

Рис. 1 – Схема выпрямителя на основе ОУ

Соберём данную схему на лабораторном стенде:

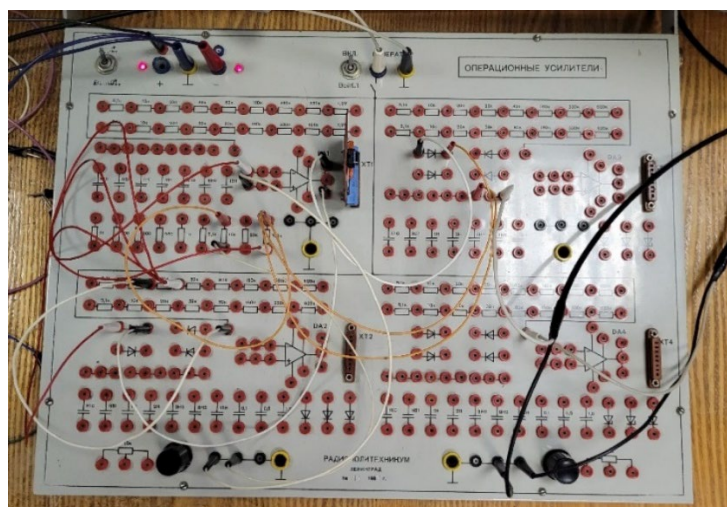


Рис. 2 – Схема 1, построенная в лаборатории

### Снятие и анализ данных

При изучении данной схемы задавались значения  $E_c$ , измерялись при помощи вольтметра значения на  $U_{\text{вых}}$ .

Таблица 1 – Зависимость выходного напряжения  $U_{\text{вых}}$ , В выпрямителя от входного  $E_c$ , В

№	$E_c$ , В	$U_{\text{вых}}$ (практ), В	$U_{\text{вых}}$ (теор), В	К (практ)
1	16	66	80	4.13
2	23	101	115	4.39
3	40	190	200	4.75
4	50	200	250	4.00
5	100	490	500	4.90
6	150	720	750	4.80
7	210	980	1050	4.67
8	250	1200	1250	4.80
9	300	1450	1500	4.83
10	350	1680	1750	4.80
11	400	1950	2000	4.88
12	450	2200	2250	4.89

13	500	2400	2500	4.80
14	550	2570	2750	4.67
15	600	2880	3000	4.80

По значениям входных и выходных напряжений усилителя видно, как на начальных значениях устройство имеет коэффициент усиления в районе 4, что на 1 меньше заданного вариантом значения  $K_1 = 5$ , однако ширина этого начального участка значительно меньше аналогичного отрезка в схеме однополупериодного выпрямителя на обычном диоде, в чем и заключается преимущество данной схемы.

### Построение графика

На основе полученных данных построим график зависимости  $U_{\text{вых}}(E_c)$ :

