

Stanoviště pro měření ztrát měničů kmitočtu

Jan Dudek

Katedra elektrických pohonů a výkonové elektroniky, FEI, VŠB – Technická Univerzita
Ostrava, 17. listopadu 15,
708 33, Ostrava-Poruba
Jan.Dudek.fei@vsb.cz

Abstrakt. Příspěvek se zabývá popisem měřicího stanoviště pro vyhodnocování ztrát nepřímých měničů kmitočtu resp. jejich opravných prostředků s využitím síťového analyzátoru LEM Norma D6000 a multifunkčních I/O karet firmy National Instruments typu 6024E určených do PCI slotu osobního počítače. Tyto multifunkční karty snímají napětí a proudy meziobvodu měniče kmitočtu nepřímo skrze napěťová a proudová čidla LEM kvůli galvanickému oddělení. V příspěvku je rovněž uveden popis řídicího softwaru naprogramovaného v prostředí LabView a algoritmus výpočtu žádaných veličin.

Klíčová slova: Virtuální instrumentace, elektrická měření, měření ztrát

1 Úvod

Pro komplexní posouzení vlastností střídavých regulovaných pohonů je potřeba změřit ztráty polovodičových měničů resp. jejich opravných prostředků. Jelikož se v případě vstupních a výstupních napětí a proudů u nepřímých měničů kmitočtu jedná o nesinusové resp. kvazisinusové průběhy, nelze všechna tato měření provádět klasickými měřicími přístroji s uspokojivými výsledky. Jako výhodné spojení pro tato měření se ukázalo spojení síťového analyzátoru a multifunkčních měřících karet firmy National Instruments určených do PCI slotu osobního počítače. Předností je maximální komfortnost a robustnost měřicího stanoviště a výstupy uživatelem definovaných výsledků, které by svými vlastnostmi vyhovovaly požadavkům kladeným na rychlost a přesnost měření. Všechna měřicí čidla, kterými je osazen měřicí systém jsou firmy LEM (čidla s magnetickou kompenzací a galvanickým oddělením), která jsou v dnešní době pro měření v průmyslu z důvodu svých vlastností (rychlost, přesnost) nepsaným standardem. Tato čidla jsou jednak implementována v síťovém analyzátoru (LEM Norma), jednak jsou výstupy těchto čidel přivedeny v analogové formě do multifunkční karty firmy National Instruments pro navzorkování a vyhodnocení měřeného signálu. Osobní počítač rovněž zajišťuje synchronizaci měření karet a analyzátoru.

2 Stručný popis měřících zařízení

Měřící stanoviště se skládá z osobního počítače se dvěma zásuvnými multifunkčními kartami, konstrukčního šasi s čidly LEM a síťového analyzátoru LEM Norma. Multifunkční karty zajišťují kromě sběru dat z čidel LEM, navíc synchronizaci měření karet a síťového analyzátoru.

2.1 Multifunkční karty NI-DAQ

Multifunkční karty NI-DAQ typ 6024 E jsou zásuvné měřící karty do osobního počítače na rozhraní PCI. Tyto karty disponují 12 ti bitovým AD převodníkem pracujícím s vzorkovací frekvencí do 200 kHz, schopným vzorkovat až 16 kanálů (AI 0 - AI 15) v režimu single ended (nediferenční režim) nebo 8 kanálů v diferenčním režimu. Vzorkování více kanálů je časově multiplexované. Dále disponuje karta 2 DA kanály s rozlišením 12 bitů, jenž mohou být provozovány s frekvencí 10 kHz resp. 1 kHz v závislosti na přístupu na kartu (DMA/IRQ). Kromě zmíněných DA/AD převodníků má karta 8 digitálních I/O pinů (DIO 0 - DIO 7), 2 čítače/časovače s rozlišením 24 bitů a rychlostí 100kHz/20MHz, externí TTL trigger a tzv. RTSI sběrnici, pro synchronizaci měření při použití dvou karet pracujících paralelně.

2.2 Síťový analyzátor LEM Norma

Síťový analyzátor LEM Norma D6000 je autonomní měřící jednotka pro měření až 3 napěťových a 3 proudových kanálů s automatickým nebo manuálním přepínáním rozsahů. Použitý model měřil napětí do 1 kV a proud do 10 A. Celková přesnost měření je odvislá od rozsahu a frekvence měřeného signálu obecně je ovšem zkreslení menší než 1 %. Přístroj je schopen pracovat se vzorkovací frekvencí do 70 kHz s resp. bez externího triggeru, s automatickým nebo manuálním nastavováním rozsahů. Dále má sériovou linku pro ovládání z osobního počítače a DA převodníky s výstupy měřených hodnot, paralelní rozhraní dle standardu IEEE 488 a rozhraní Centronics na výstup k externí tiskárně. Kromě měření hodnot RMS napětí a proudu vyhodnocuje přístroj rovněž zkreslení resp. obsahy vyšších harmonických, ukládá minimální / maximální hodnoty měřených veličin, je schopen provádět uživatelem definované výpočty na naměřených hodnotách. Existuje zde rovněž možnost přikoupení momentové spojky a inkrementálního čidla pro měření otáček a momentu napájeného motoru.

