

# CHRÁNĚNÁ BEZKONTAKTNÍ KOMPENZACE

Ing. Miloš Molnár, Ing. Jiří Hanzlík, EMCOS s.r.o., Teplice

*Článek nás seznamuje s historií a současností bezkontaktních kompenzačních systémů. Popisuje jednotlivé komponenty, včetně regulátoru a tyristorových spínačů a vlastní kompenzační rozváděče. Jsou zde uvedeny i konkrétní příklady aplikací bezkontaktních kompenzačních zařízení.*

## 1. HISTORIE A ZÁKLADNÍ PRINCIPY

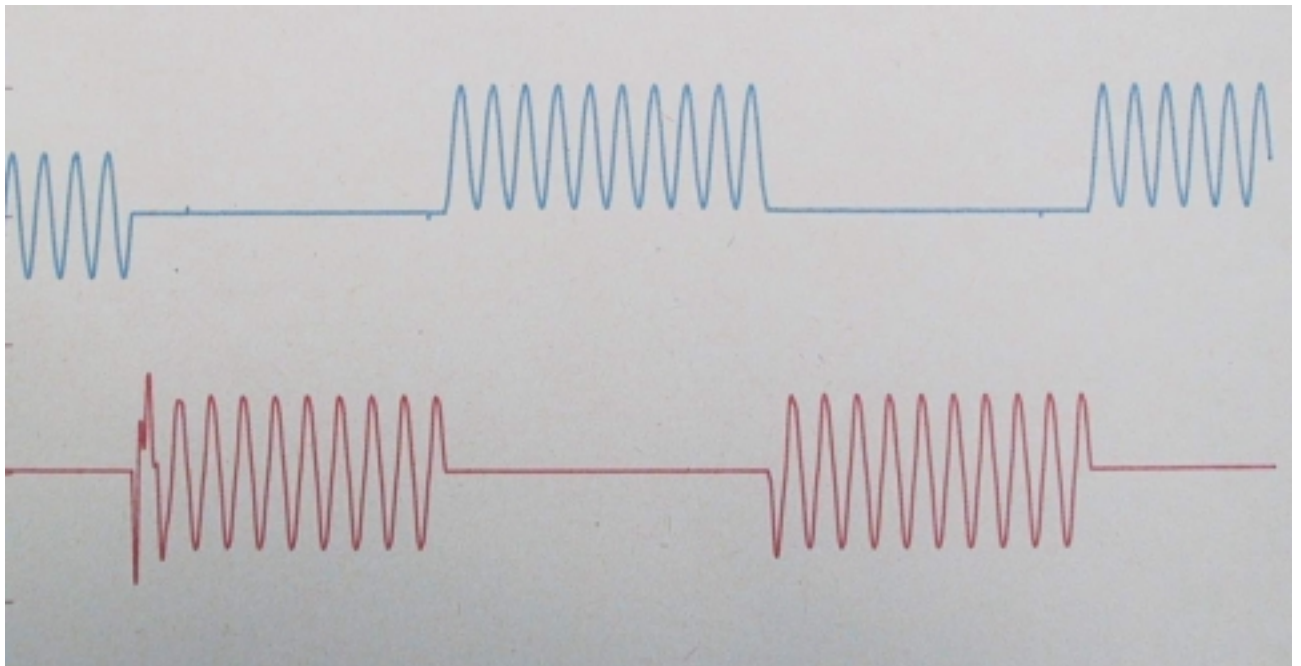
### 1.1. HISTORIE RYCHLÉHO SPÍNÁNÍ KAPACIT

Bezkontaktní spínání kompenzačních kondenzátorů lákalo odborníky na kompenzaci účinníku již dávno v minulosti, protože nabízelo odstranit největší problémy stykačového spínání – rušivé přechodné jevy a nízkou životnost silových kontaktů. Při bezkontaktním spínání může regulace účinníku probíhat v reálném čase, téměř bez zpoždění. Praktická realizace ovšem narážela na nedostatek kvalitních výkonových polovodičů a z počátku nebyly k dispozici ani vyhovující součástky na přepětovou ochranu tyristorů. První komerční aplikaci tyristorově spínané kompenzační baterie 500kvar/400V představila švédská firma ASEA v roce 1969 a v roce 1972 uvedla na trh i spínač pro napětí 1000V. V České republice se problematikou polovodičového spínání kapacit již od roku 1974 zabýval Výzkumný ústav silnoproudé elektrotechniky v Běchovicích, který v roce 1981 postavil první funkční prototyp kompenzátoru STYCOS. Byly zde testovány první vzorky varistorů, tyristorových modulů a regulaci zajišťoval speciální logický procesor řešený na bázi diskrétních součástek RVHP. Použita byla také omezující tlumivka a v inovovaném provedení byl tento rozváděč vyráběn v ETZ Teplice až do roku 1993.

S nástupem moderních polovodičů a mikroprocesorových řídicích systémů bylo rozhodnuto o zásadní inovaci bezkontaktního kompenzátoru. V roce 1994 uvádí na trh společnost EMCOS s.r.o. novou generaci rozváděčů pod obchodním názvem STYKOS. Pro rychlé řízení byl vyvinut speciální regulátor, kontrolu každého tyristorového spínače zajišťuje procesor, tlumivky a kondenzátory jsou osvědčené typy české výroby. Průběžně je doplňován řídicí program o další funkce a spolehlivost byla prověřena mnoha desítkami aplikací.

