ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta elektrotechnická
Katedra elektroenergetiky

Měření kvality elektrické energie

A0M15EZS – Elektrické zdroje a soustavy

14.11.2011

Ing. Tomáš Sýkora, Ph.D.

Poruchy v sítích a kvalita elektrické energie

- přechodné děje – změna napětí při spínání
- vyšší harmonické, meziharmonické
- fluktuace amplitudy napětí (podpětí, přepětí)
- flicker
- sled fází
- napěťová nesymetrie

Charakteristiky měřeného signálu

- kvazistacionární (pomalu proměnné) harmonické
  (pomalé změny výskytu harmonických složek napětí nebo proudu, při ustálených režimech provozu nelineárních zátěží)

- kolísající harmonické

- rychle se měnící harmonické

- meziharmonické a jiné rušivé složky

Časové intervaly měření

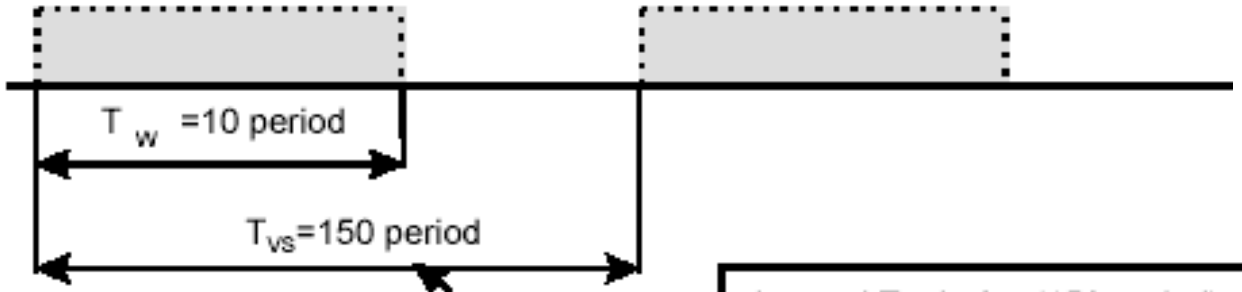
- Základní vyhodnocovací interval Tw = 200 ms (10 period)
- delší časové intervaly:

velmi krátký časový interval (T_{VS})	150 period
krátký interval (T_{Sh})	10 min
dlouhý interval (T_L)	2 hodiny
jednodenní interval (T_D)	1 den
jednotýdenní interval (T_{WK})	1 týden

- Tvs, … - zhuštění záznamů

Šířka okna T_w a interval T_{VS}

Po skončení vzorkování v rámci okna šířky Tw (8 kanálů rychlostí 9600 vz/s) máme k dispozici 8 x 1520 měřených hodnot. Současně bylo nutno spočítat všechny potřebné hodnoty včetně DFT z hodnot naměřených v minulém okně Tw.



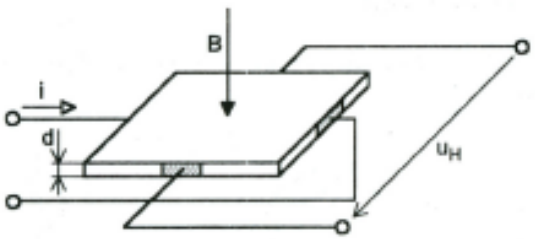
$$C_{nVS} = \sqrt{\frac{\left(\sum_{K=1}^{M} C_{n,K}^{2}\right)}{M}}$$

Interval T_{VS} je 3 s (150 period). Po uplynutí tohoto času máme k dispozici celkové efektivní hodnoty pro 50 harmonických podle *Rovnice 1*, které je nutno uložit pro další statistiku.

