

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ НИУ «МЭИ»
(ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ»)
Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова
Кафедра Формирования и обработки радиосигналов

Лабораторная работа №5
по курсу «Формирование колебаний и сигналов для
медицинских приборов»
«Фазовая автоподстройка частоты»

Группа: ЭР-17-21

Студенты: Готман Н.Р
 Дугушкин А.С.

Преподаватель: Плутешко А.В.

Москва
2025 г.

Содержание

Обработка результатов измерений.....	3
1. Построение характеристики ФД $E_{\phi\Delta}(\varphi)$	3
2. Построение характеристики управления частотой ГУН $f_{ГУН}(E_{уп})$	4
3. Величины, определяющие поведение кольца ФАПЧ	5
4. Оценка величины γ для конфигураций кольца ФАПЧ.....	6
4.1. Положение 4	8
4.2. Положение 6	9
5. Временные зависимости переходных процессов $E_{\phi\Delta}(t)$ и $E_{уп}(t)$	10
Выводы.....	11
ПРИЛОЖЕНИЕ А	12

Обработка результатов измерений

1. Построение характеристики ФД $E_{\text{ФД}}(\varphi)$

Сняли осциллограмму $E_{\text{ФД}}(t)$

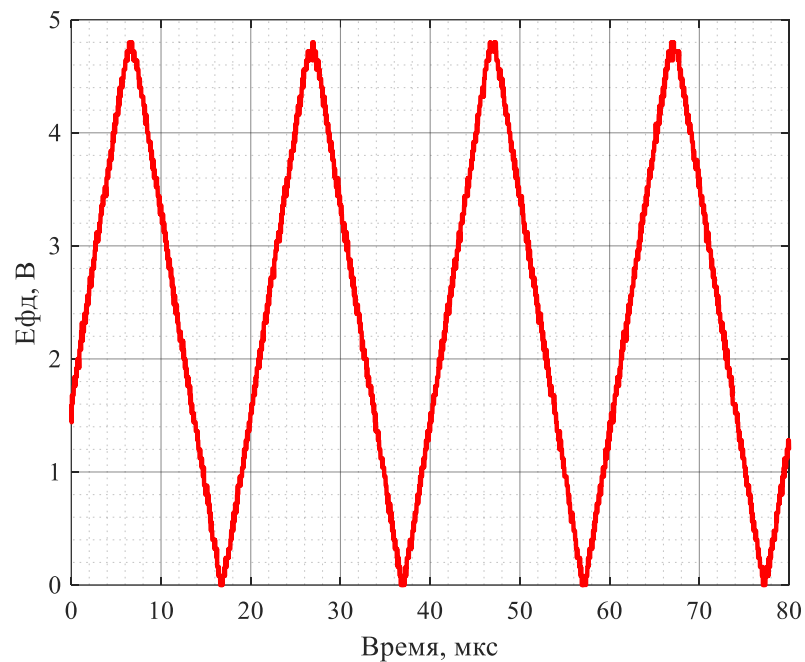


Рисунок 1 – Зависимость напряжения $E_{\text{ФД}}$ от времени

Перейдем к $E_{\text{ФД}}(\varphi)$

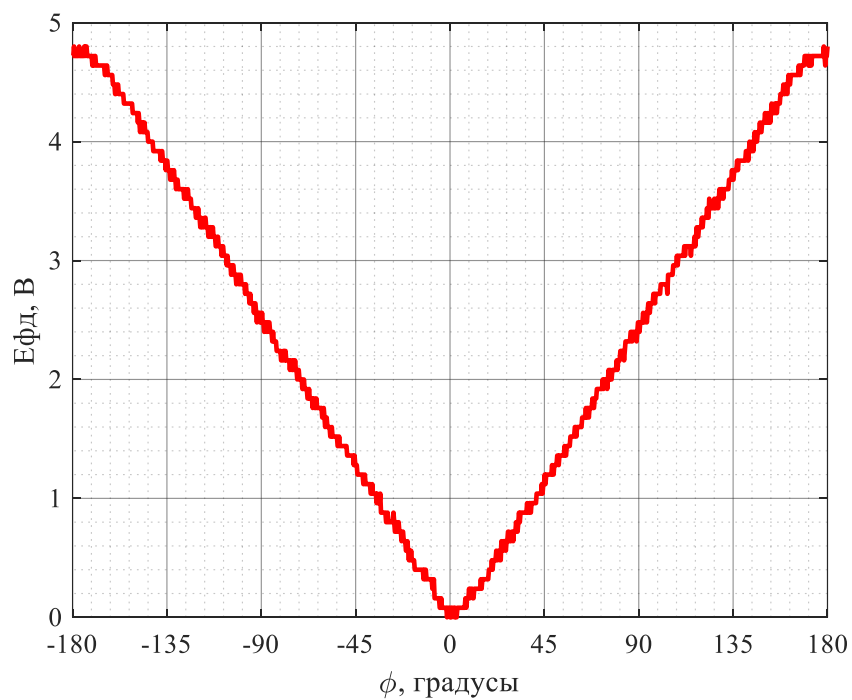


Рисунок 2 – Зависимость напряжения $E_{\text{ФД}}$ от угла

2. Построение характеристики управления частотой ГУН $f_{\text{ГУН}}(E_{\text{упр}})$

Построим зависимость используя данные снятые во время выполнения лабораторной работы.

