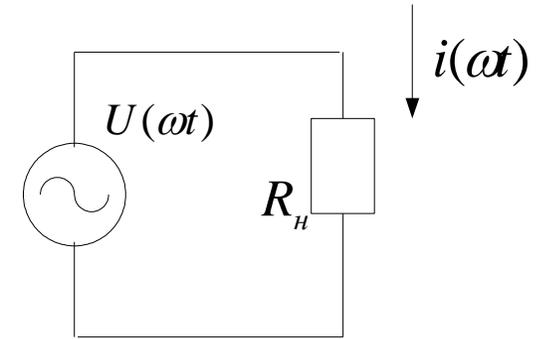


Корректоры коэффициента МОЩНОСТИ

Стельмах Дарья Сергеевна, 1Д51

Активная нагрузка

Первичная электрическая цепь переменного тока достаточно чувствительна к характеру нагрузки, подключаемой к ней. Оптимальной нагрузкой является активное линейное сопротивление - R_n .



Питающее напряжения синусоидальной формы: $u(\omega t) = U_m \sin(\omega t)$

Ток в цепи: $i(\omega t) = \frac{U_m}{R} \sin(\omega t) = I_m \sin(\omega t)$

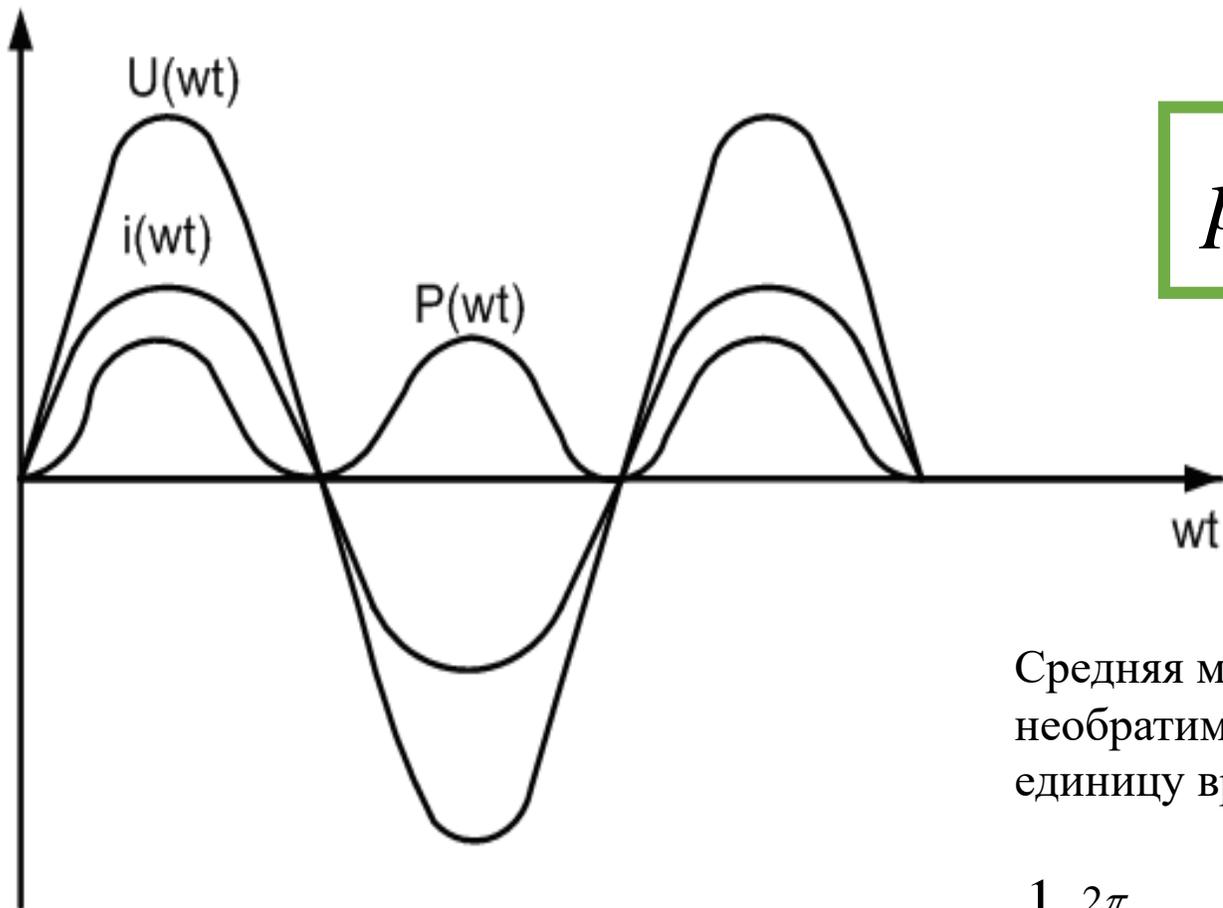
Мгновенная мощность, потребляемая из сети: $p(\omega t) = i(\omega t) \cdot u(\omega t) = U_m \cdot I_m \cdot \sin^2(\omega t)$

$U_m = \sqrt{2} \cdot U$; $I_m = \sqrt{2} \cdot I$, где U и I – действующие значения токов и напряжений в сети

Учитывая, что $\sin^2(\omega t) = (1 - \cos 2\omega t) / 2$ получим:

$$p(\omega t) = U \cdot I - U \cdot I \cdot \cos(2\omega t)$$

Таким образом мощность, потребляемая из сети и выделяемая в нагрузке, пульсирует с *удвоенной* частотой



$$p(\omega t) = U \cdot I - U \cdot I \cdot \cos(2\omega t)$$

Средняя мощность P , которая определяет энергию, необратимо преобразуемую в нагрузку в тепловую в единицу времени:

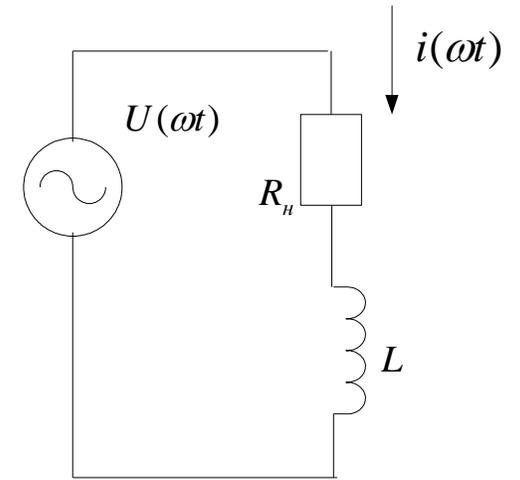
$$P = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u(\omega t) \cdot i(\omega t) d\omega t = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} [U \cdot I - U \cdot I \cdot \cos(2\omega t)] d\omega t = U \cdot I$$

