

## Лабораторная работа № 9

# ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОФАЗНЫХ СХЕМ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

### Цель работы

1. Изучение принципа работы и основных характеристик однофазных неуправляемых одно- и двухполупериодных выпрямителей.
2. Изучение принципа работы и основных характеристик С и CLC-фильтров.

### 11.1. Подготовка к работе.

- Повторить раздел: «Выпрямители».
- Повторить основные меню и элементную базу программы «Electronics Workbench».

### 11.2. Порядок выполнения работы.

#### Эксперимент 1. Исследование однополупериодного выпрямителя.

11.2.1. Собрать схему согласно рис. 11.1.

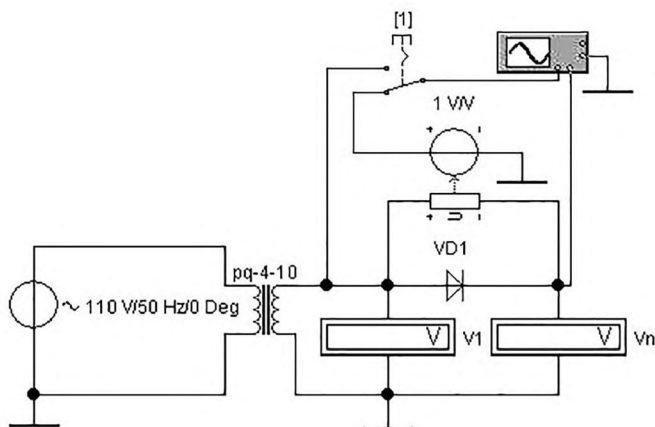


Рис. 11.1. Схема исследования однополупериодного выпрямителя

11.2.2. Установить внутреннее сопротивление вольтметра  $V_n$  равным 100 кОм, а его режим измерения «DC».

Таблица 11.1

Измерено		Вычислено
$V_1$ , В	$V_n$ , В	$U_d$ , В

11.2.3. Вычислить и записать в таблицу среднее значение выпрямленного напряжения однополупериодного выпрямителя:

11.2.4. Включить схему, снять показания приборов и записать их в таблицу 11.1 бланка отчета приложения.

11.2.5. Подключить на первый вход осциллографа выходное напряжение вторичной обмотки трансформатора, для чего установить ключ в верхнее положение, нажав кнопку «1» клавиатуры.

11.2.6. Установить настройки осциллографа согласно рис. 11.2.

11.2.7. Изобразить осциллограммы напряжений на входе и выходе однополупериодного выпрямителя.

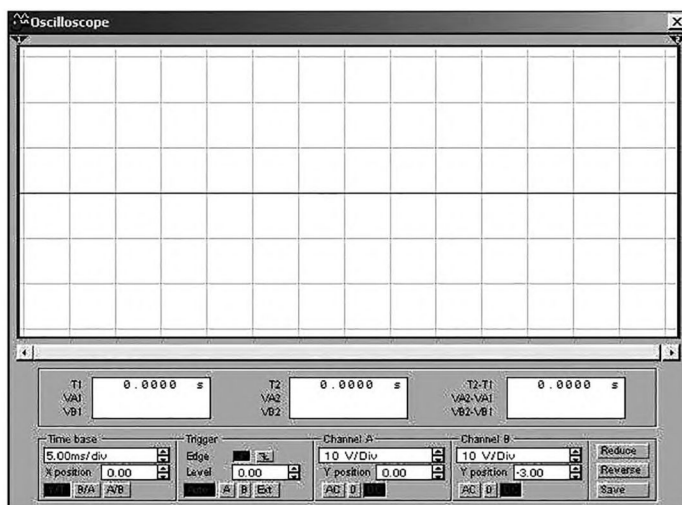


Рис. 11.2. Лицевая панель осциллографа

11.2.8. По разности ( $T_2 - T_1$ ) на осциллограмме выходного напряжения однополупериодного выпрямителя определить период  $T$ . Опре-

делить частоту  $f$  выходного напряжения выпрямителя. Полученные данные записать в таблицу 11.2 бланка отчета приложения.

