

文章编号: 1001-893X(2011)09-0001-05

超短波电台节电单元的设计与实现^{*}

李 云, 冯永浩, 吴晓丽, 王宝良

(空军工程大学 电讯工程学院, 西安 710077)

摘 要:为实现便携式超短波电台节电目的,从降低静态和动态功率消耗两方面,提出了某型电台节电改造方案。通过简化改进频合电路,减少静态功耗;采用功率自适应控制,利用嵌入式技术和数字电位器,使电台随接收信号强弱自动调整发射功率大小,并较好解决了电波传输损耗与通信距离、数字电位器控制关系的非线性问题,降低了动态功耗。实测表明,在保持原电台通信性能不变的情况下,静态功耗可降低 40%,动态功耗可降低 16%~58%。该方法的设计思想和实现途径可供其它类似电台节电改造或设计时参考。

关键词:超短波电台;节电;数字电位器;自适应功率控制;功耗

中图分类号: TN924; TN86 **文献标识码:** A doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2011.09.001

Design and Realization of Power Saving Unit for a VHF Radio

LI Yun, FENG Yong-hao, WU Xiao-li, WANG Bao-liang

(Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710077, China)

Abstract: In order to realize power saving of portable VHF radio, a power saving alteration plan is proposed for a radio based on reducing static and dynamic power consumption. The static power consumption is reduced through improving frequency synthesizer circuit. The dynamic power consumption is reduced through adaptive control of transmitted power, which is realized by using embedded technology and digital resistance to make radio automatically adjust the transmitted power according to the received signal level, meanwhile the nonlinear problem between transmission loss, communication distance and digital resistance is solved. Practical measurement shows that the static power consumption is reduced 40% and the dynamic power consumption 16%~58% under condition that the radio's performance remains unchanged. The design philosophy and technique can be referenced by similar power saving improvement and design.

Key words: VHF radio; power saving; digital resistance; adaptive power control; power consumption

1 引 言

随着节能降耗、绿色环保理念的普及,节电技术不仅在能源、机电、化工等高耗能行业得到重视和应用^[1-3],也正日益扩展到电子、通信等方面。虽然电子设备用电量相对较低,但研究其节电技术意义同样很大,以电池供电的各种通信设备,特别是便携式、背负式电台,为了携带方便,且使电池供电时间

尽可能地长,通常都要求其耗电量减小到最低限度。由于用电方式和具体结构的差异,各领域在节电技术方面各有不同。在通信领域,移动通信基站数量大,耗电量占到总运营耗电的 60%~70%,通过采用基站智能节电技术,评估基站实时话务水平,根据判决结果,将不需要的 TCH TRX 转入休眠状态,从而达到节电目的^[4]。由于一个基站有多个收发通道,因此,主要是通过增加软件功能,实现对 TCH

^{*} 收稿日期:2011-04-26;修回日期:2011-06-23

TRX 的管理。针对便携式电台,同样可以利用智能化方式,通过增加判断和响应模块,降低发射功率和待机消耗,从而达到节约电能的目的。本文基于上述思想研制了以微处理器为核心的电台节电单元,它不改变电台原有操作规程,通过数字器件和单片机,使电台的发射功率由固定发射变为自适应发射,从而在保证通信质量的条件下,降低了电源消耗,达到了节电的目的,效果显著。

2 便携式超短波电台的节电设计

某通用超短波电台的基本组成(不含其中的虚线部分)如图 1 所示。节电技术改造主要针对原电台功耗较大、电台持续工作时间短的问题,根据其结构特点和应用技术水平,有选择地对部分单元进行改进。

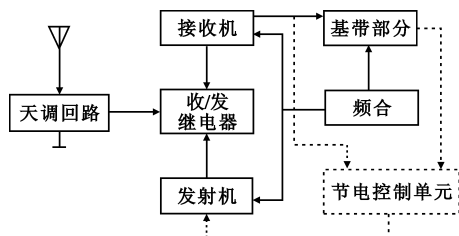


图 1 某超短波电台的节电改进结构图
Fig.1 Block diagram of a VHF radio power saving improvement

2.1 节电改进的基本要求

对在用电台的节电改进,应不改变原电台的功能、主要技术性能(功耗除外)和使用方法等,不对其作结构性的调整,改造完成的功能模块完全安装在电台内部,并安全可靠。

对电台的改进需要增加监测和控制电路,为便于安装,将这两部分集成一体,该节电控制单元具有以下功能:

(1)状态检测:根据接收机高放部分检出的信号,决定高放之后所有电路(包括中放、频合、基带等电路)是否工作,达到接收机的休眠/工作控制;

(2)功率控制:根据接收机中放检出信号强度自适应控制发射功率大小,降低发射机功耗;

(3)节电控制单元短接控制:必要时,可通过简单的操作短路节电单元,恢复原来供电方式,不影响电台原功能和性能。

2.2 节电设计方案

节能降耗改造主要从两个方面入手。一是降低

静态功耗,主要通过对原电台频合单元的改造实现。新的数字频合单元以大规模集成电路 145156 为核心,以单片机为控制单元,取代了原电台的中、小规模集成电路,将原电台中的两个屏蔽盒合并为一个屏蔽盒,简化了电路,明显降低了静态待机功耗。二是降低动态功耗,主要通过发射功率自适应技术实现。即新增的控制单元根据接收信号的强弱,自动调节发射功率的大小,将原电台的固定发射功率变为多级调节,既明显降低了发射功率,又有利于通信的隐蔽性。图 1 中的虚线部分是某超短波电台增加的节电控制单元及与原电台其它部分的关系。

2.2.1 数字频合部分改进设计

数字频合部分组成框图见图 2,由数字部分和 VCO 部分组成。与原电台相比,用 MC145156 锁相环芯片配以前置分频器 MC12051,采用单片机预置分频系数,对 VCO 信号直接分频,取消了过去的混频方案,去掉原电台的谐选部分,大大简化了频合部分结构,降低了电源消耗。

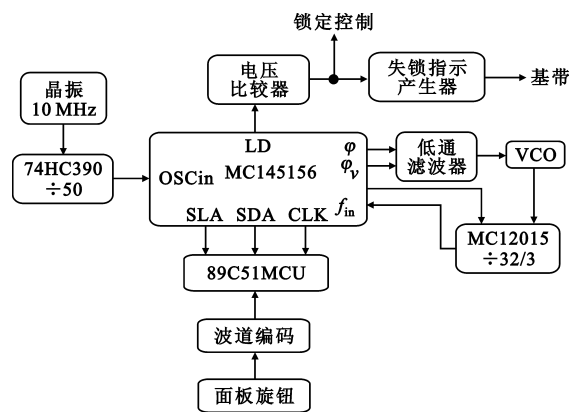


图 2 数字频合部分改进方框图
Fig.2 Block diagram of digital frequency synthesizer improvement

10 MHz温补晶振信号经 74HC390 组成的 $\div 50$ 分频器,送到 MC145152 的 OSCin 端,经内部参考分频比为 8 的固定分频后得到 25 kHz 鉴相器输入参考信号频率,鉴相器另一路输入信号是由 VCO 信号直接经由 MC12015 前置分频器和 MC145156 内部 $\div N$ 、 $\div A$ 计数器、单片机等组成的吞除可变分频器分频得到,两路信号同时加到鉴相器,鉴相器将两信号的相位差转为控制电压输出,经二阶有源环路低通滤波器的滤波,控制 VCO 的频率变化,直到进入同步状态为止。

波道编码部分的作用是将原电台面板频率旋钮的 13 个端口的模拟量转换为能为单片机识别的数

字量。单片机将根据面板设置的频率,计算出所要的 $\div N$ 、 $\div A$ 计数器编码对应的分频比,收、发时分频比不同,由 PTT 信号决定计算公式。分频比通过 SPA 总线送到 PLL 芯片。

2.2.2 节电控制单元

节电控制单元从动态降低电台发射功率考虑,通过对通信过程中接收信号的电平估计,在保证通信质量的条件下,控制和调节发射功率,使电台发射功率由一个基本恒定值变为随通信过程可变的动态值。节电控制单元的工作流程如图 3 所示。