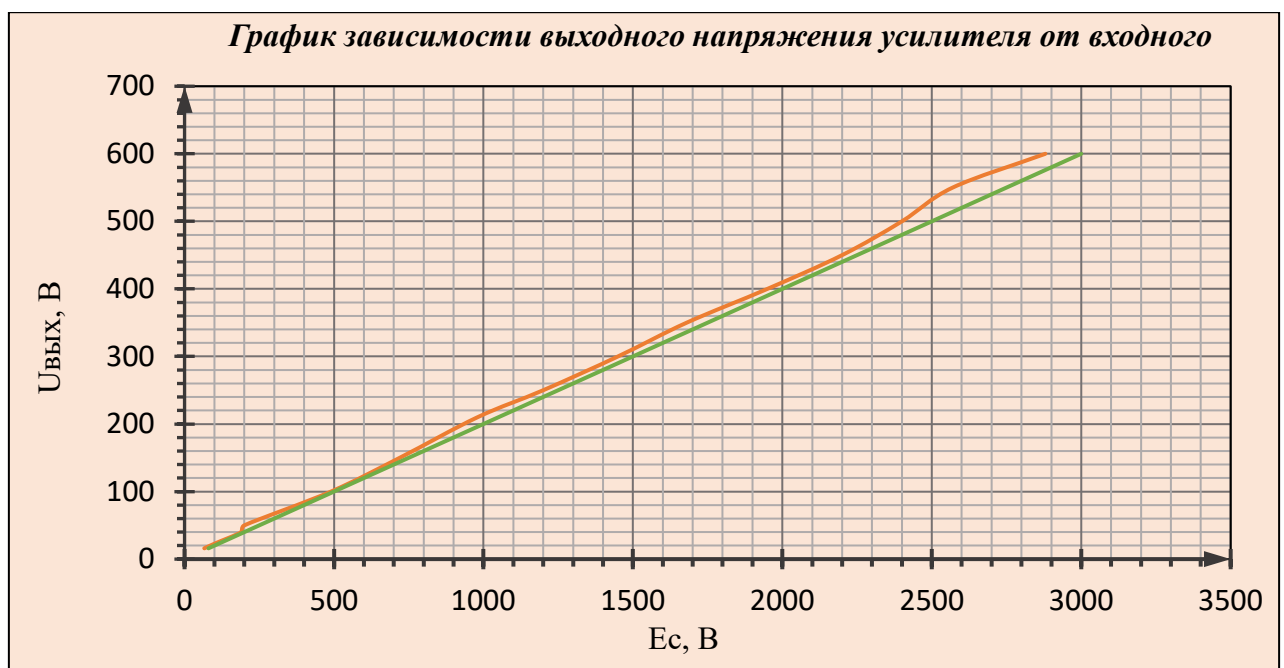


Рис. 3 – График зависимости выходного напряжения выпрямителя-усилителя от входного

### 3.2. Схема 2 – Двухсторонний усилитель-ограничитель на основе ОУ

#### Расчёт параметров и сборка схемы

В данном пункте рассматривается схема, приведённая на рисунке ниже:

## Снятие и анализ данных

Последовательно снимем значения напряжений  $U_{\text{вых}}$ , изменяя напряжение  $E_c$  от -15 до 15 В с шагом 0.3 (это позволит получить наиболее точный результат):

Таблица 2 – Снятие зависимости  $U_{\text{вых}}$  от  $E_c$

№	Ес. В	Uвых. В	К	№	Ес. В	Uвых. В	К	№	Ес. В	Uвых. В	К	№	Ес. В	Uвых. В	К	№	Ес. В	Uвых. В	К
1	15	-11.8	0.52	26	7.43	-8.02	0.52	51	0.27	-1.35	5.02	76	-1.48	4.87	0.32	101	-8.93	7.18	0.32
2	14.7	-11.7		27	7.13	-7.87		52	0.24	-1.21		77	-1.78	4.97		102	-9.23	7.28	
3	14.4	-11.5		28	6.83	-7.72		53	0.22	-1.08		78	-2.07	5.07		103	-9.53	7.37	
4	14.1	-11.4		29	6.53	-7.57		54	0.19	-0.94		79	-2.37	5.17		104	-9.83	7.46	
5	13.8	-11.2		30	6.24	-7.42		55	0.16	-0.81		80	-2.67	5.26		105	-10.1	7.55	
6	13.5	-11.1		31	5.94	-7.27		56	0.13	-0.67		81	-2.96	5.35		106	-10.4	7.64	
7	13.2	-10.9		32	5.64	-7.12		57	0.11	-0.54		82	-3.26	5.45		107	-10.7	7.73	
8	12.9	-10.8		33	5.34	-6.97		58	0.08	-0.4		83	-3.56	5.54		108	-11	7.82	
9	12.6	-10.6		34	5.04	-6.82		59	0.05	-0.27		84	-3.86	5.63		109	-11.3	7.92	
10	12.2	-10.5		35	4.75	-6.67		60	0.02	-0.13		85	-4.15	5.72		110	-11.6	8.01	
11	11.9	-10.3		36	4.45	-6.52		61	0	0		86	-4.45	5.82		111	-11.9	8.1	
12	11.6	-10.1		37	4.15	-6.36		62	-0.02	0.13		87	-4.75	5.91		112	-12.2	8.19	
13	11.3	-9.99		38	3.86	-6.21		63	-0.05	0.27		88	-5.04	6		113	-12.6	8.28	
14	11	-9.84		39	3.56	-6.06		64	-0.08	0.4		89	-5.34	6.09		114	-12.9	8.38	
15	10.7	-9.69		40	3.26	-5.91		65	-0.11	0.54		90	-5.64	6.18		115	-13.2	8.47	
16	10.4	-9.54		41	2.96	-5.76		66	-0.13	0.67		91	-5.94	6.27		116	-13.5	8.56	
17	10.1	-9.39		42	2.67	-5.6		67	-0.16	0.81		92	-6.24	6.36		117	-13.8	8.65	
18	9.83	-9.23		43	2.37	-5.45		68	-0.19	0.94		93	-6.53	6.46		118	-14.1	8.74	
19	9.53	-9.08		44	2.07	-5.3		69	-0.22	1.08		94	-6.83	6.55		119	-14.4	8.84	
20	9.23	-8.93		45	1.78	-5.14		70	-0.24	1.21		95	-7.13	6.64		120	-14.7	8.93	
21	8.93	-8.78		46	1.48	-4.98		71	-0.27	1.35		96	-7.43	6.73		121	-15	9.02	
22	8.63	-8.63		47	1.19	-4.81		72	-0.3	1.48		97	-7.73	6.82					
23	8.33	-8.48		48	0.89	-4.64		73	-0.59	2.96		98	-8.03	6.91					
24	8.03	-8.33		49	0.59	-2.96		74	-0.89	4.44	0.32	99	-8.33	7					
25	7.73	-8.18		50	0.3	-1.48		75	-1.19	4.76		100	-8.63	7.09					

