

Лекция 10. Источники питания

Классификация источников питания

К первичным относят такие средства, которые преобразуют не-электрическую энергию в электрическую. Это: электромеханические генераторы, электрохимические источники (аккумуляторы . гальванические элементы), фотоэлектрические генераторы (солнечные батареи и фотоэлементы), термоэлектрические источники.

Источники вторичные вторичного электропитания питания (ИВЭП) электронных устройств дают набор нужных напряжений.

ИВЭП делятся на *инверторные* и *конверторные* источники.

Инверторные ИВЭП преобразуют напряжение переменного тока в напряжение постоянного тока.

Конверторный ИВЭВ используют для преобразования одного напряжения в другое того же вида.

Основные характеристики ИВЭП

Входные характеристики:

- значение и вид первичного источника питания (силовая сеть или аккумулятор);

- нестабильность питающего напряжения $\delta_{U_c} = \frac{\delta U_c}{U_c}$;

- частоту питающего напряжения и ее нестабильность;

- количество фаз источника переменного напряжения;

- допустимый коэффициент гармоник питающего напряжения.

Выходные характеристики:

- значения выходных напряжений;

- нестабильность выходных напряжений $\delta_{U_{вых}} = \frac{\delta U_{вых}}{U_{вых}}$;

- ток нагрузки или выходную мощность по каждому каналу;

- наличие гальванической изоляции между входом и выходом;

-наличие защиты от перегрузки или повышения выходного напряжения.

Эксплуатационные характеристики ИВЭП:

- диапазон рабочих температур;
-допустимую относительную влажность и допустимые давления окружающей атмосферы;

- допустимые механические нагрузки;

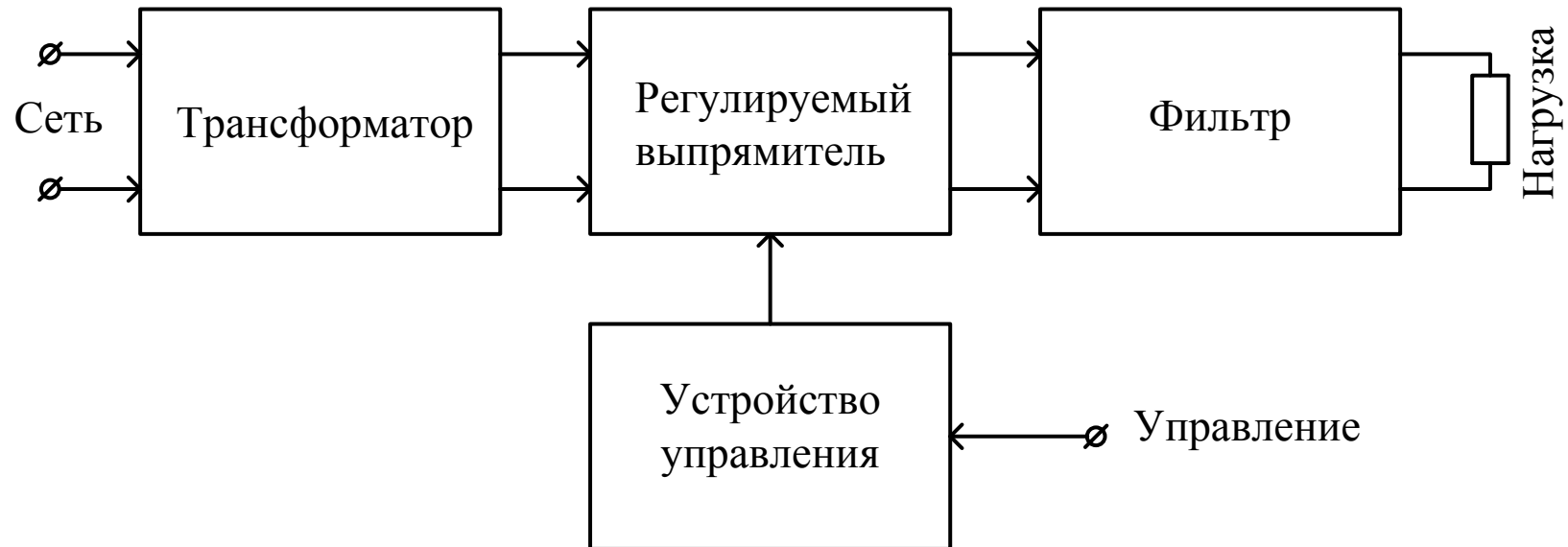
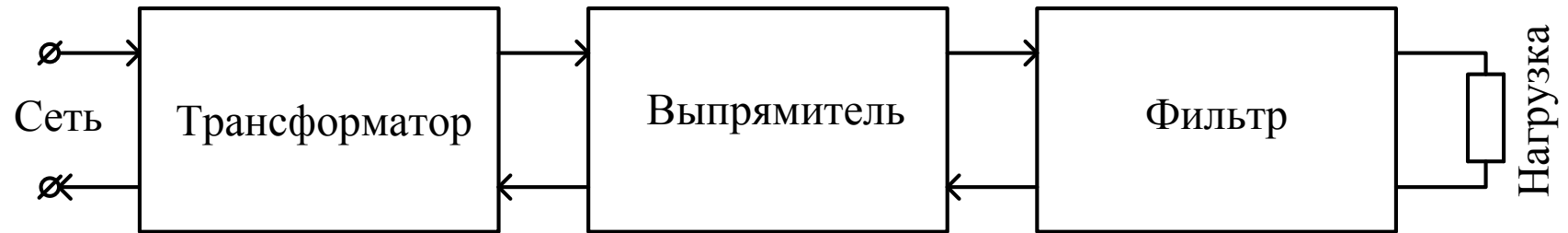
-коэффициент полезного действия $\eta_{\text{п}} = \frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{п}} + P_{\text{пр}}}$, где $P_{\text{п}}$ -полезная

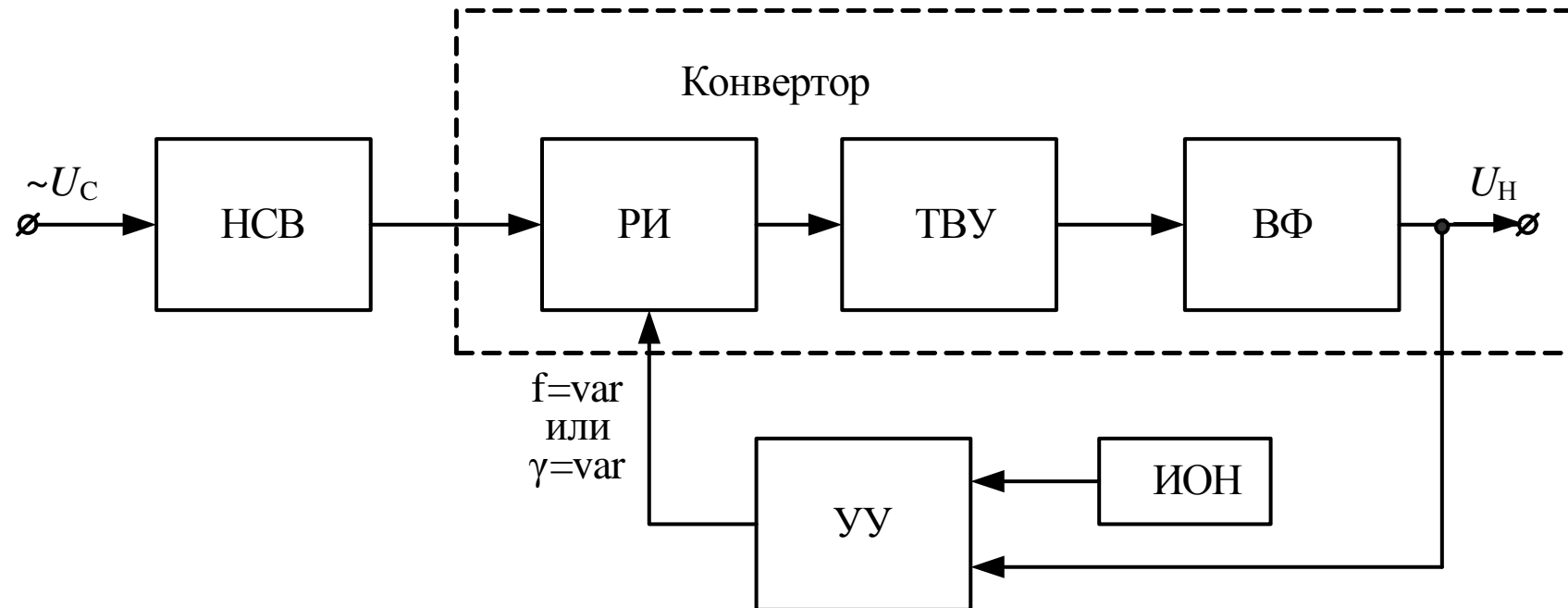
мощность, поступающая в нагрузку, $P_{\text{пр}}$ -мощность потерь в ИВЭП;

- удельная мощность, равная отношению полезной мощности к объему ИВЭП;

- надежность.

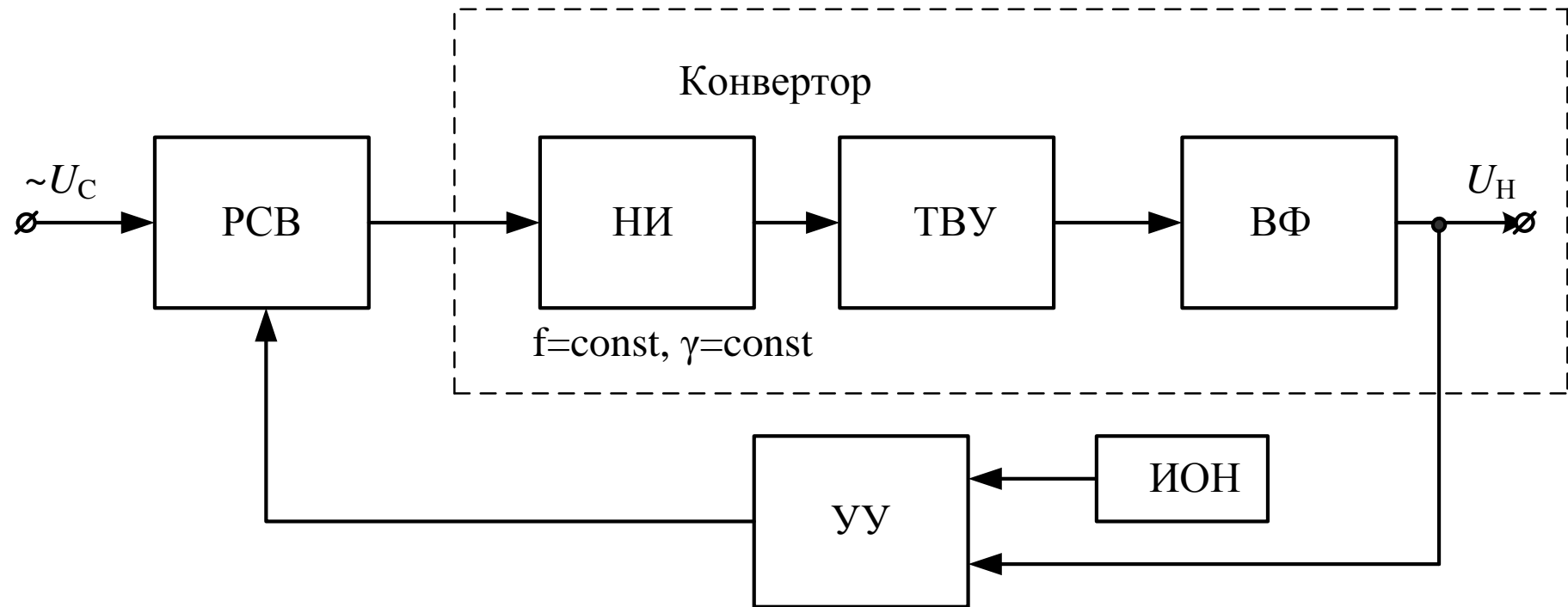
Структурные схемы ИВЭП





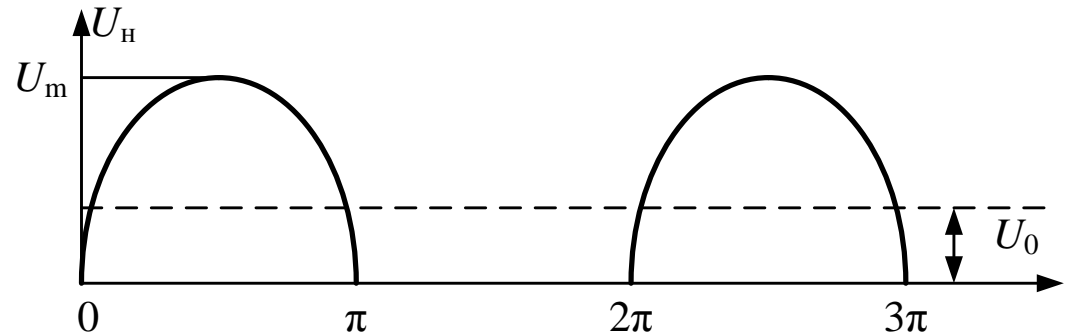
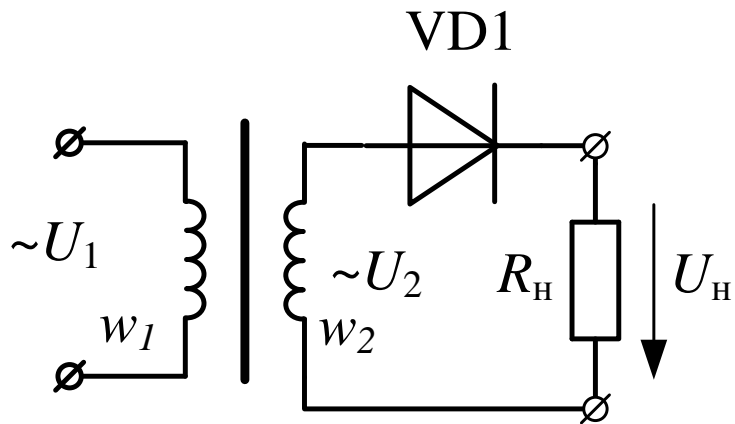
Импульсный ИВЭП.

Нерегулируемый сетевой выпрямитель НСВ, конвертор состоит из регулируемого инвертора РИ, работающего на повышенной частоте (от 20 кГц до 100кГц), трансформаторного выпрямительного узла ТВУ и высокочастотного фильтра ВФ. Для стабилизации выходного напряжения используется схема управления УУ.



