



ESF II projekt Západočeské univerzity v Plzni

REG. Č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/18_056/0013239

5 VLIVY MĚNIČŮ NA NAPÁJENÁ ZAŘÍZENÍ

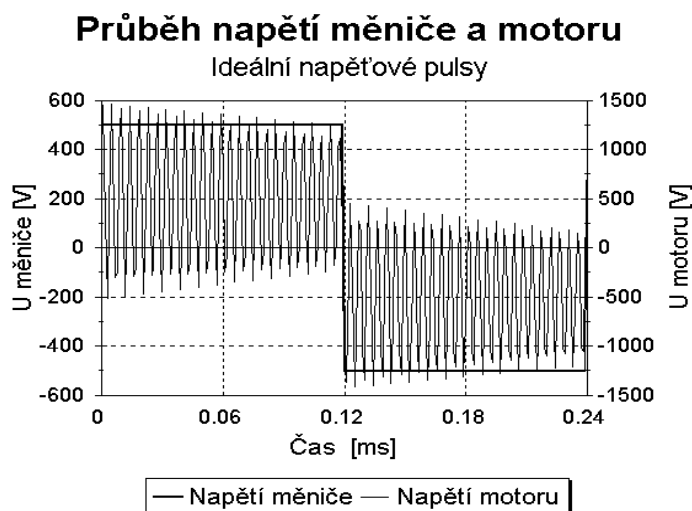
S rozvojem polovodičových vypínatelných součástek jsou stejnosměrné pohony nahrazovány měniči kmitočtu s napětovými střídači. Z provozního hlediska je asynchronní motor velmi perspektivní díky své spolehlivosti, robustnosti a nižším nákladům na údržbu proti stejnosměrnému motoru. Napětový střídač umožňuje plynulou regulaci asynchronního motoru a tak ho činí prakticky použitelným v širokém spektru aplikací. Proud motoru by se z důvodu ztrát měl co nejvíce blížit k harmonickému průběhu, tento požadavek vede na vysoké spínací frekvence střídače. Aby bylo možné požadované spínací frekvence dosáhnout, je třeba snížit spínací ztráty polovodičových součástek střídače, které závisí především na rychlosti jejich sepnutí. Gradient du/dt moderních IGBT proto dosahuje až $10\text{kV}/\mu\text{s}$.

Uvedené výhody měničů však mají i stinné stránky. K okamžitým projevům negativních účinků měniče na motor se můžeme dostat, pokud připojíme mezi měnič kmitočtu a motor přívodní kabel větší délky. Pak kromě strmých napětových pulsů se na motoru objeví navíc vysokonapětové vysokofrekvenční kmity, které vedou k okamžitému poškození izolace vinutí motoru. Například při provozních zkouškách zařízení měnič – kabel – motor v soustavě $3 \times 500 \text{ V}$ se zjistilo, že se na vinutí motoru objevují špičky vysokého napětí o hodnotě téměř 2 kV . Vzhledem k destruktivním účinkům je velmi obtížné toto napětí měřit a rovněž experimentální hledání příčin a způsobů odstraňování je prakticky nemožné. Jednou z možností hledání příčin a odstraňování je modelování.

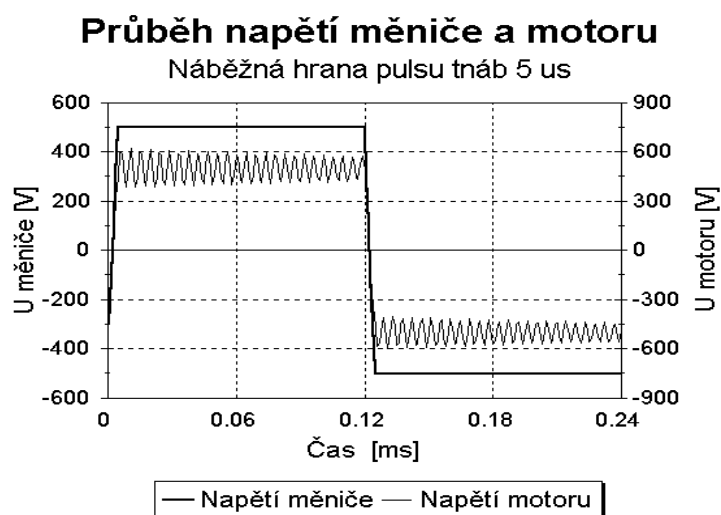
Vlivy parametrů soustavy na velikost a frekvenci kmitů

Strmost náběžné hrany napětí měniče kmitočtu

Základní přehled vlivu strmosti náběžné hrany je na obrázcích. Model byl vyšetřován pro motor s napětím 500 V. Při ideálním napěťovém pulzu je přepětí 1500 V. Současně je velmi vysoká frekvence výstupních kmitů. Naopak, pokud je extrémně omezená výstupní hrana napětí, je přepětí i kmity na motoru zanedbatelné.



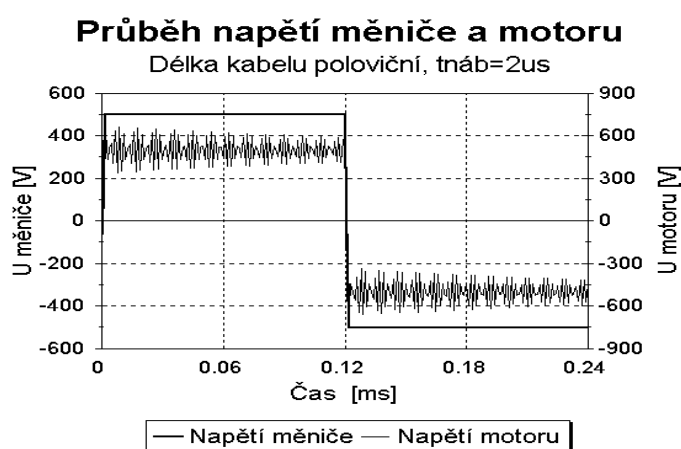
Průběh napětí na motoru pro ideální napěťové pulzy střídače



