

文章编号:1674-2869(2015)02-0064-04

高频电磁抗水垢系统的研制及应用

徐翠琴, 颜 宸

湖北工程学院计算机与信息科学学院, 湖北 孝感 432000

摘 要:基于水垢的形成机理以及高频交变电磁场对加热过程中水中结垢晶体的影响,设计了一种电磁抗垢装置.首先,采用仿真软件模拟高频电磁场方波信号发生电路,对主要参数进行调整;然后,根据电磁场分布理论分析,计算了螺旋管式绕制线圈的电磁场能量,并在此基础上不断调整系统共振频率设计出共振螺旋线圈实物,并根据电路实测信号进行微调;最后,对整个装置施加激励源,观察加热水体在施加高频交变电磁场前后的结垢程度,验证了理论分析的正确性.并设计两种不同的螺旋管式绕制线圈,验证了对电磁场能量分布计算的正确性.同时在测试过程中,在已有研究资料的基础上,结合水输送装置机理,对高频电磁场方波信号的参数进行固化,得到合适的方波幅值和频率,实现该装置的最优抗水垢状态.

关键词:高频;电磁;抗水垢系统

中图分类号:TP229

文献标识码:B

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2015.02.014

0 引 言

水中钙镁离子是结垢的主要因素.这两种物质在温度升高过程中发生分解,变成碳酸钙,碳酸钙在水中的溶解度只有 $1.3 \text{ mg}(18^\circ)$,当从水中析出来的碳酸钙结晶致密的堆积起来后,就形成了白色硬垢.家庭饮用水处理系统的加热装置在长期工作后会逐渐结垢,特别在水质较硬的地区,很容易在加热装置上形成水垢,影响加热效率,甚至会阻塞水路.笔者提出了一种高频电磁电路设计,在水进入加热装置前对水进行磁化,防止水垢的生成.

1 高频电磁场水处理原理及方法

高频电磁场水处理技术是一种物理阻垢除垢技术,能有效地防止管道和设备结垢,而且不需要添加试剂,避免对水的污染,正适合应用在饮用水处理领域.

多项研究表明,高频磁场可以促进水分子运动,增强其活性,同时经过磁化处理后,水自身的结晶会变快,这样盐类在加热水的器具发热面上的结晶和沉垢会大大减少,从而实现阻垢除垢的作用.

1.1 高频电磁场抗垢原理

高频电磁场的抗垢,一方面是通过高频电磁场作用于加热前的水增强水的溶解度,另一方面高频电磁场会改变水中的水垢物质形态.其原理是根据

水的结垢情况与水的温度有关,以及高频磁场可以使水垢晶体形态变化的原理来实现抗垢除垢的^[1].

首先,当高频电磁场作用于加热前的液态水时,水分子吸收电磁场的能量,成为活化水分子,水分子被电磁场反复不断极化,活动加剧,活性增加,溶解能力也不断增强.同时,水中盐类离子因静电力作用减弱而变得分散,不再向加热器具壁面积聚,且由于高频电场的作用,水与水中各盐类离子、微晶之间的水和状态也发生改变,矿物质在水中的溶解度变大,从而防止了水垢生成.

其次,高频电磁场电路对加热过的水体和发热器具壁面施加电磁场,一方面使得水中的结晶体形态发生变化,使得结晶颗粒变得细小、松散、溶解在水中,其附着力也变小,不易附着在器具壁面.除了碳酸钙这类容易结垢的晶体,其他结垢晶体基本上也会发生类似的变化,因此在高频电磁场电路的作用下,加热器具的结垢过程变缓慢了^[2].

可见,高频电磁场实现抗垢,主要是通过向水中释放电磁量,使得水体本身以及其中容易成垢的盐类物质的物理特性发生变化,从而阻止或延缓水垢的形成.

1.2 高频磁场除菌原理

高频电磁信号发生装置工作时,使待处理水体流经高频电磁场,该电磁场具有高频大功率脉冲电压,水中微生物细胞内的“补酶”经过磁场后失去代

收稿日期:2014-10-02

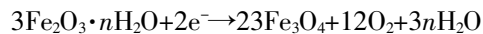
基金项目:孝感学院科研项目基金(z2011010);教育厅 B 类项目(B2013022)

作者简介:徐翠琴(1981-),女,湖北安陆人,硕士,讲师.研究方向:检测技术及智能控制.

谢能力^[3],使得细胞活性被抑制.这是由于脉冲电压使微生物的细胞膜被破坏,导致细胞内的原生质漏出而死亡.同时由于磁场作用,会在水中产生一些活性氧自由基(如 O_2^- 、 OH^- 、 H_2O_2 等),这些活性氧破坏生物细胞的离子通道从而改变细菌和藻类的生物场,从而弱化了菌藻的新陈代谢能力,最终实现杀菌灭藻目的.