Однако на практике нагрузка наиболее часто носит активно-индуктивный характер

Активно-индуктивный характер нагрузки

Ток в цепи:
$$i(t) = \frac{U_m}{z} \sin(\omega t - \varphi) = I_m \sin(\omega t - \varphi),$$

где
$$z = \sqrt{R^2 + X_L^2}, \quad \varphi = \operatorname{arctg} \frac{X_L}{R}$$

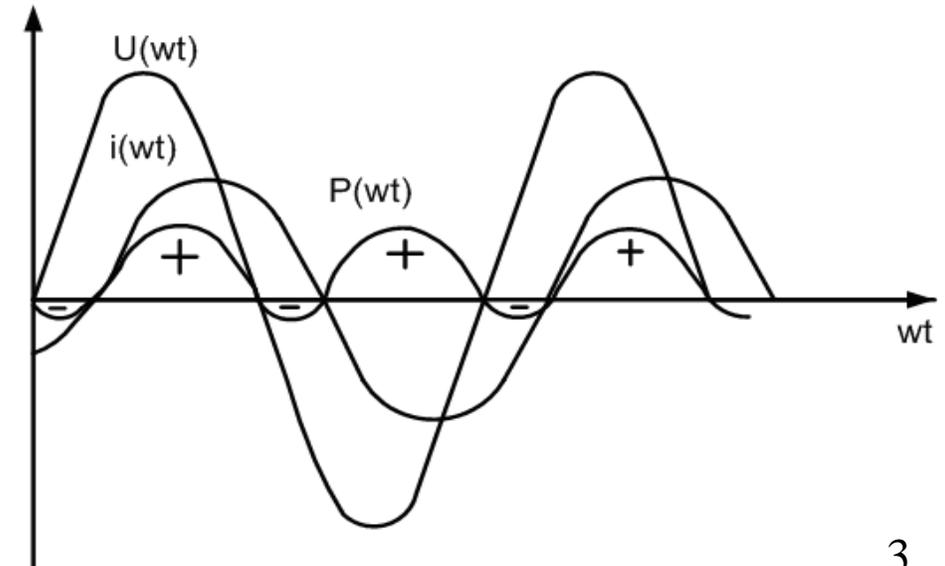


Мгновенная мощность, потребляемая в этом случае из сети:

$$p(\omega t) = i(\omega t) \cdot u(\omega t) = U_m \cdot \sin(\omega t) \cdot I_m \cdot \sin(\omega t - \varphi) = \frac{I_m U_m}{2} \cdot [\cos \varphi - \cos(2\omega t - \varphi)] =$$

$$P = UI \cos \varphi - UI \cos(2\omega t - \varphi) \quad = UI \cos \varphi - UI \cos(2\omega t - \varphi)$$

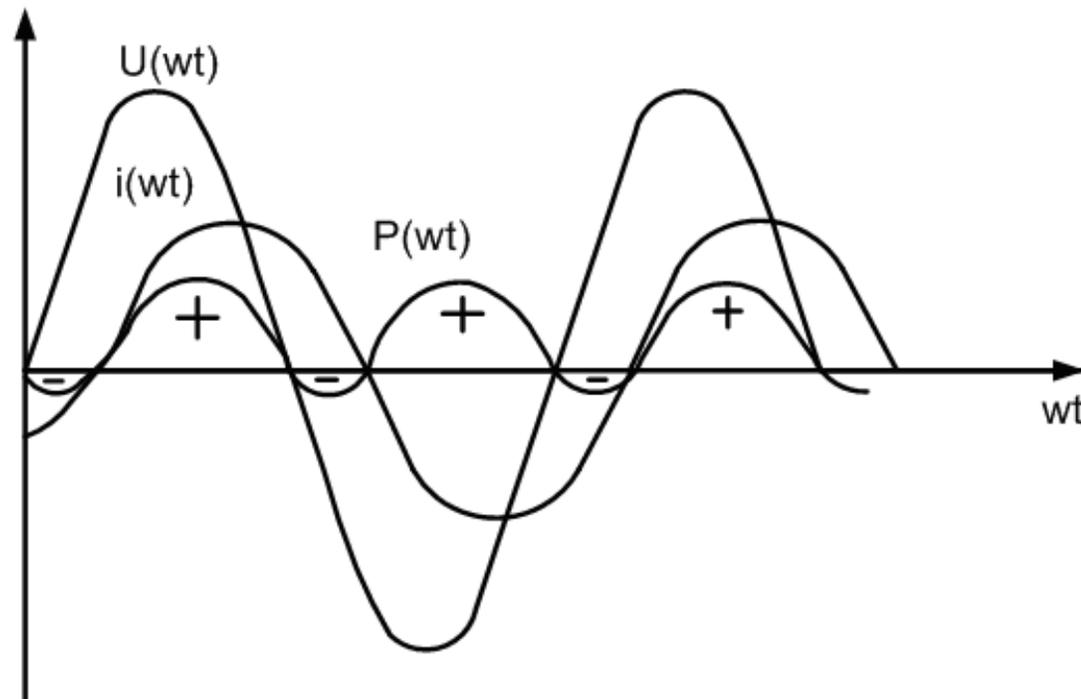
Мгновенная мощность также имеет пульсирующий вид, но она **знакопеременна**



$$P = UI \cos \varphi - UI \cos(2\omega t - \varphi)]$$

Положительные участки зависимости мощности от времени характеризуют передачу энергии из сети в нагрузку, а отрицательные – возврат части энергии, накопленной в магнитном поле индуктивности, в сеть. Первая составляющая в предыдущей формуле порождает активную мощность P , а вторая – реактивную Q .

Реактивная мощность Q бесполезно перекачивается из сети в нагрузку и обратно, вызывая потери в сетевых проводах и не производя полезной работы.



Средняя (активная) мощность, выделяемая в нагрузке:

$$P = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} [UI \cos \varphi - UI \cos(2\omega t - \varphi)] d\omega t = UI \cos \varphi$$

$$P = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} [UI \cos \varphi - UI \cos(2\omega t - \varphi)] d\omega t = UI \cos \varphi$$

S — **полная мощность**;

$\cos \varphi$ — **коэффициент мощности нагрузки**, который учитывает фазовый сдвиг тока относительно напряжения.

