



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104316837 B

(45)授权公告日 2018.01.19

(21)申请号 201410590044.4

(22)申请日 2014.10.28

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104316837 A

(43)申请公布日 2015.01.28

(73)专利权人 国家电网公司
地址 100031 北京市西城区西长安街86号
专利权人 国网智能电网研究院 山东大学

(72)发明人 王同勋 刘颖英 渠通 孙媛媛
李培鑫

(74)专利代理机构 北京安博达知识产权代理有限公司 11271
代理人 徐国文

(51)Int. Cl.
G01R 31/08(2006.01)

(56)对比文件

CN 1450704 A, 2003.10.22,
 CN 102576999 A, 2012.07.11,
 CN 102636688 A, 2012.08.15,
 CN 101603982 A, 2009.12.16,
 SU 898345 A1, 1982.01.15,
 JP 平3-251731 A, 1991.11.11,
 朱明星等.配电网三相不平衡源的定位研究.《电气应用》.2012,第31卷(第17期),第28-31、63页.
 P.Paranavithana et.al.Location of source of voltage unbalance in an interconnected network.《Power & Energy Society General Meeting, 2009. PES '09. IEEE》.2009,第1-6页.

审查员 王晓涵

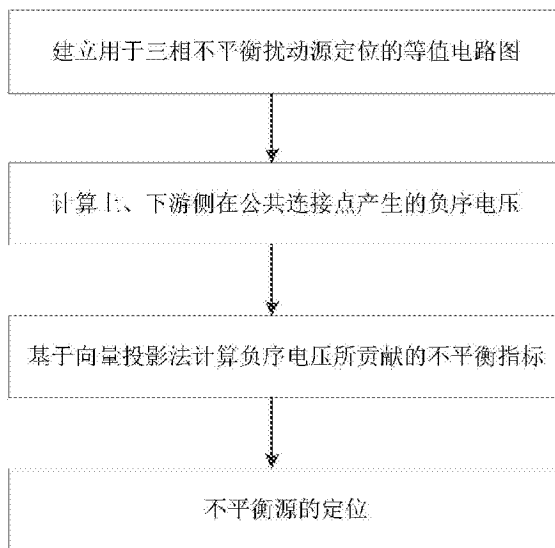
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

一种电力系统三相不平衡扰动源定位方法

(57)摘要

本发明涉及一种电力系统三相不平衡扰动源定位方法,所述方法包括(1)建立用于三相不平衡扰动源定位的等值电路图;(2)计算上、下游侧在公共连接点产生的负序电压;(3)基于向量投影法计算负序电压所贡献的不平衡指标;(4)不平衡源的定位。本发明能够仅根据公共连接点测量得到的三相电压、电流数据,有效定位电力系统中三相不平衡扰动源的位置;基于上、下游侧在公共连接点所产生的负序电压相量的投影的方法判断三相不平衡扰动源位置,方法易于理解,简单易行。



1. 一种电力系统三相不平衡扰动源定位方法,其特征在于,所述方法包括如下步骤

(1) 建立用于三相不平衡扰动源定位的等值电路图;

(2) 计算上游侧和下游侧在公共连接点产生的负序电压,公共连接点为P点;

(3) 基于向量投影法计算负序电压所贡献的不平衡指标;

(4) 不平衡源的定位,所述步骤(4)包括基于负序电压所贡献的不平衡指标定位三相不平衡扰动源所在的位置;

所述步骤(1)包括将系统侧的背景不平衡电压等效为负序电压源,将不对称负荷产生的不平衡电流等效为负序电流源,判定公共连接点不平衡扰动源位置,建立等值电路图。

2. 如权利要求1所述的一种电力系统三相不平衡扰动源定位方法,其特征在于,所述等值电路图为:

a. 所述P点上游侧的电路由一个负序阻抗 Z_{S2} 和一个负序电压源 \dot{E}_{S2} 串联后,所述 \dot{E}_{S2} 的一端接地组成;

b. 所述P点下游侧的电路由一个接地的负序电流源 \dot{I}_{L2} 和一个接地的负序阻抗 Z_{L2} 相并联组成;

所述公共连接点的不平衡电压由上游侧不平衡源和下游侧不平衡源共同作用产生;

