

Posudek oponenta diplomové práce

Detecting methods of harmonics distortions in power generating systém

Kandidát inženýrství **Bc. Filip Eckstein** vypracoval diplomovou práci na téma „**Metody detekce harmonického zkreslení na výkonových generátorech**“ a předkládá ji v anglickém jazyce. Práce je členěna na teoretickou a experimentální část v celkovém rozsahu cca 60 stránek. V úvodu se autor věnuje stručnému rozboru problematiky vyšších harmonických ve výkonových aplikacích (systémech), v cca třetině textu práce plynule přechází k tématu detekčních algoritmů těchto vyšších harmonických. U vybraných metod poté provádí teoretické srovnávání a analýzy, které následně experimentálně ověřuje na číslicovém systému (vývojovém kitu). V souladu se zadáním autor v závěru práce uvádí kapitolu věnovanou zhodnocení metod a doporučení pro praktickou realizaci.

Diplomant přistoupil k řešení zadání práce zodpovědně, se zohledněním potřeb pro praktickou realizaci. Především bych chtěl zdůraznit, že ačkoliv zadání směřovalo k vyšetřování pouze 3. a 5. harmonické, diplomant správně rozšířil „zájmové“ pásmo zkoumání vyšších harmonických. Zasadil tak své úvahy do rámce existujících norem a standardů, protože izolované vyšetřování pouze zadaných řádů by nepřinášelo v praxi kýžený efekt. Dále bych chtěl ocenit také zkoumání a užití metody detekce tónového kmitočtu (Görtzelova filtrace), běžně užívané spíše v telekomunikační oblasti.

V teoretické, úvodní části se diplomat rozebírá příčiny vzniku, zdroje a projevy vyšších harmonických ve výkonových napájecích systémech. Jedná se o problematiku relativně komplexní, z poněkud jiného oboru, než je diplomantova studijní specializace – text obsahuje několik nepřesností a zjednodušení, které lze tímto faktem částečně odůvodnit. Přesto by bylo vhodné, aby tyto detaily nebyly opomenuty:

- zdrojem vyšších harmonických mohou být (jsou) také generátory samotné (jedná se o tzv. prostorové harmonické, jejich skladba je dána návrhem a konstrukcí stroje)
- rovnice (4) je impedance sériového RLC obvodu, pro paralelní RLC obvod má rovnice jiný tvar
- při zvýšení frekvence oproti základní se impedance nezvýší (přesně) v daném poměru frekvencí
- zpětné složky jsou v trojfázovém systému řádu násobků 3 minus 1, nikoli 5. a násobků pěti (za předpokladu rotující základní soustavy, bez pulsních odběrů, pak sudé harmonické nevznikají)
- poznámka pod čarou na str. 17 není pravdivá, jedná se o harmonické řádů lichých násobků tří
- obrázek 14 zcela nekoresponduje s uváděnými transformačními vzorci pro Clarkovu transformaci, osy U a α musí být konfázní (jinak by transformační rovnice musela obsahovat korekci úhlu natočení soustav UVW a $\alpha\beta$); zobrazený úhel os U a W je ostrý (má být tupý, 120°)
- termín ‚zero sequence‘ není zcela obvyklý – používá se buď ‚neutral sequence‘ nebo ‚zero component‘

V další části se autor věnuje metodám detekce vyšších harmonických. K vlastnímu výběru metod nejsou závažné připomínky (užití Fourierovy transformace je nabíledni), teoretické odůvodnění dostatečné. Část analýzy je věnována také problematice nesynchronního vzorkování a použití konvolučních oken – jejich efektivita je vzhledem k poměrně velké hodnotě frekvenčního binu diskutabilní (k tomuto závěru diplomant de facto taktéž dospěl).

Experimentální část dokumentuje práci diplomanta při ověřování vlastností a porovnávání vybraných metod detekce. K účelu porovnání metod jsou použity jak simulační nástroje (MATLAB, syntetické průběhy), tak naměřená reálná data, získaná měřením na polovodičovém výkonovém měniči (pravděpodobně čtyřkvadrantovém usměrňovači). Je evidentní, že diplomant dokáže s uvedenými nástroji pracovat a získaná data vyhodnocovat. Detaily k vlastní implementaci algoritmů ve vývojovém kitu nejsou zmíněny, ale je zjevné, že i tuto oblast autor ovládá.

Vyšetřování vhodnosti metod vede ke srozumitelným závěrům, správně je akcentována důležitost na správné (synchronizované) vzorkování základní harmonické.

Bylo by vhodné, kdyby se diplomant vyjádřil k některým nejasnostem a detailům, které jsou v práci přítomny:

- u účinků vyšších harmonických nejsou zmíněny mechanické projevy a problematika flickeru, jejich důsledky – bylo by vhodné, aby se k tomuto diplomant vyjádřil
- u motýlku FFT (obr. 9) by bylo vhodné blíže popsat vstupní signály a operátor „s vlnovkou“
- na obr. 10 nejsou uvedeny znaménka u sumačních členů – jaká jsou?
- v obr. 11. (resp. tabulce 4.) je uváděna stejnosměrná složka – jaká je její korespondence s vyhodnocovaným simulačním signálem?
- jaká data byla použita k výpočtům, uvedených na obr. 15 – lze je srovnat s daty na obr. 13?
 - pokud ano, co ze srovnání vyplývá?
- ve vyhodnocených spektrech (obr. 13, 15) se vyskytují i sudé harmonické – jak to koresponduje s tvrzením v kap. 2.1?
- jaký číselný formát (representace v plovoucí čárce) byl použit při implementaci metod?
- byl uvažován také celočíselný formát implementace algoritmů?
- byla uvažována závislost přesnosti na šířce převáděného slova AD převodníku?
- zmiňované paměťové nároky jednotlivých metod by bylo zajímavé vztáhnout k dostupné velikosti RAM paměti kitu (resp. k velikosti užití RAM)

Diplomová práce, jak zmíněno, je vypracována v anglickém jazyce. Bohužel se však (pravděpodobně v časové) tísní nepodařilo opravit některé překlepy a nepřesnosti ve formulacích (*Görzel/Görtzel*, *Illustation*/Illustration, termín *contamination*, popis v grafech č. 23 a 24 neodpovídá popiskům grafů, ...), což poněkud snižuje úroveň textu. Práce je jinak typograficky provedena přehledně, oceňuji seznam použitých symbolů.

Předložená diplomová práce podle mého názoru splňuje požadavky, kladené na diplomovou práci; výše zmíněné připomínky zásadním způsobem nesnižují její kvalitu, a proto ji **doporučuji** k obhajobě.

V Předboji dne 24. května 2015

Dr. Jiří Gerlich