

ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ЭВМ

ИСТОЧНИКИ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ



ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ ЛЕКЦИИ

- ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ЭВМ
- СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ ИВЭП
- **ВЫПРЯМИТЕЛИ**
- СТАБИЛИЗАТОР НАПРЯЖЕНИЯ
- ИСТОЧНИКИ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ
- **РЕЗЕРВНЫЙ (OFF-LINE) ИБП**
- ИНТЕРАКТИВНЫЙ (LINE INTERACTIVE) ИБП
- ИБП НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ (ON-LINE)
- **ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ИБП**

ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ЭВМ

Довольно редко (и только в автономных системах) удастся осуществить питание всех устройств непосредственно от **ПЕРВИЧНОГО ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**, т.е. от преобразователей **НЕЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ** энергии в **ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ**.

В большинстве случаев **ПЕРВИЧНЫЙ ИСТОЧНИК** или стандартная электрическая сеть по частоте, стабильности или номиналу напряжения оказываются непригодными для питания электронных устройств. Поэтому возникает необходимость преобразования электрической энергии.

ИСТОЧНИКИ ВТОРИЧНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ (ИВЭП) по своей физической сущности являются **ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ** вида и качества электрической энергии.

Основными ПЕРВИЧНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ являются:

- сеть электроснабжения общего пользования однофазного или трехфазного тока частотой 50Гц (60Гц);
- автономные генераторы постоянного или переменного тока;
- химические источники тока (гальванические элементы и аккумуляторы);

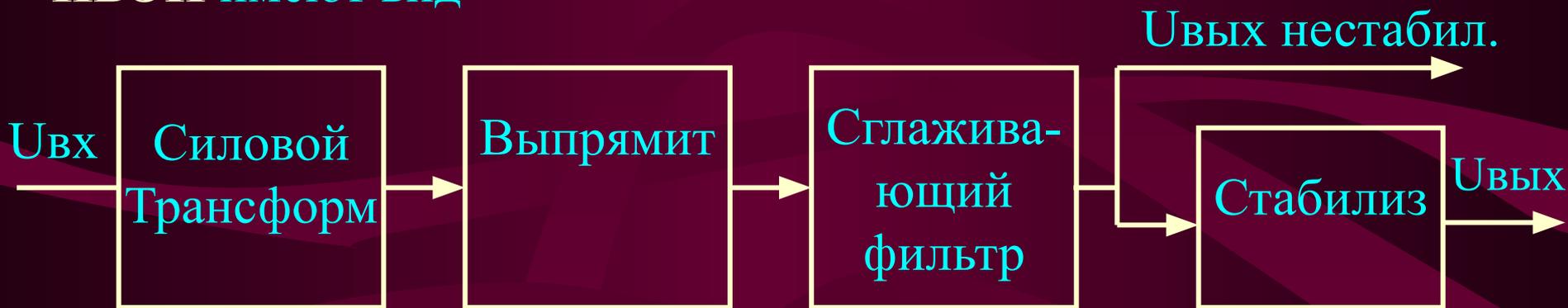
Выходные параметры **ИВЭП** количественно определяют требования к качеству электроэнергии, поступающей к потребителю. К этим параметрам относятся:

- выходная мощность **P_n** ;
- выходное напряжение **U_n** ;
- уровень пульсаций выходного напряжения **ΔU_n** ;
- параметры переходного процесса при резких изменениях нагрузки;
- интервал токов нагрузки – **$I_n \text{ мин}$** , **$I_n \text{ макс}$** , в пределах которого обеспечиваются основные показатели эффективности и качества электроэнергии;
- стабильность выходного напряжения **$\Delta U_n / U_n$** (выражается в процентах) или абсолютное значение допустимых отклонений **$+\Delta U_n$** , **$-\Delta U_n$** .

СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ ИВЭП

При питании от сети переменного тока частотой 50Гц (60Гц) и напряжением 220В (380В) основные структурные схемы

ИВЭП имеют вид



ИВЭП с силовым трансформатором, работающим на частоте питающей сети

Этот трансформатор выполняет две функции:

- понижает (или повышает) напряжение до требуемой величины;
- осуществляет гальваническую развязку потребителя электроэнергии от первичной сети.

Переменное напряжение со вторичной обмотки силового трансформатора преобразуется в **постоянное** с помощью **ВЫПРЯМИТЕЛЯ**, сглаживается **ФИЛЬТРОМ**, после чего может подаваться непосредственно потребителю.

При высоких требованиях к стабильности питающего напряжения возможно применение **СТАБИЛИЗАТОРА** напряжения.

Основные недостатки этой схемы - большие габариты и вес силового трансформатора.

Для уменьшения габаритов и массы силового трансформатора необходимо повысить частоту, на которой работает трансформатор, до нескольких десятков килогерц.



ИВЭП с силовым трансформатором, работающим на высокой частоте

Входное переменное напряжение 220В, 50Гц выпрямляется, сглаживается фильтром и поступает на **ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ГЕНЕРАТОР ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ИМПУЛЬСОВ.**

Частоту генератора желательно выбирать за пределами максимальной частоты, воспринимаемой **человеческим ухом**, т.е. **выше 20 кГц**. Значительно увеличивать частоту генератора выше **20кГц** нецелесообразно из-за возрастания тепловых потерь на перемагничивание в **ферритовых сердечниках трансформаторов**.

Поэтому частота генератора обычно составляет **30..40 кГц**.