Vzorkovací doby

Měřená hodnota	Základní šířka okna	Časový interval pro vyhodnocení
Frekvence	200 ms	10 s
RMS napětí	200 ms	10 minut
harmonické napětí	200 ms	10 minut
kolísání napětí (flikr)	200 ms	120 minut
krátkodobé poklesy	20 ms	-
krátkodobá přerušení	20 ms	-
dlouhodobá přerušení	20 ms	-
dočasná přepětí	20 ms	-
nesymetrie	200 ms	10 minut

Měření proudu pomocí Hallovy sondy



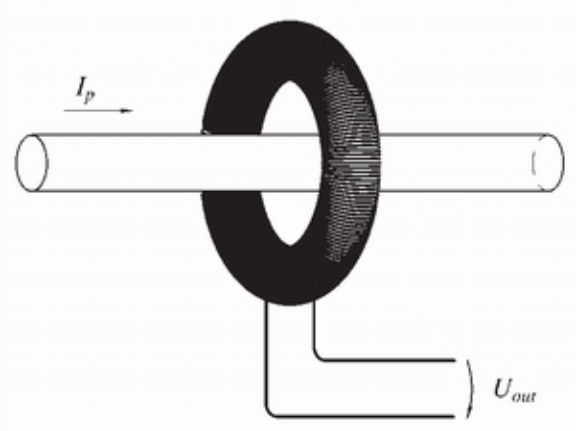
Působí-li kolmo na destičku z polovodičového materiálu magnetické pole s indukcí ***B*** a protéká-li touto destičkou stejnosměrný proud ***i***, působí na pohybující se nosiče náboje síla a jejich dráhy se vychylují ve směru kolmém k vektoru magnetické indukce ***B*** a pohybu těchto nábojů → na protilehlých stranách destičky vzniká Hallovo napětí $\mathbf{u_H}$

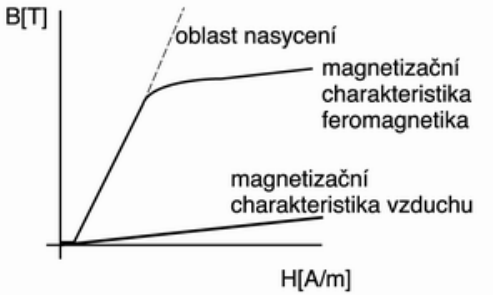
- Hallovo napětí u_H

$$u_H = R_H \cdot i \cdot \frac{B}{d}$$

- klešťové ampérmetry s Hallovou sondou - měření proudů 1 mA až 1 MA
- chyba měření klešťovým ampérmetrem s Hallovou sondou cca 1 %
- použít pro měření proudů do frekvence 25 kHz

Měření proudu pomocí Rogowského cívky





- střídavý proud sledovaného vodiče vytváří kolem sebe střídavé magnetické pole, které způsobí indukci napětí ve vodiči toroidní vzduchové (Rogowského) cívky
- výsledné napětí je úměrné změně magnetického toku a hodnotě střídavého proudu, který ho vyvolal

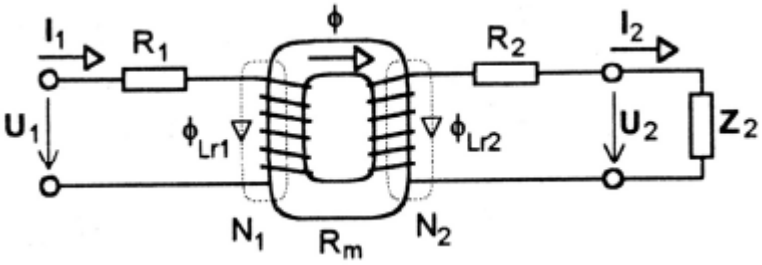
$$U_{VÝSTUPNÍ} = M\frac{dI}{dt} \quad \text{nebo} \quad U_{VÝSTUPNÍ} = 2\pi f I M$$

Obvyklou hodnotou u ohebného provedení cívky je 300 nH, což při proudu 1000 A a frekvenci 50 Hz na výstupu cívky generuje napětí 94.2 mV.

Nejlepší metodou pro zpracování napěťového výstupu cívky je napětí elektronicky integrovat. Integrovaný výstup je frekvenčně nezávislý a přesně reprezentuje průběh měřeného proudu. S vhodným integrátorem lze ohebné cívky použít na měření proudů v rozsahu od méně než 1 A až do řádu MA.