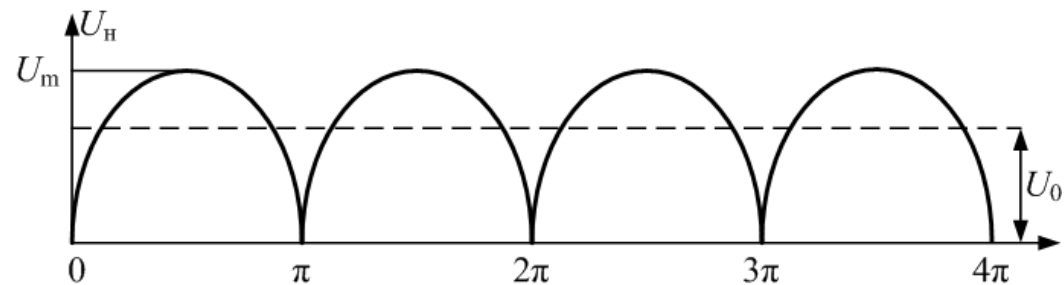
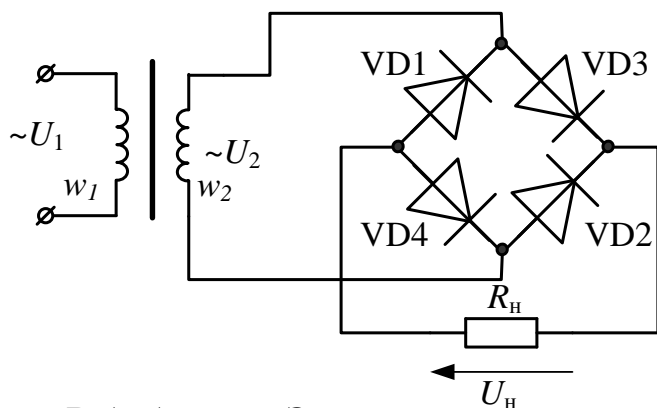
ИВЭП с регулируемым сетевым выпрямителем (РСВ) и нерегулируемым инвертором (НИ), в которой стабилизация напряжения достигается за счет регулирования напряжения на входе конвертора с использованием тиристоров с фазовым регулированием.

Выпрямители источников питания



$U_0 = U_m / \pi$, $I_0 = I_m / \pi$. Коэффициент пульсаций:

$$q_n = \frac{U_{m\text{ог}}}{U_0} = \frac{U_m / 2}{U_m / \pi} = \frac{\pi}{2}$$

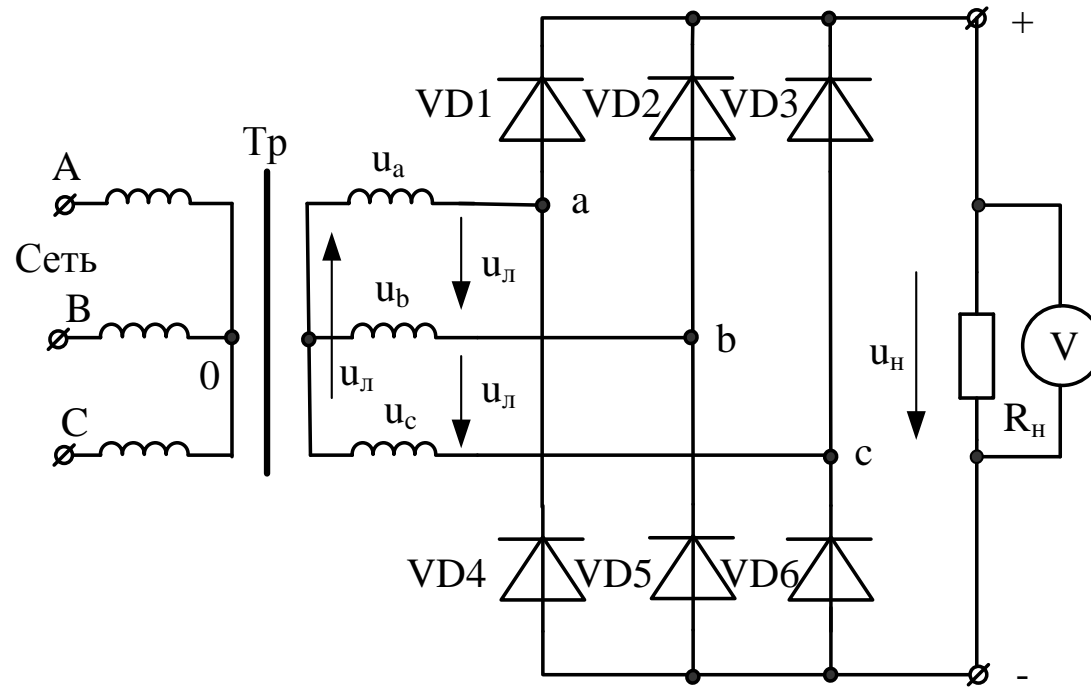


$$U_0 = \frac{2U_m}{\pi}, \quad I_0 = \frac{2I_m}{\pi},$$

Коэффициент пульсаций:

$$q_n = \frac{U_{\text{роз}}}{U_0} = \frac{\frac{4U_m}{3\pi}}{\frac{2U_m}{\pi}} = 0,66$$

Трехфазный выпрямитель

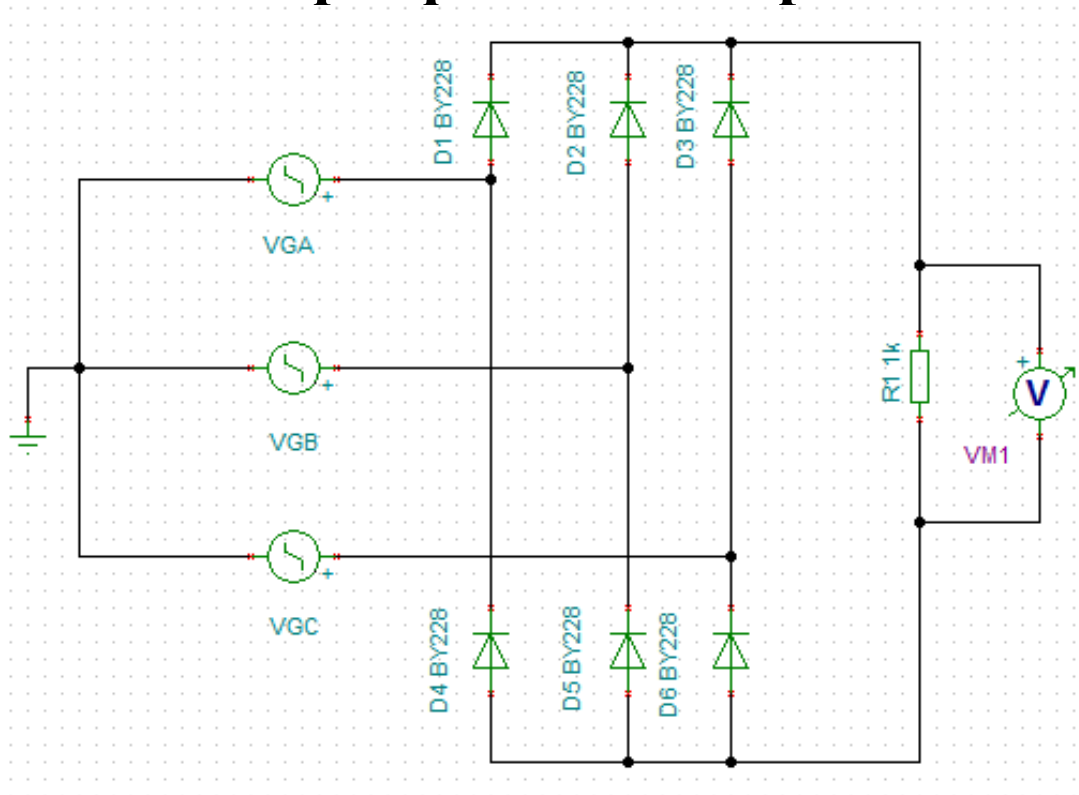


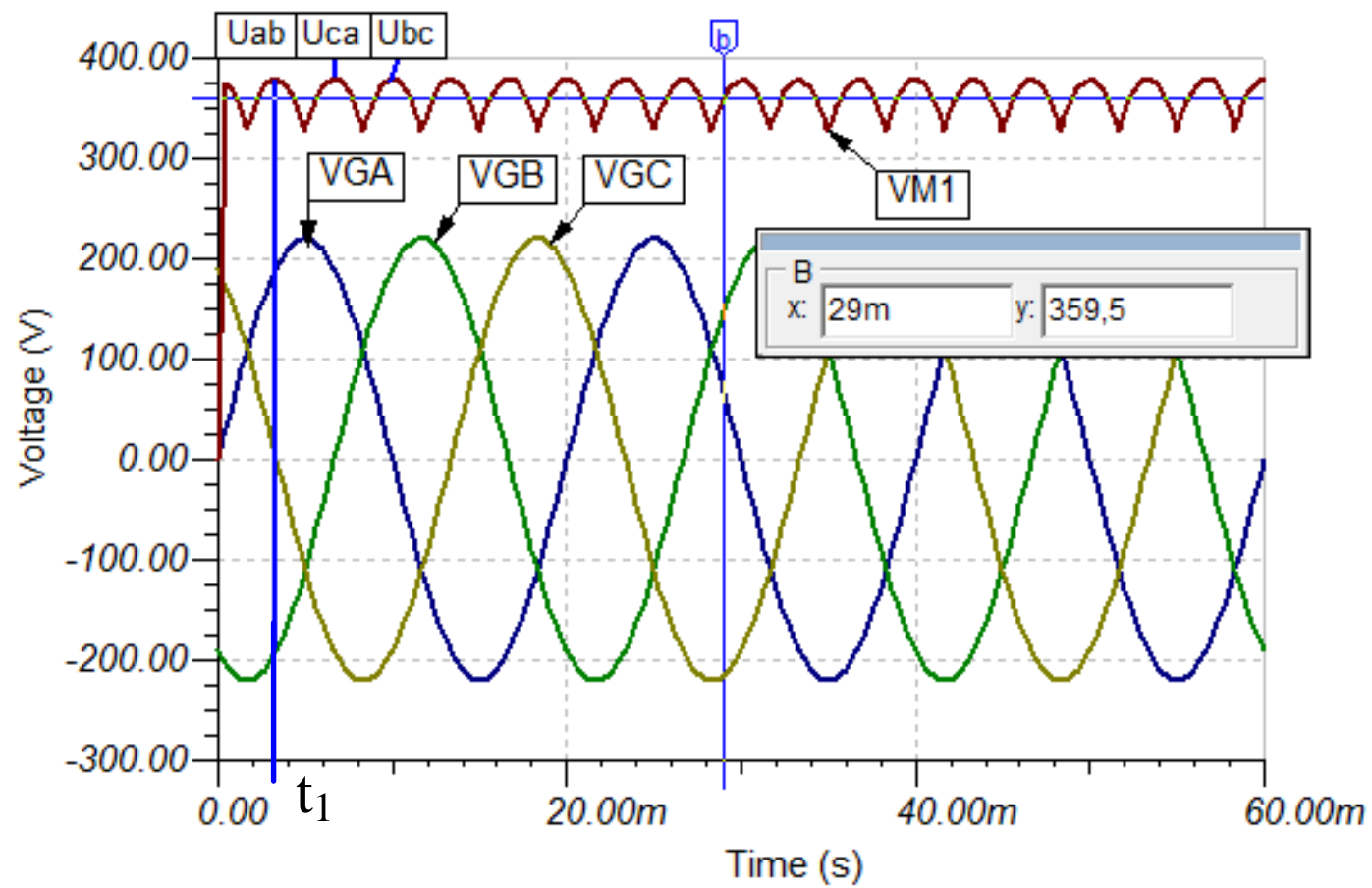
$$U_0 = \frac{3U_{m\lambda}}{\pi} = \frac{3 \cdot 220\sqrt{3}}{\pi} \approx 362B$$

Частота пульсаций в 6 раз выше частоты сети:

$$q_n = \frac{U_{mo2}}{U_0} = \frac{6U_m / 35\pi}{3U_m / \pi} = 0,057$$

Модель трехфазного выпрямителя





Трансформаторные источники питания

Двухполупериодный выпрямитель с одним выходным Напряжением

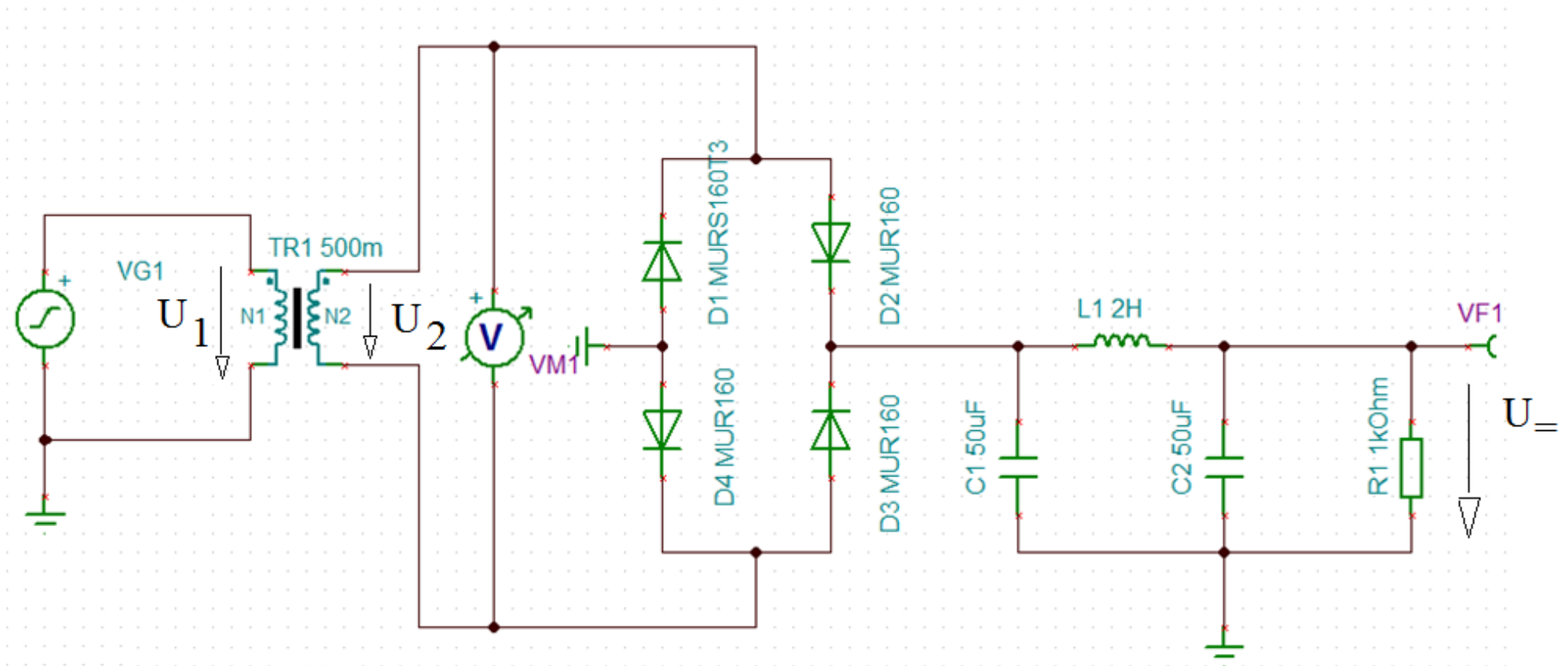
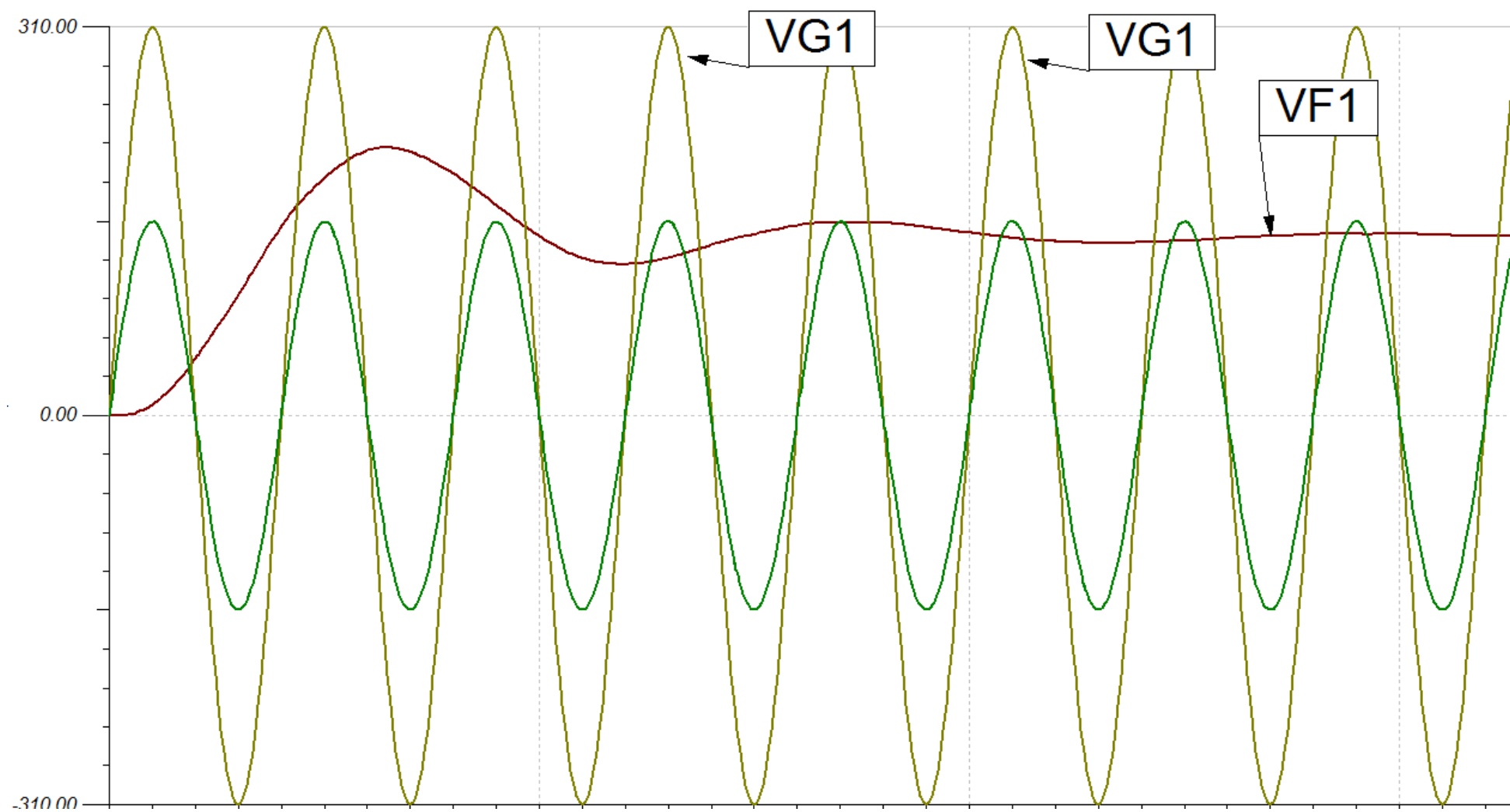


Рис.9.1

$$U_1 = 220B (U_{1m} = 310B), U_{2m} = 154B, U_{\perp} = 144B$$



Двухполупериодный выпрямитель с двумя выходными напряжениями

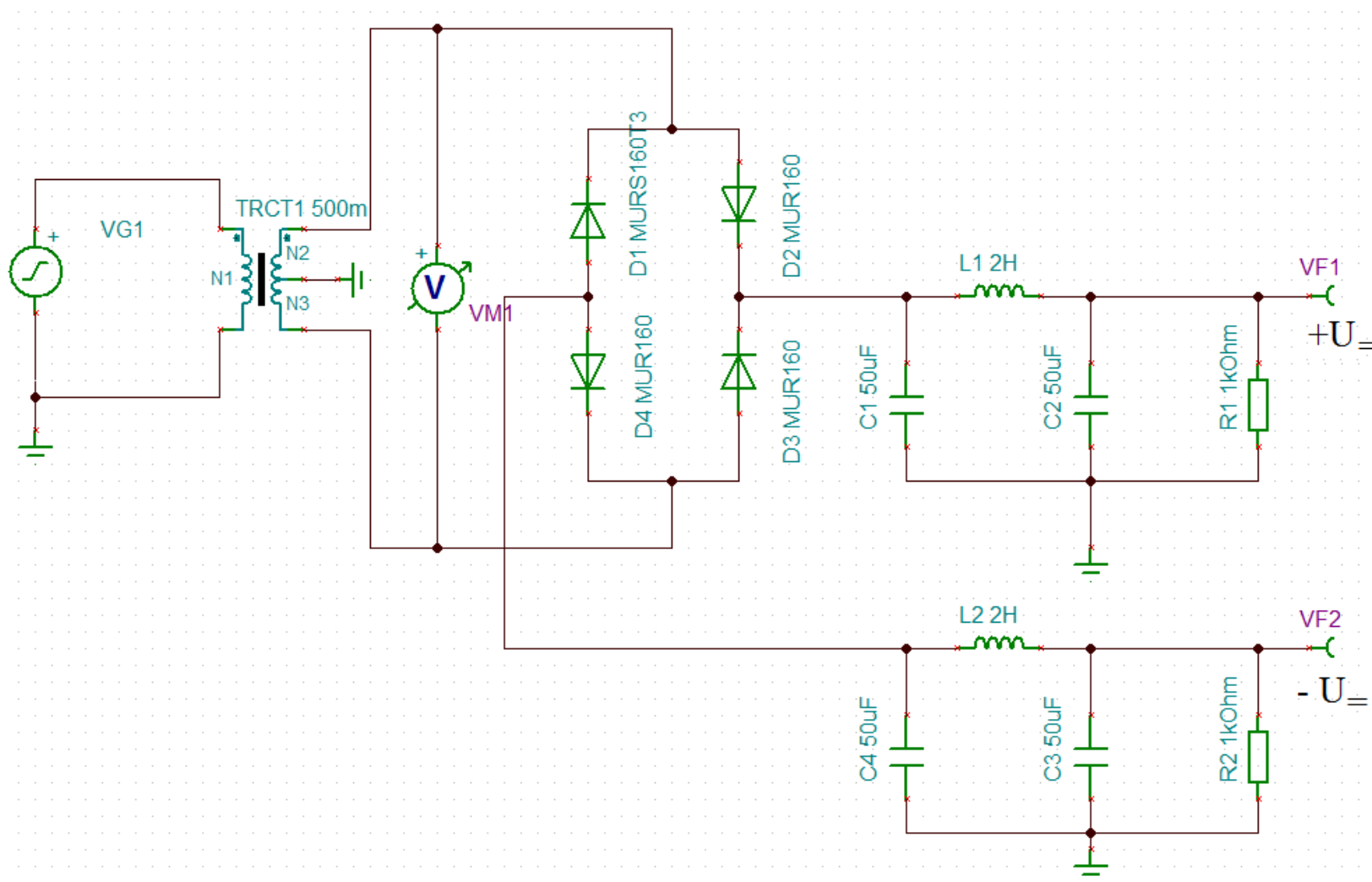
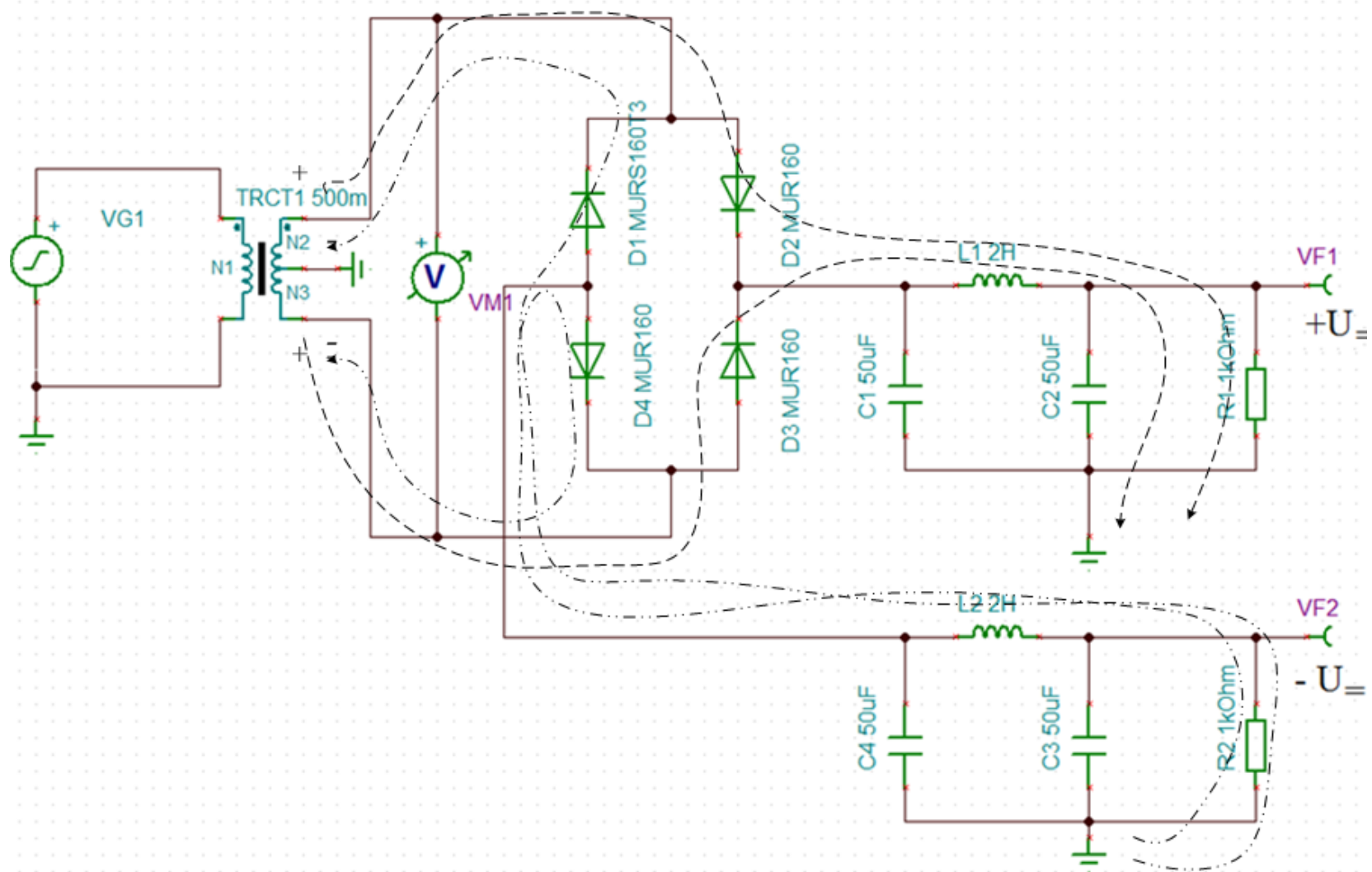
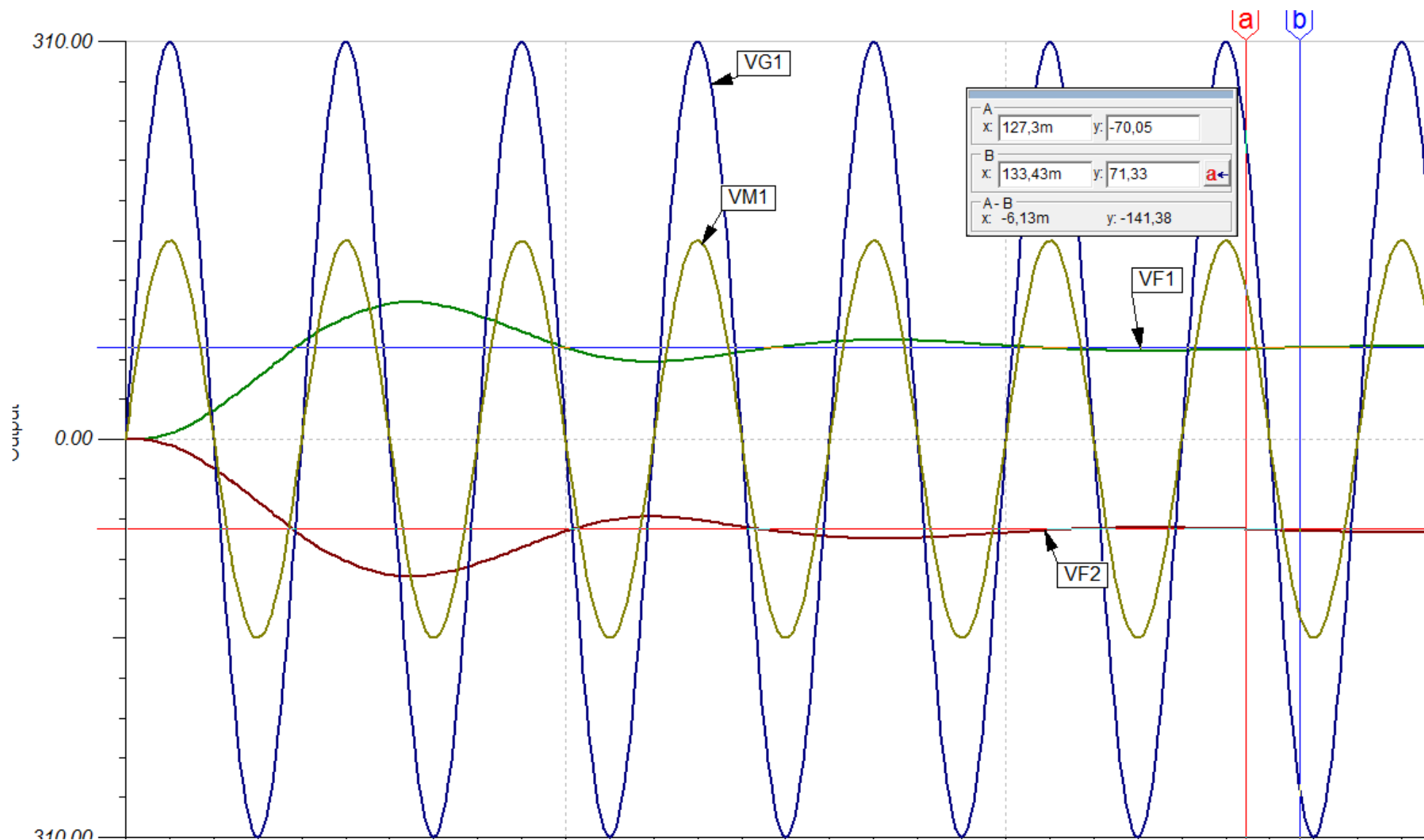


