

Трёхфазные выпрямители

А. С. Куликов

Наибольшее распространение и известность получили трёхфазный выпрямитель по схеме академика АН СССР В. Ф. Миткевича (однополупериодный с нулевым выводом) и трёхфазный выпрямитель по схеме члена-корреспондента АН СССР А. Н. Ларионова.

Выпрямитель Миткевича

В выпрямителе Миткевича отрицательные полупериоды не используются. При этом из сети «отбираются» только полупериоды одной полярности, что приводит к перекосу сети. По вторичным обмоткам протекает однонаправленный ток, который намагничивает магнитопровод трансформатора, при этом железо трансформатора работает на смещенной от нуля части кривой намагничивания. При больших амплитудах (мощностях) это приводит к тому, что железо трансформатора входит в насыщение, форма полупериодов искажается, «срезаются» вершины полупериодов. При этом в спектре выпрямленного тока появляется большое число высокочастотных гармоник.

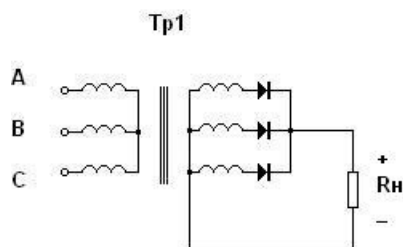


Рис.1. Схема трёхфазного выпрямителя Миткевича.

Выпрямленная эдс имеет два периода — большой (2π) и малый ($2\pi/3$). Малый период повторяется внутри большого периода (2π) 3 раза.

Средняя эдс на большом периоде равна площади под кривой делённой на длину большого периода (2π). На холостом ходу и при малых нагрузках форма кривой выпрямленной эдс синусоидальна и зеркальносимметрична, поэтому, в этих режимах, достаточно вычислить площадь под кривой на половине малого периода ($\pi/3$). Вся площадь равна шести таким площадям. Площадь под интегральной кривой равна:

$$S = 6 \int_{\pi/6}^{\pi/2} E_m \sin(\omega t) d(\omega t) = 6 E_m (-\cos(\pi/2) - (-\cos(\pi/6))) = 6 E_m \sqrt{3}/2 = 3\sqrt{3} E_m ,$$

где $E_m = \sqrt{2} E_{2\text{eff}}$ - максимальное (наибольшее) мгновенное значение эдс,

$\pi = 3,14...$ - число Пи,

$E_{2\text{eff}}$ - эффективное (действующее) значение эдс вторичной обмотки трансформатора или генератора.

Средняя эдс равна:

$$E_{sr} = 3\sqrt{3} E_m / (2\pi) = 0,83 E_m = 1,17 E_{2\text{eff}} .$$

Выпрямитель Ларионова

Выпрямитель Ларионова, в зависимости от схемы включения вторичных обмоток трансформатора (генератора) — звездой или треугольником, имеет две разновидности - «звезда-Ларионов» (рис.2) и «треугольник-Ларионов» (рис. 3), которые имеют разные

характеристики: среднее выпрямленное напряжение, эквивалентное внутреннее активное сопротивление, потери в меди и др., и работают по разному.

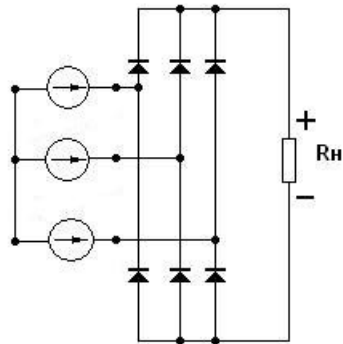


Рис.2. Трёхфазный выпрямитель «звезда-Ларионов»

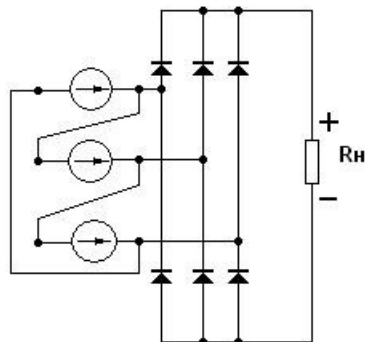


Рис.3. Трёхфазный выпрямитель «треугольник-Ларионов».

Выпрямители «три моста»

Менее известны трёхфазные выпрямители по схемам «три параллельных полных моста» (рис.4), «три последовательных полных моста» (рис.5), «двухтрансформаторный с шестью параллельными мостами» и «двухтрансформаторный с шестью последовательными мостами», которые по многим параметрам превосходят выпрямители и Миткевича и Ларионова.

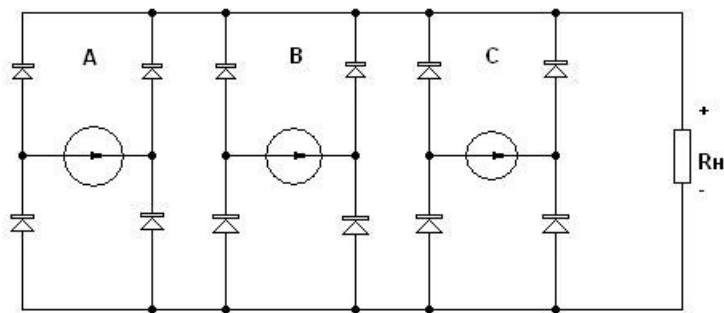


Рис.4. Схема трёхфазного выпрямителя «три параллельных полных моста».

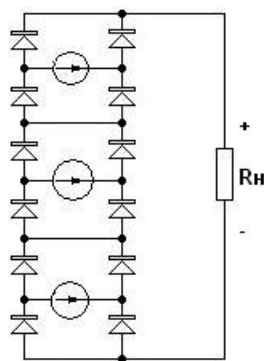


Рис.5. Схема трёхфазного выпрямителя «три последовательных полных моста».

Преимущества:

1. В режиме больших нагрузок потери в меди обмоток меньше, а полезная мощность в нагрузке больше, чем в выпрямителе «звезда-Ларионов».
2. Большой коэффициент использования габаритной мощности трансформатора.
3. Большая надёжность.
4. Использование диодов с почти вдвое меньшим средним током, а такие диоды дешевле и доступнее. Это позволяет строить на тех же диодах более мощные выпрямители.

Недостатки:

1. При малых нагрузках открыт и работает на нагрузку почти один мост, при этом эквивалентное внутреннее активное сопротивление почти равно сопротивлению одной обмотки. Выпрямитель «треугольник-Ларионов» в этих режимах имеет эквивалентное внутреннее активное сопротивление около $2/3$ от сопротивления одной обмотки.
2. Почти в два раза большее число деталей и соединений.