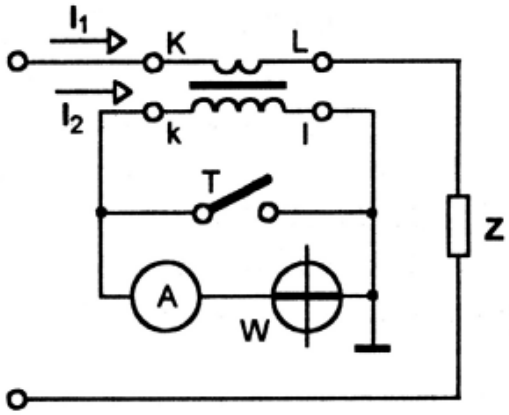
zdroj: http://automatizace.hw.cz/co-je-k-cemu-je-jak-funguje-rogowskeho-civka

Měření proudu pomocí MTI

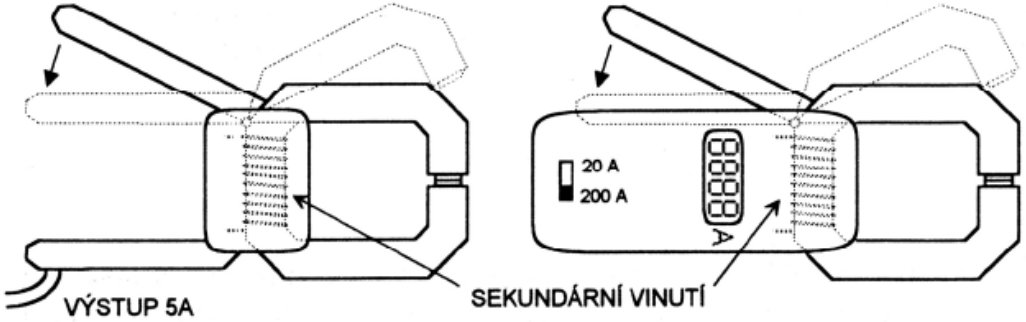


$$p_U = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$p_I = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

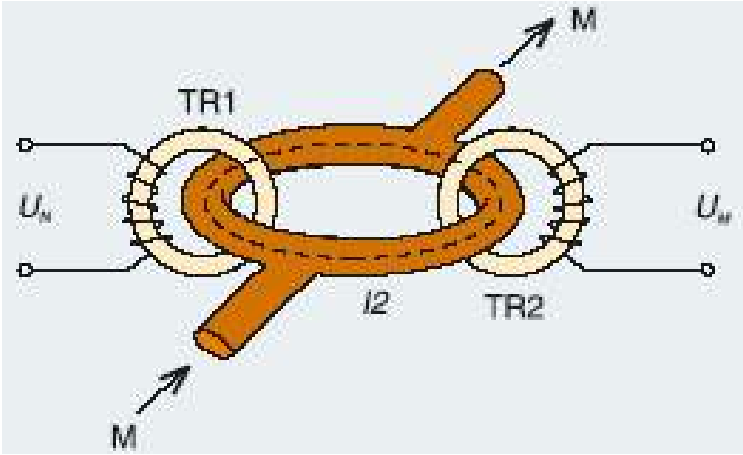


- sekundárního vinutí, které nesmí být rozpojeno
- v případě rozpojení by došlo k přesycení jádra a na sekundární straně by se indukovaly napěťové špičky s velkou amplitudou a mohlo by dojít k proražení izolace
- jmenovitá hodnota sekundárního proudu je 5A nebo 1A
- MTI se vyrábějí také v klešťovém provedení