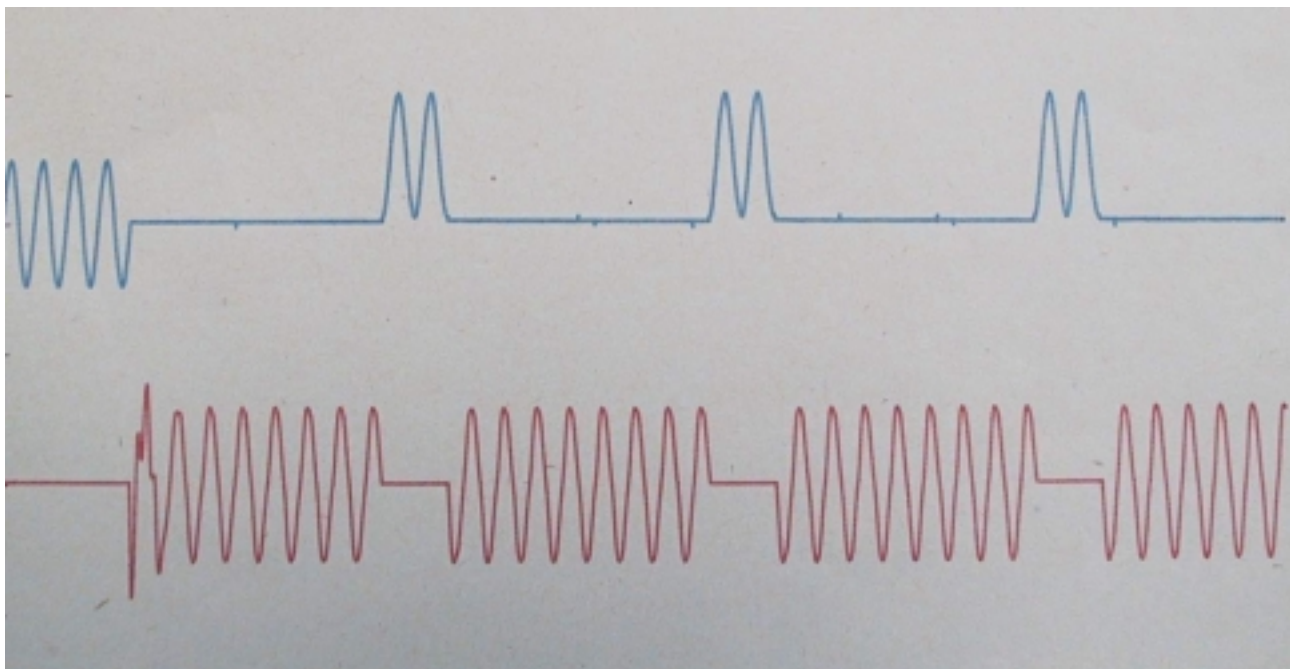
### 1.2. ZÁKLADNÍ PRINCIPY – TEORIE SPÍNÁNÍ

Spínání kondenzátoru pomocí stykače je nejčastější a nejjednodušší způsob používaný u klasických kompenzačních rozváděčů. Nemusíme definovat přesný okamžik sepnutí, stykač sepne ihned po přivedení ovládacího napětí. Bohužel sepnutí je doprovázeno přechodným jevem, jehož velikost je závislá na zkratových a impedančních poměrech v síti a na okamžiku sepnutí. Amplituda nabíjecího proudu takto připínaného stupně bývá 200 až 1200A, amplituda nabíjecího proudu dalšího připínaného stupně, kdy je v chodu podstatná část kondenzátorů kompenzačního zařízení, je omezena pouze impedancí vodičů uvnitř rozváděče a bývá 1300-2500A. Stykače pro třídu AC3 však dovolují proudové přetížení do výše 10-ti násobku jmenovitého proudu a je tudíž značně snížena jejich životnost. Polovodičové spínače pracují bez přechodných jevů, ovšem kladou vysoké nároky na přesnost řízení. Pro tyristorové spínání kapacit obecně platí, že musí být provedeno v úzkém časovém intervalu, kdy rozdíl napětí na svorkách spínače je velmi malý (max.do 10V, tj. „v nule napětí“). Z této podmínky také vyplývá, že není možné fázové řízení výkonu kondenzátoru. Při zpoždění nebo předstihu oproti nulovému napětí na spínači by vznikl přechodný děj s vysokou strmostí nárůstu proudu a došlo by k destrukci polovodiče. Připnutí kondenzátoru „v nule napětí“ probíhá s minimální deformací křivky proudu. Pouze při prvním sepnutí, kdy je kondenzátor vybit, je proud do kondenzátoru částečně zvýšen - obr.1.



obr. 1

Při opětovném připnutí nabitého kondenzátoru je přechodný jev zcela vyloučen. Největší předností je rychlost regulace i opakovací frekvence režimu vypnuto – zapnuto, která je běžným stykačem nedosažitelná - obr.2.



obr. 2

## 2. POŽADAVKY NA SYSTÉM, TECHNICKÁ DATA

### 2.1. POŽADAVKY PROVOZOVATELŮ

V průmyslových provozech neustále přibývá počet rychle řízených indukčních spotřebičů, které jsou spínány na velmi krátkou dobu nebo v rychle se opakujících intervalech. Jedná se o zařízení pro bodové sváření, lisování, odstředování, stříhání nebo o zátěž způsobenou spouštěním a brzděním velkých pohonů. Časové intervaly se pohybují od jednotek a desítek sekund až po několik period síťového kmitočtu. Průvodním jevem jsou dále kolísání napětí a zvýšená hladina harmonických frekvencí.

Klasická stykačová kompenzace v těchto případech nemůže (a v podstatě ani nesmí) reagovat na tak krátké změny jalového výkonu. Ovšem elektroměry i takové odběry jalové energie správně registrují a pokud většinu spotřebičů měřeného odběru tvoří tyto rychle řízené technologie, není možné běžnou stykačovou kompenzací zajistit předepsané hodnoty účinníku  $\cos\phi$ . Samozřejmě i uživatel této technologie musí splňovat požadavky distributorů elektrické energie pro připojení na jejich síť. A tak v praxi řešíme případy koncepčně jednodušší, např. skupina výkonných lisů s relativně dlouhými pracovními cykly, ale i extrémní požadavky na kompenzaci automatu s délkou sváru 4 periody (80ms). Systém bezkontaktní kompenzace se dále s úspěchem používá v případě, kdy je vhodné spínací přechodné jevy zcela vyloučit. Takové požadavky mají například nemocnice, velké bankovní domy, administrativní centra nebo letiště.

### 2.2. KOMPENZAČNÍ ZAŘÍZENÍ STYKOS - TECHNICKÉ PARAMETRY

Kompenzační rozváděč STYKOS - obr.3. se montuje do oceloplechových skříní s nucenou ventilací, stupeň krytí IP40. Hlavní komponenty, kterými jsou regulátor, bezkontaktní spínače, kondenzátory, tlumivky i skříň, jsou české výroby. Výrazný posun oproti předchozím dobám, kdy obdobná zařízení byla sestavena výhradně ze součástek RVHP, nastal především v kvalitě, spolehlivosti a životnosti přístrojů i kompenzace jako celku.



obr. 3

### 2.2.1. Regulátor EFR7

Regulátor EFR7 - obr.4. je určen pro velmi rychlou kompenzaci jalového výkonu. Jak se uvádí v [1], díky své krátké době odezvy - typicky méně než 80ms - umožňuje úspěšně kompenzovat jalový výkon v sítích s krátkými, nebo rychle se opakujícími změnami zátěže. Konstrukčně je řešen jako plně třífázový, s nezávislou regulací v každé fázi. To znamená, že umožňuje kompenzaci i v nesymetricky zatěžovaných třífázových soustavách, v nichž je v důsledku této nesymetrie nutno při kompenzaci připojovat nestejně hodnoty kompenzačních kondenzátorů mezi jednotlivé fáze.



