

ЩО ТАКЕ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЧАСТОТИ?

Застосування перетворювачів енергії в електроприводі обумовлене в основному необхідністю регулювання швидкості обертання електродвигунів. У більшості первинних джерел електроенергії (промислова та побутова мережі змінного струму, контактна мережа електротранспорту, акумулятор) рівень вихідної напруги та його частота є незмінними. Зміна швидкості обертання двигуна постійного струму звичайно здійснюється шляхом зміни рівня напруги, що подається до обмотки якоря. Для цього поміж двигуном та живильною мережею вмикають спеціальний перетворювач електричної енергії – керований випрямляч. При застосуванні двигунів змінного струму з тією ж метою використовують перетворювачі частоти (ПЧ, частотні перетворювачі, «частотники»). Саме такі перетворювачі останніми роками розвивалися найбільш динамічно і фактично змінили лице сучасного електропривода.

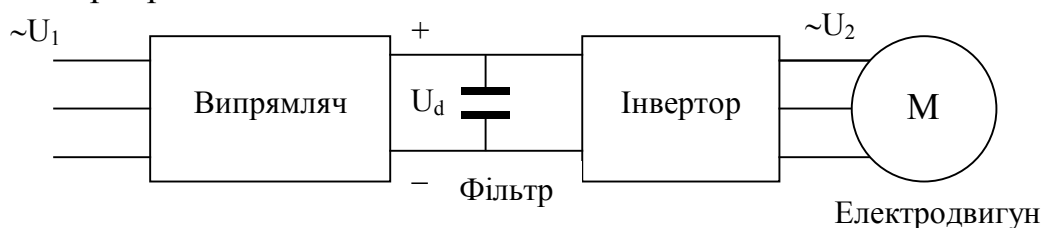


Рис. 1 Загальна структура перетворювача частоти

Більшість сучасних перетворювачів частоти мають два каскади перетворення енергії та складаються з випрямляча, згладжувального фільтра та інвертора (рис. 1). Випрямляч перетворює енергію змінного струму на енергію постійного струму, фільтр згладжує пульсації вихідної напруги випрямляча, а інвертор здійснює зворотне перетворення, перетворюючи енергію постійного струму на енергію змінного струму, проте з регульованими рівнем напруги та його частотою.

Випрямляч

У більшості випадків випрямляч живиться від трифазної мережі змінного струму, проте ми розглянемо принцип його дії на прикладі однофазного випрямляча, що використовується в малопотужних перетворювачах частоти (рис. 2). Процеси у випрямлячі показані на рис. 3.

