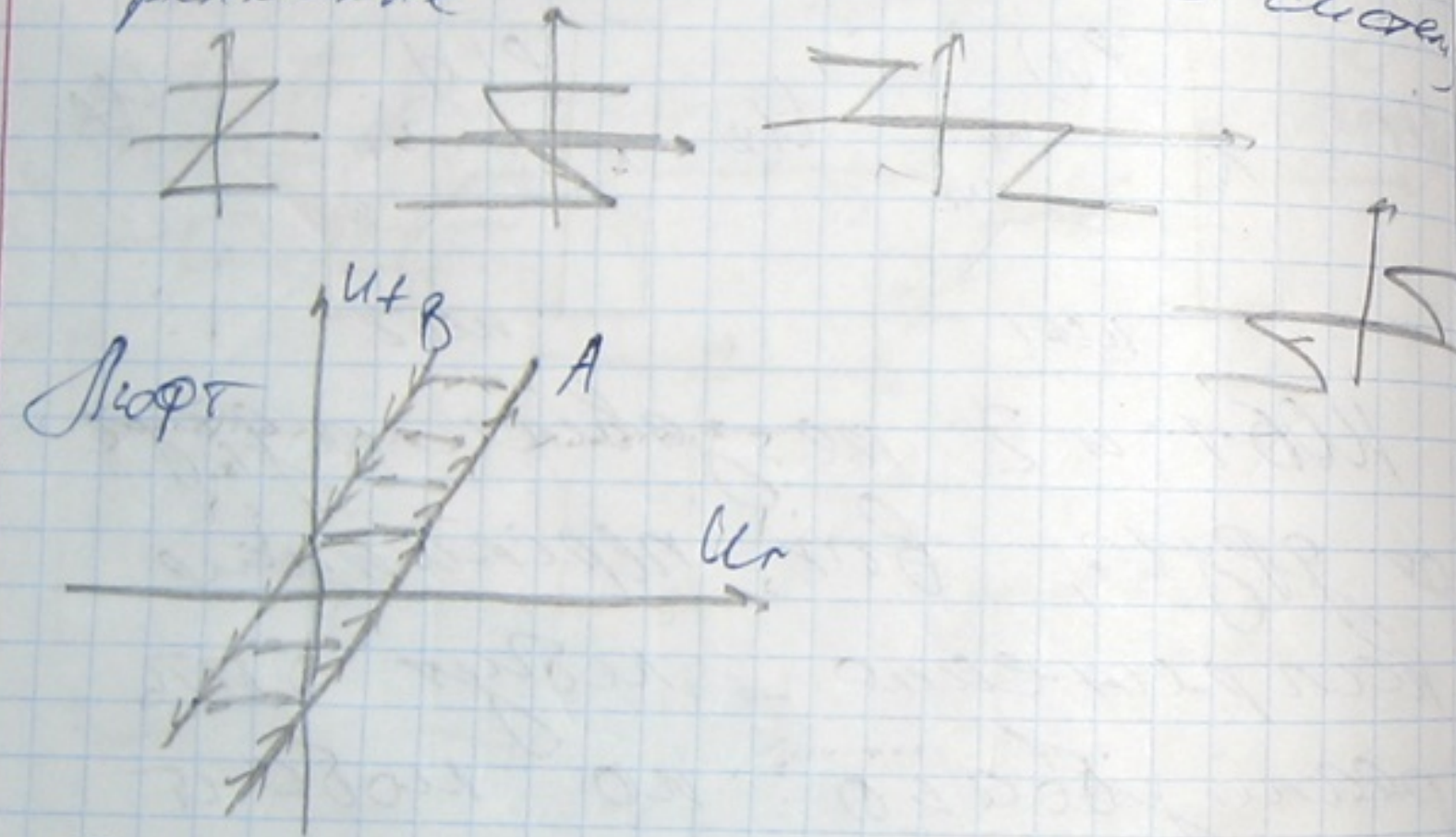


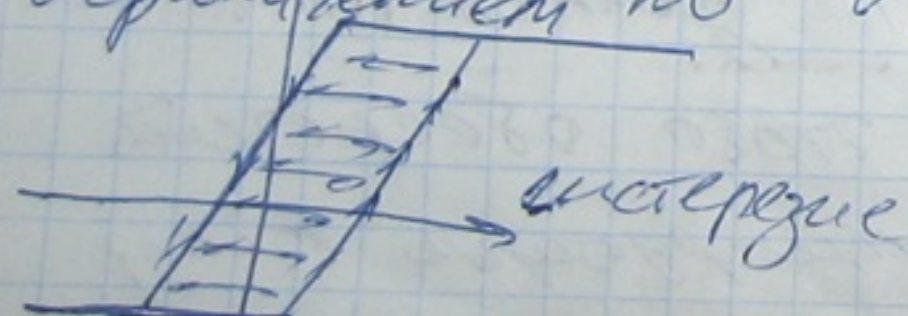
# Моделирование нелинейных элементов

1) моделирование релейных характеристик (работает точка скачком по оси ординат)

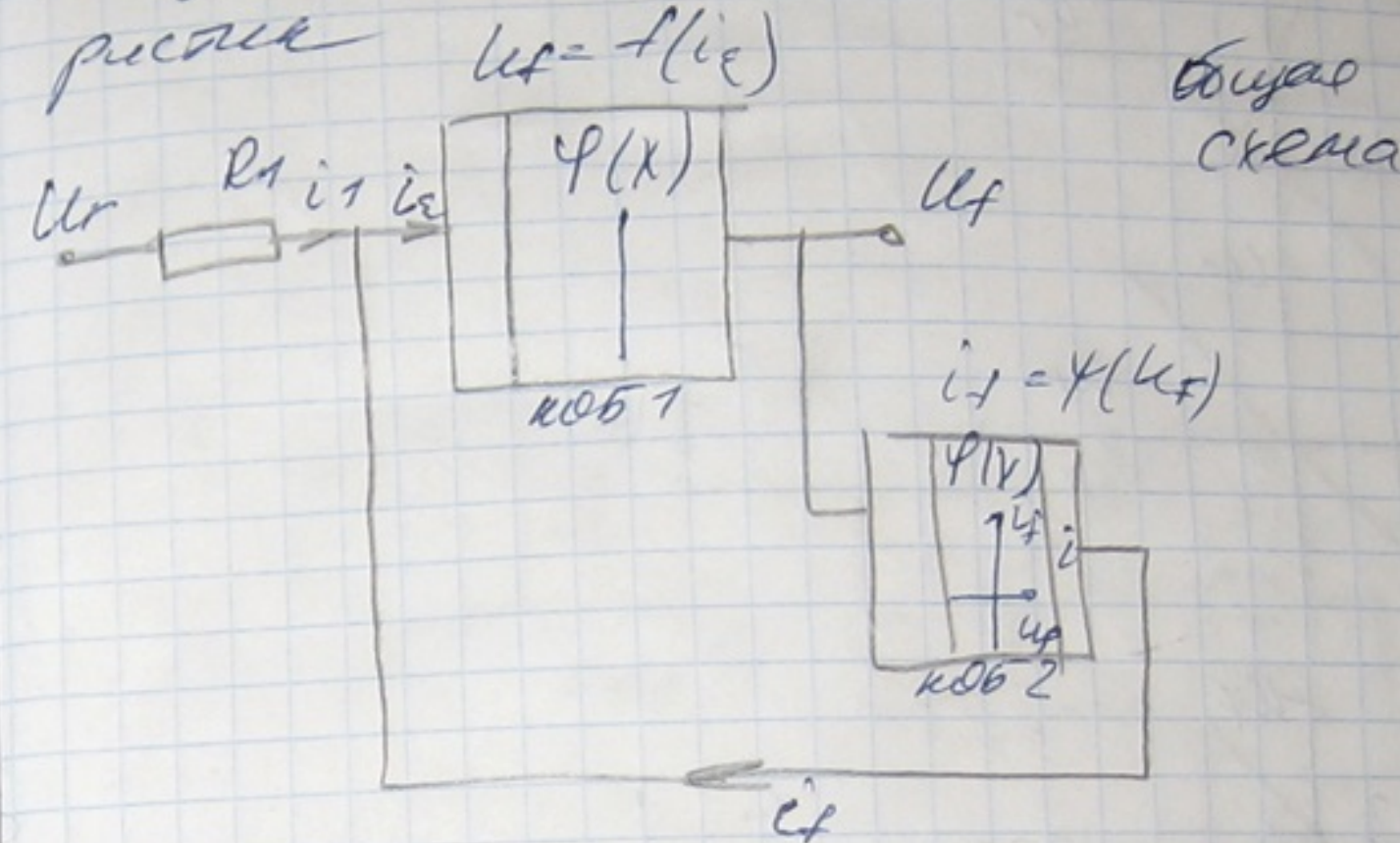
2) Люфт и гистерезис входов нелинейных элементов