Рис.9.2

Токи в двухполярном выпрямителе





Выпрямленные напряжения уменьшились в два раза

Умножение напряжения

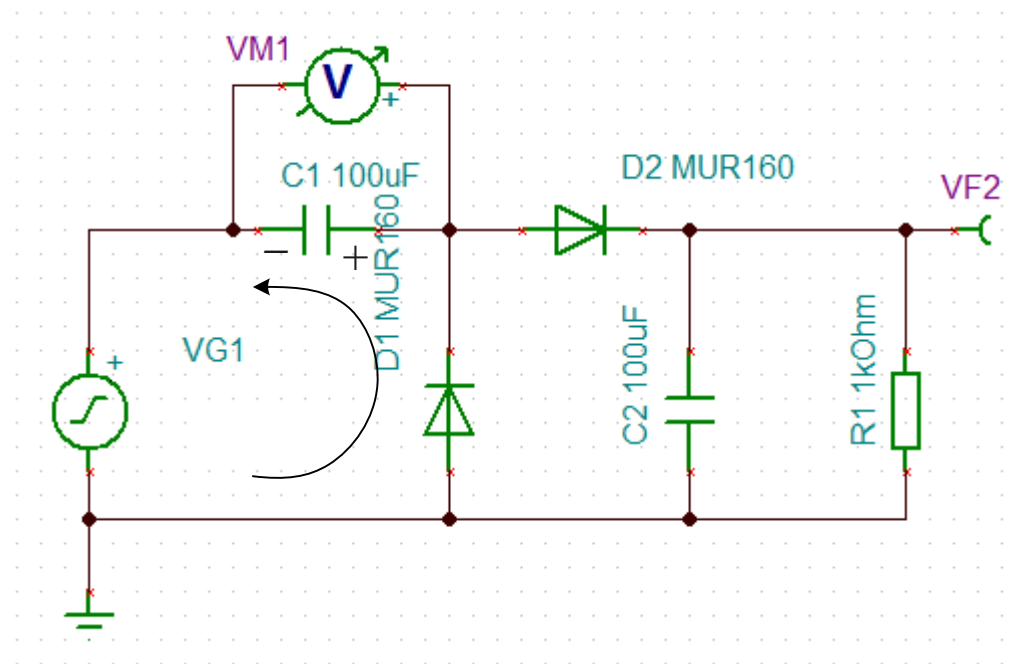
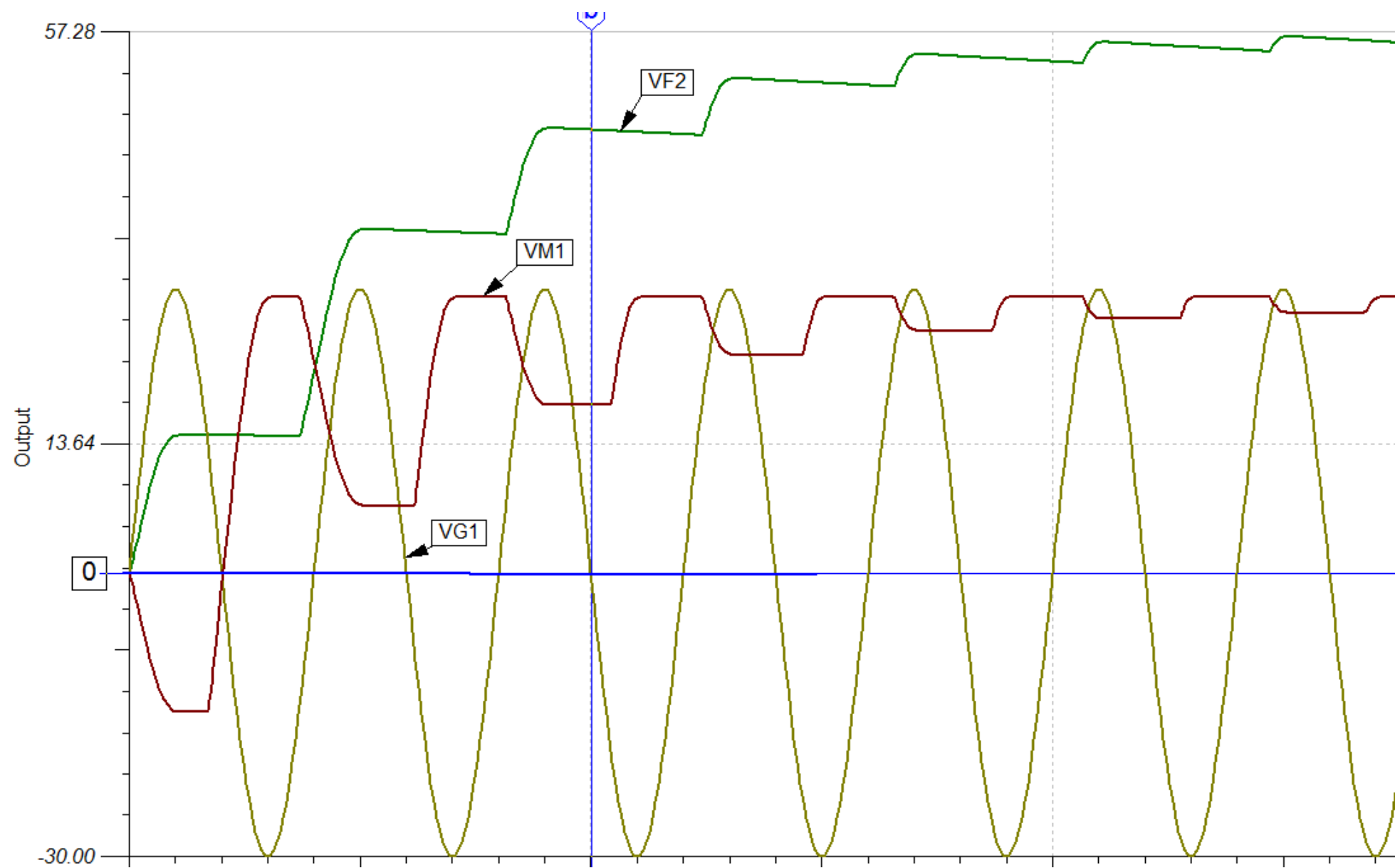
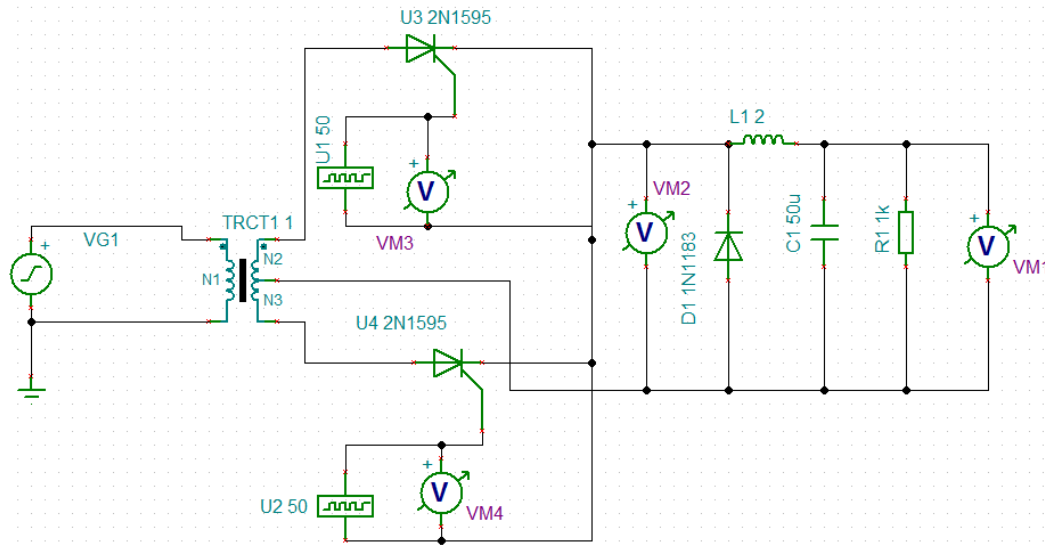


Рис.9.3

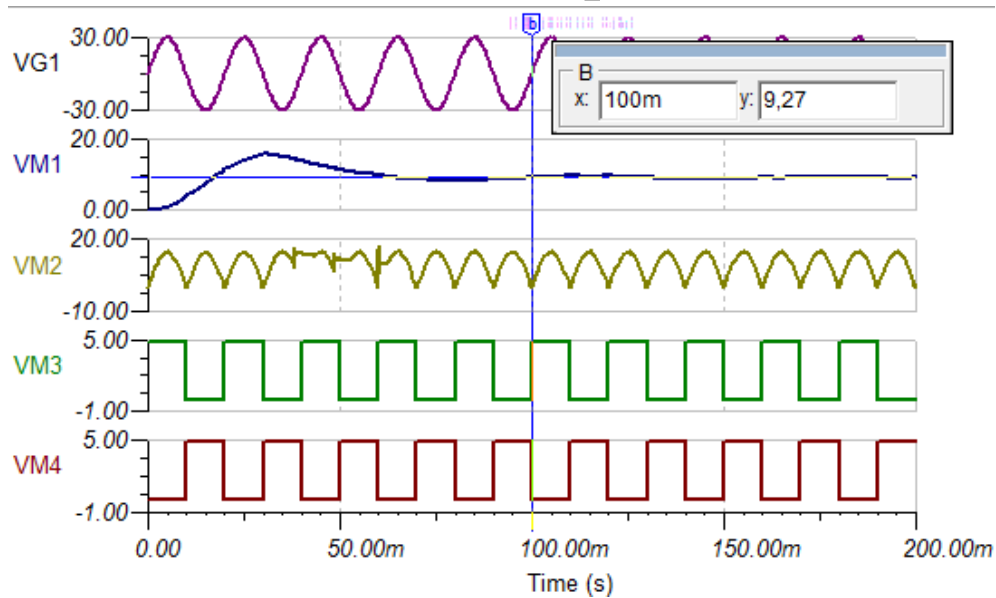
Отрицательная полуволна заряжает конденсатор C1. Положительная полуволна суммируется в входным напряжением. Выходное напряжение удваивается.



