

# *Схемотехника*

*Преподаватель: доцент, к.т.  
н Жданов Д.Н.*

# Модуль 1. Аналоговая электроника.

- **ТЕМА 1.** Источники питания электронной аппаратуры. Схемы выпрямителей и основные соотношения при работе выпрямителя на активную нагрузку. Сравнение схем выпрямителей.
- **ТЕМА 2.** Стабилизаторы напряжения и тока. Принцип стабилизации и основные определения. Параметрические стабилизаторы. Стабилизаторы на основе ОУ. Импульсные стабилизаторы.
- **ТЕМА 3.** Методы линейной обработки аналоговых сигналов и их схемотехническая реализация: (масштабирующие усилители ИТУН, ИТУТ, ИНУН, ИНУН (Источники тока/напряжения, управляемые током/напряжением), линии задержки, генераторы, аналоговые ключи, активные фильтры, АМ – детекторы и частотные дискриминаторы, логарифмические усилители и умножители, детекторы АМ и ЧМ, логарифмические усилители и умножители)
- **ТЕМА 4.** Генераторы электрических сигналов: блокинг-генераторы, мультивибраторы, генераторы синусоидальных сигналов, ГПН (ГЛИН), генераторы сигналов на логических элементах. Модемы. Виды и назначение модуляции
- **ТЕМА 5.** Линейно-импульсные схемы: интегрирующие и дифференцирующие цепи, одновибраторы, триггеры Шмидта, компараторы, амплитудные и временные селекторы и ограничители, электронные ключи. Синхронные детекторы.



# ТЕМА 1

- *Источники питания электронной аппаратуры.*
- *Схемы выпрямителей и расчетные формулы для выпрямителей.*
- *Сравнение схем выпрямителей.*

# • Источники питания электронной аппаратуры.

Вторичные источники питания предназначены для получения напряжения, необходимого для непосредственного питания электронных и других устройств. Предполагается, что вторичные источники в свою очередь получают энергию от первичных источников питания, вырабатывающих электричество от генераторов, аккумуляторов и т. д. Питать электронные устройства непосредственно от первичных источников обычно нельзя.

- Вторичные источники питания являются одними из наиболее важных устройств электроники. Например, часто надежность того или иного устройства электроники существенно зависит от того, насколько надежен его вторичный источник питания. Общепринято вторичные источники называть источниками питания.

- Рассмотрим типичные структурные схемы источников питания, получающих энергию от промышленной сети с частотой 50 Гц.
- Рассмотрим вначале источник питания без преобразователя частоты, структурная схема которого представлена на рисунке.