所述上游侧不平衡源包括供电系统中的不平衡以及输电线路不平衡的影响,为系统中的背景不平衡电压,将其对负序的影响等效为戴维南等值电路;

所述下游侧不平衡源包括负荷不平衡和其他设备的不平衡的影响,将其等效为负序电流源。

3. 如权利要求1所述的一种电力系统三相不平衡扰动源定位方法,其特征在于,所述步骤(2)包括

(2.1) 上游侧的不平衡源单独作用时,在P点产生的负序电压 $\dot{U}_{upside2}$ 为

$$\dot{U}_{upside2} = \dot{E}_{S2} \frac{Z_{L2}}{Z_{L2} + Z_{S2}}, \quad \dot{E}_{S2} \text{ 为上游侧的等效负序电压源, } Z_{S2} \text{ 为上游侧的等效负序阻抗;}$$

其中,P点的三相电压和电流通过测量获得,根据对称分量法,得出正序电压 \dot{U}_1 ,负序电压 \dot{U}_2 ,零序电压 \dot{U}_0 ,正序电流 \dot{I}_1 ,负序电流 \dot{I}_2 ,零序电流 \dot{I}_0 ;

根据电压和电流的正序分量计算出负荷的正序阻抗 Z_{L1} 为 $Z_{L1} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1}$;

由负荷的负序阻抗 Z_{L2} 和正序阻抗相等可得 $Z_{L2} = Z_{L1} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1}$;

计算出P点上游侧的负序戴维南等值电路参数 \dot{E}_{S2} 和 Z_{S2} ,求出上游侧的不平衡源在P点产生的负序电压 $\dot{U}_{upside2}$;

(2.2) P点的不平衡电压由上游侧不平衡源和下游侧不平衡源共同作用产生,计算得到下游侧不平衡源在P点产生的负序电压 $\dot{U}_{downside2}$ 为 $\dot{U}_{downside2} = \dot{U}_2 - \dot{U}_{upside2}$ 。

4. 如权利要求1所述的一种电力系统三相不平衡扰动源定位方法,其特征在于,所述步

骤(3)包括基于上游侧和下游侧在公共连接点所产生的负序电压相量的投影关系,计算上游侧和下游侧在公共连接点产生的负序电压所贡献的不平衡指标。

5.如权利要求3或4所述的一种电力系统三相不平衡扰动源定位方法,其特征在于,根据上游侧不平衡源在P点产生的负序电压和下游侧不平衡源在P点产生的负序电压在 \dot{U}_2 上的投影分别计算出上游侧和下游侧对P点负序电压的贡献,根据相量的投影关系建立计算负序电压所贡献的不平衡指标为

$$UF_{\text{upside}} = \frac{\dot{U}_{\text{upside}2} \cos \alpha}{U_2} \times 100\% = \frac{U_{\text{up}2}}{|U_2|} \times 100\% ;$$

$$UF_{\text{downside}} = \frac{\dot{U}_{\text{downside}2} \cos \beta}{U_2} \times 100\% = \frac{U_{\text{down}2}}{|U_2|} \times 100\% ;$$

其中, UF_{upside} 为上游侧不平衡指标, UF_{downside} 为下游侧不平衡指标, \dot{U}_2 为P点的负序电压, $\dot{U}_{\text{upside}2}$ 为上游侧的不平衡源在P点产生的负序电压, $\dot{U}_{\text{downside}2}$ 为下游侧不平衡源在P点产生的负序电压, $U_{\text{up}2}$ 为上游侧不平衡源在P点产生的负序电压 $\dot{U}_{\text{upside}2}$ 在P点的负序电压 \dot{U}_2 上的投影长度, $U_{\text{down}2}$ 为下游侧不平衡源在P点产生的负序电压 $\dot{U}_{\text{downside}2}$ 在P点的负序电压 \dot{U}_2 上的投影长度, α 为上游侧不平衡源在P点产生的负序电压 $\dot{U}_{\text{upside}2}$ 和P点的负序电压 \dot{U}_2 的夹角大小, β 为下游侧不平衡源在P点产生的负序电压 $\dot{U}_{\text{downside}2}$ 和P点的负序电压 \dot{U}_2 的夹角大小。

