

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МАГНИТОГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Г.И. НОСОВА»

Кафедра автоматизированных систем управления

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по дисциплине «Электроника в управляющих устройствах»

Выполнил: студент **Иванов И.И.**

Группа: зАТСб-16-1

Шифр: 27.03.04 «Управление в технических системах»

Курс: 3

Проверил: ст. преподаватель кафедры АСУ Самарина И.Г.

Магнитогорск

2019

## СОДЕРЖАНИЕ

Содержание выполняется автоматическое, с помощью средств Word.

Содержание.....	2
Введение .....	4
1 Выбор термоэлектрического преобразователя .....	5
1.1 Построение номинальной статической характеристики преобразователя .....	5
1.2 Чувствительность термоэлектрического преобразователя .....	7
2 Расчет параметров нормирующего преобразователя .....	10
Список используемых источников.....	13

## **ВВЕДЕНИЕ**

Описать особенности работы с термопарами 1-2 стр

По тексту должны быть сделаны ссылки на литературу, например [3].

# 1 ВЫБОР ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

## 1.1 Построение номинальной статической характеристики преобразователя

Используя ГОСТ 8.585 – 2001 «Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования», найдём НСХ термоэлектрического преобразователя градуировки ХА (К). Численные значения температуры рабочего конца и термоэдс для температуры свободных концов при 0 °С приведены в таблице 1. Далее выберем одну из подходящих для требуемого диапазона температур термопару. Таким образом, выбираем термоэлектрический преобразователь типа ТХА с условным обозначением НСХ преобразования ХА (К). Диапазон измеряемых температур при длительном применении составляет -200...+1000 °С, что вполне удовлетворяет требуемому диапазону измеряемой температуры.

2. Согласно ГОСТ 8.585 – 2001, НСХ термопары называется зависимость термоэлектродвижущей силы (ТЭДС) от температуры рабочего конца термопары при температуре свободных концов 0 °С [1].

График номинальной статической характеристики представлен на рисунке 1.