Таблица 1 – Характеристика управления частотой ГУН

$f_{\text{оп}}, \text{МГц}$	$f_{\text{ГУН}}, \text{МГц}$	$E_{\text{упр}}, \text{В}$
7.1	113.6	0.15
7.2	115	0.53
7.3	117	0.93
7.4	118	1.3
7.5	119	1.63
7.6	120	1.95
7.7	124	2.41
7.8	125	2.6
7.9	127	2.9
8	128	3.2
8.1	129	3.5
8.2	130	3.8
8.3	132	4.1
8.4	135	4.4
8.5	137	4.8

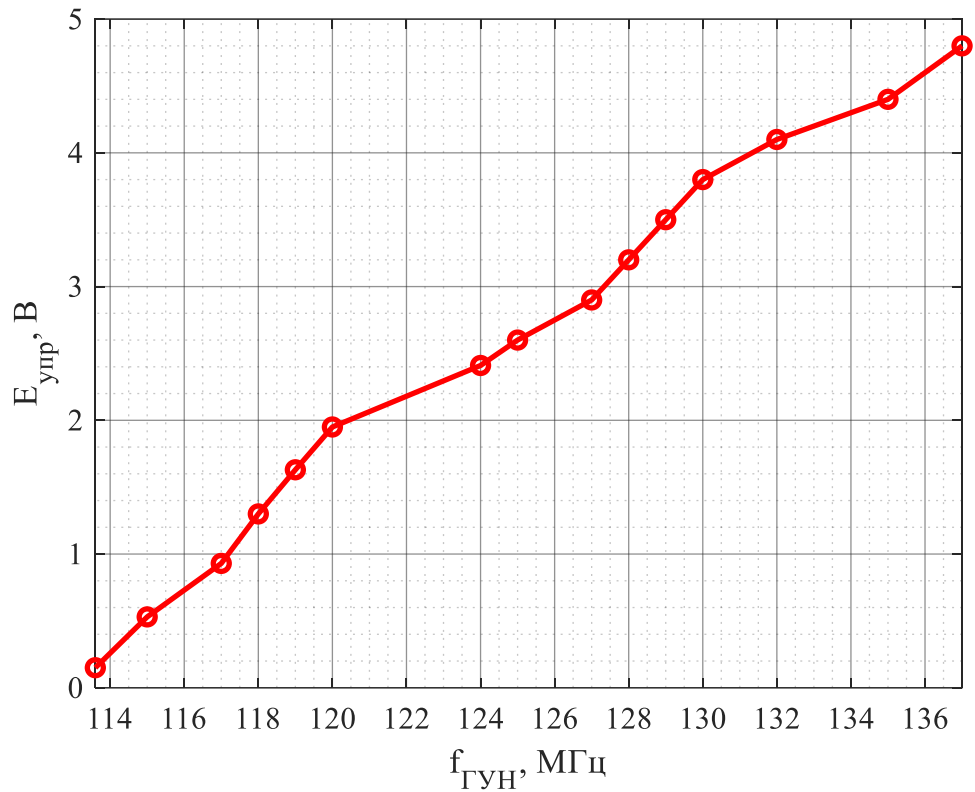


Рисунок 3 – Зависимость частоты колебаний ГУН от $E_{упр}$

3. Величины, определяющие поведение кольца ФАПЧ

Заполним таблицу используя полученный график $f_{ГУН}(E_{упр})$

$$K_{ГУН} = \frac{f_{ГУН2} - f_{ГУН1}}{E_{упр2} - E_{упр1}} \quad (1)$$

$$K_{ГУН} = \frac{125 - 124}{2.41 - 2.6} = 5.3 \frac{МГц}{В} \quad (2)$$

$$K_{ФД} = \frac{E_n}{\pi} = \frac{4.8}{\pi} = 1.53 \frac{В}{рад} \quad (3)$$

$$T_{ФАПЧ} = \frac{P}{2\pi K_{ГУН} K_{ФД}} = 0.316 \text{ мкс} \quad (4)$$

Сведем результаты расчетов в таблицу

Таблица 2 – Величины, определяющие поведение кольца ФАПЧ

$K_{\text{ФД}}, \frac{\text{В}}{\text{рад}}$	$K_{\text{ГУН}}, \frac{\text{МГц}}{\text{В}}$	$T_{\text{ФАПЧ}}, \text{мкс}$
1.53	5.3	0.316