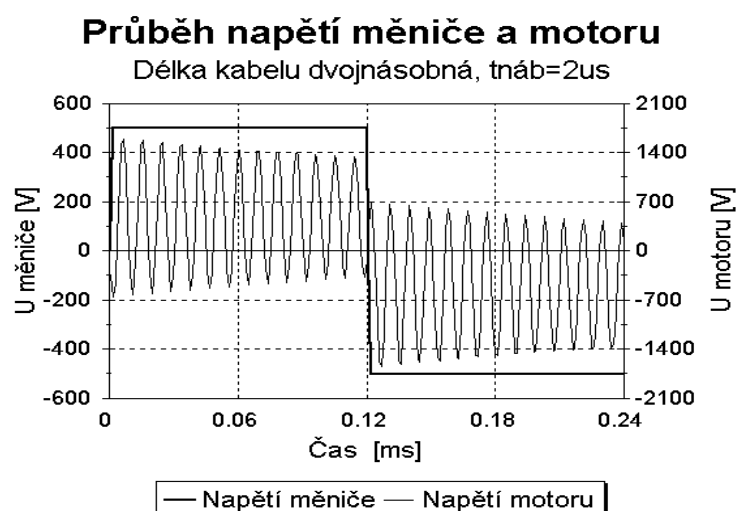
Průběh napětí na motoru pro napěťové pulzy střídače s $du/dt=100 \text{ V}/\mu\text{s}$

Délka kabelu

Požadavky praxe jsou takové, že je nutné umísťovat měnič od motoru i několik stovek metrů. Kromě úbytků napětí dochází k velkým přepětím, které obvykle vyřazují motor z činnosti. V praxi pak bývá akceptovatelná délka kabelů do cca 100 metrů. Na obrázku 5 je pro strmost $250 \text{ V}/\mu\text{s}$ průběh napětí na motoru pro délku kabelu 50 m. Vidíme, že pro přijatelnou strmost není délka 50 m překážkou, přepětí je malé. Naopak z obrázku 6 pro kabel délky 200 m vyplývá, že i pro přijatelnou strmost náběžné hrany může být délka kabelu překážkou.



Napětí na motoru pro kabel délky 50m a strmost $250 \text{ V}/\mu\text{s}$



Napětí na motoru pro kabel délky 200m a strmost $250 \text{ V}/\mu\text{s}$

Frekvence napěťových kmitů

K určení frekvence napěťových kmitů lze použít lineární přenosovou teorii pro bezztrátové dvou vodičové vedení. Bezeztrátový model zde může být použit, protože odpor kabelu ovlivňuje vlnovou rychlost jen nepatrně. Kabel na straně motoru je uvažován jako otevřený obvod. Dobu šíření t_p můžeme vypočítat z rovnice:

$$t_p = \frac{l}{v}$$

kde l je délka kabelu a v vlnová rychlost. Vlnová rychlost v je funkcí indukčnosti kabelu na jednotku délky L_0 a kapacity na jednotku délky C_0 .

$$v = \frac{1}{\sqrt{L_0 C_0}} = \frac{1}{\sqrt{\mu \epsilon}}$$

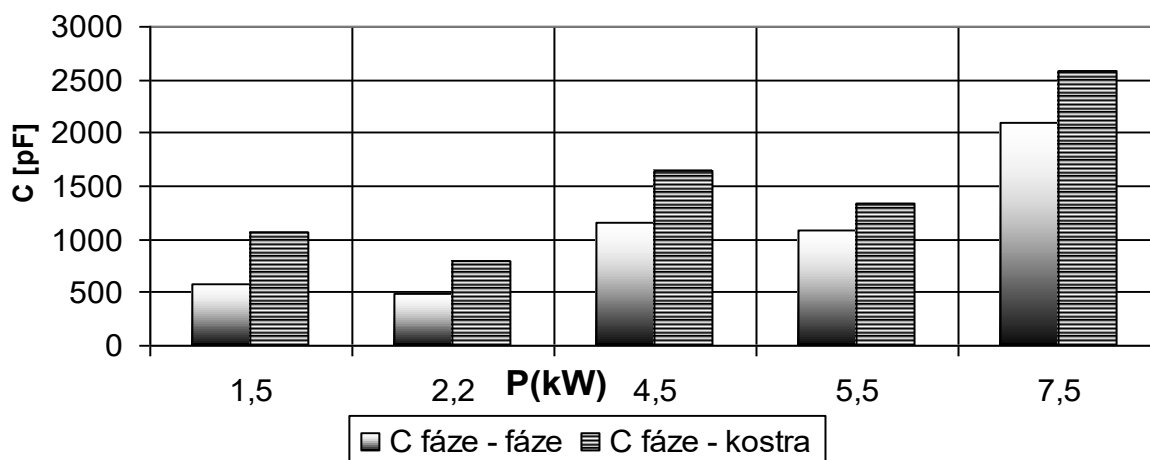
Vlnová rychlost se pohybuje kolem 50% rychlosti světla t.j. $1.5 \times 10^8 \text{ m/s}$. Frekvenci napěťových kmitů pak vypočítáme ze vztahu:

$$f = \frac{1}{4t_p} = \frac{v}{4l} = \frac{1}{4l\sqrt{L_0 C_0}}$$

Kapacita motoru

Velmi problematické určovat, v literatuře se objevuje velmi málo. Na obrázku je závislost kapacity motoru na výkonu.

Kapacita motorů v závislosti na výkonu



Kapacita motoru jako funkce výkonu