
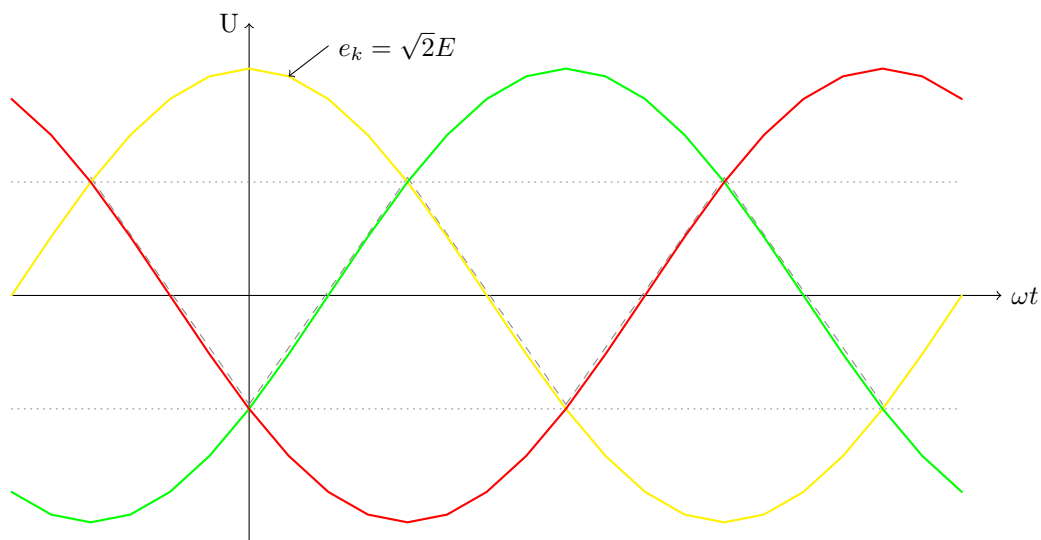



по госту обозначение диода  .
 $\longrightarrow \omega t$

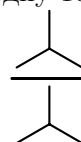
Значения по оси времени откладываются в угловых единицах ωt .
 $\frac{1}{50}$ сек – период. $1 msec = 18^\circ$



Обмотки трехфазных трансформаторов могут быть включены звездой

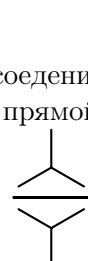


Все одноименные точки  соединены или началами или концами в одну точку. Звезда может быть прямой или обратной.

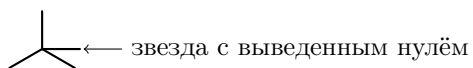
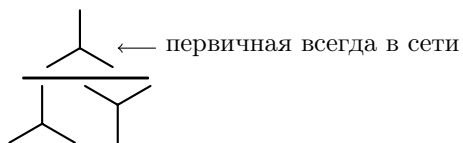


← сердечник

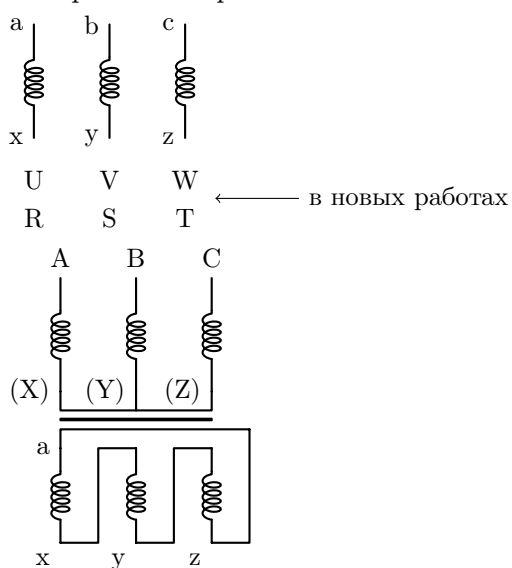
прямая звезда



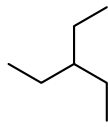
обратная звезда



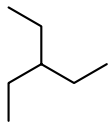
Другой способ соединения обмоток – треугольник. Треугольник тоже бывает прямой и обратный.