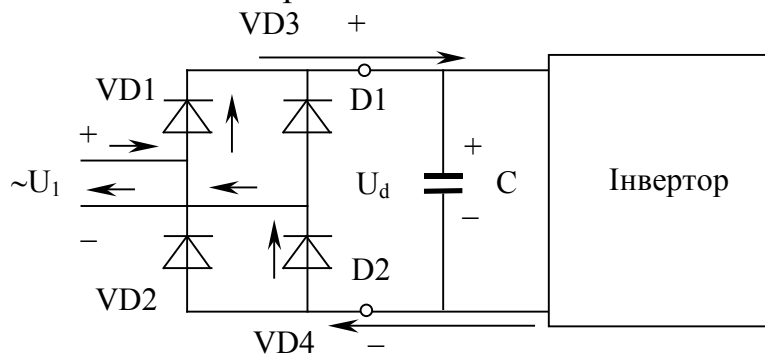


Рис. 2 Схема однофазного випрямляча

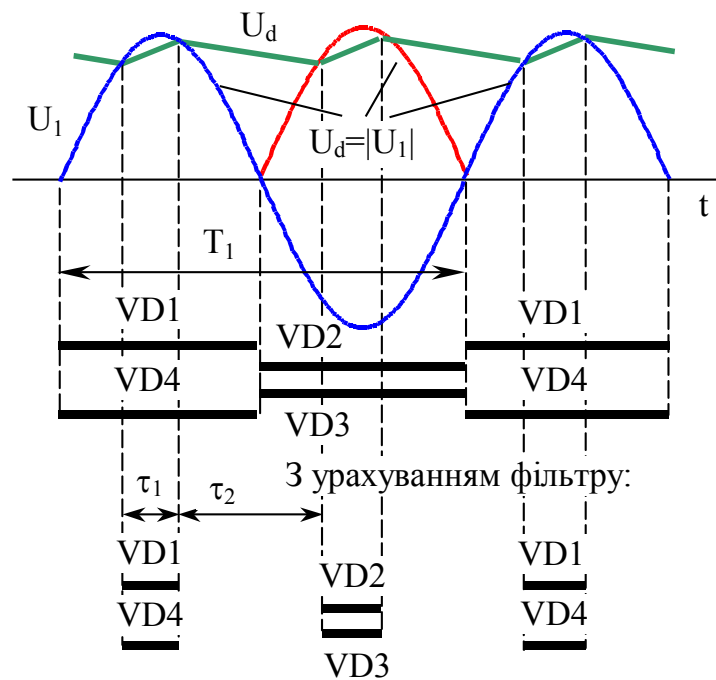


Рис. 3 До принципу дії випрямляча

Випрямляч складається з 4 діодів VD1...VD4. Напряга джерела живлення U_1 знакозмінна синусоїдальна, що змінюється з частотою $f_1=50$ Гц (синя лінія на рис. 3). Для відкриття діода необхідно, щоб до його аноду (нижня клемма діода на рис. 2) був прикладений позитивний потенціал, а до катоду (верхня клемма) – від’ємний. Тому, живильна напруга позитивна (полярність позначена на рис. 2), можуть відкритися лише діоди VD1 та VD4.

Якби конденсаторний фільтр С був відсутній, струм протягом половини періоду T_1 протікав би від позитивного полюсу джерела U_1 діодом VD1, інвертором, діодом VD4 до від’ємного полюсу джерела (за стрілкою на рис. 2). При цьому на вихід випрямляча через відкриті діоди подавалася б напруга, що чисельно дорівнює $U_d=U_1$ (на вихідній клемі D1 випрямляча наявний позитивний потенціал, на клемі D2 – від’ємний). На другій половині періоду, коли полярність напруги живлення від’ємна, відкриваються діоди VD2 та VD3. До виходу випрямляча через них надходить напруга зі входу, але з протилежним знаком (червона лінія $U_d=-U_1$ на рис. 2). Завдяки цьому, не зважаючи на зміну знаку напруги живлення, полярність напруги на клеммах D1 та D2 не змінюється, а форма його в функції часу має вигляд випрямленої синусоїди.

Якщо врахувати наявність на виході випрямляча конденсаторного фільтра С, характер процесів буде дещо іншим. Конденсатор заряджений від випрямляча з полярністю, вказаною на рис. 2. Доки напруга на конденсаторі менша від напруги мережі U_1 , протягом часу τ_1 триває дозарядка конденсатора через якусь пару діодів (залежно від полярності U_1). Як тільки напруга на конденсаторі (зелена лінія на рис. 3) сягне рівня напруги мережі, діоди закриваються, а конденсатор розряджається на інвертор (інтервал часу τ_2). Наявність конденсатора зменшує пульсації випрямленої напруги та збільшує його середнє значення. Це позитивно впливає на роботу інвертора.

Інвертор

До обмоток електродвигуна змінного струму має подаватися знакозмінна напруга з середнім за період значенням, що дорівнює нулю. Найчастіше використовують трифазні двигуни, що мають три обмотки статора. Тому і інвертор має бути трифазним та перетворювати знакопостійну вхідну напругу на три знакозмінні вихідні. Ми, проте, розглянемо більш простий однофазний інвертор, на виході якого формується лише одна знакозмінна напруга.

Спрощена схема інвертора наведена на рис. 4.

