



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108761287 A

(43)申请公布日 2018. 11. 06

(21)申请号 201810522817.3

(22)申请日 2018.05.28

(71)申请人 深圳供电局有限公司

地址 518000 广东省深圳市罗湖区深南东路4020号电力调度通信大楼

(72)发明人 黄荣辉 党晓婧 李舒适 张宏钊

(74)专利代理机构 深圳汇智容达专利商标事务所(普通合伙) 44238

代理人 熊贤卿 潘中毅

(51) Int. Cl.

G01R 31/12(2006.01)

G06N 3/00(2006.01)

G06N 3/08(2006.01)

G06N 7/00(2006.01)

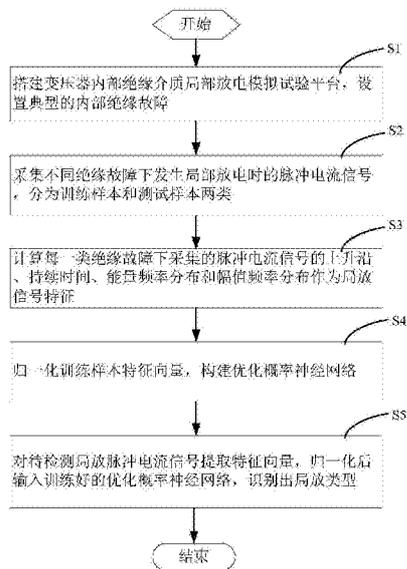
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种变压器局部放电类型识别方法

(57)摘要

本发明公开了一种变压器局部放电类型识别方法,包括步骤:步骤S1、搭建变压器内部绝缘介质局部放电模拟试验平台,设置典型的内部绝缘故障;步骤S2、采集不同绝缘故障下发生局部放电时的脉冲电流信号,分为训练样本和测试样本两类;步骤S3、计算每一类绝缘故障下采集的脉冲电流信号的上升沿、持续时间、能量频率分布和幅值频率分布作为局放信号特征;步骤S4、归一化训练样本特征向量,构建优化概率神经网络;步骤S5、对待检测局放脉冲电流信号提取特征向量,归一化后输入训练好的优化概率神经网络,识别出局放类型。实施本实施例,可以识别变压器的局放类型,且准确性高。



1. 一种变压器局部放电类型识别方法,用于基于变压器局放脉冲电流信号分析对局放类型进行识别,其特征在于,包括如下步骤:

步骤S1、搭建变压器内部绝缘介质局部放电模拟试验平台,设置典型的内部绝缘故障;

步骤S2、采集不同绝缘故障下发生局部放电时的脉冲电流信号,分为训练样本和测试样本两类;

步骤S3、计算每一类绝缘故障下采集的脉冲电流信号的上升沿、持续时间、能量频率分布和幅值频率分布作为局放信号特征;

步骤S4、归一化训练样本特征向量,构建优化概率神经网络;

步骤S5、对待检测局放脉冲电流信号提取特征向量,归一化后输入训练好的优化概率神经网络,识别出局放类型。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述步骤S1进一步包括:

搭建油中气隙、油楔、针板、悬浮四种内部绝缘故障时的局部放电模拟试验平台。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述步骤S2中进一步包括:

采用纯电阻作为检测阻抗,测量电阻串联在高压套管末屏与高压绕组中性点接地处,使用示波器采集采集所述测量电阻的脉冲电流获得不同绝缘故障下发生局部放电时的脉冲电流信号。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述步骤S3进一步包括:

截取所采集脉冲电流信号从开始到结束的部分,记作 $x(t)$,提取信号特征包括上升沿 t_1 、持续时间 t_2 、能量频率分布 E_a 和幅值频率分布 A_d 四个方面。

5. 如权利要求4所述的方法,其特征在于,在所述步骤S3中,在能量频率分布和幅值频率分布中均计算熵值作为特征,具体地包括如下步骤:

步骤S30、将脉冲电流信号 $x(t)$ 分解为若干个固有模式函数分量,所述脉冲电流信号分解表达式为:

$$x(t) = \sum c_i(t) + r(t)$$

其中, $c_i(t)$ 为模式函数分量, $r(t)$ 为剩余函数;