Высокочастотный силовой трансформатор имеет **значительно меньшие** габариты и вес, чем низкочастотный трансформатор. Этот трансформатор выполняет те же две **функции**. Дальнейшая структурная схема **ИВЭП** аналогична предыдущей.

Показанная пунктиром **обратная связь** с силового трансформатора к высокочастотному генератору указывает **цепь стабилизации напряжения** на выходе трансформатора путем изменения параметров генератора (в частности **модуляции ширины** прямоугольных импульсов генератора). При этом выходной стабилизатор, как правило, не применяется.

Из структурной схемы можно сделать вывод о том, что такой **ИВЭП** будет нормально работать не только от сети переменного тока но и от сети постоянного тока с близким номиналом питающего напряжения. Это особенно полезно при питании от аккумуляторов специального **ИСТОЧНИКА БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ**.

Особенностью данного **ИВЭП** является повышенный уровень **высокочастотных помех** от генератора, проникающих в питающую сеть и вызывающих **сбои** в работе других приборов. Поэтому на входе **ИВЭП** необходим **высокочастотный фильтр** для сглаживания помех.

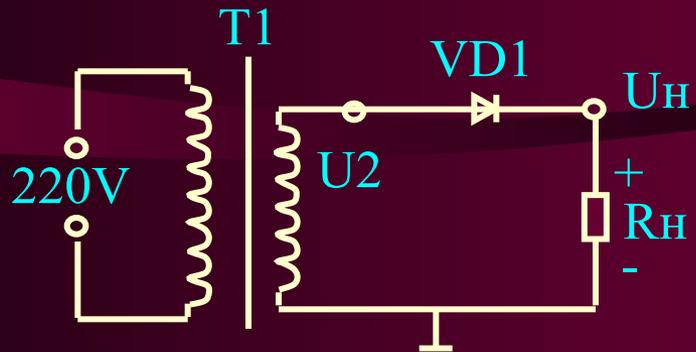
Этот фильтр выполняет также **защитные функции** для самого устройства-потребителя электроэнергии. Такой фильтр, например, может исключить **сбои компьютера** при включении **холодильника**, коллекторных двигателей или других мощных нагрузок.

ВЫПРЯМИТЕЛИ

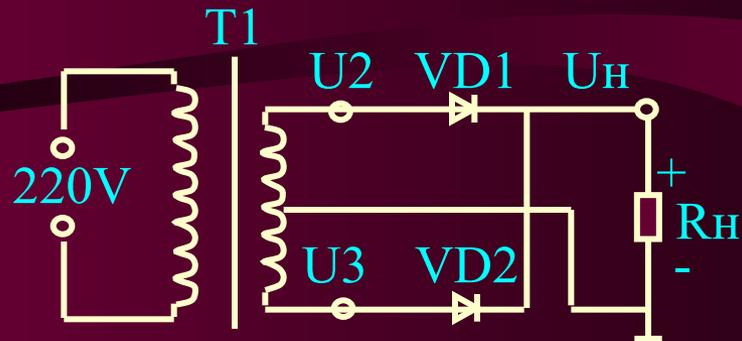
Выпрямители предназначены для преобразования переменного напряжения - в постоянное. Чаще всего переменное напряжение на входе выпрямителя имеет синусоидальную форму частотой 50 (60) Гц или прямоугольные импульсы частотой 20...40 кГц.

Основным элементом выпрямителя является полупроводниковый диод, который пропускает электрический ток только в одном направлении. Простейший однофазный однотактный выпрямитель содержит только один диод.