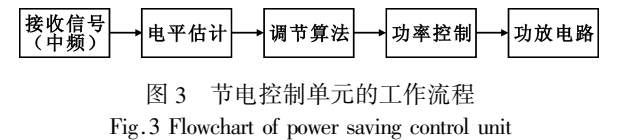


图 3 节电控制单元的工作流程

Fig.3 Flowchart of power saving control unit

由于超短波电台利用直射波通信,其信号经空中传播到达电台接收端,具有一定的衰减,衰减量主要与通信距离有关^[5],在同一种电台构成的通信系统中,最大作用距离是确定的,接收信号电平大小基本能反映通信双方之间的距离。如果检测并判断出接收信号大小,在保证通信质量的前提下,按照一定的算法,就可以设法控制功放电路的状态,实现发射功率根据通信距离需要进行调节。基于此思想,设计节电控制单元的组成框图如图 4 所示。

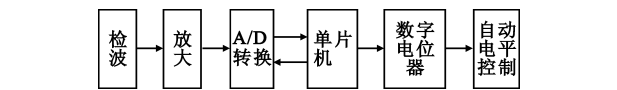


图 4 节电控制单元组成框图

Fig.4 Block diagram of power saving control unit

选择电台中频信号,经放大和 A/D 转换后送入单片机,单片机根据接收信号的强弱,依据一定的算法,判断通信双方相对距离,进而决定发射功率的大小,并将计算结果直接转换为输出脉冲数对数字电位器进行控制,使数字电位器改变阻值而作用于功率自动电平控制电路,达到根据通信距离自动调节发射功率大小的目的。

这里,利用数字电位器取代了原来自动电平控制电路中的固定电阻,通过调节数字电位器来实现功率自适应控制。

2.2.3 数字电位器运用

数字电位器可看作是一种动态可控器件,它可通过编程赋值,改变阻值大小,为在电路中达到某种

智能化控制发挥作用。具体应用时,用控制脉冲计数的方法来调整数字电位器的阻值,其外特性表现不是电流或电压,而是电阻或电阻比率,其实质是一种特殊形式的数模转换器。它有功耗低、温度漂移性低、可靠性高、价格便宜的特点,在现代电路设计中的应用越来越广。数字电位器根据阻值变化范围、可承受耐压等,有不同的型号。不同数字电位器器件的管脚、电气性能和控制条件等有所不同。如具有相同的阻值(电压),则该器件中的电阻阵列越多,分辨率就越高。由于数字电位器输出的是电压 V_W ,其实质上是一种特殊形式的数模变换器。

图 5 及表 1 是一种较典型的非易失性数字电位器 MAX5160 的结构框图和功能表,它由上/下计数器、EPROM、存储和复位控制电路、32 选一译码器、开关阵列和电阻阵列组成。INC、U/D 和 CS 是 3 个输入控制端,INC 为控制脉冲输入端,用于调整阻值大小,当片选 CS 为低电平时,MAX5160 工作,INC 在脉冲的下降沿使计数器的值根据 U/D 的值加 1 或减 1,加/减计数器通过 32 选 1 译码器去控制接通某个电子开关,从而把电阻阵列上的某个点连接到中间的输出滑动抽头 W 上。当需要记忆时,CS 上升沿到来,且使 INC 为高电平,计数器的数值被存贮在 EPROM 存储器中,因此数字电位器同模拟电位器一样具有阻值记忆功能。

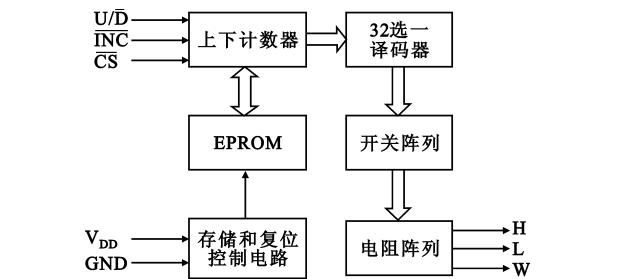


图 5 非易失性数字电位器结构框图

Fig.5 Block diagram of non-volatile digital potentiometer

表 1 MAX5160 功能表

Table 1 MAX5160's function

$\overline{CS}$	$\overline{INC}$	U/D	mode
L		H	加法计数
L		L	减法计数
	H	X	存储计数状态
H	X	X	保持状态
	L	X	不存储返回原态

3 调试试验

3.1 控制关系的非线性修正

在实现功率动态控制过程中,控制算法要保证达到整个通信系统的质量要求,需要处理好各种非线性关系。

3.1.1 电波空间传播损耗与距离的非线性

根据电波传播理论,发射功率 P_t 与接收功率 P_r 比值为

$$L = P_t / P_r = (4\pi r / \lambda)^2 \tag{1}$$

式(1)说明,在收、发两端之间,存在着功率传输损耗,且传输损耗与两者间的距离 r 、工作频率波长 λ 呈非线性关系。

由于通信频率在通信过程中保持不变,这里重点考虑消除由于通信距离不同而产生的接收电平变化的非线性影响。

以式(1)为参考,通过建立接收电平 E 与通信距离 r 函数关系模型,即式(2),使得控制单元能够根据输入电平数据,调整控制数据输出,以准确反映通信距离。

$$r = k \cdot f(1/E) \tag{2}$$

式中, k 是修正系数。

3.1.2 数字电位器控制脉冲与输出电压的非线性

控制数字电位器阻值大小的脉冲数值与输出电压间一般不是线性关系,具有式(3)描述的非线性控制特性,即控制脉冲与输出电压的关系可用一函数近似表示为

$$V_w(x) = V_0(1 - e^{-\alpha x}) \tag{3}$$

即当控制脉冲数值达到一定程度时,其输出电压不再随其线性变化,而且不同型号的数字电位器的曲线斜率有所不同。同时,在使用数字电位器时,选定的最大输出电压不同,上述非线性关系也有所不同。

总体上,在利用 V_w 对输出功率 A 控制时,由于通信系统特性、电波传播特性(不同通信频段的传播损耗和多径衰落有差异),使得控制关系更加复杂。经过分析,利用数字电位器为手段实现对电台输出功率的有效控制,需采用一个分段线性的关系函数:

$$A(f) = A_0 + \sum_{i=1}^n K_i(f) \cdot V_w(x) \tag{4}$$

式中, f 为工作频率(段), $K_i(f)$ 是一分段函数。

由于非线性关系特性的存在,要保证通信质量与发射功率最佳匹配,应考虑不同工作频段及所采用的数字电位器的特性等因素,实施非线性修正。

在设计控制单元时,利用单片机的运算能力,以式(4)为依据,建立修正算法,根据通信过程获得的接收信号分析数据,自动对数字电位器进行控制调整,达到对发射功率的自适应控制。

3.2 测试结果及分析

利用无线电综合测试仪等测试设备和仪表对改造后的某超短波电台的发射功率、调制频偏、接收灵敏度、电台电源功耗等主要技术指标进行了静态和动态测试,其测试结果见表 2。实际通信条件下的电台功耗对比见图 6。

表 2 改进前后主要技术指标测试数据

Table 2 Main test data of before - and - after improvement		
技术指标	原电台	改进后电台
工作频率范围/MHz	30 ~ 79.975	30 ~ 79.975
波道间隔/kHz	25	25
发射功率/W	≥1(小功率), ≥6(大功率)	≥1(小功率), 1 ~ 6(大功率)
调制频偏/kHz	5	5
接收灵敏度/ μ V (SINDA = 10 dB)	≤0.5	≤0.5
静态电源功耗/mA	200	120
发射态电源功耗/A	1.2	0.5 ~ 1
电台收发机重量/kg	约 10	约 8

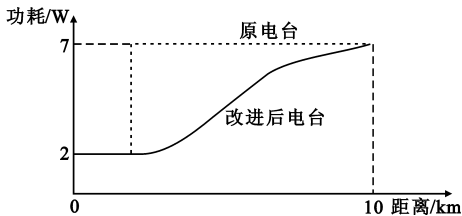


图 6 通话状态发射功率对比曲线
Fig.6 Contrast curve of transmitting power in converse state

从测试结果中可看出:

(1)在静态情况下,处于待通信状态的功耗主要是电路静态功耗。由于更换了原电台频合单元、简化电路构成、采用低功耗器件等,虽然增加了功放部分的节电控制单元,但静态条件下的节电效果依然较为明显,可达 40%,说明针对原电台设计时的不足进行技术改进是节电的有效途径;

(2)在动态条件下,节电效果随通信距离的变化是不同的。通信距离较近时,电台功耗下降明显,而在通信距离较远时,降低功耗的效果有限。这是由于通信距离较近时,电台接收信号电平较强,自适应功率控制单元降低了发射功率,电台功放电路功耗下降;而在通信距离较远时,为保证通信效果,则要保持一定的发射功率,电台功放电路的功耗就下降不多,节电效果不明显。总体上,动态节电效果可在16%~58%之间。