Полная мощность S характеризует максимальную мощность, которую сеть могла бы отдавать нагрузке при $\cos \varphi = 1$, а также — является паспортной величиной для электрических машин, аппаратов и т. д.

Мощности связаны друг с другом:

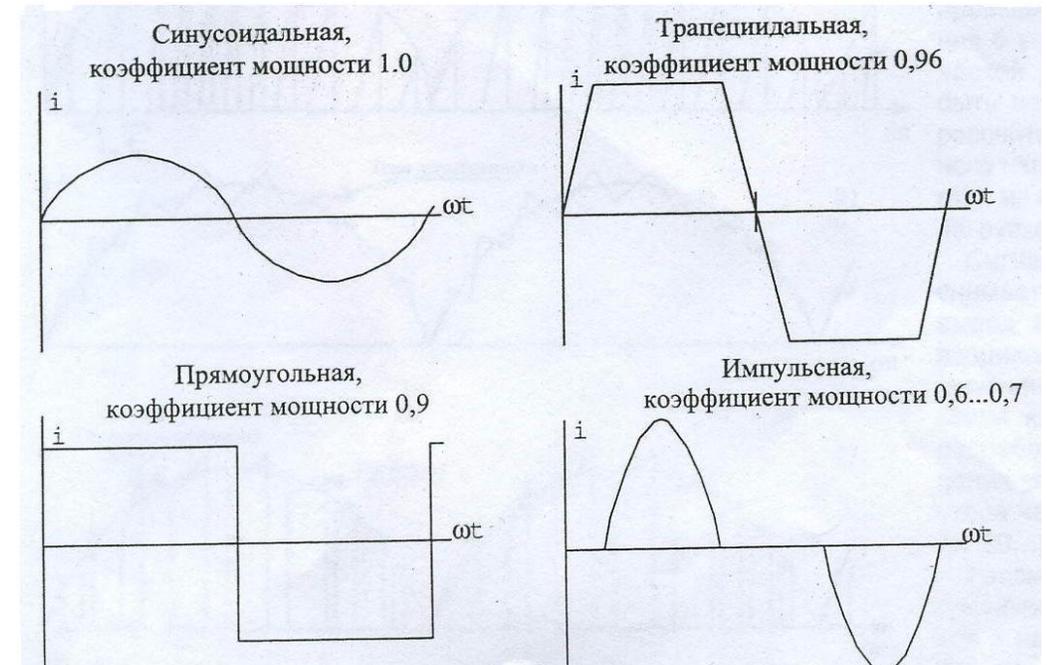
$$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2}.$$

Отношение активной и полной мощностей характеризуется коэффициентом мощности нагрузки:

$$\chi = \frac{P}{S} = \frac{UI_{(1)} \cos(\varphi_1)}{UI} = \frac{I_{(1)}}{I} \cos(\varphi_1)$$

Коэффициент мощности показывает, насколько **сдвигается по фазе** переменный ток, протекающий через нагрузку, относительно приложенного к ней напряжения.

Коэффициент мощности зависит не только от угла сдвига первой гармоники тока φ_1 , но и от формы тока.



Коэффициент мощности в цепи переменного тока вентильного преобразователя (на входе выпрямителя и выходе инвертора) определяется отношением активной мощности к полной.

Для выпрямителя это дает

$$\chi = \frac{P_1}{S_1} = \frac{m_1 U_1 I_{1(1)} \cos \varphi_{1(1)}}{m_1 U_1 I_1} = v_1 \cos \varphi_{1(1)}$$

где v_1 — отношение действующего значения первой гармоники тока первичной обмотки трансформатора к действующему значению первичного тока, называемое *коэффициентом искажения тока*.

При одной и той же активной мощности нагрузки мощность, бесполезно рассеиваемая на проводах, обратно пропорциональна квадрату коэффициента мощности.

Таким образом, чем меньше коэффициент мощности, тем ниже качество потребления электроэнергии. Для повышения качества электропотребления применяются различные способы коррекции коэффициента мощности, то есть его повышения до значения, близкого к единице.

Корректор коэффициента мощности (ККМ) или буст – конвертор предназначен для активной фильтрации тока сети.

ККМ приближает **фазовый сдвиг между током и напряжением источника к нулю** и **формирует синусоидальную форму тока**, потребляемого от сети.

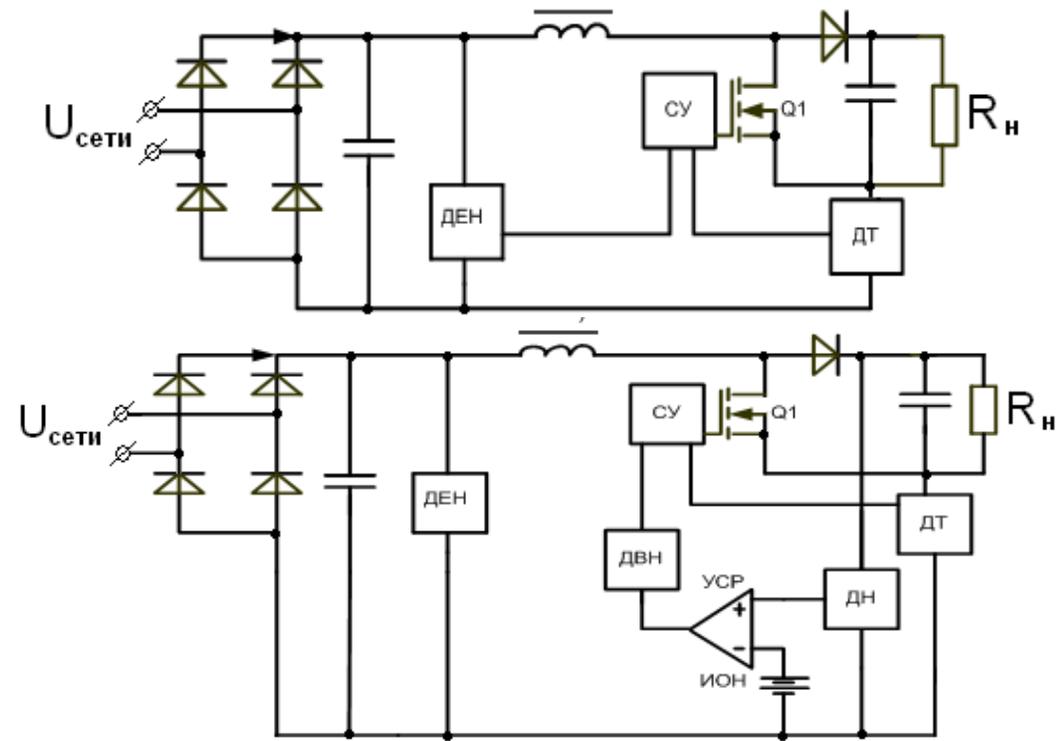
ККМ является промежуточным звеном в схеме импульсного источника питания, включенным между **выходом входного выпрямителя** и **входом конвертора напряжения**.