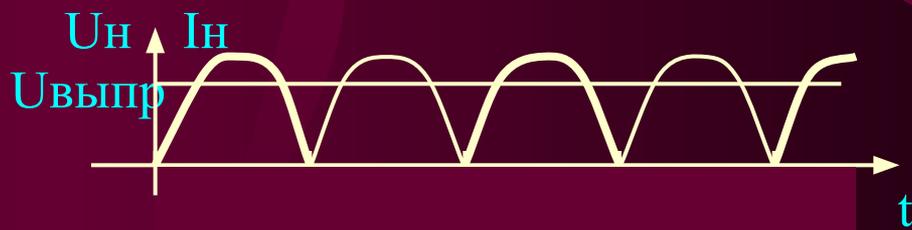
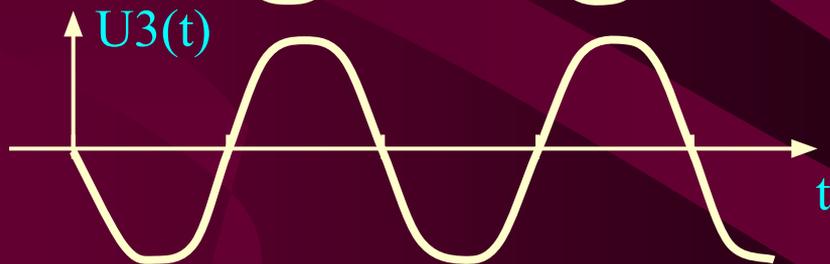
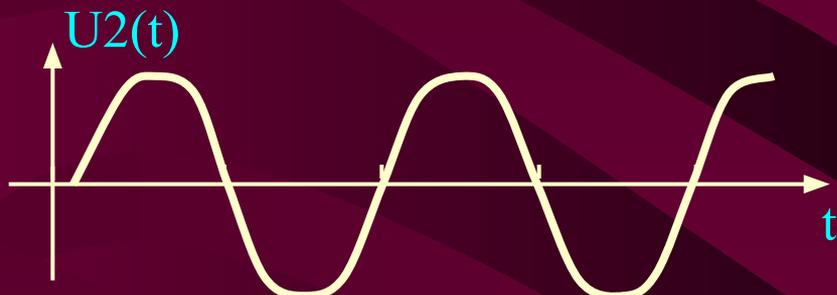
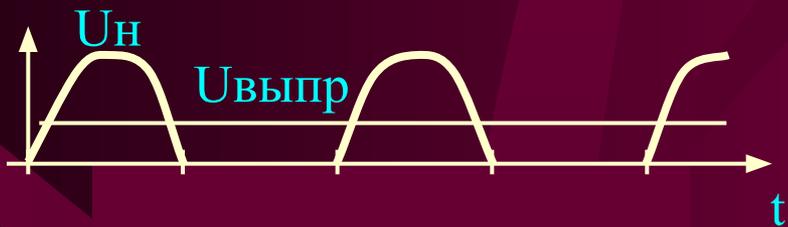
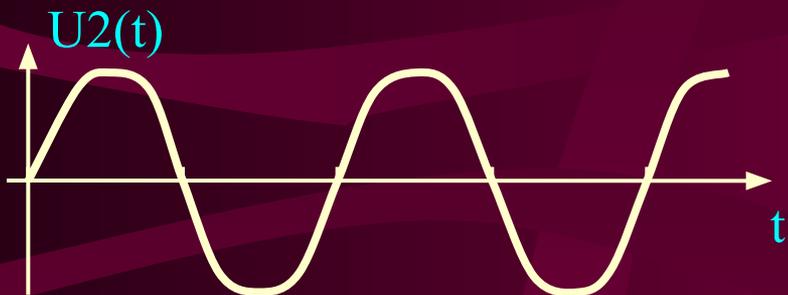
Однако выпрямленное напряжение имеет нулевое значение в течении половины периода входного переменного напряжения. Среднее за период (эффективное) значение постоянного напряжения $U_{выпр}$ в два раза меньше входного переменного напряжения U_2 . Недостатком схемы является также наличие постоянной составляющей выходного тока нагрузки I_n , протекающего через вторичную обмотку трансформатора Т1. Это может вызвать перегрев трансформатора.



Однофазный однопulse выпрямитель



Двухфазный однопulse выпрямитель



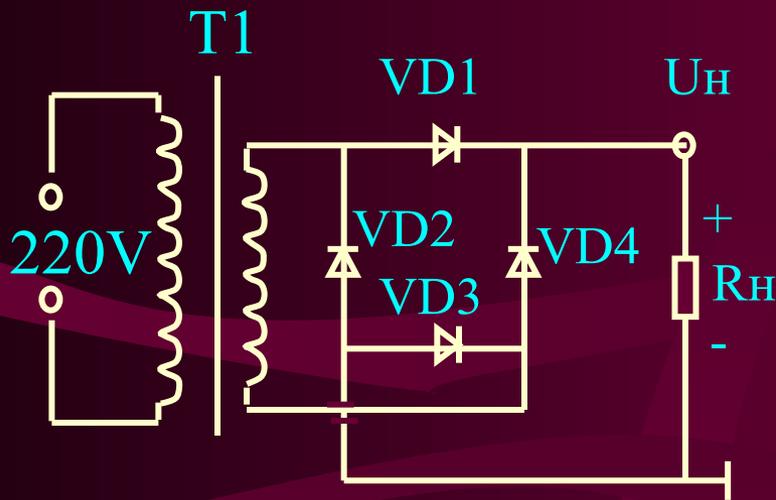
Перечисленные недостатки в значительной степени устранены в схеме *двухфазного однотактного* выпрямителя, который состоит из двух **однофазных** выпрямителей, работающих на общую нагрузку от двух вторичных противофазных обмоток трансформатора.

Переменные напряжения U_2 и U_3 поочередно выпрямляются однофазными выпрямителями на диодах **VD1** и **VD2**; в результате **выпрямленное эффективное** напряжение на нагрузке $U_{выпр}$ равно эффективному входному переменному напряжению на каждой вторичной обмотке U_2 или U_3 .

При этом отсутствует **подмагничивание** сердечника трансформатора и его перегрев, как у предыдущей схемы.

Временные диаграммы выходного тока нагрузки I_n совпадают с графиком выходного выпрямленного напряжения U_n . Следует обратить внимание на то, что через каждый диод протекает **половина выходного тока** нагрузки. Поэтому можно выбирать менее мощные диоды, чем в однофазной схеме.

К недостаткам схемы **двухфазного** выпрямителя можно отнести усложнение технологии изготовления трансформатора с **двумя вторичными** противофазными обмотками.



Этот недостаток устранен в схеме **однофазного двухтактного** выпрямителя, который часто называется **мостовым** выпрямителем.