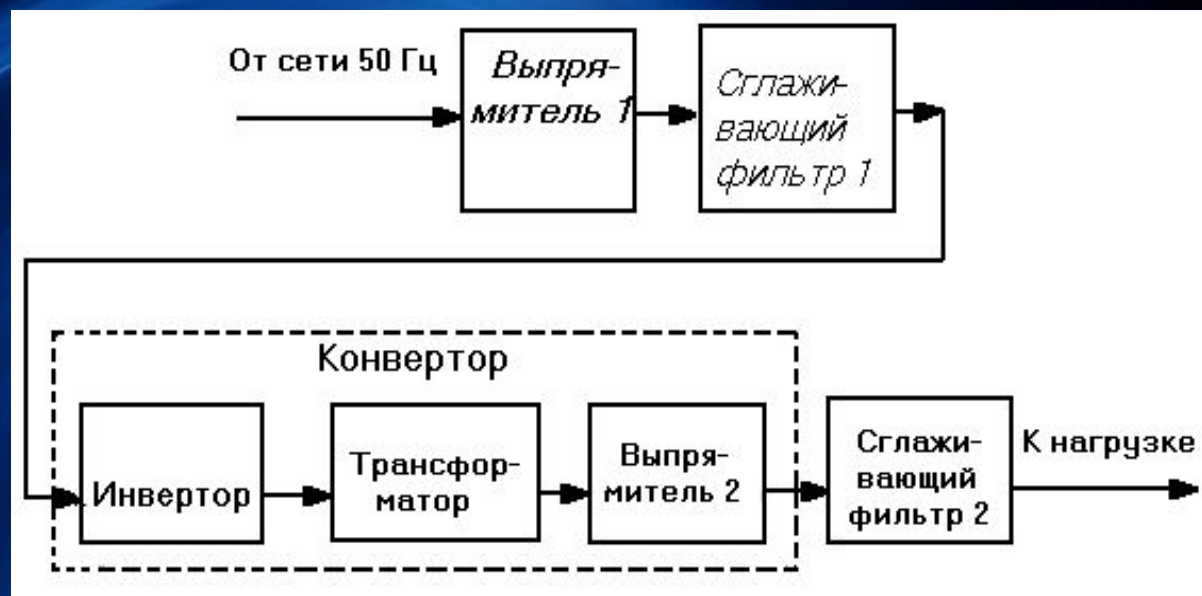
Трансформатор предназначен для гальванической развязки питающей сети и нагрузки и изменения уровня переменного напряжения. Обычно трансформатор является понижающим. Выпрямитель преобразует переменное напряжение в напряжение одной полярности (пульсирующее). Сглаживающий фильтр уменьшает пульсации напряжения на выходе выпрямителя. Стабилизатор уменьшает изменения напряжения на нагрузке (стабилизирует напряжение), вызванные изменением напряжения сети и изменением тока, потребляемого нагрузкой.

Напряжение в сети обычно может изменяться в диапазоне +15...—20 % от номинального значения.



- **Рассмотрим источник питания с преобразователем частоты :**

- В этих источниках напряжение от сети подается непосредственно на выпрямитель 1. На выходе сглаживающего фильтра 1 создается постоянное напряжение, которое вновь преобразуется в переменное с помощью так называемого инвертора.



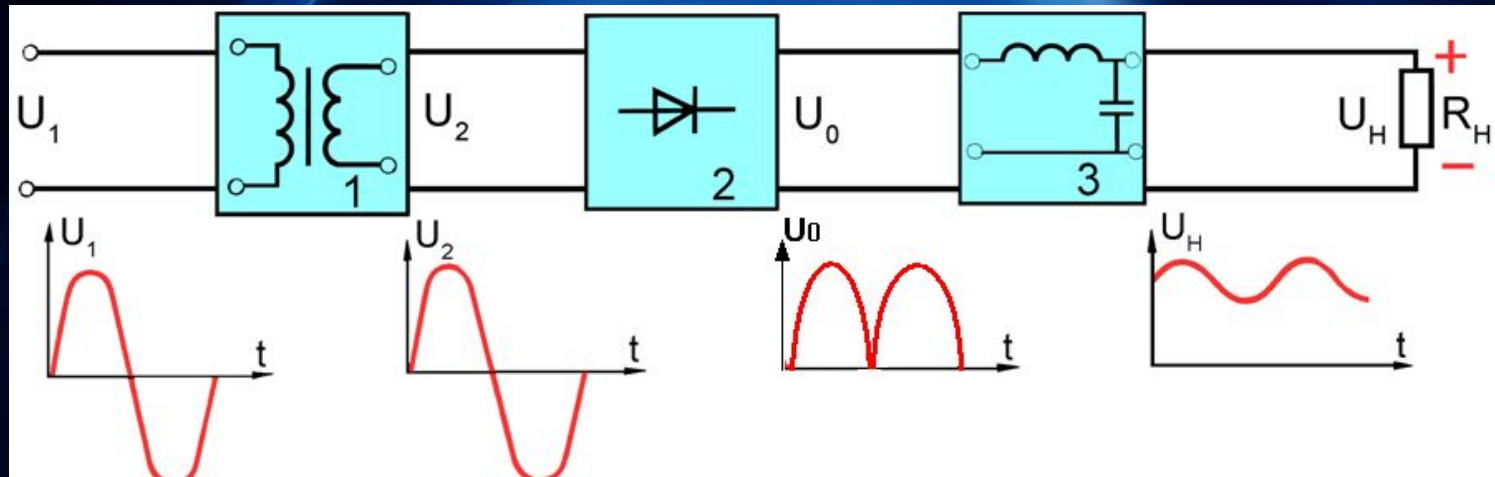
- Полученное переменное напряжение имеет частоту, значительно превышающую 50 Гц (обычно используют частоты в десятки килогерц). Затем напряжение передается через трансформатор, выпрямляется и фильтруется. Так как трансформатор в этой схеме работает на повышенной частоте, то его вес и габариты, а также вес и габариты сглаживающего фильтра 2 оказываются очень незначительными. Как и в предыдущей схеме, основная роль трансформатора состоит в гальванической развязке сети и нагрузки. Инвертор, трансформатор и выпрямитель 2 образуют конвертор — устройство для изменения уровня постоянного напряжения.