Рассмотрим изображение звезду как векторную диаграмму.

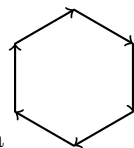


– зигзаг, результирующий будет сдвинут по фазе относительно фазы А. На рисунке равноплечный зигзаг, бывает неравноплечный зигзаг. Зигзаги бывают также обратными





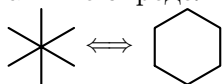
Сдвиг фазы 30% – равноплечный зигзаг, если зигзаг неравноплечный, то сдвиг фаз может быть от 0° до 60°

Треугольники бывают правые и левые. ▷ ◁

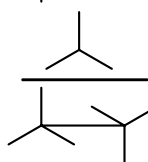


Существует соединение обмоток по схеме шестиугольника

Звезда и треугольник энергетически эквивалентны друг другу. Никакими силами не определить разницу между  

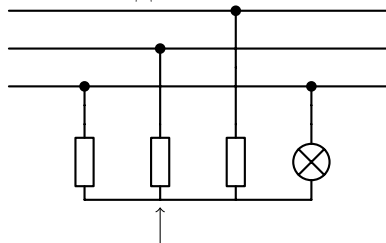


– также никакими силами не определить разницу



← 6-фазная звезда

Был 4-й провод “нулевой”, но оборвался. Если на трансформаторе написано 6кВт это фазное или линейное напряжение. 380В напряжение меряют по междуфазному. Терминология – трансформаторы называют по большему напряжению. “0” может быть физический, а может быть искусственно созданный.



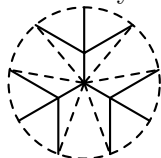
это искусственно созданный “0”

Так же искусственный ноль можно сделать в 6-ти фазной сети, подключив



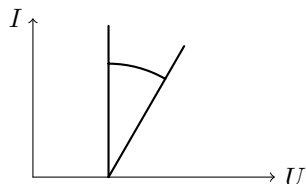
6 чайников, чего хотите.

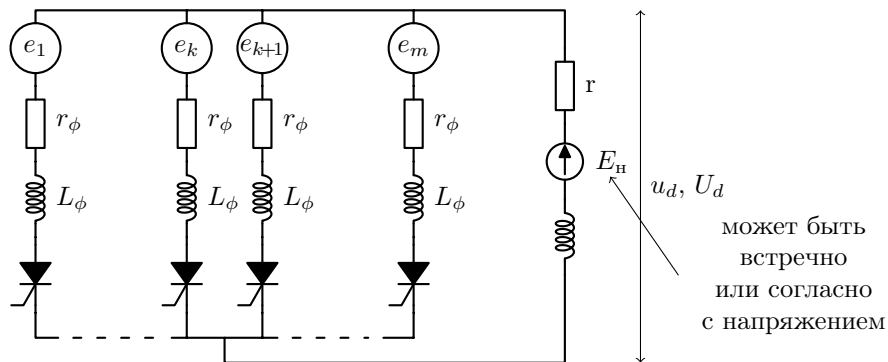
Как получить 9 фаз?



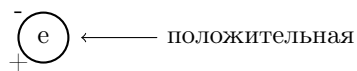
это и есть эквивалентная ЭДС. Здесь картина симметричная. Если делать 4 фазы, получится несимметричная ЭДС.

r_ϕ – эквивалентное фазное – это сопротивление К.З., учитывающее индуктивность рассеяния первичной и вторичной обмоток трансформатора.





Какая полярность нагрузки считается положительной?

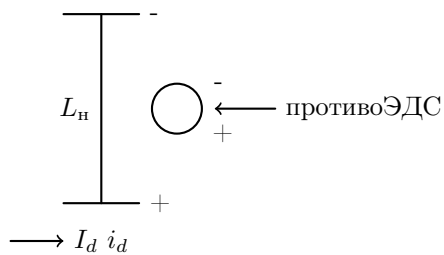


положительная, согласная с током на нагрузке.