4 结束语

降低便携式通信电台功耗具有重要意义。在不改变电池配置条件下,可增加电台工作时限,有利于延长执行通信任务的时间;另一方面,在电台工作时限不变的条件下,可以减少电池数量,降低整体负重。

针对某超短波电台,通过分析其结构和应用技术,提出了进行节电改造的方案。从降低静态功耗与动态功耗两方面,采取不同策略和方法,达到了降低电台工作时功率消耗的目的。尤其是利用功率自适应控制原理,选用低耗且性价比高的微处理器和A/D转换器及其它器件,通过对被控对象进行认真分析,找出最佳控制部位和控制方式,增加节点控制单元,从而降低了动态功耗。实际测试表明,在保证通信质量的情况下,电台根据通信条件(距离、地形、电台运动情况等)可自动调节发射功率大小,总体可节电40%左右。

采用降低发射功率的改进后,不仅节电,还减少了对电磁环境的干扰。这一设计思想对类似电台的节电改造具有参考意义。

参考文献:

- [1] 乔歆慧,解大,张延迟. 电子降压型节电器的谐波问题及节电效果分析[J]. 低压电器,2009(6):11-15.
QIAO Xin-hui, XIE Da, ZHANG Yan-chi. Analysis of Harmonics and Effectiveness of Electronic Buck Electricity Saving Device[J]. Low Voltage Apparatus, 2009(6):11-15. (in Chinese)
- [2] 关晓威,李毅民,袁金站,等. 智能节电技术在氯碱生产中的应用[J]. 氯碱工业,2010(2):44-45.

- GUAN Xiao-wei, LI Yi-min, YUAN Jin-zhan, et al. Application of smart power-saving technology in chlor-alkali production[J]. Chlor-alkali Industry, 2010(2):44-45. (in Chinese)
- [3] 钱莉,吴宝江,王静波. 电动机节电与保护装置的设计[J]. 自动测量与控制,2007(4):85-86,90.
QIAN Li, WU Bao-jiang, WANG Jing-bo. Design of Protect Equipment to Economize Power[J]. Automatic Measurement and Control, 2007(4):85-86,90. (in Chinese)
- [4] 宋玉利,李东晓,武占生. 基站主设备智能节电技术探讨[J]. 邮电设计技术,2010(3):70-73.
SONG Yu-li, LI Dong-xiao, WU Zhan-sheng. Discussion on Smart Power Saving Technology of BTS[J]. Designing Techniques of Posts and Telecommunications, 2010(3):70-73. (in Chinese)
- [5] 刘培国,毛钧杰. 电波与天线[M]. 长沙:国防科技大学出版社,2004.
LIU Pei-guo, MAO Jun-jie. Radio Propagation and Antenna[M]. Changsha: National University of Defense Technology Press, 2004. (in Chinese)

作者简介:

李 云(1962—),女,江苏苏州人,2003年获硕士学位,现为副教授,主要从事通信电子技术方面的研究;

LI Yun was born in Suzhou, Jiangsu Province, in 1962. She received the M.S. degree in 2003. She is now an associate professor. Her research concerns electronics technique of communication.

Email: liyun0000@163.com

冯永浩(1963—),男,江苏无锡人,1991年获硕士学位,现为教授,主要从事无线电导航装备技术研究;

FENG Yong-hao was born in Wuxi, Jiangsu Province, in 1963. He received the M.S. degree in 1991. He is now a professor. His research concerns technique of radio navigation equipment.

吴晓丽(1964—),女,陕西铜川人,2010年获博士学位,现为副教授,主要从事通信电子技术方面的研究;

WU Xiao-li was born in Tongchuan, Shaanxi Province, in 1964. She received the Ph.D. degree in 2010. She is now an associate professor. Her research concerns electronics technique of communication.

王宝良(1961—),男,河南郑州人,2005年获硕士学位,现为副教授,主要从事通信装备技术方面的研究。

WANG Bao-liang was born in Zhengzhou, Henan Province, in 1961. He received the M.S. degree in 2005. He is now an associate professor. His research concerns communication equipment technique.