4. Оценка величины γ для конфигураций кольца ФАПЧ

Сняли осциллограммы $E_{\text{ФД}}(t)$ в двух разных положениях переключателя поля РС-ФИЛЬТР

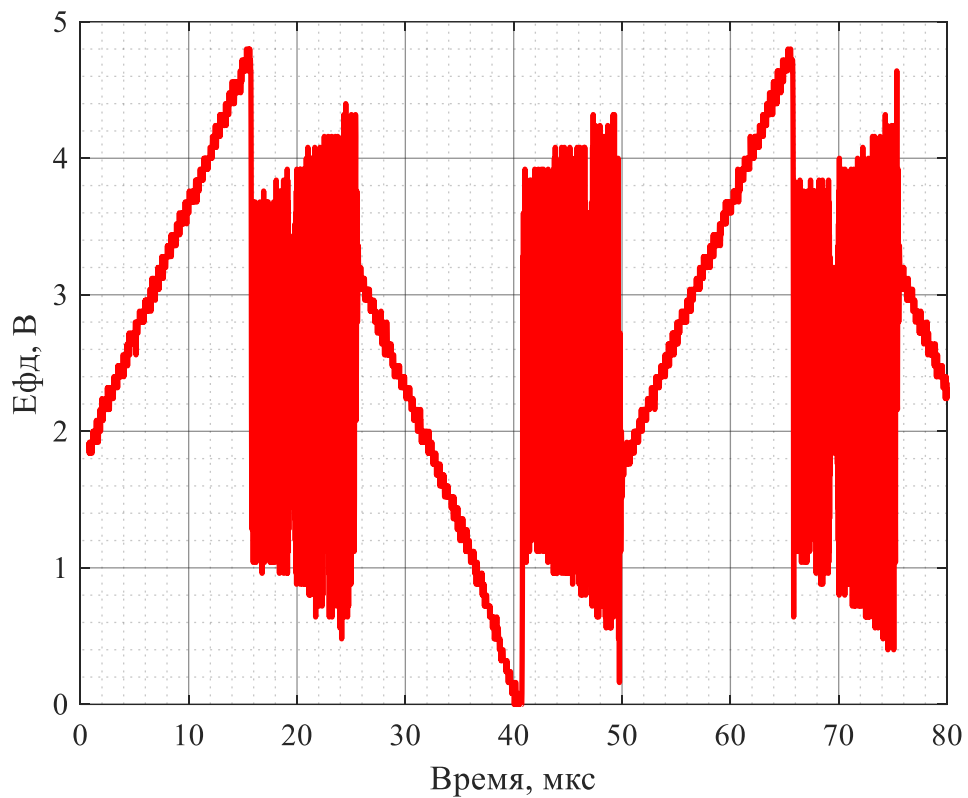


Рисунок 4 – Осциллограмма $E_{\text{ФД}}(t)$ для положения переключателя 4

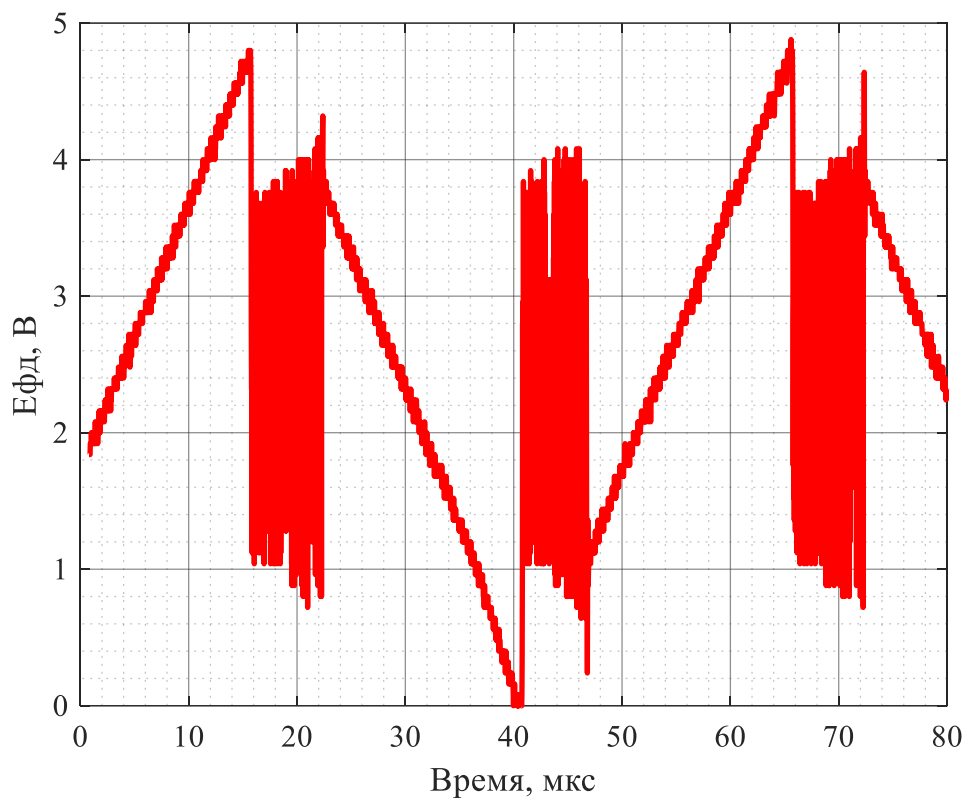


Рисунок 5 – Осциллограмма $E_{ФД}(t)$ для положения переключателя 6

$$\gamma = \frac{P_{зах}}{P_{син}} \quad (5)$$

$$P_{син} = \frac{1}{4T_{ФАПЧ}} \quad (6)$$

$$P_{син} = \frac{1}{4 \cdot 0.316} = 789.5 \text{ кГц} \quad (7)$$

$$P_{зах} = \frac{|\Delta_{зах}|}{2\pi T_{ФАПЧ}} \quad (8)$$