Он относится к **повышающим импульсным стабилизаторам** напряжения, т.к. напряжение на выходе выше, чем напряжение на входе ККМ за счет энергии, накопленной в дросселе L за период открытого состояния ключа VT .

Основные задачи ККМ:

- Придание потребляемому от сети току синусоидальной формы;
- Ограничение выходной мощности;
- Защиту от короткого замыкания;
- Защиту от пониженного или повышенного напряжений

Рассмотрим принцип действия активного ККМ



Функциональные схемы ККМ

ДЕН - делитель выпрямленного напряжения

ДН - делитель напряжения

ДТ - датчик тока

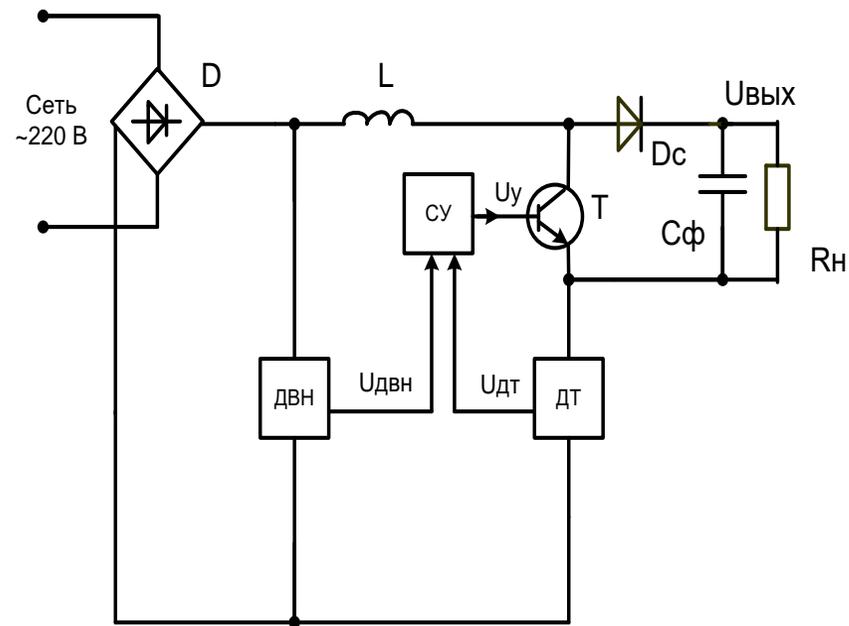
ДВН - датчик выходного напряжения

СУ - система управления

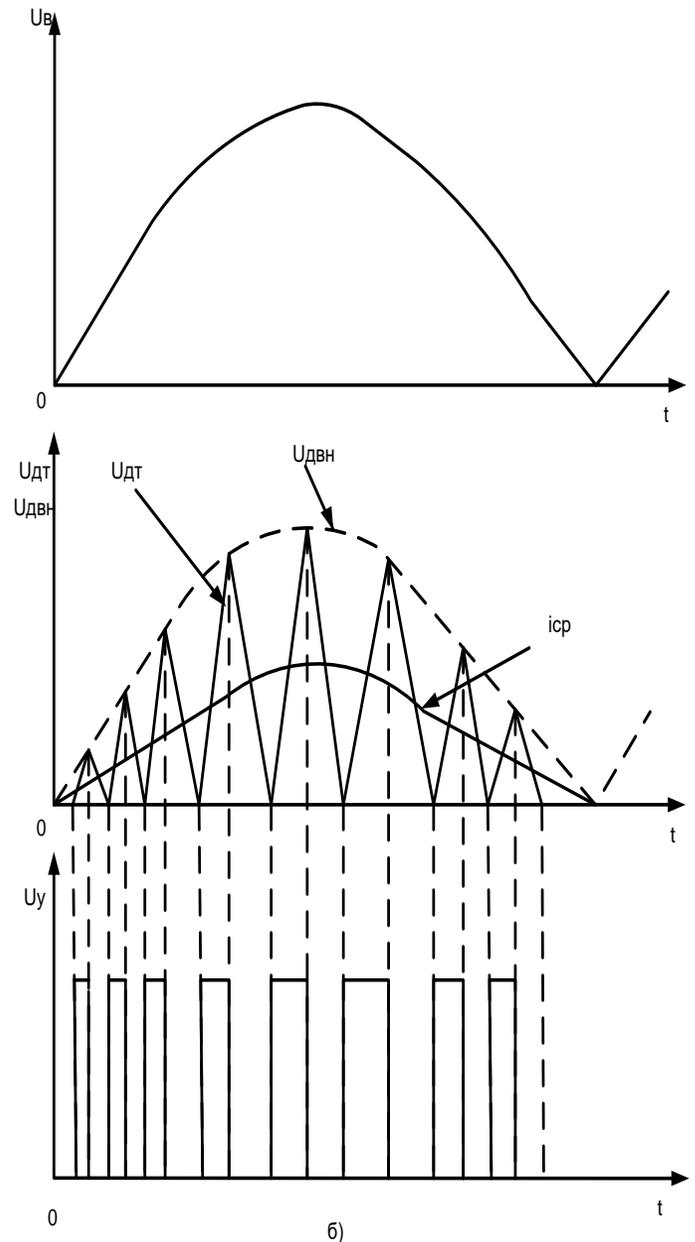
ИОН - источник опорного напряжения

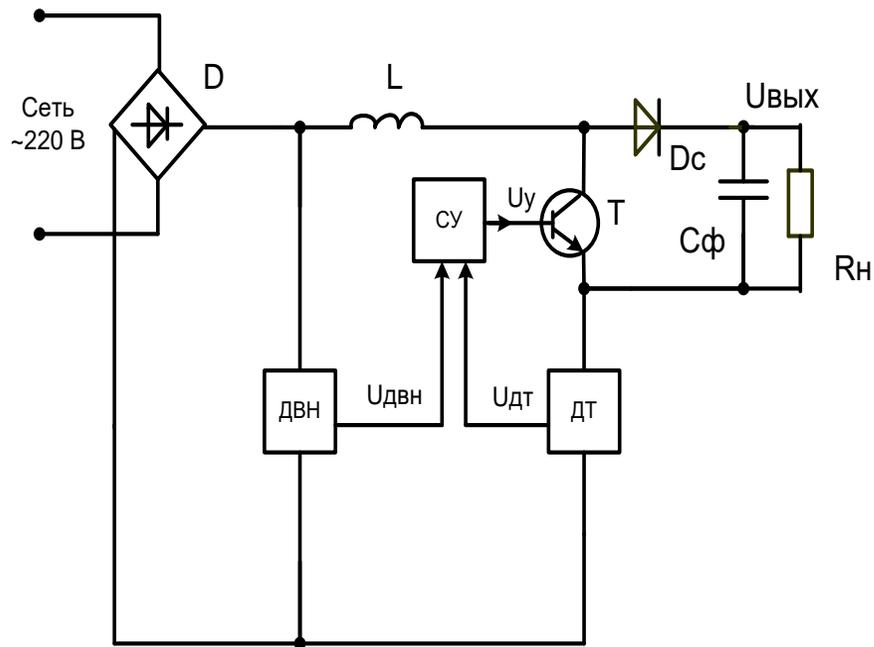
