

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра электроники

Лабораторная работа №5
«Исследование полевых транзисторов»

Проверил:

Выполнили:
ст. гр.

Минск 202__

Порядок выполнения работы:

1 Ознакомиться с методическим описанием лабораторной работы. (*Теоретическое описание лабораторной работы изложено в методическом пособии [1], стр. 41-48*).

2 Получить у преподавателя необходимый комплект для проведения лабораторной работы.

3 Уточнить тип исследуемых транзисторов у преподавателя.

4 Собрать схему, представленную на рисунке 1 для исследования параметров полевого транзистора с управляющим р-п переходом.

5 Заполнить строки $I_{сi}$ таблиц 3, 4, 5, 7, 8, 9 согласно варианту (таблица 1).

6 Определить максимальный ток стока $I_{сmax}$ (при $U_{пит2} = U_{си} = U_1$ и $U_{зи} = 0$) и записать полученное значение в соответствующее поле.

7 Исследовать сток-затворную характеристику полевого транзистора с управляющим р-п переходом. Для этого необходимо:

– зафиксировать значение $U_{пит2} = U_1$;

– рассчитать и заполнить $I_{с}$ таблицы 2;

– изменяя напряжение $U_{пит1}$, добиться всех значений тока $I_{с}$ и заполнить соответствующие ему поля $U_{зи}$ таблицы 2 (*Качественный вид и описание сток-затворной характеристики представлены в методическом пособии [1], стр. 45*).

8 Исследовать выходные характеристики полевого транзистора. Для этого необходимо:

– изменяя $U_{пит1}$, зафиксировать значение $U_{зи} = x_1$ (из таблицы 2);

– измерить $I_{с}$ изменяя $U_{пит2} = U_{си}$ согласно таблице 3;

– аналогичным образом заполнить таблицы 4, 5 для $U_{зи} = x_2, x_3$ (*Качественный вид и описание выходных характеристик полевого транзистора представлены в методическом пособии [1], стр. 45*).

9 Собрать схему, представленную на рисунке 2 для исследования параметров полевого МДП транзистора с индуцированным каналом.

10 Изменяя $U_{пит1}$ (при этом напряжение $U_{пит2} = U_{си} = U_1$) определить и записать значение порогового напряжения открытия транзистора ($U_{пор}$), при котором ток стока составляет 10 мкА.

11 Исследовать сток-затворную характеристику полевого транзистора с индуцированным каналом. Для этого необходимо:

– зафиксировать значение $U_{пит2} = U_1$;

– увеличивая напряжение $U_{пит1}$ добиться всех значений тока $I_{с}$ и заполнить соответствующие ему поля $U_{зи}$ таблицы 6. (*Качественный вид и описание сток-затворной характеристики представлены в методическом пособии [1], стр. 45*).

12 Исследовать выходные характеристики полевого транзистора аналогично методика из пункта 8, но для $U_{зи} = x_4, x_5, x_6$. Полученные результаты записать в таблицы 7 – 9. (*Качественный вид и описание выходных характеристик полевого транзистора представлены в методическом пособии [1], стр. 45*).

13 Собрать схему для исследования логических элементов (рисунок 3). Исследовать таблицу истинности собранной схемы и определить тип логического элемента. Аналогично выполнить для второй схемы (рисунок 4).

14 Предоставить измеренные данные на проверку преподавателю.

Порядок оформления отчета:

1 По измеренным данным построить соответствующие графики:

– кривая сток-затворной характеристики (таблицы 2, 6) на рисунках 5, 7 соответственно;

– по три кривые семейства выходных характеристик (таблицы 3, 4, 5 и 7, 8, 9) на рисунках 6, 8 соответственно.

2 По построенным графикам рассчитать дифференциальные параметры полевого транзисторов в окрестностях рабочей точки $U_{си} = U_2$, $U_{зи} = x_2$ (x_5 для индуцированного канала).

3 Записать общие выводы по проделанной лабораторной работе на основе разделов 2.5, 2.6, 2.7.

[1] – Электронные приборы. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие. В 2 частях. Часть 1: Активные компоненты полупроводниковой электроники/А. Я. Бельский – Мн: БГУИР, 2012

1 Цель работы

Изучить устройство, принцип действия, классификацию, области применения полевых транзисторов (ПТ). Экспериментально исследовать статические вольт-амперные характеристики (ВАХ) транзисторов и рассчитать дифференциальные параметры полевых транзисторов в заданной рабочей точке.

