



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112069691 A

(43) 申请公布日 2020.12.11

(21) 申请号 202010956462.6

(22) 申请日 2020.09.11

(71) 申请人 云南电网有限责任公司大理供电局

地址 671099 云南省大理白族自治州大理市下关开发区电力巷

(72) 发明人 肖麟祥 何国斌 熊杰 黄华

(74) 专利代理机构 昆明正原专利商标代理有限公司 53100

代理人 金耀生

(51) Int. Cl.

G06F 30/20 (2020.01)

G06F 17/14 (2006.01)

G06F 113/04 (2020.01)

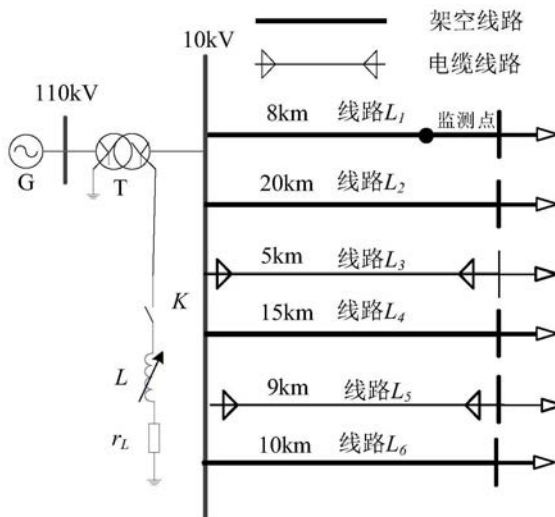
权利要求书1页 说明书4页 附图6页

(54) 发明名称

一种基于避雷器动作电流频带分析的配电网直击雷与感应雷辨识方法

(57) 摘要

本发明涉及一种基于避雷器动作电流频带分析的配电网直击雷与感应雷辨识方法,属于电力系统继电保护技术领域。本发明通过MATLAB与ATP-EMTP联机搭建10kV配电网感应雷、直击雷仿真平台,通过检测感应雷作用在A相线路时,导致线路上避雷器动作电流的特性。同时在同条件下进行直击雷情况下的避雷器动作电流的检测,采用频带分析成功辨识直击雷和感应雷。本发明从仿真验证可以看出,该方法正确有效。



1. 一种基于避雷器动作电流频带分析的配电网直击雷与感应雷辨识方法,其特征在于:包括如下步骤:

Step1、利用ATP-EMTP搭建10kV配电线路模型,确定架空线路的模型,以及确定绝缘子和避雷器的模型;

Step2、构建10kV配电线路直击雷、感应雷模型,采用HEIDLER函数表示雷电流,并作用在输电线路的A相上,通过ATP中调用MODELS语言编程的IDNUS感应过电压模块来实现感应雷模型,并作用在A相线路上,检测直击雷、感应雷过电压作用下的避雷器动作电流的波形;

Step3、运用小波包程序对25  $\mu\text{s}$  的故障电流数据进行8层分解,小波基选择“db10”,这样会将原信号分解为256个频段,计算出这256个频段所对应的小波系数能量以及各频段能量占比;

Step4、根据直击雷和感应雷过电压引起的避雷器动作电流在频带上能量分布的差异,选取前50个频段就能判定高频能量占比大的为直击雷、高频能量占比少的为感应雷。

2. 根据权利要求1所述的基于避雷器动作电流频带分析的配电网直击雷与感应雷辨识方法,其特征在于:所述架空线路的模型采用JMarti模型。

3. 根据权利要求1所述的基于避雷器动作电流频带分析的配电网直击雷与感应雷辨识方法,其特征在于:采用金属氧化物避雷器作为线路避雷器。

4. 根据权利要求1所述的基于避雷器动作电流频带分析的配电网直击雷与感应雷辨识方法,其特征在于:所述Step3中,计算出这256个频段所对应的小波系数能量为:

$$E(j, j+n) = \sum_j^{j+n} |\omega_i(j)|^2$$

式中,  $E(j, j+n)$  为频段  $(j, j+n)$  内的能量和,其中  $n \leq 256$ ;  $i$  为小波分解的层数;  $\omega_i(j)$  为第  $i$  层分解后的细节系数;

