

Korekce účinníku, stabilizace napětí v reálném čase a úspory energie

Ing. Jaroslav Smetana,
Blue Panther, s. r. o.

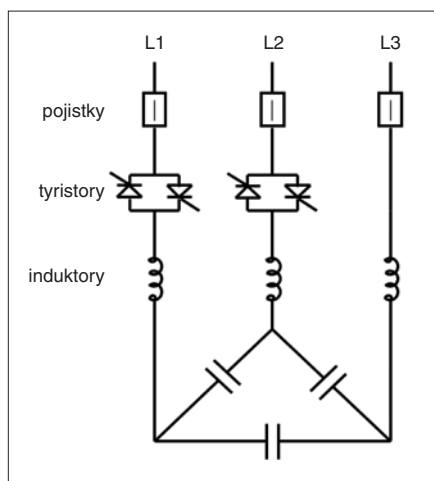
Běžná korekce účinníku je dnes řešena využitím mikroprocesorem řízeného kontroléru, který vyhodnocuje $\cos \varphi$ nebo úhel mezi napětím a proudem. Vyhodnocení bývá většinou v průběhu několika cyklů sítě. Po získání informace o momentálním $\cos \varphi$ je tento porovnán s cílovým $\cos \varphi$ a je připojen dílčí kapacitorový blok, přičemž je tento po-

od 10 do 26 cyklů frekvence sítě, což je 200 až 430 ms, a u některých strojů i méně, jsou systémy této konstrukce pro zmíněné a podobné případy naprosto neúčinné z hlediska kompenzace $\cos \varphi$, a tím i redukce proudů. Navíc, jak již bylo zmíněno při spínání náhodně vznikající přechodové děje ovlivňují činnost různých výrobních zařízení, i významně zkracují jejich životnost. Působením takto vznikajících přepětových špiček se zkracuje životnost vlastních kompenzačních kondenzátorů.

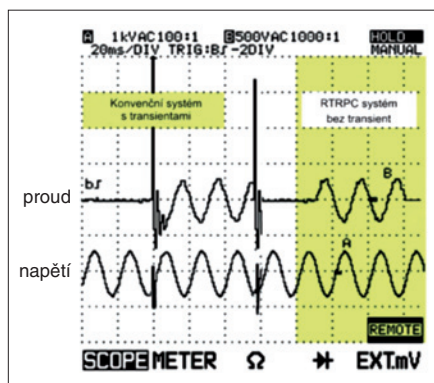
Díky pomalému reakčnímu času běžných kompenzačních systémů, a to se týká jak již popsanych běžných, tak i nově nabízených

Řešení pracující v reálném čase – EQUALIZER

V reakci na tuto situaci s využitím konvenčních systémů pro korekci účinníku používají systémy pracující v reálném čase (*Real Time Reactive Power Compensation, RTRPC*) elektronické spínací prvky, které mohou připojovat různé velikosti kapacitních kroků bez vytváření přechodových jevů a přepětových špiček. Na obr. 1 je ukázáno typické blokové zapojení s rychlou ochranou v každé fázi a induktory v sérii s bloky kapacitorů. Takoveto bloky neovlivňují nebo nezhoršují

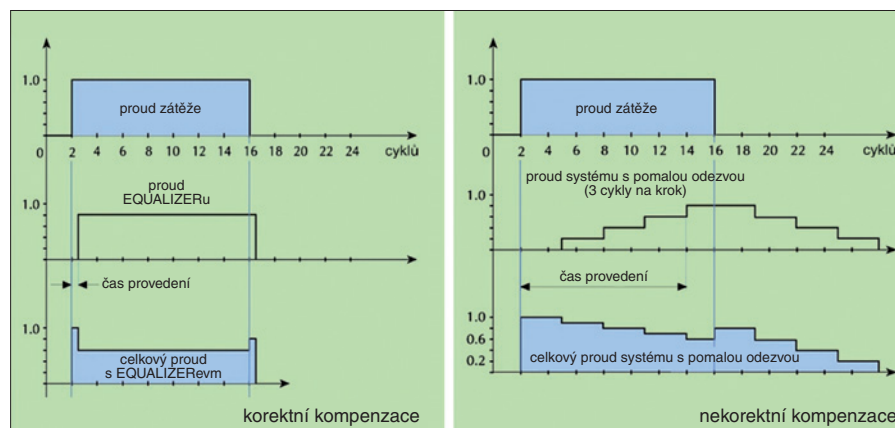


Obr. 1. Typické blokové zapojení



Obr. 2. Porovnání konvenčního systému a systému RTRPC

stup opakován až do dosažení cílového $\cos \varphi$. Tento cyklus může trvat 1 až 10 s při použití mechanických spínacích prvků a při použití polovodičových spínačů podle velikosti potřebné kompenzační kapacity desítky cyklů sítě. Během procesu připojování kapacitorů se vytvářejí tranzienty, a to jak v případě mechanických, tak i elektronických spínačů. Vezme-li se v úvahu, že např. svařovací impulz bodového svařovacího stoje trvá



