# MĚNIČE KMITOČTU

Měniče kmitočtu slouží k přeměně střídavého napětí a proudu jednoho kmitočtu na napětí a proud kmitočtu jiného. Spolu se změnou kmitočtu se musí měnit i hodnota výstupního napětí.

Používají se nejvíce ke kmitočtovému řízení rychlosti střídavých strojů s asynchronními i synchronními motory. Vlivem rostoucí nabídky a dostupnosti těchto měničů se jeví jejich použití v elektrických regulačních pohonech jako nejperspektivnější. Měniče kmitočtu umožňují rozběh motorů bez proudového nárazu na síť a řízení jejich otáček v požadovaném pásmu.

Dělení:

a) dle počtu fází
- jednofázový
- trojfázový
- m fázový

b) dle způsobu zapojení
- přímý měnič
- nepřímý měnič (se stejnosměrným obvodem)

## *1. Přímé měniče kmitočtu*

Přímé měniče kmitočtu mění přímo, bez mezistupně síťové napětí a síťovou frekvenci na napětí s libovolnou hodnotou a frekvencí.

V současnosti existují 2 typy přímých měničů kmitočtu:
- s vnější komutací (tzv. cyklokonvertory)
- s vlastní komutací (tzv. maticové měniče).

### a) Cyklokonvertory

Běžně se používají přímé měniče s vnější komutací, kde se dosahují výstupní kmi-



ESF II projekt Západočeské univerzity v Plzni, reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/18_056/0013239

točty max. $f_2 = (1/3–1/2)\ f_1$. Používají se například jako napájecí zdroje pro pomaluběžné pohony se střídavými motory velkých výkonů.

V principu se cyklokonvertory skládají ze dvou antiparalelně zapojených řízených usměrňovačů, které střídavě napájejí fázi zátěže. Dle způsobu řízení a tvaru výstupního napětí rozlišujeme dva druhy těchto měničů –

s *lichoběžníkovým výstupním napětím* a cyklokonvertory s kvazisinusovým výstupním napětím (*tzv. harmonický měnič*). Lichoběžníkový měnič se vyznačuje tvarem půlvlny výstupního napětí, připomínající lichoběžník. Pro jednofázové provedení je takový průběh napětí naznačen na obrázku. Harmonický měnič se od lichoběžníkového liší jen tvarem signálu řízení $u_r$. Důsledkem je taková plynulá změna úhlů řízení měničů I, II, že se výstupní napětí měniče co nejvíce přibližuje harmonickému. Úhel $\omega_1 t_b$ v obou obrázcích je úsek nulového proudu zátěže $i_2$, po kterou jsou zablokovány oba usměrňovače.

**b) Maticové měniče**

Jedná se o měniče, které podle určitého spínacího algoritmu postupně připojuje na své výstupní fáze (vodiče) přímo fáze (vodiče) vstupního napětí. Tím se skládá napětí (proudu) na výstupu přímo ze vstupního napětí (proudu).

Spínače, umožňující zapnutí i blokování pro obě polarity proudu, je možno ve schématu sestavit do tvaru matice. Ta může být čtvercová, pokud je počet vstupních a výstupních fází stejný, nebo obdélníková, pokud měnič kmitočtu slouží zároveň jako měnič počtu fází. V maticovém měniči je skryta funkce usměrňovače i střídače.

V porovnání s mnohem běžnějšími nepřímými měniči kmitočtu (viz dále) obsahují obvykle větší počet polovodičových prvků a mnohem složitější jsou též průběhy komutací mezi jednotlivými spínači a také algoritmy řízení PWM, které musí respektovat velmi nepříznivý tvar fiktivního usměrněného napětí ***ui*** . Nejsou tolik rozšířené a zatím představují dražší alternativu.

## 2. *Nepřímě měniče kmitočtu*

Nepřímý měnič se skládá ze dvou částí: z usměrňovače, kde se usměrní napájecí napětí vstupního kmitočtu $f_1$ a ze střídače, který toto usměrněné napětí a proud rozstřídá s požadovaným kmitočtem $f_2$. Protože oba střídavé obvody odděluje stejnosměrný meziobvod, je řízení výstupního kmitočtu umožněno zcela nezávisle na kmitočtu vstupním. Běžně vyráběné výkony jsou u nepřímých měničů kmitočtu až stovky kW, frekvenční rozsah je od desetin Hz do stovek Hz.

