

## 21. Ročník konference:

# „Technologie pro elektrárny a teplárny na tuhá paliva“ MEDLOV 2018

**TESPO engineering s.r.o.**

Mgr. Petr Nováček

### Vliv frekvenčních měničů na napájecí síť

Přerovská společnost vyrábějící optické produkty se v jedné ze svých výrobních hal začala potýkat s problémy s osvětlením. U nově nainstalovaného LED osvětlení docházelo k nepravidelnému blikání. Byli jsme proto osloveni, abychom zkusili najít příčinu nespolehlivého fungování osvětlení.

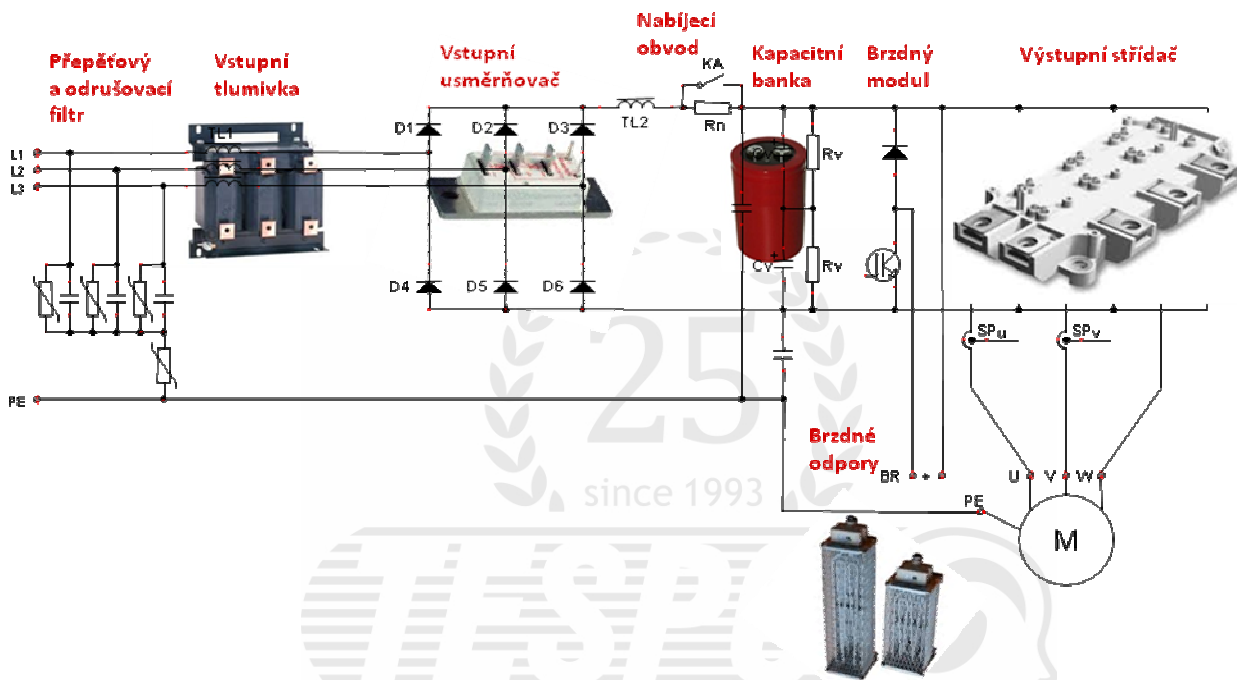


Zjistili jsme, že napájení osvětlovacích okruhů je provedeno z přípojnicového technologického rozvodu, z něhož jsou připojeny také rozvaděče průmyslových robotů a výrobních linek. Dále jsme zjistili, že rozvaděče nainstalované v jedné z nejmoderněji vybavených výrobních hal společnosti obsahují mnoho frekvenčních měničů. Tyto frekvenční měniče nebyly na vstupu vybaveny řádnou indukčností (vstupní tlumivkou).