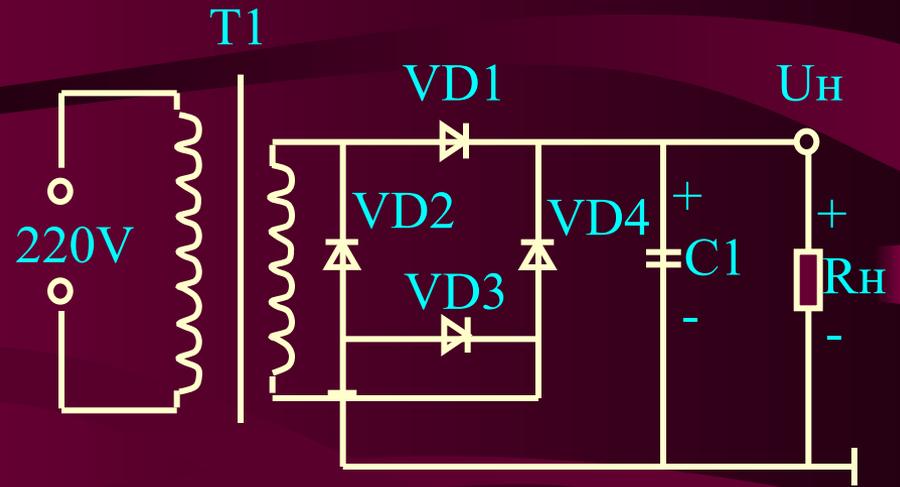
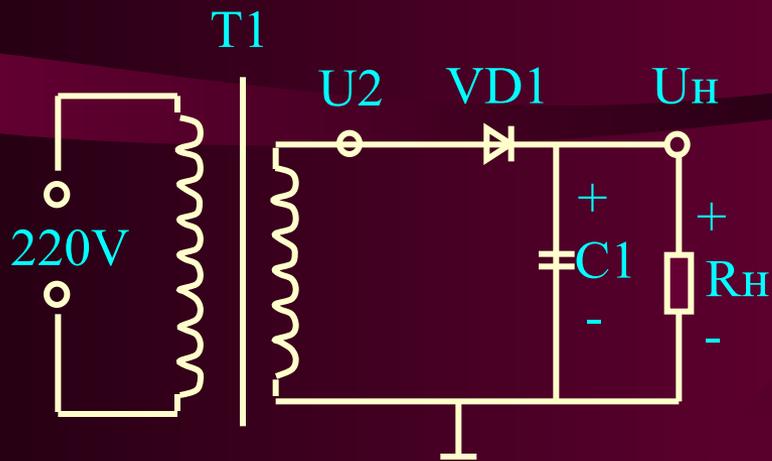
В каждый момент времени ток протекает через 2 диода.

Если на верхнем выводе вторичной обмотки трансформатора напряжение положительное (а на нижнем выводе - отрицательное), ток протекает через диод **VD1**, сопротивление нагрузки **Rн** и диод **VD3**. Если положительный потенциал - на нижнем выводе вторичной обмотки, - ток протекает через диод **VD4**, сопротивление нагрузки и диод **VD2**.

Выходное напряжение мостового выпрямителя $U_{выпр}$ и выходной ток нагрузки I_n - такие же, как и в схеме двухфазного однотактного выпрямителя.

Через каждый диод ток протекает **половину** периода, т.е. через каждый диод протекает **половина выходного тока** нагрузки, поэтому диоды мостового выпрямителя можно выбирать с допустимым средним током в два раза меньшим выходного тока нагрузки.

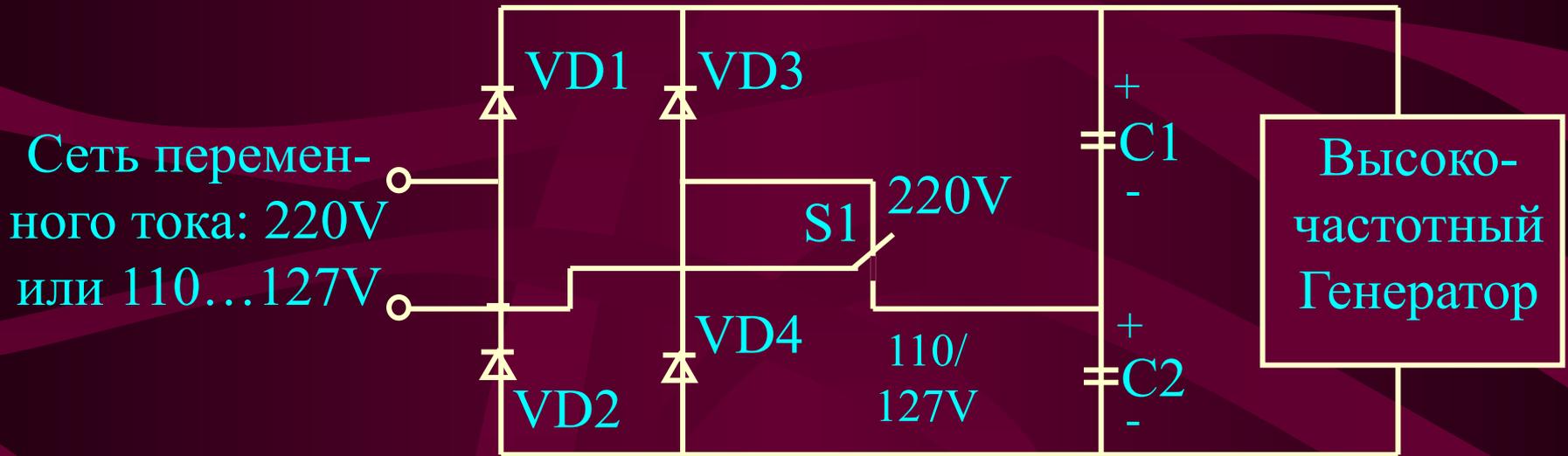
Постоянное напряжение на выходе выпрямителя $U_{выпр}$ с провалами до нуля не может быть использовано для питания большинства электронных устройств. Поэтому на выходе выпрямителя обязательно включается **сглаживающий фильтр** на основе реактивных L или C элементов. Простейший фильтр (но наиболее часто используемый) состоит из единственного конденсатора $C1$, подключенного параллельно сопротивлению нагрузки.