obr. 4

**Princip činnosti:** Přístroj reguluje účinník na základě měření proudu ve všech třech fázích a jednoho fázového napětí. Z takto naměřených hodnot pak vypočítá jalový výkon pro jednotlivé fáze a určí velikost kompenzačních impedancí, které se připojí na jednotlivá sdružená napětí. V případě nevyvážené zátěže provede optimalizaci velikosti kompenzačních impedancí tak, aby nedošlo k překompenzování v žádné fázi. Kromě řešení regulačních úloh může přístroj na displeji zobrazovat celkový účinník, proud v jednotlivých fázích, okamžitý výkon, stav výstupů a řadu dalších provozních parametrů. Regulátor je určen pro ovládání tyristorových spínacích jednotek.

obr. 4

**Použití:** Regulátor může pracovat jednak v třífázovém, ale také v režimu jednofázovém, tak jak je běžné u standardních regulátorů pro stykačové řízení. Třífázový režim je určen pro nesymetricky zatěžované soustavy, v nichž je nutno spínat rozdílné kombinace kompenzačních kapacit mezi jednotlivými fázemi. Jednofázový režim používá pouze jeden přístrojový transformátor proudu. Předpokládá se, že zatížení všech fází je symetrické a výstupní kombinace spínačů jsou stejné. V jednofázovém režimu se regulátoru využívá zejména pro jeho rychlost. Regulátor může být provozován buď v ručním (test), nebo v automatickém režimu (regulátor). V ručním režimu může obsluha libovolně manipulovat s jednotlivými výstupy nebo je možno všechny výstupy vypnout. Tak lze snadno testovat funkci výstupů i připojených spínacích prvků. Dále je možno v ručním režimu přehledně sledovat na displeji stav všech výstupů a ověřovat funkci spínačů a kondenzátorů.

Zvolenou kombinaci nastavení výstupů je možno uložit do zálohované paměti a v případě potřeby ji později znovu vyvolat.

V automatickém režimu probíhá regulace kompenzace v periodických intervalech, které lze dále rozdělit do tří časových úseků:

**1. Měření** - po dobu 1 periody napětí jsou vzorkovány průběhy proudů ve všech třech fázích, získané z přístrojových transformátorů proudu a naměřené hodnoty jsou ukládány do paměti. Doba trvání cyklu je 20ms.

**2. Matematické vyhodnocení** - ihned po ukončení měření jsou výsledky matematicky zpracovány. Z naměřených průběhu proudu je rekonstruována 1. harmonická a je vyhodnocen její fázový posuv vzhledem k napětí. Je vypočítán jalový výkon a tedy i potřebný kompenzační výkon, který se musí připojit mezi jednotlivé fáze. Nakonec je vygenerován stav jednotlivých výstupů tak, aby změřený jalový výkon byl vykompenzován. Přitom je brán zřetel i na další systémové požadavky jako je např. pravidelné střídání jednotlivých spínačů (spínání v kruhu) a jiné. Popsaný postup je ukončen za cca 18ms, tedy ještě před skončením další periody síťového napětí.

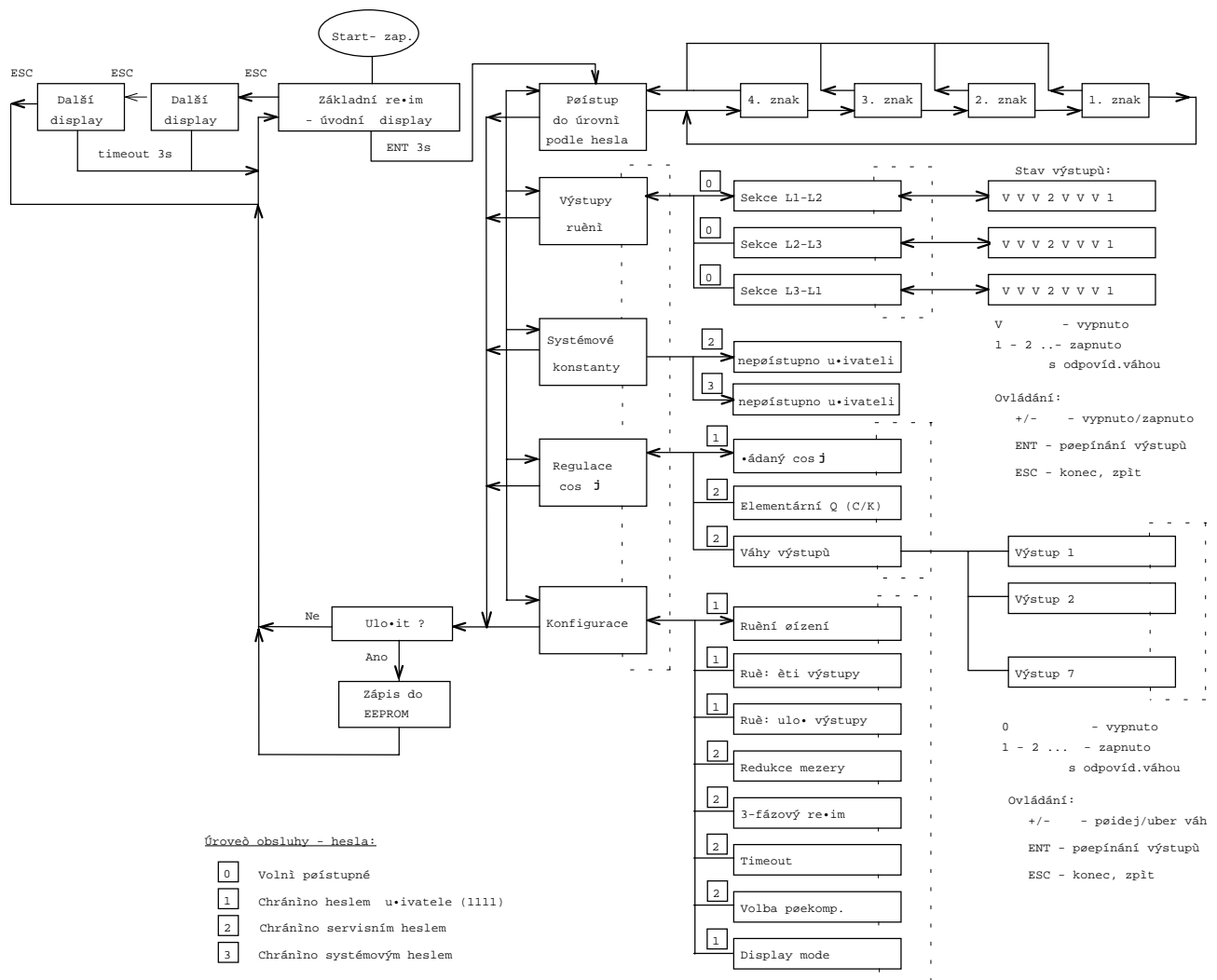
**3. Prodleva měření** - po přestavení výstupů je před dalším měřením zařazen interval (prodleva), na ustálení přechodných dějů v síti, které nastaly po regulačním zásahu. Jeho trvání je možno uživatelsky nastavit, podle charakteru a doby trvání přechodných dějů od 20 ms do 5 s. Z uvedených časových údajů je zřejmé, že celková doba odezvy regulátoru je 60 až 80ms.