Найдем $|\Delta_{зах}|$ по графикам полученным в пункте 5.4 лабораторной работы

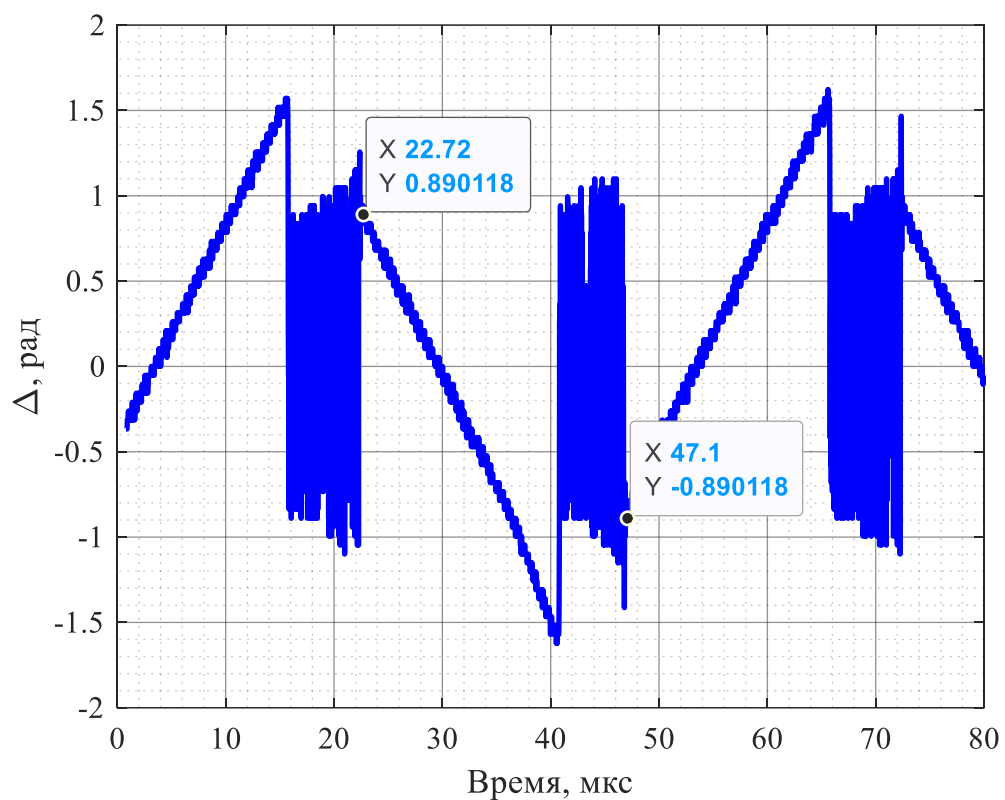


Рисунок 6 – Зависимость $\Delta(t)$ для положения переключателя 4

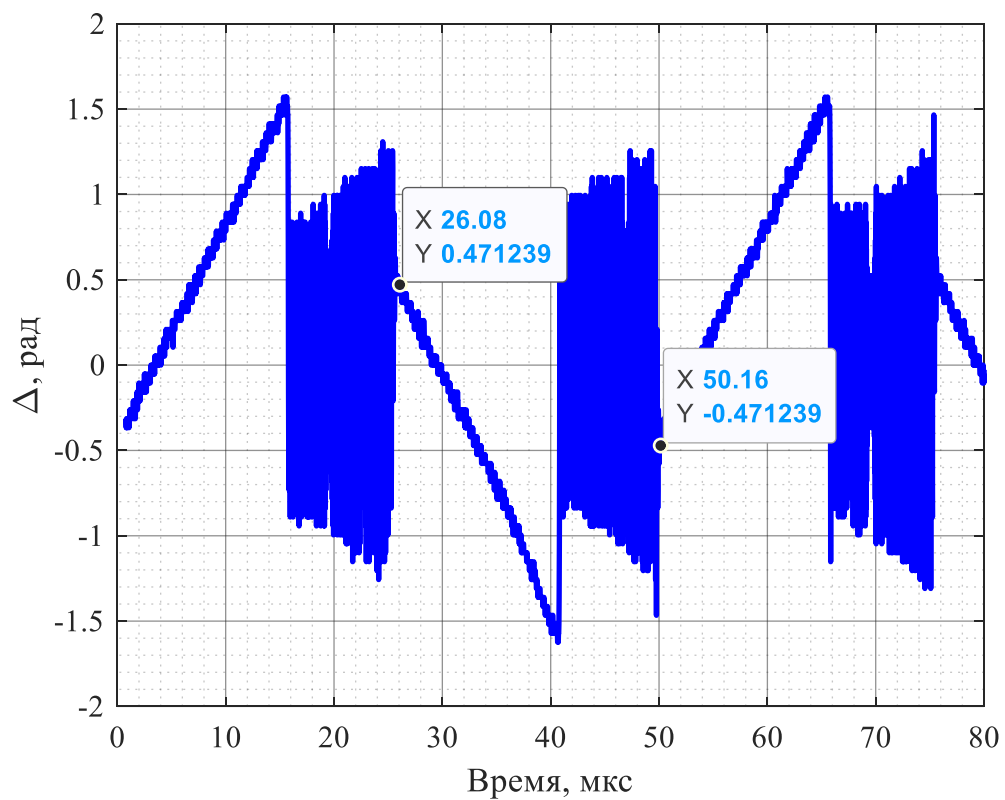


Рисунок 7 – Зависимость $\Delta(t)$ для положения переключателя 6

4.1. Положение 4

$$P_{\text{зах}} = \frac{0.89}{2\pi \cdot 0.316} = 447.3 \text{ кГц} \quad (9)$$

$$\gamma = \frac{447.3}{789.5} = 0.57 \quad (10)$$

Рассчитаем теоретическое значения используя пункт 1.3.3

$$T_{\text{ФНЧ}} = R_1 C_i = 300 \cdot 2200 \cdot 10^{-12} = 0.66 \text{ мс} \quad (11)$$

$$\tau_4 = \frac{T_4}{T_{\text{ФАПЧ}}} = \frac{0.66}{0.316} = 2.1 \text{ мс} \quad (12)$$

4.2. Положение 6

$$P_{\text{зах}} = \frac{0.47}{2\pi \cdot 0.316} = 236.2 \text{ кГц} \quad (13)$$

$$\gamma = \frac{236.2}{789.5} = 0.29 \quad (14)$$

$$T_{\text{ФНЧ}} = R_1 C_i = 300 \cdot 6800 \cdot 10^{-12} = 2.04 \text{ мс} \quad (15)$$

$$\tau_6 = \frac{T_6}{T_{\text{ФАПЧ}}} = \frac{2.04}{0.316} = 6.44 \quad (16)$$

Сведем полученные значения в таблицу

Таблица 3 – Рассчитанные и теоретические значения γ

i (номер положения переключателя)	Рассчитанное значение γ	Теоретическое значение γ
4	0.57	0.58
6	0.29	0.34

