

**Jiří Krupica<sup>1</sup>**

## **Zpětný vliv trakčních měničů Českých drah vůči napájecí síti 22 kV, 50 Hz**

*Klíčová slova: Chování trakčního usměrňovače k napájecí síti, harmonické proudy trakčního usměrňovače, regresní křivky, charakter odběru TNS, statistické rozdělení zátěže TNS.*

### **1. ÚVOD**

Tento článek vzniknul na základě prací, které prováděla Technická ústředna Českých drah v minulých letech. Práce měla dvě části – teoretickou a experimentální. Obě části budou v článku popsány.

### **2. TEORETICKÁ ČÁST**

#### **2.1 Úvod**

Základním problémem elektromagnetické kompatibility nelineárních spotřebičů elektrické energie vůči napájecí síti je jejich zpětný vliv na tuto síť. Bylo prokázáno, že statické měniče jako nejrozšířenější nelineární výkonový spotřebič se vůči napájecí síti chovají jako generátory proudových harmonických. Z definice generátoru proudových harmonických pak vyplývá, že generátory tohoto typu dodávají do napájecí sítě proudové harmonické nezávisle na vstupní impedanci této sítě.

V oblasti elektrické trakce vykazují charakter generátoru proudových harmonických např. elektrická hnací vozidla jednofázové soustavy díky diodovému měničů trakčního obvodu, a to vůči napájecí soustavě 25 kV, 50 Hz. Stejný charakter vykazují trakční usměrňovače napájecích stanic soustavy 3 kV DC, a to vůči napájecí síti 22 kV, 50 Hz.

Vzniká otázka, jaký zákon váže frekvence a hodnoty takto generovaných proudových harmonických s trakčním odběrem.

Tak například elektrické hnací vozidlo s diodovým trakčním usměrňovačem vykazuje ve svém proudu odebíraném sběračem všechny liché násobky 50 Hz. Naproti

---

<sup>1</sup> **Ing. Jiří Krupica**, 1947, absolvoval VŠDS Žilina, fakultu elektrotechnickou, obor elektrická trakce a energetika v dopravě 1983, nyní vedoucí oddělení EMC v TÚČD.

tomu trakční usměrňovač vykazuje v proudu odebíraném z napájecí sítě harmonické, jejichž frekvence závisí na jeho schématu. Usměrňovač v šestipulzním schématu (MHD) má vůči napájecí síti charakter proudového generátoru lichých harmonických s následujícími řádovými čísly:

5., 7., 11., 13., 17., 19., 23., 25., atd.

zatím co usměrňovač ve dvanáctipulzním schématu (ČD) má vůči napájecí síti charakter proudového generátoru s omezeným spektrem daném řádovými čísly:

11., 13., 23., 25., atd.

Poněkud složitější je otázka hodnot takto generovaných proudových harmonických. V dalším jsou porovnány poměrné i absolutní hodnoty proudových harmonických generovaných především TNS ČD podle tří zdrojů, a to podle:

- tak zvaného „amplitudového zákona“,
- odhadu uvedeného v tabulce 7 článku 6.2.1.1 PNE 33 3430-0,
- simulace pomocí PSpice verze 5 reálného schématu dvanáctipulzního usměrňovače.

## 2.2 Hodnoty proudových složek usměrňovače

### 2.2.1 Poměrné hodnoty proudových harmonických podle tzv. „amplitudového zákona“

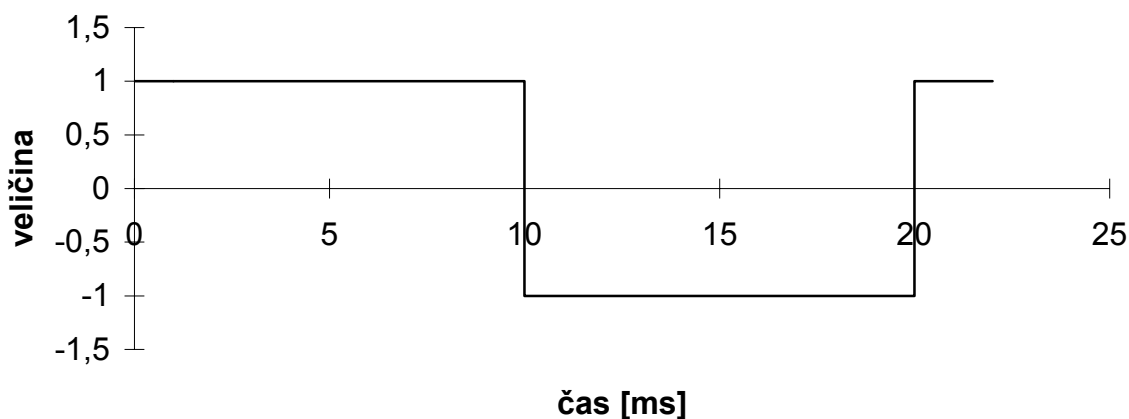
„Amplitudový zákon“ definuje poměrné hodnoty jednotlivých proudových harmonických  $I_n$  vůči základní složce  $I_1$  výrazem

$$I_n = \frac{1}{n} \cdot I_1 \quad (1)$$

Tento výraz udává největší možné hodnoty jednotlivých spektrálních složek, které může nelineární spotřebič s neřízenými (diodovými) prvky generovat do napájecí sítě.

Poměrné hodnoty podle výrazu (1) však nemohou vznikat v podmínkách reálného spotřebiče. Jako příklad je uveden na **obrázku 1** simulovaný časový průběh jednofázového diodového usměrňovače.