Таблица 11.2

$T$ , (мс)	$f$ , (Гц)	$U_{обр\text{м}}$ , (В)

11.2.9. Для определения обратного напряжения на диоде  $VD_1$  однополупериодного выпрямителя, установить ключ в верхнее положение, нажав кнопку «1» клавиатуры.

11.2.10. Изобразить осциллограммы напряжений на диоде  $VD_1$  и выходе однополупериодного выпрямителя.

11.2.11. Перемещая маркеры на осциллограмме, измерить амплитудное значение обратного напряжения на диоде  $VD_1$  однополупериодного выпрямителя. Полученные данные записать в таблицу 11.2 бланка отчета приложения.

11.2.12. По осциллограмме выходного напряжения однополупериодного выпрямителя измерить среднее значение выходного напряжения  $U_d$  выпрямителя, которое может быть приближенно оценено из соотношения:

$$U_d = \frac{1}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} U_{max} \sin \alpha \, d\alpha$$

11.2.13. Вычислить коэффициент пульсации  $p$  выходного напряжения однополупериодного выпрямителя, который вычисляется из соотношения:

$$p = (\Delta U_2 / U_d) 100\%.$$

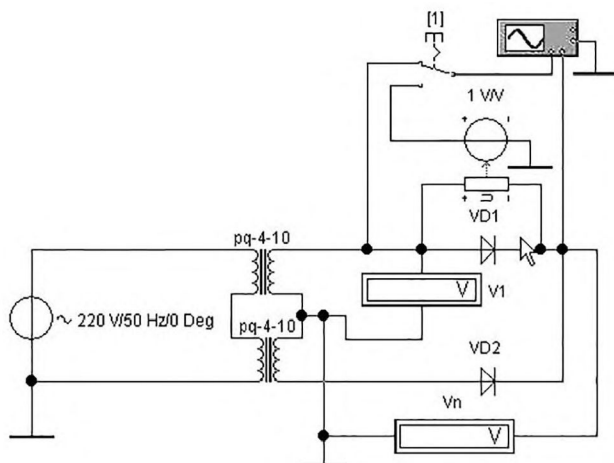
Полученные данные записать в таблицу 11.3 бланка отчета приложения.

Таблица 11.3

Измерено		Вычислено	
$\Delta U_2$ , (В)	$U_d$ , (В)	$U_d$ , (В)	$p$ , (%)

### **Эксперимент 2. Исследование двухполупериодного выпрямителя со средней точкой.**

11.2.14. Собрать схему согласно рис. 11.3.



**Рис. 11.3.** Схема исследования двухполупериодного выпрямителя со средней точкой

11.2.15. Установить внутреннее сопротивление вольтметра  $V_n$  равным 100 кОм, а его режим измерения «DC».

Таблица 11.4

Измерено		Вычислено
$V_1, \text{В}$	$V_n, \text{В}$	$U_d, \text{В}$

11.2.16. Вычислить и записать в таблицу 11.4 бланка отчета приложения среднее значение выпрямленного напряжения двухполупериодного выпрямителя со средней точкой:

11.2.17. Включить схему, снять показания приборов и записать их в таблицу 11.4 бланка отчета приложения.

11.2.18. Подключить на первый вход осциллографа выходное напряжение вторичной полуобмотки трансформатора, для чего установить ключ в верхнее положение, нажав кнопку «1» клавиатуры.

11.2.19. Установить настройки осциллографа согласно рис. 11.2.

11.2.20. Изобразить осциллограммы напряжений на входе и выходе двухполупериодного выпрямителя со средней точкой.

11.2.21. По разности  $(T_2 - T_1)$  на осциллограмме выходного напряжения двухполупериодного выпрямителя со средней точкой опре-

делить период  $T$ . Определить частоту  $f$  выходного напряжения выпрямителя. Полученные данные записать в таблицу 11.5 бланка отчета приложения.

Таблица 11.5

$T$ , (мс)	$f$ , (Гц)	$U_{обр\ max}$ (В)

11.2.22. Для определения обратного напряжения на диоде  $VD_1$  двухполупериодного выпрямителя со средней точкой установить ключ в верхнее положение, нажав кнопку «1» клавиатуры.

11.2.23. Изобразить осциллограммы напряжений на диоде  $VD_1$  и выходе двухполупериодного выпрямителя со средней точкой.

