

ЩО ТАКЕ ВИПРЯМЛЯЧ

Для чого потрібні випрямлячі

Як відомо, електрична енергія виробляється, розподіляється та споживається переважно у вигляді енергії змінного струму. Так зручніше. Проте споживачі електричної енергії є різні. Для споживачів змінного струму (асинхронних та синхронних електричних двигунів, трансформаторів, люмінесцентних ламп) важливо, щоб споживаний ними струм був знакозмінним (найкраще – синусоїдальним). Частота зміни знаку струму стандартизована (в Україні – 50 Гц). Інші споживачі потребують, щоб струм був одного знаку. До таких належать електричні двигуни постійного струму, акумуляторні батареї під час їх заряду, гальванічні та електролізні ванни, зварювальні установки, електронні мікросхеми тощо). Їх називають споживачами постійного струму.

Випрямляч – напівпровідниковий перетворювач енергії, призначений для перетворення електричної енергії змінного струму на енергію постійного струму. Потреба у використанні випрямляча виникає тоді, коли для живлення споживача постійного струму необхідно використати енергію з джерела змінного струму (наприклад, промислової або побутової мережі змінного струму). У такому випадку випрямляч вмикають між джерелом змінного струму та споживачем постійного струму.

Випрямлячі широко використовуються в блоках живлення комп'ютерів, агрегатах безперебійного живлення, зарядних пристроях для мобільних телефонів та ноутбуків, на перетворювальних підстанціях електричного транспорту, в електроприводах постійного струму, різноманітних електронних схемах.

Які бувають випрямлячі

Якщо завданням випрямляча є лише перетворення роду струму (випрямлення), їх будують на основі некерованих вентилів (діодів). У випадку, коли на випрямляч покладено також регулювання рівня напруги, подаваної до споживача, необхідно використання керованих вентилів (тиристорів). Такого регулювання вимагає, наприклад, електричний двигун постійного струму для зміни швидкості обертання.

Залежно від кількості фаз живильної мережі розрізняють однофазні випрямлячі та трифазні.

За рівнем потужності випрямлячі поділяють на малопотужні (випрямлячі сигналів) та потужні або силові.

Вентилі

Сучасні вентилі є звичайно напівпровідниковими (малопотужні – на основі кристалів германію, більш потужні – кремнієві). Не вдаючись у подробиці їх внутрішньої побудови та фізичних принципів функціонування, розглянемо лише споживчі властивості.

Найпростіший з вентилів (**діод**) є некерованим. Він має два виводи (анод А та катод К, див. рис. 1) та може проводити струм лише в одному напрямку – від аноду до катода. Якщо до аноду прикласти позитивний потенціал, а до катода – від’ємний (як на рис. 1а), діод буде відкритий та ним протікатиме струм. Якщо поміняти напрям вмикання діода (як на рис. 1б) або джерела живлення U , діод буде закритий та струм буде відсутній. Будемо вважати, що діод – ідеальний вентиль (тобто його внутрішній опір у відкритому стані дорівнює нулю, а у закритому – безкінечності). Графічне позначення діода на електричних схемах схоже на стрілку, яка показує єдиний можливий напрямок протікання струму. Аби відрізнити на схемі один діод від інших, поряд із їх графічним позначенням пишуть букви VD та поточний номер діода (наприклад, $VD1$).

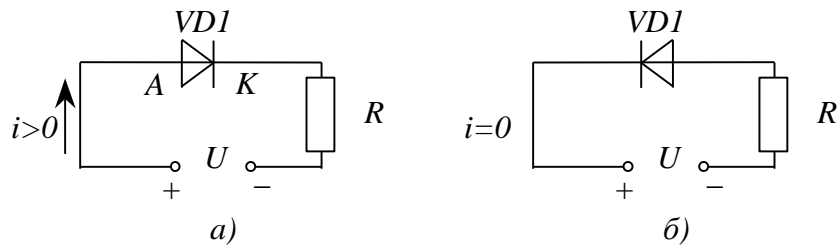


Рис. 1. Способи вмикання діода (а – прямий, б – зворотній)

Тиристор є вентилем керованим. Окрім анода та катода, він має третій вивід (керуючий електрод КЕ на рис. 2). Він також проводить струм лише в одному напрямку (від анода до катода). Для його відкриття необхідно виконати дві умови:

- подати до анода позитивний потенціал відносно катода (як для діода);
- забезпечити протікання в колі між керуючим електродом та катодом струму керування i_k , направленою як на рис. 2а.