Měření napětí

- přímé měření napětí
- nepřímé měření napětí přes MTU

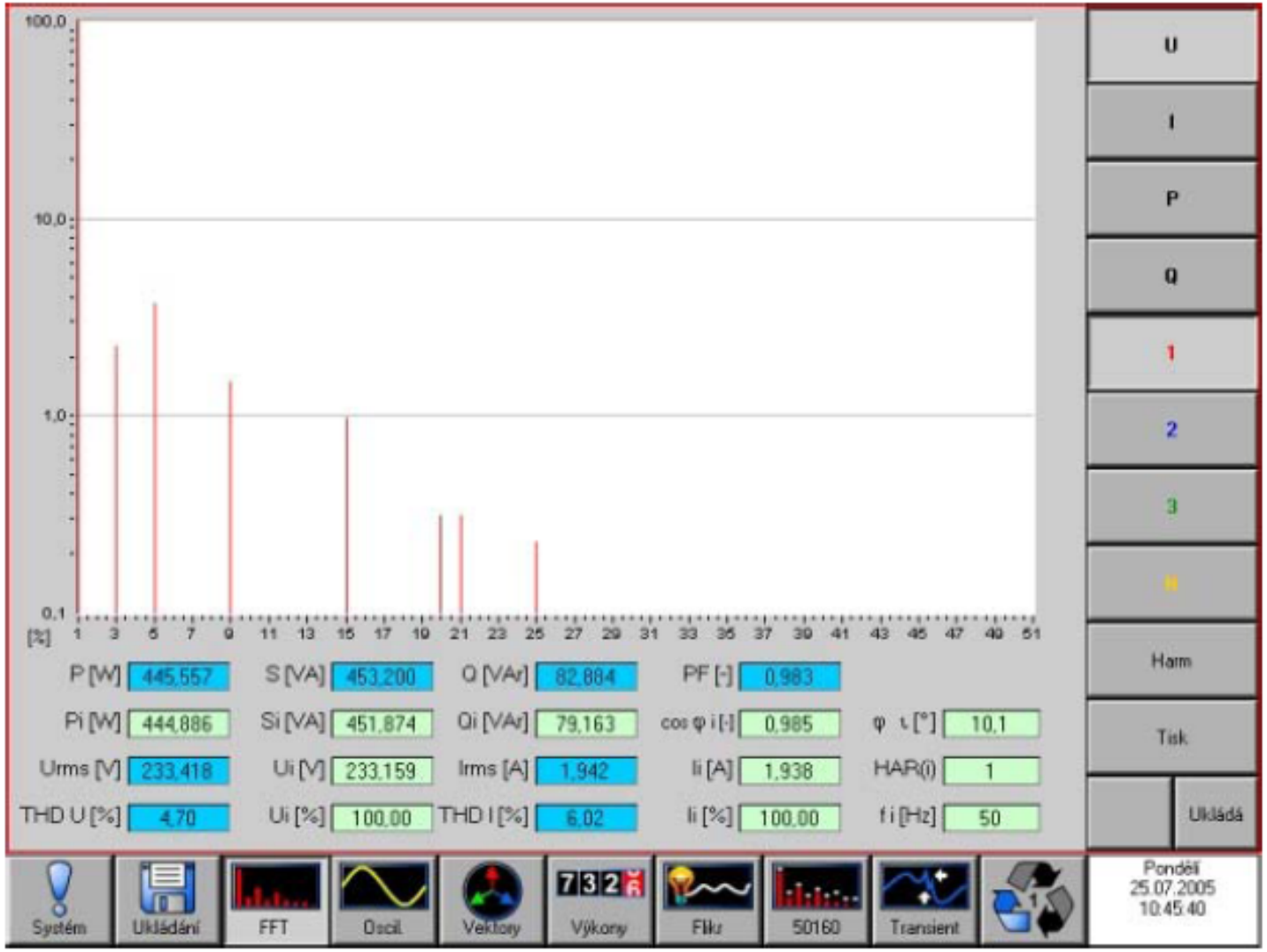