各个子频段的能量因子定义为该频段能量占总能量的比例:

$$p(j, j+n) = \frac{E(j, j+n)}{E_{\Sigma}}$$

式中,  $E_{\Sigma}$  表示信号各个子频段能量和;  $p(j, j+n)$  为小波包分解后子频段  $(j, j+n)$  内能量占总能量的比例。

## 一种基于避雷器动作电流频带分析的配电网直击雷与感应雷 辨识方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于避雷器动作电流频带分析的配电网直击雷与感应雷辨识方法,属于电力系统继电保护技术领域。

### 背景技术

[0002] 在电力系统总故障中由于雷击引起配电线路故障的占很大部分的比例,由运行经验可知,在配电网中,由于周围建筑物和树木对架空线的屏蔽作用,雷电直击架空线的可能性小,故障大部分由雷击架空线附近物体或地面引起,即感应雷过电压是引起中低压配电网故障的主要形式。直击雷或感应雷击中线路时,雷电波易对低压侧电气设备造成损坏,因此有效的防雷保护是必不可少的。而国内外的学者针对雷击对配电网的损害做出了大量的研究工作,其中降低杆塔的接地电阻以及提高线路的绝缘水平较为普遍。在实际工程中,对于雷击比较频繁的配电线路通常安装避雷器达到保护线路的目的。从防护效果来看,安装避雷器作用显著,降低了雷击损害的发生。在配网防雷的研究中,由于通过避雷器的电流是易于得到的,所以当雷击发生时,直击雷和感应雷导致的避雷器动作电流肯定具有巨大的差异,可以根据此特性,实现直击雷和感应雷的辨识。没有针对直击雷过电压和感应雷过电压各自的特征分别防护,不区分两种雷击过电压,不仅会造成资源浪费,还会由于防雷对象错误导致防护失败,造成配网供电可靠性降低的现象。因此对直击雷和感应雷进行辨识对配电网的安全运行具有重要意义。

### 发明内容

[0003] 本发明要解决的技术问题是:本发明提供一种基于避雷器动作电流频带分析的配电网直击雷与感应雷辨识方法,用于正确辨识直击雷和感应雷,对配电网可靠运行有着积极的意义。

[0004] 本发明技术方案是:一种基于避雷器动作电流频带分析的配电网直击雷与感应雷辨识方法,分析雷击过电压产生的原理,实现直击雷、感应雷模型建立。通过MATLAB与ATP-EMTP联机实现直击雷、感应雷仿真平台的搭建,实现架空线路上避雷器动作电流的检测。同时基于频带分析对直击雷与感应雷过电压造成的避雷器动作电流的波形进行辨识,为区分性防雷保护提供重要判据。包括如下步骤:

[0005] Step1、利用ATP-EMTP搭建10kV配电线路模型,确定架空线路的模型,以及确定绝缘子和避雷器的模型;

[0006] Step2、构建10kV配电线路直击雷、感应雷模型,采用HEIDLER函数表示雷电流,并作用在输电线路的A相上,通过ATP中调用MODELS语言编程的IDNUS感应过电压模块来实现感应雷模型,并作用在A相线路上,检测直击雷、感应雷过电压作用下的避雷器动作电流的波形;

[0007] Step3、运用小波包程序对25 $\mu$ s的故障电流数据进行8层分解,小波基选择“db10”,

这样会将原信号分解为256个频段,计算出这256个频段所对应的小波系数能量以及各频段能量占比;

[0008] Step4、根据直击雷和感应雷过电压引起的避雷器动作电流在频带上能量分布的差异,选取前50个频段就能判定高频能量占比大的为直击雷、高频能量占比少的为感应雷。

