

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektroenergetiky a ekologie

Diplomová práce

**Kompenzace zpětných vlivů na distribuční
soustavu u vybraných el. zařízení**

vedoucí práce: **Prof. Ing. Jan Mühlbacher, CSc.**

autor: **Bc. Josef Karlovec**

Plzeň 2013

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Josef KARLOVEC**
Osobní číslo: **E11N0019K**
Studijní program: **N2644 Aplikovaná elektrotechnika**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**
Název tématu: **Kompenzace zpětných vlivů na distribuční soustavu u vybraných el. zařízení**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Analyzujte zpětné vlivy vybraných elektrických zařízení (katr, bodové svářeční stroje) do distribuční soustavy ČEZ Distribuce, a. s.
2. Proveďte analýzu naměřených hodnot zpětných vlivů vybraných el. zařízení (viz. bod 1.).
3. Navrhněte výpočtem el. zařízení, které by v dostatečné účinnosti kompenzovalo naměřené zpětné vlivy u jednoho Vámi zvoleného el. zařízení (viz. bod 1.).
4. Ověřte měřením, na Vámi zvoleném el. zařízení, na kterém by byla možnost kontrolovat Vámi navržené kompenzační zařízení.
5. Porovnejte v analýze zpětných vlivů stav parametrů zpětných vlivů před instalací kompenzačního zařízení a po jeho instalaci.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

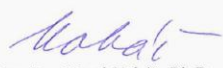
1. PNE 333430 část 0 až 7
2. Připojovací podmínky k DS VDE
3. Připojovací podmínky ČEZ
4. Pravidla provozování distribuční soustavy
5. Aplikovaný elektromagnetismus, Daniel Mayer, Koop, České Budějovice, 2012

Vedoucí diplomové práce: Prof. Ing. Jan Mühlbacher, CSc.
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: 15. října 2012
Termín odevzdání diplomové práce: 9. května 2013


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

Anotace:

Název práce: Kompenzace zpětných vlivů na distribuční soustavu u vybraných el. zařízení

Autor: Karlovec Josef

Katedra: Katedra elektroenergetiky a ekologie

Vedoucí: Prof. Ing. Jan Mühlbacher, CSc., Katedra elektroenergetiky a ekologie

Tato diplomová práce analyzuje zpětné vlivy vybraných elektrických zařízení (katr a bodové svářeční stroje) na distribuční soustavu ČEZ Distribuce, a.s.

Se změřením na analýzu naměřených hodnot zpětných vlivů vybraných el. zařízení.

Výpočtem navrhne el. zařízení, které by v dostatečné účinnosti kompenzovalo zpětné vlivy u jednoho zvoleného zařízení.

Měřením ověříme účinnost navrženého kompenzačního zařízení na vybraném el. zařízení.

Výsledné parametry porovnáme v analýze zpětných vlivů před instalací tohoto zařízení a po jeho instalaci a provedeme závěr.

Součástí této diplomové práce jsou vyhodnocovací grafy a fotodokumentace.

Klíčová slova:

kompenzace, impedance, soustava, katr, transformátor, vlivy, měření, kabel, kvalita, flickr, výkon, emise, metoda, norma, pravidla, uzemění, jištění.

Annotation:

Title: The compensation of regressive influences on distribution systém in selected electrical appliance

Author: Karlovec Josef

Department: Department of electric power engineering and ekology

Supervisor: Prof. Ing. Jan Mühlbacher, CSc., Department of electric power engineering and ekology

The dissertation thesis deals some regressive influences of an appliance (a saw and a spot welder) to whole distribution systém ČEZ Distribuce, a.s. The thesis is focusing principally on relative voltage change and flicker. The measurement to analyze the measured values of reverse effects of selected el. device. El. calculations suggest device that would sufficiently offset the effectiveness of feedback effects in a selected device. The calculation brings the optimum values of connection to supply system and the following measuring verifies the values.

This dissertation thesis contains also some evaluation graphs and a photodocumentation.

Keywords:

compezzation, impedance, systém, lead, saw, transformer, distorting, efects, measuring, cable, quality, , flicker, achievement, emission, method, norm, rule, earth, protection

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma

Kompenzace zpětných vlivů na distribuční soustavu u vybraných el. zařízení

vypracoval samostatně pod odborným dohledem vedoucího diplomové práce a všechny použité prameny jsou uvedeny v odkazech.

V Plzni, dne: 30.4.2013



Podpis autora

Poděkování

Touto cestou bych velice rád poděkoval kantorům ZČU, zástupcům firem, ve kterých mi bylo umožněno provádět měření, ale i svým přátelům a členům rodiny, kteří mi pomáhali a podporovali při tvorbě této diplomové práce. Jmenovitě Prof. Ing. Jan Mühlbacher, CSc za jeho rady a zkušenosti a příkladné vedení při vypracování této diplomové práce a dále ing. Karlu Cvačkovi Ph.D. CSc, který mi předával své cenné zkušenosti s měřením zpětných vlivů a za odborné rady při návrhu kompenzačního zařízení.

Dále bych chtěl poděkovat panu Doc. Ing. Zbyňku Martínkovi Csc. za propůjčení veškerého měřicího vybavení a potřebného HW a SW.

Všem děkuji za příkladnou spolupráci nejen při vypracovávání této diplomové práce, ale i za podporu v průběhu celého studia na Západočeské universitě.

Obsah

0. Úvod.....	10
1. Analýza zpětných vlivů a jejich působení na distribuční soustavu	12
1.1. Změny napětí, flickr a nesymetrie	12
1.2. Obecné.....	12
1.2.1. Impedanc nadřazené sítě	13
1.2.2. Impedance transformátoru	14
1.2.3. Impedance vedení	15
1.2.4. Impedance sítě v přípojném bodě	16
1.3. Zjednodušený výpočet zkratového výkonu v distribuční síti.....	17
1.4. Emise flickru	18
1.4.1. Výpočet míry vjemu flickru.....	19
1.5. Katr příklad výpočtu výp. programem E-vlivy	26
2. Odporové svářečky	30
2.1. Zátěž mezi fázovými vodiči	31
2.1.1. Změny napětí v přípojném bodě V (strana nižšího napětí).....	32
2.1.2. Změny napětí v přípojném bodě V (strana vyššího napětí)	32
2.2. Analýza zpětných vlivů bodové svářečky.....	34
2.2.1. Odporová svářečka.....	34
2.3. Bodová svářečka příklad	36
3. Analýza naměřených hodnot vybraných el. zařízení	40
3.1 Katr.....	41
3.1.1. Popis distribuční soustavy napájející katr	41
4. Bodové svářeční stroje.....	47
4.1. Popis napájecí soustavy.....	49
4.1.1. Schéma zapojení vedení v zákaznickém zařízení	51
4.1.2. Popis posuzovaného zařízení	52
4.1.3. Umístění měřicího zařízení	53
4.2. Bodové svářečky JESVA	53
4.3. Použité měřicí přístroje a jejich zapojení	54
5. Analýza naměřených hodnot	55
5.1. Měření č. 1	55
5.1.1. Schéma zapojení č.1	56

5.1.2.	Vyhodnocovací grafy měření č.1	57
5. 2.	Měření č. 2	61
5.2.1.	Schéma zapojení měření č.2.....	62
5.2.2.	Vyhodnocovací grafy měření č.2	63
5.3.	Měření č. 3	67
5.3.1.	Schéma zapojení č. 3.....	67
5.3.2.	Vyhodnocovací grafy měření č. 3	68
5.4.	Analýza naměřených hodnot nekomp. Zařízení.....	72
5.4.1.	Posouzení Pst v závislosti na vedení.....	72
5.5.	Vyhodnocení měření	73
6.	Návrh zařízení – výpočet	76
6.1.	Přípojky vn provedené kabelovým vedením.....	76
6.2.	Analýza vypočtených hodnot programem E-Vlivy.....	78
6.2.1.	Původní vedení.....	78
6.2.2.	Nové vedení VN	81
6.2.	Vyhodnocení výpočtu navrženého vedení	83
7.	Závěr	83
	Použitá literatura a zdroje	85
	Seznam tabulek:.....	87
	Seznam obrázků:.....	87
	Seznam příloh:	88
	Přílohy:.....	89
	Fotodokumentace:.....	93

0. Úvod

Vzrůstající používání elektroniky v elektrických provozních prostředích a stanicích staví stále více do popředí otázku zpětných vlivů na distribuční soustavu a jejich posuzování.

Tomuto tématu se jako mezi prvními ve větší míře začalo zabývat Rakousko, Švýcarsko, Německo a po čase také Česko. Sdružení energetických podniků těchto států začalo vytvářet předpisy – zásady a doporučení pro posuzování zpětných vlivů na elektrickou síť a omezení ovlivňování elektrických distribučních soustav.

Kvalita elektrické energie je velmi důležitým parametrem při provozu elektrických zařízení. Distribuční společnosti tento parametr kontrolují a popřípadě žádají společnosti provozující rušící zařízení, aby vhodnými opatřeními zamezila negativním zpětným vlivům působit na distribuční soustavu. Dnes se již distribuční společnosti zaměřují i na menší spotřebitele, které provozem zařízení, jež působí zpětnými vlivy na distribuční soustavu, aby toto zařízení uvedli do patřičného stavu nebo odstavili z provozu.

V současné době vlivem rostoucího využívání výkonové elektroniky a s tím spojeného přibývání nelineárních spotřebičů ve všech úrovních sítě vznikají ve stále vyšší míře zpětné vlivy na síť, které lze pozorovat v nežádoucích změnách velikosti napětí a tvaru křivky síťového napětí.

Důsledkem těchto nežádoucích změn mohou být rušivě ovlivňovány ostatní k síti připojené provozní prostředky a elektronická zařízení. U těchto zařízení je zapotřebí rozlišovat funkce jako kolísání jasu svítidel (flickr), ovlivňování telekomunikačních zařízení a zařízení na zpracování dat, ochran a měřících zařízení a přístrojů. Důležité je, ale také sledovat chyby funkcí jako je přídatné ohřívání motorů, kondenzátorů, hradících členů a transformátorů. U strojů to ale také může být kolísání jejich momentu a chybné funkce mohou nastat i u zařízení HDO a systémů pro přenos informací po síti.

Možná rušení závisí na amplitudě, četnosti a době trvání zpětných vlivů na síť i stupni rozšíření určitých druhů provozních prostředků. Dále je třeba respektovat koeficient současnosti provozu provozních prostředků a elektrotechnických zařízení, které v provozu zpětné vlivy na síť způsobují.

V zájmu všech je udržení rovnováhy mezi přibývajícím emisemi rušení do sítě a ochrana ostatních k síti připojených provozních prostředků a elektrotechnických zařízení. Dále je nutné i přes rostoucí tlak na náklady dostát citelně rostoucím kvalitativním požadavkům moderních

přístrojů a procesům. V neposlední řadě udržet existující vysokou úroveň kvality při měnící se struktuře výroby a z toho vyplívajících dalších požadavků na síť.

Z tohoto důvodu musí mít provozovatelé distribučních soustav možnost udržet zpětné vlivy na tyto soustavy a jejich účinky, způsobené provozními prostředky a zařízeními připojenými k jejich distribučním soustavám, i za měnících se rámcových podmínek ve smluvním rozsahu.

Podle věcného rozdělení výsledné zodpovědnosti přicházejí v úvahu následující oblasti činností.

Vhodná investiční a operativní opatření v sítích při zvážení objektivních požadavků na kvalitu a ekonomické únosnosti, přiměřená úprava mezních hodnot pro požadavky na elektrické přístroje a zařízení v normách týkajících se EMC a jejich dodržování, ale také v nutných případech provést technická opatření vedoucích ke zmírnění zpětných vlivů na distribuční soustavu.

Celý tento postup se v České republice opírá o následující zákonný předpis, který se nazývá Energetický zákon 458/2000 ve kterém je stanoveno, že zákazníci provozující zařízení s rušivými vlivy na kvalitu napětí jsou povinni provést odpovídající opatření, která rušivé vlivy omezí.

Tyto podmínky jsou rovněž respektovány ve vyhlášce Energetického regulačního úřadu č.306 „Kvalita dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice“

Tato směrnice usiluje o zajištění jednotného postupu při posuzování zpětných vlivů na distribuční soustavu na úrovních nn i vn na základě mezních a směrných hodnot, uvedených ve standardizaci.

Rozsahy hodnot pro jednotlivé charakteristiky napětí v sítích nn a vn jsou stanoveny v EN 50160. Tato norma udává podstatné charakteristiky napájecího napětí v předávacím místě k uživateli ve veřejných sítích nn a vn za normálních provozních podmínek [1].

1. Analýza zpětných vlivů a jejich působení na distribuční soustavu

1.1. Změny napětí, flickr a nesymetrie

Každá změna zatížení vyvolá změnu proudu v síťovém přívodu a v důsledku toho změnu napětí ΔU v přípojném bodě V.

Změny napětí mohou být vyvolány:

- připnutím větších zatížení, např. motorů, transformátorů, kondenzátorů
- motory provozovanými s proměnným zatížením (katry, drtiče kamení, výtahy...)
- svářecími stroji
- řízenými zatíženími (spínání na určitý počet period napájecího napětí, termostátové řízení atd.)
- obloukovými pecemi
- proměnnými dodávkami (např. větrné zdroje VTE)

Změny napětí se musí omezit tak, aby v důsledku jednotlivých hloubkových poklesů napětí (např. při zapnutí motorů) nevypadávaly přístroje, nebo se při opakovaných změnách napětí (např. katry) nevyskytoval rušivý flickr [1].

Obě tyto podmínky jsem ověřil analýzou vybraného elektrického zařízení - katru, u kterého jsem měřil a analyzoval rozběhový proud, vyhodnocoval intenzitu vjemu flickru P_{st} a P_{lt} a jeho ovlivňování distribuční soustavy v předávacím místě mezi zákazníkem a dodavatelem ČEZ Distribuce, a.s.

1.2. Obecné

Všechny druhy zpětných vlivů na síť se musí posuzovat pro přípojný bod V. Základem pro posouzení je v každém případě zkratový výkon S_{kV} v přípojném bodě V.

Pozn.: Uvnitř zařízení uživatele sítě se mohou vyskytovat vlivem dalších impedancí (např. transformátory, vedení) vyšší zpětné vlivy na síť.

Při určování zkratového výkonu se musí vycházet z těch normálních provozních podmínek, při nichž je zkratový výkon nejnižší. Přechodné mimořádné konfigurace sítě podmíněné provozem se neberou v úvahu.

Impedance sítě v přípojném bodě V sestává z impedance nadřazené sítě a z impedancí transformátorů a vedení. Vliv k síti připojených přístrojů a zařízení i svodových odporů a kapacit vedení lze obvykle zanedbat.

1.2.1. Impedance nadřazené sítě

Pro dimenzování zařízení na účinky zkratových proudů je soustava obvykle charakterizována maximálním zkratovým proudem I''_{kQ} nebo výkonem S''_{kQ} , tato hodnota je u provozovatelů DS běžně dostupná.

Vztah mezi I''_{kQ} , S''_{kQ} a impedancí soustavy je v místě Q (podle pro elektricky vzdálené zkraty v distribučních soustavách):

$$Z''_{kQ} = \frac{c \cdot U_n^2}{S''_{kQ}} = \frac{c \cdot U_{nQ}}{\sqrt{3} \cdot I''_{kQ}}$$

kde: S''_{kQ} počáteční rázový (souměrný) zkratový výkon (zdánlivý)

c napěťový součinitel ekvivalentního napěťového zdroje

U_n jmenovité napětí soustavy, sdružené (efektivní)

Z''_{kQ}ekvivalentní impedance soustavy v místě Q

I''_{kQ}počáteční rázový souměrný zkratový proud (efektivní)

Pro tlumení zpětných vlivů na síť jsou však určující minimální hodnoty těchto proudů nebo výkonů za normálního provozního stavu soustavy při symetrických bez odporových zkratech (a jim odpovídající maximální impedance soustavy), které již běžně dostupné nejsou.

Při posuzování zpětných vlivů proto doporučujeme používat náhradní impedanci soustavy podle vztahu

$$Z_{kQ} = c \cdot Z''_{kQ}$$

Při určení minimálních proudů (výkonů) pro posuzování zpětných vlivů proto doporučujeme vycházet z upravených hodnot S_{kQ} :

$$S_{kQ} = \frac{U_{nQ}^2}{Z_{kQ}}$$

Pokud je bod sítě Q se známými zkratovými parametry i společným napájecím bodem "V", pak i platí, že zkratový výkon $SkV = SkQ$. V ostatních případech se vypočte zkratový výkon SkV z činné složky R_{kV} a induktivní složky X_{kV} impedance sítě ve společném napájecím bodě "V". Tyto složky dostaneme součtem impedance v bodě "Q" a výsledné impedance transformátorů a vedení mezi body "Q" a "V".

1.2.2. Impedance transformátoru

Z parametrů známých transformátoru se určí činná a jalová složka R_T a X_T impedance transformátoru následujícím způsobem

$$Z_T = \frac{u_k \cdot U_{nT}^2}{100 \cdot S_{nT}} \quad [\Omega, \%, kV, MVA]$$

$$R_T = \frac{P_{knT} \cdot U_{nT}^2}{1000 \cdot S_{nT}^2} \quad [\Omega, kW, kV, MVA]$$

$$X_T = \sqrt{(Z_T^2 - R_T^2)}$$

kde: u_k jmenovité napětí nakrátko
 U_{nT} jmenovité napětí
 S_{nT} jmenovitý výkon
 P_{knT} jmenovité ztráty nakrátko

Velikosti základních parametrů pro transformátory je zapotřebí získat z podkladů výrobců. Jako příklad pro transformátory 22/0.4 kV jsou uvedeny v tabulce 1 základní parametry. Rezistence a reaktance jsou vypočteny pro jmenovitá primární napětí 22 kV.

Pozn.1: Pro některé speciální typy výpočtů může být důležitý i proud naprázdno transformátorů, zejména vyskytují-li se ve větším počtu a předmětem posuzování je i účinník odběru/zdroje. Protože tyto údaje jsou závislé jak na výrobci, tak i technologii, je zapotřebí si je v případě potřeby od nich vyžádat.

Tabulka 1. Základní velikosti parametrů pro transformátory

Napětí [kV] prim./ sek.	Výko n [kVA]	Napětí nakr. u_k [%]	Ztráty nakrátko P_{knT} [kW]	Ztráty naprázdno P_{0nT} [kW]	rezistance R_t [Ω]	reaktanc e X_t [Ω]
*)22/0,4	50	4	1,10	0,19	213,0	323,4
	100	4	1,75	0,32	84,7	174,1
	160	4	2,35	0,46	44,4	112,6
	250	4	3,25	0,65	25,2	73,2
	400	4	4,60	0,93	13,9	46,4
	630	4	6,50	1,30	7,73	29,7
	630	6	6,70	1,20	8,23	45,4
	1000	6	10,50	1,70	5,08	28,6
	1600	6	17,00	2,60	3,21	17,9
	2500	6	26,5	3,80	2,05	11,4

1.2.3. Impedance vedení

Pokud nejsou známa přesná data pro konkrétní vedení, doporučujeme pro sítě nn a vn použít podklady výrobců.

Vzhledem k velkému počtu průřezů a typů vodičů, jejich uspořádání i účelu a rozsahu této normy není možné uvádět data pro všechny vyskytující se a v úvahu přicházející případy vedení a kabelů, především u nových typů izolovaných a slaněných vodičů je zapotřebí využívat podklady výrobců.

Pozn.1: Výpočet R_L při jiných teplotách než 20°C lze korigovat teplotními koeficienty.

Pozn.2: Impedance platí pro symetrické poměry; v nesymetrickém případě je třeba použít příslušné impedance fází, event. středního vodiče.

1.2.4. Impedance sítě v přípojném bodě

Pro výpočet výsledné impedance sítě Z_{kV} v přípojném bodě V se musí všechny předtím určené dílčí impedance přepočítat na napětí přípojného bodu. Impedance vztažené k napětí přípojného bodu se označují „'“.

Přepočet se provede dělením složek dílčích impedancí kvadrátem poměru napětí jejich napěťové úrovně U k napětí U_V přípojného bodu V.

Výsledná impedance sítě Z_{kV} je součtem transformovaných dílčích impedancí:

$$R_{kV} = \Sigma R'$$

$$X_{kV} = \Sigma X'$$

$$Z_{kV} = \sqrt{R_{kV}^2 + X_{kV}^2} ,$$

úhel impedance sítě

$$Z_{kV} = \sqrt{R_{kV}^2 + X_{kV}^2} ,$$

$$\underline{Z}_{kV} = R_{kV} + jX_{kV} = Z_{kV} \cdot e^{j\psi} = Z_{kV} \cdot \cos\psi + jZ_{kV} \cdot \sin\psi ,$$

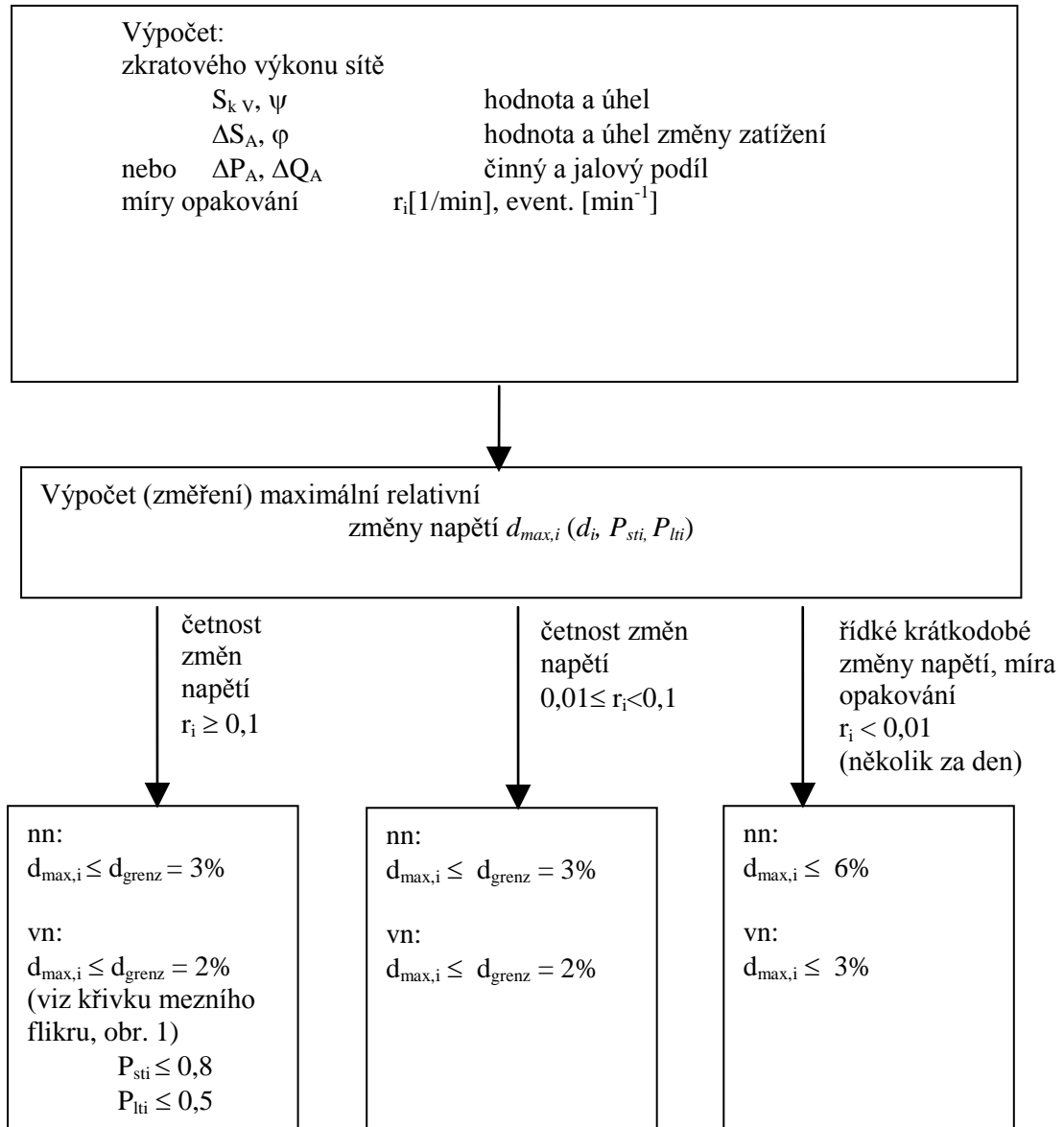
kde: Z_{kV}výsledná impedance sítě v přípojném bodě

R_{kV} výsledná rezistance sítě v přípojném bodě

X_{kV} výsledná reaktance sítě v přípojném bodě

1.3. Zjednodušený výpočet zkratového výkonu v distribuční síti

Zkušební impedance $Z_{3k\text{ test}}$ při třífázovém připojení:



$$\underline{Z}_{3k\text{ test}} = 0,15 + j0,15 = 0,21 \cdot e^{i45^\circ} \Omega$$

Výsledek zkoušky s touto zkušební impedancí použije výrobce k tomu, aby deklaroval impedanci sítě, příp. zkratový výkon, potřebné pro připojení bez technických přidavných opatření.

3-fázový zkratový výkon náhradní sítě nn pro přístroje do 75 A

$$S_{3k\text{test}} = \frac{U_n^2}{Z_{3k\text{ref}}} = \frac{(400)^2}{0,21} \approx 760\text{kVA}$$

1.4. Emise flikru

Flikr je subjektivní vjem nestálosti vizuálních pocitů, vyvolávaný světelnými podněty, časovým kolísáním hustoty světla nebo spektrálního rozložení.

Vnímatelná změna hustoty světla se pociťuje rušivě až od určité míry opakování r . Při míře vjemu flikru $P_{st} > 1$ je kolísání hustoty světla vyvolané kolísáním napětí u 50% pokusných osob pociťováno jako rušivé.

Rušivá emise jednotlivého přístroje nebo zařízení uživatele sítě je změna napětí d_i , příp. míra vjemu krátkodobého flikru P_{sti} , vyvolaná v přípojném bodě V pouze provozem tohoto přístroje (tzn. změnou jeho zatížení).

Zákon o superpozici více (m) nesynchronních zdrojů rušivého flikru

$$P_{st} = \sqrt[3]{P_{st1}^3 + P_{st2}^3 + P_{st3}^3 + \dots + P_{stm}^3} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^m P_{sti}^3},$$

kde: P_{st} míra vjemu krátkodobého flikru [bezrozměrná]

i index pro jednotlivý přístroj, příp. zařízení (až do m)

Obecná formulace zákona o superpozici jednotlivých zdrojů flikru P_{sti} zní:

$$P_{st} = \sqrt[\alpha]{\sum_{i=1}^m P_{sti}^\alpha}$$

Koeficient α je obvykle v rozsahu 1 až 4 a závisí hlavně na charakteristice hlavních (dominantních) zdrojů flikru:

- $\alpha=4$: obloukové pece, u kterých je zamezena současná zotavovací fáze
- $\alpha=3$: používá se pro většinu druhů změn napětí, které vykazují malou pravděpodobnost koincidence, tzn., že změny napětí jednotlivých odběrů se překrývají v malé míře
- $\alpha=3,2$: tato hodnota odpovídá stoupání přímkové části křivky $P_{st} = 1$
- $\alpha=1$: vysoká pravděpodobnost koincidence změn napětí, vyvolaných jednotlivými zdroji flikru.

V paprskových sítích se zmenšuje intenzita flikru od místa zařízení, které ho vyvolává (přípojného bodu), směrem k napájecí síti v poměru zkratového výkonu S_{kV} v přípojném bodě ke zkratovému výkonu S_{kX} ve sledovaném bodě sítě X.

$$P_{stX} = \frac{S_{kV}}{S_{kX}} P_{stV},$$

kde: P_{st} míra vjemu krátkodobého flikru ve sledovaném bodě sítě X nebo přípojném bodě V

S_{kV} zkratový výkon v přípojném bodě V

S_{kX} zkratový výkon ve sledovaném bodě sítě X

i index pro jednotlivé přístroje, ev. zařízení uživatele sítě.

1.4.1. Výpočet míry vjemu flikru

Míra vjemu flikru je měřená veličina flikru, která popisuje s pomocí následujících veličin intenzitu rušivého účinku flikru, zjišťovanou a posuzovanou metodou měření flikru UIE – IEC:

- míra vjemu krátkodobého flikru P_{st} , měřená v časovém okně 10 minut

Pozn.: Hodnota flikru P_{st} je směrodatná pro normalizaci výrobků.

- míra vjemu dlouhodobého flikru P_{lt} , vypočítaná ze sledu 12- ti hodnot P_{st} ($n = 12$) v 2- hodinovém intervalu podle této rovnice:

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\sum_{n=1}^{12} \frac{P_{stn}^3}{12}},$$

n..... index 10- minutových hodnot uvnitř 2- hodinového intervalu.

Míra vjemu dlouhodobého flickru P_{lt} v přípojném bodě se vytvoří z více (n) za sebou následujících hodnot P_{sti} .

Pozn. P_{lt} je hodnota flickru podstatná pro kvalitu napětí.

Obecně je u přístrojů nn potřebné určení hodnoty P_{lt} pro všechny přístroje a zařízení (se jmenovitým proudem $\leq 16A$ na vodič) při obvyklé nepřerušované době využití větší než 30 minut.