Заметим, что коэффициент К меняется, это связано с тем, что мы считаем К отдельно для каждого из промежутков  $[U_{\text{вых}}^+; U_{\text{огр}}^+]$ ,  $[U_{\text{огр}}^+; U_{\text{огр}}^-]$ ,  $[U_{\text{огр}}^-; U_{\text{вых}}^-]$ .

## Построение графика, осциллограммы

На основе полученных данных построим график зависимости  $U_{\text{вых}}(E_c)$ , представленный на Рис. 6 ниже:

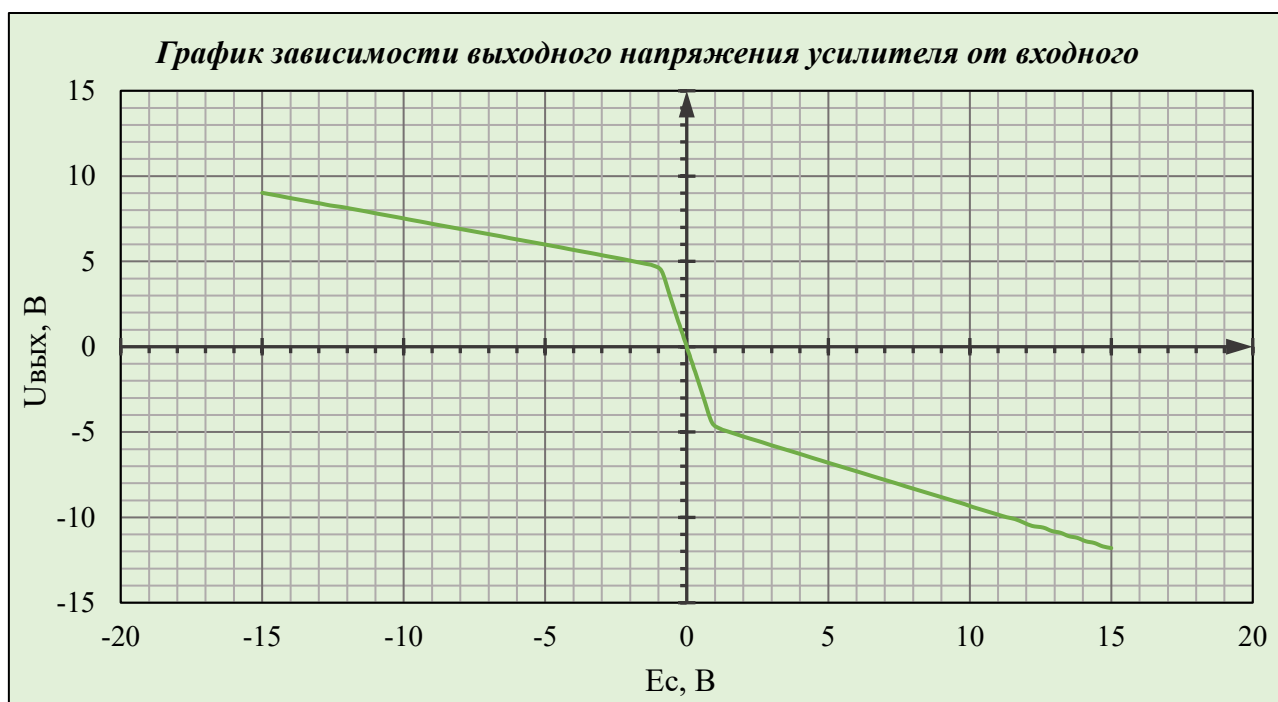


Рис. 6 – График зависимости выходного напряжения усилителя от входного

На графике можно заметить характерное изменение изгиба линии в области  $0,9 \pm 0,1$  В. Этот изгиб обусловлен коэффициентами  $K_2 = 0,5$  и  $K_3 = 0,3$ , а также соответствующими подобранными сопротивлениями резисторов схемы. В точках 1–48 до изгиба на графике наблюдается коэффициент усиления  $K_2 = 0,52$ , после чего он повышается до  $K_1 = 5,02$ , а затем снова падает до значения  $K_3 = 0,32$  в точках 74–121. Отличие коэффициента  $K$  во всех случаях почти в точности совпадает с теоретическим.