[0009] 作为本发明的进一步方案,所述架空线路的模型采用JMarti模型。在与输电线路频率相关的模型中,JMarti模型运行最为稳定,准确性也高。以及确定绝缘子和避雷器的模型。

[0010] 作为本发明的进一步方案,采用金属氧化物避雷器作为线路避雷器。其电流与电压的关系如式所示:

$$[0011] \quad i_b = p (u_b / u_{ref})^q$$

[0012] 式中: $i_b$ 为陡波电流, $u_{ref}$ 为参考电压,通常取额定电压的两倍, $p$ 和 $q$ 为特性常数。

[0013] 作为本发明的进一步方案,所述Step3中,计算出这256个频段所对应的小波系数能量为:

$$[0014] \quad E(j, j+n) = \sum_j^{j+n} |\omega_i(j)|^2$$

[0015] 式中, $E(j, j+n)$ 为频段 $(j, j+n)$ 内的能量和,其中 $n \leq 256$ ;  $i$ 为小波分解的层数; $\omega_i(j)$ 为第 $i$ 层分解后的细节系数;

[0016] 各个子频段的能量因子定义为该频段能量占总能量的比例:

$$[0017] \quad p(j, j+n) = \frac{E(j, j+n)}{E_\Sigma}$$

[0018] 式中, $E_\Sigma$ 表示信号各个子频段能量和; $p(j, j+n)$ 为小波包分解后子频段 $(j, j+n)$ 内能量占总能量的比例。

[0019] 本发明的有益效果是:

[0020] 1、通过MATLAB与ATP-EMTP互联搭建10kV配电网直击雷、感应雷过电压仿真平台,分析避雷器动作电流的特征,并通过小波包能量特征提取,实现感应雷与直击雷的辨识。

[0021] 2、根据雷击辨识结果,可选择投入相应的避雷器设备以降低配电网雷击故障的损害。

## 附图说明

[0022] 图1是本发明配电网系统结构图;

[0023] 图2是本发明实施例1中水平距离 $r=10m$ 感应雷避雷器动作电流图;

[0024] 图3是本发明实施例1中水平距离 $r=30m$ 感应雷避雷器动作电流图;

[0025] 图4是本发明实施例1中发生直击雷时,避雷器动作的电流波形图;

[0026] 图5是本发明实施例1中 $r=10m$ 时,避雷器动作电流的能量特征提取图;

[0027] 图6是本发明实施例1中 $r=30m$ 时,避雷器动作电流的能量特征提取图;

[0028] 图7是本发明实施例1中,直击雷导致的避雷器动作电流能量特征提取图;

[0029] 图8是本发明实施例2中水平距离 $r=10m$ 感应雷避雷器动作电流图;

[0030] 图9是本发明实施例2中水平距离 $r=30m$ 感应雷避雷器动作电流图;

[0031] 图10是本发明实施例2中发生直击雷时,避雷器动作的电流波形图;

- [0032] 图11是本发明实施例2中 $r=10\text{m}$ 时,避雷器动作电流的能量特征提取图;
- [0033] 图12是本发明实施例2中 $r=30\text{m}$ 时,避雷器动作电流的能量特征提取图;
- [0034] 图13是本发明实施例2中,直击雷导致的避雷器动作电流能量特征提取图。

### 具体实施方式

[0035] 下面结合附图和具体实施例,对本发明作进一步说明。

[0036] 实施例1:一种基于避雷器动作电流频带分析的配电网直击雷与感应雷辨识方法,包括如下步骤:

[0037] Step1、利用ATP-EMTP搭建如图1所示的110kV/10kV配电网仿真模型,110kV/10kV的变电所共有6回出线,馈线L1、L2、L4、L6为架空线路,馈线L3和L5是纯电缆线路,确定架空线路的模型,所述架空线路的模型采用JMarti模型,以及确定绝缘子和避雷器的模型;