1.3 高频磁场除锈防腐原理

水体中的电解质通常是以正离子、负离子的形态存在的.液态的水经过高频电磁信号处理后,水体中的正负离子在洛伦兹力的作用下,彼此做相向运动.磁场中阴阳两极间就会产生电位差,此时微小电子流产生^[4].加热水具壁面上生成的红锈与电子则会发生如下化学反应:



经过上述反应后生成的黑锈四氧化三铁,会处于稳定状态,不再被氧化,又称作磁性氧化铁.磁性氧化铁在金属壁面上形成一层膜后,就可以把金属壁面与水完全隔开,就不会再产生腐蚀.

2 高频磁场电路及参数设计

2.1 电路及其参数设计

笔者设计的高频磁场电路是一种交变磁场发生电路,将导线绕制在加热装置的进水管上,形成螺旋线圈,并将螺旋线圈的两端接在高频电压方波信号的两个输出端.高频电压方波信号发生电路如图1所示.

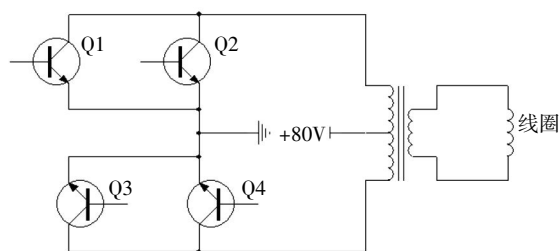


图1 高频电压方波信号发生拓扑电路

Fig.1 The topology circuit of the Square wave signal of high-frequency voltage

MOSFET 经过多管并联设计后,可以输出更大的电流,本设计的电路拓扑采用两个同型 MOSFET 管并联,这样双 MOSFET 管并联后电流增大,使得输出功率可以提高近 1 倍,而且不影响输出方波波形.

MOSFET 驱动电路如图2所示.

MOSFET 驱动电路采用 Q2、Q3、Q4 所组成的推挽电路来实现.Q2 基极输入信号为高时,MOSFET Q1 关断.Q2 基极输入信号为低时,MOSFET

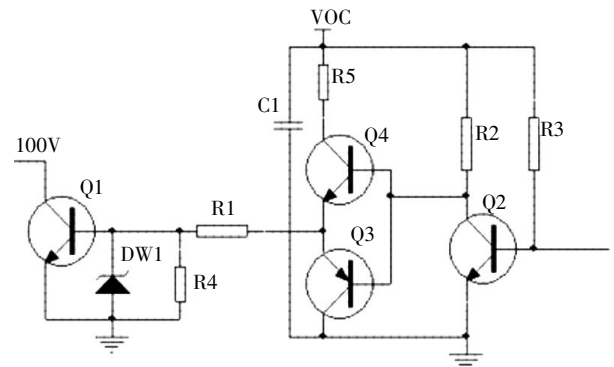


图2 MOSFET 驱动电路

Fig.2 The drive circuit of MOSFET

Q1 开通,从而实现对图1中高频电压方波信号发生电路的控制.

为使交变磁场提供一定强度的电磁场能量,并使螺旋管线圈的损耗较小,则要求通过电流较小,高频交变磁场发生电路最终将输出 ± 100 V 的双极性方波信号.通过这个高频信号水处理装置不断向冷却水系统施加电磁场能量,以达到磁化水的目的.

高频电压方波信号电压在 50~100 V 之间都可以满足要求,但为了达到较好的效果,开发了输出电压为 100 V 的电路.根据对加热水体的频率扫描,共振频率在 100 kHz 时达到较好的抗水垢效果.

信号频率为 100 kHz,电压幅值-80~80 V.电路仿真波形如图3所示.

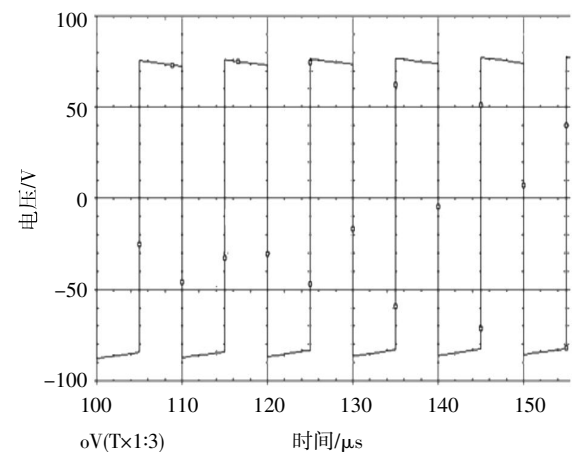


图3 电路仿真波形

Fig.3 The simulate waveform of the circuit

经过对实际电路的测试,得到加载后的实际波形如图4所示.