2 Ход работы

Таблица 1 – Варианты работ для учебного места

Вариант 1												
Uси, В	U ₁ =4	3	2	U ₂ =1,5	1	0,7	0,5	0,3	0,2	0,1	0,01	0
Вариант 2												
Uси, В	U ₁ =6	5	4	3	U ₂ =2,4	1,9	1,3	0,5	0,3	0,1	0,01	0
Вариант 3												
Uси, В	U ₁ =9	7	5,5	U ₂ =4,2	3,5	2,6	1,5	0,8	0,3	0,1	0,01	0
Вариант 4												
Uси, В	U ₁ =12	10	8	U ₂ =6	4	2,8	1,5	0,9	0,2	0,1	0,01	0
Вариант 5												
Uси, В	U ₁ =15	11	U ₂ =9	7	4,3	2,5	1,2	0,6	0,25	0,1	0,01	0
Вариант 6												
Uси, В	U ₁ =20	16	U ₂ =12	8	5	2,7	1,7	0,7	0,35	0,1	0,01	0

2.1 Исследование сток-затворной характеристики ПТ с управляющим p-n переходом в схеме с общим истоком (ОИ)

Для исследования сток-затворной характеристики ПТ, согласно пункту 4, собрана цепь по схеме, представленной на рисунке 1.

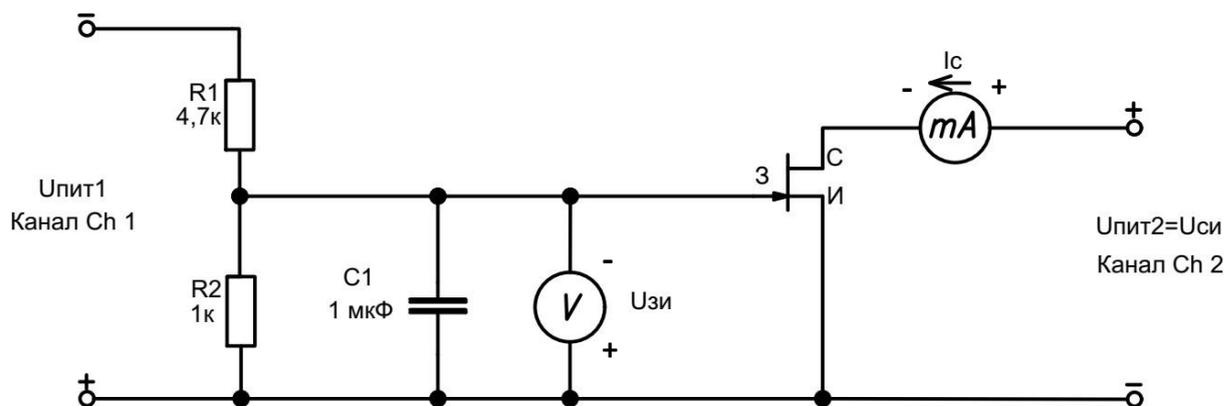


Рисунок 1 – Схема исследования характеристик ПТ в схеме с ОИ

Согласно пункту 6, определено значение максимального тока стока $I_{c\max}$ при $U_{зи} = 0В$, $U_{си} = U1$, которое составило $y = \dots\dots мА$ (для каждого транзистора определяется экспериментально). Согласно пункту 7 исследована сток-затворная характеристика (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты измерения (изменять значение $U_{пит1}$) сток-затворной характеристики ПТ $I_c=f(U_{зи})$, при фиксированном значении $U_{си} = U1 = \dots\dots В$.

$I_c, мА$	$y =$	$0,9y =$	$0,8y =$	$0,7y =$	$0,6y =$	$0,5y =$
$U_{зи}, В$	0	$x_1 =$			$x_2 =$	
$I_c, мА$	$0,4y =$	$0,3y =$	$0,2y =$	$0,1y =$	$0,05y =$	0
$U_{зи}, В$		$x_3 =$				

Значения в ячейках, обозначенных x_1, x_2, x_3 , будут использованы в дальнейшем

2.2 Исследование выходных характеристик ПТ с управляющим p-n переходом в схеме с общим истоком (ОИ)

Согласно пункту 8, исследованы выходные характеристики. Результаты исследований занесены в таблицы 3, 4, 5.