6.如权利要求5所述的一种电力系统三相不平衡扰动源定位方法,其特征在于,根据所述负序电压所贡献的上游侧不平衡指标和下游侧不平衡指标,比较上游侧不平衡源和下游侧不平衡源对P点负序电压的贡献;

当 $UF_{\text{upside}} \gg UF_{\text{downside}}$ 时,上游侧的不平衡源占主导地位,从上游侧定位不平衡源并采取措施;

当 $UF_{\text{upside}} \ll UF_{\text{downside}}$ 时,下游侧不平衡源发挥主导作用,从下游侧继续寻找不平衡源头并采取治理措施。

一种电力系统三相不平衡扰动源定位方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种定位方法,具体讲是涉及了一种电力系统三相不平衡扰动源定位方法。

背景技术

[0002] 国家标准GB-T 15543-2008对“三相电压不平衡”作了如下规定:电网正常运行时,负序电压不平衡度不超过2%,短时不超过4%;接于公共连接点的每个用户引起该点负序电压不平衡度允许值一般为1.3%,短时不超过2.6%。

[0003] 电力系统的电压不平衡一般是由供电环节的不平衡和用电环节的不平衡共同造成。供电环节即发、输、变、配电环节,其中所涉及的三相元件均可导致电压不平衡;用电环节的不平衡主要由系统中的各类不平衡负荷引起,如电铁、电弧炉以及家用单相负荷等。电力系统中单相负荷在各相之间的分布不均匀以及不对称传输线路的不完全换相是电压不平衡产生的两个主要因素。

[0004] 当电力系统处于三相不平衡运行状态时,电压和电流中所含的负序分量将对电气设备产生诸多不良影响,如引起电动机的附加发热、降低电动机效率;使变压器局部过热,缩短绝缘寿命;增加输电线路的附加功率损耗、降低电力系统运行的经济性等;另外,负序分量偏大还可导致电力系统的保护和自动装置误动作,威胁电力系统的安全运行。当系统在正常运行状态下的公共连接点电压不平衡度超过国标规定时,如何判定三相不平衡扰动源的位置,对采取进一步的治理措施尤为重要。

[0005] 目前国内外在三相不平衡方面的研究,主要集中在不平衡问题的起因、影响以及相关的标准、定义和治理措施等方面,但在如何寻找系统中存在的不平衡源涉及较少。只有有效的确定出不平衡的源头,才可有针对性的采取合理的治理措施。目前在各类电能质量问题中,谐波、电压暂降源的定位已有较多的研究,但对不平衡源的定位研究还很少。

发明内容

[0006] 针对现有技术的不足,本发明提出了一种电力系统三相不平衡扰动源定位方法,确定电力系统中不平衡扰动源所在位置的方法主要包括下述步骤:建立三相不平衡扰动源定位等值电路图,计算上、下游侧在公共连接点产生的负序电压,基于向量投影法计算负序电压所贡献的不平衡指标和不平衡源的定位。

[0007] 本发明的目的是采用下述技术方案实现的:

[0008] 一种电力系统三相不平衡扰动源定位方法,其改进之处在于,所述步骤包括如下步骤

[0009] (1) 建立用于三相不平衡扰动源定位的等值电路图;

[0010] (2) 计算上游侧和下游侧在公共连接点产生的负序电压;

[0011] (3) 基于向量投影法计算负序电压所贡献的不平衡指标;

[0012] (4) 不平衡源的定位。

[0013] 优选的,所述步骤(1)包括将系统侧的背景不平衡电压等效为负序电压源,将不对称负荷产生的不平衡电流等效为负序电流源,判定公共连接点不平衡扰动源位置,建立等值电路图。

[0014] 进一步地,如权利要求1所述的一种电力系统三相不平衡扰动源定位方法,其特征在于,所述等值电路为:

[0015] a.所述P点上游侧的电路由一个负序阻抗 Z_{S2} 和一个负序电压源 \dot{E}_{S2} 串联后,所述 \dot{E}_{S2} 的一端接地组成;

