

Лабораторная работа № 1 Выпрямитель переменного тока

Цель: изучение работы однополупериодного и двухполупериодного выпрямителей и их характеристик.

Выпрямителем называется устройство для преобразования напряжения переменного тока в напряжение постоянного тока.

Выпрямители используются для питания различных электронных устройств усилителей низкой частоты, магнитофонов, телевизоров, радиоприемных устройств, устройств промышленной электроники и т.д.

Существует несколько схем выпрямителей.

1. **ОДНОФАЗНЫЙ ОДНОПОЛУПЕРИОДНЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ** (рис. 1). В данной схеме используется полупроводниковый диод VD (чаще всего кремниевый), обладающий нелинейной вольтамперной характеристикой. Под действием синусоидального напряжения генератора в цепи нелинейного элемента возникает ток, приобретающий форму последовательности импульсов, т.к. ток в цепи диода существует только в течение положительных полуволн входного напряжения (из-за односторонней проводимости диода).

Диаграмма работы однополупериодного выпрямителя показана на рис. 2.

Полученную последовательность импульсов тока, как и любой периодический несинусоидальный сигнал можно представить в виде постоянно составляющей I_0 и периодических (гармонических) составляющих с частотами, кратными частоте приложенного напряжения U .

С помощью разложения периодической функции в ряд Фурье, получаем:

$$I = I_0 + I_{1m} \sin \omega t + I_{2m} \sin 2\omega t + I_{3m} \sin 3\omega t + \dots + I_{nm} \sin n\omega t,$$

где I_0 - постоянная составляющая тока, I_{1m} - амплитуда 1-й гармоники тока, $I_{1m} - I_{nm}$ - амплитуда токов высших гармоник.

Разложение несинусоидального сигнала показано на рис. 3, где 0- постоянная составляющая; 1- 1-я гармоника тока; 2,3- высшие гармоники тока.

Амплитуды высших гармоник, как правило, уменьшаются с ростом их номера. Для представления периодической последовательности импульсов можно наряду с временной диаграммой использовать и спектральную, которая позволяет наглядно сравнивать значения амплитуд с частотой первой и высших гармоник.

На рис. 4а показан спектр входного напряжения; а на рис. 4б показан спектр тока, протекающего через диод. Среднее за период значение выпрямленного тока, т.е. постоянная составляющая I_0 определяется соотношением:

$$I_0 = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} i dt = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} \frac{U_m}{R_i + R_H} \sin \omega t dt = \frac{1}{\pi} \frac{U_m}{R_i + R_H} = \frac{I_m}{\pi} = 0,32 I_m,$$

где R_i - внутреннее сопротивление генератора; R_H - сопротивление нагрузки; I_m - амплитуда импульса тока.

Поэтому постоянное напряжение U_0 на нагрузке R_H определяется выражением:

$$U_0 = R_H I_0 = \frac{U_m}{\pi} = 0,32 U_m.$$

Важным параметром выпрямителя является коэффициент пульсаций K_n ; $K_n = \frac{U_{1m}}{U_0}$,

где U_{1m} - амплитуда первой гармоники напряжений; U_0 - постоянная составляющая напряжения. Т.к. для однополупериодной схемы амплитуда 1-й гармоники имеет значительную величину. $K_n = \frac{1,57 U_0}{U_0} = 1,57$. Выпрямленное напряжение с такими

значительными пульсациями, как правило, не пригодно для практических целей. Для уменьшения коэффициента пульсаций используется двухполупериодные схемы выпрямителей.

2. ОДНОФАЗНЫЙ ДВУХПОЛУПЕРИОДНЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ. Подобный выпрямитель состоит из трансформатора, вторичная обмотка которого состоит из 2-х частей и 2-х полупроводниковых диодов (рис. 5).

