

*С.В. Лебедева, П.В. Ахлестин, А.Л. Максимов*  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕНДА «ЭЛЕКТРОНИКА» ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СХЕМ НА ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЯХ

Показаны возможности стенда для изучения схем на операционных усилителях. Представлены схемы, собранные на стенде, и результаты исследования.

Объектами профессиональной деятельности инженера-электромеханика являются суда и средства морского, речного и рыбопромысловых флотов, электрооборудование и автоматика других плавучих объектов, а также судоремонтных предприятий.

Для грамотной эксплуатации этих объектов необходимо получить знания об основах анализа и расчета электрических цепей, современных аналоговых и цифровых электронных компонентах, о принципах их функционирования и проектирования, методах создания электронных функциональных узлов, их характеристиках и областях применения. Получить эти знания можно различными способами: теоретическое изучение, математическое моделирование и исследование реальных устройств.

При теоретическом изучении процессов, происходящих в электронных приборах, приходится прибегать к ряду допущений, использование которых позволяют понять только основы этих процессов, но не саму их суть. Поэтому теоретическое изучение чаще всего используют в качестве проверочных работ. Процессы, происходящие в реальных приборах, чаще всего носят сложный характер. Стенд «Электроника» (рис. 1) позволяет исследовать эти процессы, тем самым помогая в освоении теоретического материала.

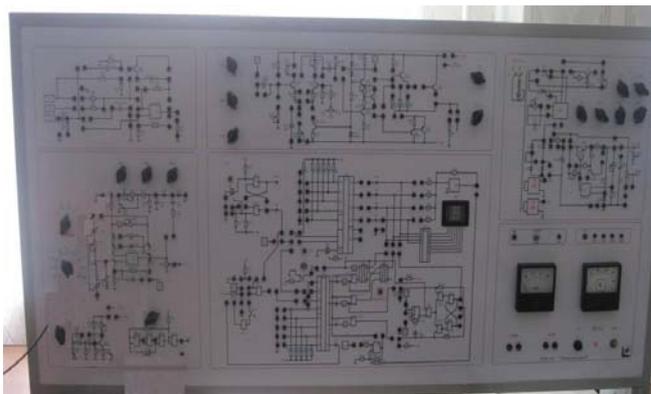


Рис. 1. Внешний вид стенда «Электроника»

Данный стенд реализован на интегральных микросхемах и полупроводниковых приборах. Он позволяет моделировать схемы, которые широко применяются в промышленности и в других сферах жизни общества. К числу таких схем относятся:

- управляемые и неуправляемые выпрямители;
- сглаживающие фильтры;
- операционные усилители;
- комбинационные и последовательностные логические схемы [1].

К стенду, через соединительные провода возможно подключение двухканального осциллографа, позволяющего исследовать процессы, мультиметра и генератора стандартных сигналов (рис. 2). Использование этой аппаратуры дает возможность получить навыки по исследованию радиоэлектронных устройств.

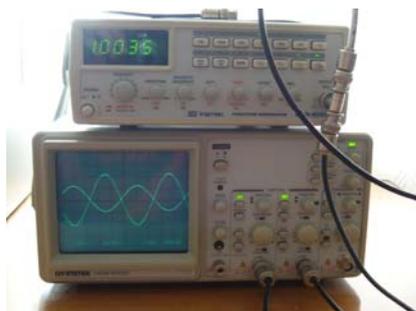


Рис. 2. Генератор GFG-8255A и осциллограф GOS-6030

По теме «Операционные усилители» имеется возможность исследовать следующие схемы: инвертирующий и неинвертирующий усилители, мультивибратор, интегратор, дифференциатор, компаратор, сумматор. Параметры и характеристики этих устройств изменяются в зависимости от параметров элементов, подключенных к операционному усилителю.

Рассмотрим принцип работы стенда «Электроника» на примере инвертирующего усилителя, построенного на базе операционного усилителя и собранного на этом стенде. В схеме инвертирующего усилителя (рис. 3) отрицательная обратная связь создается с помощью резисторов  $R_{oc}$  и  $R_1$ . Входной сигнал подается на инвертирующий вход. Неинвертирующий вход ОУ при этом заземляется. На рис. 4. представлена схема инвертирующего усилителя, собранного на стенде.

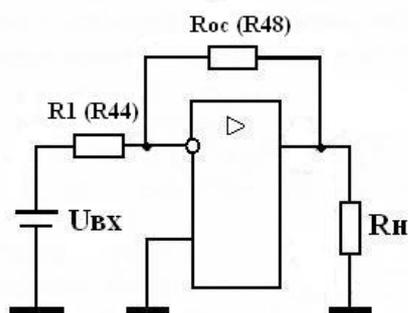


Рис. 3. Схема инвертирующего усилителя

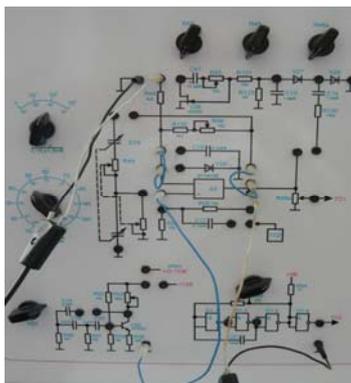


Рис. 4. Схема инвертирующего усилителя, собранная на стенде

Входной сигнал подается с генератора, подключенного к осциллографу по первому каналу. Выходной сигнал также подключен к осциллографу по второму каналу. Генератор установлен на частоту 1000 Гц.

