

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им.
В.Ф.Уткина»

КРЮКОВ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Учебное электронное издание комплексного распространения

Рязань РГРТУ 2021

© Все права защищены

УДК 621.311.6: 621.396.6

ББК 31.264.5

Энергосберегающие технологии

Для студентов специальностей 11.03.01 Радиотехника, 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

В ходе занятия формируются **компетенции ПК-2:**

Способен реализовать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов.

Способен организовывать и проводить экспериментальные исследования с целью оценки качества предоставляемых услуг, соответствия требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов.

Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, а также принципиальные схемы радиоэлектронных устройств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ.

Литература, использованная автором:

1. Энергосберегающие технологии в беспроводной радиоэлектронной аппаратуре: методические указания к лабораторным работам /Рязан. гос.

радиотехн. ун-т; сост.: Н.Г.Кипарисов, Е.В.Васильев, В.Н.Сухоруков. - Рязань, 215 г., 64 с. № 4943.

2. Крюков А.Н. Построение графиков в одних осях в Calc. Учебное электронное издание комплексного распространения. [Электронный ресурс] № 7203 <https://elib.rsreu.ru/ebs/download/3204?>

Минимальные системные требования: Процессор 1,3 GGz, 512 Мб RAM, SVGA (800x600), HDD 3 Gb, просмотрщик документов в формате *.pdf

Зарегистрировано редакционно-издательским центром РГРТУ

391005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1 01.01.2021 № 7049

Объём 1,7 Мб. Тел. (4912) 72-03-48, Email: kryukov.a.n@rsreu.ru,
<https://www.rsreu.ru>

©

Цели:

- реализовать программу экспериментальных исследований;
- экспериментально исследовать выходные характеристики термопреобразователя;
- оценить качества термопреобразователя.

Введение

В лабораторной работе экспериментально исследуются температурные и вольтамперные характеристики (ВАХ) термоэлектрических полупроводниковых преобразователей (ТЭПП) ТЭС1-12706 (элементов Пельтье) китайской фирмы dIutome на керамической подложке.

Нагрев ТЭПП производится настольной лампой с регулированием диммером.

По результатам измерений заполняются таблицы, строятся графики [2], определяются выходные сопротивления, напряжения холостого хода, токи короткого замыкания, максимальная генерируемая мощность. Оцениваются качества ТЭПП.