3 Princip měření

3.1 Požadavky na měření a HW implementace

Z důvodu přesného statistického vyhodnocení výsledků je zapotřebí změřit stejně dlouhé časové úseky na obou měřících zařízeních. Nelze rovněž vyhodnocovat

hodnoty naměřené na jiných časových úsecích než jsou celočíselné hodnoty periody výstupního napětí resp. proudu. Proto je nutné před vlastním měřením určit počet vzorků v závislosti na frekvenci výstupního napětí, periodě vzorkování a počtu vyhodnocovaných period signálu. Protože perioda vzorkování je pevná, provede měřicí software nejprve sejmouti cca 100 ms signálu, ze kterého určí frekvenci první harmonické, poté spočte počet vzorků, které je zapotřebí sejmout, aby byla uložena data adekvátní n periodám měřeného signálu a teprve poté na základě vypočtených hodnot provádí samotné měření.

Při samotném měření spolupracují měřicí karty přes tzv. RTSI sběrnici, která umožňuje synchronizovat měření na obou kartách současně, což prakticky zdvojnásobuje frekvenci vzorkování při snímání sudého počtu kanálů. Před snímáním hodnot jsou karty softwarově nakonfigurovány pro paralelní spolupráci skrze RTSI sběrnici, je jim zadán požadavek počtu vzorků a posléze začíná sběr dat. Při fyzickém začátku sběru dat je na digitální výstupní port karty, jenž byla nakonfigurována do režimu master vyslána log.1, která spouští vzorkování LEM Normy, pracující v režimu RUN/HOLD pro externí trigger. Po sejmutí poslední hodnoty je na digitální port dané karty vyslána log.0, která pozastaví vzorkování LEM Normy a ta sama z naměřených hodnot spočte žádané veličiny. Hodnoty navzorkované multifunkčními kartami jsou vyhodnoceny a uloženy na pevný disk řídicího počítače.

3.2 Popis měřicího softwaru a použitých výpočtů

Použité výpočty pro měření hodnot vycházejí z fyzikálních vztahů, pouze zde vlivem vzorkování bylo nutno provést transformaci z integrálního na diferenční počet.

1. Výpočet RMS hodnot:

$$U_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_1^N u_k^2} \quad \text{resp.} \quad I_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_1^N i_k^2} \quad (1)$$

kde N je počet vzorků, k je index vzorku, u_k je hodnota napětí daného vzorku

2. Výpočet zdánlivého výkonu:

$$S = U_{\text{RMS}} \cdot I_{\text{RMS}} \quad (2)$$

kde U_{RMS} a I_{RMS} jsou hodnoty získané z rovnice (1)

3. Výpočet činného výkonu:

$$P = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_1^N u_k \cdot i_k} \quad (3)$$

Tyto výpočty jsou prováděny jak v přístroji LEM Norma, tak v programu LabVIEW.

V programu LabVIEW je dále prováděn odhad počtu vzorků N nutných pro navzorkování n period signálu.

$$N = n \cdot \frac{1}{f_{1h}} \cdot f_{vz} \quad (4)$$

kde N je počet vzorků potřebných pro provedení analýzy (výchozí hodnota je 8, zadává se před samotným měřením), f_{1h} je hodnota první harmonické signálu (v LabVIEW existuje blok, který z naměřených hodnot provede bez zásahu uživatele tuto operaci na bázi FFT), f_{vz} je frekvence vzorkování měřících karet (výchozí hodnota je 200 kHz - tj. maximální možná frekvence vzorkování).

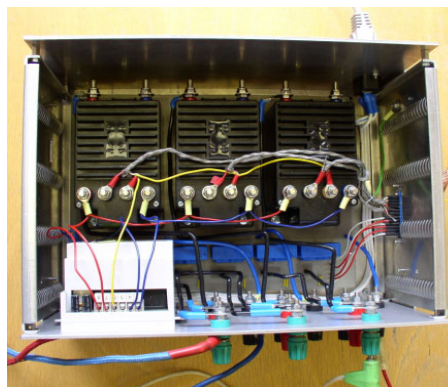
Při prvním spuštění měřícího softwaru v programu LabVIEW je zapotřebí nakonfigurovat vstupně výstupní kanály, parametry karet a délku měření. Nastavují se vstupní analogové kanály obou měřících karet (při měření v meziobvodu zpravidla u_a a i_a - obě na AI 0) - při měření více fází je lepší dodržet stejné sledy fází a na jedné kartě snímat napětí a na druhé proud - to kvůli fázovému zpoždění vlivem rozdílného okamžiku vzorkování. Dále se nastavuje frekvence vzorkování (výchozí je 200 kHz - tj. maximální výrobcem garantovaná frekvence), výstupní digitální port pro externí trigger LEM Normy (výchozí je proměnná *trigg* na DIO 0), počet period n měřeného signálu odvozeného z frekvence první harmonické výstupního proudu střídače (výchozí hodnota je 8), dále tzv. zkušební kanál, na který je v případě měření v meziobvodu napětíového střídače přiveden výstupní fázový proud pro stanovení frekvence 1. harmonické (f_{1h}) (výchozí hodnota je i_b na AI 1 karty 1 tj. karta pracující v režimu master). Při začátku měření je uživatel žádán o zadání jména souboru resp. cesty, kam mají být uloženy výsledky měření. Program automaticky spočítá a ukládá hodnoty rms napětí a proudů v měřených fázích, frekvenci 1. harmonické, činný a zdánlivý výkon v jednotlivých fázích, v případě trojfázové soustavy celkový činný a zdánlivý výkon.

4 Závěr

Pohled na zkonstruované měřící stanoviště je na obr. 1, na obr. 2 je vyfocena měřící jednotka s čidly LEM zajišťující galvanické oddělení a snímání napětí a proudů pro multifunkční karty v řídicím počítači. Tato jednotka byla vyrobena v rámci diplomové práce ing. Radkem Brázdovičem. Před samotným uvedením do provozu bylo nutné zkalibrovat měřící systém, jako vztažné hodnoty byly brány výsledky síťového analyzátoru LEM Norma. Tato koncepce vyniká především flexibilitou měření a výpočtů žádaných výstupních veličin dané užitím virtuální instrumentace. Na tomto stanovišti bylo již provedeno měření ztrát různých typů polovodičových měničů, jeho využití je pro měření ztrát libovolných elektronických systémů z oblasti silnoproudé elektrotechniky.



Obr.1 Pohled na měřicí stanoviště



Obr.2 Zkonstruovaná měřicí jednotka s čidly LEM

Seznam autorových publikací

1. Dudek, J.: Three phase vector controlled quasi resonant inverter with one high frequency transformer assisted resonant snubber, *Elektrotechnika a informatika 2002*, ZČU v Plzni, Zámek Nečtiny, 2002
2. Chlebiš, P., Dudek, J., Damec, V.: Simulace chování a porovnání vlastností střídavých pohonů s různými typy střídačů z pohledu EMC, EPVE 2002, VUT Brno, 2002
3. Chlebiš, P., Dudek, J.: Hodnocení ztrát střídavých regulovaných pohonů při napájení z různých typů měničů, *VPESP 2003*, UVEE-VUT Brno, Lomnice u Tišnova, 2003
4. Dudek, J.: Simulation of qualities of system converter - cable - electrical drive for different types of inverters, *Poster 2003*, ČVUT Praha, 2003
5. Chlebiš, P., Dudek, J., Šimoník, P.: Comparison of different types of AC/AC converters and evaluation of behaviour and their qualities, *EDPE 2003*, Vysoké Tatry, Slovensko, 2003
6. Chlebiš, P., Dudek, J.: Rozložení ztrát střídavého pohonu s asynchronním motorem a střídačem s opravnými prostředky, *ELOSYS 2003*, Trenčín, 2003
7. Chlebiš, P., Dudek, J.: Measurement and simulation of different types of AC/AC converters and evaluation of behaviour and their qualities, *Ee 2003*, Novi Sad, Srbsko a Černá Hora, 2003

Řešené grantové projekty

1. LN00B029 – Materiálově-technologické výzkumné centrum – dílčí úkol: Výzkum nových metod řízení střídavých regulačních pohonů, 2002 – 2003, (člen řešitelského týmu).
2. CEZ:J17/98:272400014 – Výzkum prostředků pro zvyšování jakosti elektrotechnických produktů (člen řešitelského týmu)
3. FRVŠ 1771/2003 – Analýza vlastností střídavých pohonů s rezonančními měniči, (zodpovědný řešitel)

Acknowledgement

In the paper there are the results of the project LN00B029, which was supported by The Ministry of Education of Czech Republic. This research was supervised by Doc. Ing. Petr Chlebiš, CSc.

Reference

1. LEM NORMA, GmbH, Wide band power analyzer D6000 Measuring Instruments. Publication 96462E. www.lem.com
2. NATIONAL INSTRUMENTS, *6023E 6024E 6025E Users manual*. www.ni.com
3. NATIONAL INSTRUMENTS, *LabVIEW 6.0 quick reference*. www.labview.com
4. Kaminský D. Joint FFT analyser and energy monitor based on plug in DAQ board, portable PC and SW application designed in LabVIEW. *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava. Řada elektrotechnická.* Ostrava 1996. ISBN 1210-048X.

Annotation.

Device for measurnig of power losses of inverters

This paper describes the realization of measuring device to measure power losses of power electronics systems namely DC/AC converters. The measuring device consists of wide band power analyzer LEM Norma D6000, two multifunction cards National Instruments 6024 E, personal computer and voltage and current transducers LEM. The control software was developed in LabView environment. The main advantage of this conception is in user defined outputs and relatively simple and automatic process of measuring.