

### Měníče frekvence

Ke změně kmitočtu napájecího napětí se v minulosti používaly málo účinné rotační měniče. Pro pohon zařízení vyžadujících plynulou regulaci otáček se používaly drahé, provozně méně spolehlivé a málo účinné stejnosměrné motory.

Závislost otáček asynchronních motorů je dána počtem pólových dvojic vinutí ( $p$ ), kmitočtem napájecího napětí ( $f$ ) a skluzem ( $s$ ).

$$n = 60 \frac{f}{p} (1 - s) \quad [1/s; \text{Hz}, -, -]$$

Elektronické měniče frekvence umožňují s malými ztrátami přeměnit síťové napětí s frekvencí 50 Hz na napětí s proměnnou frekvencí vhodnou k napájení konstrukčně jednoduchých a provozně spolehlivých asynchronních motorů.

#### V současnosti se nejčastěji používají tyto frekvenční měniče:

- měníče s pulzní amplitudovou modulací,
- měníče s pulzní šířkovou modulací,
- přímé měniče kmitočtu.

Měníče pracující na principu pulzní amplitudové a pulzní šířkové modulace generují výstupní střídavé napětí požadovaného kmitočtu spínáním stejnosměrného napájecího napětí. Tyto střídače umožňují dosažení vyššího kmitočtu střídavého výstupního napětí než je kmitočet sítě a současně mohou pracovat účinně  $\cos \varphi = 1$  (mění charakter zátěže!).

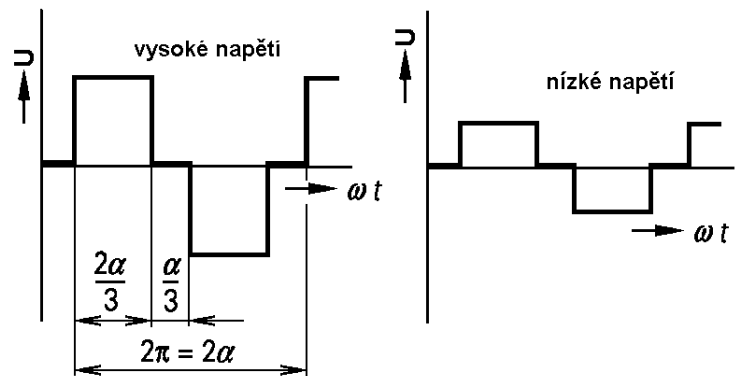
Přímé střídače pracují na principu řízeného spínání trojfázového průběhu střídavého proudu a umožňují dosažení pouze nižšího kmitočtu než je kmitočet napájecího napětí měniče kmitočtu.

#### a) Pulzní amplitudová modulace

Princip pulzní amplitudové modulace spočívá v nahrazení kladné půlvlny sinusového průběhu obvyklého napájecího napětí jediným obdélníkovým impulzem kladného stejnosměrného napětí. Záporná půlvlna je nahrazena obdélníkovým průběhem záporné hodnoty napájecího napětí. Efektivní hodnota výstupního napětí se mění změnou hodnoty stejnosměrného napájecího napětí střídače.

Tento princip však není vhodný pro napájení asynchronních motorů vyžadujících poměrně nízký kmitočet napájecího napětí. Chod motoru by byl velmi nerovnoměrný (docházelo by k silným proudovým rázům a z toho plynoucím vibracím) a ve vinutí motoru by vznikaly značné ztráty (způsobované stejnosměrnou složkou napájecího proudu v průběhu jednoho pulzu napájecího napětí).

Měníč se skládá z řízeného nebo neřízeného usměrňovače, meziobvodu s kondenzátorem, spínacích prvků a řídicí elektroniky. *Podrobněji je činnost základních bloků popsána u častěji používané pulzní šířkové modulace.*



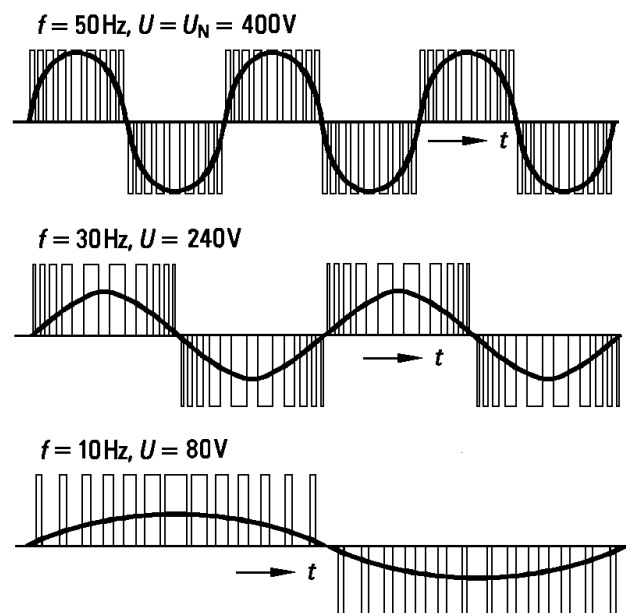
Výstupní napětí měniče s amplitudovou modulací