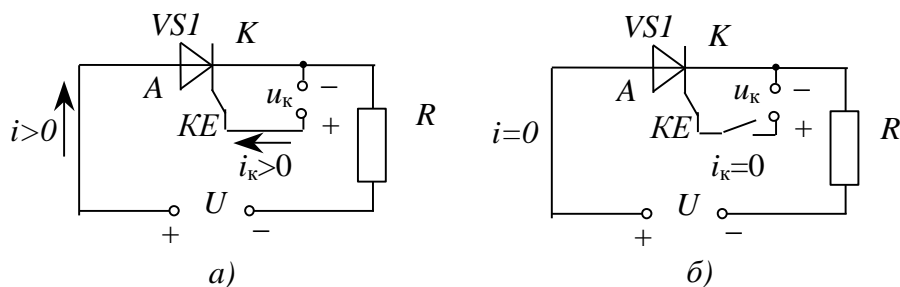


Рис. 2. Два стани тиристора (а – відкритий та б – закритий)

Для забезпечення протікання струму керування використовують додаткове джерело напруги керування u_k . Величина струму керування набагато менша від струму між анодом та катодом (тобто силового струму). Якщо коло керуючого електрода розімкнути (як на рис. 2б), струм керування буде відсутній, і тиристор не відкриється. Графічне позначення тиристора подібне до позначення діода, проте має третій вивід КЕ. Нумерацію тиристорів на схемах здійснюють із використанням букв VS . Завдяки наявності керуючого електрода тиристор стає керованим вентиляем. Він відкриється лише тоді, коли буде виконано не лише першу умову його відкриття, а й другу. Тому струм керування можуть подавати не одразу після виконання першої умови, а дещо пізніше. Цей струм подається від спеціальної системи керування. Надалі ми не будемо зображувати коло, яким протікає струм керування.

Тиристор має одну особливість: він відкривається за допомогою керуючого електрода, проте закривається лише тоді, коли струм між анодом та катодом зникне. Домогтися цього за допомогою керуючого електрода неможливо. Тому тиристор іноді називають півкерованим вентиляем.

Конструкція діодів малої потужності показана на рис. 3. У верхнього діода (більш потужного за нижні) катод розташований з лівого боку. Знизу зображено діодний місток (про них нижче).

Більш потужні діоди та тиристори зображено на рис. 4. Катод звичайно має різьбу, якою закріплюється на охолоджувачі, анод – гнучкий вивід. Охолоджувачі (рис. 5), відводячи тепло від вентиля, запобігають їх перегріванню. Найбільш потужні прилади мають таблеткову конструкцію (див. нижню частину рис. 4), яка забезпечує відвід тепла назовні від обох торців (праворуч на рис. 5).