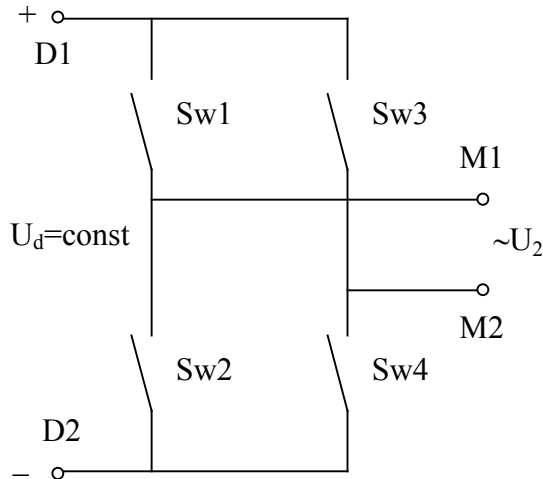


Рис. 4 Силова схема інвертора

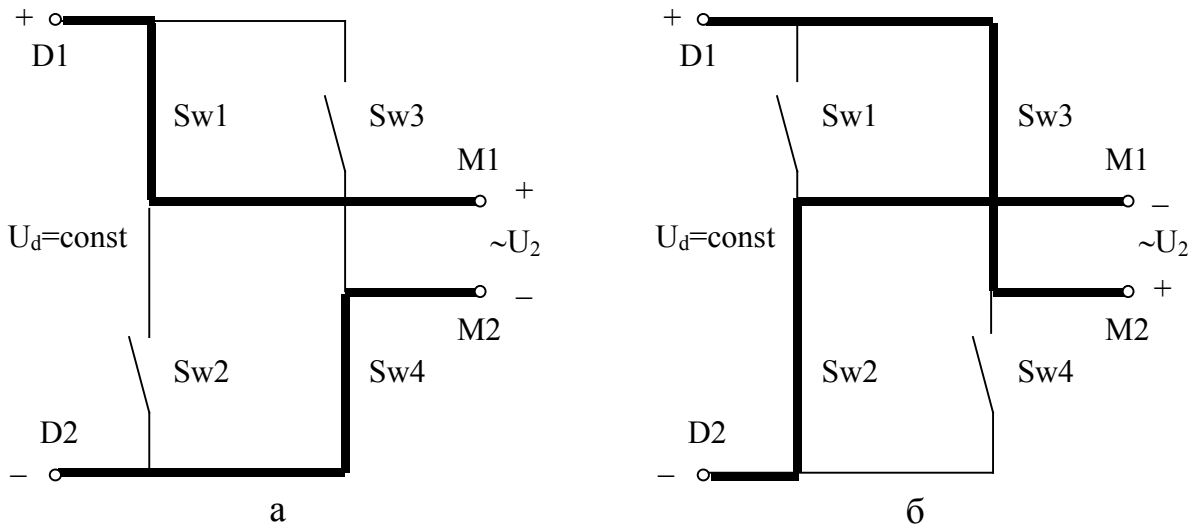


Рис. 5 Стани інвертора

(а – увімкнуті Sw1 та Sw4; б – увімкнуті Sw2 та Sw3)

До вхідних клем D1 та D2 подано незмінну напругу U_d з виходу випрямляча. Керовані напівпровідникові ключі Sw1...Sw4 (звичайно транзисторні або тиристорні) замикаються попарно по чергову (Sw1 із Sw4 або Sw2 із Sw3). Кожна пара ключів підключає вихідні клемми інвертора M1 і M2 до виходу випрямляча з тією чи іншою полярністю (рис. 5). Завдяки цьому на виході інвертора формується знакозмінна напруга U_2 , хоча на вході напруга знаку не міняє. Оскільки тривалості роботи пар ключів однакові, позитивні півперіоди ідентичні від'ємним, а середня за період T_2 напруга дорівнює нулю (рис. 6а). Таким чином, інвертор виконує функцію

своєрідного перемикача. Змінюючи одночасно тривалості роботи ключів, можна отримати на виході інвертора напругу іншої частоти (рис. 6б).

Звичайно для двигунів змінного струму потрібна одночасна зміна частоти та рівня напруги живлення. Цю задачу може виконати той самий інвертор, якщо на кожному півперіоді його вихідної напруги ввести паузи (одну або декілька, як на рис. 7). Доки увімкнені ключі Sw1, Sw3 або Sw2, Sw4, вихідні клеми M1 та M2 інвертора замкнені через них накоротко и його вихідна напруга $U_2=0$. Змінюючи тривалість пауз τ , можна змінювати середню за півперіод вихідну напругу. У реальних інверторах подібних пауз набагато більше, а їхня тривалість змінюється протягом півперіоду за синусоїдальним законом (так звана широтно-імпульсна модуляція).