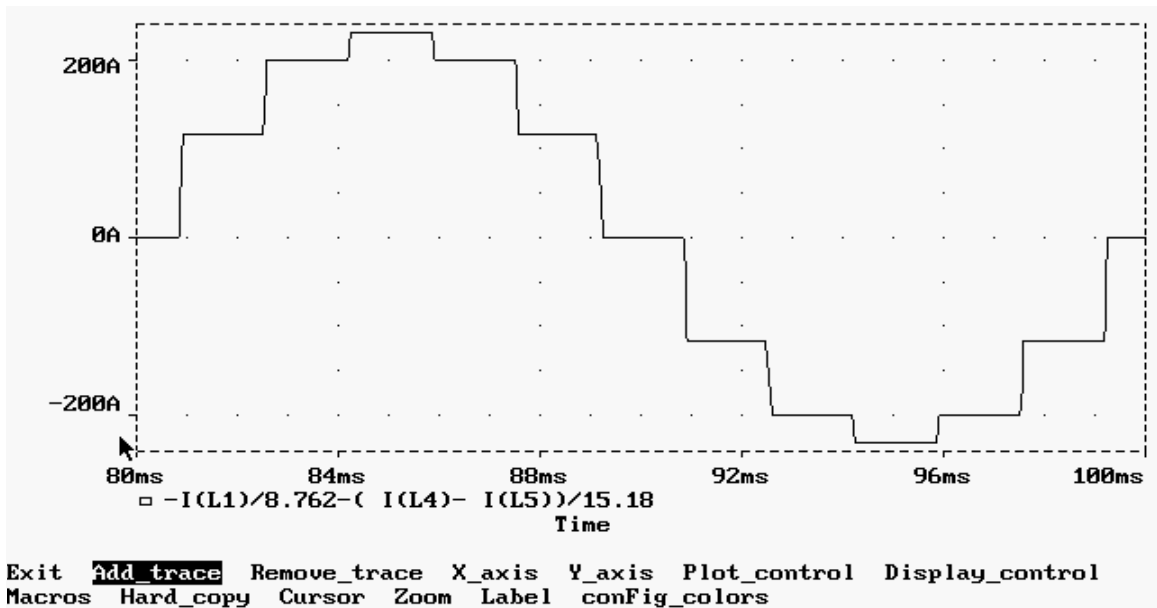
### Pravoúhlý průběh



Obrázek 1

Platnost výrazu **(1)** je zde způsobena strmými nárůsty proudu při přechodu z jedné poloperiody do poloperiody následující. V reálných podmínkách však tyto strmé nárůsty nejsou realizovatelné především vlivem rozptylové reaktance napájecího transformátoru a reaktance napájecí sítě.

V analyzovaném případě trakčního usměrňovače s dvanáctipulzním schématem (TNS ČD) by nerespektování rozptylové reaktance transformátoru usměrňovače vedlo k časovému průběhu proudu odebíraného tímto usměrňovačem ze sítě 22 kV, jak je simulován pro odebíraný proud 1660 A DC na obrázku 2.



Obrázek 2

Tento průběh byl podroben rychlé Fourierově transformaci (FFT) do frekvenční oblasti pomocí SW PSPice s tímto výsledkem:

$I_1$ 228,95 [A]	podle PSPice	podle „amplitudového zákona“
$I_{11}$ [A]	20,67	20,81
$I_{13}$ [A]	17,52	17,61
$I_{23}$ [A]	9,69	9,95
$I_{25}$ [A]	8,97	9,16

Podobnost proudových hodnot prokazuje přes jisté rozdíly, že časový průběh podle **obrázku 2** lze dosti přesně popsat spektrálními složkami odvozenými s pomocí „amplitudového zákona“.

**2.2.2 Poměrné hodnoty proudových harmonických podle PNE 33 3430-0**

Tato PNE 33 3430-0 obsahuje v tabulce 7 článku 6.2.1.1 možnost odhadovat poměrné hodnoty proudů emitovaných do sítě dvanáctipulzním paralelním můstkem v hodnotách podle následující tabulky:

n	5	7	11	13	23	25
$I_n$ [%]	4	3	9	6	3	3
$I_n$ [%] podle a.z..	20	14,3	9,09	7,69	4,35	4,00

Tabulka v řádku druhém udává hodnoty převzaté z PNE 33 3430-0. Řádek třetí udává hodnoty, které vycházejí z „amplitudového zákona“. Z porovnání obou vyplývá, že tyto odhadované hodnoty jsou vesměs poněkud nižší než teoreticky nejvyšší, jak je udává „amplitudový zákon“.

Pro názornost jsou ještě zapracovány do výše uvedené tabulky pro porovnání i hodnoty plynoucí z idealizovaného **obrázku 2**. Tabulka pak bude mít následující hodnoty:

$I_1 = 228,95$ [A]	podle PSPice	podle odhadu PNE 33 3430-0
$I_{11}$ [A]	20,67	20,61
$I_{13}$ [A]	17,52	13,74
$I_{23}$ [A]	9,69	6,87
$I_{25}$ [A]	8,97	6,87

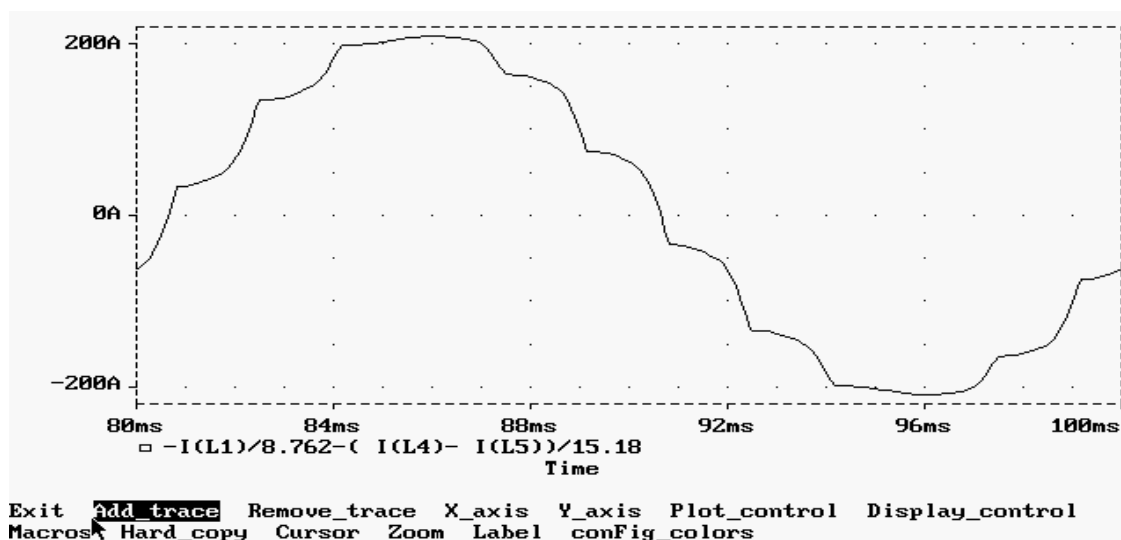
Z této tabulky vyplývá, že odhad podle PNE 33 3430-0 respektuje alespoň částečně reálný vliv jevu komutace proudu usměrňovače, který je v **obrázku 2** potlačen

### 2.2.3 Simulace reálného schématu dvanáctipulzního usměrňovače

Cílem simulace schématu dvanáctipulzního usměrňovače TNS ČD bylo vyšetřit reálné spektrum proudu, který tento usměrňovač odebírá z napájecí sítě 22 kV, 50 Hz, a porovnat výsledky této simulace s hodnotami naměřených spekter z TNS.

Jako výchozí hodnoty elektrických parametrů nutných pro sestavení simulovaného schématu trakčního usměrňovače byly vzaty průměrné hodnoty reálných schémat.

Pomocí simulace byl sestrojen **obrázek 3**.