步骤S31、将分解所得模式函数分量 $c_i(t)$ 作希尔伯特变换,得到电流脉冲信号的希尔伯特谱 $H(\omega, t)$ 和希尔伯特能量谱 $H^2(\omega, t)$;

步骤S32、计算能量频率分布 E_a :将希尔伯特能量谱对时间积分,得到能量随频率的变化函数记作 $E(\omega)$,将频率范围平均分为 N 段,计算每一段频率与能量频率曲线围成的面积,记作

$$E = [E_1, E_2, \dots, E_{N-1}, E_N]$$

对 E 作归一化

$$E_n = E / \text{sum}(E) = [e_1, e_2, \dots, e_{N-1}, e_N]$$

计算能量频率分布

$$E_a = -\sum_{i=1}^N e_i \ln e_i ;$$

步骤S33、计算幅值频率分布 A_d :将希尔伯特谱对时间积分,得到幅值随频率的变化函数记作 $A(\omega)$,将频率范围平均分为 N 段,计算每一段频率与幅值频率曲线围成的面积,记作

$$A = [A_1, A_2, \dots, A_{N-1}, A_N]$$

对A作归一化

$$A_n = A / \text{sum}(A) = [a_1, a_2, \dots, a_{N-1}, a_N]$$

计算幅值频率分布

$$A_d = -\sum_{i=1}^N a_i \ln a_i$$

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,步骤S4进一步包括:

使用优化概率神经网络对不同类型局放脉冲电流信号的训练样本进行训练,其中,信号样本的上升沿、持续时间、能量频率分布、幅值频率分布作为特征向量,记作

$$V = [t_1, t_2, E_d, A_d] = [v_1, v_2, v_3, v_4]$$

对训练用样本特征向量作归一化处理

$$V_n = [v_{1n}, v_{2n}, v_{3n}, v_{4n}] = \left[\frac{v_1 - v_{1\min}}{v_{1\max} - v_{1\min}}, \frac{v_2 - v_{2\min}}{v_{2\max} - v_{2\min}}, \frac{v_3 - v_{3\min}}{v_{3\max} - v_{3\min}}, \frac{v_4 - v_{4\min}}{v_{4\max} - v_{4\min}} \right]$$

式中, $v_{i\min}$ 为所有样本特征向量中第 i 维的最小值, $v_{i\max}$ 为所有样本特征向量中第 i 维的最大值;

选用径向基函数 (RBF) 概率神经网络,并使用粒子群算法对其平滑因子寻优,将训练样本特征向量作为优化概率神经网络的输入,对其进行训练,建立可识别四种局放类型的神经网络。

一种变压器局部放电类型识别方法

技术领域

[0001] 本发明属于变压器放电技术领域,具体涉及一种基于优化概率神经网络与单波特征提取的变压器局部放电类型识别方法。

背景技术

[0002] 电力变压器是电网的关键设备之一,它的安全可靠运行对电力系统意义重大。据统计,内绝缘故障是电力变压器的主要故障,而局部放电的发展是最终引发内绝缘故障的主要原因。局部放电检测是及时发现变压器内绝缘潜在故障重要技术手段之一,而正确辨识局部放电类型对于及时制定恰当的运检措施以消除绝缘缺陷、确保变压器安全运行具有重要的指导意义。局部放电电流脉冲波形特点与局部放电的物理过程密切相关,因此,可根据对局部放电脉冲电流波形特征的分析对局放类型进行识别。

发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题在于,本发明提供变压器局部放电类型识别方法,基于优化概率神经网络与单波特征提取,准确性高。

[0004] 为了解决上述技术问题,本发明的实施例的一种变压器局部放电类型识别方法,用于基于变压器局放脉冲电流信号分析对局放类型进行识别,其包括如下步骤:

[0005] 步骤S1、搭建变压器内部绝缘介质局部放电模拟试验平台,设置典型的内部绝缘故障;

[0006] 步骤S2、采集不同绝缘故障下发生局部放电时的脉冲电流信号,分为训练样本和测试样本两类;