Таблица 3 – Результаты измерения (изменять значение $U_{пит2}$) выходной характеристики ПТ $I_c=f(U_{си})$, при фиксированном значении $U_{зи} = x_1$ (из таблицы 2) = $\dots\dots В$

$U_{си}, В$	$U_1 =$									0,1	0,01	0
$I_c, мА$												0

Таблица 4 – Результаты измерения (изменять значение $U_{пит2}$) выходной характеристики ПТ $I_c=f(U_{си})$, при фиксированном значении $U_{зи} = x_2$ (из таблицы 2) = $\dots\dots В$

$U_{си}, В$	$U_1 =$									0,1	0,01	0
$I_c, мА$												0

Таблица 5 – Результаты измерения (изменять значение $U_{пит2}$) выходной характеристики ПТ $I_c=f(U_{си})$, при фиксированном значении $U_{зи} = x_3$ (из таблицы 2) = $\dots\dots В$

$U_{си}, В$	$U_1 =$									0,1	0,01	0
$I_c, мА$												0

2.3 Исследование сток-затворной характеристики ПТ с индуцированным каналом в схеме с общим истоком (ОИ)

Для исследования сток-затворной характеристики ПТ, согласно пункту 9, собрана цепь по схеме, представленной на рисунке 2.

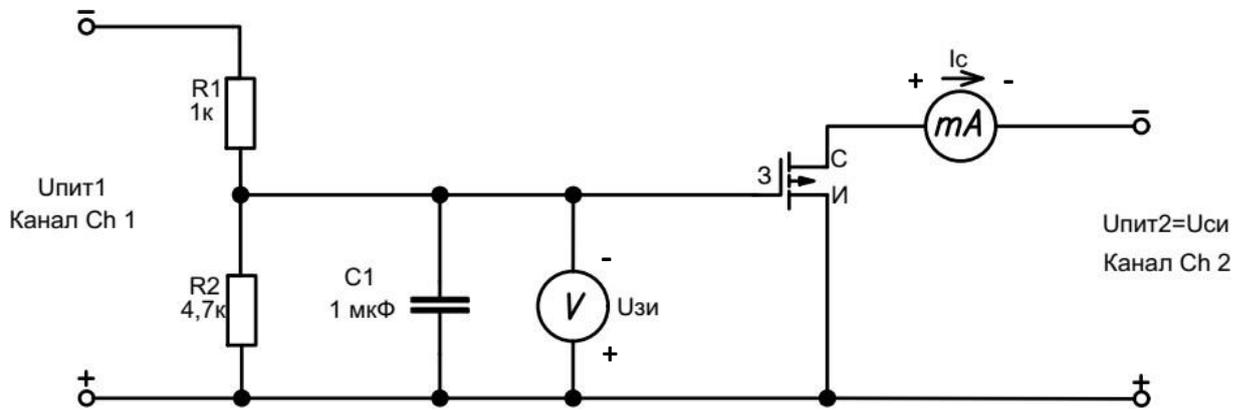


Рисунок 2 – Схема исследования характеристик ПТ в схеме с ОИ

Согласно пункту 10, определили значение порогового напряжения $U_{пор} = \dots\dots В$. Согласно пункту 11 исследована сток-затворная характеристика (таблица 2).

Таблица 6 – Результаты измерения (изменять значение $U_{пит1}$) сток-затворной характеристики ПТ $I_c = f(U_{зи})$, при фиксированном значении $U_{си} = U1 = \dots\dots В$.

I_c, mA	0	0,01	$0,1 \pm 0,05$	$0,5 \pm 0,1$	$1 \pm 0,1$	$2 \pm 0,1$	$3 \pm 0,1$
$U_{зи}, В$	0	$U_{пор} =$					$x_4 =$
I_c, mA	$4 \pm 0,1$	$5 \pm 0,1$	$6 \pm 0,1$	$7 \pm 0,1$	$8 \pm 0,1$	$9 \pm 0,1$	$10 \pm 0,1$
$U_{зи}, В$			$x_5 =$			$x_6 =$	

Значения в ячейках, обозначенных x_4, x_5, x_6 , будут использованы в дальнейшем

2.4 Исследование выходных характеристик ПТ с индуцированным каналом в схеме с общим истоком (ОИ)

Семейство выходных характеристик $I_c=f(U_{си})$ измерено для трех фиксированных значений входного напряжения затвор-исток $U_{зи} = x_4; x_5; x_6$ В. Результаты исследований занесены в таблицу 6, таблицу 7 и таблицу 8 соответственно.