Для инвертирующего усилителя коэффициент усиления равен  $K_{yc} = -\frac{R_{oc}}{R_1}$  [2].

Из формулы видно, что чем больше входное сопротивление  $R_1$  и меньше  $R_{oc}$ , тем больше будет коэффициент усиления.

Стенд «Электроника» позволяет изменять входное сопротивление  $R_1$  и сопротивление обратной связи  $R_{oc}$ , тем самым получать на выходе выходной сигнал требуемого значения. Изменение значений этих сопротивлений может быть реализовано двумя способами:

- с помощью включения различных сопротивлений на панели стенде;
- путем переключения сопротивлений внутри стенда, с помощью переключателя, расположенного на лицевой панели.

Исследование амплитудных характеристик

Рассмотрим процесс изменения значения выходного сигнала путем включения различных сопротивлений на панели стенда:

1. Подключим  $R_{oc} = 10 \text{ кОм}$ ;  $R_1 = 4,3 \text{ кОм}$ . (рис. 3). Коэффициент усиления получится равным  $K_{yc} = -2,3$ . На полученных осциллограммах видно, что выходной сигнал оказывается сдвинутым относительно входного на  $180^\circ$ , что соответствует названию схемы. При минимальной амплитуде входного сигнала  $U_{вх} = 0,65 \text{ В}$  (рис. 5), амплитуда выходного напряжения будет равна  $U_{вых} = -1,1 \text{ В}$ .

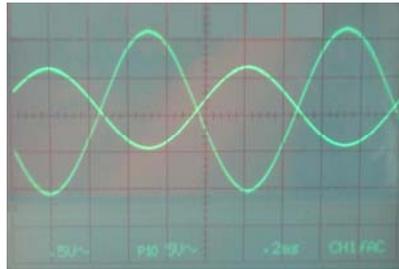


Рис. 5. Осциллограммы входного и выходного сигнала при минимальной амплитуде входного сигнала

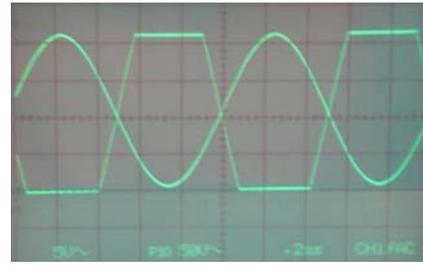


Рис. 6. Осциллограммы входного и выходного сигнала при максимальной амплитуде входного сигнала

При увеличении амплитуды входного напряжения до  $U_{вх} = 5,2 \text{ В}$ , увеличивается амплитуда и выходного напряжения  $U_{вых} = -10 \text{ В}$ . При дальнейшем увеличении амплитуды входного сигнала, форма кривой выходного сигнала будет отличаться от синусоиды, т.е. сигнал будет искажаться (рис. 6). Искажение кривой объясняется утратой транзисторами выходного каскада усилительных свойств. Т.е. транзистор усилителя работает на линейных участках своих характеристик, что приводит к ограничению амплитуды выходного сигнала и искажению его формы.

2. Изменим на схеме входное сопротивление, подключив вместо  $R_1 = 4,3 \text{ кОм}$  сопротивление  $R_1 = 10 \text{ кОм}$ . Коэффициент усиления станет равным  $K_{yc} = -1$ . Из осциллограммы видно (рис. 7), что значения входного и выходного сигнала одинаковы ( $U_{вх} = 11 \text{ В}$ ,  $U_{вых} = -11 \text{ В}$ ), это подтверждает, что коэффициент усиления  $K_{yc} = -1$ .

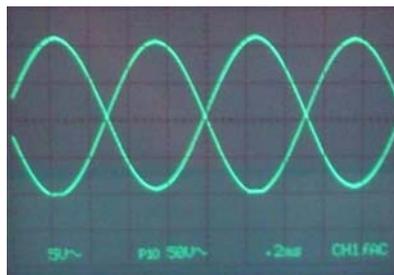


Рис. 7. Осциллограммы входного и выходного сигнала при  $K_{yc} = -1$

3. Теперь изменим сопротивление обратной связи с  $R_{oc} = 10 \text{ кОм}$  на  $R_{oc} = 19,5 \text{ кОм}$ , с помощью переключателя, расположенного на лицевой панели стенда, при входном сопротивлении  $R_1 = 4,3 \text{ кОм}$ . Тогда коэффициент усиления будет равным  $K_{yc} = -4,5$ .

При амплитуде входного сигнала  $U_{вх} = 0,3$  В значение выходного напряжения будет  $U_{вых} = -1,3$  В (рис. 8). Мы получили большой коэффициент усиления.

