

УДК 681.5.08 : 004.415.538(045)

Г. Е. Соколов, канд. физ.-мат. наук, доц.

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ГЕНЕРАТОР НА ОСНОВЕ MATLABИнститут аэронавигации НАУ, e-mail: gennadii_sokolov@mail.ru

Разработана программа генератора гармонических сигналов, выполненная в среде MatLab. Исследованы характеристики генератора, построенного на основе вывода сигнала через порты звуковой карты ноутбука стандарта HD Audio.

Ключевые слова: компьютер, программа, звуковая карта, генератор.

Введение. Применение компьютеров в составе приборов довольно разнообразно. Среди них новым и довольно перспективным направлением являются компьютерные приборы [1; 2]. Компьютерный прибор – это компьютер, сам по себе являющийся генератором, осциллографом, самописцем или иной контрольно-измерительной аппаратурой (КИА) [3]. Входом, принимающим аналоговый сигнал, является вход звуковой карты компьютера, а выходом генератора – выход звуковой карты компьютера [4]. Несомненно, это наиболее дешевый вид прибора, использующего компьютер. Его стоимость равна стоимости специализированной программы обработки сигнала, проходящего через звуковую карту компьютера.

Вместе с тем возможности КИА в значительной степени определяются программой. Так, большинство устройств [1] выполнено с графическим интерфейсом, имитирующим лицевую панель обычного прибора, управляются вручную и не могут быть использованы в автоматизированных системах на основе компьютеров. Исключением являются самописцы, выполненные в среде MatLab [5; 6].

Настоящая работа посвящена разработке программы генератора гармонических сигналов, выполненной в среде MatLab. Такой подход является жизнеспособной альтернативой программам, выполненным в среде LabVIEW [7].

Хотя программа может создать генератор на любом компьютере, в настоящей работе исследуются характеристики генератора, построенного на основе встроенной звуковой карты ноутбука стандарта HD Audio.

Постановка задачи. Предлагаемая программа генератора гармонических колебаний, выполнена в среде MatLab и оформлена как Script-File_Generator. (Программа приведена ниже). Будучи инсталлированной, программа обеспечивает следующее:

1. Появление между выводами “Audio-OUT-Right” и “Audio-OUT-Ground” (рис. 1) напряжения

$$U_R = A_R \sin(2\pi f_g t). \quad (1)$$

2. Появление между выводами “Audio-OUT-Left” и “Audio-OUT-Ground” (рис. 1) напряжения

$$U_L = A_L \sin(2\pi f_g t + \varphi). \quad (2)$$

3. Амплитуды напряжений A_R, A_L , сдвиг фаз φ , частота f_g и время генерации t задаются программно в командной строке.