1. Схема лабораторной установки

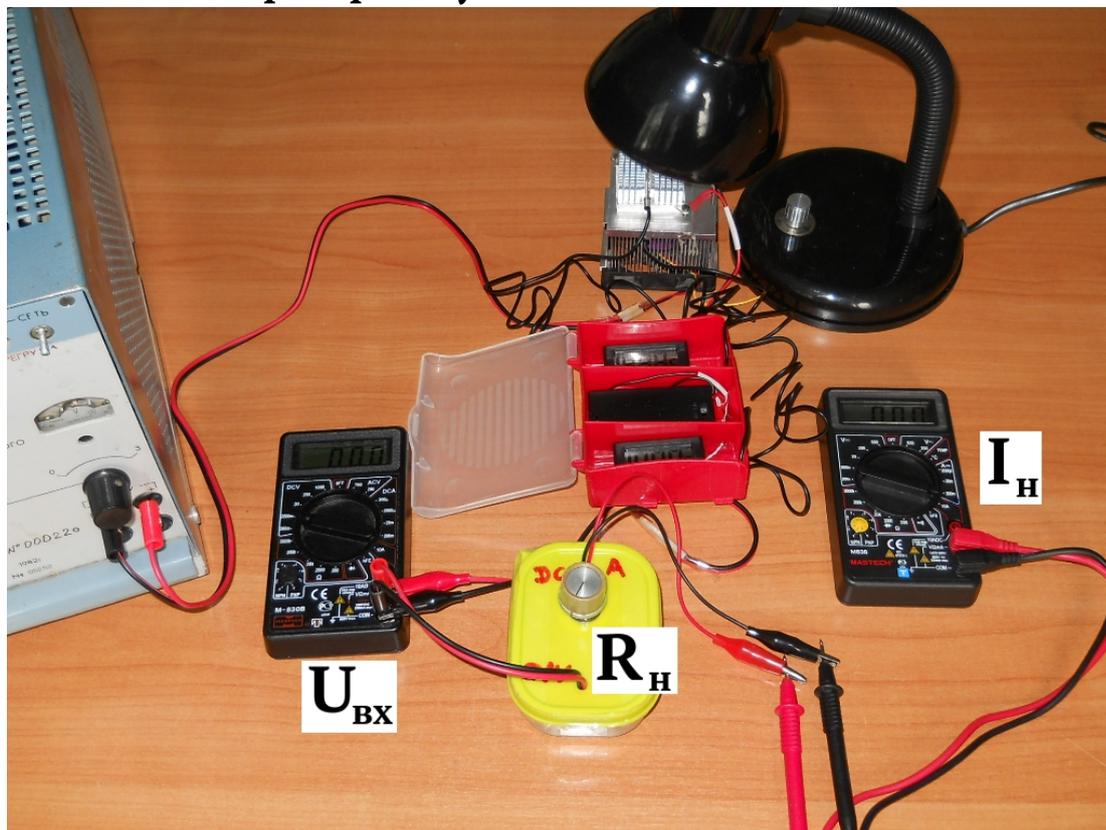


Рисунок 1. Лабораторная установка для измерения характеристик ТЭПП

2. Выбор технических средств

На рис. 1 левый авометр лабораторной установки используется в режиме вольтметра постоянного напряжения с пределом 2000 мВ и измеряет выходное напряжение ТЭПП - входное напряжение $U_{вх}$, правый - в режиме миллиамперметра постоянного тока с пределом 20 мА измеряет ток нагрузки I_n . Сопротивление нагрузки R_n можно изменять ручкой лабораторного макета.

1. Установите переключатели пределов измерения авометров в соответствии с рис. 2.
2. Подключите «бананы» лабораторного макета к нижним гнездам левого авометра.
3. Подключите «крокодилы» ТЭПП к «бананам» макета параллельно.
4. Подключите щупы миллиамперметра параллельно «крокодилам» лабораторного макета.
5. Ручку переменного резистора R_n на лабораторном макете поверните против часовой стрелки до упора.
6. Измерительную головку верхнего термометра вложите в отверстие верхнего радиатора, а измерительную головку нижнего — в отверстие нижнего радиатора.

7. Подключите провода питания вентилятора к лабораторному блоку питания и установите переключателем напряжение на его выходе 12 В. Тумблером питание лабораторного блока не включайте.
8. Убедитесь в свободном вращении вентилятора.
9. Предъявите собранную лабораторную установку преподавателю.

3. Программа экспериментальных исследований

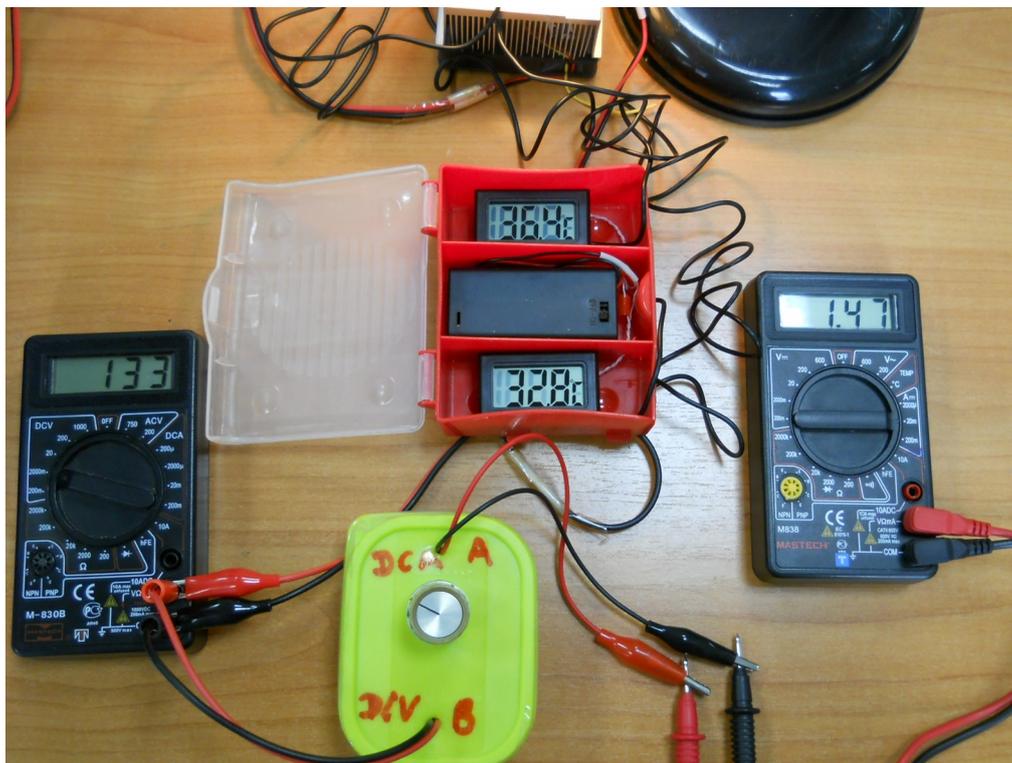
3.1. Исследование температурной характеристики ТЭПП

