



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102386621 B

(45) 授权公告日 2014. 01. 01

(21) 申请号 201110337191. 7

(22) 申请日 2011. 10. 31

(73) 专利权人 中冶南方工程技术有限公司

地址 430223 湖北省武汉市东湖新技术开发区大学园路 33 号

(72) 发明人 张华军 蔡炜

(74) 专利代理机构 北京汇泽知识产权代理有限公司 11228

代理人 刘淑敏

(51) Int. Cl.

H02J 3/01 (2006. 01)

H02J 3/18 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 202363903 U, 2012. 08. 01, 权利要求 1.

彭国盛. 包钢谐波治理实践与探讨. 《内蒙古电力技术》. 2001, 第 19 卷 (第 6 期), 参见第 3 节.

郭旭辉等. 单调谐滤波器技术参数优化. 《四川水利发电》. 2001, 第 20 卷 (第 1 期), 参见第 1 节.

帅智康等. 注入式混合型有源电力滤波器在

工程中的应用. 《电工技术学报》. 2008, 第 23 卷 (第 5 期), 第 3 节.

彭国盛. 包钢谐波治理实践与探讨. 《内蒙古电力技术》. 2001, 第 19 卷 (第 6 期), 参见第 3 节.

同向前等. 单调谐滤波器的自动调谐控制. 《高电压技术》. 2005, 第 31 卷 (第 2 期), 76-78.

帅智康等. 注入式混合型有源电力滤波器在工程中的应用. 《电工技术学报》. 2008, 第 23 卷 (第 5 期), 参见第 3 节.

王庆平等. 无源滤波器设计的优化方法及其仿真研究. 《电网技术》. 2001, 第 25 卷 (第 10 期), 参见第 1 节及图 1.

审查员 李炜

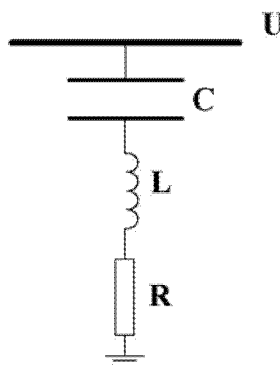
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 3 页

(54) 发明名称

单调谐滤波器及其最佳品质因数的计算方法

(57) 摘要

本发明公开了一种单调谐滤波器及其最佳品质因数的计算方法,其主要由电容 C、电感 L 和电阻 R 依次串联而成;所述电容 C 的另一端连接交流电压线,所述电阻 R 的另一端接地。该方法包括:A. 计算系统最大等效频偏 δ ;B. 确定系统最大阻抗角 θ ;C. 计算滤波器的最佳品质因数 Q 。采用本发明,能够在系统最大阻抗角时保证滤波器端电压在特征频率处具有最小值,确保了滤波效果和系统稳定性。



1. 一种单调谐滤波器最佳品质因数的计算方法,其特征在于,该方法包括:

A、计算系统最大等效频偏 δ ;所述最大等效频偏 δ 为: $\delta = \delta_f + \delta_c + \delta_z + \delta_w$;

其中:所述系统电流频率引起的频偏 δ_f ,在3000MW以上装机容量系统中为0.004,在3000MW以下装机容量系统中为0.01;电容器参数引起的频偏 $\delta_c = \frac{1}{2} \alpha_c \Delta t$, α_c 为电容器温度系数;电抗器参数引起的频偏 $\delta_z = \pm \frac{1}{2} \frac{\Delta L}{L}$, $\frac{\Delta L}{L}$ 为电抗器每档电感量标么值;测量误差造成的频偏 $\delta_w \in (\pm 0.002 \sim \pm 0.005)$;

B、确定系统最大阻抗角 ψ_s ;所述系统最大阻抗角 ψ_s 为:母线上接有中等负荷时,取系统最大阻抗角 $\psi_s = 80^\circ \sim 82^\circ$;轻负荷时系统最大阻抗角 $\psi_s = 85^\circ$;

C、计算滤波器的最佳品质因数 q ;所述最佳品质因数 q 为:

$$q = \frac{\operatorname{ctg} \left(\frac{1}{2} \psi_s \right)}{\left(1 + \delta - \frac{1}{1 + \delta} \right)};$$

其中: ψ_s 为最大阻抗角; δ 为系统最大等效频偏。

单调谐滤波器及其最佳品质因数的计算方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电力行业中无功功率补偿及谐波治理技术,尤其涉及一种单调谐滤波器及其最佳品质因数的计算方法。