**Výstupy.** Pro ovládání spínačů má přístroj EFR7 k dispozici celkem 21 výstupů pro jednotlivé kompenzační stupně s uživatelsky nastavitelnou vahou 1, 2 nebo 4. Pro každou fázi je k dispozici 7 výstupů. Výstupy jsou tranzistorové, galvanicky oddělené od silových obvodů. Jsou uzpůsobeny k ovládání tyristorových výkonových spínačů.

**Citlivost regulátoru** je nastavitelná pomocí standardní konstanty  $C/k$  - jako poměr velikosti kapacitního proudu prvního stupně k převodu proudového transformátoru na přívodu. Převod použitého transformátoru se zvolí v nabídce z připravené tabulky převodů. V tabulce jsou uvedeny standardní hodnoty primárních proudů od 50A/5A až do 12000A/5A.

**Pomocné funkce.** Na základě praktických zkušeností s provozem regulátoru se ukázalo jako užitečné doplnit jej několika speciálními funkcemi, se kterými se při pomalé regulaci nesetkáváme. Ty umožňují korekci chyb, vyskytujících se při činnosti regulátoru v instalacích s extrémně rychlými změnami účinniku, nebo při velké nesymetrii zátěže. Jedná se o „Redukci mezery“ (prodlevy na ustálení) a o „Korekci chyby“ způsobené zaokrouhlováním výsledků proti překompenzování. Nezávislá třífázová regulace si vyžádala funkci „Sled fází“, umožňující korigovat chybný sled fází v případě, kdy není možné silové přezapojení. Dalšími doplňujícími funkcemi jsou dva nastavitelné časovače – „Blokování funkce regulátoru po uplynutí nastavené doby“ a „Upozornění na uplynutí servisní lhůty“. V současné době je připravována programová verze s vestavěným Fourierovým algoritmem pro výpočet harmonických složek napětí.

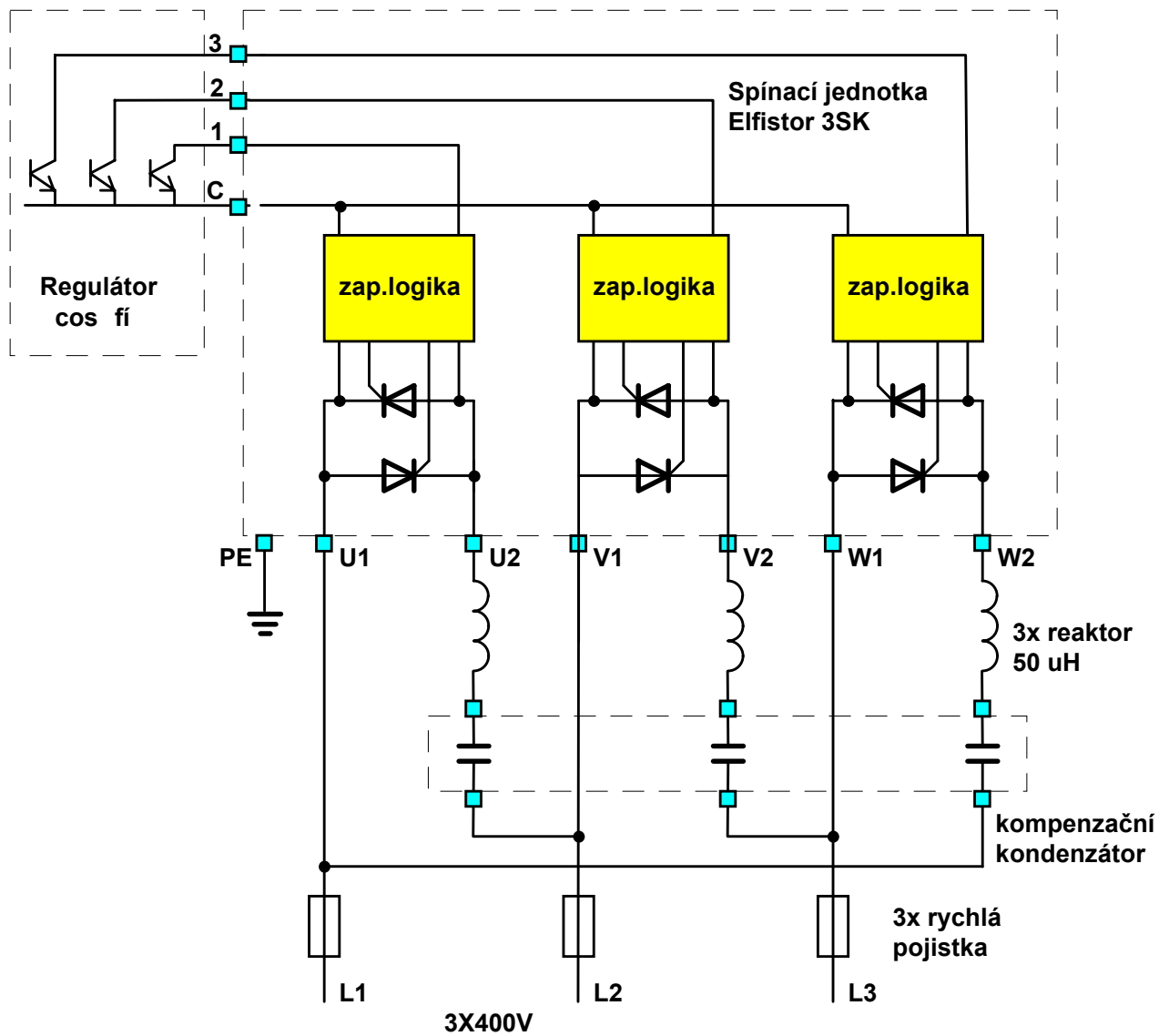
**Konstrukční provedení.** Regulátor EFR7 je vestavěn do skříňky se standardním rozměrem průčelí 144 x 144 mm a se stupněm krytí IP54. K obsluze regulátoru slouží jednoduchá klávesnice se čtyřmi tlačítky a dvouřádkový alfanumerický displej. Aby se předešlo nahodilým či neodborným zásahům, je obsluha rozdělena do tří úrovní - obr.5. Důležité parametry (konfigurace přístroje) jsou chráněny přístupovým heslem. Ovládání a konfigurace přístroje je řešena pomocí slovních menu a dotazů v češtině. Hodnotu  $\cos\varphi$  je možno nastavit v rozsahu 0,85 induktivní až 0,85 kapacitní s krokem 0,01. Jako zvláštní výbavu je možno regulátor vybavit komunikačním rozhraním RS232 nebo RS485. Dále může být doplněn reléovým výstupem, který lze využít k hlášení poruchy, překročení rozsahu nebo nepřipustně velké nesymetrie zátěže.