11.2.24. Перемещая маркеры на осциллограмме, измерить амплитудное значение обратного напряжения на диоде  $VD_1$  двухполупериодного выпрямителя со средней точкой. Полученные данные записать в таблицу 11.5 бланка отчета приложения.

11.2.25. По осциллограмме выходного напряжения двухполупериодного выпрямителя со средней точкой измерить среднее значение выходного напряжения  $U_d$  выпрямителя, которое может быть приближенно оценено из соотношения:

$$U_d = 2 * \frac{1}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} U_{max} \sin \alpha \, d\alpha$$

$$\Delta U_2 = U_{2\ max} - U_{2\ min}$$

где  $U_{2\ max}$  и  $U_{2\ min}$  - максимум и минимум выходного напряжения.

11.2.26. Вычислить коэффициент пульсации  $p$  выходного напряжения двухполупериодного выпрямителя со средней точкой, который вычисляется из соотношения:

$$p = (\Delta U_2 / U_d) 100\%.$$

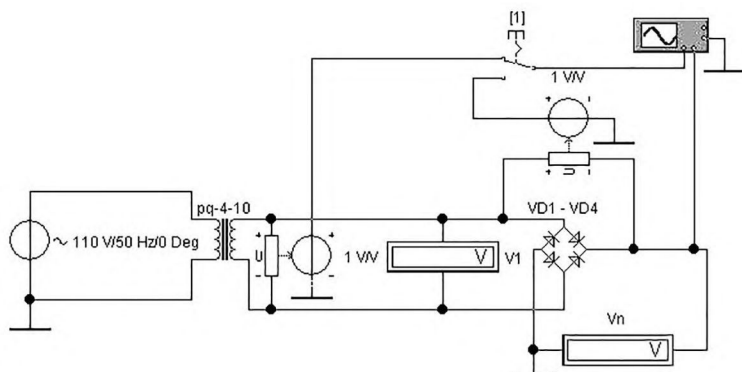
Полученные данные записать в таблицу 11.6 бланка отчета приложения.

Таблица 11.6

Измерено		Вычислено	
$\Delta U_2$ , (В)	$U_d$ , (В)	$U_d$ , (В)	$p$ , (%)

### **Эксперимент 3. Исследование двухполупериодного мостового выпрямителя.**

11.2.27. Собрать схему согласно рис. 11.4.



**Рис. 11.4.** Схема исследования двухполупериодного мостового выпрямителя

11.2.28. Установить внутреннее сопротивление вольтметра  $V_n$  равным 100 кОм, а его режим измерения «DC».

11.2.29. Вычислить и записать в таблицу 11.7 бланка отчета приложения среднее значение выпрямленного напряжения двухполупериодного выпрямителя со средней точкой:

11.2.30. Включить схему, снять показания приборов и записать их в таблицу 11.7 бланка отчета приложения.

*Таблица 11.7*

Измерено		Вычислено
$V_1$ , В	$V_n$ , В	$U_d$ , В

11.2.31. Подключить на первый вход осциллографа выходное напряжение вторичной обмотки трансформатора, для чего установить ключ в верхнее положение, нажав кнопку «1» клавиатуры.

11.2.32. Установить настройки осциллографа согласно рис. 11.2.

11.2.33. Изобразить осциллограммы напряжений на входе и выходе двухполупериодного мостового выпрямителя.

13.2.34. По разности  $(T_2 - T_1)$  на осциллограмме выходного напряжения двухполупериодного мостового выпрямителя определить период  $T$ . Определить частоту  $f$  выходного напряжения выпрямителя. Полученные данные записать в таблицу 13.8 бланка отчета приложения.

Таблица 11.8

T, (мс)	f, (Гц)	U <sub>обр мь</sub> (В)

11.2.35. Для определения обратного напряжения на диоде VD<sub>1</sub> двухполупериодного мостового выпрямителя, установить ключ в нижнее положение, нажав кнопку «1» клавиатуры.

11.2.36. Изобразить осциллограммы напряжений на диоде VD<sub>1</sub> и выходе двухполупериодного мостового выпрямителя.

11.2.37. Перемещая маркеры на осциллограмме, измерить амплитудное значение обратного напряжения на диоде VD<sub>1</sub> двухполупериодного мостового выпрямителя. Полученные данные записать в таблицу 11.8 бланка отчета приложения.