背景技术

[0002] 电力系统中一阶单调谐滤波器由于具有损耗小、单次谐波滤波效果好、短路电流小等优点而应用广泛,而滤波器品质因数对单调谐滤波器滤波效果具有重要作用,目前设计者多依靠工程经验选择滤波器品质因数,不能实现最佳的滤波效果和保证系统在极端情况下的稳定运行。

发明内容

[0003] 有鉴于此,本发明的主要目的在于提供一种单调谐滤波器及其最佳品质因数的计算方法,利用推导滤波器阻抗和系统阻抗函数,获得一种具有科学依据的单调谐滤波器最佳品质因数计算方法。

[0004] 为达到上述目的,本发明的技术方案是这样实现的:

[0005] 一种单调谐滤波器,其主要由电容C、电感L和电阻R依次串联而成;所述电容C的另一端连接交流电压线,所述电阻R的另一端接地。

[0006] 一种单调谐滤波器最佳品质因数的计算方法,该方法包括:

[0007] A、计算系统最大等效频偏 δ ;

[0008] B、确定系统最大阻抗角 ψ_s ;

[0009] C、计算滤波器的最佳品质因数 q 。

[0010] 其中,步骤A所述最大等效频偏 δ 为:

[0011]
$$\delta = \delta_f + \delta_c + \delta_z + \delta_m;$$

[0012] 其中:所述系统电流频率引起的频偏 δ_f ,在3000MW以上装机容量系统中为0.004,在3000MW以下装机容量系统中为0.01;

[0013] 电容器参数引起的频偏
$$\delta_c = \frac{1}{2} \alpha_c \Delta t,$$
 α_c 为电容器温度系数;

[0014] 电抗器参数引起的频偏
$$\delta_z = \pm \frac{1}{2} \frac{\Delta L}{L},$$
 $\frac{\Delta L}{L}$ 为电抗器每档电感量标么值;

[0015] 测量误差造成的频偏
$$\delta_m \in (\pm 0.002 \pm 0.005)。$$

[0016] 步骤 B 所述系统最大阻抗角 ψ_s 为：

[0017] 母线上接有中等负荷时，取系统最大阻抗角 $\psi_s = 80^\circ \sim 82^\circ$ ；轻负荷时系统最大阻抗角 $\psi_s = 85^\circ$ 。

[0018] 步骤 C 所述最佳品质因数 q 为：

$$q = \frac{\text{ctg} \left(\frac{1}{2} \psi_s \right)}{\left(1 + \delta - \frac{1}{1 + \delta} \right)}$$

[0020] 其中： ψ_s 为最大阻抗角； δ 为系统最大等效频偏。

[0021] 本发明所提供的单调谐滤波器及其最佳品质因数的实现方法，具有以下优点：

[0022] 本发明提出的上述单调谐滤波器最佳品质因数计算方法，能够根据系统最大阻抗角和最大等效频偏计算获得最佳的滤波器品质因数，在系统最大阻抗角时保证滤波器端电压在特征频率处具有最小值，确保了滤波效果和系统稳定性。

附图说明

- [0023] 图 1 为本发明的单调谐滤波器结构示意图；
- [0024] 图 2 为单调谐滤波器导纳曲线图；
- [0025] 图 3 为电力系统与单调谐滤波器并联导纳曲线图；
- [0026] 图 4 为单调谐滤波器特征导纳随品质因数变化曲线图；
- [0027] 图 5 为实施例 1 中电力系统滤波前谐波柱状图；
- [0028] 图 6 为实施例 1 中电力系统滤波后谐波柱状图；
- [0029] 图 7 为实施例 1 中电力系统加载滤波后系统阻抗曲线图。

具体实施方式

[0030] 下面结合附图及本发明的实施例对本发明的方法作进一步详细的说明。

[0031] 图 1 为本发明的单调谐滤波器结构示意图，如图 1 所示，所述单调谐滤波器主要由电容 C、电感 L 和电阻 R 依次串联而成。所述单调谐滤波器的最佳品质因数的实现方法，主要包括如下步骤：