Наличие средней точки трансформатора приводит к тому, что напряжение на каждой половине вторичной обмотки w_1 и w_2 будет приложено к каждому из диодов VD1 и VD2. В течение положительного, для половины обмотки w_1 , полупериода диод VD1 открывается и возникает ток в цепи этого диода, протекающий через нагрузку. В течение отрицательного полупериода диод VD1 закрыт и открывается диод VD2. В этом случае также возникает импульс тока через нагрузку. Таким образом, в цепи нагрузки ток протекает в течение обеих половин полупериода. Вследствие этого частота пульсаций тока в цепи нагрузки становится вдвое больше, чем частота синусоидального напряжения, приложенного к выпрямителю.

Полученную последовательность импульсов можно представить в виде суммы постоянной составляющей I_0 и суммы переменных составляющих с частотами, кратными удвоенному значению частоты выпрямленного напряжения: рис. 6а - спектр входного напряжения;

рис. 6б - спектр тока, протекающего через нагрузку.

Постоянная составляющая тока нагрузки I_0 вдвое больше, чем при однополупериодном выпрямлении

$$I_0 = \frac{2}{\pi} I_m \approx 0,64 I_m,$$

а постоянная составляющая напряжения на нагрузке U_0 равна

$$U_0 = \frac{2U_m}{\pi}.$$

Коэффициент пульсаций в двухполупериодной схеме значительно меньше в однополупериодной ($K_n=0,67$).

Недостатком подобной схемы выпрямителя является увеличенное число витков вторичной обмотки.

3. МОСТОВАЯ СХЕМА ВЫПРЯМИТЕЛЯ (рис. 7). В течение положительной полуволны входного напряжения открываются диоды VD1 и VD3, и в цепи нагрузки возникает импульс тока. Отрицательная волна напряжения открывает диоды VD2 и VD4, что также приводит к протеканию импульса тока через нагрузку. Мостовая схема имеет характеристики, аналогичные предыдущей схеме. Достоинством мостовой схемы является меньшее число витков вторичной обмотки, чем в предыдущей схеме. В настоящее время в

схемах выпрямителя наиболее часто используют не отдельные диоды, а диодные сборки (КЦ 402, КД 405 и т.д.), состоящие из 4-х диодов, образующих мостовую схему.

СГЛАЖИВАЮЩИЕ ФИЛЬТРЫ. Для сглаживания (уменьшения) пульсаций выпрямленного напряжения применяют сглаживающие фильтры. В качестве подобных фильтров используются фильтры нижних частот, имеющие следующую частотную характеристику (рис. 8); где K - коэффициент передачи фильтра; f_c - частота среза. Подобная характеристика фильтра позволяет выделить постоянную составляющую из сложного спектра тока, протекающего через нелинейный элемент (диод). Существует несколько типов фильтров низших частот.

1. Емкостный фильтр -конденсатор включается параллельно нагрузке. Для удовлетворительной работы фильтра необходимо, чтобы емкостное сопротивление фильтра X_C для основной (первой) гармоники было меньше сопротивления нагрузки (рис. 9)

$$\frac{1}{\omega C_{\phi}} \ll R_H.$$

2. Индуктивный фильтр включается последовательно с сопротивлением нагрузки (рис. 10). Для удовлетворительного сглаживания необходимо выполнить условие:

$$\omega L_{\phi} \gg R_H.$$

Для лучшего сглаживания используют Г- образные (рис. 11а) и П-образные (рис. 11б) фильтры. Подобные фильтры обеспечивают высокий коэффициент сглаживания

