

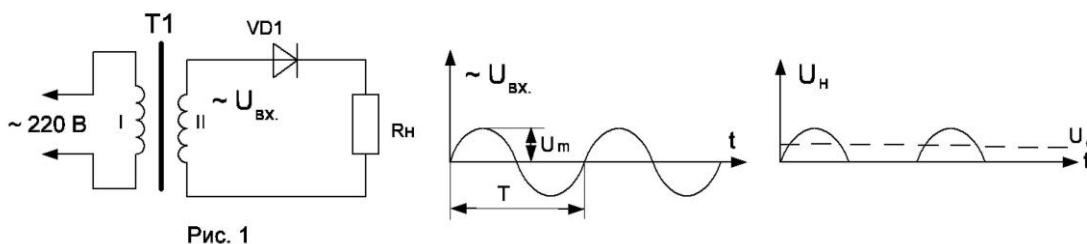
Типи випрямлячів змінного струму

Випрямлення — перетворення змінного струму у постійний. Для випрямлення використовуються електричні пристрої, які пропускають струм тільки в одному напрямку — діоди. Типи випрямлячів:

- однопівперіодні — пропускають в навантаження тільки одну півхвилю;
- двопівперіодні (випрямляч з нульовим виводом трансформатора) — пропускають в навантаження обидві півхвилі;
- двопівперіодні (мостова схема) — пропускають в навантаження обидві півхвилі;
- схема подвоєння напруги- два однопівперіодні випрямлячі ввімкнені послідовно- пропускають в навантаження обидві півхвилі;
- схема помноження напруги

Однопівперіодний випрямляч

На **Рис. 1** показана схема й принцип дії однопівперіодного випрямляча. Використовуючи односторонню провідність напівпровідникового діода, струм у зворотному напрямку відтинається.

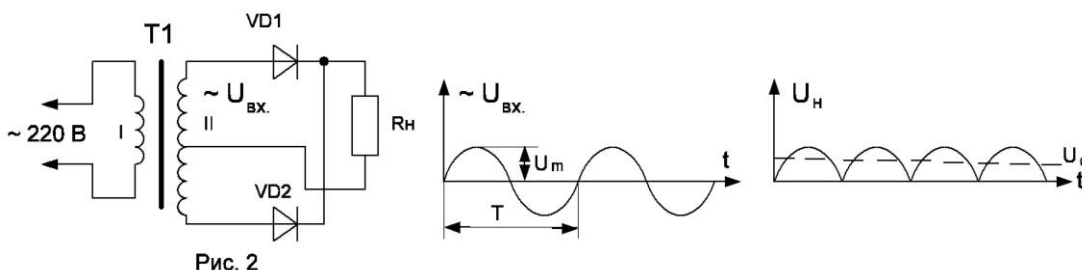


При встановленні на верхній частині вторинної обмотки трансформатора полярності "+", а на нижній "-" діод VD1 відкривається і струм протікає від вторинної обмотки трансформатора через навантаження Rн. При зміні полярності напруги на первинній обмотці трансформатора — діод VD1 закритий і струм через навантаження не протікає. Перевагою однонапівперіодної схеми є те, що використовується лише один діод. Недоліками даної схеми є малий ККД і велика пульсація напруги на Rн. В практиці схема використовується для живлення пристроїв автоматики і телемеханіки а також широко використовується в імпульсних випрямлячах на високих частотах.

Якість вихідної енергії:

- частота пульсацій: $f_{\text{випр.}} = f_{\text{мережі}} = 50 \text{ Гц}$
- пульсність: $m = f_{\text{випр.}} / f_{\text{мережі}} = 1$
- середнє значення випрямленої напруги: $U_d = U_m / \pi = 0.318 \cdot U_m$
- коефіцієнт пульсації вихідної напруги: $\pi/2 = 1,57$

Двopівперіодний випрямляч з нульовим виводом трансформатора (схема Гретца)



