

Национальный исследовательский университет

Московский энергетический институт

Формирование радиосигналов

Отчет по лабораторной работе №5

«Фазовая автоподстройка частоты»

Группа: ЭР-13-21

Бригада: №4

Студенты бригады: Матвеев М.Д.

Попов А.Ю.

Фролов А.А.

Преподаватель: Плутешко А.В.

Оценка:

Дата:

Москва 2025

Цель работы: изучить принцип работы системы фазовой автоподстройки частоты.

Лабораторная работа.
Измерение характеристики ФД.

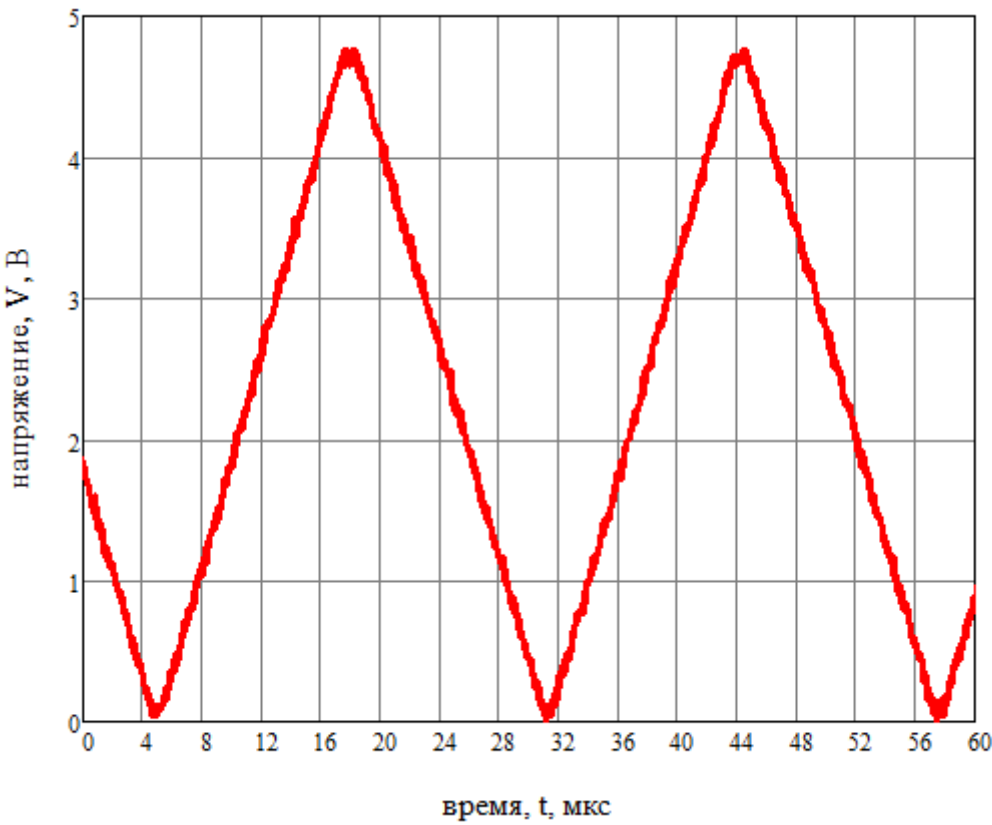


Рисунок 1 – Напряжение на выходе фазового детектора.

Измерение характеристики ГУН.

Таблица 1 – Характеристика управления частотой ГУН

	min														max
$f_{оп},$ МГц	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7
$f_{гун},$ МГц	116.8	118.4	120	121.6	123.2	124.8	126.4	128	129.6	131.2	132.8	134.4	136	137.6	139.2
$E_{упр},$ В	0.9	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5	2.9	3.1	3.4	3.8	4.1	4.4	4.7	3.8	3.4