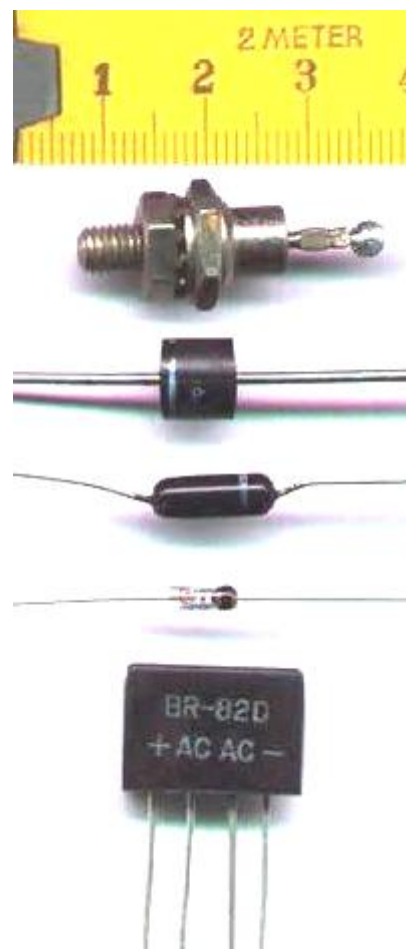


Рис. 3. Діоди

Найпростіший випрямляч

Випрямляч (рис. 6а) живиться від джерела знакозмінної (звичайно синусоїдальної) напруги u . Він складається лише з одного діода. Будемо вважати, що навантаження випрямляча – споживач із суто активним внутрішнім опором (R). Струм, який протікає навантаженням, та напруга, прикладена до нього, позначені на рис. 6б індексами d (від англ. *Direct* –

постійний). Діод відкритий лише тоді, коли до анода прикладається позитивний потенціал (напруга джерела позитивна, перший півперіод на рис. 6б).



Рис. 4. Потужні діоди та тиристори

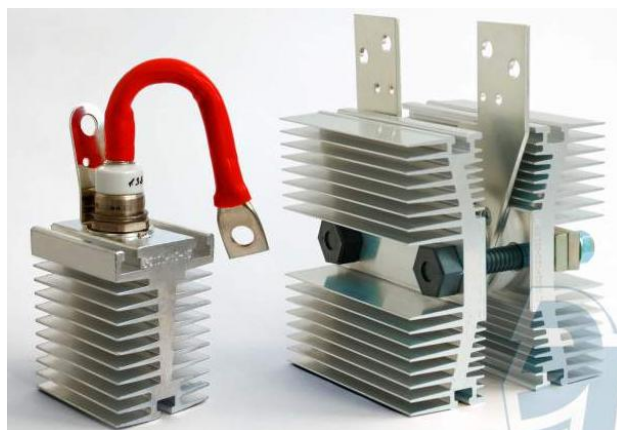


Рис. 5. Тиристори з охолоджувачами

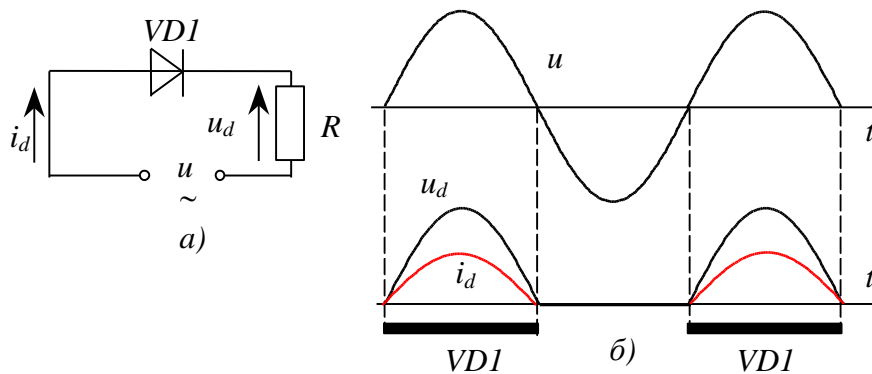


Рис. 6. Процеси у найпростішому випрямлячі

До навантаження через відкритий діод подається напруга від джерела. Струм, який протікає колом «джерело u – діод – навантаження» за чисто активного навантаження повторює за формою напругу: $i_d = \frac{u}{R}$. Тому зі зниженням напруги до нуля зникає і струм, а діод закривається. На наступному півперіоді, коли напруга джерела від'ємна, струм відсутній, напруга на навантаженні дорівнює нулю. Після того, як напруга джерела знову стає позитивною, відкривається діод, і до навантаження знову прикладається напруга. Таким чином, завдяки випрямлячеві напруга на навантаженні (**випрямлена напруга u_d**) містить у собі лише позитивні півперіоди напруги живлення u , а **випрямлений струм $i_d = \frac{u_d}{R}$** повторює за формою випрямлену напругу. У нижній частині рис. 6б зображена діаграма роботи діода (чорна лінія показує інтервали часу, коли діод відкритий).