obr. 5

## 2.2.2. Tyristorové spínače ELFISTOR

Tyristorové jednotky ELFISTOR podle [1] jsou určeny pro spínání zátěží kapacitního charakteru, obr.6. Používá se jich ke spínání kompenzačních kondenzátorů při kompenzaci jalového výkonu v síti 3x400V. Hlavním oborem uplatnění je výroba kompenzačních rozváděčů s nároky na rychlost nebo vysokou četnost spínání. Jejich hlavními výhodami oproti stykačům jsou dlouhá životnost, vysoká rychlost a minimální rušení při spínání. Jednotky ELFISTOR jsou vyráběny ve dvou základních provedeních 3SK a 2SK. Řada 3SK obsahuje tři navzájem nezávislé tyristorové spínače, u řady 2SK jsou to dva nezávislé tyristorové spínače v jednotce (konstrukčním modulu). Při praktických aplikacích je pak možno spínače zapojit ve třífázovém uspořádání tak, že každý pracuje v jedné větvi trojúhelníka, nebo použít jednotlivé spínače ke stupňovitému připínání kompenzačních reaktancí v jedné fázi. Příklad zapojení jednotek 3SK je na obr.7.



obr. 6



obr. 7

**Princip činnosti.** Každý spínač se skládá z dvojice tyristorů v antiparalelním zapojení, citlivého detektoru nulového napětí, řídicích a napájecích obvodů. Celý proces spínání a ostatní kontrolní funkce jsou řízeny mikroprocesorem. Ke spínání tyristorů dochází při nepatrném napětí na spínacím prvku. Tím je minimalizován proudový náraz, vznikající při sepnutí kapacitní zátěže. Jednotlivé spínače jsou na silové straně zcela odděleny a každý z nich má svůj ovládací vstup. K sepnutí spínače dojde při spojení příslušného ovládacího vstupu se společnou svorkou. Vstup je přizpůsoben k ovládnutí kontaktem nebo NPN tranzistorem s otevřeným kolektorem. Vnitřní napájecí zdroj je společný pro všechny tři spínače a je vybaven obvodem pro zablokování výkonové části při poklesu resp. výpadku napájecího napětí.

**Konstrukční provedení.** Jednotka tvoří kompaktní celek, jehož mechanickou základnou je hliníkový chladicí blok. Na něm jsou kromě tyristorových modulů připevněny montážní závěsy, silová svorkovnice i řídicí elektronická část, umístěná na jediné desce plošného spoje. Celek je opatřen krytem z ocelového plechu, zajišťujícím stupeň krytí IP20. Na čelním krytu jsou umístěny signaizační diody s pro indikaci stavu každého ze spínačů, poruchy (přehřátí) a přítomnosti napájecího napětí pomocných obvodů.

#### Základní technické údaje

Řada jmenovitých jalových výkonů:	40kvar, 80 kvar (pro 1 spínač)
Řada jmenovitých proudů $I_n$ :	63A, 125 A
napěťová soustava:	3PEN AC 50Hz 400V/TN-C
Počet spínačů v jednotce:	3 (typ 3SK) 2 (typ 2SK)
Zátěž:	kapacitní, odporová, kombinovaná RC, LC, RLC
Teplota okolí:	0 až +40°C (0 až + 50°C s redukcí jmenovitého proudu 10%)
Chlazení :	přirozené pro $I_n=63A$ (40kvar), nucené pro $I_n=125A$ (60kvar)
Stupeň krytí:	IP 20

#### 2.2.3. Tlumivky a kondenzátory

Bezkontaktní kompenzátory díky „hladkému“ procesu spínání nejsou zdrojem rušení a z tohoto hlediska by nebylo nutné doplňovat je omezujícími tlumivkami. Ovšem prostředí, v kterém jsou obvykle používány, má většinou vysoký obsah harmonických frekvencí. Připojením nechráněné kompenzace do takové rozvodné soustavy způsobuje další zvýšení úrovně harmonického rušení a



docházelo by k přetěžování tyristorových spínačů i kondenzátorů. Z těchto důvodů se v současné době vyrábí bezkontaktní kompenzace výhradně v chráněném provedení.

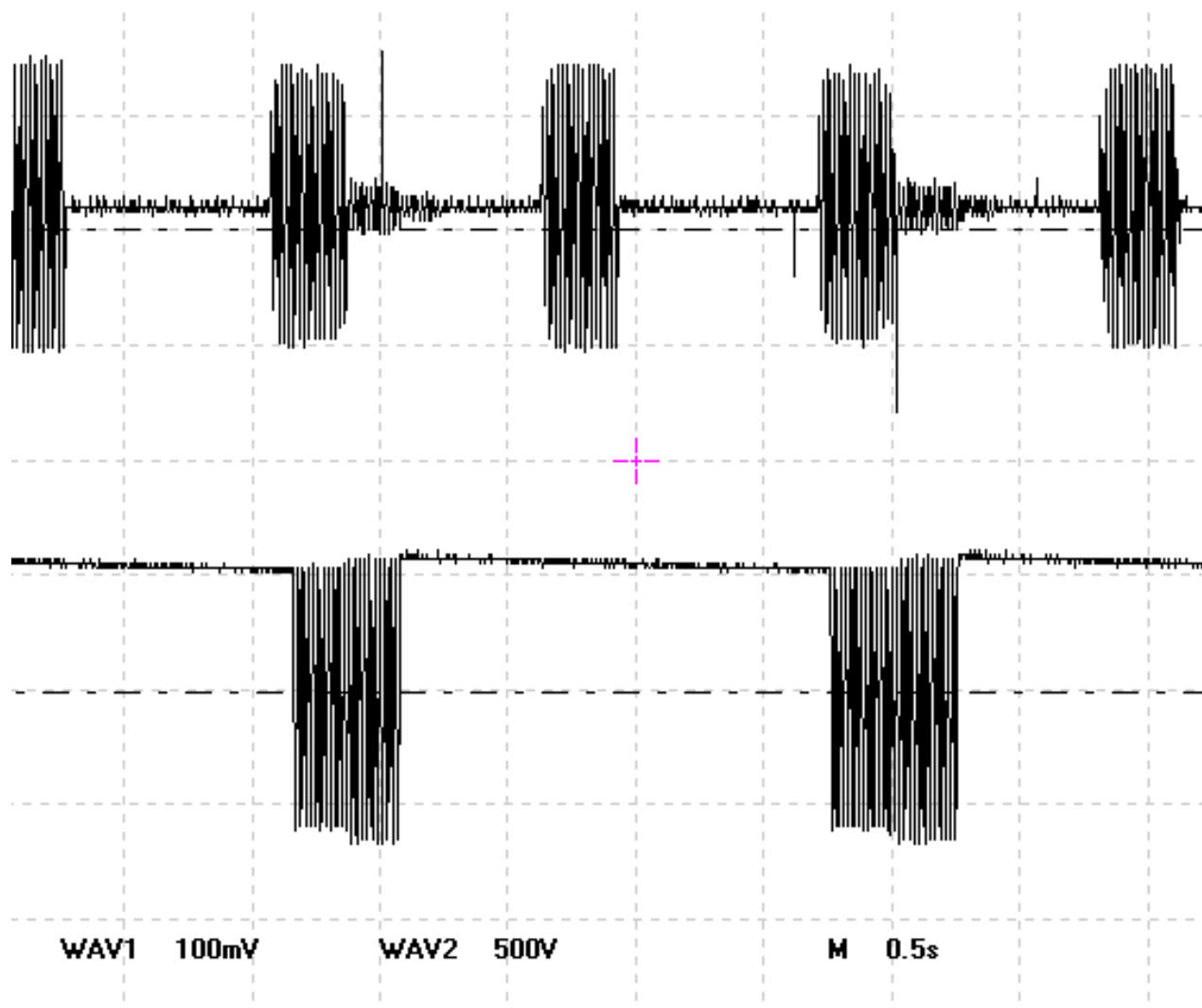
V silovém obvodu - obr. 6. je zařazena výkonová tlumivka, která tvoří s kondenzátorem sériový rezonanční obvod. Rezonanční frekvence byla zvolena 189Hz ( $p=7\%$ ). Při výběru dodavatele vyhověly přísným požadavkům na kvalitu a konstrukční provedení tlumivky typu ELCN (EL-3DL) společnosti ELCOM a.s. Tlumivky jsou vyráběny v třísloupkovém provedení z orientovaných transformátorových plechů a vyznačují se nízkými ztrátami.