Analyzátory

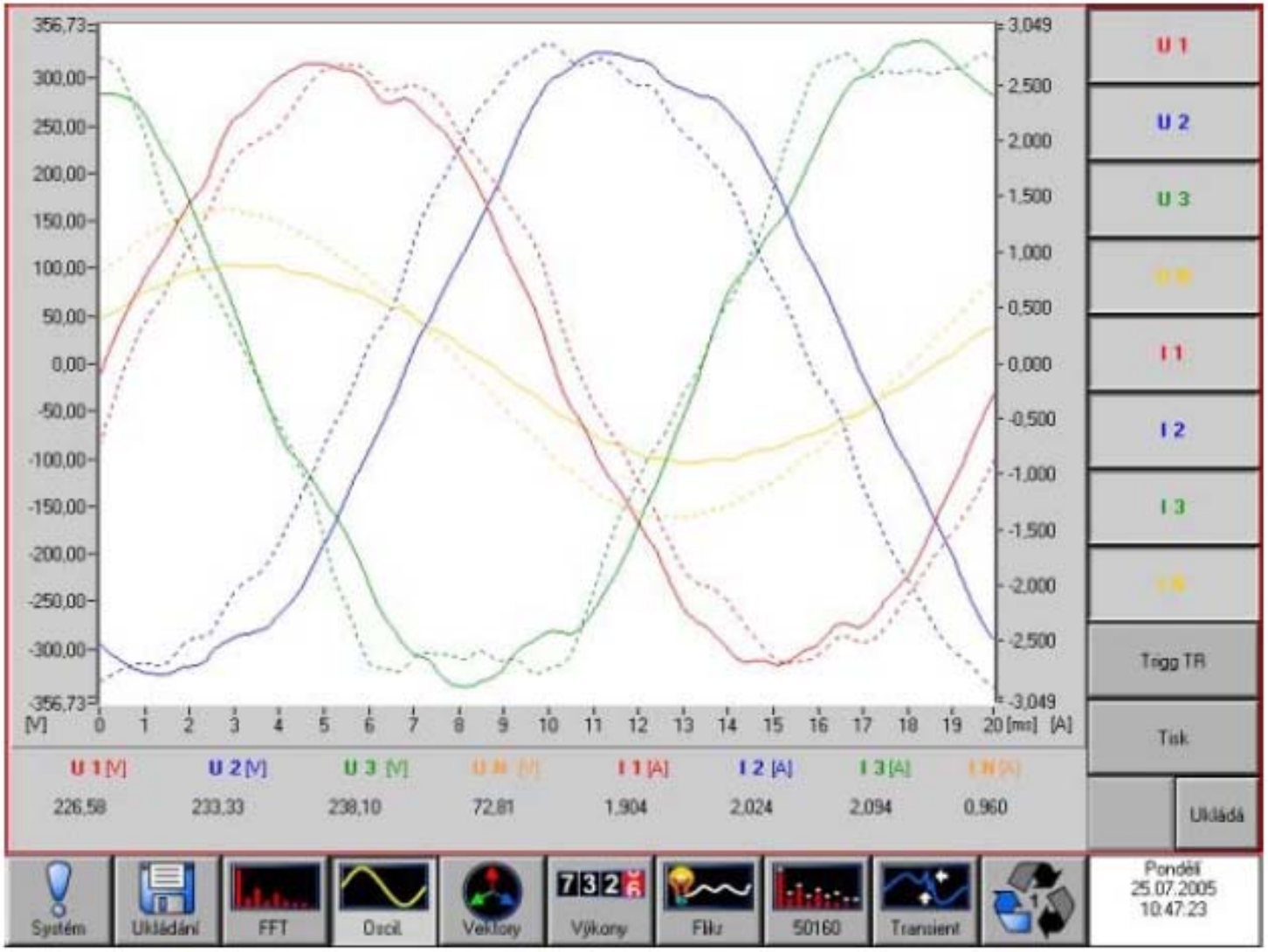
BK-ELCOM PNA 550