## Trochu teorie:

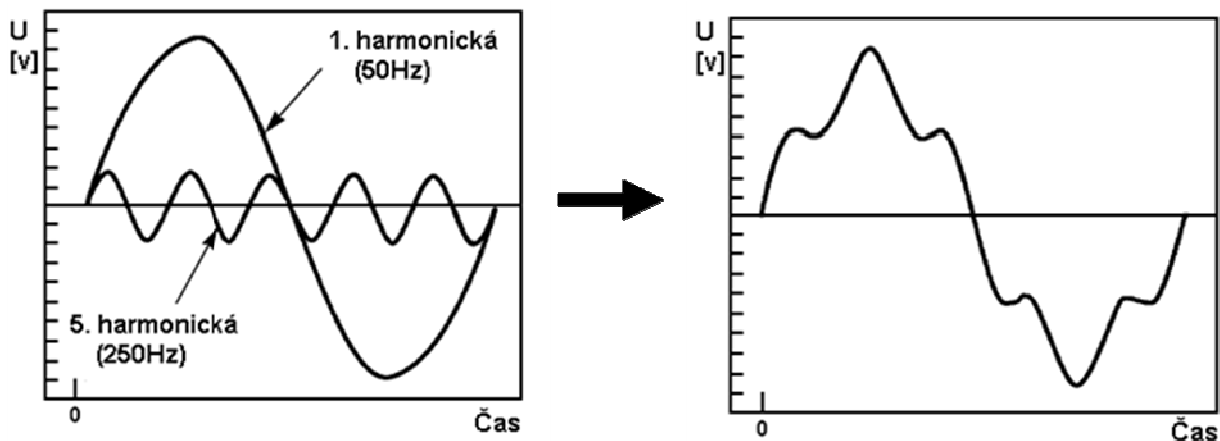
V moderních nízkonapěťových sítích jsou stále více používány nelineární spotřebiče (s nelineární VA charakteristikou). Standardní frekvenční měniče jsou typickými představiteli tokových spotřebičů. Svými šestipulzními můstkovými usměrňovači zatěžují napájecí elektrickou síť zkreslujícím jalovým výkonem. Na ob. 1 níže je zjednodušené schéma frekvenčního měniče vybaveného vstupní tlumivkou. Dostatečně dimenzovaná vstupní tlumivka však dnes stále nepatří do standardní výbavy všech měničů.

Obr. 1: Zjednodušené schéma frekvenčního měniče se vstupní tlumivkou:

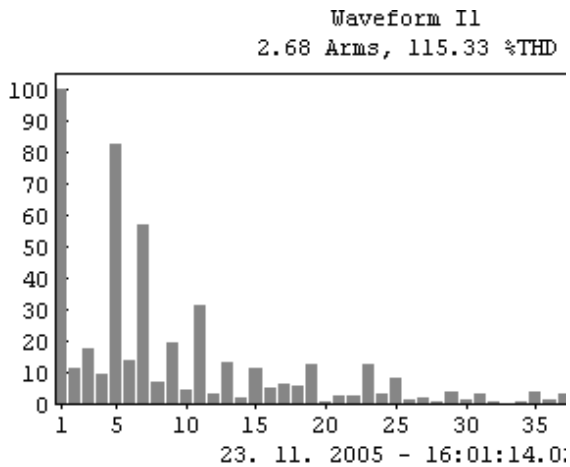


V důsledku funkce vstupního usměrňovače (souvisí s dobou otevření PN přechodu usměrňovacích diod) a vyhlazovací kapacitou ve stejnosměrném meziobvodu měniče, dochází k harmonickému zkreslení vstupního průběhu viz. obr. 2.

Obr. 2: Ukázka zkreslení 5.tou harmonickou



Obr. 3: Harmonické proudy frekvenčního měniče se základní (4%) komutační tlumivkou v meziobvodu



Výsledný průběh je tvořený sinusovým proudem jehož frekvence odpovídá frekvenci sítě, a proudy vyšších harmonických, jejichž frekvence jsou násobky frekvence sítě. Odběr zejména 5., 7., 11., 13. harmonické, způsobí zkreslení oproti ideální sinusovce o cca 115 až 140 %, viz. obr. 3.

Celkový harmonický proud  $I_{THD}$  je tedy:

### ■ $I_{THD}$ - (Celkový harmonický proud)

$$I_{THD} = \sqrt{\frac{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}{I_1^2}} \times 100$$

$$h = np \pm 1$$

$h$  = číslo harmonickej

$n = 1, 2, 3, \dots$

$p = 6$  pre 6-impulzný usmerňovač

$$h = 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 25, \dots$$

Procentuálním vyjádřením  $I_{THD}$  si můžeme zjednodušeně představit o kolik se liší zkreslená síť od ideální - sinusové.