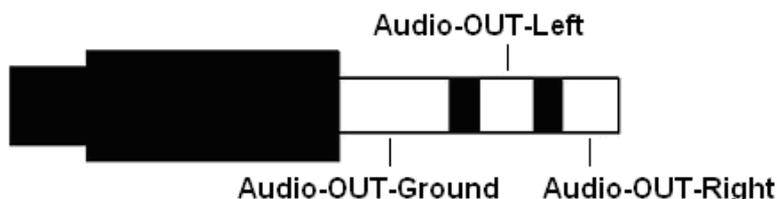


Рис. 1. Распределение выводов на стандартном штекере звуковой карты

Программа:

```

% Генератор гармонических колебаний
% Разработчик: Соколов Г.Е., доц. каф. АРЭК, НАУ
%
% Входные параметры: A=1;A2=1;f=500;Fi=pi/4;i1=3;tk=10;
% вводятся в командной строке MatLab, а затем вызывается
% Script-File_Generator
%
ii=i1;tk2=tk;
if (A>1 | A<0) ii=0; end
if (A2>1 | A2<0) ii=0;end
if (f>20000 | f<0) ii=0;end
if (Fi>2*pi | Fi<-2*pi) ii=0;end
if tk<0 ii=0; tk2=1;end
if (ii==3 & tk>600)ii=0; tk2=1;end
if (ii==4 & tk>300)ii=0; tk2=1;end
if (ii==1 & tk>600) tk2=600; end
if (ii==2 & tk>300) tk2=300;end
Fs=44100;dt=1/Fs;t=0:dt:tk2;N=length(t);y=A*sin(2*pi*f*t);
if ii==1
    n1=1;n2=fix(tk/tk2)+1;
    while n1<n2
        sound(y,Fs)
        n1=n1+1;end
elseif ii==2
    y1=A2*sin(2*pi*f*t+Fi); y2=[y;y1]; y3=y2';
    n1=1;n2=fix(tk/tk2)+1;
    while n1<n2
        sound(y3,Fs)
        n1=n1+1;end
elseif ii==3
    k=1;
    while k==1
        sound(y,Fs)
        k=menu('Что делать?','Продолжить работу','Закончить работу');
    end
elseif ii==4
    y1=A2*sin(2*pi*f*t+Fi); y2=[y;y1];y3=y2';
    k=1;
    while k==1
        sound(y3,Fs)
        k=menu('Что делать?','Продолжить работу','Закончить работу');
    end
else
    disp('Неправильно выбраны входные параметры')
end

```

Описание программы и методов работы с ней. Командная строка программы имеет вид:

$A=1$; $A2=1$; $f=500$; $Fi=\pi/4$; $i1=3$; $tk=10$;

Заданные в командной строке коэффициенты определяют выходное напряжение генератора.

Амплитуды колебаний A_R, A_L уравнения (1) и (2) связаны с коэффициентами программы A, A_2 и максимальной выходной амплитудой звуковой карты U_{\max} следующим образом:

$$A_R = AU_{\max}; \quad (3)$$

$$A_L = A_2U_{\max}. \quad (4)$$

Частота генерации f_g (в герцах) связана с коэффициентом программы f соотношением

$$f_g = f. \quad (5)$$

Фазовый сдвиг φ (в радианах) между гармоническими напряжениями на выводах “Audio-OUT-Right” и “Audio-OUT-Left” связан с коэффициентом программы Fi соотношением

$$\varphi = Fi.$$

Коэффициент «tk» определяет длительность генерируемого сигнала в секундах.

Коэффициент «i1» определяет один из четырех вариантов программы.

Значения коэффициентов могут изменяться в следующих пределах:

$$i1 = 1 \text{ или } 2 \text{ или } 3 \text{ или } 4;$$

$$0 \leq A \leq 1;$$

$$0 \leq A_2 \leq 1;$$

$$0 \leq f \leq 20000;$$

$$-2\pi \leq Fi \leq +2\pi.$$

(6)

$0 \leq tk \leq t_{\max}$, где $t_{\max}=600$ для $i1 = 3$; $t_{\max}=300$ для $i1 = 4$; t_{\max} – неограниченно для $i1 = 1$ или 2 .

Если значения коэффициентов заданы вне пределов, определенных в формуле (6), то при обращении к Script-File_Generator программа печатает «Неправильно выбраны входные параметры» и прекращает работу. Для обеспечения генерации необходимо выбрать входные параметры согласно выражению (6), ввести командную строку клавишей «Enter» и так же ввести обращение «Generator».

При введении параметра $i1 = 1$ на оба выхода “Audio-OUT-Right” и “Audio-OUT-Left” подается относительно “Audio-OUT-Ground” одинаковое напряжение $U_R = A_R \sin(2\pi f_g t)$ в течении времени tk . После того, как генерация запущена, прервать ее до истечения времени tk для изменения параметров в рамках пакета MatLab нельзя, поэтому этот вариант предназначен для длительной непрерывной генерации. (Для срочного прерывания генерации пакет MatLab нужно закрыть и вновь открыть). После окончания генерации для ее продолжения необходимо вновь ввести обращение «Generator».