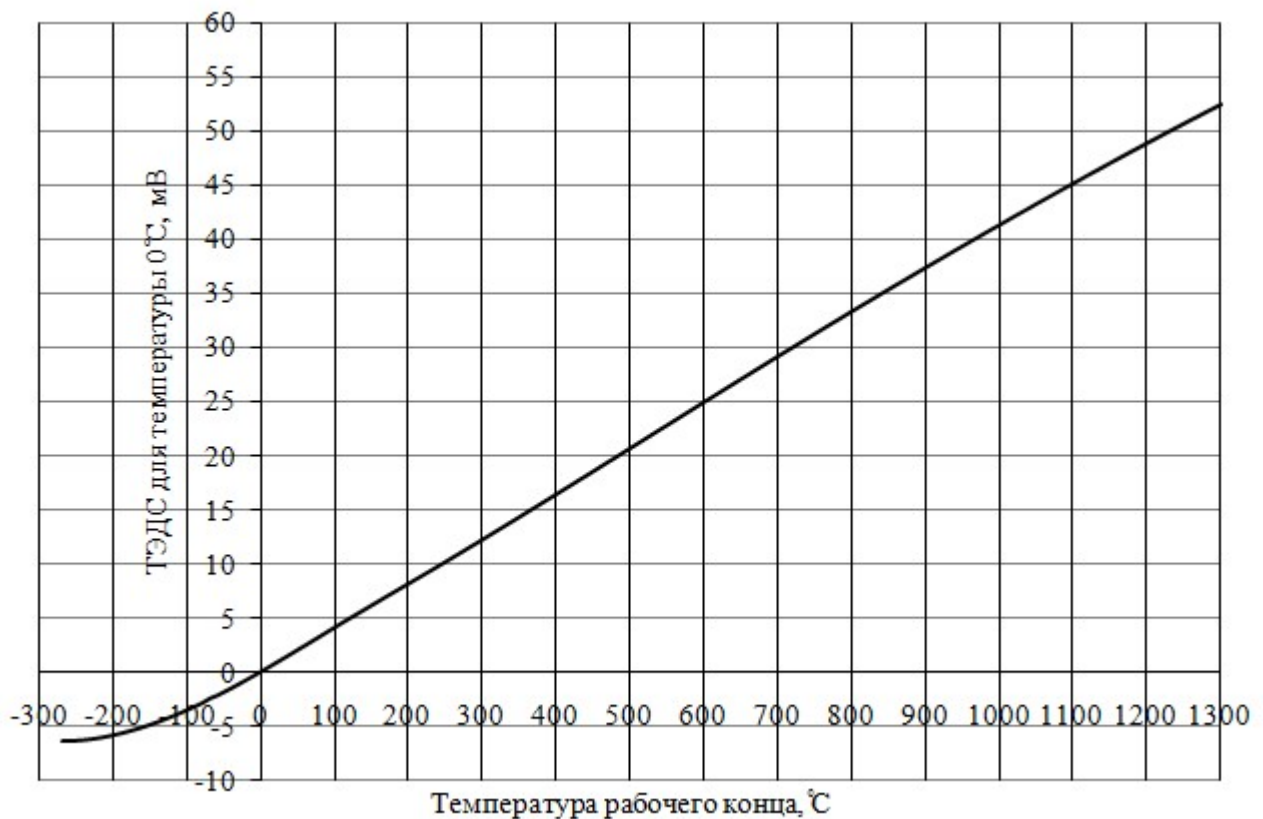


Рисунок 1 – Номинальная статическая характеристика

Таблица 1 – Номинальная статическая характеристика преобразования термопары ХА (К)

Температура рабочего конца, °С	ТЭДС для температуры 0°С
-270	-6,458
-260	-6,441
-250	-6,404
-240	-6,344
-230	-6,262
-220	-6,158
-210	-6,035
-200	-5,891
-190	-5,73
-180	-5,55
-170	-5,354
-160	-5,142
-150	-4,914
-140	-4,67
-130	-4,41
-120	-4,138
-110	-3,852
-100	-3,553
-90	-3,242
-80	-2,92
-70	-2,506
-60	-2,243
-50	-1,889
-40	-1,527
-30	-1,157
-20	-0,777
-10	-0,392
0	0
10	0,397
20	0,798
30	1,203
40	1,611
50	2,022
60	2,436
70	2,85
80	3,266
90	3,681
100	4,095
110	4,508
120	4,919
130	5,327
140	5,733

Температура рабочего конца, °С	ТЭДС для температуры 0°С
150	6,137
160	6,539
170	6,939
180	7,338
190	7,737
200	8,137
210	8,537
220	8,938
230	9,341
240	9,745
250	10,151
260	10,56
270	10,969
280	11,381
290	11,793
300	12,207
310	12,623
320	13,039
330	13,456
340	13,874
350	14,292
360	14,712
370	15,132
380	15,552
390	15,974
400	16,395
410	16,818
420	17,241
430	17,664
440	18,088
450	18,513
460	18,938
470	19,363
480	19,788
490	20,214
500	20,64
510	21,066
520	21,493
530	21,919
540	22,346
550	22,772
560	23,198

Температура рабочего конца, °С	ТЭДС для температуры 0°С
570	23,624
580	24,05
590	24,476
600	24,902
610	25,327
620	25,751
630	26,176
640	26,599
650	27,022
660	27,445
670	27,867
680	28,288
690	28,709
700	29,128
710	29,547
720	29,965
730	30,383
740	30,799
750	31,214
760	31,629
770	32,042
780	32,455
790	32,866
800	33,277
810	33,686
820	34,095
830	34,502
840	34,909
850	35,314
860	35,718
870	36,121
880	36,524
890	36,925
900	37,325
910	37,724
920	38,122
930	38,519
940	38,915
950	39,31
960	39,703
970	40,096
980	40,488

Температура рабочего конца, °С	ТЭДС для температуры 0°С
990	40,879
1000	41,269
1010	41,657
1020	42,045
1030	42,432
1040	42,817
1050	43,202
1060	43,585
1070	43,968
1080	44,349
1090	44,729
1100	45,108