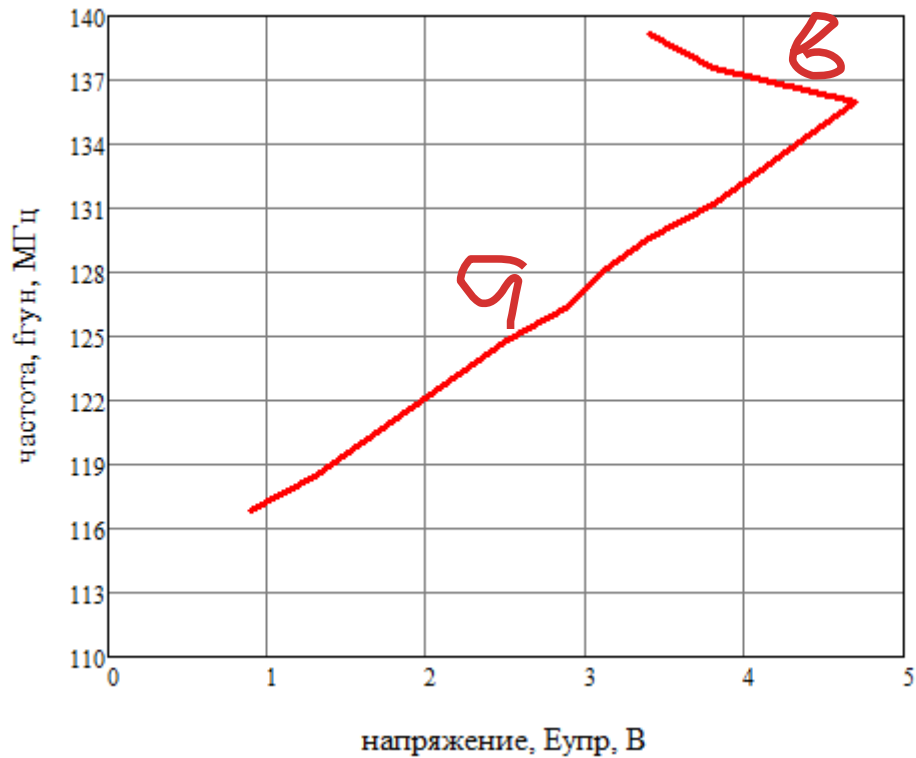


Рисунок 2 – Зависимость частоты генератора, управляемого напряжением от управляющего напряжения.

Вероятно, нелинейность участка б вызвана тем, что при выходе за допустимый диапазон происходит «срыв» синхронизма.

Измерение полосы захвата.

Расчет $K_{\text{ГУН}}$:

$$K_{\text{ГУН}} = \frac{126.4 - 123.2}{2.9 - 2.2} = 4.6 \frac{\text{МГц}}{\text{В}}$$

Расчет центральной частоты и девиации $f_{\text{оп}}$:

$$f_{\min} = 7.3 - (0.9 + 0.1) \cdot \frac{4.6}{16} = 7.0125 \text{ МГц}$$

$$f_{\max} = 8.7 + (5.1 - 3.4) \cdot \frac{4.6}{16} = 8.211 \text{ МГц}$$

$$f_{\text{mid}} = \frac{f_{\min} + f_{\max}}{2} = 7.61 \text{ МГц}$$

Центральная частота: 7.61 МГц

Девиация: 600 кГц

Расчет $K_{ФД}$:

$$K_{ФД} = \frac{5}{\pi} = 1.592 \frac{\text{В}}{\text{рад}}$$

Расчет $T_{ФАПЧ}$:

$$T_{ФАПЧ} = \frac{16}{2\pi \cdot K_{ГУН} \cdot K_{ФД}} = 0.35 \text{ мкс}$$

Таблица 2 – Величины, определяющие поведение кольца ФАПЧ

$K_{ФД}, \frac{\text{В}}{\text{рад}}$	$K_{ГУН}, \frac{\text{МГц}}{\text{В}}$	$T_{ФАПЧ}, \text{мкс}$
1.592	4.6	0.35