11.2.38. По осциллограмме выходного напряжения двухполупериодного мостового выпрямителя измерить среднее значение выходного напряжения U<sub>d</sub> выпрямителя, которое может быть приближенно оценено из соотношения:

$$U_d = 2 * \frac{1}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} U_{max} \sin \alpha \, d\alpha$$

$$\Delta U_2 = U_2 \max - U_2 \min$$

где U<sub>2</sub> max и U<sub>2</sub> min - максимум и минимум выходного напряжения.

11.2.39. Вычислить коэффициентом пульсации р выходного напряжения двухполупериодного мостового выпрямителя, который вычисляется из соотношения:

$$p = (\Delta U_2 / U_d) 100\%.$$

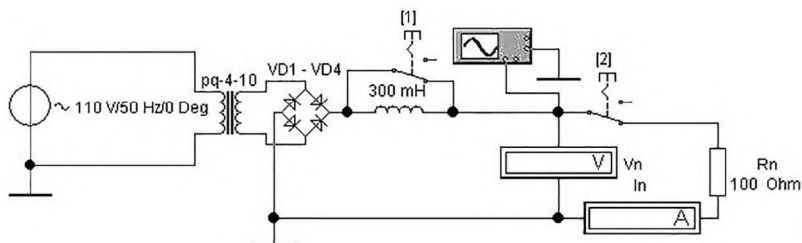
Полученные данные записать в таблицу 11.9 бланка отчета приложения.

Таблица 11.9

Измерено		Вычислено	
ΔU <sub>2</sub> , (В)	U <sub>d</sub> , (В)	U <sub>d</sub> , (В)	р, (%)

#### **Эксперимент 4. Исследование внешних характеристик двухполупериодного мостового выпрямителя.**

11.2.40. Собрать схему согласно рис. 11.5.



**Рис. 11.5.** Схема исследования внешней характеристики двухполупериодного мостового выпрямителя без фильтра

11.2.41. Замкнуть переключатель 1, нажав клавишу «1» клавиатуры, и разомкнуть переключатель 2, нажав клавишу «2» клавиатуры.

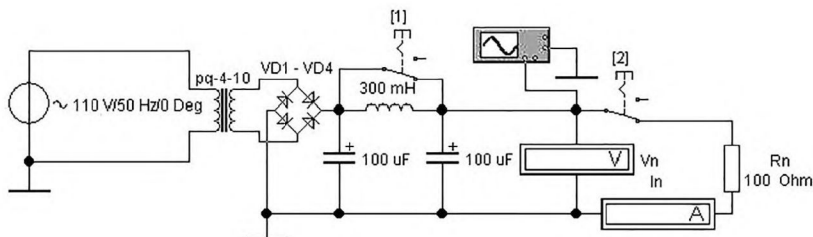
11.2.42. Включить схему, снять показания приборов в режиме холостого хода и записать их в таблицу 11.10 бланка отчета приложения.

11.2.43. Замкнуть переключатель 2, нажав клавишу «2» клавиатуры. Устанавливая последовательно величину сопротивления нагрузки  $R_n$  со значения 300 Ом до значения 50 Ом, снять показания приборов и записать их в таблицу 11.10 бланка отчета приложения.

Таблица 11.10

Тип фильтра	Измерено	Величина сопротивления нагрузки, $R_n$ (Ом)				
		xx	300	200	100	50
Без фильтра	$I_n$ , (mA)					
	$V_n$ , (В)					

11.2.44. Собрать схему согласно рис.11.6.



**Рис. 11.6.** Схема исследования внешней характеристики двухполупериодного мостового выпрямителя с C-фильтром

11.2.45. Замкнуть переключатель 1, нажав клавишу «1» клавиатуры, и разомкнуть переключатель 2, нажав клавишу «2» клавиатуры.



11.2.46. Включить схему, снять показания приборов в режиме холостого хода и записать их в таблицу 11.11.

11.2.47. Замкнуть переключатель 2, нажав клавишу «2» клавиатуры. Устанавливая последовательно величину сопротивления нагрузки  $R_n$  со значения 300 Ом до значения 50 Ом, снять показания приборов и записать их в таблицу 11.11.