С увеличением амплитуды, как и в первом случае, форма кривой выходного сигнала будет отличаться от синусоиды (рис. 9). Это объясняется насыщением ОУ.

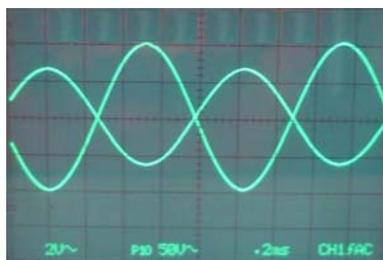


Рис. 8. Осциллограммы входного и выходного сигнала при минимальной амплитуде входного сигнала

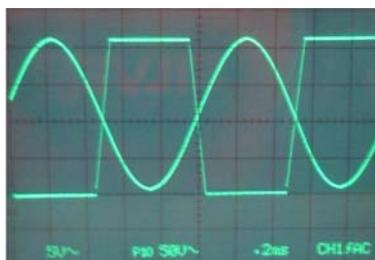


Рис. 9. Осциллограммы входного и выходного сигнала при максимальной амплитуде входного сигнала

Методика исследования последующих схем аналогична представленной выше.

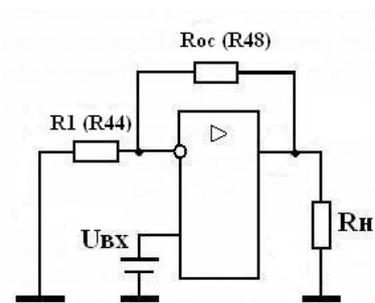


Рис. 10. Схема неинвертирующего усилителя

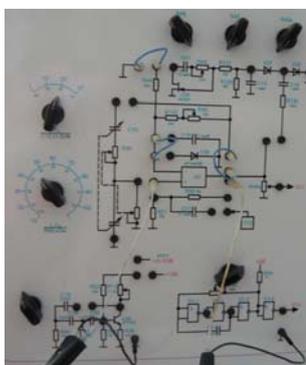


Рис. 11. Схема неинвертирующего усилителя, собранная на стенде

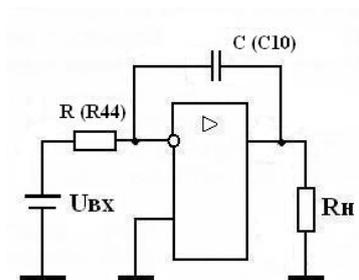


Рис. 12. Схема интегратора

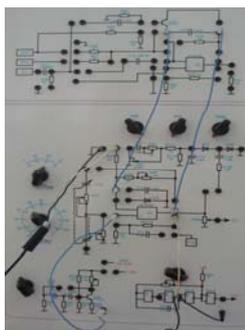


Рис. 13. Схема интегратора, собранная на стенде

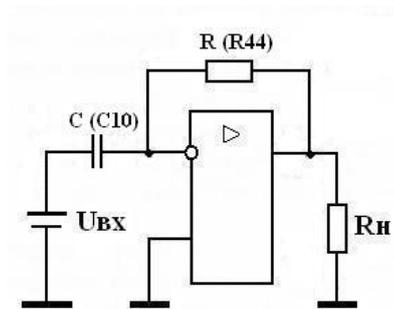


Рис. 14. Схема дифференциатора

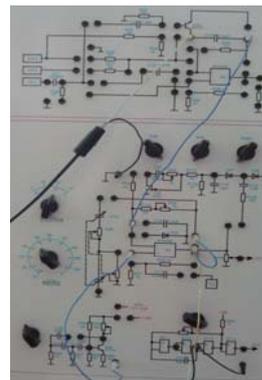


Рис. 15. Схема дифференциатора, собранная на стенде

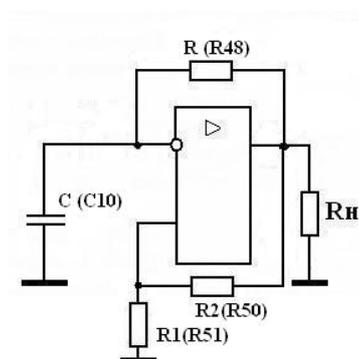


Рис. 16. Схема мультивибратора

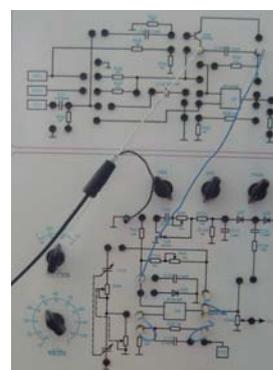


Рис. 17. Схема мультивибратора, собранная на стенде

### Заключение

Рассмотрены схемы радиоэлектронных устройств, которые можно изучать с помощью стенда «Электроника», изменение параметров резисторов и конденсаторов позволяет исследовать свойства данных устройств, представлена методика и результаты исследований.

### Список литературы:

- [1] Техническое описание стенда «электроника»
- [2] Прянишников В.А.: «Электроника», 5-е издание, Москва 2006 г.