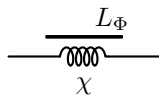
И называют её противоЭДС



Если среднее, то U_d , если на осциллографе, то u_d .



Пульсирующий постоянный ток – это плохой ток. Чтобы уменьшать пульсации в основном применяют индуктивные фильтры. Обычно индуктивности в обмотке мотора может быть достаточно. Переменная составляющая может быть мала.

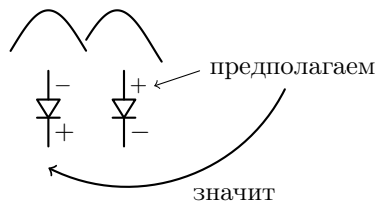


Индуктивность может насыщаться, со стальным сердечником можно $\frac{\Psi}{I}$, а большой поток, когда есть L фильтра.

$$R_d = (R_n + R_\Phi)$$

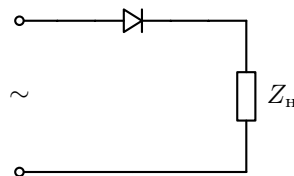
$$L_d = (L_n + L_\Phi)$$

Допущения: В самой сети фазы одинаковы, симметрично Доказываем:



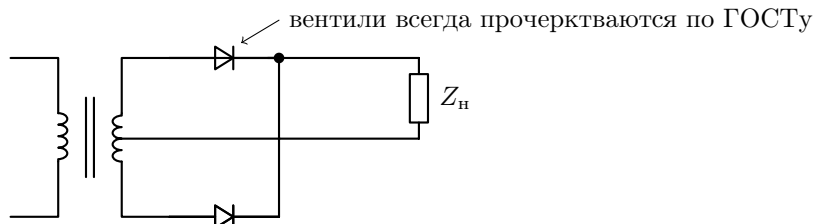
Если пренебречь сопротивлениями L_ϕ и r_ϕ то должен закрыться вентиль.

0.0.1 нулевая однофазная однополупериодная схема



Сеть пришла с m проводами.

Как считать χ пока не говорим. В нашем случае $m = 1$. У неё не и ни предыдущей ни последующей фазы. Фильтрация здесь невозможна потому что нет постоянной ЭДС, нет постоянного тока. Обязательно будет перерыв в токе. <положительная больше отрицательного>



Схема, вообще говоря, двухфазная. Называется однофазная двухполупериодная. $m = 2!$ – эквивалентное число фаз равно двум.

Несимметричная двухфазная система

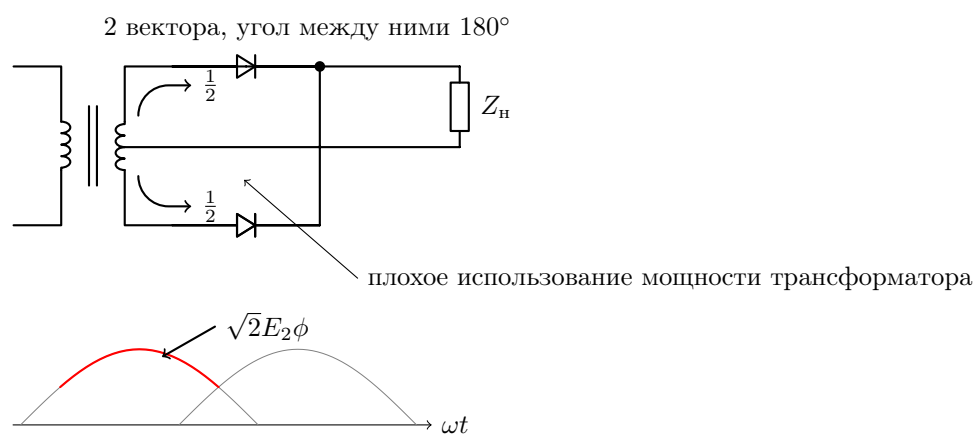
Симметричная, когда модули одинаковые. В трехфазной системе симметричных не одна, а три “нулевая”, “прямая” и “обратная”. У 5-фазных 5 штук симметрий.