Obr. 3. Průběhy v síti se systémem Elsperc

systémů, tzv. rychlých, které připojují potřebnou velikost kompenzační kapacity najednou a ne po krocích, a dosahují proto vyšší reakční rychlosti, je čas pro určení potřebné kapacity stále na úrovni ne kratší než 100 ms. Přihlédne-li se k rychlosti impulzů např. svařovacích strojů, ale i jiných rychlých technologických zařízení, jako jsou vstřikovací lis, rozběhy motorů apod., a k nutnosti zpoždění připojení kapacitorů u těchto kompenzátorů pro zabránění přechodovým jevům, je celková reakční doba i momentálně nejrychlejších systémů srovnatelná s šíří pracovního cyklu těchto zařízení. Z tohoto stavu je patrné, že takto pracující kompenzátorů nemohou mít vliv na rychlé poklesy napětí, velikost napětového flickeru ani na okamžité změny proudu. Při svařování, tlakovém lisování a všude tam, kde rychlé připojování velkých zátěží dominuje energetické zátěži, je dopad takovýchto systémů na zlepšení kvality elektřiny, úspor energie, kvalitu výroby či využití energetické sítě minimální.

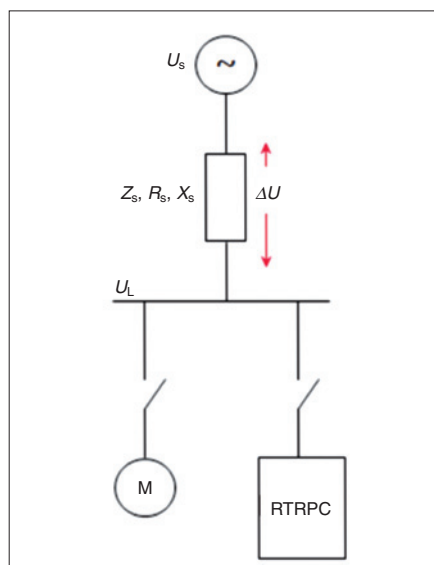
proces spínání. Teoreticky tedy není žádné omezení na počet spínacích operací, což vede k zásadnímu pokroku v koncepci základního principu spínání kapacitorů v systému. Jako výsledek lze získat spínání bez přechodových jevů a odstranění velkého napětového namáhání kapacitních prvků.

Na obr. 2 je ukázán rozdíl mezi činností „statického“ systému s okamžitým připojováním kapacitorových bank a činností klasického systému. Přestože na trhu je již několik systémů, které využívají spínání bez přechodových jevů, používají stále postupné připojování jednotlivých kroků, a vykazují tedy pomalou reakci. Systémy „statické“, které jejich výrobci nazývají „rychlými“, sice používají „okamžité“ připojení odpovídající velikosti kapacitorů, ale jejich reakční doba je nedostatečná vzhledem k rychlosti změn proudů a napětí dnes v průmyslu běžných, a tak mají podobnou účinnost při korekci rychlých dějů jako systémy s postupným zapojováním bank.

Klíčovým kritériem pro tyto aplikace je totiž zpoždění mezi situací na síti – počátkem rychlé změny proudu v síti (např. startem svařovacího pulzu), a časem provedení, tedy celkovým časem měření, výpočtu a připojením celkového reaktivního výkonu k síti potřebného pro kompenzaci.

Kapacitory takového systému skutečně pracujícího v reálném čase (RTRPC) jsou nepřetržitě nabíjeny. Algoritmus výpočtu a kontrolér systému Elspec EQUALIZER zajistí, že kompletní elektrické připojení potřebného reaktivního výkonu k síti je provedeno v polovině cyklu sítě (2 až 10 ms) při průchodu proudu nulou a s předem nabitými kapacitami na napětí shodné se sítí.

