



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«МИРЭА – Российский технологический университет»
РТУ МИРЭА

Кафедра «Электроники» ФТИ

Филинов В.В., Микаева С.А., Брысин А.Н.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ
КУРСОВОЙ РАБОТЫ
РАСЧЕТ УСИЛИТЕЛЬНОГО КАСКАДА С ОЭ**

(для студентов технических специальностей РТУ)

по дисциплине **Электроника**

Рекомендуется для направления подготовки
09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»
«Приборостроение»

Профиль подготовки
«Персональные ЭВМ и сети»

Квалификация (степень) выпускника - бакалавр

Москва 2018

ЗАДАЧА РАБОТЫ.

Рассчитать h – параметры биполярного транзистора, его входное и выходное сопротивления, коэффициент передачи по току, пользуясь входными и выходными характеристиками транзистора. Тип транзистора задается преподавателем. Схема включения транзистора с общим эмиттером (ОЭ).

Провести графоаналитический расчет усилительного каскада на заданном типе транзистора, включенного по схеме с ОЭ, с одним источником питания E_K и с температурной стабилизацией рабочего режима.

Определить параметры элементов схемы усилительного каскада:

коэффициенты усиления по току (K_i), напряжению (K_u), мощности (K_p); токи и напряжения в режиме покоя I_{b0} , I_{k0} , $U_{бэ0}$, $U_{кэ0}$; амплитудные значения входных и выходных переменных токов и напряжений в линейном режиме работы усилителя; полезную выходную мощность каскада и его КПД; верхнюю и нижнюю граничные частоты полосы пропускания.

Этапы выполнения курсовой работы

В ходе выполнения курсовой работы рекомендуется придерживаться следующей последовательности этапов:

1. Выбор темы и утверждение технического задания (1 неделя).
2. Расчет транзисторного усилителя по постоянному току (1 неделя).
3. Расчет транзисторного усилителя по переменному току (1 неделя).
4. Расчет параметров элементов усилителя ОЭ (1 неделя).
5. Оформление пояснительной записки (1 неделя).
6. Сдача курсовой работы на проверку (1 неделя).
7. Защита курсовой работы (1 неделя).

Ниже приводится рекомендуемая последовательность расчета усилителя на базе транзистора p-n-p типа проводимости (рис. 1). Расчет усилителя с n-p-n типа транзистором аналогичен (в этом случае следует правильно выбрать полярность источника питания E_K).

1. Расчет параметров транзистора.

1.1. Изобразить семейство статических входных и выходных характеристик заданного транзистора, соответствующих схеме с ОЭ.

1.2. Определить h – параметры транзистора, соответствующие схеме с ОЭ, пользуясь входными и выходными характеристиками транзистора:

по входным характеристикам определить

$$h_{11} = \frac{\Delta U_{\text{бэ}}}{\Delta I_{\text{б}}} / U_{\text{кэ}} = \text{const}, \quad h_{12} = \frac{\Delta U_{\text{бэ}}}{\Delta U_{\text{кэ}}} / I_{\text{б}} = \text{const};$$

по выходным характеристикам определить

$$h_{21} = \frac{\Delta I_{\text{к}}}{\Delta I_{\text{б}}} / U_{\text{кэ}} = \text{const}, \quad h_{22} = \frac{\Delta I_{\text{к}}}{\Delta U_{\text{к}}} / I_{\text{б}} = \text{const}.$$

1.3. Найти входное и выходное сопротивление транзистора:

$$R_{\text{вхТ}} = h_{11} \quad R_{\text{выхТ}} = \frac{1}{h_{22}}$$

1.4. Определить коэффициент передачи по току транзистора β :

$$\beta = h_{21}.$$

2. Расчет усилительного каскада по постоянному току графоаналитическим методом.

2.1. Изобразить семейство выходных и входных (при $U_{\text{кэ}} = 5\text{В}$) характеристики заданного транзистора как показано на рис. 2.

2.2. На выходных характеристиках нанести кривую допустимой мощности $P_{\text{к max}}$, рассеиваемой на коллекторе, $P_{\text{к max}} = U_{\text{кэ}} I_{\text{к}} = \text{const}$.

2.3. Выбрать значение напряжения источника питания E_K в пределах (0.7 – 0.9) $U_{\text{к max}}$. (Следует учитывать, что $E_K \approx 3U_{\text{м вых}}$ и $E_K \approx U_{\text{кэ0}} + I_{\text{к0}}(R_{\text{к}} + R_{\text{э}})$). Эту величину в дальнейшем, после выбора $R_{\text{к}}$, $R_{\text{э}}$, и $U_{\text{м вых}}$ следует скорректировать.

2.4. Из условия передачи максимальной мощности от источника энергии к потребителю (согласованный режим) выбрать $R_{\text{к}} \approx R_{\text{вых. т}}$. однако на выход усилителя обычно включается нагрузка $R_{\text{н}} \leq R_{\text{к}}$ поэтому рекомендуется выбирать $R_{\text{к}} = (0.3 - 1)R_{\text{вых. т}}$. так чтобы его величина лежала в диапазоне $R_{\text{к}} = (0.5 - 10) \text{кОм}$.

2.5. Построить нагрузочную линию усилительного каскада, согласно уравнению

$$U_{\text{кэ}} = E_K - I_{\text{к}} R_{\text{к}}$$

Для этого использовать две точки (“d” и “c”) на выходных характеристиках транзистора (рис. 2):

$$U_{кэ} = 0, I_{к} = \frac{E_{к}}{R_{к}} \text{ (т.ч. “d”); } I_{к} = 0, U_{кэ} = E_{к} \text{ (т.ч. “c”).}$$

При этом линия нагрузки должна проходить левее и ниже допустимых значений $U_{к \max}$,

$I_{к \max}$, и $R_{к \max}$ и обеспечить достаточно протяженный линейный участок переходной характеристики (см. рис. 2)

- 2.6. По точкам пересечения линии нагрузки с выходными характеристиками построить переходную характеристику транзистора $I_{к} = f(I_{б})$ (см. рис. 2)
- 2.7. На переходной характеристике транзистора (с учетом входной характеристики) выбрать линейный участок “а - в”, в диапазоне которого усилитель усиливает без искажения. На середине участка “а - в” нанести рабочую точку “А”, соответствующую режиму работы транзистора по постоянному току.
- 2.8. По координатам рабочей точки “А” определить токи и напряжения транзистора в режиме покоя (по постоянному току): $I_{б0}$, $I_{к0}$, $U_{бэ0}$, $U_{кэ0}$.

3.0. Расчет усилительного каскада по переменному току.

- 3.1. Определить пределы изменения амплитуд входного тока и напряжения, выходного тока и напряжения в линейном режиме работы усилителя. Найти: $I_{бm}$, $I_{км}$, $U_{бэм}$, $U_{кэм}$ (см. рис. 2)
- 3.2. Рядом с графиками входных и выходных характеристик транзистора показать характер изменения токов и напряжений во времени в виде кривых:

$$\begin{aligned} i_{б} &= I_{б0} + I_{бm} \sin \omega t; & u_{бэ} &= U_{бэ0} + U_{бэм} \sin \omega t; \\ i_{к} &= I_{к0} + I_{км} \sin \omega t; & u_{кэ} &= U_{кэ0} + U_{кэм} \sin \omega t; \end{aligned}$$

соответствующих рабочим участкам этих характеристик.

4.0. Расчет параметров элементов усилителя ОЭ.

- 4.1. Рассчитать элементы цепи термостабилизации $R_{э}$ и $C_{э}$.
- 4.1.1. Увеличение $R_{э}$ повышает глубину отрицательной обратной связи во входной цепи усилителя (улучшает термостабилизацию), с другой стороны, при этом падает КПД усилителя из – за дополнительных потерь мощности на этом сопротивлении. Обычно выбирают величину падения напряжения на $R_{э}$ порядка $(0,1 - 0,3)E_{к}$, что равносильно выбору $R_{э} \approx (0,05 - 0,15)R_{к}$ в согласованном режиме работы транзистора. Используя последнее соотношение выбираем величину $R_{э}$.
- 4.1.2. Для коллекторно – эмиттерной цепи усилительного каскада в соответствии со вторым законом Кирхгофа можно записать уравнение электрического состояния по постоянному току

$$E_{к} = U_{кэ0} + (R_{к} + R_{э})I_{к0}.$$

Используя это уравнение скорректировать выбранные по п.п. 2.3 и 2.4 значение $E_{к}$ или величину $R_{к}$.

- 4.13. Определить емкость в цепи эмиттера C_3 из условия $R_3 = (5 - 10)X_3$, где X_3 – емкостное сопротивление элемента C_3 . При этом

$$C_3 = \frac{10^7}{(1-2)2\pi f_n R_3} \text{ мкФ, выбрав } f_n = 50 - 100 \text{ Гц.}$$

- 4.2. Для исключения шунтирующего действия делителя R_1, R_2 на входную цепь транзистора задается сопротивление R_6 .

$$R_6 = R_1 \parallel R_2 = (2 - 5)R_{exT}$$

и ток делителя $I_D = (2 - 5)I_{60}$, что повышает температурную стабильность U_{60} . Исходя из этого определить сопротивления R_1, R_2, R_6 :

$$R_2 = \frac{U_{60}}{I_D} = \frac{R_3 I_{к0} + U_{60}}{I_D} \quad ; \quad R_1 = \frac{E_k - U_{60}}{I_D + I_{60}} \quad ; \quad R_6 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

- 4.3. Определить емкость разделительного конденсатора из условия $R_{вх} = (5 - 10)X_p$, где X_p – емкостное сопротивление разделительного конденсатора, $R_{вх}$ – входное сопротивление каскада. При этом

$$C_p \approx \frac{10^7}{(1-2)2\pi f_n R_{ex}} \text{ мкФ, а } R_{ex} = R_6 \parallel R_{exT}$$

5. Определить параметры усилительного каскада.

- 5.1. Коэффициент усиления каскада по току K_i

$$K_i = i_{вых} / i_{ex} \approx \beta$$

- 5.2. Входное сопротивление каскада $R_{вх}$

$$R_{ex} = R_6 \parallel R_{exT}, \text{ если } R_6 \gg R_{exT}, \text{ то } R_{ex} \approx R_{exT}$$

- 5.3. Выходное сопротивление каскада $R_{вых}$

$$R_{вых} = \frac{R_k}{1 + h_{22} R_k} \approx R_k$$

- 5.4. Коэффициент усиления по напряжению K_u

$$K_u = -\frac{U_{твых}}{U_{твх}} = -\frac{\beta R_k}{R_{ex}}$$

- 5.5. Коэффициент усиления по мощности K_p

$$K_p = K_i K_u$$

- 5.6. Полезную выходную мощность каскада

$$P_{вых} = 0,5 U_{твы}^2 / R_k$$

- 5.7. Полную мощность, расходуемую источником питания

$$P_{ист} = I_{к0} E_k + I_D^2 (R_1 + R_2) + I_{60}^2 R_1$$

- 5.8. КПД каскада

$$\eta = \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{ист}}} 100\%$$

5.9. Верхняя и нижняя граничные частоты определяются из соотношения для коэффициента частотных искажений:

на нижней частоте
$$M_n = \frac{K_o}{K_n} = \sqrt{1 + \frac{1}{(\omega_n \tau_n)^2}};$$

и верхней частоте
$$M_v = \frac{K_o}{K_n} = \sqrt{1 + (\omega_B \tau_B)^2}.$$

Обычно выбирается $M_n = M_B = \sqrt{2}$, тогда $\frac{1}{\omega_n \tau_n} = 1$ и $\omega_B \tau_B = 1$,

где $\tau_n \approx C_p (R_{\text{ex}} + R_{\text{вых}})$ $\tau_B \approx C_k \frac{R_{\text{ex}} R_{\text{вых}}}{R_{\text{ex}} + R_{\text{вых}}}$

C_k – емкость коллекторного перехода.

6. Заключение.

6.1. Объяснить назначение всех элементов схемы усилительного каскада. Параметры элементов схемы выбираются на основании всего комплекса расчетов. По данным расчета выбрать стандартные резисторы и конденсаторы по справочнику. [1]

6.2. По результатам анализа усилительного каскада дать рекомендации по применению выбранного типа транзистора, оценив его коэффициенты усиления, частотные свойства, выходные напряжения и мощность в линейном режиме и КПД.

Литература.

1. Электротехнический справочник. Т.1,2. 7 – е изд. –М.: Энергоиздат, 1985, 1986
2. Транзисторы для аппаратуры широкого применения. Справочник под ред. Б.Л. Переломана. –М.: Радио и связь, 1981
3. Основы промышленной электроники под ред. В.Г. Герасимова. –М.: Высшая школа, 1978, 1986
4. Забродин Ю.С. Промышленная электроника. –М.: Высшая школа, 1982
5. Электротехника и электроника/кн. 3 .Электрические изменения и основы электроники// Под. ред. В.Г. Герасимова. –М.: Энергоатомиздат, 1998
6. Филинов В.В. Нелинейные электрические и магнитные цепи/ Учебное пособие. –М.: МГАПИ, 2001, (задачи 3.3 и 3.4)

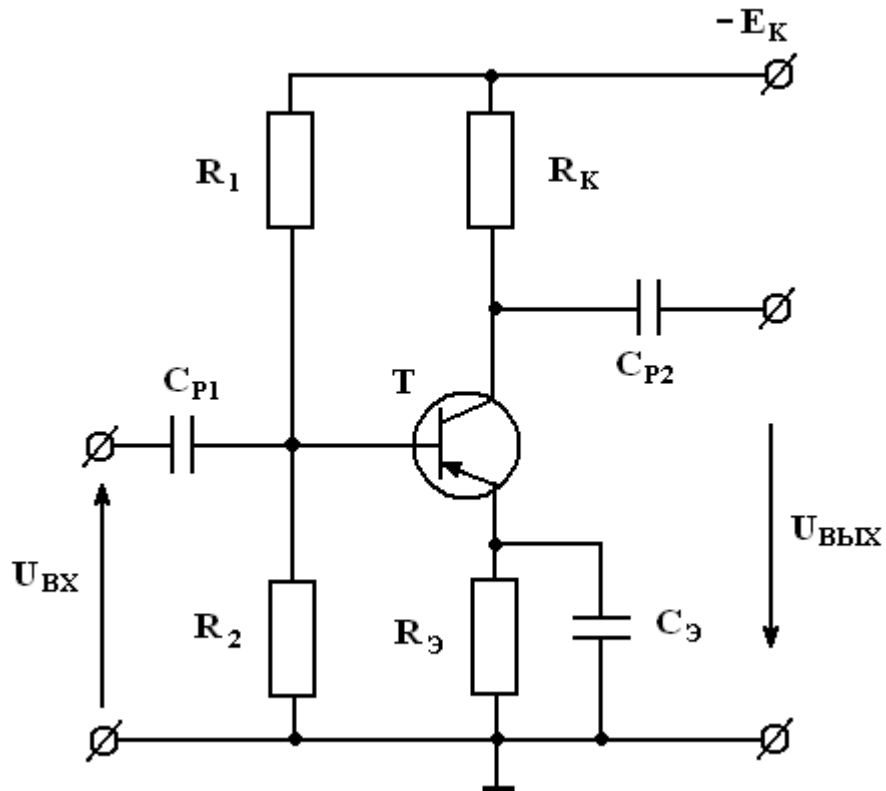


Рис. 1 Усилитель с общим эмиттером.

7.0 Методические указания.

7.1. По п. «Задача работы».

Различают по конструктивному выполнению биполярные транзисторы р-п-р и п-р-п типов. Включение их в электрическую цепь представлены на рис. 3 а,б (обратить внимание на полярность источника питания!).

Для определения проводимости Вашего транзистора и правильности включения его в электрическую цепь следует по справочникам [1,2] определить тип транзистора.

7.2. По п. 1.2.

Определяем h параметры транзистора методом треугольников как показано на рис. 4. Точки для треугольника выбирают на линейных участках вольт-

амперных характеристик рис. 4. (Например: т.ч. 1,2,3 - для параметров h_{11} и h_{12} ; и т.ч. 4,5,6,7 - для параметров h_{21} и h_{22} .)

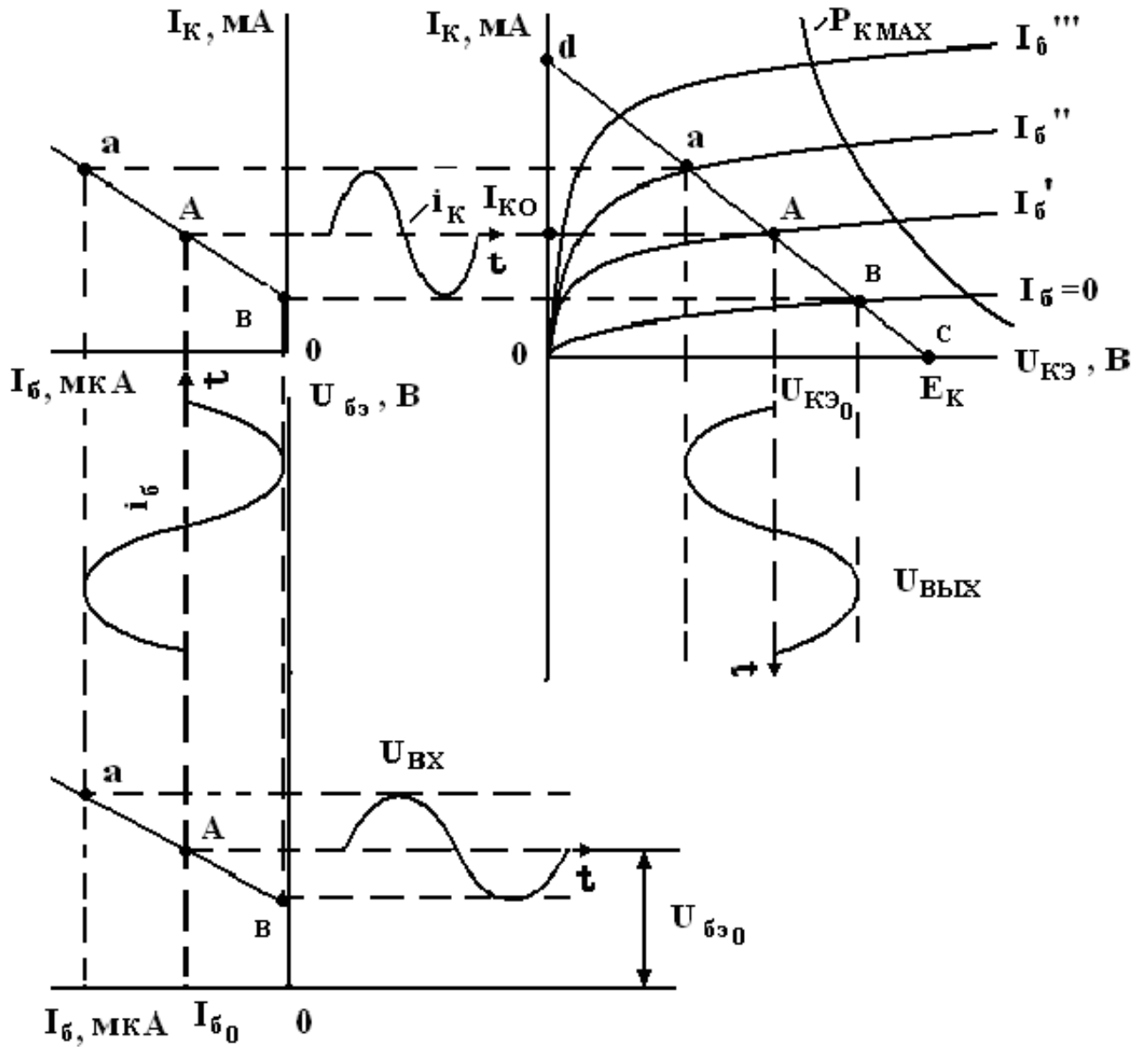
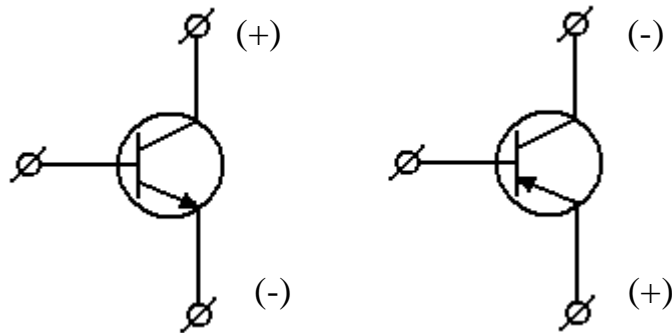


Рис. 2. Выбор рабочей точки.



«а» - n-p-n

«б» - p-n-p

Рис. 3. Типы транзисторов.

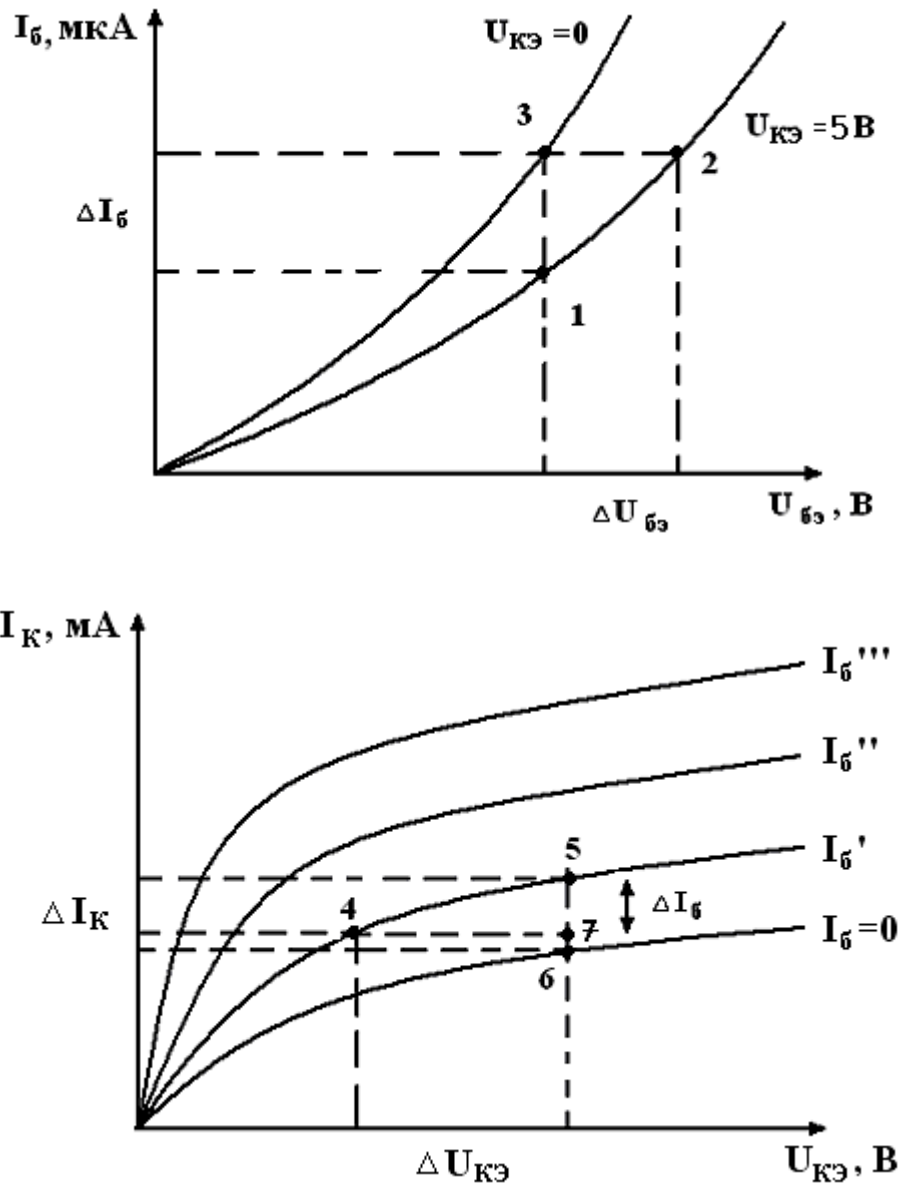


Рис. 4. Вольт-амперные характеристики транзисторов.

$$h_{11} = \frac{\Delta_{32} U_{\text{бэ}}}{\Delta_{13} I_{\text{б}}} / U_{\text{кэ}} = \text{const},$$

$$h_{12} = \frac{\Delta_{32} U_{\text{бэ}}}{\Delta_{32} U_{\text{кэ}}} / I_{\text{б}} = \text{const};$$

$$h_{21} = \frac{\Delta_{56} I_{\text{к}}}{\Delta_{56} I_{\text{б}}} / U_{\text{кэ}} = \text{const},$$

$$h_{22} = \frac{\Delta_{57} I_{\text{к}}}{\Delta_{74} U_{\text{к}}} / I_{\text{б}} = \text{const}.$$

Пределы изменения h параметров для современных биполярных транзисторов малой и средней мощности:

$h_{11} = R_{\text{б}} \approx n$ (10 ÷ 100) Ом – входное сопротивление транзистора, где $n \approx (1 \div 10)$;

$h_{21} = \beta$ - коэффициент усиления по току; $h_{21} = (20 \div 1000)$;

$K_U = \frac{1}{h_{12}}$ - коэффициент усиления по напряжению ($K_U \leq 200$);

$R_{ВЫХ} = \frac{1}{h_{22}} \approx n(1 \div 10)$ – выходное сопротивление транзистора,

где $n \approx (1 \div 10)$.

7.3. По п.2.2.

Кривую допустимой мощности вы также можете нанести по справочным данным транзистора [1,2].

7.4. По п. 2.6.

Переходные характеристики транзистора $I_k = f(I_б)$ (см. рис. 2) строят по пересечению линии нагрузки с выходными характеристиками транзистора. Для Вашего транзистора этих пересечений будет более 3-х.

7.5. По 5.4.

Коэффициент усиления усилительного каскада с ОЭ обычно лежит в пределах до 100, но не может превышать $K_U \leq 200$.

7.6. По 5.8.

Усилительный каскад с ОЭ работает в линейном режиме и КПД не может превышать $\eta \leq 50\%$.

8.0. Пример выполнения задания по п.6.

1) Назначение элементов схемы:

- транзистор Т – усилительный элемент;
 - резисторы R_1, R_2 представляют собой делитель напряжения, устанавливающий потенциал базы (по постоянному току) необходимый для работы каскада в линейном режиме;
 - резистор $R_э$ – цепь термостабилизации каскада, за счет падения напряжения на этом резисторе, превышающем напряжение на базовом переходе транзистора, уменьшает влияние изменения напряжения $U_{бэ0}$ при изменении температуры;
 - R_k – сопротивление нагрузки по постоянному току, служит для получения нужного потенциала на коллекторе и позволяет получить амплитуду выходного напряжения необходимой величины;
 - $C_{р1}, C_{р2}$ – разделительные конденсаторы, служат для разделения (защиты) транзисторов по постоянному току;
 - $C_э$ – служит для уменьшения нижней границы частоты усилителя и увеличения коэффициента усиления по переменному току на низких частотах;
- Выбираемые номинальные значения всех элементов по справочникам, при этом берем ближайшие номинальные значения для резисторов и конденсаторов;

2) Данный тип транзистора можно применять в каскадах предварительного усиления сигналов низкой и высокой частот, т.к. верхняя граница частоты превышает _____ МГц, а нижняя граничная частота лежит в звуковом диапазоне. Выходная мощность каскада составляет _____ мВт.

Приложение 1

Варианты

Вариант	Тип транзистора	Вариант	Вариант	Вариант
1	2N218			
2	2N2222A			
3	MSP3904			
4	BFR 106			
5	KT315			
6	KT880A			
7	BFP405			
8	KT831			
9	2T819A			
10	2T3102A			
11	2T368B			
12	2T355A			
13	2T608 b			
14	MMBR571			
15	MMBR901			
16	MMBR931			
17	MRF5812			
18	MRF9011			
19	MRF947			
20	T501			
21	T502			
22	T503			
23	T504			
24	T89			
25	T122			
26	T301			
27	T302			
28	BC107			
29	BC108			
30	BC109			
31	BC182			
32	BC183			
33	BC184			
34	BC238			
35	BC414			
36	BC548			
37	KT3117			
38	KT630A			
39	KT819			
40	2T325			

41	КТ602			
42	КТ312			

Токи выходные

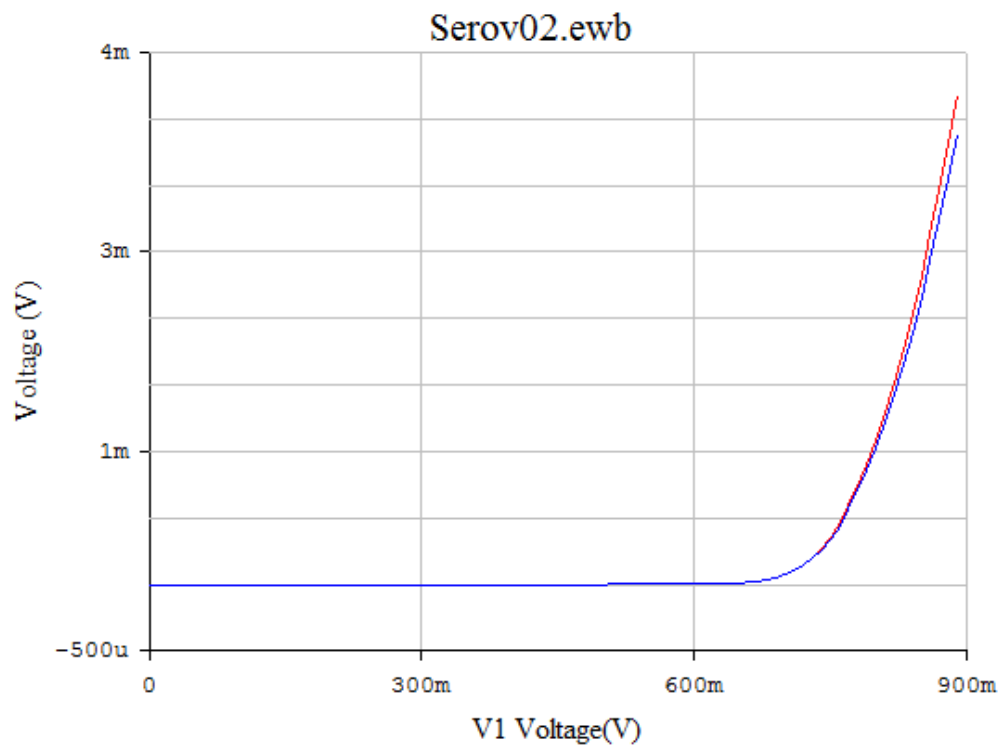
Красный - 0.2 мА
Синий - 2.2 мА
Зеленый - 4.2 мА
Фиолетовый - 6.2 мА
Голубой - 8.2 мА