CIRCUTOR QNA 412

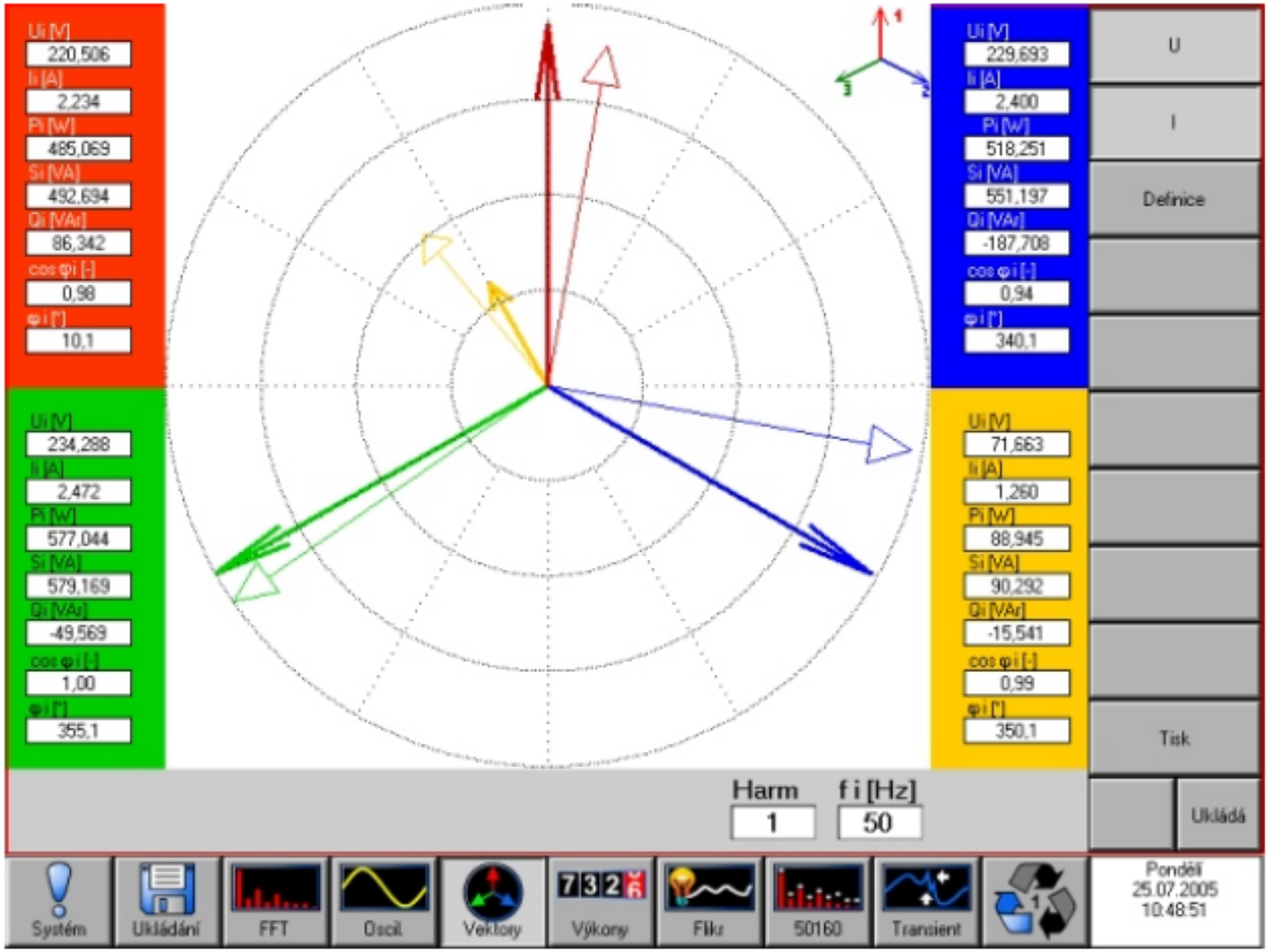
Analyzátor harmonických a meziharminických