### Подключение синусоидального сигнала

После сборки схемы на ее вход был подан синусоидальный сигнал. Полученная схема представлена на Рис. 7 ниже:

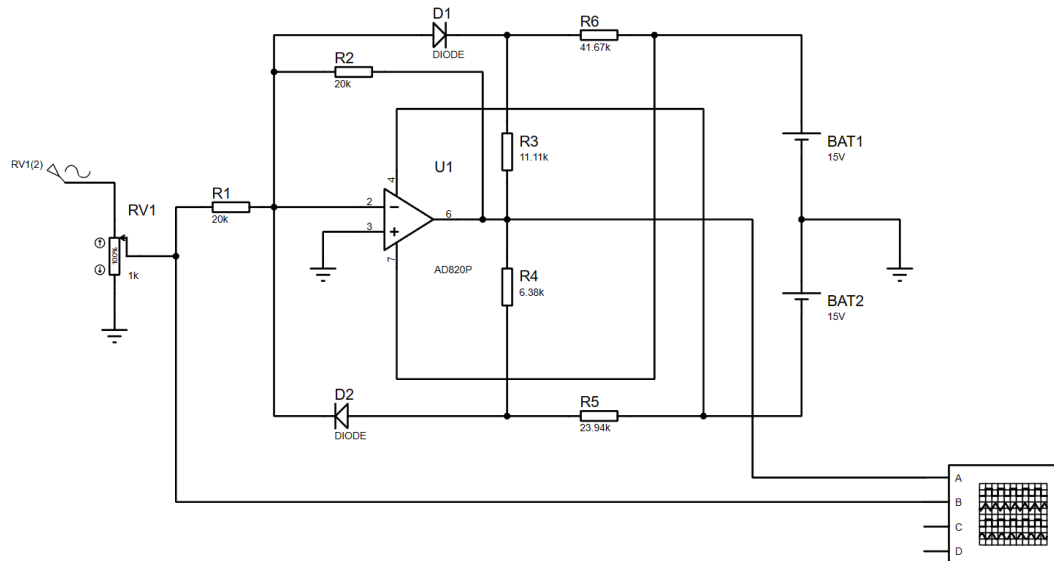


Рис. 7 – Схема 2 с подключением синусоидального сигнала

После сборки схемы на ее вход был подан синусоидальный сигнал, амплитуда которого постепенно увеличивалась до тех пор, пока на ее выходе не было замечено ограничение или «срез» выходного сигнала: Рис. 8 - Рис. 11. Указанное ограничение сигнала начинает наблюдаться при амплитуде, равной 4,6 В. При дальнейшем повышении амплитуды входного сигнала «срез» становится только острее.

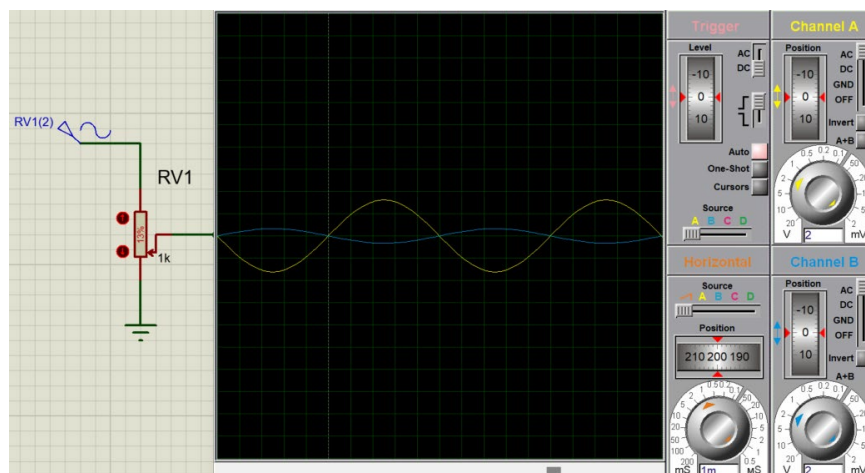


Рис. 8 – Осциллограмма для схемы 2 (1)

