

Určení parametrů elektrického obvodu

Přemysl Šolc

Katedra teoretické elektrotechniky, FEI, VŠB – Technická univerzita Ostrava
17. listopadu 15, 708 33, Ostrava–Poruba
prema.solc@centrum.cz

Abstrakt. Článek je rešerží příspěvků zabývajících se problematikou určení parametrů elektrického obvodu pomocí nové metody integrální transformace střídavých neharmonických periodických funkcí, která byla vytvořena pracovníky katedry teoretické elektrotechniky FEI VŠB – TU Ostrava.

Klíčová slova: integrální transformace, obvodový parametr, obvodový model, elektromagnetický jev

1 Úvod

Vlastnosti elektrotechnických zařízení nelze nikdy vyšetřit přímo, ale pouze prostřednictvím jejich modelů, které vytváříme na základě změřených veličin. V elektrotechnice existují pouze dva druhy měřitelných časových funkcí – okamžité hodnoty napětí a proudu. V současné době změřené střídavé periodické průběhy napětí a proudu jsou vyjadřovány Fourierovou řadou, což je nedostatečné pro analýzu jevu, protože tímto přístupem nelze vytvořit jeho fyzikální model.

2 Metoda integrální transformace střídavých neharmonických periodických funkcí

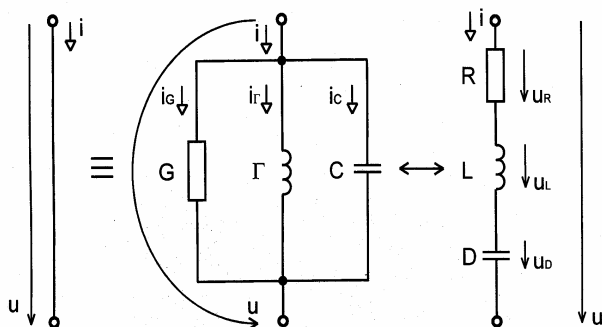
V teorii obvodů modelujeme reálné jevy důslednou aplikací tří fyzikálních zákonů. Jsou to Ohmův zákon, Indukční zákon a rovnice kontinuity. Principem duality a na základě Kirchoffových zákonů je rozlišováno šest obvodových parametrů. Jsou to $R(\Omega)$ odpor, $G(S)$ vodivost, $L(H)$ indukčnost, $\Gamma(H^{-1})$ inverzní indukčnost, $C(F)$ kapacita a $D(F^{-1})$ inverzní kapacita [4]. Rovnice lze po úpravě sčítat podle Kirchoffových zákonů. Tímto získáme rovnice, kterými modelujeme paralelní zapojení rezistoru, induktoru a kapacitoru:

$$i_G + i_C + i_\Gamma = Gu + Cu' + \Gamma u^x = i \quad (1)$$

a seriové zapojení rezistoru, induktoru a kapacitoru:

$$u_R + u_L + u_D = Ri + Li' + Di^x = u \quad (2)$$

Na základě rovnic (1) a (2) byli odvozeny vztahy pro výpočet jednotlivých obvodových parametrů ze změřených okamžitých hodnot napětí a proudu [1]. Při výpočtu obvodových parametrů je počítán integrál součinu dvou časových funkcí - skalární součin časových funkcí - na době periody.



Obr. 1. Elementární obvodový model.

3 Parametry elektrického obvodu pro konkrétní průběhy napětí a proudu

Elementární obvodový model elektromagnetického jevu lze vytvořit pouze pro společné napětí nebo pouze pro společný proud. Lze tedy vytvořit pouze paralelní nebo sériový obvodový model [2].

Pro účel modelování elektromagnetického jevu a aplikaci nové metody integrální transformace střídavých neharmonických periodických funkcí nebyl proud sériovým zapojením prvků změřen, ale byl popsán rovnicí. Této rovnici proudu odpovídala napěťová odezva. Z takto simulovaných průběhů proudu a napětí bylo integrální transformací určeno šest obvodových parametrů elektromagnetického jevu – tři pro sériové zapojení prvků a tři pro paralelní zapojení prvků.

V [4] byly odvozeny rovnice pro efektivní hodnoty proudu a napětí jenž jednoznačně reprezentují okamžité hodnoty proudu a napětí. Odvozené Kirchhoffovy zákony (3), (4) jsou nástrojem pro určení korektního obvodového modelu

$$I^2 = (GU)^2 + (CU')^2 + (\Gamma U^x)^2 - 2C\Gamma U^2 = I_G^2 + I_C^2 + I_\Gamma^2 - 2C\Gamma U^2 \quad (3)$$

$$U^2 = (RI)^2 + (LI')^2 + (DI^x)^2 - 2LDI^2 = U_R^2 + U_L^2 + U_D^2 - 2LDI^2 \quad (4)$$

Korektnost modelu ověříme dosazením vypočtených hodnot parametrů do Kirchhoffových zákonů pro efektivní hodnoty proudu a napětí [2].

V daném případě jsou korektní parametry sériového obvodového modelu elektromagnetického jevu.

3.1 Složky napětí

Celkové napětí u napětí,

$$u = Ri + Li' + Di^x = u_R + u_L + u_D \quad (2)$$

můžeme v souladu se zákonem akce a reakce definovat jako součet aktivní složky napětí a reaktivní složky napětí.

Aktivní složka napětí:

$$u_P = u_R \quad (5)$$

Reaktivní složka napětí:

$$u_Q = u_L + u_D \quad (6)$$

Obdobně složky výkonu jsou určeny součinem proudu a jednotlivých složek napětí.

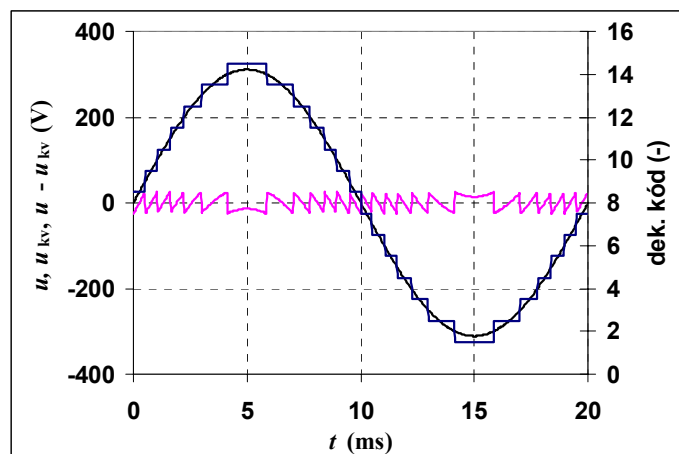
$$p = i \cdot u = i \cdot (u_R + u_L + u_D) = i \cdot (u_P + u_Q) = p_R + p_L + p_D = p_P + p_Q \quad (7)$$

Okamžitý výkon je součinem napětí a proudu, který aplikací výše uvedených fyzikálních zákonů můžeme vyjádřit ve tvarech vymezujících okamžité hodnoty výkonu rezistoru, induktoru a kapacitoru respektive součtem aktivní a reaktivní složky.

4 Vliv digitalizace na přesnost vyčíslení skalárního součinu časových funkcí

Ve výpočtu parametrů elektrického obvodu figurují skalární součiny časových funkcí a normy funkcí. Přesnost určení parametrů elektrického obvodu závisí na přesnosti vyčíslení dílčích skalárních součinů časových funkcí a norem funkcí. Přesnost vyčíslení skalárního součinu časových funkcí a norem funkcí může být zhoršena vlivem digitalizace elektrických signálů. Proces digitalizace v sobě zahrnuje vzorkování elektrických signálů upravených měřicími převodníky, v určitých, zpravidla ekvidistantních časových okamžicích a jejich kvantování a kódování analogově-číslíkovým převodníkem. Tím, že A/Č převodník pouze aproximuje měřený signál posloupností obdélníkových impulsů o šířce rovné periodě vzorkování,

dochází ke vzniku chyb, které závisí zejména na tvaru vzorkovaného signálu, počtu vzorků a zvoleném způsobu aproximace (nejčastěji aproximace schodovitou funkcí). Nejznámější je kvantizační chyba, která je dána rozdílem skutečného průběhu signálu a jeho schodovité aproximace viz obr.2. a je příčinou kvantizačního šumu.



Obr. 2. Kvantizace 4.bitovým převodníkem

Při simulaci byl do grafu vynášen poměr přesně určeného parametru ku hodnotě parametru určeného pomocí číslicových dat z 8, 12 a 16 bitového převodníku v závislosti na vzorkovací frekvenci.

Ze simulace vyplývá že, pro stanovení obvodových parametrů je nutné použít 16-bitový A/Č převodník a vzorkovací frekvenci vyšší než 50 kHz, aby byla zaručena chyba do jednoho procenta a menší [3].

5 Závěr

V příspěvku jsou uvedeny stěžejní myšlenky jenž charakterizují novou metodu integrální transformace střídavých neharmonických periodických funkcí, která byla použita při tvorbě článků [1], [2] a [3]. V nich jsem rozpracoval základní elementy diagnostiky elektrických veličin. Tyto metody chci použít přímo při měření pomocí měřicí aplikace. Měřicí aplikace bude vytvořena v grafickém programovacím prostředí LabVIEW.

Reference

1. Šolc.P. *Diagnostika elektromagnetického jevu*. III. ročník Workshopu doktorandů katedry teoretické elektrotechniky - XXI.sešit katedry teoretické elektrotechniky – (str.33 - 42). Ostrava - 12.2. 2003
2. Šolc.P., Macenauer.M..*The Determination of Parameters of an Electromagnetic Phenomenon*. 5-th European Conference of Young Research and Science Workers in Transport and Telecommunications (page 59 - 64) - Transcom 2003 - Žilina
3. Orság.P.,Šolc.P.*Vliv digitalizace na vyčíslení skalárního součinu časových funkcí*. Jednota českých matematiků a fyziků – 12.seminář Moderní matematické metody v inženýrství 3μ - Dolní Lomná 2003 (v tisku)
4. Kijonka.J..*Trojfázové obvody v neharmonickém ustáleném stavu*. Ostrava 2003

Annotation:

In this contribution the determination of parameters of an electromagnetic phenomenon by employing a new method of integral transform of alternating nonharmonic periodic functions is described and demonstrated This new method was developed at the Department of Theoretical Electrical Engineering of VŠB –TUO.