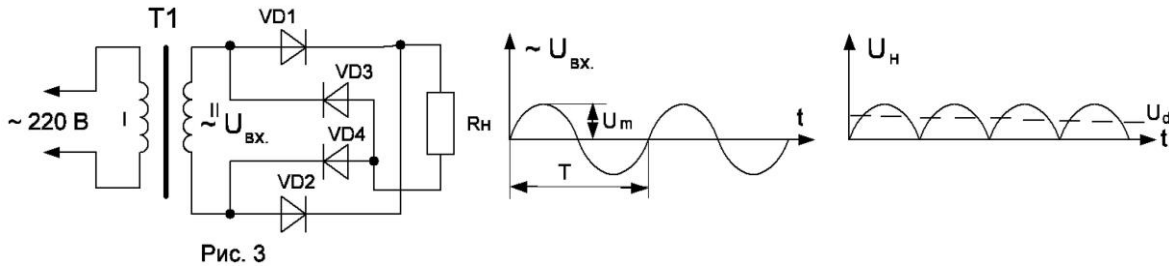
На відміну від однофазного однопівперіодного випрямляча в однофазному випрямлячі з нульовим виводом струм у навантаженні протікає двічі за період у тому ж самому напрямку. При встановленні на верхній частині вторинної обмотки трансформатора полярності "+", а на нижній "-" відкривається діод VD1 (VD2 закритий) і струм протікає від вторинної обмотки через навантаження Rн. При зміні полярності на виводах вторинної обмотки трансформатора — діод VD2 відкритий (VD1 закритий), струм проходить через навантаження Rн. При цьому зворотня напруга на діодах буде вдвічі більшою, ніж на навантаженні Rн. Магніторушійні сили, що зумовлені постійними складовими струмів вторинних обмоток направлені зустрічно. Тому перевагою схеми є відсутність вимушеного підмагнічування осердя трансформатора. Недоліком цієї схеми є неповне

використання трансформатора — в кожен момент часу працює лише одна половина вторинної обмотки. Схема використовується досить часто, при невеликих потужностях для живлення різних радіоелектронних пристроїв.

Якість вихідної енергії:

- частота пульсацій: $f_{випр.} = 2 \cdot f_{мережі} = 100 \text{ Гц}$
- пульсність: $m = f_{випр.} / f_{мережі} = 2$
- середнє значення випрямленої напруги: $U_d = U_m / \pi$
- коефіцієнт пульсації вихідної напруги: $K_p = U_m / U_d = 0.67$

Двопівперіодний випрямляч- мостова схема



Для збільшення потужності випрямленого струму використовується мостова схема. Чотири діоди під'єднані таким чином, що під час половини періоду працюють лише два з них, а під час наступної половини — два інші, даючи корисний струм в тому ж напрямку. При встановленні на верхній частині вторинної обмотки трансформатора полярності "+", а на нижній "-" струм від вторинної обмотки протікає по колу VD1, Rн, VD4. При зміні полярності на виводах вторинної обмотки трансформатора — по колу VD3, Rн, VD2. Перевагою мостового однофазного мостового випрямляча є те, що у цієї схеми вдвічі менша зворотня напруга на вентилях, порівняно зі схемою з нульовим виводом та високий коефіцієнт використання потужності трансформатора.

Недоліком схеми є необхідність застосування чотирьох діодів, що призводить до підвищених втрат в них і більшому падінню напруги в випрямлячі. Використовується в практиці найчастіше для живлення різних радіоелектронних пристроїв. У разі використання мостової схеми напруга на навантаженні пульсуюча, подібна за формою до випрямленої напруги на навантаженні в схемі з виводом середньої точки вторинної обмотки трансформатора, але вдвічі більша за значенням за умови однакових напруг $2u(t)$ на вторинній обмотці трансформатора. Якщо порівняти мостову схему й схему з виводом середньої точки вторинної обмотки трансформатора, які забезпечують **однакові параметри випрямленої напруги**, то можна виділити такі **переваги** мостової схеми:

□ значення зворотної напруги на закритих діодах і діюче значення напруги на вторинній обмотці трансформатора вдвічі менші у мостовій схемі; не має потреби у виводі середньої точки трансформатора; вдвічі менша кількість витків вторинної обмотки трансформатора, менша розрахункова потужність трансформатора, отже, трансформатор легший і дешевший.

Недоліком мостової схеми вважається наявність чотирьох діодів. Однофазні мостові схеми випрямлення широко застосовують у електропристроях малої потужності.