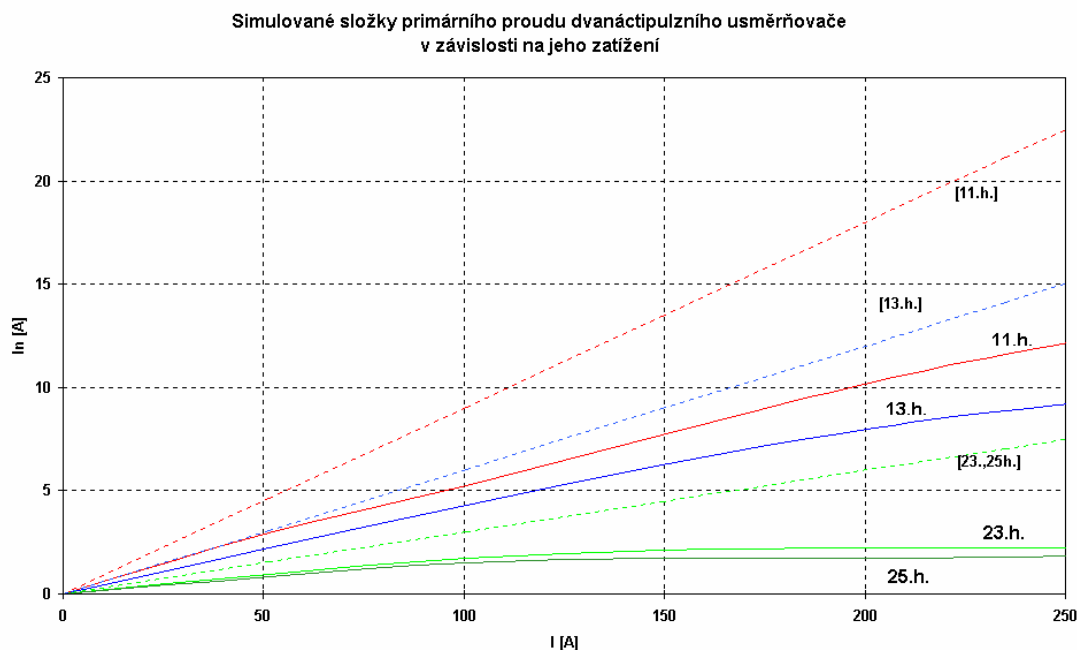
Obrázek 3

Porovnáním s **obrázkiem 2** je patrné, že tento nový časový průběh má díky jevu komutace tvar, který je bližší k průběhu sinusovému a lze tedy oprávněně předpokládat, že i jeho spektrální složení bude z hlediska EMC vůči napájecí síti příznivější. Základní spektrální složky po přepočtu na stranu 22 kV mají hodnoty podle následující tabulky:

$I_1$	149,38 A	100 %
$I_{11}$	7,72 A	5,17 %
$I_{13}$	6,25 A	4,18 %
$I_{23}$	2,12 A	1,42 %
$I_{25}$	1,71 A	1,14 %

Nutno podotknout, že takto zvolený číselný příklad představuje výkon trakčního usměrňovače cca 5,5 MW či cca 5,7 MVA a leží tedy v horní části pásma trakčního odběru, který v provozu je dosahován výjimečně.

Na základě popsaného simulačního postupu byl pak sestrojen **obrázek 4**. Zde jsou vyneseny čtyři křivky amperických hodnot složek 11., 13., 23. a 25. harmonické na vstupní straně transformátoru usměrňovače v závislosti na proudu základní harmonické trakčního odběru.



Dále je v tomto obrázku vykreslena závislost amperických hodnot těchto harmonických na trakčním odběru, když harmonické proudy jsou odvozeny z odhadu podle PNE 33 3430-0. Porovnáním barevně odpovídajících průběhů je patrné, že odhad podle PNE 33 3430-0 (znázorněno čárkovaně) uvádí amperické hodnoty podstatně větší než odpovídá výsledkům simulace (znázorněno plnými čarami).

### 2.3 Obsah 5. a 7. harmonické proudu trakčního usměrňovače

Dalším úkolem simulace dvanáctipulzního schématu trakčního usměrňovače byla otázka spektrálního složení harmonických v proudu, který odebírá z napájecí sítě 22 kV. Běžně se uvádí, že nejnižší spektrální složkou je až 11. harmonická následovaná pak 13. harmonickou. Spektrální složky 5. a 7. harmonické se v primárním proudu údajně nevyskytují. Vzniká otázka, čím je tento stav způsoben.

Z výpočtů vyplývají pro spektrální složky proudů 5. a 7. harmonické primárního proudu dvanáctipulzního usměrňovače následující závazné závěry:

- **spektrální složky 5. a 7. harmonické produkují obě sekce trakčního usměrňovače s nenulovými hodnotami amplitud:**

- fáze těchto složek jsou navzájem v protifázi:
- v celkovém primárním proudu dvanáctipulzního usměrňovače se v důsledku toho vyruší a složky 5. a 7. harmonické dostávají prakticky nulové hodnoty svých amplitud,
- oprávněně lze očekávat, že stejně se budou chovat i spektrální složky 17., 19. atd. harmonických.

## 2.4 Obsah 11. a 13. harmonické proudu trakčního usměrňovače

Existence složek 11. a 13. harmonické je citována a vzniká otázka, proč se v primárním proudu dvanáctipulzního usměrňovače vyskytují.

Z výpočtů vyplývají pro spektrální složky 11. a 13. harmonické primárního proudu dvanáctipulzního usměrňovače následující závažné závěry:

- spektrální složky 11. a 13. harmonické produkují obě sekce dvanáctipulzního trakčního usměrňovače s prakticky stejnými hodnotami amplitud:
- fáze těchto složek jsou navzájem též prakticky stejné:
- v celkovém primárním proudu dvanáctipulzního usměrňovače se v důsledku toho přírůstky ze sekcí „D“ a „Y“ obou analyzovaných spektrálních složek ve svých amplitudách sečítají,
- oprávněně lze očekávat, že stejně se budou chovat i spektrální složky 23., 25. atd. harmonických.

## 3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST ŘEŠENÍ

Experimentální část řešení úkolu spočívala v měření na konkrétních TNS DC. Provádělo se měření TNS DC v oblasti jednoho dodavatele elektrické energie.

### 3.1 Metodika měření

Měření bylo provedeno pomocí síťových analyzátorů BK 500 (výrobce ELCOM Praha) v.č. 19 402-002 a v.č. 19 402-004. Analyzátor byl zapojen v rozvodně 22 kV na právě aktivním přívodu. Napětí bylo pro každou TNS, jejichž seznam je uveden výše, snímáno ze sekundárního vinutí měřicího transformátoru napětí s převodem 22000/100 V, proud byl snímán pomocí proudových kleští MINI, které jsou součástí analyzátorů, ze sekundárního obvodu měřicího transformátoru proudu s převodem 400/5 A.