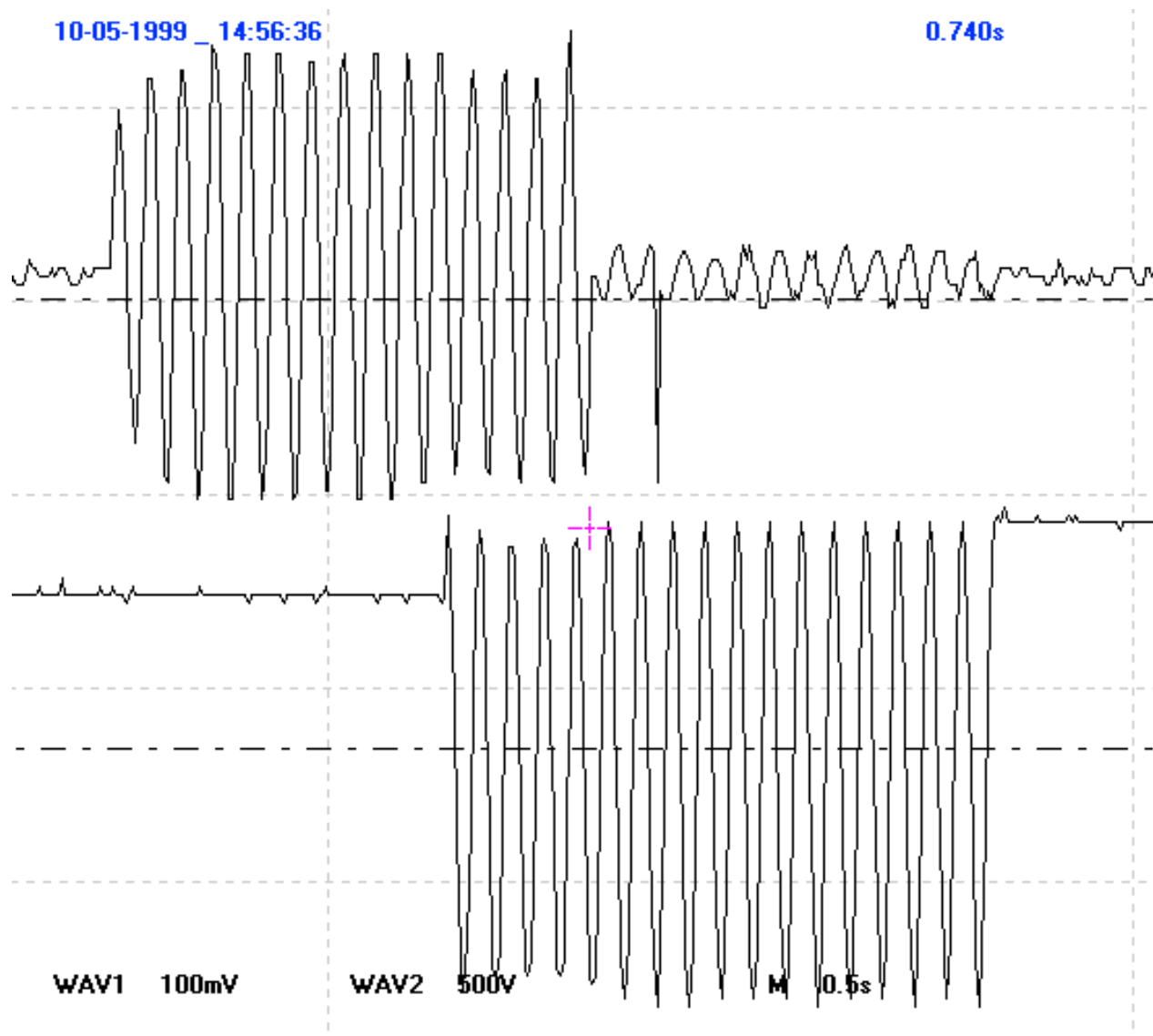
Kondenzátory jsou jednofázové jednotky systému MKP (metalizovaná polypropylénová fólie), samohojitelné s bezpečnostním přetlakovým odpojovačem, dodavatelem je ZEZ Silko s.r.o. Žamberk. Použit je nevytékavý impregnant, bez PCB látek, ztrátový výkon kondenzátorů je max. 0,5W/kvar.

### 3. APLIKACE – PRAKTICKÉ PŘÍKLADY POUŽITÍ

#### 3.1. RYCHLOST A VÝKON

Význam dostatečné rychlosti byl ověřen při kompenzaci provozu svářecího stroje na výrobu armatur (drátěných sítí) do betonu. Svářecí automat s délkou sváru asi 300ms při opakování kratším než 1s byl kompenzován bezkontaktním rozváděčem s regulátorem zahraniční výroby. Kompenzační rozváděč na první pohled pracoval správně: při funkci sváření připínal i vypínal kompenzační stupně, přesto však průměrné hodnoty účinníku  $\cos\phi$  napovídaly o chybné funkci. Na obr. 8 je průběh svářecího proudu a napětí na kondenzátorech během připnutí/odepnutí kompenzační baterie.