Симметричная фазная система это такая, модули составляющих одинаковые и углы между составляющими одинаковы.

$\frac{2\pi}{m}$ – “прямая” симметрия.

$-\frac{2\pi}{m}$ – “обратная” симметрия.

0 - нулевая.



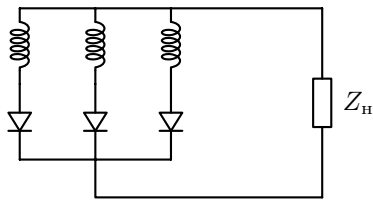

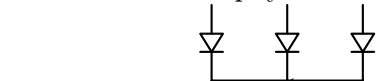


Рис. 1: трехфазная нулевая схема

ЭДС – если хотя бы на части периода сохраняет напряжение, то это ЭДС. 1 работник, 2е курят в коридоре. производительность используется на $\frac{1}{3}$. Если включил активную нагрузку, то получил бы $P \sim \frac{1}{3}$ <там среднеквадратичное>.

Если все вентили вывернем, то на нагрузке количественно ничего не

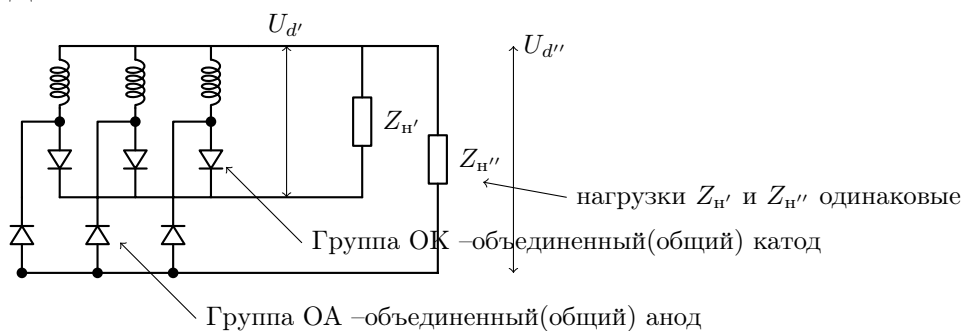
изменится если повернуть . Изменится полярность.



Исторически

Для сети немного изменится

жидкий ртутный катод <так и здесь>.

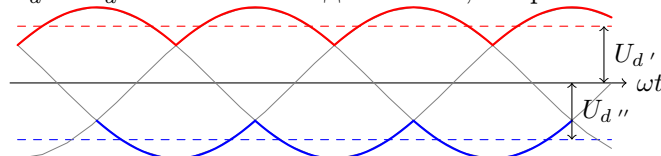


Вентили принадлежат двум группам: Группа ОК и группа ОА.

Прежде был курс ТОЭ – теоретическая часть. Силовая электроника – практическая часть, будем требовать качественно оформление отчёта.

Продукция – это техническая документация.

$U_{d'}$ и $U_{d''}$ по величине одинаковые, по фазе отличаются:



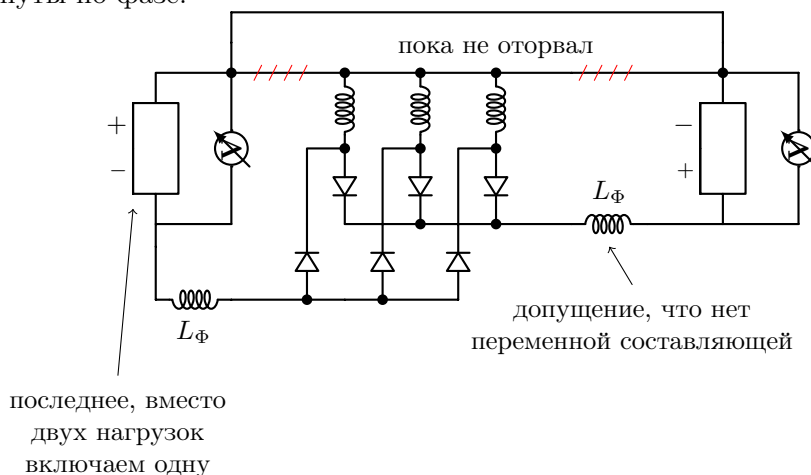
Примем допущение, что L_Φ большая а пульсации маленькие по направлению не меняются.