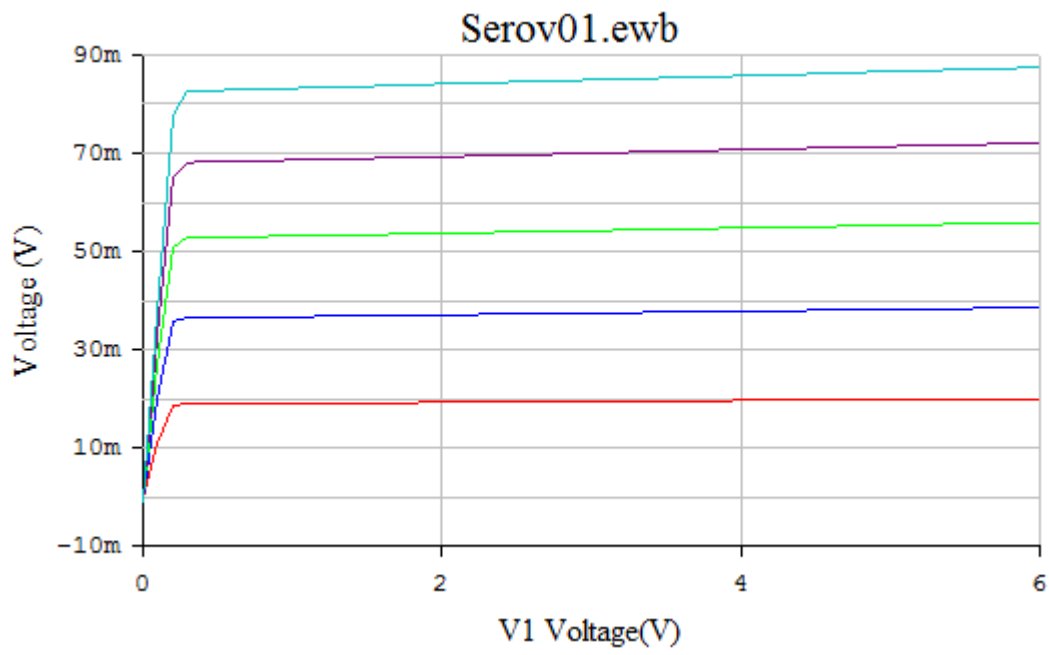
Напряжения входные

Синее 10 В
Красное 0 В

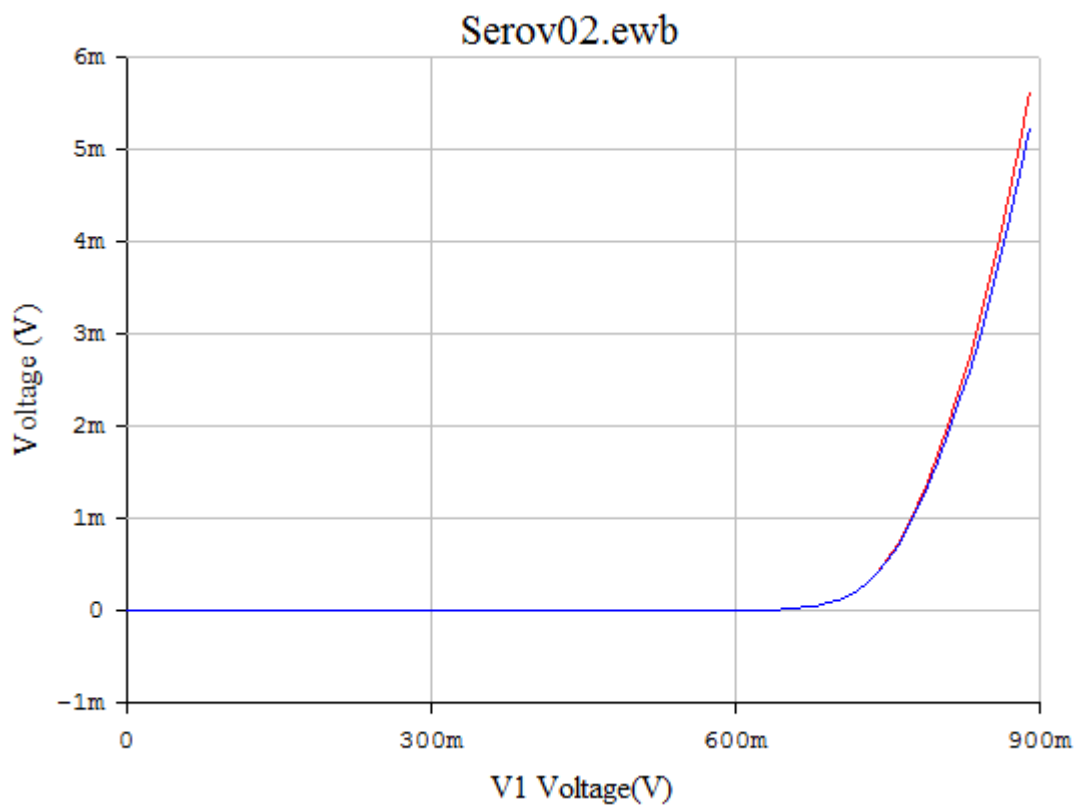
Вариант 1

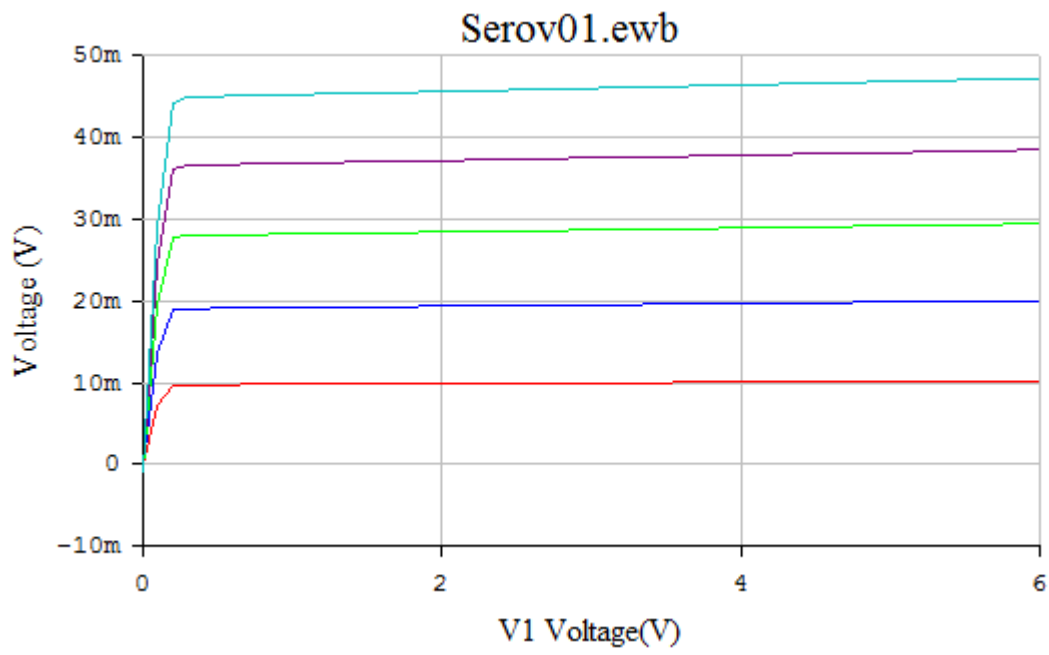
2N218





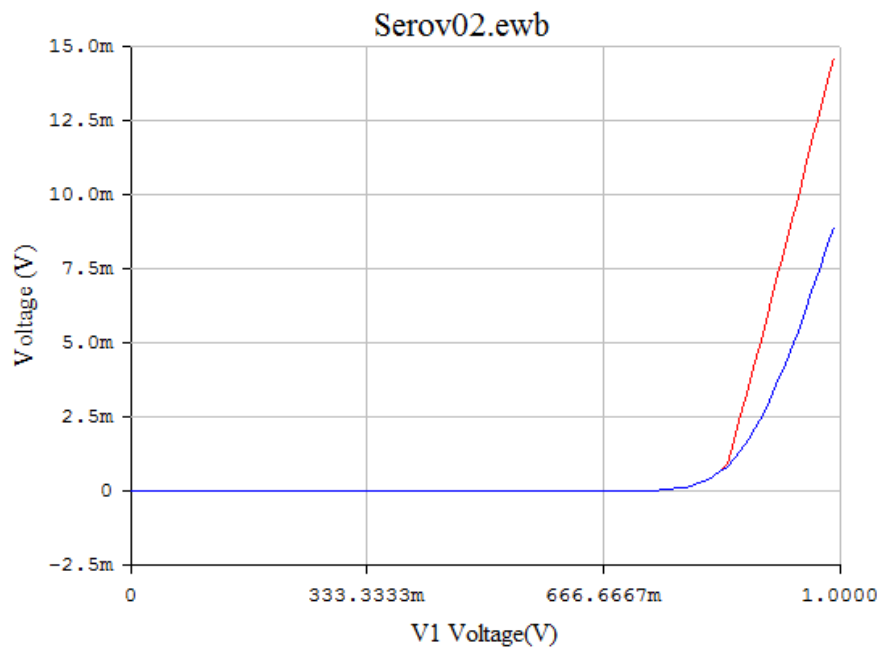
Вариант 2
2N2222A

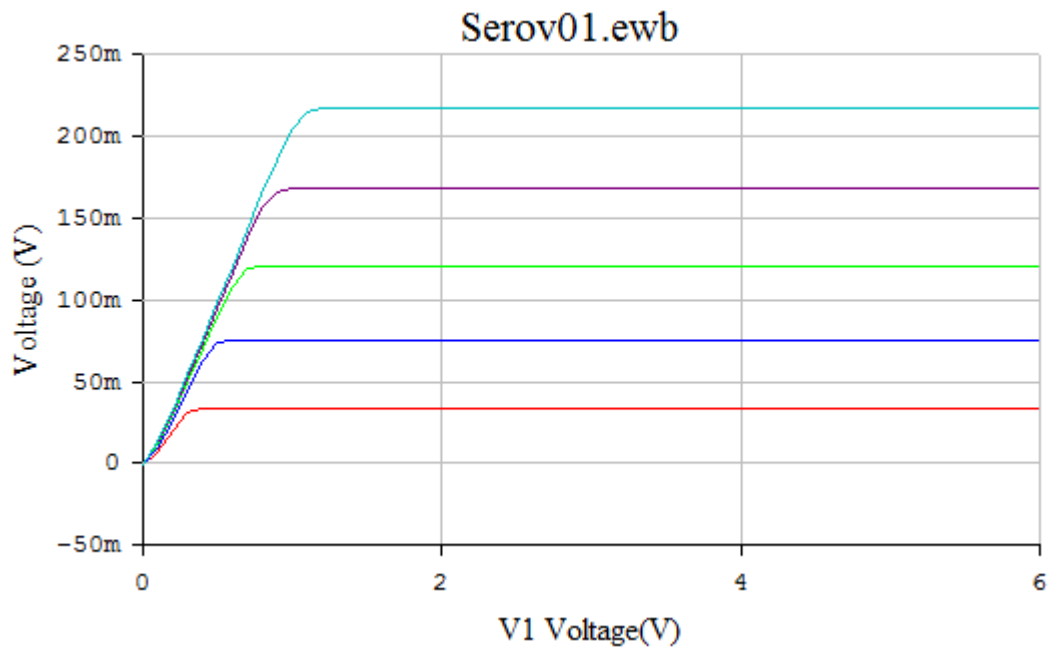




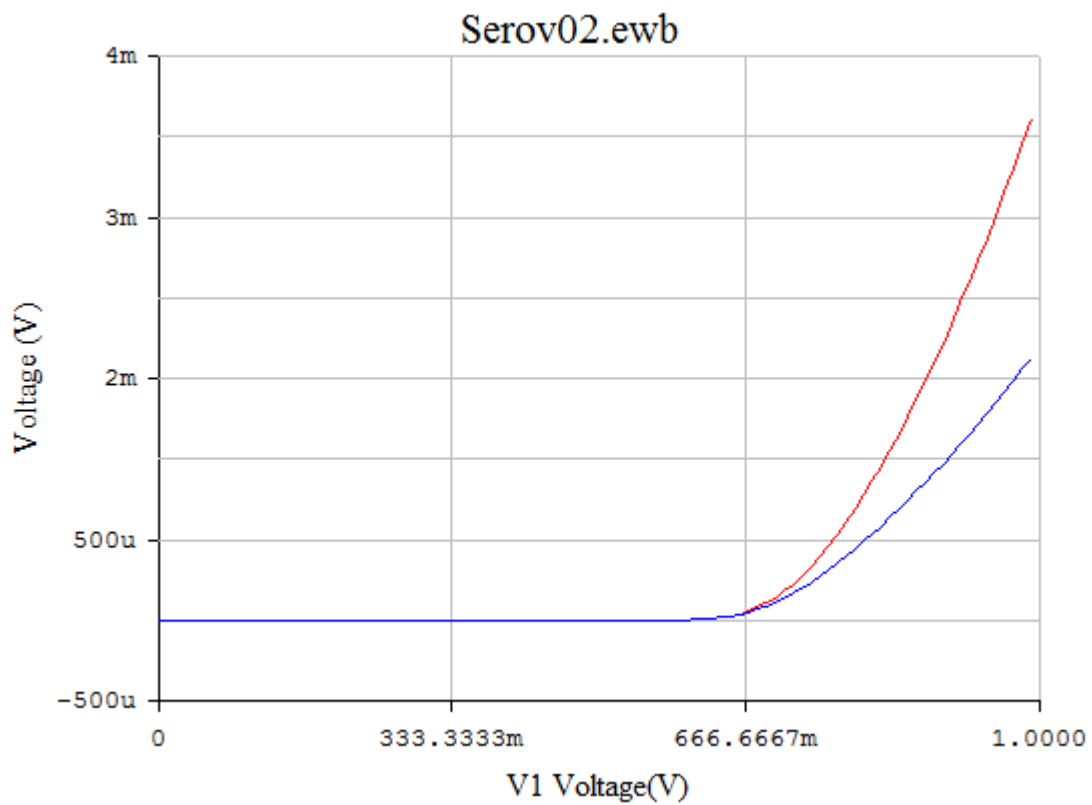
Вариант 3

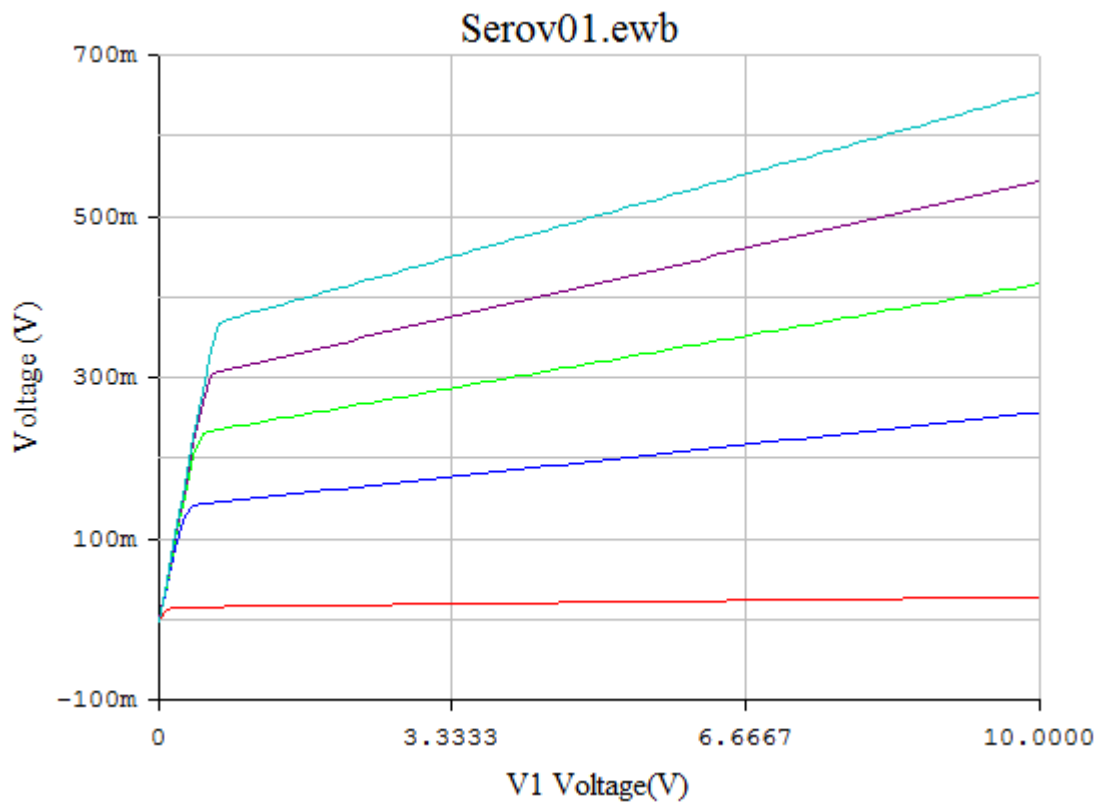
MSP3904



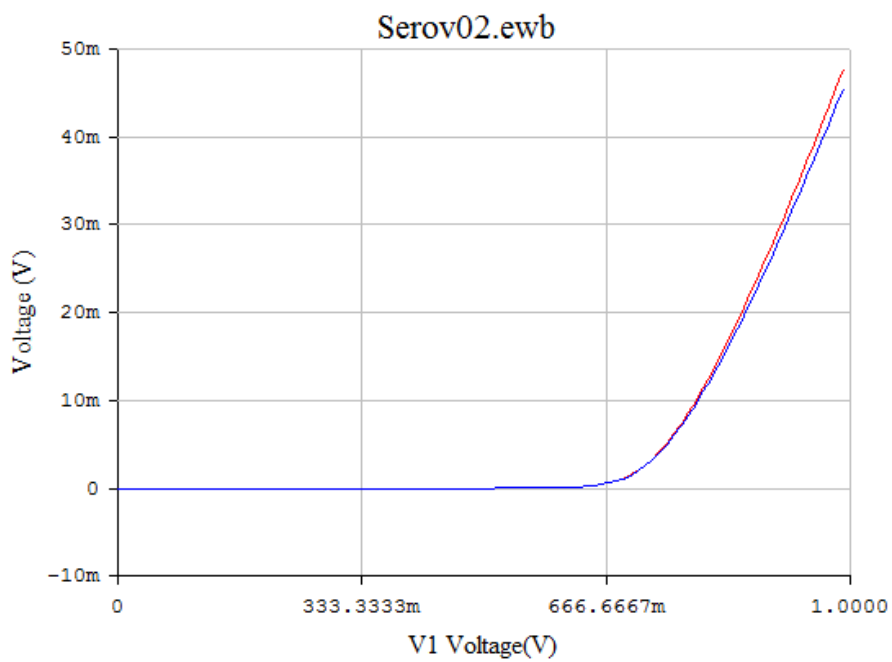


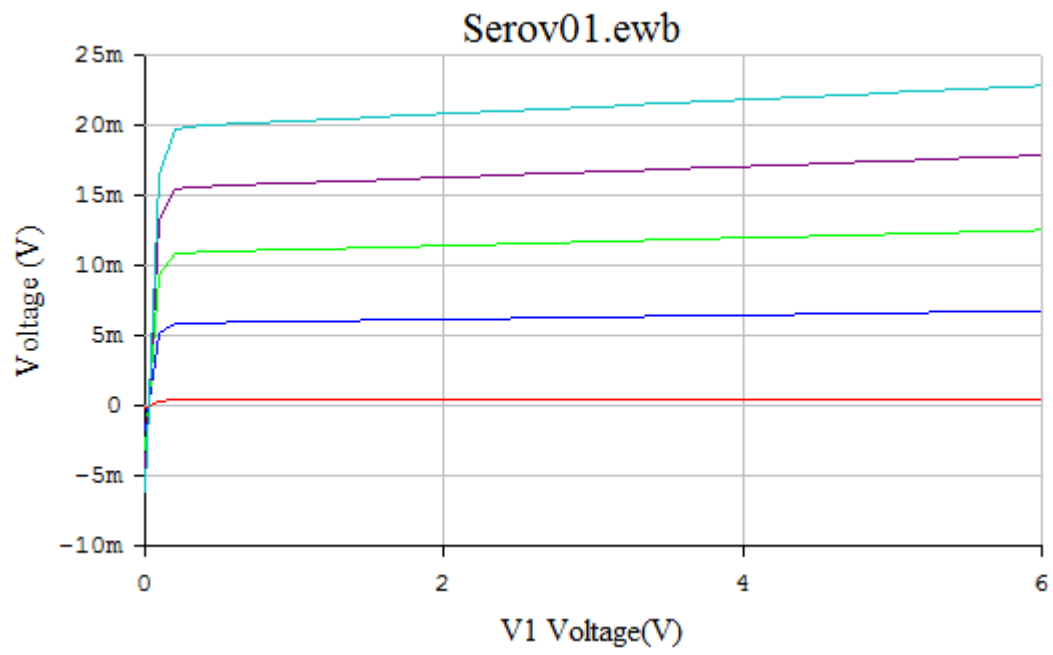
Вариант 4
BFR 106





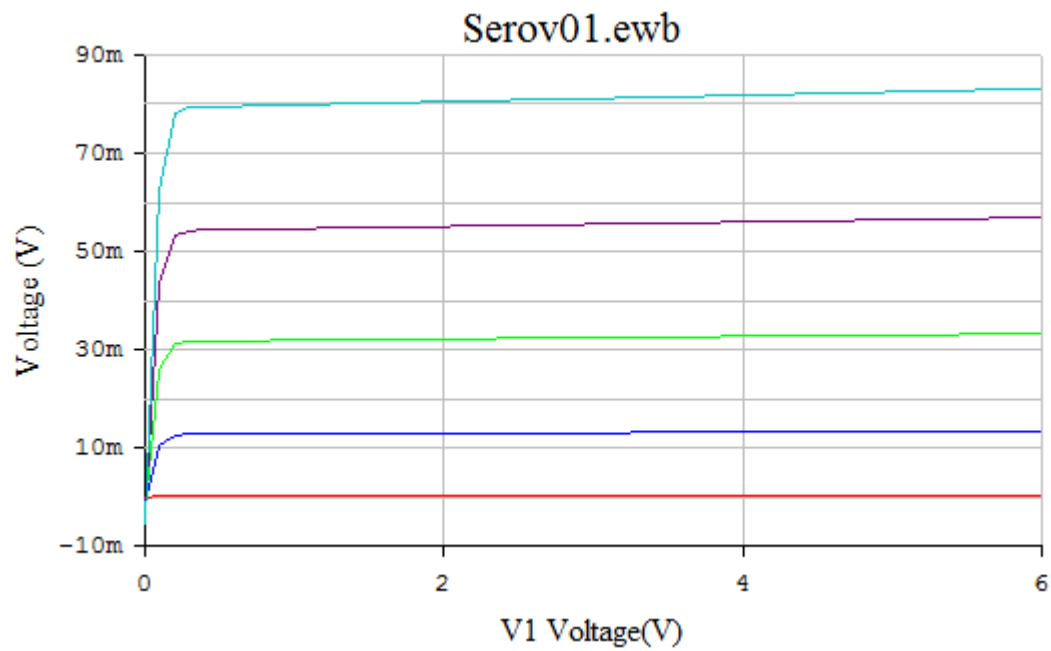
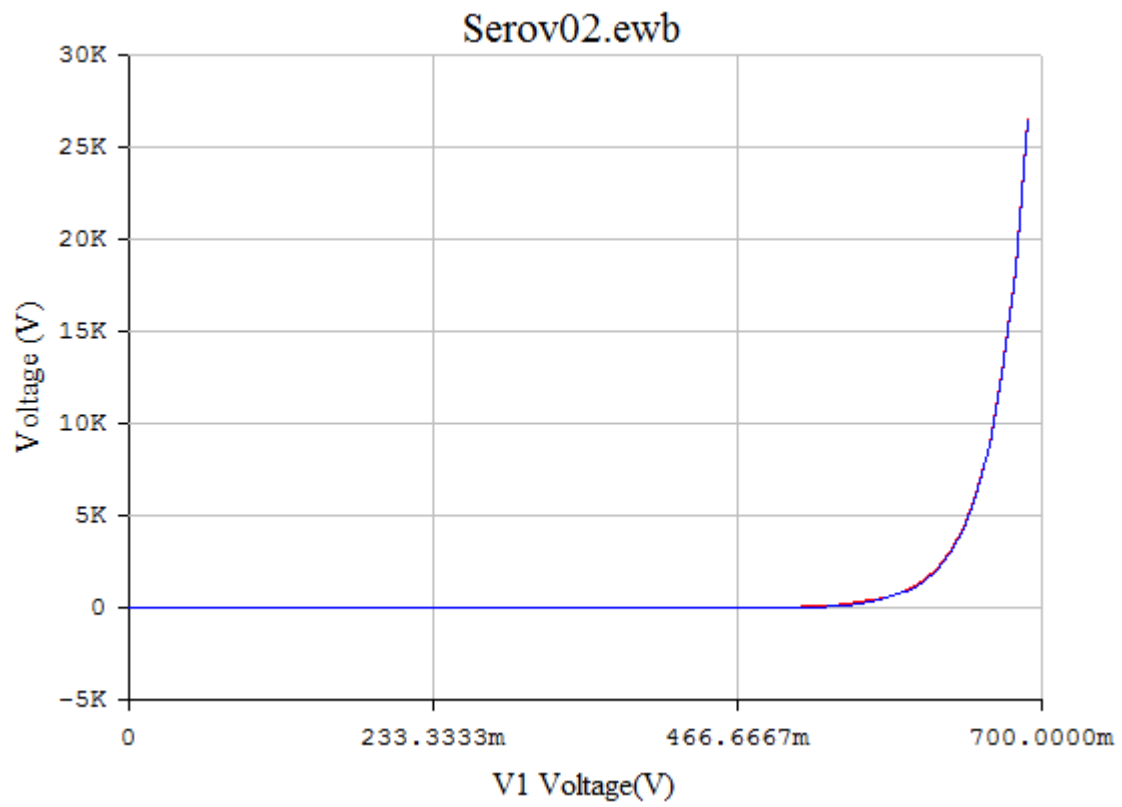
Вариант 5
КТ 315



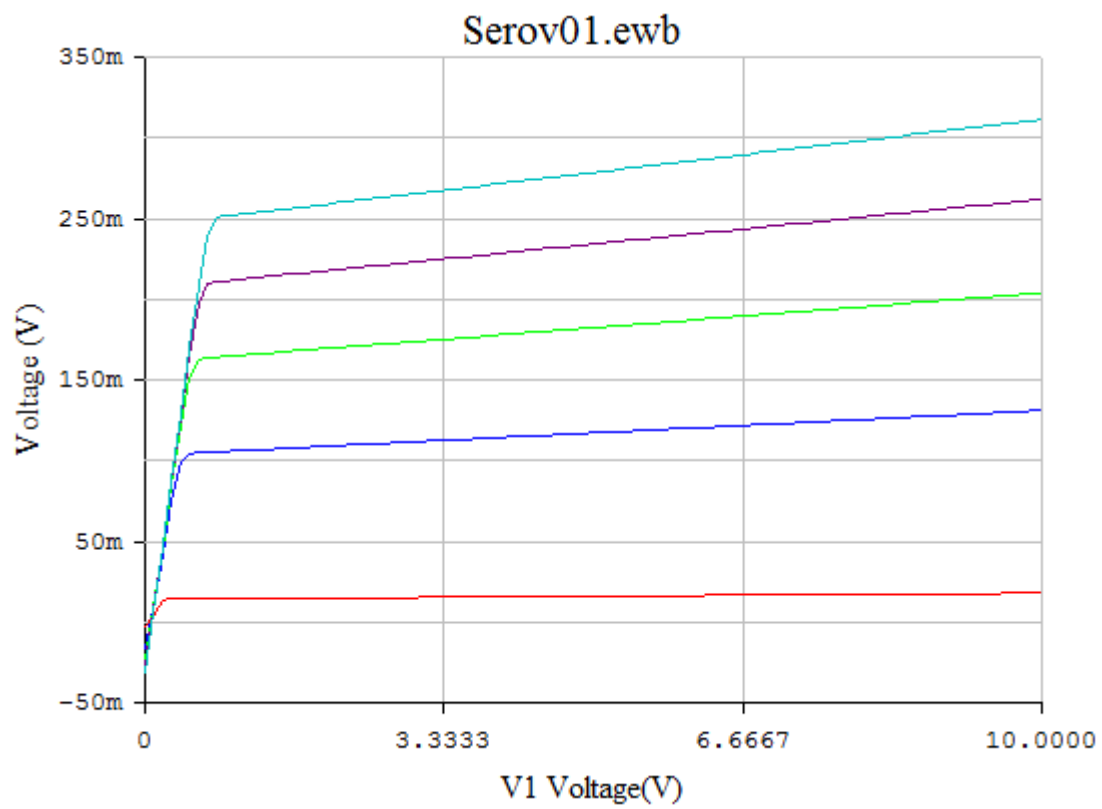
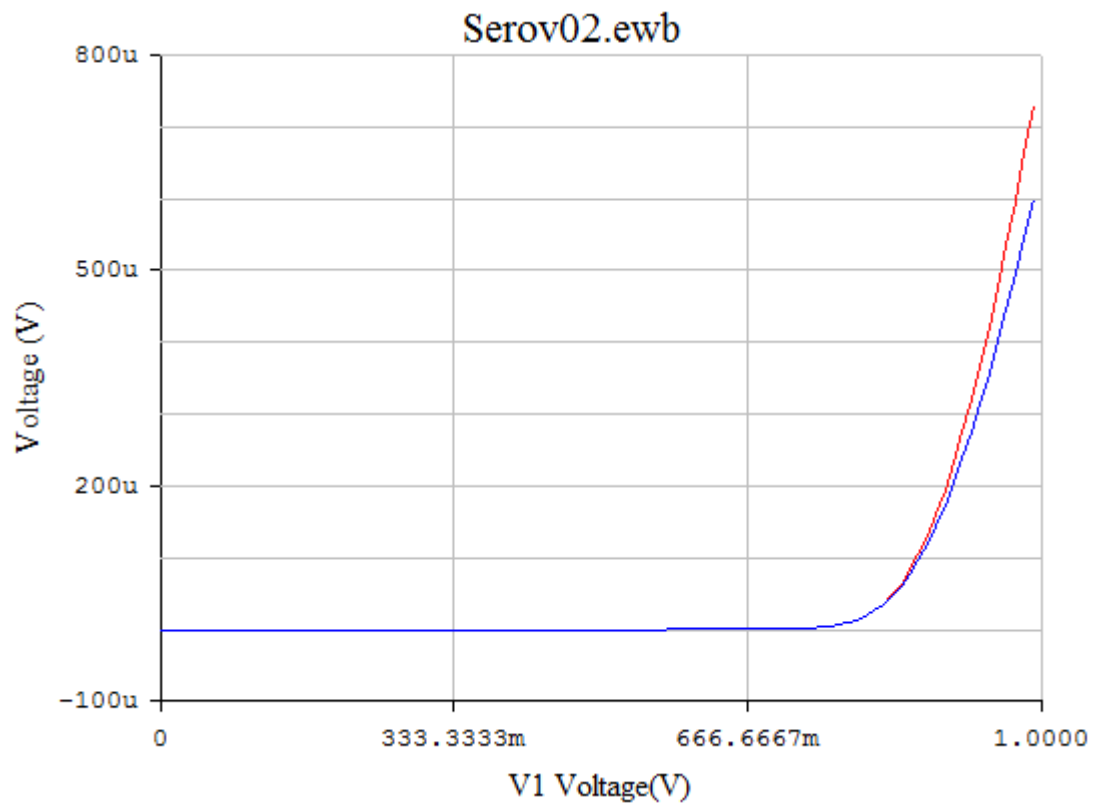


Вариант 6

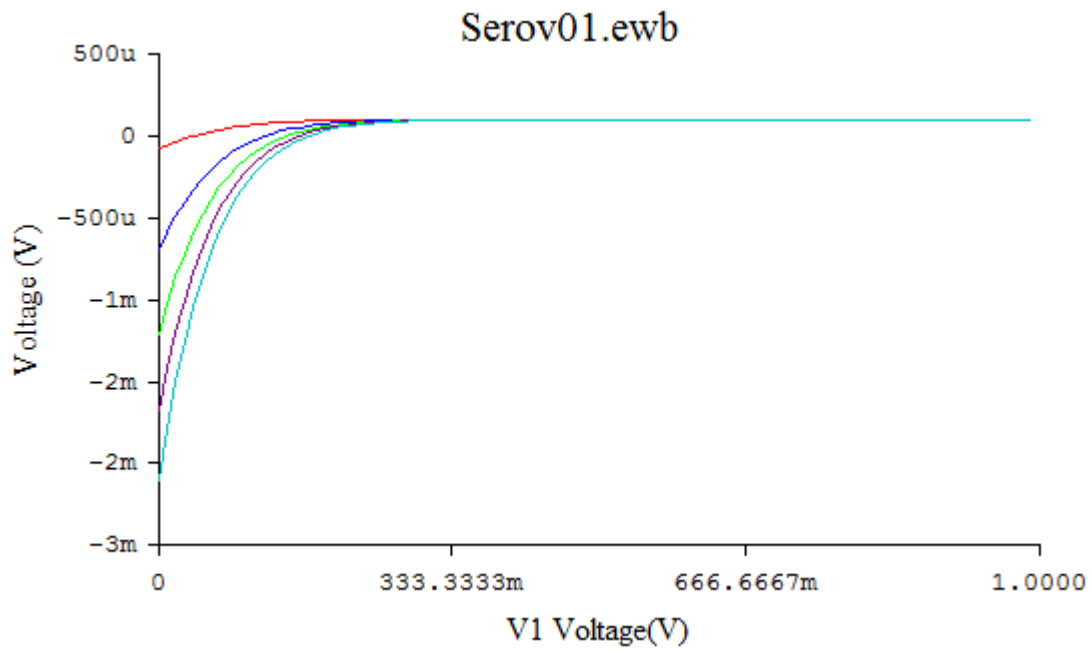
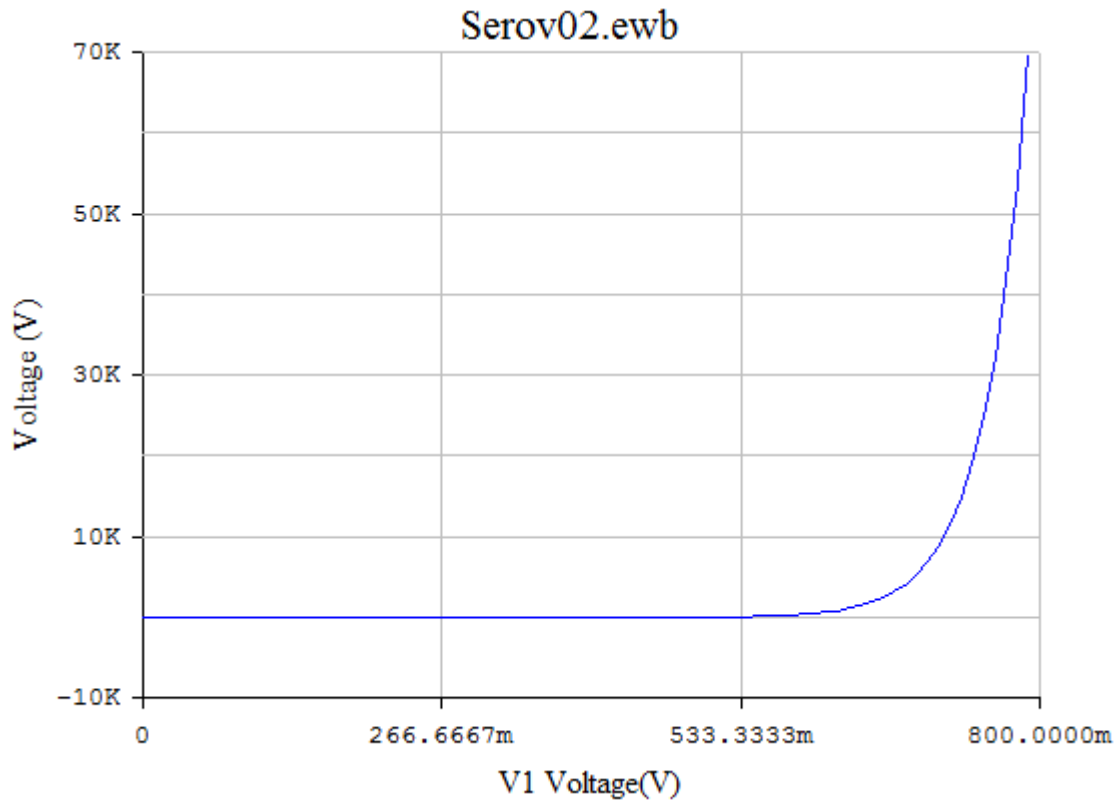
КТ880А



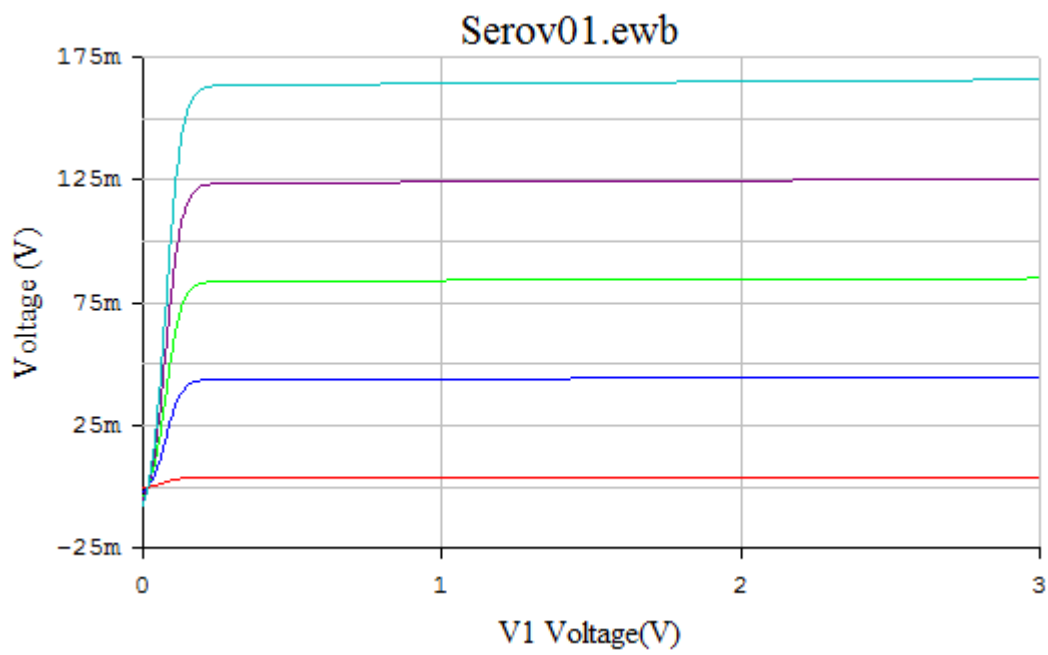
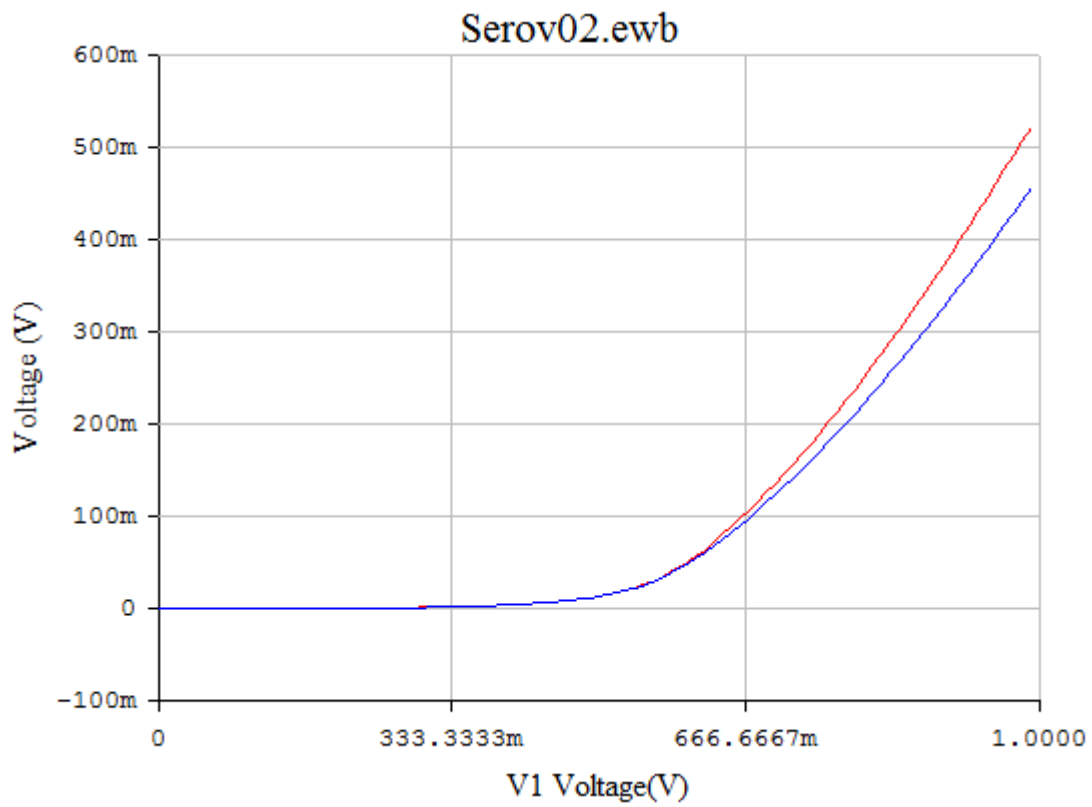
Вариант 7
BFP405



