

Э. КЮННАП

## НИЗКОЧАСТОТНЫЙ ГЕНЕРАТОР НАПРЯЖЕНИЯ СЛОЖНЫХ ФОРМ

*E. KUNNAP. KEERULISE PINGEKUJUGA MADALSAGEDUSGENERAATOR*

*E. KUNNAP. LOW-FREQUENCY GENERATOR OF COMPLEX WAVE-FORM TENSION*

Одной из задач синтеза речевых сигналов является получение объективных представлений характеристик естественной речи. Каждое слово может быть представлено совокупностью микроединиц — фонем. Каждая фонема имеет свою форму акустической волны, которая разнообразна по тонкой структуре, но одинакова по общей форме для любого диктора. На квазистационарном участке фонема характеризуется свойственной только ей формой акустической волны. В зависимости от различий в размерах речевого тракта и психологического состояния говорящего происходит изменение тонкой структуры форм акустической волны.

Обычно при синтезе речевых сигналов [1] суммируются составные части фонем, в результате чего образуются акустические волны, воспринимаемые слушателем как звуки речи. Управление синтезаторами осуществляется при помощи регулирования нескольких параметров, но форма получаемой таким образом акустической волны лишь приблизительно соответствует форме акустической волны естественной речи.

Для синтеза непосредственно акустических волн естественной речи по данным оригинального сигнала нами изготовлен генератор, блок-схема которого приведена на рис. 1.

Частота импульсов генератора регулируемой частоты может варьироваться в пределах от 8 до 25 кГц. Импульсы поступают в коммутатор, состоящий из кругового счетчика на 8 триггерах, диодного дешифратора и системы диодных ключей. Число импульсов пересчета счетчика можно благодаря переключателю выбирать от 2 до 100. Матрица форм волн изготовлена из текстолитовой пластины, имеющей на своей поверхности 130 полос фольги, шириной 2 мм и с расстоянием между ними 0,8 мм. Каждая полоса находится под напряжением от  $-1$  до  $-10$  в, снимаемым с делителя. Поперек полос над поверхностью матрицы натянута



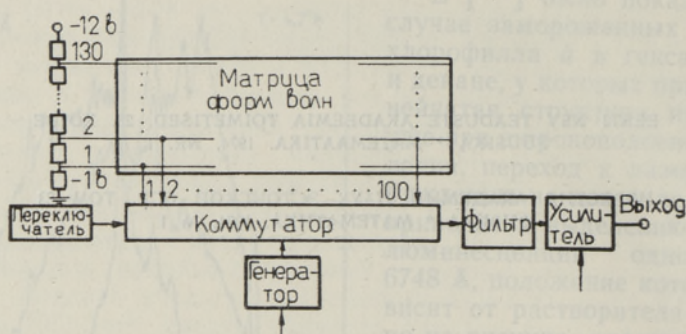


Рис. 1. Блок-схема НЧ генератора напряжения сложных форм.

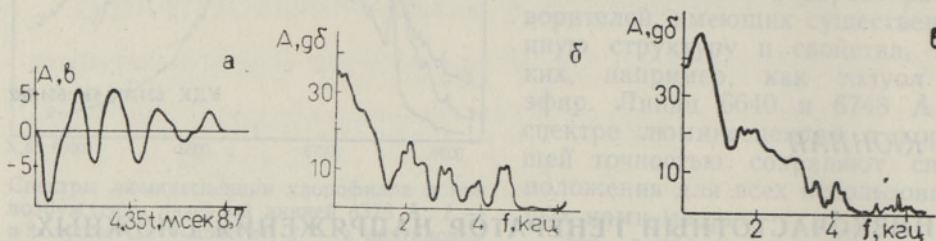


Рис. 2. а — акустическая волна квазистационарной части звука «о»; б — спектральный состав оригинального звука; в — синтезированного звука.

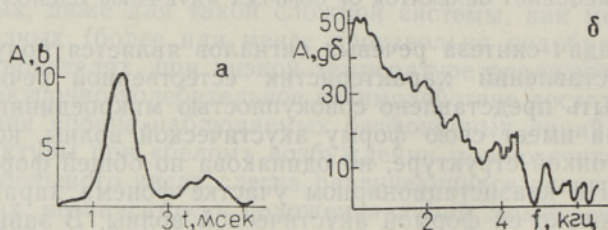


Рис. 3. а — акустическая волна звука гортани; б — спектральный состав синтезированного звука.