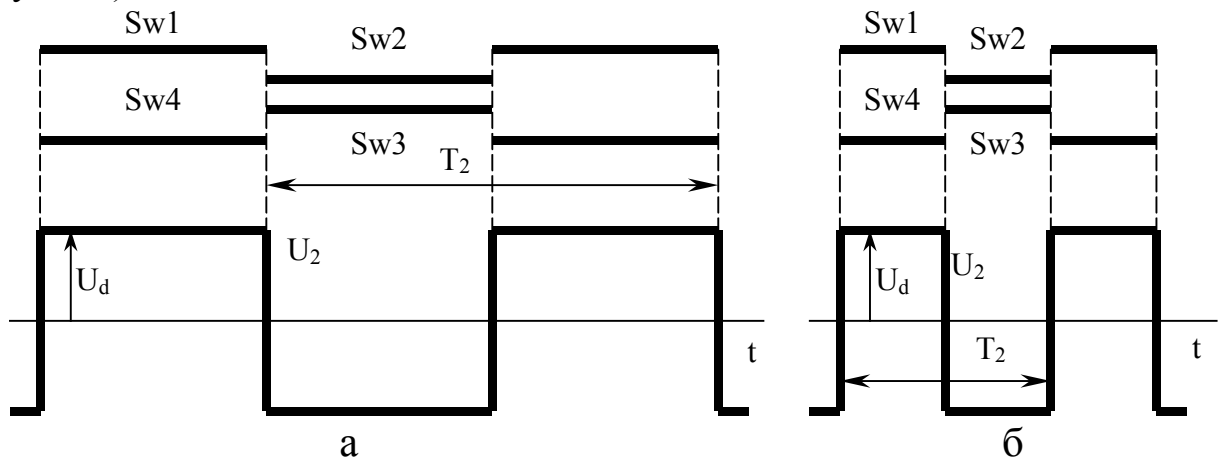


Рис. 6 Вихідні напруги інвертора різної частоти

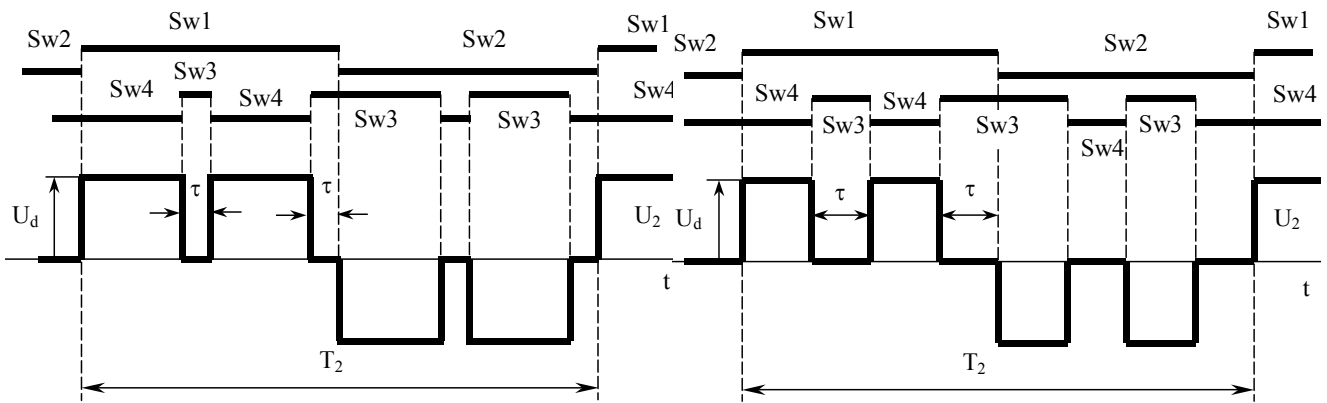


Рис. 7 Спосіб зменшення вихідної напруги інвертора

Система керування, діагностування і захисту

Задачами даної системи є:

- керування силовими ключами інвертора та забезпечення потрібного порядку їх перемикачання;
- керування струмом, моментом і швидкістю електродвигуна;
- контроль стану двигуна і перетворювача частоти та захист їх від аварійних режимів;
- обмін інформацією із зовнішнім світом (датчиками, програмованим логічним контролером, людиною).

Система побудована на кількох мікропроцесорних контролерах, кожен з яких виконує свої функції (керування ключами, спілкування із зовнішніми пристроями, відображення інформації).