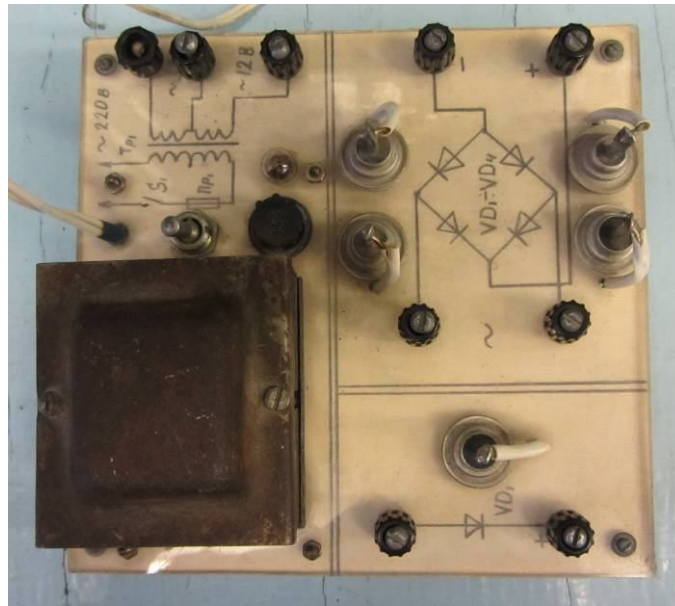
$$K_C = \frac{K_{n\text{ вх}}}{K_{n\text{ вых}}} \approx 100, \text{ где } K_{n\text{ вх}} - \text{ коэффициент пульсаций на входе фильтра. } K_{n\text{ вых}} -$$

коэффициент пульсаций на выходе фильтра.

Различие спектров тока однополупериодного и двухполупериодного выпрямителей (вдвое большая частота первой гармоники) позволяет при использовании для них аналогичных фильтров получать значительно меньший коэффициент пульсации при двухполупериодном выпрямлении.

ОБОРУДОВАНИЕ

Панель с выпрямителем



Панель с фильтром



Мультиметры



Осциллограф



Реостат 200 Ом



Соединительные провода



Ход работы

Оборудование: реостат, два мультиметра, осциллограф, панель с выпрямителем и панель с фильтром.

1. Собрать схему однополупериодного выпрямителя (рис. 12), где VD -кремниевый диод; R_H -реостат; V - вольтметр; A - амперметр.
2. С помощью осциллографа исследовать форму напряжения (осциллограф подключить к точкам 1 и 2).
3. Снять нагрузочную характеристику выпрямителя $U_{вых} = f(I)$, для чего изменять сопротивление реостата R_H от максимального значения к минимальному. Результаты измерений занести в таблицу 1.

Таблица 1.

№	I , мА	$U_{вых}$, В	I , мА	$U_{вых}$, В	I , мА	$U_{вых}$, В
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						
11.						
12.						
13.						
14.						
15.						

4. Включить LC фильтр (рис. 11) к точкам 1, 2 и проделать пункты 2-3. Измерить коэффициент пульсации $K_n = \frac{U_{1m}}{U_0}$ для П- фильтра.
5. Собрать схему двухполупериодного выпрямителя (рис. 13), где $VD1$ - $VD4$ -диодный мост.
6. Снять нагрузочную характеристику выпрямителя $U_{вых} = f(I)$, для чего изменять сопротивление реостата R_H от максимального значения к минимальному. Результаты измерений занести в таблицу 2.
7. Сравнить характеристики однополупериодной и двухполупериодной схем выпрямления. С помощью нагрузочной характеристики определить выходное сопротивление выпрямителя.

Таблица 2.

№	$I, \text{мА}$	$U_{\text{вх}}, \text{В}$	$I, \text{мА}$	$U_{\text{вх}}, \text{В}$	$I, \text{мА}$	$U_{\text{вх}}, \text{В}$
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						
11.						
12.						
13.						
14.						
15.						

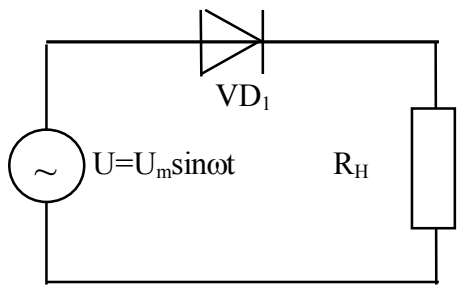


Рис. 1. Схема однополупериодного выпрямителя.