Jestliže např. nějaký přístroj má provozní periodu 45 min., je třeba během celkové doby sledování 50 min. změřit 5 následujících hodnot P_{sti} a zbývajících 7 hodnot P_{sti} dvouhodinové doby sledování dosadit s nulovou hodnotou[1].

Při pravidelně se opakujících pravoúhlých změnách napětí lze pomocí křivky mezního flickru ($P_{st} = 1$) určit míru vjemu flickru jednoho přístroje nebo jednoho zařízení uživatele sítě takto:

míra vjemu krátkodobého flickru

$$P_{sti} = \frac{d_i}{d_{ref}} \cdot P_{ref} \quad (\text{při určitém } r_i),$$

míra vjemu dlouhodobého flickru

$$P_{lti} = \sqrt[3]{\sum_{n=1}^{12} \frac{P_{stin}^3}{12}},$$

kde: d_{ref}relativní změna napětí [%] podle křivky mezního flickru ($P_{ref} = 1$)

i.....index pro jednotlivé přístroje, event. zařízení uživatele sítě

n.....index 10- minutových hodnot během 2- hodinového intervalu.

Vedle měření flikru a metody s křivkou mezního flikru ($P_{st} = 1$) existují ještě simulační metoda a analytická metoda určení míry vjemu flikru.

Simulace

Při známém průběhu relativních změn napětí $d(t)$ lze hodnotu P_{st} určit počítačovou simulací. Přitom se do programu počítače přenesou algoritmy normou stanovené metody UIE – IEC měření flikru pro „digitální“ flikrmetr.

1.4.2. Analytická metoda

Přibližně lze spočítat míru vjemu flikru pro určité tvary křivky průběhu změn napětí pomocí analytické metody s chybou do $\pm 10\%$ ve srovnání s přímým měřením, příp. referenční metodou.

Analytická metoda by se neměla používat, jestliže časový interval mezi koncem jedné napěťové změny a začátkem následující napěťové změny je menší než 1s.

Každý průběh relativní změny napětí se přitom vyjádří svou dobou prodlouženého působení flikru t_f :

$$t_f = 2,3 \text{ [s]} \cdot (100 \cdot F \cdot d)^{3,2}$$

kde: drelativní změna napětí $\Delta U/U$
 Fkoeficient tvaru.

Pomocí koeficientu tvaru F se přepočítají speciální tvary (dvojitě skoky, rampy, pravoúhlé a trojúhelníkové změny napětí, rozběhy motorů) z průběhů změn napětí na flikru rovnocenné napěťové skoky. Průběhy podle ČSN EN 61000-3 - 3).

Výsledná míra vjemu flikru, vztažená k určující době intervalu, se přibližně vypočítá z dob prodlouženého působení flikru t_f :

$$P_{st} = \sqrt[3,2]{\frac{\sum t_f}{10 \text{ [min]}}} = \left(\frac{\sum t_f \text{ [s]}}{60 \cdot 10 \text{ [s]}} \right)^{\frac{1}{3,2}}$$

$$P_{lt} = \sqrt[3,2]{\frac{\sum t_f}{2 [h]}} = \left(\frac{\sum t_f [s]}{60 \cdot 10 \cdot 12 [s]} \right)^{\frac{1}{3,2}}$$

Při pravidelných změnách napětí téhož tvaru a hloubky lze znak součtu v rovnici pro určení míry vjemu flikru nahradit počtem změn napětí, příp. mírou opakování r za minutu.

Příklad:

Pravoúhlé kolísání napětí s kmitočtem 0,05 Hz a hloubkou poklesu $d = 1,52\%$ se projeví každých 10s skokovou změnou napětí. Míra opakování je tedy $r = 6 \text{ min}^{-1}$. Pro skokové změny napětí je koeficient tvaru $F = 1$. Rovnici pro výpočet míry vjemu flikru lze pak napsat takto:

$$P_{st} = 36,1 \cdot F \cdot d \cdot \sqrt[3,2]{r} = 36,1 \cdot 1 \cdot 0,0152 \cdot \sqrt[3,2]{6} = 0,96 \quad [\text{bezrozměrné}]$$

Urdí-li se úroveň flikru pro kontrolu pomocí křivky mezního flikru, lze pro změnu napětí $d = 1,52\%$ při míře opakování $r = 6 \text{ min}^{-1}$ přímo odečíst z obr. 3 hodnotu P_{st} rovnou 1. Analytická metoda tedy dá pro tento příklad míru vjemu flikru cca o 4% nižší.

1.4.3. Posouzení včetně vyhodnocovacích grafů

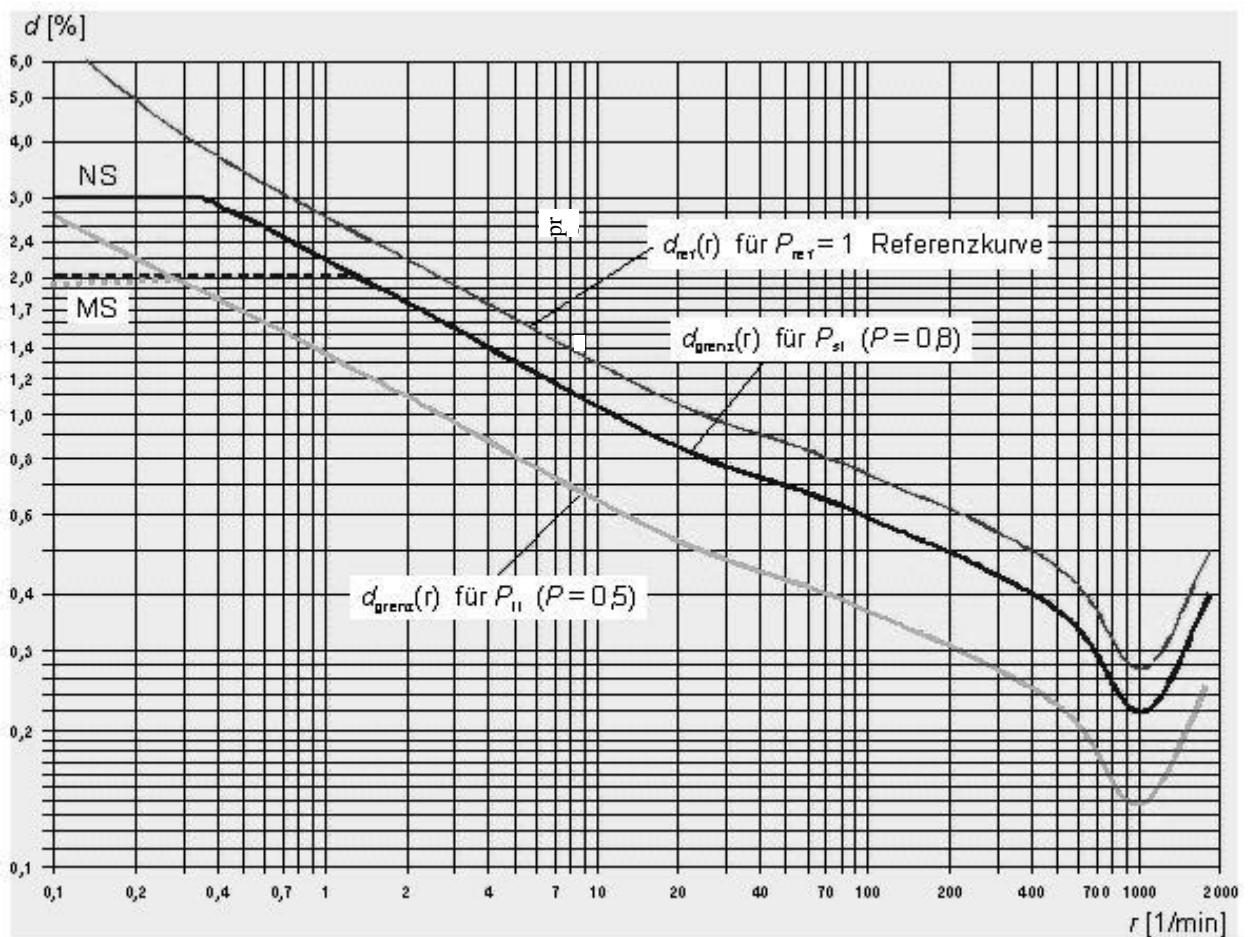
Přístroje zkoušené podle EN 61000-3-11 (přístroje a zařízení se jmenovitým proudem $\leq 75\text{A}$, které podléhají zvláštní podmínce připojení), dodrží normou stanovené meze změn napětí, kolísání napětí a flikru, když jsou v přípojném bodě zařízení uživatele sítě splněny výrobcem stanovené síťové podmínky (trvalá proudová zatížitelnost sítě $\geq 100\text{A}$ na fázový vodič (jmenovité napětí 400/230 V), příp. impedance sítě nižší, než max. přípustná impedance Z_{max}). Tato norma pro elektromagnetickou kompatibilitu (EMC) určuje mezní hodnoty změn napětí vyvolávaných přístroji a zařízeními, které se zkouší za stanovených podmínek.

Pozn.: Dodržení následujících síťových podmínek (odpovídajících platným normám) však samo o sobě nestačí obecně k tomu, aby se připojení ve všech případech posoudilo jako přípustné. Souhlas provozovatele sítě závisí navíc také na posouzení v síti už existujících rušivých veličin a daných zatěžovacích podmínek v síti. Tyto existující rušivé veličiny a dané zatěžovací podmínky provozovatel sítě prokáže.

Údaje výrobců (o přístrojích) sice posouzení připojitelnosti ulehčují, neodstraňují ale jeho nezbytnost.

Změny napětí je třeba posoudit jak co do jejich velikosti, tak i co do účinků flikru podle posuzovacího schématu. Posouzení se provádí pro pravidelné obdélníkové změny napětí podle křivky mezních emisí – křivky mezního flikru.

Zjednodušené posouzení lze provést. Jsou-li dodrženy hodnoty pro poměr SkV/Sr (u výkonů se nerozlišuje mezi kVA a kW), neočekávají se žádné rušivé změny napětí. Pro přesnější posouzení se postupuje podle následujícího schématu.



Obrázek 1: Činitel referenčních hodnot

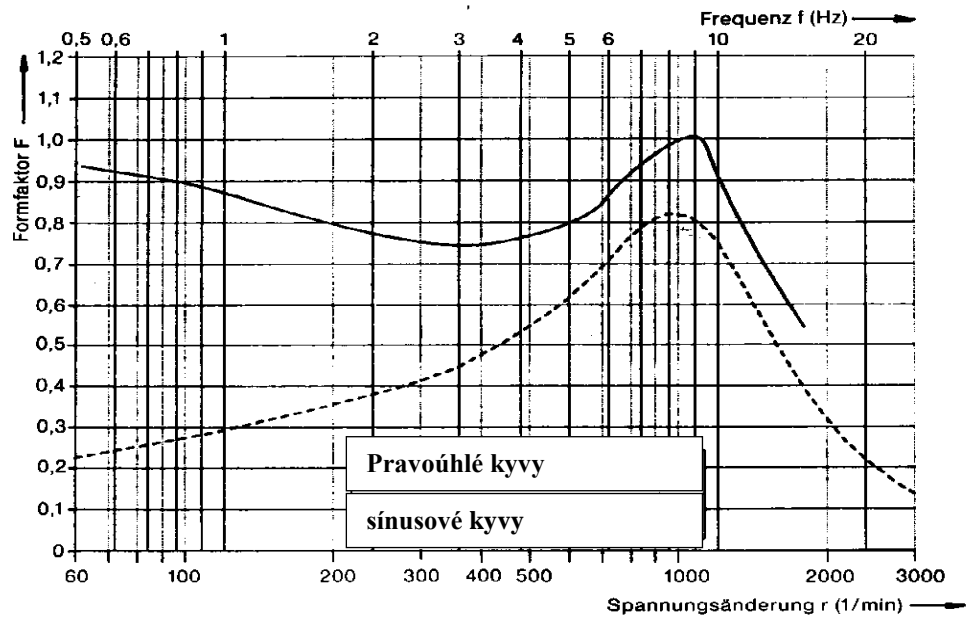
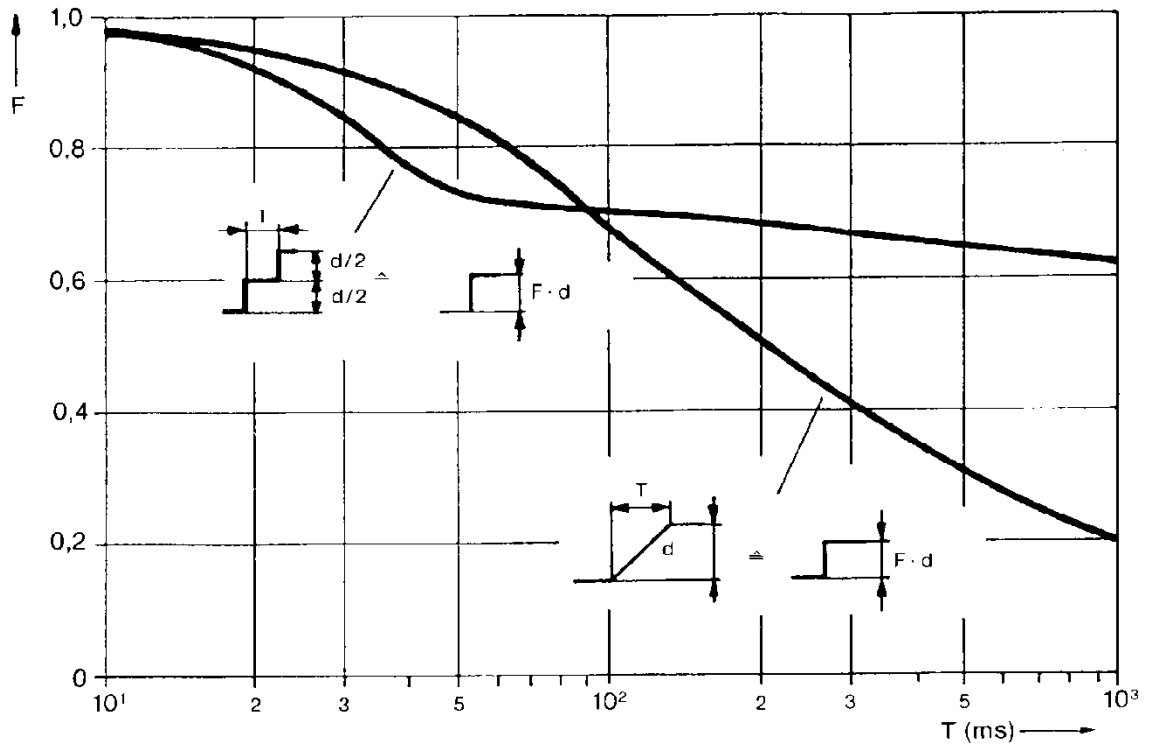
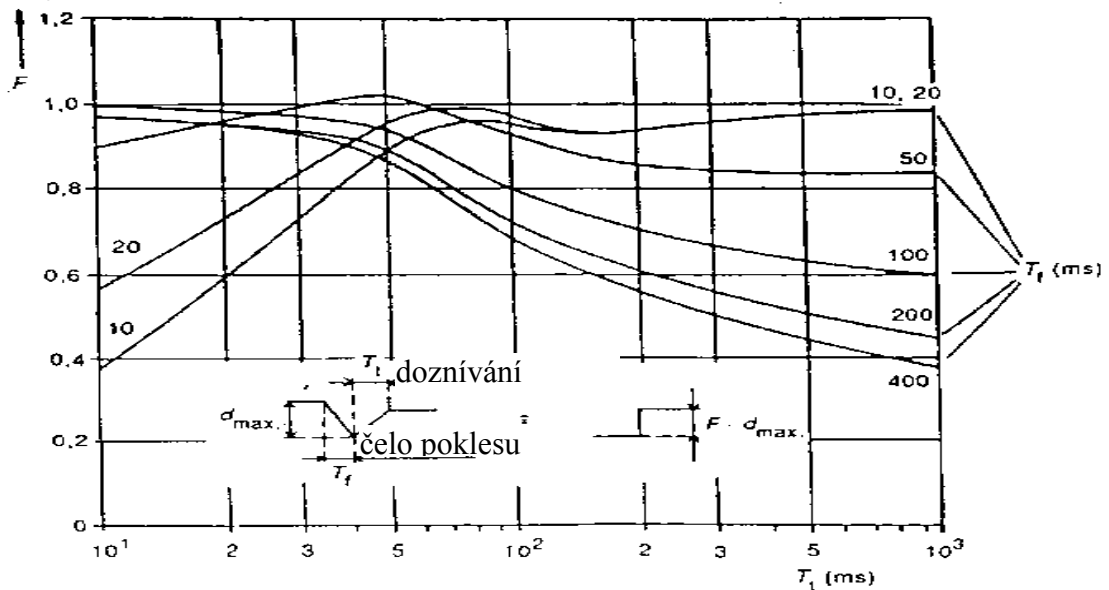


Bild 5-3: Formfaktoren für periodische Spannungsschwankungen

Obrázek 2: Činitelé tvaru pro pravoúhlé a trojúhelníkové pulsy



Obrázek 3: Činitelé tvaru pro schodovité a postupné napětové



Obrázek 4: Činitelé tvaru pro spouštění motorů

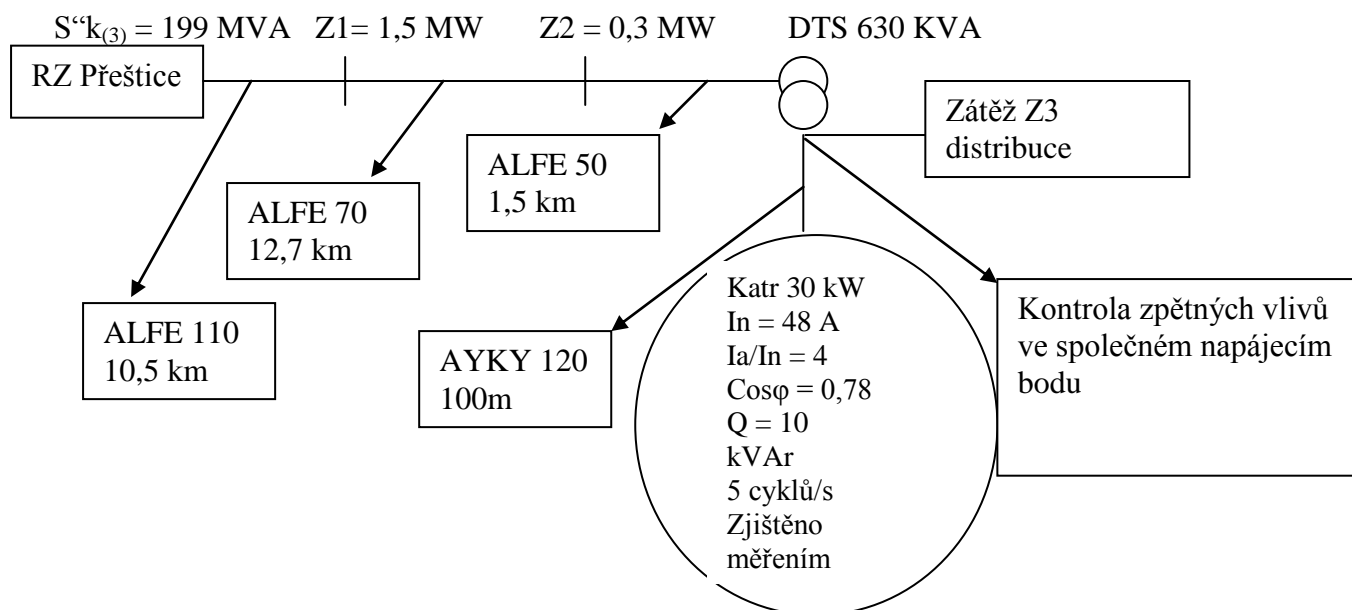
1.5. Katr příklad výpočtu výp. programem E-vlivy

Zadání:

Úkolem zadání je výpočtem ověřit zpětné vlivy na DS při provozu katru.

Jedná se o katr o příkonu 30 kW s 300 změnami za jednu minutu. Připojení je zamýšleno kabelem AYKY 120 o délce 100m jako samostatný vývod z distribuční trafostanice 630 kVA. Distribuční trafostanice je připojena venkovním vedením 22 kV z transformovny Přeštice.

Topologie DS :

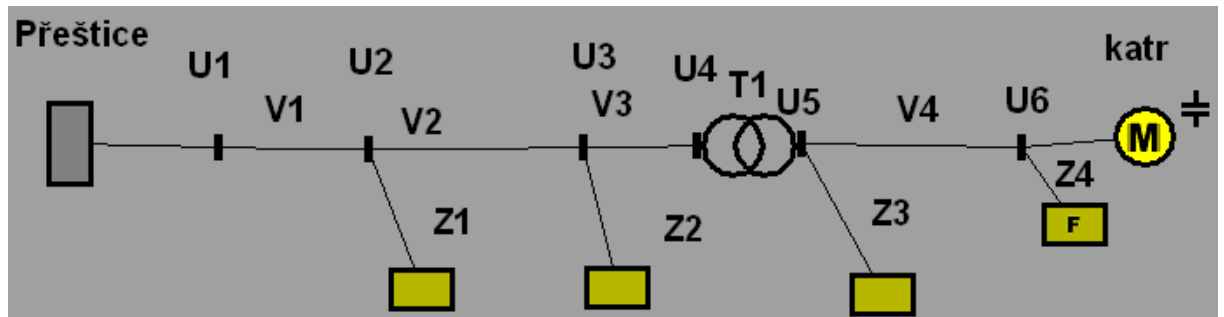


Úkol :

- Určit připojovací podmínky pro připojení el. zařízení katr
- Měření parametrů kvality provozovaného el. zařízení katr

Provedení úkolu:

- Určit připojovací podmínky pro připojení el. zařízení katr

Schéma distribuční soustavy:

Tabulka 2. Napětí v uzlech

Uzel	U [kV]	úhel [°]	dUn [%]	Zk [Ohm]	úhel [°]	Sk [MVA]
U1	22,877	-0,628	-3,985	2,973	90,000	179,081
U2	22,449	-1,232	-2,043	7,355	68,291	72,387
U3	22,262	-1,384	-1,191	14,373	55,050	37,041
U4	22,250	-1,390	-1,135	15,394	53,501	34,585
U5	0,401	-2,101	-0,162	0,015	67,898	11,726
U6	0,398	-2,203	0,410	0,043	31,234	4,111

Tabulka 3. Výpis prvků distribuční soustavy

Nap. Uzel	Název	Uvnt [kV]	Uprv [kV]	Izkr [kA]	Szkr [MVA]	R/X	Ro/R1 [-]	Xo/X1 [-]		
	Tachov 22	22	23,1	6,141	234	0	1	1		
Trafo	Název	U1 [kV]	U2 [kV]	St [MVA]	Pk [kW]	Uk [%]	io [%]	Po [kW]	Zap. prim.	Zap. sekun.
	T1	22	0,404	0,4	2,35	4	0	0	D	yn
Vedení	Název	Druh	Typ	R/km	X/km	B/km	Délka [km]	I _{max} [A]	Ro/R1 [-]	Xo/X1 [-]
	V5	kabel- 0,4	50AYKY50	0,619	0,077	1	0,03	147	1	1
	V4	kabel- 0,4	50AYKY50	0,619	0,077	1	0,01	147	1	1
	V3	venko- 22	35AlFe6	0,778	0,389	1,339	0,3	150	1	1
	V2	venko- 22	70AlFe6	0,434	0,391	1,427	1,7	225	1	1
	V1	venko- 22	120AlFe6	0,225	0,363	1,469	5,9	357	1	1
Zátěž	Název	U [kV]	I [A]	cos fi	P [kW]	Q [kVAr]	S [kVA]	Q _k [kVAr]		
	ZR	23	15	0,95	567,68	186,59	597,56	0		
	komp.	0,4	64,95	0,95	42,75	14,05	45	20		
	Z1	0,4	80	0,95	52,65	17,31	55,43	0		
	ZR	22	15	0,95	543	178,47	571,58	0		

Tabulka 4. Proudy a výkony ve větvích

Prvek	uzel	I [A]	úhel [°]	Z [Ohm]	úhel [°]	P [kW]	Q [kVAr]	S [kVA]
Poeštice	U1	59,825	153,559	2,702	90,000	-2133,942	-1032,201	2370,474
V1	U1	59,825	153,559	4,721	54,831	-2133,942	-1032,190	2370,470
V1	U2	59,911	153,386	4,721	54,831	2104,700	998,569	2329,572
V2	U2	15,285	154,731	7,406	41,912	-542,783	-242,080	594,320
V2	U3	15,381	153,935	7,406	41,912	538,895	247,644	593,073
V3	U3	6,534	155,508	1,097	32,767	-231,736	-98,880	251,950
V3	U4	6,545	155,289	1,097	32,767	231,618	99,850	252,224
Z1	U2	44,632	-27,075	290,399	25,842	1561,915	756,487	1735,469
Z2	U3	8,852	-27,227	1451,994	25,842	307,186	148,780	341,319
T1	U4	6,544	155,290	0,010	75,052	-231,594	-99,835	252,196
T1	U5	359,929	155,290	0,010	75,052	230,576	96,021	249,770
V4	U5	43,161	-179,817	0,032	14,997	-29,928	1,193	29,951
V4	U6	43,161	-179,817	0,032	14,997	29,755	-1,240	29,780
Z3	U5	321,292	-27,951	0,720	25,850	200,648	97,214	222,958
Katr	U6	43,161	0,183	5,329	-2,386	29,755	-1,240	29,780

Tabulka 5. Výpočet střednědobého vjemu flikru

Flikry - K16	
Uzel	Pst
U1	0,001
U2	0,036
U3	0,112
U4	0,125
U5	0,224
U6	1,537

Závěr výpočtu:

Provoz katru způsobuje v odběrném místě provozovatele katru nepovolenou úroveň střednědobé míry vjemu flikru 1,5. Povolený příspěvek zákazníka, který svým el. zařízením způsobuje zpětné vlivy do DS, je jeho příspěvek střednědobé míry vjemu flikru 0,8.

Návrh řešení správného připojení katru:

Navrhují výměnu vedení V4, AYKY 120 za kabel AYKY 240 (náhrada vedení V4)

Kontrolní výpočet:

Tabulka 6. Napětí v uzlech

Uzel	U [kV]	úhel [°]	dUn [%]	Zk [Ohm]	úhel [°]	Sk [MVA]
U1	22,877	-0,628	-3,985	2,973	90,000	179,081
U2	22,449	-1,232	-2,043	7,355	68,291	72,387
U3	22,262	-1,385	-1,190	14,373	55,050	37,041
U4	22,250	-1,390	-1,135	15,394	53,501	34,585
U5	0,401	-2,101	-0,162	0,015	67,898	11,726
U6	0,400	-2,197	0,122	0,031	46,418	5,743

Tabulka 7. Výpočet střednědobého vjemu flikru

Flikry - K16	
Uzel	Pst
U1	0,001
U2	0,036
U3	0,112
U4	0,125
U5	0,225
U6	0,877

Navržené řešení je správné. Střednědobá míra vjemu flikru 0,8 je v povolených mezích dle PNE 333430 – 2.

Výpočetní vztahy:

Pro výše uvedený výpočet jsem využil metodiky a výpočetních vztahů dle PNE333430 část 0 [13].

2. Odporové svářečky

V následující části se zaměřím na analýzu zpětných vlivů, které mohou vzniknout provozem bodové svářečky a negativně tak ovlivňovat celou distribuční soustavu

Změna napětí vyvolaná nesymetrickou změnou zatížení (jednofázové zatížení).

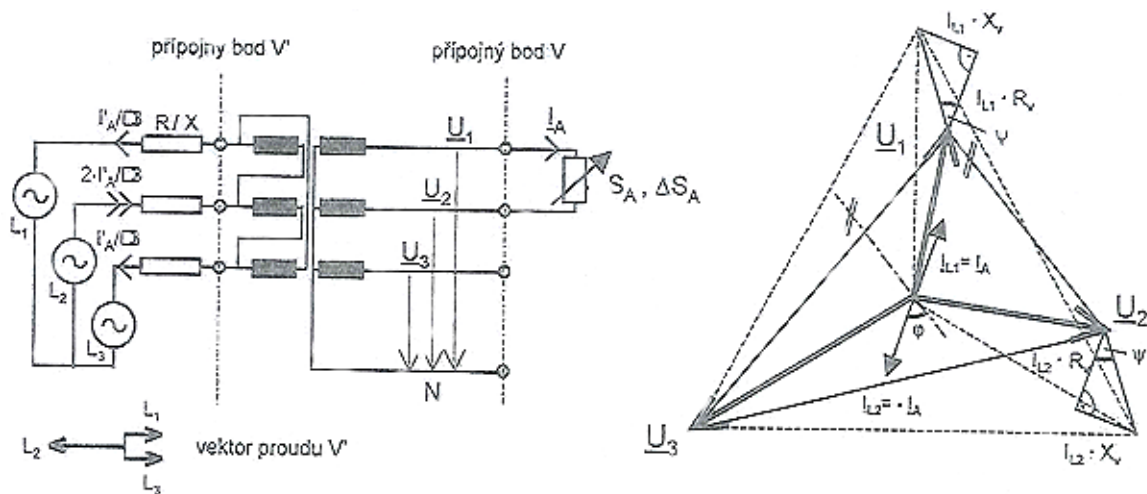
V tomto případě je nutné rozlišovat připojení mezi dvěma fázovými vodiči a připojení mezi fázovým a nulovým vodičem. Největší relativní změna napětí d je v závislosti na druhu připojení zátěže.