5. Временные зависимости переходных процессов $E_{фд}(t)$ и $E_{упр}(t)$

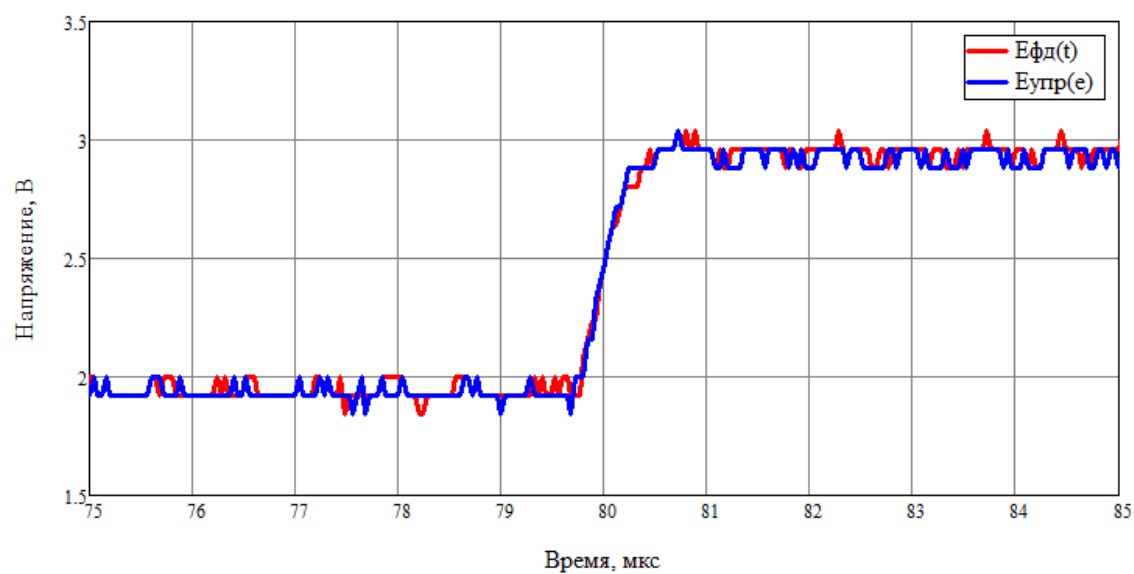


Рисунок 8 – Переходные процессы для 2 положения переключателя

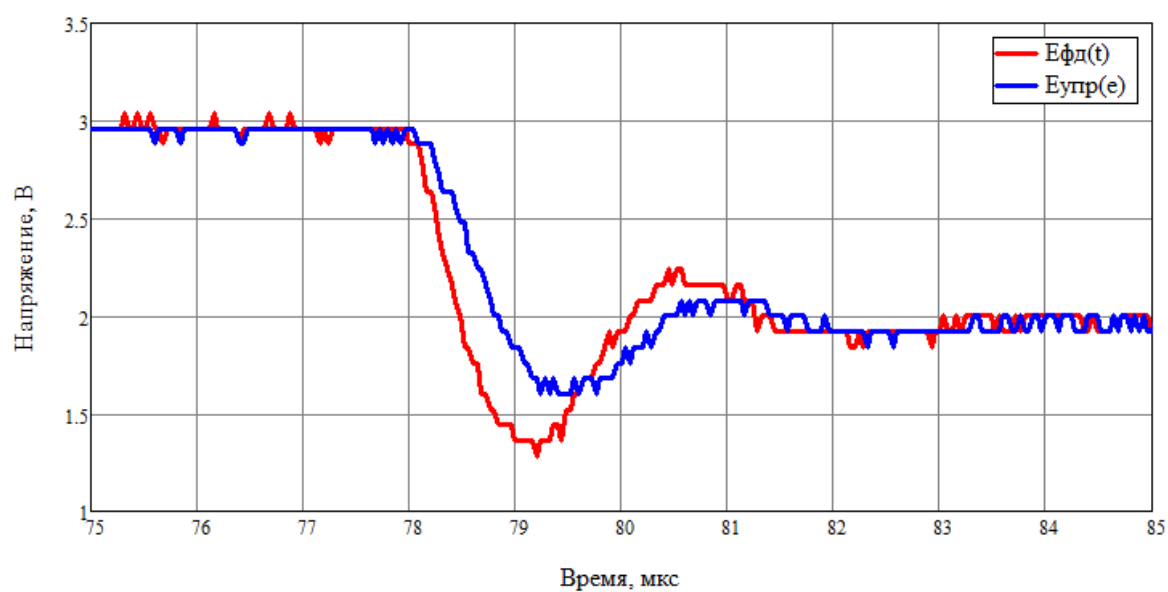


Рисунок 9 – Переходные процессы для 4 положения переключателя

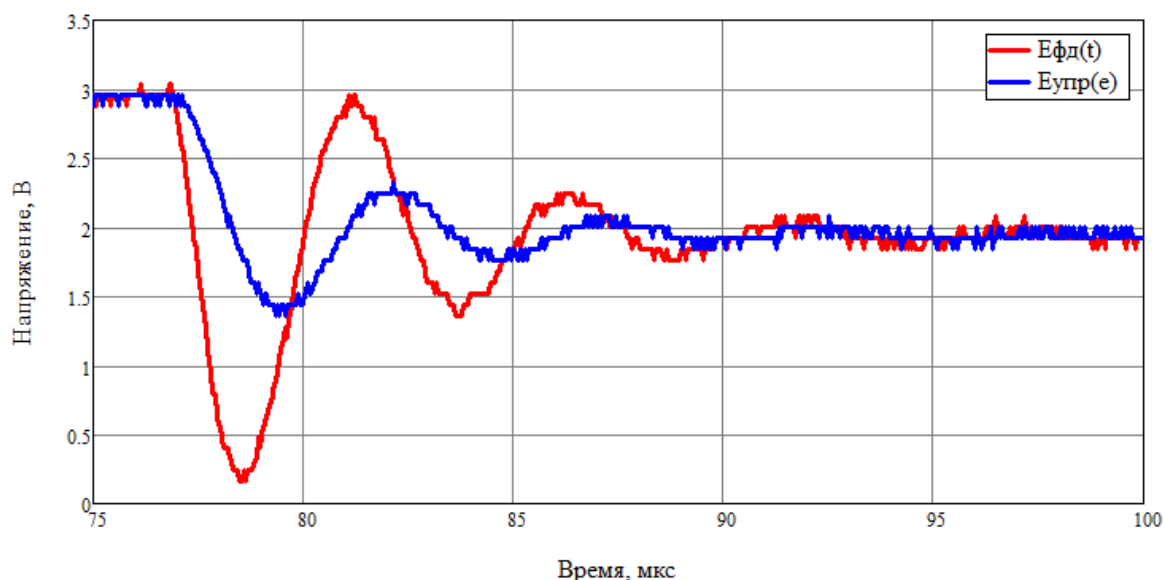


Рисунок 10 – Переходные процессы для 6 положения переключателя

Выводы

Как видно из рисунка 3 зависимость частоты колебаний ГУН от $E_{упр}$ линейная.

Наличие ФНЧ в схеме привело к уменьшению полосы захвата, при этом как видно из графиков 4 и 5 увеличение емкости приводит к увеличению длительности переходных процессов, что приводит к еще большему уменьшению полосы захвата, а следовательно ухудшению работы всей системы.

Расчет относительного значения полосы захвата совпал с теоретическими значениями, что доказывает правильность выполнения лабораторной работы.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