Таблица 7 – Результаты измерения выходной характеристики ПТ $I_c=f(U_{си})$, при $U_{зи} = x_4$ (из таблицы 6) = В (Изменять значение $U_{пит2}$)

$U_{си}, В$	$U_{i1} =$									0,1	0,01	0
$I_c, мА$												0

Таблица 8 – Результаты измерения выходной характеристики ПТ $I_c=f(U_{си})$, при $U_{зи} = x_5$ (из таблицы 6) = В (Изменять значение $U_{пит2}$)

$U_{си}, В$	$U_{i1} =$									0,1	0,01	0
$I_c, мА$												0

Таблица 9 – Результаты измерения выходной характеристики ПТ $I_c=f(U_{си})$, при $U_{зи} = x_6$ (из таблицы 6) = В (Изменять значение $U_{пит2}$)

$U_{си}, В$	$U_{i1} =$									0,1	0,01	0
$I_c, мА$												0

2.5 Исследование логических элементов на основе полевых транзисторов

Современные интегральные микросхемы представляют собой набор логических элементов, которые выполнены, в свою очередь, на полевых либо биполярных транзисторах. Поскольку полевые транзисторы имеют низкие затраты энергии на их управление, в отличие от биполярных, то микросхемы на полевых транзисторах получили наибольшее распространение. Простейшие логические элементы (И, И-НЕ, ИЛИ, ИЛИ-НЕ, исключающее ИЛИ, исключающее ИЛИ-НЕ) могут быть реализованы как в виде отдельных микросхем базовой логики, так и в составе сложных интегральных микросхем (регистры, счетчики, мультиплексоры, дешифраторы, триггеры).

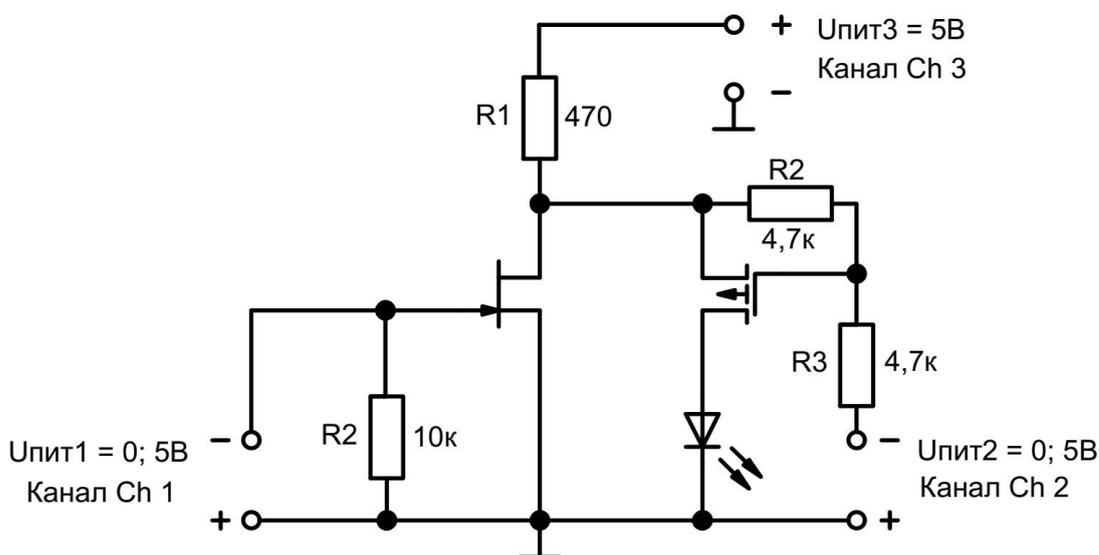


Рисунок 3 – Логический элемент на полевых транзисторах

Для исследования логического элемента собрана схема (рисунок 3). Напряжение на канале Ch3 источника питания составляет 5В. Логические сигналы подаются на затворы полевых транзисторов (0 либо 5 В) каналами источника питания Ch1 и Ch2. Логическая «1» соответствует 5В источника питания, «0» – 0В. Логический выход для выполнен в виде светодиода. Горящий светодиод соответствует логической «1» выхода, потухший – «0». Для определения типа логического элемента построена таблица истинности (таблица 10).