[0007] 步骤S3、计算每一类绝缘故障下采集的脉冲电流信号的上升沿、持续时间、能量频率分布和幅值频率分布作为局放信号特征;

[0008] 步骤S4、归一化训练样本特征向量,构建优化概率神经网络;

[0009] 步骤S5、对待检测局放脉冲电流信号提取特征向量,归一化后输入训练好的优化概率神经网络,识别出局放类型。

[0010] 其中,所述步骤S1进一步包括:

[0011] 搭建油中气隙、油楔、针板、悬浮四种内部绝缘故障时的局部放电模拟试验平台。

[0012] 其中,所述步骤S2中进一步包括:

[0013] 采用纯电阻作为检测阻抗,测量电阻串联在高压套管末屏与高压绕组中性点接地处,使用示波器采集采集所述测量电阻的脉冲电流获得不同绝缘故障下发生局部放电时的脉冲电流信号。

[0014] 其中,所述步骤S3进一步包括:

[0015] 截取所采集脉冲电流信号从开始到结束的部分,记作 $x(t)$,提取信号特征包括上升沿 t_1 、持续时间 t_2 、能量频率分布 E_d 和幅值频率分布 A_d 四个方面。

[0016] 其中,在所述步骤S3中,在能量频率分布和幅值频率分布中均计算熵值作为特征,

具体地包括如下步骤:

[0017] 步骤S30、将脉冲电流信号 $x(t)$ 分解为若干个固有模式函数分量,所述脉冲电流信号分解表达式为:

$$[0018] \quad x(t) = \sum c_i(t) + r(t)$$

[0019] 其中, $c_i(t)$ 为模式函数分量, $r(t)$ 为剩余函数;

[0020] 步骤S31、将分解所得模式函数分量 $c_i(t)$ 作希尔伯特变换,得到电流脉冲信号的希尔伯特谱 $H(\omega, t)$ 和希尔伯特能量谱 $H^2(\omega, t)$,希尔伯特谱和希尔伯特能量谱分别代表了脉冲电流信号幅值的时频分布以及信号能量的时频分布。

[0021] 步骤S32、计算能量频率分布 E_d :将希尔伯特能量谱对时间积分,得到能量随频率的变化函数记作 $E(\omega)$,将频率范围平均分为 N 段,计算每一段频率与能量频率曲线围成的面积,记作

$$[0022] \quad E = [E_1, E_2, \dots, E_{N-1}, E_N]$$

[0023] 对 E 作归一化

$$[0024] \quad E_n = E / \text{sum}(E) = [e_1, e_2, \dots, e_{N-1}, e_N]$$

[0025] 计算能量频率分布

$$[0026] \quad E_d = - \sum_{i=1}^N e_i \ln e_i ;$$

[0027] 步骤S33、计算幅值频率分布 A_d :将希尔伯特谱对时间积分,得到幅值随频率的变化函数记作 $A(\omega)$,将频率范围平均分为 N 段,计算每一段频率与幅值频率曲线围成的面积,记作

$$[0028] \quad A = [A_1, A_2, \dots, A_{N-1}, A_N]$$

[0029] 对 A 作归一化

$$[0030] \quad A_n = A / \text{sum}(A) = [a_1, a_2, \dots, a_{N-1}, a_N]$$

[0031] 计算幅值频率分布

$$[0032] \quad A_d = - \sum_{i=1}^N a_i \ln a_i ;$$

[0033] 其中,步骤S4进一步包括:

[0034] 使用优化概率神经网络对不同类型局放脉冲电流信号的训练样本进行训练,其中,信号样本的上升沿、持续时间、能量频率分布、幅值频率分布作为特征向量,记作

$$[0035] \quad V = [t_1, t_2, E_d, A_d] = [v_1, v_2, v_3, v_4]$$

[0036] 对训练用样本特征向量作归一化处理

$$[0037] \quad V_n = [v_{1n}, v_{2n}, v_{3n}, v_{4n}] = \left[\frac{v_1 - v_{1\min}}{v_{1\max} - v_{1\min}}, \frac{v_2 - v_{2\min}}{v_{2\max} - v_{2\min}}, \frac{v_3 - v_{3\min}}{v_{3\max} - v_{3\min}}, \frac{v_4 - v_{4\min}}{v_{4\max} - v_{4\min}} \right]$$