### 3.2 Postup měření

Měření se uskutečnila v březnu – květnu 2003 zabudovaným programem v analyzátoru BK 500. Byly ukládány hodnoty proudu a napětí v intervalu 30 s po dobu jednoho týdne na každé výše uvedené TNS.



### 3.3 Způsob vyhodnocení

Naměřená data ze síťových analyzátorů BK 500 byla převedena do tabulkového procesoru a v něm vyhodnocena.

Z naměřených dat byly vyhodnocovány hodnoty proudů :

- odběrový proud TNS ..... I [ A ]
- proud 5. harmonické ..... I<sub>5</sub> [ A ]
- proud 7. harmonické ..... I<sub>7</sub> [ A ]
- proud 11. harmonické ..... I<sub>11</sub> [ A ]
- proud 13. harmonické ..... I<sub>13</sub> [ A ]
- proud 23. harmonické ..... I<sub>23</sub> [ A ]
- proud 25. harmonické ..... I<sub>25</sub> [ A ]

U všech harmonických byly sestrojeny závislosti dané harmonické proudu na odběru TNS pro každou TNS.

Dále byla sestrojena kontrolně závislost 5. harmonické v čase jednoho týdne při kroku 30 vteřin.

Na závěr byla provedena statistika rozdělení odběrových proudů TNS do daných intervalů. Tato statistika byla provedena pro každou TNS zvlášť a následně pro všech dvanácti sledovaných TNS jako pro celek.

### 3.4 Metodika zpracování naměřených hodnot

Ve 12 trakčních napájecích stanicích stejnosměrné soustavy ležících v oblasti SME byla uskutečněna týdenní měření harmonických primárního proudu TNS jako celku. Jednotlivé soubory mají pro každou harmonickou rozsah cca 16 až 20 tisíc údajů, což představuje statistický materiál pro každou harmonickou v rozsahu cca 240 tisíc hodnot.

Při uvedených měřeních byly zaznamenávány efektivní hodnoty harmonických v primárním proudu TNS od základní po 25. harmonické. Pro dále popsanou statistickou analýzu byly vybrány údaje náležející:

- dvojici nejnižších „zákoných“ složek, tedy složek 11. a 13. harmonické,
- dvojici následujících „zákoných“ složek, tedy složek 23. a 25. harmonické,

### 3.4.1 Analýza „zákonných“ složek trakčního usměrňovače

Prvním krokem při analýze „zákonných“ složek 11., 13., 23. a 25. harmonické primárního proudu jednotlivých TNS bylo sestrojení závislosti efektivní hodnoty těchto složek na efektivní hodnotě základní složky 50 Hz tohoto proudu.

Vzniklé diagramy, které obsahovaly množinu naměřených hodnot, byly pak doplněny regresní křivkou, která popisuje pro danou TNS nejpravděpodobnější závislost sledované harmonické na harmonické základní.

Pro průběh regresní křivky byla zvolena kubická parabola (parabola třetího stupně), protože její průběh nejlépe vyjadřoval charakter průběhu sledované závislosti dané harmonické na harmonické základní. Správnost volby tohoto typu regresní křivky potvrzuje i číselná hodnota spolehlivosti značená „ $R^2$ “. K tomu nutno poznamenat, že pro ideální shodu s nejvyšší spolehlivostí náhrady naměřených hodnot regresní křivkou by platilo  $R^2 = 1,00$ . Bylo zjištěno, že hodnota spolehlivosti leží pro sledované harmonické zhruba v intervalech:

- pro 11. harmonickou v intervalu od 0,9937 do 0,8835, průměrná hodnota spolehlivosti ze všech 12 TNS činí 0,9628,
- pro 13. harmonickou v intervalu od 0,9872 do 0,7868, průměrná hodnota spolehlivosti ze všech 12 TNS činí 0,9365,
- pro 23. a 25. harmonickou je však rozptyl hodnot spolehlivosti větší.

### 3.4.2 Soubor regresních křivek

Druhým krokem analýzy bylo sestrojení souboru regresních křivek z jednotlivých sledovaných TNS podle jejich upřesněných rovnic do společného diagramu, a to odděleně pro 11., 13., 23. a 25. harmonickou. Vznikl tak soubor nejpravděpodobnějších závislostí obsahu sledovaných harmonických primárního proudu ze všech 12 TNS na základní harmonické tohoto proudu.

### 3.4.3 Průměrná regresní křivka

Ve třetím kroku bylo možno ke čtyřem souborům regresních křivek pocházejících ze 12 sledovaných TNS a platících pro danou harmonickou nalézt nové regresní křivky vyjadřující pro sledované harmonické vždy nejpravděpodobnější (průměrnou) závislost dané harmonické na základní složce, protože jsou známé rovnice jednotlivých regresních křivek. Takto vzniklé regresní křivky značené jako průměrné jsou tedy sestrojeny z údajů naměřených ve všech 12 TNS, vždy pro sledovanou harmonickou.

### 3.4.4 Obálka maximálních hodnot souboru regresních křivek

Čtvrtým krokem bylo vysledování maximálního hodnot obsahu sledované

harmonické v závislosti na složce základní, tedy výsledování obálky souboru regresních křivek jednotlivých TNS pro sledovanou harmonickou.

Zde byla použita metoda „křivítka“, křivka vyjadřující obálku byla vykreslena s tím, že z fyzikálního principu musí procházet počátkem souřadnic. Z diagramů platných pro jednotlivé harmonické byly za účelem vyšetření regresních koeficientů této obálky odečteny hodnoty pro 50 A, 150 A a 250 A základní složky primárního proudu, čímž vznikly tři rovnice pro tři neznámé koeficienty regresní obáلكové křivky. Jejich řešením byla získána rovnice regresní obáلكové křivky platící pro danou harmonickou.

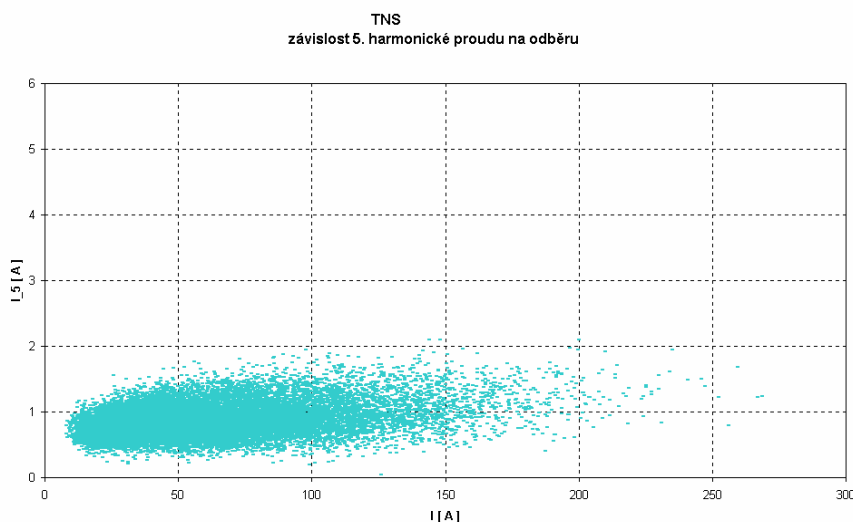
**Tuto křivku lze využít pro definování největších hodnot harmonických v primárním proudu TNS, platných pro danou harmonickou.**

### 3.5 Výsledky měření

Měření bylo provedeno na dvanácti TNS a z každé TNS je k dispozici téměř 20 tisíc dat pro každou sledovanou veličinu.