[0016] b.所述P点下游侧的电路由一个接地的负序电流源 \dot{I}_{L2} 和一个接地的负序阻抗 Z_{L2} 相并联组成;

[0017] 所述公共连接点的不平衡电压由上游侧不平衡源和下游侧不平衡源共同作用产生;

[0018] 所述上游侧不平衡源包括供电系统中的不平衡以及输电线路不平衡的影响,为系统中的背景不平衡电压,将其对负序的影响等效为戴维南等值电路;

[0019] 所述下游侧不平衡源包括负荷不平衡和其他设备的不平衡的影响,将其等效为负序电流源。

[0020] 优选的,所述步骤(2)包括

[0021] (2.1)上游侧的不平衡源单独作用时,在P点产生的负序电压 $\dot{U}_{upside2}$ 为

$$[0022] \quad \dot{U}_{upside2} = \dot{E}_{S2} \frac{Z_{L2}}{Z_{L2} + Z_{S2}};$$

[0023] 其中,P点的三相电压和电流通过测量获得,根据对称分量法,得出正序电压 \dot{U}_1 ,负序电压 \dot{U}_2 ,零序电压 \dot{U}_0 ,正序电流 \dot{I}_1 ,负序电流 \dot{I}_2 ,零序电流 \dot{I}_0 ;

[0024] 根据电压和电流的正序分量计算出负荷的正序阻抗 Z_{L1} 为 $Z_{L1} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1}$;

[0025] 由负荷的负序阻抗 Z_{L2} 和正序阻抗相等可得 $Z_{L2} = Z_{L1} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1}$;

[0026] 计算出P点上游侧的负序戴维南等值电路参数 \dot{E}_{S2} 和 Z_{S2} ,求出上游侧的不平衡源在P点产生的负序电压 $\dot{U}_{upside2}$;

[0027] (2.2)P点的不平衡电压由上游侧不平衡源和下游侧不平衡源共同作用产生,计算得到下游侧不平衡源在P点产生的负序电压 $\dot{U}_{downside2}$ 为 $\dot{U}_{downside2} = \dot{U}_2 - \dot{U}_{upside2}$ 。

[0028] 优选的,所述步骤(3)包括基于上游侧和下游侧在公共连接点所产生的负序电压相量的投影关系,计算上游侧和下游侧在公共连接点产生的负序电压所贡献的不平衡指标。

[0029] 进一步地,根据上游侧不平衡源在P点产生的负序电压和下游侧不平衡源在P点产生的负序电压在 \dot{U}_2 上的投影分别计算出上游侧和下游侧对P点负序电压的贡献,根据相量的投影关系建立计算负序电压所贡献的不平衡指标为

$$[0030] \quad UF_{\text{upside}} = \frac{U_{\text{upside}2} \cos \alpha}{U_2} \times 100\% = \frac{U_{\text{up}2}}{|U_2|} \times 100\%$$

$$[0031] \quad UF_{\text{downside}} = \frac{U_{\text{downside}2} \cos \beta}{U_2} \times 100\% = \frac{U_{\text{down}2}}{|U_2|} \times 100\% ;$$

[0032] 其中, UF_{upside} 为上游侧不平衡指标, UF_{downside} 为下游侧不平衡指标, U_2 为P点的负序电压, $U_{\text{upside}2}$ 为上游侧的不平衡源在P点产生的负序电压, $U_{\text{downside}2}$ 为下游侧不平衡源在P点产生的负序电压, $U_{\text{up}2}$ 为上游侧不平衡源在P点产生的负序电压 $U_{\text{upside}2}$ 在P点的负序电压 U_2 上的投影长度, $U_{\text{down}2}$ 为下游侧不平衡源在P点产生的负序电压 $U_{\text{downside}2}$ 在P点的负序电压 U_2 上的投影长度, α 为上游侧不平衡源在P点产生的负序电压 $U_{\text{upside}2}$ 和P点的负序电压 U_2 的夹角大小, β 为下游侧不平衡源在P点产生的负序电压 $U_{\text{downside}2}$ 和P点的负序电压 U_2 的夹角大小。