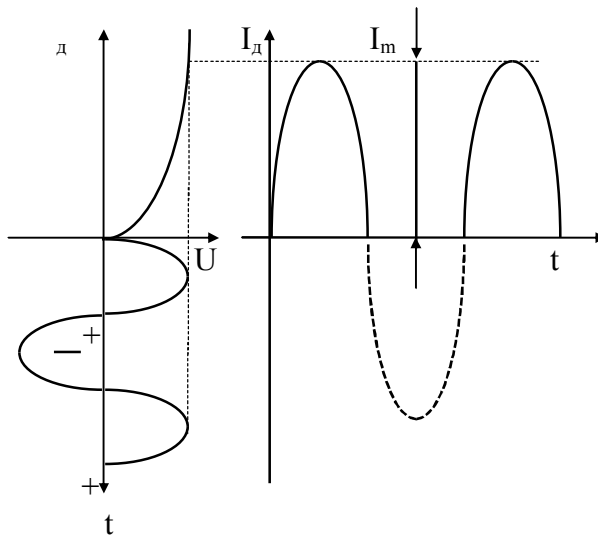


Рис. 2. Диаграмма работы однополупериодного выпрямителя.

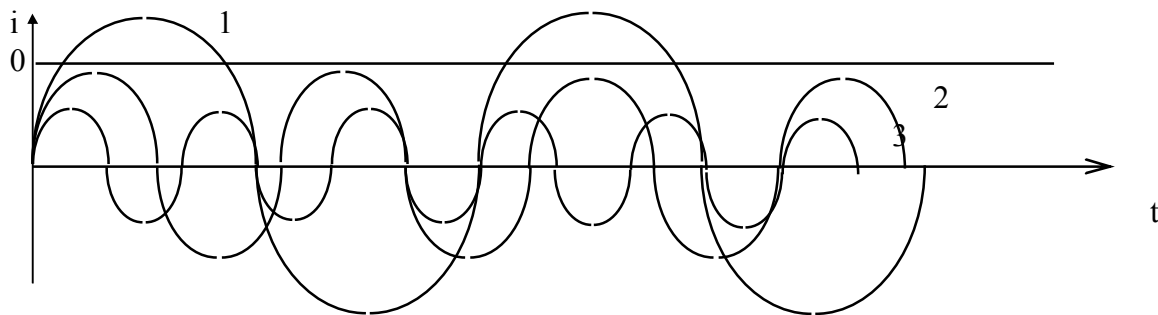
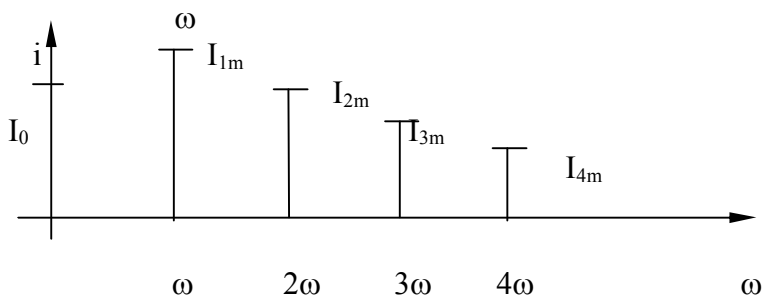


Рис. 3. Разложение несинусоидального сигнала.



Рис. 4.

а) Спектр входного напряжения



б) Спектр тока, протекающего через диод

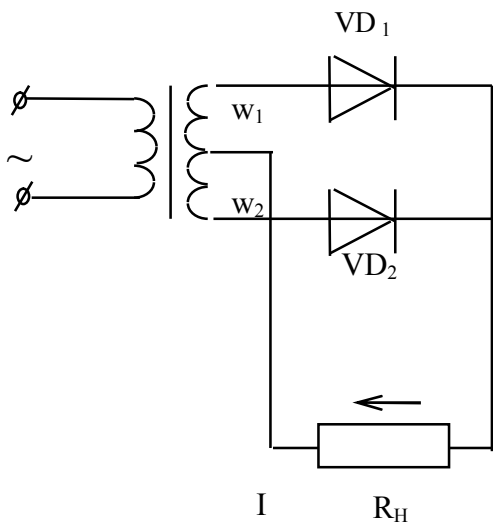


Рис. 5. Схема однофазного двухполу-
выпрямителя.
периодного выпрямителя.