[0032] 步骤 1：计算系统最大等效频偏 δ 。

[0033] 按照电路原理，所述单调谐滤波器的阻抗 Z_n 表达式为：

$$Z_n = R + j \left(n\omega_s L - \frac{1}{n\omega_s C} \right) \quad (1)$$

[0035] 其中： ω_s 为基波频率 (rad/s)； $n\omega_s$ 为 n 次谐波频率。

[0036] 电力系统在实际运行时,电压频率 f_j 与额定频率 f_{Nj} 之间总存在一定偏差,由于实际的频率偏差导致滤波器谐振频率发生偏移而影响滤波器的效果,这种情况称之为滤波器失谐。

[0037] 另外,电容器和电感器在运行过程中由于周围环境温度、自身发热及绝缘老化、安装过程中测量仪器及人为因素造成的误差等因素的影响,其也能够导致滤波器失谐。

[0038] 为了统一分析滤波器失谐现象及应对策略,令 δ_j 表示系统电流频率引起的频偏, δ_L 表示电抗器参数引起的频偏、 δ_C 表示电容器参数引起的频偏、 δ_m 表示测量误差造成的频偏,则系统最大等效频偏 δ 可表示为:

$$[0039] \quad \delta = \delta_j + \delta_C + \delta_L + \delta_m \quad (2)$$

[0040] 其中:所述系统电流频率引起的频偏 δ_j 在 3000MW 以上装机容量系统中为 0.004,在 3000MW 以下装机容量系统中为 0.01;

[0041] 电容器参数引起的频偏 $\delta_C = \frac{1}{2} \alpha_c \Delta t$, α_c 为电容器温度系数;

[0042] 电抗器参数引起的频偏 $\delta_L = \pm \frac{1}{2} \frac{\Delta L}{L}$, $\frac{\Delta L}{L}$ 为电抗器每档电感量标么值;

[0043] 测量误差造成的频偏 $\delta_m \in (\pm 0.002 \sim \pm 0.005)$ 。

[0044] 步骤 2:确定系统最大阻抗角 ψ_s 。

[0045] 当母线上接有中等负荷时,取系统最大阻抗角 $\psi_s = 80^\circ \sim 82^\circ$,轻负荷时系统最大阻抗角 $\psi_s = 85^\circ$ 。

[0046] 步骤 3:计算滤波器的最佳品质因数 q 。

[0047] 单调谐滤波器在失谐时的阻抗表达式为:

[0048]

$$Z_s = X_0 \left(\frac{1}{q} + j \left(\frac{n(1+\delta)}{n_0} - \frac{n_0}{n(1+\delta)} \right) \right)$$

[0049] 为了便于计算令 $\lambda = \frac{n(1+\delta)}{n_0}$,则单调谐滤波器导纳为:

[0050]

$$Y_s = \frac{1}{X_0} \frac{\frac{1}{q} - j\left(\lambda - \frac{1}{\lambda}\right)}{\frac{1}{q^2} + \left(\lambda - \frac{1}{\lambda}\right)^2}$$

[0051] 为了分析单调谐滤波器导纳在复平面上的分布,将 Y_s 分解成实部 x 和虚部 y , 则:

$$x = \frac{1}{X_0} \frac{\frac{1}{q}}{\frac{1}{q^2} + \left(\lambda - \frac{1}{\lambda}\right)^2}, \quad y = \frac{1}{X_0} \frac{-\left(\lambda - \frac{1}{\lambda}\right)}{\frac{1}{q^2} + \left(\lambda - \frac{1}{\lambda}\right)^2}$$

[0053]

$$Y_s^2 = x^2 + y^2 = \frac{1}{X_0^2} \frac{\frac{1}{q^2} + \left(\lambda - \frac{1}{\lambda}\right)^2}{\left(\frac{1}{q^2} + \left(\lambda - \frac{1}{\lambda}\right)^2\right)^2} = \frac{1}{X_0^2} \frac{1}{\frac{1}{q^2} + \left(\lambda - \frac{1}{\lambda}\right)^2} \frac{1}{X_0} q \frac{1}{X_0} \frac{1}{q} \frac{1}{\frac{1}{q^2} + \left(\lambda - \frac{1}{\lambda}\right)^2} = \frac{1}{X_0^2} q^2$$

整理后得:

[0054]

$$\left(x - \frac{q}{2X_0}\right)^2 + y^2 = \left(\frac{q}{2X_0}\right)^2$$

[0055] 图 2 为单调谐滤波器导纳曲线图,如图所示,为 $q=70$, $\delta=0.03$, $X_0=250$, $n_0=7$ 时单调谐滤波器导纳曲线,从附图 2 中可知单调谐滤波器导纳轨迹与频偏 δ 及谐振频率 n_0 无关,只要品质因数 q 不变化则导纳轨迹不会发生变化。

[0056] 电力系统中系统阻抗 Z_s 往往呈现为感性,其中电阻 R_s 一般只有感抗 X_s 的 10~14%,令 α ($0.1 < \alpha < 0.15$) 表示电阻 R_s 在感抗 X_s 中占有的比例,即 $R_s = \alpha X_s$, 则系统阻抗为 $Z_s = X_s(\alpha + jn)$;若系统短路容量为 S_d ,电压为 U ,则感抗 X_s

为 $X_s = \frac{U^2}{S_d}$, 由于 $X_0 = \frac{U^2}{n_0 Q}$, 则 $X_s = X_0 \frac{n_0 Q}{S_d}$, 系统等效导纳 $Y_{s\text{eq}}$ 为:

[0057]
$$Y_n = \frac{1}{X_0} \frac{S_d}{Q} \frac{1}{n_0} \left(\frac{\alpha}{\alpha^2 + n^2} - j \frac{n}{\alpha^2 + n^2} \right);$$

[0058] 则系统并联导纳为：
$$Y = \frac{1}{X_0} (G + jB),$$

[0059] 其中：
$$G = \frac{S_d}{Q} \frac{1}{n_0} \frac{\alpha}{\alpha^2 + n^2} + \frac{\frac{1}{q}}{\frac{1}{q^2} + \left(\lambda - \frac{1}{\lambda} \right)^2},$$

$$B = -\frac{S_d}{Q} \frac{1}{n_0} \frac{n}{\alpha^2 + n^2} - \frac{\left(\lambda - \frac{1}{\lambda} \right)}{\frac{1}{q^2} + \left(\lambda - \frac{1}{\lambda} \right)^2}.$$

[0060] 图 3 为电力系统与单调谐滤波器并联导纳曲线图，如图 3 所示，为 $q = 70$,

$\delta = 0.03$, $X_0 = 250$, $n_0 = 7$, $\frac{S_d}{Q} = 1.0352$ 时系统并联导纳曲线。

[0061] 单调谐滤波器两端电压为：
$$U_n = \frac{I_n}{Y}$$
, 滤波器要获得较好的滤波效果必须实现较小的谐波电压，从附图 3 中可知滤波器并不能同时保证所有谐波电压均能最小，为了在谐波电流较大处获得较低的谐波电压，因此需要在特征频率 n_0 处保证 U_n 最小，即特征频率 n_0 时系统并联导纳 Y 最大。

[0062] 按照滤波器导纳曲线推导方法，可得特征频率 n_0 处滤波器导纳方程为：

[0063]

$$x^2 + \left(y - \frac{1}{2X_0\mu} \right)^2 = \left(\frac{1}{2X_0\mu} \right)^2$$

[0064] 其中：
$$\mu = 1 + \delta - \frac{1}{1 + \delta}.$$

[0065] 如图 4 为滤波器在特征频率 n_0 处滤波器导纳曲线图，其曲线半径与频偏 δ 相关，与品质因数 q 无关。

[0066] 如图所示, 向量 AB 为最大阻抗角 ψ_s 时系统导纳, OA 为滤波器导纳, 则通过分析知向量 AB 与滤波器导纳半圆相切时系统并联导纳具有最大值, 此时 $\angle ABO = \psi_s$, $\angle O_1AB = 90^\circ$, $\angle BOO_1 = 90^\circ$, 由于四边形 OO_1AB 内角和为 360 度, 则 $\angle OO_1A + \angle ABO = 180^\circ$ 。

[0067] 又由于三角形 $\triangle AOO_1$ 为等腰三角形, 所以 $2\angle AOO_1 + \angle OO_1A = 180^\circ$, 则 $\angle AOO_1 = \frac{1}{2}\angle ABO = \frac{1}{2}\psi_s$ 。同时, $\angle AOO_1 + \psi_f = 90^\circ$, 按照三角函数原理, 有 $\operatorname{tg}\psi_f = \operatorname{tg}(90^\circ - \angle AOO_1) = \operatorname{ctg}\left(\frac{1}{2}\psi_s\right)$, 根据滤波器导纳分析可知:

[0068]

$$\operatorname{tg}\psi_f = -q \left(1 + \delta - \frac{1}{1 + \delta} \right) = \operatorname{ctg}\left(\frac{1}{2}\psi_s\right)$$

[0069] 于是, 单调谐滤波器最佳品质因数 q 的计算公式为:

$$q = \frac{\operatorname{ctg}\left(\frac{1}{2}\psi_s\right)}{\left(1 + \delta - \frac{1}{1 + \delta}\right)} \quad (3)$$

[0071] 例如, 某钢厂在 35kV 母线上接有一轧机系统, 短路容量为 613.9MVA, 母线上谐波电流成分如附图 5 所示, 其中 3 次谐波、4 次谐波、5 次谐波的电流较大, 需要加载 3 通道单调谐滤波器组以进行谐波治理和无功功率补偿。

[0072] 滤波前功率因数为 0.89, 要求滤波后功率因数达到 0.96, 平均负荷系数为 0.7, 则系统需要补充的无功功率为 12000kvar。

[0073] 按照公式(1)进行计算, 可得到等效最大频率偏移 $\delta = 0.01$;

[0074] 按照公式(2)选择系统最大阻抗角 $\psi_s = 80^\circ$ 。

[0075] 按照公式(3)可以计算得到单调谐滤波器最佳品质因数 q :

$$q = \frac{\operatorname{ctg}\left(\frac{1}{2} \times 80^\circ\right)}{\left(1 + 0.01 - \frac{1}{1 + 0.01}\right)} = 59.88。$$

[0076] 由此可见, 确定滤波器最佳品质因数后, 选择 3 次滤波通道容量为 5940kvar, 4 次

滤波通道容量为 1900kvar, 5 次滤波通道容量为 4200kvar。按照单调谐滤波器参数设计方法设计滤波器电容电感参数, 其滤波后母线谐波电流成分柱状图如附图 6 所示, 从图中可知母线谐波电流明显减小, 获得了良好的滤波效果。滤波器阻抗曲线如附图 7 所示。

