

静态工作点稳定性对射极输出器动态性能的影响

任骏原

(渤海大学 辽宁 锦州 121000)

摘要: 鉴于电子技术教材的阻容耦合射极输出器都是静态工作点不稳定的电路形式,都没有分析静态工作点的稳定性对电路动态性能影响的问题,因而有射极输出器是否需要稳定的静态工作点的疑点问题。针对疑点问题,研究了射极输出器的电压放大倍数、输入电阻、输出电阻等三大动态性能指标的数值范围及与静态工作点的关系,得出射极输出器静态工作点的稳定性对电路动态性能影响很小、射极输出器的偏置电路可采用简单构成形式的结论。

关键词: 电压放大倍数;输入电阻;输出电阻;静态工作点

中图分类号:TN701

文献标识码:A

文章编号:1004-373X(2009)01-076-02

Influence of Quiescent Point's Stability on Dynamic Performance of Emitter Follower

REN Junyuan

(Bohai University, Jinzhou, 121000, China)

Abstract: In a variety of electronics textbooks, RC coupling emitter follower adopts the form that quiescent point is not stable. The effect of quiescent point's stability on circuit has not been researched. Thus, if emitter follower needs stable quiescent point remains a question. Index of emitter follower's dynamic performance, such as voltage amplification, input resistance, output resistance and its relationship with quiescent point are studied. It's found that quiescent point's stability has slight effect on dynamic performance. As a consequence, emitter follower bias circuit has a simple structure.

Keywords: voltage amplification; input resistance; output resistance; quiescent point

0 引言

图1为见于一般教材的阻容耦合射极输出器的典型电路,其直流通路如图2所示。

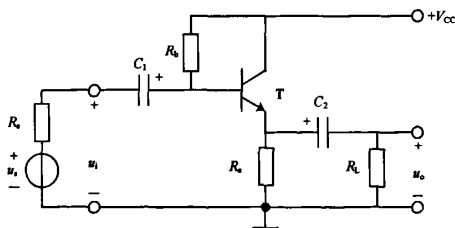


图1 射极输出器的典型电路

观察图2所示的直流通路可看出,基极电阻 R_b 、发射极电阻 R_e 构成决定静态工作点的偏置电路,依 KVL 及晶体管的电流分配关系,可写出基极直流电位 U_{BQ} 、发射极静态电流 I_{EQ} 的表达式为:

$$\begin{aligned} U_{BQ} &= V_{CC} - I_{BQ}R_b = \\ &= V_{CC} - \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_b + (1 + \beta)R_e} \cdot R_b \end{aligned} \quad (1)$$

$$I_{EQ} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{\frac{R_b}{1 + \beta} + R_e} \quad (2)$$

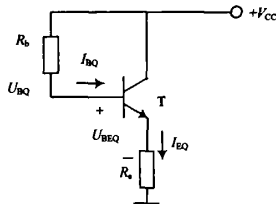


图2 射极输出器的直流通路

由图2及式(1)、式(2),可得出射极输出器偏置电路的构成特点及静态工作点的稳定情况:

(1) 晶体管的基极只接有一个基极电阻 R_b ,没有采用基极电位稳定的二个电阻分压式偏置形式,基极直流电位 U_{BQ} 与电流放大系数 β 、发射结直流电压 U_{BEQ} 等晶体管的参数有关,随晶体管的参数变化而变化不是稳定的。

(2) 晶体管发射极所接的发射极电阻 R_e 引入了直流负反馈,但因基极直流电位 U_{BQ} 不稳定而影响静态工作点的稳定性,发射极静态电流 I_{EQ} 与电流放大系数 β 、发射结直流电压 U_{BEQ} 等晶体管的参数有关,静态工作

点随晶体管的参数变化而变化。

几乎所有电子技术类的教材^[1-10],在介绍射极输出器时,所给出的电路均为图1所示的形式,但都不说明为什么采用基极电位不稳定、静态工作点不稳定的简单构成形式的偏置电路,都不强调静态工作点的设置和稳定问题,都没有分析静态工作点的稳定性对射极输出器动态性能影响的问题。这给射极输出器的教学带来几个疑点问题:射极输出器不需要稳定的静态工作点?静态工作点的稳定性对射极输出器动态性能有什么影响?