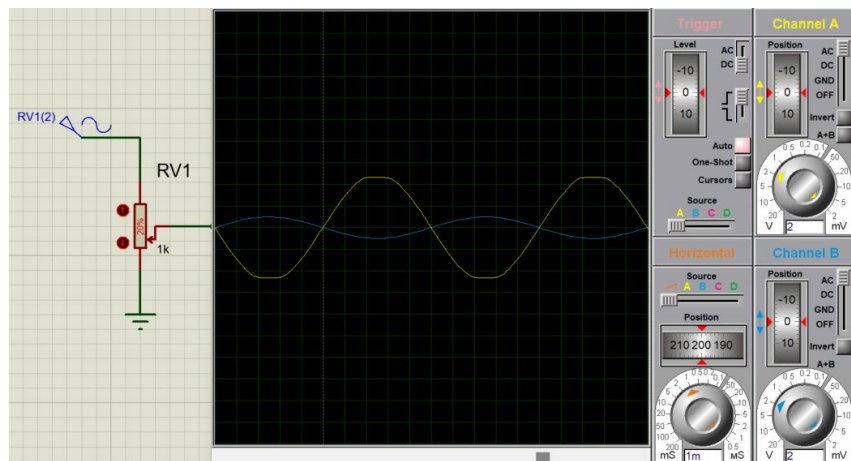


Рис. 9 – Осциллограмма для схемы 2 (2)

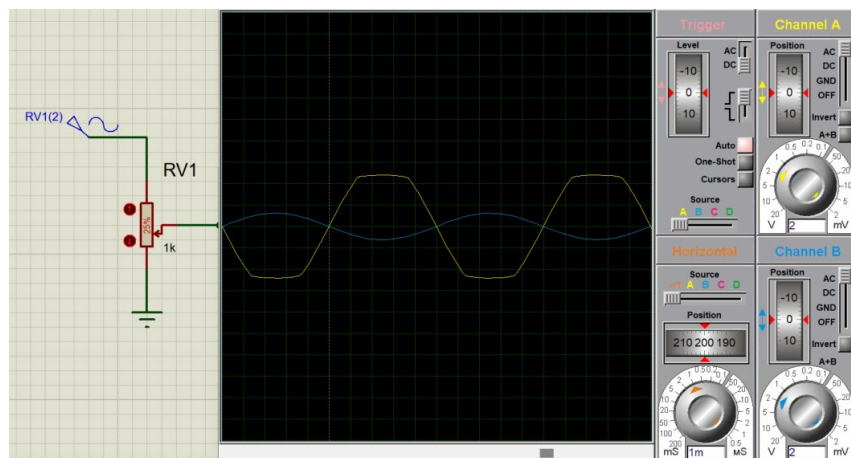


Рис. 10 – Осциллограмма для схемы 2 (3)

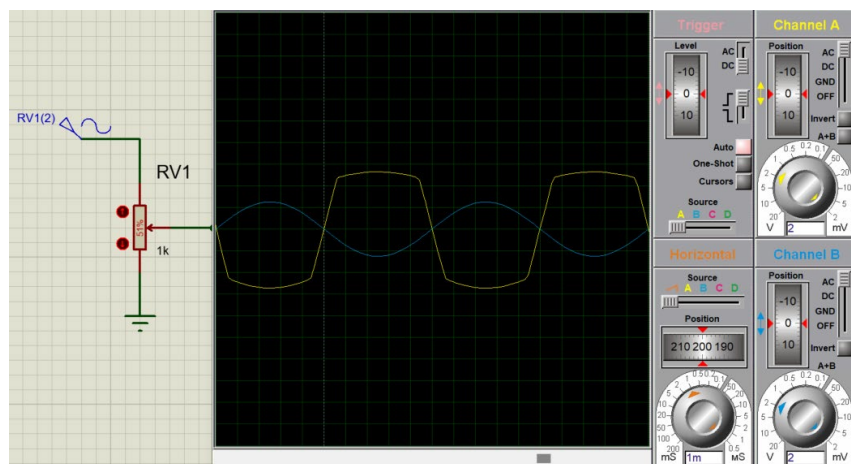


Рис. 11 – Осциллограмма для схемы 2 (4)

Таблица 3 – Снятие зависимости  $U_{\text{вых}}$  от  $E_c$  в схеме суммирующего устройства сравнения

№	$E_c$	$U_i$	$U_{\text{вых}}$
1	0	-0.5	15
2	0.05	-0.45	15
3	0.1	-0.41	15
4	0.15	-0.37	15
5	0.2	-0.33	15
6	0.25	-0.29	15
7	0.3	-0.25	15
8	0.35	-0.21	15
9	0.4	-0.17	15
10	0.45	-0.12	15
11	0.5	-0.08	15
12	0.55	-0.03	15
13	0.56	-0.03	15
14	0.57	-0.02	15
15	0.58	-0.01	15
16	0.59	0	15
17	0.6	0	15
18	0.61	0	15
19	0.62	0	15
20	0.63	0.02	-15
21	0.64	0.03	-15
22	0.65	0.04	-15
23	0.7	0.08	-15
24	0.75	0.12	-15
25	0.8	0.16	-15
26	0.85	0.21	-15
27	0.9	0.25	-15
28	0.95	0.3	-15
29	1	0.34	-15