Гистерезис отличается от люфта тем, что 2-сторонним ограничением по обоим переменным



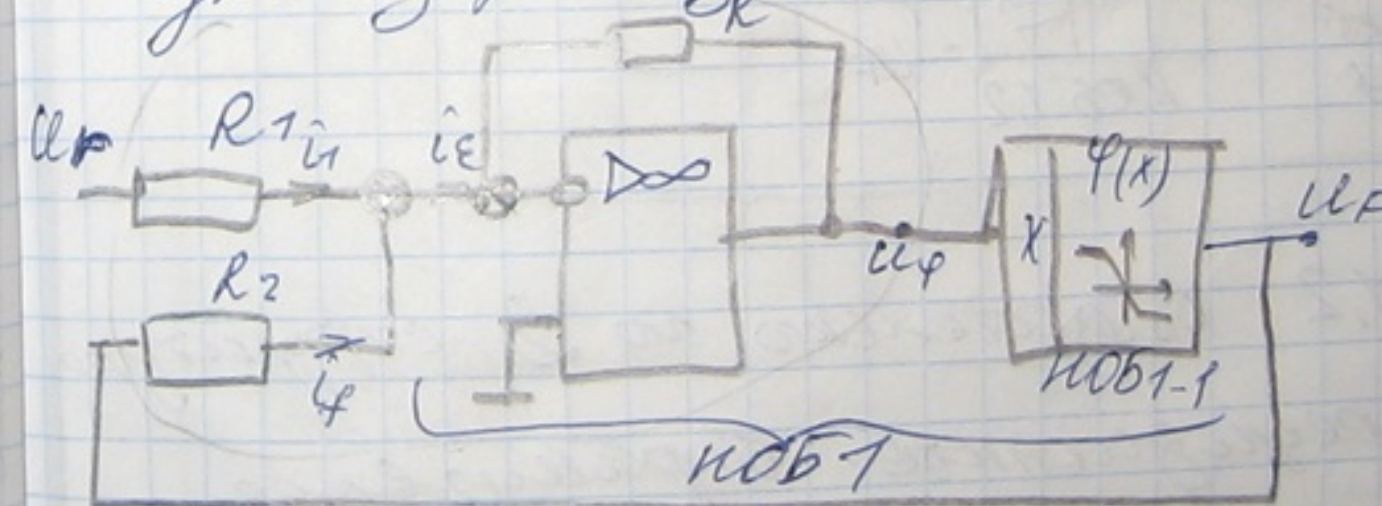
# Моделирование нелинейных характеристик



## Задача 17

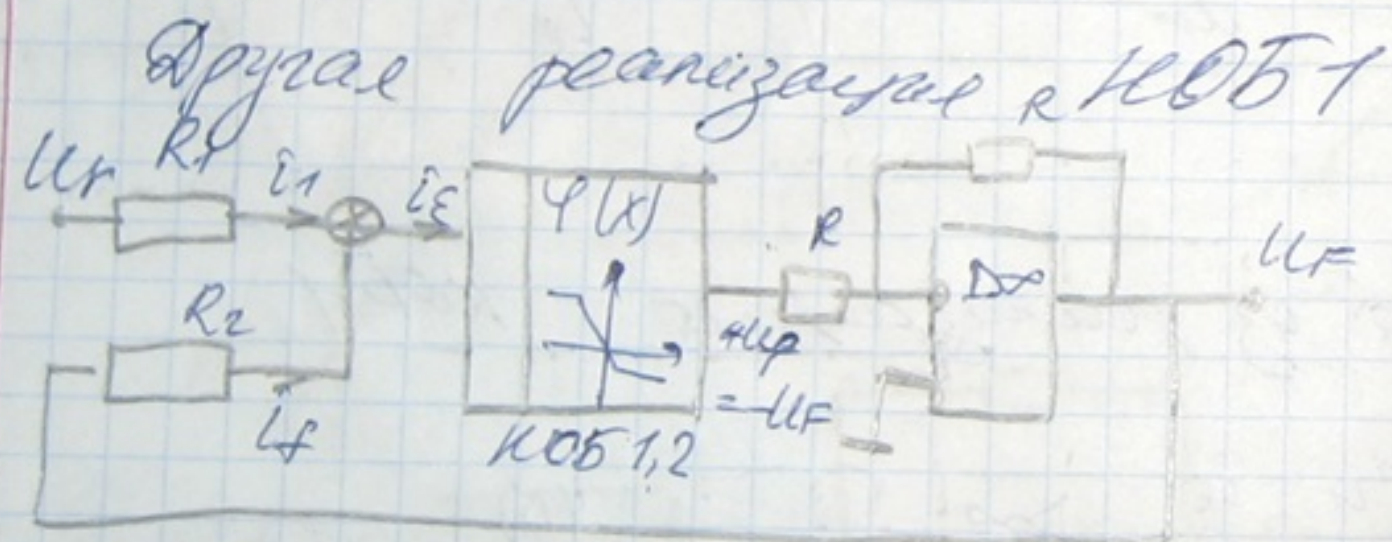
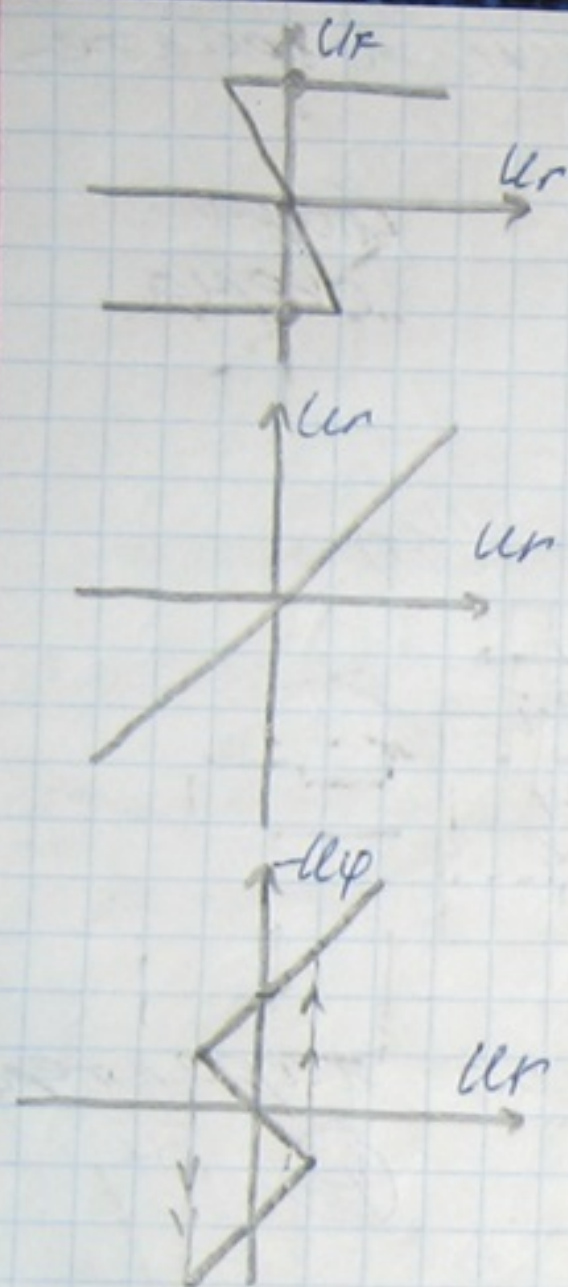