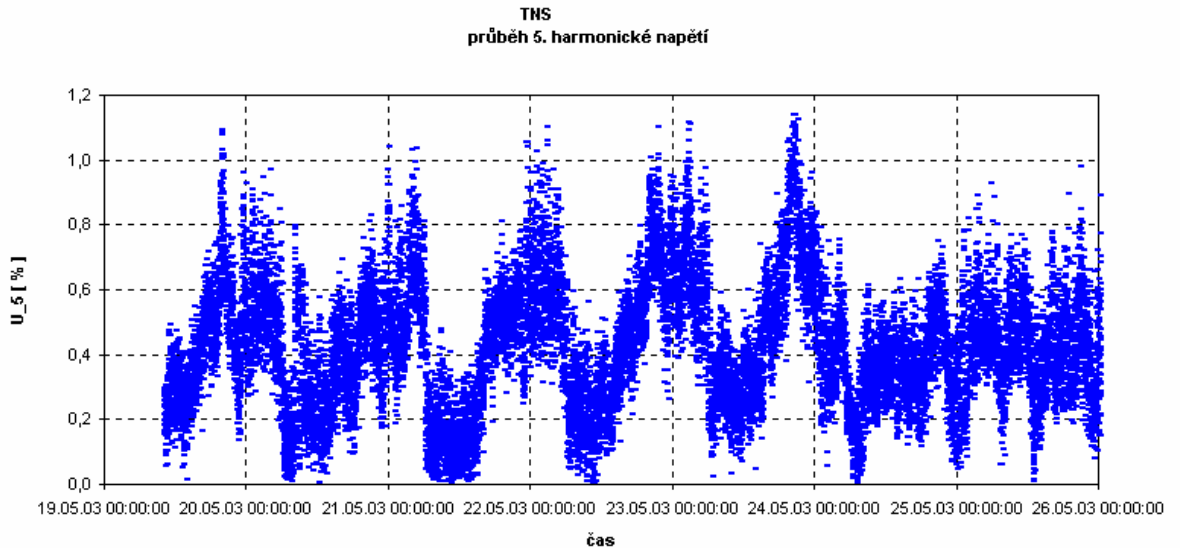
#### 3.5.1 Proud 5. harmonické TNS

Byl měřen a vyhodnocován u všech TNS. Pro příklad je uveden jeden soubor.



Z přiloženého obrázku je patrné, že hodnoty 5. harmonické proudu nabývají hodnot prakticky od nuly po dva ampéry. Protože tyto hodnoty se vyskytují po celou škálu odběrových proudů TNS, nejsou způsobované činností trakčního usměrňovače. Lépe to bude patrné na následujícím obrázku, kde je znázorněn průběh 5. harmonické

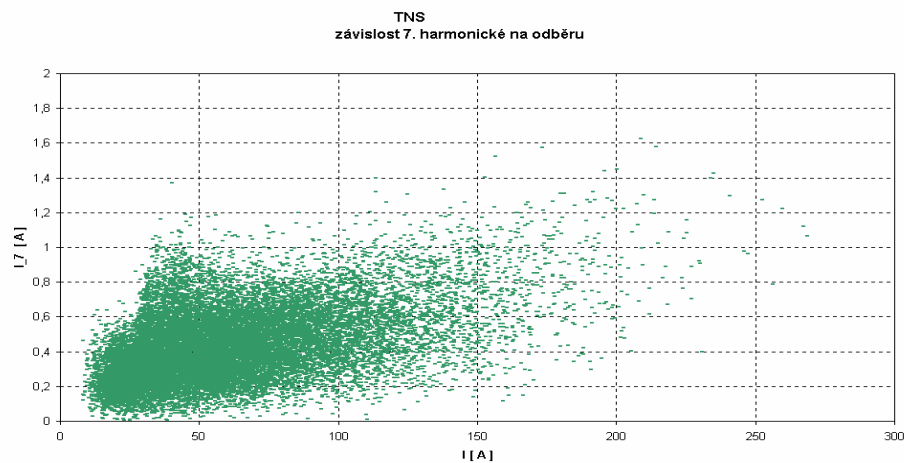
napětí, čímž je jednoznačně prokázán zdroj 5. harmonické mimo TNS (spínané zdroje malého výkonu a velkého množství - TV přijímače).



### 3.5.2 Proud 7. harmonické TNS

Byl měřen a vyhodnocován u všech TNS.

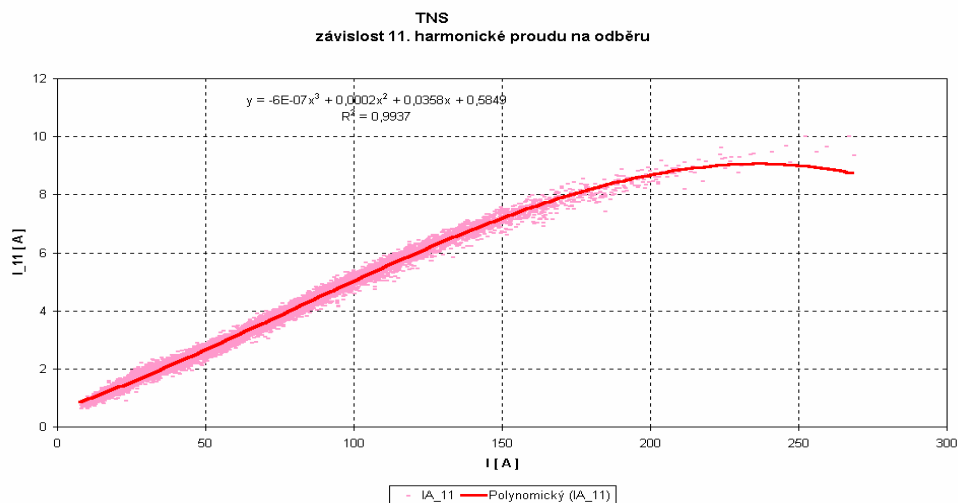
Jedná se o obdobný případ jako u páté harmonické proudu. Z přiloženého obrázku je patrné, že hodnoty 7. harmonické proudu nabývají hodnot prakticky od nuly po dva ampéry. Protože tyto hodnoty se vyskytují po celou škálu odběrových proudů TNS, nejsou způsobované činností trakčního usměrňovače.