KT831A

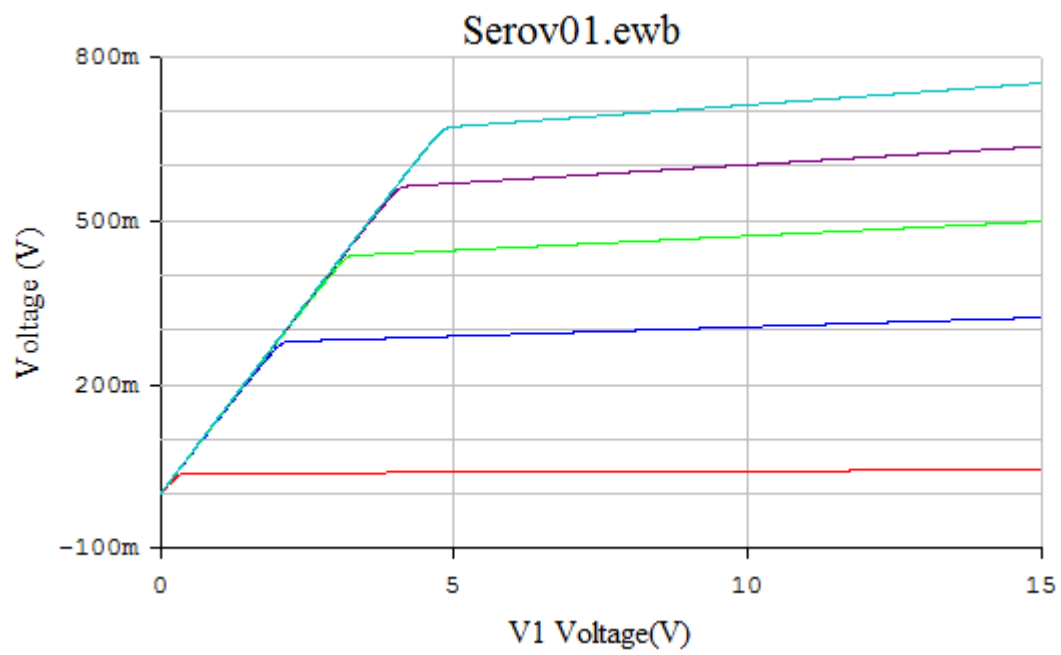
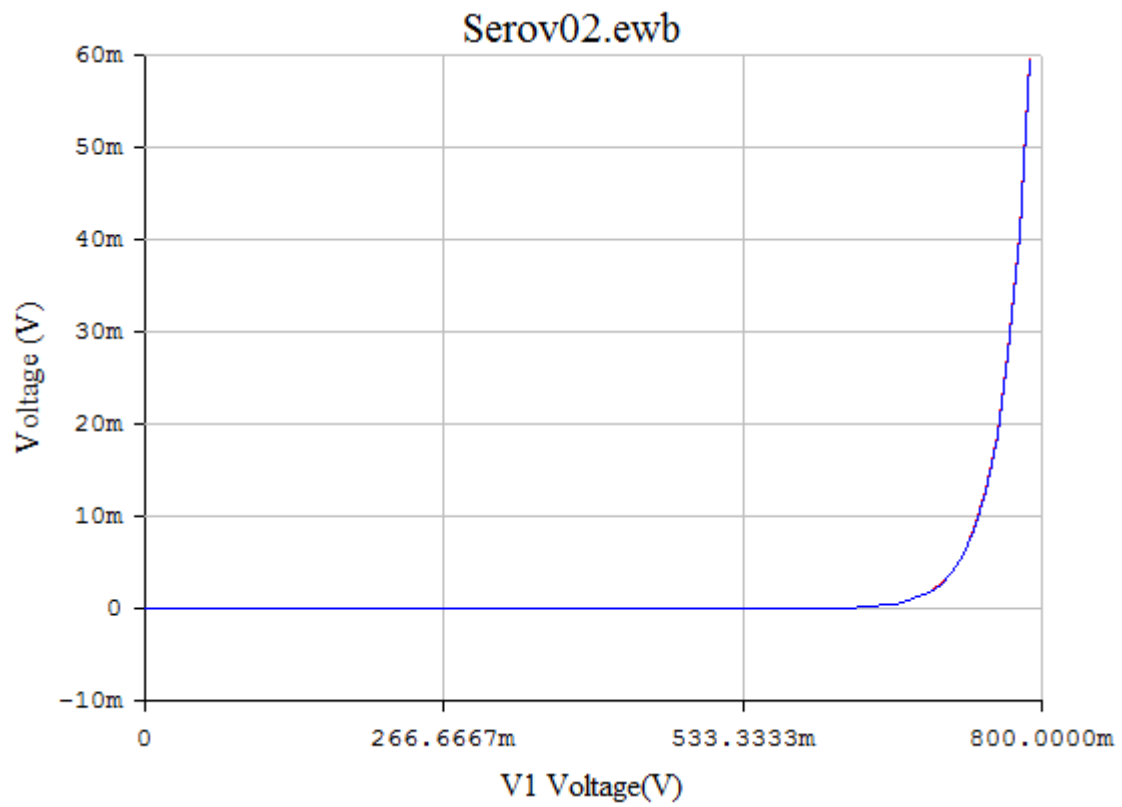


Вариант 9
2Т819А



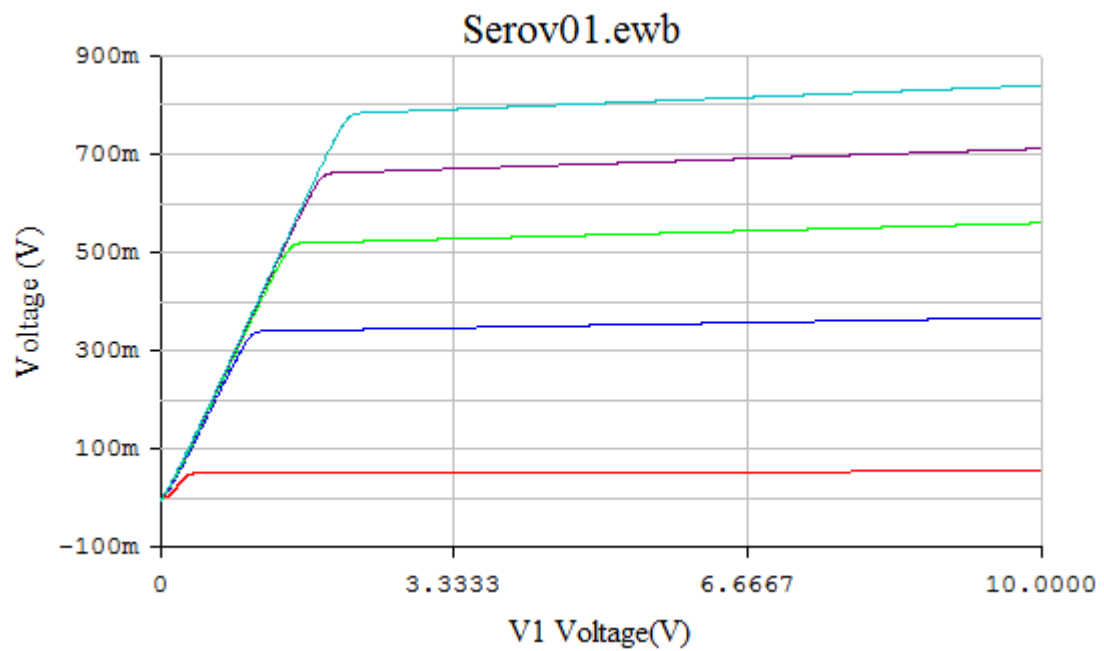
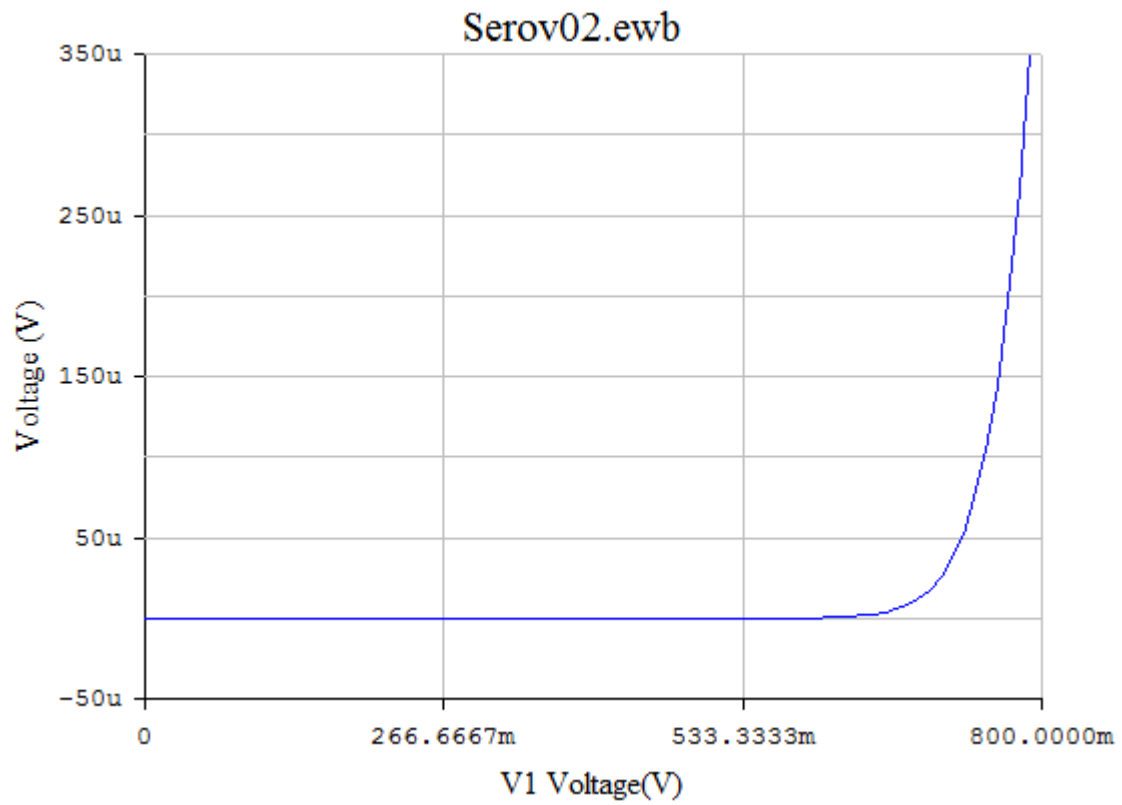
Вариант 10

2T3102A



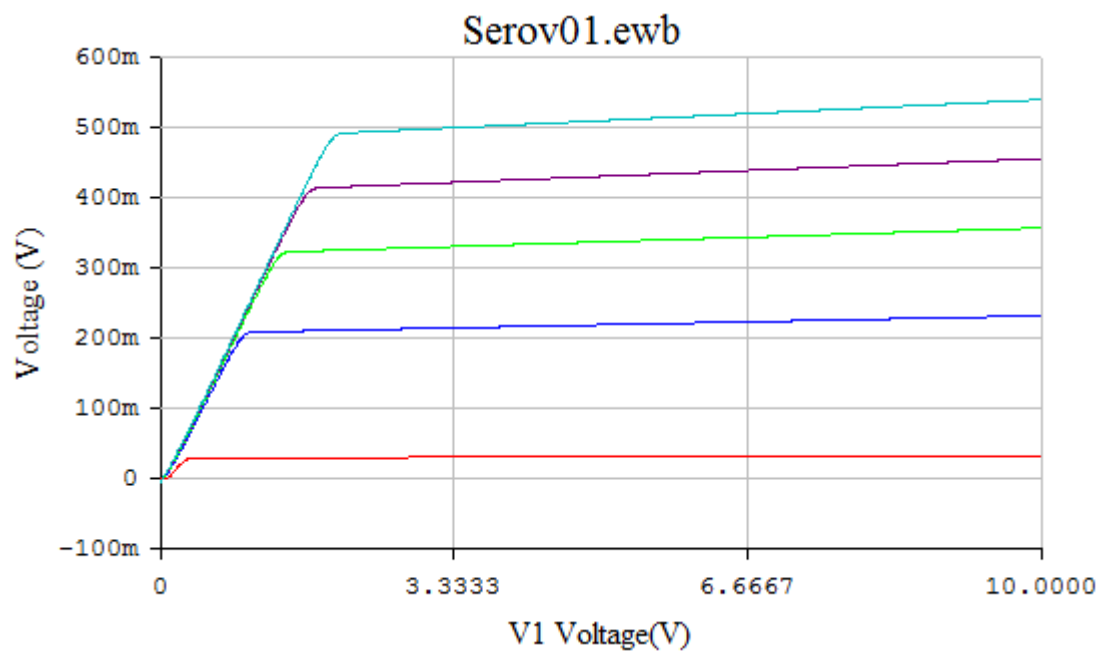
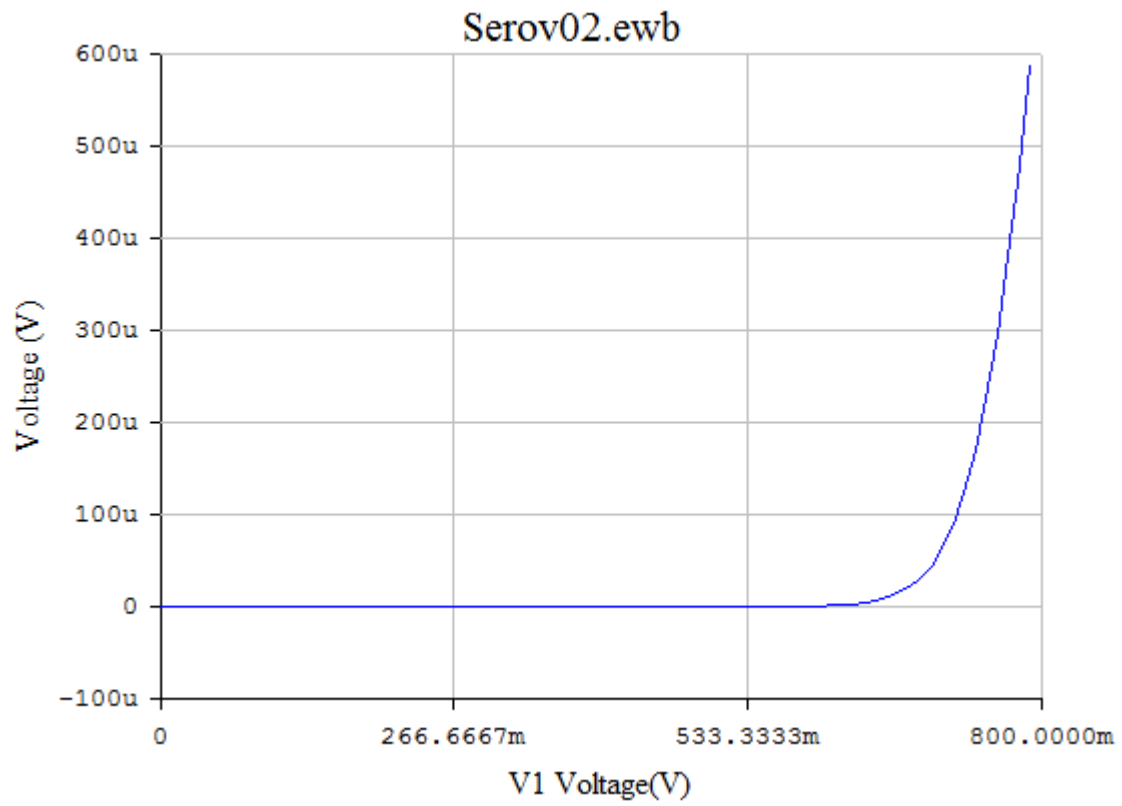
Вариант 11

2Т368В



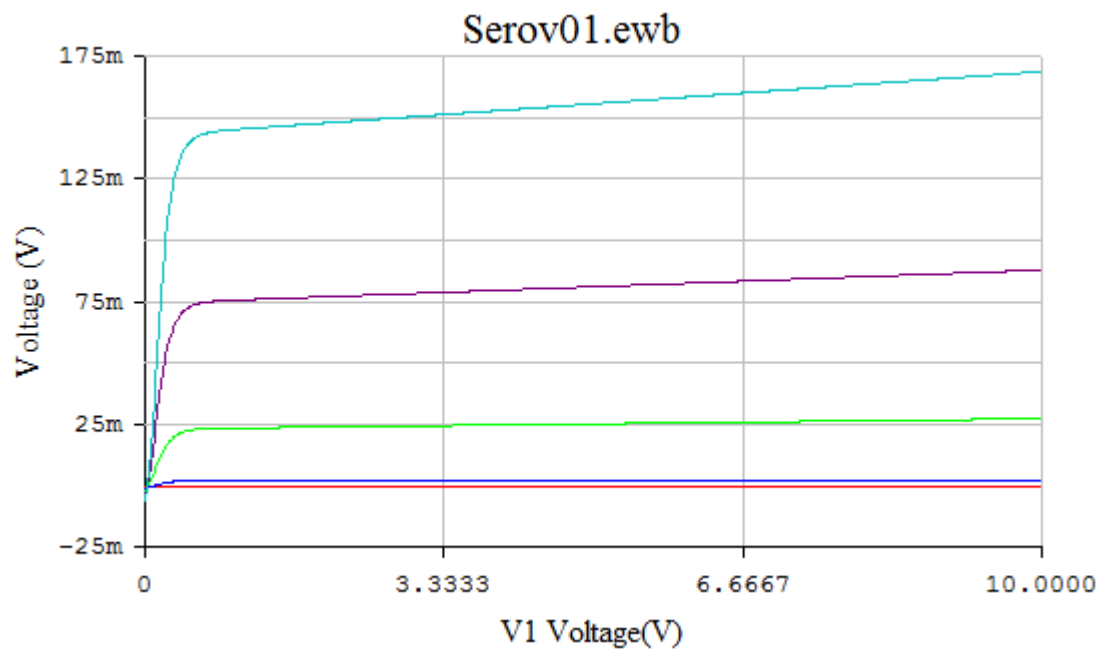
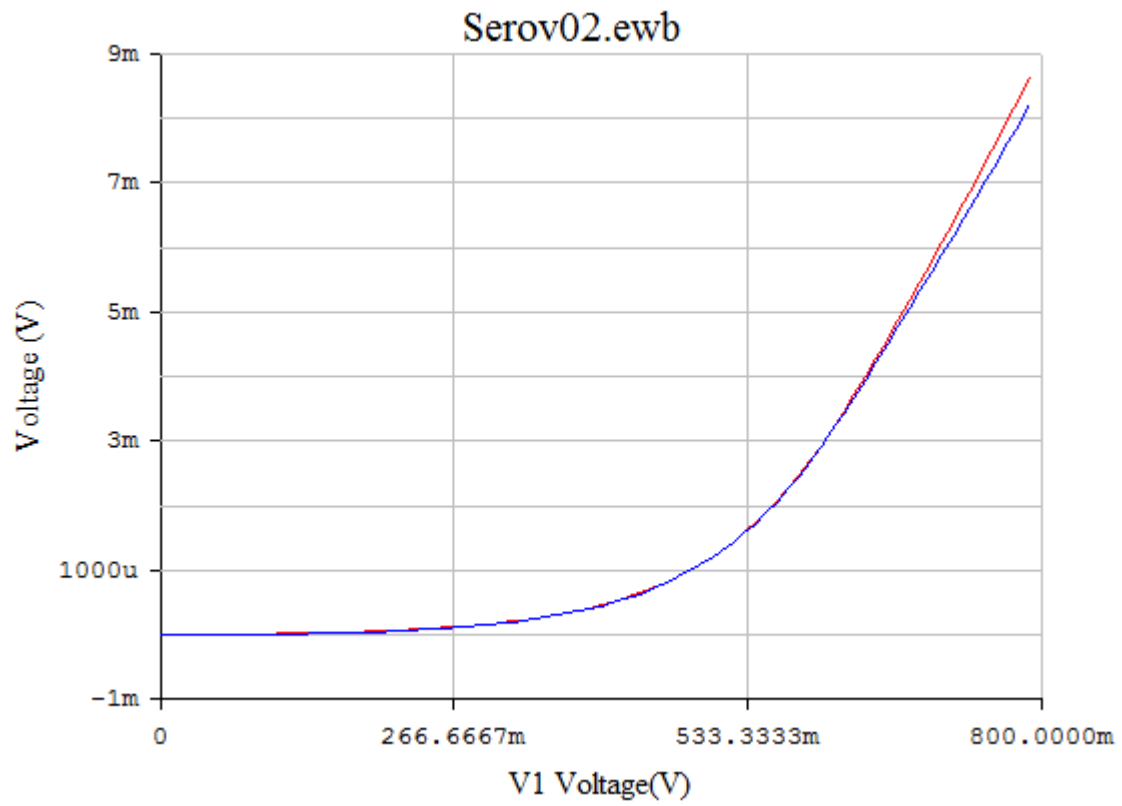
Вариант 12

2Т355А

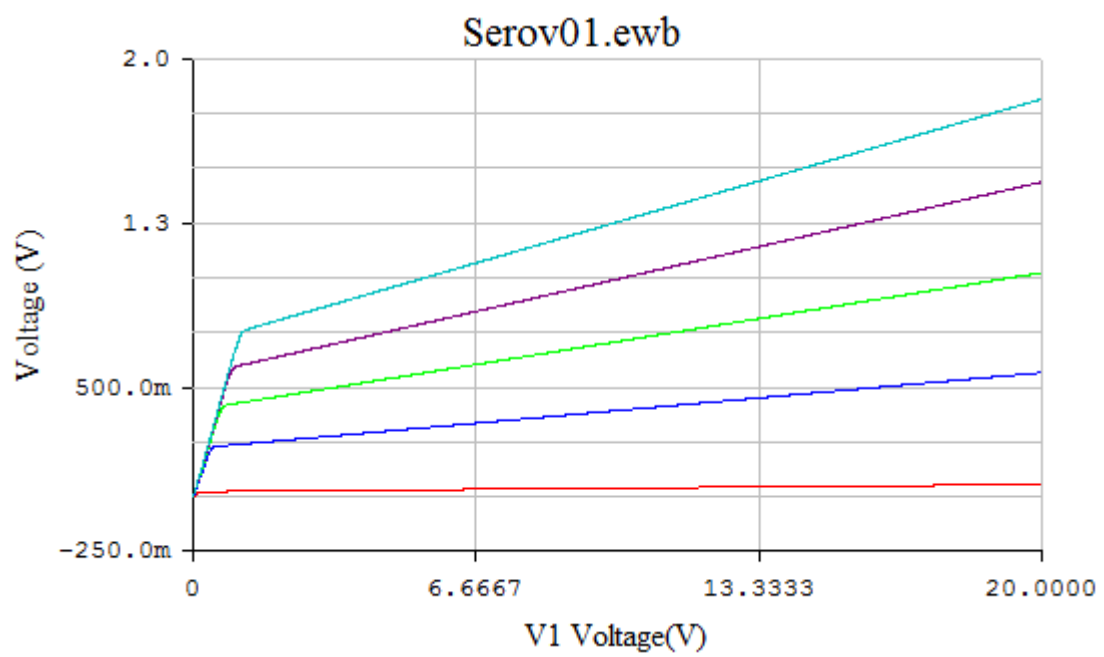
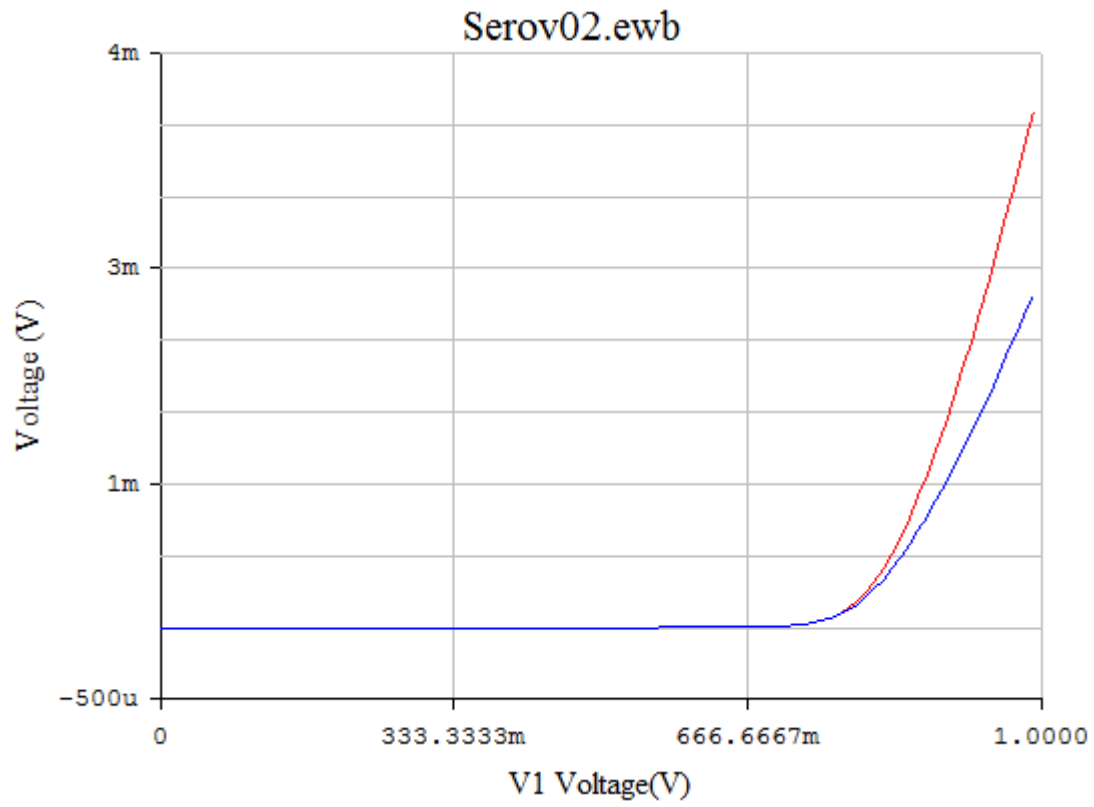


Вариант 13

2Т608В

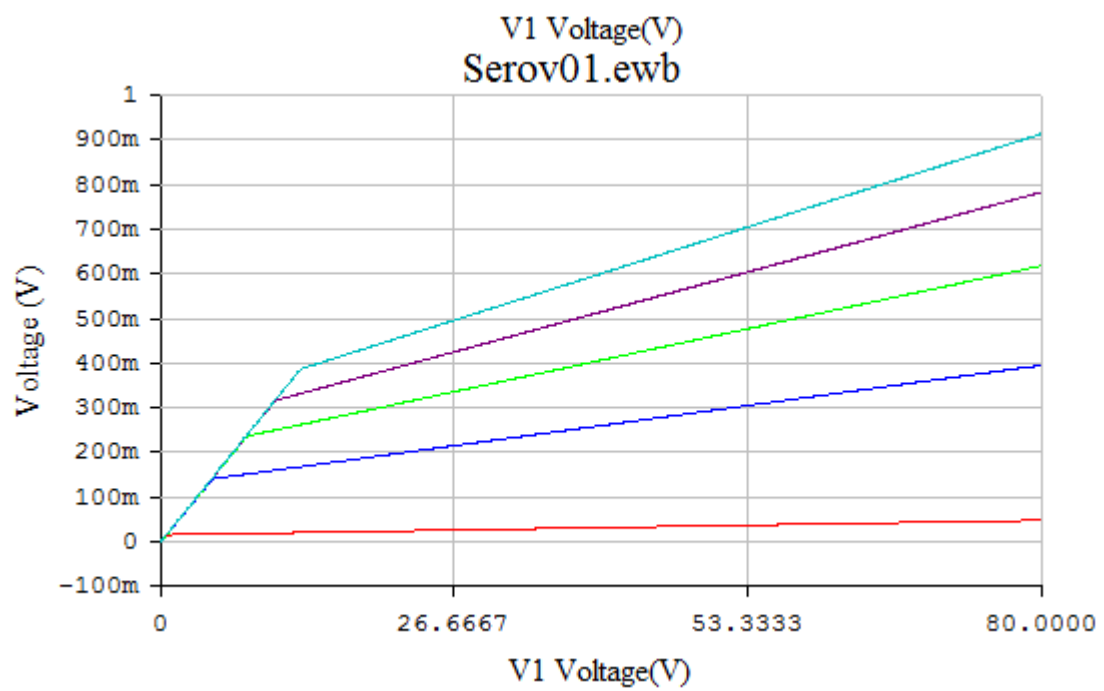
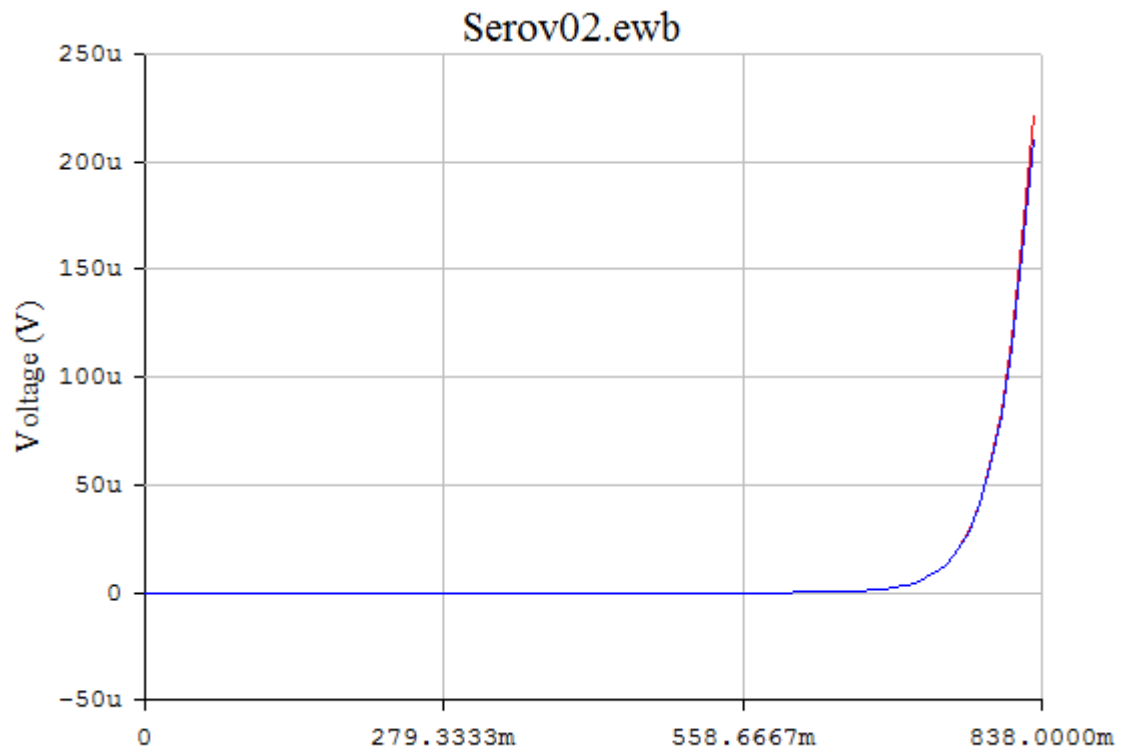


