

新一代低频电治疗仪的研制

沙宪政 霍纪文

(中国医科大学 生物医学工程教研室 辽宁 沈阳 110001)

[摘要] 本文介绍一种新型低频电脉冲治疗仪,采用新型单片机、程序控制和 OTL 功率放大器,产生变化有序的多种治疗脉冲波形模拟针灸治疗。电脉冲刺激器治疗仪可以用作减轻疼痛、放松肌肉、预防和减缓肌肉萎缩、增加局部血液循环等。

[关键词] 低频电脉冲 治疗仪

[中图分类号] R454.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1007-7510(2003)02-0007-03

Development of a novel low frequency electronic pulse stimulator therapeutic device

SHA Xian-zheng, HOU Ji-wen

(Dept of Biomedical Engineering of China Medical University, Liaoning Shenyang 110001, China)

Abstract: In this paper, a novel low frequency electronic pulse stimulator therapeutic device is introduced. The therapeutic device is made up by a novel single chip microprocessor with a fitness program and OTL power-output amplifier. Multi-group of the low frequency electronic pulse had been used for simulating the same effects as acupuncture without the needles. The low frequency electronic pulse stimulator device and be used for temporary relief of pain and release of muscle spasms, prevention of retardation of muscle atrophy, increase local blood circulation.

Key words: low frequency electronic pulse; therapeutic device

1 原理

目前在医疗界,电子理疗仪、电子针灸治疗仪已广泛被临床应用,取得了较好的治疗效果,且使用十分方便。据不完全统计,国内各种电子治疗仪器多达近千种,其基本原理^[1]是发出尖窄的电脉冲对人体有关部位或穴位进行电刺激,以达到放松肌肉、激活中枢神经、促进分泌某些生物成分以达到治疗的目的。但就目前这类产品而言,其功能比较单一,输出的脉冲波形不科学,随意性比较强,难以达到理想的治疗效果。为此,我们在对国内外同类产品的技术分析的基础上,经反复研究实验,采用新的单片机控制,产生变化有序的多种治疗脉冲波形,并巧妙地对人体对低频电反应的特性相配合,实现了感觉舒适条件下产生明显的治疗作用,其电脉冲时间间隔、脉冲能量和脉冲幅度可调整,适用面广,有效地克服了以往电子治疗仪所存在的缺陷,如患者对治疗波形的适应性,治疗仪电极下的电解现象,使用者感觉不适、体积大、携带不便等。

我们研制的治疗仪脉冲宽度严格控制在 0.3ms

以内,脉冲幅度 20~200V(双向)。工作方式由单片机控制产生三组程序输出,一种是通用程序,由 60 余种治疗波形以大循环的方式进行治疗,极大地减弱了人体对电刺激的适应性,也可用“保持键”任意选用某种感觉满意的波形,反复刺激治疗,另有两种专用程序(对肩和腰),根据人体不同部位的不同结构,施予不同的组合治疗波形,以达到最佳治疗疗效。治疗仪输出的脉冲和脉冲串都是正负对称的,从而彻底消除了治疗电极的极化现象。

2 硬件电路设计

本治疗仪的核心电路是一单片机 PIC16C54^[2]和独特的输出电路。PIC16C54 是美国 MICROCHIP 生产的 8 位的单片机,它具有 RISC 精简指令,20mA 的 I/O 口驱动电流,体积小(P18),功耗低,内部采用高速 CMOS 工艺,性能强,程序保密性高,带有“看门狗”功能和价格低廉等特点。低频电治疗仪硬件框图如图 1 所示,电路原理图如图 2(a)所示。

单片机 PIC16C54 有两组 I/O 口,RA、RB,其中 RA 口作为输入,用来检测键盘的按键。RB 口用来输

出脉冲和状态指示,脉冲输出给双向对称功率放大器,输出对称正负脉冲,经强度调节电位器输出到治疗电极上。有RB口四个端作为状态指示,直接推动发光二极管进行模拟显示脉冲的宽度和频变化状态指示。