При введении параметра $i1 = 2$ и обращения «Generator» между выводами “Audio-OUT-Right” и “Audio-OUT-Ground” подается напряжение $U_R = A_R \sin(2\pi f_g t)$, а между выводами “Audio-OUT-Left” и “Audio-OUT-Ground” – напряжение $U_L = A_L \sin(2\pi f_g t + \varphi)$. Этот вариант также предназначен для длительной непрерывной генерации.

При введении параметра $i1 = 3$ на оба выхода “Audio-OUT-Right” и “Audio-OUT-Left” подается относительно “Audio-OUT-Ground” одинаковое напряжение $U_R = A_R \sin(2\pi f_g t)$ в течении времени tk . При этом на экране появляется специализированный графический интерфейс (рис. 2) для ввода команд в Script-File_Generator. По истечении времени tk генерация прекращается и ее можно повторить нажатием виртуальной клавиши «Продолжить работу». Этот вариант предназначен для отладочных и учебных работ, когда есть необходимость в частой смене параметров генерации.

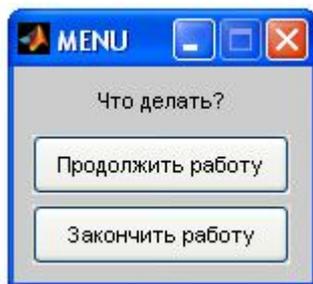


Рис. 2. Интерфейс управления программой Script-File_Generator

При введении параметра $i1 = 4$ и обращения «Generator» между выводами “Audio-OUT-Right” и “Audio-OUT-Ground” подается напряжение $U_R = A_R \sin(2\pi f_g t)$, а между выводами “Audio-OUT-Left” и “Audio-OUT-Ground” – напряжение $U_L = A_L \sin(2\pi f_g t + \varphi)$.

Повторная генерация запускается интерфейсом (рис. 2). Этот вариант также предназначен для отладочных и учебных работ.

Принцип работы программы следующий:

- программа задает частоту дискретизации гармонического сигнала $F_s = 44100$ Гц, а затем во временных точках через интервал времени $dt = 1/F_s$ вычисляет значение гармонического сигнала заданной амплитуды, частоты и фазы. Из этих значений формируется массив чисел (одномерный или двумерный), размерность которого определяется временем генерации tk . Пакет MatLab рассчитан на работу с массивами ограниченной размерности, что и определяет ограничение времени генерации 10 мин для генерации одного сигнала и 5 мин для генерации двух сигналов;

- массив чисел y подается на ЦАП звуковой карты компьютера с помощью оператора пакета MatLab-sound(y, F_s). При этом на выходы звуковой карты подается гармоническое напряжение в течении времени, определяемой размерностью массива;

- в программе предусмотрена возможность более длительной генерации. При входных параметрах $i1 = 1$ или $i1 = 2$ и $t_{\max} \leq tk$ программа подает на ЦАП звуковой карты компьютера тот же массив максимальной размерности несколько раз с помощью повторного вызова оператора sound(y, F_s) в цикле.

Исследование характеристик компьютерного генератора. То, что представленная программа написана на языке высокого уровня – языке среды MatLab, гарантирует совместимость ее с любым компьютером, на котором инсталлирован MatLab.

Тем не менее, характеристики звуковой карты компьютера влияют на параметры выходных колебаний генератора (1), (2), а именно они определяют:

- диапазоны параметров выходных колебаний: максимальную амплитуду, максимальную и минимальную частоты $U_{\max}, f_{g,\max}, f_{g,\min}$, при которых выполняются соотношения (3) – (5), т. е. диапазон возможностей генератора;

- внутреннее сопротивление генератора R_g ;

- точность выполнения этих соотношений, т. е. точность установки параметров генератора;

- вариации во времени точности выполнения соотношений (3) – (5), т. е. стабильность работы генератора.