10. Откройте LibreOffice Writer, щёлкнув по его ярлыку запуска. Сохраните пустой файл с названием «ЛРЗФамилияГруппа.docx» английскими малыми буквами, например lr3iwanow782.docx в папке «Документы» - «ЭСТ».
11. Вставьте в файл Таблицу 1 из 5 строк и 6 — 7 столбцов, для чего откройте окна Таблица — Вставить таблицу.

Таблица 1. Температурная характеристика ТЭПП

T₁, °C	33,6	34,4	36,5	37,9	40,5	41,6
T₂, °C	30,2	30,2	30,6	31,3	32,5	32,8
U_{вх}, мВ	111	146	190	205	235	246
I_н, мА	1,0	1,3	1,7	1,8	2,68	2,82
P_н, мВт	111	189,8	323	369	629,8	693,7

12. Включите питание термометров, переведя переключатель на батарейном отсеке в положение ON.



Включите тумблер питания вентилятора ТЭПП и убедитесь в его свободном вращении. Включите питание настольной лампы, поверните её регулятор на максимальное освещение и направьте на верхний радиатор термогенератора.

Рисунок 2. Питание лабораторной установки включено

13. Снимите температурную характеристику ТЭПП. Для этого каждые 30 с записывайте в Таблицу 1 в файле «ЛРЗФамилияГруппа.docx» показания обоих термометров, значения тока и напряжения на выходе ТЭПП. Записи продолжайте до установления постоянных значений температур, тока и напряжения. Не обращайте внимания на небольшие изменения показаний из-за шумов.

Зелёные цифры в таблице 1 приведены для примера

3.2. Исследование ВАХ ТЭПП

14. Аналогично п.п. 10, 11 вставьте в файл «ЛРЗФамилияГруппа.docx» таблицы 2 — 4 для записи ВАХ ТЭПП от разности температур.

Таблица 2. ВАХ ТЭПП при максимальной разности температур

T1, °C	43,6	43,9	44,3	45,0	45,5	45,8
T2, °C	34,0	34,0	34,4	34,5	34,6	34,9
U_{вх}, мВ	327	336	337	343	323	325
I_н, мА	2,78	3,72	5,56	5,76	13,22	13,32
P_н, мВт	909	1249	1770	1975	4270	4329

Таблица 3. ВАХ ТЭПП при средней разности температур

T1, °C	39,4	39,6	39,9	40,5	40,6	
T2, °C	33,0	33,0	33,2	33,3	33,4	
U_{вх}, мВ	220	223	226	221	211	
I_н, мА	1,86	2,54	3,51	5,91	9,37	
P_н, мВт	409	566	793	1306	1977	

Таблица 4. ВАХ ТЭПП при минимальной разности температур

T1, °C	35,4	35,9	36,0	36,6	37,2	37,4
T2, °C	32,8	32,6	32,6	32,6	32,8	32,6
U_{вх}, мВ	98	112	123	136	139	142
I_н, мА	0,89	0,95	1,37	2,37	4,48	4,66
P_н, мВт	87,2	106,4	168,5	322	622	661

15. Снимите ВАХ ТЭПП при максимальной разности температур. Для этого вращайте по часовой стрелке рукоятку переменного резистора R_H лабораторного макета и запишите в таблицу 6-8 пар значений тока I_H и напряжения $U_{вх}$. Впишите значения температур, при которых она снята.