Вариант 14
MMBR571



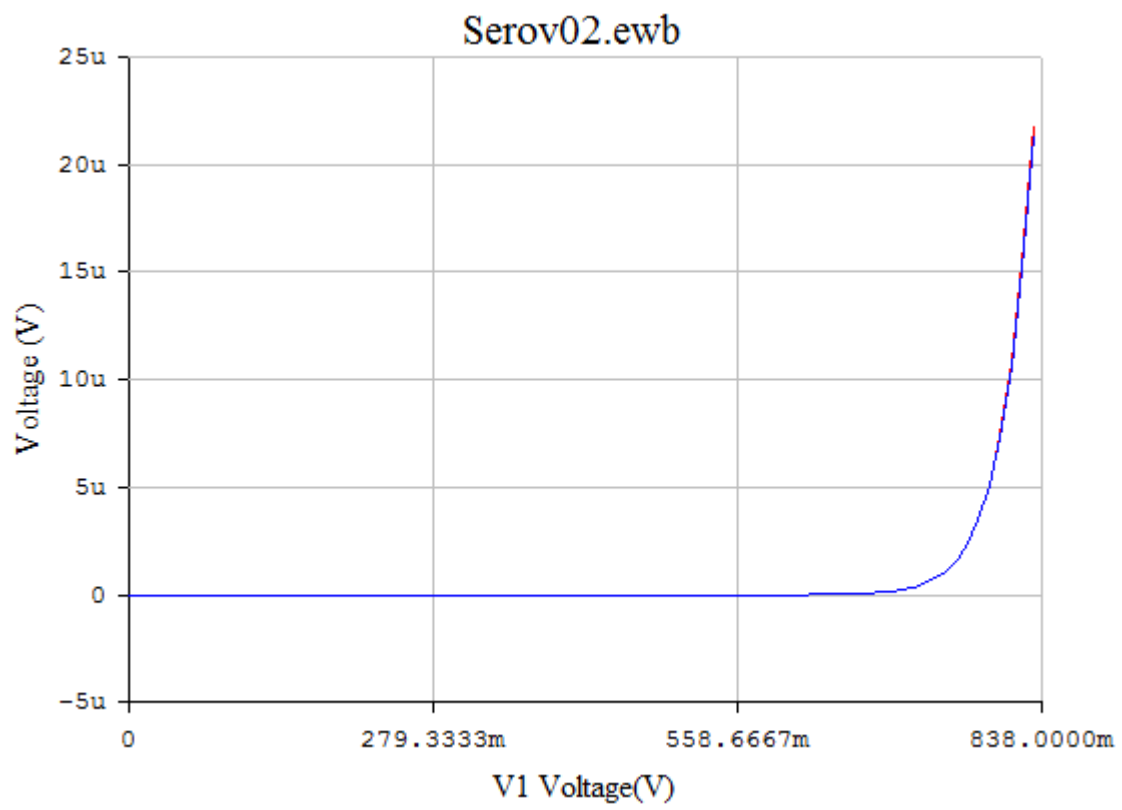
Вариант 15

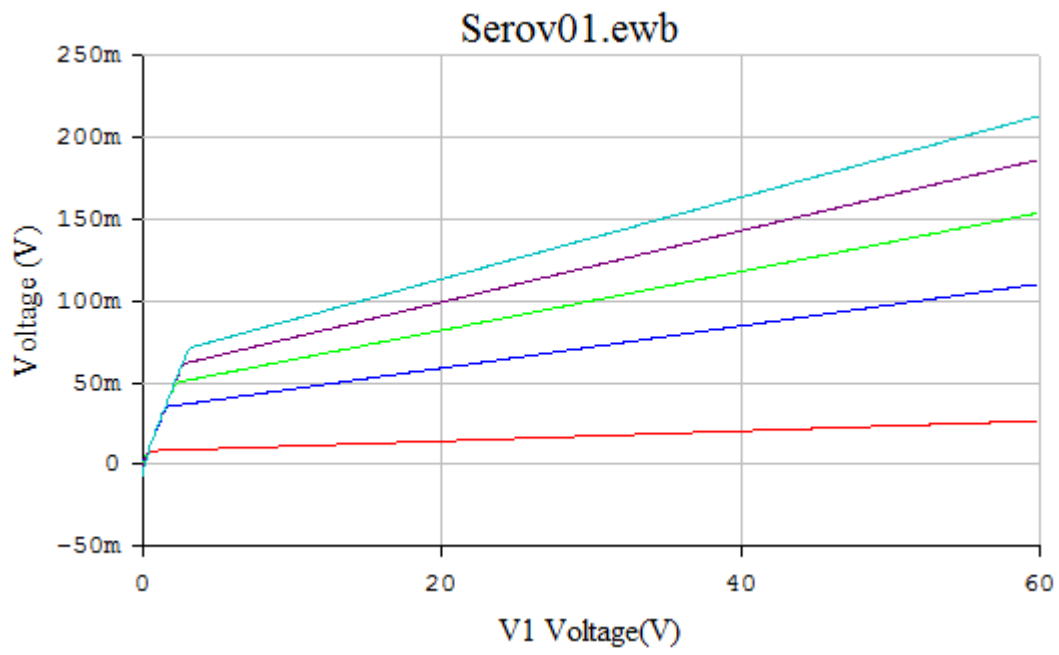
MMBR901



Вариант 16

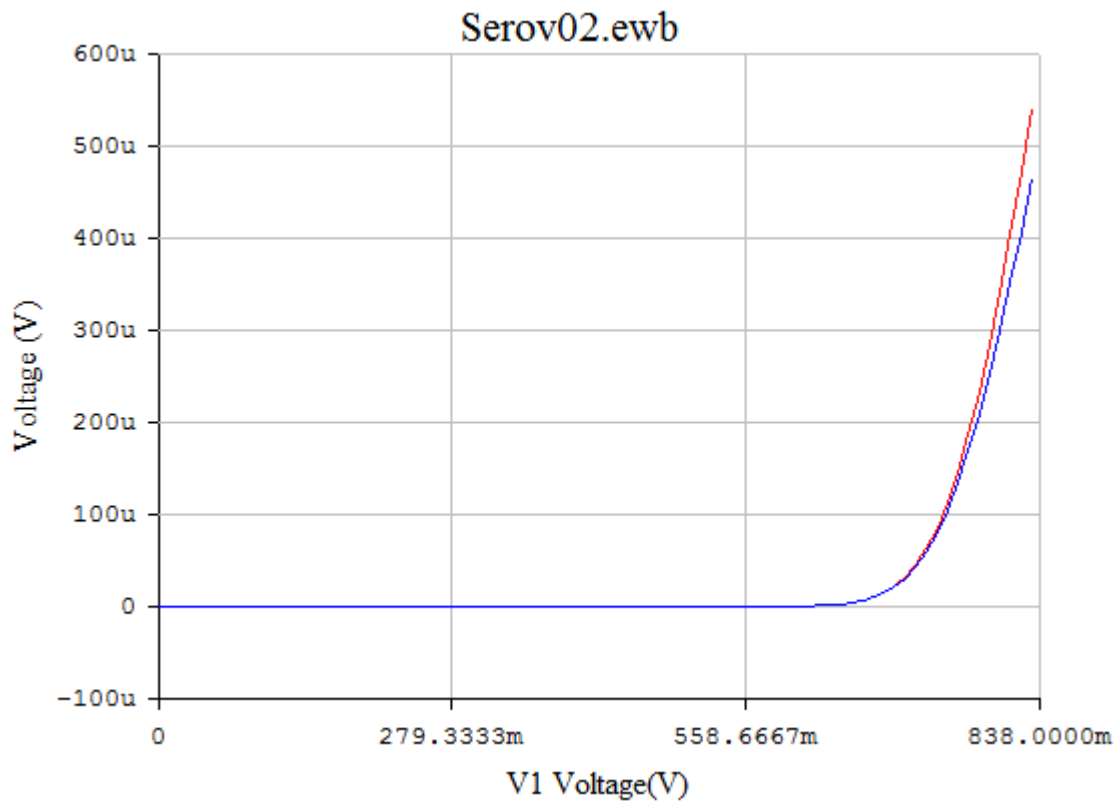
ММВР931

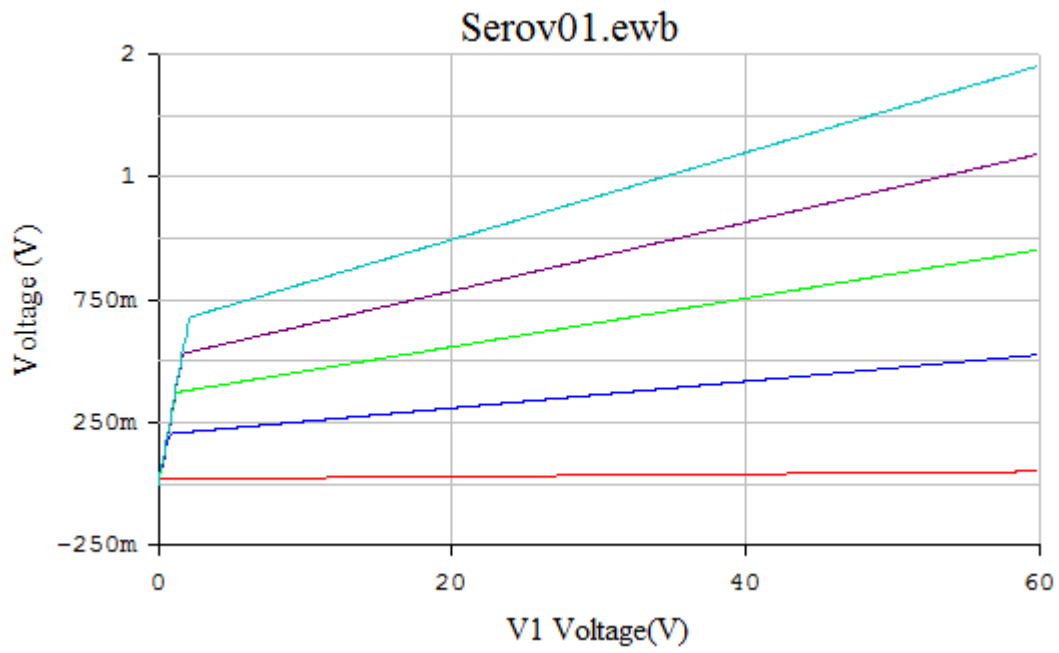




Вариант 17

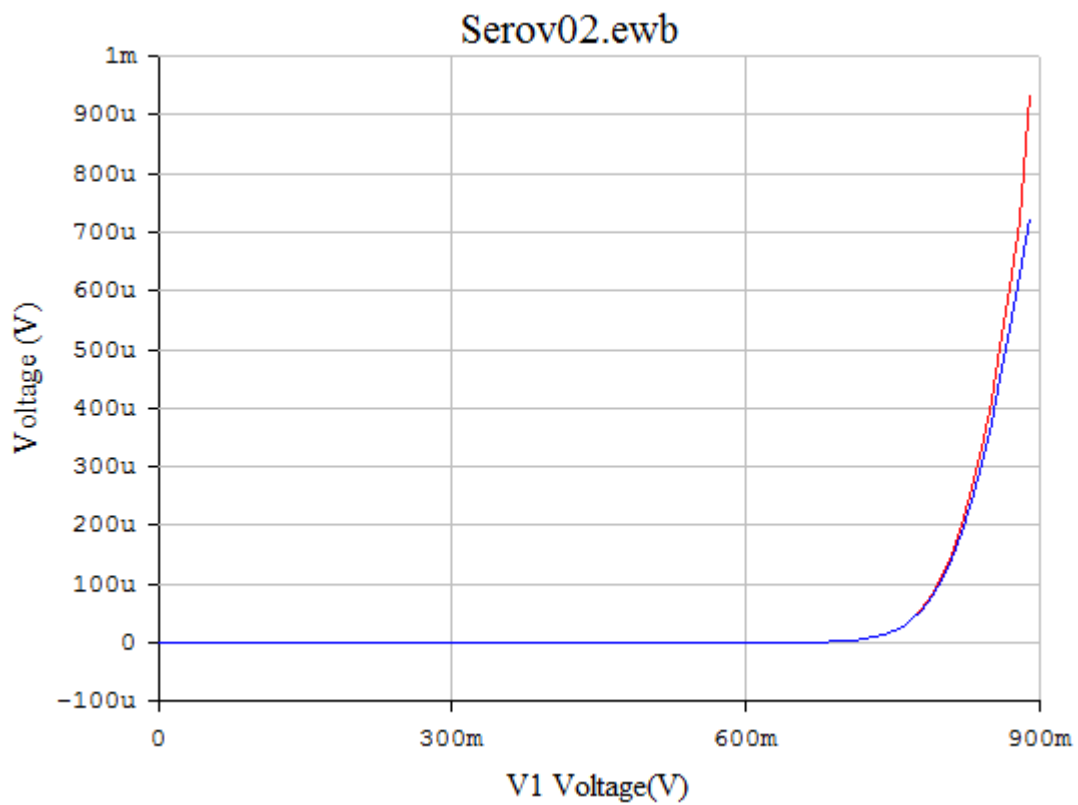
MRF5812

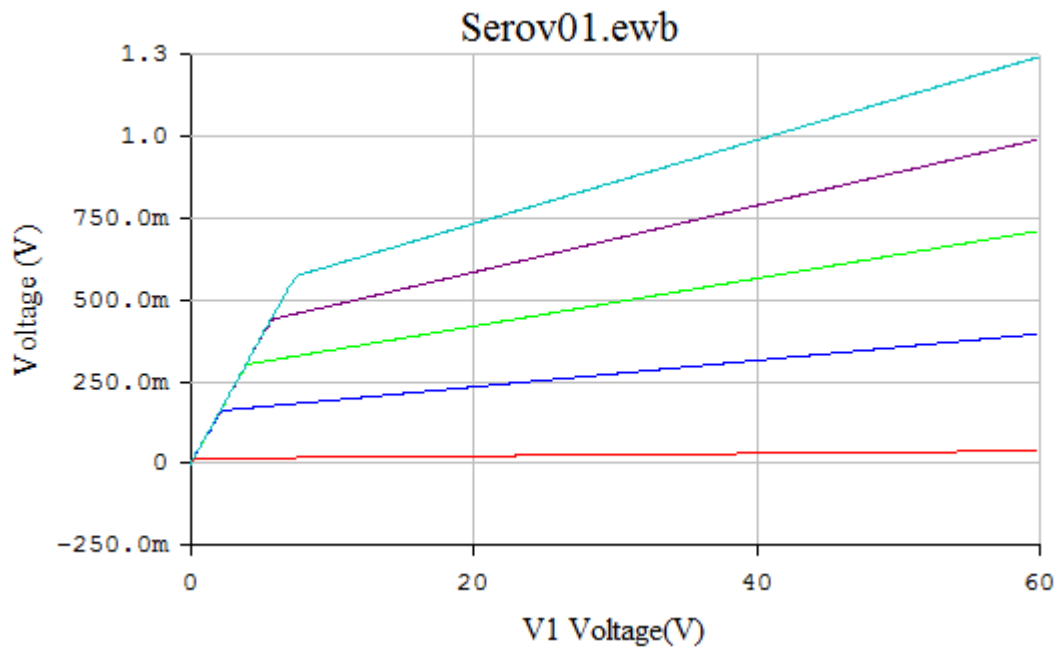




Вариант 18

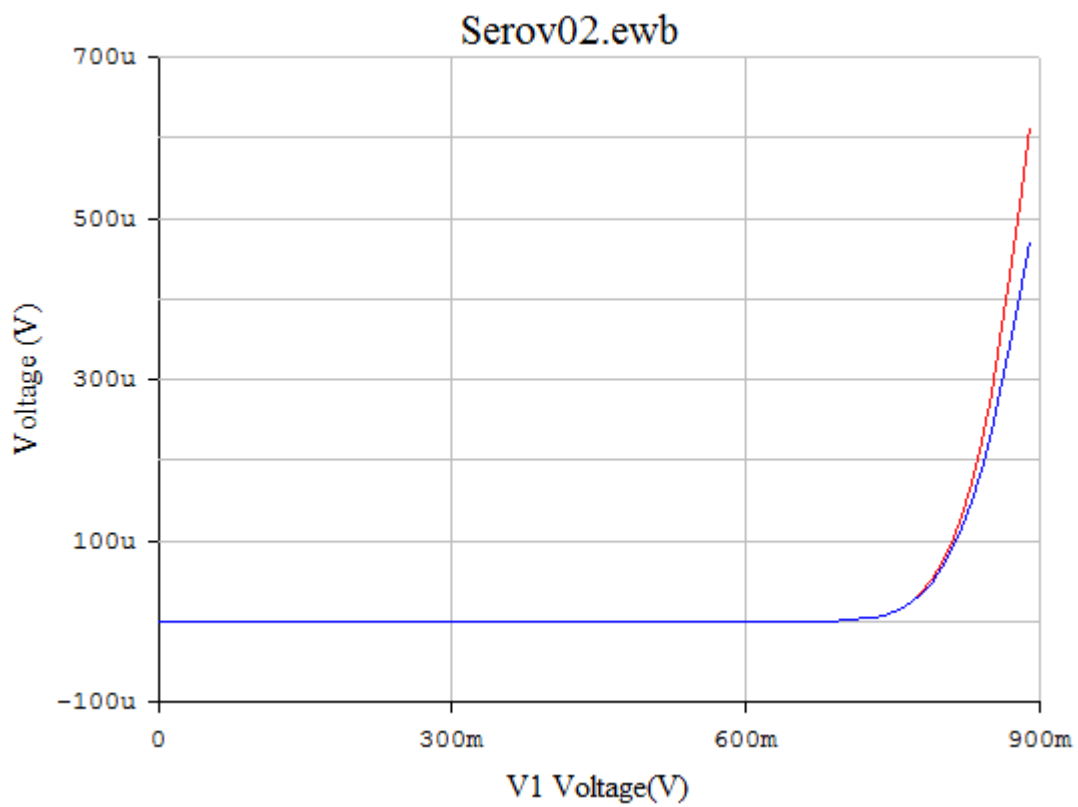
MRF9011

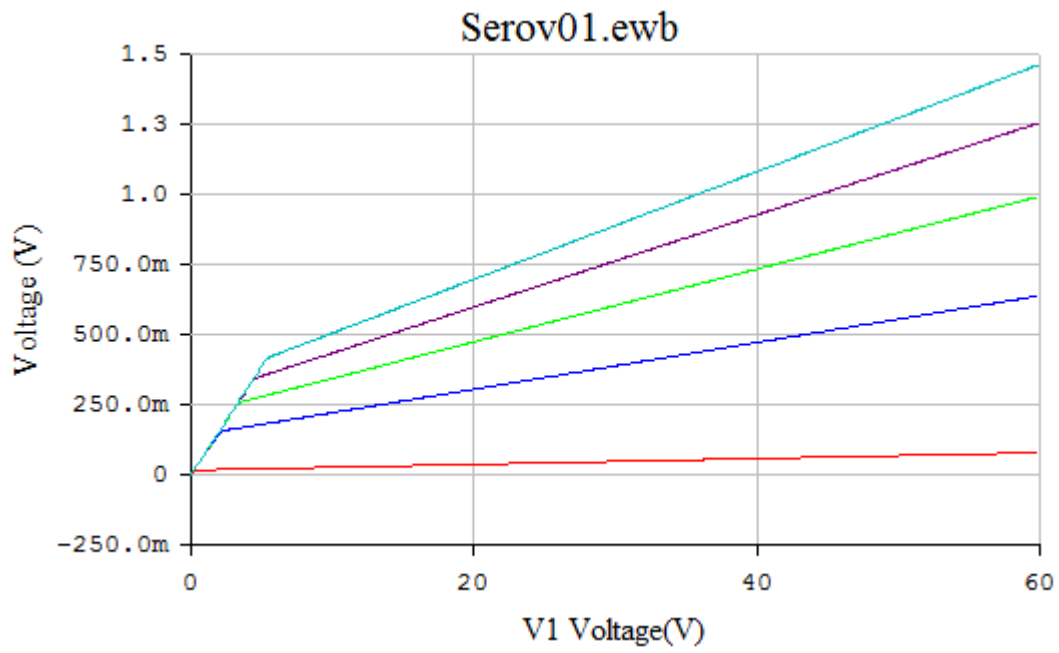




Вариант 19

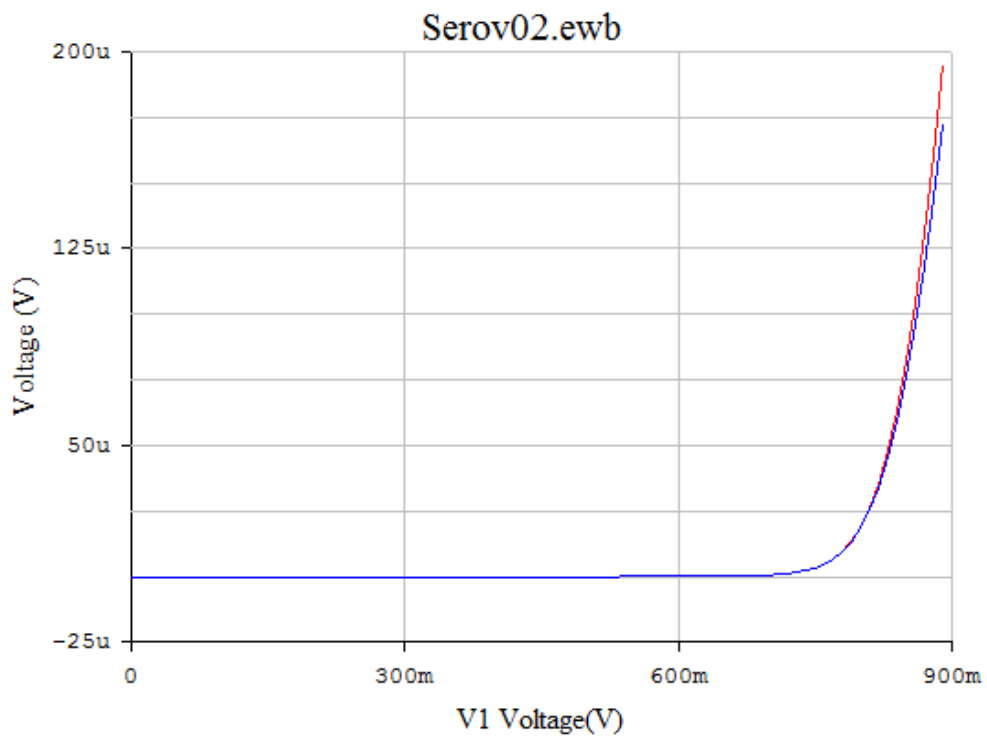
MRF947

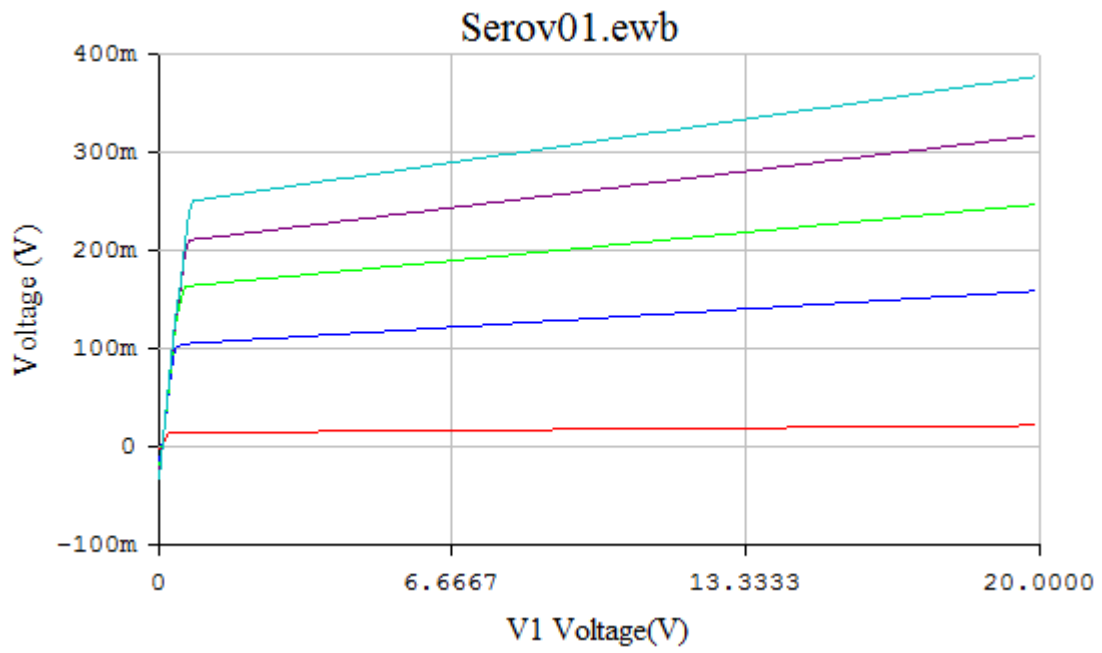




Вариант 20

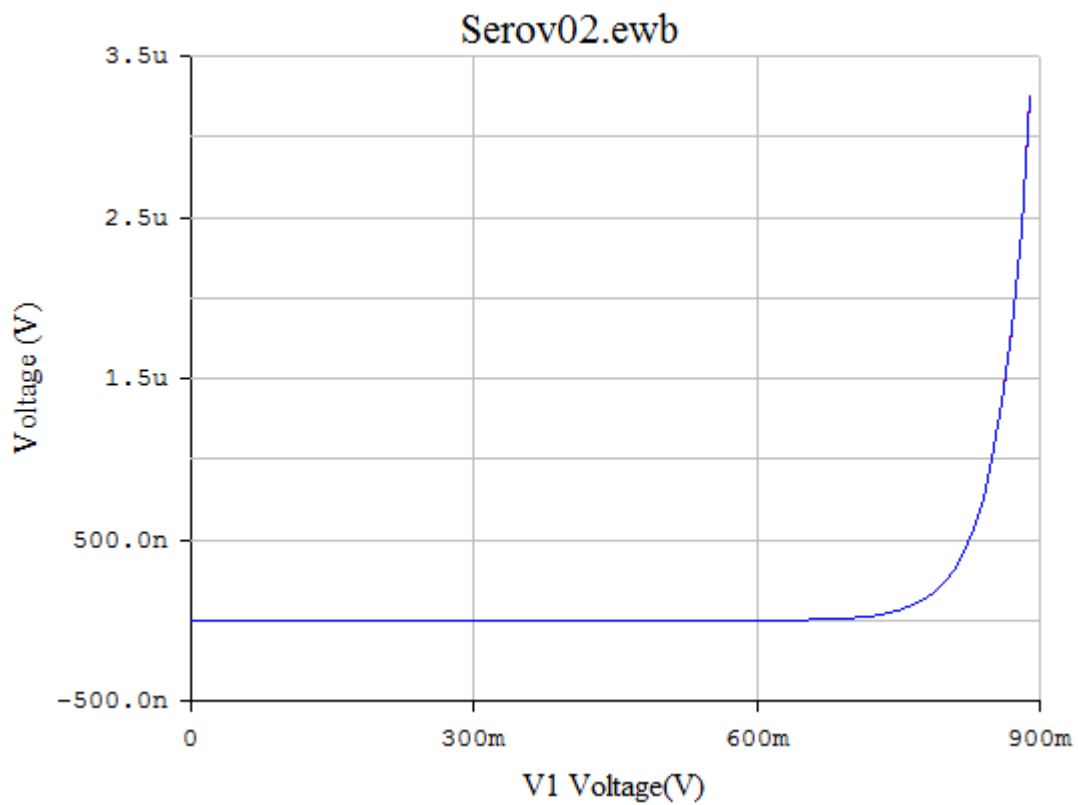
T501

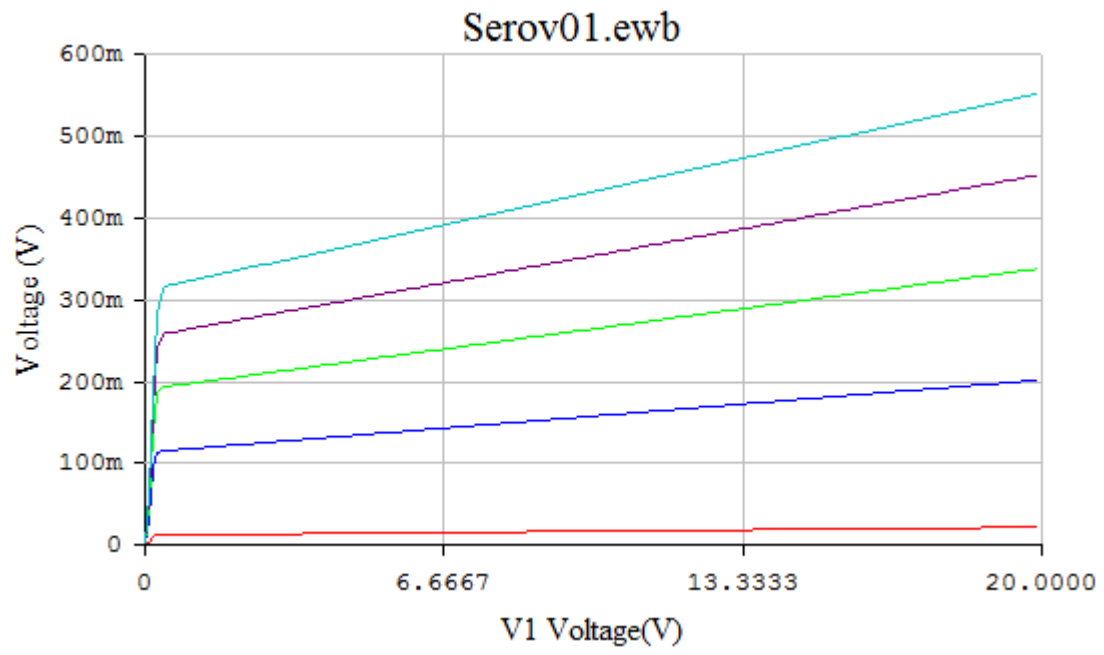




Вариант 21

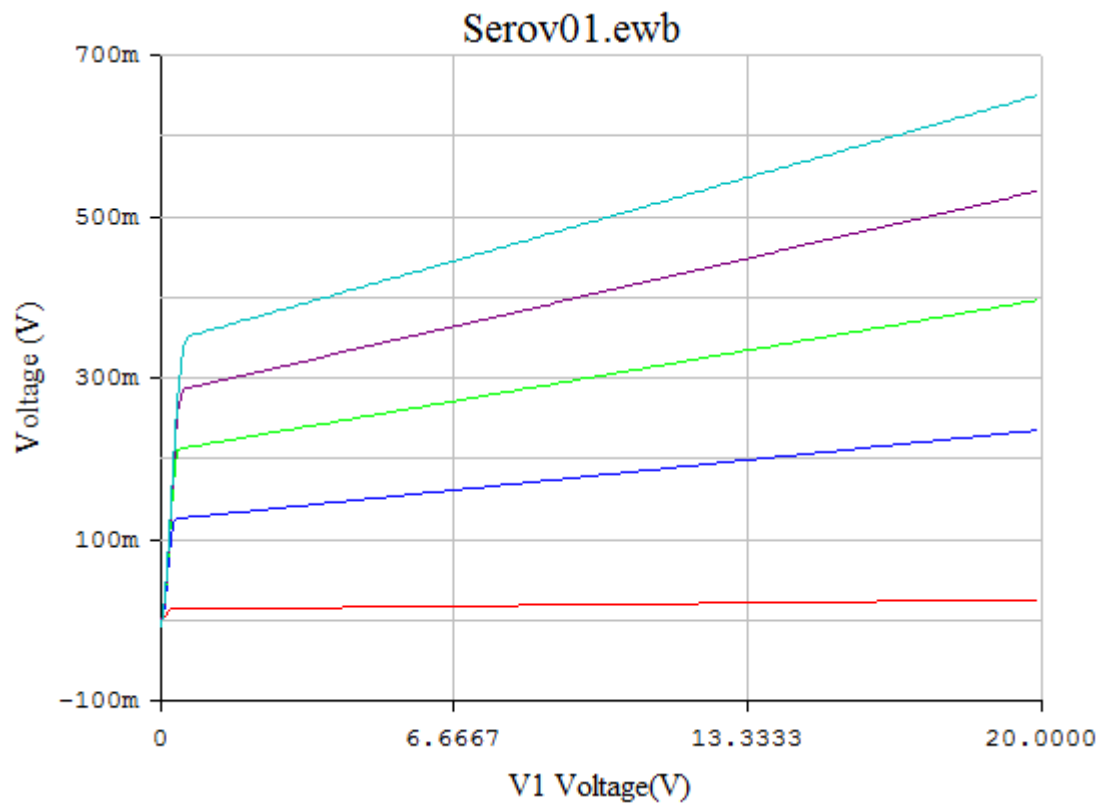
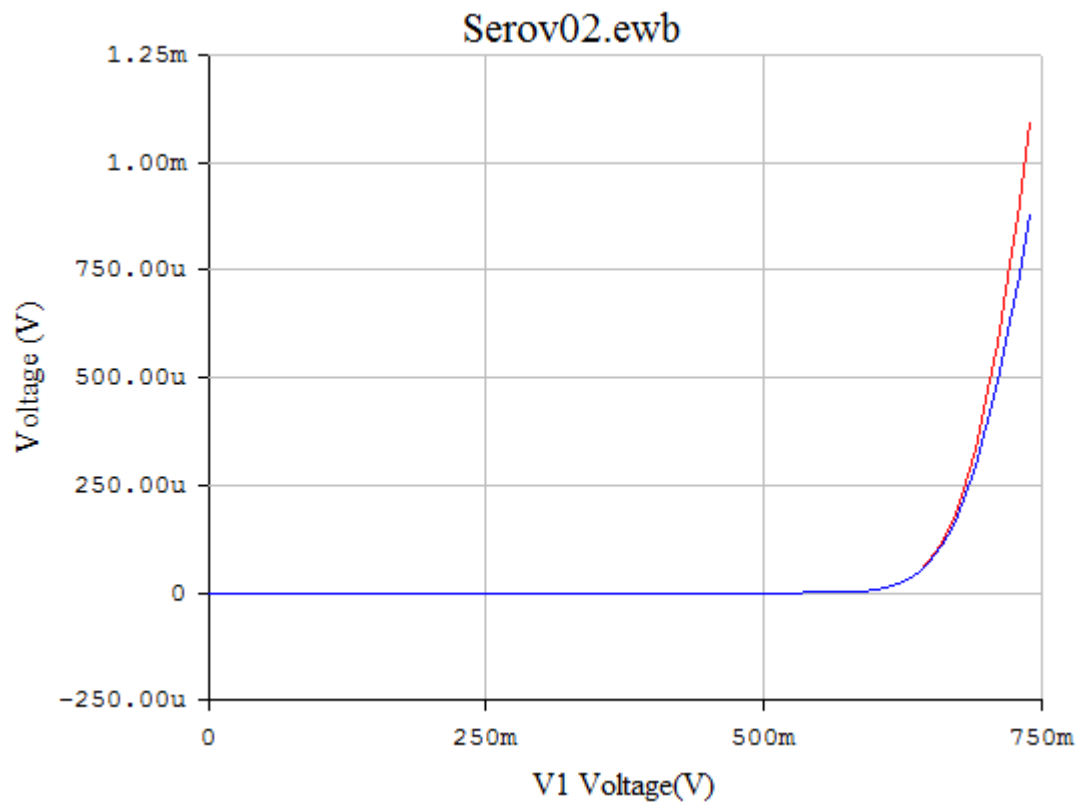
T502





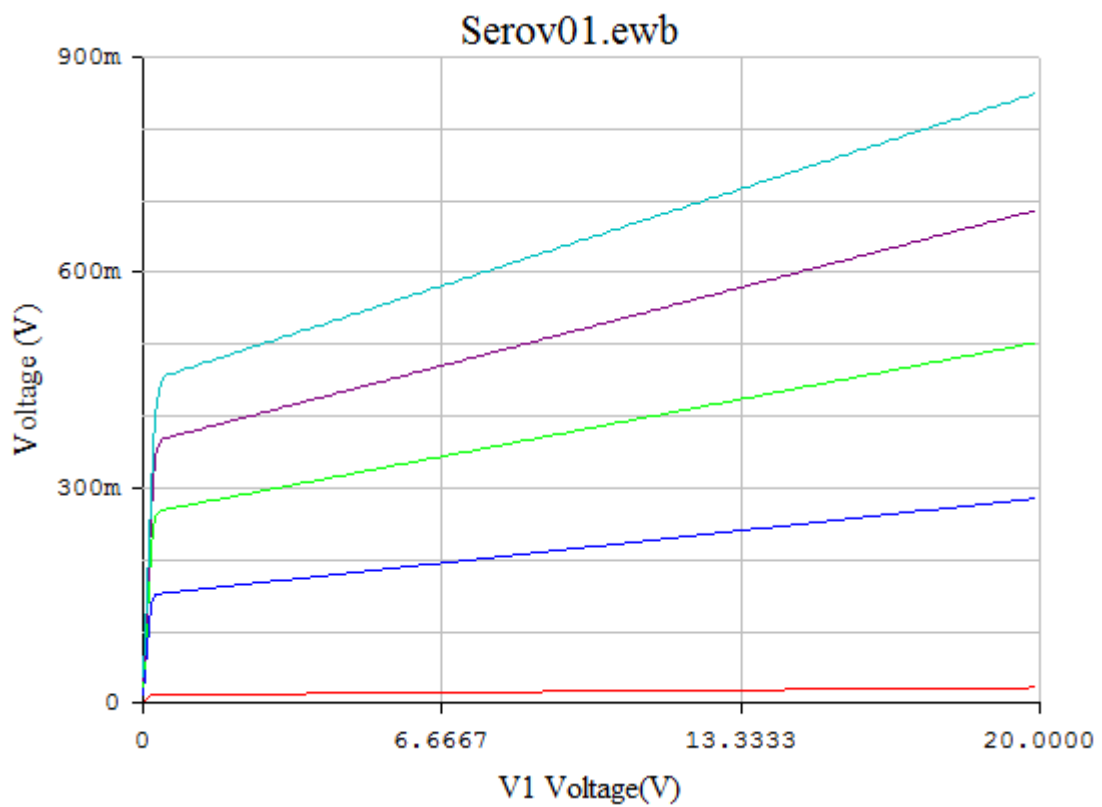
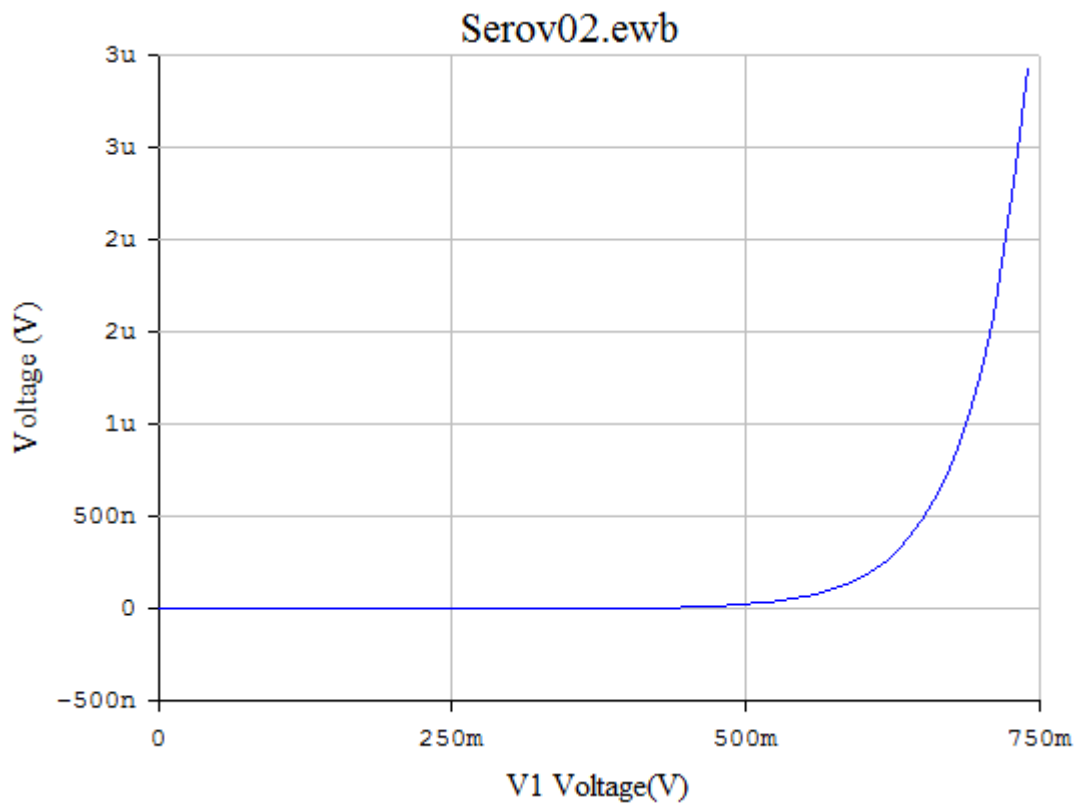
Вариант 22