Если какие-либо из этих параметров не найдены в технической документации компьютера, их можно найти экспериментально на установке, собранной согласно блок-схеме, показанной на рис. 3. На этой установке было проведено тестирование генератора на основе ноутбука. В состав ноутбука входит встроенная звуковая карта стандарта HD Audio и на нем инсталлирована представленная выше программа. Выходной сигнал тестируемого генератора снимался с портов Audio-OUT звуковой карты (см. рис. 1). Максимальное выходное напряжение, внутреннее сопротивление генератора и его рабочая полоса частот измерялись

согласно методике, описанной в работе [4], а точность установки параметров генератора их стабильность измерялся по методике [8]. Результаты тестирования:

- максимальное выходное напряжение – $1,6 \pm 0,075$ В;
- внутреннее сопротивление генератора – $5,4 \pm 0,4$ Ом;
- рабочая полоса частот – 10 – 20000 Гц;
- относительная погрешность установки частоты – менее 0,01 %;
- относительный уход частоты – менее 0,01 %;
- относительная погрешность установки амплитуды – менее 0,5 %;
- относительный уход амплитуды – менее 0,5 %.

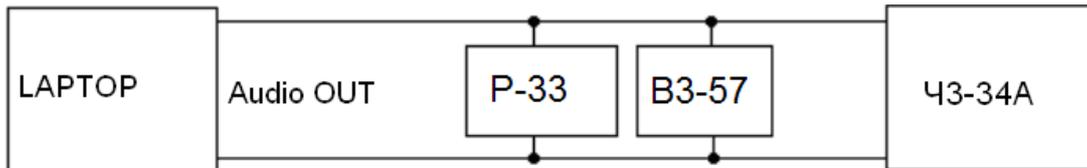


Рис. 3. Блок-схема установки для тестирования генераторов: P-33 – магазин сопротивлений; B3-57 – ламповый вольтметр; ЧЗ-34А – частотомер; LAPTOP – ноутбук

Необходимо отметить следующие важные факты:

1. В вариантах программы 2 и 4 ($i1 = 2$ или 4) съем выходного сигнала генератора можно осуществлять между выводами “Audio-OUT-Left” и “Audio-OUT-Right”, так как корпус ноутбука фактически не заземляется и имеет плавающий потенциал. В этом случае при установке параметра $F_i = \pi$ амплитуда выходного напряжения генератора удваивается по сравнению с приведенной выше.

2. В вариантах программы 1 и 2 ($i1 = 1$ или 2) при длительной генерации ($t_{\max} \leq tk$) программа подает на ЦАП звуковой карты компьютера тот же массив максимальной размерности несколько раз с помощью повторного вызова оператора sound (y, Fs) в цикле. Операция повторного вызова довольно длительна (2,5 – 3 мкс). В этом случае выходное напряжение, зарегистрированное самописцем [5], показано на рис. 4. Виден краткий провал в напряжении. Провалы повторяются один раз на протяжении 10 или 5 мин. соответственно (в вариантах 1 и 2).