#### b) Pulzní šířková modulace

Princip pulzní šířkové modulace spočívá v nahrazení kladné půlvlny sinusového průběhu napájecího napětí několika obdélníkovými pulzy kladného stejnosměrného napětí s proměnnou délkou pulzu. Pro malé okamžité hodnoty napětí požadovaného sinusového průběhu jsou střídačem generovány krátké obdélníkové pulzy, pro velké hodnoty požadovaného sinusového průběhu jsou generovány pulzy dlouhé. Záporná půlvlna je nahrazena generováním záporných obdélníkových pulzů proměnné délky. Velikost efektivní hodnoty výstupního napětí je závislá na ekvivalentním kmitočtu sinusového napětí na výstupu měniče.

Měníč se skládá z:

- usměrňovače,
- meziobvodu,
- střídače,
- řídicí elektroniky.



Princip pulzní šířkové modulace

## V-4 Frekvenční měniče

2/2

**Usměrňovač** může být řízený nebo neřízený jednofázový nebo trojfázový můstek, na jeho výstupu je pulzující stejnosměrné napětí.

**Meziobvod** odděluje síť od výstupu měniče, vyhlazuje průběh stejnosměrného napětí napájecího střídače. U pokročilejších systému řízení meziobvod mění hodnotu stejnosměrného napětí pro napájení střídače. Potřebná energie pro napájení střídače je akumulována v kondenzátoru meziobvodu nebo na jeho výstupu (případně vstupu). Do meziobvodu také se zapojují zatěžovací brzdící odpory spínané samostatným tranzistorem.

**Střídač** pracuje na principu pulzní šířkové modulace – generuje napěťové impulzy proměnné délky pro napájení pohonu. Při nejjednodušším způsobu řízení se efektivní hodnota výstupního napětí mění delším nebo kratším zapnutím konstantního napájecího napětí šířky pulzů. Ke spínání se používají bipolární a unipolární tranzistory nebo tranzistory IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistoren). Antiparalelně ke spínacím prvků jsou připojeny zpětné diody snižující namáhání spínacích součástek v závěrném směru. Zpětné diody umožňují využití energie akumulované v indukčnosti motoru, tím současně více přibližují průběh výstupního napětí střídače sinusovému průběhu.

Nejlepších dynamických vlastností pohonu lze dosáhnout tzv. **vektorovým řízením**, kdy je kromě otáček snímána i poloha hřídele asynchronního motoru a řídicí elektronika upravuje časový průběh napájecího napětí (činnou a jalovou složku) podle okamžité polohy rotoru. Takto řízený asynchronní motor se pak chová jako motor s cizím buzením. Těchto vlastností dosahují měniče se stejnosměrným meziobvodem. Meziobvod (DC/DC měnič) umožňuje změnu napájecího napětí dosažení požadované hodnoty statorového proudu, tj. vektoru magnetického toku statorového vinutí.

**Řídicí obvod** se skládá z řídicí a regulační části ovládající polovodičové spínací součástky usměrňovače, DC/DC převodníku a střídače. Řídicí elektronika dále provádí diagnostiku a zabezpečuje přenos dat pro nadřazené regulační a řídicí obvody.

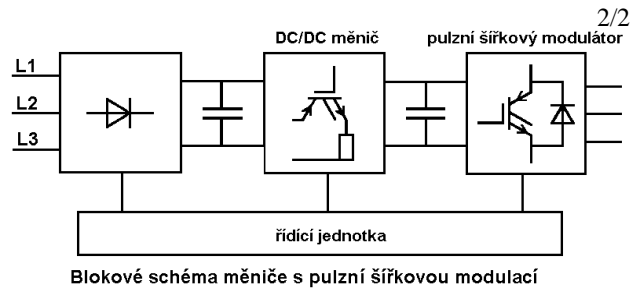
Pulzní šířkový měnič frekvence umožňuje dosažení otáček nižších, ale i vyšších než jsou otáčky točivého pole síťového kmitočtu.