одна из реализаций KOB 1



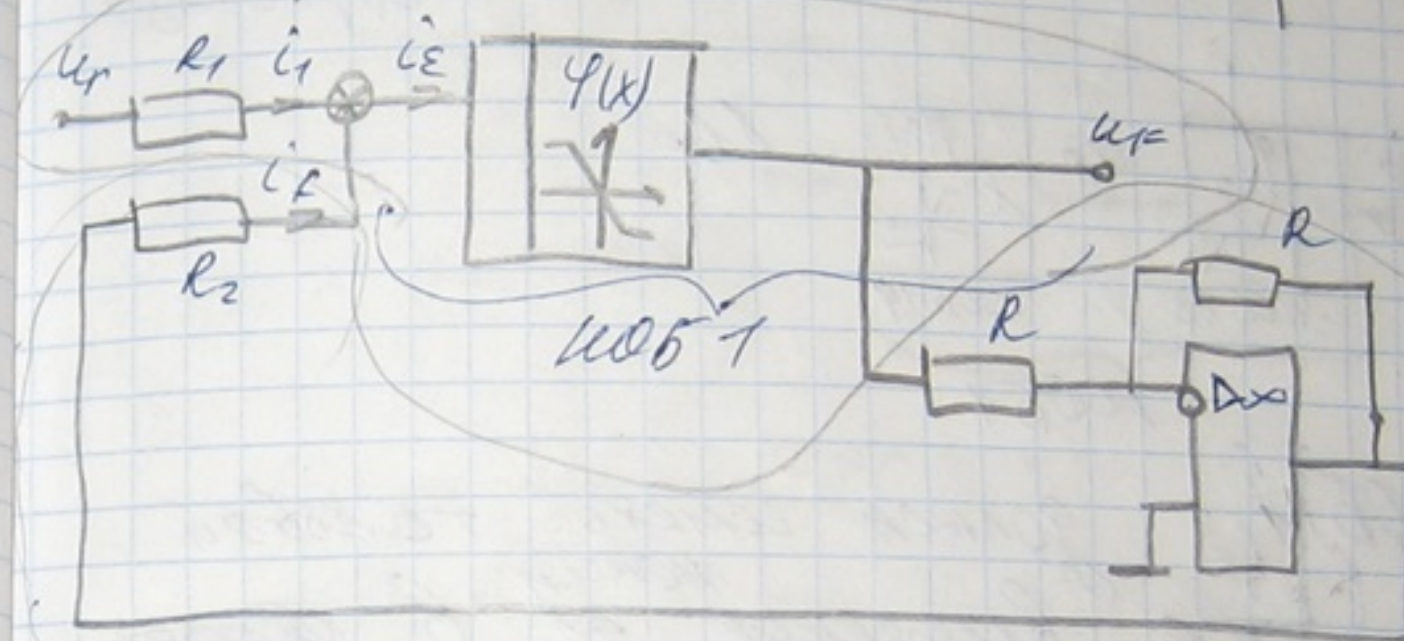
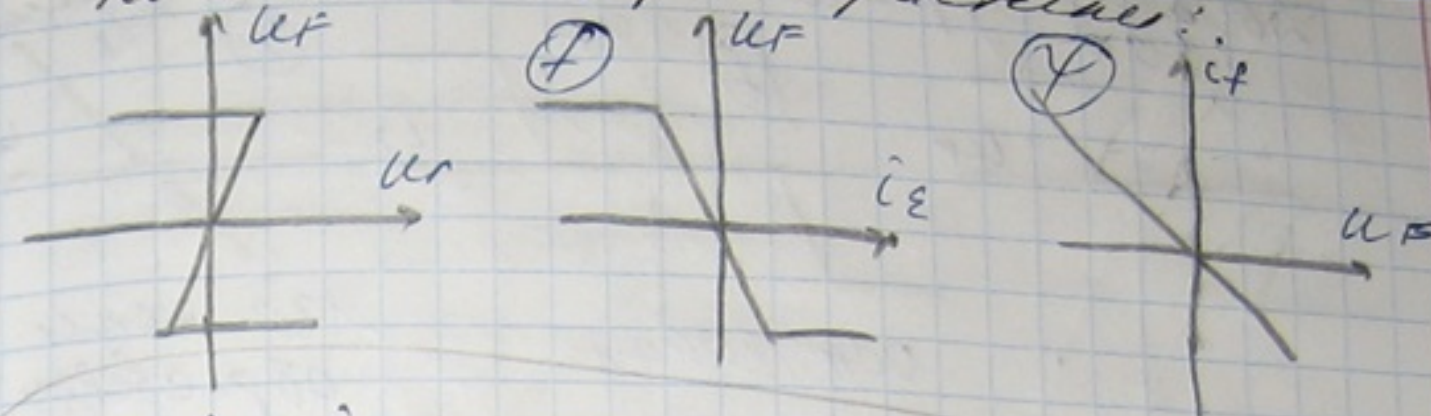
- сумматор на 2 входа  
 $U_{\phi} = -(k_1 U_r + k_2 U_f)$





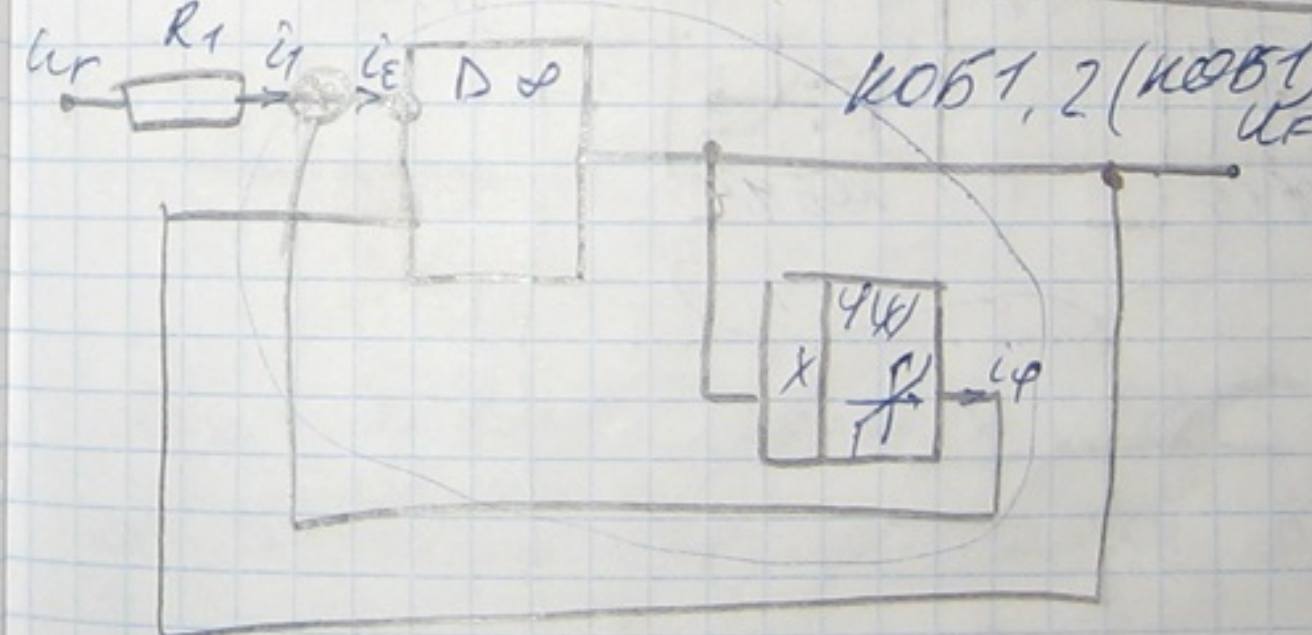
КОВ 1,2 обязательно по 2 структуре  
и безрезонансное ограничение

Построение характеристик:

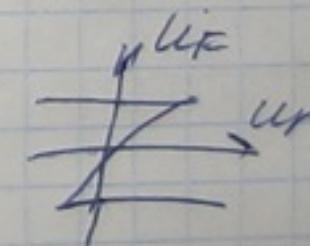


КОВ 2

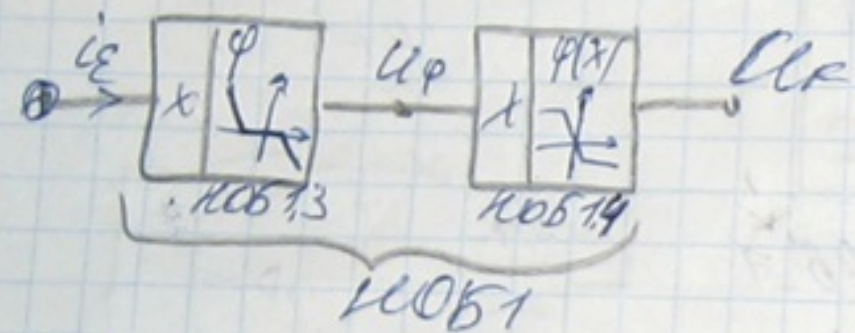
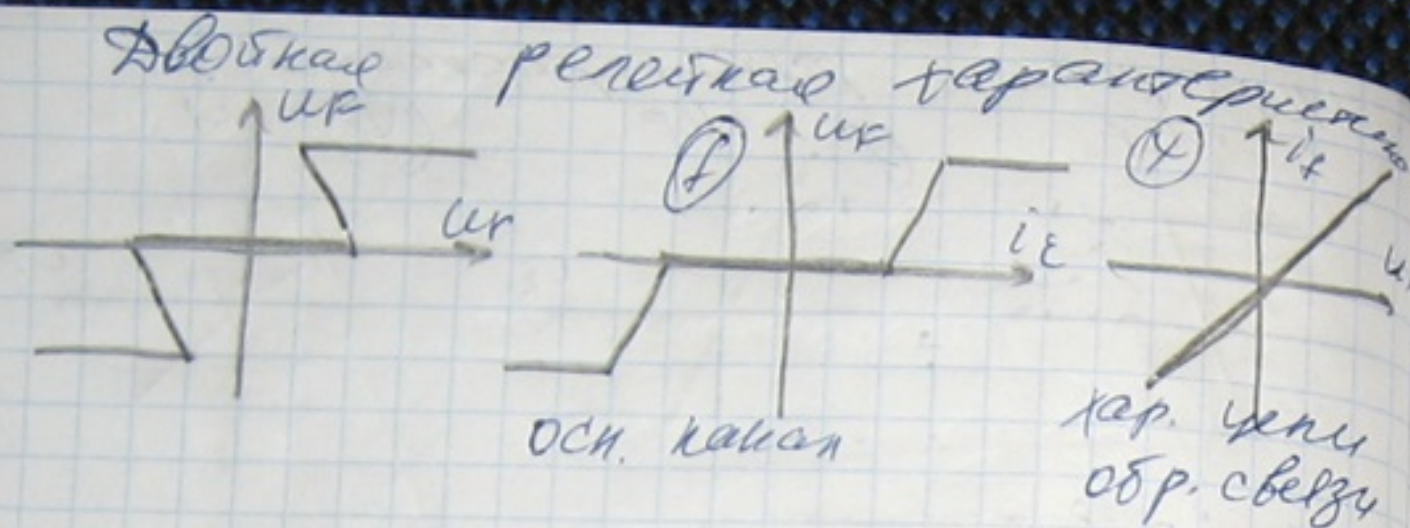
КОВ 1 по 2 структуре



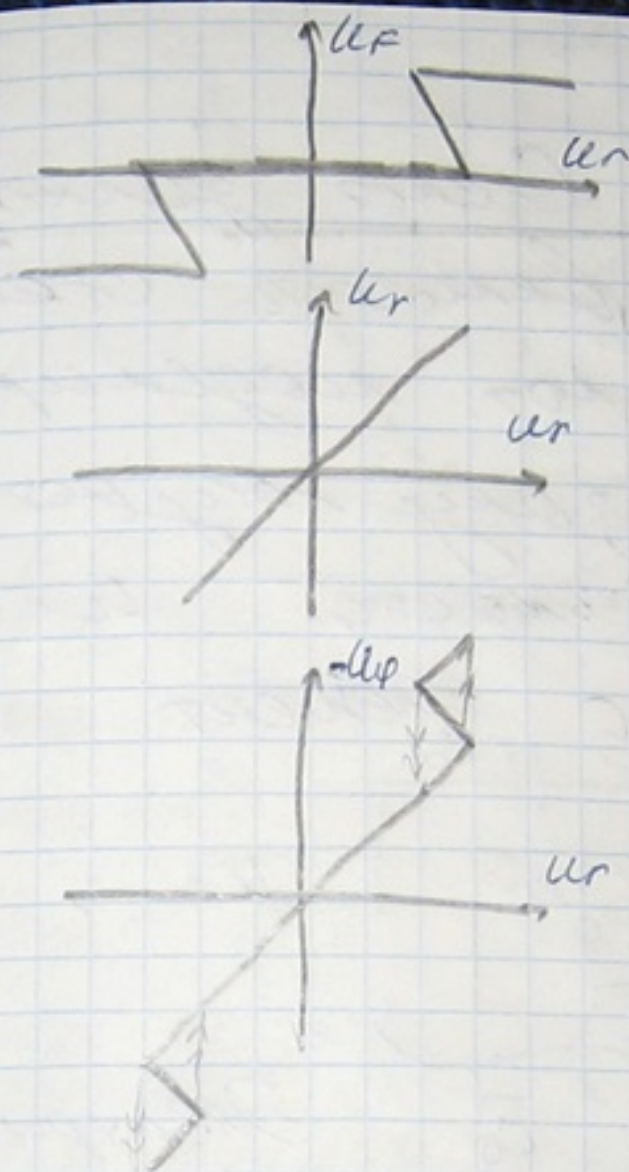
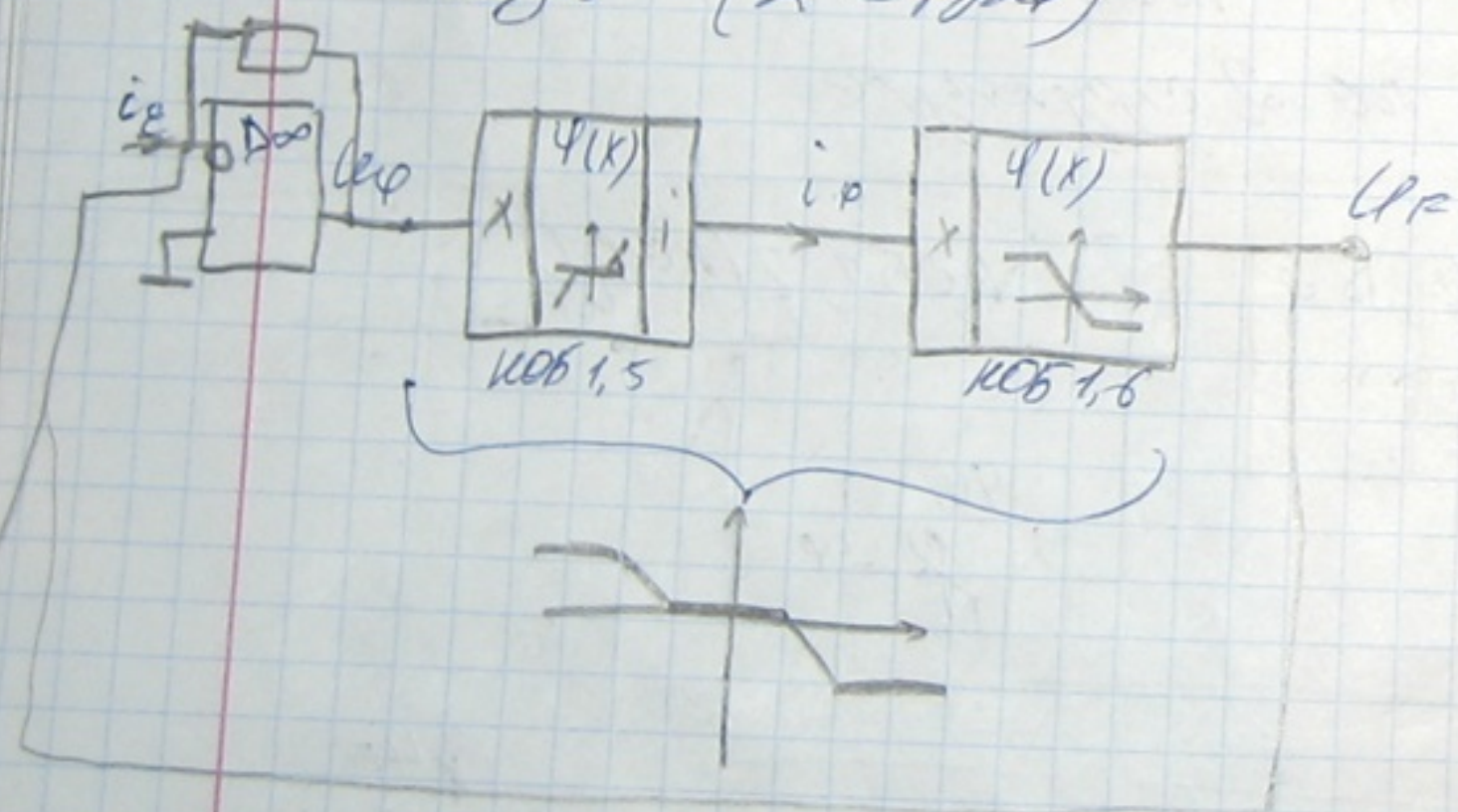
Релейная характеристика  
Простая