Na obr. 3 je rozdíl mezi systémem RTRPC s reakčním časem pod polovinou cyklu a standardním elektronickým systémem s krokovým připojováním bank kapacitorů. U tzv. rychlých systémů je rozdíl pouze v tom, že sice připojují potřebný reaktivní výkon najednou, ale v čase násobků periody sítě s nutností „čekání“ pro potlačení přechodových jevů. Toto potřebné zpoždění je závislé na



Obr. 4. Blokové schéma zapojení kompenzace

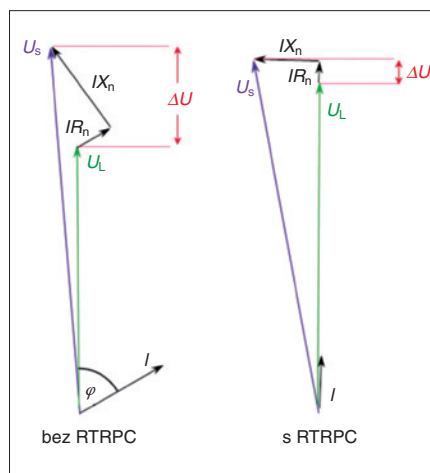
momentálním stavu při připojování kapacitorů a může trvat i několik period. Výsledkem je, že reakční doba takového systému je sice poněkud kratší než u konvenčních řešení, ale stále několikanásobně delší než doba potřebná k stabilizaci napětí či potlačení špiček proudu při rychlém připojování zátěží.

Jak je dále patrné z jednoduché prezentace situace na obr. 3, síť opatřená systémem Elspec EQUALIZER získá navíc mnoho dalších výhod.

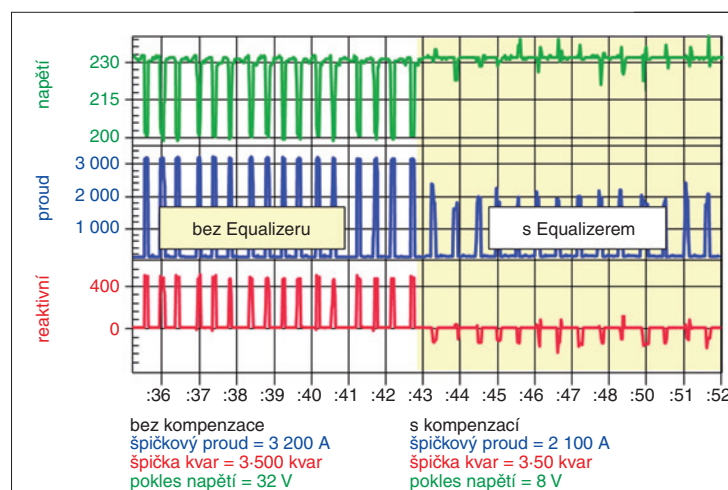
Velké a rychlé změny reaktivního výkonu běžně nastávají během rozběhů velkých motorů, svařovacích operací a nesynchronních činností mnoha motorů s častým cyklem zapínání a vypínání, což je v současných technologiích v průmyslu naprosto běžný jev. Systém Elspec EQUALIZER minimalizuje negativní účinky činnosti těchto zátěží téměř okamžitou kompenzací reaktivního vý-

konu, potenciální eliminací napěťového flickeru a stabilizací napětí sítě.

Bezpřechodové spínací prvky Elspec dělají ze zařízení EQUALIZER ideální systém nejen pro velké výrobní závody, ale i pro instituce vysoce citlivé na kvalitu elektrické sítě, jako jsou nemocnice, letiště, datová centra apod.



Obr. 5. Rozložení napětí v systému s kompenzací a bez ní



Obr. 6. Vlivy na síť po připojení svařovacího stroje

Schopnost kompenzace reaktivní energie v reálném čase lze rozšířit o další přínosy použití technologie systému Elspec EQUALIZER jako jsou: řízení napětí, filtrování harmonických, úspora elektrické energie, redukce ztrát, redukce nákladů na údržbu, zvýšení kvality výroby.