Якість вихідної енергії:

- частота пульсацій: $f_{випр.} = 2 \cdot f_{мережі} = 100 \text{ Гц}$
- пульсність: $m = f_{випр.} / f_{мережі} = 2$
- середнє значення випрямленої напруги: $U_d = U_m / \pi$
- коефіцієнт пульсації вихідної напруги: $K_p = U_m / U_d = 0.67$

Однофазний двотактний випрямляч із подвоєнням напруги (випрямляч за схемою Латура-Делона-Гренашера)

Модифікація випрямляча виконаного за схемою Гретца дозволяє отримати подвоєну вихідну напругу за однаковим значенням вхідної напруги із заміною двох діодів двома конденсаторами. Такий випрямляч має назву - випрямляч за схемою Латура- Делона- Гренашера. У випрямляч за цією схемою входять два діода та два конденсатори, які утворюють з однією і тією ж обмоткою трансформатора два одностактні випрямлячі Кожен з випрямлячів працює на «свій» конденсатор та, й створює на них випрямлену напругу відповідно. Напруга на виході випрямляча дорівнює сумі цих двох напруг. Проаналізуємо режим холостого ходу, тобто Rн відсутній. Тоді кожен з конденсаторів заряджений до максимальної напруги, й вони не розряджаються. Якщо до випрямляча підключити навантажувальне коло Rн - конденсатори дещо розряджаються і напруга

знизиться. Таким чином, за схемою Латура можна отримати на виході помножену майже у 2 рази випрямлену напругу. Зарядні струми конденсаторів і дорівнюють один одному і протікають через вторинну обмотку в протилежних напрямках, тому в трансформаторі немає вимушеного підмагнічування магнітопроводу. Схема випрямляча з подвоєнням напруги приведена на **рис. 4**

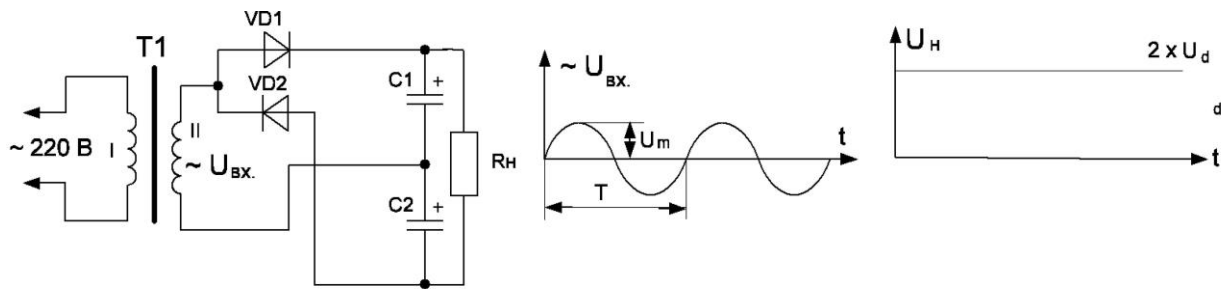


Рис. 4

Якість вихідної енергії:

- частота пульсацій: $f_{випр.} = 2 \cdot f_{мережі} = 100 \text{ Гц}$
- пульсність: $m = f_{випр.} / f_{мережі} = 2$
- середнє значення випрямленої напруги: $U_d = 2 \cdot U_d$
- коефіцієнт пульсації вихідної напруги: $K_p = U_m / U_d = 0.67$

Помножувач напруги (схема Кокрофта-Уолтона)