T503

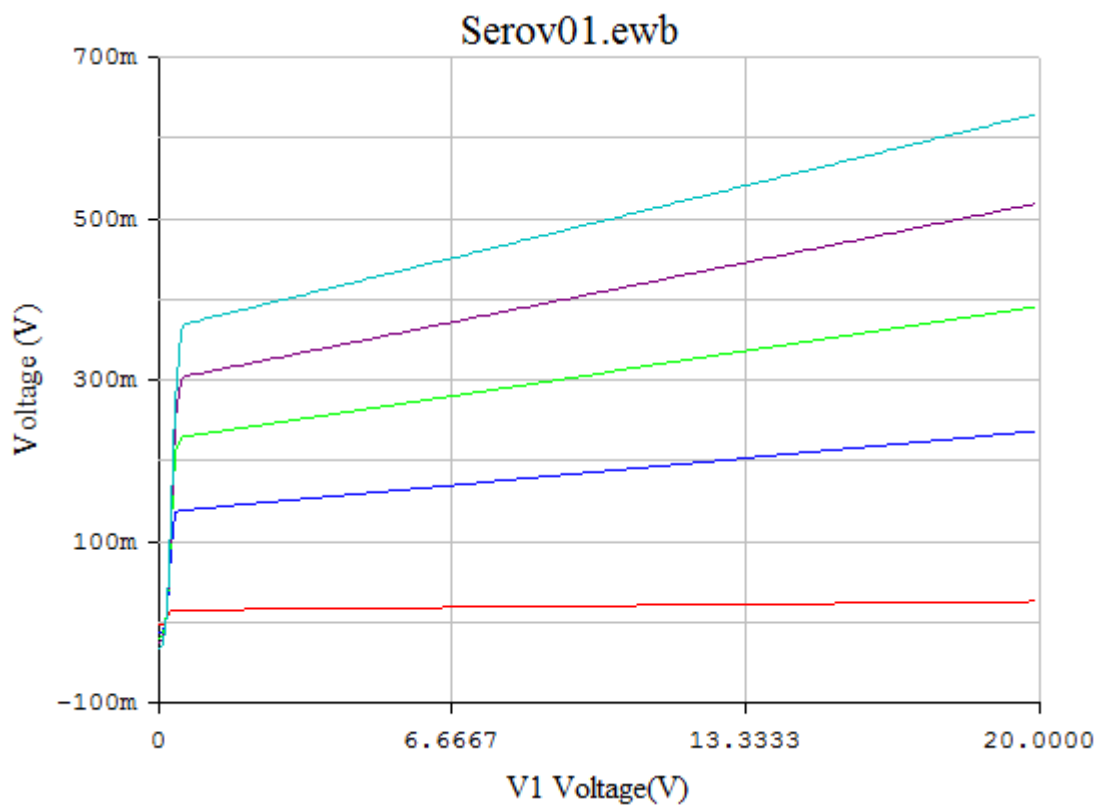
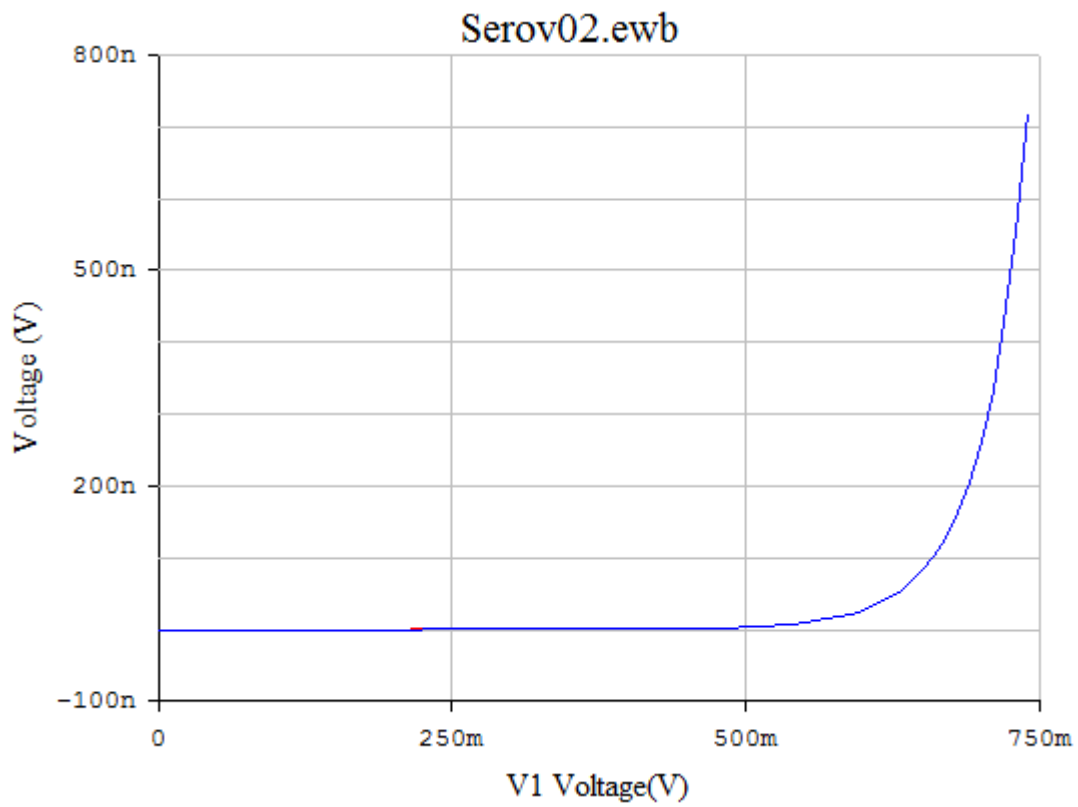


Вариант 23

T504

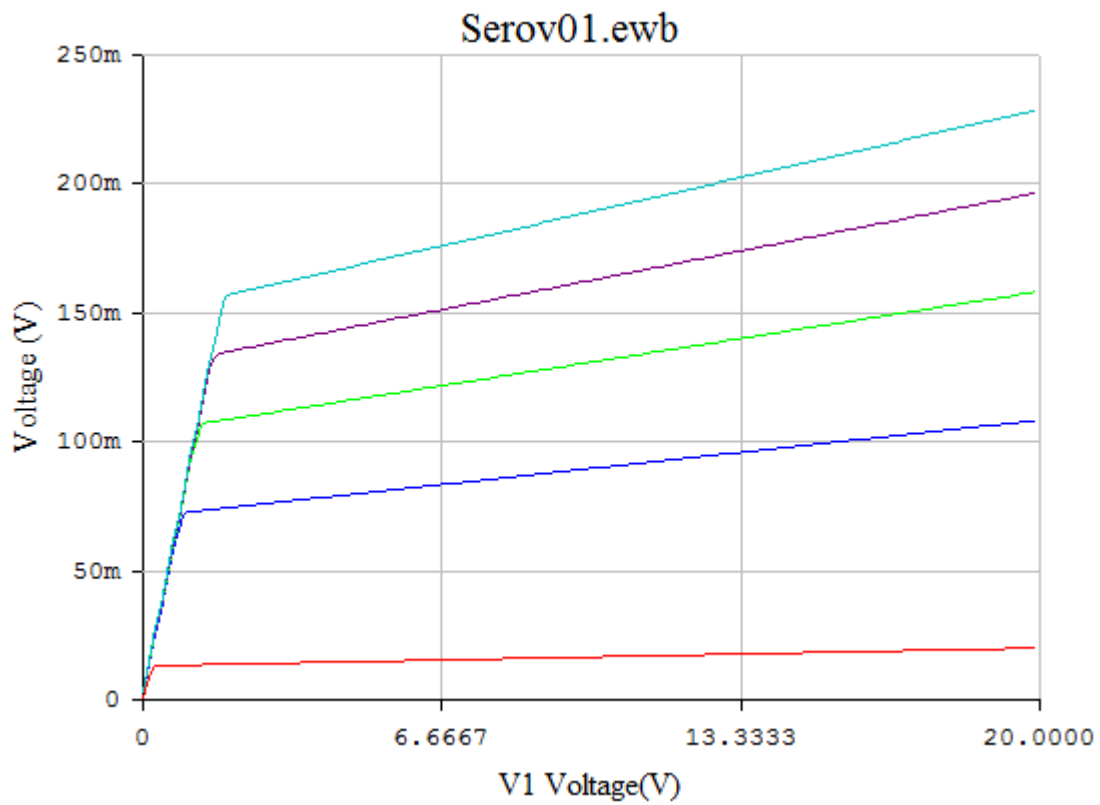
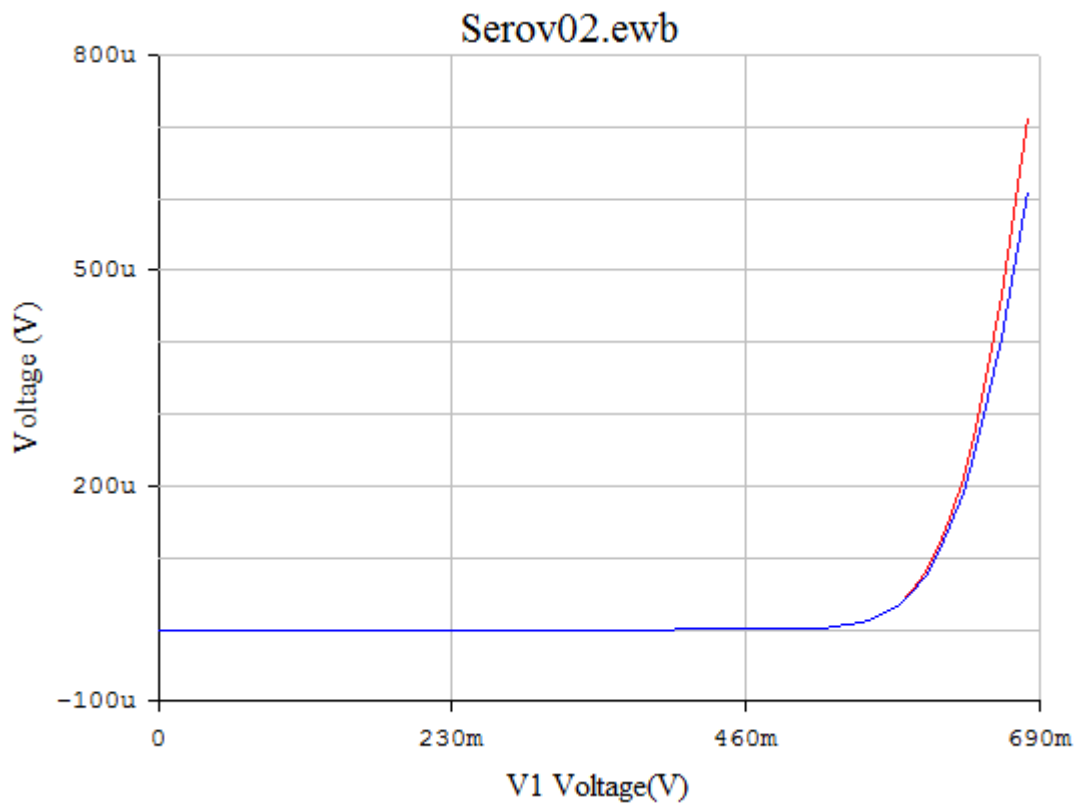


T89



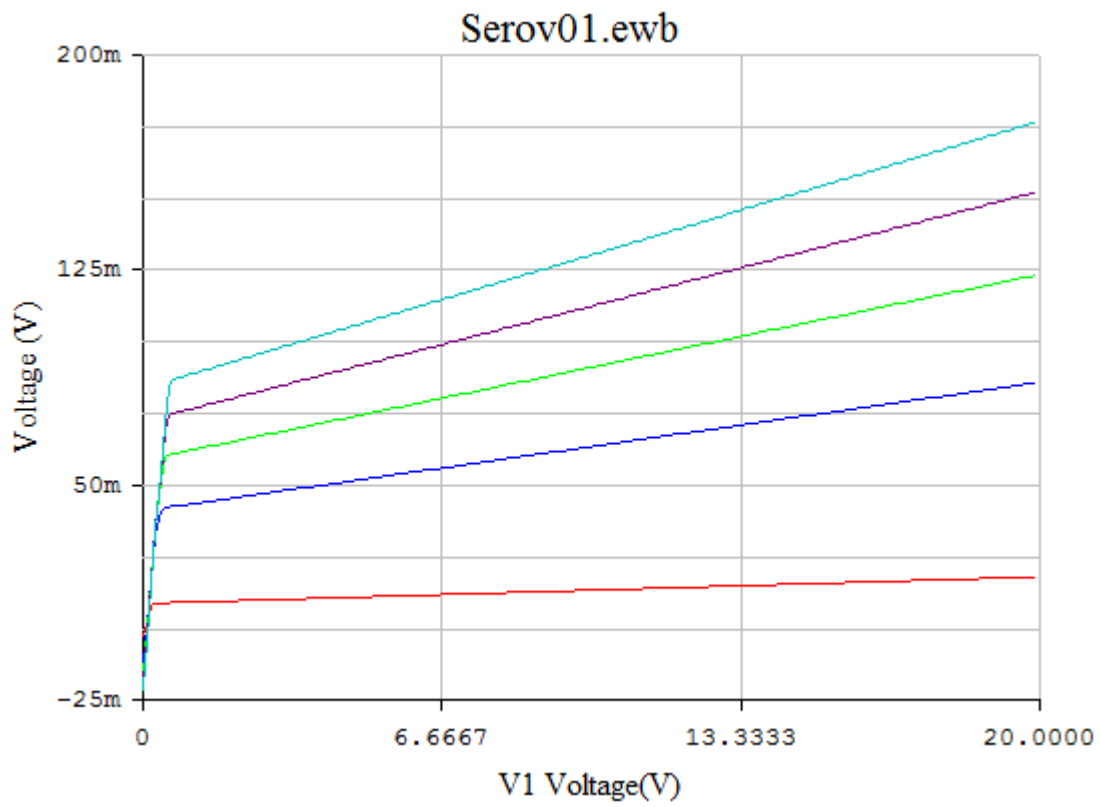
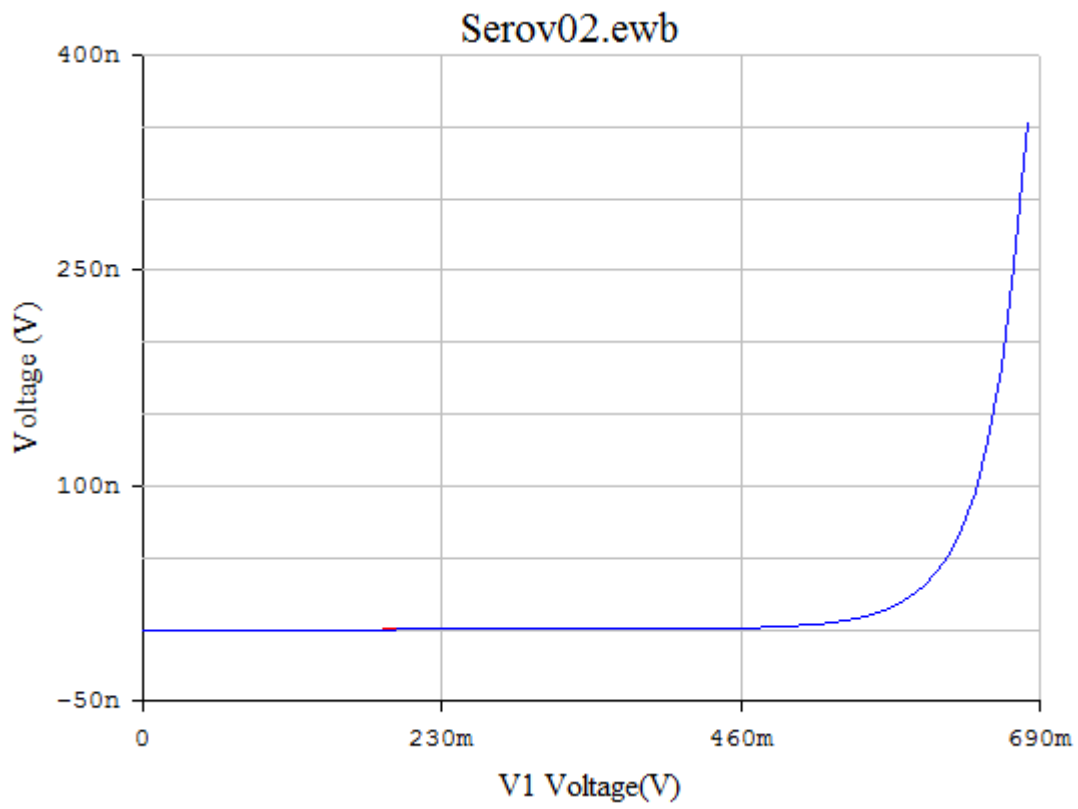
Вариант 25

T122



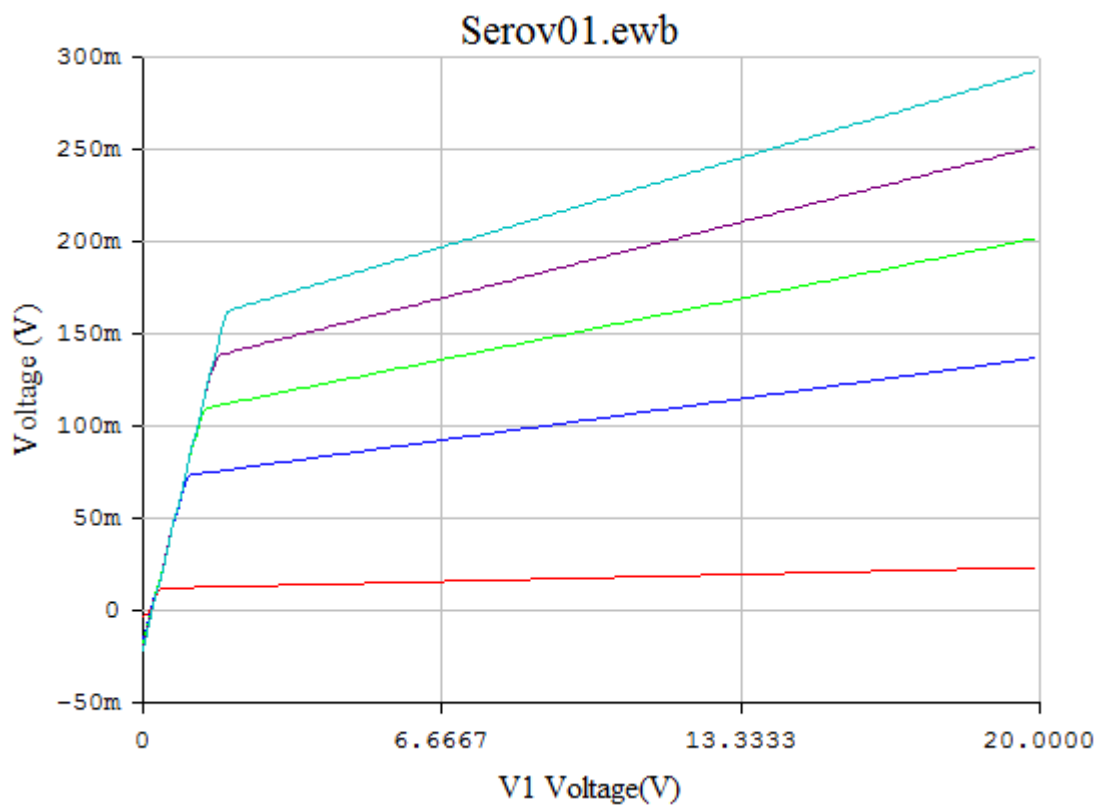
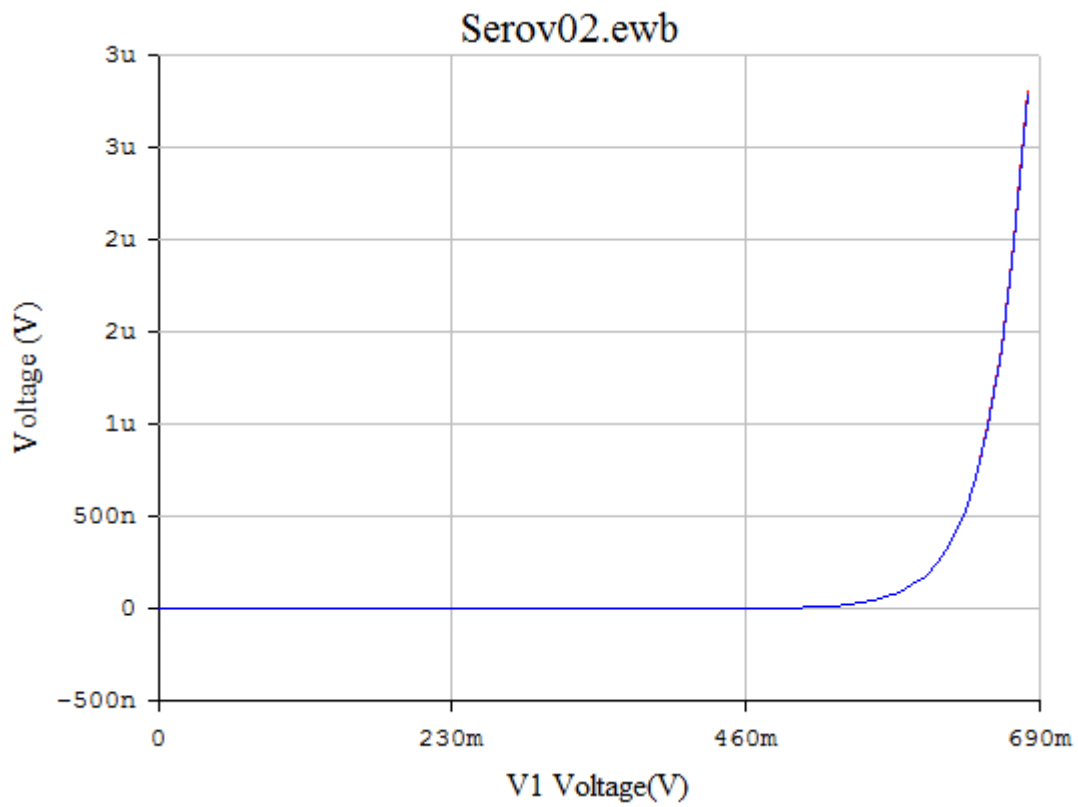
Вариант 26

T301



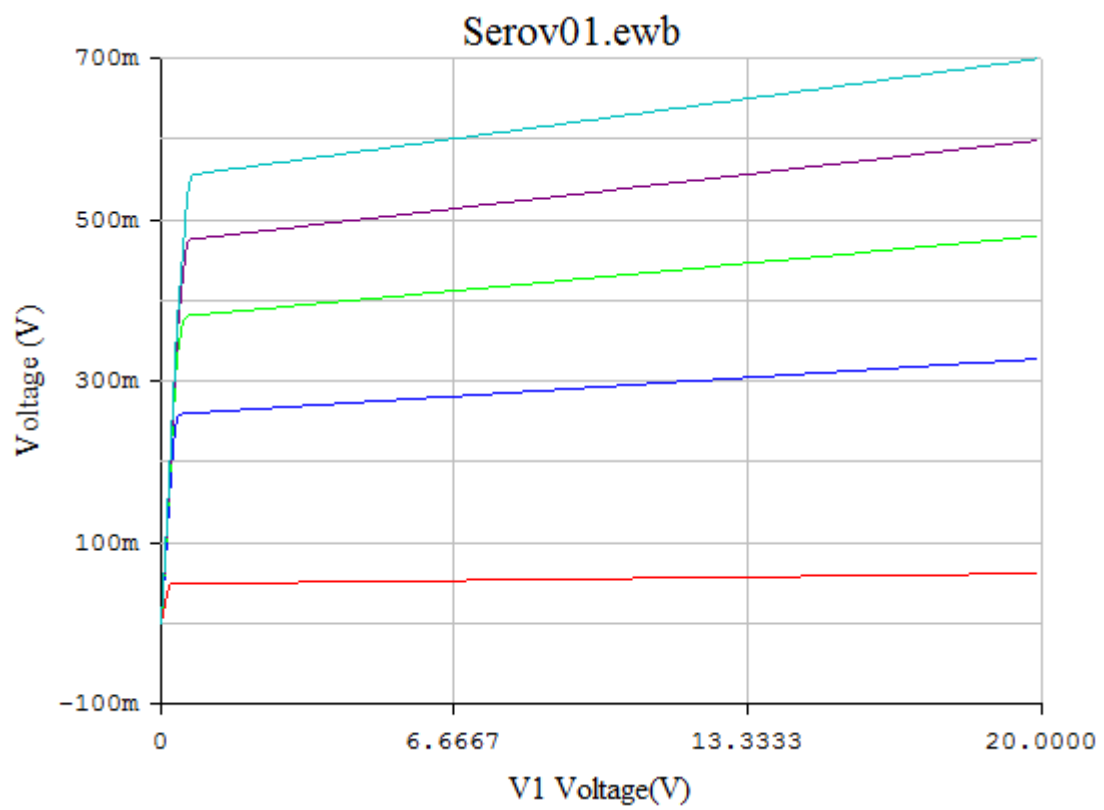
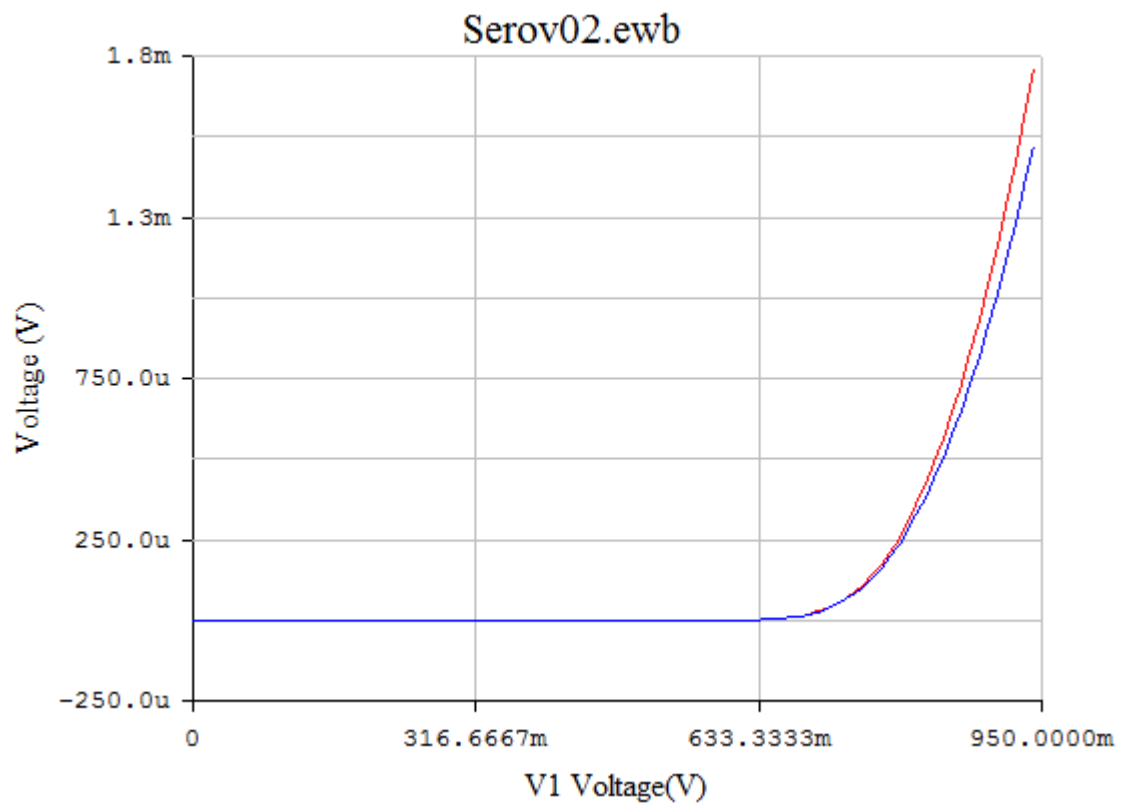
Вариант 27