Таблица 11.11

Тип фильтра	Измерено	Величина сопротивления нагрузки, $R_n$ (Ом)				
		xx	300	200	100	50
С-фильтр	$I_n$ , (мА)					
	$V_n$ , (В)					

11.2.48. Установить настройки осциллографа согласно рис. 11.7.

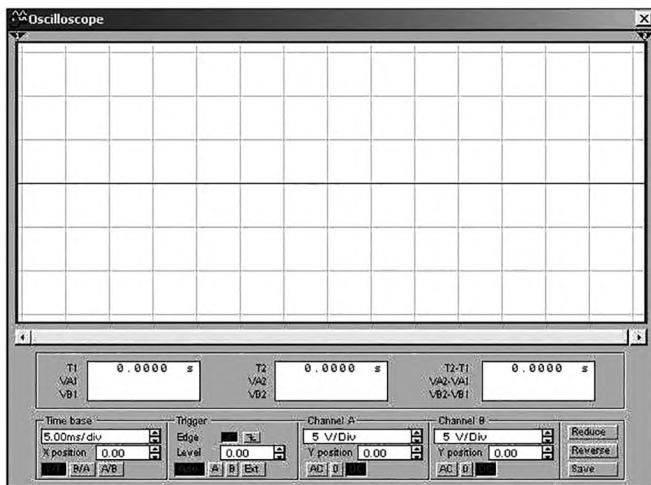


Рис. 11.7. Лицевая панель осциллографа

11.2.49. Изобразить осциллограмму выходного напряжения двухполупериодного мостового выпрямителя с С-фильтром при  $R_n = 100$  Ом.

11.2.50. По осциллограмме выходного напряжения двухполупериодного мостового выпрямителя с С-фильтром вычислить среднее значение выходного напряжения  $U_d$ :

$$U_d = (U_{2\max} + U_{2\min})/2 = U_{2\max} - \Delta U_2/2,$$

$$\Delta U_2 = U_{2\max} - U_{2\min},$$

где  $U_{2\max}$  и  $U_{2\min}$  — максимум и минимум выходного напряжения.

Вычислить коэффициентом пульсации  $p$  выходного напряжения двухполупериодного мостового выпрямителя:

$$p = (\Delta U_2 / U_d) 100\%.$$

Убедиться в том, что при подключении на выход выпрямителя конденсатора переменная составляющая выходного напряжения уменьшается. Сравнить измеренное вольтметром  $V_n$  значение напряжения и вычисленные значения напряжения  $U_d$ . Полученные данные записать в таблицу 11.12 бланка отчета приложения.

Таблица 11.12

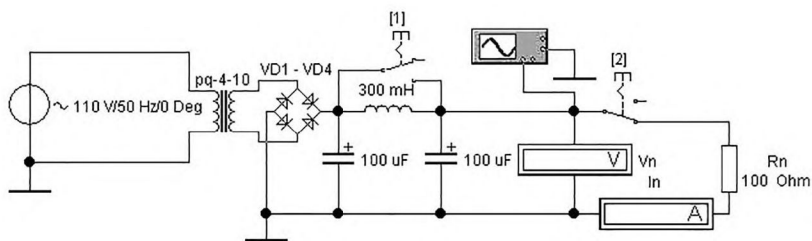
Тип фильтра	Измерено	Вычислено			
	$V_n$ , (В)	$U_d$ , (В)	$\Delta U_2$ , (В)	$p$ , (%)	$q$ , (%)
С-фильтр					

11.2.51. Качество фильтра оценивается коэффициентом сглаживания  $q$  выходного напряжения, который равен отношению коэффициентов пульсаций по первой гармонике на входе и выходе фильтра:

$$q = (p_{1\text{ вх}} / p_{1\text{ вых}}) 100\%.$$

Взяв значение коэффициента пульсаций  $p_{1\text{ вх}}$  из таблицы 11.9, а значение коэффициента пульсаций  $p_{1\text{ вых}}$  из таблицы 11.12, определить коэффициент сглаживания  $q$  С-фильтра и записать полученное значение в таблицу 11.12 бланка отчета приложения.

11.2.52. Собрать схему согласно рис. 11.8.