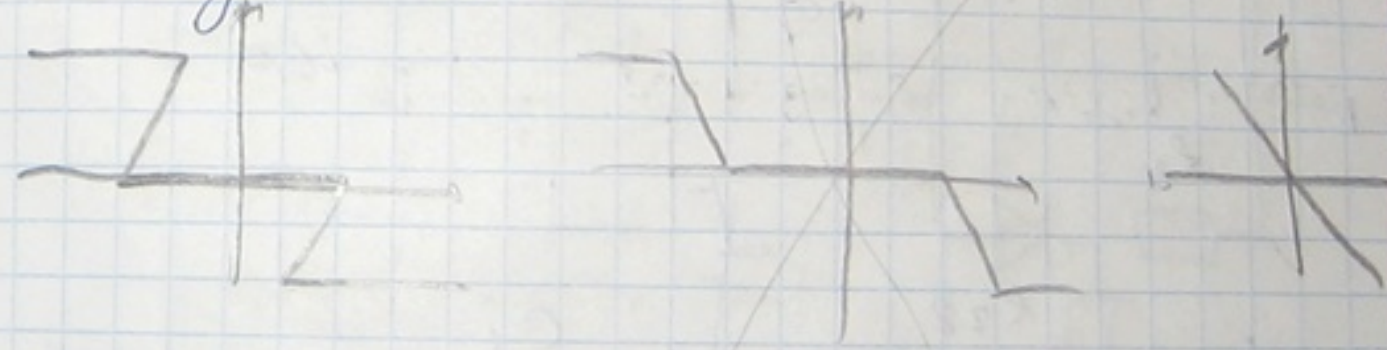




КОВ 1,3 должен иметь токовой вход, т.е. выполнение 9л. в обратной связи (2 строка)



Получение



Ост. каскад должен быть построен на токовой хар., а с ток. входа

получить идеальную



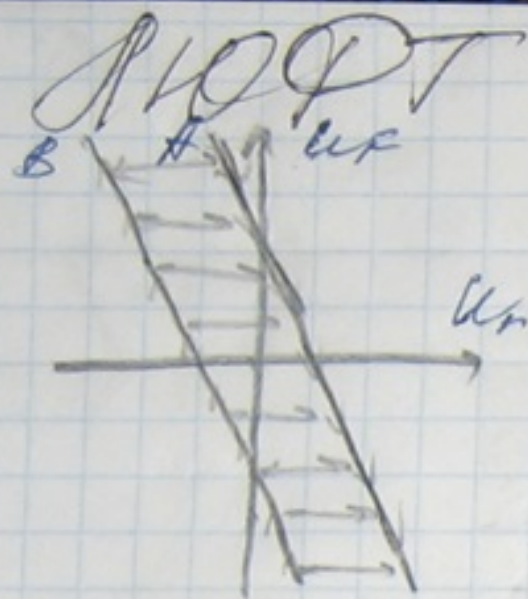
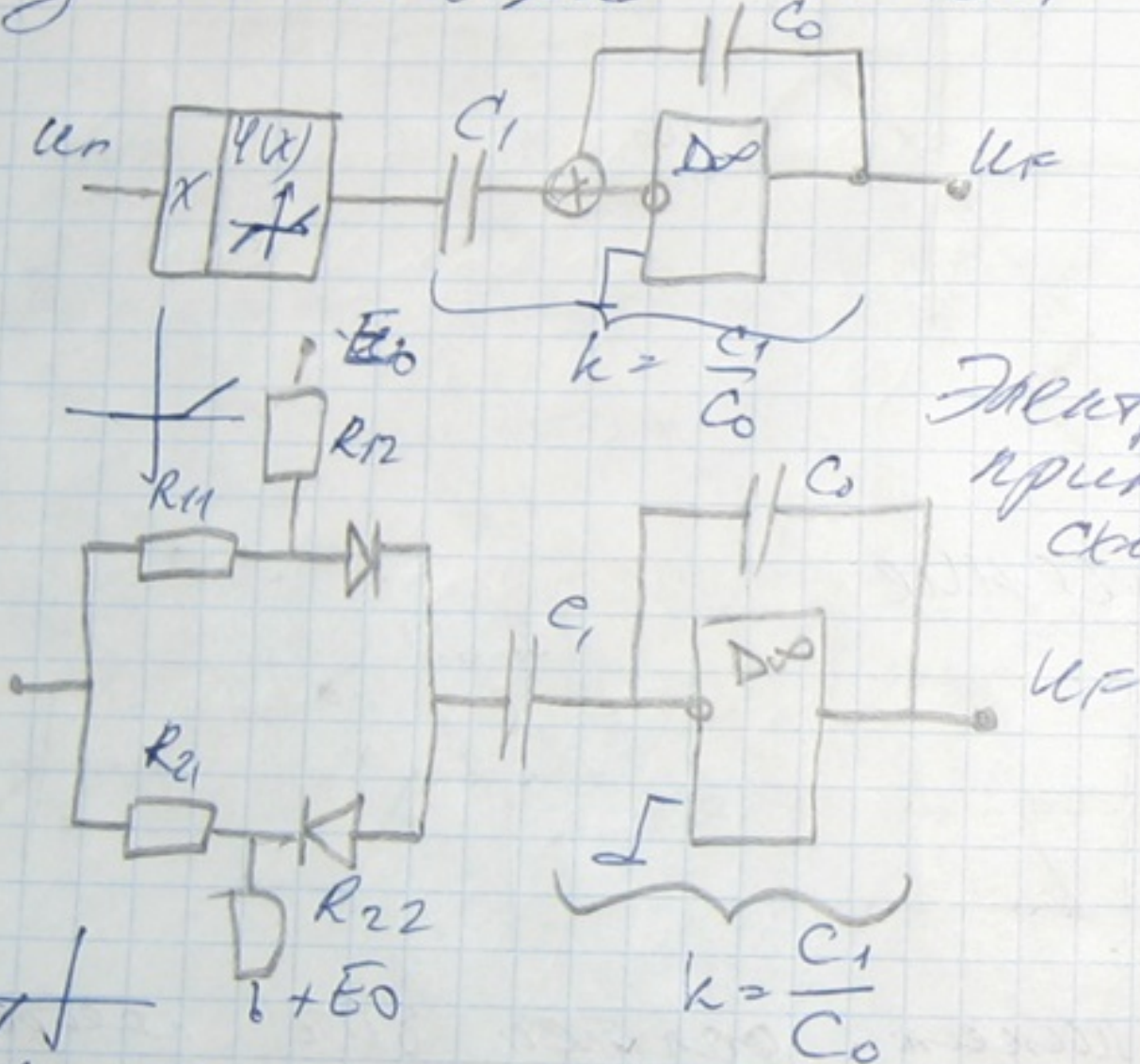
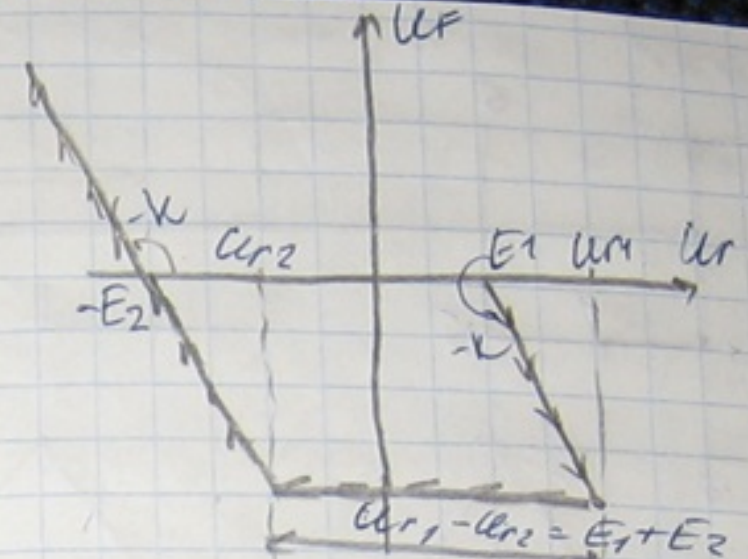