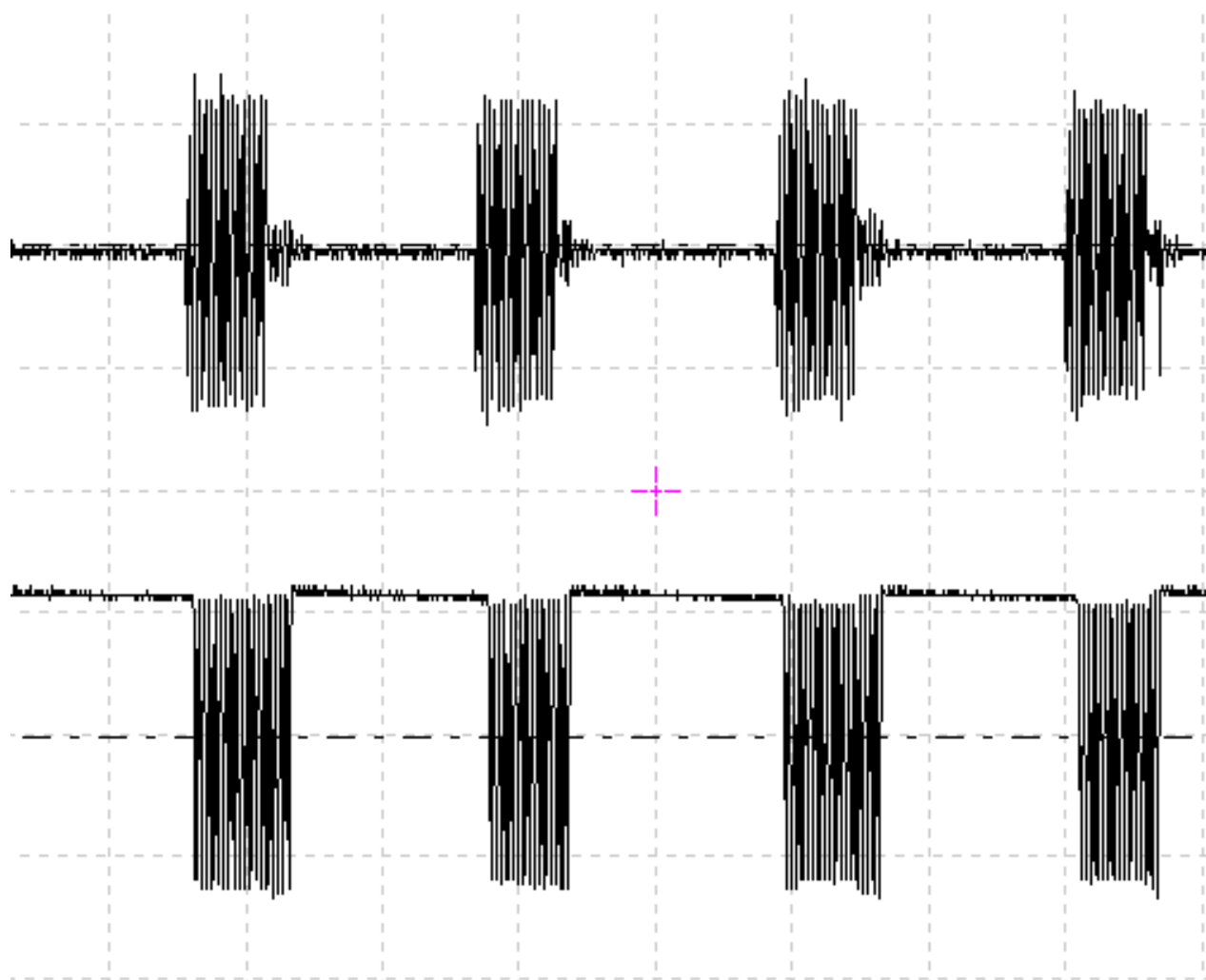


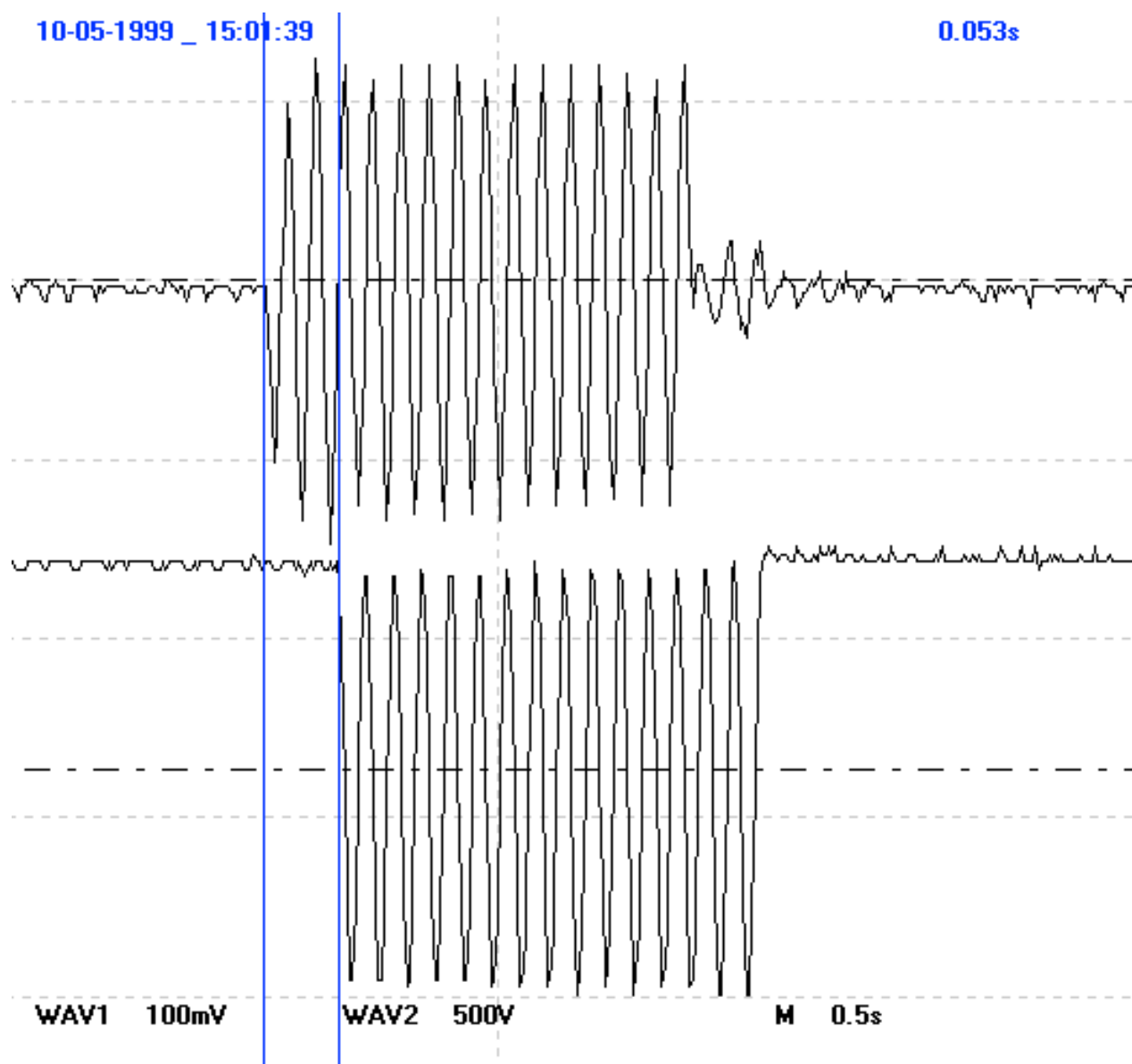


obr. 8

obr. 8

Z průběhu je patrné, že doba vyhodnocení a reakce je poměrně dlouhá (asi 11 period) a dochází tak ke zpoždění při spínání - nedokompenzování i při vypínání – překompenzování. Také opakovací frekvence 1s činí regulátoru potíže a některý svár prostě nezachytí. Tím pochopitelně docházelo k zaznamenání odběru jalové energie a výsledný dosahovaný účinník  $\cos\varphi$  nebyl vyhovující. Odběr kapacitní jalové energie nebyl v tomto případě vyhodnocován. Po instalaci regulátoru EFR7 - obr.9 se poměry výrazně zlepšily. Bylo ověřeno, že přesně podle popisu funkce regulátoru, dochází během 3 až 4 period k připnutí kondenzátorů. Je nutné si uvědomit, že k uvedeným fázím „prodleva – měření – výpočet“ je nutno přičíst dobu, kdy tyristorový spínač po přivedení povelu k sepnutí čeká na první průchod napětí na spínači nulou, jak bylo vysvětleno při popisu funkce spínačů. Obdobně po ukončení sváru dochází max. do 3 period k odpojení kapacit.





obr. 9

Bylo tak ověřeno, že tento systém zpětnovazební rychlé regulace EFR7 je vhodný pro děje, s dobou trvání alespoň 10period (200ms). Čím víc se blížíme k limitu 3-4period, zhoršuje se poměr doby účinné kompenzace k době, kdy je překompenzováno, popř. nedokompenzováno. Pro intervaly kratší než 200ms doporučujeme řídit spínání kapacit ne zpětnovazebním regulátorem, ale přímo ovládacími impulsy od indukčního spotřebiče, nebo pomocí proudového relé (čidla) vyhodocujícího nárůst induktivního proudu.

Problémem zůstává správné stanovení velikosti kompenzačního výkonu. Při spínání velkých indukčních spotřebičů dochází k proudovým rázům až jednotek kA a pokud bychom chtěli reagovat co nejrychleji, dostáváme při výpočtu kapacitního výkonu hodnoty v řádu Mvar. Přitom v ustáleném stavu je kompenzační výkon podstatně menší. Proto při správném nastavení prodlevy a ostatních parametrů regulace záleží především na zkušenostech servisních techniků. Cílem je minimalizovat počet regulačních zásahů a přitom udržovat účinník neustále na předepsané hodnotě.

### 3.2. ODRUŠENÍ TLUMIVKOU

Další problém byl řešen při kompenzaci provozu svářecích lisů a jejího vlivu na rozvodnou síť a některá zařízení v jiné části provozu. Svářecí automaty napojené přes samostatné oddělovací transformátory (0,4/0,4kV, 400kVA) byly centrálně kompenzovány bezkontaktním rozváděčem STYKOS o výkonu 595kvar s regulátorem EFR7 obr. 10. Kompenzační rozváděč