16. Уменьшите нагрев верхнего радиатора термопреобразователя, для чего поверните регулятор настольной лампы на $1/3$ оборота против часовой стрелки. Показания верхнего термометра начнут уменьшаться. Дождитесь установления постоянного значения разности температур, небольшие изменения не принимайте во внимание. Впишите значения температур в таблицу 3.

17. Повторите действия по п. 15.

18. Ещё уменьшите нагрев верхнего радиатора термопреобразователя, для чего поверните регулятор настольной лампы на $2/3$ оборота против часовой стрелки. Показания верхнего термометра начнут уменьшаться. Дождитесь установления постоянного значения разности температур, шумы не принимайте во внимание. Впишите значения температур в таблицу 4.

19. Повторите действия по п. 15.

20. Отключите настольную лампу, питание вентилятора, термометров и приборов, разберите установку.

4. Обработка результатов исследования

21. **Рассчитайте** значения мощности P_n , выделяемой в нагрузке ТЭП, для каждой пары значений $U_{вх}$ и I_n и **впишите** в Таблицы 1 — 4.

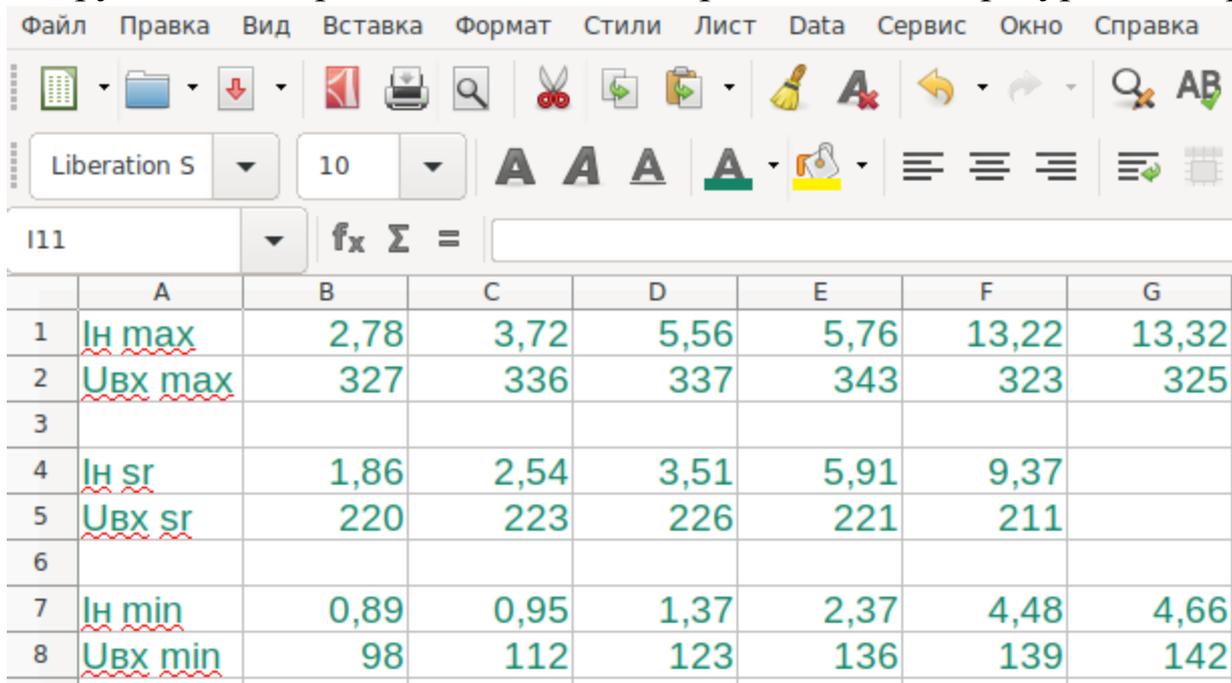
Зелёные цифры в Таблицах 1 — 4 приведены в качестве примера.

22. **Введите** в таблицу Calc [2] данные температурной характеристики ТЭП, как на рис. 3.

	A	B	C	D	E	F	G
1	T1-T2, гр	3,4	4,2	5,9	6,6	8	8,8
2	<u>P_n</u> , мкВт	111	189,8	323	369	629,8	693,7

Рисунок 3. Данные температурной характеристики ТЭП введены в таблицу
Сохраните таблицу в файл с именем «ЛР3ФамилияГруппаТемп.xlsx» в той же папке «Документы» - «ЭСТ»

23. Введите в таблицу Calc данные зависимости напряжения $U_{вх}$ ТЭП от тока нагрузки $I_{н}$ для различных значений разности температур, как на рис. 4.