2.2 线圈及其参数设计

螺旋管式绕制的线圈在交变磁场有着广泛的应用.在感应线圈内部按图5所示建立磁场坐标系,则感应线圈内某一点在某一时间点的磁场强

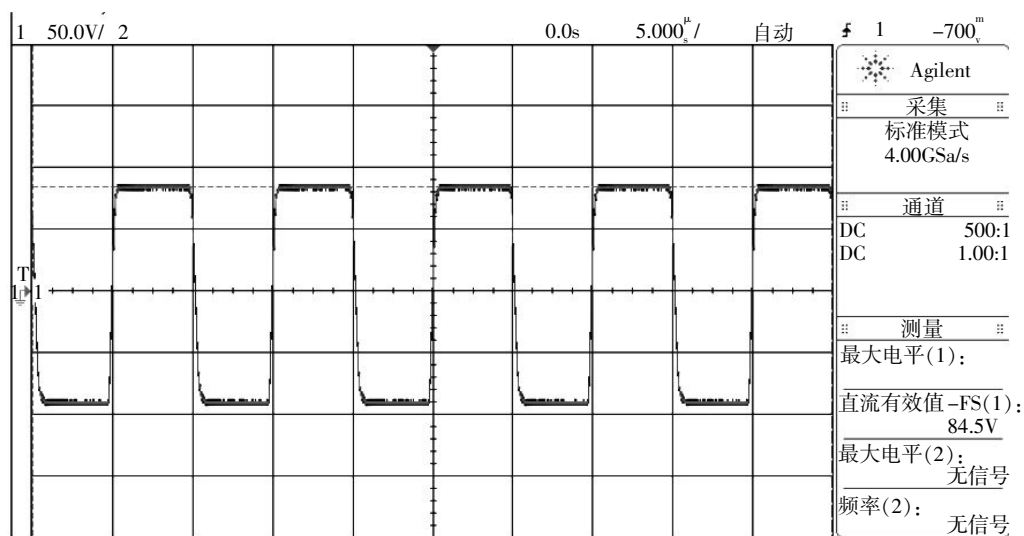


图 4 电路实测波形

Fig.4 The real waveform of the circuit

度可按照式(1)计算,根据式(1)可知磁场强度与通过感应线圈的电流之间存在增益系数的关系.工程设计中,各设计参数均为定值,所以在感应线圈中心的磁场强度是最强的,随着远离中心距离的增大,磁场强度越来越小^[5].

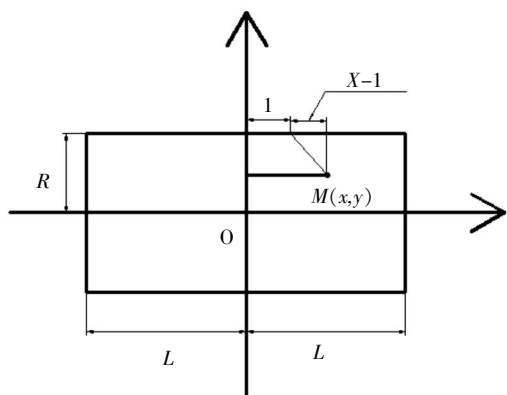


图 5 螺旋管内坐标系

Fig.5 The coordinates of the inside of solenoid

$$B_x = \frac{n\mu I R^2}{4} \left[\frac{2}{R^2 + y^2} (A - B) - \frac{3y^2}{(R^2 + y^2)^2} (A - B + \frac{1}{3} B^3 - \frac{1}{3} A^3) \right], \quad (1)$$

$$\text{其中: } A = \frac{x+L}{\sqrt{R^2 + y^2 + (x+L)^2}},$$

$$B = \frac{x-L}{\sqrt{R^2 + y^2 + (x-L)^2}}.$$

式中: B_x ——线圈产生的磁场强度;

n ——匝数;

μ ——磁导率, N/A^2 ;

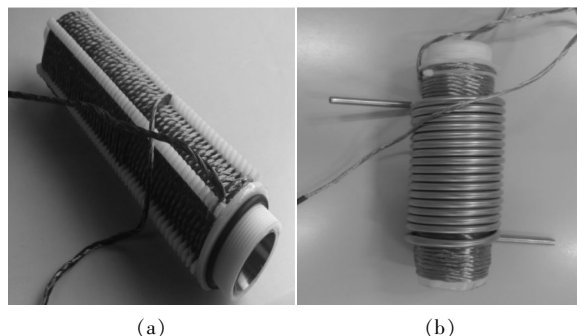
I ——线圈中流过电流值;

R ——螺旋管半径, cm;

L ——螺旋管长度的一半, cm;

根据供水系统的结构特点,设计了图 6(a)、图 6(b)两种线圈绕制方式.图 6(a)将进水管放置于螺旋线圈内部,图 6(b)将进水管绕制成螺旋状放置在螺旋线圈外部.根据实际测试,发现图 6(a)的绕制方式比图 6(b)的绕制方式更能充分地利用电磁能,验证了式(1)的正确性,说明在线圈中心位置磁场最强,因此进水管应安装在螺旋线圈的中心位置.