### Důsledky zatížení sítě vyššími harmonickými

Příliš velký obsah vyšších harmonických může vést k rušení jiných elektronických zařízení napájených ze stejného zdroje, případně způsobit i poškození zařízení. Další možné účinky mohou být tyto:

- chybná funkce měřících a regulačních jednotek, ochran a HDO
- přídatný hluk elektromotorů a dalších zařízení
- přídatné ztráty na elektromotorech, kondenzátorech i jinde
- snížení výkonu a zvýšení vibrací elektromotorů
- zvýšené oteplení napájecí kabeláže
- přídatné činné ztráty
- zhoršení tepelného režimu spotřebičů
- snížení životnosti přístrojů
- vznik nežádoucích rezonančních jevů v síti
- zvýšené zatížení kompenzačních stanic jalového výkonu

## Možnosti omezení vyšších harmonických

Existuje více možností eliminace rušení sítě vyššími harmonickými. Jde jak o metody klasické (např. pasivní, hybridní a aktivní filtry), tak metody moderní (PWM a vícepulzní usměrňovače).

Naše společnost TESPO engineering s.r.o. spolupracuje v oblasti analýzy sítě a nasazování frekvenčních měničů se specializovanými firmami a také s tradičním výrobcem frekvenčních měničů. Díky tomu jsme schopni naším zákazníkům nabídnout:

- vstupní technický a energetický audit
- návrh technických řešení s pohony a měniči
- speciální úpravy HW a SW frekvenčních měničů a řízení
- komplexní dodávka měničů s příslušenstvím
- montáž, uvedení do provozu, zaškolení obsluhy
- dlouhodobý program odborné péče o dodaná zařízení

Dnes je nejrozšířenějším, nejjednodušším a nejlevnějším opatřením pro eliminaci vyšších harmonických použitím správně navržené vstupní tlumivky. Vstupní tlumivky vyhlazují proud odebíraný měničem ze sítě, a tím významně redukuje nepříznivé zpětné vlivy na síť. Podobný efekt poskytují i tlumivky instalované v meziobvodu frekvenčního měniče.

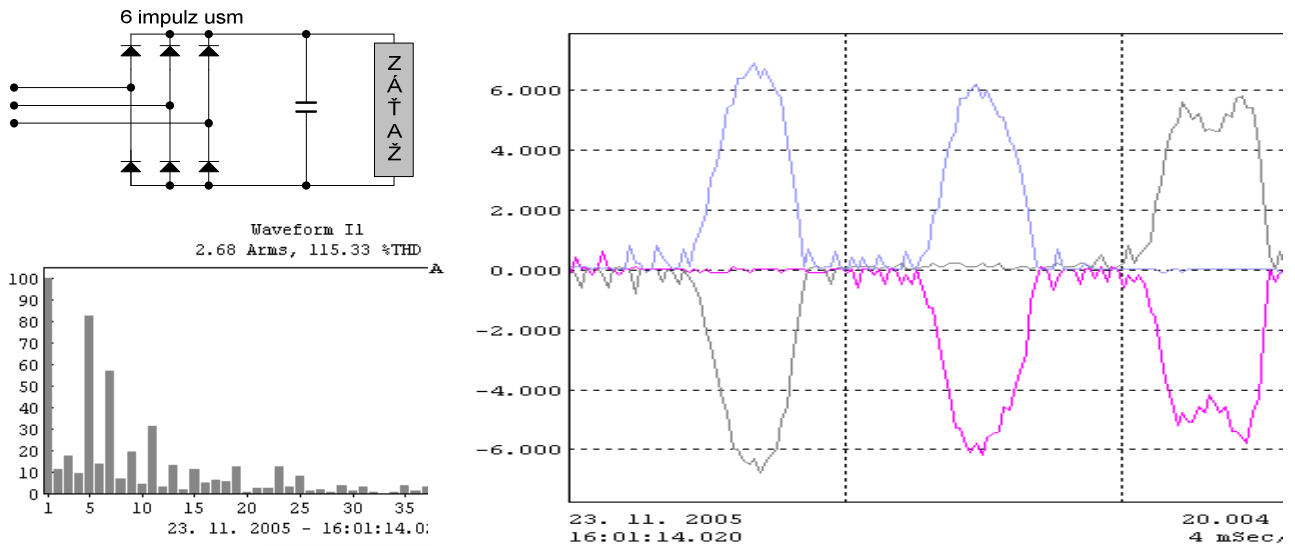
Jedna z dalších účinných pasivních metod omezení harmonických je pomocí 12-ti pulzního usměrňovače. Je možné dosahovat THD kolem 16%, nevýhodou je použití drahého transformátoru s dvojitým vynutím. Sofistikovanější pasivní filtry složené z indukčností a kapacit dosahují THD okolo 12%.