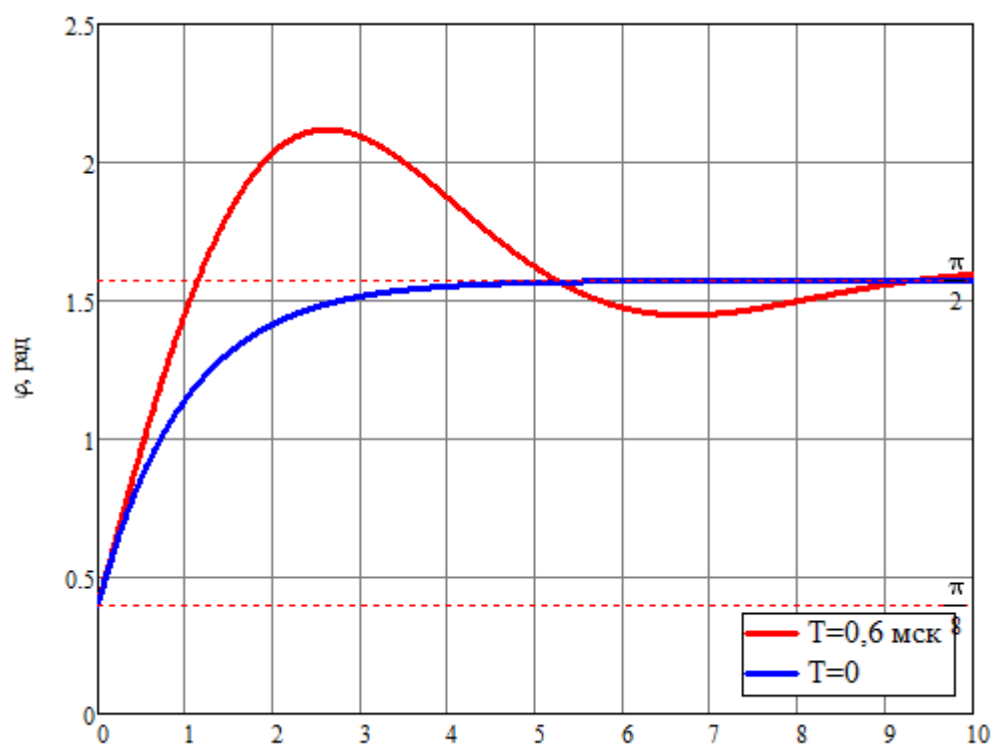


Рисунок 11 – Переходные процессы при +375 кГц

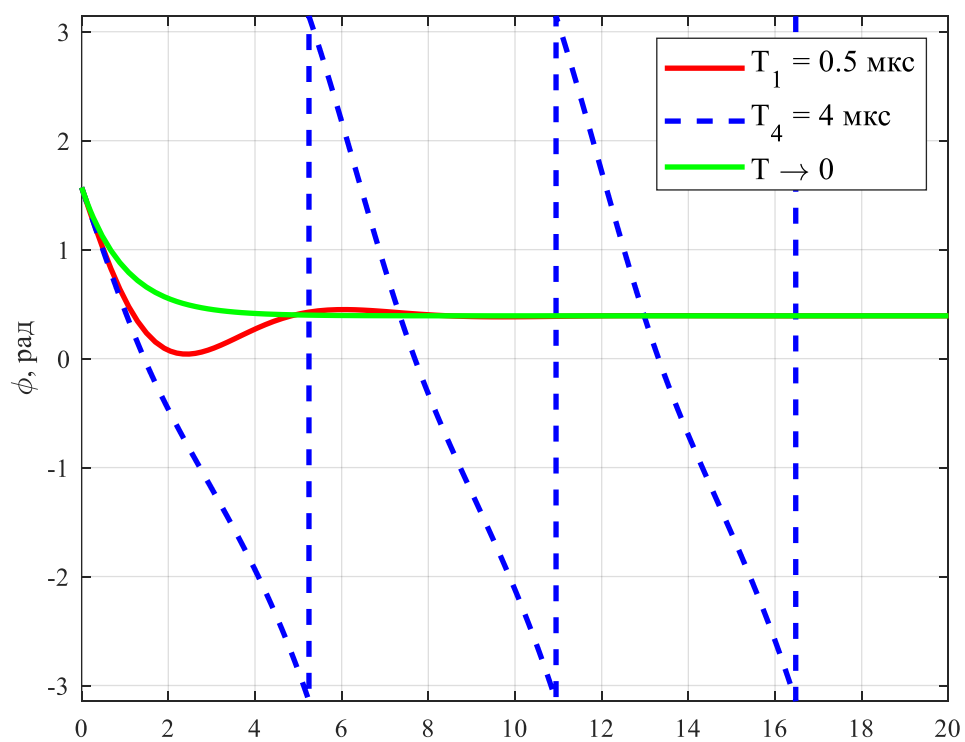


Рисунок 12 – Переходные процессы при -375 кГц