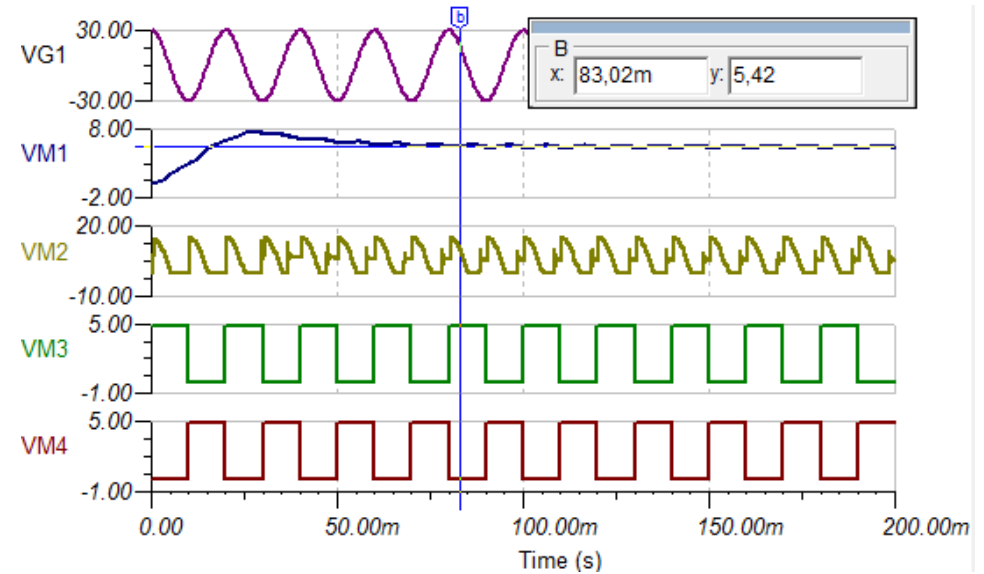
Управляемый выпрямитель с тиристорами



Сдвиг фаз 0



Сдвиг фаз 90



Стабилизаторы напряжения

Параметрический стабилизатор на стабилитроне

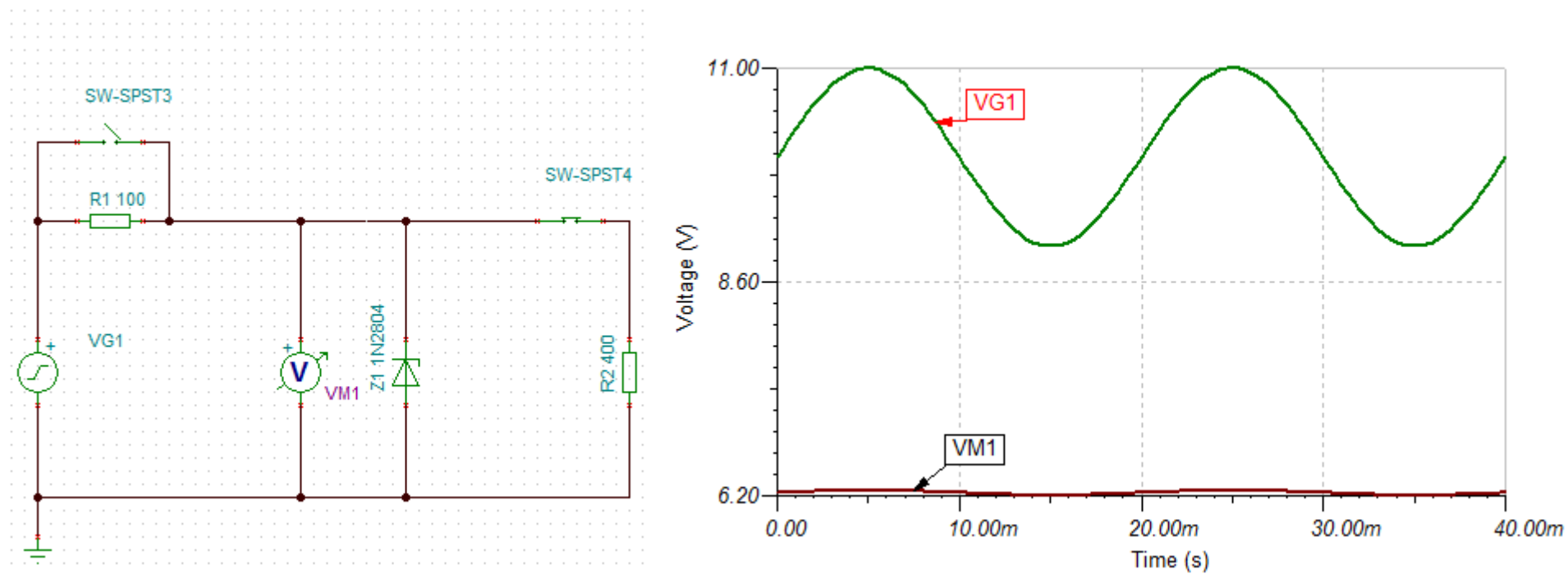
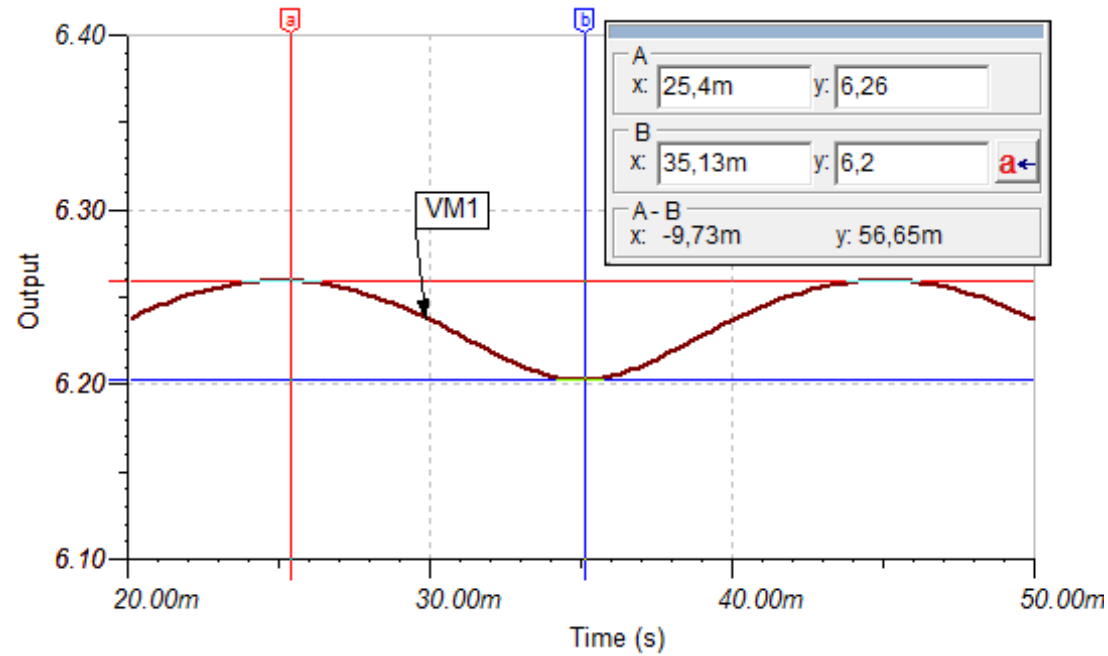


Рис.9.4



$$K_{cm} = \frac{\frac{\Delta U_{вх}}{U_{вх0}}}{\frac{\Delta U_{вых}}{U_{вых0}}} = \frac{\frac{1}{10}}{\frac{0,028}{6,23}} = 22,2$$

Параметрический стабилизатор с эмиттерным повторителем

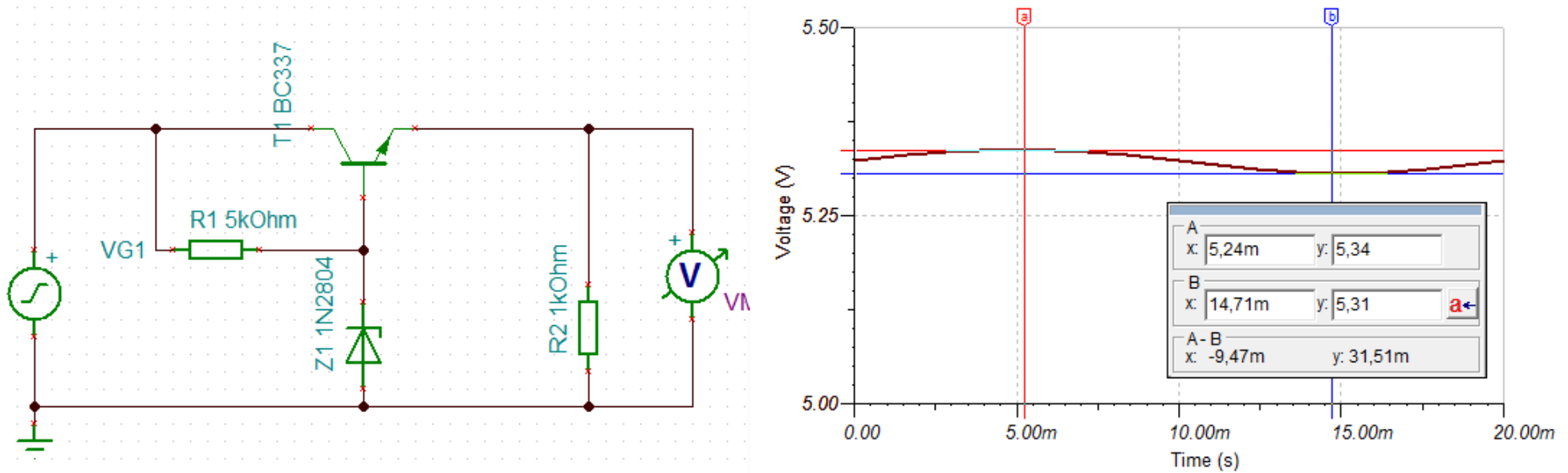


Рис.9.5

$$U_{ВЫХ} = U_{СТАБ} - U_{БЭ} = 5,325 В$$

$$K_{ст} = \frac{\frac{\Delta U_{вх}}{U_{вх0}}}{\frac{\Delta U_{вых}}{U_{вых0}}} = \frac{\frac{1}{10}}{\frac{0,015}{5,33}} = 35,6$$

Получим более мощный выход

Компенсационный стабилизатор

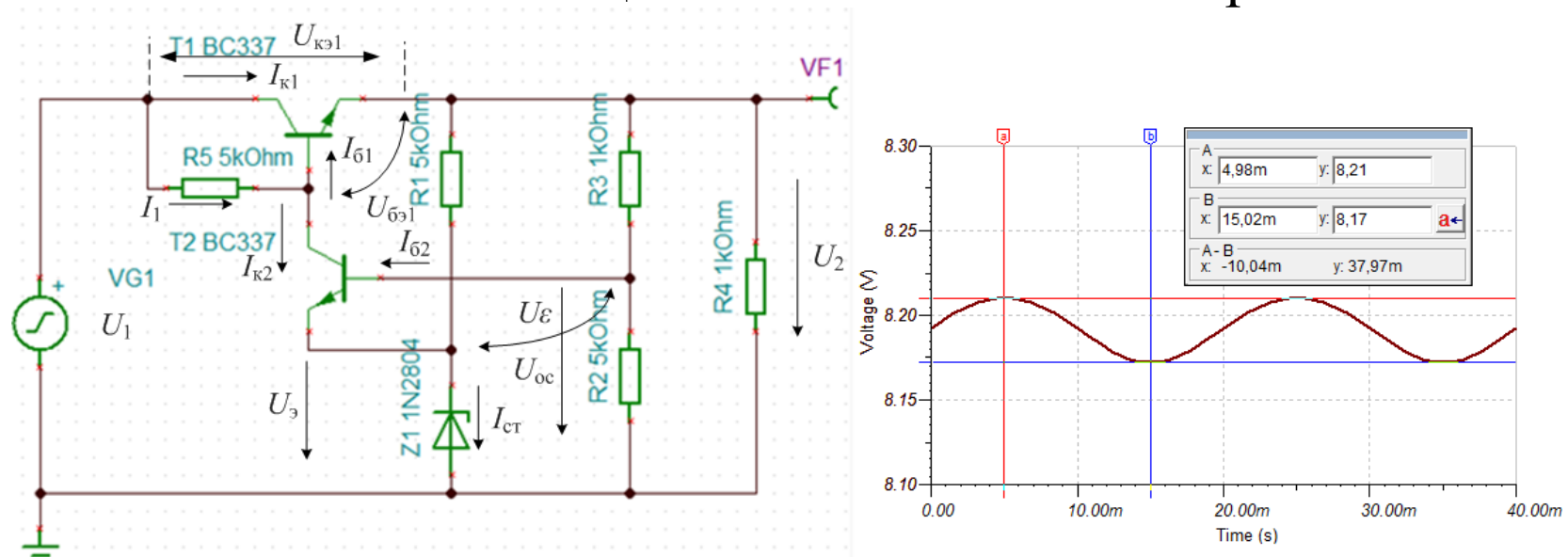


Рис.9.6

При возрастании U_1 вначале возрастает U_2 и напряжение U_{oc} .

Напряжение $U_{эм} = const$. Напряжение ошибки U_{ε} увеличивается, $U_{бэ2}$ возрастает. Транзистор $T2$ приоткрывается, ток I_{K2} увеличивается.

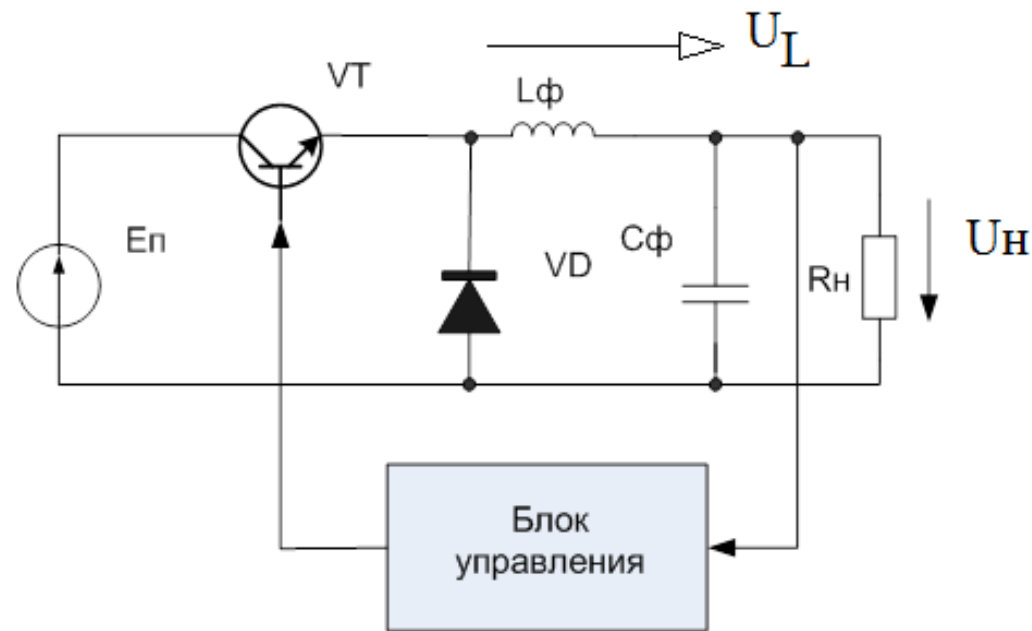
По первому закону Кирхгофа $I_{\bar{o}1} = I_1 - I_{\kappa 2}$ уменьшается и транзистор Т1 приоткрывается. Падение напряжения $\Delta U_{\kappa \bar{a}1}$ увеличивается и напряжение U_2 уменьшается.

$$K_{ct} = \frac{\Delta U_{\bar{v}x} / U_{\bar{v}x0}}{\Delta U_{\bar{v}yx} / U_{\bar{v}yx0}} = \frac{2 / 20}{0,019 / 8,19} = 43,10$$

Импульсные преобразователи напряжения

DC-DC

Понижающий преобразователь DC-DC



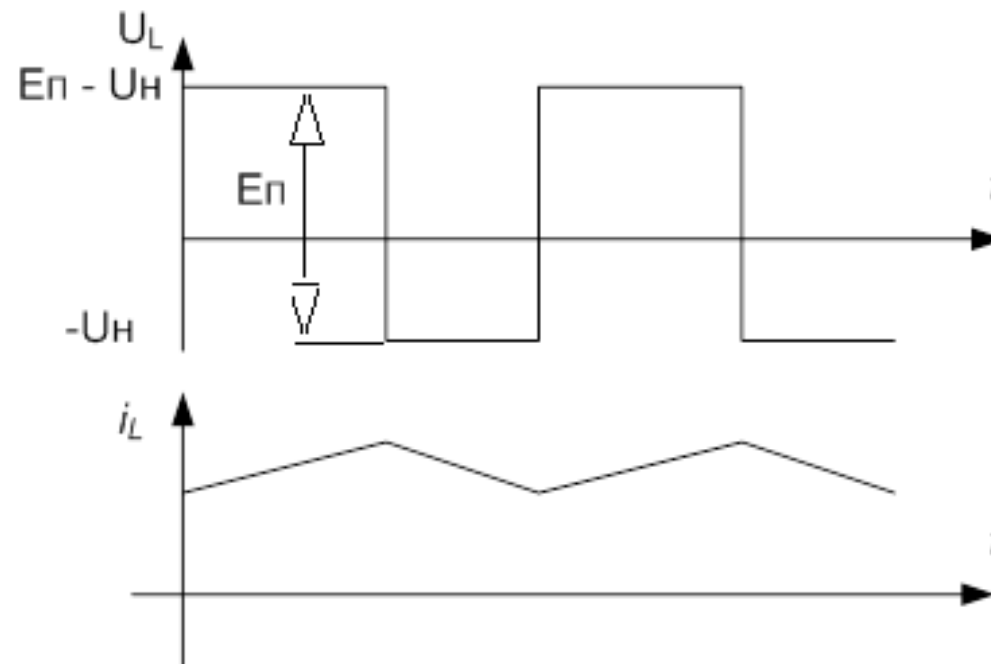
Если VT открыт, ток в индуктивности линейно нарастает, проходит через нагрузку и заряжает конденсатор.

$$E_n = U_L + U_n + (U_{кэ}).$$

$U_L = E_n - U_n > 0, u_L = L \frac{di}{dt}$. Ток в индуктивности нарастает.