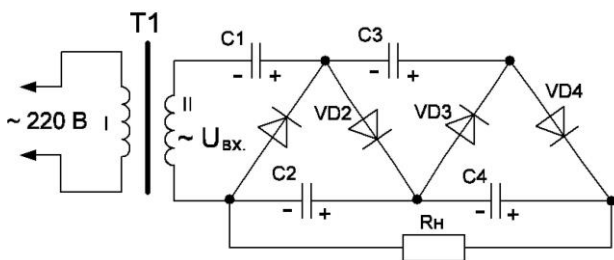


Рис. 5

Помножувач напруги (або каскадний генератор) — пристрій, що перетворює низьку змінну (пульсуючу) напругу у високу постійну. У кожному окремому каскаді змінна напруга випрямляється, а випрямлені напруги включаються послідовно і таким чином сумуються. Зв'язок каскадів з джерелом живлення здійснюється через ємності або за допомогою взаємної індукції. Живлення каскадів може бути як послідовним, так і паралельним. Амплітуда напруги на виході помножувача напруги теоретично в ціле число разів вище, ніж на вході. У реальних схемах будь-яке навантаження буде зменшувати отриману напругу. Навантажувальна здатність помножувача пропорційна частоті, величині ємностей конденсаторів, що входять до його складу і обернено пропорційна числу ланок. Серед ємнісних каскадних генераторів з послідовним живленням найбільш поширені несиметричний генератор Кокрофта-Уолтона (вперше побудований в 1932 році англійськими вченими Дж. Кокрофт і Е. Уолтон. Традиційна область застосування електрофізичних апаратура, і в першу чергу високовольтні прискорювачі великої потужності. Кожен діод і конденсатор утворюють «ланку» і ці ланки можна з'єднувати послідовно до отримання напруги в кілька десятків кіловольт. Звичайно, для цього вхідна напруга теж має бути досить великою. На **рис. 5** зображений чотирьохланковий помножувач напруги і на виході ми отримуємо напругу, яка в чотири рази перевищує вхідну ($U_{вх}$). Ці випрямлячі набули великого поширення там, де потрібно отримати високу напругу при досить малому струмі. Наприклад, за такою схемою були виконані джерела високої напруги в старих телевізорах і осцилографів для живлення анода електронно-променевої трубки. Зараз такі джерела живлення використовуються в наукових лабораторіях, в детекторах елементарних частинок, в медичній апаратурі (люстра Чижевського) і в зброї самооборони (електрошокер). При повторенні подібних конструкцій і підборі деталей, слід враховувати робоча напруга, як діодів, так і конденсаторів виходячи з напруги, яке ви хочете отримати. Весь помножувач напруги, як правило, заливається спеціальним компаундом або епоксидною смолою, щоб уникнути високовольтних пробів між елементами схеми.

Стенд- п'ять типів випрямлячів змінного струму

Схеми описаних вище випрямлячів з конденсаторами для фільтрації випрямленої напруги доцільно змонтувати в одному корпусі і отримаємо стенд для демонстрації різних схем випрямлячів. Стенд можливо використовувати і для лабораторної роботи по визначенню коефіцієнта пульсацій на виході випрямляча. Про роботу кожного з випрямлячів було описано вище. Однопівперіодний випрямляч немає вихідних гнізд, а використовується лише для живлення індикаторного світлодіода HL1. Чотири випрямляча мають вихідні гнізда і напругу 32 В, 16 В можливо використовувати для живлення різних радіоелектронних пристроїв з навантаженням до 300 мА. Для безпечного користування стендом в вихідний ланцюг випрямляча на 240 В встановлено резистор на 47 кОм, таким чином обмежено вихідний струм до 5 мА, що безпечно для людини. Якщо проводити вимірювання вихідної напруги 240 В, то необхідно врахувати внутрішній опір (47 кОм) випрямляча. До випрямляча на 240 В можливо підключати індикатори тліючого розряду і спостерігати їх роботу. Так для підключення індикатора ИН-4 необхідно «+» 240 В подати на 1-й анод- 13-а «ніжка», а «-» на інші «ніжки» індикатора (виводи електродів: при виконанні з двома анодами: 1 - цифра 4; 2 - цифра 6; 3 - цифра 8; 4 - екран; 5 - цифра 9; 6 - цифра 7, 7 - не підключений; 8 - цифра 0; 9 - цифра 2; 10 - анод другий; 11 - цифра 3; 12 - цифра 5; 13 - анод перший; 14 - цифра 1; при виконанні з одним анодом: «+» подати тільки на 13 «ніжку»).