### Provozní vlastnosti napájeného motoru:

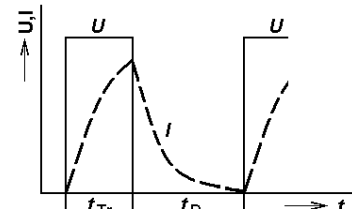
Točivý moment motoru je závislý na magnetickém toku  $\Phi$  a tím i na odebíraném proudu. Protože indukční reaktance statorového vinutí je při malých frekvencích velmi malá, musí být k omezení proudu použito malé napájecí napětí motoru. S rostoucí frekvencí (a tím i rostoucími otáčkami) dostává střídač motoru vyšší napětí. Tím zůstává odebíraný proud i točivý moment motoru konstantní. Výkon stoupá s otáčkami. Při vysokých otáčkách motoru nevznikají náběhové proudové špičky. Při jmenovitých otáčkách dostává motor jmenovité napětí, protože další zvýšení napětí není možné, začíná nad jmenovitými otáčkami snižování momentu motoru, ale výkon zůstává konstantní (až zhruba do dvojnásobku jmenovitých otáček). Točivý moment je při otáčkách do jejich jmenovité hodnoty konstantní, při vyšších otáčkách než jmenovitých se zmenšuje.

Při brzdění působí motor jako generátor. U měničů středního výkonu se vzniklá energie v meziobvodu promění v brzdovém rezistoru na ztrátové teplo. Při výkonech nad 30 kW se používají měniče, které vracejí vzniklou energii do sítě. Toho se dosahuje zapojením dodatečného řízeného můstku v části měniče.

Změna směru otáčení je provádějí elektronicky – generováním napětí s opačným sledem fází.



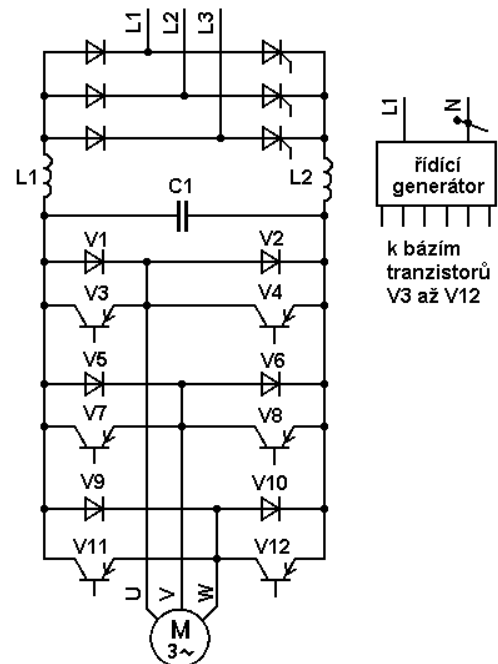
Blokové schéma měniče s pulzní šířkovou modulací



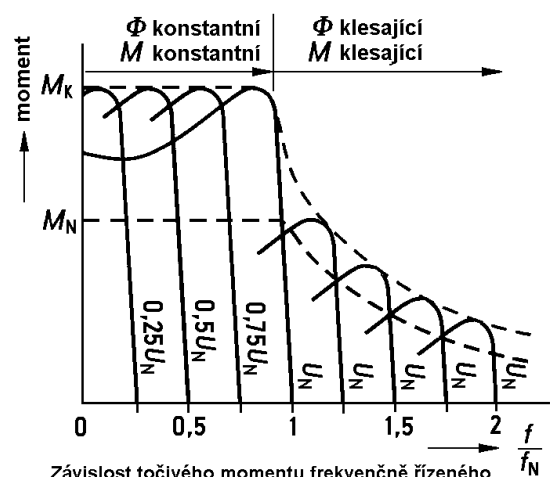
$t_{Tr}$  - doba průchodu proudu tranzistorem

$t_D$  - doba průchodu proudu zpětnou diodou

Průběh napětí a proudu měniče s pulzní šířkovou modulací



Výkonová část měniče s pulzní šířkovou modulací



Závislost točivého momentu frekvenčně řízeného asynchronního motoru na kmitočtu

Na výstup kmitočtového měniče napájecího asynchronní motor se nesmí připojit žádné (zvláště pak mechanické) spínače, protože při rozpojování kontaktů by v obvodu mohlo dojít k velkým přepětím přesahujícím závěrné napětí spínacích tranzistorů, tím by došlo k jejich zničení. Ze stejného důvodu nelze také použít přepínání hvězda – trojúhelník, měnič omezuje záběrný proud – proto není ani potřeba používat „klasické“ prostředky pro omezení záběrného proudu.