T302



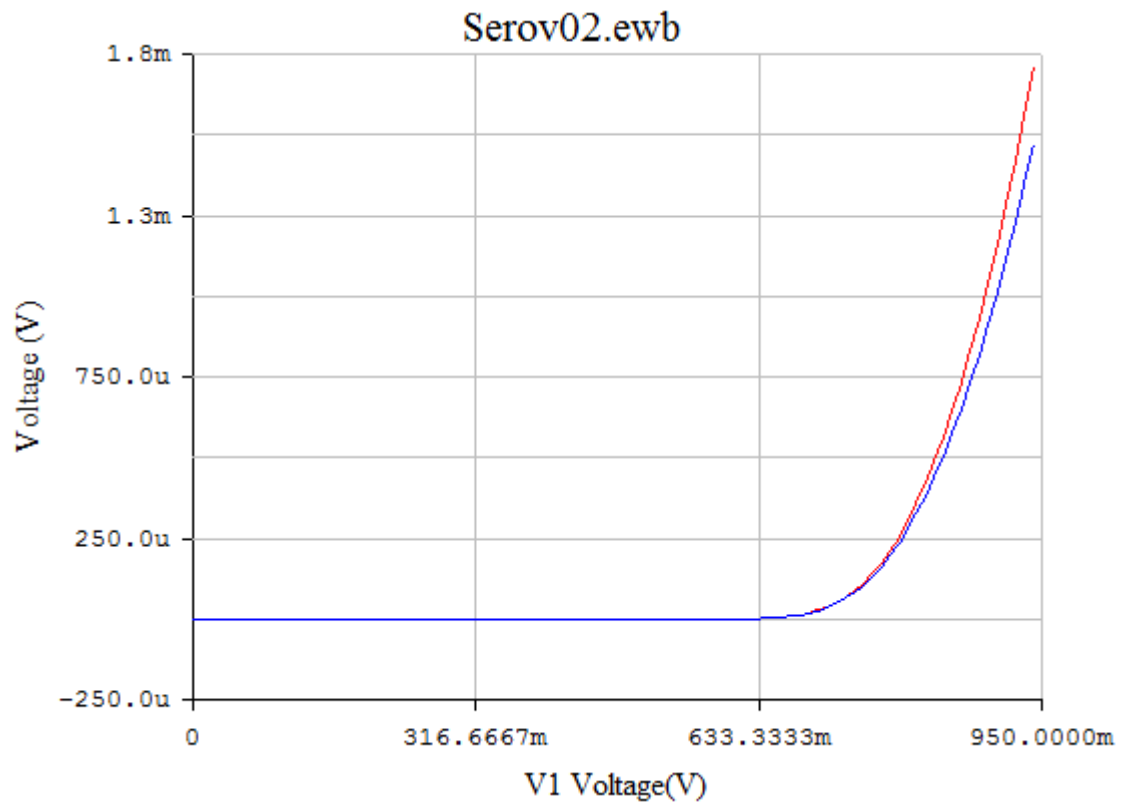
Вариант 28

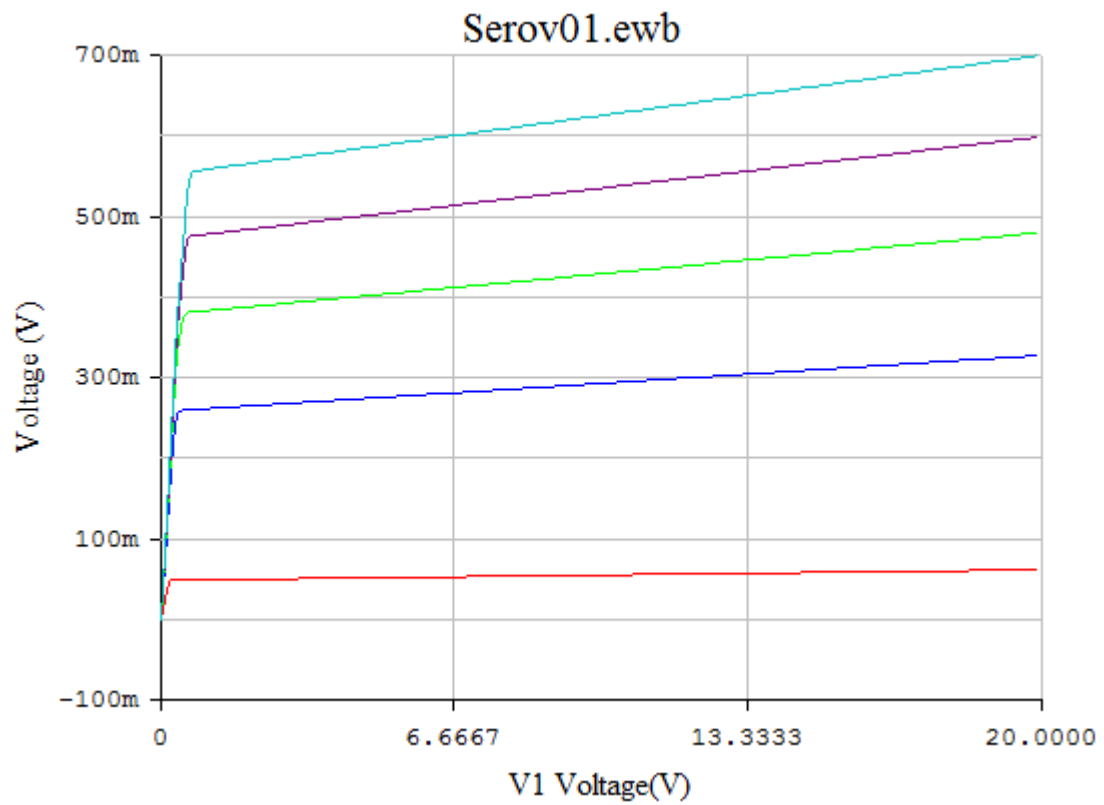
BC107



Вариант 29

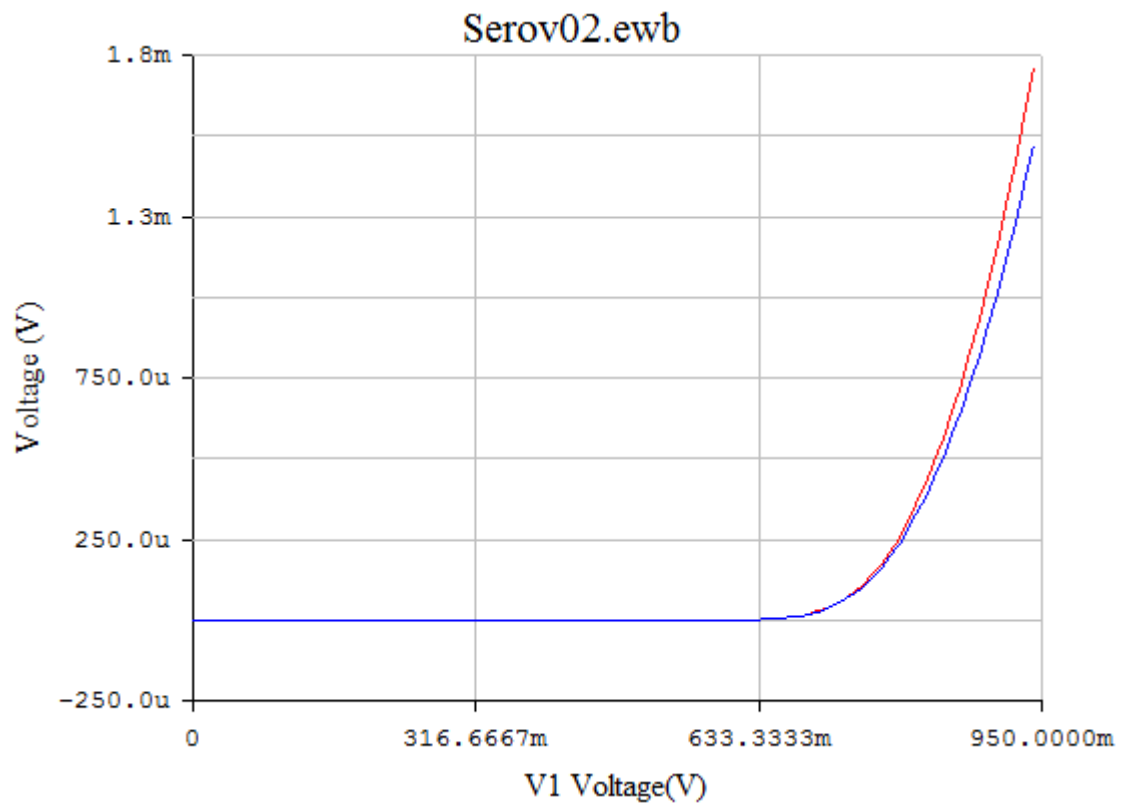
BC108

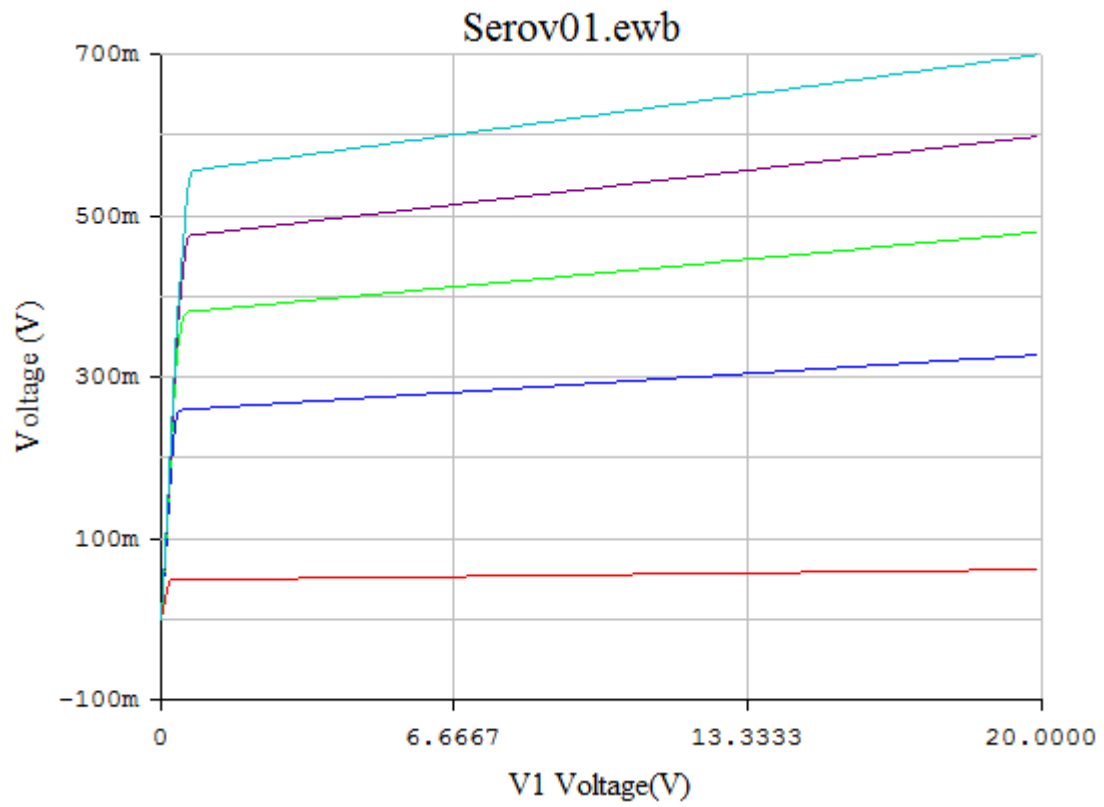




Вариант 30

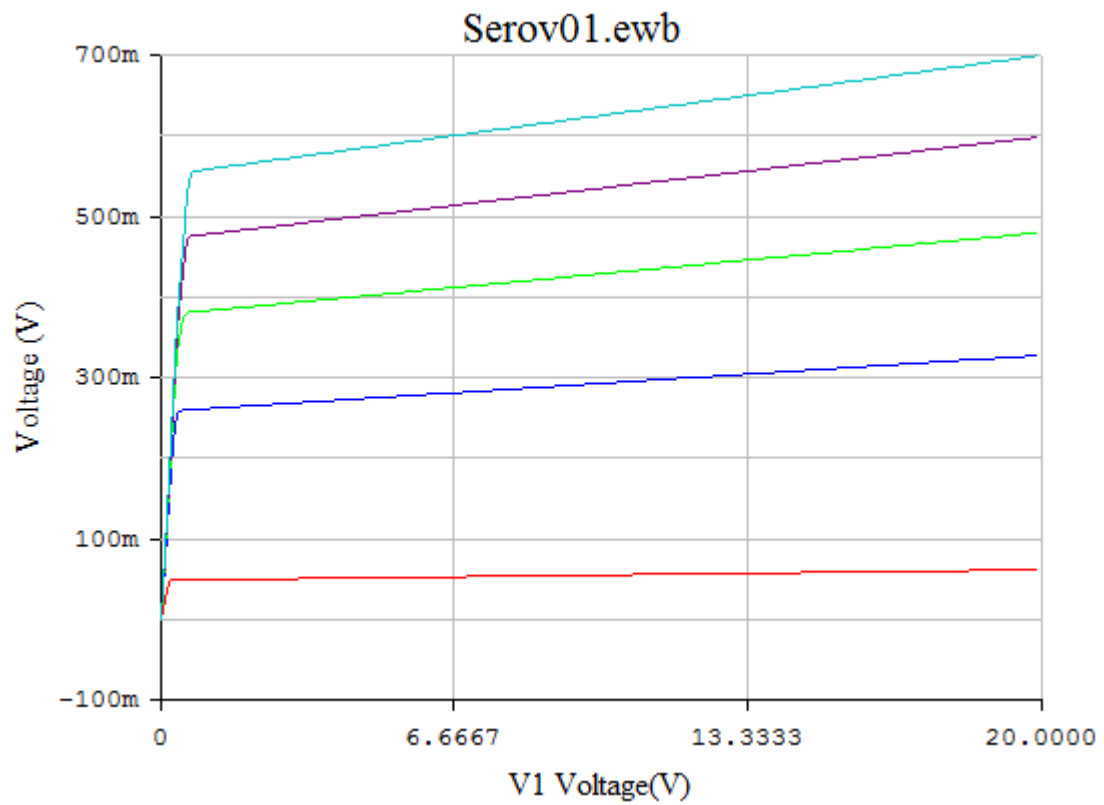
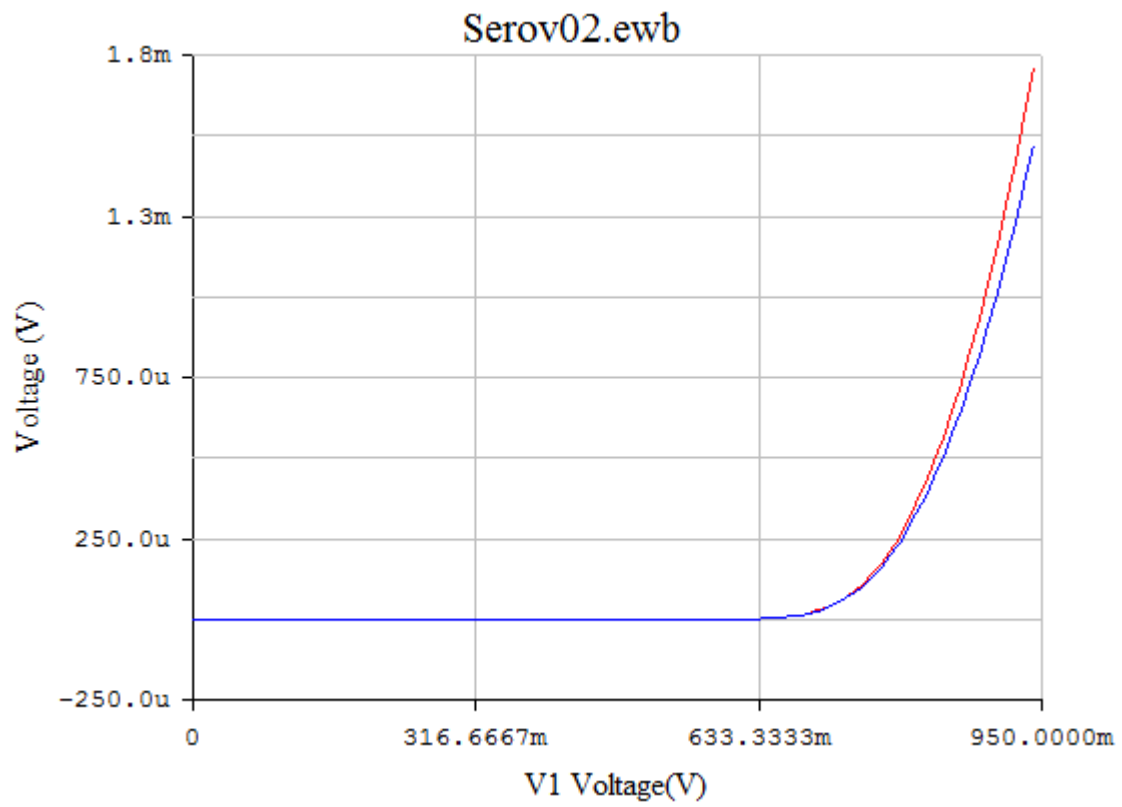
BC109





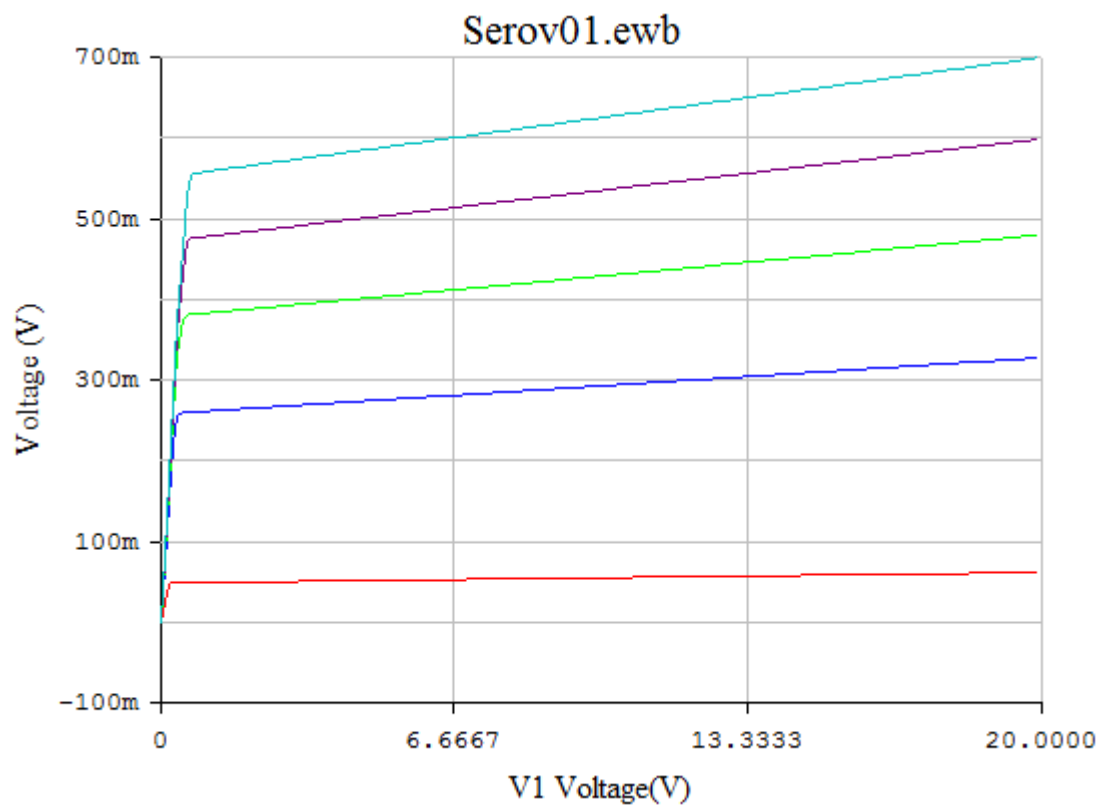
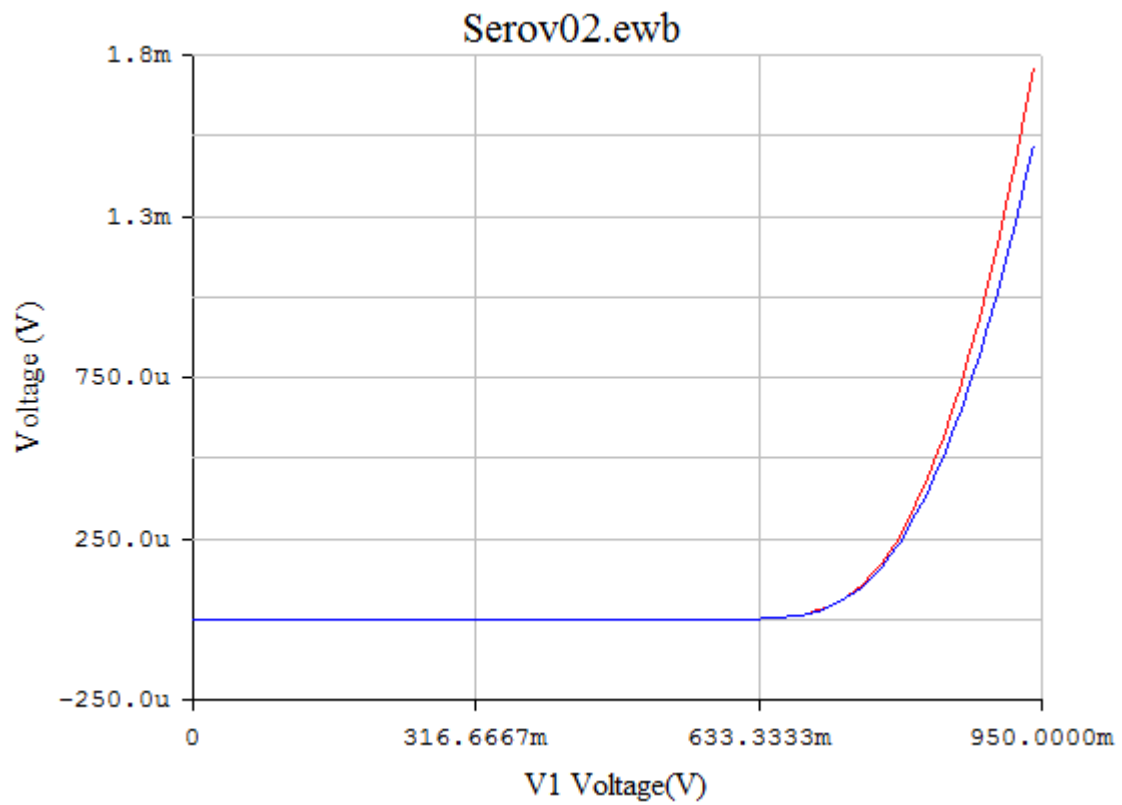
Вариант 31

BC182



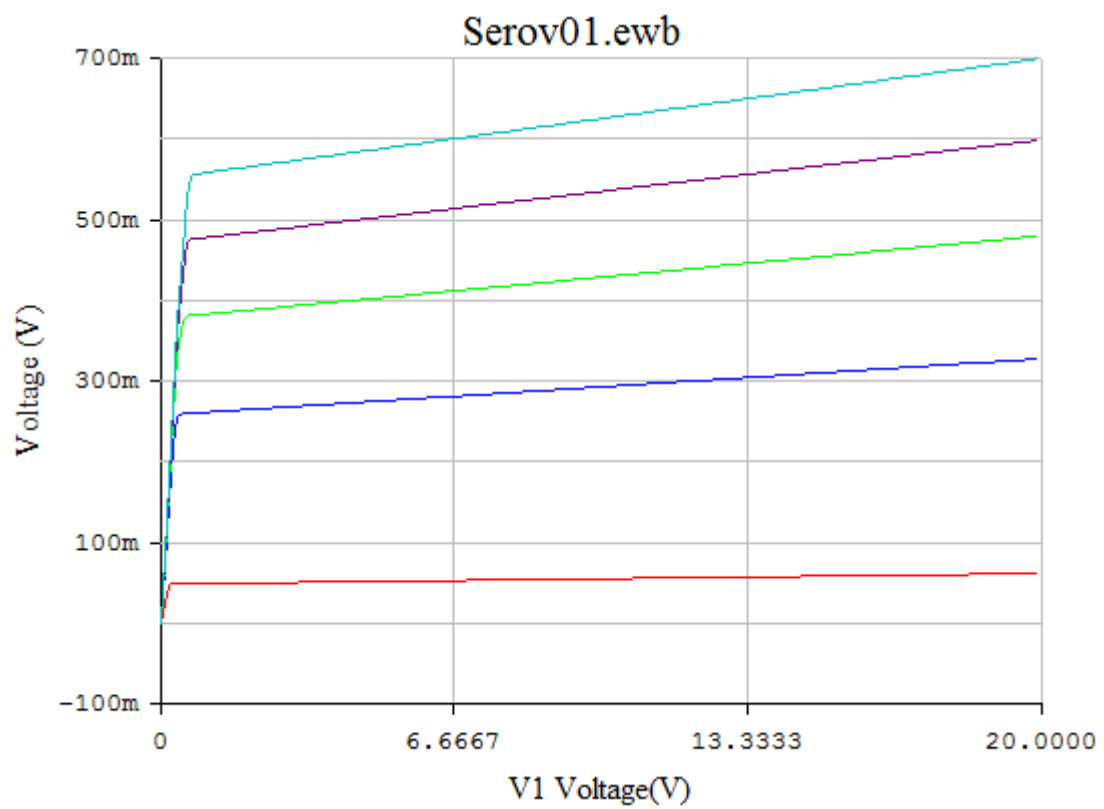
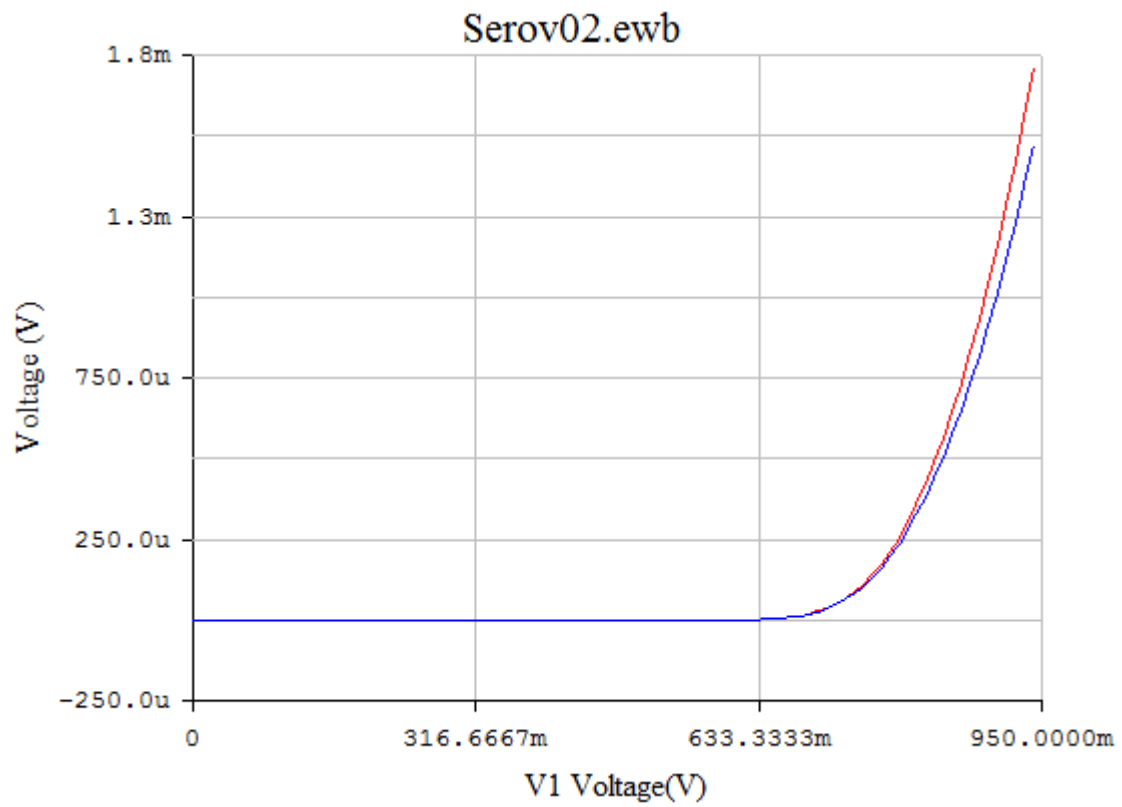
Вариант 32

BC183

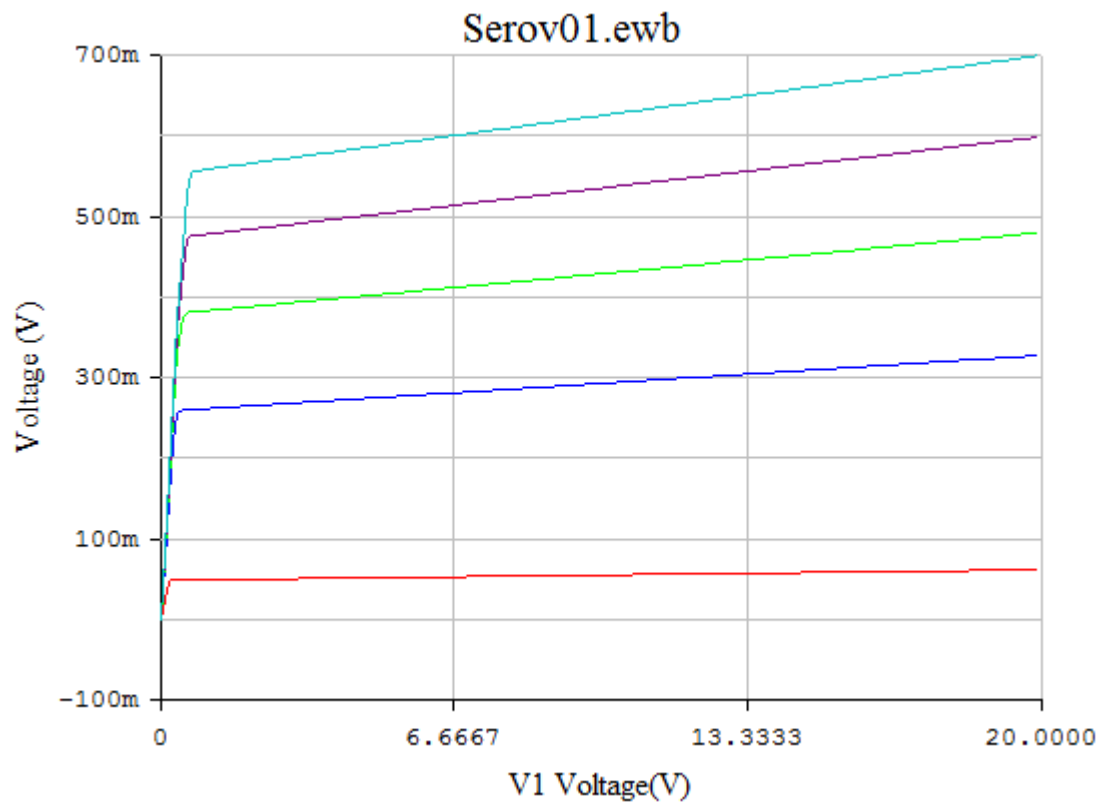
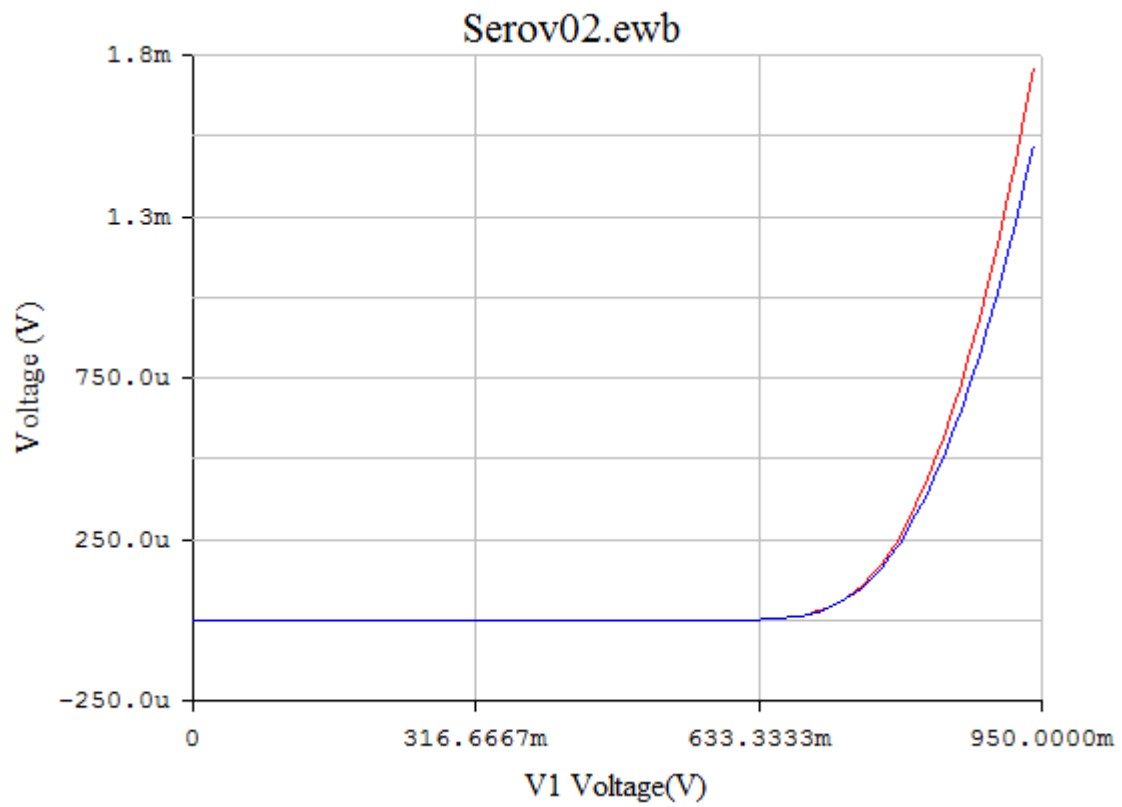


Вариант 33

BC184

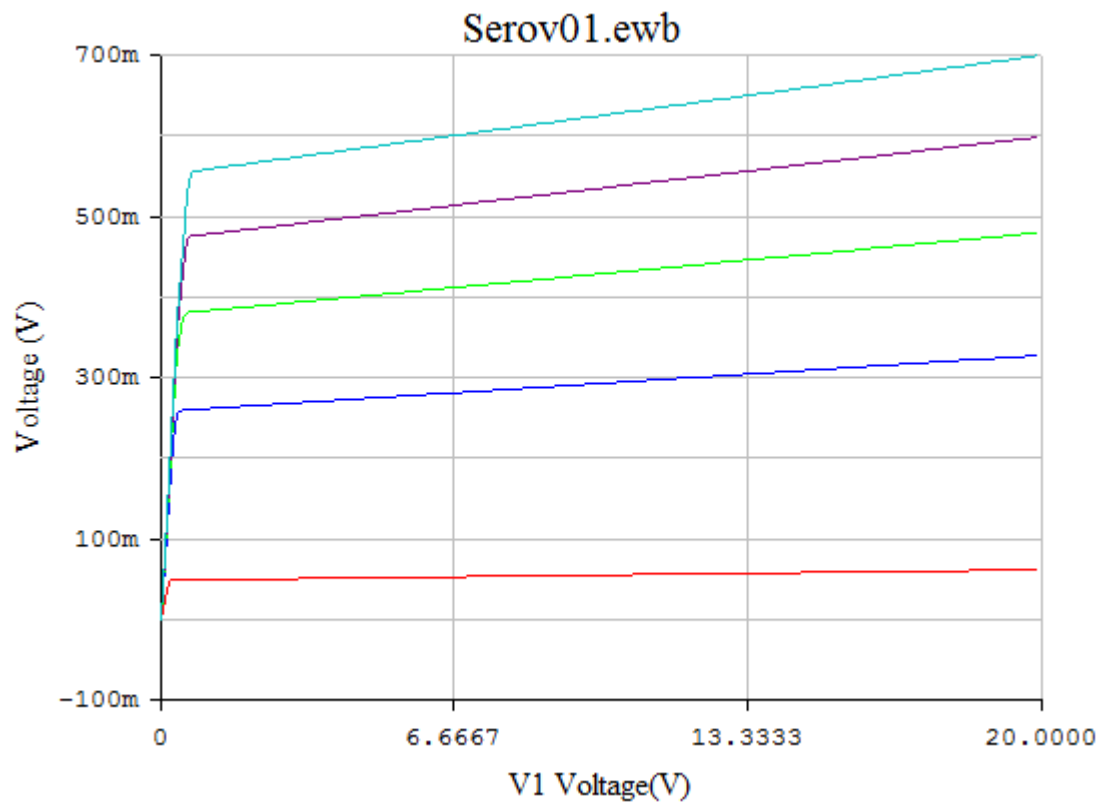
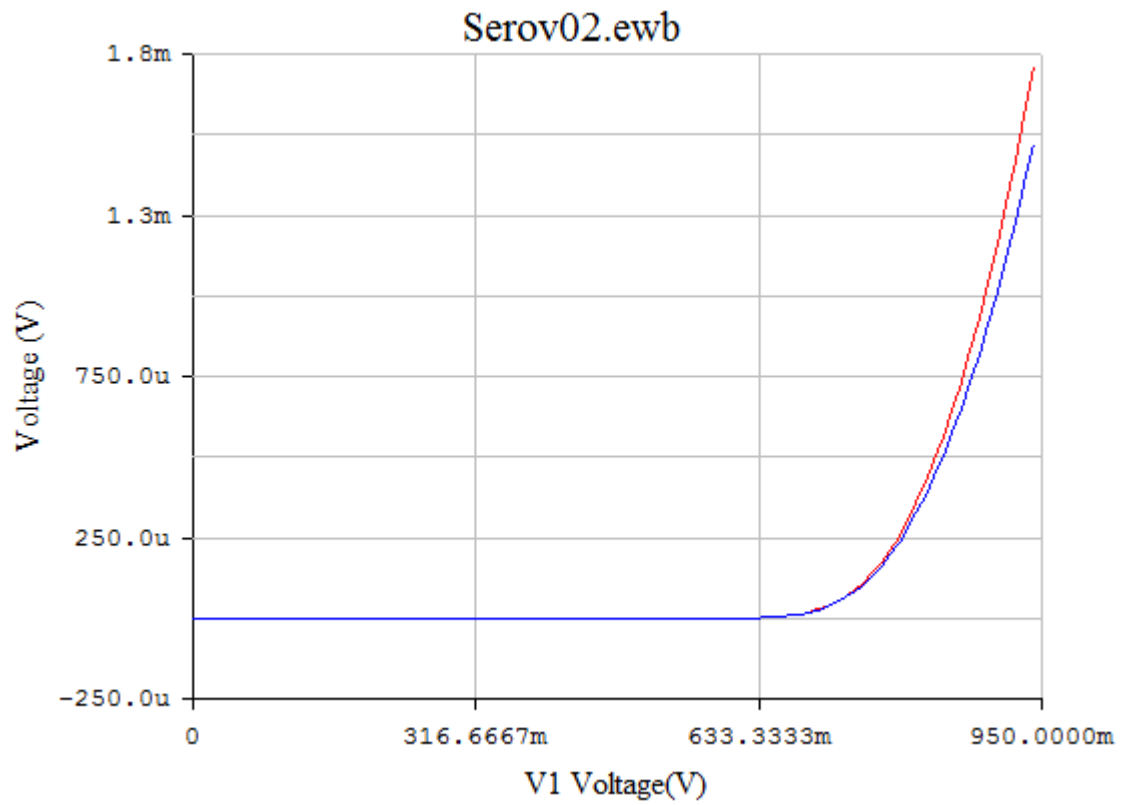


BC238



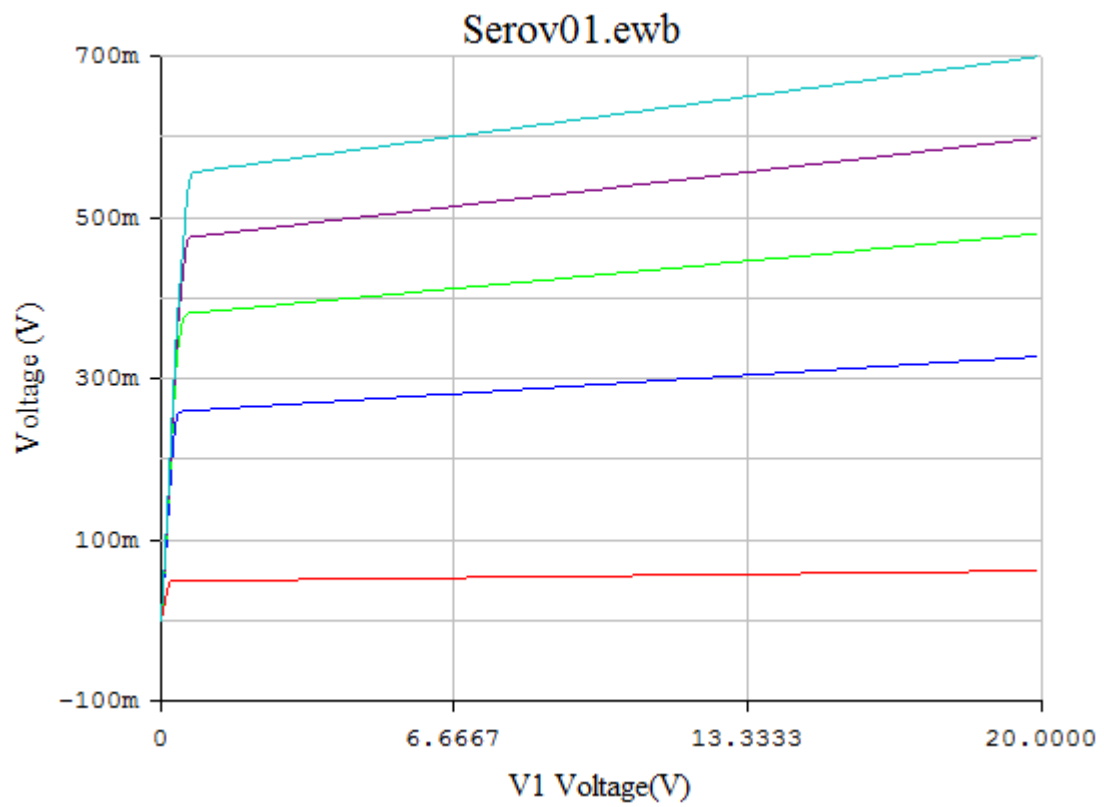
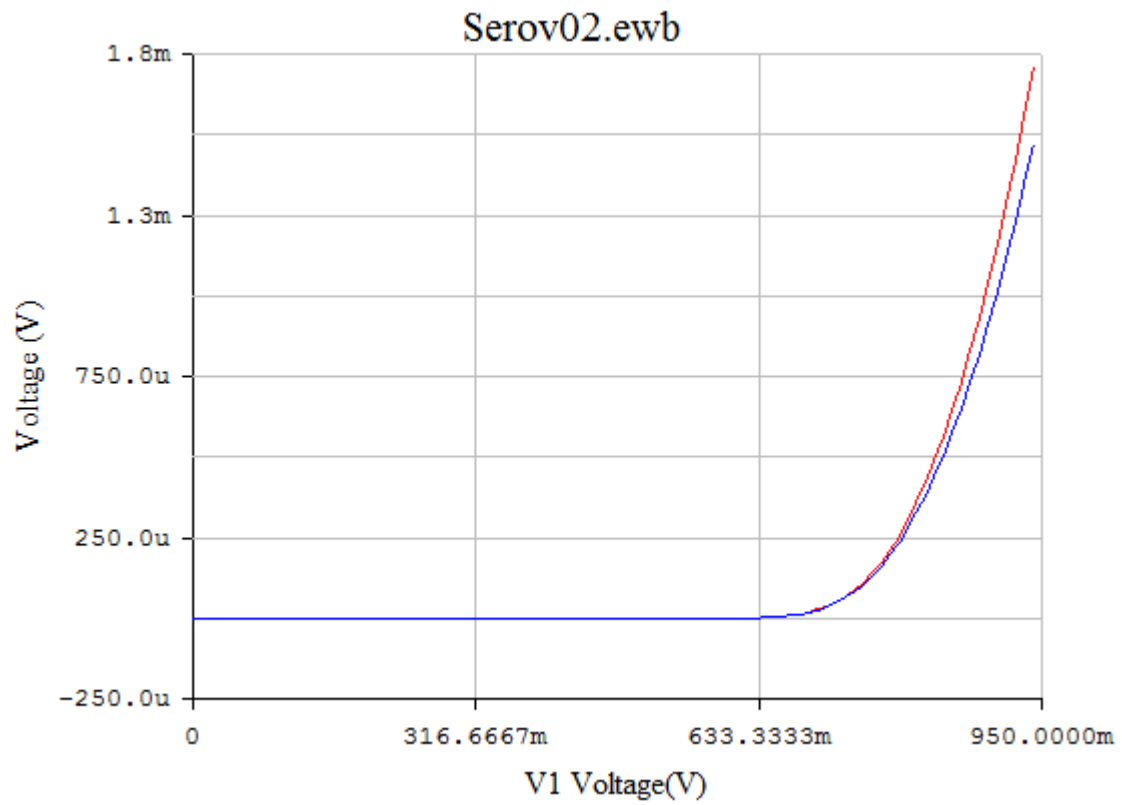
Вариант 35