УСР - усилитель рассогласования

Активный ККМ

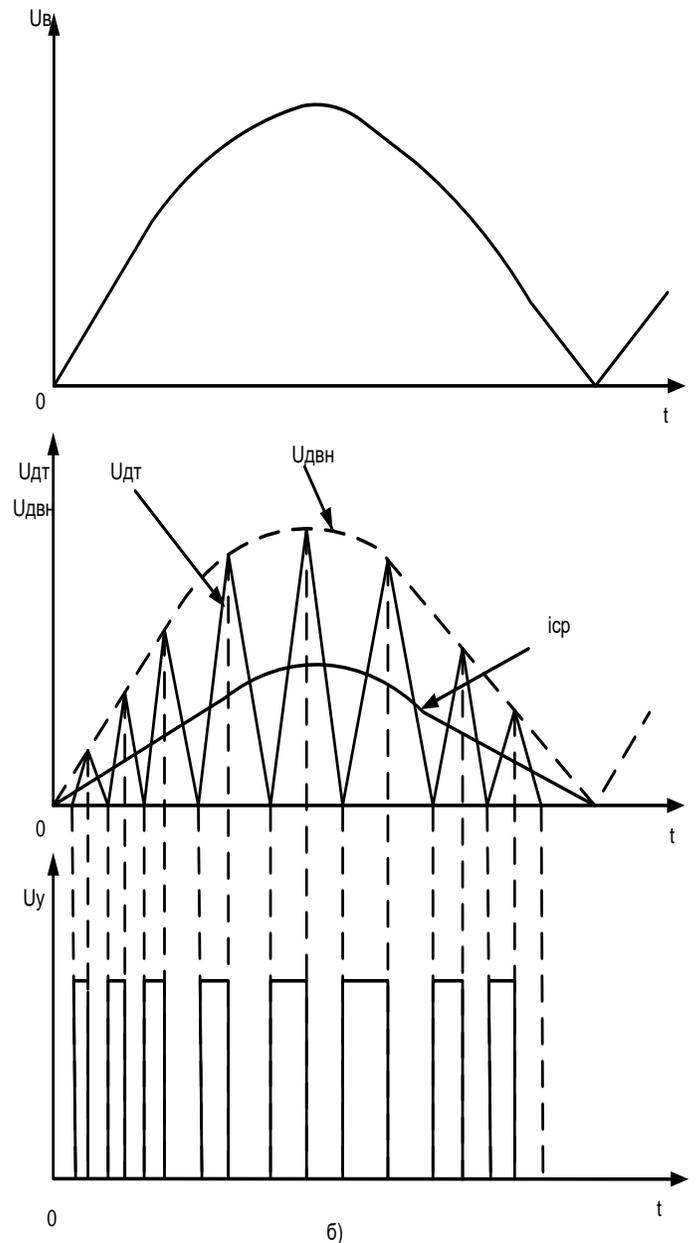


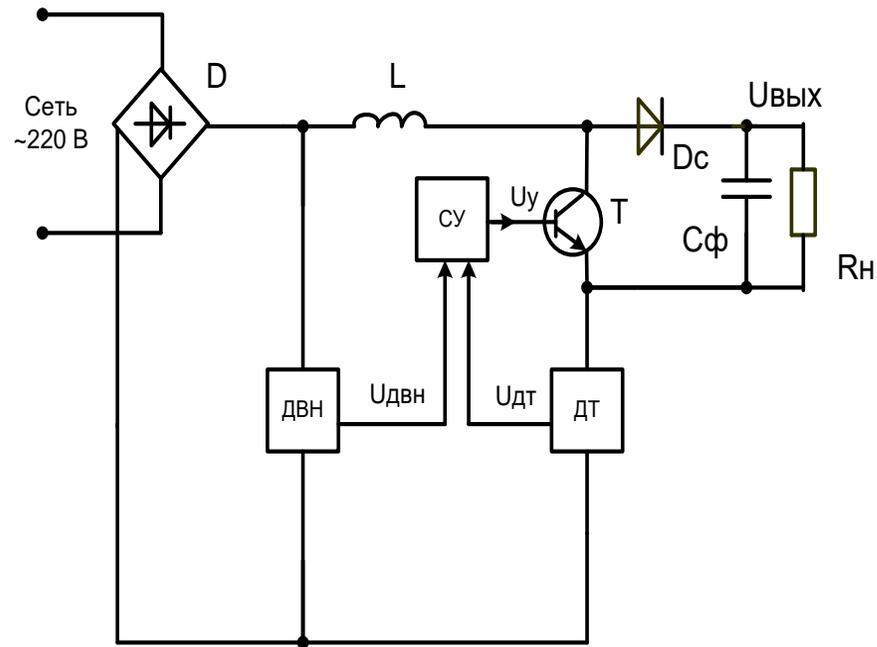
- Получение коэффициента мощности, близкого к единице, достигается за счет исключения из выпрямителя ёмкости фильтра. Вместо этой емкости в схему вводится высокочастотный импульсный стабилизатор повышающего типа.
- Схема повышающего импульсного стабилизатора состоит из индуктивности L , ключевого транзистора T , диода D_c и емкости C_ϕ сглаживающего фильтра.
- В соответствии с принципом действия повышающего стабилизатора напряжения при включении транзистора T через индуктивность L начинает протекать ток, который нарастает по линейному закону. При выключении транзистора T ток в индуктивности L начинает спадать по линейному закону, заряжая через диод D_c ёмкость фильтра C_ϕ .