Таблица 10 – Таблица истинности первого логического элемента

Ch1	Ch2	Выход
«0»	«0»	
«0»	«1»	
«1»	«0»	
«1»	«1»	

По таблице 10 определили, что схема на рисунке 3 представляет собой логическое

Аналогичным образом исследована схема, представленная на рисунке 4. Для определения типа логического элемента построена таблица истинности (таблица 11).

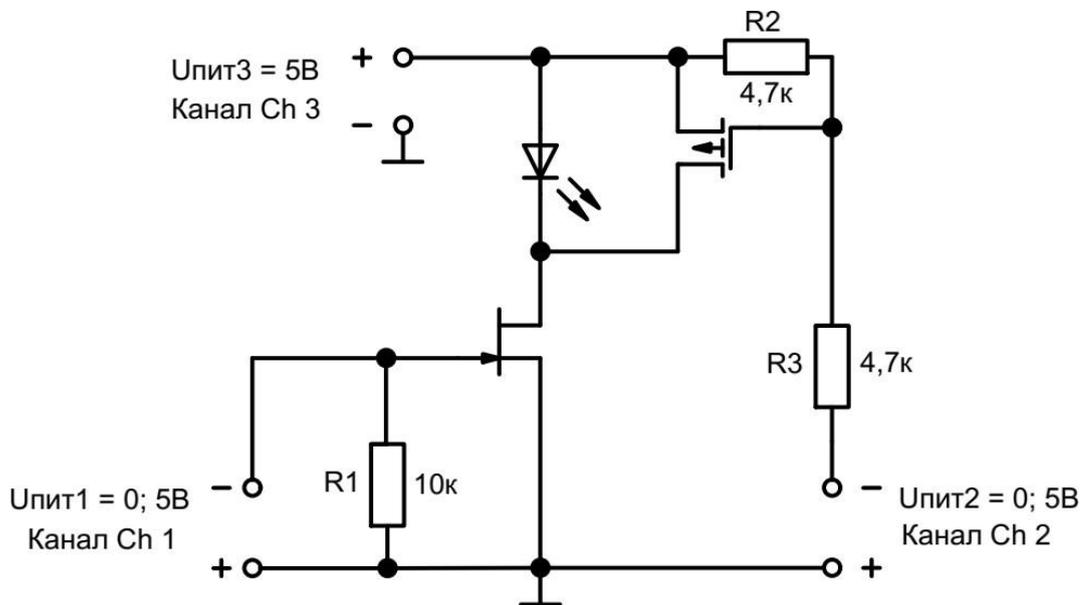


Рисунок 3 – Логический элемент на полевых транзисторах

Таблица 11 – Таблица истинности второго логического элемента

Ch1	Ch2	Выход
«0»	«0»	
«0»	«1»	
«1»	«0»	
«1»	«1»	

По таблице 11 определили, что схема на рисунке 4 представляет собой логическое

2.6 Результаты экспериментальных исследований

По результатам измерений ПТ с управляющим р-п переходом и ПТ с индуцированным каналом в схеме с ОИ построены графики сток-затворных и выходных характеристик этих ПТ (рисунки 5, 6, 7, 8).