BC414

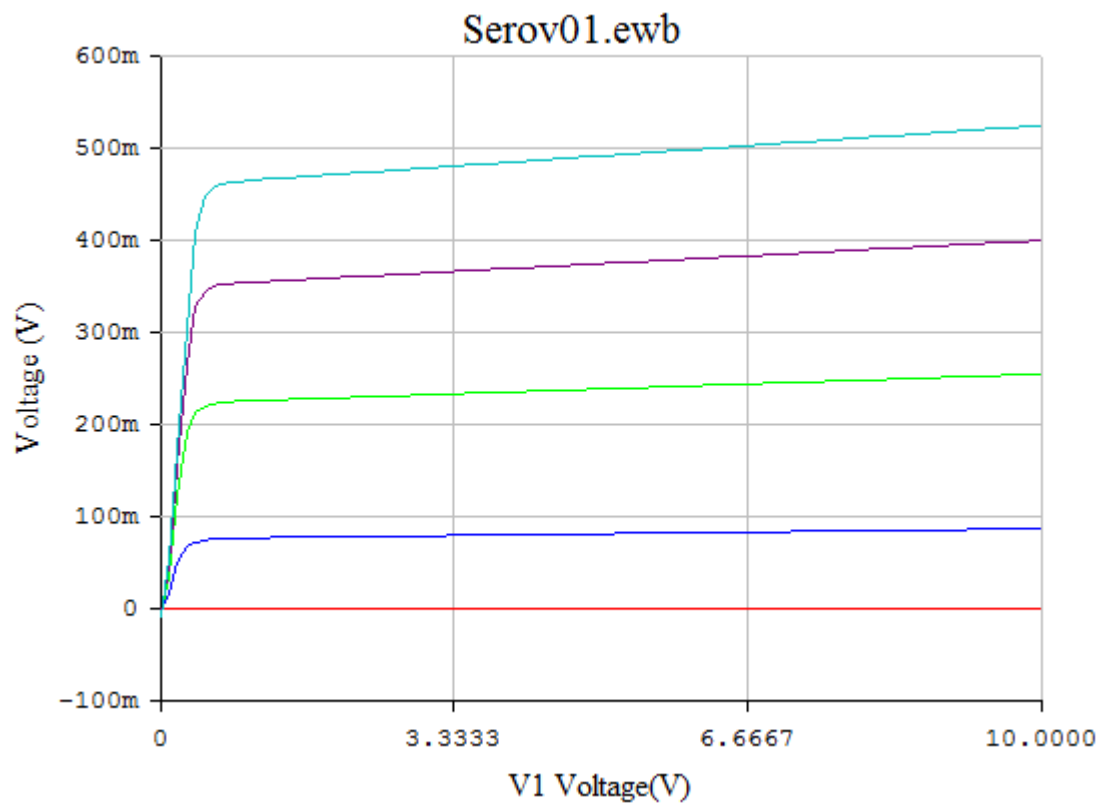
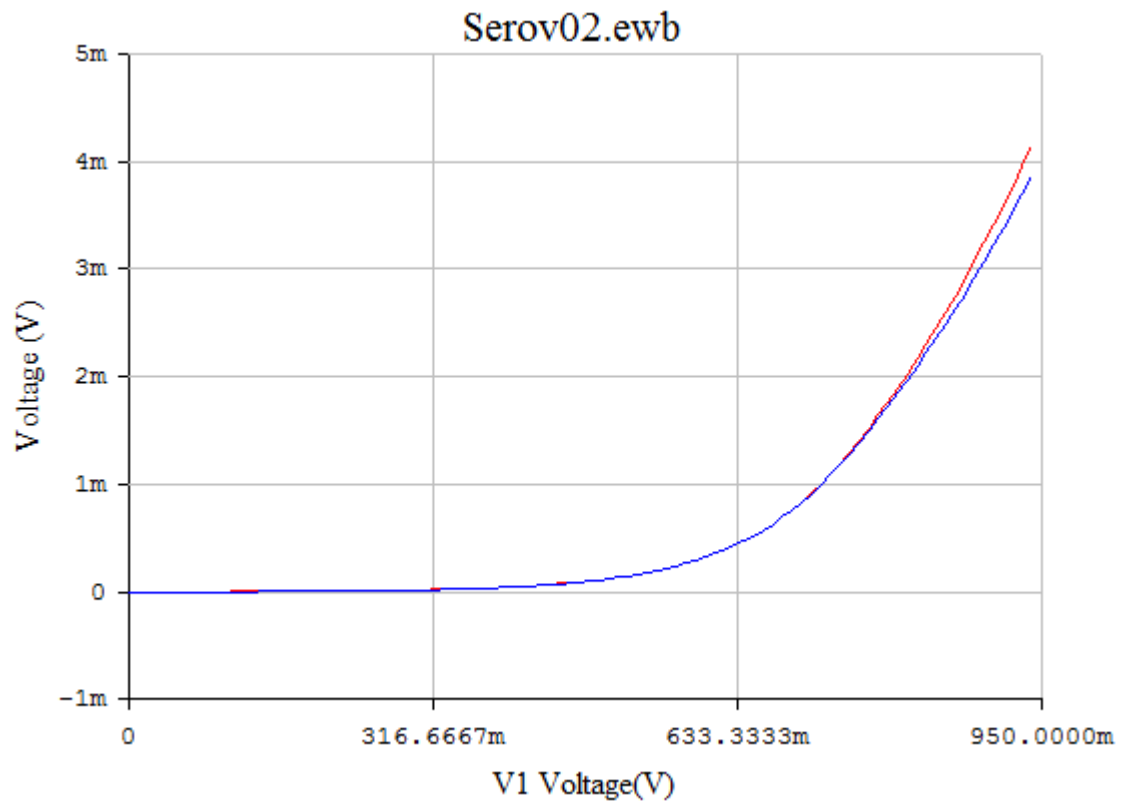


Вариант 36

BC548

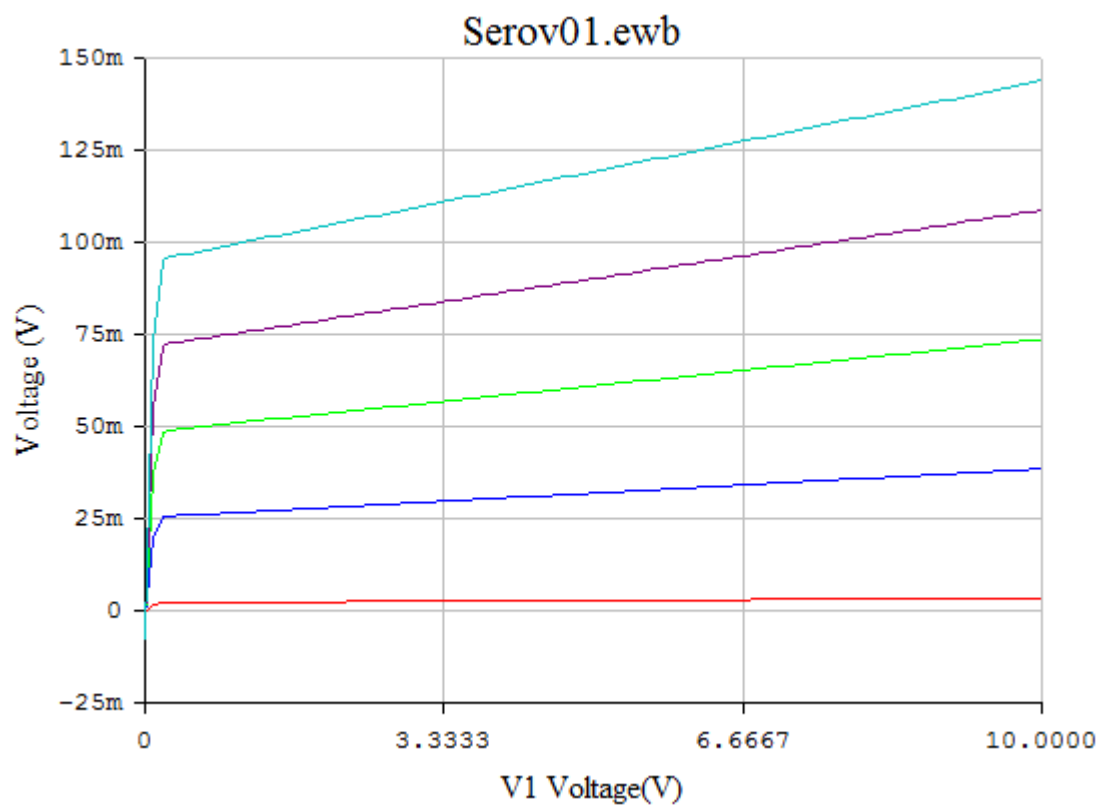
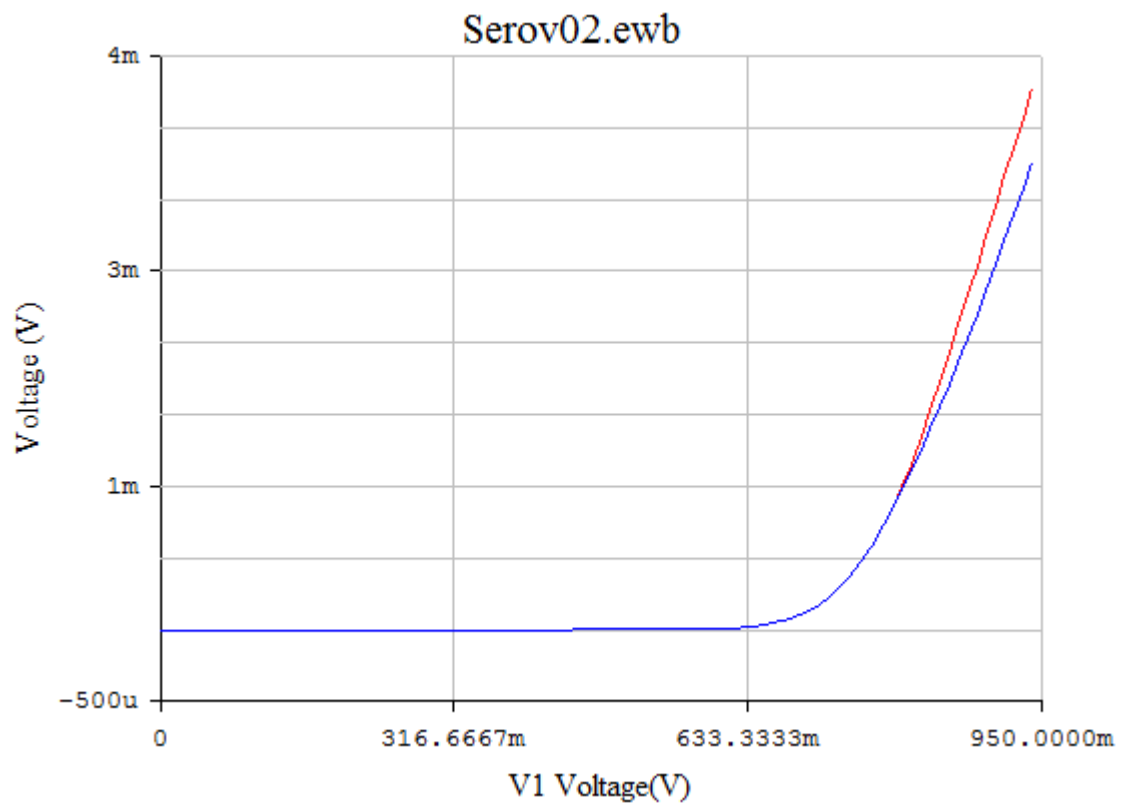


Вариант 37
КТ3117



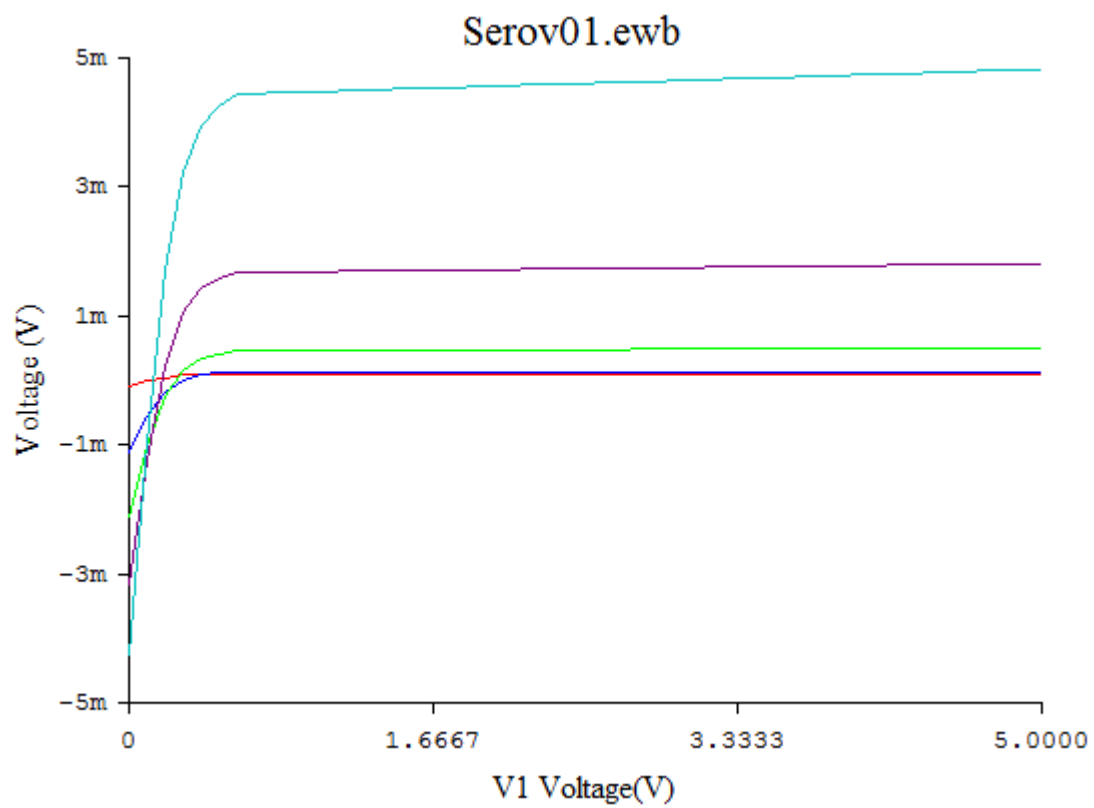
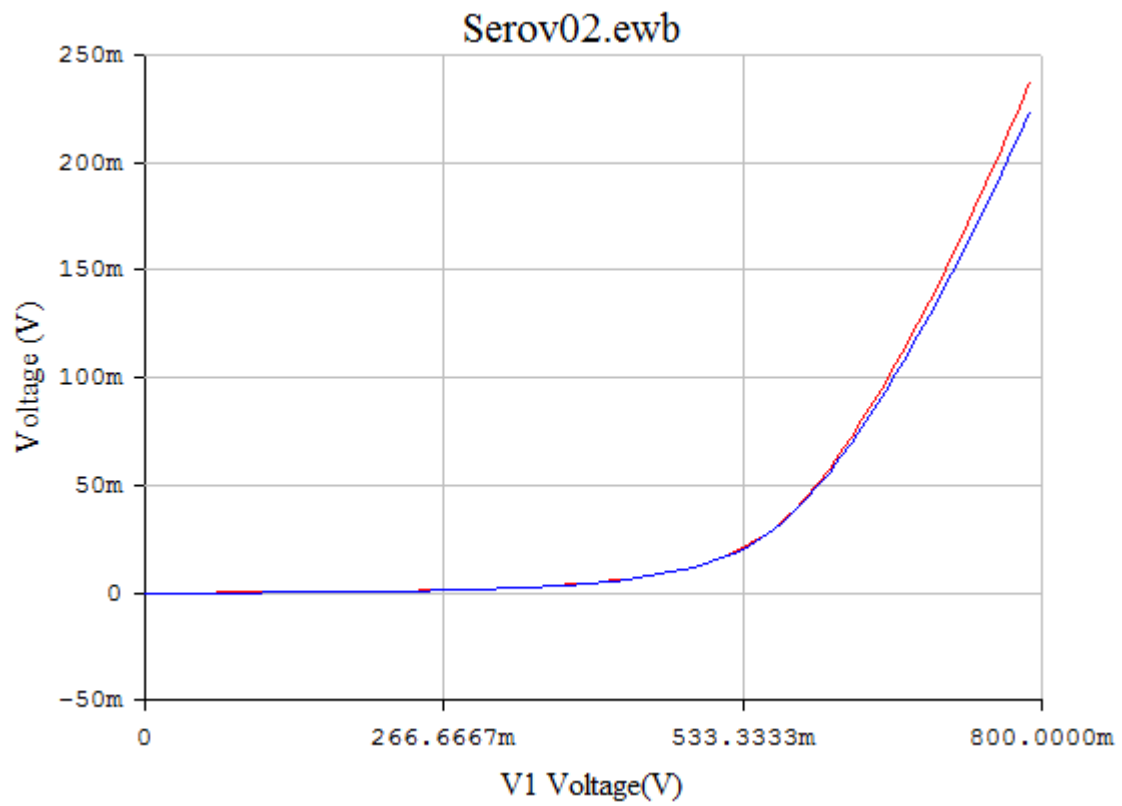
Вариант 38

КТ638А



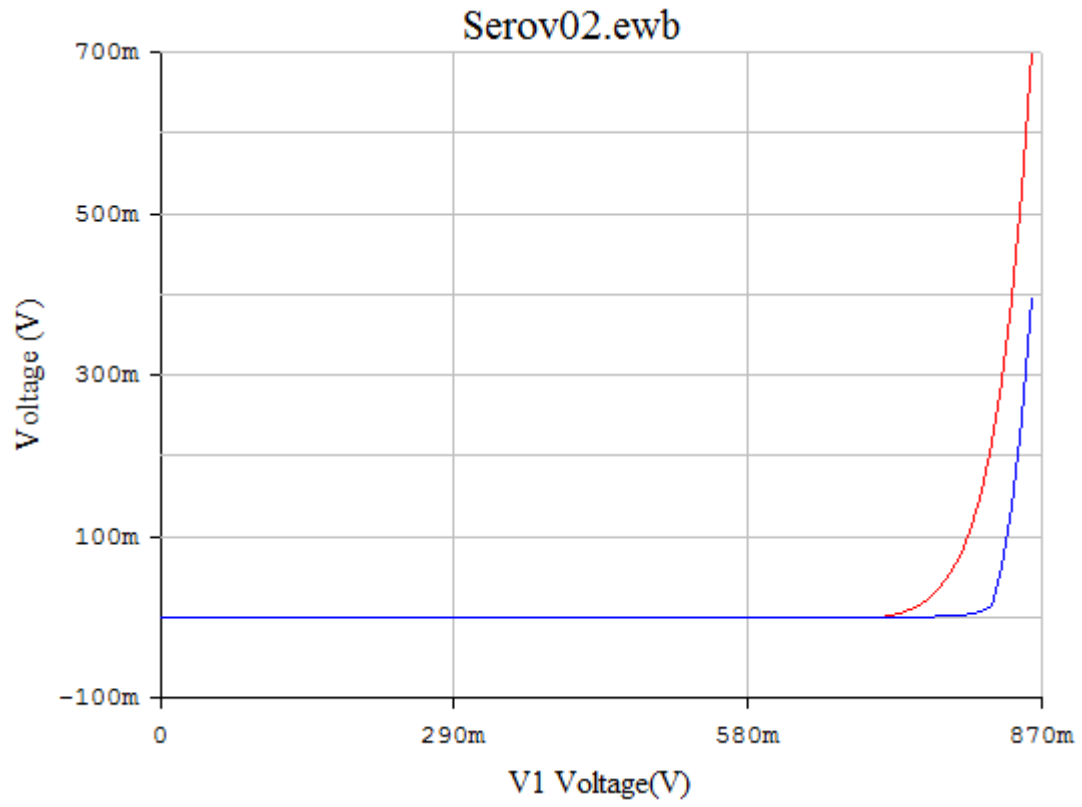
Вариант 39

КТ819

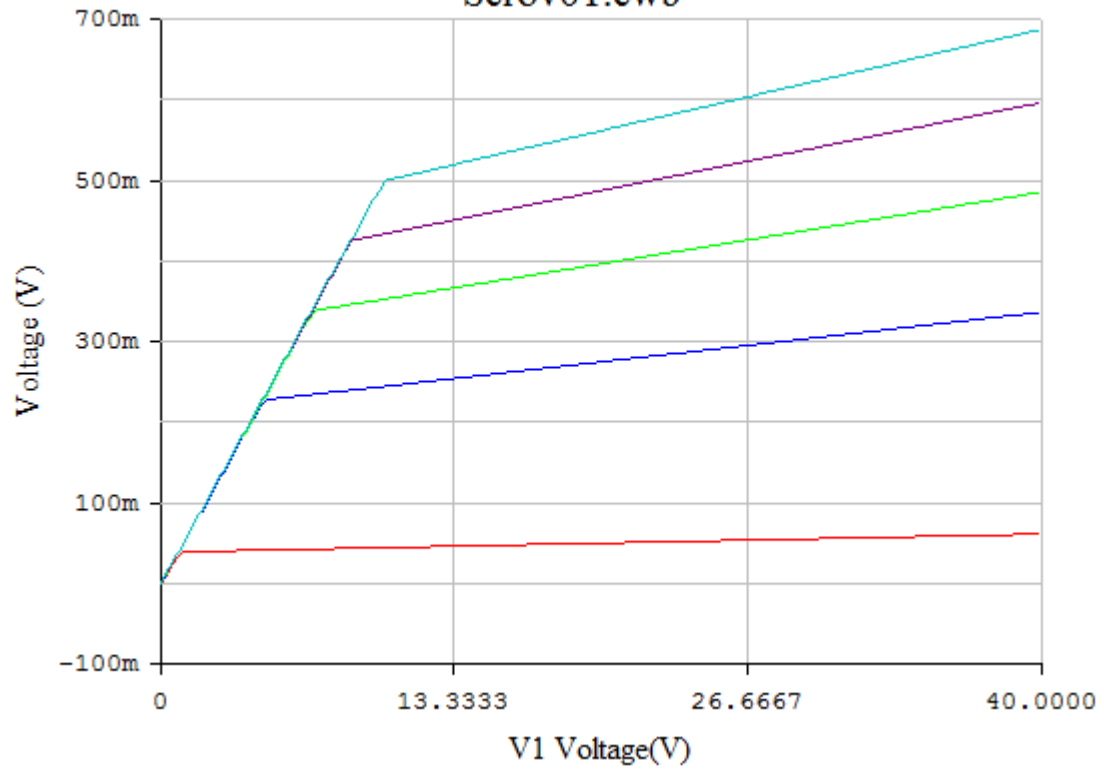


Вариант 40

2Т325

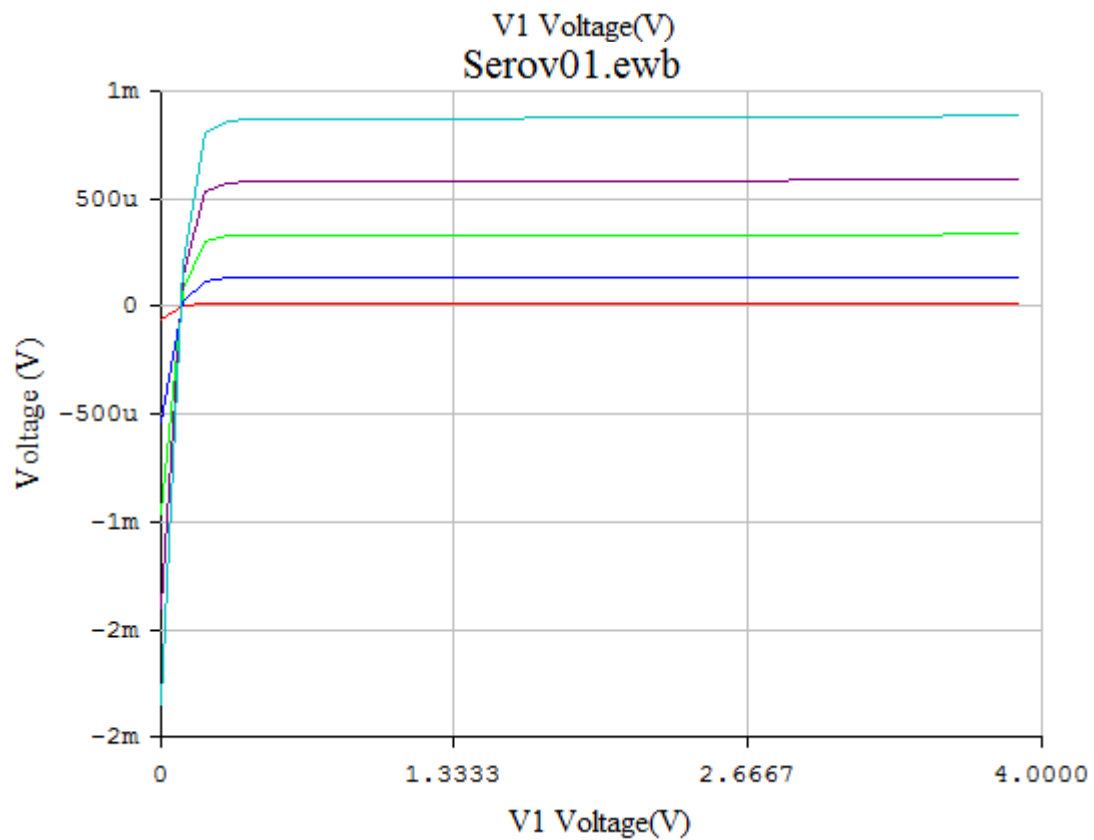
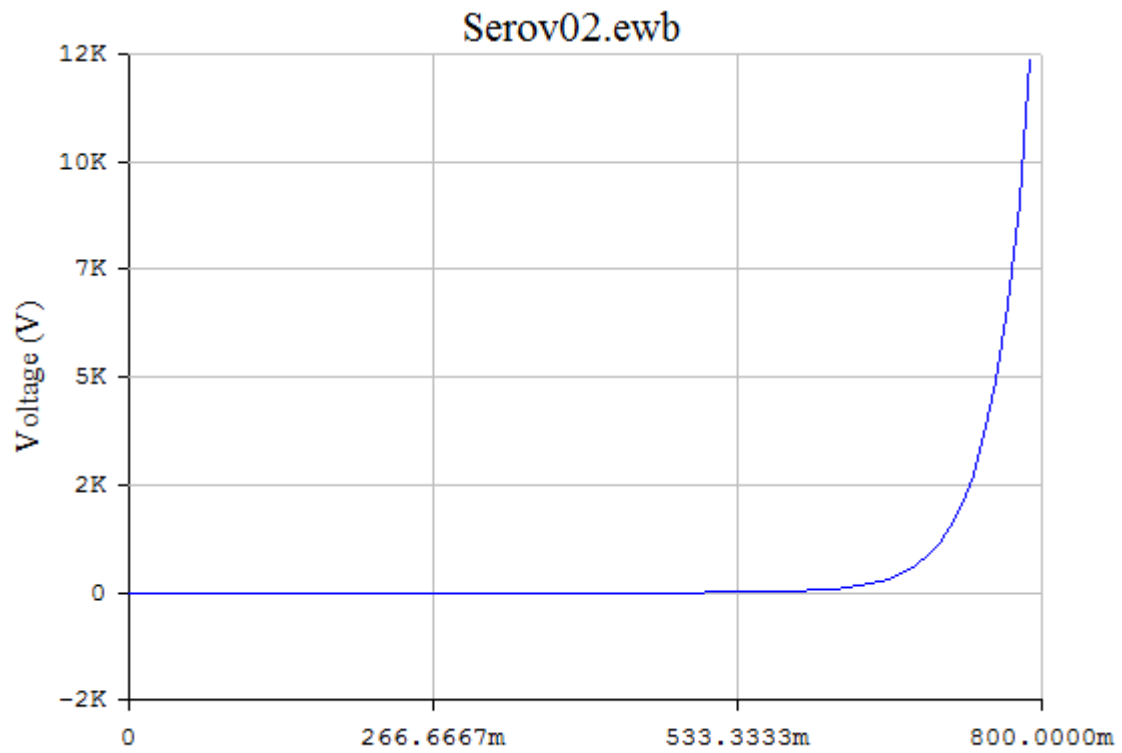


Serov01.ewb



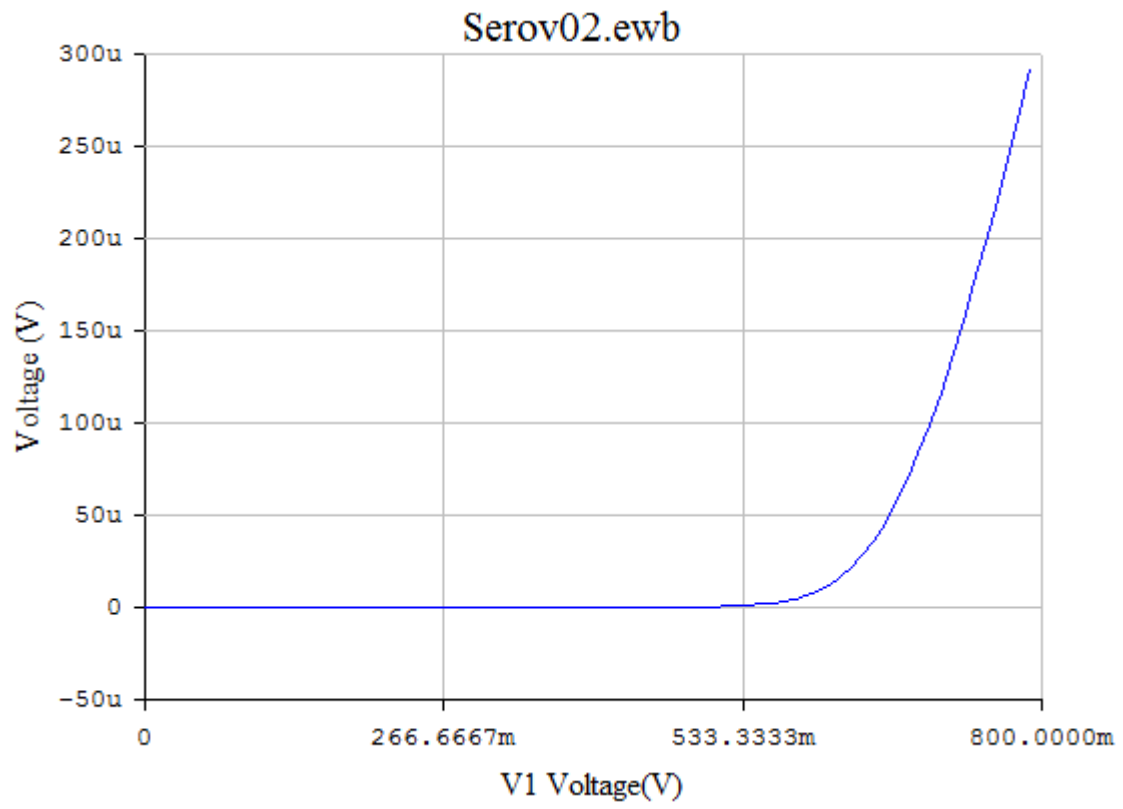
Вариант 41

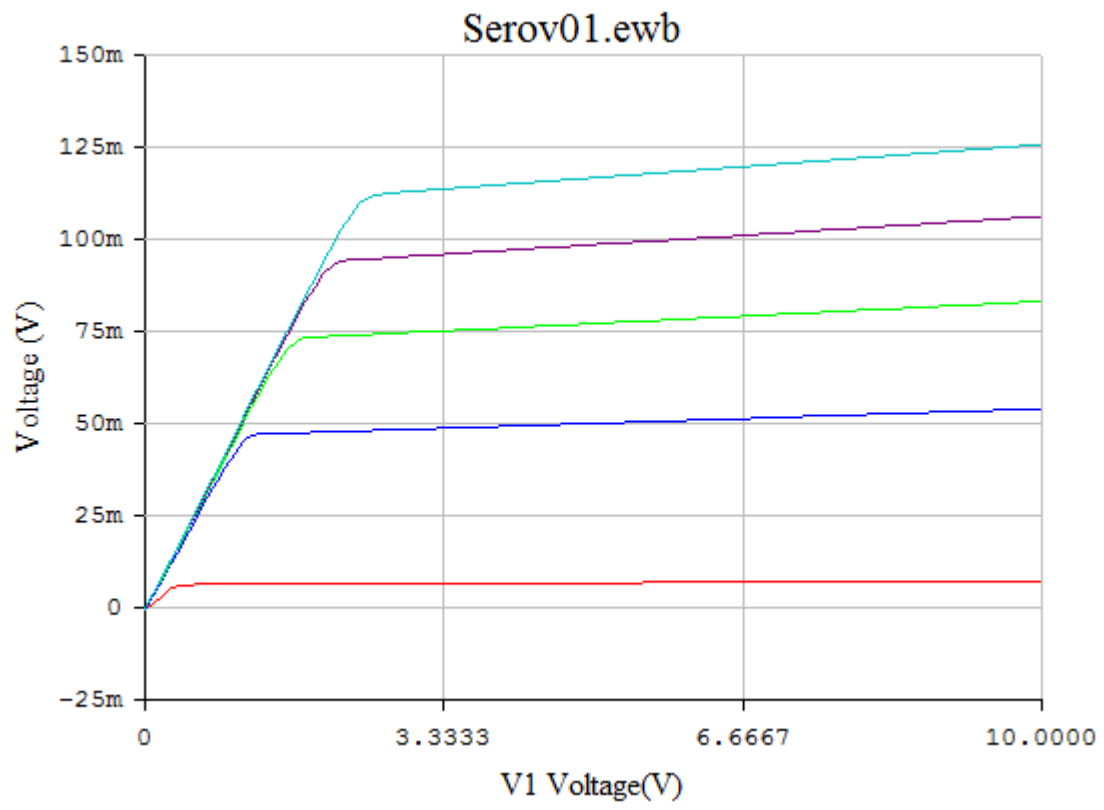
КТ602



Вариант 42

КТ312





Вариант 43



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего образования
 «МИРЭА – Российский технологический университет»
РТУ МИРЭА

Физико-технологический институт
 Кафедра электроники

КУРСОВАЯ РАБОТА по дисциплине
 «электроника»

Тема курсовой работы
«Расчёт усилительного каскада с общим эмиттером»

Студент группы _____

Руководитель курсовой работы _____

Работа представлена к защите «__»_____201__ г.