Osciloskop

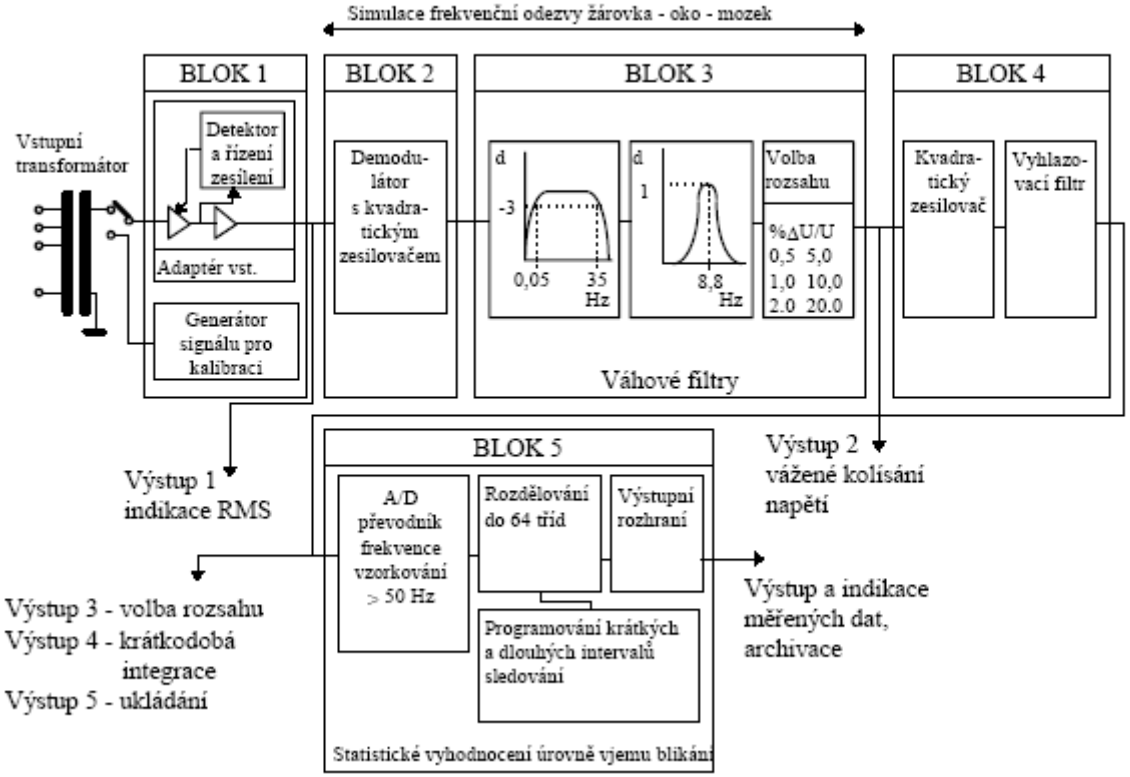

356,73
300,00
250,00
200,00
150,00
100,00
50,00
0,00
-50,00
-100,00
-150,00
-200,00
-250,00
-300,00
-356,73
3,049
2,500
2,000
1,500
1,000
0,500
0,000
-0,500
-1,000
-1,500
-2,000
-2,500
-3,049
[V] 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 [ms] [A]
U 1
U 2
U 3
I 1
I 2
I 3
Tregg TR
Tisk
Ukládá
U 1 [V]
U 2 [V]
U 3 [V]
I 1 [A]
I 2 [A]
I 3 [A]
226,58
233,33
238,10
72,81
1,904
2,024
2,094
0,960
Systém
Ukládání
FFT
Oscil.
Vektory
Výkony
Flikr
50160
Transient
Pondělí
25.07.2005
10:47:23

Vektorskop


Ui [V]
220,506
Ii [A]
2,234
Pi [W]
485,069
Si [VA]
492,694
Qi [VAr]
86,342
cos φi [-]
0,98
φi [°]
10,1
Ui [V]
229,693
Ii [A]
2,400
Pi [W]
518,251
Si [VA]
551,197
Qi [VAr]
-187,708
cos φi [-]
0,94
φi [°]
340,1
Ui [V]
234,288
Ii [A]
2,472
Pi [W]
577,044
Si [VA]
579,169
Qi [VAr]
-49,569
cos φi [-]
1,00
φi [°]
355,1
Ui [V]
71,663
Ii [A]
1,260
Pi [W]
88,945
Si [VA]
90,292
Qi [VAr]
-15,541
cos φi [-]
0,99
φi [°]
350,1
U
I
Definice
Tisk
Ukládá
Harm
1
f i [Hz]
50
Systém
Ukládání
FFT
Oscil.
Vektory
Výkony
Fliku
50160
Transient
Pondělí
25.07.2005
10:48:51