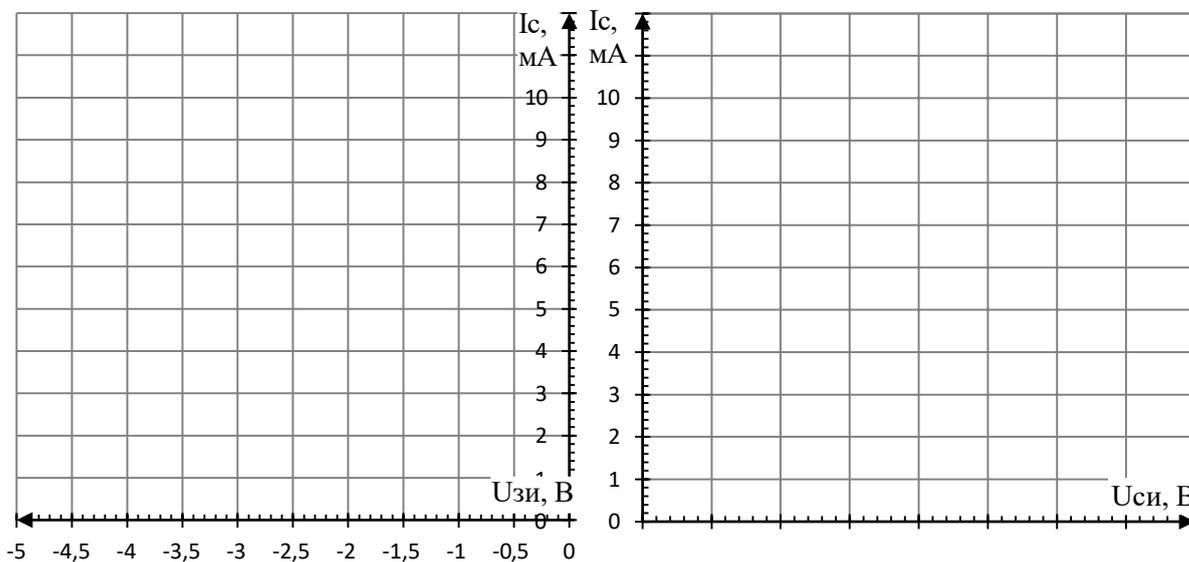


Рисунок 5 – Сток-затворная характеристика ПТ с управляющим р-п переходом

Рисунок 6 – Выходные характеристики ПТ с управляющим р-п переходом

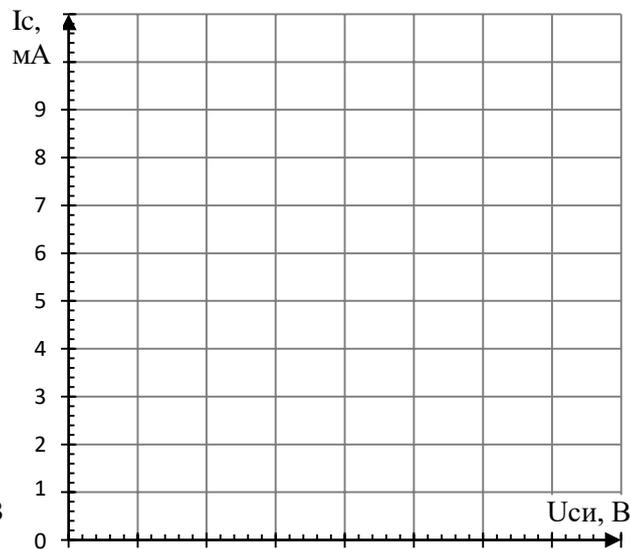
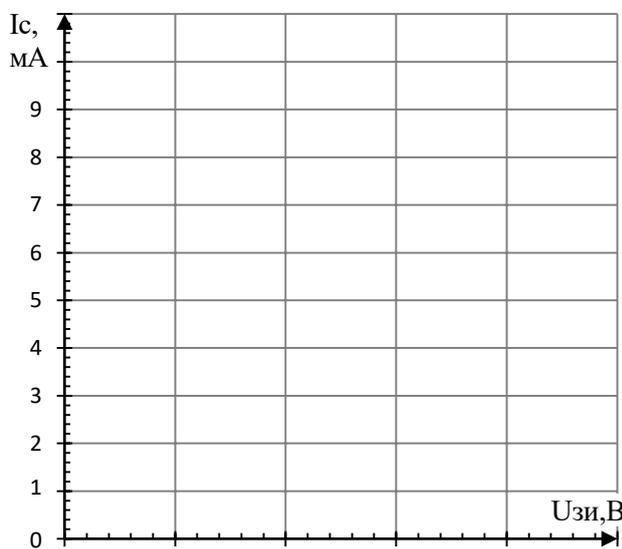


Рисунок 7 – Сток-затворная характеристика ПТ с индуцированным каналом

Рисунок 8 – Выходные характеристики ПТ с индуцированным каналом

2.7 Расчет дифференциальных параметров ПТ в схеме с ОИ

По построенным графикам характеристик ПТ в схеме с ОИ рассчитаны их дифференциальные параметры в окрестностях рабочих точек:

- 1) для транзистора с управляющим р-п переходом $U_{си} = U_2 = \dots \text{В}$ и $U_{зи} = x_2 \text{ В}$ (из таблицы 2);

$$S =$$

$$R_i =$$

$$\mu =$$

- 2) для транзистора с индуцированным каналом $U_{си} = U_2 = \dots \text{В}$ и $U_{зи} = x_5 \text{ В}$ (из таблицы 6).

$$S =$$

$$R_i =$$

$$\mu =$$

3 Выводы