[0033] 优选的, 所述步骤 (4) 包括基于负序电压所贡献的不平衡指标定位三相不平衡扰动源所在的位置。

[0034] 进一步地, 所述根据负序电压所贡献的上游侧不平衡指标和下游侧不平衡指标, 比较上游侧不平衡源和下游侧不平衡源对P点负序电压的贡献;

[0035] 当 $UF_{\text{upside}} \gg UF_{\text{downside}}$ 时, 上游侧的不平衡源占主导地位, 从上游侧定位不平衡源并采取措施;

[0036] 当 $UF_{\text{upside}} \ll UF_{\text{downside}}$ 时, 下游侧不平衡源发挥主导作用, 从下游侧继续寻找不平衡源头并采取治理措施。

[0037] 与现有技术比, 本发明的有益效果为:

[0038] (1) 能够仅根据公共连接点测量得到的三相电压、电流数据, 有效定位电力系统中三相不平衡扰动源的位置;

[0039] (2) 基于上、下游侧在公共连接点所产生的负序电压相量的投影的方法判断三相不平衡扰动源位置, 方法易于理解, 简单易行。

附图说明

[0040] 图1为本发明提供的一种电力系统三相不平衡扰动源定位方法流程图。

[0041] 图2为本发明提供的用于三相不平衡源定位的等值电路图。

[0042] 图3为本发明提供的负序电压相量关系示意图。

[0043] 图4为本发明提供的不平衡分析的系统示意图。

具体实施方式

[0044] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步的详细说明。

[0045] 如图1所示, 本发明提出了一种电力系统三相不平衡扰动源定位方法, 具体流程如下:

[0046] 1、建立用于三相不平衡扰动源定位的等值电路图。

[0047] 如图2所示, 建立用于三相不平衡源定位的等值电路, 其中, P为公共连接点, E_{s2} 为上游侧的等效负序电压源、 Z_{s2} 为上游侧的等效负序阻抗, I_{L2} 为下游侧的等效负序电流源, Z_{L2} 为下游侧的等效负序阻抗。公共连接点的不平衡电压由上游侧不平衡源和下游侧不平衡

源共同作用产生。上游侧的不平衡源包括供电系统中的不平衡(如电源、系统中其他不平衡负荷等)以及输电线路不平衡的影响,是系统中的背景不平衡电压,因此将其对负序的影响等效为戴维南等值电路,下游侧的不平衡影响因素主要为负荷不平衡和其他设备的不平衡,将其等效为负序电流源。

[0048] 2、计算上、下游侧在公共连接点产生的负序电压。

[0049] 对图2进行电路分析可知,当上游侧的不平衡源单独作用时,在P点所产生的负序电压 $\dot{U}_{upside2}$ 为

$$[0050] \quad \dot{U}_{upside2} = \dot{E}_{S2} \frac{Z_{L2}}{Z_{L2} + Z_{S2}}$$

[0051] P点的三相电压和电流可通过测量获得,根据对称分量法,得出正序电压 \dot{U}_1 ,负序电压 \dot{U}_2 ,零序电压 \dot{U}_0 ,正序电流 \dot{I}_1 ,负序电流 \dot{I}_2 ,零序电流 \dot{I}_0 。

[0052] 根据电压和电流的正序分量可计算出负荷的正序阻抗 Z_{L1} 为

$$[0053] \quad Z_{L1} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1}$$

[0054] 由负荷的负序阻抗 Z_{L2} 和正序阻抗近似相等可得

$$[0055] \quad Z_{L2} = Z_{L1} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1}$$

[0056] 计算出P点上游侧的负序戴维南等值电路参数 \dot{E}_{S2} 和 Z_{S2} ,进而求出上游侧的不平衡源在P点产生的负序电压 $\dot{U}_{upside2}$ 。因为P点的不平衡电压由上游侧不平衡源和下游侧不平衡源共同作用产生,因此可计算得到下游侧不平衡源在P点产生的负序电压 $\dot{U}_{downside2}$ 为

$$[0057] \quad \dot{U}_{downside2} = \dot{U}_2 - \dot{U}_{upside2}$$

[0058] 其中,P点上游侧的负序戴维南等值电路参数 \dot{E}_{S2} 和 Z_{S2} 可通过已有的阻抗估计方法计算得到,包括变化量法、相关函数法以及迭代法等。