### Построение графика, осциллограммы

На основе полученных данных построим график, представленный на Рис. 14 ниже. Заметим, что при значении  $E_c \approx 0,618$  В схема переключается и сбрасывает напряжение до напряжения отпираания  $U_{\text{отп}}$  диода.



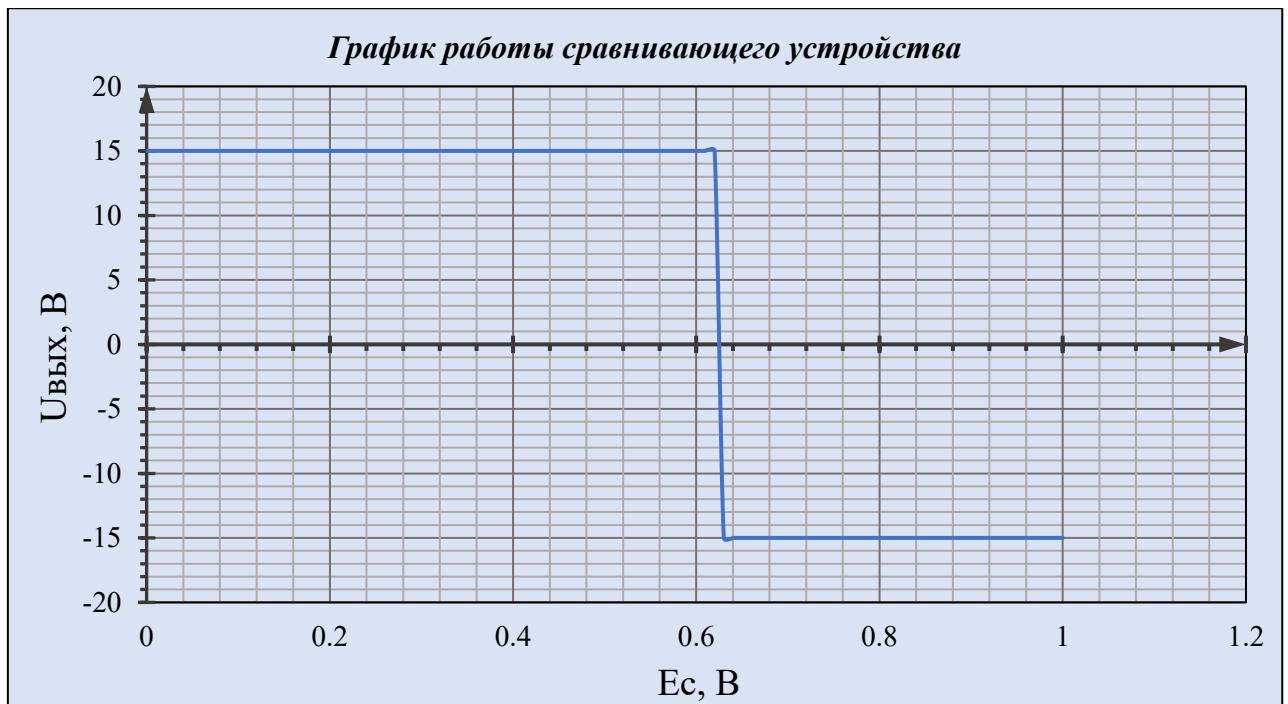


Рис. 14 – График работы сравнивающего устройства

Смоделируем полученную схему с помощью Proteus, чтобы получить осциллограмму, представленную на – Рис. 15. На рисунке видно, как при достижении входным напряжением определенных точек схема переключается с положительного на отрицательное выходное напряжение.