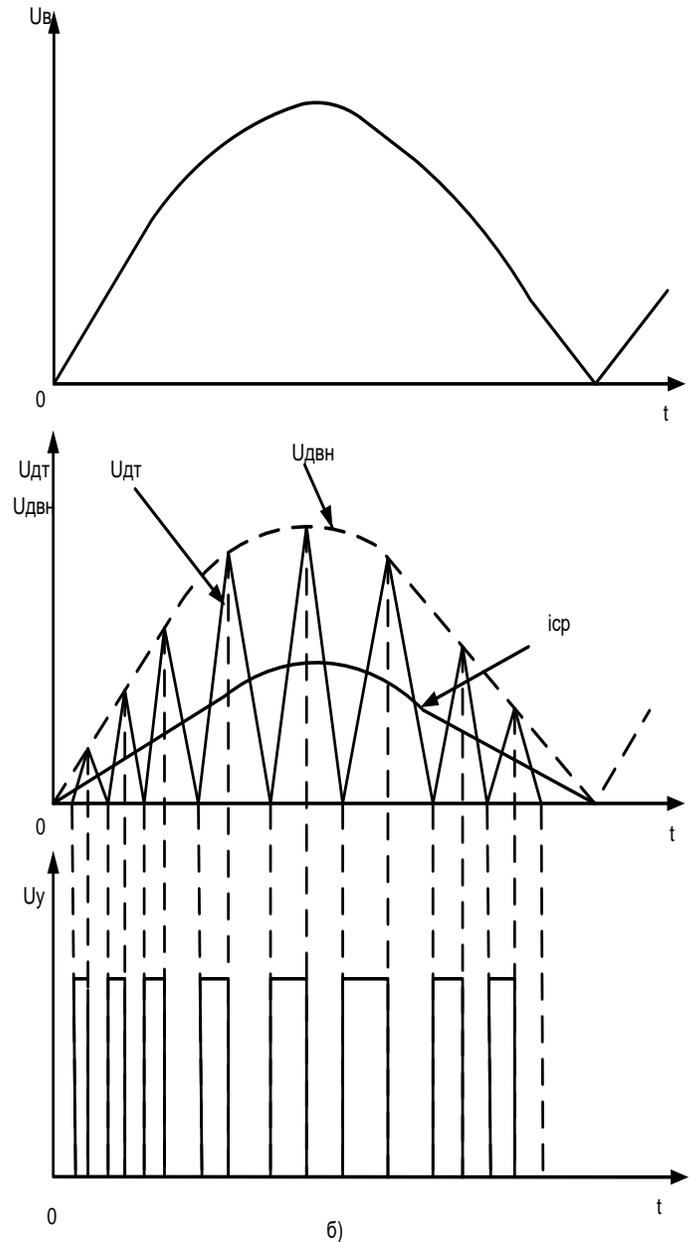


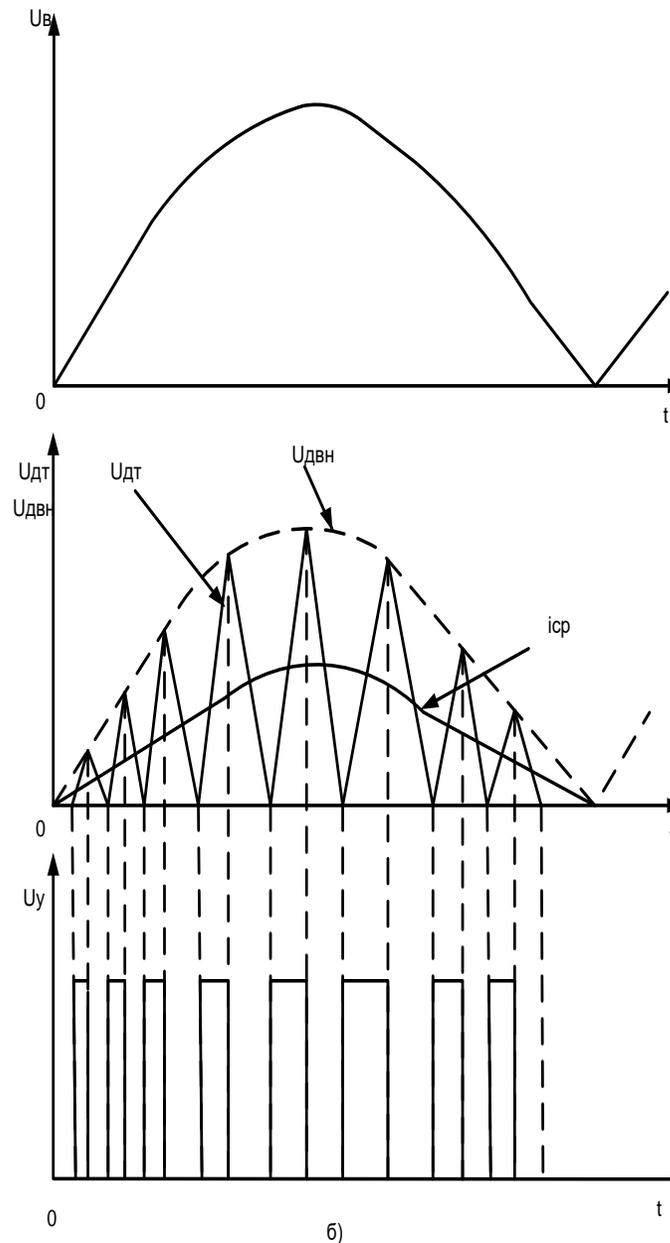
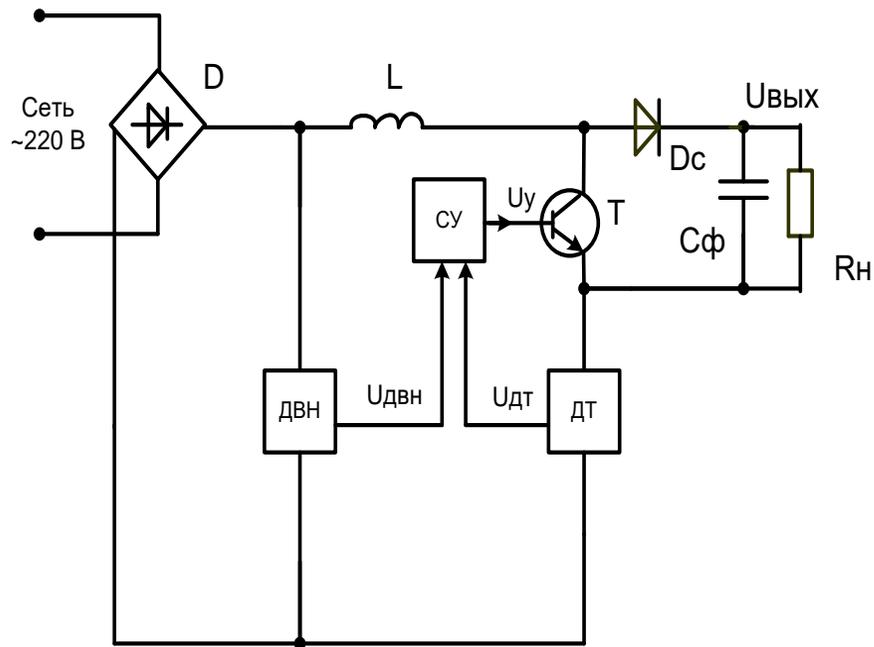
- Включение и выключение ключевого транзистора Т выполняется устройством управления, которое состоит из датчика выпрямленного напряжения ДВН, датчика тока ДТ в индуктивности L и схемы формирования импульсов управления СУ.
- Включение транзистора Т происходит в момент времени, когда напряжение на выходе датчика тока ДТ становится равным нулю (т. е. при нулевом токе в индуктивности L). Выключение транзистора Т происходит в момент времени, когда линейно нарастающее напряжение с датчика тока становится равным изменяющемуся по синусоидальному закону напряжению с датчика выпрямленного напряжения ДВН.