Постоянное $\frac{U}{R} = i$ (ток).

В нагрузке сумма $U_{\text{пост}} + U_{\text{перем}}$. Для средних $u_{d'} = u_{d''}$.

Значит токи будут одинаковыми

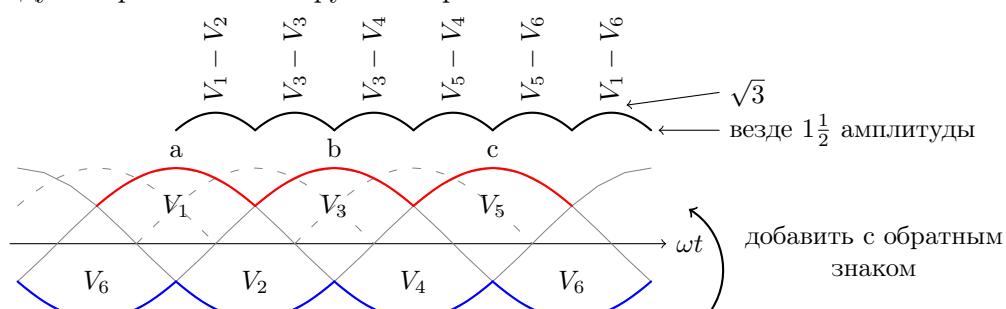
Токи одинаковые, но я оторвал: сколько втекает столько вытекает при условии что переменные пульсации равны. Пульсации равны, но сдвинуты по фазе.



0.0.2 мостовая схема

Мостовая схема представляет собой последовательное соединение двух нулевых схем, одна из которых с ОК, другая с ОА. Но так как нет соединения с нулём трансформатора, то у трансформатора "0" не нужен, и вместо звезды у трансформатора может быть треугольник.

Нулевая схема выпрямления предполагает, что все обмотки трансформатора соединены в m-фазную звезду с выведенным нулём и все концы в звезде (либо все с точкой, либо все без точки) объединены, а нагрузка включена между ... При этом на нагрузке напряжение больше

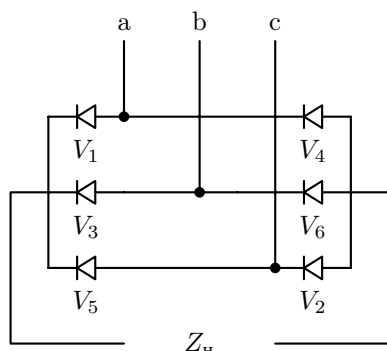


3-х пульсная кривая, <название> некрасивое, но правильное. Например:

3-х фазная нулевая - 3-х пульсная

3-х фазная мостовая - 6-ти пульсная

Амплитуде пульсаций уменьшилась.



ГОСТ требует нумеровать столбцами, здесь пронумеровано по смыслу: вентили проводят в порядке $V_5 - V_6$, $V_1 - V_6$, $V_1 - V_2$, $V_3 - V_2$, $V_3 - V_4$, $V_5 - V_4$. Это нужно запомнить.

Уменьшилась амплитуда \Rightarrow улучшились условия подавления пульсаций.

амплитуда $\nearrow \Rightarrow L \searrow$
 $\omega \nearrow \Rightarrow L \searrow$

Размах <пульсаций нулевой схемы> – 0.5

Сумма двух синусоид, также синусоида

Размах <пульсаций ... схемы> – 0.13 

При той же индуктивности ...

3-х фазная схема самая распространенная схема выпрямления.