Za podpory výrobce frekvenčních měničů jsme na trh uvedli rekuperační frekvenční měnič, který nevyužívá klasické diodové usměrnění, ale aktivní řízený usměrňovač. Měnič jsme nasadili na zdvih drapákového jeřábu. Prioritním úkolem měniče je rekuperační energie, vznikající při brzdění, zpět do sítě.

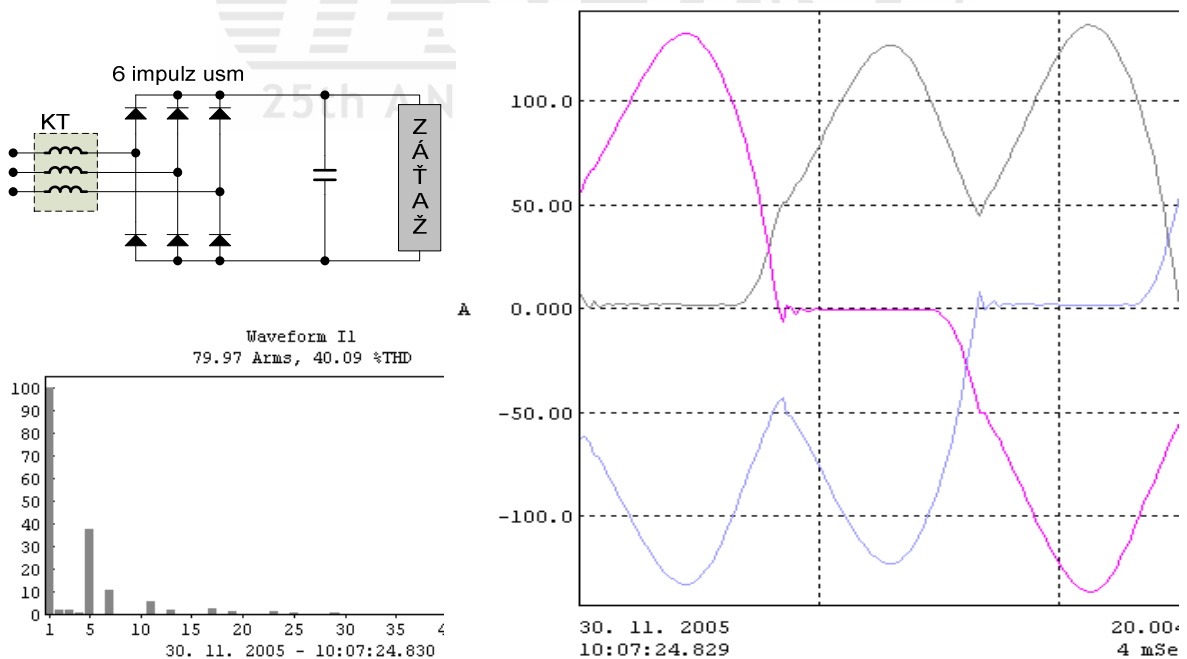
"Vedlejším produktem" řízeného usměrňovače v této unikátní aplikaci je produkce THD do max 5%.

Porovnání výše zmíněných metod pro eliminaci vyšších harmonických je na obr. 4, 5, 6 a 7.