[0059] 3、基于向量投影法计算负序电压贡献的不平衡指标。

[0060] 如图3所示,根据 $\dot{U}_{upside2}$ 和 $\dot{U}_{downside2}$ 在 \dot{U}_2 上的投影可以分别计算出上游侧和下游侧对P点负序电压的贡献。

[0061] 根据相量的投影关系可建立计算负序电压所贡献的不平衡指标(Unbalance Factor,UF)为

$$[0062] \quad UF_{upside} = \frac{\dot{U}_{upside2} \cos \alpha}{\dot{U}_2} \times 100\% = \frac{U_{up2}}{|\dot{U}_2|} \times 100\%$$

$$[0063] \quad UF_{downside} = \frac{\dot{U}_{downside2} \cos \beta}{\dot{U}_2} \times 100\% = \frac{U_{down2}}{|\dot{U}_2|} \times 100\%$$

[0064] 其中, UF_{upside} 为上游侧不平衡指标, $UF_{downside}$ 为下游侧不平衡指标, \dot{U}_2 为P点的负序电压, $\dot{U}_{upside2}$ 为上游侧的不平衡源在P点产生的负序电压, $\dot{U}_{downside2}$ 为下游侧不平衡源在P点产

生的负序电压, α 为 $\dot{U}_{\text{upside}2}$ 和 \dot{U}_2 的夹角大小, β 为 $\dot{U}_{\text{downside}2}$ 和 \dot{U}_2 的夹角大小, $U_{\text{up}2}$ 为 $\dot{U}_{\text{upside}2}$ 在 \dot{U}_2 上的投影长度, $U_{\text{down}2}$ 为 $\dot{U}_{\text{downside}2}$ 在 \dot{U}_2 上的投影长度。

[0065] 4、不平衡源的定位。

[0066] 根据负序电压所贡献的上游侧不平衡指标和下游侧不平衡指标, 比较上游侧不平衡源和下游侧不平衡源对P点负序电压的贡献:

[0067] ●当 $UF_{\text{upside}} \gg UF_{\text{downside}}$ 时, 说明上游侧的不平衡源占主导地位, 应从上游侧定位不平衡源并采取措施;

[0068] ●当 $UF_{\text{upside}} \ll UF_{\text{downside}}$ 时, 说明下游侧不平衡源发挥主导作用, 应从下游侧继续寻找不平衡源头并采取治理措施。

[0069] 实施例:

[0070] 依据本发明的不平衡分析的系统示意图如图4所示。其中, P点为公共连接点, E_{SA} 、 E_{SB} 、 E_{SC} 为供电系统的三相等值电压源, $Z_{\text{Sub}A}$ 、 $Z_{\text{Sub}B}$ 、 $Z_{\text{Sub}C}$ 为等值阻抗, Z_{Line} 为输电线路, Z_{Load} 为分散式负荷。

[0071] 图4系统的基本参数为:

[0072] 供电系统: 10kV, 50Hz, 三相三线

[0073] 系统阻抗: $Z_{\text{Self}} = (0.4806 + j2.5833) \Omega$, $Z_{\text{Mutual}} = (-0.2076 + j0.1153) \Omega$

[0074] 输电线路: 长度12km, A、B、C相序下的线路阻抗矩阵(每km)为

$$[0075] \quad Z_{abc} = \begin{bmatrix} 0.3959 + j0.9122 & 0.0581 + j0.4934 & 0.0581 + j0.4934 \\ 0.0581 + j0.4934 & 0.3960 + j0.9121 & 0.0582 + j0.4495 \\ 0.0581 + j0.4934 & 0.0582 + j0.4495 & 0.3960 + j0.9121 \end{bmatrix}$$

[0076] 负荷: 各相的额定容量均为5MVA

[0077] 分别改变负荷和等值供电系统的不平衡度验证所提方法在判定系统不平衡源方位时的有效性。

[0078] 算例1:

[0079] 负荷的不平衡度: 三个分散式负荷的B相都为0.5倍的额定功率, A相和C相负载均为额定功率;

[0080] 电源的不平衡度: A相和C相电压幅值均为1.0倍的标幺值, B相为0.95倍的标幺值, 相角是平衡的, 此时所对应的电源的序分量为:

[0081] $U_1 = 14.16 \angle 0^\circ$, $U_2 = 0.24 \angle -60^\circ$ 。

[0082] 算例1的不平衡源定位计算结果如下表所示:

[0083]

计算值	实际值
-----	-----

[0084]

U_2 (V)	0.4444 – 0.3419i	0.4444 – 0.3419i
$U_{upside2}$ (V)	0.0694 – 0.2004i	0.0879 – 0.2078i
$U_{downside2}$ (V)	0.3750 – 0.1415i	0.3689 – 0.1389i
UF_{upside} (%)	31.60	35.02
$UF_{downside}$ (%)	68.40	67.25

[0085] 算例2:

[0086] 负荷的不平衡度:三个分散式负荷的B相都为0.1倍的额定功率,A相和C相负载均为额定功率;

[0087] 电源的不平衡度:与算例1相同。

[0088] 算例2的不平衡源定位计算结果如下表所示:

[0089]

	计算值	实际值
U_2 (V)	0.9312 – 0.6913i	0.9312 – 0.6913i
$U_{upside2}$ (V)	0.0601 – 0.1917i	0.0879 – 0.2078i
$U_{downside2}$ (V)	0.8712 – 0.4996i	0.8728 – 0.5001i
UF_{upside} (%)	14.01	16.77
$UF_{downside}$ (%)	85.99	86.13

[0090] 算例3:

[0091] 负荷的不平衡度:与算例1相同;

[0092] 电源的不平衡度:A相和C相电压幅值均为1.0倍的标么值,B相为0.90倍的标么值,相角滞后A相 110° ,此时所对应的电源的序分量为:[0093] $U_1 = 13.87 \angle 3.10^\circ$, $U_2 = 0.93 \angle -113.97^\circ$ 。

[0094] 算例3的不平衡源定位计算结果如下表所示:

[0095]

	计算值	实际值
U_2 (V)	0.6703 – 0.9512f	0.6703 – 0.9512f
$U_{upside2}$ (V)	0.2791 – 0.8026f	0.3502 – 0.8310f
$U_{downside2}$ (V)	0.3912 – 0.1486f	0.3689 – 0.1389f
UF_{upside} (%)	70.19	75.71
$UF_{downside}$ (%)	29.81	28.02

[0096] 最后应当说明的是：以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制，所属领域的普通技术人员参照上述实施例依然可以对本发明的具体实施方式进行修改或者等同替换，这些未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换，均在申请待批的本发明的权利要求保护范围之内。