- Необходимо отметить, что в такой схеме инвертор выполняет роль стабилизатора напряжения. В качестве активных приборов в инверторе используются транзисторы (биполярные или полевые). Иногда применяются тиристоры.

# •Выпрямители

- Выпрямители предназначены для преобразования переменного напряжения (тока) в постоянный. Они применяются для питания практически всех устройств на полупроводниковых и интегральных элементах, в промышленных установках по электросварке и выплавке металлов, в технологии с процессами электролиза, в электроприводах различных транспортных средств и т.д.
  - В зависимости от числа фаз различают:
    - **однофазные и многофазные** (обычно трехфазные) выпрямители.
      - По величине мощности выпрямители делят на:
        - **выпрямители малой, средней к большой мощности.** Выпрямители малой мощности, как правило, являются однофазными, средней и большой мощности - трехфазные

- **Обобщенная блок-схема выпрямителя малой мощности приведена на рисунке**



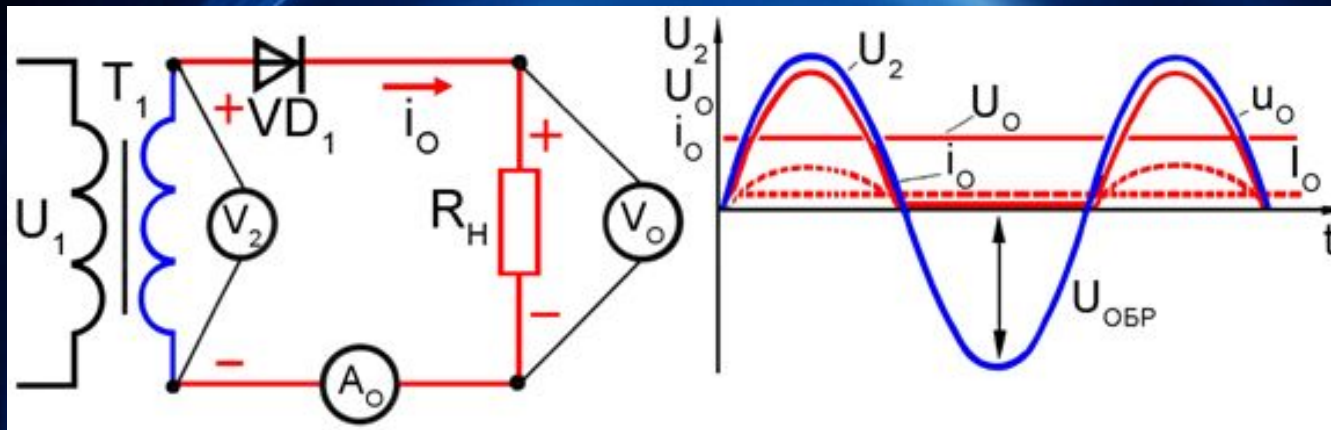
Выпрямитель состоит из силового трансформатора (1), понижающего напряжение в сети, схемы выпрямителя (2), преобразующего переменное напряжение  $U_2$  в пульсирующее  $U_0$ , постоянного по направлению, и сглаживающего фильтра (3).