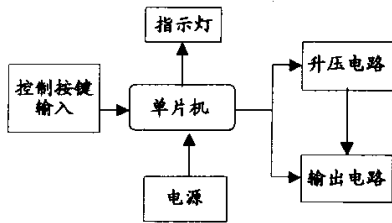


图1 硬件框图

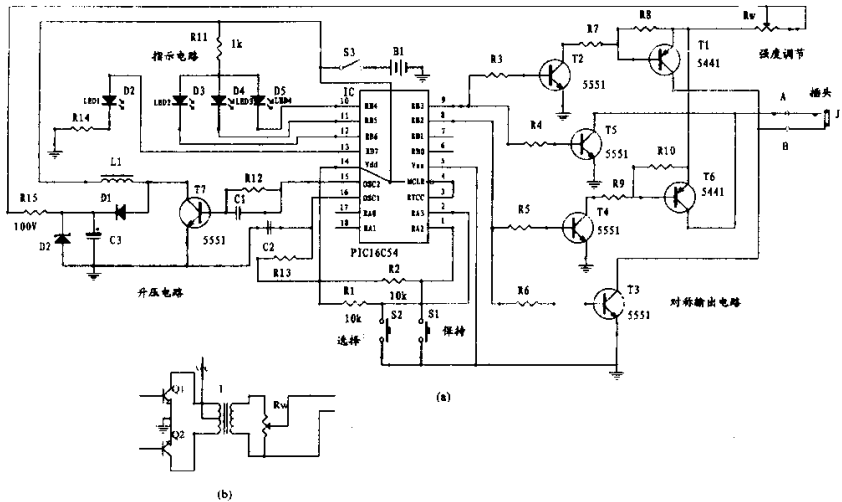


图2 电路原理图

电源采用2节5号电池。由单片机产生控制脉冲输出到由三极管T7、L1、D1、C3和稳压管D2组成的开关自耦逆变电源,升压产生100V高压电路,产生100V稳定高压。

按键S1是保持键,它的作用是保持现有的脉冲输出波形(例如,此时的按摩治疗脉冲感觉最舒适,就按保持键),保持时“保持(hold)指示二极管”就会模拟显示现在的脉冲波形。S2键用来选择治疗模式,可选择大循环或肩或腰部的治疗脉冲输出。

由单片机软件程序控制产生的一系列变化脉冲由T1~T6组成无变压器对称功率输出。当RB3输出脉冲时,T1、T2和T5饱和,在电极输出A端高B端低的脉冲,当RB2输出脉冲时T3、T4和T6饱和,在电极输出A端低B端高的脉冲。选择开关特性好的三极管则可以在输出得到特性良好的脉冲波。在此输出电路中既没有变压器耦合也没有电容耦合,所以输出到治疗电极的脉冲失真很小,且波形的特性是可控制的。

图2(b)所示为一般治疗仪器的输出电路,此输出的缺点是高频输出失真,且开关状态的变压器的反向电动势逆向能量的释放会在输出电极上产生一个高尖电压脉冲,作用到人体使人感到有很强的针刺感。我们采用的高压直接耦合输出电路,避免了由于

变压器耦合式输出产生的脉冲畸形,完全可以按照要求不失真地输出脉冲。人体实验表明可以很好地解决尖电脉冲刺激带来的不适感。

3 软件设计

整个程序设计采用“模块型”,除主程序外,查询、点亮指示灯、关闭指示灯、治疗模式、输出脉冲、定时及升压控制均由子程序编写。PIC16C54无硬件中断控制,治疗模式和键盘控制变化都采用软件查询方式。

为提高查询的运行效率,我们采用延时和查询相结合的方法,即在一个脉冲周期内,在发指令延期内,执行查询程序,直到延时结束才中止查询,与此同时指示灯也与指令脉冲同频闪烁,只是灯的点亮时间比指令脉冲宽。所以查询延时程序必须在关灯前后分两段编写。这样设计,虽然采用软件查询方式,但执行起来键盘的反应速度很快,效率很高,经临床应用效果良好。本程序的编制考虑得非常周到,方便使用者。

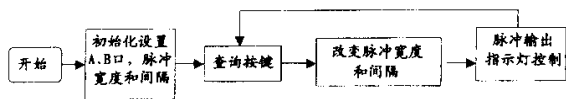


图3 软件框图

4 治疗波形的描述

本治疗仪产生的最基本电脉冲是直角脉冲或矩形波。通电时阴极处产生刺激作用,它使肌肉收缩,断电时阳极处产生刺激作用使肌肉扩张,从而促进血液、淋巴液循环,达到消炎、止痛作用。本机选用的脉冲宽度在 $5\mu\text{s}\sim 0.3\text{ms}$ 之间,在矩形波宽度期间电流能使神经的时值延长,降低其感受性,从而产生镇痛作用,甚至可阻断神经传导,故可用于电麻醉和电睡眠。作用于横纹肌和平滑肌上时,可使之大幅度收缩和松弛,可用于胃痉挛和腓肠痉挛的治疗。