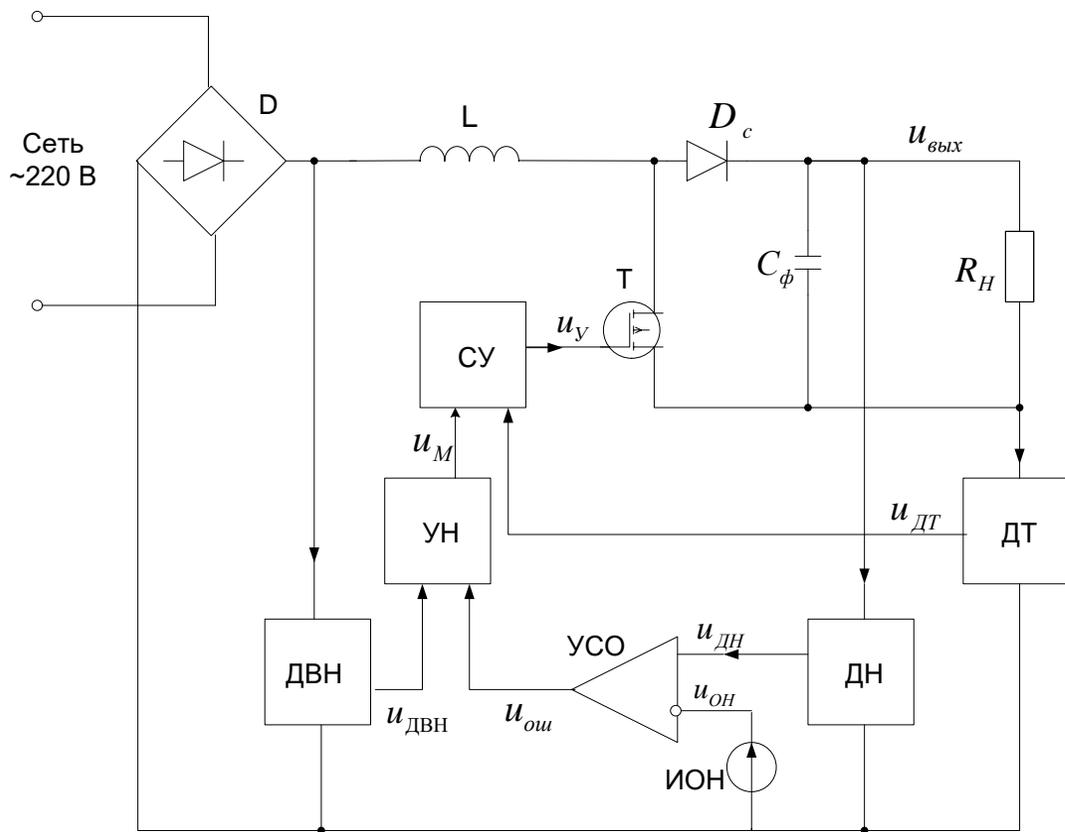
- После выключения транзистора ток в индуктивности начинает спадать, и при нулевом значении тока транзистор T вновь включается. Далее процесс повторяется с достаточно высокой частотой. Усредненный ток i_{cp} в индуктивности оказывается синусоидальным по форме и почти совпадающим по фазе с выпрямленным напряжением.
- Таким образом, благодаря схеме корректора достигается высокое значение коэффициента мощности.





К недостаткам приведенной схемы корректора коэффициента мощности (ККМ) следует отнести отсутствие стабилизации выходного напряжения $u_{\text{вых}}$. При изменении напряжения сети или нагрузки выходное напряжение ККМ будет также изменяться. Для получения стабильного выходного напряжения в схему ККМ вводится дополнительная обратная связь по выходному напряжению.

Рассмотрим схему ККМ с обратной связью



Функциональная схема активного корректора коэффициента мощности со стабилизацией выходного напряжения.