## Эксплуатационные свойства выпрямителей характеризуют следующие основные величины:

- Среднее значение выпрямленного напряжения и тока ( $U_0, I_0$ ).
- Коэффициент полезного действия (кпд).
- Коэффициент пульсаций  $p$ , определяемый отношением амплитуды первой гармоники  $U_{m1}$  выпрямленного напряжения к величине его средней составляющей  $U_0$
- $$p = U_{m1} / U_0 .$$
- Внешняя характеристика - зависимость выходного (выпрямленного) напряжения от величины потребляемого нагрузкой тока  $U_0=f(I_n)$ .
- Регулировочная характеристика – зависимость выпрямленного напряжения от угла управления (времени включения) вентилей.

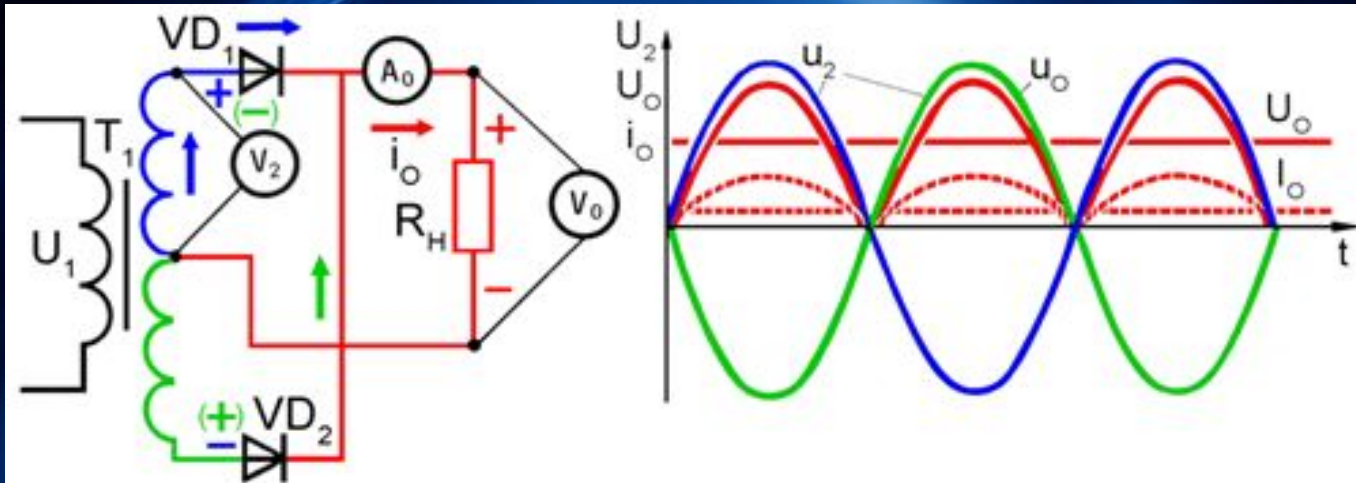
# • Однополупериодный выпрямитель.



- Выпрямление основано на односторонней проводимости (вентильных свойствах) полупроводниковых диодов.
- Ток в цепи нагрузки протекает только когда напряжение на выходе трансформатора имеет указанные знаки.
- $I_o$  и  $U_o$  – постоянные составляющие напряжения и тока в нагрузке