Температура рабочего конца, °С	ТЭДС для температуры 0°С
1110	45,486
1120	45,863
1130	46,238
1140	46,612
1150	46,985
1160	47,356
1170	47,726
1180	48,095
1190	48,462
1200	48,828
1210	49,192
1220	49,555

Температура рабочего конца, °С	ТЭДС для температуры 0°С
1230	49,916
1240	50,278
1250	50,633
1260	50,99
1270	51,344
1280	51,697
1290	52,049
1300	52,398

## 1.2 Чувствительность термоэлектрического преобразователя

Для определения чувствительности термопары во всём диапазоне температур следует воспользоваться формулой:

$$K_{\text{ВХ}} = \frac{dE}{dt} = \frac{E_t - E_{t-1}}{t_t - t_{t-1}} \quad (1)$$

где  $E_t$  – текущее значение термоэдс, мВ;

$E_{t-1}$  – предыдущее значение термоэдс, мВ;

$t_t$  – текущее значение температуры, °С;

$t_{t-1}$  – предыдущее значение температуры, °С.

Наиболее целесообразно определять чувствительность для двух соседних значений температуры и соответствующим им значений термоэдс.

График зависимости чувствительности термопары от температуры представлен на рисунке 2.

В таблице 2 представлены расчётные значения для построения графика зависимости чувствительности термопары от температуры её рабочего конца.

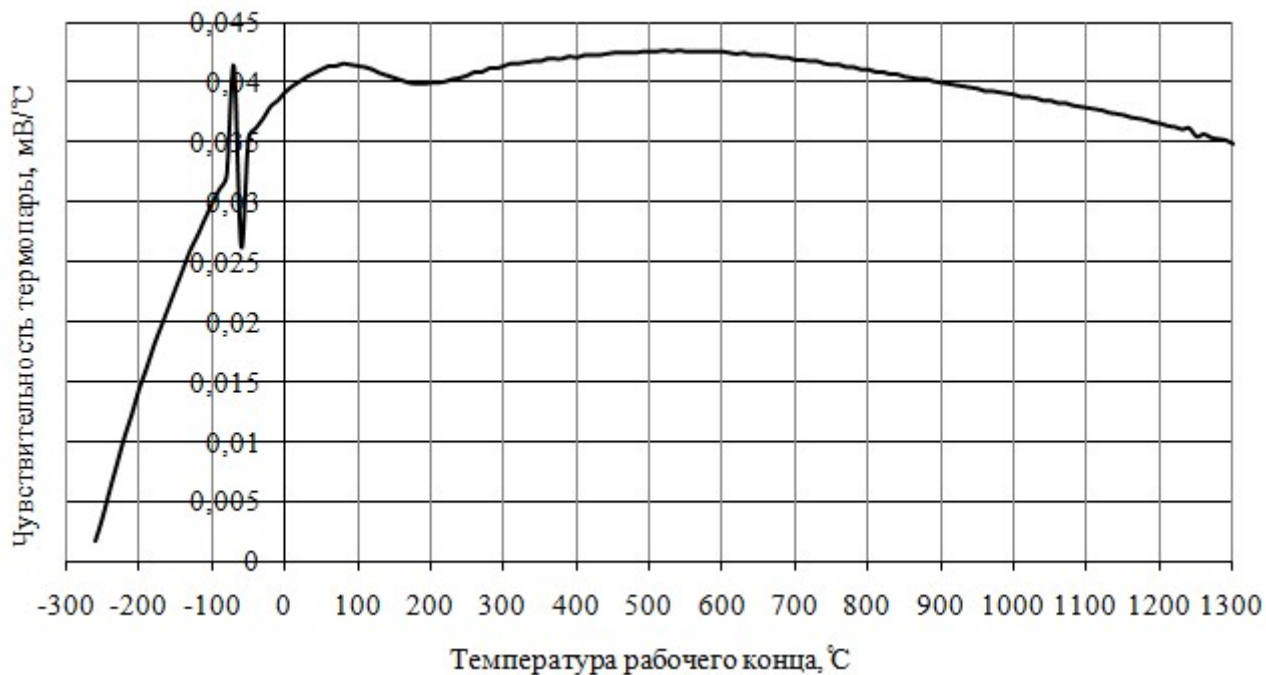


Рисунок 2 – График зависимости чувствительности термопары от температуры её рабочего конца