byl nastaven v optimálním režimu, instalovaný výkon pokrýval plně deficitní jalový výkon a průměrné hodnoty účinníku  $\cos\varphi$  napovídaly o správné funkci. Po zprovoznění kompenzačního zařízení však občas docházelo k rušení některých elektronických zařízení v další části provozu. Provedením měření bylo potvrzeno překompenzování po ukončení svařovacích cyklů po dobu asi 50ms (po ukončení sváru dochází max. do 3 period k odpojení kapacit – viz obr. 8) a následné rušení sítě napětovými špičkami. Jak bylo uvedeno v popisu funkce regulátoru, jedná se o průvodní jev zpětnovazební regulace a nelze jej odstranit. Problematika byla řešena vřazením odrušovací sítě tlumivky ELFIS 3TS080 (80A/0,36mH) do napájecího přívodu k poruchové technologii. Problém rušení tím byl odstraněn i při funkci kompenzačního zařízení a při zajištění předepsaného účinníku  $\cos\varphi$ .



obr. 10

## DALŠÍ ROZVOJ BEZKONTAKTNÍCH SYSTÉMŮ

V současné době se velmi intenzivně rozvíjí příbuzný obor – aktivní filtry. Ty samozřejmě kromě kompenzace plní i další funkce, jako je symetrizace a filtrace, ale nemůžeme je považovat za náhradu nebo nástupce bezkontaktních kompenzačních systémů. Prozatím je širší použití aktivních filtrů bržděno vysokými pořizovacími náklady, ale v některých případech je jejich nasazení nevyhnutelné. Kterým směrem se bude ubírat další vývoj bezkontaktních systémů a aktivních filtrů ukáže budoucnost. Je ale pravděpodobné, že v dohledné době nedojde k úplnému vytlačení rychlé kompenzace aktivními filtry a oba systémy budou nacházet uplatnění v silnoproudé elektrotechnice.

## 4. LITERATURA

- [1] Seminář Kompenzace 99' - Regulátor a spínače pro rychlou kompenzaci, Ing. Kvasnička Josef, Ing. Mareda Vladimír, ELFIS-T s.r.o.

---

### Ing. Miloš Molnár



V roce 1977 absolvoval ČVUT FEL obor silnoproudá elektrotechnika. Pracoval jako konstruktér a vývojový pracovník v Elektrotechnických závodech Teplice. Od roku 1993 je jedním z majitelů, jednatelů a pracovníků společnosti EMCOS s.r.o., kde vede oddělení vývoje a konstrukce. Současně se zabývá projektováním moderních kompenzačních prostředků a jejich aplikacím.

Tel. 736633747

---

### Ing. Jiří Hanzlík



Autor je absolventem ČVUT FEL oboru automatizační a komunikační technika a od roku 1986 pracuje v oblasti vývoje, výroby a servisu rozváděčů NN a kompenzačních rozváděčů. Od roku 1993 je jednatelem společnosti EMCOS a v současné době vede oddělení odbytu a marketingu EMCOS s.r.o.

Tel. 736633746