[0077] 以上所述, 仅为本发明的较佳实施例而已, 并非用于限定本发明的保护范围。

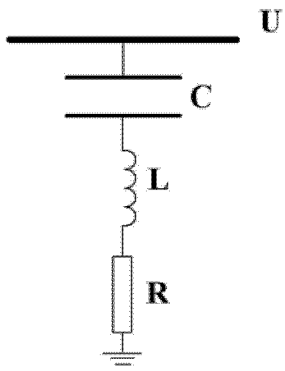


图 1

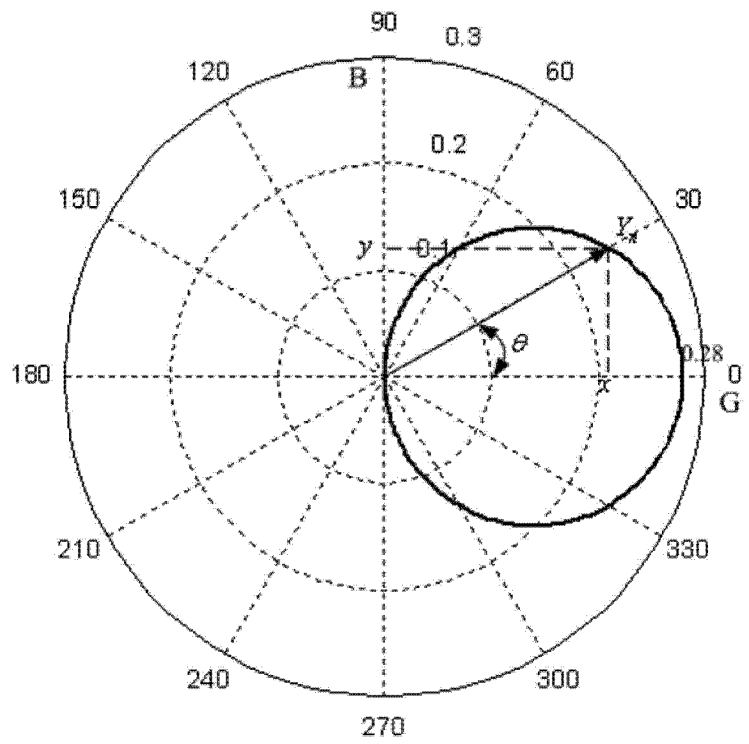


图 2

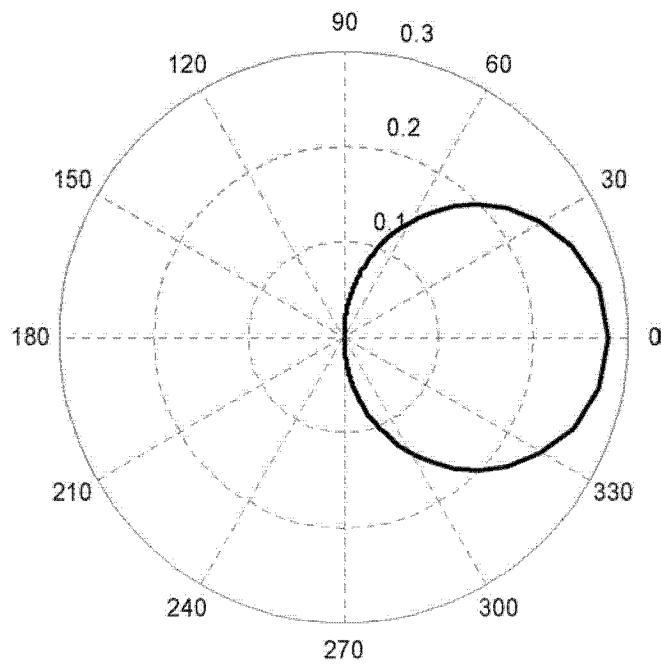


图 3