В дополнение к датчикам выпрямленного напряжения ДВН и тока в индуктивности ДТ введен датчик выходного напряжения ДН. Напряжение $u_{ДН}$, с датчика ДН сравнивается с напряжением $u_{ОН}$ источника опорного напряжения ИОН и сформированный сигнал ошибки $u_{ош}$ (рассогласования) перемножается с выходным напряжением ДВН в умножителе напряжения УН. В результате этого формируется модулирующий сигнал $u_{М}$, который аналогично рассмотренному выше модулирует длительность импульсов управления ключевым транзистором Т. Обратная связь по выходному напряжению является отрицательной, поэтому увеличение выходного напряжения $u_{ВЫХ}$, приводит к уменьшению сигнала ошибки $u_{ош}$.

ДЕН - делитель выпрямленного напряжения

ДН - делитель напряжения

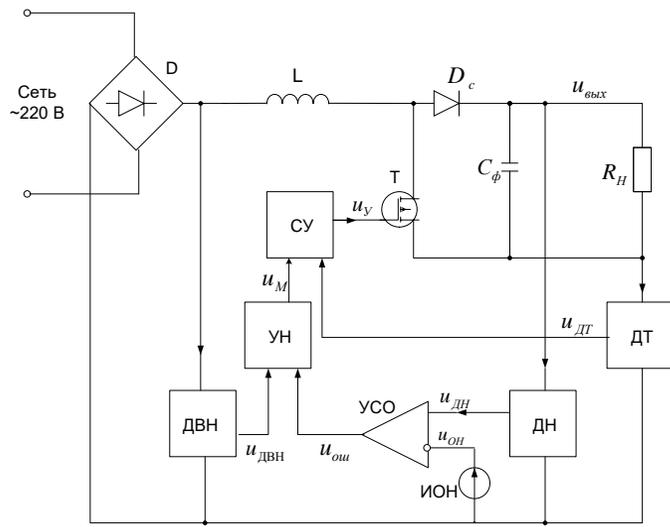
ДТ - датчик тока

ДВН - датчик выходного напряжения

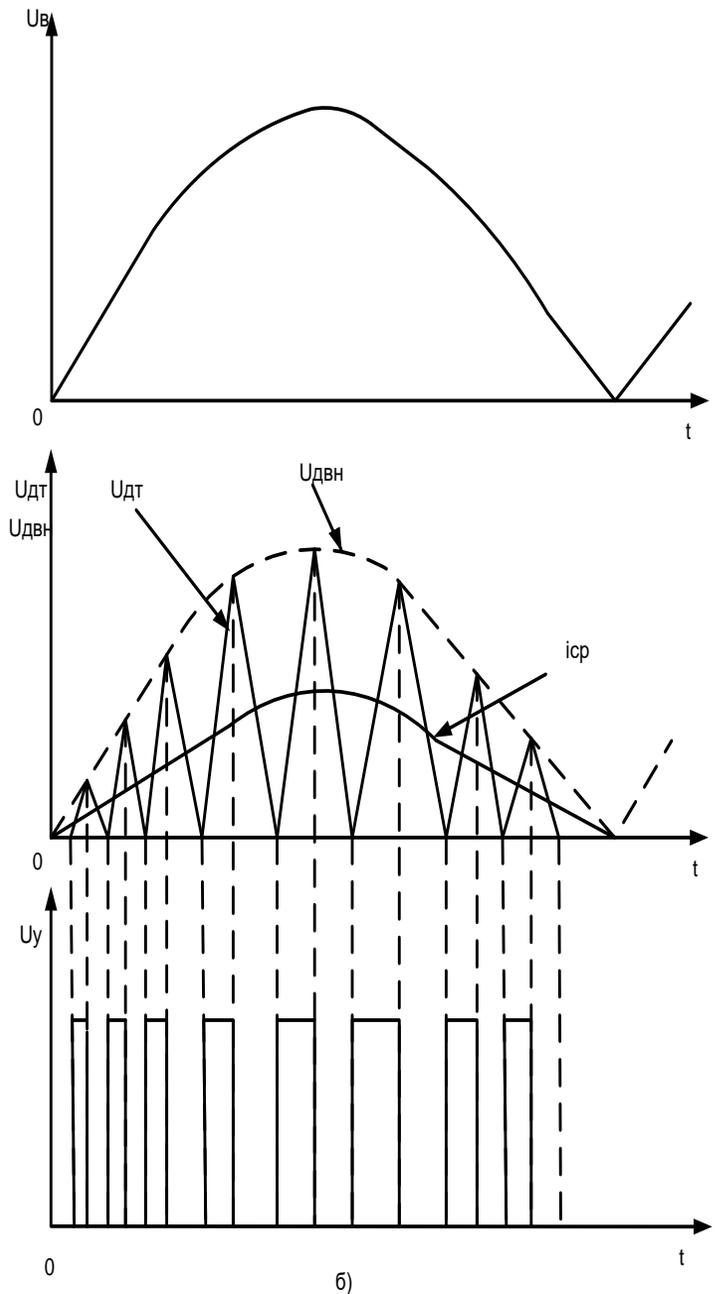
СУ - система управления

ИОН - источник опорного напряжения

УСР - усилитель рассогласования



Временные диаграммы для схемы со стабилизацией выходного напряжения практически не отличаются от схемы активного ККМ, только модулирующее напряжение заменяется на произведение $u_{двн} u_{ош}$. При постоянном напряжении на выходе ККМ напряжение ошибки также будет постоянным. Если выходное напряжение возрастает, то сигнал ошибки уменьшается и, следовательно, уменьшается амплитуда модулирующего напряжения u_M . В результате уменьшаются амплитуды импульсов тока в индуктивности и соответственно уменьшается среднее значение тока $i_{ср}$, что приводит к понижению выходного напряжения. При понижении выходного напряжения происходят противоположные процессы, которые в результате приводят к его повышению. Таким образом, обеспечивается стабилизация выходного напряжения в схеме ККМ при изменении напряжения сети или при изменении нагрузки R_H .



1. К какой группе устройств относится корректор коэффициента мощности (ККМ)?

- а) повышающий стабилизатор;
- б) понижающий стабилизатор;
- в) инвертирующий стабилизатор;
- г) релейный стабилизатор.

2. Какую основную функцию выполняет корректор коэффициента мощности (ККМ)?

- а) выпрямления напряжения;
- б) сглаживание пульсаций выпрямленного напряжения;
- в) стабилизацию напряжения;
- д) активную фильтрацию потребляемого тока.

3. Коэффициент мощности нагрузки ($\cos\varphi$) учитывает ... тока относительно напряжения.

4. Назовите основные задачи ККМ.

Спасибо за внимание!