Настроювання (програмування) перетворювача частоти складається з вибору потрібних значень змінних параметрів (темп розгону, спосіб зупинки, рівні спрацьовування захистів тощо). Параметри зібрані в меню, що чимось нагадують меню мобільного телефону. Настроювання можна здійснювати безпосередньо на перетворювачі за допомогою спеціального терміналу з кількома кнопками та невеличким дисплеєм. Можливе також створення файлу настроювань в офісі з наступним його завантаженням до перетворювача частоти з ноутбуку.

Окрім силових входів та виходів, через які здійснюють підключення живильної мережі та двигуна, є також керуючі входи/виходи. Завдяки їм перетворювач отримує сигнали від зовнішніх датчиків, команди від програмованого логічного контролера (ПЛК), через них передає йому інформацію про свій поточний стан. Найбільш «просунуті» перетворювачі мають ПЛК у себе на борту і завдяки цьому здатні виконувати доволі складні функції автоматизації технологічного процесу.

У сучасних автоматизованих цехах широко використовуються промислові комунікаційні мережі, подібні до мережі Ethernet у комп'ютерних класах. Мережа з'єднує програмовані логічні контролери, панелі людино-машинного інтерфейсу, датчики, електроприводи у розгалужену систему автоматизації. Тому перетворювач частоти обов'язково має можливість підключатися до комунікаційної мережі.



Рис. 8 Перетворювачі частоти малої потужності

Сучасні перетворювачі частоти різноманітні за рівнем потужності: від крихітки потужністю в кількесот ватт, що вміщується у долоні (рис. 8а), до перетворювача мультимегаваттного класу, що потребує для розміщення спеціального приміщення (рис. 9). Розрізняються вони також за призначенням та функціональними можливостями (для насосів і вентиляторів, підйомних кранів та ліфтів, побутової техніки). Для спрощення монтажу та експлуатації невеличкі перетворювачі частоти спеціальної конструкції встановлюють безпосередньо на електродви-

гун (рис. 8б). Перетворювач малої потужності зі знятою кришкою показаний на рис. 10.