Для стенда, схема якого приведена на **Рис. 6** можливо використати любий понижувальний трансформатор з п'ятьма вторинними обмотками, Потужність трансформатора 20...30 Вт. Можливо, щоб обмотки мали різні вихідні напруги- це не має особливого значення. Якщо використати трансформатор з такими вихідними напругами, як на приведеній схемі, то ці випрямлячі можливо використати в практиці для живлення радіоапаратури, пристроїв автоматики. Для живлення радіоприймачів на 9 В необхідно виготовити стабілізатор напруги (СН) і з ± 16 В отримати стабілізовані ± 9 В. Схема СН приведена на **Рис. 7**. Для захисту схеми при неправильному підключенні (по полярності) в схему введено діод VD1. На транзисторі VT1 (на радіаторі з $S = 25 \text{ см}^2$) зібрано емітерний повторювач, тобто на його виході буде напруга на 1 В менша, ніж на стабілітроні VD2, тому стабілітрон використано на 10 В. Світлодіод HL1- індикатор наявності напруги на виході СН.

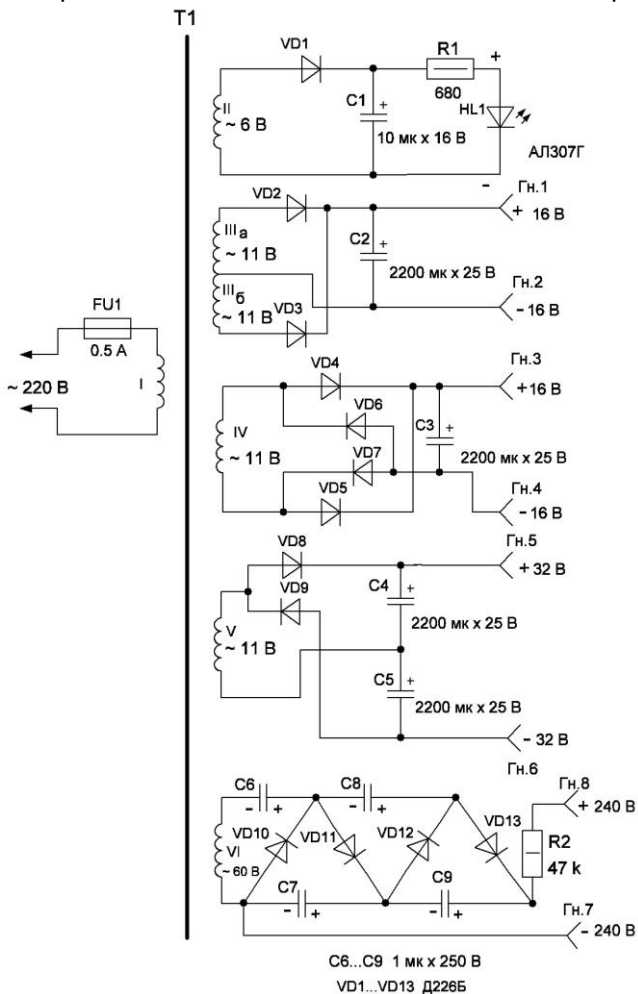


Рис. 6

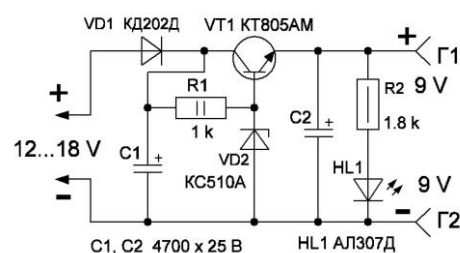


Рис.7

Габаритні розміри корпусу: 220 x 80 x 50 мм. Корпус пластмасовий, верхня і бокові стінки прозорі, з органічного скла. Зовнішній вигляд стенду і стабілізатора напруги на 9 В показано на **фото 1**. Якщо необхідно отримати стабілізовану напругу ± 12 В, то замість стабілітрона КС510А необхідно застосувати стабілітрон типу Д814Д. Аналогічну схему стабілізатора, при необхідності, можливо зробити і на 24 В і з 32 В отримати стабільну напругу ± 24 В. Для цього необхідно конденсатори С1 взяти на робочу напругу 35, або 40 В, а замість стабілітрона VD2 встановити два стабілітрона: Д814Д і Д814Г включених послідовно. Таким чином крім демонстрації різних типів випрямлячів пристрій можливо використовувати для живлення різної радіоелектронної апаратури: радіоприймачі, підсилювачі, прилади автоматики і телемеханіки.



Фото 1. Стенд- п'ять типів випрямлячів змінного струму, стабілізатор напруги на ± 9 В, індикатор ИН- 4

Автор: Бабин Дмитро Святославович