Мостовий випрямляч

Щойно розглянута схема використовується лише для живлення споживачів малої потужності. Більш розповсюджена мостова схема (рис. 7а).

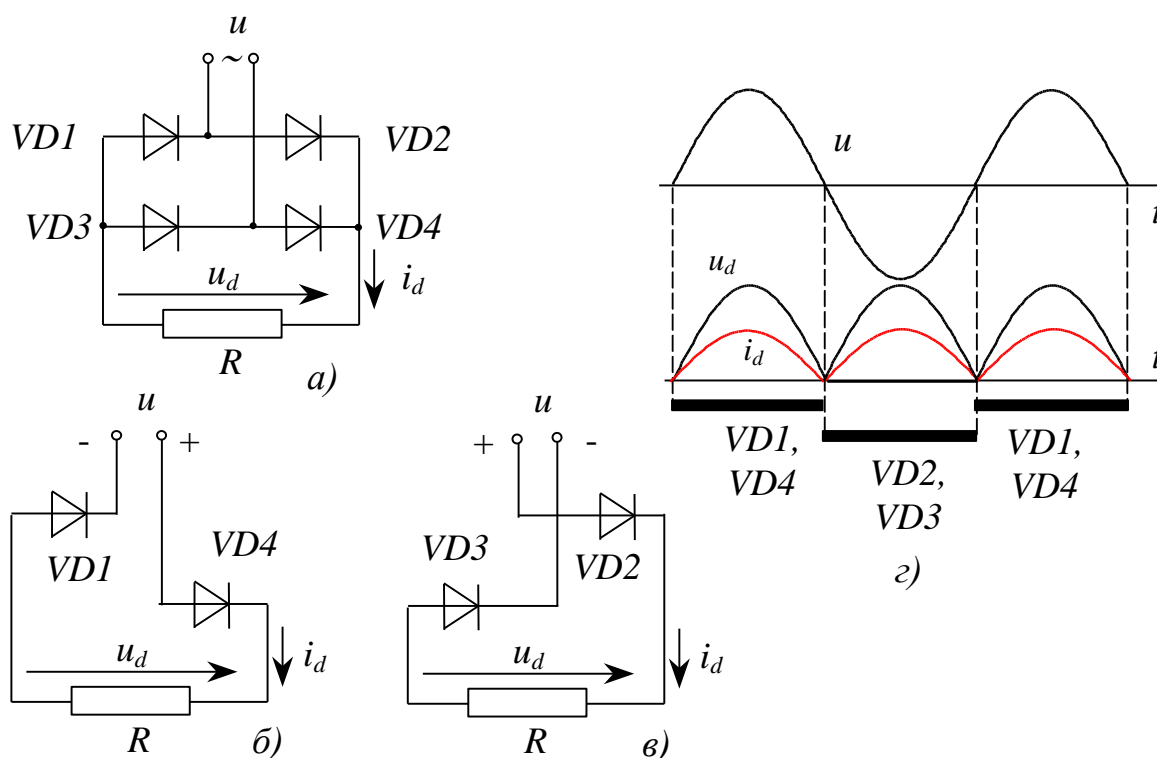


Рис. 7. Мостовий випрямляч

До її складу входять чотири діоди, які працюють попарно-почергово. На першому півперіоді живильної напруги (права клемма джерела має позитивний потенціал) відкриті діоди $VD1$ та $VD4$, утворюється шлях протікання струму, зображений на рис. 7б. До навантаження прикладається позитивна напруга. На другому півперіоді відкриті $VD2$ та $VD3$, а струм протікає, як показано на

рис. 7в (у навантаженні – у тому ж напрямку). До навантаження знову прикладена позитивна напруга. Випрямлені напруга та струм у часі змінюються згідно рис. 7г. Оскільки обидва півперіоди напруги живлення є робочими, середнє значення випрямленої напруги вдвічі більше порівняно зі схемою рис. 6а. Мостові діодні випрямлячі невеликої потужності випускають у вигляді т.з. «діодних містків» (знизу на рис. 3).