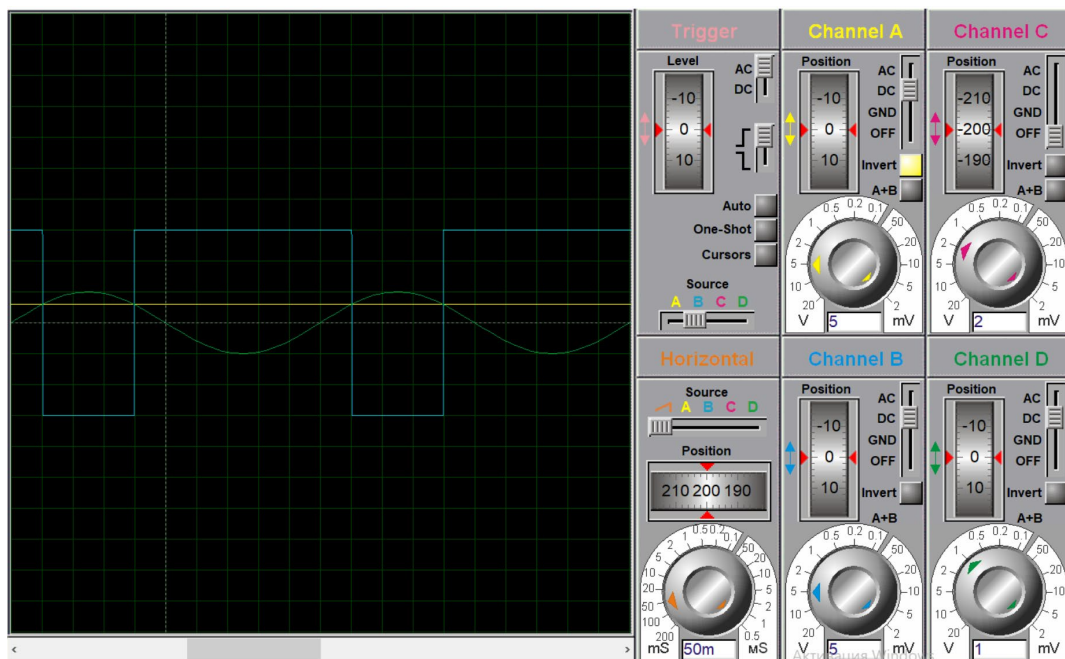


Рис. 15 – Осциллограмма для 3 схемы (без диода)

## 2) Схема с диодом

Подключим в цепь отрицательной обратной связи, схема будет выглядеть следующим образом:

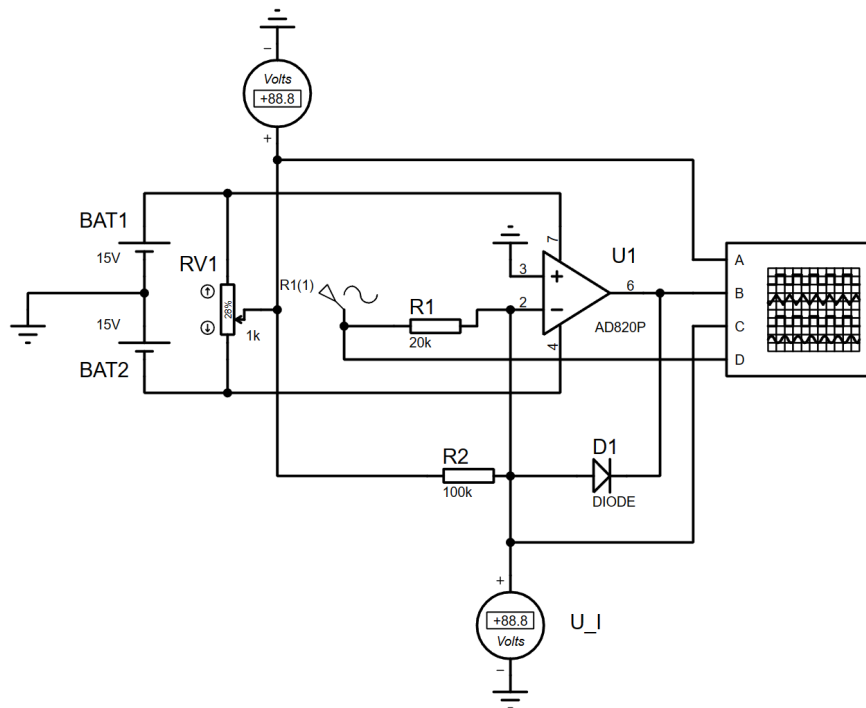


Рис. 16 – Схема 3 (с диодом)

Средствами Proteus смоделируем работу данной схемы, получим осциллограмму, представленную на