Výkony, Flicker

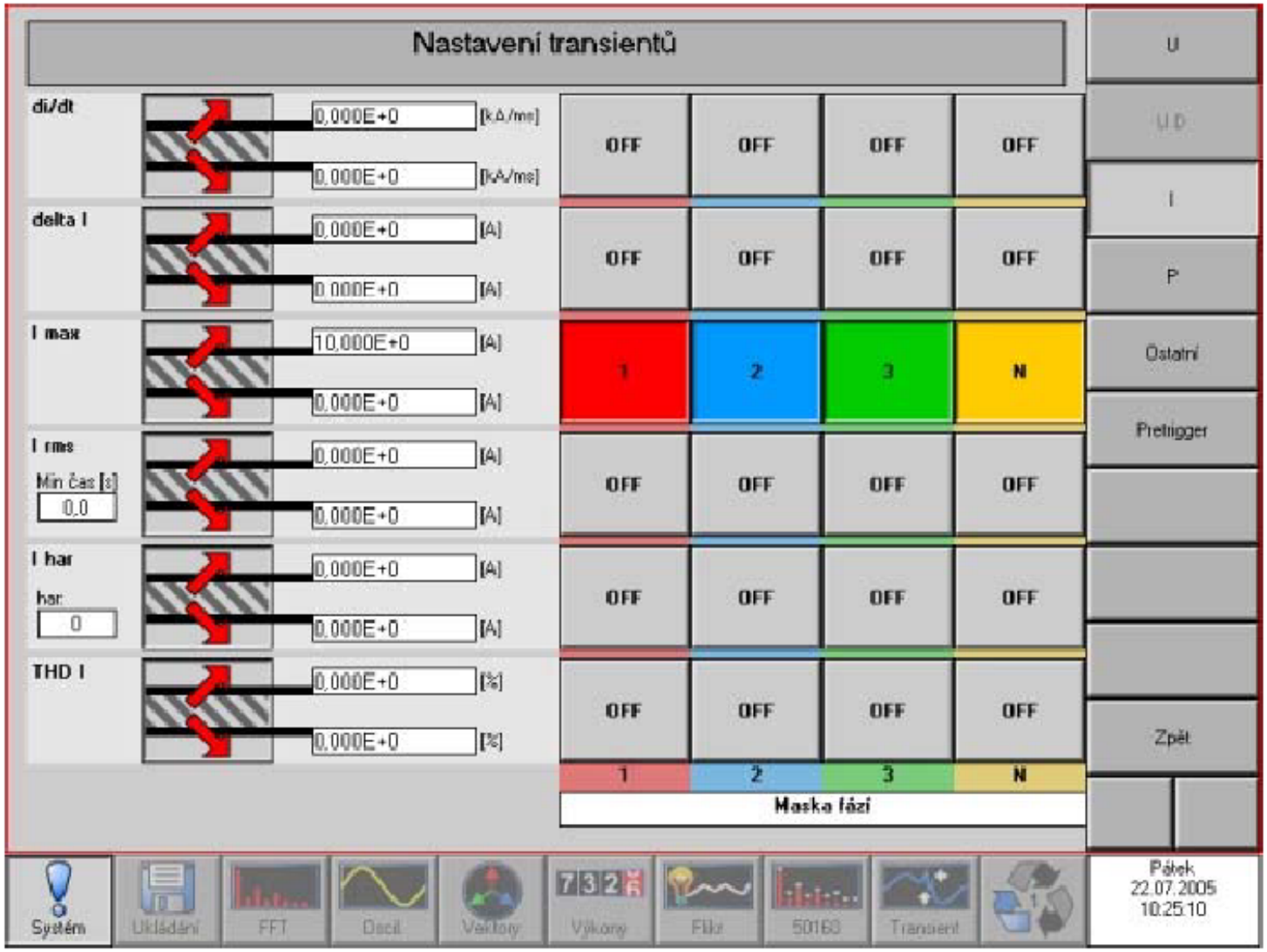
- tabulka měření výkonů (U,I,P,Q,cosφ,….)
- implementace modulu simulující proces fyziologického zrakového vnímání



Monitor napětí dle normy ČSN EN 50160

- frekvence
- střední desetiminutové RMS hodnoty napětí
- kolísání napětí (P_{lt} - flicker)
- harmonické napětí jednotlivých fází
- nesymetrie
- odchylky napětí

Nastavení transientů



Monitor dalších veličin

- analyzátor HDO signálů (telegramů)
- monitor alarmů – překročení hodnot
- monitor rychlých dějů (transient recorder)
- analyzátor impedance sítě
- monitor efektivní hodnoty napětí po půlperiodách
- monitor poruchových dějů (disturbance recorder)
- monitor pomalých dějů (PAD zapisovač)

Vstupní převodníky

PRUŽNÝ PROUDOVÝ PŘEVODNÍK AMPFLEX A 101

šířka pásma 10 Hz - 20 kHz
střídavé proudy do 2 kA
délka 450 mm

Konec prezentace.

Děkuji za pozornost.