Obr. 4: Frekvenční měnič bez vstupní tlumivky, **zkreslení proudu THD přibližně 115 %**

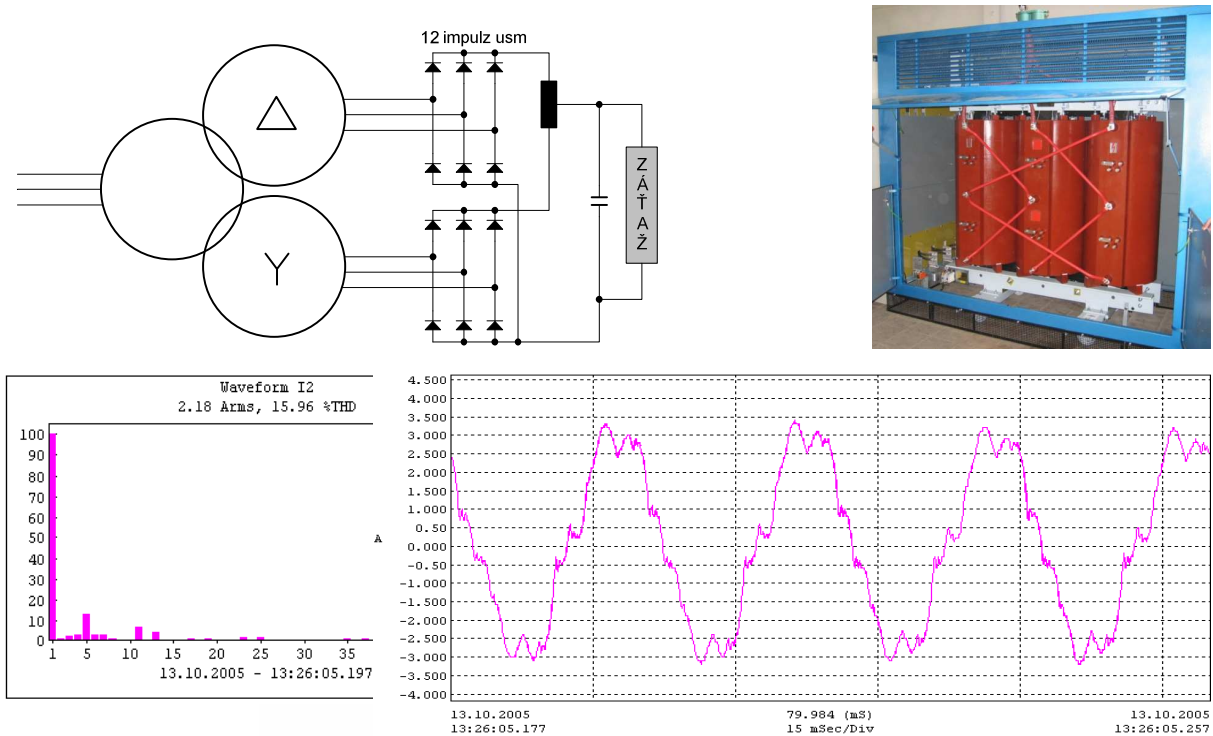


Obr. 5: Frekvenční měnič se vstupní (komutační) tlumivkou, **zkreslení THD přibližně 40 % (efektivní hodnota síťového proudu poklesne až o 35 %, tedy cca o 1/3)**