100 металлических струн. Каждая струна имеет один скользящий контакт. Напряжения всех струн являются входами коммутатора. При подаче каждого импульса коммутатор подключает последовательно напряжения соответственно положению скользящего контакта всех струн на вход НЧ фильтра, предназначенного для сглаживания изменений выходного напряжения. Частота среза фильтра выбрана равной 6 кГц. На выходе фильтра подключен оконечный усилитель с регулируемым коэффициентом усиления. К выходу усилителя могут быть подключены громкоговорители, магнитофон, анализаторы и другие приборы. Изменяя положения скользящих контактов на струнах, частоту импульсного генератора, число импульсов пересчета счетчика и коэффициент усиления выходного усилителя, можно генерировать периодические напряжения любой формы и интенсивности.

На рис. 2 приведена форма акустической волны квазистационарной части звука «о», естественного и синтезированного при помощи описанного генератора. Здесь же приведен их спектральный состав. Аудитор-



ная проверка подтвердила, что синтезированная фонема легко распознается как гласная «о», хотя в ней и отсутствует естественность звучания, зависящая от постоянно изменяющейся тонкой структуры компонент фонем. При использовании только одного генератора тонкую структуру фонем синтезировать невозможно.

На рис. 3 приведена форма синтезированной волны гортани при произношении звука «ä» эстонского языка и его спектральный состав. Оригинал получен с помощью ларингофона. На рис. 4 представлена синте-

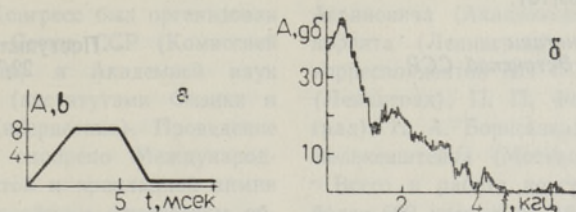


Рис. 4. а — кривая трапецидального изменения напряжения; б — его спектральный состав.

зированная трапецидальная волна, часто используемая как возбуждающий импульс в описанном синтезаторе речевых сигналов, и ее спектральный состав. Все спектральные анализы выполнены анализатором гармоник низких частот С5-3 с использованием широкополосных фильтров.

Предлагаемый генератор дает возможность наглядно и в реальном масштабе времени синтезировать и исследовать непосредственно акустические волны периодических речевых сигналов. Использование нескольких различным способом соединенных генераторов дает возможность синтезировать речевые сигналы с переменной тонкой структурой состава фонем, которая выражается в изменении форм волны при переходе от одного периода основного тона к другому, и выяснить ее влияние на естественность звучания речевого сигнала. Анализ может быть проведен отдельно для каждого периода основного тона на протяжении всей длительности произношения. Ошибки, связанные с процессом квантования речевого сигнала, одинаковы для всех сигналов независимо от значения основного тона, так как число квантования поставлено в зависимость от его частоты. При синтезе акустических волн речевых сигналов частоту основного тона, форму волны, интенсивность звука, а также длину волны одного периода основного тона легко варьировать путем изменения числа импульсов пересчета кругового счетчика. Результат получается в реальном масштабе времени. Выполнение таких исследований на ЭЦВМ значительно сложнее и дороже.

Предлагаемый генератор может быть также использован для управления приборами, требующими изменения управляющего напряжения сложной формы, например, для управления формантными и другими синтезаторами речевых сигналов [2]. Для этой цели изготовлен импульсный генератор с частотой от 50 до 2000 гц. Матрица форм волн разделяется на 4 пояса, каждый из которых содержит 32 полосы и имеет свой делитель напряжения. На каждой струне имеется один скользящий контакт. Таким образом, одна матрица позволяет управлять четырьмя параметрами синтезатора. Разработка систем управления формантным и гармоническим синтезаторами при помощи описанного генератора находится в стадии исследования. Результаты исследования син-

теза акустических волн речевых сигналов при помощи НЧ генератора напряжения сложных форм используются также при разработке систем автоматического распознавания фонем непосредственно по их акустическим волнам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кюннап Э., Синтез речи, Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., 18, № 4 (1969).
2. Ferrero F. E., SPAR — a terminal analog speech synthesizer. *Acustica*, 22, No. 6 (1969/70).

*Институт кибернетики  
Академии наук Эстонской ССР*

Поступила в редакцию  
22/VI 1973