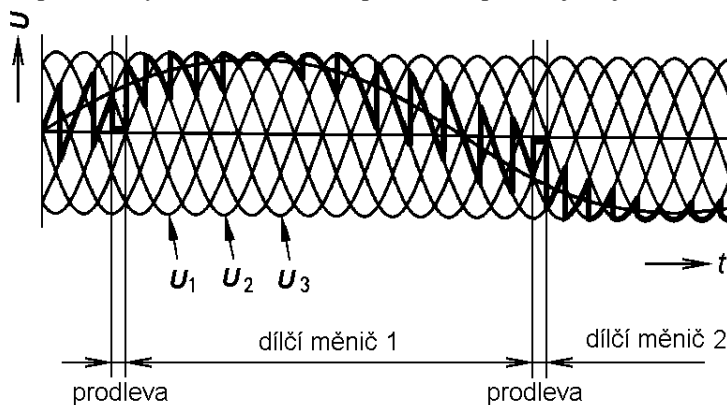
Motorový provoz s nízkými otáčkami však vyžaduje dostatečné (cizí) chlazení.

Kvůli velkému spínacímu kmitočtu mohou na výstupu měniče vzniknout vyšší harmonické signály velkého napětí, proto bývá na výstupu měniče často zapojen filtr (dolní propust). K zamezení rušení telekomunikačních zařízení se používají stíněné a zemněné ovládací a připojovací vodiče, oddělené od napájecí sítě. Odrušovací filtry na vstupu měniče (většinou jsou integrovány v měniči) brání přenosu rušivých signálů do připojovacích vodičů.

Pulzní šířková modulace se může používat v měničích kmitočtů do 50 kHz a používá se pro řízení otáček trojfázových motorů do 20 000 otáček/min a do výkonu 500 kW.

### c) Přímé měniče kmitočtu

Přímé měniče kmitočtu nepoužívají stejnosměrný mezistupeň, výsledný průběh střídavého napětí vytvářejí spínáním tří sinusových složek trojfázového napětí 50 Hz, tj. výsledný průběh je složen z několika částí průběhu třífázového napájecího napětí. Pro vytvoření třífázového průběhu se používají tři jednofázové jednotky napájející jednotlivé fáze U,

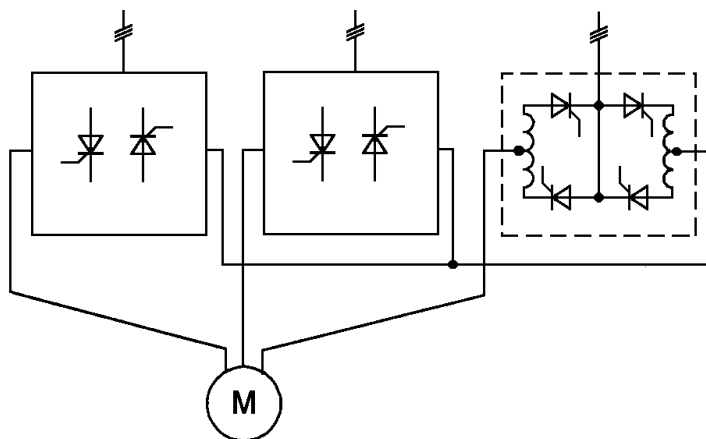


**Skládání 1 fáze výstupního napětí v přímém měniči kmitočtu z 3-fázového síťového napětí**

V, W vzájemně posunuté o  $120^\circ$ . Měnič umožňuje dosažení pouze nižšího kmitočtu než je napájecí kmitočet sítě. Jako spínací prvky se užívají tyristory.

Přes velkou složitost zapojení a potřebu transformátoru (s 9 sekundárními vinutími) jsou přímé měniče používány pro vysokou účinnost k řízení otáček největších trojfázových synchronních i asynchronních motorů.

Měnič je označován jako cyklokonvertor. Je-li jednofázový modul spínací jednotky tvořen dvěma třífázovými antiparalelně zapojenými můstkami umožňuje cyklokonvertor reverzaci .



**Zapojení přímého měniče napětí**