Схема должна  
 быть выполнена  
 кот. моделирует  
 зону координат  
 аналоговых величин, и  
 запоминающий элемент



Условно заменим 3-х портовый  
 элемент 2-х портовым

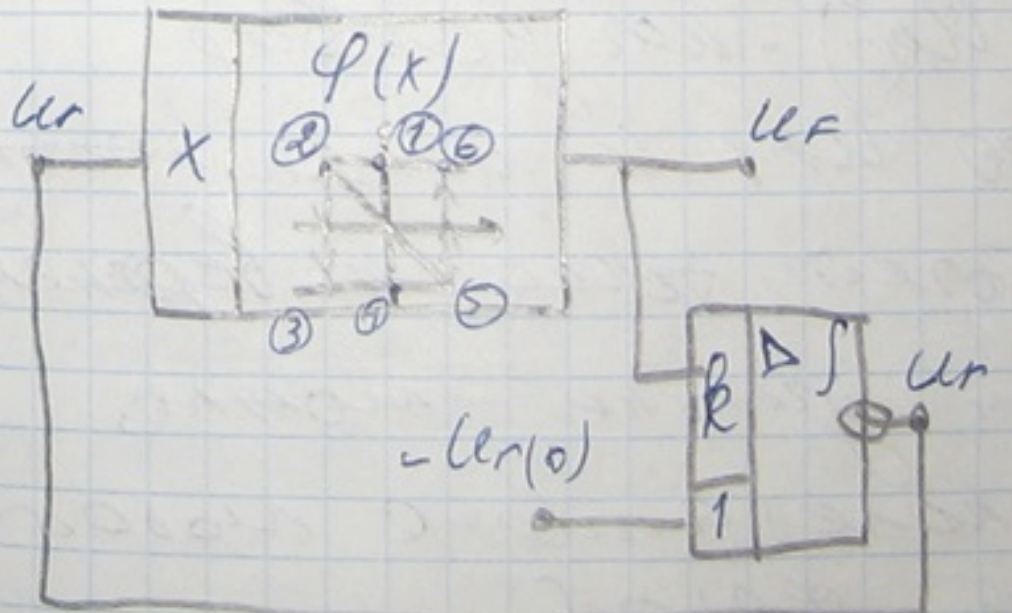
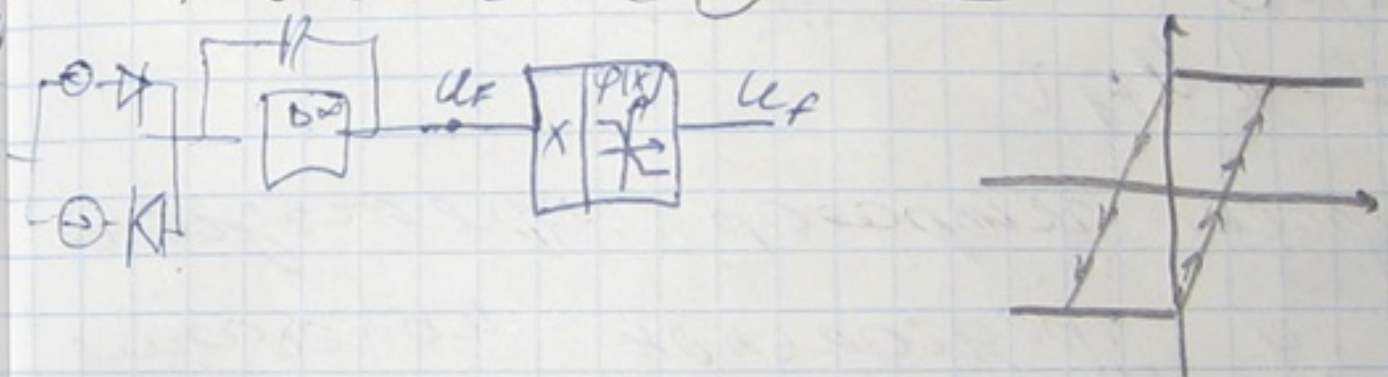


во время останова ( $U_m$ )

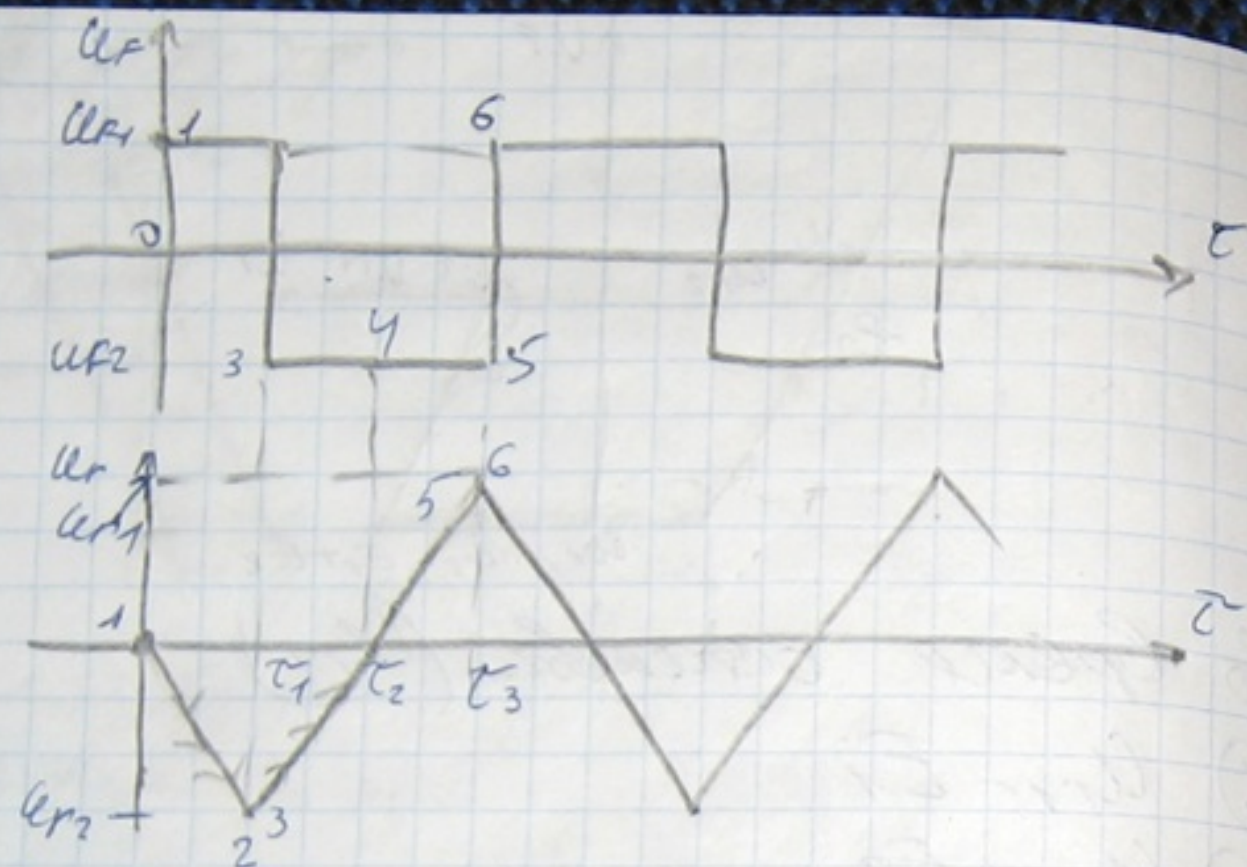
- ①  $U_{r1} - E_1$
- ②  $U_{r1} + E_2$
- ③  $U_{r1} - E_1$