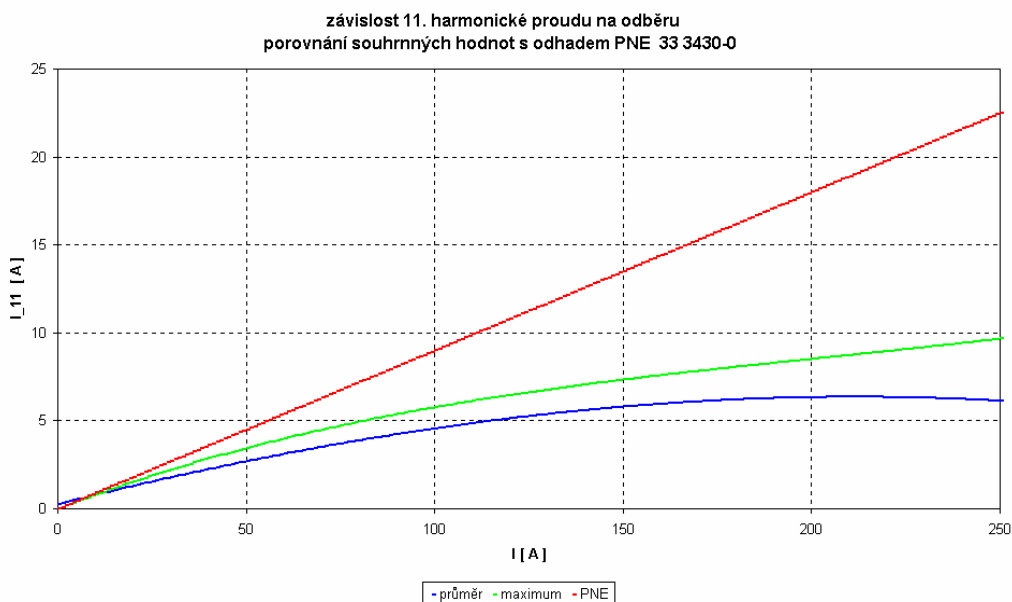
### 3.5.3 Proud 11. harmonické TNS

Byl měřen a vyhodnocován u všech TNS. Jedenáctá harmonická svým řádem

je nejnižší, kterou trakční usměrňovač „produkuje“. Pro příklad z měření bude uveden jeden soubor, který udává závislost jedenácté harmonické proudu na odběru TNS.



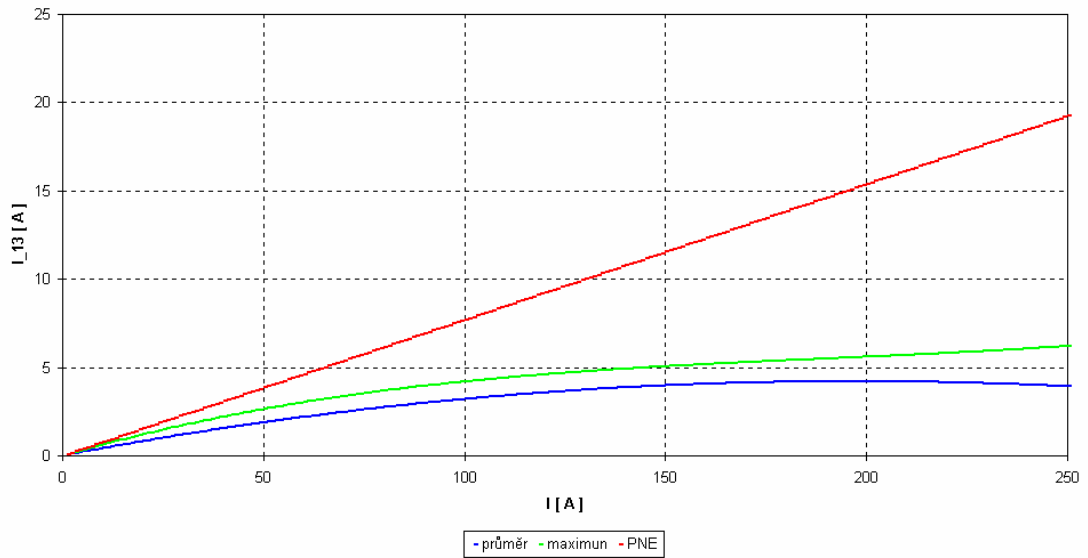
Prakticky stejné průběhy dostaneme u ostatních TNS. Ze souboru všech rovnic regresních křivek byl sestaven souhrnný graf, který obsahuje průměrné (zelená) a maximální hodnoty (obálku- modrá) 11. harmonické, doplněné opět o přímku představující odhad PNE 33 3430-0 - červená.



### 3.5.4 Proud 13. harmonické

Byl zvolen stejný potup jako u 11. harmonické s následujícími výsledky:

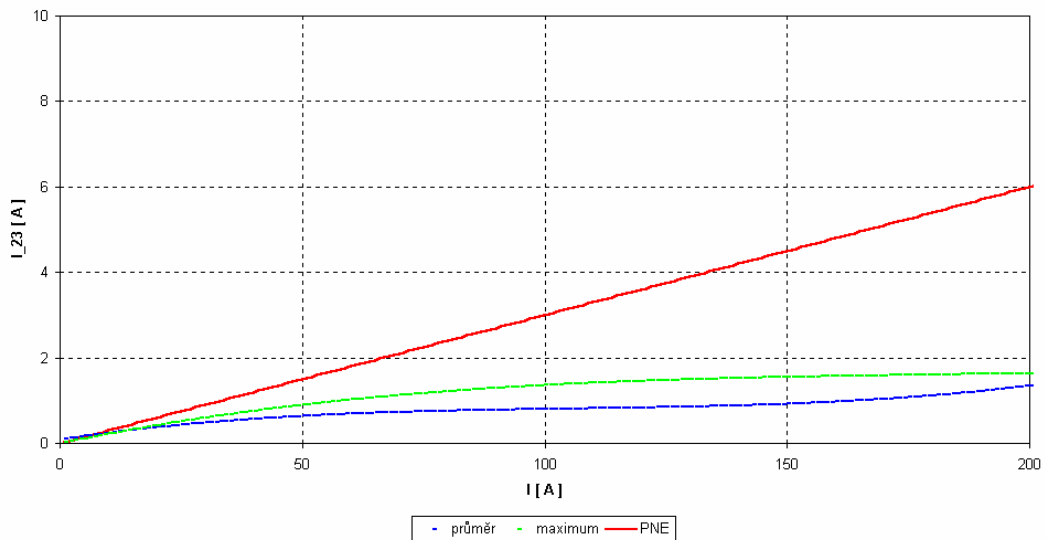
závislost 13. harmonické proudu na odběru  
porovnání souhrnných hodnot s odhadem PNE 33 3430-0