**Рис. 11.8.** Схема исследования внешней характеристики двухполупериодного мостового выпрямителя с CLC-фильтром

11.2.53. Разомкнуть переключатель 1, нажав клавишу «1» клавиатуры, и разомкнуть переключатель 2, нажав клавишу «2» клавиатуры.

11.2.54. Включить схему, снять показания приборов в режиме холостого хода и записать их в таблицу 11.13 бланка отчета приложения.

11.2.55. Замкнуть переключатель 2, нажав клавишу «2» клавиатуры. Устанавливая последовательно величину сопротивления нагрузки  $R_n$

со значения 300 Ом до значения 50 Ом, снять показания приборов и записать их в таблицу 11.13 бланка отчета приложения.

11.2.56. Установить настройки осциллографа согласно рис. 11.7.

Таблица 11.13

Тип фильтра	Измерено	Величина сопротивления нагрузки, $R_n$ (Ом)				
		xx	300	200	100	50
CLC-фильтр	$I_n$ , (мА)					
	$V_n$ , (В)					

11.2.57. Изобразить осциллограмму выходного напряжения двухполупериодного мостового выпрямителя с CLC-фильтром при  $R_n = 100$  Ом. Используя эту осциллограмму аналогично п. 11.2.50, вычислить среднее значение выходного напряжения  $U_d$  и напряжение  $\Delta U_2$  выпрямителя с CLC-фильтром. Вычислить коэффициент пульсации  $p$  выходного напряжения CLC-фильтра. Сравнить измеренное вольтметром  $V_n$  значение напряжения и вычисленное значение напряжения  $U_d$ . Полученные данные записать в таблицу 11.14 бланка отчета приложения.

Таблица 11.14

Тип фильтра	Измерено	Вычислено			
		$U_d$ , (В)	$\Delta U_2$ , (В)	$p$ , (%)	$q$ , (%)
CLC-фильтр	$V_n$ , (В)				

11.2.58. Взяв значение коэффициента пульсаций  $p_{1\text{ вх}}$  из таблицы 11.9, а значение коэффициента пульсаций  $p_{1\text{ вых}}$  из таблицы 11.14, определить коэффициент сглаживания  $q$  CLC-фильтра и записать полученное значение в табл. 11.14 бланка отчета приложения.

11.2.59. По данным таблиц 11.10, 11.11, 11.13 построить внешние характеристики двухполупериодного мостового выпрямителя с различными типами фильтров.

## Контрольные вопросы

- Каковы различия между входным и выходным сигналами однополупериодного выпрямителя?
- Одинаковы ли вычисленное и измеренное среднее значение выходного напряжения  $U_d$ ?
- Одинаковы ли частоты входного и выходного сигналов в схемах одно- и двухполупериодного выпрямителей?
- Как влияет падение напряжения на диоде на выходное напряжение выпрямителя?
- Зачем необходимы трансформаторы в схемах выпрямителей?

8. Каковы различия между сигналом на входе и на выходе при двухполупериодном выпрямлении?
9. Чем отличается выходное напряжение в схемах однополупериодного и двухполупериодных выпрямителей?
10. Сравните максимальное обратное напряжение на диодах в двухполупериодном выпрямителе со средней точкой и в двухполупериодном мостовом выпрямителе.
11. Одинаковы ли частоты входного и выходного напряжения двухполупериодного выпрямителя? Как они соотносятся с частотами входного и выходного напряжения для однополупериодного выпрямителя?
12. Какие факторы влияют на величину коэффициента пульсации выпрямителя с емкостным и CLC-фильтром на выходе?
13. Сравните средние значения выходного напряжения для схем однополупериодного и двухполупериодного выпрямителей в режиме холостого хода и объясните разницу в их численных значениях.
14. Сравните коэффициент пульсации в двухполупериодных выпрямителях с емкостным и CLC-фильтром на выходе.
15. Как экспериментально определяются коэффициенты сглаживания емкостного и CLC-фильтров?
16. Будут ли отличаться средние значения выходного напряжения однополупериодной и двухполупериодной схем выпрямления с емкостным фильтром, если сопротивление нагрузки равно бесконечности?
17. Будет ли влиять частота входного напряжения выпрямителя на среднее значение выходного напряжения и на коэффициент пульсации при фиксированных значениях емкости фильтра и сопротивления нагрузки?