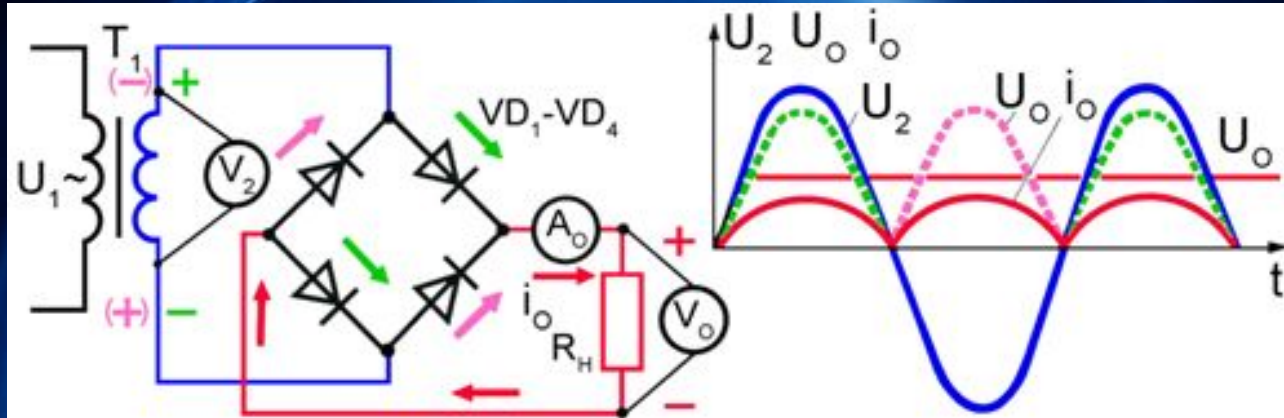


# • Двухполупериодный выпрямитель



- Ток в течении первого полупериода протекает через диод  $VD_1$ , как показано на рисунке. В течении второго полупериода знаки потенциалов меняются (показано в скобках) и ток протекает через диод  $VD_2$ . В нагрузке в течении обоих полупериодов протекает пульсирующий ток, постоянный по направлению

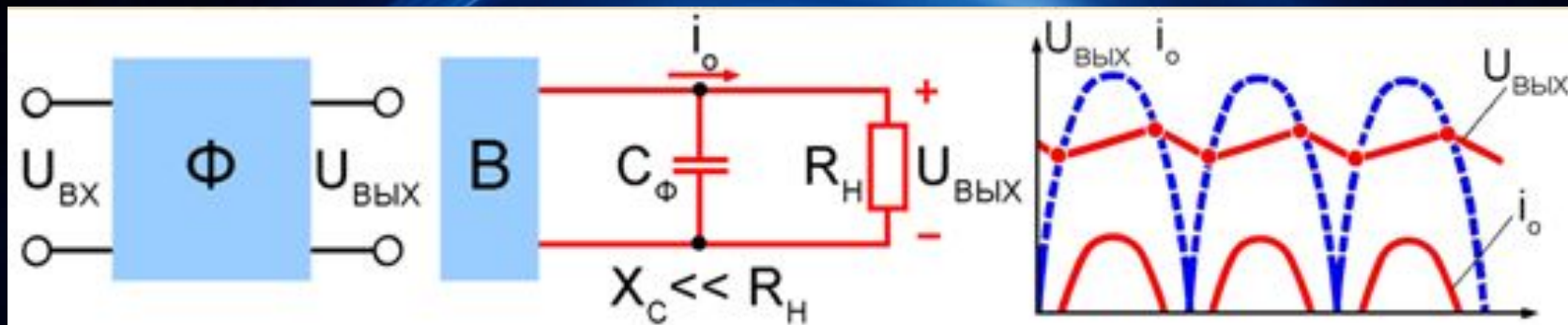
- **Мостовой выпрямитель**



- *В этой схеме каждый полупериод ток протекает через два противоположных диода.*
- *Ток обозначен красным цветом. Напряжение в один полупериод обозначено зеленым цветом, а в другой розовым.*