Конденсатор $C1$ заряжается током выпрямителя и при бесконечном сопротивлении нагрузки (работа в режиме холостого хода: $I_{нагр}=0$) напряжение на конденсаторе равно амплитудному значению переменного напряжения $U_{макс}$ (т.е. в 1,4 раза больше эффективного значения входного переменного напряжения). Так, при переменном напряжении вторичной обмотки 10 В - напряжение на конденсаторе будет примерно 14 В.

В блоках питания компьютеров применяются также выпрямители с удвоением напряжения. Это необходимо для работы от сети переменного тока 110...127 В или 220 В.

В верхнем положении переключателя **S1 (220 V)** входное напряжение сети **220 Вольт** подается на мостовой выпрямитель **VD1..VD4**. Последовательно соединенные конденсаторы **C1** и **C2**, образуя емкость сглаживающего фильтра, заряжаются до напряжения около **300 В**, и это напряжение используется для питания **Высокочастотного Генератора**.



При питании компьютера от сети переменного тока с напряжением **110..127 Вольт** - переключатель **S1** переводится в нижнее положение. Диоды **VD3, VD4** в работе выпрямителя не участвуют.

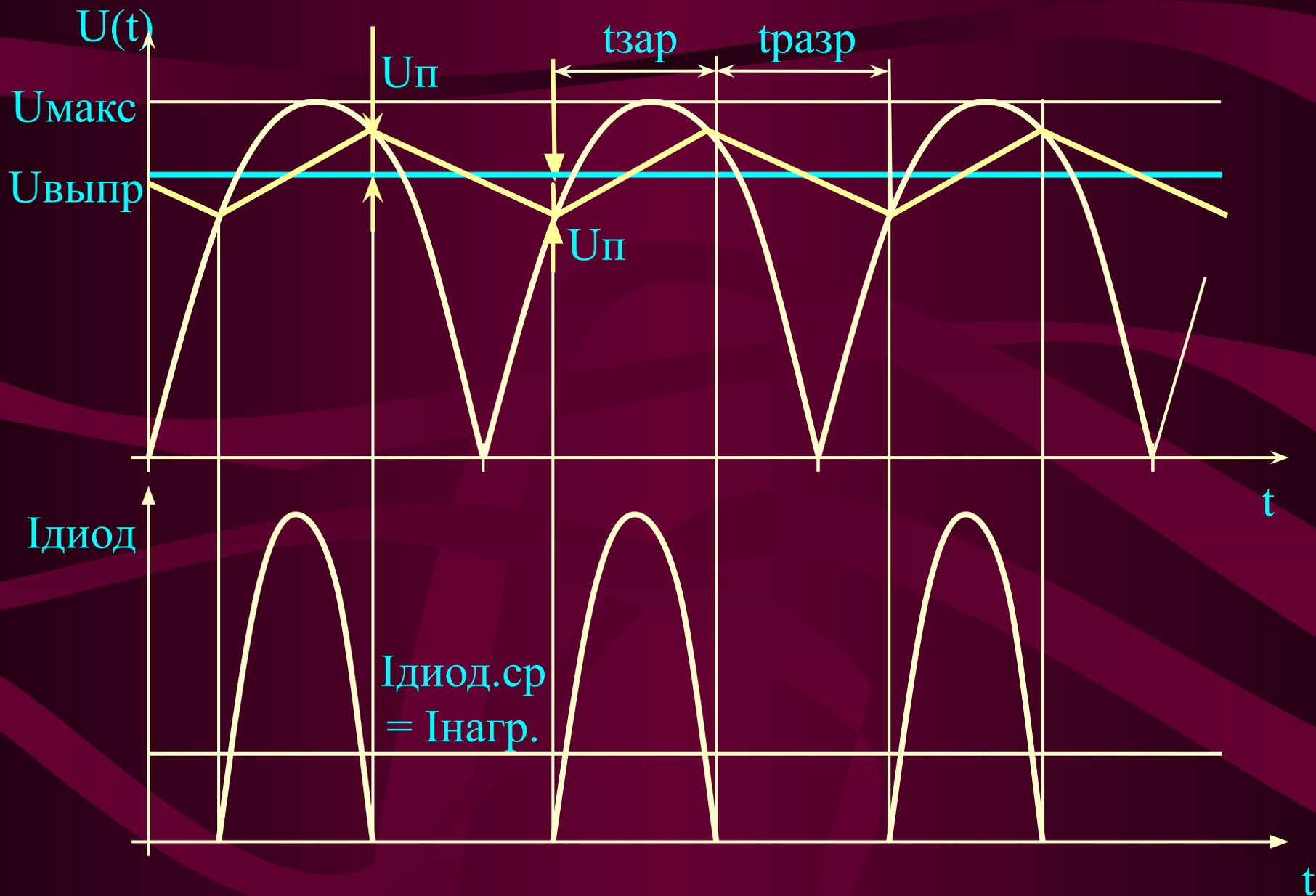
Диод **VD1** и конденсатор **C1** образуют однотактный однофазный выпрямитель. Конденсатор **C1** заряжается до напряжения **150..160 В** в течение первого (положительного) полупериода входного напряжения. В следующем (отрицательном) полупериоде аналогичный однотактный однофазный выпрямитель на диоде **VD2** заряжает до такого же напряжения конденсатор **C2**. Суммарное напряжение с двух конденсаторов около **300 Вольт** подается для питания **Высокочастотного Генератора**.