Podle uspořádání stejnosměrného meziobvodu lze tyto měniče rozdělit na měniče s napěťovým nebo s proudovým střídačem.[1]

### a) Nepřímě měniče kmitočtu se stejnosměrným napěťovým meziobvodem

Stejnosměrný meziobvod obsahuje velký kondenzátor $C_{SS}$ na vstupu do střídače (velikost kondenzátoru je běžně jednotky mF). Proto se jeví stejnosměrný meziobvod vzhledem ke střídači jako napěťový zdroj. Vzhledem k nulovým diodám na střídači může být napětí na kondenzátoru pouze $U_{SS} > 0$. Kondenzátor umožní výměnu jalového výkonu mezi zátěží střídače a stejnosměrným meziobvodem pomocí změny smyslu proudu.

**Usměrňovač** je neřízený. Běžně se používá trojfázový můstek. Je-li požadována rekuperace elektrické energie ze střídače (například při brzdění asynchronního motoru), musí být energie mařena v odporu R, zapojeném ve stejnosměrném meziobvodu. Spínání spínače odporu R se obvykle odvozuje od hladiny napětí na kondenzátoru $C_{SS}$. Další možností je použití vícekvadrantového usměrňovače. Pro tento případ stačí užít dvoukvadranový usměrňovač s reverzací proudu. Nejdokonalejší řešení je užití pulzního usměrňovače.

---

[1] Názvosloví měničů je velmi složité. Používá se buď "Nepřímý měnič kmitočtu s napěťovým střídačem". Dle normy by se mělo používat " Nepřímý měnič kmitočtu se stejnosměrným napěťovým meziobvodem". (Podobně i pro proudové střídače). Oba názvy jsou však relativně dlouhé a složité, proto se v praxi téměř nepoužívají. Protože v současné době dominují na trhu nepřímé měniče s napěťovým střídačem, proto se v praxi často používají zkrácené názvy: měnič, měnič kmitočtu…, ale vždy je na mysli nepřímý měnič kmitočtu s napěťovým střídačem.

**Střídač** je napěťový, jednofázový nebo třífázový. Běžně je s vlastní komutací. Výjimkou je napěťový střídač s vnější komutací nebo bez komutace.
Jsou-li počty fází na vstupu usměrňovače a výstupu střídače rozdílné, působí měnič současně jako měnič počtu fází. Dále platí všechny vlastnosti, uvedené v kapitolách o usměrňovačích a střídačích.

**b) Nepřímě měniče kmitočtu se stejnosměrným proudovým meziobvodem**

Stejnosměrný meziobvod obsahuje tlumivku $L_f$ (v praxi obvykle jednotky mH). Tím se chová stejnosměrný obvod vzhledem ke střídači jako zdroj proudu. Proud ve stejnosměrném obvodu má proto neproměnný smysl. Výměnu jalového výkonu mezi zátěží a stejnosměrným obvodem zprostředkovává tlumivka $L_f$ (umožňuje krátkodobé změny smyslu napětí střídače nezávisle na napětí usměrňovače. Výhodou těchto měničů kmitočtu je, že i při požadavku energetické obousměrnosti se vystačí s dvoukvadrantovým usměrňovačem s reverzací napětí (běžně se používá trojfázový plně řízený můstek).
**Usměrňovač** může být obecně ve spojení uzlovém nebo můstkovém, jednofázový i třífázový. Řízení proudu a napětí střídače může být jen amplitudové. Diodové usměrňovače jsou pro tento sledovaný účel nepoužitelné.
**Střídač** je proudový, zpravidla třífázový. Komutace střídače je vlastní, řízení je šířkově pulzně modulované.

## *3. Porovnání jednotlivých druhů měničů kmitočtu*

**Cyklokonvertory**:

- mění frekvenci sítě na nižší frekvenci přímo (ale pouze na nižší frekvenci ),
- pracují se síťovou komutací, není třeba pomocných komutačních obvodů, proto se staví i na velké výkony (desítky MW),
- přenos energie je možný oběma směry, s výhodou se použije tam, kde se často brzdí,
- kvalitní křivka napětí $u_Z$ i při nízkých frekvencích.

**Maticové měniče:**

- výhodnější z hlediska výstupní frekvence a průběhů napětí ve srovnání s cyklokonvertory,
- větší počet prvků ve srovnání s nepřímým měničem kmitočtu,
- mnohem složitější řízení,
- menší výstupní napětí ve srovnání s nepřímým měničem kmitočtu.

**Nepřímé měniče kmitočtu**:

- výstupní frekvence může být i vyšší než frekvence napájecí sítě,
- menší počet polovodičů, tím pádem jednodušší řídící obvody,
- příznivější účiník na výstupu měniče (nejlepší u měničů s šířkovým řízením výstupního napětí),
- větší spolehlivost (zejména v generátorickém chodu).
- u napěťových střídačů velmi dobrý účiník odebíraného proudu
- u klasických měničů s napěťovým střídačem nepříznivé vlivy na napájecí soustavu,
- menší negativní vliv na napájecí síť u proudových střídačů.