Таблица 2 – Зависимость чувствительности термопары от температуры её рабочего конца

Температура рабочего конца, °C	Чувствительность термопары, мВ/°C
-270	-
-260	0,0017
-250	0,0037
-240	0,006
-230	0,0082
-220	0,0104
-210	0,0123
-200	0,0144
-190	0,0161
-180	0,018
-170	0,0196
-160	0,0212
-150	0,0228
-140	0,0244
-130	0,026
-120	0,0272
-110	0,0286
-100	0,0299
-90	0,0311
-80	0,0322
-70	0,0414

Температура рабочего конца, °C	Чувствительность термопары, мВ/°C
-60	0,0263
-50	0,0354
-40	0,0362
-30	0,037
-20	0,038
-10	0,0385
0	0,0392
10	0,0397
20	0,0401
30	0,0405
40	0,0408
50	0,0411
60	0,0414
70	0,0414
80	0,0416
90	0,0415
100	0,0414
110	0,0413
120	0,0411
130	0,0408
140	0,0406

Температура рабочего конца, °C	Чувствительность термопары, мВ/°C
150	0,0404
160	0,0402
170	0,04
180	0,0399
190	0,0399
200	0,04
210	0,04
220	0,0401
230	0,0403
240	0,0404
250	0,0406
260	0,0409
270	0,0409
280	0,0412
290	0,0412
300	0,0414
310	0,0416
320	0,0416
330	0,0417
340	0,0418
350	0,0418

Температура рабочего конца, °С	Чувствительность термопары, мВ/°С
360	0,042
370	0,042
380	0,042
390	0,0422
400	0,0421
410	0,0423
420	0,0423
430	0,0423
440	0,0424
450	0,0425
460	0,0425
470	0,0425
480	0,0425
490	0,0426
500	0,0426
510	0,0426
520	0,0427
530	0,0426
540	0,0427
550	0,0426
560	0,0426
570	0,0426
580	0,0426
590	0,0426
600	0,0426
610	0,0425
620	0,0424
630	0,0425
640	0,0423
650	0,0423
660	0,0423
670	0,0422
680	0,0421
690	0,0421

Температура рабочего конца, °С	Чувствительность термопары, мВ/°С
700	0,0419
710	0,0419
720	0,0418
730	0,0418
740	0,0416
750	0,0415
760	0,0415
770	0,0413
780	0,0413
790	0,0411
800	0,0411
810	0,0409
820	0,0409
830	0,0407
840	0,0407
850	0,0405
860	0,0404
870	0,0403
880	0,0403
890	0,0401
900	0,04
910	0,0399
920	0,0398
930	0,0397
940	0,0396
950	0,0395
960	0,0393
970	0,0393
980	0,0392
990	0,0391
1000	0,039
1010	0,0388
1020	0,0388
1030	0,0387

Температура рабочего конца, °С	Чувствительность термопары, мВ/°С
1040	0,0385
1050	0,0385
1060	0,0383
1070	0,0383
1080	0,0381
1090	0,038
1100	0,0379
1110	0,0378
1120	0,0377
1130	0,0375
1140	0,0374
1150	0,0373
1160	0,0371
1170	0,037
1180	0,0369
1190	0,0367
1200	0,0366
1210	0,0364
1220	0,0363
1230	0,0361
1240	0,0362
1250	0,0355
1260	0,0357
1270	0,0354
1280	0,0353
1290	0,0352
1300	0,0349



## 2 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ НОРМИРУЮЩЕГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Поскольку диапазон рабочих температур составляет  $+200..+1\ 000\ ^\circ\text{C}$ , то диапазон входных напряжений составляет  $8,137...41,269\ \text{мВ}$ , которые необходимо отмасштабировать до уровня выходного сигнала соответствующего диапазона  $0..10\ \text{В}$ . Для этого можно применить масштабирующий усилитель (нормирующий преобразователь) типа «преобразователь напряжение-напряжение», схема которого показана на рисунке 3.