Следует соблюдать особую осторожность при **первом** включении компьютера в сеть. Перед включением необходимо **обязательно проверить** положение переключателя напряжения сети **S1** и установить его в соответствующее положение. (При положении переключателя **127 V** и питании от сети **220 V** обязательно выгорают многие элементы блока питания).

При уменьшении **сопротивления нагрузки** (или увеличении **тока нагрузки**) напряжение на конденсаторе фильтра будет периодически повышаться (во время заряда от выпрямителя *tзар*) или понижаться за счет разряда на сопротивление нагрузки (*tразр*).

Ток через диод протекает только часть периода - *tзар* (когда мгновенное значение входного переменного напряжения больше напряжения на конденсаторе фильтра). Амплитудное значение тока через диод **раз в 5** и более превышает **средний** выпрямленный ток нагрузки.

Особенно большой мгновенный ток через диод протекает **при включении** блока питания (когда конденсатор фильтра полностью разряжен). Поэтому диоды для выпрямителей, работающих на емкостной фильтр необходимо выбирать с **двукратным запасом** по среднему току и импульсному току перегрузки.



Форма напряжения на выходе фильтра и тока диода

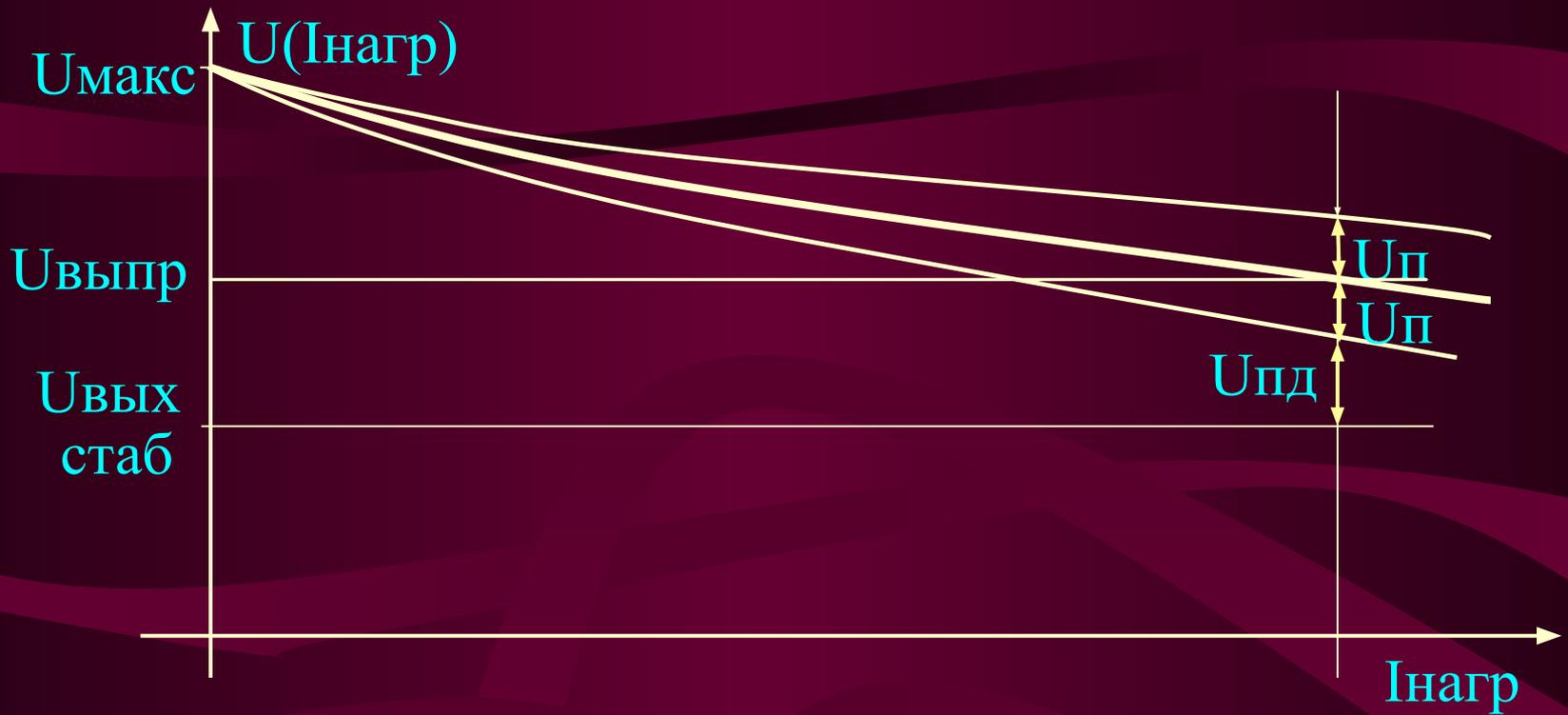
Среднее значение напряжения за период ($U_{выпр}$) будет **меньше** амплитудного значения входного переменного напряжения.