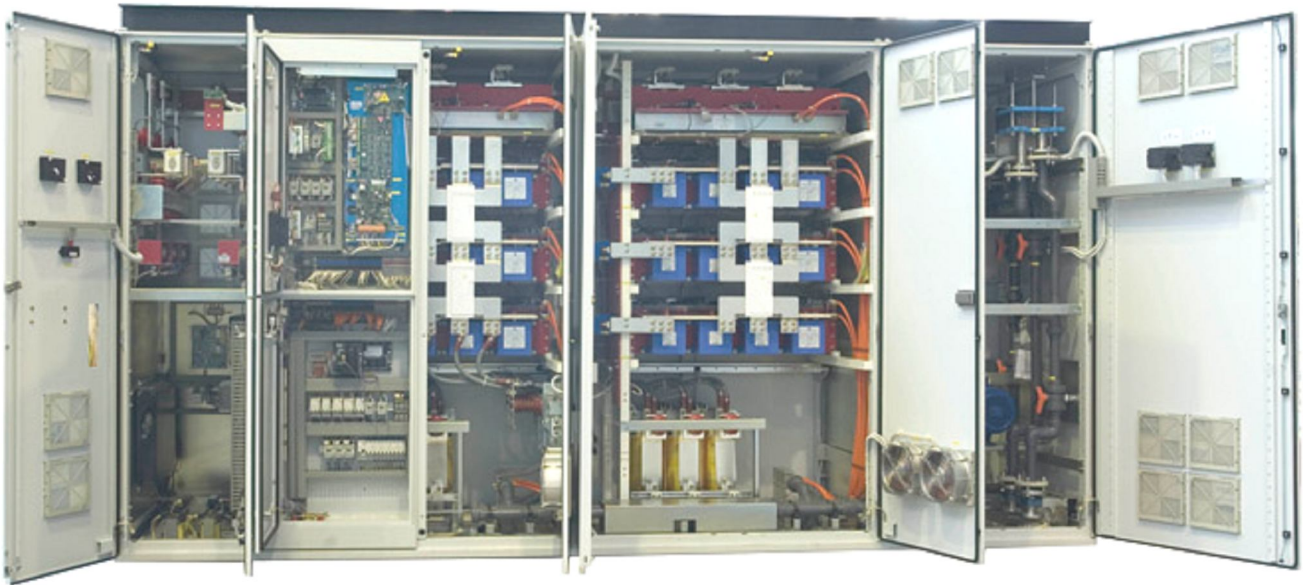


Рис. 9 Потужний перетворювач частоти у вигляді шафи

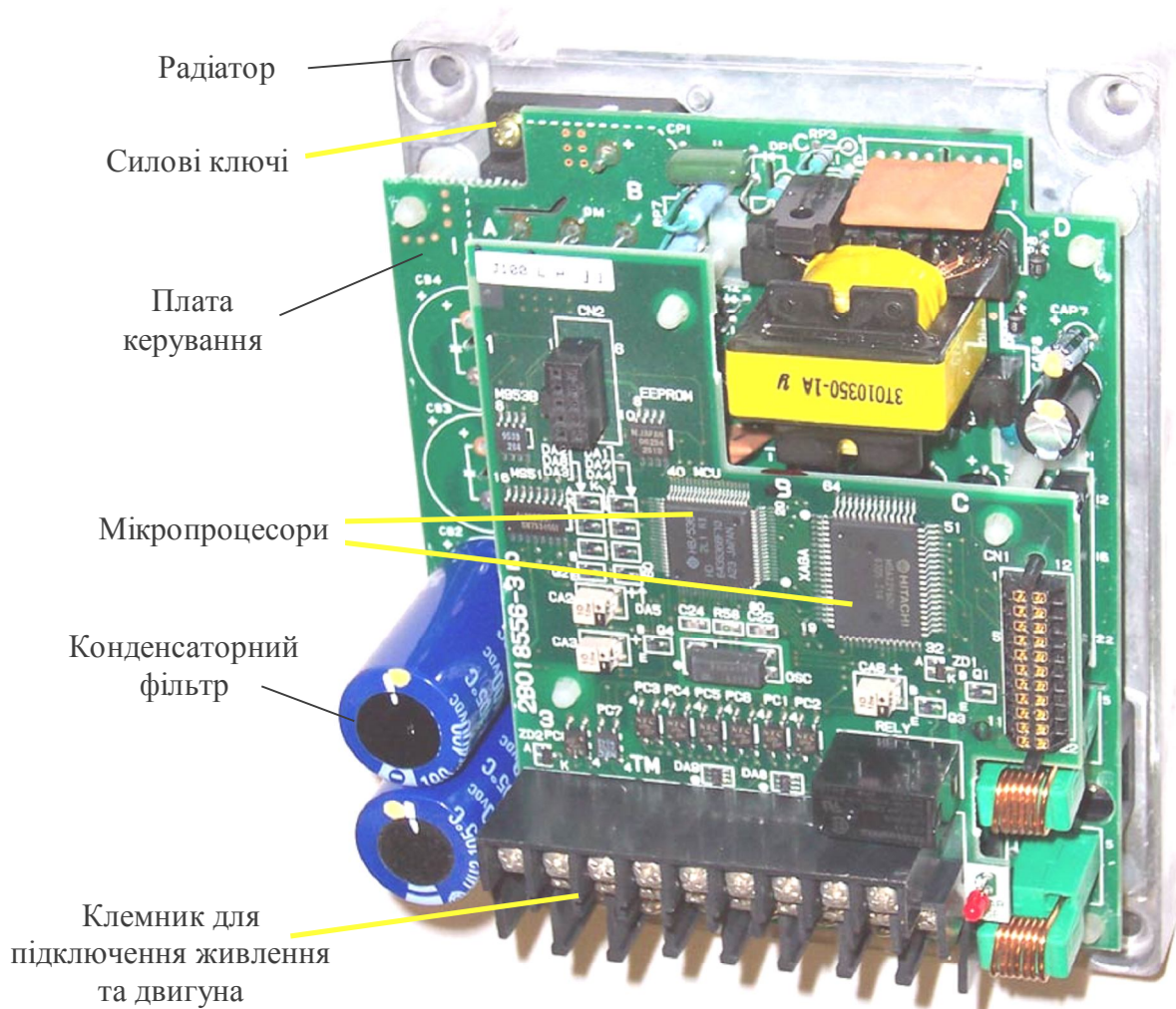


Рис. 10 Перетворювач частоти зі знятою кришкою