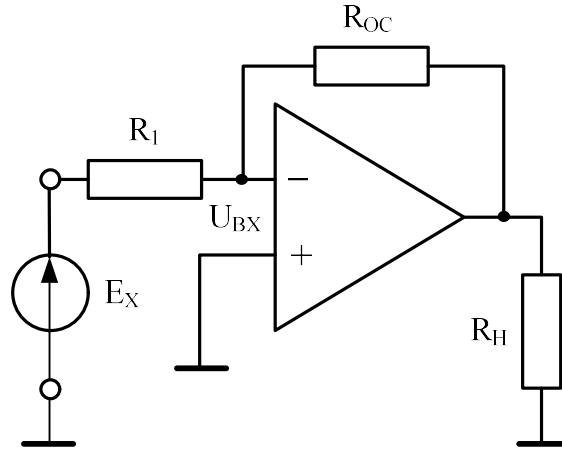


Рисунок 3 – Схема нормирующего преобразователя напряжение-напряжение

На рисунке 4 представлена электрическая схема, эквивалентная схеме на рисунке 3 [2].

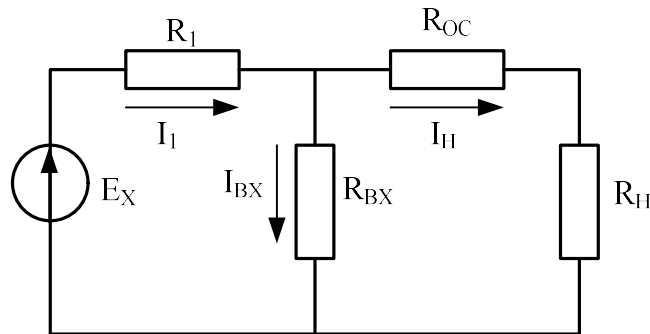


Рисунок 4 – Эквивалентная электрическая схема

Проанализируем эквивалентную схему:

$$\begin{cases} E_x = U_{R1} + U_{BX} \\ U_{BX} = I_H \cdot R_{OC} + U_H \\ I_1 = I_H + I_{BX} \\ I_{BX} = \frac{U_{BX}}{R_{BX}} \end{cases} \quad (2)$$

$$I_{BX} = \frac{E_x}{R_1} - \frac{U_{BX}}{R_1} \quad (3)$$

$$I_H = \frac{U_{BX}}{R_{OC}} - \frac{U_H}{R_{OC}} \quad (4)$$

$$\frac{E_X}{R_1} - \frac{U_{BX}}{R_1} = I_H + I_{BX} = \frac{U_{BX}}{R_{OC}} + \frac{U_{BX}}{R_{OC}} - \frac{U_H}{R_{OC}} \quad (5)$$

Преобразуем выражение (5) следующим образом:

$$\frac{E_X}{R_1} + \frac{U_H}{R_{OC}} = U_{BX} \left( \frac{1}{R_{BX}} + \frac{1}{R_{OC}} + \frac{1}{R_1} \right) \quad (6)$$

Поскольку  $U_{BX} \approx 0$  то

$$\frac{E_X}{R_1} + \frac{U_H}{R_{OC}} \approx 0 \quad (7)$$

следовательно:

$$U_H = -E_X \cdot \frac{R_{OC}}{R_1} \quad (8)$$

Отношение  $\frac{R_{OC}}{R_1}$  является коэффициентом усиления нормирующего преобразователя.

Масштабирующий усилитель представляет собой неинвертирующий операционный усилитель, следовательно, инвертирующий коэффициент усилителя можно рассчитать из соотношения (8) [3].