[0038] Step2、构建10kV配电线路直击雷、感应雷模型,采用HEIDLER函数表示雷电流,并作用在输电线路的A相上,通过ATP中调用MODELS语言编程的IDNUS感应过电压模块来实现感应雷模型,并作用在A相线路上,检测直击雷、感应雷过电压作用下的避雷器动作电流的波形;具体的:

[0039] (1) 感应雷过电压导致距离母线侧400m架空线L1上的避雷器动作电流:

[0040] 取雷电流幅值 $I_0=30\text{kA}$ ,雷电回击速度 $v=1.3\times 10^8\text{m/s}$ ,雷击点和架空线间的水平距离 $r=10\text{m}$ 。避雷器动作电流如图2所示;

[0041] 取雷电流幅值 $I_0=30\text{kA}$ ,雷电回击速度 $v=1.3\times 10^8\text{m/s}$ ,雷击点和架空线间的水平距离 $r=30\text{m}$ 。避雷器动作电流如图3所示;

[0042] (2) 直击雷过电压导致距离母线侧的400m架空线L1上的避雷器动作电流:

[0043] 不考虑配电网避雷线时,在相同的架空线路模型下,当发生直击雷时,线路的避雷器动作电流如图4所示。

[0044] Step3、运用小波包程序对 $25\mu\text{s}$ 的故障电流数据进行8层分解,小波基选择“db10”,这样会将原信号分解为256个频段,计算出这256个频段所对应的小波系数能量以及各频段能量占比;具体的:

[0045] 根据检测到的感应雷、直击雷过电压导致的避雷器动作电流:

[0046] 雷电流 $I_0=30\text{kA}$ ,分别对 $r=10\text{m}$ 和 $r=30\text{m}$ 时的避雷器动作电流进行小波包能量特征提取,采样率为500kHz。如图5、图6所示。

[0047] 雷电流 $I_0=30\text{kA}$ ,对直击雷导致避雷器动作电流进行小波包能量特征提取,采样率为500kHz。如图7所示。

[0048] Step4、在水平距离 $r=10\text{m}$ 时感应雷导致的避雷器动作电流的小波暂态能量主要分布在频段[0-50],其频段占比为57.27%。而直击雷导致的避雷器动作电流小波暂态能量在频段[0-50]占比较低,其频段占比为35.98%。

[0049] 水平距离在 $r=30\text{m}$ 时感应雷导致的避雷器动作电流的小波暂态能量主要分布在频段[0-50],其频段占比为58.87%。而直击雷导致的避雷器动作电流小波暂态能量在频段[0-50]占比较低,其频段占比为35.98%。

[0050] 根据感应雷导致的避雷器动作电流低频能量占比较高,可以准确判断直击雷和感应雷。

[0051] 实施例2:一种基于避雷器动作电流频带分析的配电网直击雷与感应雷辨识方法,包括如下步骤:

[0052] Step1、利用ATP-EMTP搭建如图1所示的110kV/10kV配电网仿真模型,110kV/10kV的变电所共有6回出线,馈线L1、L2、L4、L6为架空线路,馈线L3和L5是纯电缆线路,确定架空线路的模型,所述架空线路的模型采用JMarti模型,以及确定绝缘子和避雷器的模型;

[0053] Step2、构建10kV配电线路直击雷、感应雷模型,采用HEIDLER函数表示雷电流,并作用在输电线路的A相上,通过ATP中调用MODELS语言编程的IDNUS感应过电压模块来实现感应雷模型,并作用在A相线路上,检测直击雷、感应雷过电压作用下的避雷器动作电流的波形;具体的:

[0054] (1) 感应雷过电压导致距离母线侧600m架空线L1上的避雷器动作电流:

[0055] 取雷电流幅值 $I_0=30\text{kA}$ ,雷电回击速度 $v=1.3\times 10^8\text{m/s}$ ,雷击点和架空线间的水平距离 $r=10\text{m}$ 。避雷器动作电流如图8所示。

[0056] 取雷电流幅值 $I_0=30\text{kA}$ ,雷电回击速度 $v=1.3\times 10^8\text{m/s}$ ,雷击点和架空线间的水平距离 $r=30\text{m}$ 。避雷器动作电流如图9所示。