$$U_{r2} + E_2 = U_{r1} - E_1 \quad U_{r1} - U_{r2} = E_1 + E_2$$

### РАСПЕЛЗУС







Находим в (1) в начальный момент времени

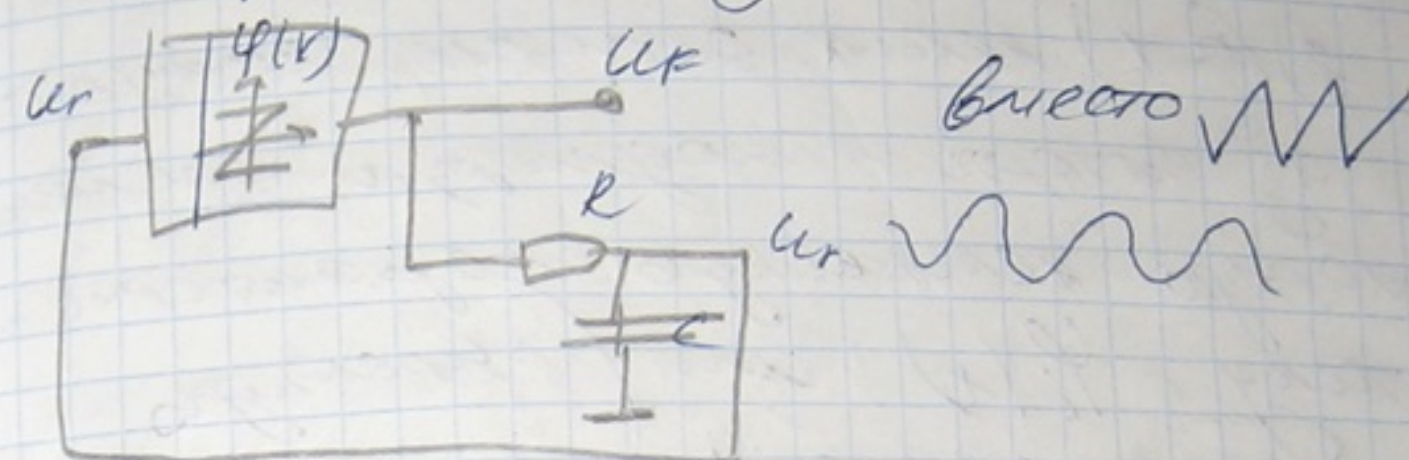
$$u_{r2} = \int k u_{r1} dt + (u_{r1}(0))$$

$$u_{r1}(0) = 0$$

$$u_{r2} = -k u_{r1} t$$

Получаем генератор пилообразных и треугольных колебаний. Изменяя  $u_{r1}(0)$  — нач. уровень  $u_{r2}$  до  $u_{r1}$  и меняя коэффициент на работе точки на вершине или нулевым участке, можно получить колебание с любой начальной фазой.

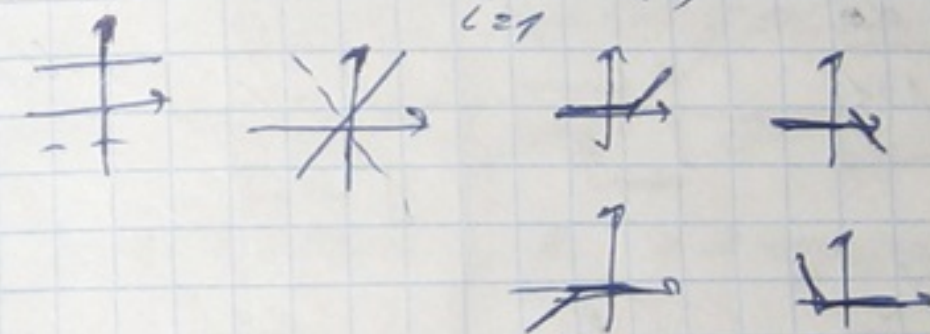
Если надо получить хар-ну  $\frac{1}{t}$  то прямой вход в  $u_{r1}$



Функциональный универсальный преобразователь

$$x_0 = 0$$

$$y = \Phi(x) = f(0) + \Phi x + \sum_{i=1}^{n-1} \Phi_i(x)$$



Состав любого функ. преобразователя, основанного на принципе кусочно-линейной аппроксимации для  $x_0 = 0$ .

1) линейный элемент, кот. моделирует начальное значение  $f(0)$



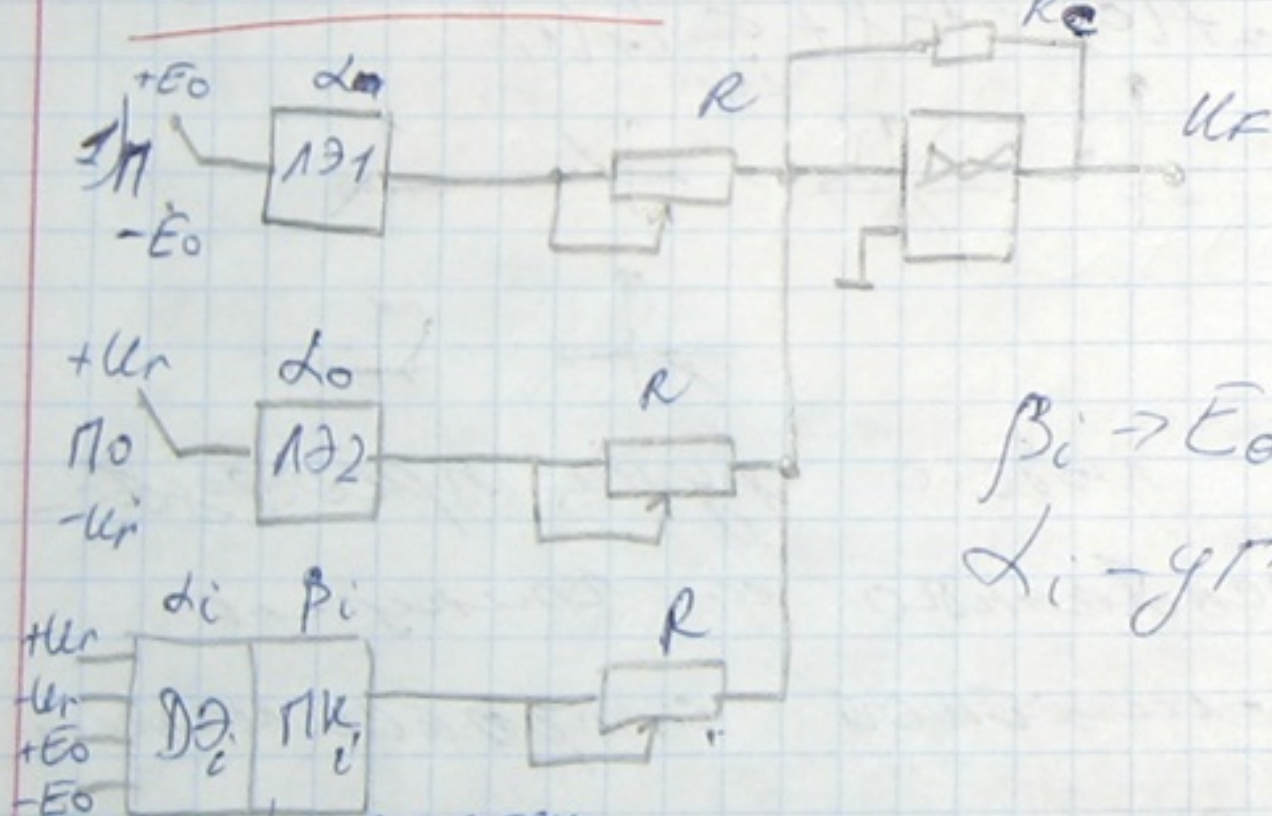
2) мик. ЭИ, кот. моделирует каскадные каналы

3)  $(n-1)$  нелинейных элементов, каждый из которых моделирует элементарную нелинейную характеристику  $\varphi_i(x)$  или (линейную с ограничением)

4) сумматор на  $(n+1)$  входов

Лемма 18

21.12.2006



$\beta_i \rightarrow E_0 \varphi_i$   
 $L_i$  — угл. коэф.

дискретный элемент  
 переключатель  
 квадратов  
 (на 4 комбинации)  
 ренним по отпиранию

существует 3 способа уменьшения квадрата характеристики

1) подключение инвертора ко входу (инвертирует зеркало по ординатам)

2) —||— ко выходу (зеркало по абсциссам)

3) отобр. изменение выходящего сигнала и поперности опорного (двойное зеркальное отображение)

Применение 2 и 3 способа

— получают любой квадрат.

2 вариант — требует оп. усилитель и резистор к каждому элементу.

3 вариант — только переключатель.

Поэтому используют всегда

1 и 3 способ.

$-E_0 + U_r$  IV

$-E_0 - U_r$  III

$+E_0 + U_r$  II

$+E_0 - U_r$  I

работе переключателя



для  $x_0 = x_{\max}$  или  $x_0 = x_{\min}$  в состав  
функ. преобразователя входит

- 1) мин. элемент  $f(x_0)$
- 2)  $n+1$  минимальных элементов

Такой миним. элемент можно  
реализовать без переключателя  
квадратов (и I и IV для  $x_{\min}$ ,  
II и III для  $x_{\max}$ ) с любым отн/зам.  
Используем квадратный элемент  
с 2-мя точками входами.