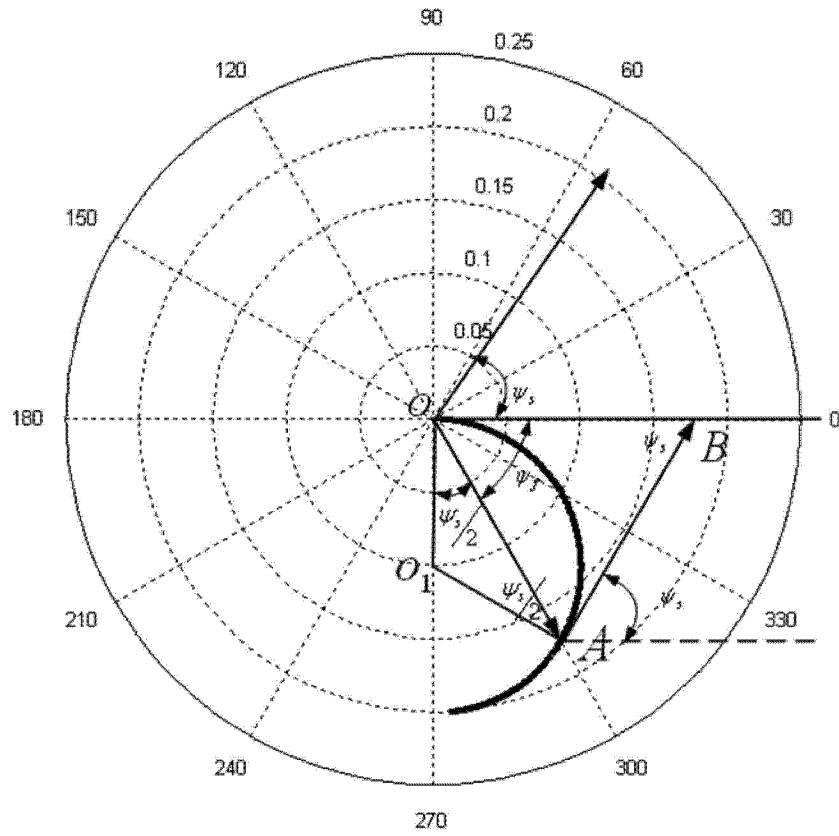


图 4

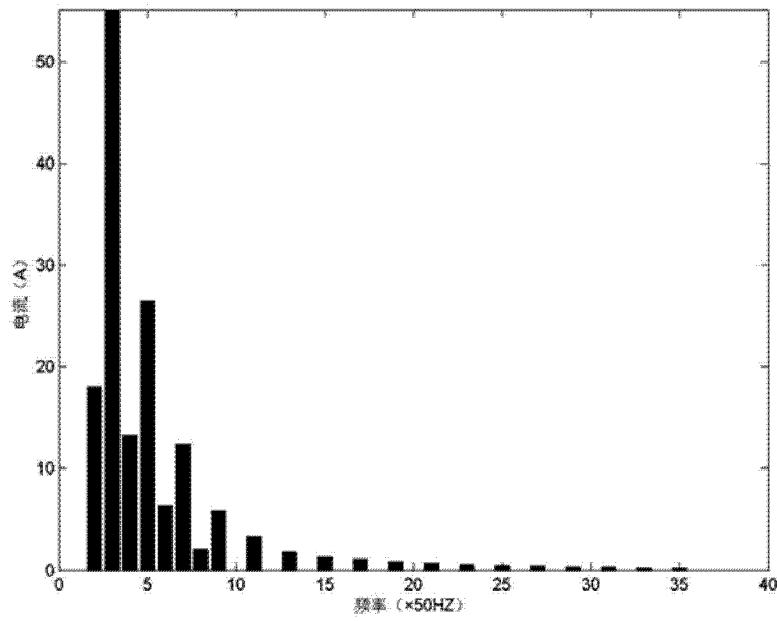


图 5

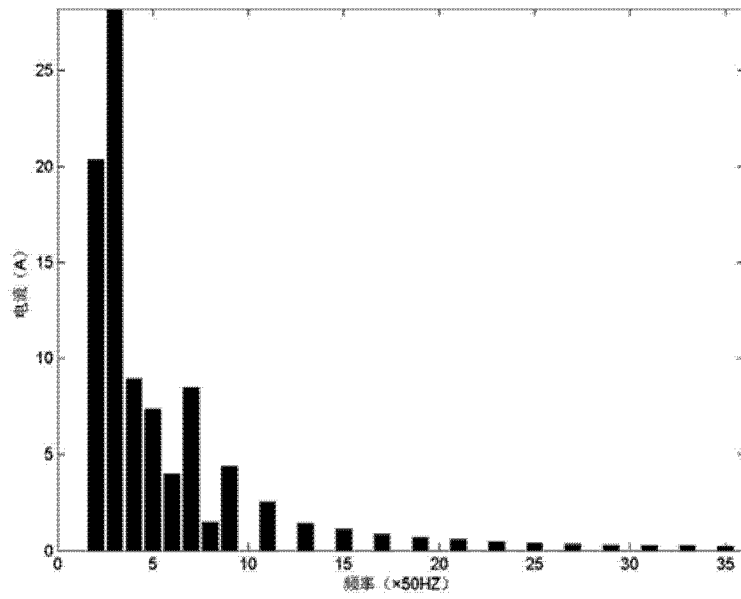


图 6

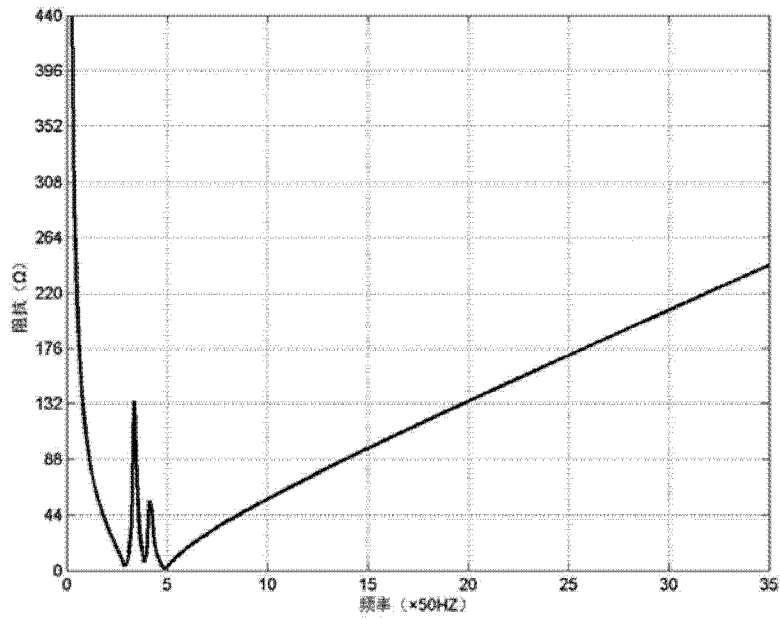


图 7