实验中分别选取了直径为 0.1 mm 和 0.2 mm 的多匝铜线进行绕制,且再根据实际测试,直径为 0.1 mm 的铜线绕制的线圈在高频状态损耗更低,因此本设计选取了直径为 0.1 mm 的铜线.同时铜线绕制成螺旋线圈的圈数可根据实际需求进行调整,如水处理装置的功率大小、进水管流速和长度设计等.



(a)

(b)

图 6 线圈实物图

Fig.6 The real diagram of coil

3 结 语

高频磁场水处理技术是一种物理处理方法,通过高频电磁场发生电路,产生 100 kHz 以上的电压方波即可实现水处理,使用简单、投资小,更具有高效节能、绿色环保等优点,而且水经过磁场的磁化还具有一定的杀菌作用,因而越来越受到人们重视。

尽管目前在磁场水处理的阻垢与除垢方面有很多的研究,但多是应用在工业水处理上,但其作为一种绿色环保的水处理方法,应用于家庭饮用水方面也会带来很多益处。

致 谢

湖北省教育厅和湖北工程学院提供了资金资助,在此表示感谢!

参考文献:

- [1] 贾亮,李真,贾绍义.磁化技术在工业水处理中的应用[J].化学工业与工程,2006,23(1):59-63.
JIA Liang,LI Zhen,JIA Shao-yi. Applications of magnetization technology in the treatment of industrial wastewater[J]. Chemical Industry and Engineering, 2006,23(1):59-63. (in Chinese)
- [2] 王佩琼.高频电磁场防垢技术在循环水中的应用机理初探[J].电力建设,2001,22(9):43-45.

WANG Pei-qiong. Primary inquire into application mechanism of high-frequency electromagnetic field anti-scaling technique in circulating water system[J]. Electric Power Construction, 2001,22(9):43-45. (in Chinese)

- [3] 范玉东,李永庆,马世平.高频电磁式水处理装置在循环水处理中的应用[J].东北电力技术,2004,7:51-52.
FAN Yu-dong, LI Yong-qing, MA Shi-ping. The application of high-frequency electromagnetic water treatment device to circulating water treatment[J]. Northeastern Electric Power Technology, 2004,7:51-52. (in Chinese)
- [4] 傅俊萍,李录平,刘泽利,等.超声波除垢与强化传热实验研究[J].热能动力工程,2006,21(4):355-357.
FU Jun-ping, LI Lu-ping, LIU Ze-li, et al. An experimental study of incrustation removal and intensified heat transfer by ultrasonic techniques[J]. Journal of Engineering for Thermal Energy and Power, 2006,21(4):355-357. (in Chinese)
- [5] 邢晓凯,马重芳,陈永昌,等.电磁抗垢强化传热技术的热态实验研究[J].石油大学学报:自然科学版,2005,29(1):79-83.
XING Xiao-kai, MA Chong-fang, CHEN Yong-chang, et al. Experimental study of electromagnetic anti-fouling technology to enhanced heat transfer[J]. Journal of the University of Petroleum, China: Edition of Natural Science, 2005,29(1):79-83. (in Chinese)

Design of high-frequency electromagnetic antifouling system and its application

XU Cui-qin, YAN Chen

School of Computer and Information Science, Hubei Engineering University, Xiaogan 432000, China

Abstract: An electromagnetic antifouling device was designed based on the principles of scaling and the influence of the high frequency alternating electromagnetic field on the scale crystal as heating the water. Firstly, the software was used for simulating generating circuit of high frequency electromagnetic field and adjusting the main parameters. Secondly, the distribution of electromagnetic field was analyzed in theory, and electromagnetic field energy of the spiral coil was calculated. Then, the resonance spiral coil was designed when resonance frequency was regulated frequently and adjusted weekly according to the measured signals. Finally, we imposed the excitation to the unit, observed the scaling level of heating water pre and post applying high frequency alternating magnetic field, and validated the correctness of theoretical analysis. We designed two different spiral coils and validated the correctness of the energy distribution of electromagnetic field. At the same time, the square wave signal parameters of high frequency electromagnetic field were solidified based on the existing research materials and the mechanism of water device in the testing process. The right amplitude and frequency was got, and the optimum antifouling state was achieved.

Keywords: high-frequency; electromagnetic; antifouling system

本文编辑:苗 变