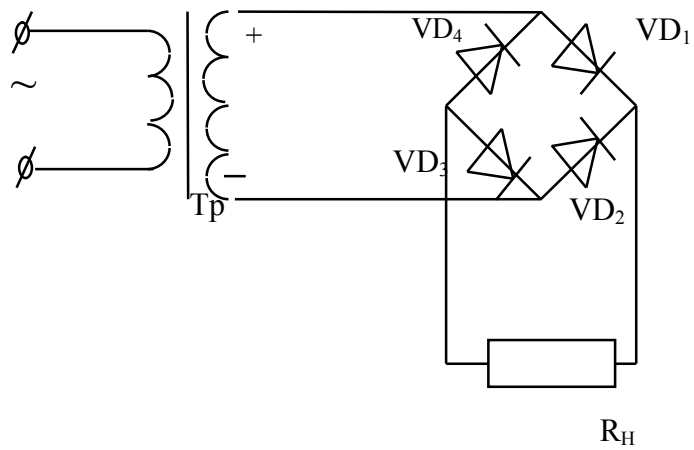
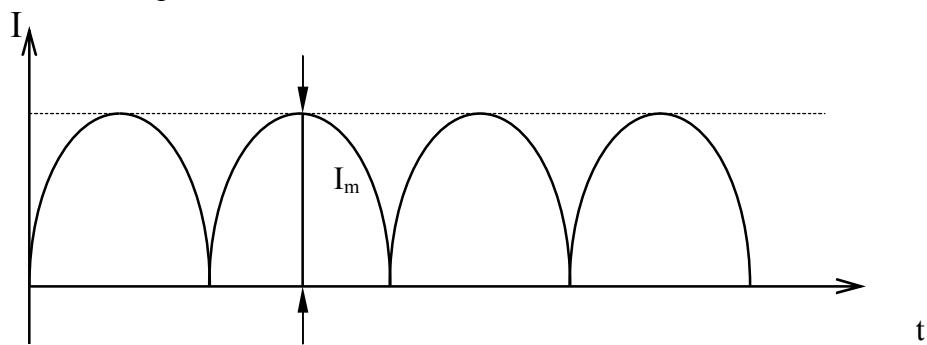
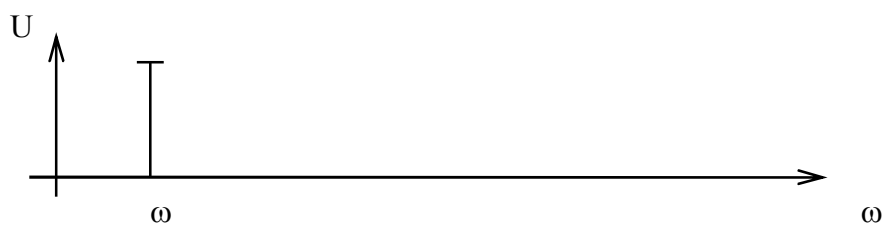


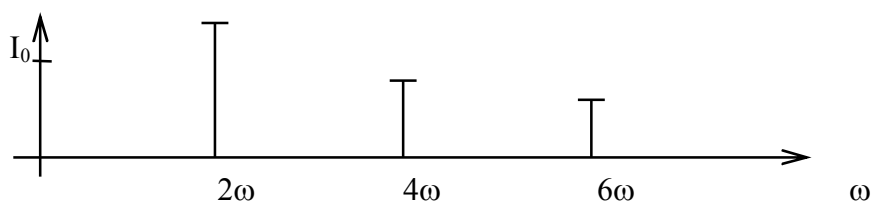
Рис. 7. Мостовая схема



Форма импульсов тока при двухполупериодном выпрямлении.