[0038] 式中, $v_{i\min}$ 为所有样本特征向量中第 i 维的最小值, $v_{i\max}$ 为所有样本特征向量中第 i 维的最大值;

[0039] 选用径向基函数(RBF)概率神经网络,并使用粒子群算法对其平滑因子寻优,将训练样本特征向量作为优化概率神经网络的输入,对其进行训练,建立可识别四种局放类型的神经网络。

[0040] 实施本发明实施例,具有如下有益效果:

[0041] 本发明所述的变压器局部放电类型识别方法通过串联电阻法测量变压器内部发生局放时的脉冲电流信号,提取脉冲电流信号上升沿、持续时间、能量频率分布和幅值频率分布作为信号特征向量并进行归一化处理,根据不同类型放电脉冲电流信号样本建立优化的概率神经网络,对待检测脉冲电流信号进行识别,确定局部放电类型,准确性高。

附图说明

[0042] 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简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅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它的附图。

[0043] 图1是本发明提供的一种变压器局部放电类型识别方法的一个实施例的主流程示意图。

具体实施方式

[0044] 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,所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,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它实施例,都属于本发明保护的范围。

[0045] 在此,还需要说明的是,为了避免因不必要的细节而模糊了本发明,在附图中仅仅示出了与根据本发明的方案密切相关的结构和/或处理步骤,而省略了与本发明关系不大的其他细节。

[0046] 如图1所示,示出了本发明提供的一种变压器局部放电类型识别方法的一个实施例的主流程示意图,在本实施例中,所述方法包括如下步骤:

[0047] 本发明的实施例的一种变压器局部放电类型识别方法,用于基于变压器局放脉冲电流信号分析对局放类型进行识别,其包括如下步骤:

[0048] 步骤S1、搭建变压器内部绝缘介质局部放电模拟试验平台,设置典型的内部绝缘故障;在一个实施例中,搭建油中气隙、油楔、针板、悬浮四种内部绝缘故障时的局部放电模拟试验平台。

[0049] 步骤S2、采集不同绝缘故障下发生局部放电时的脉冲电流信号,分为训练样本和测试样本两类;在一个例子中,采用纯电阻作为检测阻抗,测量电阻串联在高压套管末屏与高压绕组中性点接地处,使用示波器采集采集所述测量电阻的脉冲电流获得不同绝缘故障下发生局部放电时的脉冲电流信号。例如在一个例子中,可以设置采样率为100MS/s,每种局放类型采集100组数据,60组用于训练,40组用于测试。

[0050] 步骤S3、计算每一类绝缘故障下采集的脉冲电流信号的上升沿、持续时间、能量频率分布和幅值频率分布作为局放信号特征;

[0051] 具体地,在一个例子中,截取所采集脉冲电流信号从开始到结束的部分,记作 $x(t)$,提取信号特征包括上升沿 t_1 、持续时间 t_2 、能量频率分布 E_a 和幅值频率分布 A_a 四个方面。

[0052] 其中,在所述步骤S3中,在能量频率分布和幅值频率分布中均计算熵值作为特征,

具体地包括如下步骤:

[0053] 步骤S30、将脉冲电流信号 $x(t)$ 分解为若干个固有模式函数分量,在一个例子中,分解算法使用EMD(Empirical Mode Decomposition,经验模态分解)算法,该算法为信号处理领域所公知,不作详细描述;所述脉冲电流信号分解表达式为:

$$[0054] \quad x(t) = \sum c_i(t) + r(t)$$

[0055] 其中, $c_i(t)$ 为模式函数分量, $r(t)$ 为剩余函数;

[0056] 步骤S31、将分解所得模式函数分量 $c_i(t)$ 作希尔伯特变换,得到电流脉冲信号的希尔伯特谱 $H(\omega, t)$ 和希尔伯特能量谱 $H^2(\omega, t)$,希尔伯特谱和希尔伯特能量谱分别代表了脉冲电流信号幅值的时频分布以及信号能量的时频分布。