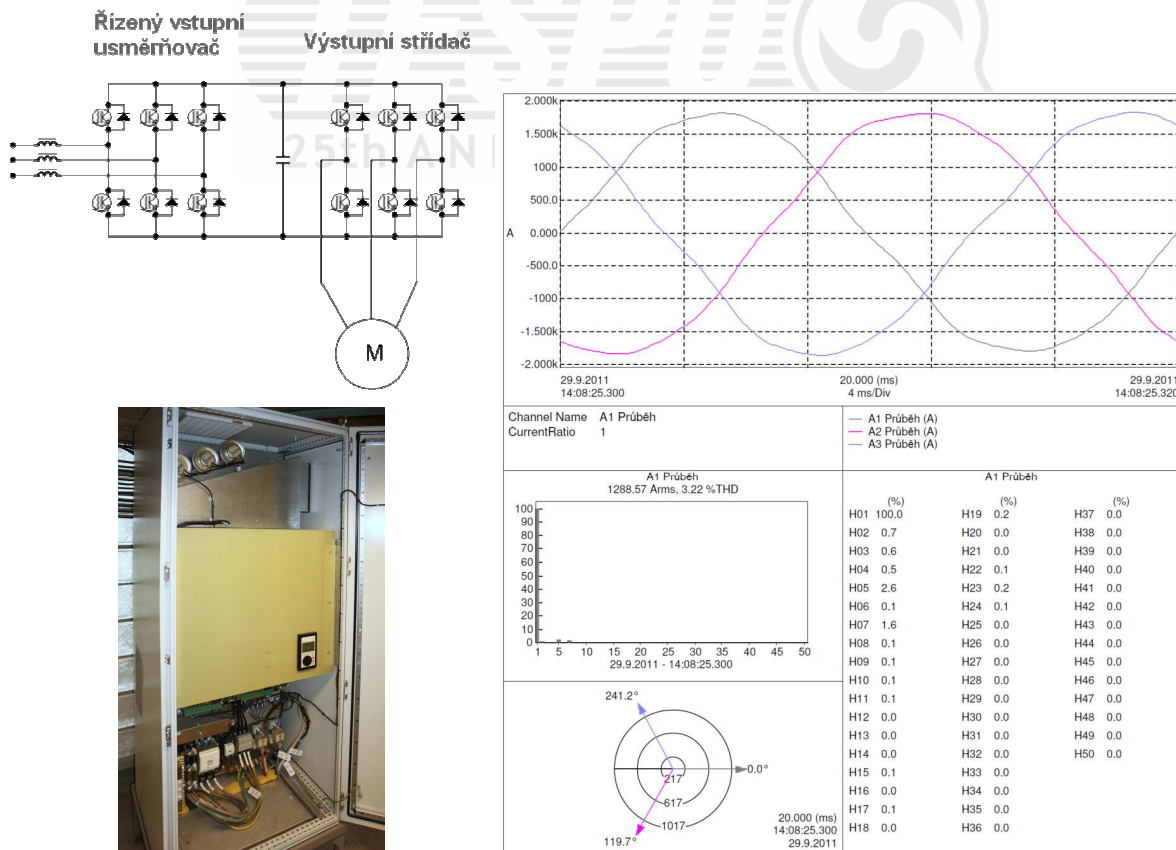




Obr. 6: Frekvenční měnič s 12-ti pulzním usměrňovačem, zkreslení THD přibližně 16 %



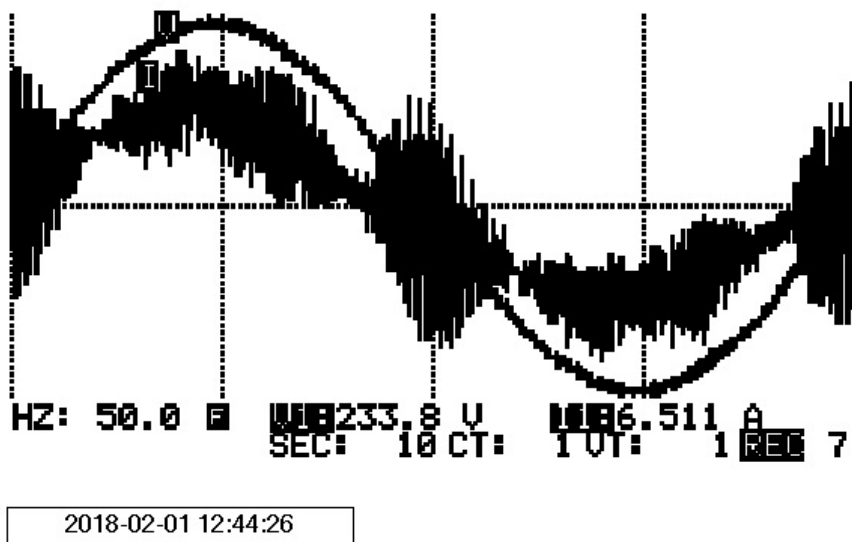
Obr. 7: Frekvenční měnič s řízeným usměrňovačem, zkreslení THD do 5 %



## Zpět k blikajícímu osvětlení v Přerovské společnosti

Pomocí síťového analyzátoru jsme změřili průběhy napětí a proudů přívodu osvětlení viz. obr. 8:

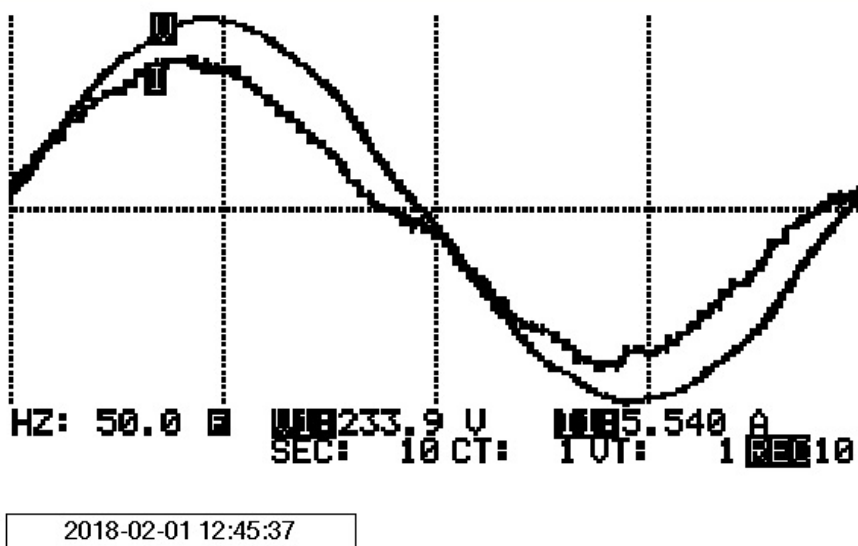
Obr. 8: Průběh napětí a proudu bez tlumivky:



Z měření je zřejmé, že průběhy veličin jsou výrazně ovlivněny vyššími harmonickými. V určitých časových úsecích jsou vidět jejich rezonance, což byly současně momenty, kdy docházelo k blikání LED osvětlení.

Do obvodu osvětlení jsme vložili tlumivku odpovídajícího výkonu. Stejný typ tlumivek používáme standardně ke všem námi dodaným frekvenčním měničům. Po nainstalování tlumivky došlo k výraznému vylepšení průběhů napětí a proudů a blikání LED osvětlení okamžitě ustalo viz. obr. 9:

Obr. 9: Průběh napětí a proudu s tlumivkou:



## Shrnutí:

Osvětlení ve výrobní hale společnosti je díky této naší úpravě bezproblémové. Je ale nutné zdůraznit, že tímto zásahem se vyřešilo pouze napájení obvodů osvětlení. Technologický rozvod s mnoha připojenými frekvenčními měniči tímto jednoduchým způsobem řešit nelze (ovládací obvody v takové síti zůstanou zarušené a nespolehlivé). Technologický rozvod zůstal tedy ve stejném stavu jako před úpravou.

Protože jedním z nejvýznamnějších zdrojů harmonických v moderních průmyslových instalacích jsou měniče frekvence, je vhodné již při pořizování těchto zařízení myslet na jejich vliv na síť a požadovat instalace měničů vybavené filtračními tlumivkami.

Trend poslední doby však toto pravidlo velmi často nerespektuje. Instalace měničů bez vstupní indukčnosti se objevují nejen v aplikacích s jedním nebo několika měniči, kde se vstupní tlumivka vyplácí i jako ochrana vstupního usměrňovače a kapacitní banky měniče, ale častokrát se nachází i v těch nejmodernějších provozech vybavených mnoha měniči. A přitom v principu platí, že v projektové fázi je řešení rušení od frekvenčních měničů levnější, než dodatečné vybavení již nainstalované technologie.

## Funkce vstupní tlumivky frekvenčního měniče:

- Omezuje vyšší harmonické proudy odebírané měničem frekvence z napájecí elektrické sítě.
- Prodlužuje životnost výkonových kondenzátorů ve stejnosměrném meziobvodě měniče frekvence.
- Omezuje energetické rázy sítě na vstupních svorkách měniče a tím chrání vstupní usměrňovač.

Firma TESPO engineering s.r.o. Brno instaluje frekvenční měniče od r. 1993. Vybavení správně navrženou vstupní indukčností považuje za absolutní samozřejmost a to i v dnešní době, kdy je díky tomu cenově znevýhodněná. Trend upřednostňující cenu před kvalitou a dlouhou životností v oblasti instalací s frekvenčními měniči postupně rozšířil aktivity firmy i na oblast těžšího strojírenství.