电脉冲的频率在 $1\sim 10\text{cps}$ 范围常称为疏波。可使肌肉节律性收缩,并且有较强的穿透力,常用来治疗肌肉萎缩。频率为 2cps 者多用于戒毒。

电脉冲频率在 $30\sim 300\text{Hz}$ 范围常称为密波。它能降低神经末梢向中枢的传导,常用于止痛、消炎、镇静等。频率为 300Hz 者多用于电睡眠。

断续发生的电脉冲常称为间断波。它适于神经—肌肉刺激,会引起肌肉的强烈收缩,临床常用来作电体操,以提高瘫痪肌的恢复能力。

为了配合人体对低频电的特性,以求在感觉舒适条件下进行治疗,又把不同的疏波、密波和不同的间断波组合成不同的脉冲组(脉冲串),使之产生捶、揪、揉的感觉。本机具有 60 余种脉冲组合,供不同部位、不同病种治疗使用,可大循环地全部使用 60 余种脉冲也可以选其中感觉满意的某个脉冲组使用。

5 脉冲组的设计例举

5.1 捶 等宽度等间隔的正负脉冲组输出,脉冲组示意图如图 4a 所示。如输出单向脉冲组则有单侧捶的感觉,脉冲组示意图如图 4b 所示。

5.2 揪 脉冲组宽度由窄变宽,脉冲组的间隔也由长变短,脉冲示意图如图 4c 所示。

5.3 揉 脉冲组宽度由窄变宽,脉冲组的间隔不变,脉冲组示意图如图 4d 所示。作用到较大的肌肉群时,揉的感觉较明显。

总之,只有把脉冲宽度、脉冲间隔和频率进行细致合理的组合,才能得出有效的脉冲组合供治疗应用。

6 实用效果统计

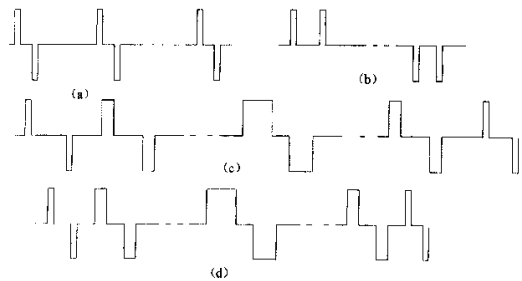


图4 脉冲组示意图

为检验低频电脉冲治疗仪的使用效果,我们对不同性别和年龄组的人群进行试用,使用者普遍认为此治疗仪具有良好的按摩、止痛和电体操效果。控制脉冲的宽度和脉冲组的间隔可以很好地解决疼痛阈和治疗强度的关系,对称的脉冲极性有效地解决了长时间治疗电极电解的问题。

7 讨论

该治疗仪功能齐全,脉宽、频率精度高。工作方式、输出指示明确,操作简便、功耗低、结构小巧,集治疗、康复与保健于一体,既适用医疗部门也可以千家万户使用,可治疗腰腿痛、神经痛,也可以作电体操,刺激运动神经和肌肉,治疗迟缓性麻痹、废用性肌萎缩,特别适用于脑溢血后遗症四肢体能恢复,还可以用作保健按摩,它具有捶、揪、揉等特殊功能。该仪器已通过产品鉴定[辽药器监(试)字 98 第 226001 号 产品标准 Q/LBD 01-1997]。选用特殊的波形还可以扩展到电脑戒毒,电子失眠治疗仪等等。我们愿意在此仪器的基础上和广大的医疗人员和医学工程的技术人员合作开发功能更多、应用面更宽的电子治疗仪。

[参考文献]

- [1] 陈景藻,赵彼得,王淑英,等. 现代物理治疗学[M]. 北京:人民军医出版社,2001.92-135.
- [2] 李东星,陈小牧,周立功. PIC16C5X 系列单片机应用设计[M]. 北京:电子工业出版社,1996.50-100.

☆