2.2. Zátěž mezi fázovými vodiči

$$d = \sqrt{3} \cdot \Delta S_A / S_{kv} \cos(\Psi - \varphi + \alpha)$$

V závislosti na zvoleném napětí má řídicí úhel α hodnoty $0^\circ, \pm 30^\circ, \pm 60^\circ$. Při neznámém úhlu zatížení se dosadí za kosinový výraz 1.

Například zatížení S_A mezi fázovými vodiči L_1 a L_2 : symetrická impedance sítě (izotropní).



Obrázek 5: Náhradní schéma jednofázového zatížení v síti s vektorovým diagramem síťového napětí v příjinném bodě V na straně nižšího napětí

2.1.1. Změny napětí v přípojném bodě V (strana nižšího napětí)

relativní změny napětí mezi fázovým a nulovým vodičem:

$$d_{L1-N} = \sqrt{3} \cdot \Delta S_A / S_{kv} \cdot \cos(\Psi - (\varphi - 30^\circ))$$

$$d_{L2-N} = \sqrt{3} \cdot \Delta S_A / S_{kv} \cdot \cos(\Psi - (\varphi + 30^\circ))$$

$$d_{L3-N} = 0$$

relativní změny napětí mezi fázovými vodiči:

$$d_{L1-L2} = 2 \cdot \Delta S_A / S_{kv} \cdot \cos(\Psi - \varphi)$$

$$d_{L1-L3} = \Delta S_A / S_{kv} \cdot \cos(\Psi - (\varphi + 60^\circ))$$

$$d_{L1-N} = \Delta S_A / S_{kv} \cdot \cos(\Psi - (\varphi - 60^\circ))$$

- kde: d..... relativní změna napětí
 ΔS_A změna zatížení (změna zdánlivého výkonu)
 S_{kv} zkratový výkon (sítě) v přípojném bodě
 Ψ síťový úhel (úhel impedance vedení)
 φ úhel změny zatížení

2.1.2. Změny napětí v přípojném bodě V (strana vyššího napětí)

Na straně vyššího napětí (napětí vn) jsou změny napětí mezi fázovými vodiči určující pro flickr, pozorovatelných na straně nn u osvětlovacích zařízení.

Přibližné vzorce pro změny napětí na straně vyššího napětí při použití třífázových transformátorů v zapojení trojúhelník- hvězda nebo hvězda- lomená hvězda s charakteristikou 5 nebo 11, např. (DY5) nebo (DY11):

- relativní změny napětí mezi fázovými vodiči

$$d_{L1-L2} = \sqrt{3} \cdot \Delta S_A / S_{kv} \cdot \cos(\Psi - (\varphi - 30^\circ))$$

$$d_{L2-L3} = \sqrt{3} \cdot \Delta S_A / S_{kv} \cdot \cos(\Psi - (\varphi + 30^\circ))$$

$$d_{L3-L1} = 0$$

Přibližné vzorce pro změny napětí na straně vyššího napětí při použití třífázových transformátorů v zapojení hvězda – hvězda s charakteristikou 0 (Yy0):

$$d_{L1-L2} = 2 \cdot \Delta S_A / S_{kv} \cdot \cos(\Psi - \varphi)$$

$$d_{L2-L3} = \Delta S_A / S_{kv} \cdot \cos(\Psi - (\varphi + 60^\circ))$$

$$d_{L3-L1} = \Delta S_A / S_{kv} \cdot \cos(\Psi - (\varphi - 60^\circ))$$

Různá zapojení síťových transformátorů se tedy liší s ohledem na velikost flickr vyvolávajících změn napětí na straně vyššího napětí jen málo.

Mezi zapojením třífázových transformátorů s trojúhelníkovým vyrovnávacím vinutím, nebo zapojením lomená hvězda – lomená hvězda se pro tento případ zatížení (jednofázové zatížení mezi dvěma fázovými vodiči) stupeň nesymetrie nezmění, i když se tím proudy na straně vyššího napětí rozdělí na všechny tři fázové vodiče. Rozložení proudu na symetrické složky nedá v tomto případě žádný nulový systém, který by bylo možné vyrovnávacím vinutím v transformátoru eliminovat, nýbrž co do velikosti stejně velký sousledný a zpětný systém, který třífázový transformátor nezávisle na zapojení plně přenáší [1].

2.2. Analýza zpětných vlivů bodové svářečky

Mnou vybrané a analyzované zařízení je jednofázová bodová svářečka připojená na straně nízkého napětí ke dvěma fázovým vodičům třífázové sítě, která je dominantním zdrojem flikru v zákaznickém zařízení u tohoto elektrického stroje budeme analyzovat jeho zpětné vlivy a vyhodnocovat jeho ovlivňování distribuční soustavy v předávacím místě mezi zákazníkem a dodavatelem ČEZ Distribuce, a.s.

Nejprve provedeme teoretickou analýzu a příklad výpočtu tohoto zařízení s ohledem na ovlivňování zákaznického zařízení. V druhé části této práce provedeme analýzu naměřených hodnot bodové svářečky v zákaznickém zařízení a posouzení vlivů vznikajících zpětných vlivů na ostatní zařízení.

2.2.1. Odporová svářečka

Pro posuzování flikru odporových svářeček (odporové bodové, hrbolkové (peckové), na tupo, švové sváření) je určující změna zdánlivého výkonu ΔS_A = během nejvyššího svářecího výkonu a míra opakování r (četnost svářecích impulsů za minutu). Zdánlivý výkon zpravidla definuje obdobně jako při harmonickém napětí a proudu, tj. součinitelem efektivních hodnot napětí a proudu [3].

$$S = U \cdot I = \sqrt{\sum_{k=0}^{\infty} U^2 k} \sqrt{\sum_{l=0}^{\infty} I^2 k} \text{ [VA]}$$

Změna zatížení (změna zdánlivého výkonu) ΔS_A - pro posouzení zpětných vlivů na síť směrodatná změna zdánlivého výkonu přístrojů a zařízení (změna činného a jalového výkonu) [1].

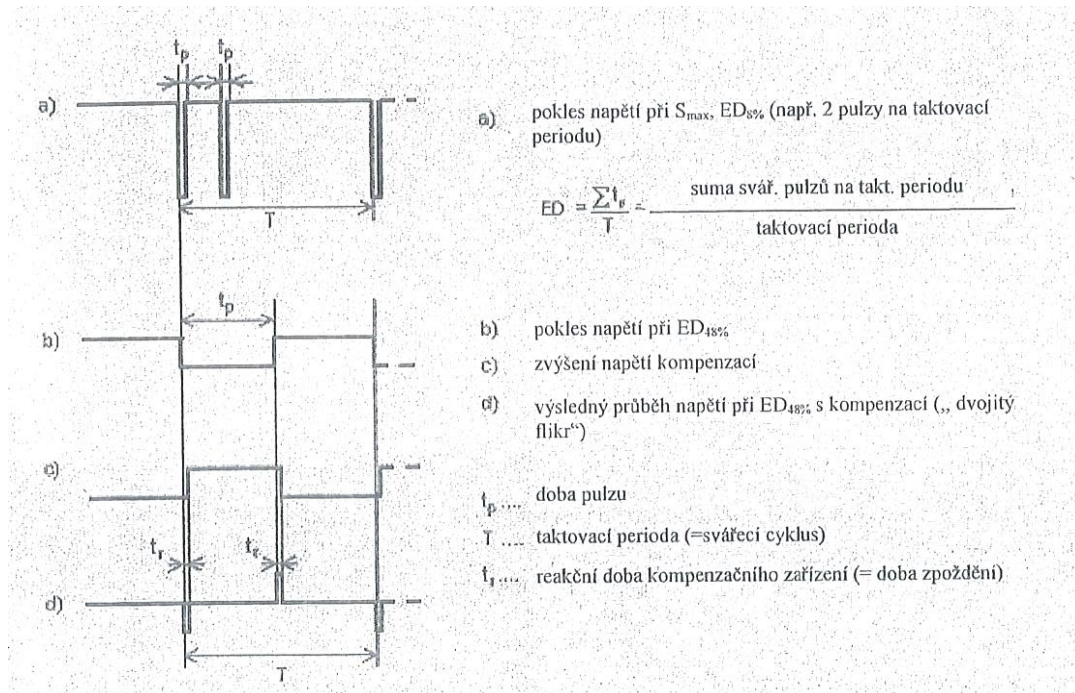
Uvedený vzorec pro výpočet změny zdánlivého výkonu $\Delta S_A = (3 \text{ až } 5) \cdot S_{50\%ED}$ při maximálním svářecím výkonu pro odporové svářečky není principiálně obecně použitelný, protože odporové svářečky mohou mít různou konstrukci a způsob provozu.

Důležité je uvážit, že jmenovitý výkon je většinou výrazně nižší, než nejvyšší svářecí výkon. Jmenovitý výkon vychází ve většině případů z doby sepnutí (poměr doby pulzů k taktovací periodě) $ED = 50\%$, tzn., že doba sváření a doba přestávky jsou stejné. Při nižší době sepnutí je podle následující rovnice možný vyšší svářecí výkon.

$$S_x = S_{50\%} \sqrt{\frac{ED_{50\%}}{ED_x}}$$

kde: S_xmožný zdánlivý výkon při době sepnutí $ED = X$
 $S_{50\%}$jmenovitý výkon svářecího transformátoru při $ED = 50\%$
 ED_xoba sepnutí X (= poměr doby sváření k taktovací periodě)
 $ED_{50\%}$..doba sepnutí 50%

Dále nelze ani dobu pulzu t_p a četnost svářecích impulzů za minutu (= doba opakování r) jednoduše určit z doby sepnutí ED a doby svářecího cyklu (= taktovací perioda), protože principiálně je možný ch i více krátkých impulzů během jednoho svářecího cyklu jak je možné názorně vidět (obr. 6. část a) [1]. Tato informace se však v katalogových listech odporových svářeček často neudává. Pro posouzení flickru konkrétního zařízení by se tedy měly přímo vyžádat přímo od provozovatele, případně dodavatele odporové svářečky údaje maximálního svářecího výkonu S_{max} , $\cos \varphi$ a příslušného vzoru pulzu svářecího proudu. Nasazením dynamického kompenzačního zařízení s příslušnou reakční dobou lze flickr značně redukovat.



Obrázek 6: Kolísání napětí sítě bez a s dynamickou kompenzací vlivem proudových svářecích pulzů

2.3. Bodová svářečka příklad

V zákaznickém zařízení má být připojena jednofázová bodová svářečka ke dvěma fázovým vodičům třífázové sítě. Tato odporová svářečka představuje dominantní zdroj flikru v zákaznickém zařízení, tzn., že ostatní zdroje flikru lze v porovnání s touto svářečkou zanedbat. Přípojný bod je na straně vn transformační stanice.

Jsou známa tyto data:

$$S_{kv} = 125 \text{ MVA}, \Psi = 67^\circ$$

$$S_{A \max} = 360 \text{ kVA}, \cos \varphi = 0,8$$

$r = 120$ svářecích impulzů za minutu

$$t_p = 240 \text{ ms}$$

zapojení síťového transformátoru: Dy5

doba provozu přesahuje 2- hodinový interval.

- Výkonový poměr

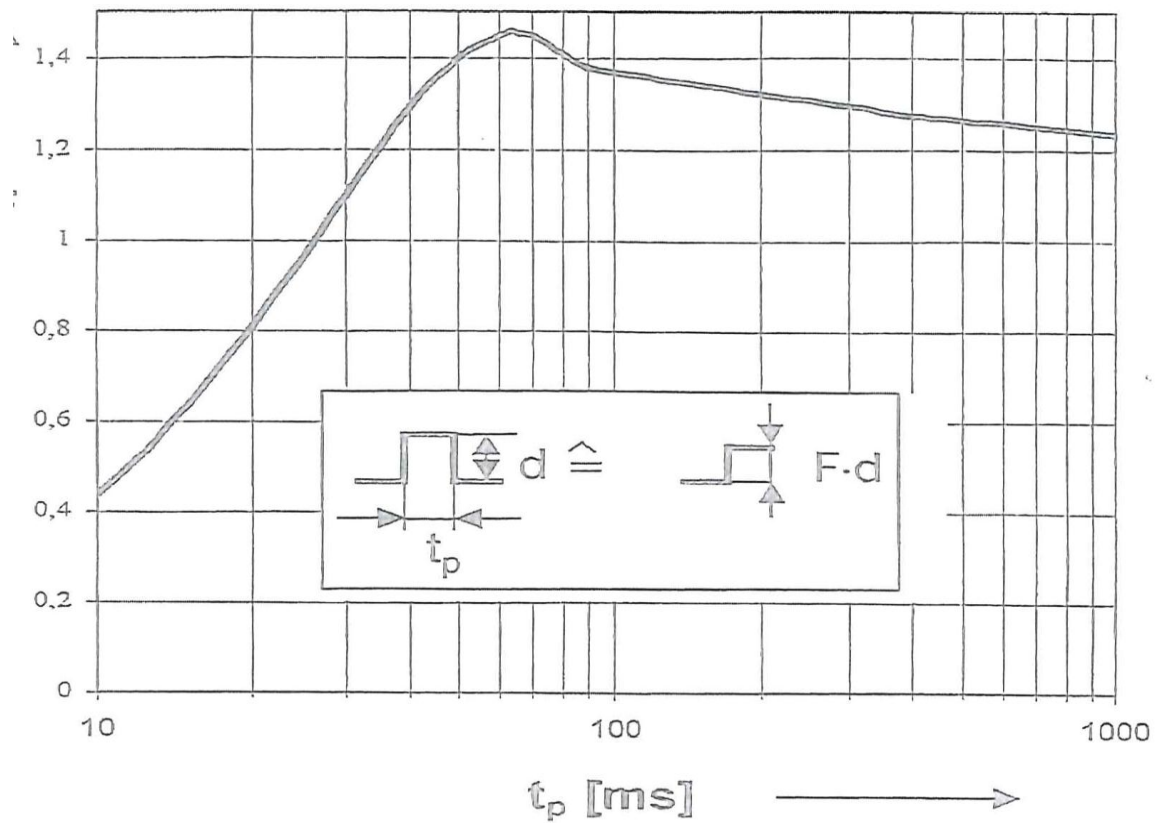
$$\frac{S_{kv}}{S_{Amax}} = \frac{125MVA}{360kVA} = 347 < 700$$

Výkonový poměr je nižší než orientační hodnota 700 tzn., že pro pro připojení je potřebné podrobnější posouzení.

- Výpočet intezity flikru

Koeficient tvaru svářecích impulzů s dobou trvání $t_p = 240$ ms je jedna třetina (viz. obr. 7). Protože četnost opakování je asi 120 svářecích impulzů za minutu, neměla by se použít analytická metoda, protože časový interval mezi koncem jedné změny napětí a začátkem další změny napětí je při 0,5 s menší než 1 vteřina. Pro výpočet intenzity flikru se tedy použije křivka mezního flikru obr. 1.

K tomu se změny napětí vyvolané svářečkou na ekvivalentní pravidelné obdélníkové změny napětí.



Obrázek 7: Koeficient tvaru pro obdélníkové změny napětí

Počet změn relevantních pro flickr na straně vyššího napětí třífázového transformátoru trojúhelník – hvězda pomocí přibližného vzorce pro jednofázové zatížení připojené mezi dva fázové vodiče na skoky napětí ekvivalentní pro flickr násobením odečteným koeficientem tvaru $F = 1,3$.

$$\begin{aligned}
 d_{\max,i} &= 1,3 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{\Delta S_{A_{\max}}}{S_{kv}} \cdot \cos(\psi - (\varphi \pm 30^\circ)) \\
 &= 1,3 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{0,36 MVA}{125 MVA} \cdot \cos(67^\circ - 37^\circ - 30^\circ) = 1,3 \cdot 0,5\% = 0,65\%
 \end{aligned}$$

Vzhledem ke způsobu provozu (trvalý provoz přes 2 hodiny) lze emisi dlouhodobého flickru pro četnost opakování $r = 120 \text{ min}^{-1}$ vypočítat přímo z referenční křivky:

$$P_{li} = \frac{d_{\max,i}}{d_{ref}} \cdot P_{ref} = \frac{0,65}{0,7} \cdot 1 = 0,93$$

Pro posouzení sem použije přípustná emise dlouhodobého flickru $P_{lt\ zu1} = 0,5$.

Očekávaný flickr je tedy hodně nad přístupnou mezní hodnotou. Zařízení **nelze** v této podobě připojit k tomuto bodu sítě.

Opatření

Má-li se flickr omezit na $P_{lt\ zu1} = 0,5$ lze provést tato opatření:

- Změny v síti
Připojení v bodě se zkratovým výkonem nejméně 220 MVA. Tak vysoké hodnoty lze dosáhnout jen v bezprostřední blízkosti transformovny a při příslušném jmenovitém výkonu transformátoru.
- Změny u svářečky

Mnoho z těchto opatření je v praxi nepoužitelných, přestože ovlivňují negativně nejen plánovaný výrobní proces, ale i kvalitu svařování. Přesto se dále uvádějí některé možnosti, aby bylo možné demonstrovat základní souvislosti:

- redukce nejvyššího svařovacího výkonu S_{\max} na 194 kVA
- redukce četnosti opakování r ze 120 na 9 svářecích pulzů za minutu
- redukce S_{\max} na 240 kVA a r na $40\ \text{min}^{-1}$
- redukce doby sváření t_p ; přitom je problém: t_p by se muselo nastavit na 20 až 30 ms, to je však technicky sotva proveditelné.

- Použití svářečky s třífázovým připojením

Při týchž technických datech a stejném způsobu provozu svářečky vyplyne pro flickr:

$$d_{\max,i} = 1,3 \cdot \frac{\Delta S_{A\max}}{S_{kV}} \cdot \cos(\psi - (\varphi \pm 30^\circ))$$

$$= 1,3 \cdot \frac{0,36MVA}{125MVA} \cdot \cos(67^\circ - 37^\circ - 30^\circ) = 0,37\%$$

$$P_{lri} = \frac{d_{\max,i}}{d_{ref}} \cdot P_{ref} = \frac{0,37}{0,7} \cdot 1 = 0,53$$

Protože je mezní emisní hodnota 0,5 překročena jen nepatrně, bylo by možné s připojením a provozem svářečky souhlasit.

- Dynamické kompenzační zařízení

Pomocí dynamické kompenzace (obr.6) lze flickr značně omezit. To ale předpokládá, že má kompenzační zařízení odpovídající reakční dobu a je přizpůsobeno poměrům v síti a způsobu provozu svářečky.

3. Analýza naměřených hodnot vybraných el. zařízení

V této části se budu podrobně věnovat analýze naměřených hodnot u obou mnou vybraných zařízení (katr, bodová svářečka).

Nejprve provedeme analýzu pilnice v obci Lhotka u Tachova, kde je připojen katr na straně nízkého napětí do distribuční trafostanice ČEZ Distribuce, a.s. V této pilnici byla provedena rozsáhlá úprava elektroinstalace včetně výměny stroje transformátoru na distribuční trafostanici z původního 250 kVA na 400 kVA s převodem 22/0,4 kV.

Analýzou naměřených hodnot a výpočtem posoudíme, zda provedené úpravy v této pilnici vedly ke zlepšení a hlavně omezení zpětných vlivů, které by svým negativním působením mohli ovlivňovat nejen zákaznické zařízení, ale i zařízení ostatních zákazníků připojených k této distribuční soustavě v majetku ČEZ Distribuce, a.s. Tomuto tématu jsem se podrobně věnoval ve své Bakalářské práci- Zpětné vlivy na distribuční soustavu.

V druhé části této kapitoly jsem provedl analýzu bodové svářečky WKPH 150FH která je připojena v zákaznickém zařízení v obci Holýšov ve výrobním závodě zaměřeném na výrobu karoserií nákladních automobilů a autobusů.

U tohoto zařízení jsem provedl podrobný rozklad napájecí soustavy z RZ Holýšov, výpočet pomocí programu Vlivy a dále provedl vlastní měření kvality zpětných vlivů:

- v předávacím místě distribuční soustavy
- v rozvaděči nové výrobní haly na straně nn (nekompenzováno)
- v rozvaděči staré výrobní haly na straně nn (kompenzováno)
- přímo u bodové svářečky (nekompenzováno)

Analýza se zabývá šířením flikru a povolenými úbytky napětí v předávacím místě. Tato analýza je podložena měřením parametrů kvality v předávacím místě mezi zákaznickým zařízením a dodavatelem ČEZ.

Vzhledem k charakteru posuzovaného el. zařízení je stěžejní posouzení parametrů kvality a z těchto parametrů střednědobá P_{st} a dlouhodobá P_{lt} míra vjemu flikru.

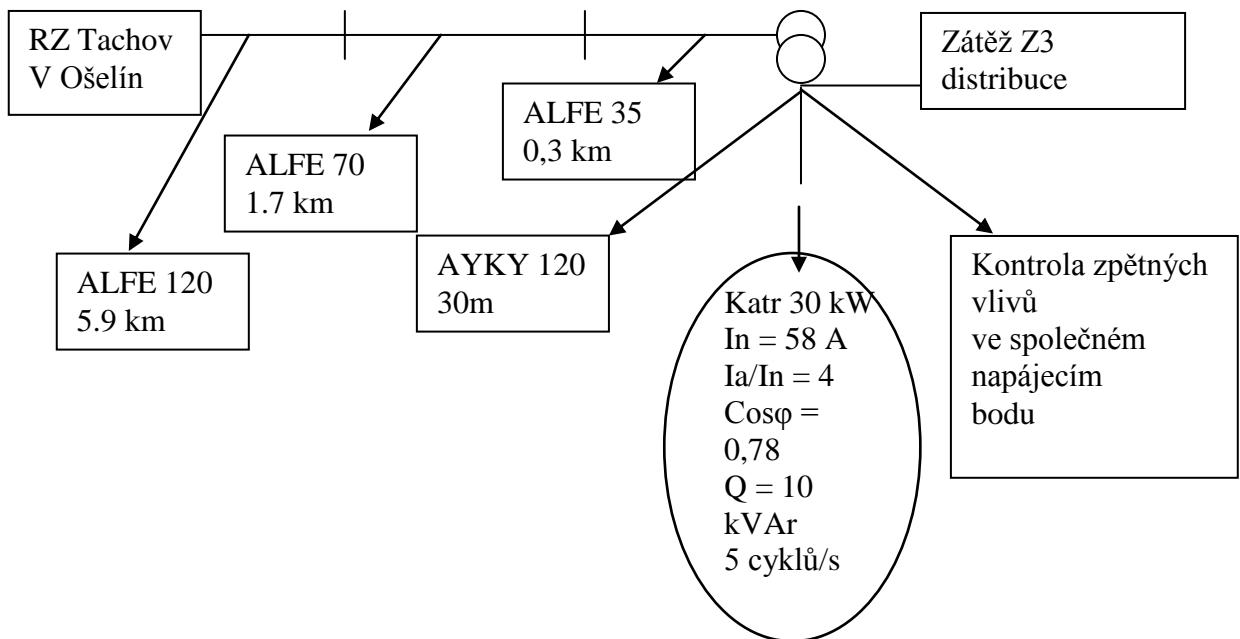
3.1 Katr

3.1.1. Popis distribuční soustavy napájející katr

Vedení VN Ošelín 22 kV z RZ Tachov vedené po betonových stožárech s ocelovými konzolami a s výstrojí podpěrnými izolátory VPA až do obce Lhotka u Tachova o celkové délce 7800m.

Vedení VN je ukončeno na kotevních izolátorech dvousloupové betonové trafostanice osazené svodiči přepětí s výkonovými pojistkami o hodnotě 16A, svod VN na stroj transformátoru o výkonu 400 kVA a převodu 22/0,4 kV je proveden izolovaným svodem, PAS vodičem. Na straně nízkého napětí je proveden svod kabelem AYKY 2x 240 až do rozvaděče, kde je ukončen na svorkách hlavního jističe o jmenovité hodnotě 1000 A. Dále je uvažován samostatný vývodový jistič o jmenovité hodnotě 315A. Z výstupních svorek vývodového jističe je provedeno vedení kabelem AYKY 2x50 o délce 30m, až do hlavní pojistkové skříně u objektu odběratele, předávací místo distributora el. energie a zákazníka.

$$S''_{k(3)} = 199 \text{ MVA} \quad Z1 = 1,5 \text{ MW} \quad Z2 = 0,3 \text{ MW} \quad \text{DTS } 400 \text{ kVA}$$



Popis zapojení

Dne 31.5.2008 v 9:30 jsme provedli měření zpětných vlivů katru při různých stavech jeho chodu- ustálený chod celé pilnice, pozadí distribuční sítě bez provozu pilnice, rozběh samostatného katru a měření na distribuční trafostanici při ustáleném chodu pilnice. Jako vhodný objekt pro provedení našeho měření jsme vybrali pilu v obci Lhotka u Tachova. Důvodem provádění našeho měření na tomto zařízení byla zpráva o změně přípojného vedení a navýšení výkonu stroje distribučního transformátoru a to z 250kVA na 400kVA. Tyto úpravy byly provedeny z důvodů omezení zpětných vlivů na distribuční síť při chodu katru a celé pilnice, které naším měřením máme ověřit a provést vyhodnocení zda při chodu nedochází k ovlivňování celé distribuční sítě.

Použité měřicí přístroje a jejich zapojení

- síťový analyzátor ENA330 (Elcom)
- proudové transformátory LEM FLEX (rozsah 10-3000A)
- PU191 typ. RS232 v.č. 174770002

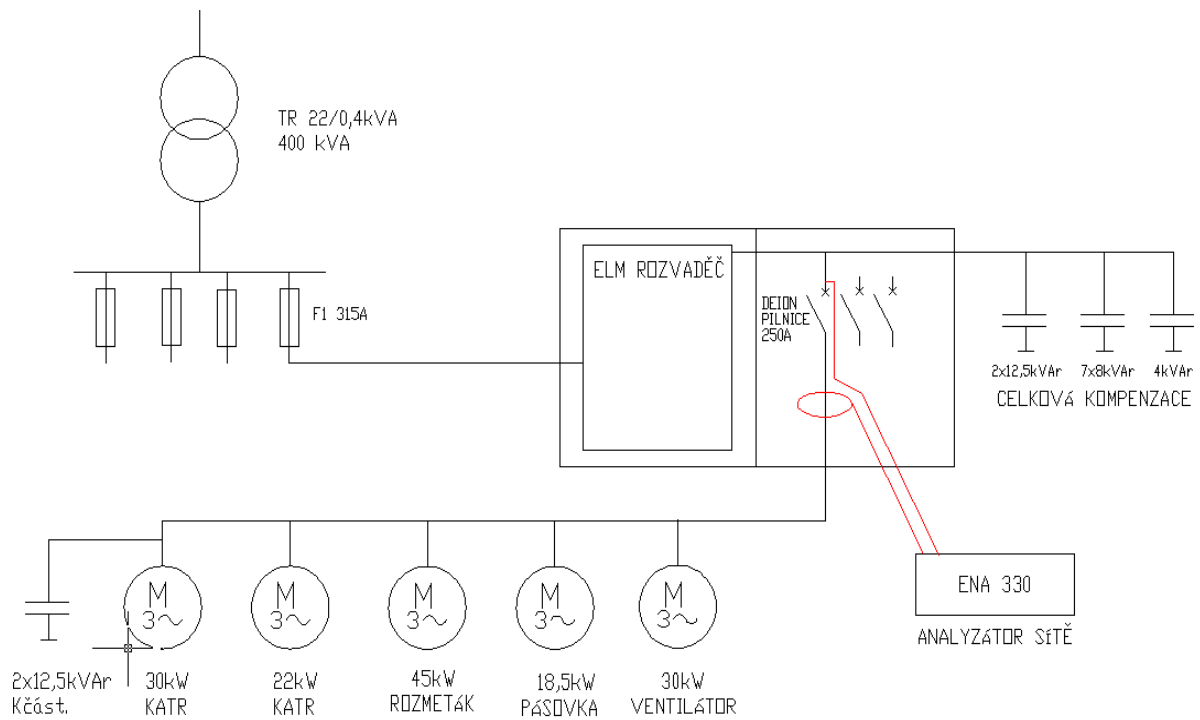
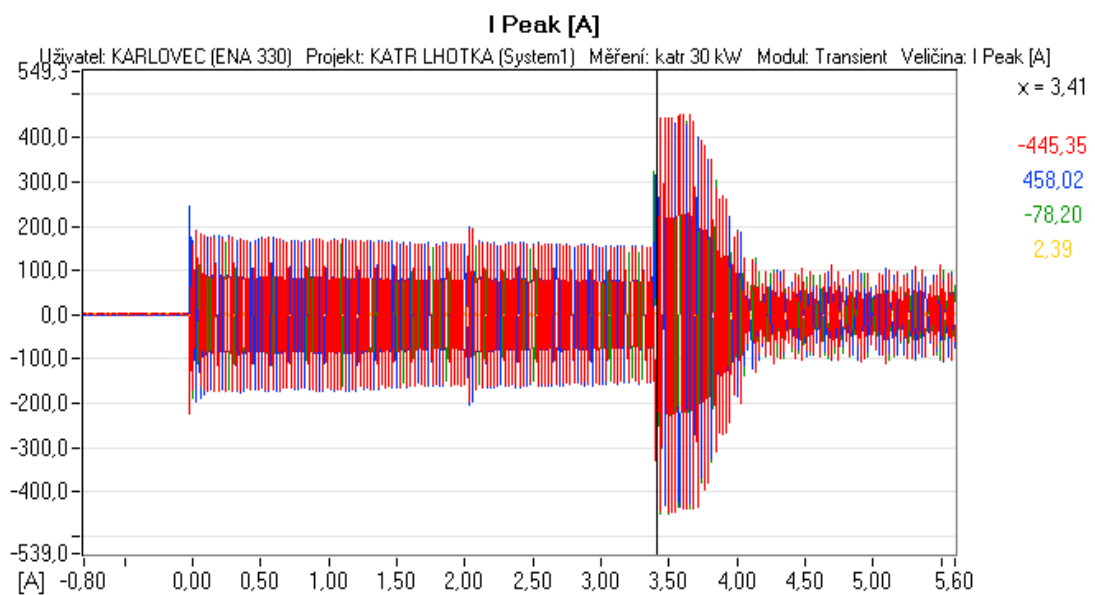
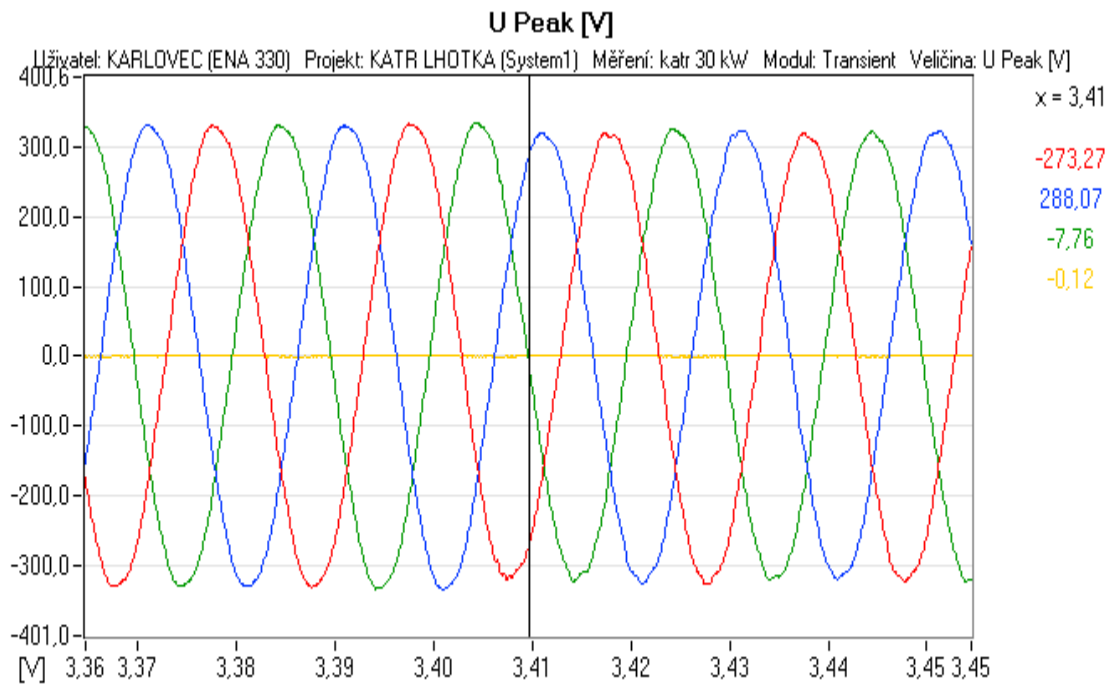


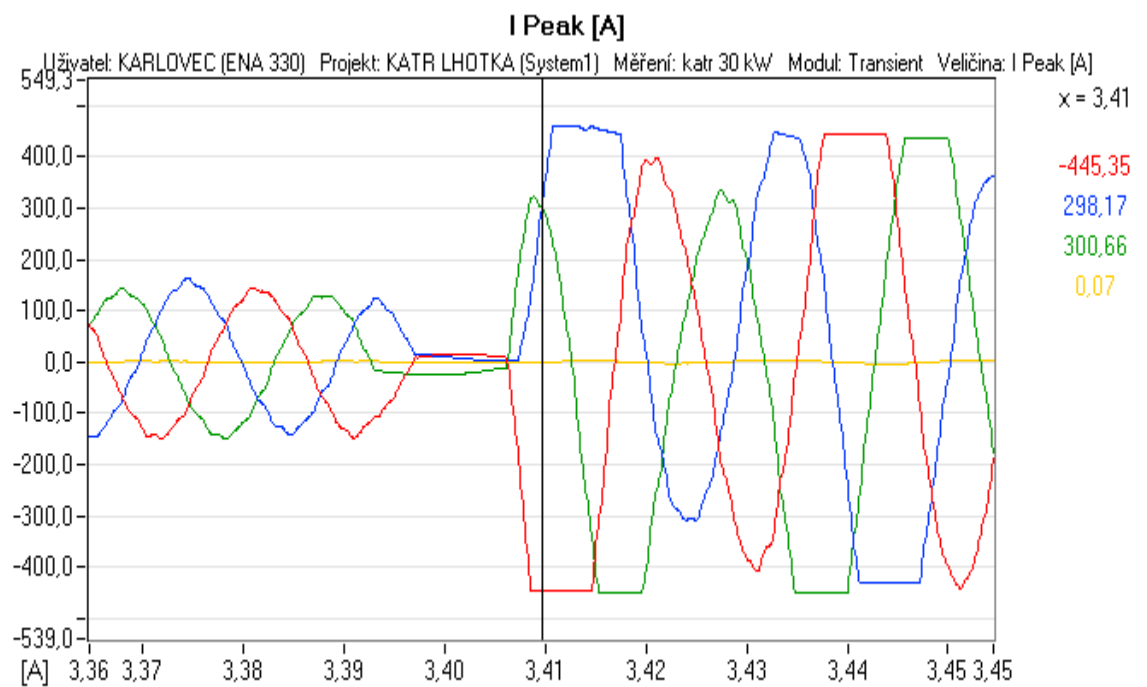
Schéma zapojení



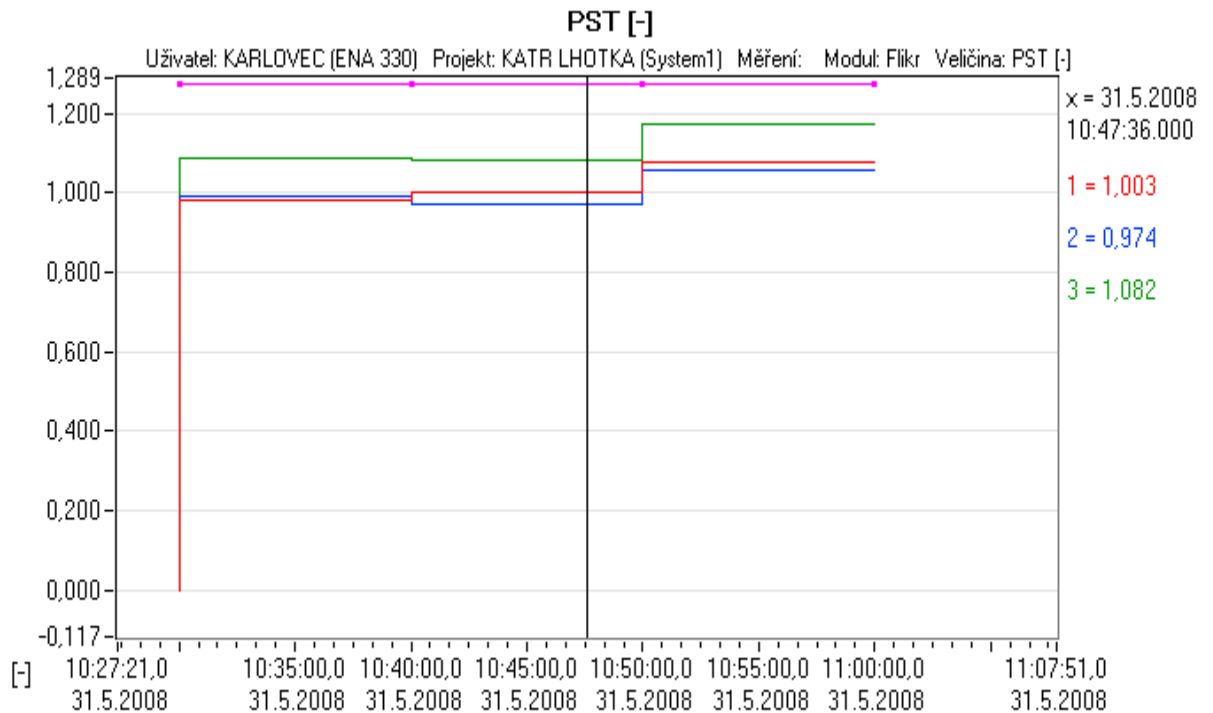
Obrázek 8: Graf proudů rozběhu samostatného katru (celkový pohled)



Obrázek 9: Graf napětí rozběhu samostatného katru (detail 2)



Obrázek 10: Graf proudů rozběhu samostatného katru (detail 2)



Obrázek 11: Graf vjemu flikru ustáleného stavu pilnice

Vyhodnocení měření

Analýzou měření jsem zjistil- úroveň napětí je v povolených mezích dle ČSN EN 50160 $\pm 10\%$ z 230V při ustáleném chodu pilnice.

Charakteristický parametr kvality flikr jsem vzhledem ke krátkodobému měření posuzoval jako střednědobý vjem flikru Pst, tento parametr mírně překračoval povolenou mez dle ČSN EN 50160 (o dvě desetiny oproti povolené bezrozměrné jedničce).

Po konzultaci s pracovníkem Ing. Cvačkou Ph.D. se jeví tento parametr v mnoha případech jako diskutabilní v mnoha referátech a příspěvcích jsou definovány odlišné názory na tento parametr kvality.

Vzhledem ke krátké vzdálenosti připojení pilnice lze snížit střednědobý vjem flikru pouze zvýšením zkratového výkonu a to při naměřených hodnotách Pst není efektivní.

Analýzu provedeného měření jsem směřoval na zpětné vlivy (pokles napětí) při rozběhu asynchronního stroje (katr 30kW).

Průběh grafů potvrdil, že nové připojení katru je již vůči distribuční soustavě vyhovující a nezpůsobuje nedovolený pokles napětí pod 3% z jmenovitého napětí.

Další analýzou provedeného měření jsem zkontroloval tvarové zkreslení sinusovky napájecího napětí. Toto harmonické zkreslení opět nepřevyšovalo stanovené meze dle ČSN EN 50160 [10] a PNE 33 3430-1[12].

Závěrem chci upozornit na krátký interval měření a tedy ne zcela správně u hodnot napětí a harmonického zkreslení porovnávám naměřené výsledky s doporučenými mezemi ve výše definované normě, neboť ta předpokládá délku měření 7 dnů.

Závěr

Kvalita elektrické energie je velmi důležitým parametrem při provozu elektrických zařízení. Distribuční společnosti tento parametr kontrolují a popřípadě žádají společnosti provozující rušící zařízení, aby vhodnými opatřeními zamezila negativním zpětným vlivům působit na distribuční soustavu. Dnes se již distribuční společnosti zaměřují i na menší spotřebitele, které provozem zařízení, jež působí zpětnými vlivy na distr. soustavu, aby toto zařízení uvedli do patřičného stavu nebo odstavili z provozu.

Mnou zvolený katr, který podstoupil úpravy v elektroinstalaci navýšením průřezu přívodního kabelu a zvýšením jmenovitého výkonu distribučního transformátoru, jsem nasimuloval ve výpočetním programu Vlivy, a poté provedl měření přímo v předávacím místě. Předávací místo je jako takový smluvně stanovený bod v el. síti, v němž se el. energie vyměňuje (předává) mezi smluvními partnery. V tomto bodě jsem provedl měření veškerých veličin, které by mohli zpětně ovlivňovat kvalitu dodávky el. energie k ostatním zákazníkům.

Zvláštní důraz jsem kladl na měření rozběhového proudu samotného katra bez ostatních připojených zařízení a pozoroval špičku rozběhového proudu. Rozběhový proud je efektivní hodnota nejvyššího proudu, který odebírá motor. Při motorovém rozběhu AS strojů je tento proud bez pomocného zařízení 3-8 násobkem jmenovitého proudu motoru. V mém měření jsou hodnoty okamžité a v grafu správně ukazuje na omezení maximálních hodnot proudu z důvodu rozsahu měřících proudových transformátorů do 300A.

Po porovnání obou hodnot jsem došel k závěru, sledované zařízení odpovídá platným normám a vnitřním předpisům distributora el. energii, v tomto případě společnosti ČEZ Distribuce,a.s. Dále jsem měřil celkové hodnoty pilnice v ustáleném stavu a porovnal je také s hodnotami, které jsem získal výpočtem. Pilnice v ustáleném chodu také nezpůsobuje zpětné vlivy na distribuční soustavu.

Další částí této bakalářské práce bylo vyhodnotit vliv katru na střednědobý vjem flikru. Flikr je subjektivní vjem nestálosti vizuálních pocitů, vyvolaných světelným a časovým kolísáním hustoty osvětlení nebo jeho spektrální rozložení

Při vyhodnocování intenzity vjemu flikru, jsme došli k závěru, že krátkodobá míra vjemu flikru P_{st} je mírně překročena ($P_{st} = 1,2$). Vlivem krátké doby měření jsme nezaznamenali dlouhodobý vjem flikru Plt (hodnota agregovaná za 120 minut). Po provedení porovnání všech mnou sledovaných hodnot jsem došel k závěru, že provedené úpravy elektroinstalace a navýšením výkonu distribučního transformátoru bylo dosaženo snížení hodnot zpětných vlivů, kterými by mohla pilnice (katr) ovlivňovat kvalitu dodávky elektrické energie [7].

4. Bodové svářečí stroje

Vzhledem k charakteru analyzovaného el. zařízení, je stěžejní posouzení parametrů kvality elektrického napětí v předávacím místě a z těchto parametrů střednědobá a dlouhodobá míra vjemu flikru. Tento parametr kvality je zařazen do sledovaných parametrů kvality el. napětí a je definován PPDS [6].

Jeho meze a definice byly pro PPDS přeneseny z evropské normy EN 50160.

Svařovací el. zařízení je zásadním zástupcem generace zpětných vlivů na distribuční soustavu. Na základě různých typů svařovacích zařízení (jejich průběhu svařovacího proudu, četnosti svářecích impulsů za časový úsek, taktovací perioda) jsou různě velké zpětné vlivy na distribuční soustavu.

U odporových svářeček vlivem kontaktu kleští se svařovaným materiálem dochází ke krátkodobému průtoku svařovacího proudu až několik tisíců ampér. V závislosti na periodicitě svařování dochází na impedanci sítě ke krátkodobým poklesům napětí, ale s periodou od desítek opakování za deset minut do stovek. Tato cykličnost způsobuje v distribučních sítích kolísání napětí, které má svůj charakter a nazývá se flikrem. Tento parametr kvality napětí v distr. síti je distributorem sledován a při připojování el. zařízení se zpětnými vlivy požaduje výpočet připojitelnosti [5].

V této diplomové práci jsem prováděl analýzu bodových svářecích strojů, protože při bližším posouzení je zřejmé, že svým provozem mohou negativně ovlivnit celou distribuční soustavu podobně jako uvedený katr. To znamená, že bodové svářečí stroje nám mohou způsobovat negativní zpětné vlivy jako například relativní změna napětí, flikr, nesymetrie, ale i ovlivňovat

kvalitu samotného výrobního produktu. Tyto negativní zpětné vlivy ovlivňující distribuční soustavu způsobené připojením (většinou jednofázová bodová svářečka připojená ke dvěma fázovým vodičům), v závislosti na zkratovém výkonu, četnosti a tvarem svářecích impulzů za minutu (taktovací perioda), je nutné tyto vlivy analyzovat, vyhodnocovat a omezovat. Bodové svářecí stroje jsou považovány za dominantní zdroj flikru v zákaznickém zařízení a proto je v těchto případech možné ostatní zdroje flikru zanedbat [1].

Analýzu provedeme na bodové svářečce typu WKPH 150 FH ve výrobním závodě v obci Holýšov.

Tento závod je v hlavní míře zaměřen na výrobu karoserií pro nákladní automobily a autobusy. V roce 2010 se tato firma rozhodla, že rozšíří svojí výrobní kapacitu. Toto rozhodnutí sebou neslo vyprojektování nové výrobní haly, protože stávající prostory již kapacitně nevyhovovaly. Do této nové haly měly být umístěny mimo jiné dvě nové bodové svářečky typu WKPH 150 FH od firmy JESVA, s.r.o. Firma JESVA je český výrobce svařovacího zařízení, který v současné době pokrývá většinu poptávky na trhu v Čechách i na Slovensku. Proto bylo nutné vytvořit studii připojitelnosti, aby se dalo určit, která varianta připojení nové výrobní haly bude s ohledem na zpětné vlivy ta nejefektivnější. Tuto studii vypracoval Ing. Cvačka Karel Ph.D. pod názvem:

Měření skutečného průběhu svařovacího proudu a posouzení připojitelnosti elektrického zařízení- odporová závěsná klešťová svářečka WKPH 150 FH .

Tato studie se zabývá posouzením připojitelnosti svářecího zařízení- odporové závěsné klešťové svářečky WKPH 150 FH s řídicím systémem FASEWeld334mP.

Studie řeší, zda je reálné z hlediska vlivu na stávající distribuční síť 22kV ČEZ Distribuce, a.s. připojit požadovaný výkon svářecího zařízení (2x150 kVA), aniž by byly překročeny meze dovolených parametrů kvality napětí v předávacím místě. Reálnost výpočtu je podložena měřeními parametrů kvality v předávacím místě mezi výrobním závodem a ČEZ [5].

Tato studie obsahovala 2 varianty vytvořené z předložených podkladů od zadavatele.

- Varianta A vycházela ze zachování původního počtu transformátorů a připojení nových svářecích kleští k již provozovaným svářecím kleštím na staré hale.

- Varianta B vycházela z rozšíření stávající rozvodny 22kV o stání jednoho transformátoru 1600 kVA a svářecí kleště napájet z podružného rozvaděče nízkého napětí.

Obě tyto varianty byly navrženy, vypočteny a předloženy zadavateli. Na základě těchto poznatků bylo rozhodnuto takto: Další rozšíření technologie svářecích el. zařízení provést samotným transformátorem instalovaným co nejbližší k místu provozu WKPH 150 FH s výkonem od 1600 kVA. Vodiče pro přenos svářecího proudu dostatečně dimenzovat s ohledem na nízkou impedanci (Doporučení min. AYKY 240 mm²). V této konfiguraci lze provozovat max. šest svářecích zařízení WKPH 150 FH s napájecím transformátorem 1600 kVA při dodržení povolených mezí P_{st} , P_{lt} v místě přípojnice 22 kV [5].

V současnosti je nová hala již v provozu a svářecí technologii tvoří dvě bodové závěsné svářečky WKPH 150 FH napojené z nové trafostanice vybavené dvěma stání transformátorů o výkonech 2 x 1000 kVA. Jak je patrné ze schématu zapojení vedení od RZ Holýšov včetně zákaznického zařízení.

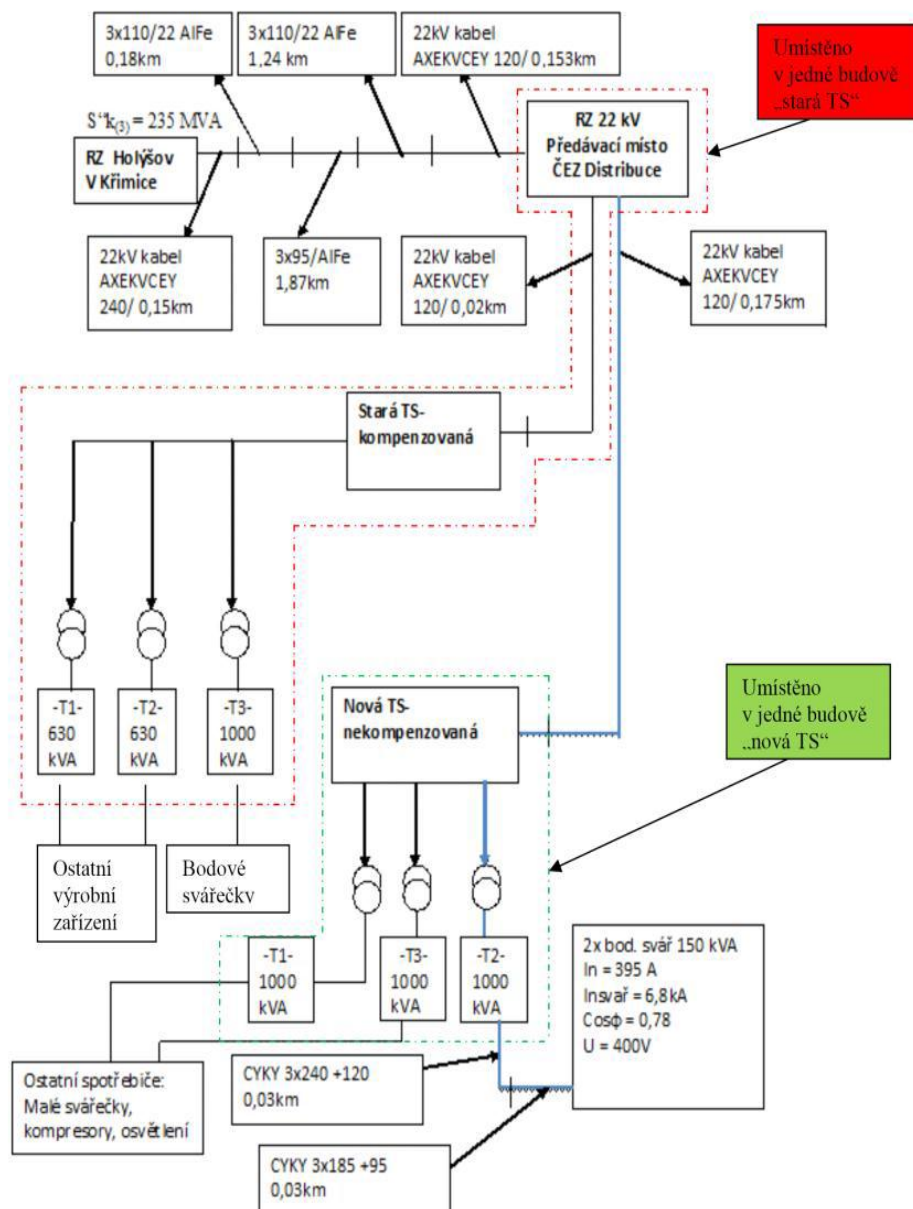
4.1. Popis napájecí soustavy

Vedení VN Křimice 22 kV z RZ Holýšov vyvedené z RZ kabelem AXEKVCEY 240 v délce 0,15 km, dále jako holé vzdušné vedení AlFe 110/22 po betonových stožárech s ocelovými konzolami a s výstrojí podpěrnými izolátory VPA v délce 0,18 km. Venkovní vedení VN je ukončeno na kotevních izolátorech dělicího bodu a dále je provozován jako izolovaná soustava vodiči 3x120 SAX o délce 0,15 km. Z tohoto vedení je provedeno odbočení vedením AlFe 95 o délce 1,87 km, na odbočném stožáru je vedení napojeno na AlFe 110/22 v délce 1,24 km až na svislý úsekový odpojovač US_DO_5077. Vedení dále pokračuje jako kabelové typu 3x1x120 AXEKVCEY vybaveno koncovkami VN Raychem až do trafostanice výrobního závodu.

Vedení je připojeno do rozvaděče VN kompaktního typu vybaveného výkonovými odpínači SM 6. Toto vedení dále napájí původní trafostanici (stará) vybavenou třemi výkonovými transformátory o velikostech 2x 630 kVA a 1x 1000kVA. Druhá smyčka je pomocí kabelu 3x1x120 AXEKVCEY zaústěna do nové trafostanice která je vybavena transformátory 2x 1000 kVA. Propojení na hladině vysokého napětí jsou provedeny shodným typem kabelu jako hlavní napáječ.

Odvody z transformátorů o výkonu 1000 kVA a převodu 22/0,4 kV jsou provedeny měděnou pasovinou 50/10, Až na pojistkové lišty (multivert) a z nich dále kabelem CYKY 3x 240 +120 až na přípojovací svorky bodové svářečky.

4.1.1. Schéma zapojení vedení v zákaznickém zařízení



Obrázek 12: Schéma celého rozvodu

4.1.2. Popis posuzovaného zařízení

Tato zákaznické zařízení jsem si vybral právě z důvodu připojení nových el. spotřebičů do nově vybudované haly (ve schématu značeno modře). Analýza provedená na tomto zařízení, by měla rozhodnout zda provozované zařízení 2 x bodová svářečka WKPH 150 FH svým provozem nezpůsobuje negativní vlivy, hlavně nepřekračuje-li povolené meze vjemu střednědobého flikru, který ovlivňuje svým působením nejen zdraví lidí, kteří pracují pod osvětlením napájené z takové sítě, ale i funkci el. zařízení náchylných na kolísání napětí.

Původní výrobní haly s typově shodnými bodovými svářecími kleštěmi napojené ze staré trafostanice vybavené transformátory 2x 630 kVA a 1x 1000 kVA, která je kompenzována dynamickou kompenzací. Tuto kompenzaci dodala Izraelská společnost ELSPEC, která vyrábí zařízení nazývané Equalizer. Tento kompenzační zařízení omezuje výkyvy proudů, napětí a filtruje harmonické v rychle se měnící dynamické zátěži. Výhodou tohoto systému je velmi rychlá reakce Equalizeru, která je zajištěna polovodičovými spínači. Tento Equalizer je firmou navrhován podle potřeb zákazníka hlavně z hlediska výkonového dimenzování.

Výběr kompenzačního zařízení probíhal ve spolupráci s firmou KC ELEKTRO, s.r.o. a firmou Blue Panter, která je dodavatelem výrobků firmy ELSPEC do České republiky. Po dohodě s dodavatelem bylo navrženo řešení kompenzace zpětných vlivů svařovacích kleští pomocí dynamické kompenzace ELSPEC. Tato kompenzace může být provedena jako centrální nebo individuální u každého stroje.

Tato kompenzace byla řešena jako samostatná Diplomová práce [8].

V mém případě budeme posuzovat a analyzovat nové výrobní zařízení včetně nové trafostanice vybavené transformátory 3x 1000 kVA, pro které ještě kompenzace řešena nebyla.

Tento výrobní závod jsem si vybral záměrně jelikož zde bude možné analyzovat dvě typově shodná elektrická zařízení- bodové závěsné svářečky z nichž jedno zařízení je kompenzováno a druhé nekompenzováno. Tyto dvě analýzy porovnáme a v případě nevyhovujících parametrů kvality provedeme návrh řešení a možných opatření, které by tyto nežádoucí činitele snížily popřípadě úplně odstranily.

4.1.3. Umístění měřícího zařízení

Měření zpětných vlivů, jsem provedl v těchto kontrolovaných bodech, abych mohl provést analýzu a tyto naměřené hodnoty porovnat a vyhodnotit. Zvolená místa měření jsou.

Staré - kompenzované zařízení:

- Bodové svářeční stroje připojené ve staré kompenzované trafostanici na straně nízkého napětí

Nové - nekompenzované zařízení

- Bodové svářeční stroje připojené do nové trafostanice bez kompenzačního zařízení – přímo v rozvaděči transformátoru T2- 1000 kVA na straně nízkého napětí.
- Bodové svářeční stroje přímo u závěsných kleští
- Bodové svářeční stroje v předávacím místě ČEZ Distribuce, a.s.

4.2. Bodové svářečky JESVA

Závěsné klešťové bodové svářečky

Závěsná bodová svářečka je kompaktní svařovací zařízení, ke kterému lze připojit jedny nebo dvojce svařovací kleště. Je určena ke svařování dílů, které jsou rozměrné a nejsou svými tvary vhodné pro svařování běžnými stabilními odporovými svařovacími stroji.

Široké uplatnění nachází především v automobilovém průmyslu. Pro svařování rozměrných dílů je dodáván široký sortiment svařovacích kleští typu H i C.

Procesorové elektronické řízení zajišťuje rozsáhlé možnosti programově nastavovat svařovací parametry. Adaptivní režim řízení zabezpečuje přesné dodržení nastavených parametrů i při proměnlivých svařovacích podmínkách. Postupné opotřebování svařovacích elektrod může být eliminován krokovým zvyšováním svařovacího proudu režim svařování je možno volit buď fázovým řízením primárního proudu, nebo zadáním konkrétní velikosti svařovacího proudu. Pro každé kleště lze volit jeden ze dvou přednastavených programů.

Zařízení se připojuje na standardní rozvod tlakového vzduchu. Svařovací tlak na kleštích je vyvozován hydraulicky pomocí pneuhydraulického měniče.

Dle požadavku lze dodat závěsnou bodovku s jedním, dvěma nebo čtyřmi nastavitelnými tlaky pro svařovací kleště [15].

Parametry:

Jmenovité vstupní napětí: 400V + PE

Jmenovitý kmitočet: 50 Hz

Jmenovitý výkon: 150 kVA

Jmenovitý vstupní proud: 395 A

Jmenovitý svařovací proud: 6,8 kA

Sekundární napětí naprázdno: 22 V

Maximální svařovací proud: 4,76 kA

Jmenovitý zatěžovatel: 50%

Napájecí tlak vzduchu: 0,6 MPa

Nastavitelný tlak vzduchu: 0,2-0,5 MPa

Nejvyšší tlak kapaliny v měniči při tlaku 0,5 MPa: 7,5 MPa

Spotřeba vzduchu: 9 m³/h

Tlak chladicí vody: 0,35 MPa

Spotřeba chladicí vody: 0,59 m³/h

Maximální hladina hluku: 78 dB

Hmotnost: 295 kg

Rozměry (šxdxv): 720x720x1036

mm



Obrázek 13: Odporová závěsná klešťová svářečka WKPH 150FH celkový pohled

4.3. Použité měřicí přístroje a jejich zapojení

- síťový analyzátor ENA330 (Elcom)
- proudové transformátory LEM FLEX (rozsah 10-3000A)
- PU191 typ. RS232 v.č. 174770002
- Ampervoltmetr PK410 klešťový (rozsah -1000A)
- Zkoušečka DUSPOL typ. Digital plus

5. Analýza naměřených hodnot

5.1. Měření č. 1

Dne 12.11.2012 /13:00/ provedeno osazení měření ve výrobním závodě, do nové, nekompenzované trafostanice, která napájí novou výrobní halu. V této hale jsou instalovány dvě závěsné bodové svářečky JESVA WKPH 150FH připojené samostatně napájecími kabely CYKY 3x240+120.

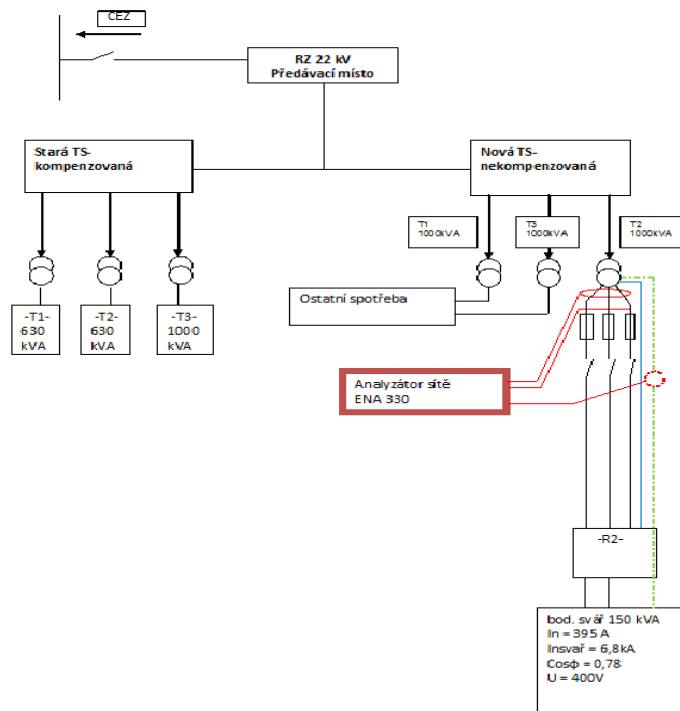
Síťový analyzátor ENA 330 byl připojen do rozvaděče nn transformátoru T2 (1000 kVA) na odvodní kabel CYKY 3x240+120 - vývod: bodová svářečka č.1.

Dne 19.11.2012 /13:45/ jsem provedl přepojení proudových transformátorů na odvodní kabel CYKY 3x240+120 – vývod: bodová svářečka č.2.

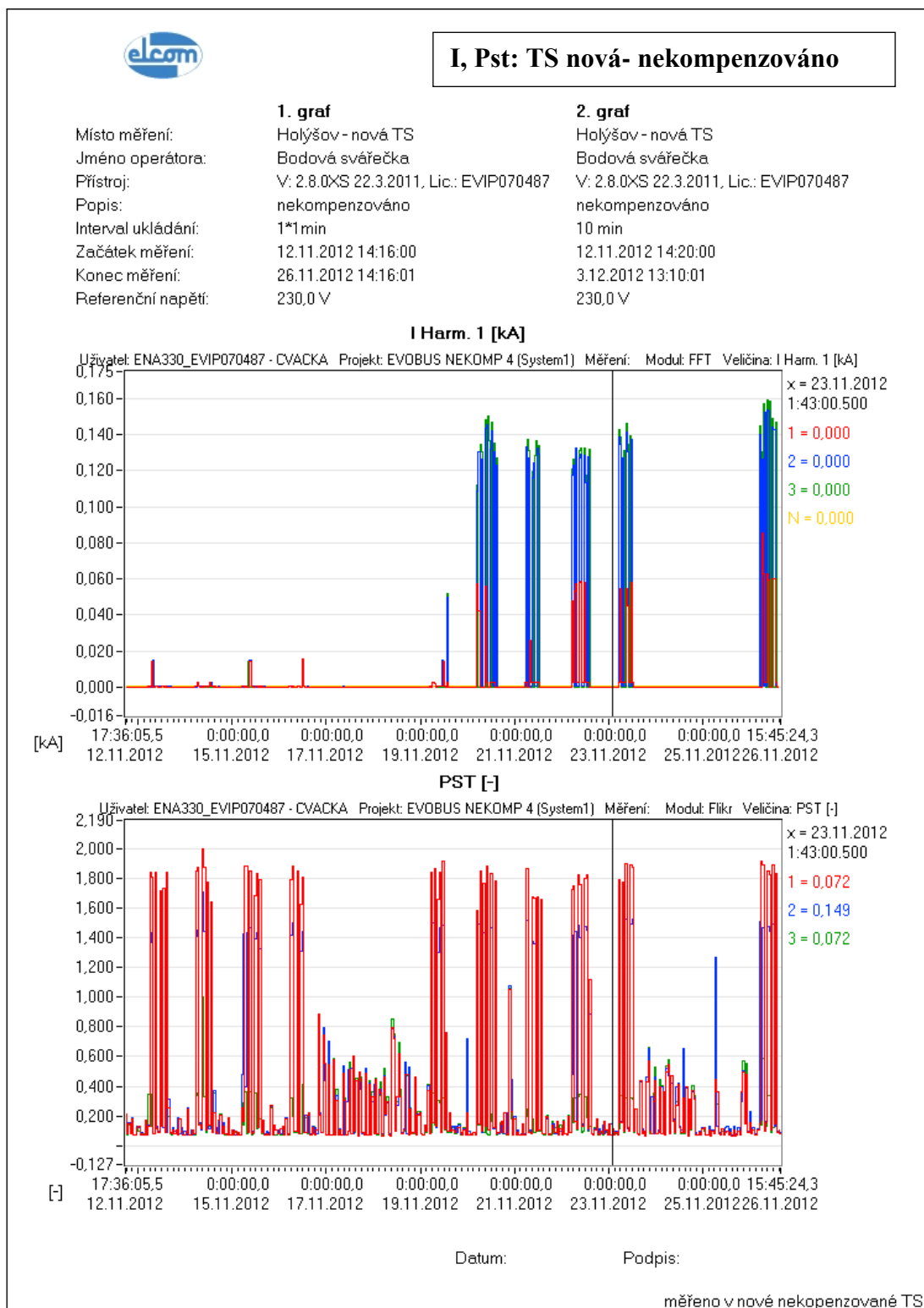
V průběhu měření bylo zjištěno, že bodová svářečka na vývodu č.1 je v provozu pouze výjimečně a proto její provoz není pro naše měření zpětných vlivů zásadní. Dále se ve vyhodnocení zaměřím na bodovou svářečku na vývodu č. 2, která je v provozu konstantně využívána každý den a naměřené hodnoty budou považovat za zásadní (viz. graf vyhodnocení č.1). Dále v tomto grafu můžeme pozorovat, že flickr ovlivňuje napětí a proto se projevuje v celém měřeném spektru, když bodové kleště č. 1 nebyly v provozu což je patrné v grafu procházejícího proudu jeho hodnota je nulová tak v pozadí byly v provozu bodové kleště č. 2, které jsou připojeny na stejné napětí z transformátoru T2.

Dne 3.12.2012 /13:15/ jsem ukončil měření zpětných vlivů v nové nekompenzované trafostanici a provedl stažení naměřených dat do počítače.

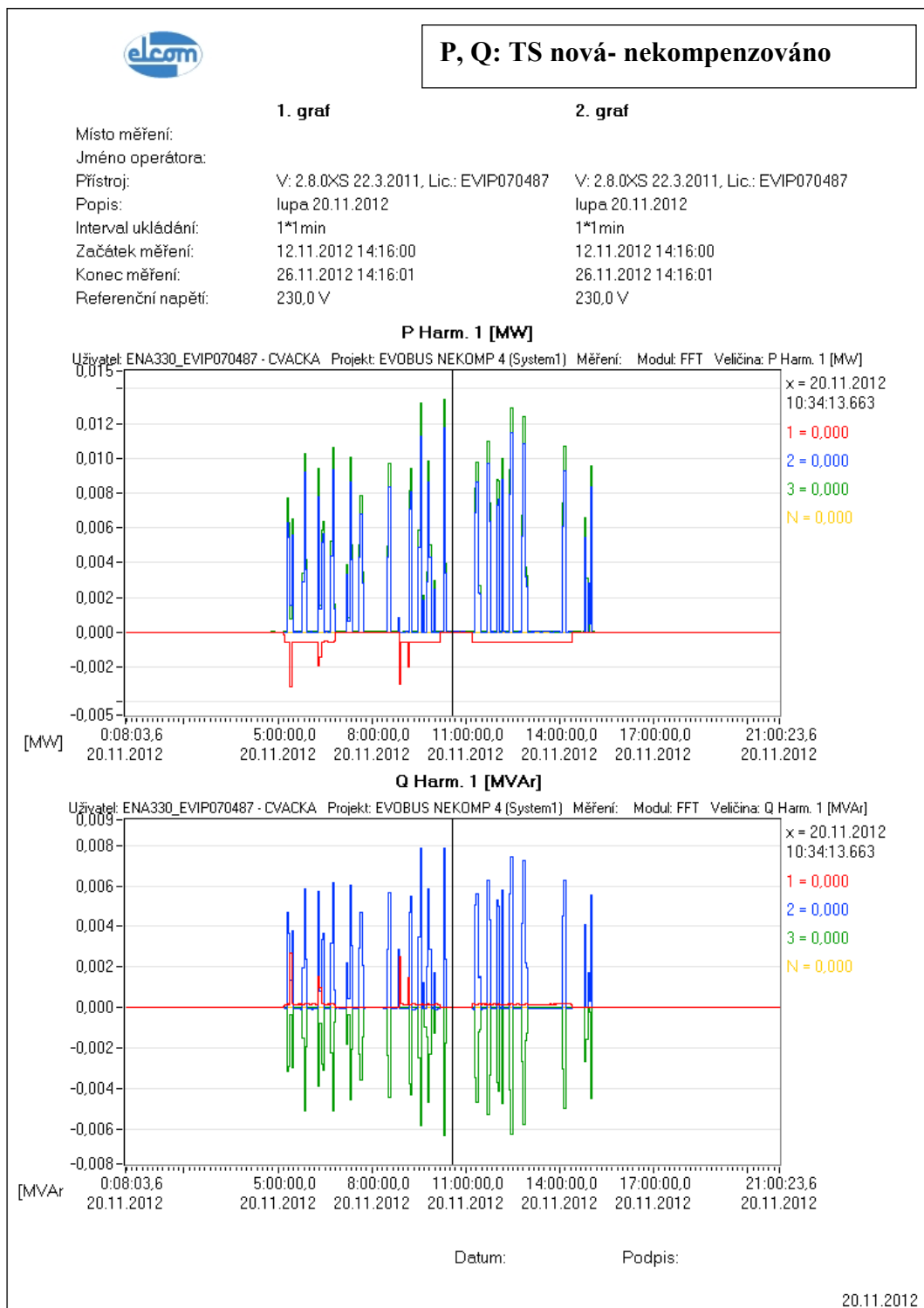
5.1.1. Schéma zapojení č.1

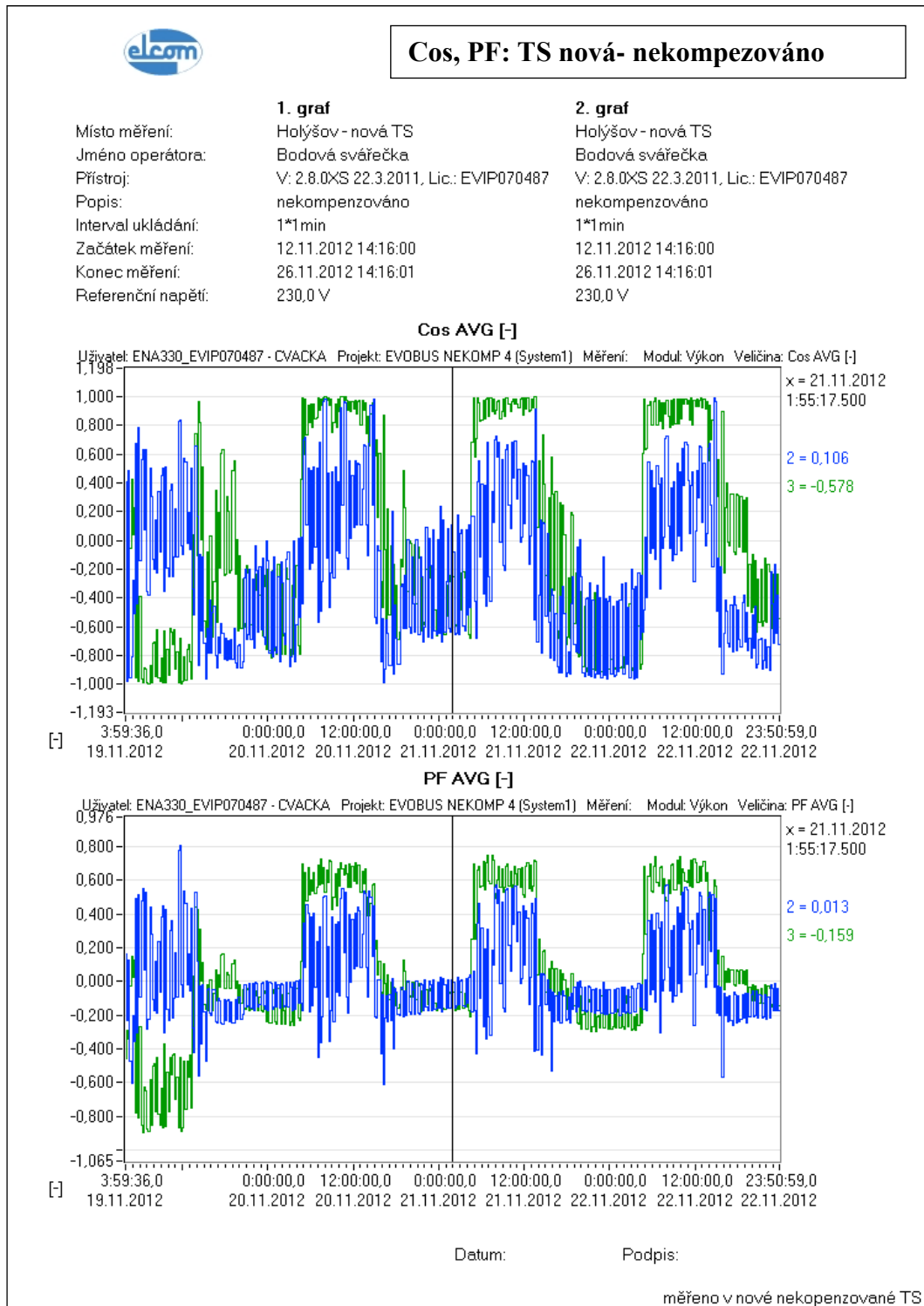


5.1.2. Vyhodnocovací grafy měření č. 1



Obrázek 14: Vyhodnocovací graf: I [kA] +Pst [-] (TS nekomp.)


Obrázek 15: Vyhodnocovací graf: P [MW] +Q [MVar] (TS nekomp.)


Obrázek 16: Vyhodnocovací graf: cos [-] +PF [-] (TS nekomp.)

F, THD U: TS nová- nekompenzováno

1. graf

2. graf

Místo měření:

Jméno operátora:

Přístroj:

Popis:

Interval ukládání:

Začátek měření:

Konec měření:

Referenční napětí:

V: 2.8.0XS 22.3.2011, Lic.: EVIP070487

lupa 20.11.2012

10 min

12.11.2012 14:20:00

3.12.2012 13:10:01

230,0 V

V: 2.8.0XS 22.3.2011, Lic.: EVIP070487

lupa 20.11.2012

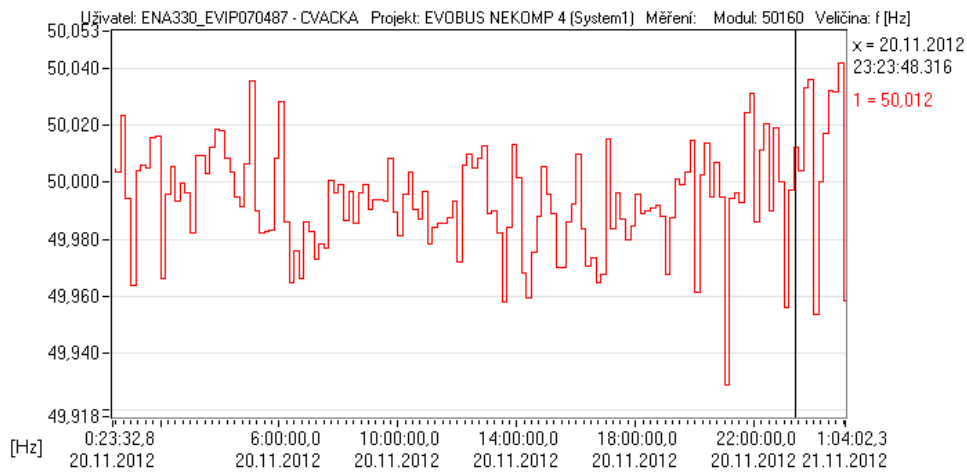
10 min

12.11.2012 14:20:00

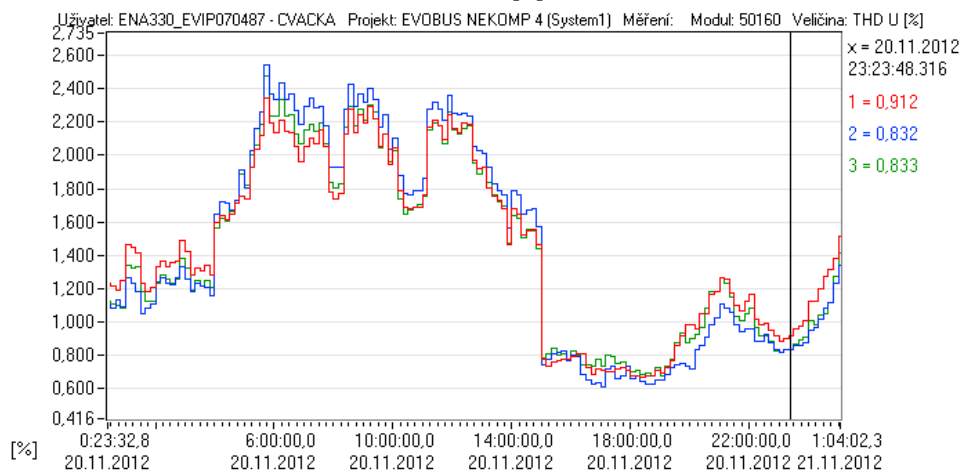
3.12.2012 13:10:01

230,0 V

f [Hz]



THD U [%]

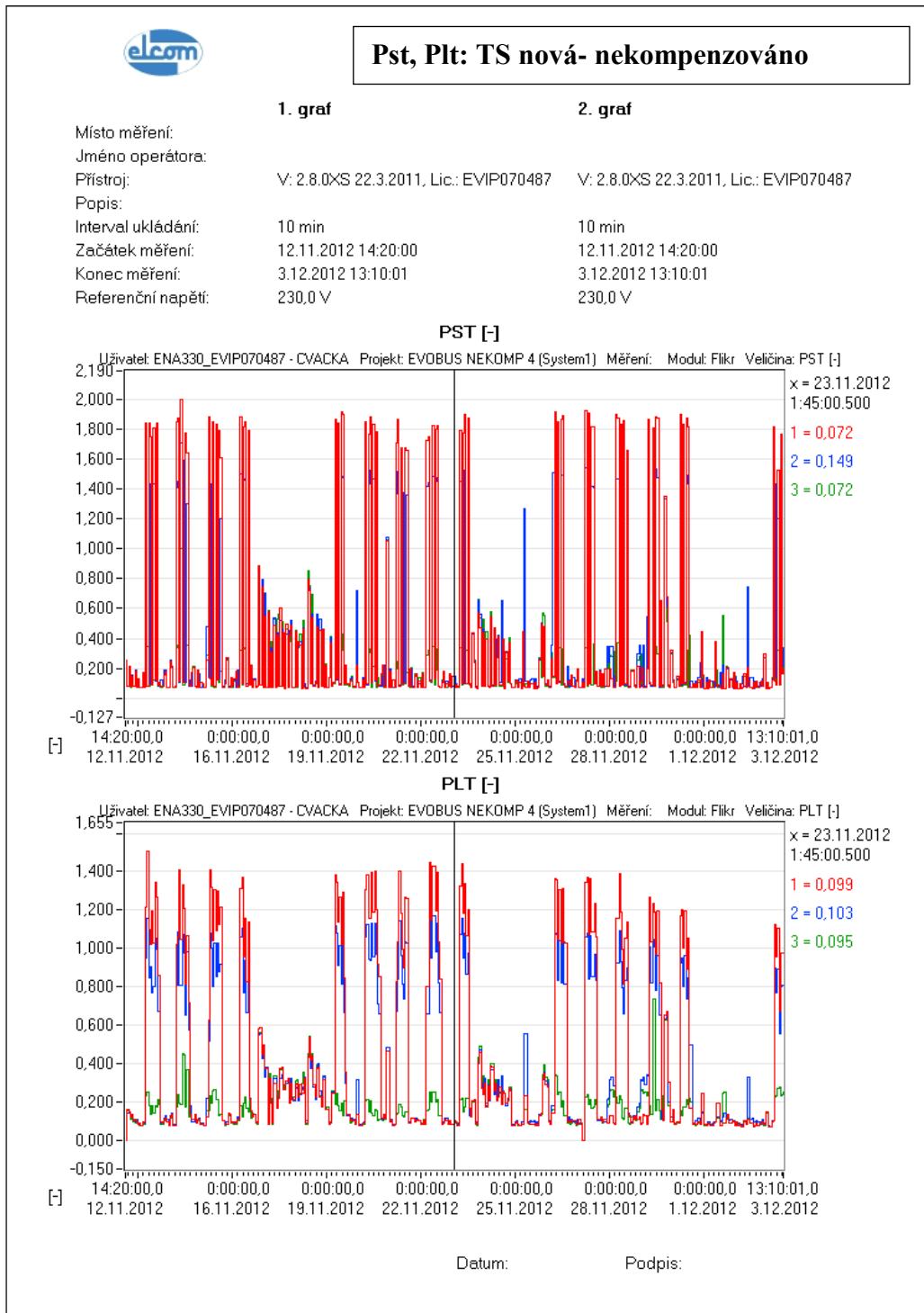


Datum:

Podpis:

20.11.2012

Obrázek 17: Vyhodnocovací graf: f [Hz] +THD U [%] (TS nekomp.)



Obrázek 18: Vyhodnocovací graf: Pst [-] +Plt [-] (TS nekomp.)

5. 2. Měření č. 2

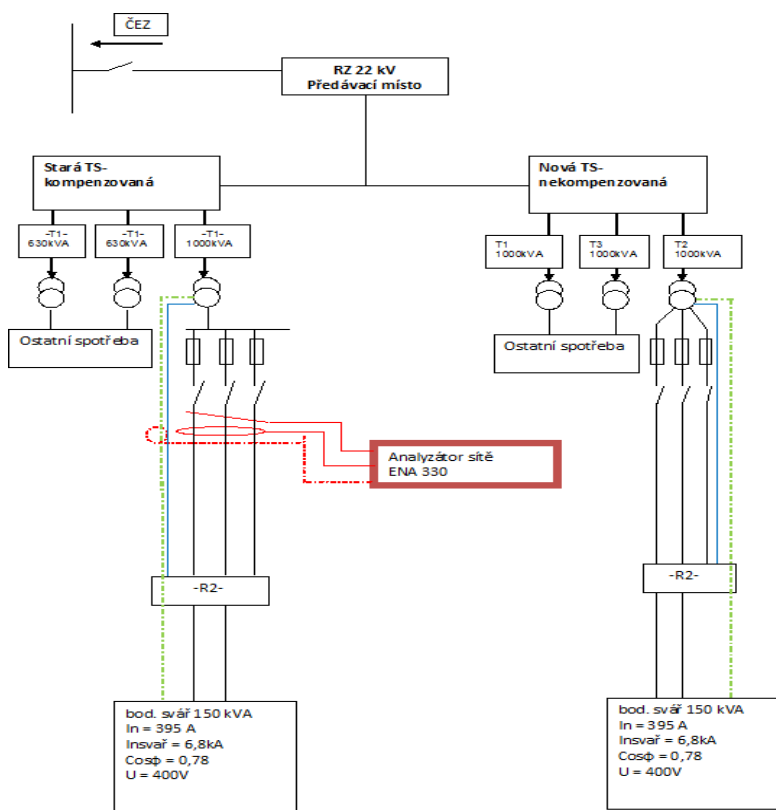
Dne 3.12.2012 /13:45/ provedeno osazení měření ve výrobním závodě ve staré kompenzované trafostanici, napájející původní výrobní halu vybavenou závěsným bodovým

svářečím zařízením JESVA WKPH 150FH, toto zařízení je kompenzováno centrální dynamickou kompenzací Equalizer od firmy ELSPEC.

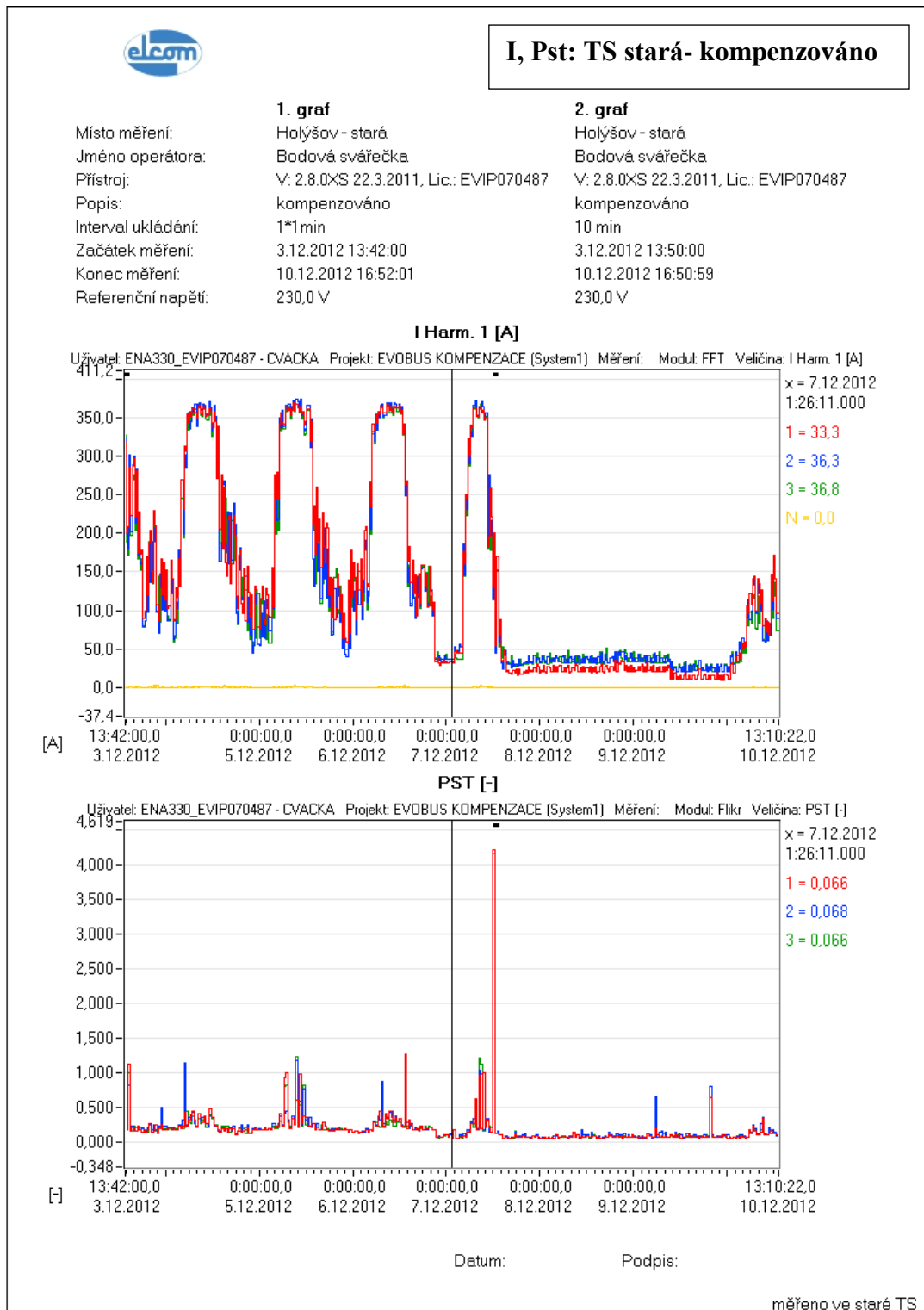
Dne 10.12.2012 /13:10/ měření ukončeno, měřicí přístroj odpojen a naměřená data stažena do PC. Dne 10.12.2012 proběhla odstávka výroby.

Z následujících vyhodnocovacích grafů je patrné, že kompenzační zařízení je navrženo správně a v dostatečné míře kompenzuje negativní zpětné vlivy, produkované nesymetrickou zátěží odporových bodových svářeček.

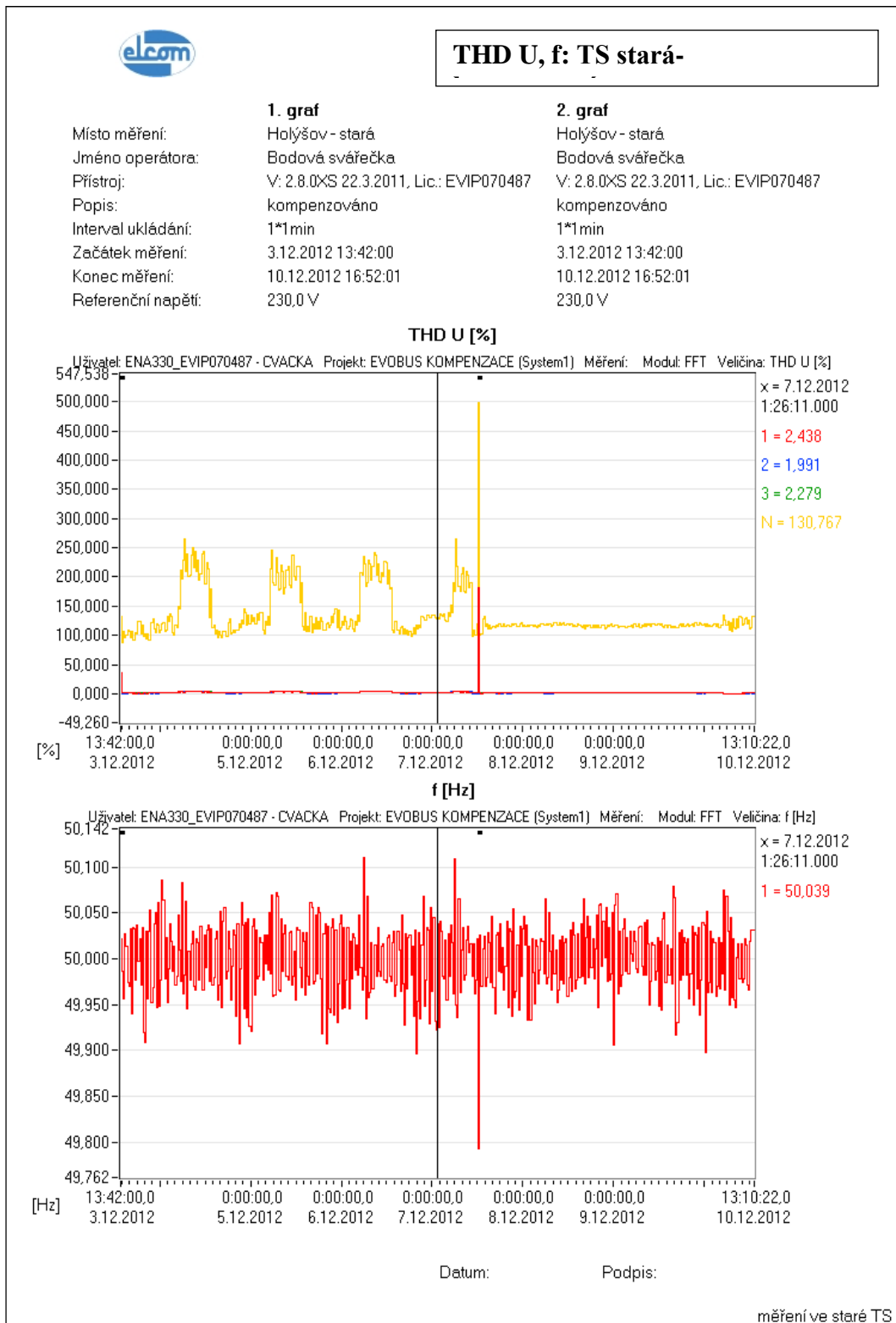
5.2.1. Schéma zapojení měření č. 2

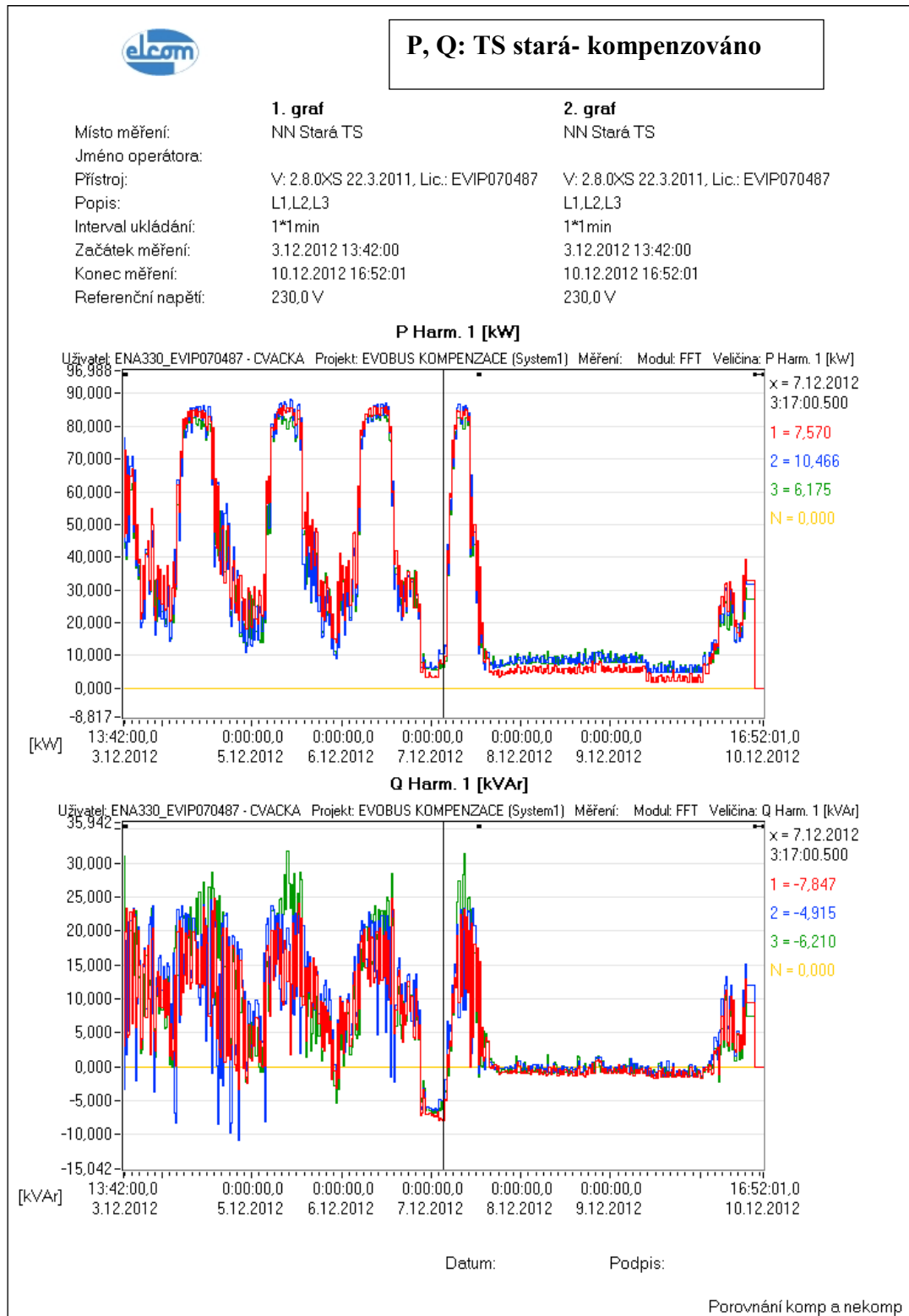


5.2.2. Vyhodnocovací grafy měření č.2

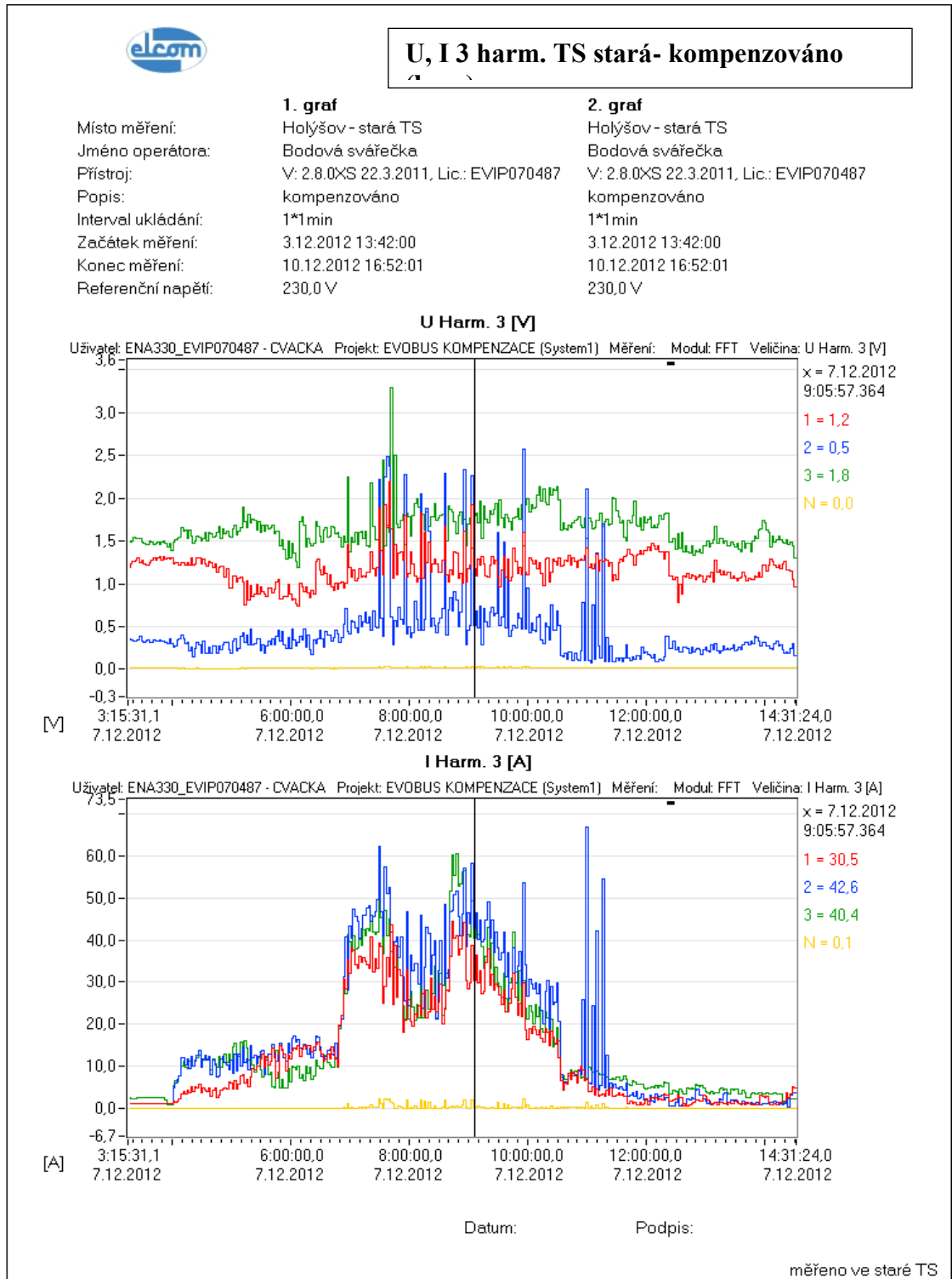


Obrázek 19: Vyhodnocovací graf: I [A] +Pst [-] (TS komp.)


Obrázek 20: Vyhodnocovací graf: THD U [%] +f [Hz] (TS komp.)



Obrázek 21: Vyhodnocovací graf: P [kW] +Q [kVAr] (TS komp.)



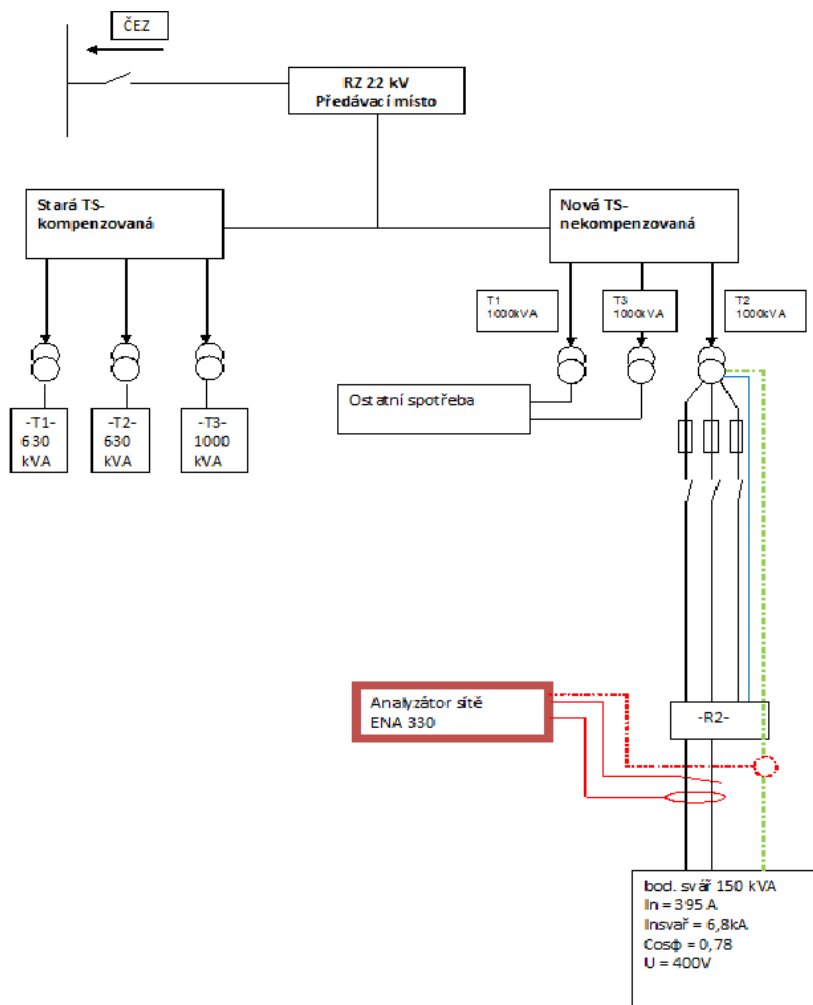
Obrázek 22: Vyhodnocovací graf: U 3 hrm.[V] +I 3 hrm. [A] (TS komp.)

5.3. Měření č. 3

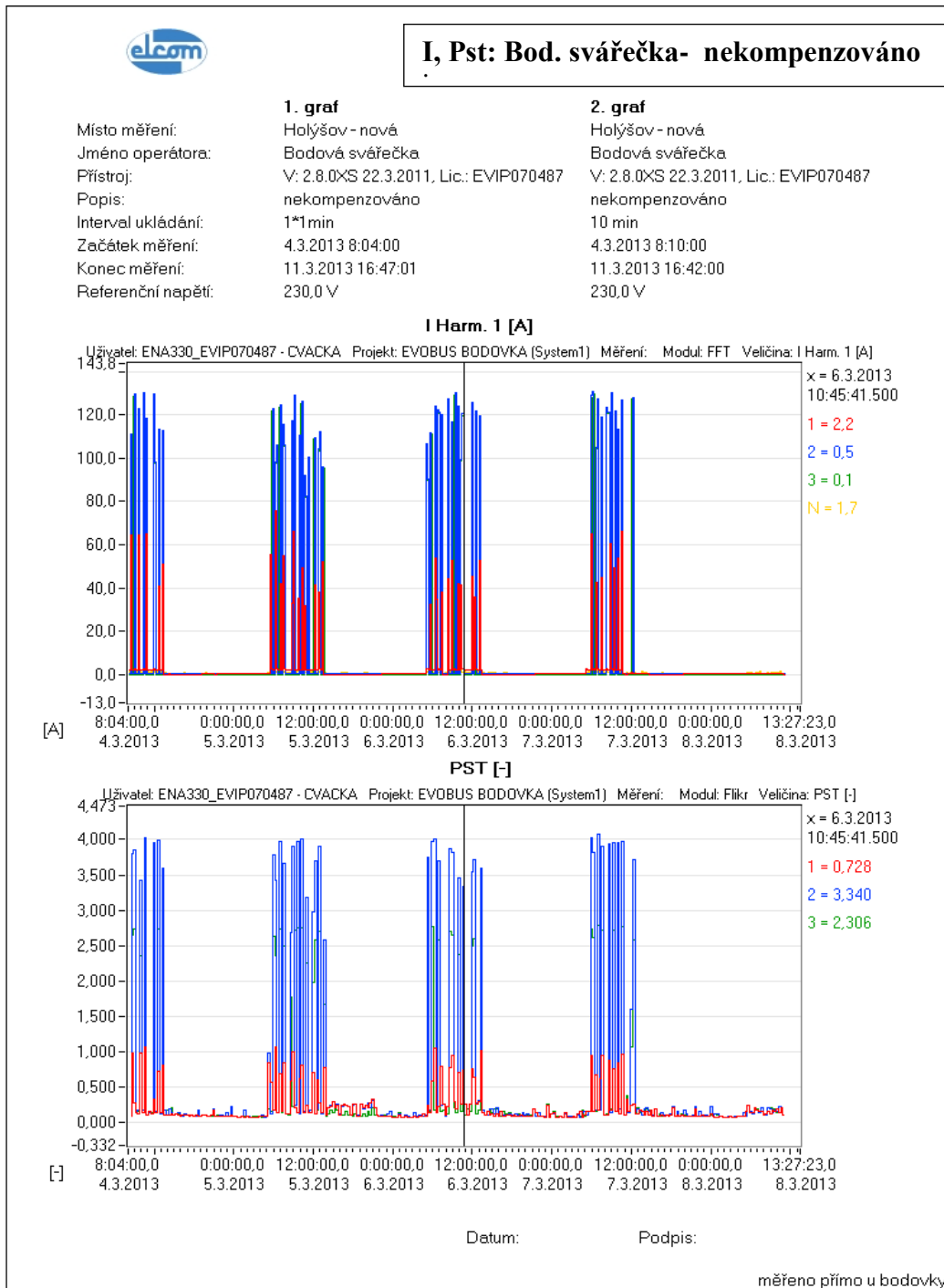
Dne 4.3.2013 /08:00/ provedeno osazení síťového analyzátoru ENA 330, do nové nekompenzované výrobní haly do rozvaděče R2 z kterého je přímo napojena závěsná bodová svářečka JESVA WKPH 150FH (viz. obr. č. 13).

Dne 8. 3. 2013 /11:15/ jsem ukončil měření zpětných vlivů bodové svářečky v nové nekompenzované hale a provedl stažení naměřených dat do počítače.

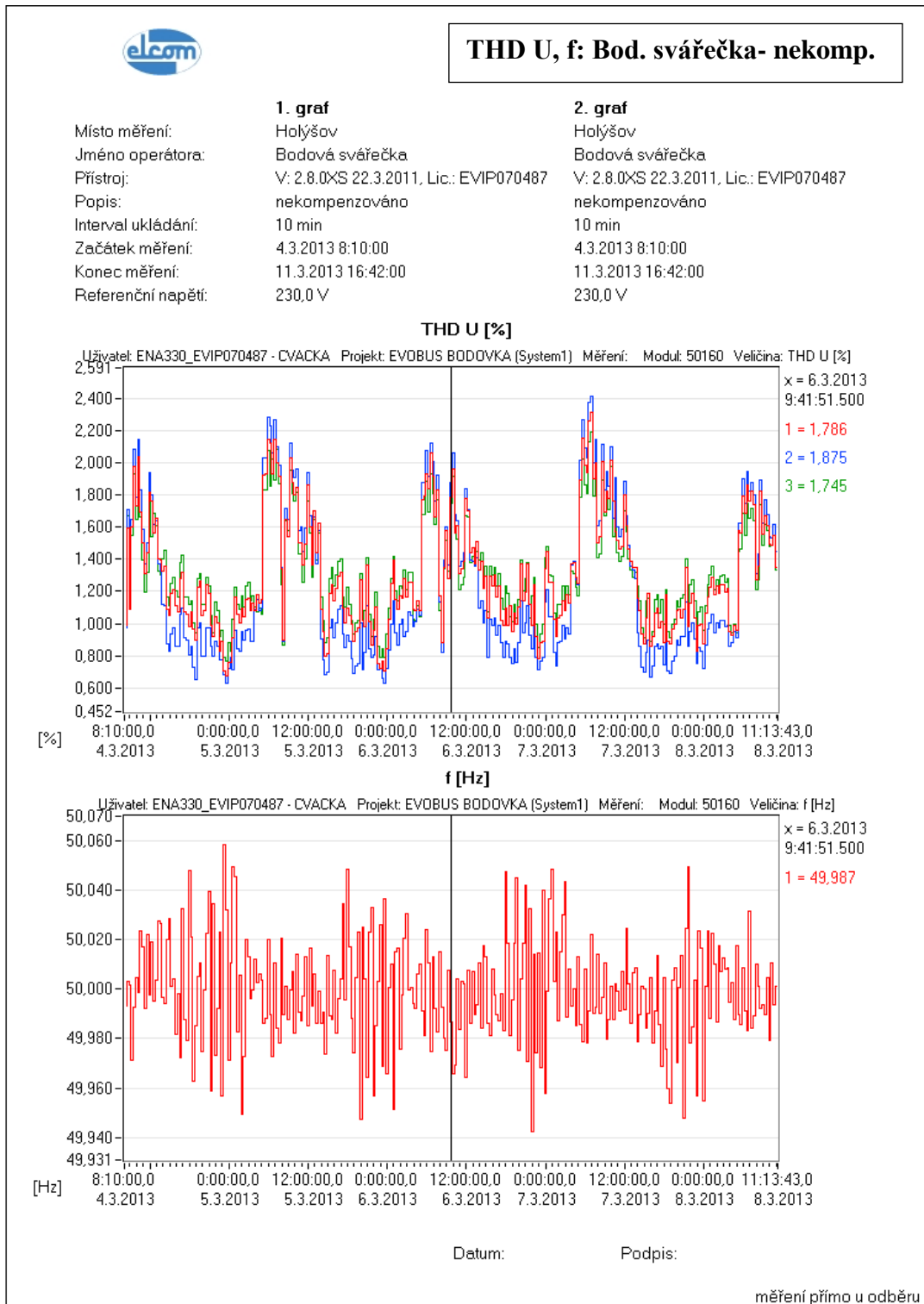
5.3.1. Schéma zapojení č. 3

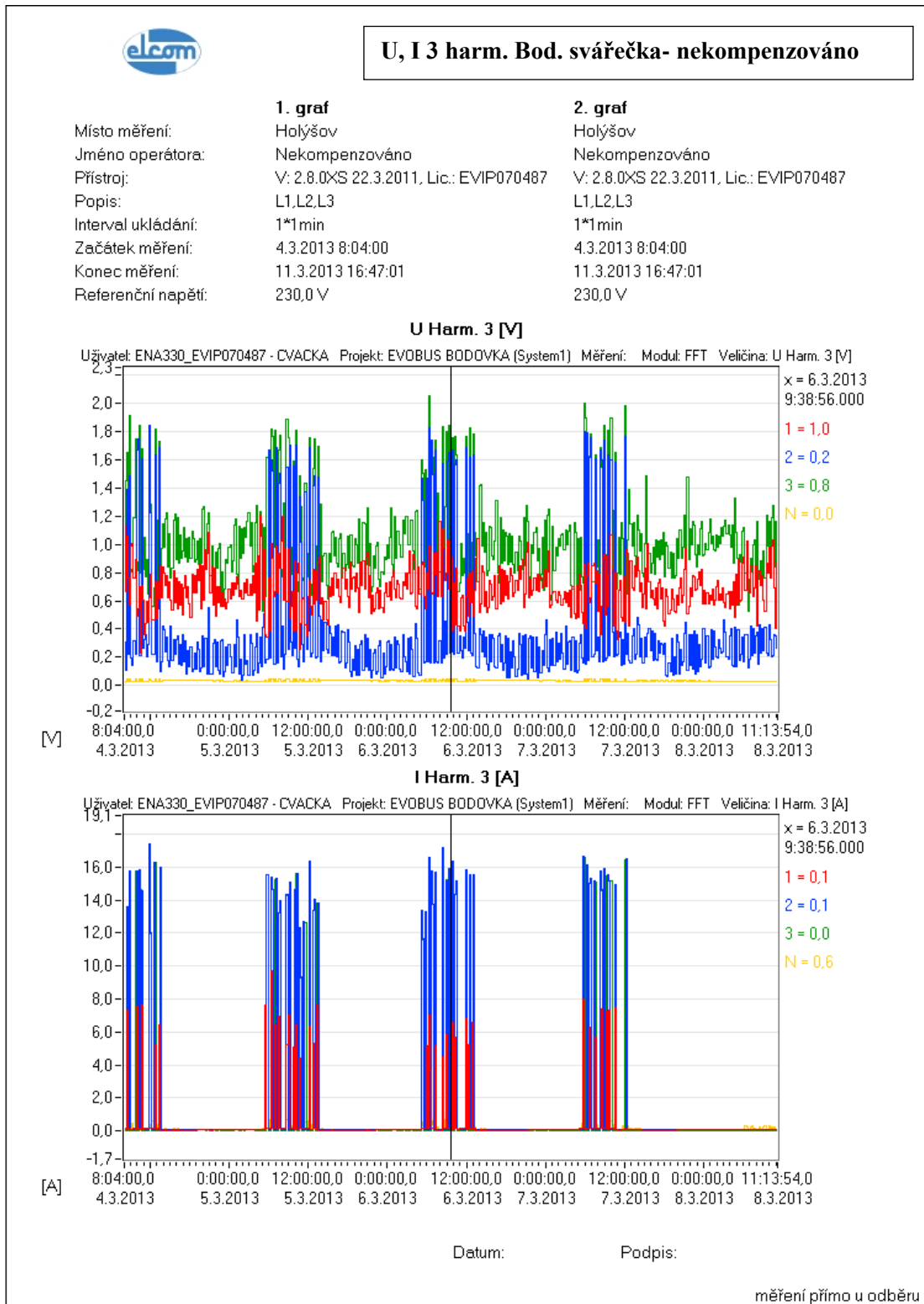


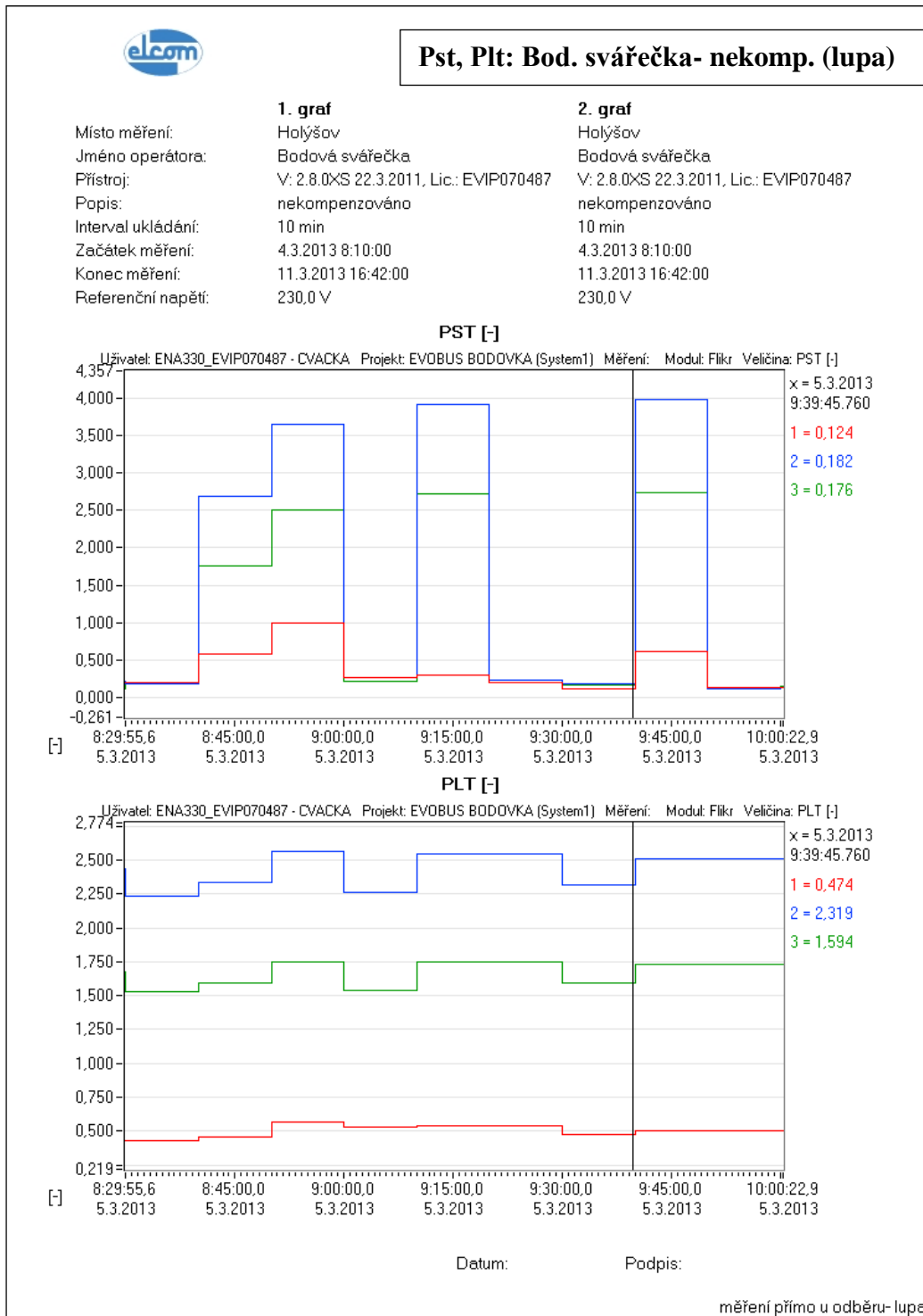
5.3.2. Vyhodnocovací grafy měření č. 3



Obrázek 23: Vyhodnocovací graf: I[A] + Pst [-] (bod. nekomp.)


Obrázek 24: Vyhodnocovací graf: THD U[%] + f [Hz] (bod. nekomp.)


Obrázek 25: Vyhod. graf: U 3 harm[V] + I 3 harm [A] (bod. nekomp.)



Obrázek 26: Vyhodnocovací graf: Pst[-] + Plt[-] (bod. nekomp.)

5.4. Analýza naměřených hodnot nekomp. zařízení

5.4.1. Posouzení Pst v závislosti na vedení

Na současných grafech je patrné působení zkratového výkonu na šíření střednědobého vjemu flikru Pst v napájecím vedení.

Z grafu č.1 je patrné, že hodnota Pst ve sledovaném období nepřesáhla bezrozměrnou hodnotu 4. Velikost Pst je závislá na svářecím taktu (jeho četnosti), ale i na samotném svářeči. Svářeč, který pracuje v nepravidelném intervalu, jež zahrnuje přípravu svářeného obrobku, nastavení svářecího proudu podle tloušťky svařovaného materiálu, až po samotné bodové svařování a jeho taktnost má většinou jinou velikost flikru, než zkušený pracovník který svou plynulostí a konstantním opakováním svářecího aktu způsobuje jev podobný dříve analyzovanému katru a jeho hodnota flikru je větší než u svářeče pracujícího v nepravidelném taktu.

Velikost naměřeného flikru je 4 oproti normalizovanému flikru $Pst > 1$. I když tato hodnota výrazně převyšuje hodnotu povolenou, není toto bráno jako závadné, jelikož z napájecího vedení není připojeno žádné další zařízení nebo světelný zdroj, který by tato hodnota výrazně ovlivňovala.

V dalším výsledku měření, které je odečteno z měření v nové TS v nn rozvaděči trafá T2 (graf. č.2). Zde již můžeme pozorovat pozitivní působení zkratového výkonu napájecího vedení mezi transformátorem a bodovou svářečkou, toto vedení je provedeno kabelem CYKY 3x240+120 v délce 60m. Hodnota Pst klesla přibližně o polovinu oproti hodnotě naměřené přímo u svářecích kleští. Tato hodnota je ovlivněna pouze působením zkratového výkonu bez použití jakýchkoliv kompenzačních nebo symetrizačních zařízení.

Hodnota Pst je stále vysoká, ale v tomto případě stále není závadná, nadřazený transformátor T2 1000 kVA je vymezen pouze pro napájení dvou bodových svářeček a proto neovlivňuje žádná jiná zařízení a spotřebiče. Tento transformátor T2 1000kVA má dostatečně velký zkratový výkon, který nám zaručí, že zvýšená hodnota Pst se v předávacím místě neobjeví, toto následně ověříme přepočtem skutečných naměřených hodnot na straně NN na hodnoty na straně VN (viz. bod 6.4.).

5.5. Vyhodnocení měření

Analýzou měření jsem zjistil- úroveň napětí je v povolených mezích dle ČSN EN 50160 $\pm 10\%$ z 230V.

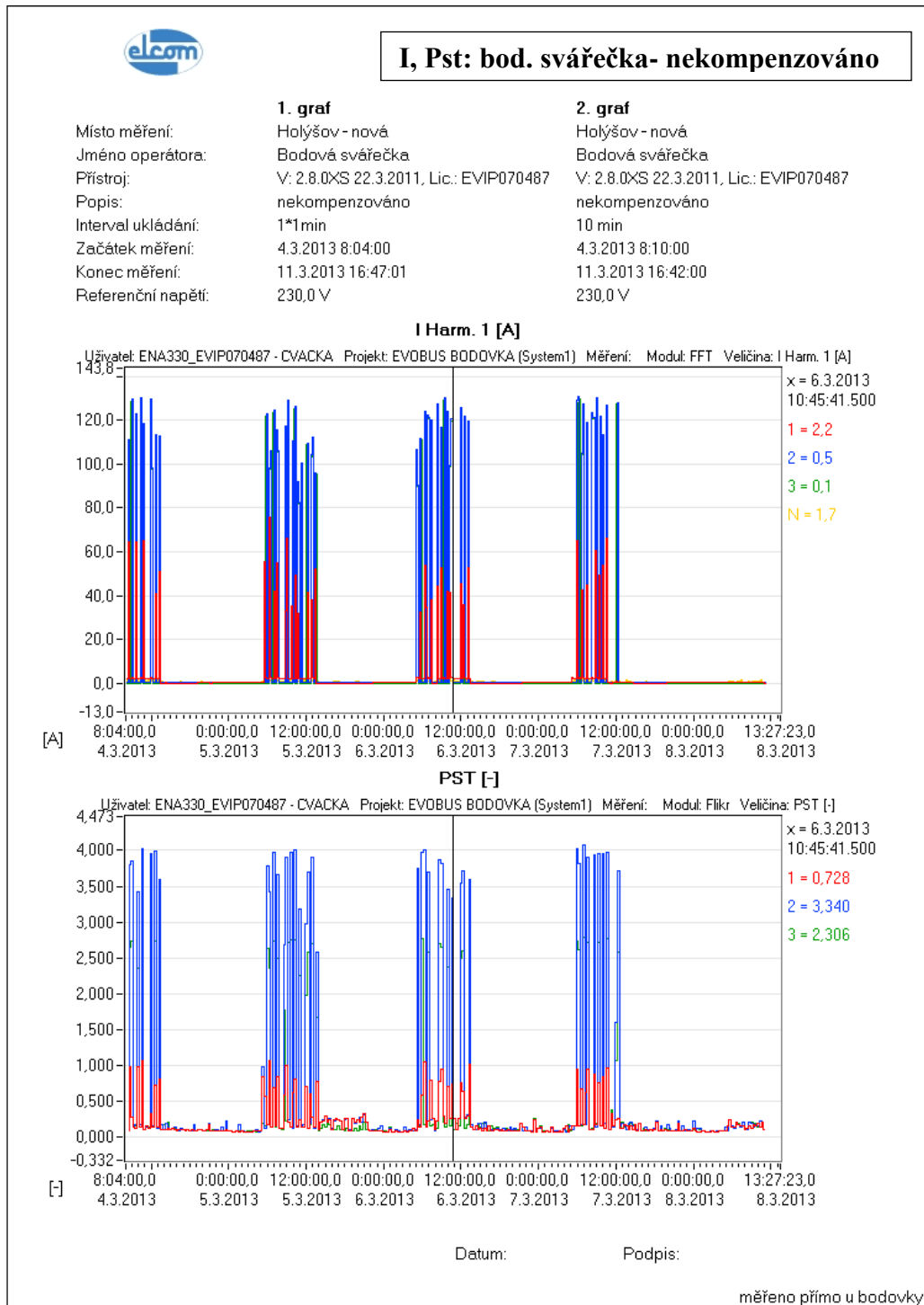
Charakteristický parametr kvality flickr v nové nekompenzované trafostanici převyšuje přípustnou mez, jeho hodnota $P_{st}= 4$, jelikož tento odběr je napájen samostatně, můžeme tuto hodnotu po přepočtu na straně VN (předávací místo) je jeho hodnota $P_{st}= 0,232$, proto jí můžeme zanedbat. Hodnota Plt nepřekračovala povolenou mez dle ČSN EN 50160.

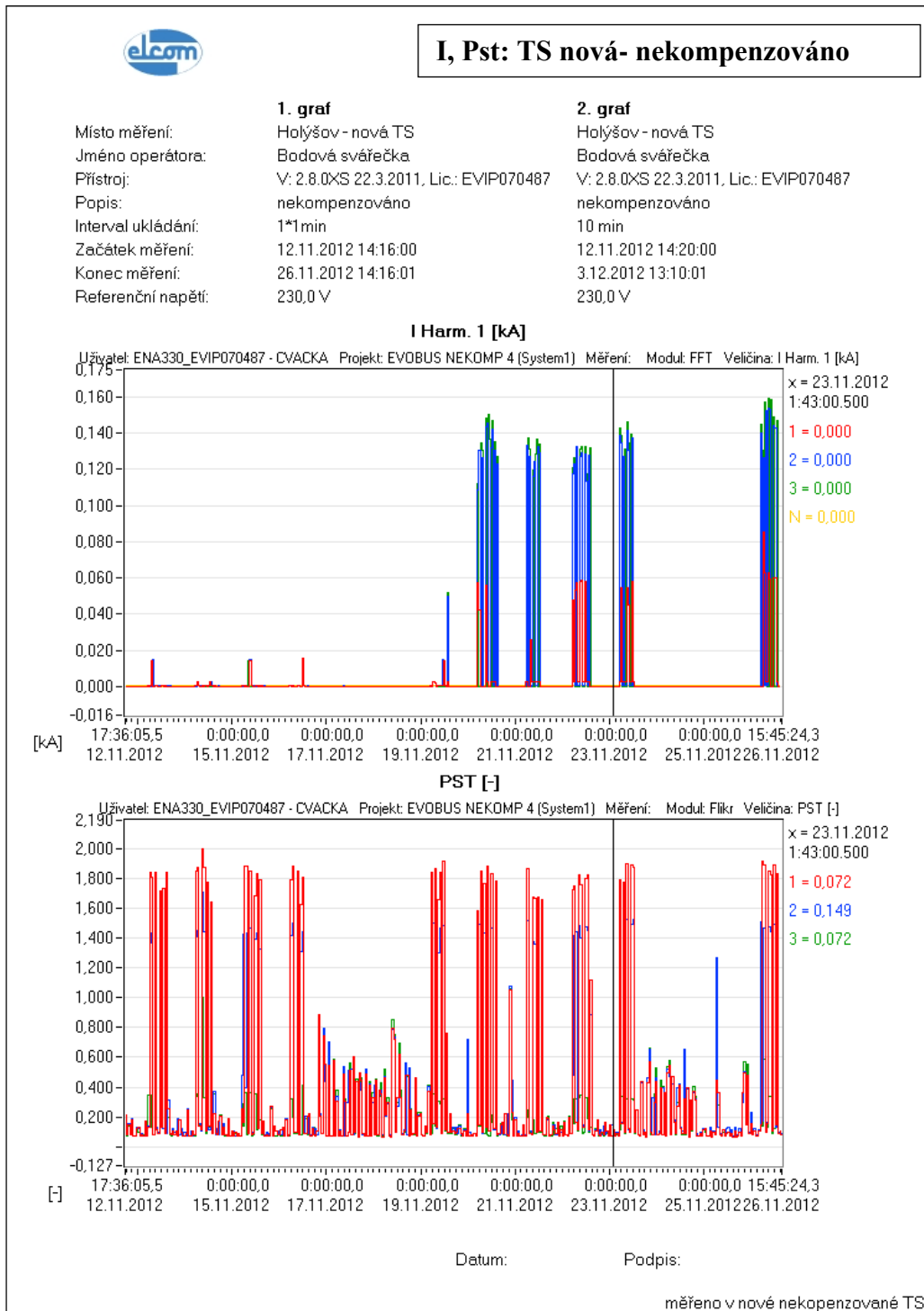
Vzhledem ke krátké vzdálenosti připojení bodových svářeček lze snížit střednědobý vjem flickru pouze zvýšením zkratového výkonu a to při naměřených hodnotách P_{st} není efektivní.

Analýzu provedeného měření jsem směřoval na zpětné vlivy (pokles napětí) při sepnutí kleští bodového svářečského stroje (WKPH 150 FH).

Průběh grafů potvrdil, že nové připojení (kabel VN přiveden co nejbližší k odběru) bodových svářeček je již vůči distribuční soustavě vyhovující a nezpůsobuje nedovolený pokles napětí pod 3% z jmenovitého napětí a proto nemusíme vřazovat další kompenzační prvek.

Další analýzou provedeného měření jsem zkontroloval tvarové zkreslení sinusovky napájecího napětí. Toto harmonické zkreslení opět nepřevyšovalo stanovené meze dle ČSN EN 50160 a PNE 33343-1.


Obrázek 27: Vyhodnocovací graf: I[A] + Pst [-] (bod. nekomp.)


Obrázek 28: Vyhodnocovací graf: I[A] + Pst [-] (TS nekomp.)

6. Návrh zařízení – výpočet

V této části provedu výpočet navrženého zařízení, které by v dostatečné míře omezovalo zpětné vlivy. Vzhledem k typu provozovaného zařízení a umístěním výrobního závodu v blízkosti RZ Holýšov a vzdušného vedení 110 kV se nabízejí tři varianty opatření omezení těchto zpětných vlivů.

Varianta 1: jako první možnost omezení zpětných vlivů vznikajících provozem tohoto zařízení je provedení celkové kompenzace umístěné v předávacím místě toho výrobního závodu.

Varianta 2: provedení odbočení ze vzdušného vedení VVN 110 kV a provedení výstavby vlastní transformační stanice 110/22 kV a dále napájení jednotlivých provozoven kabely VN 22 kV

Varianta 3: propojení RZ Holýšov a trafostanice výrobního závodu novým vlastním kabelem VN, který by napájel pouze tento odběr.

Po posouzení všech hledisek u každé navržené varianty se jeví jako nejefektivnější a ekonomicky nejvhodnější třetí navrhovaná varianta. Nový kabelový vývod VN z RZ Holýšov. Tento vývod by musel splňovat podmínky dle PPDS.

6.1. Přípojky vn provedené kabelovým vedením

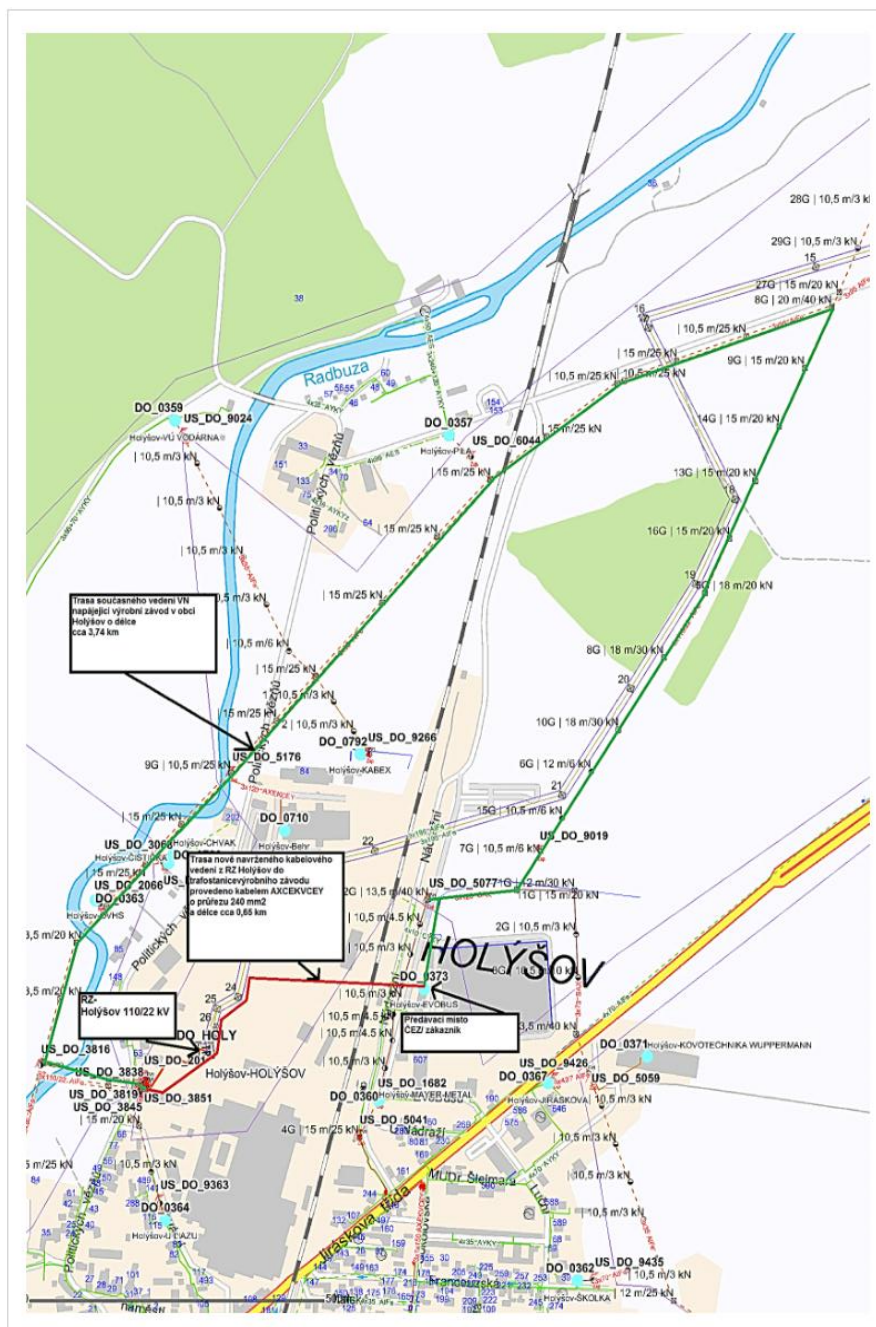
Standardně se připojení odběratele na úrovni vn řeší:

- a) Zasmyčkováním kabelového vedení do vstupních polí rozvodny vn, v tomto případě se hranice vlastnictví a způsob provozování dohodne individuálně ve smlouvě o připojení (v tomto případě se nejedná o přípojku).
- b) Provedením jedné kabelové přípojky ven z elektrické stanice vn PDS. Přípojka začíná odbočením od přípojnic vn ve stanici PDS. Součástí přípojky je technologie vývodního pole. Technologii vývodního pole určí PDS v připojovacích podmínkách, technologie musí být kompatibilní se stávající technologií stanice.

Nadstandardně v případě požadavku odběratele na zvýšený stupeň zabezpečení dodávky elektrické energie dvěma nebo více přípojkami, připojenými na různá kabelová vedení vn, nebo transformovny 110 kV/ vn.

Ochrana kabelových vedení před nadproudem, zkratem apod. se provádí v napájecích elektrických stanicích vn v souladu s ČSN EN 60 059 (33 0125): Normalizované hodnoty proudů IEC. Provedení kabelového vedení musí odpovídat ČSN 73 6005: Prostorové uspořádání sítí technického vybavení [6].

Obecně přípojka vn končí kabelovými koncovkami v odběratelské stanici.



Obrázek 29: Plánek nového kabelu VN

6.2. Analýza vypočtených hodnot programem E-Vlivy

V tomto bodě je provedena analýza stávajícího a nově navrženého vedení programem E-Vlivy.

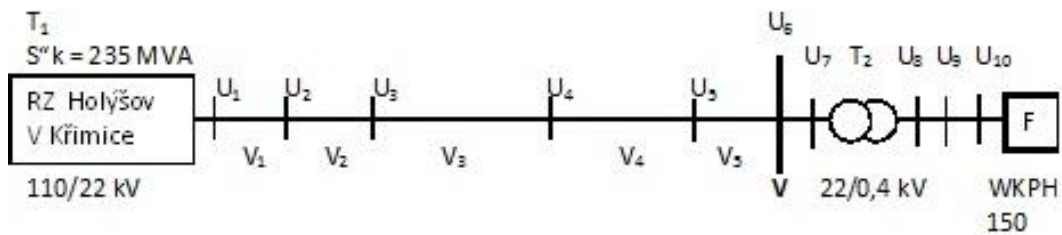
6.2.1. Původní vedení

Nejprve jsem provedl analýzu stávající distribuční soustavy napájející výrobní závod až k bodovým svářečkám, kde jsem nastavil jako výchozí hodnotu flikru, mnou změřenou 4. Ve výsledné tabulce flikru je patrné jeho šíření v zařízení zákazníka. V předávacím místě je hodnota $P_{st} = 0,336$ což je hodnota vyhovující normě PNE 33 3430. Proto není nutné při zachování současného stavu a rozsahu zařízení řešit další opatření, které by kompenzovalo zpětné vlivy vznikající při provozu odporové bodové svářečky.

Tabulka 8. Výpis prvků sítě

Nap. Uzel	Název	Uvnt [kV]	Uprv [kV]	Izkr [kA]	Szkr [MVA]	R/X	Ro/R1 [-]	Xo/X1 [-]	Max. Sk
	Holýšov	22	23	6,167	235	0	1	1	NE
Trafo		U1 [kV]	U2 [kV]	St [MVA]	Pk [kW]	Uk [%]	io [%]	Po [kW]	Zap. Prim
	T1	110	22	20	0,100	12	0	0	D
	T2	22	0,4	1	10,5	6	0	0	D
Vedení		Druh	Typ	R/km	X/km	B/km	Délka [km]	Imax [A]	
	V ₁	kabel- 22	240 AXEKCY	0,128	0,198	94	0,15	506	
	V ₂	venk- 22	110/22 AlFe 6	0,259	0,368	1,46	0,18	318	
	V ₃	venk- 22	95AlFe 6	0,301	0,374	1,448	1,87	289	
	V ₄	venk- 22	110/22 AlFe 6	0,259	0,198	94	0,15	506	
	V ₅	kabel- 22	120 AXEKCY	0,253	0,469	75	0,153	307	

Schéma současné distribuční sítě:



Tabulka 9. Proudý a výkony ve větvích:

Prvek	Uzel	I [A]	Úhel [°]	Z [Ohm]	Úhel [°]	P [kW]	Q [kVAr]	S [kVA]
RZ Holýšov	U1	0,596	-90,001	2,288	90,000	0,000	23,743	23,743
V1	U1	0,590	-90,392	0,035	57,108	-0,161	23,492	23,493
	U2	0,402	-90,575	0,035	57,108	0,161	-16,032	16,033
V2	U2	0,403	-90,560	0,081	54,830	-0,157	16,058	16,059
	U3	0,400	-90,565	0,081	54,830	0,157	-15,919	15,920
V3	U3	0,406	-89,942	0,841	54,830	0,016	16,164	16,164
	U4	0,369	-89,937	0,841	54,830	-0,017	-14,719	14,719
V4	U4	0,368	-90,089	0,576	52,309	-0,023	14,667	14,667
	U5	0,344	-90,095	0,576	52,309	0,022	-13,710	13,710
V5	U5	0,348	-89,721	0,081	61,609	0,068	13,865	13,865
	U6	0,196	-89,503	0,081	61,609	-0,068	-7,793	7,793
V6	U6	0,192	-90,317	0,110	22,358	-0,042	7,650	7,650
	U7	0,001	157,655	0,110	22,358	0,042	0,017	0,046
T2	U7	0,000	-169,921	0,010	79,921	0,000	0,000	0,000
	U8	0,000	-169,921	0,010	79,921	0,000	0,000	0,000
V7	U8	0,000	-113,665	0,003	32,799	0,000	0,000	0,000
	U9	0,000	-140,594	0,003	32,799	0,000	0,000	0,000
V8	U9	0,000	-103,713	0,003	29,004	0,000	0,000	0,000
	U10	0,000	153,851	0,003	29,004	0,000	0,000	0,000

Tabulka 10. Napětí v uzlech:

Uzel	U [kV]	Úhel [°]	dUn [%]	Zk [Ohm]	Úhel [°]	Sk [MVA]
U1	23,002	0,000	-4,556	2,518	90,000	211,476
U2	23,002	0,000	-4,556	2,547	89,568	209,005
U3	23,002	0,000	-4,557	2,614	88,557	203,654
U4	23,003	-0,001	-4,559	3,346	80,536	159,096
U5	23,003	-0,001	-4,560	3,864	76,491	137,799
U6	23,003	-0,002	-4,560	3,942	76,187	135,046
U7	23,003	-0,002	-4,560	4,008	74,916	132,822
U8	0,418	-0,002	-4,560	0,011	79,315	16,116
U9	0,418	-0,002	-4,560	0,013	70,372	13,544
U10	0,418	-0,002	-4,560	0,016	61,952	11,146

Tabulka 11. Flickr:

Uzel	Pst
U1	0,211
U2	0,213
U3	0,219
U4	0,280
U5	0,324
U6	0,330
U7	0,336
U8	2,766
U9	3,292
U10	4,000

6.2.2. Nové vedení VN

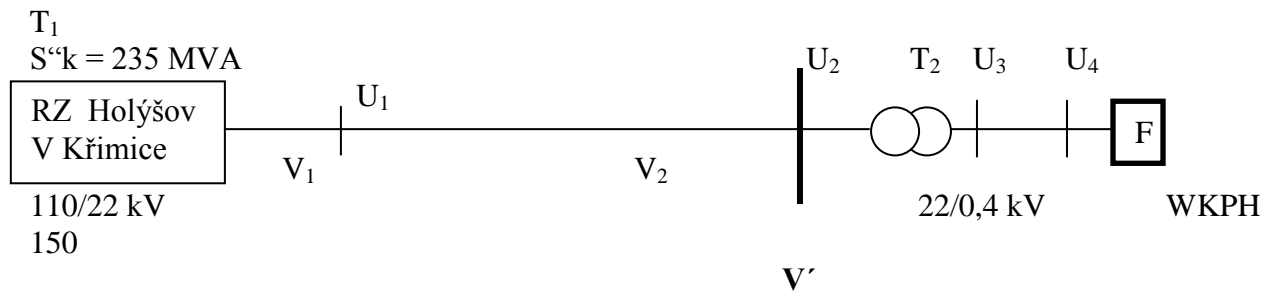
V tomto bodě jsem provedl simulaci nově navrženého vedení programem E-Vlivy a přepočítal naměřené hodnoty ze strany nízkého napětí na stranu vysokého napětí (předávací místo) a shodně jako v předchozím bodě jsem dosadil do zátěže naměřenou hodnotu flickru 4.

Jeho velikost v předávacím místě je na hodnotě $P_{st} = 0,232$ to znamená, že je nižší než povolená hodnota $P_{st} = 1$. Takto navržené vedení je schopno kompenzovat zpětné vlivy vznikající provozem odporových bodových svářeček i vzhledem k plánovanému rozšíření provozu, které je v současné době realizováno.

Tabulka 12. Výpis prvků sítě

Nap. Uzel	Název	U _{vnt} [kV]	U _{prv} [kV]	I _{zkr} [kA]	S _{zkr} [MVA]	R/X	Ro/R1 [-]	Xo/X1 [-]	Max. Sk
	Holýšov	22	23	6,167	235	0	1	1	NE
Trafo		U1 [kV]	U2 [kV]	St [MVA]	P _k [kW]	U _k [%]	io [%]	Po [kW]	Zap. Prim
	T1	110	22	20	0,100	12	0	0	D
	T2	22	0,4	1	10,5	6	0	0	D
Vedení		Druh	Typ	R/km	X/km	B/km	Délka [km]	I _{max} [A]	
	V ₁	kabel-22	240 AXEKCY	0,128	0,198	94	0,15	506	
	V ₂	kabel-22	240 AXEKVCEY	0,125	0,190	89	0,65	385	

Schéma navržené distribuční sítě:



Tabulka 13. Proudů a výkonů ve větvích:

Prvek	Uzel	I [A]	Úhel [°]	Z [Ω]	Úhel [°]	P [kW]	Q [kVar]	S [kVA]
RZ Holýšov	U1	0,647	-90,000	2,060	90,000	0,000	25,795	25,795
V1	U1	0,648	-89,983	0,346	61,609	0,008	25,808	25,808
	U2	0,000	-61,625	0,346	61,609	-0,008	-0,014	0,016
T1	U2	0,000	-169,921	0,010	79,921	0,000	0,000	0,000
	U3	0,000	-169,921	0,010	79,921	0,000	0,000	0,000
V2	U3	0,000	-104,939	0,006	32,799	0,000	0,000	0,000
	U4	0,000	147,195	0,006	32,799	0,000	0,000	0,000

Tabulka 14. Napětí v uzlech:

Uzel	U [kV]	Úhel [°]	dUn [%]	Zk [Ohm]	Úhel [°]	Sk [MVA]
U1	23,002	0,000	-4,556	2,266	90,000	234,974
U2	23,002	0,000	-4,557	2,575	86,338	206,730
U3	0,418	0,000	-4,557	0,010	80,443	16,848
U4	0,418	0,000	-4,557	0,015	64,282	11,907

Tabulka 15. Flickr:

Uzel	Pst
U1	0,204
U2	0,232
U3	2,820
U4	4,000

6.2. Vyhodnocení výpočtu navrženého vedení

Z následujících hodnot je patrné, že zkratový výkon vypočtený programem E-Vlivy je u současného vedení napájejícího výrobní závod v přípojném bodě „V“ hodnota $Sk = 132,822$ MVA (tab. č. 10) a v nově navrženém vedení je hodnota zkratového výkonu v přípojném bodě „V“ $Sk = 206,730$ MVA (tab.č. 14). Z těchto hodnot je patrné, že se realizací navrženého vedení vzroste hodnota Sk v přípojném bodě „V“ o $Sk = 73.9$ MVA což je dostatečně velký zkratový výkon pro omezení zpětných vlivů vznikajících při provozu odporových bodových svářecích zařízení JESVA WKPH 150FH.