С ростом тока нагрузки $I_{нагр}$ среднее напряжение на конденсаторе будет уменьшаться а амплитуда периодических пульсаций - увеличиваться. Амплитуду пульсаций U_n , т.е. разность между **максимальным** (или **минимальным**) значением напряжения на конденсаторе и величиной **среднего** напряжения $U_{выпр}$ можно уменьшить, если **увеличить емкость** конденсатора фильтра:

$$\Delta U = 2 * U_n = \Delta q / C = I_n * t_{разр} / C.$$

где: Δq - изменение заряда на конденсаторе за время разряда;

$t_{разр}$ - время разряда (по величине **не более периода** пульсаций на выходе выпрямителя



Среднее выпрямленное напряжение ($U_{выпр}$) на конденсаторе $C1$ или на сопротивлении нагрузки R_n уменьшается с ростом тока нагрузки $I_{нагр}$.

Необходимо также учитывать неустойчивость переменного напряжения сети 220В, которая может достигать величины $\pm(10..15)\%$ или более. Результирующее изменение выпрямленного напряжения ($U_{выпр}$) может составить до 50% от среднего значения.

Поэтому в большинстве случаев на выходе выпрямителя с фильтром включают **СТАБИЛИЗАТОР НАПРЯЖЕНИЯ**.

Современные интегральные стабилизаторы напряжения могут выдавать в нагрузку токи от **0,1А** до **10А** при напряжениях от **2В** до **30В** и более.

Конденсатор **C2** устраняет возможное самовозбуждение интегрального стабилизатора а также улучшает его динамические характеристики.



Источник вторичного электропитания со стабилизатором

ИСТОЧНИКИ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ

Классификация нарушений в сети электропитания:

- **BLACKOUT** - полное отключение питания. Иногда к нему относят снижение напряжения ниже 80 В, т.к. большинство оборудования не может работать при таком режиме;
- **BROWNOUT** - пониженное напряжение (падение напряжения ниже номинального на время, превышающее длительность одного периода. Реально может продолжаться несколько часов);
- **SURGE** - выброс (подъем напряжения выше номинального на время, превышающее длительность одного периода);
- **SAG** - провал напряжения (падение напряжения на время, сравнимое с длительностью одного периода);

- **SPIKE** - пиковые выбросы (резкое повышение напряжения, иногда до нескольких килоВольт, длительностью до 10 мс. Например, статические разряды или удары молний);
- **ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE** – электромагнитные помехи, или шумы (искажения синусоидальной формы напряжения вследствие гальванических или индуктивных наводок, возникающих при работе различного электрооборудования, например, сварочных аппаратов или радиостанций);
- **FREQUENCY DEVIATION** - отклонение частоты от номинального значения.

Источники бесперебойного питания (ИБП) (**Uninterruptible Power Supply - UPS**) призваны оградить важную информацию и дорогостоящую аппаратуру от опасностей, связанных с нарушением энергоснабжения, а также обеспечить непрерывность критически важных процессов.

Основными функциональными компонентами **ИБП** являются:

- **фильтр-ограничитель** напряжения, служащий для подавления шумов;
- устройство для повышения и снижения входного напряжения (**booster, trimmer**);
- преобразователь переменного напряжения в постоянное (выпрямитель или зарядное устройство);
- аккумуляторы;
- преобразователь постоянного напряжения в переменное (инвертор);
- устройство переключения режимов и
- система управления.

Бустер (booster) - в переводе с английского - **усилитель напряжения**. Его основным элементом является **автотрансформатор**. При выходе значения питающего напряжения за определенные границы реле подключает нагрузку к соответствующей обмотке автотрансформатора. Обычно выходное напряжение при этом изменяется не более чем на **10...15 Вольт**.

Традиционно **ИБП** могут выполнять следующие функции:

- поглощать относительно небольшие **подъемы напряжения (surge)**;
- сглаживать шумы первичного источника питания;
- **не прерывать** питание оборудования в течение провалов напряжения (**sag**);
- обеспечивать в течение некоторого времени подачу напряжения питания в случае полного отключения напряжения (**blackout**).
- **автоматически отключать** оборудование при **длительном отсутствии напряжения**;
- осуществлять **мониторинг** и регистрировать состояние **ИБП**;
- выполнять **повторный запуск** оборудования после его отключения;
- **выводить на дисплей** текущее значение **напряжения**;
- **вырабатывать звуковой сигнал тревоги** при **значительных отклонениях параметров сети от номинальных**;

РЕЗЕРВНЫЙ (OFF-LINE) ИБП

Устройства на основе этой технологии являются наиболее простыми, а значит, и самыми дешевыми. Основные компоненты:

- фильтр для подавления шумов;
- зарядное устройство;
- аккумулятор;
- инвертор;
- устройство коммутации.



В нормальном режиме компьютер или другое защищаемое устройство непосредственно подсоединяется к основному источнику питания, и никакого преобразования не происходит.

При определенных отклонениях параметров электро-питания от номинальных значений коммутирующее устройство переключает нагрузку на инвертор и питание подается от аккумулятора.