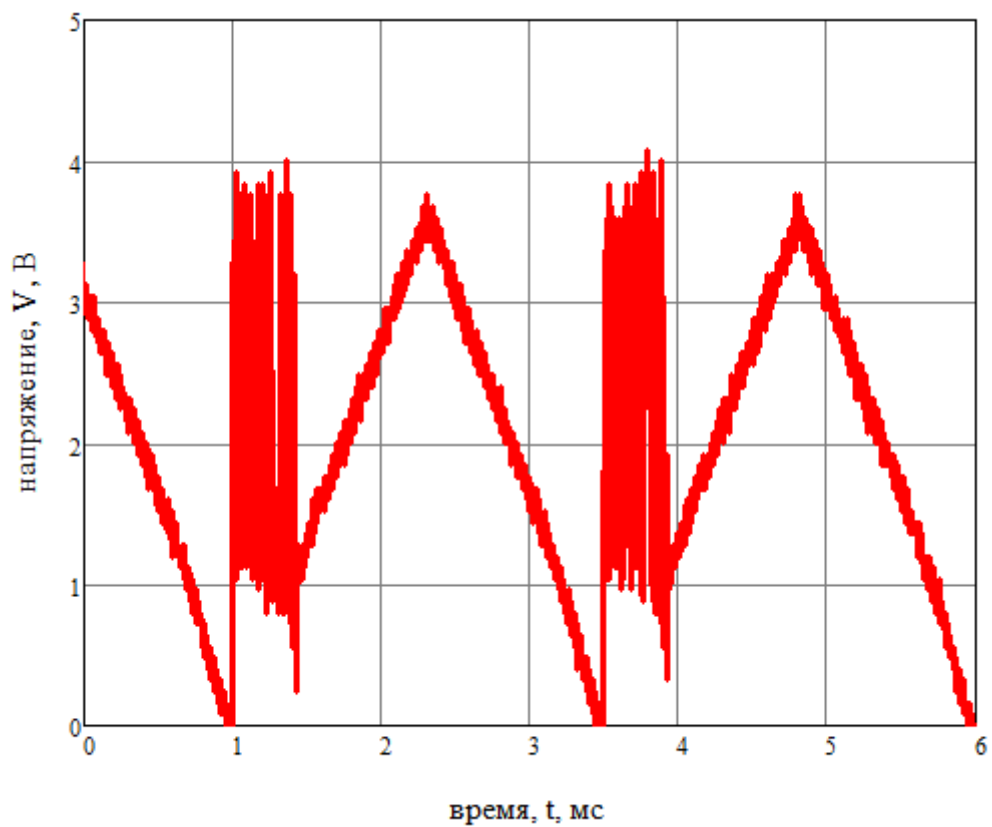


Рисунок 3 – Осциллограмма напряжения на выходе фазового детектора при положении переключателя RC -фильтр 4

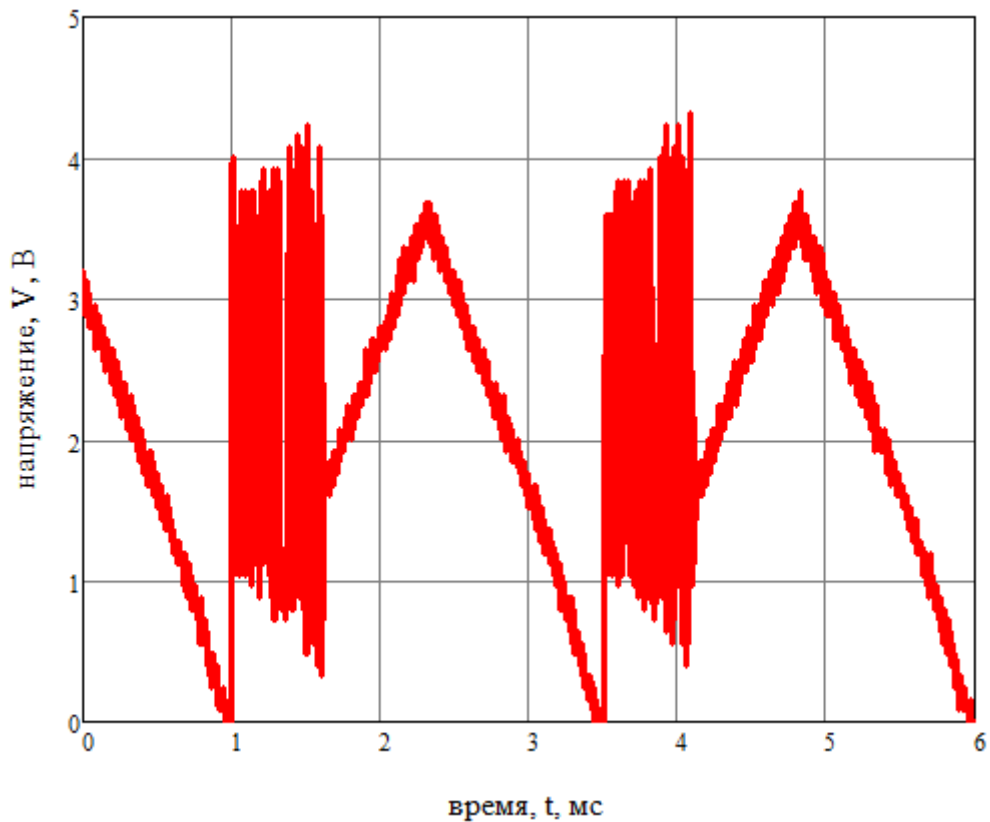


Рисунок 4 – Осциллограмма напряжения на выходе фазового детектора при положении переключателя *RC*-фильтр 6

Расчет отношения полосы захвата к полосе синхронизма для двух положений переключателей:

Для положения 4:

$$\gamma_1 = \frac{P_{\text{зах1}}}{P_{\text{син1}}} = \frac{2.5 - 1.2}{2.5 - 0.08} = 0.537$$

Для положения 6:

$$\gamma_2 = \frac{P_{\text{зах2}}}{P_{\text{син2}}} = \frac{2.5 - 1.68}{2.5 - 0.08} = 0.339$$

Сравнивая со значением зависимости $\gamma(\tau)$, представленной в описании к лабораторной работе, можно сделать вывод, что значения совпали.

Измерение переходных процессов по частоте.

Частота модуляции f_m : 5 кГц

Девияция: 144 кГц

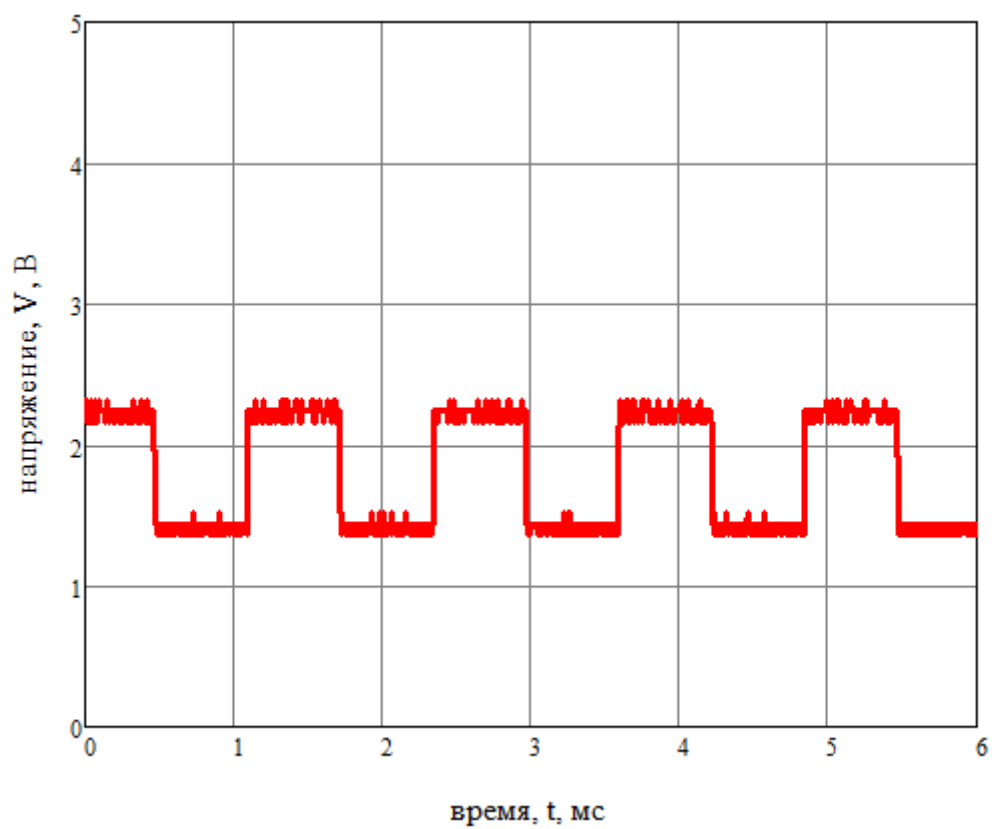


Рисунок 5 – Осциллограмма напряжения на выходе фазового детектора при положении переключателя *RC*-фильтр 2

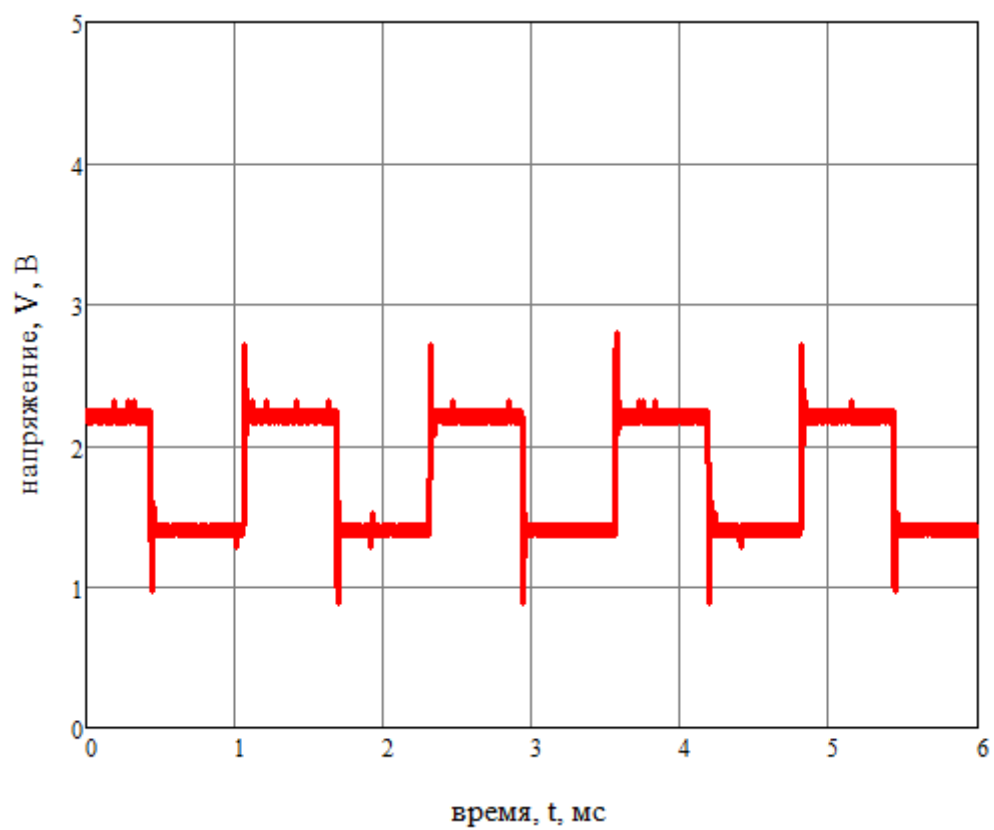


Рисунок 6 – Осциллограмма напряжения на выходе фазового детектора при положении переключателя RC -фильтр 4

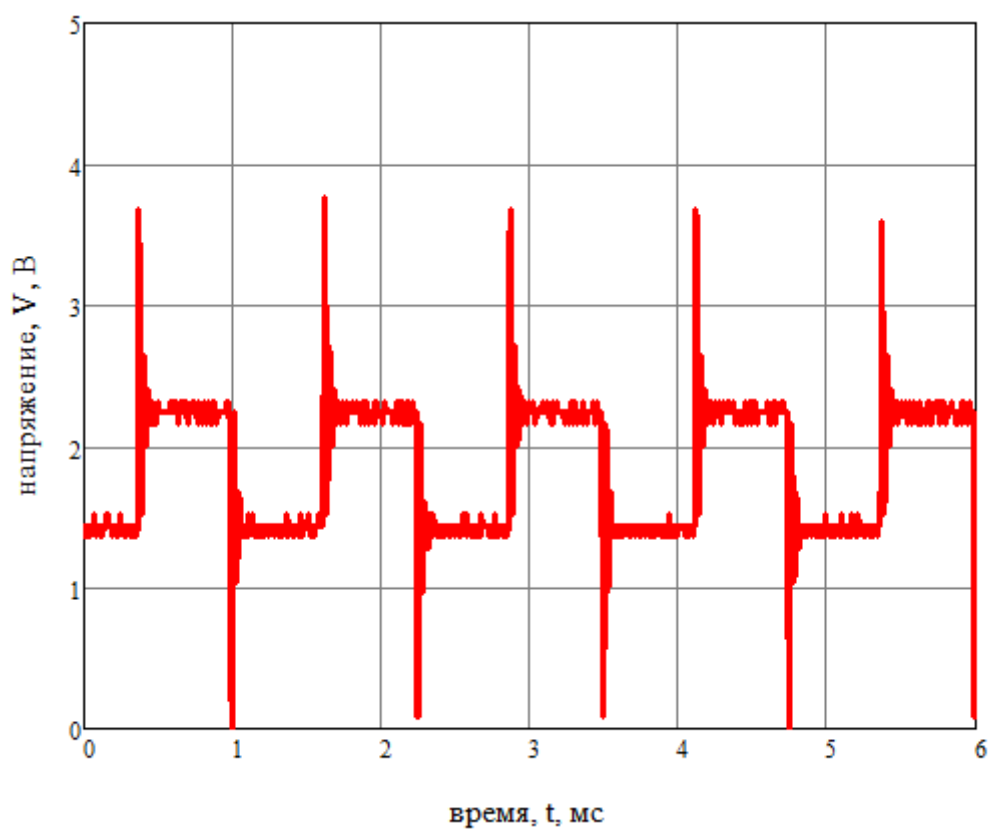


Рисунок 7 – Осциллограмма напряжения на выходе фазового детектора при положении переключателя RC -фильтр 6