	A	B	C	D	E	F	G
1	<u>$I_{н max}$</u>	2,78	3,72	5,56	5,76	13,22	13,32
2	<u>$U_{вх max}$</u>	327	336	337	343	323	325
3							
4	<u>$I_{н sr}$</u>	1,86	2,54	3,51	5,91	9,37	
5	<u>$U_{вх sr}$</u>	220	223	226	221	211	
6							
7	<u>$I_{н min}$</u>	0,89	0,95	1,37	2,37	4,48	4,66
8	<u>$U_{вх min}$</u>	98	112	123	136	139	142

Рисунок 4. Данные ВАХ ТЭП введены в таблицу

Сохраните таблицу в файл с именем «ЛР3ФамилияГруппаНапр.xlsx» в той же папке «Документы» - «ЭСТ»

24. Постройте в файле «ЛРЗФамилияГруппа.docx» графики температурной характеристики ТЭП и ВАХ ТЭП при трёх значениях разности температур, как на рис. 5 и 6.

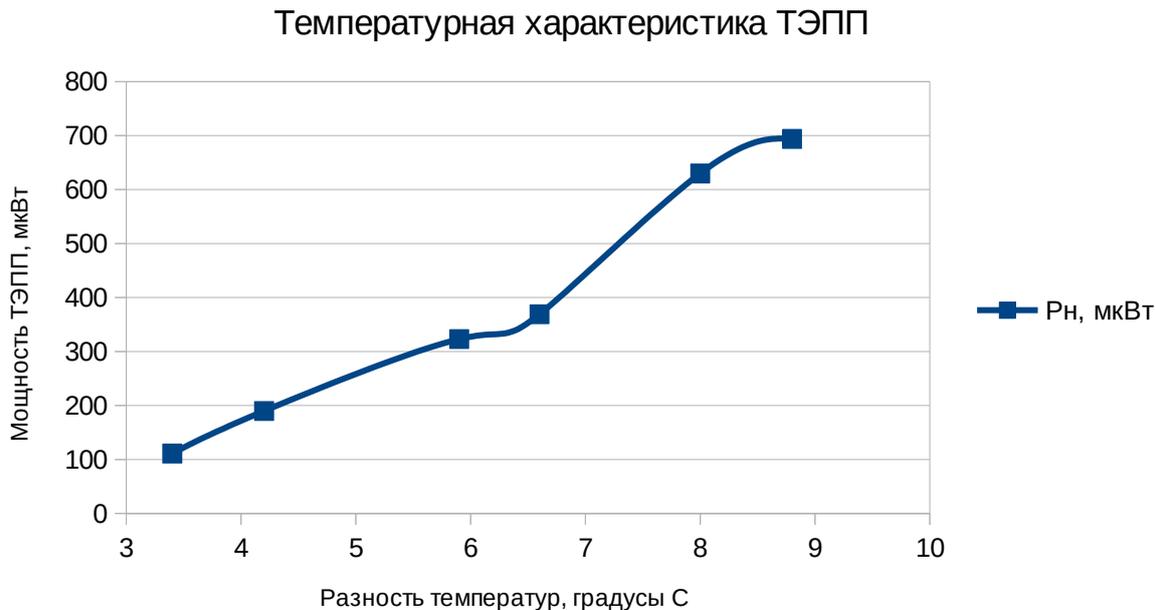


Рисунок 5. Температурная характеристика ТЭП

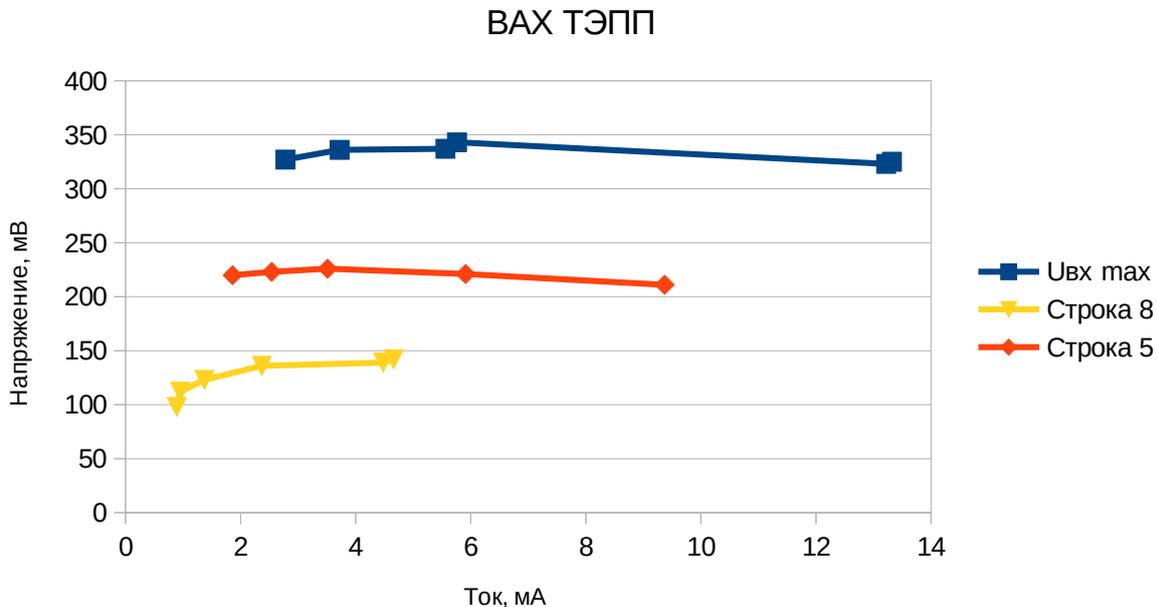


Рисунок 6. ВАХ ТЭПП при максимальной разности температур (синий график), средней (красный график) и малой (желтый график)

Рекомендуется использовать файлы «ЛР3ФамилияГруппаТемп.xlsx», «ЛР1ФамилияГруппаНапр.xlsx» и пошаговую инструкцию построения графиков, элементы которых представлены в строках LibreOffice Calc [2], которая скачивается из вводного модуля курса ЭСТ.

25. Определите значения напряжений холостого хода, токов короткого замыкания и выходных сопротивлений ТЭПП.

26. Определите значения максимальных генерируемых мощностей.

27. Оформите работу: титульный лист, вариант, цель, схема лабораторной установки, таблицы, графики. Сделайте выводы.