[0057] (2) 直击雷过电压导致距离母线侧的600m架空线L1上的避雷器动作电流:

[0058] 不考虑配电网避雷线时,在相同的架空线路模型下,当发生直击雷时,线路上的避雷器动作电流如图10所示。

[0059] Step3、运用小波包程序对 $25\mu\text{s}$ 的故障电流数据进行8层分解,小波基选择“db10”,这样会将原信号分解为256个频段,计算出这256个频段所对应的小波系数能量以及个频段能量占比;具体的:

[0060] 根据检测到的感应雷、直击雷导致的避雷器动作电流:

[0061] 雷电流 $I_0=30\text{kA}$ ,分别对 $r=10\text{m}$ 和 $r=30\text{m}$ 时的避雷器动作电流进行小波包能量特征提取,采样率为500kHz。如图11、图12所示。

[0062] 雷电流 $I_0=30\text{kA}$ ,对直击雷导致避雷器动作电流进行小波包能量特征提取,采样率为500kHz。如图13所示。

[0063] Step4、在水平距离 $r=10\text{m}$ 时感应雷过电压导致的避雷器动作电流的小波暂态能量主要分布在频段[0-50],其频段占比为74.83%。而直击雷过电压导致的避雷器动作电流小波暂态能量在频段[0-50]占比较低,其频段占比为42.50%。

[0064] 在水平距离 $r=30\text{m}$ 时感应雷过电压导致的避雷器动作电流的小波暂态能量主要分布在频段[0-50],其频段占比为59.20%。而直击雷过电压导致的避雷器动作电流小波暂态能量在频段[0-50]占比较低,其频段占比为42.50%。

[0065] 根据感应雷过电压导致的避雷器动作电流低频能量占比较高,可以准确判断直击雷和感应雷。

[0066] 上面结合附图对本发明的具体实施例作了详细说明,但是本发明并不限于上述实施例,在本领域普通技术人员所具备的知识范围内,还可以在不脱离本发明宗旨的前提下作出各种变化。