**Составление карты настройки  
и настройка ДУФП**

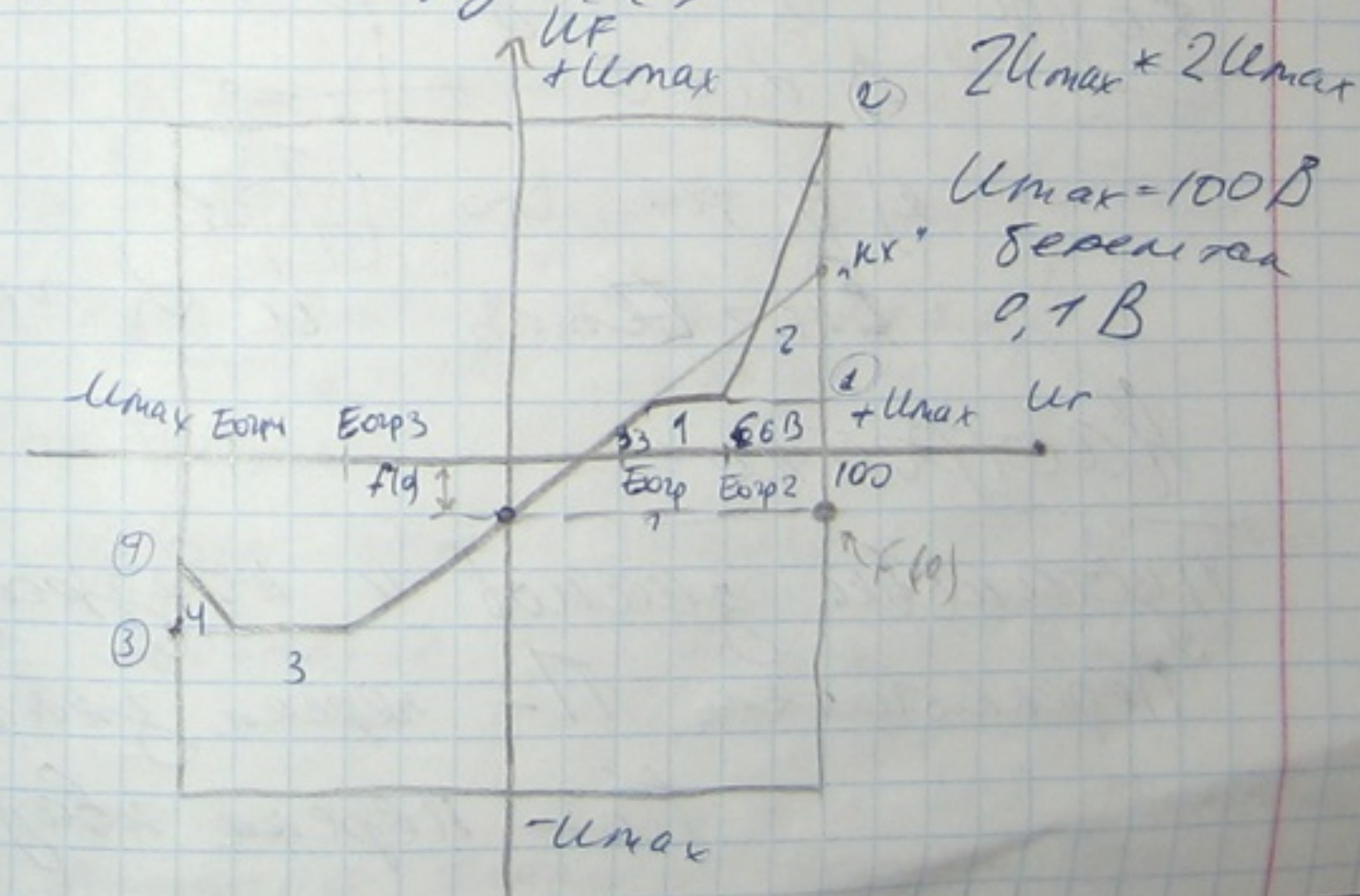
(двог. универс. функ. преобрз.)

При составлении карты настройки  
имеем виду, что настраивать  
любой элемент, контролируем  
не характеристику этого элемента,  
а суммарную характеристику  
всего ДУФП

Карта настройки ДУФП ( $x_0 = 0$ )

"F(x)"	"F(0)"	"kx"	1	2	3	4	5
Знак "F(0)"	—	+	IV	I	II	III	
Знак "kx"							
Знак квадр. эл.							
Отр. по $x^*$ ( $E_{отр}$ )			$E_{отр1}$ 40	$E_{отр2}$ 86	$E_{отр3}$ 50	$E_{отр4}$ 85	
Касор $U_r^*$	+100	100	180	100	-100	-180	
F(x)" $U_F^*$	-18	60	18	100	-50	-33	

При правильном масштабе логично  
каждые квадраты с фактором  
в начале координат



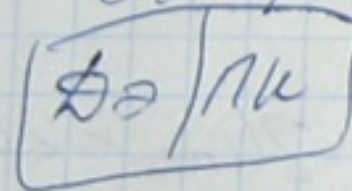


При настройке любого линейного участка удобно задавать координаты точки пересечения продолжения этого линей участка со сторонами квадрата.

Переключатели знаков и квадратов в кат. показаны в любом положении.

1 - вводится на 0 ( $H(0)=0$ )  
(101 закрыв, на входе "0")

102 тоже закрывается



каждо тоже закрыв

1)  $d_i = 0$

2)  $b_i$  так, что

$E_{0r} > E_{max}$  и  $\Delta$  макс.

## Настройка

1) установка знаков и квадратов

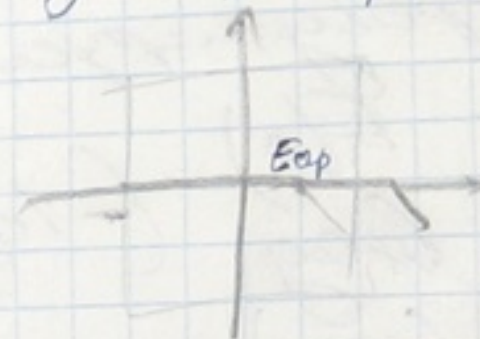
Переключатель П - перека. знаки

К0 - перека. квадратов

ставятся в положение, соответствующее информации первой строки карты настройки.

2) Настройка ограничения по  $x$  координат элементов (настройка  $E_{0r}$ )

На вход подаем  $U_{zt} = U_r = E_{0r}$   
где  $E_{0r}$  - значение элемента



уменьшаем значение при этом уменьш.

$E_{0r}$

Когда  $|E_{0r}|$  станет  $< |E_{0r}^*|$  то на входе будет напряжение

(двух элемент оторосе)

$$\Delta E_{0r} = E_{0r}^* - E_{0r}$$

тогда  $\Delta E_{0r}$  было меньше надо  $\Delta U$  меньше  
когда больше (переходим к следующему элементу шкалы вольтметра)

После установки  $E_{0r}$  для  $\Delta E$  закрываем этот элемент, делаем  $d_i = 0$



тогда этот элемент не будет  
менять настроек функций  
и так последовательно  
настраиваем остальные

2) Набор  $\Delta x$

3.1. устанавливаем начальное  
значение функции

$$U_{\text{эт}} = U_n = U_n^* \text{ из } "F(0)" \text{ (по } 100\%)$$

Используя  $\Delta$  и  $R$  регулируем  
до тех пор  $U_k = U_k^*$  для  $F(0)$

3.2. Настройка "кх" на входе (-100)

$$U_{\text{эт}} = U_k = U_k^* \text{ из } "кх" \text{ (100)}$$

Используя  $\Delta$  и  $R$  до тех пор  
пока  $U_k = U_k^*$  из "кх" (60)

3.3. Настройка значений  
граничных по табл. 

1	2	3	4
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1

Если по, можно менять  $R$ ,  
менять все участки меняются

Если заданная  $F(x)$ , а набор  $\Delta x$   
 $F(x)$  настраиваем

Для  $K_{\min}$ ,  $K_{\max}$ ,  $T_D$   
нет строк I (IV I' II III)  
и столбца кх