Если VT закрыт, ток индуктивности продолжается, убывает, проходит через нагрузку и диод VD. Блок управления регулирует соотношение открытого и закрытого состояния.

$U_L + U_n = 0, U_L = -U_n = -U_{сф} < 0$. Ток в индуктивности убывает.



Модель понижающего DC-DC преобразователя

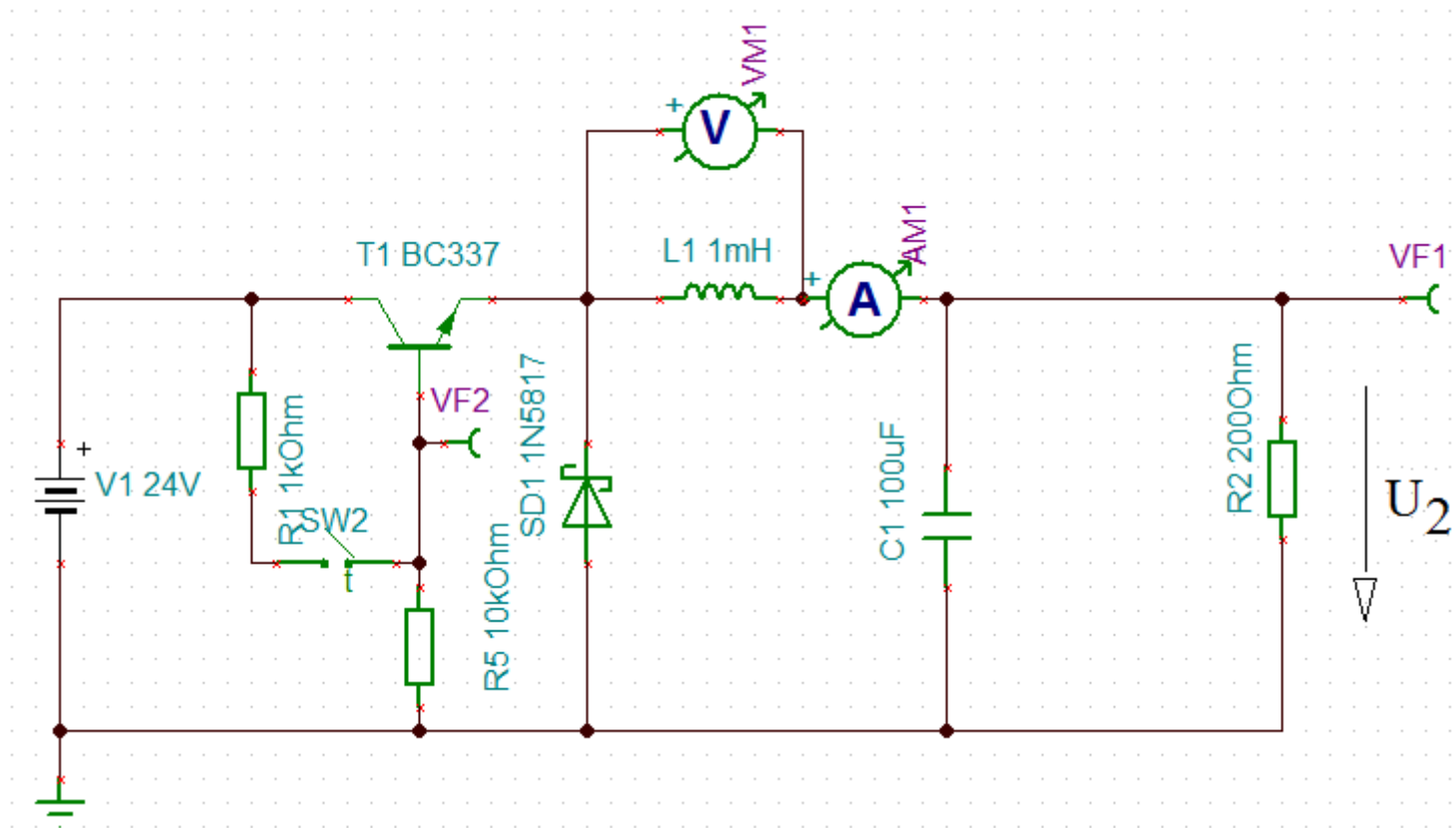


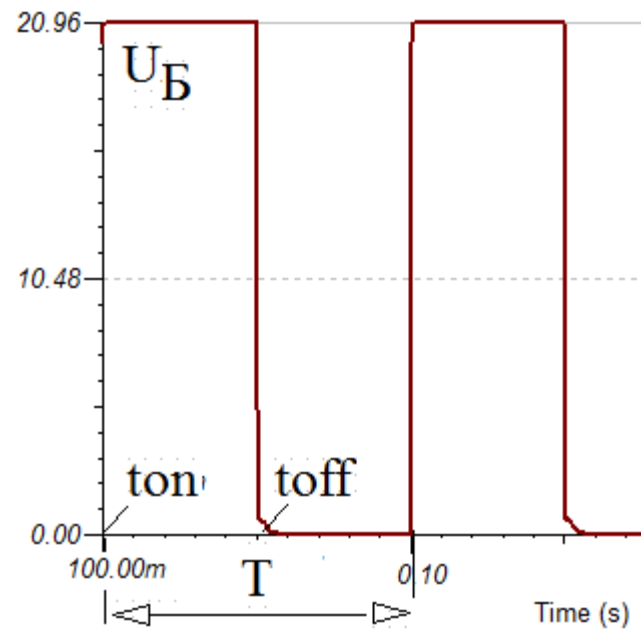
Рис.9.7

Установка управляемого ключа

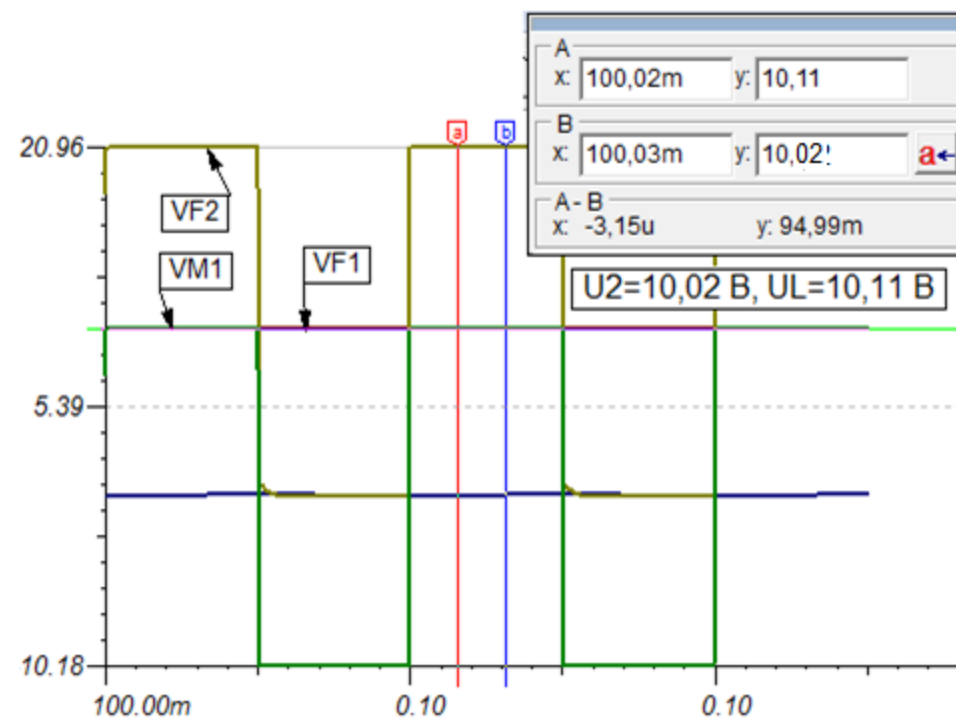
SW2 - Time-Ctld. Switch

Label	SW2	
Parameters	(Parameters)	
Hotkey		
DC state	OFF	
t On [s]	0	<input type="checkbox"/>
t Off [s]	10u	<input type="checkbox"/>
Periodic	YES	
Period [s]	20u	<input type="checkbox"/>
Roff [Ohm]	1G	<input type="checkbox"/>
Ron [Ohm]	0	<input type="checkbox"/>

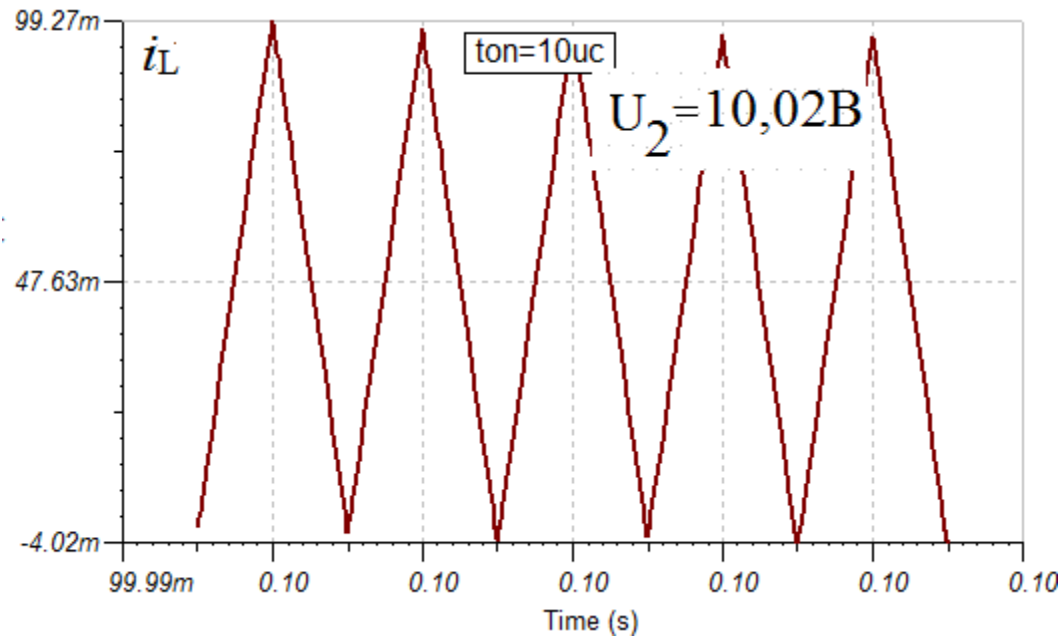
☒ OK
 ☐ Cancel
 ☐ Help



Напряжение на базе транзистора



Напряжения на индуктивности, нагрузке и на базе.

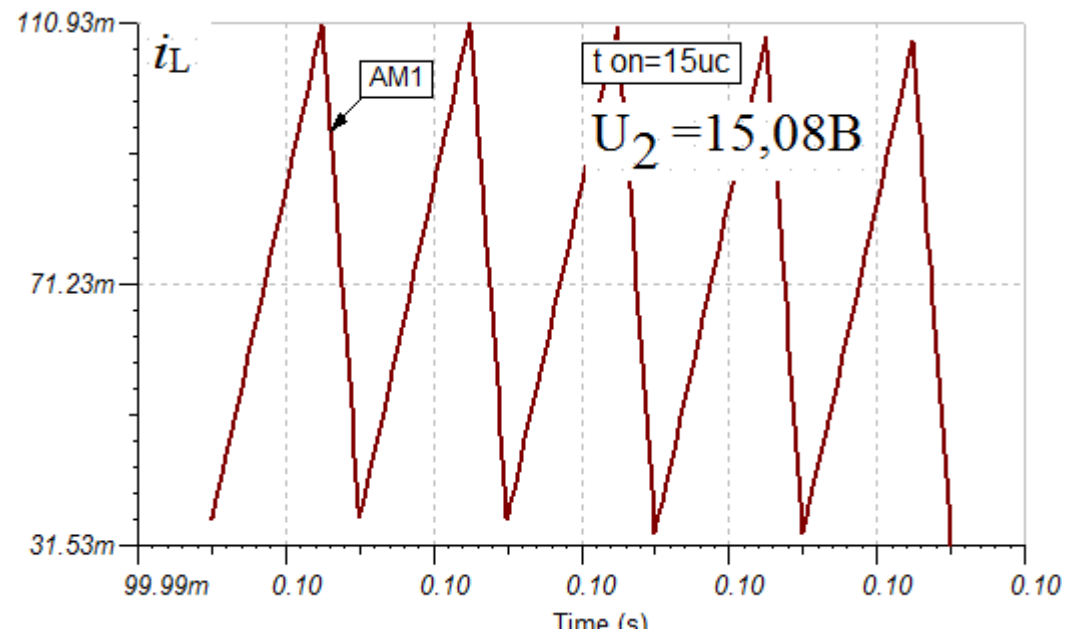
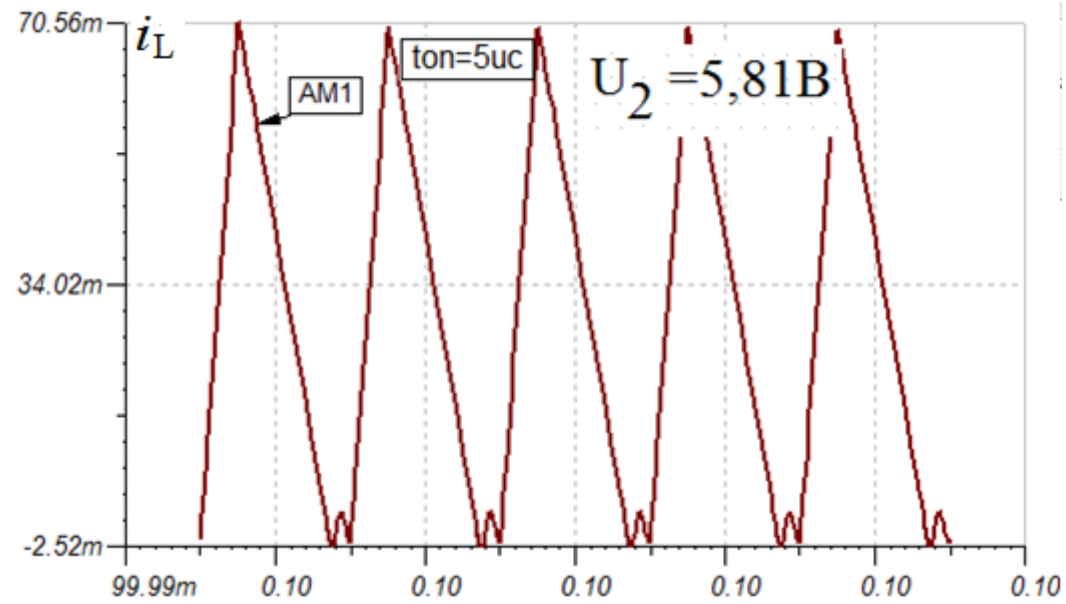


Режим непрерывного тока в дросселе.
Требуется подбор параметров схемы.