Достоинства: в 2 раза возрастает частота пульсации. примерно в 2 раза, почему, потому что мы считали для $\alpha = 0$, при $\alpha \neq 0$ будет другая форма кривой напряжения. Примерно в два раза возрастет продолжительность протекания тока вентильных обмоток. Вентили работают $1/6$ периода, обмотки – $1/3$. Ток течёт по двум обмоткам. В 2 раза по среднеквадратичному. При том же выпрямленном напряжении в 2 раза уменьшается напряжение, прикладываемое к вентилям.

К вентилю прикладывается междуфазное линейное напряжение. В худшем случае прикладывается амплитуда.

Для высоковольтной преобразовательной техники важно

\Rightarrow Преобразуем энергию в \Rightarrow

330кВ, 1000кВ (Экибастуз-центр)

ПУЭ – правила устройства электроустановок.

Есть разные категории потребителей. Доменная печь высотой с Исаакиевский собор. Задули электрическую печь кокс+уголь+флюс. Если электроснабжение прекратилось чугун стал в “козел” – нужно выбрасывать.

больницы.

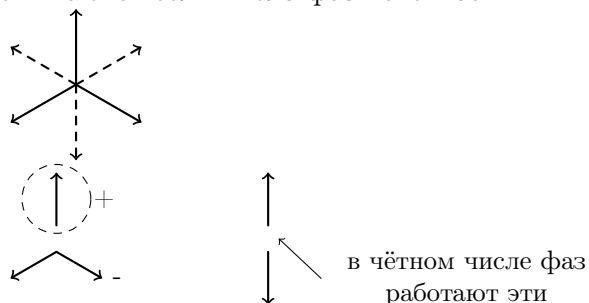
8 мостов – управляемые

один мост закорачивают.

140 вольт.

Мостовые схемы могут быть с разным числом фаз.

С пульсациями может быть не так. Амплитуда и число пульсаций уменьшаются если число фаз нечётное.



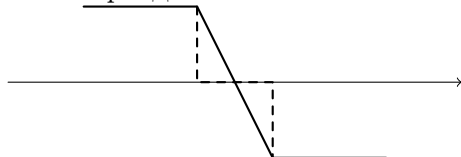
3-х фазная – 6-ти пульсная
4-х фазная – 4-ти пульсная
2-х фазная – 2-х <фазная?>

Вентили работают $1/6$ периода. 9 обмоток – вентили работают $1/9$, $2/9$ периода работают вентильные обмотки. Рост числа фаз уменьшает коэффициент использования вентили и трансформатора.

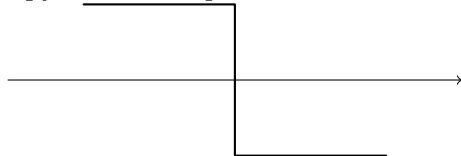
192 фазном выпрямлении эквивалентное

$2/3$ периода работает обмотка

Весь период



Грузится однофазным током



Оптимальное 2.7 между 2 и 3

\Rightarrow 12 пульсов

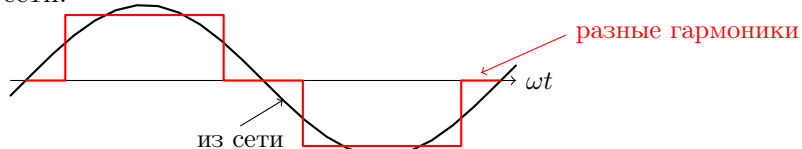
$\Rightarrow 12+12 \rightarrow 24 \rightarrow 48 \rightarrow 96 \rightarrow 192$

32 моста

Можно последовательно, можно параллельно, параллельно через реактор.

32 ванны (4 параллельных 8 штук)

Кроме улучшения гармонического состава выпрямленного напряжения и тока повышение числа фаз улучшает гармонический состав тока потребляемого из сети.



Гармоники не 50 Герц, не передают мощности, искажают ток. Это главный недостаток выпрямителей.