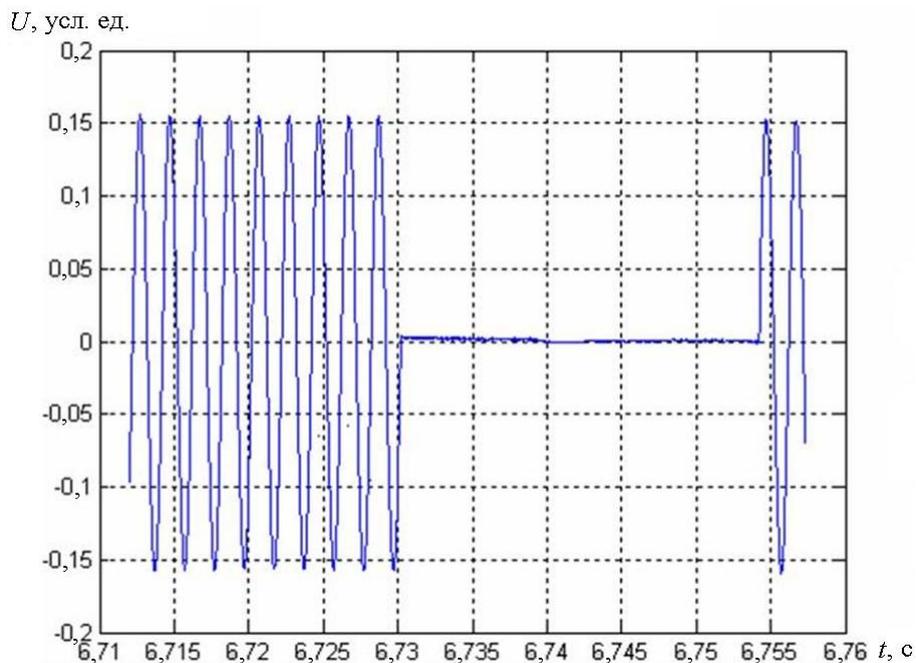


Рис. 4. Запись выходного напряжения генератора в момент прерывания

Выводы

1. Разработана программа генератора гармонических сигналов, выполненная в среде MatLab. Программа позволяет создавать надежно работающий генератор на основе любого компьютера, на котором инсталлирован MatLab.

2. Программа предлагается к свободному использованию. Текст программы и инструкция по ее эксплуатации приводятся.

3. Исследованы характеристики генератора, построенного на основе вывода сигнала через порты звуковой карты ноутбука стандарта HD Audio. Генератор имеет:

- рабочий частотный диапазон (10 – 20000) Гц;
- диапазон выходных напряжений (0 – 1,60) В;
- внутреннее сопротивление генератора $5,4 \pm 0,4$ Ом;
- высокую точность установки параметров выходного напряжения и высокую стабильность их поддержания.

Список литературы

1. Зубаль И. Компьютер в роли осциллографа, спектроанализатора, частотомера и генератора / И. Зубаль <http://www.terralab.ru/supply/17758/>
2. Соколов Г. Е. Сравнительный анализ компьютерных приборов / Г. Е. Соколов // Електроніка та системи управління. – 2009. – №4(22). – С. 5 – 13.
3. Соколов Г. Е. Тестирование осциллографа, построенного на основе ввода сигнала через порты звуковой карты персонального компьютера / Г. Е. Соколов // Електроніка та системи управління. – 2009. – №1(19). – С. 60 – 68.
4. Соколов Г. Е. Тестирование генератора, построенного на основе вывода сигнала через порт звуковой карты персонального компьютера / Г. Е. Соколов // Електроніка та системи управління. – 2008. – №4(18). – С. 40 – 47.
5. Соколов Г. Е. Тестирование самописца, построенного на основе ввода сигнала через порты звуковой карты персонального компьютера / Г. Е. Соколов // Електроніка та системи управління. – 2009. – №3(21). – С. 5 – 13.
6. Соколов Г. Е. Регистрация механических биосигналов компьютером посредством звуковой карты / Г. Е. Соколов // Електроніка та системи управління. – 2008. – №2(16). – С. 51 – 56.
7. Федосов В. П. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW / В. П. Федосов, А. К. Нес-теренко – М.: ДМК Пресс, 2007. – 472 с.
8. ГОСТ 8.314-78. Государственная система обеспечения единства измерений. Генераторы низкочастотные измерительные. Методы и средства поверки. 1978. – 20 с.

Г. Е. Соколов

Комп'ютерий генератор на основі MatLab

Розроблено програму генератора гармонічних коливань, виконану у середовищі MatLab. Досліджено характеристики генератора, побудованого на основі виведення сигнала через порти звукової карти ноутбука стандарту HD Audio.

G. E. Sokolov

Computer generator based upon MatLab

Harmonic generator program is created by MatLab. Characteristics of computer generator that was constructed based upon signal outgoing through the ports of computer HD Audio sound card were investigated.