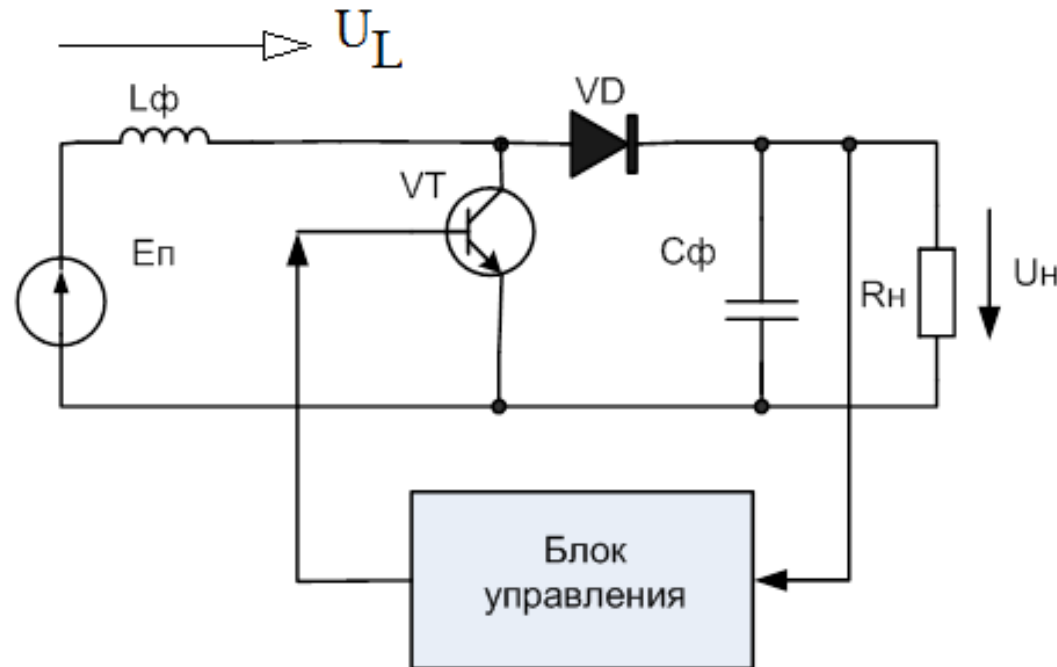
$$\gamma = \frac{t_u}{T}.$$

$$L \geq TR_n \frac{(1-\gamma)}{2} = 20 \cdot 10^{-6} 200 \frac{1-0,5}{2} = 10 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 10^{-3} = 1 \text{ мГн}.$$

$$U_n = \gamma E_n.$$



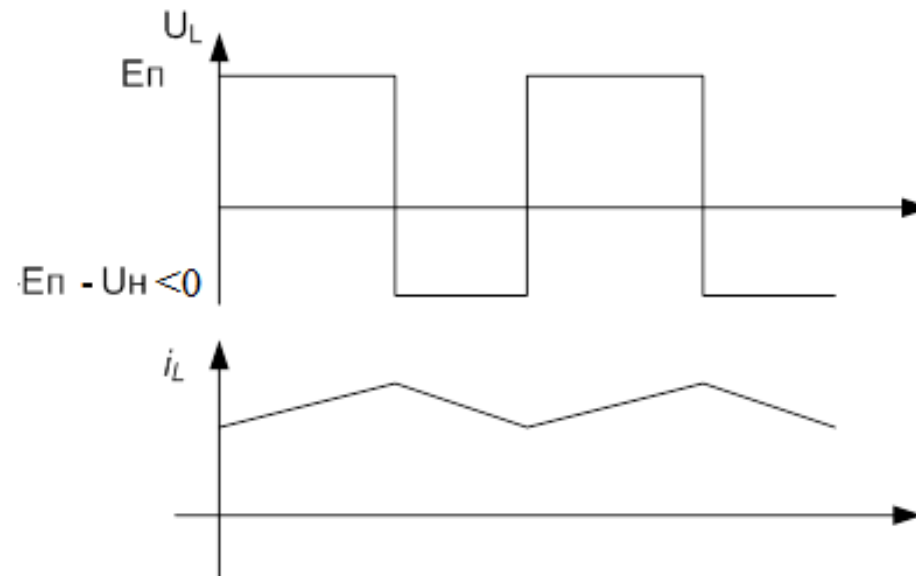
Повышающий преобразователь DC-DC



При открытом ключе: $U_L = E_n > 0$, $u_L = L \frac{di}{dt}$. Ток в индуктивности нарастает.

При закрытом ключе напряжение на катушке *меняет знак* и складывается с E_n . Энергия дросселя L через диод поступает в нагрузку и подзаряжает конденсатор до напряжения, большего E_n .

$$E_n = U_L + U_n, U_L = E_n - U_n = < 0.$$



Модель повышающего DC-DC преобразователя

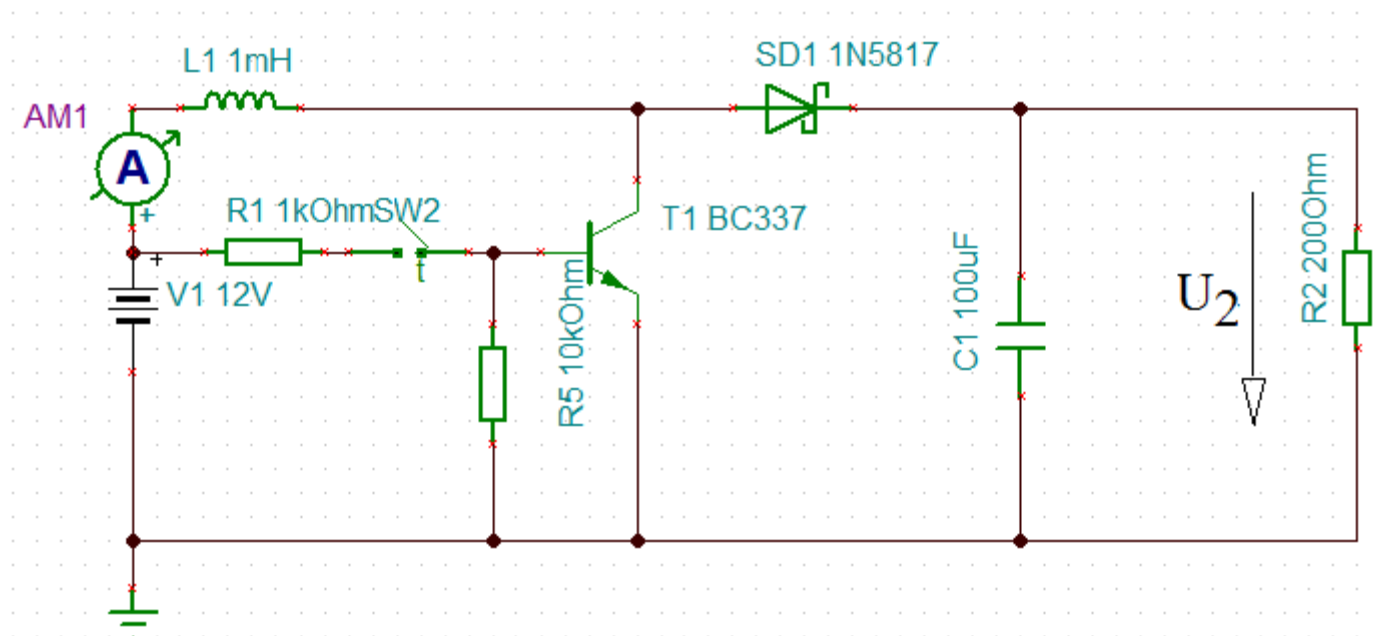
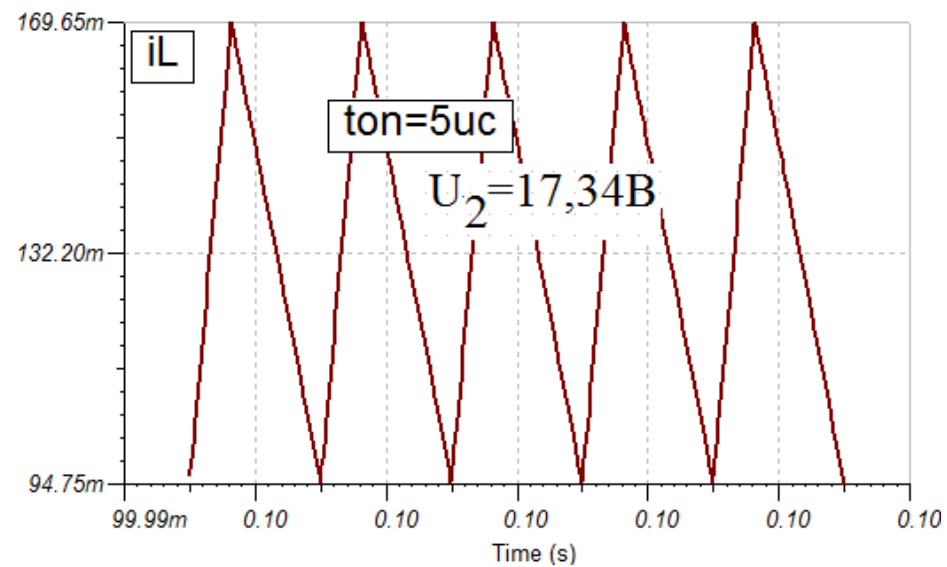
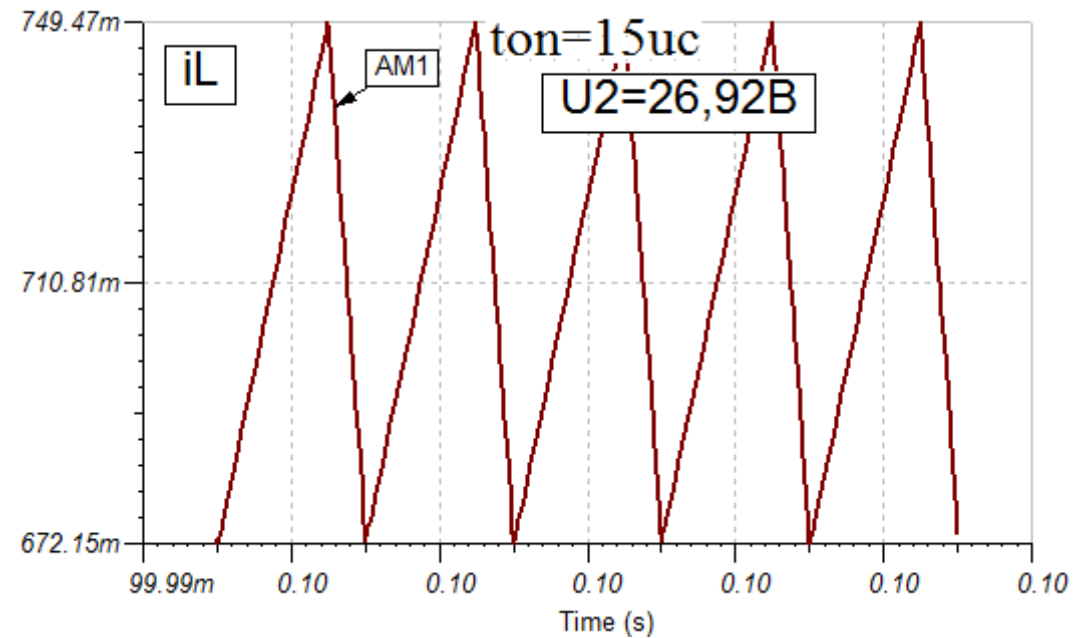
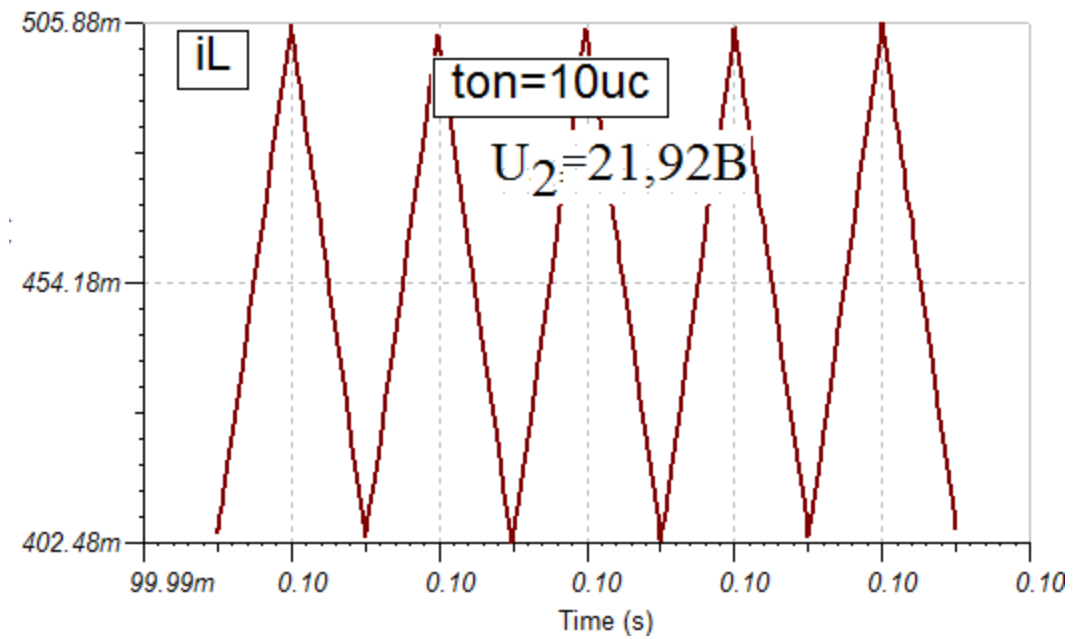