Якщо потрібно не тільки формувати на навантаженні знакопостійну напругу, а й змінювати в разі потреби її середнє значення (для регулювання зварювального струму, швидкості електродвигуна), замість діодів у випрямлячах використовують тиристори (рис. 8а). Якщо тиристори отримують до кола керування керуючий струм одразу, коли напруга на їх анодах стає позитивною, тиристори працюють як діоди, і процеси в схемі нічим не відрізняються від розглянутих раніше. Якщо ж затримати подачу струму керування, відкривання тиристорів відбудеться пізніше (на рис. 8б – по закінченні часу затримки t_3). Доки тиристори закриті, струм відсутній, і напруга до навантаження не прикладається. З кривої випрямленої напруги «вирізається» певна ділянка, і середнє цієї значення напруги зменшується. Збільшення затримки t_3 призводить до подальшого зменшення середньої випрямленої напруги.

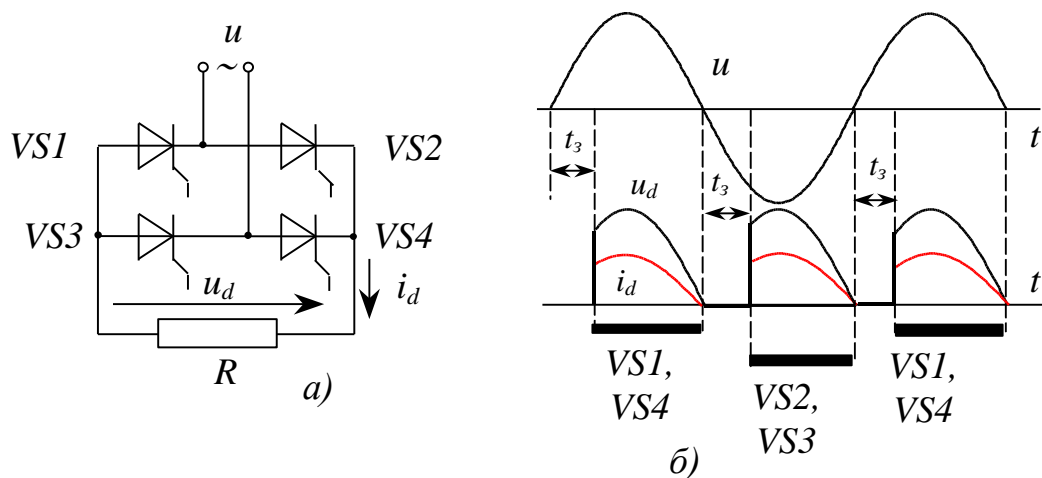


Рис. 8. Тиристорний мостовий випрямляч

Тиристорні випрямлячі використовуються в електроприводах постійного струму для живлення обмоток якоря та збудження електродвигунів постійного струму. На рис. 9 показаний зовнішній вигляд подібного електропривода. Окрім суто випрямляча, до його складу входять мікропроцесорні системи керування тиристорами та швидкістю і моментом електричного двигуна, дисплей та пульт керування для діалогу з користувачем, а також додаткові елементи, які забезпечують функціонування електропривода. Випрямлячі великої потужності розташовуються в електричних шафах (рис. 10).



Рис. 9. Сучасний електропривод постійного струму на базі тиристорного випрямляча



Рис. 10. Потужний випрямляч