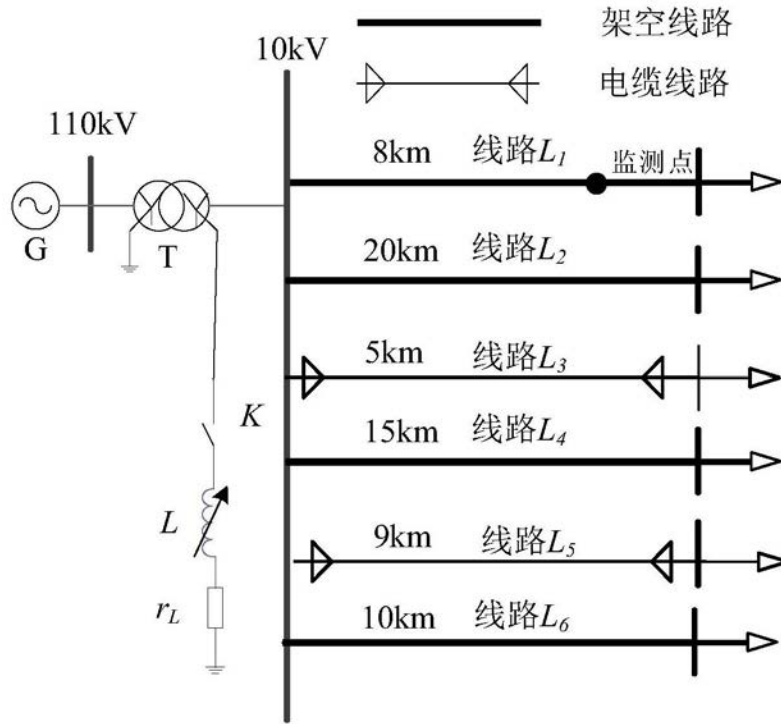


图1

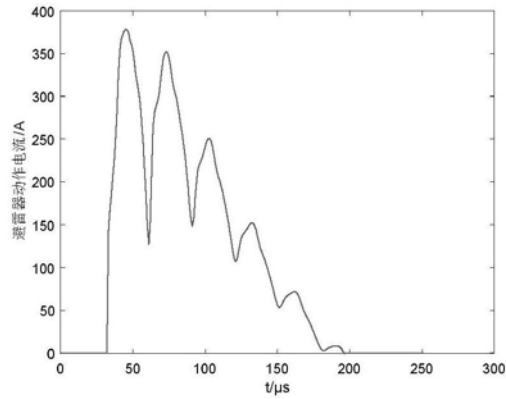


图2

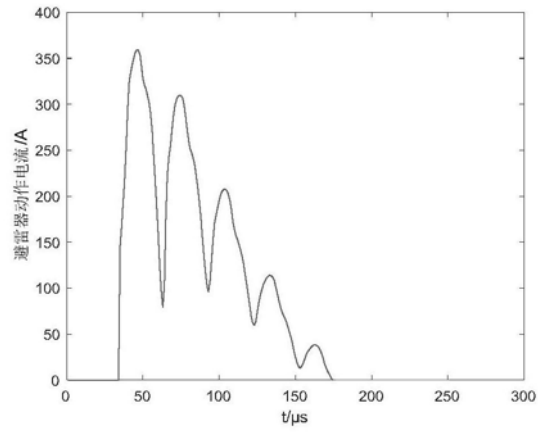


图3

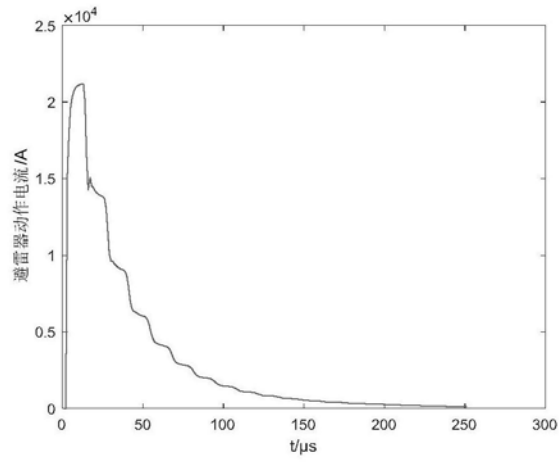


图4