7. Závěr

Tato diplomová práce byla zaměřena na analýzu zpětných vlivů vybraných elektrických zařízení a na návrhy opatření omezující tyto negativní vlivy vznikající při provozu elektrického zařízení, které svým provozem může negativně ovlivňovat ostatní připojená zařízení i zdraví osob pracující pod osvětlením napojeného z této distribuční sítě.

Nejprve jsem si vybral zařízení, u kterých budu moci výše uvedené vlivy analyzovat. Mnou zvolený katr a odporová závěsná svářečka jsou typickým příkladem zařízení, která mohou svým provozem negativně ovlivnit ostatní zařízení připojená ze stejného napájecího vedení. Ačkoli se toto zařízení zdá být odlišné mohou někdy nastat provozní situace, při kterých vznikají obdobné

negativní zpětné vlivy. V případě katru způsobené počtem cyklů/s (počet kmitů pily) a u bodových odporových svářeček počtem svářecích taktů/min (cykličnost).

Analýzou naměřených hodnot a provedeným výpočtem navrženého zařízení, které by v dostatečné míře kompenzovalo zpětné vlivy u vybraného elektrického zařízení (v mém případě odporová bodová svářečka) jsem zjistil, že analyzované zařízení v současné podobě nezpůsobuje v předávacím místě s dodavatelem ČEZ Distribucí, a.s. žádné negativní zpětné vlivy, které by vzhledem k platným normám ovlivňovalo ostatní zařízení napojené z této distribuční sítě. Avšak k poznatkům získaných při tvorbě této diplomové práce jsem zjistil, že výrobní závod v současné době již provádí realizaci projektu výstavby nové výrobní haly vybavené dalšími odporovými bodovými svářečkami JESVA WKPH 150FH a s tím spojené celkové rozšíření výrobní kapacity. Proto již bude nutné tento aspekt řešit. Byla vypracována nová studie připojitelnosti a nový projekt, který bude řešit připojení výrobního závodu z nově vybudované rozvodny 110/22 kV v obci Holýšov, která nahradí stávající rozvodnu a bude umístěná v těsné blízkosti výrobního závodu. Připojení bude provedeno novým kabelovým přívodem AXEKVCEY 240 jako samostatný vývod z RZ. Stávající vzdušné vedení bude upraveno a zapojeno tak, aby v případě odstávky rozvodny Holýšov bylo možné provést náhradní napájení z RZ Křimice. Toto nově vybudované zařízení bude v dostatečné míře kompenzovat zpětné vlivy vznikající provozem výrobního závodu v obci Holýšov, což můžeme na přání zákazníka po dokončení ověřit analýzou naměřených hodnot.

Použitá literatura a zdroje

Literatura:

- [1] BARTAK, Gerhard. Směrnice pro posuzování zpětných vlivů na síť; Wien 2004
- [2] KŮS, Václav. Elektrické pohony a výkonová elektronika; Fakulta elektrotechnická; Plzeň 2006
- [3] MAYER, Daniel. Elektrodynamika v energetice; BEN; Praha 2005
- [4] KŮS, Václav. Nízkofrekvenční rušení; Západočeská univerzita v Plzni; Plzeň 2003
- [5] CVAČKA, Karel. Studie připojitelnosti svařovacích zařízení; Plzeň 2010
- [6] Pravidla provozování distribuční soustavy (část 3) Provozovatelé distribučních soustav; Schválil: ERÚ; listopad 2007
- [7] KARLOVEC, Josef. Zpětné vlivy na distribuční soustavu; B.P.; Plzeň 2008
- [8] SCHNEIDER, Jiří. Kompenzace svařovacích kleští EVOBUS Holýšov; D.P.; Plzeň 2011
- [9] Připojovací podmínky pro umístění měřicích zařízení v odběrných a předávacích místech napojených ze sítí VN, VVN; ČEZ Distribuce, a. s.; září 2005; Změna č.1 k 15.4.2007

Normy:

- [10] ČSN EN 50160 Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě
- [11] PNE 33 3430-0 Parametry kvality elektrické energie – Část 0: Výpočetní hodnocení zpětných vlivů odběratelů a zdrojů distribučních soustav
- [12] PNE 33 3430-1 Parametry kvality elektrické energie – Část 1: Harmonické a meziharmonické
- [13] PNE 33 3430-2 Parametry kvality elektrické energie – Část 2: Kolísání napětí
- [14] PNE 33 3430-7 Parametry kvality elektrické energie – Část 7: Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě

Internetové zdroje:

- [15] Jesva, s.r.o. Odporové závěsné svářečky; Dostupné z: <http://www.jesva.cz>
- [16] Draka Kabely, s.r.o. Výroba kabelů, vodičů a kabelových svazků www.draka.cz

Seznam tabulek:

Tabulka 1. Základní velikosti parametrů pro transformátory	15
Tabulka 2. Napětí v uzlech	27
Tabulka 3. Výpis prvků distribuční soustavy	28
Tabulka 4. Proudů a výkonů ve větvích	29
Tabulka 5. Výpočet střednědobého vjemu flikru.....	29
Tabulka 6. Napětí v uzlech	30
Tabulka 7. Výpočet střednědobého vjemu flikru.....	30
Tabulka 8. Výpis prvků sítě.....	79
Tabulka 9. Proudů a výkonů ve větvích:	80
Tabulka 10. Napětí v uzlech:	80
Tabulka 11. Flikr:	80
Tabulka 12. Výpis prvků sítě.....	81
Tabulka 13. Proudů a výkonů ve větvích:	82
Tabulka 14. Napětí v uzlech:	83
Tabulka 15. Flikr:	83

Seznam obrázků:

Obrázek 1: Činitel referenčních hodnot.....	23
Obrázek 2: Činitelé tvaru pro pravoúhlé a trojúhelníkové pulsy.....	24
Obrázek 3: Činitelé tvaru pro schodovité a postupné napěťové.....	25
Obrázek 4: Činitelé tvaru pro spouštění motorů.....	26
Obrázek 5: Náhradní schéma jednofázového zatížení v síti s vektorovým diagramem síťového napětí v přípojném bodě V na straně nižšího napětí.....	31
Obrázek 6: Kolísání napětí sítě bez a s dynamickou kompenzací vlivem proudových svářecích pulzů.....	36
Obrázek 7: Koeficient tvaru pro obdélníkové změny napětí	38
Obrázek 8: Graf proudů rozběhu samostatného katru (celkový pohled)	43
Obrázek 9: Graf napětí rozběhu samostatného katru (detail 2)	44
Obrázek 10: Graf proudů rozběhu samostatného katru (detail 2).....	44
Obrázek 11: Graf vjemu flikru ustáleného stavu pilnice	45
Obrázek 12: Schéma celého rozvodu.....	51
Obrázek 13: Odporová závěsná klešťová svářečka WKPH 150FH celkový pohled.....	54
Obrázek 14: Vyhodnocovací graf: I [kA] +Pst [-] (TS nekomp.).....	57
Obrázek 15: Vyhodnocovací graf: P [MW] +Q [MVar] (TS nekomp.).....	58

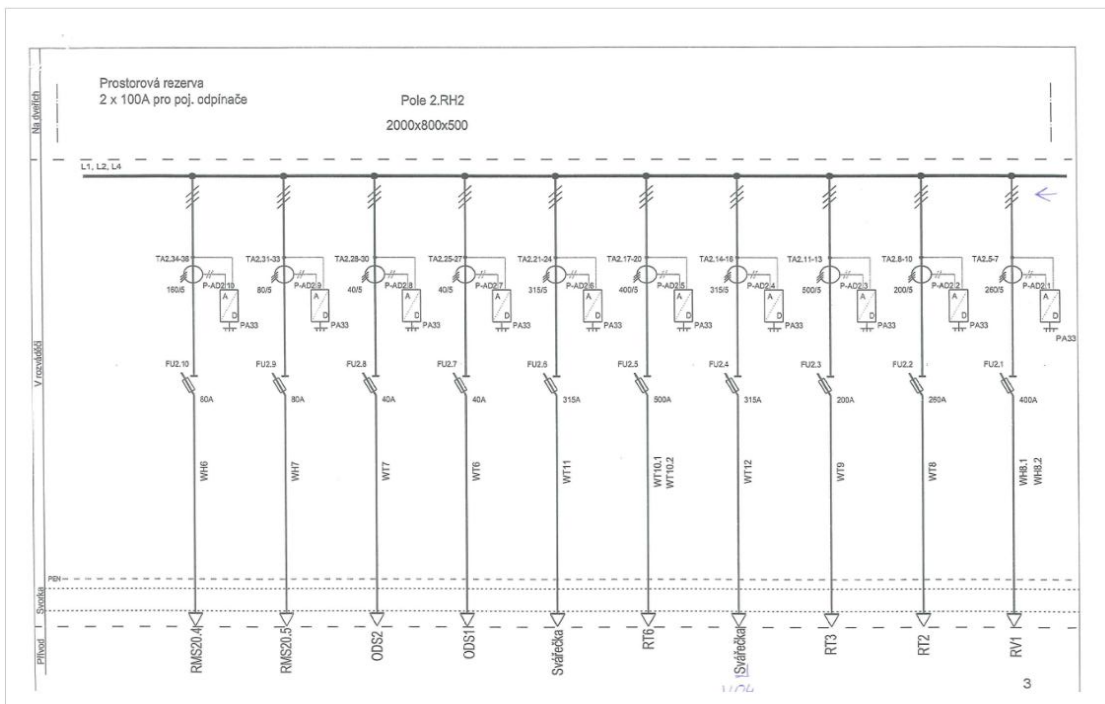
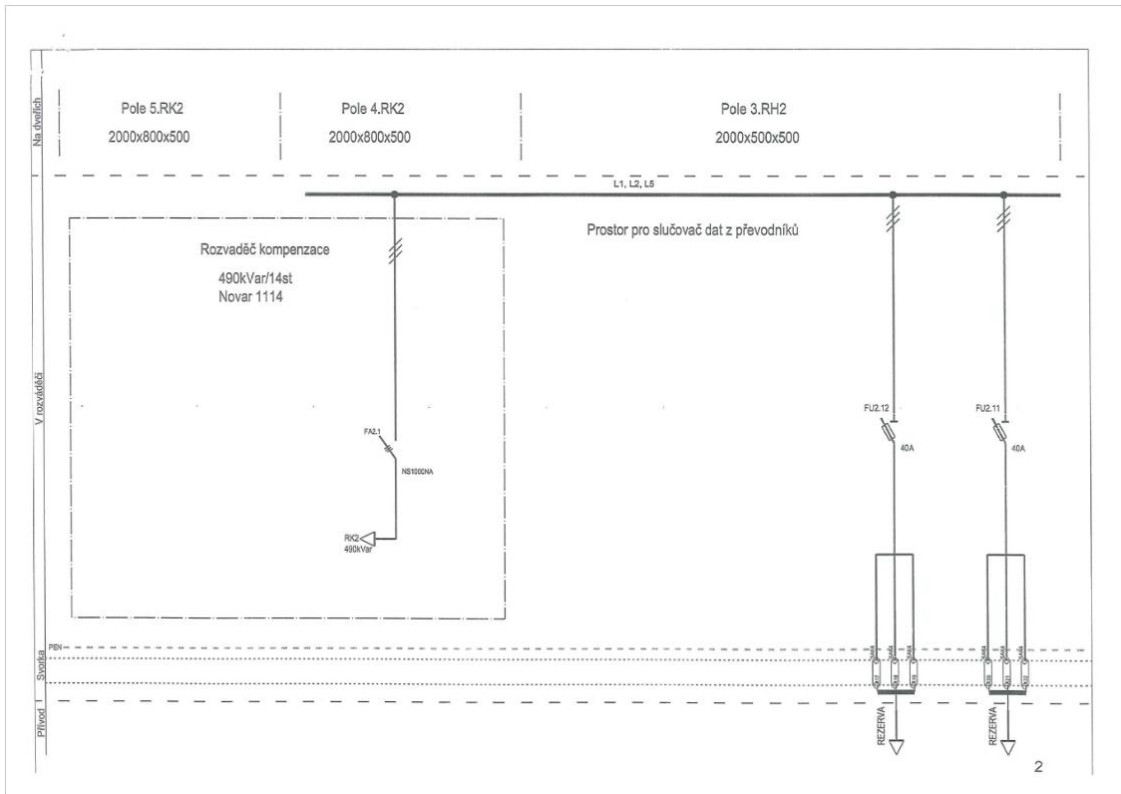
Obrázek 16: Vyhodnocovací graf: $\cos [-]$ +PF $[-]$ (TS nekomp.).....	59
Obrázek 17: Vyhodnocovací graf: f [Hz] +THD U [%] (TS nekomp.).....	60
Obrázek 18: Vyhodnocovací graf: Pst $[-]$ +Plt $[-]$ (TS nekomp.).....	61
Obrázek 19: Vyhodnocovací graf: I [A] +Pst $[-]$ (TS komp.).....	63
Obrázek 20: Vyhodnocovací graf: THD U [%] + f [Hz] (TS komp.).....	64
Obrázek 21: Vyhodnocovací graf: P [kW] +Q [kVAr] (TS komp.).....	65
Obrázek 22: Vyhodnocovací graf: U 3 hrm.[V] +I 3 hrm. [A] (TS komp.).....	66
Obrázek 23: Vyhodnocovací graf: I[A] + Pst $[-]$ (bod. nekomp.).....	68
Obrázek 24: Vyhodnocovací graf: THD U[%] + f [Hz] (bod. nekomp.).....	69
Obrázek 25: Vyhod. graf: U 3 harm[V] + I 3 harm [A] (bod. nekomp.).....	70
Obrázek 26: Vyhodnocovací graf: Pst $[-]$ + Plt $[-]$ (bod. nekomp.).....	71
Obrázek 27: Vyhodnocovací graf: I[A] + Pst $[-]$ (bod. nekomp.).....	74
Obrázek 28: Vyhodnocovací graf: I[A] + Pst $[-]$ (TS nekomp.).....	75
Obrázek 29: Plánek nového kabelu VN.....	77

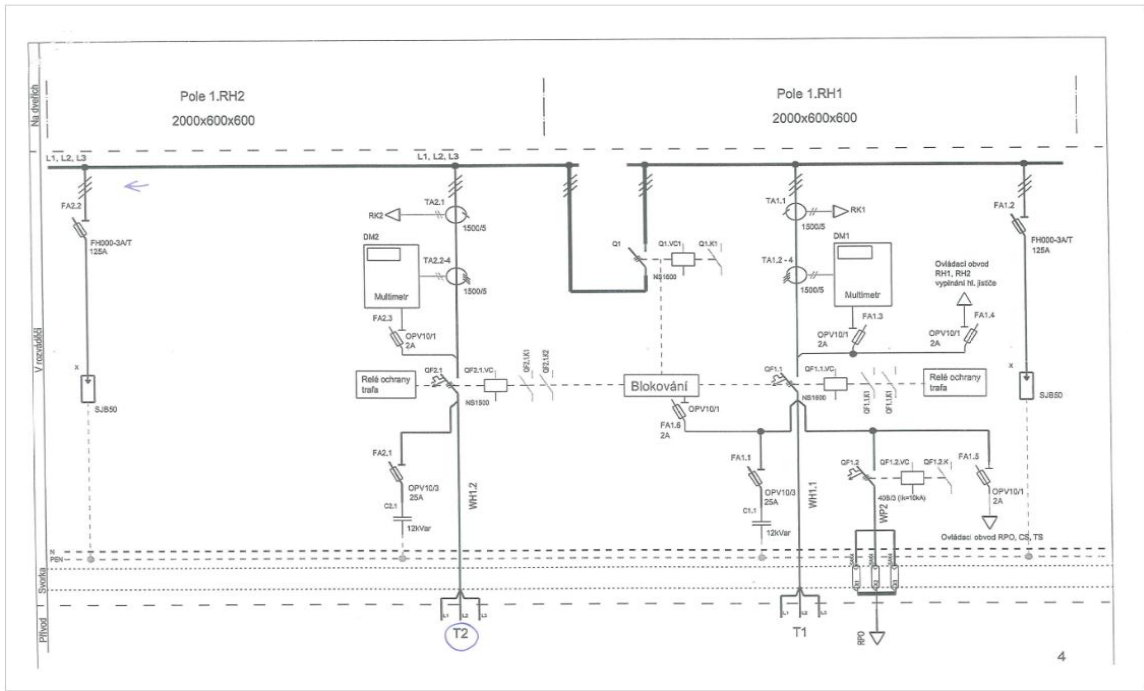
Seznam příloh:

Příloha: 1 Schéma nové TS.....	89
Příloha: 2 Schéma kompenzace - stará TS.....	90
Příloha: 3 Schéma kompenzace stará TS celé.....	90
Příloha: 4 Situace nově navržené RZ Holýšov 110/22 kV.....	92

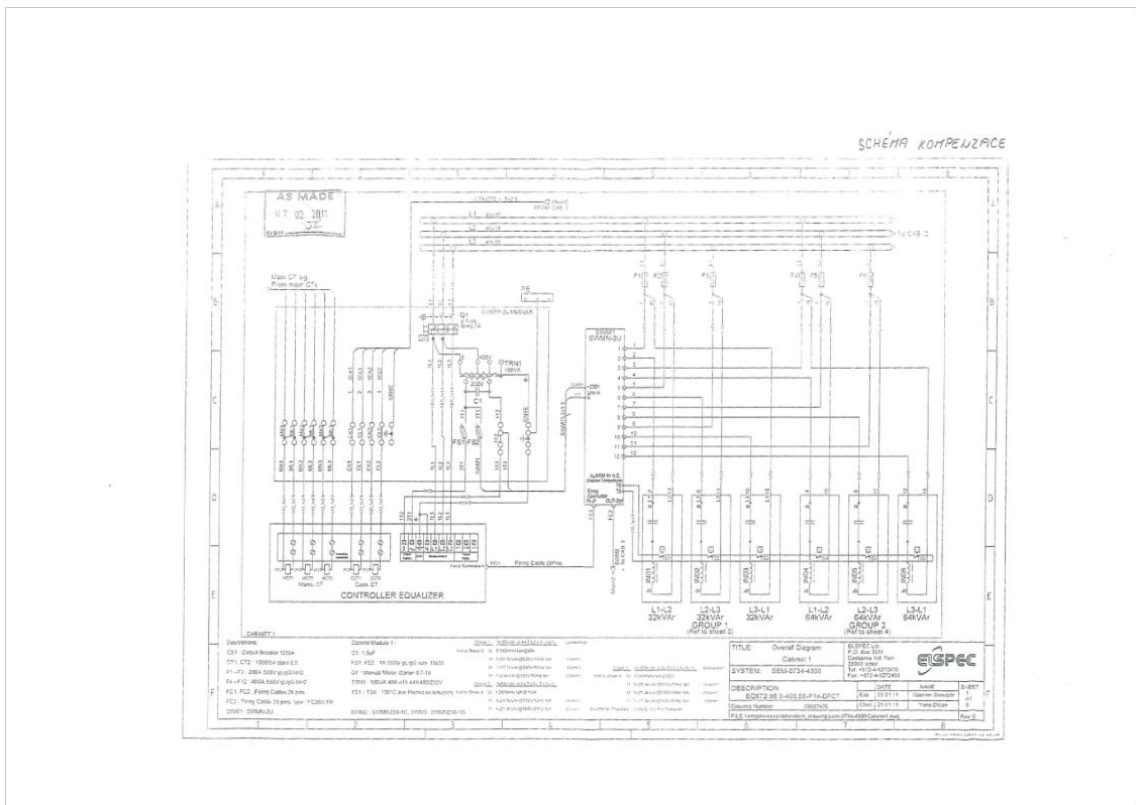
Přilohy:

Přiloha: 1 Schéma nové TS

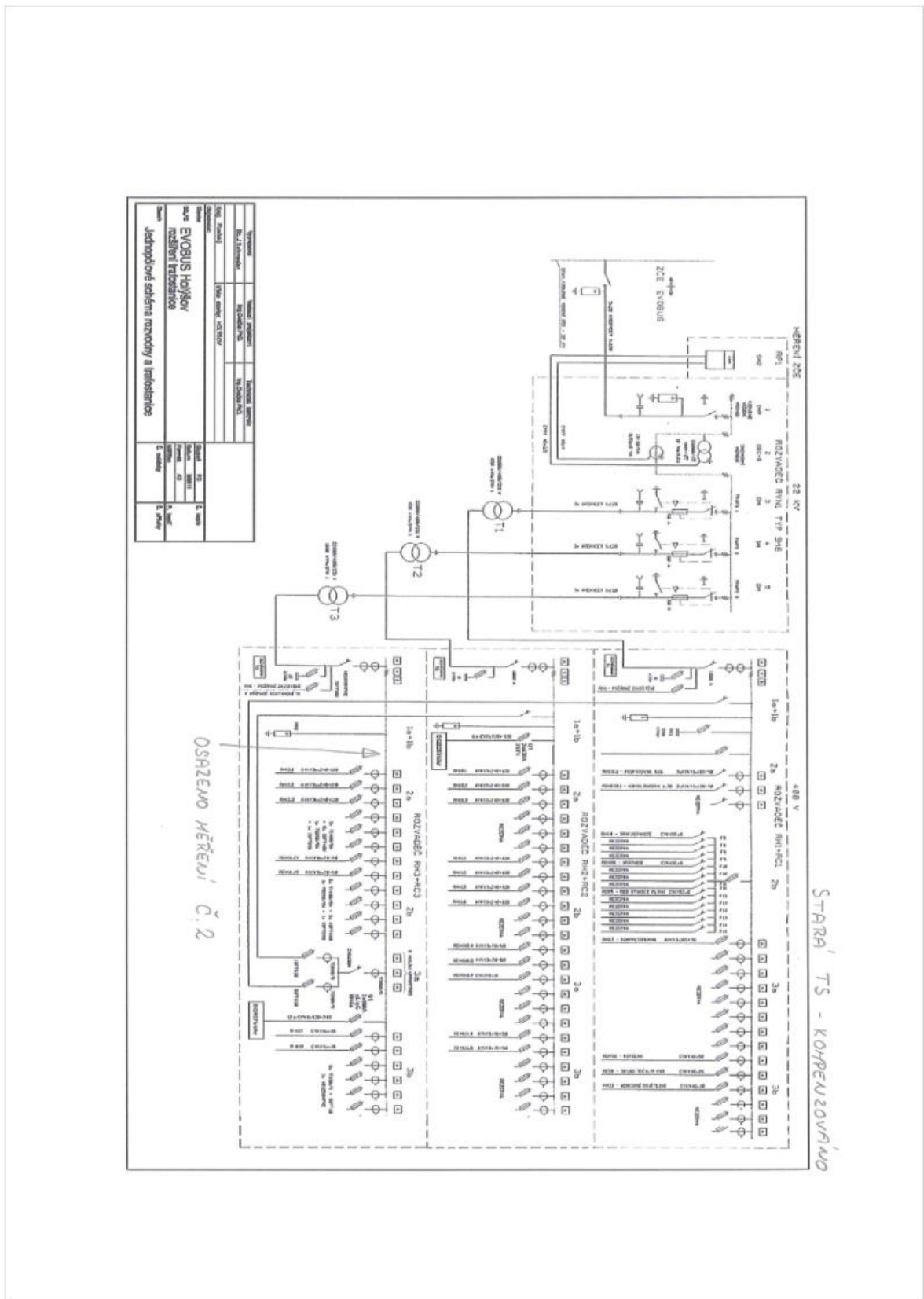




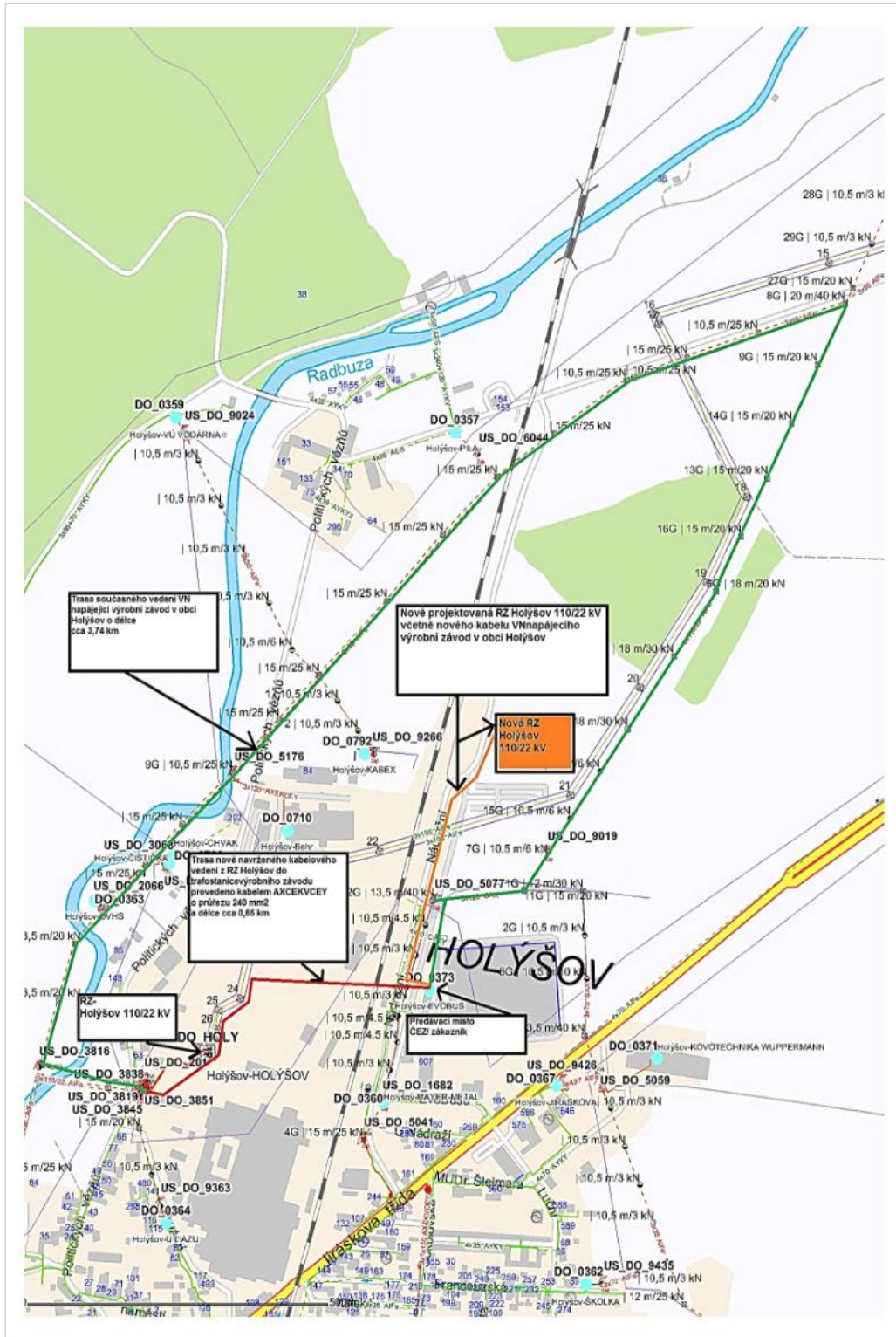
Přiloha: 2 Schéma kompenzace - stará TS



Příloha: 3 Schéma kompenzace stará TS celé



Příloha: 4 Situace nově navržené RZ Holýšov 110/22 kV



Fotodokumentace:



Stará TS: 1 připojení ENA 330 U, I svorky



Stará TS: 2 Stará TS kompenzace Equalizer



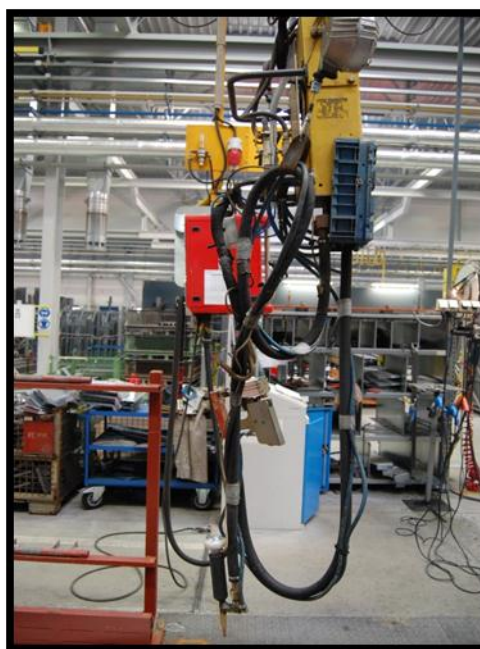
Nová TS: 1 připojení ENA 330 U, I svorky



Stará TS: 3 měření



Stará TS: porovnání komp/nekomp



Bod. svářečka Jesva WKPH 150



Nová TS: 2 připojení ENA 330 U, I svorky v R2 přímo u bodové svářečky