### 3.5.5 Proud 23. harmonické

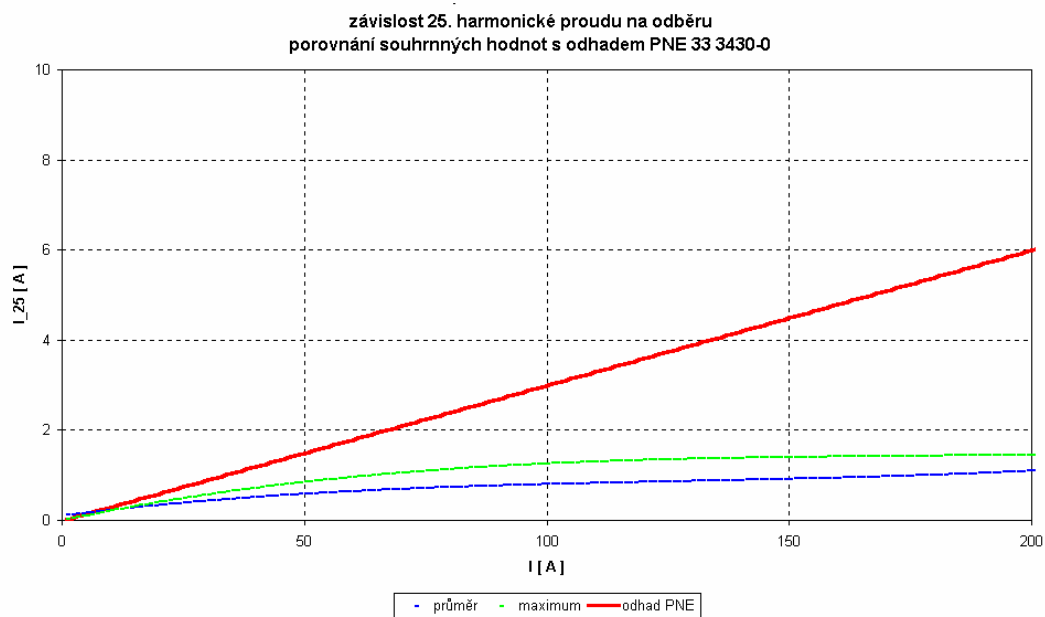
Byl zvolen stejný potup jako u 11. harmonické s následujícími výsledky:

závislost 23. harmonické proudu na odběru  
porovnání souhrnných hodnot s odhadem PNE 33 3430-0



### 3.5.6 Proud 25. harmonické

Byl zvolen stejný potup jako u 11. harmonické s následujícími výsledky:



Vzhledem k tomu, že tento rozbor byl proveden z téměř 240 tisíc dat, lze jej považovat za reprezentativní. Z tohoto důvodu jej lze doporučit pro posuzování zpětných vlivů proudových složek harmonických TNS DC na napájecí síť jak pro rekonstrukci stávajících TNS, tak i pro projektování nových TNS místo odhadu uvedenému v tabulce 7 článku 6.2.1.1 PNE 33 3430-0.

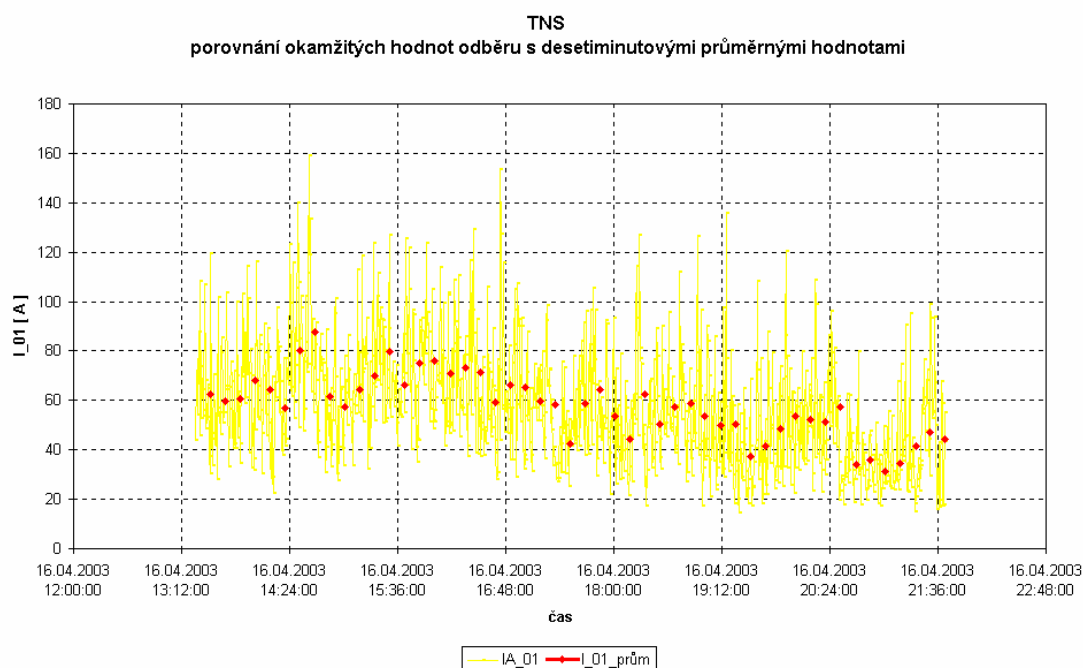
### 3.6 Statistické rozdělení zátěže TNS

Veškeré rozborů, které byly prováděny, vycházely z okamžitých naměřených hodnot proudu TNS snímaných v intervalu 30 s. Napěťové harmonické jsou důsledkem harmonických proudů vznikajících provozem trakčního usměrňovače. Pro velikost napěťových harmonických platí vztah mezi impedancí napájecí sítě a proudovými harmonickými trakčního usměrňovače (Ohmův zákon).

ČSN EN 50 160 však předepisuje sledování napěťových harmonických v průměrných desetiminutových intervalech.

#### 3.6.1 Charakter trakčního odběru

O trakčním odběru je známé, že je značně kolísavý v čase. Pro ilustraci vlivu rozdílu v intervalech sledování v tomto případě odběrového proudu náhodně vybrané TNS slouží následující obrázek.