Измерение переходных процессов по фазе

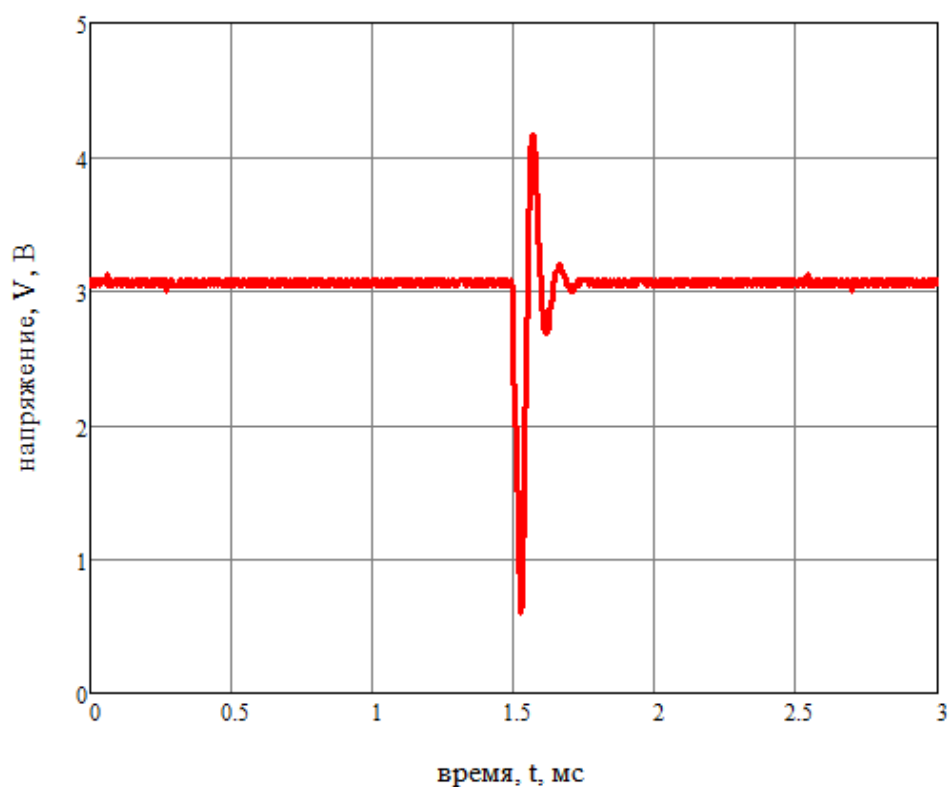
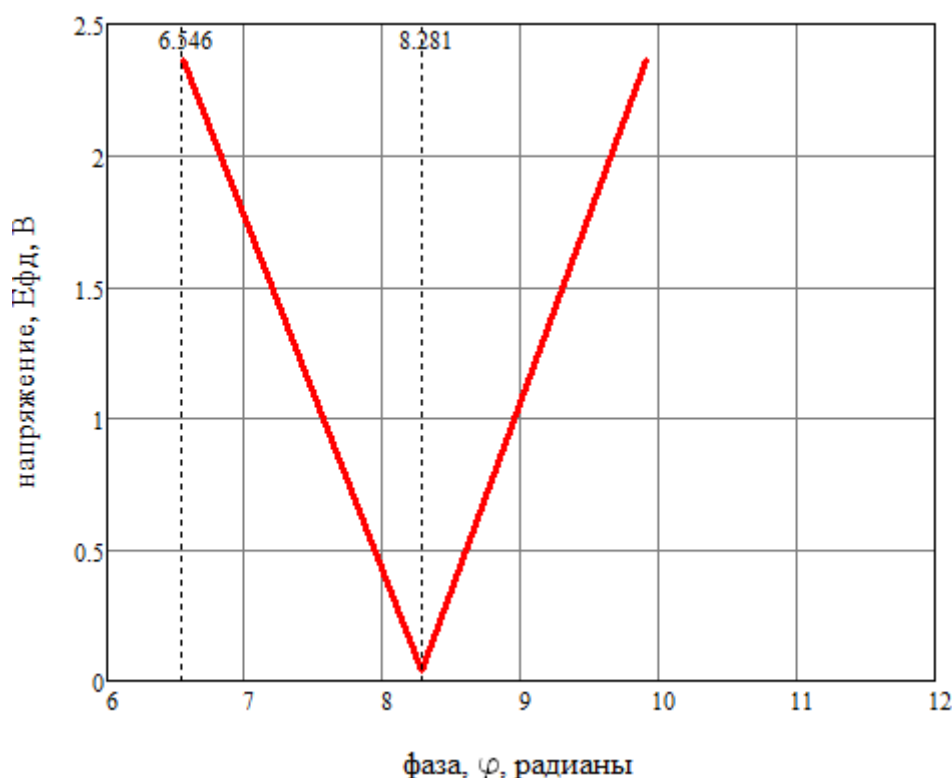


Рисунок 8 – Осциллограмма напряжения на выходе фазового детектора при положении переключателя *RC*-фильтр 4

Вывод: В ходе выполнения лабораторной работы были изучены основные принципы работы системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), а также проведены экспериментальные исследования характеристик её основных элементов: фазового детектора (ФД) и генератора, управляемого напряжением (ГУН). Были выполнены измерения характеристик ФД и ГУН, исследованы переходные процессы в системе ФАПЧ, а также определена полоса захвата и полоса синхронизма.

Характеристика ФД имеет треугольную форму, что соответствует теоретическим ожиданиям. Среднее значение напряжения на выходе ФД зависит от разности фаз ($1.735 \sim \frac{\pi}{2}$) между опорным сигналом и сигналом с выхода ГУН.



Была построена характеристика ГУН, показывающая зависимость частоты генератора от управляющего напряжения. Характеристика оказалась линейной в рабочем диапазоне напряжений, но после 4.7 вольт произошел «срыв» синхронизма.

Была измерена полоса захвата системы ФАПЧ, которая зависит от постоянной времени фильтра. При увеличении постоянной времени полоса захвата уменьшается, что согласуется с теоретическими предсказаниями.