1 射极输出器动态性能和静态工作点的关系分析

射极输出器和其他放大电路一样,用电压放大倍数 A_u 反映对输入信号的放大能力,用输入电阻 R_i 反映对信号源的影响程度,用输出电阻 R_o 反映带负载的能力。

利用微变等效电路法^[1-10],求得图1所示的射极输出器的电压放大倍数 A_u 、输入电阻 R_i 及输出电阻 R_o 。三大动态性能指标的计算公式为:

电压放大倍数:

$$A_u = \frac{(1+\beta)R'_L}{r_{be} + (1+\beta)R'_L} \quad (3)$$

输入电阻:

$$R_i = R_b // [r_{be} + (1+\beta)R'_L] \quad (4)$$

输出电阻:

$$R_o = R_e // \frac{R'_L + r_{be}}{1+\beta} \quad (5)$$

其中:

$$R'_L = R_e // R_L \quad (6)$$

$$R'_L = R_s // R_b \quad (7)$$

$$r_{be} = r'_{bb} + (1+\beta) \frac{26(\text{mV})}{I_{EQ}(\text{mA})} \quad (8)$$

式(8)中含有静态工作点的电量 I_{EQ} ,使得含有晶体管输入电阻 r_{be} 的电压放大倍数 A_u 、输入电阻 R_i 、输出电阻 R_o 与 I_{EQ} 有关,但都可以近似忽略,分析如下:

晶体管的电流放大系数 $\beta \gg 1$,电路一般满足 $(1+\beta)R'_L \gg r_{be}$ 的关系,因而式(3)、式(4)可近似简化为:

$$A_u = \frac{(1+\beta)R'_L}{r_{be} + (1+\beta)R'_L} \triangleq \frac{(1+\beta)R'_L}{(1+\beta)R'_L} = 1 \quad (9)$$

$$R_i = R_b // [r_{be} + (1+\beta)R'_L] \triangleq R_b // \beta R'_L \quad (10)$$

式(9)、式(10)表明,电压放大倍数 A_u 与静态工作点的直流量及静态工作点的稳定性近似无关;输入电阻 R_i 与晶体管的电流放大系数 β 有关,与静态工作点的直流量及静态工作点的稳定性近似无关。

射极输出器的输出端为负载 R_L 其提供信号电压,可将射极输出器的输出端用一个实际电压源等效,其内阻为射极输出器的输出电阻 R_o ,如图3所示。

由图3可写出输出电压表达式为:

$$u_o = \frac{R_L}{R_o + R_L} u'_o \quad (11)$$

由于晶体管的电流放大系数 $\beta \gg 1$,使式(5)所表示的输出电阻 R_o 很小,电路一般满足 $R_o \ll R_L$ 的关系,则式(11)可近似简化为:

$$u_o = \frac{R_L}{R_o + R_L} u'_o \triangleq u'_o \quad (12)$$

式(5)、式(12)表明,虽然输出电阻 R_o 与静态工作点的电量有关,但由于输出电阻 R_o 很小,射极输出器的带负载能力受静态工作点变化的影响很小可以忽略,负载 R_L 两端的电压基本稳定不变。

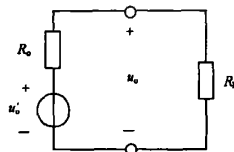


图3 输出端等效电路

2 结 语

以上分析表明,射极输出器静态工作点的稳定性对电路动态性能影响很小,可近似忽略。

放大电路直流偏置电路的构成形式,要根据动态性能受到静态工作点的影响和制约情况等因素而确定。

因此,为简化电路,射极输出器一般采用简单的偏置电路形式,即:

晶体管的基极只用一个电阻 R_b ——用于引入晶体管发射结的正偏压,简化了电路但基极直流电位不恒定;

晶体管的发射极接有电阻 R_e ——因发射极交流电流 i_e 需经电阻转换成交流电压从发射极输出,发射极必须接有电阻 R_e , R_e 又对直流有负反馈作用,有一定稳定静态工作点的作用。

需要指出的是:

(1) 为满足 $\beta \gg 1$, $(1+\beta)R'_L \gg r_{be}$ 及 $R_o \ll R_L$ 的条件,忽略静态工作点的稳定性对射极输出器动态性能的影响,晶体管的电流放大系数 β 应尽可能大些。

(2) 射极输出器的静态工作点仍要设置合适,否则可能产生非线性失真,影响动态输出范围。

参 考 文 献

- [1] 华成英,童诗白. 模拟电子技术基础[M]. 4版. 北京:高等教育出版社,2006.
- [2] 杨素行. 模拟电子技术基础简明教程[M]. 3版. 北京:高等教育出版社,2006.

(下转第80页)

电^[4]。发电机的启动过程中通过控制步进电机控制油门 11 的大小,由控制驱动模块 10 去控制发电机的整流输出电压大小^[8],当发电机发出的电压经过整流模块 9 后的电压大于 360 V 时,表示发电机启动成功,由发电机给负载提供交流电源,实现对负载供电的不中断。在 7 号检测模块检测到市电正常后,再由发电机供电切换到市电供电。在发电机供电切换到市电时,要进行相位检测与跟踪,采用移相技术,保证相位的随时同步。在全部的供电切换过程中即由市电向蓄电池切换、蓄电池向发电机、发电机向市电的切换中,系统对负载的供电都是零中断的。

3 结 语

针对当前数码发电机在启动过程中对负载供电是中断的,达不到对负载供电的零中断能力,提出了一种方案,可以在原有数码交流发电机结构的基础上,进行重新设计,改变数码发电机原有的软、硬件结构,但保留内部的逆变器,来组成交流发电机不间断供电系统,实现对负载供电的零中断功能。同时系统还增加了市电整流、滤波、PFC、直流升压以及蓄电池充放电管理模块,不仅可以向负载提供不间断的交流电,还对市电进行稳压、稳频,对负载提供纯净的正弦交流电^[9,10]。同时系统的成本得到了大幅度的降低,体积和重量更小,蓄电池包可以方便地进行维护和更换。

参 考 文 献

- [1] Using a Generator with a Uninterruptible Power Supply. http://en.wikipedia.org/wiki/Uninterruptible_powersupply.
- [2] 史仪凯. 异步电机发电原理及其应用[M]. 西安:西北工业大学出版社,1994.
- [3] 杨隆梓,申建华,赖睿. 一种基于 AT89C52 的远程直流电机控制系统[J]. 电子科技,2004(9):7-11.
- [4] 任奇,李永晨,唐敏. 基于 DSP 的数字化 UPS 逆变部分设计[J]. 通信电源技术,2007,24(3):34-36.
- [5] 高军,黎辉. UPS 逆变器数字化控制技术[J]. 电工技术杂志,2001(12):6-9.
- [6] Wanfeng Zhang, Guang Feng, Yan Fei Liu. A New Predictive Control Strategy for Power Factor Correction[J]. Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2003 Eighteenth Annual IEEE, 2003(1):9-13.
- [7] Qiu D Y, Yip S C, Henry S. H. Chung, et al. Single Current Sensor Control for Single - Phase Active Power Factor Correction[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2002,17(9):623-632.
- [8] 许波. 基于变频单元并联的调速装置的研究[D]. 西安:西安理工大学,2006.
- [9] Irving B T, Jovanovic. Analysis Design and Performance Evaluation of Droop Current - sharing Method [A]. IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition[C]. 2003:235-241.
- [10] Duan Shanxu, Meng Yu, Kang Yong, et al. Parallel Operation Control Technique of Voltage Source Inverters in UPS [A]. IEEE International Conference on Power Electronics and Drive Systems[C]. 1999:883-887.
- [11] 唐金元,王翠珍. 0~24 V 可调直流稳压电源电路的设计方法[J]. 现代电子技术,2008,31(4):12-14.

作者简介 匡莉娟 女,1985 年出生,江苏盱眙人,硕士在读。研究方向为 UPS 电源、通信电源、测控自动化。

施洪昌 男,1941 年出生,江苏启东人,研究员、技术少将。研究方向为测控自动化、风洞测控技术等。

金剑杭 男,1953 年出生,浙江杭州人,总工程师。研究方向为电力专用 UPS 电源、通信电源、逆变电源、运算放大器。

(上接第 77 页)

- [3] 温希东. 电子技术基础 [M]. 北京:经济科学出版社,2006.
- [4] 胡晏如. 模拟电子技术 [M]. 2 版. 北京:高等教育出版社,2004.
- [5] 王佩珠. 电路与模拟电子技术 [M]. 南京:南京大学出版社,2001.
- [6] 付植桐. 电子技术 [M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [7] 康华光,陈大钦. 电子技术基础:模拟部分 [M]. 4 版. 北京:高等教育出版社,1999.
- [8] 杨素行. 模拟电子电路 [M]. 北京:中央广播电视大学出版社,1994.
- [9] 陈知令. 模拟电子技术基础 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1993.
- [10] 梁明理. 电子线路 [M]. 北京:高等教育出版社,1993.

作者简介 任骏原 男,辽宁葫芦岛人,副教授。主要从事电子技术的教学与研究工作。