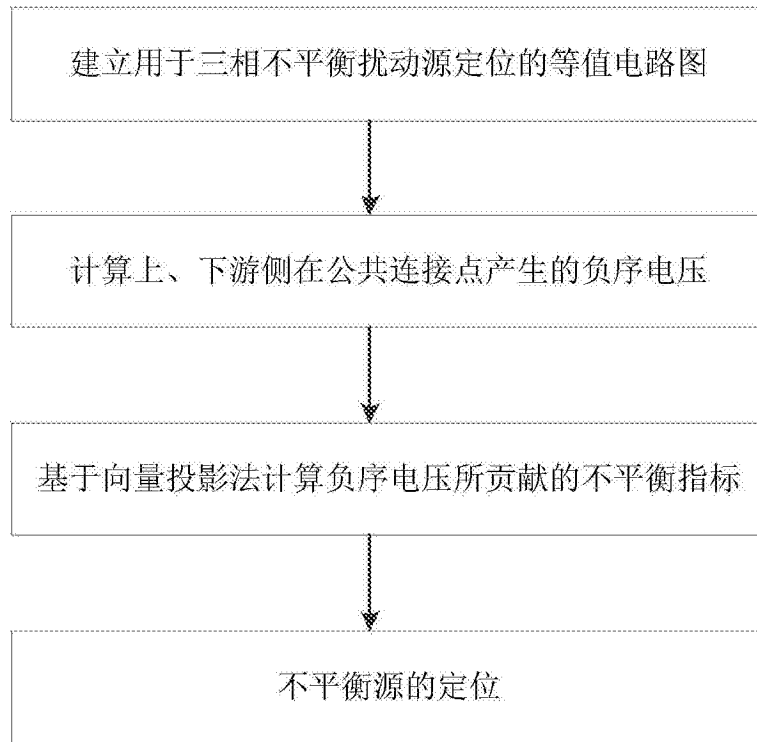


图1

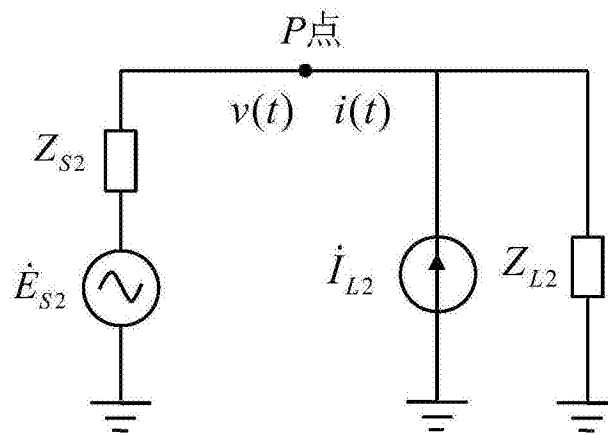


图2

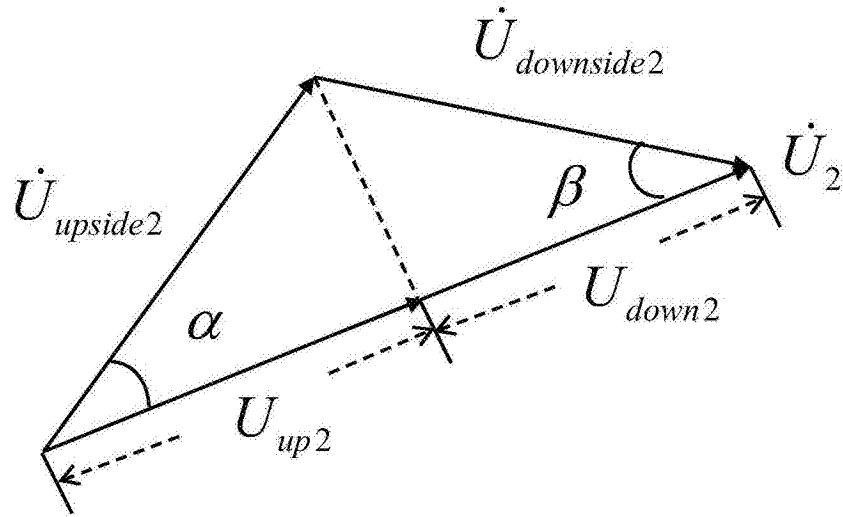


图3

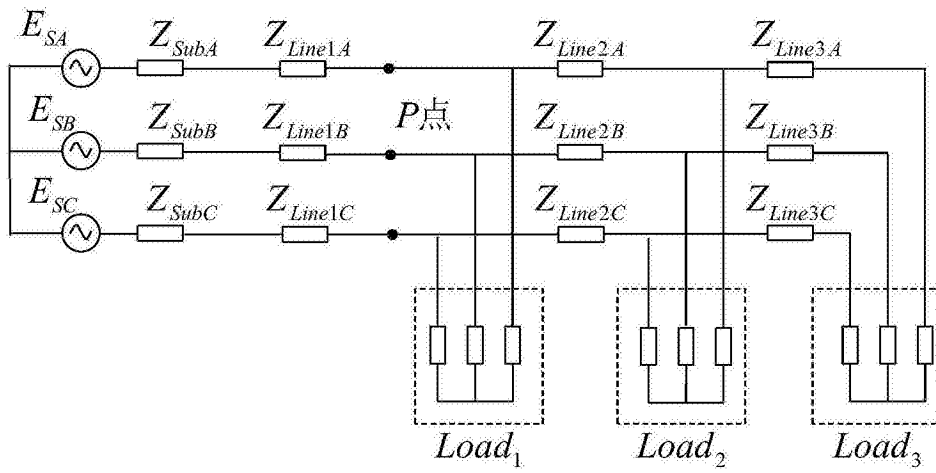


图4