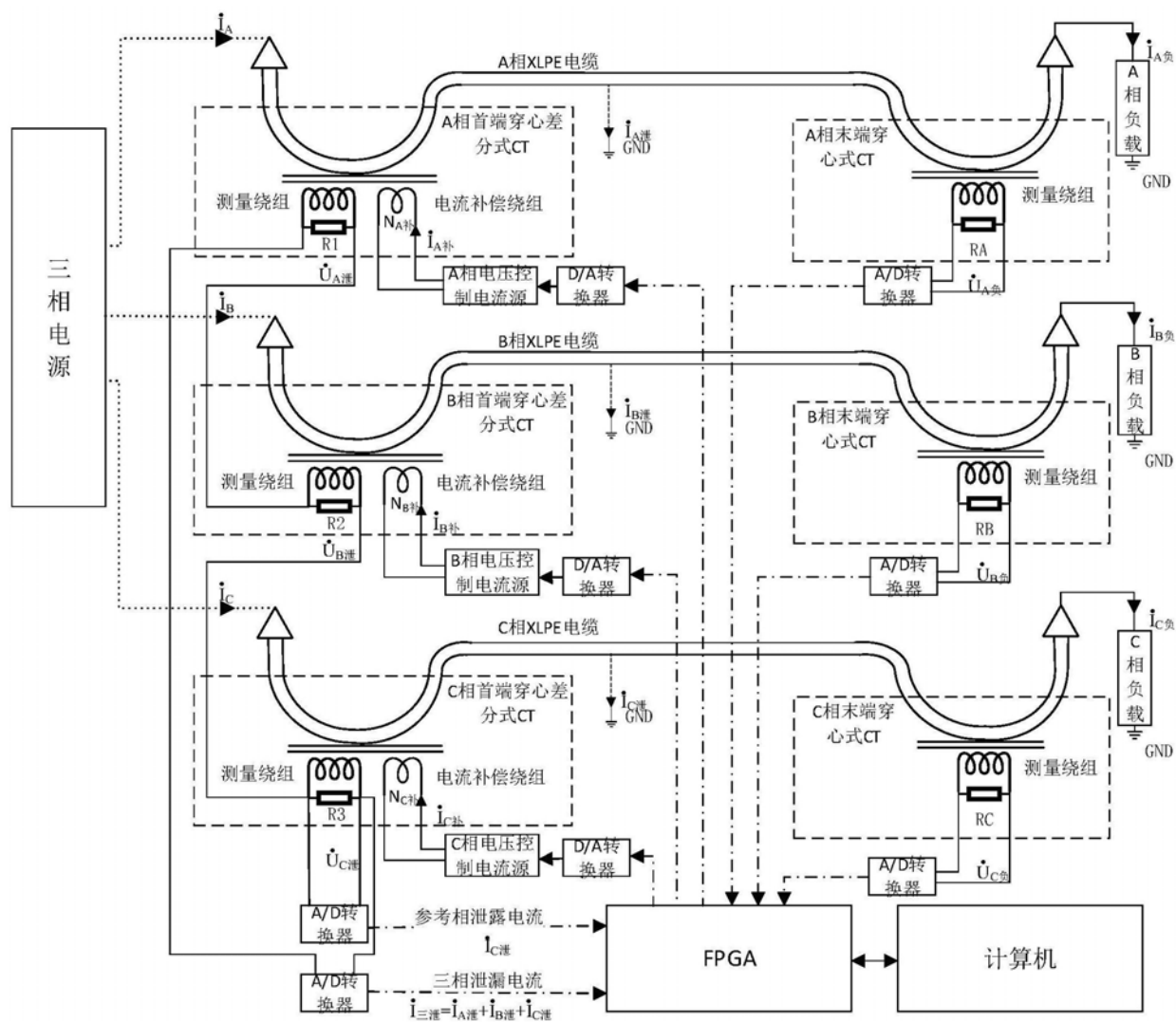


图1

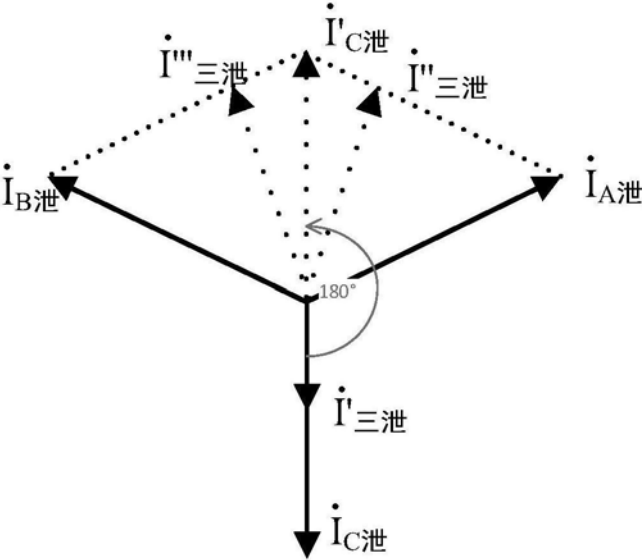


图2