Примем  $R_{OC} = 30 \text{ кОм}$  (это необходимо подкрепить чем-то), тогда:

$$R_1 = \frac{R_{OC}}{K} = \frac{30\,000}{243,313} = 123,8 \text{ Ом.} \quad (9)$$

**Почему  $K = 242,313$ , прописать**

5. Статической характеристикой масштабирующего усилителя (нормирующего преобразователя) называется зависимость выходного напряжения от входного, т.е. функция вида  $U_{ВЫХ} = f(U_{ВХ})$ . Значения выходных напряжений, рассчитанные из соотношения (8) на основе известных сопротивлений  $R_1$  и  $R_{OC}$  для начального, нескольких промежуточных, и конечного значений входных сигналов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Статическая характеристика масштабирующего усилителя без смещения

Входной сигнал (сигнал с термопары), мВ	Выходной сигнал, В
8,137	-1,97180937
10,151	-2,459854604
15,132	-3,666882068
20,214	-4,898384491
25,327	-6,137399031
30,383	-7,362600969
35,314	-8,557512116
41,269	-10,00056543

Зависимость выходного сигнала от входного представлена на рисунке 5.

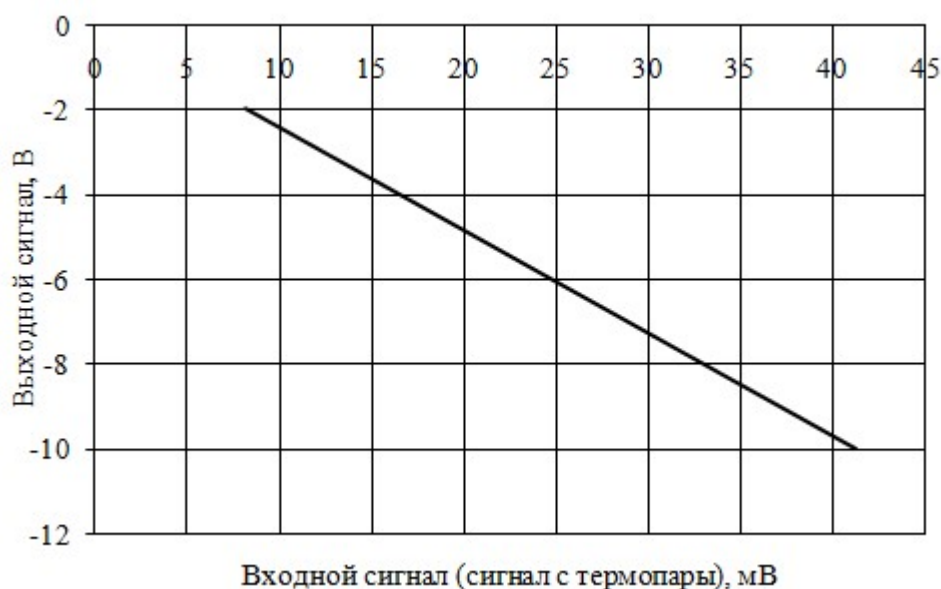


Рисунок 5 – Статическая характеристика рассчитанного инвертирующего нормирующего преобразователя

**Вывод:** при входном сигнале 8,137 мВ не удалось получить выходной сигнал 0 В, поскольку в используемом нормирующем преобразователе не поддерживается смещение сигнала по уровню. Для корректного масштабирования можно применить схему, представленную на рисунке 6.

**Нужно обосновать как можно компенсировать смещение нуля (привести схему и объяснить ее работу)**

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 8.585 – 2001 Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1989.
2. Титце, У. Полупроводниковая схемотехника [Текст]: учебник в 2-х т. / У. Титце, К. Шенк; Пер. с нем. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 832 с.: ил. – 1 т. ISBN 5-94074-148-7.
3. Хорвиц, П. Искусство схемотехники [Текст]: учебник / П. Хорвиц, У. Хилл; Пер. с англ. – М.: БИНОМ, 2014 – 704 с.: ил. ISBN 978-5-9518-0351-1.