[0057] 步骤S32、计算能量频率分布 E_d :将希尔伯特能量谱对时间积分,得到能量随频率的变化函数记作 $E(\omega)$,将频率范围平均分为 N 段,根据经验,设置 N 为10,计算每一段频率与能量频率曲线围成的面积,记作

$$[0058] \quad E = [E_1, E_2, \dots, E_{N-1}, E_N]$$

[0059] 对 E 作归一化

$$[0060] \quad E_n = E / \text{sum}(E) = [e_1, e_2, \dots, e_{N-1}, e_N]$$

[0061] 计算能量频率分布

$$[0062] \quad E_d = - \sum_{i=1}^N e_i \ln e_i ;$$

[0063] 步骤S33、计算幅值频率分布 A_d :将希尔伯特谱对时间积分,得到幅值随频率的变化函数记作 $A(\omega)$,将频率范围平均分为 N 段,根据经验,设置 N 为10,计算每一段频率与幅值频率曲线围成的面积,记作

$$[0064] \quad A = [A_1, A_2, \dots, A_{N-1}, A_N]$$

[0065] 对 A 作归一化

$$[0066] \quad A_n = A / \text{sum}(A) = [a_1, a_2, \dots, a_{N-1}, a_N]$$

[0067] 计算幅值频率分布

$$[0068] \quad A_d = - \sum_{i=1}^N a_i \ln a_i ;$$

[0069] 步骤S4、归一化训练样本特征向量,构建优化概率神经网络;具体地,在一个例子中,使用优化概率神经网络对不同类型局放脉冲电流信号的训练样本进行训练,其中,信号样本的上升沿、持续时间、能量频率分布、幅值频率分布作为特征向量,记作

$$[0070] \quad V = [t_1, t_2, E_d, A_d] = [v_1, v_2, v_3, v_4]$$

[0071] 对训练用样本特征向量作归一化处理

$$[0072] \quad V_n = [v_{1n}, v_{2n}, v_{3n}, v_{4n}] = \left[\frac{v_1 - v_{1\min}}{v_{1\max} - v_{1\min}}, \frac{v_2 - v_{2\min}}{v_{2\max} - v_{2\min}}, \frac{v_3 - v_{3\min}}{v_{3\max} - v_{3\min}}, \frac{v_4 - v_{4\min}}{v_{4\max} - v_{4\min}} \right]$$

[0073] 式中, $v_{i\min}$ 为所有样本特征向量中第 i 维的最小值, $v_{i\max}$ 为所有样本特征向量中第 i 维的最大值;

[0074] 选用径向基函数(RBF)概率神经网络,并使用粒子群算法对其平滑因子寻优,将训练样本特征向量作为优化概率神经网络的输入,对其进行训练,建立可识别四种局放类型的神经网络;

[0075] 具体地,建立概率神经网络对样本信号训练,样本类别为K,此处K为4,概率神经网络分为三层,分别为输入层、隐含层和输出层,它的隐含层传递函数选用径向基核函数,输出层采用竞争输出,即最后概率最大的神经元为输出类别。将训练样本的特征向量输入概率神经网络训练,由于径向基核函数的平滑因子对训练结果的好坏影响很大,本发明使用粒子群算法对平滑因子寻优,将测试样本的均方误差作为寻优的适应度函数,当误差精度达到指定的临界值 ε 时停止,否则一直训练到最大迭代次数M,以最优的平滑因子建立概率神经网络。在一个例子中,对于粒子群寻优算法,设置粒子群大小为40,最大迭代次数为300,误差临界值为 10^{-3} ,惯性权重为0.7,学习因子为2。以最优平滑因子结果建立概率神经网络。

[0076] 步骤S5、对待检测局放脉冲电流信号提取特征向量,归一化后输入训练好的优化概率神经网络,识别出局放类型。

[0077] 上述实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制,其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围内。

[0078] 实施本发明实施例,具有如下的有益效果:

[0079] 本发明所述的变压器局部放电类型识别方法通过串联电阻法测量变压器内部发生局放时的脉冲电流信号,提取脉冲电流信号上升沿、持续时间、能量频率分布和幅值频率分布作为信号特征向量并进行归一化处理,根据不同类型放电脉冲电流信号样本建立优化的概率神经网络,对待检测脉冲电流信号进行识别,确定局部放电类型,准确性高。