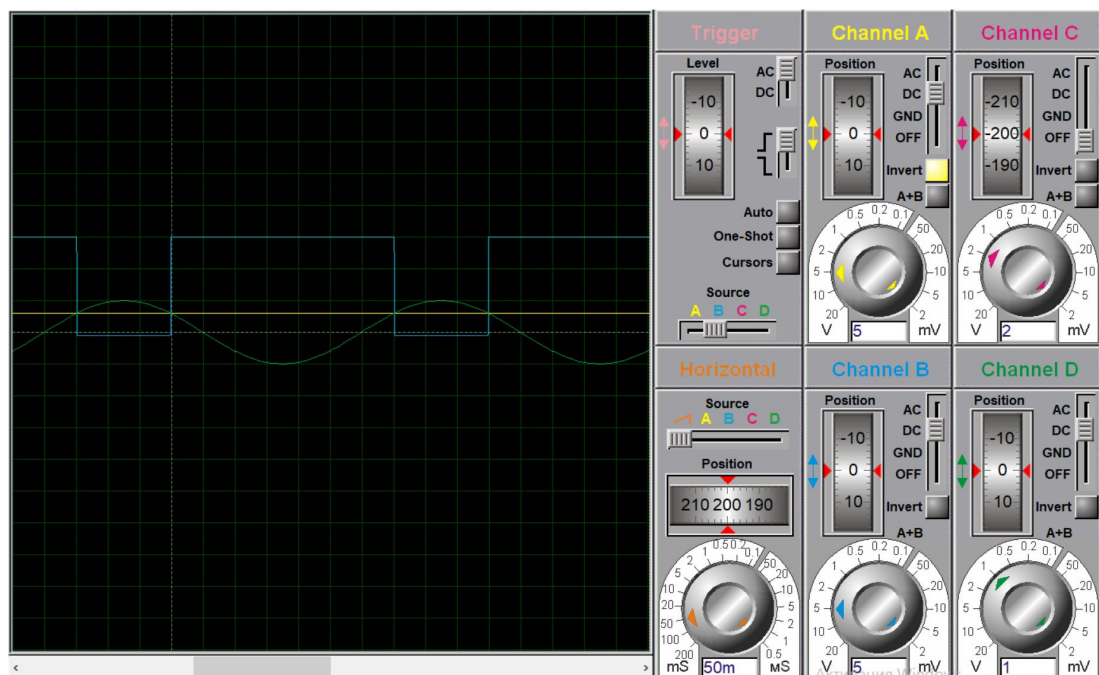


Рис. 17 – Осциллограмма для 3 схемы (с диодом)



Заметим, что при подключении диода была получена осциллограмма, похожая на первую, однако, в отличие от неё у второй осциллограммы отсутствует  $E_c^-$ , т. к. оно уходит в случае, когда  $U_i$  положительна. Для наглядности подключим к осциллографу сигнал с  $U_i$ , получим следующую осциллограмму:

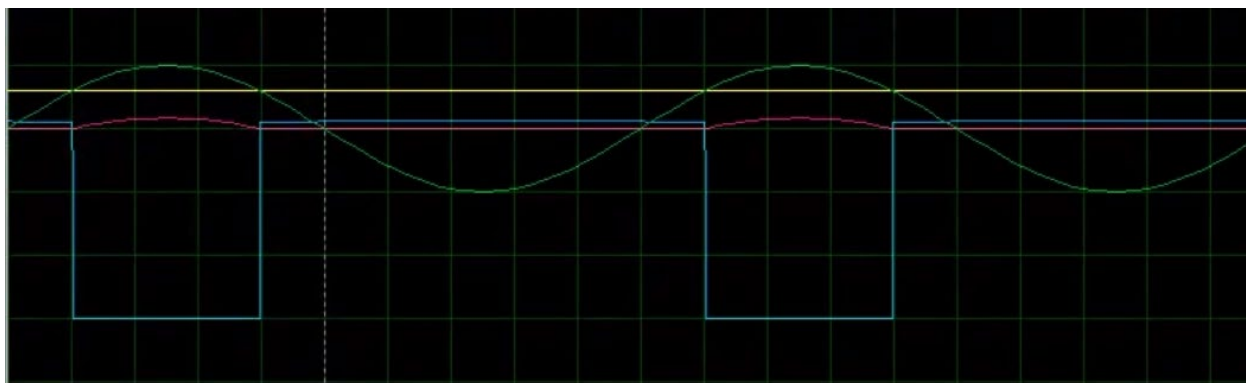


Рис. 18 – Осциллограмма для 3 схемы (с диодом) и сигналом  $U_i$

Здесь видно, что красный сигнал ( $U_i$ ) будет положительным в части фазы, когда зелёный сигнал (входной синусоидальный сигнал) будет над жёлтой линией ( $E_c$ ), и наоборот,  $U_i$  будет отрицательным, когда входной синусоидальный сигнал будет ниже сигнала  $E_c$ . Синий же сигнал (результатирующий) будет вести себя в точности наоборот. Таким образом, получается, что в одну сторону диод будет поглощать, а в другую – нет.