Значения, полученные в результате исследования ТЭПП, могут отличаться от приведенных в Таблицах 1- 4 **зелёным цветом**.

Выводы ниже приведены в качестве примера.

Выводы:

1. Мощность ТЭПП растёт с ростом разницы температур. Температурная характеристика ТЭПП почти линейна. Это происходит потому, что...
2. Напряжение холостого хода U_{xx} ТЭПП при максимальной разнице температур равно $U_{xx} = 327 \text{ мВ}$, при средней - $U_{xx} = 220 \text{ мВ}$, при малой $U_{xx} = 89 \text{ мВ}$ Это происходит потому, что...
3. Ток короткого замыкания $I_{кз}$ ТЭПП во время исследования определить не удалось. Это произошло потому, что...
4. Выходное сопротивление ТЭПП равно $R_{вых} = 2,68 \text{ Ом}$ при максимальной разнице температур и равно $R_{вых} = 2,89 \text{ Ом}$ при средней разнице температур. При минимальной разнице температур **выходное сопротивление отрицательное**. Это произошло потому, что...
5. Максимальная мощность, генерируемая ТЭПП равна $P_{max} = 4,33 \text{ мВт}$, наблюдается при ...

6. С увеличением тока нагрузки ТЭПП выходное напряжение падает. Это происходит потому, что...

7. С увеличением тока нагрузки мощность ТЭПП растёт. Это происходит потому, что...

8. По результатам исследования ТЭПП целесообразно использовать в...

28. Скопируйте файлы «ЛР3ФамилияГруппа.docx» «ЛР3ФамилияГруппаТемп.xlsx», «ЛР1фамилиягруппаНапр.xlsx» в элемент «Задание» дистанционного курса ЭСТ «ЛР3 Исследование термопреобразователя». При необходимости файлы можно заzipовать.

29. Защитите работу.