[0080] 以上所述仅是本申请的具体实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本申请原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本申请的保护范围。

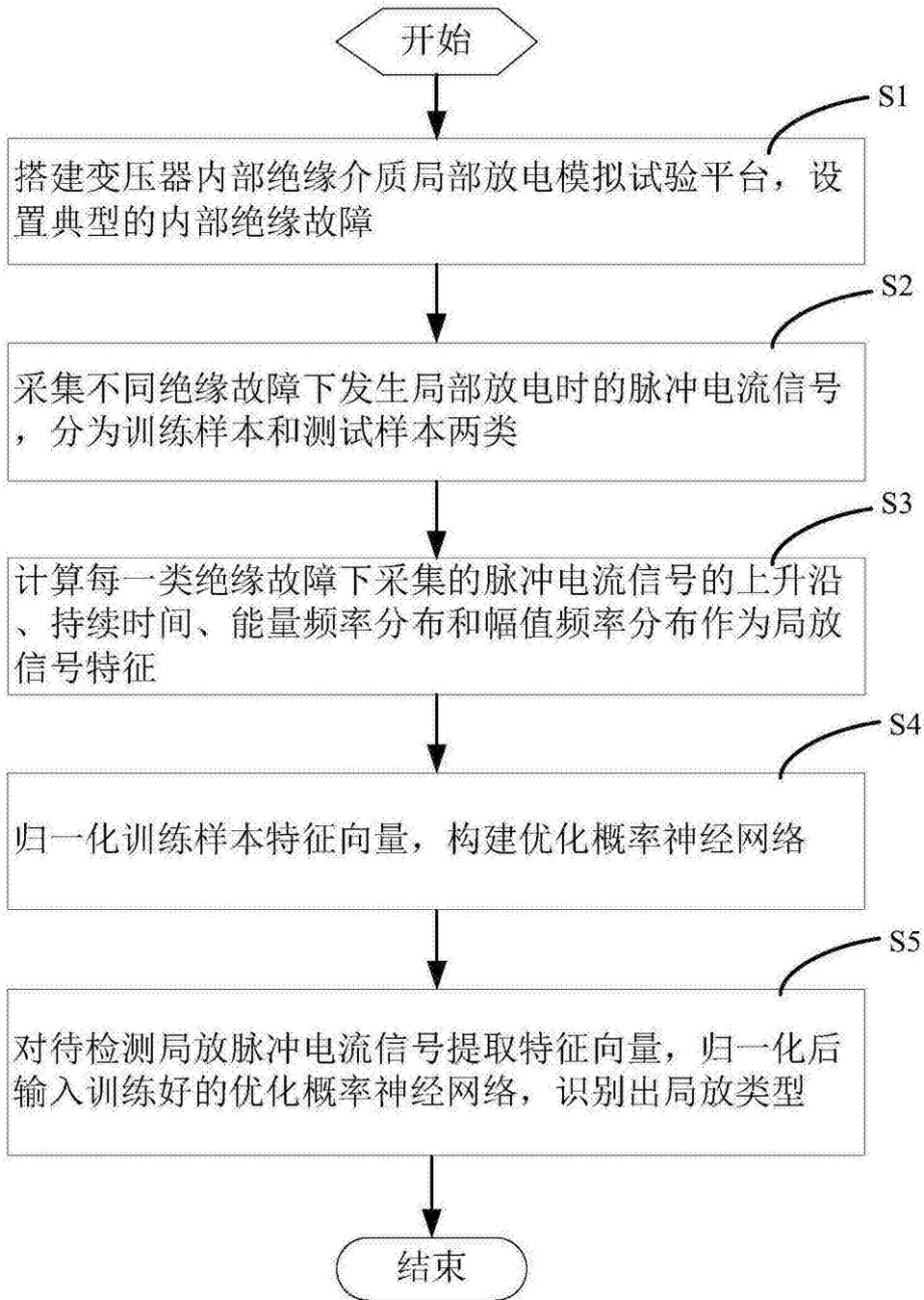


图1