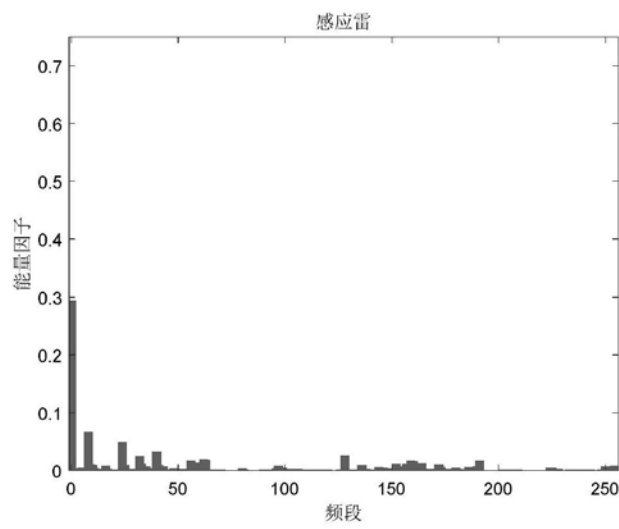


图5



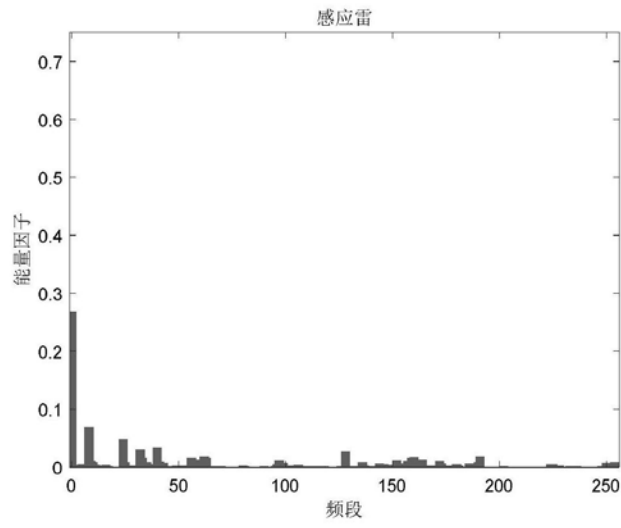


图6

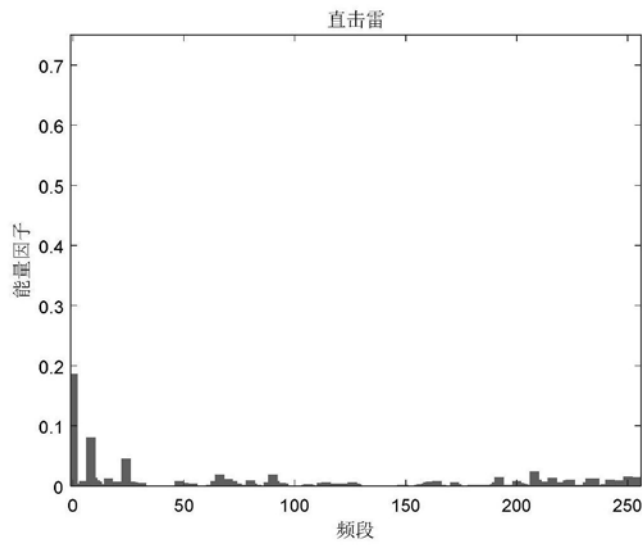


图7

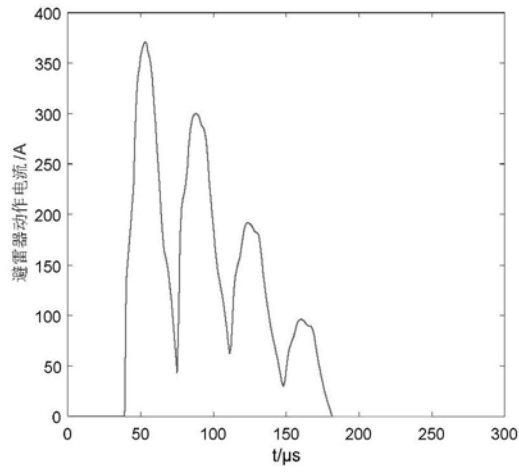


图8

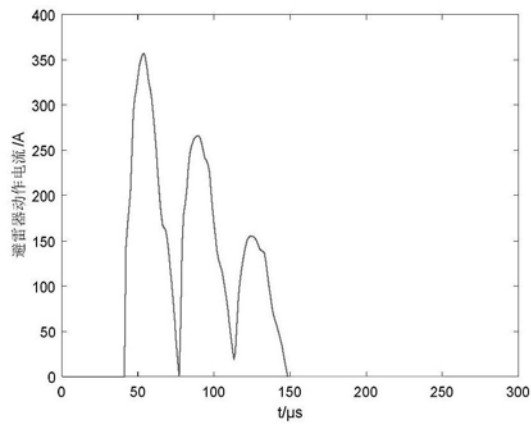