# • Фильтры.



- *Емкостный сглаживающий фильтр*

*$V$  – выпрямитель*

*Выпрямитель выдает пульсирующее напряжение для питания большинства электронных устройств. Простейшим сглаживающим фильтром является конденсатор, подключенный параллельно нагрузке. В течении части периода, когда напряжение выпрямителя превышает напряжение на конденсаторе, он подзаряжается, а затем отдает накопленные заряды, поддерживая ток в нагрузке. В результате пульсации значительно уменьшаются при достаточно большой емкости конденсатора.*

# Расчетные формулы для выпрямителей

## • Однополупериодный выпрямитель

- Расчет диода:  $I_{\max}=I_0$ ,  $U_{\text{обр}}=3U_0$
- Расчет трансформатора:  $U_2=0,75U_0 + I_0(R_i+R_{\text{тр}})/265$
- $R_i$  – внутреннее сопротивление диода  $R_{i\text{Ge}}=500/I_0(\text{mA})$ ,  
 $R_{i\text{Si}}=100/I_0(\text{mA})$ .
- $R_{\text{тр}}$  – сопротивление внутренних обмоток трансформатора  
 $R_{\text{тр}}=500U_0/(I_0(U_0I_0)^{1/4})$ , Ток вторичной обмотки:  
 $I_2=2I_0+12U_0/(R_i+R_{\text{тр}})$
- Расчет конденсатора:  $U_{C_0}=1,2U_0$   $\rho_0=600I_0/U_0C_0$ ;  
 $C_0=600I_0/U_0\rho_0$

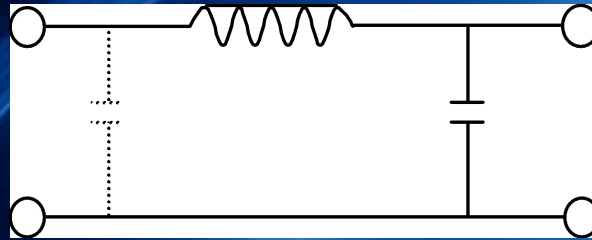
## • Двухполупериодный выпрямитель со средней точкой

- Выбор диода:  $U_{\text{обр}}=3U_0$ ,  $I_{\max}=3,5I_0$
- Выбор трансформатора:  $U_2=0,75U_0+I_0(R_i+R_{\text{тр}})/530$
- $R_{\text{тр}}=1000/I_0(U_0I_0)^{1/4}$   $I_2=I_0+12U_0/(R_i+R_{\text{тр}})$
- Расчет конденсатора:  $C_0=300I_0/U_0\rho_0$  (%);  $U_{C_0}=1,2U_0$
- **Двухполупериодный мостовой выпрямитель**
- $U_{\text{обр}}=1,5U_0$ ,  $I_{\max}=3,5I_0$
- $U_2=0,75U_0+I_0(2R_i+R_{\text{тр}})/530$ ;  $R_{\text{тр}}=830/I_0(U_0I_0)^{1/4}$ ;  $I_2=2I_0/2+16,6U_0/(2R_i+R_{\text{тр}})$
- $C_0=300I_0/U_0\rho_0$  (%);  $U_{C_0}=1,2U_0$



• Расчет для Г-образного фильтра:

• LC – фильтр



Для однополупериодного  
двухполупериодного

выпрямителя

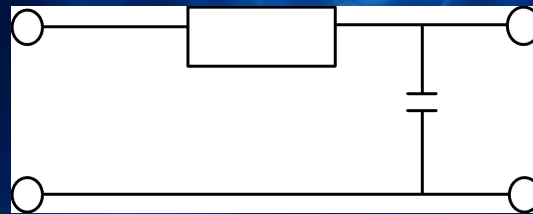
$$LC=10\rho/p$$

Для

выпрямителя

$$LC=2,5\rho/p$$

• RC – фильтр



Элементы фильтра определяются из выражений:

Для однополупериодного  
двухполупериодного

выпрямителя

$$RC=3000\rho/p$$

Для

выпрямителя

$$RC=1500\rho/p$$