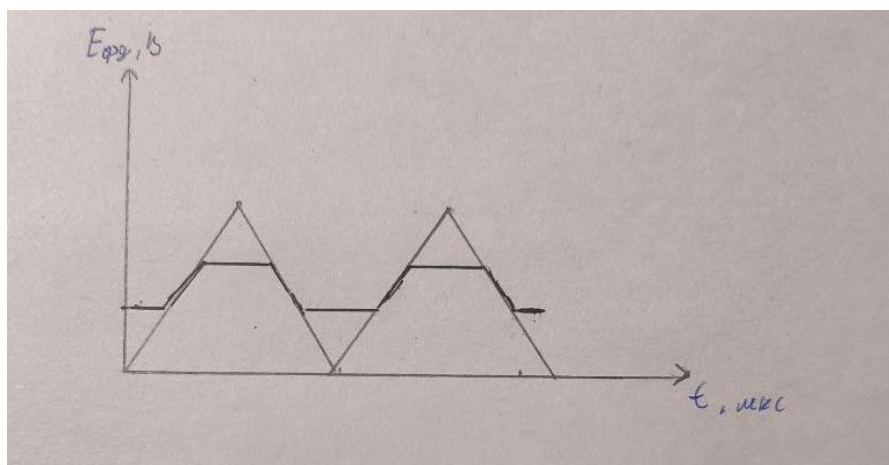


Рисунок 13 – $E_{\phi D}(t)$ при изменении +Duty

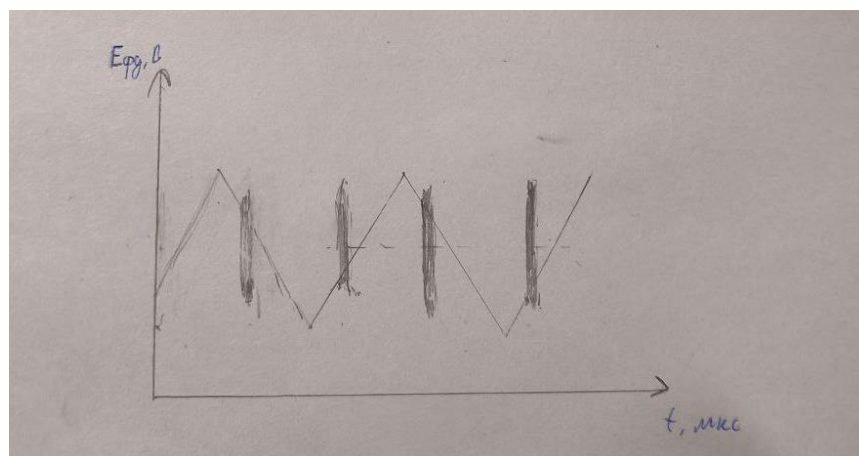


Рисунок 14 – $E_{\phi D}(t)$ во время измерения полосы захвата