Резервные ИБП имеют время переключения около 5 мс (большинство блоков питания современных компьютеров способны выдержать отсутствие напряжения на входе до 100 мс). Резервные ИБП поддерживают работу ПК в течение 5..10мин, что вполне хватает для сохранения информации и корректного завершения работы.

Существенным недостатком ИБП этого типа является невозможность их использования в сетях с низким качеством электропитания, так как частое переключение на аккумулятор не позволяет их своевременно подзаряжать.

ИНТЕРАКТИВНЫЙ (LINE INTERACTIVE) ИБП

Основное отличие от резервных ИБП - наличие микропроцессора, который осуществляет мониторинг линии, реагируя на любые отклонения электрических параметров от номинальных значений. Именно поэтому такие устройства и называются интерактивными.

Стабилизирующие схемы (**booster, trimmer**) позволяют работать в большом диапазоне входных напряжений (170...295 В), не переключаясь на аккумуляторы и сохраняя таким образом их заряд.

Время переключения на резервный источник в интерактивных ИБП составляет около 2 мс.

ИБП НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ (ON-LINE)

В нормальном режиме в ИБП непрерывного действия входное напряжение преобразуется выпрямителем в постоянное и затем, одновременно подзаряжая аккумулятор, подается на инвертор для обратного преобразование в переменное.

Поэтому ошибочно полагать, что напряжение на инвертор поступает исключительно от аккумулятора. Аккумуляторы используются в качестве источника питания только при отключении сетевого напряжения, следовательно, износ аккумуляторов не больше, чем в других схемах.



Эти устройства называются также: **ИБП с двойным преобразованием (double conversion)**. Непрерывная регенерация входного напряжения позволяет значительно ослабить шумы и помехи и получить на выходе почти идеальное напряжение.

Практически во всех **ИБП** этого типа существует обходная цепь (**bypass - шунт**), с помощью которой нагрузку в случае отказа одного из компонентов можно подключить прямо к **силовой сети**.

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ИБП

□ **ВЫХОДНАЯ МОЩНОСТЬ** - указывается обычно в **Вольт-Амперах (VA)**, а потребляемая нагрузкой мощность указывается, как правило, в **Ваттах (W)**. Эти величины совпадают, если нагрузка носит чисто **активный** характер. При наличии реактивной составляющей (емкости, индуктивности) часть мощности расходуется на нее. Типичное значение отношения полной мощности к активной (**W/VA, power factor** - коэффициент нелинейности) для компьютеров составляет - **0,7**.

□ **ВРЕМЯ АВТОНОМНОЙ РАБОТЫ**, называемое также **резервным**, нелинейно зависит от величины нагрузки. Для типичных **ИБП** при номинальной нагрузке оно составляет **5...10мин**. При снижении мощности нагрузки **вдвое** - резервное время увеличивается примерно в **2,5** раза.

□ **ВРЕМЯ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ РЕЖИМОВ** - составляет примерно **2...5мс**, что для большинства компьютеров не является критичным.

□ **ДИАПАЗОН ВХОДНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ** - определяется минимальным и максимальным допустимыми значениями напряжения в сети, при которых ИБП еще способен поддерживать номинальное напряжение на выходе, не переходя на питание от резервного аккумулятора. Чем шире этот диапазон, тем дольше прослужит батарея.

□ **ПИК-ФАКТОР (peak factor)** - определяется отношением пикового тока, потребляемого нагрузкой к номинальному значению. Для ИБП он обычно имеет значение от 3:1 до 6:1.

□ **КОЭФФИЦИЕНТ НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ** - характеризует отклонение формы выходного сигнала от синусоидального. Ряд чувствительных к этому фактору приборов начинают давать сбои при искажении, превышающем 5%.

□ **СРОК СЛУЖБЫ АККУМУЛЯТОРОВ** - существенно зависит от условий эксплуатации: частоты переключения в автономный режим, условий зарядки, окружающей среды. Типичный срок службы аккумуляторов составляет 4..5 лет.

Вопросы для экспресс-контроля

- 1. Чем отличаются **первичные** источники электропитания от источников **вторичного** электропитания?
- 2. Приведите примеры **первичных** источников электропитания.
- 3. Назовите основные параметры источников **вторичного** электропитания.
- 4. Назовите основные отличия **структурных схем ИВЭП.**
- 5. Зачем в ИВЭП применяется **разделительный трансформатор?**
- 6. От чего зависят основные параметры **разделительного трансформатора?**

Вопросы для экспресс-контроля

- 7. Назовите преимущества и недостатки основных схем **выпрямителей**.
- 8. Зачем на выходе выпрямителей применяют **сглаживающие фильтры**?
- 9. Какие средства применяются в современных **ИБЭП** компьютеров для работы в сетях **127** и/или **220 В**?
- 10. Объясните основные причины, от которых зависит **нестабильность выходного напряжения** выпрямителя с емкостным фильтром.
- 11. Перечислите **основные нарушения** в сети электропитания, которые вызывают сбои в работе компьютера.

Вопросы для экспресс-контроля

- **12.** Назовите **основные задачи**, которые решают источники бесперебойного питания (**ИБП**).
- **13.** Перечислите **основные функциональные компоненты ИБП**.
- **14.** Объясните **основные преимущества** и **недостатки** известных типов **ИБП**.
- **15.** Назовите **основные параметры ИБП**.
- **16.** Какие применяются меры в **ИБП** для продления **срока службы аккумуляторов**?

ЛЕКЦИЯ ОКОНЧЕНА

**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ**