

3. Cvičenie

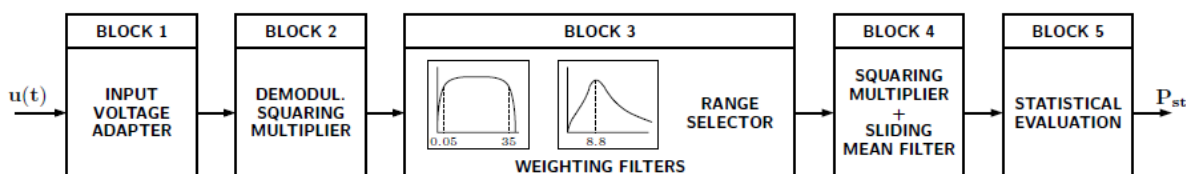
Program pre určenie flicker efektu

V zmysle technickej normy ČSN EN 50160 musí byť v bode PCC splnený dovolený limit pre maximálny dlhodobý flicker efekt $Plt < 1$ počas ľubovoľných 7 dní v roku (2 víkendové a 5 pracovných). Pre meranie flicker efektu sa používa štandardizovaný flickermeter. Flicker meter môže byť buď vo forme mobilného prevedenia alebo vo forme napevno nainštalovaného zariadenia, ako ukazuje obrázok 1. Merací algoritmus vychádza z medzinárodného štandardu pre flickermetre IEC 61000-4-15. Technický štandard špecifikuje funkcie a parametre jednotlivých meracích blokov.



Obr. 1: Mobilný analyzátor kvality elektrickej energie (vľavo) a analyzátor určený pre inštaláciu do rozvádzača (vpravo), oba prístroje od firmy ELCOM

Merací algoritmus vychádza z medzinárodného štandardu pre flickermetre IEC 61000-4-15. Technický štandard špecifikuje funkcie a parametre jednotlivých meracích blokov. Pre pochopenie princípu si ukážme blokovú schému na obrázku 2.



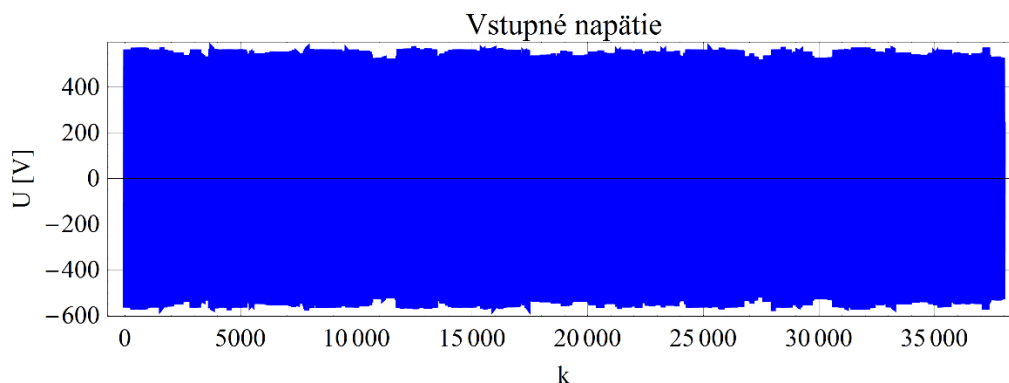
Obr. 2: Bloková schéma štandardizovaného flickermetru

Podme si popísať jednotlivé bloky.

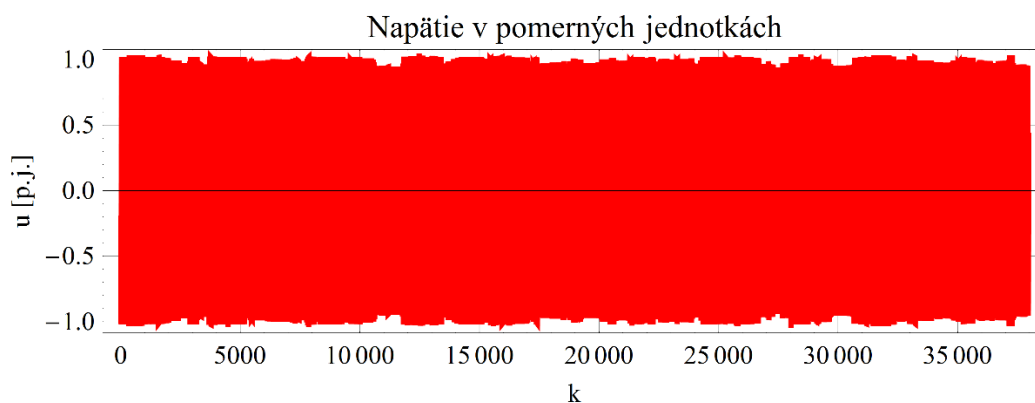
Blok 1

Do bloku 1 vstupuje ovzorkovaný priebeh napätia s dostatočne veľkou vzorkovacou frekvenciou (obr. 3). K určeniu referenčnej hodnoty napätia slúži dolná priepusť s časovou konštantou 27,3 sekundy. Filter sa aplikuje na časový priebeh veľkosti efektívnej hodnoty polperiód. Výsledkom je referenčná

hodnota polperiódovej efektívnej hodnoty ktorá slúži po pre násobení $\sqrt{2}$ ako referenčná hodnota pre prepočet časového priebehu napätia na vzťažné jednotky. Výsledkom bloku 1 je časový priebeh napätia v pomerných jednotkách (obr. 4), rešpektujúc dlhodobé zmeny napätia (napríklad prepnutie odbočky transformátoru).



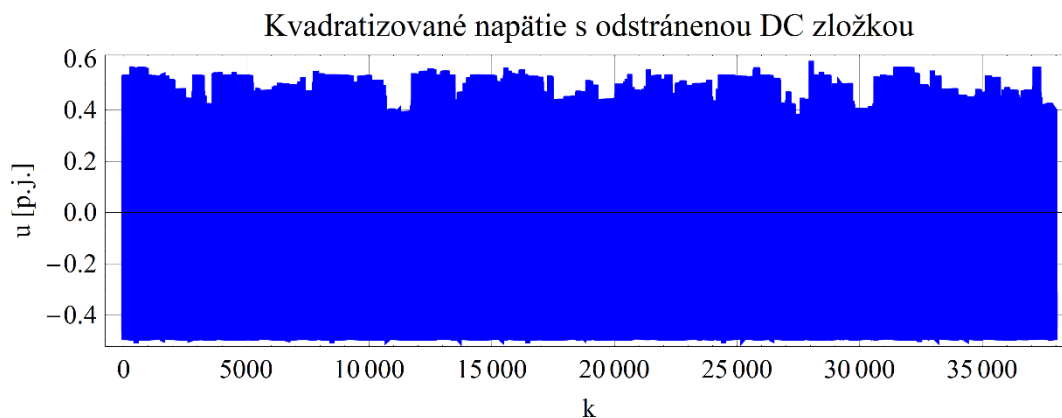
Obr. 3: Vstup



Obr. 4: Výstup prvého bloku

Blok 2

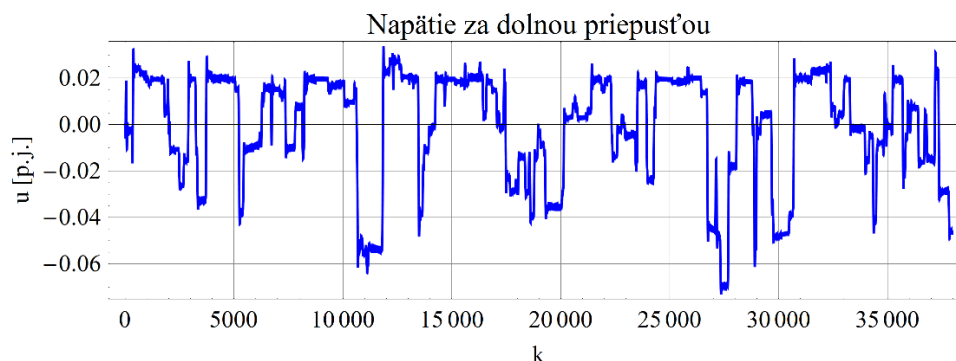
Do bloku 2 vstupuje vzorkovaný signál prevedený na pomerné jednotky, ktorý sa následne umocní druhou mocninou pomocou kvadratickej násobičky. Vstupný a výstupný priebeh napätia je zobrazený na obrázkoch 5.



Obr. 5

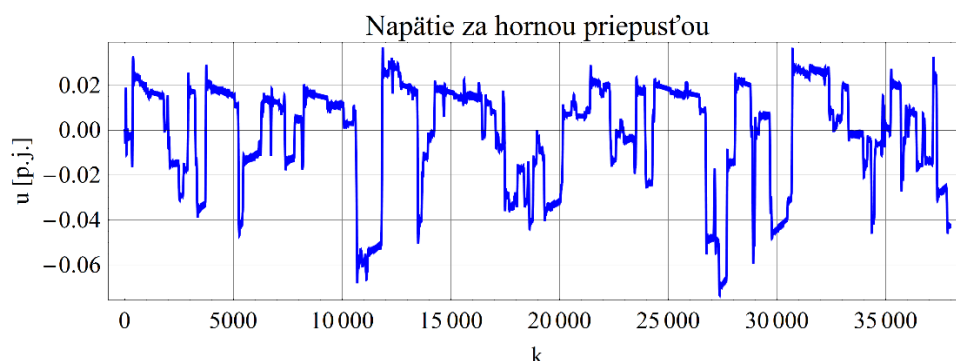
Blok 3

Hlavnou úlohou tohto bloku je prioritne vybrať pásmo frekvencií, na ktoré je oko citlivé a priradiť týmto frekvenciám váhu udávajúcu mieru nepriaznivých účinkov. Ako prvý sa uplatňuje hornopriepustový filter prvého rádu s frekvenciou zlomu 0.05 Hz. Jeho hlavnou úlohou je odstránenie jednosmernej zložky signálu. Ukážkový vstup a výstup je znázornený na obrázku 6.



Obr. 6

Pre ďalšie vymedzenie frekvencií z citlivého pásma je použitý dolnopriepustový filter (obr. 7) šiesteho rádu so zlomovou frekvenciou 35 Hz popísaný butterworthovou aproximáciou (uvažované pre 50 Hz napájací systém).



Obr. 7

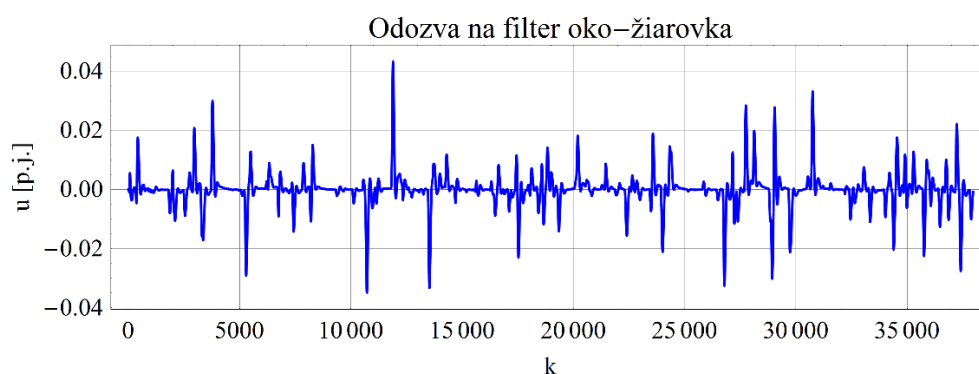
Po aplikácii popísaných filtrov dostaneme signál obsahujúci vymedzené citlivé pásmo frekvencií pre oko. Tento prístup však neuvažuje fakt že oko je najviac citlivé na frekvenciu 8,8 Hz. Za týmto účelom je ďalej zaradený filter s prenosovou funkciou v operátorovej oblasti podľa vzťahu (1) rešpektujúci mieru citlivosti oka na jednotlivé frekvencie.

$$F(s) = \frac{k\omega_1 s}{s^2 + 2\lambda s + \omega_1^2} * \frac{1 + \frac{s}{\omega_2}}{\left(1 + \frac{s}{\omega_3}\right)\left(1 + \frac{s}{\omega_4}\right)} \quad (1)$$

Konštanty k , λ , ω_1 , ω_2 , ω_3 , ω_4 sú uvedené v tabuľke 1, s predstavuje laplaceov operátor. Hodnoty sú rozdielne pre žiarovky napájané napätím 230 V a 120V. Výstupný signál za váhovacím filtrom oko-žiarovka je ukázaný na obrázku 8.

konštanta	230 V žiarovka	120 V žiarovka
k	1,74802	1,6357
λ	$2\pi \cdot 4,05981$	$2\pi \cdot 4,167375$
ω_1	$2\pi \cdot 9,15494$	$2\pi \cdot 9,07169$
ω_2	$2\pi \cdot 2,27979$	$2\pi \cdot 2,939902$
ω_3	$2\pi \cdot 1,22535$	$2\pi \cdot 1,394468$
ω_4	$2\pi \cdot 21,9$	$2\pi \cdot 17,31512$

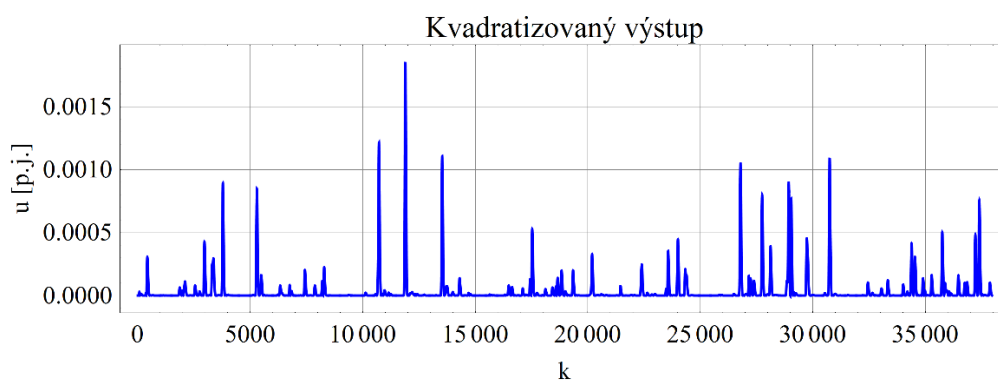
Tab. 1: Konštanty pre filter špecifikujúci citlivosť oka



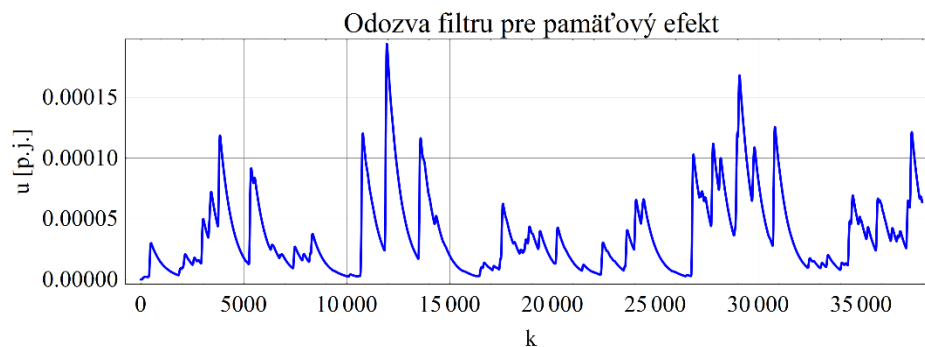
Obr. 8

Blok 4

V bloku 4 sa vstupný signál opäť umocní druhou mocninou (kvadratická násobička) podobne ako v bloku 2, výstup je ukázaný na obrázku 9. Následne sa uplatní funkcia kľzavého priemeru, ktorá sa realizuje pomocou dolnopriepustového filtra prvého rádu s časovou konštantou $\tau = 300 \text{ ms}$, výstup opäť na obrázku 10.

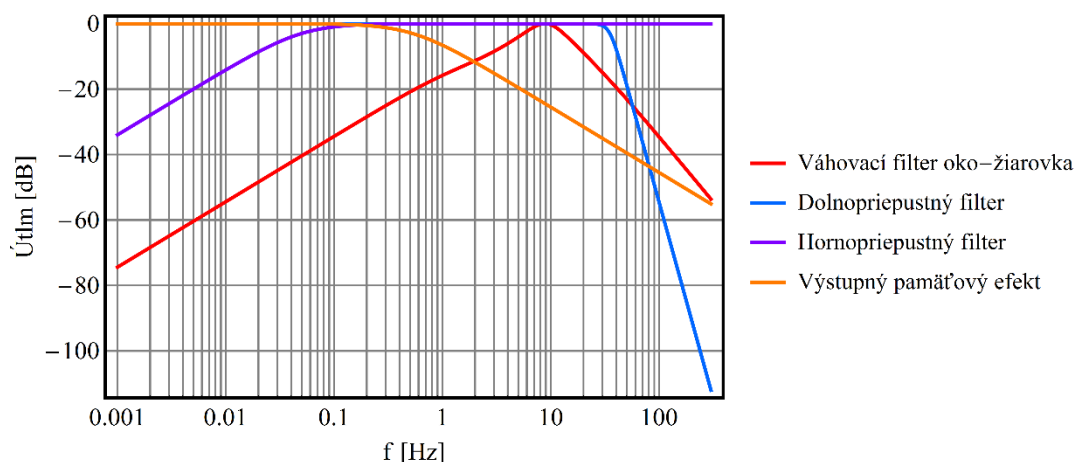


Obr. 9



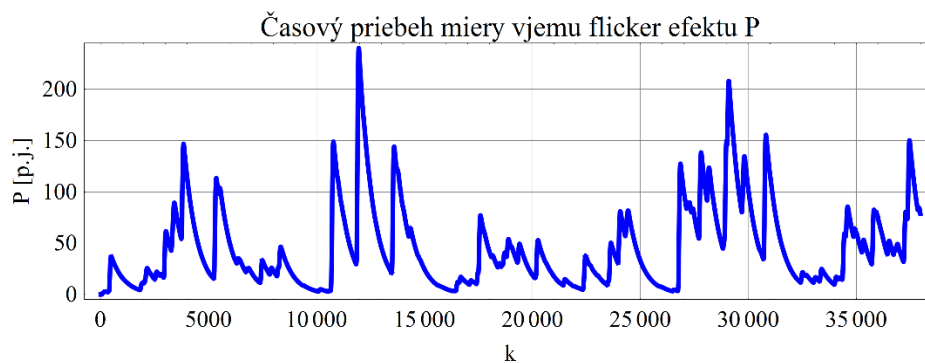
Obr. 10

Pre ukážku obrázok 11 ukazuje frekvenčné amplitúdové charakteristiky použitých filtrov.



Obr. 11: Frekvenčné amplitúdové charakteristiky použitých filtrov

Na záver sa priebeh na obr. 10 vynásobí scaling factorom, ktorý je udaný v štandarde pre flickermetre. Výsledný priebeh okamžitých hodnôt flicker efektu je na obrázku 12.

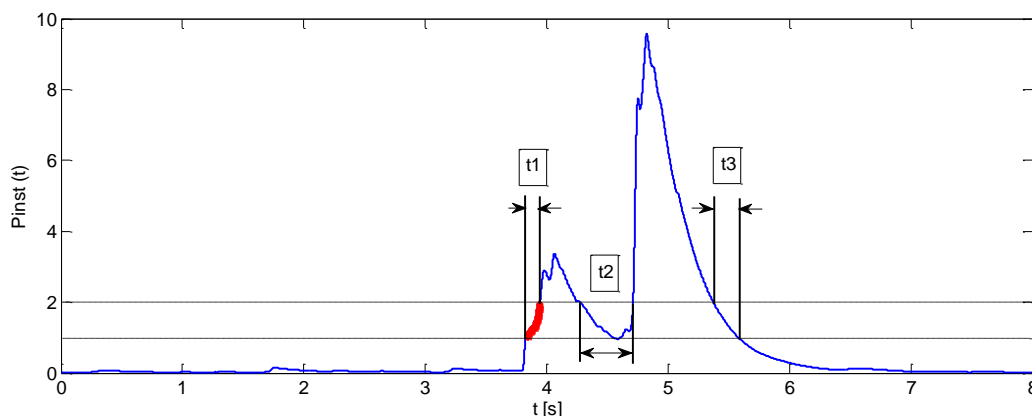


Obr. 12

Blok 5

V tejto chvíli už poznáme časový priebeh hodnoty flickeru, čo však nie je úplne správna interpretácia a preto sa podľa štandardu pre flickermetre vychádza zo štatistického spracovania. Popíšeme si teda postup pre stanovenie P_{st} pre 10 minútový časový interval. V prvom kroku si stanovíme dostatočný počet kvantizačných hladín pre okvantovanie časového priebehu okamžitej hodnoty flickeru $P_{inst}(t)$.

V druhom kroku budeme zaznamenávať súčet dôb výskytu na konkrétnej hladine. Pre názorné pochopenie nám napomôže obrázok 13.



Obr. 13: Stanovenie dĺžkych dôb trvania flickerefektu na danej hladine

V obrázku 13 je prerušovanými čiarami ohraničená trieda medzi dvomi kvantizačnými hladinami. Časy t_1 , t_2 a t_3 predstavujú trvanie výskytu v znázornenej triede. Pre každú triedu sčítame časy výskytu a môžeme zostaviť kumulatívnu pravdepodobnostnú funkciu pre veľkosť flickeru P . V reálnej aplikácii táto analýza prebieha diskretné, čo znamená, že sa nemerajú časy a v zásobníku sa sčítava počet výskytov v jednotlivých triedach. Následne si vyčíslime percentily zo zostavenej funkcie. Pomocou vzťahu (2) získame výslednú hodnotu P_{st} .

$$P_{st} = \sqrt{0,0314P_{0,1} + 0,0525P_{1s} + 0,0657P_{3s} + 0,28P_{10s} + 0,08P_{50s}} \quad (2)$$

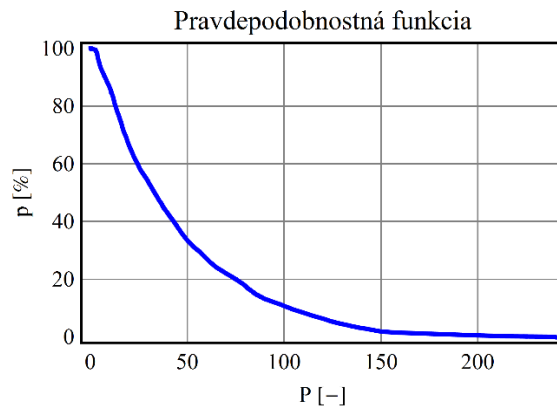
$P_{0,1}$, P_{1s} , P_{3s} , P_{10s} a P_{50s} sú 0,1; 1; 3; 5; 10 a 50 % percentily, index s znamená hodnoty dopočítané pomocou vzťahov (3) až (6), ktoré vyhladením zvýšia výpovednú hodnotu percentilov. Kumulatívna pravdepodobnostná funkcia, slúžiaca na získanie hodnôt percentilov pre dáta P_{inst} je zobrazená na obrázku 14.

$$P_{50s} = \frac{P_{30} + P_{50} + P_{80}}{3} \quad (3)$$

$$P_{10s} = \frac{P_6 + P_8 + P_{10} + P_{13} + P_{17}}{5} \quad (4)$$

$$P_{3s} = \frac{P_{2,2} + P_3 + P_4}{3} \quad (5)$$

$$P_{1s} = \frac{P_{0,7} + P_1 + P_{1,5}}{3} \quad (6)$$



Obr. 14: Kumulatívna pravdepodobnosť pre veľkosť flickeru P

Aplikovaním vyššie vysvetlených poznatkov získame pre zvolený priebeh $P_{st} = 7,56$. Jedná sa síce o vyššiu hodnotu, ale nie rozhodujúcu, pretože je to len jedna z 12 hodnôt pre výpočet P_{lt} , ktorý sa určí podľa (7).

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} \frac{P_{st_i}^3}{12}} \quad (7)$$

Zoznam programov

- Flickermeter.nb + data.txt (pre funkčnosť potrebné umiestniť do jednej zložky)

Zdroje

- [1] ČSN EN 50160. *Charakteristiky napětí elektrické energie z veřejných distribučních sítí*. 3. dopl. vyd. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [2] www.elcom.cz
- [3] IEC 61000-4-15. *INTERNATIONAL STANDARD: Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-15: Testing and measurement techniques - Flickermeter - Functional and design specifications*. Edition 2.0. Geneva: International electrotechnical commission, 2010.