Рис.9.8





5A/2A Step Down, PWM (pulse width modulation), Switch mode DC-DC Regulators

Понижающий широтно-импульсный ключевой DC-DC регулятор

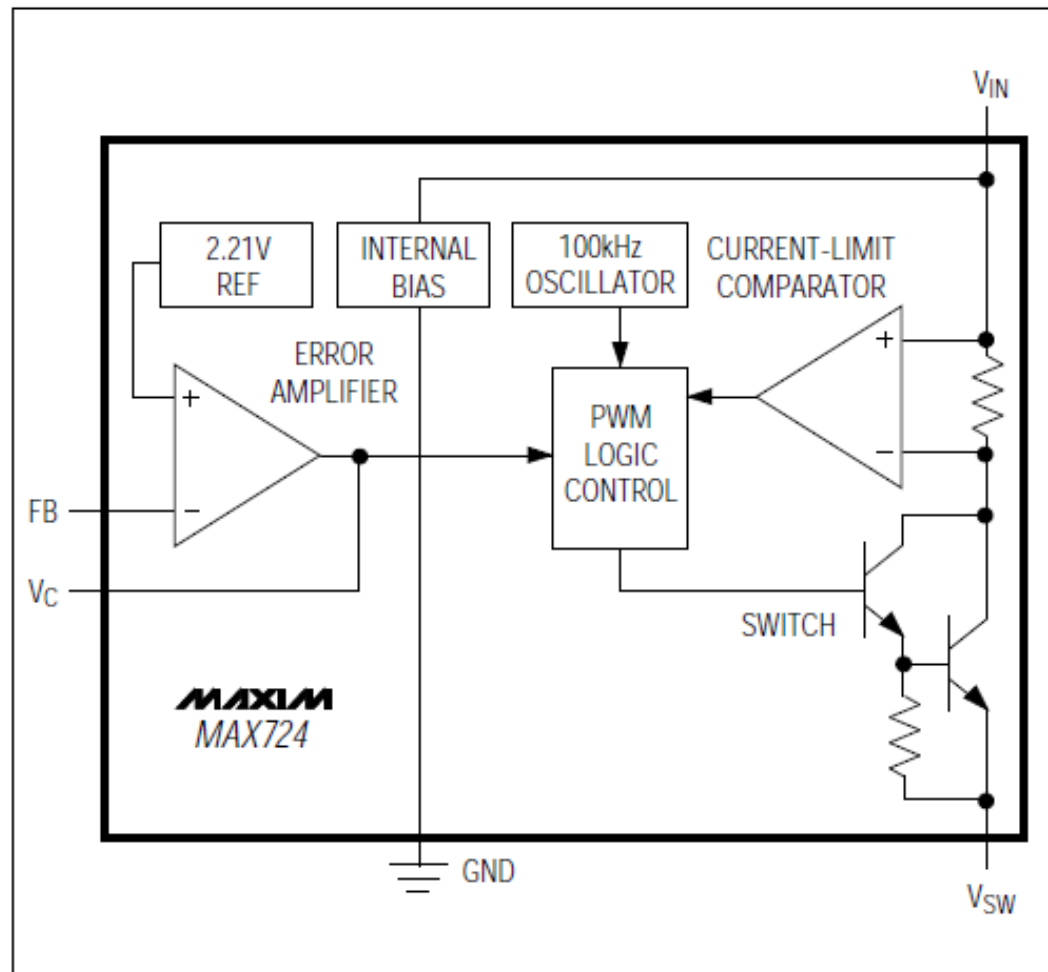


Figure 1. MAX724 Block Diagram

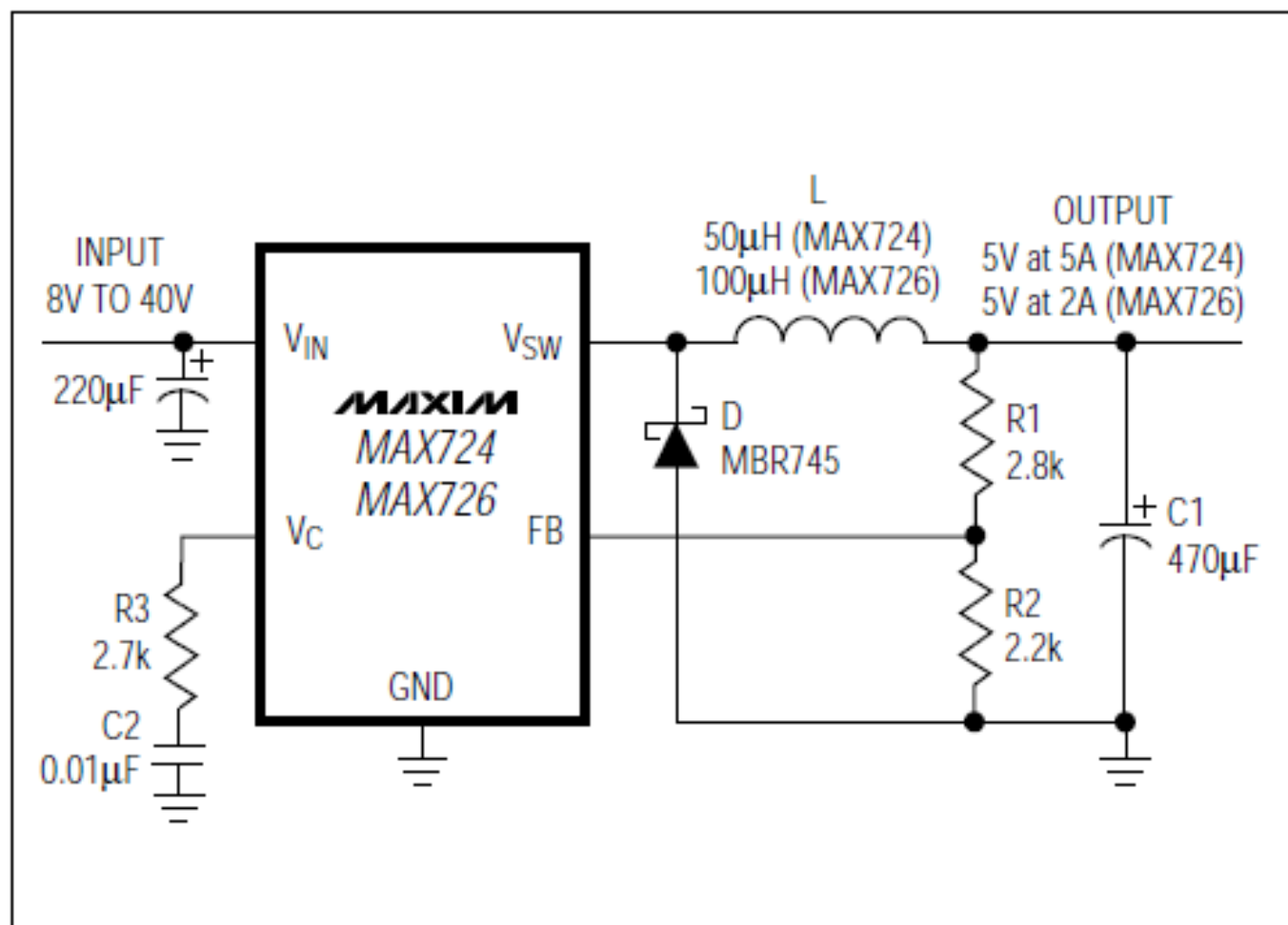
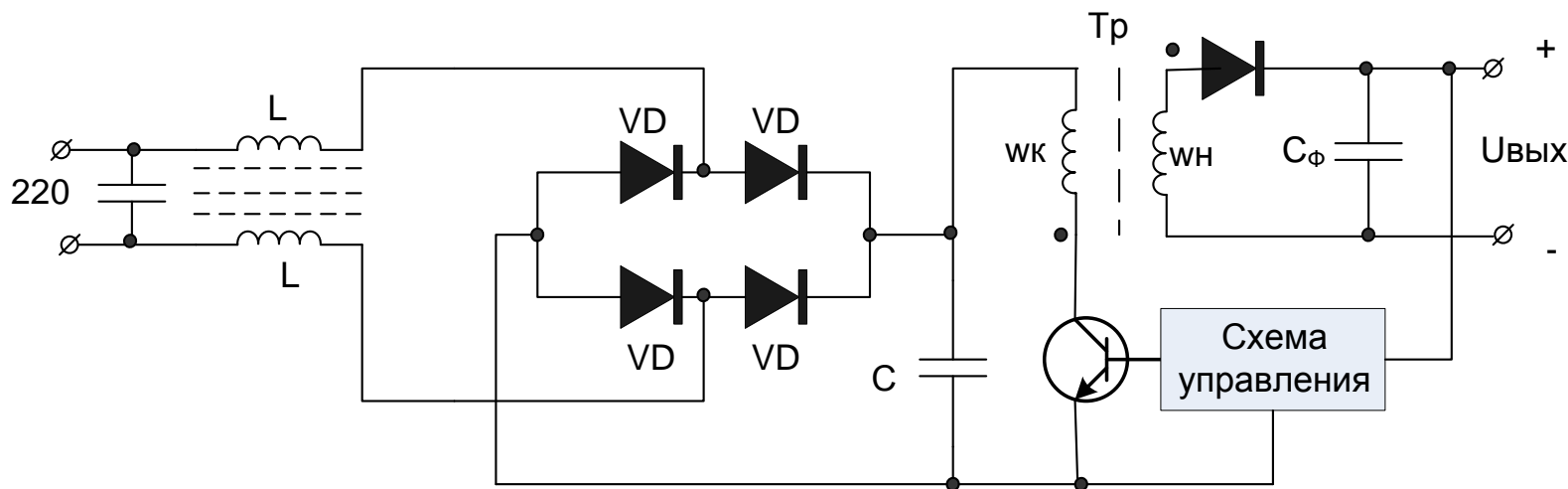


Figure 2. Basic Step-Down Converter

Импульсные источники питания AC-DC



В открытом состоянии VT в трансформаторе накапливается магнитная энергия. На диоде отрицательное напряжение. Диод закрыт. Cф разряжается на нагрузку.

В закрытом состоянии VT (во время обратного хода) накопленная энергия передается во вторую обмотку и через диод в нагрузку. Ко-

коэффициент заполнения регулирует выходное напряжение

$$U_{вых} = E_n \gamma (1 - \gamma).$$

AN-21

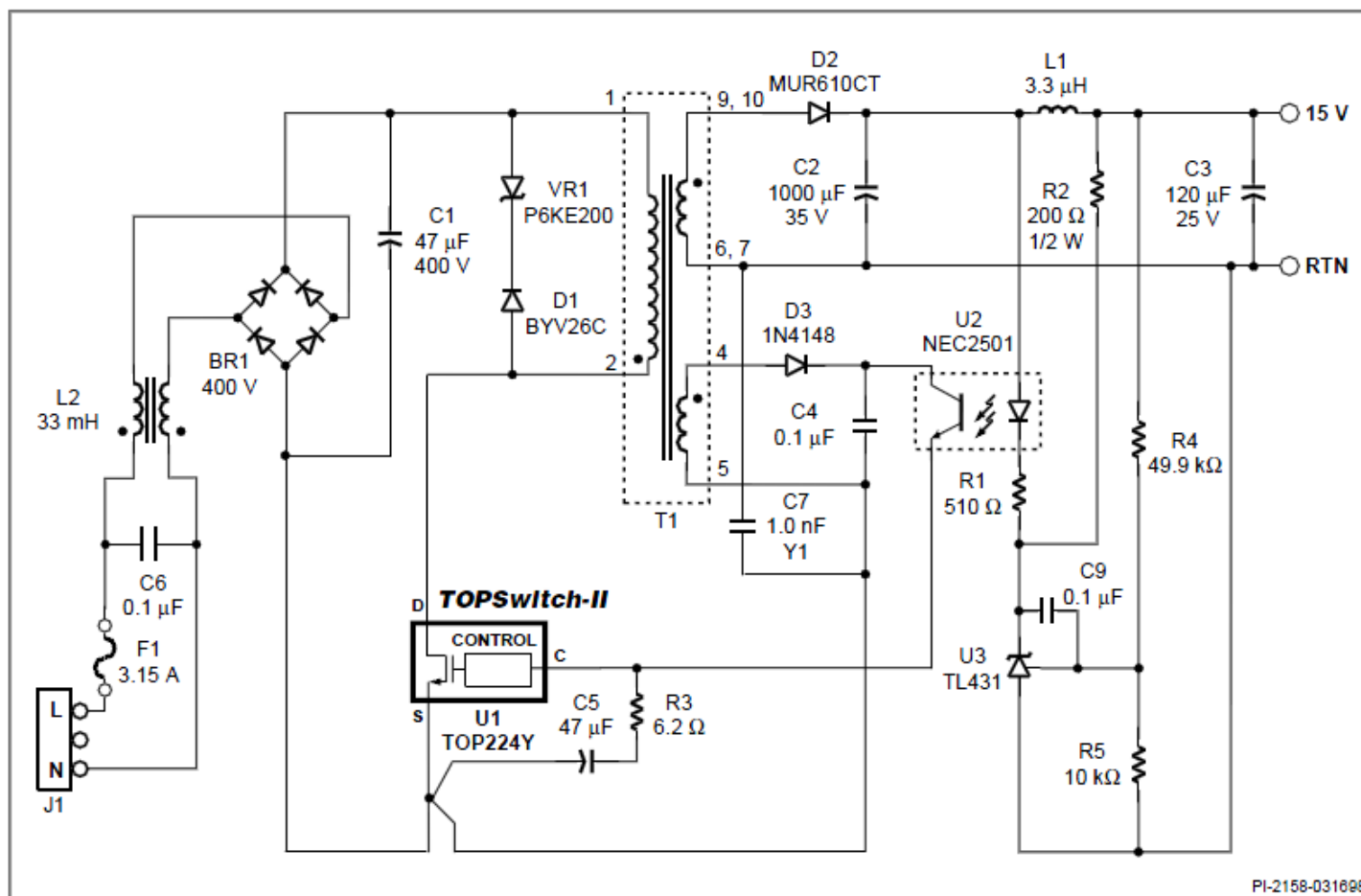


Figure 1. Typical Flyback Power Supply Using TOP224.