图9

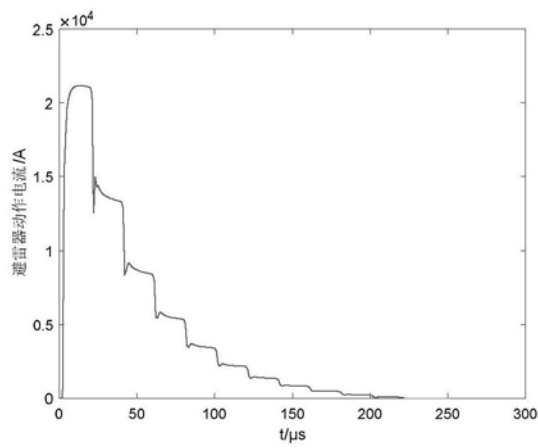


图10

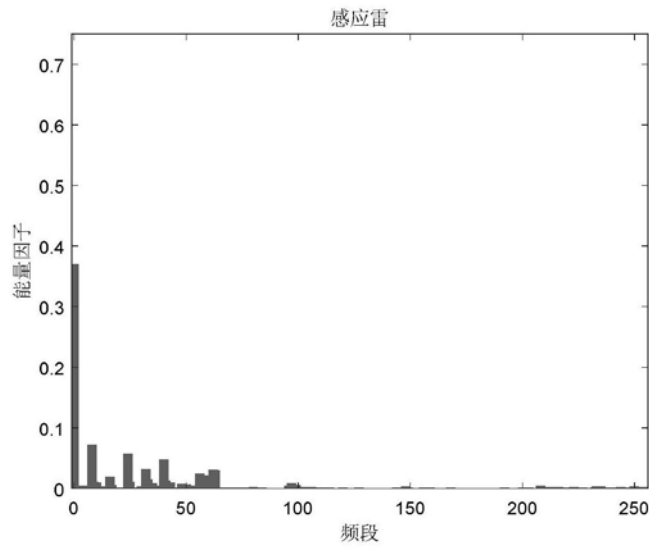


图11

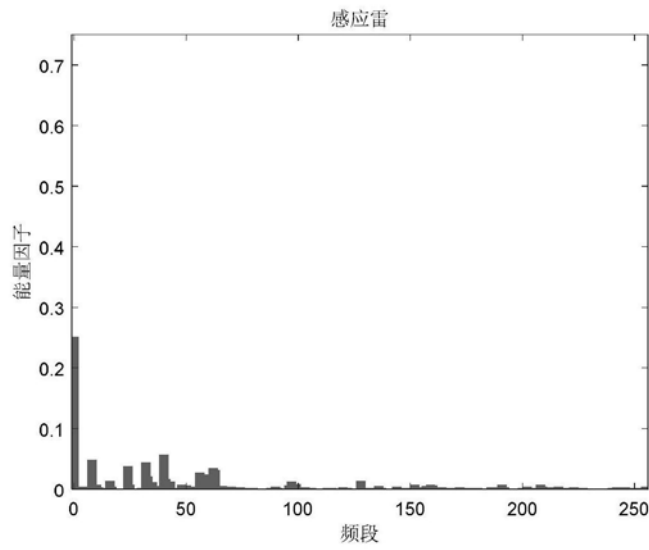


图12

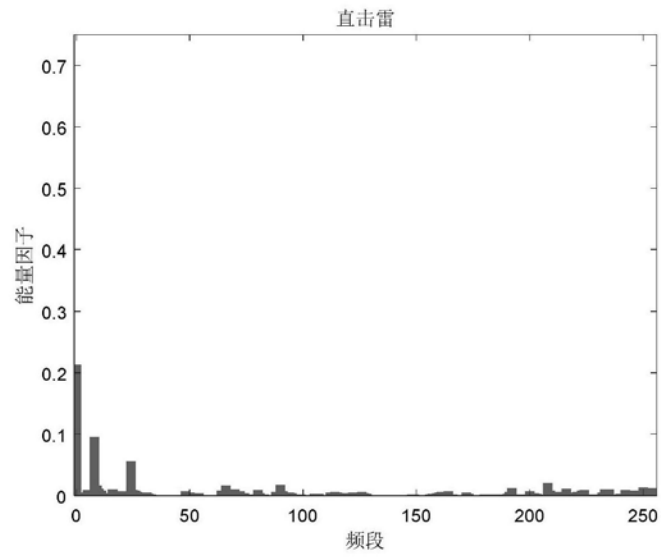


图13