а)



б)

Рис. 6. Спектры:
а) входного напряжения;
б) тока, протекающего через нагрузку.

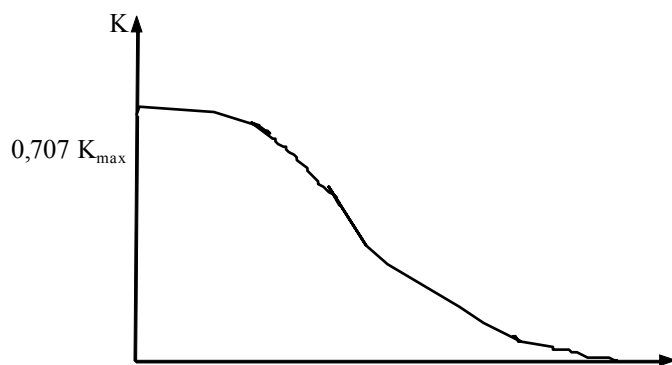


Рис. 8. Частотная характеристика сглаживающего фильтра.

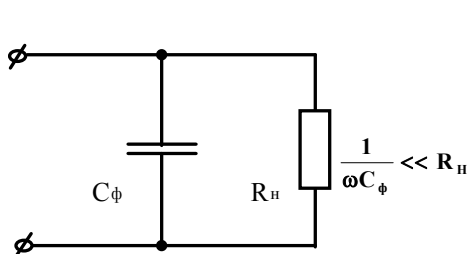


Рис. 9. Схема емкостного фильтра.

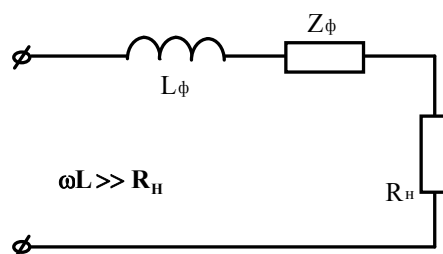


Рис. 10. Схема индуктивного фильтра.

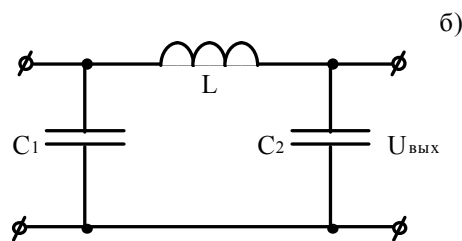
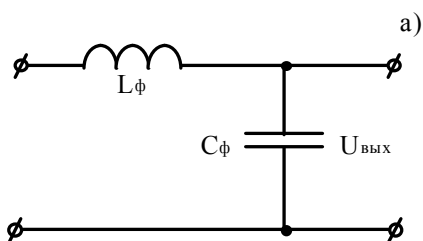


Рис. 11. Схемы фильтров: а) Г-образных; б) Π-образных.

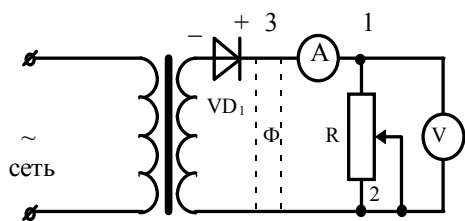


Рис.12. Схема однополупериодного выпрямителя.

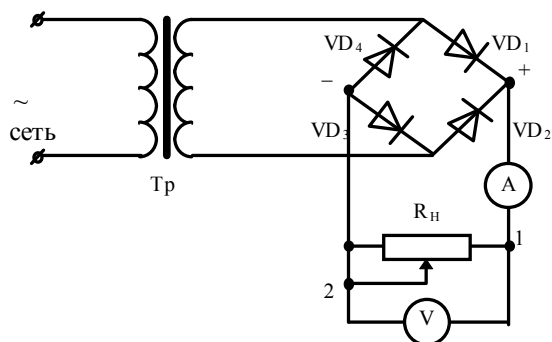


Рис.13. Схема двухполупериодного выпрямителя.