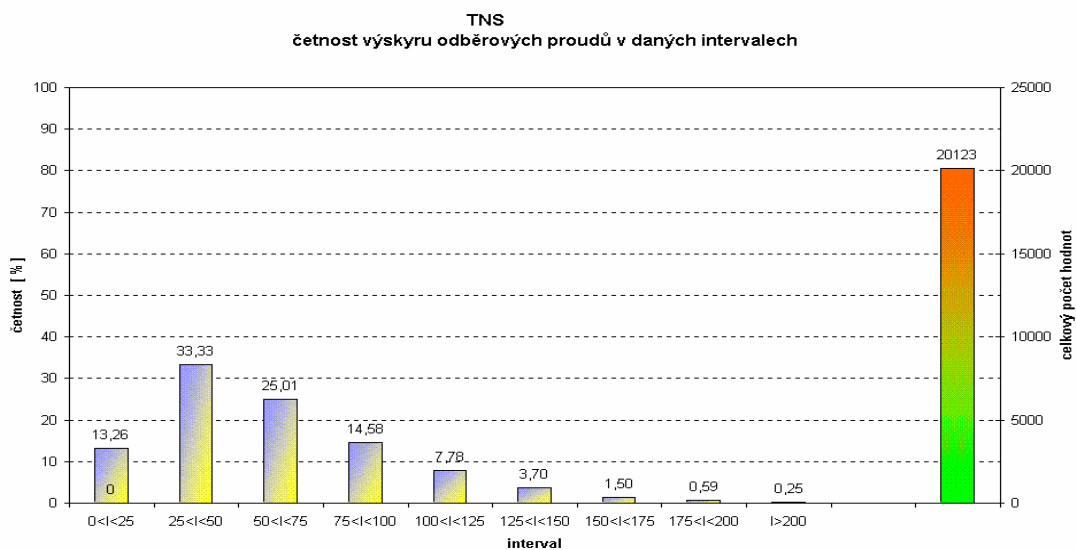


Z tohoto obrázku je patrné, že desetiminutové průměrné hodnoty odebíraného proudu jsou podstatně nižší než hodnoty měřené v intervalu 30 s. Toto platí pochopitelně i pro další složky harmonických odběrového proudu TNS.

#### 3.6.2 Histogramy trakčního odběru

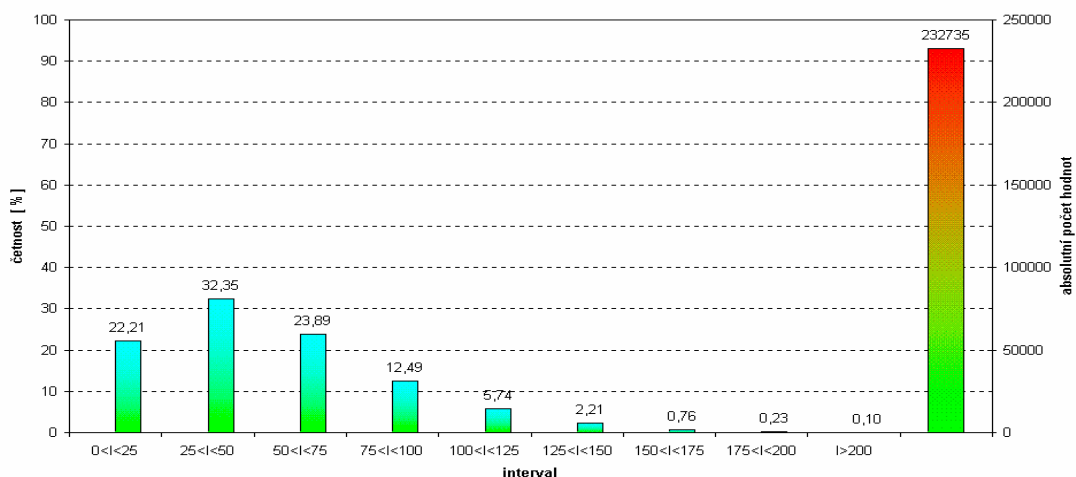
Pro dokreslení charakteru trakčního odběru byla provedena analýza četnosti výskytu odběrového proudu TNS a tím i zdánlivého výkonu TNS v intervalech po 25 A odběrového proudu. Jako příklad je uveden soubor jedné konkrétní TNS





Dále je z téhož souboru uveden sumární přehled ze všech měřených TNS.

**TNS v OBLASTI**  
četnost výskytu hodnot odběrového proudu v daném intervalu



I z tohoto obrázku je patrné, že těžiště histogramu odběrového proudu leží v intervalech od 25 do 75 A ( 56 % všech hodnot) Tento odběrový proud představuje výkon TNS od 0,9 do 2,9 MVA. Hodnoty proudu vyšší než 175 A (6,7 MVA) jsou statisticky nevýznamné (jejich počet je menší než 1 % všech naměřených hodnot).

### 3.6.3 Posouzení výsledků statistického rozdělení zátěže TNS

Poslední sloupec histogramu udává celkový počet hodnot naměřených ve všech TNS (téměř 233 tisíc naměřených hodnot).

Tento soubor naměřených hodnot vytváří statisticky významný podklad pro další analýzy, které je možno použít při určování vstupních podkladů pro projektování rekonstrukcí i nově navrhovaných TNS.

## 4. ZÁVĚR

1. Jsou uvedeny statisticky podložené výsledky závislosti amperických hodnot 11., 13., 23. a 25. harmonické odebraného primárního proudu TNS DC na jejím zatěžovacím proudu.
2. Takto získané hodnoty uvedených proudových harmonických jsou významně nižší než dosud používané hodnoty odvozené z „amplitudového“ zákona i hodnoty odhadované v tabulce č. 7 PNE 33 3430-0.
3. Dalším poznatkem je, že mezi amperickými hodnotami uvedených harmonických neplatí lineární závislost. Při vyšších zatíženích TNS jejich poměrný obsah klesá na rozdíl od tvrzení „amplitudového“ zákona i odhadu podle tabulky 7 PNE 33 3430-0.
4. Vzhledem k tomu, že tento rozbor byl proveden z téměř 240 tisíc dat, lze



jej považovat za reprezentativní. Z tohoto důvodu jej lze doporučit pro posuzování zpětných vlivů TNS DC na napájecí síť jak pro rekonstrukci stávajících TNS, tak i pro projektování nových TNS místo odhadu uvedenému v tabulce č. 7 článku 6.2.1.1 PNE 33 3430-0.

5. Naměřené hodnoty odběrového proudu TNS byly současně analyzovány i hlediska jejich okamžitých hodnot a jejich desetiminutových průměrných hodnot. Vzhledem na charakter trakční zátěže je velký rozdíl v okamžitých hodnotách v porovnání se sledovanými desetiminutovými průměry.
6. Dále byly odběrové proudy analyzovány z hlediska jejich výskytu v daných proudových intervalech. Těžiště výskytu je v nejnižších hodnotách. Z toho vyplývá, že desetiminutové sledování je pro trakční charakter odběru výhodnější.

**Literatura:**

Krupica J.:

Hlava K. : Elektromagnetická kompatibilita (EMC) drážních zařízení  
Skriptum Univerzity Pardubice, 2004

PNE 33 3430-0:2003: Výpočetní hodnocení zpětných vlivů odběratelů a zdrojů distribučních soustav.

V Praze, červen 2006

Lektoroval: Doc. Ing. Karel Hlava, CSc.  
Univerzita Pardubice