(подпись студента)

«Допущен к защите» «__»_____201__ г.

(подпись руководителя)

Москва 2018



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего образования
 «МИРЭА – Российский технологический университет»
РТУ МИРЭА

Физико-технологический институт
 Кафедра электроники

ЗАДАНИЕ
 на выполнение курсовой работы по дисциплине
 «Электроника»

Студент

Шифр учебной группы

Тема «Расчёт усилительного каскада с общим эмиттером»

Исходные данные:

Транзистор _____

Максимальное напряжение $U_{кэ}$ – _____

Максимальный ток коллектора $I_{к}$ – _____

Максимальная рассеиваемая мощность на коллекторе $P_{к}$ – _____

Срок представления к защите курсовой работы: до «___» _____ 201_ г.

Задание на курсовую

работу выдал «___» _____ 201_ г. _____

Задание на курсовую

работу получил «___» _____ 201_ г. _____



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«МИРЭА – Российский технологический университет»
РТУ МИРЭА

**Физико-технологический институт
Кафедра электроники
ПРОТОКОЛ**

заседания комиссии по защите курсовой работы
от «__» _____ 201__ г. № _____

Состав комиссии : _____

Утверждена на заседании кафедры электроники
от «__» _____ 201__ г.

Слушали защиту курсовой работы «Расчёт усилительного каскада с общим эмиттером» по дисциплине аналоговая электроника

Студента

Во время защиты были заданы следующие вопросы:

1. _____
2. _____
3. _____

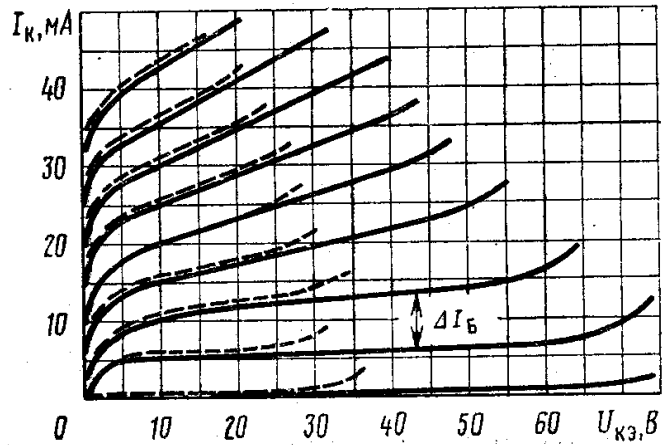
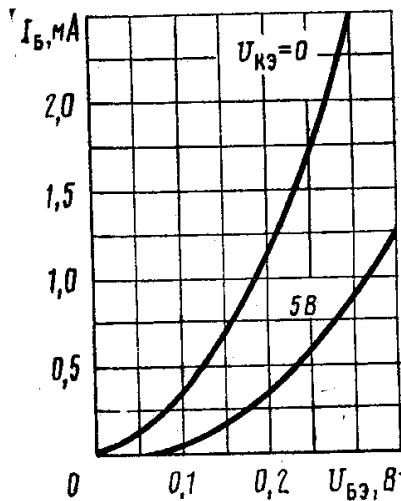
Итоговая оценка выполнения курсовой работы _____

Члены комиссии

Приложение 3
ВАРИАНТЫ

1. МП21Г	16.КТ201Г
2. МП21Д	17.КТ208А
3. МП39	18.КТ209Б
4. МП40	19.ГТ310А
5. МП41А	20.ГТ310Б
6. МП42А	21.П416
7. МП42Б	22.П416А
8. ГТ108Б	23.П416Б
9. ГТ108Г	24.КТ3107А
10.МП114	25.КТ3107Б
11.МП116	26.КТ3107К
12.КТ104А	27.КТ313А
13.КТ104Б	28.КТ313Б
14.КТ104В	29.КТ345А
15.КТ201Б	30.КТ345Б

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНЗИСТОРОВ МП21Д, МП21Г



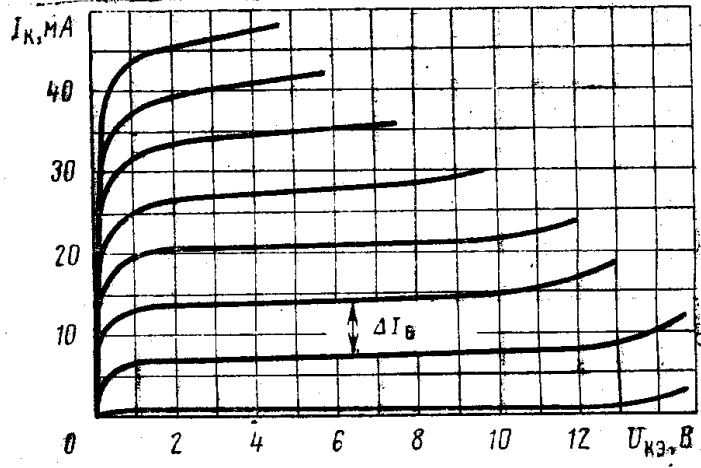
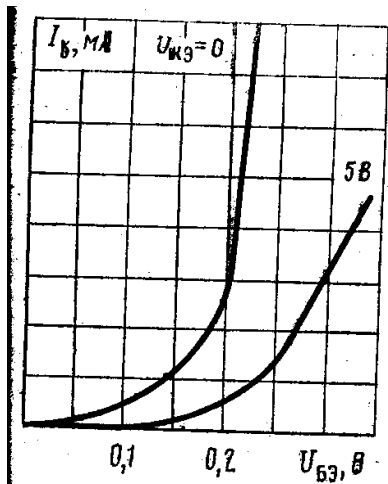
МП21Д – $\Delta I_{\sigma} = 40$ мкА МП21Г – $\Delta I_{\sigma} = 100$ мкА

$U_{KЭ\max} = 35$ В

$I_{K\max} = 50$ мА

$P_{K\max} = 150$ мВт $C_K = 30$ пФ

МП39, МП40, МП41А



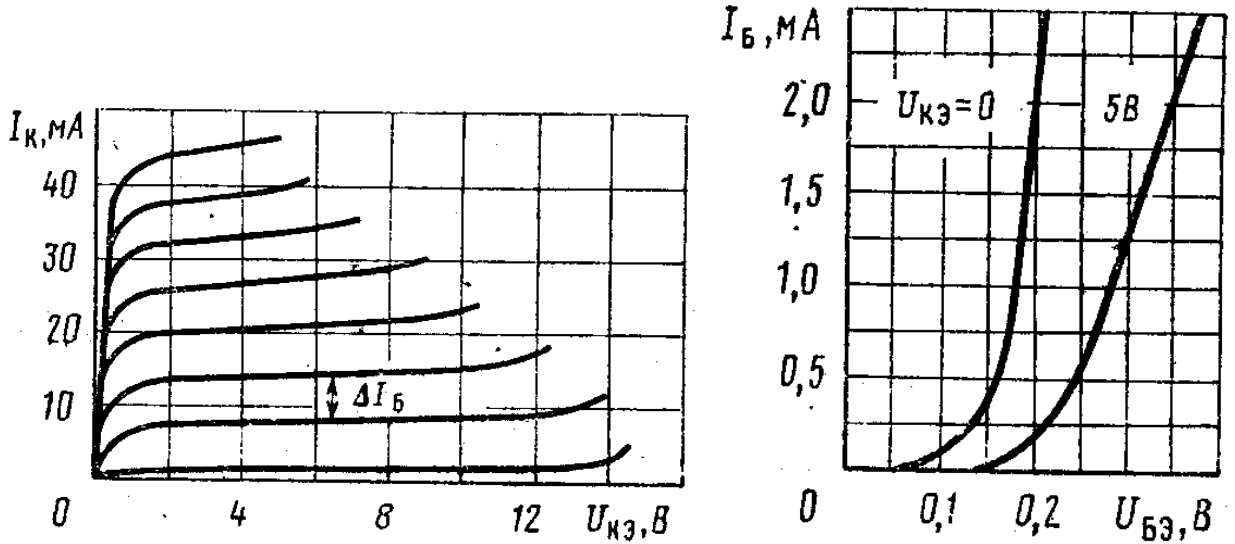
МП39 – $\Delta I_{\sigma} = 400$ мкА МП40 – $\Delta I_{\sigma} = 200$ мкА МП41А – $\Delta I_{\sigma} = 100$ мкА

$U_{KЭ\max} = 15$ В

$I_{K\max} = 20$ мА

$P_{K\max} = 150$ мВт $C_K = 50$ пФ

МП42А, МП42Б



МП42А – $\Delta I_{б} = 100$ мкА МП42Б – $\Delta I_{б} = 150$ мкА

$U_{кэ\max} = 15$ В

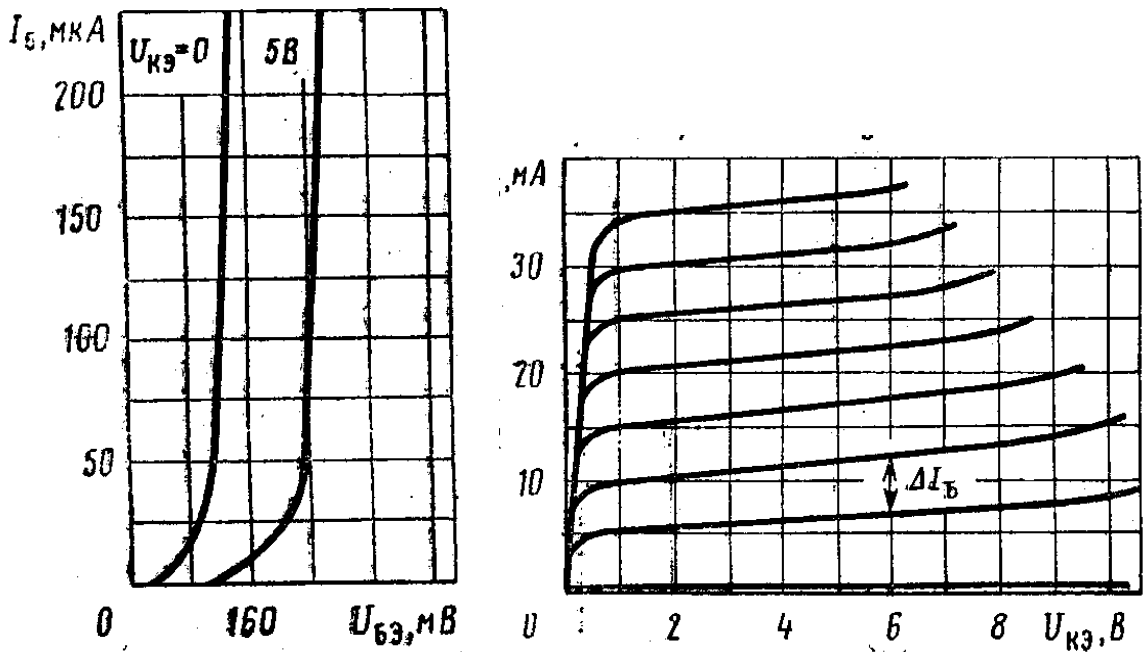
$I_{к\max} = 150$ мА

$P_{к\max} = 200$ мВт

$C_{к} = 50$ пФ

$f_{гр} = 1$ МГц

ГТ108Б, ГТ108Г



ГТ108Б – $\Delta I_{б} = 100$ мкА ГТ108Г – $\Delta I_{б} = 50$ мкА

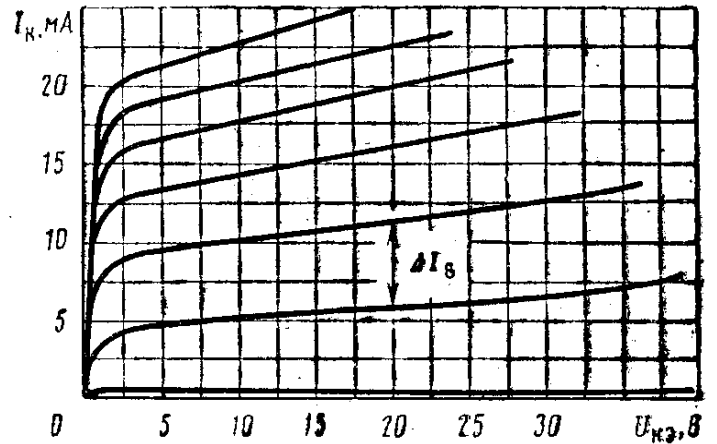
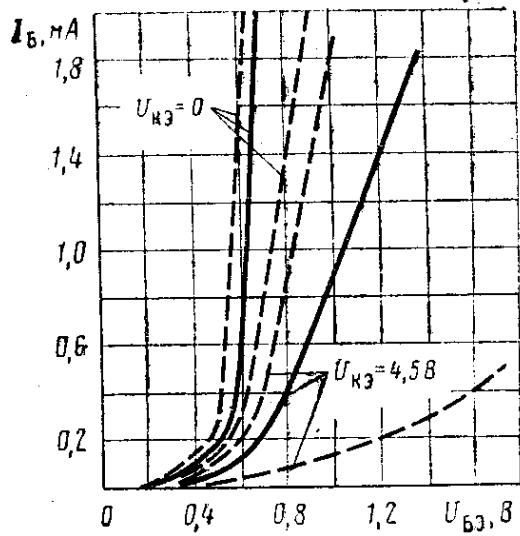
$U_{кэ\max} = 6$ В

$I_{к\max} = 50$ мА

$P_{к\max} = 75$ мВт

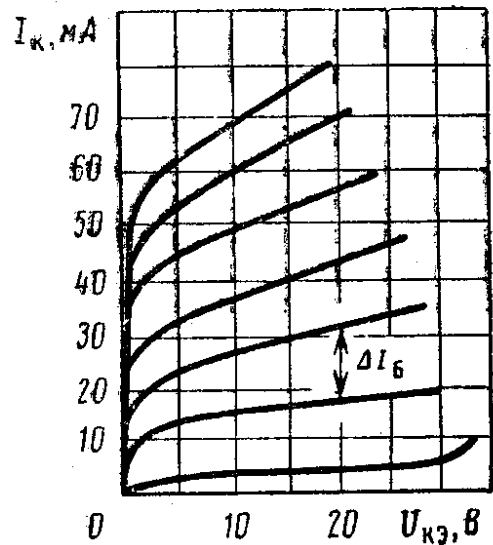
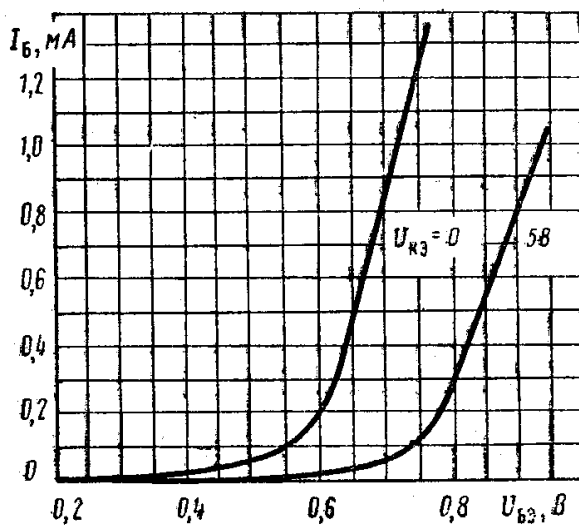
$C_{к} = 50$ пФ

МП114, МП115, МП116



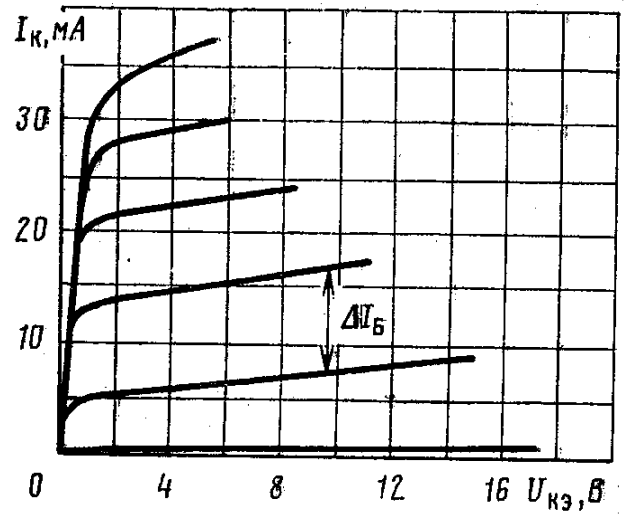
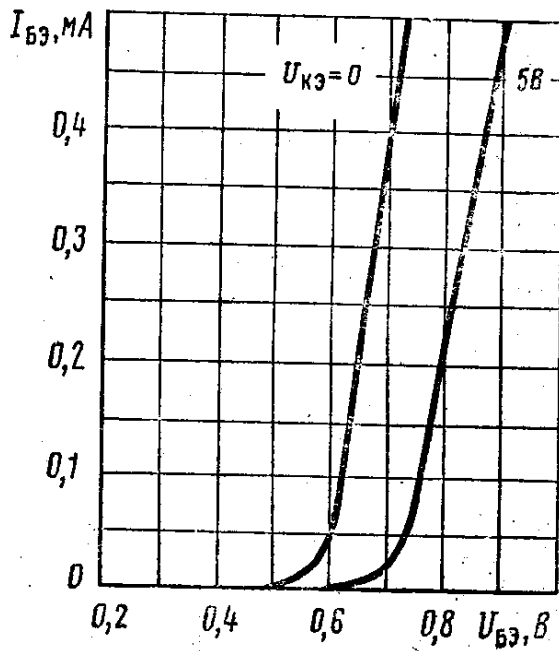
МП114 – $\Delta I_{\sigma} = 0,3 \text{ mA}$ МП115 – $\Delta I_{\sigma} = 0,3 \text{ mA}$ МП116 – $\Delta I_{\sigma} = 0,1 \text{ mA}$
 МП114 – $U_{KЭ \text{ max}} = 60 \text{ B}$ МП115 – $U_{KЭ \text{ max}} = 30 \text{ B}$ МП116 – $U_{KЭ \text{ max}} = 15 \text{ B}$
 $I_{K \text{ max}} = 10 \text{ mA}$ $P_{K \text{ max}} = 150 \text{ мВт}$ $C_K = 50 \text{ пФ}$
 МП114 – $f_{ГР} = 0,92 \text{ МГц}$ МП116 – $f_{ГР} = 2,0 \text{ МГц}$

КТ104А, КТ104Б, КТ104В



КТ104А – $\Delta I_{\sigma} = 1,5 \text{ mA}$ КТ104Б – $\Delta I_{\sigma} = 0,4 \text{ mA}$ КТ104В – $\Delta I_{\sigma} = 0,2 \text{ mA}$
 КТ104А – $U_{KЭ \text{ max}} = 30 \text{ B}$ КТ104Б – $U_{KЭ \text{ max}} = 15 \text{ B}$ КТ104В – $U_{KЭ \text{ max}} = 15 \text{ B}$
 $I_{K \text{ max}} = 50 \text{ mA}$ $P_{K \text{ max}} = 150 \text{ мВт}$ $C_K = 50 \text{ пФ}$

КТ201Г, КТ201Б

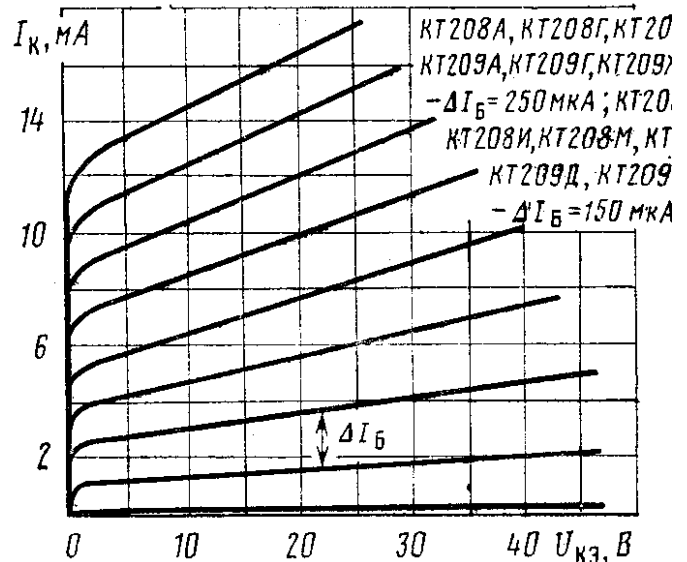
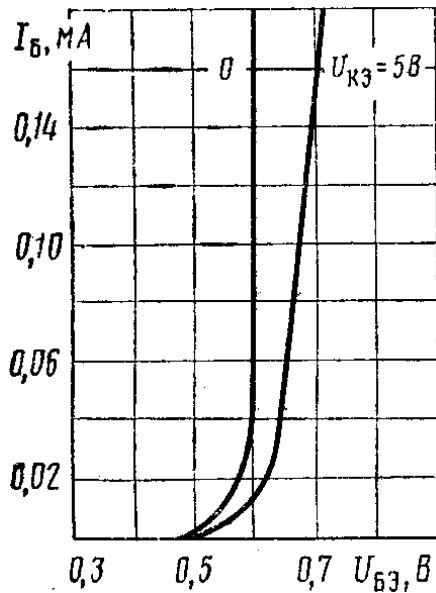


КТ201Б – $\Delta I_{\text{б}} = 0,1 \text{ mA}$ КТ201Г – $\Delta I_{\text{б}} = 0,05 \text{ mA}$

КТ201Б – $U_{\text{кэ max}} = 20 \text{ B}$ КТ201Г – $U_{\text{кэ max}} = 10 \text{ B}$

$I_{\text{к max}} = 30 \text{ mA}$ $P_{\text{к max}} = 150 \text{ мВт}$ $C_{\text{к}} = 20 \text{ пФ}$

КТ208А, КТ209Б



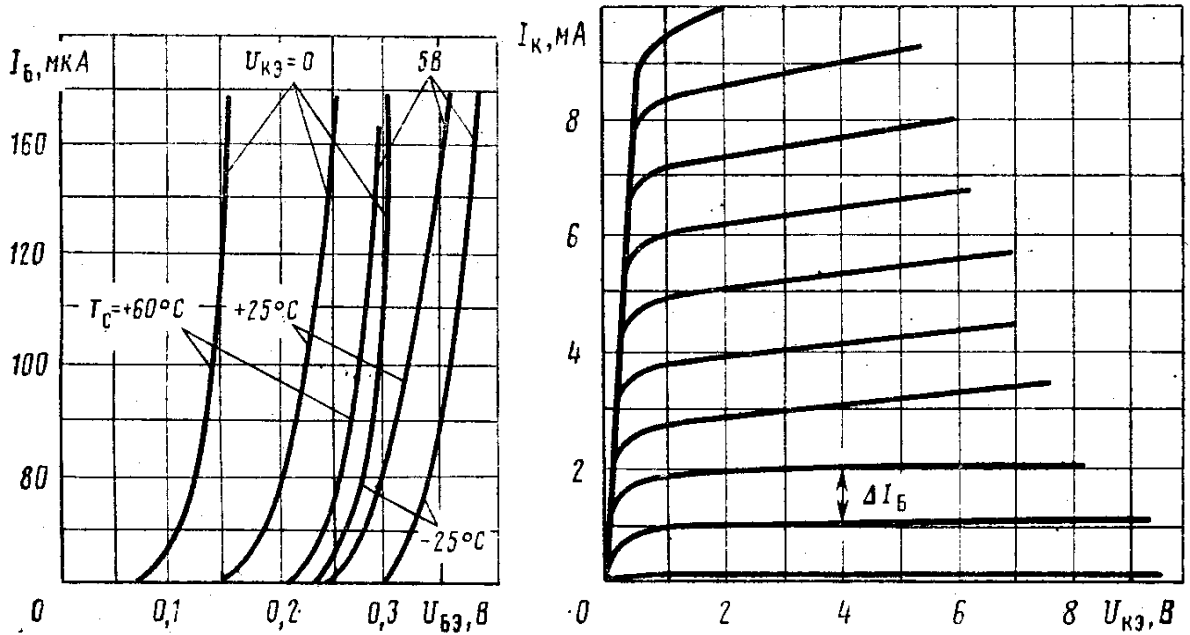
КТ208А – $\Delta I_{\text{б}} = 150 \text{ мкА}$ КТ209Б – $\Delta I_{\text{б}} = 250 \text{ мкА}$

$U_{\text{кэ max}} = 15 \text{ B}$

$I_{\text{к max}} = 300 \text{ mA}$

$P_{\text{к max}} = 200 \text{ мВт}$ $C_{\text{к}} = 20 \text{ пФ}$

ГТ310А, ГТ31Б



ГТ310А – $\Delta I_{\sigma} = 20$ мкА ГТ310Б – $\Delta I_{\sigma} = 10$ мкА

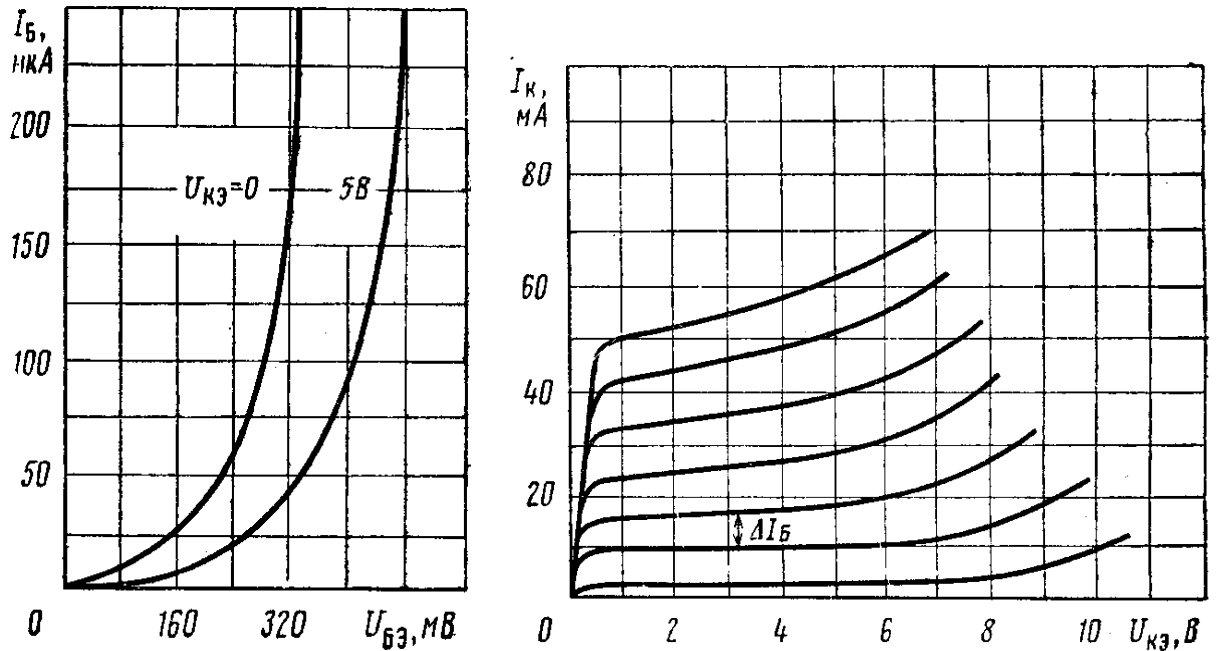
$U_{КЭ \max}$ (при $R_{\sigma} = 10$ кОм) = 10 В $U_{КЭ \max}$ (при $R_{\sigma} = 200$ кОм) = 6 В

$I_{К \max} = 10$ мА

$P_{К \max} = 20$ мВт

$C_{К} = 20$ пФ

П416, П416А, П416Б



П416 – $\Delta I_{\sigma} = 0,1$ мА

П416А – $\Delta I_{\sigma} = 0,05$ мА

П416Б – $\Delta I_{\sigma} = 0,03$ мА

$U_{КЭ \max}$ (при $R_{\sigma} = 0$) = 15 В

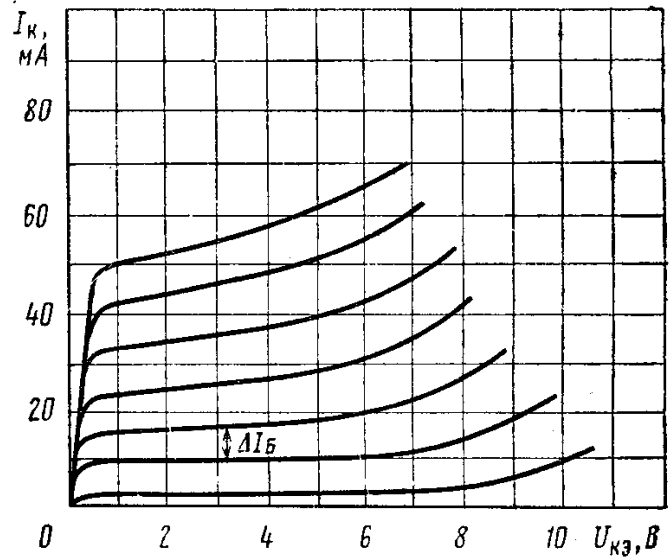
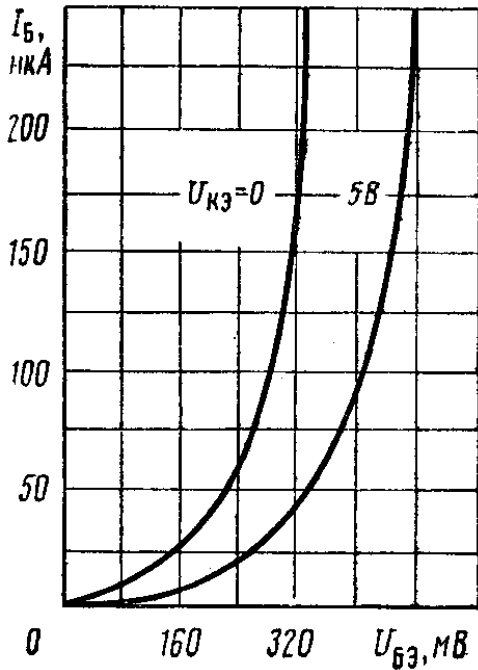
$U_{КЭ \max}$ (при $R_{\sigma} \leq 1$ кОм) = 12 В

$I_{К \max} = 25$ мА

$P_{К \max} = 100$ мВт

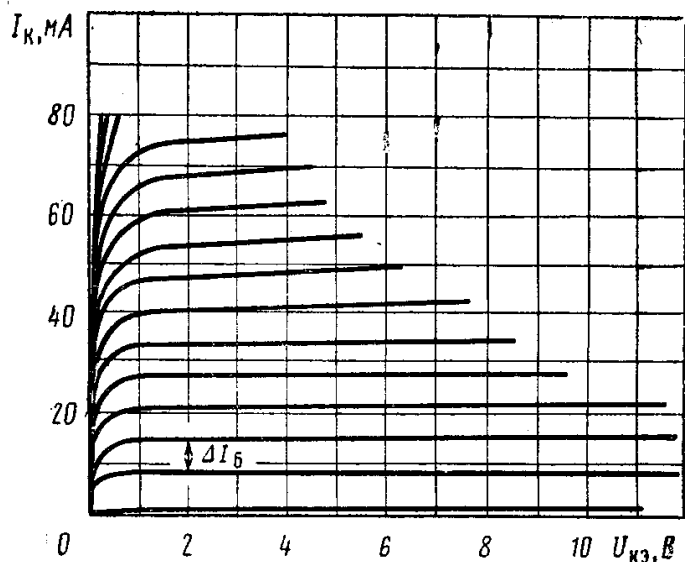
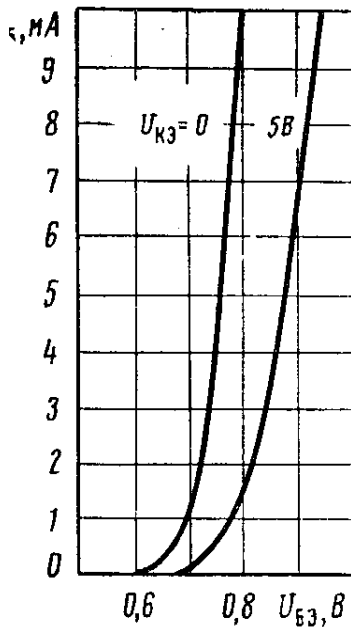
$C_{К} = 20$ пФ

КТ3107А, КТ3107Б, КТ3107К



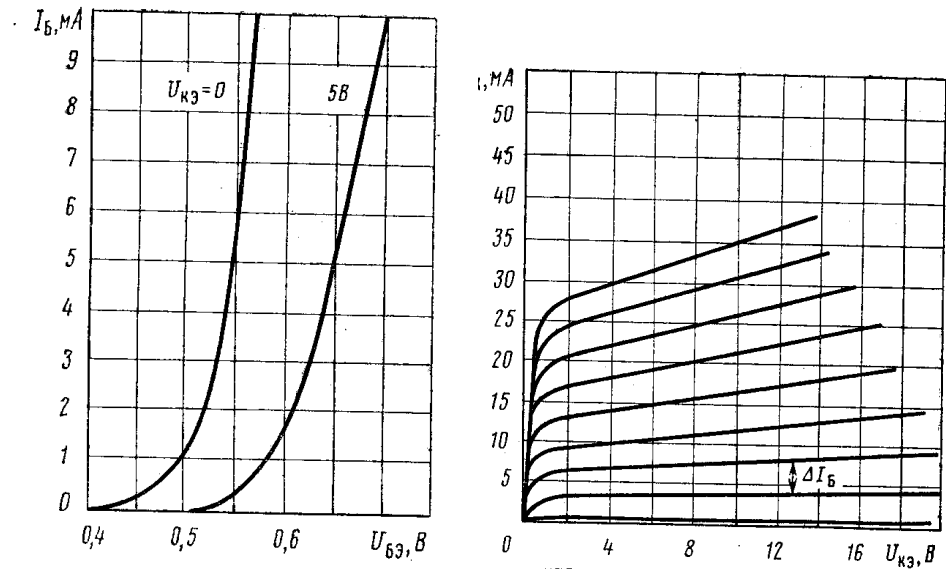
КТ3107А – $\Delta I_{\sigma} = 0,2 \text{ мА}$ КТ3107Б – $\Delta I_{\sigma} = 0,1 \text{ мА}$ КТ3107К – $\Delta I_{\sigma} = 0,04 \text{ мА}$
 КТ3107А – $U_{KЭ \text{ max}} = 45 \text{ В}$ КТ3107Б – $U_{KЭ \text{ max}} = 45 \text{ В}$ КТ3107К – $U_{KЭ \text{ max}} = 25 \text{ В}$
 $I_{K \text{ max}} = 100 \text{ мА}$ $P_{K \text{ max}} = 300 \text{ мВт}$ $C_K = 12 \text{ пФ}$

КТ313А, КТ313Б



КТ313А – $\Delta I_{\sigma} = 0,1 \text{ мА}$ КТ313Б – $\Delta I_{\sigma} = 0,05 \text{ мА}$
 $U_{KЭ \text{ max}}$ (при $R_{\sigma} \leq 1 \text{ кОм}$) = 50В
 $I_{K \text{ max}} = 350 \text{ мА}$ $P_{K \text{ max}} = 300 \text{ мВт}$ $C_K = 12 \text{ пФ}$

КТ345А, КТ345Б



КТ345А – $\Delta I_{\sigma} = 0,075$ мА КТ345Б – $\Delta I_{\sigma} = 0,05$ мА

$U_{кэ\text{ max}}$ (при $R_{\sigma} \leq 10$ кОм) = 20В

$I_{к\text{ max}} = 200$ мА

$P_{к\text{ max}} = 150$ мВт

$C_{к} = 50$ пФ

ЛР № 020418 от декабря 2006.

Подписано к печати

г. Формат 60x84. 1/16

Объем 1 п.л. Тираж

экз. Заказ

**Московский государственный университет
приборостроения и информатики**
107996, г. Москва, ул. Стромьинка, 20