Poklesy napětí a redukce flickeru

Poklesy napětí jsou minimalizovány díky korekci $\cos \varphi$ a snížení reaktivního proudu v reálném čase. Následující dva obrázky (obr. 4 a obr. 5) ilustrují napěťový pokles způsobený vnitřní impedancí spotřebiče (např. bodového svařovacího stroje). Napájecí transformátor představuje indukční zátěž a posouvá pokles napětí o asi 90° . Svařovací stroj je typicky indukční zátěž s velmi špat-

ným $\cos \varphi$ (až 0,2) a posouvá proud přibližně o 70 až 80° , takže je směr vektoru poklesu napětí ΔU posunut dvakrát. Jednou vlivem vnitřní impedance transformátoru a podruhé vlivem indukčního charakteru proudu zátěže (svařovacího stroje), viz obr. 3 a obr. 4. Vektor ΔU je velmi blízko protisměru napětí zdroje U_s (napájecí napětí). Kompenzace $\cos \varphi$ prvkem EQUALIZER výrazně redukuje proud a posouvá směr poklesu napětí v tomto případě o 70 až 80° . Výsledkem je obrovské zmenšení velikosti poklesu napětí ΔU , stabilizace napětí sítě a redukce hlavní příčiny způsobující flicker.

Na obr. 6 je zobrazen masivní dopad na síť s připojeným jednofázovým svařovacím strojem připojeným mezi dvěma fázemi. Je zde patrné zásadní zmenšení proudu odebíraného ze sítě v době bodového svaru, snížení reaktivního výkonu i korekce $\cos \varphi$.

Zvýšený výkon systému a redukce ztrát

Kompenzace reaktivní energie redukuje velikost příslušného zdánlivého výkonu ($kV \cdot A$) a s ním spojeného zatěžovacího proudu. Všechny body nad instalovaným prvkem EQUALIZER profitují z redukce proudu.

- Úspory/investice: potenciální snížení investice do transformátorů, průřezů sběrnice v rozváděcích, kabelů a dalších prvků vedoucích proud.
- Zvýšené využití: možnost přidat další zařízení na „odlehčené“ transformátory a elektrickou síť díky uvolnění „kapacity“ transformátoru redukcí jalového výkonu.
- Úspory energie: Elspec EQUALIZER redukuje jak zatěžovací proud sítě, tak i jeho harmonické složky. Omezením proudu protékajícího kabely, transformátory atd. sníží ztráty, které rostou s druhou mocninou (I^2R). Je-li EQUALIZER rovněž vybaven filtrací harmonických složek, redukuje i ztráty z proudů harmonických. Tyto ztráty jsou úměrné druhé mocnině jak co do velikosti proudu dané harmonické, tak i co do řádu harmonické (frekvenci).

Souhrn

Elspec EQUALIZER jednoznačně nabízí přínosy daleko přesahující použití konvenčních i tzv. „rychlých“ systémů vyskytujících se v současnosti na trhu. Kromě redukce jalového výkonu se jeho působením zlepšuje kvalita výroby, filtrace harmonických, jsou redukovány rychlé změny napětí, omezen flicker, minimalizována údržba, zvýšena finanční flexibilita infrastruktury a též uspořena elektrická energie.

Všechny tyto možné přínosy mohou být zahrnuty do ekonomické analýzy při rozhodování o instalaci zařízení. Díky celosvětovému tlaku na snižování spotřeby elektrické energie, vzrůstajícímu tlaku ze strany distributorů na zpětný vliv na elektrickou síť i dramatickému nárůstu technologií citlivých na kvalitní dodávku elektřiny a naproti tomu zařízení negativně ovlivňujících kvalitu elek-

triny je EQUALIZER velmi výkonné řešení s minimální vlastní spotřebou.

S přihlédnutím ke všem zmíněným možnostem úspor je ekonomická návratnost jeho použití šest až dvanáct měsíců, tedy v případě smysluplnosti použití v dané situaci.

O potřebnosti a výhodnosti použití systému EQUALIZER v dané situaci rozhodují v první řadě výsledky analýzy situace v příslušném místě. Hlavním východiskem takové analýzy je odpovídající měření. Z dříve uvedeného je patrné, že měření musí zachytit i velmi rychlé děje na síti, a to tak, jak skutečně fyzicky probíhají. Zde je totiž velký zdroj nejasností vedoucí k možnému chybnému rozhodnutí, zda je účelné či ne zavést v daném místě systém pracující v reálném čase (RTRPC) nebo běžnou kompenzaci. Při použití měřicích přístrojů pracujících podle postupů stanovených v normě IEC 61000-4-30 a vyhodnocení podle EN 50160, které jsou ve většině případů k mě-

ření v praxi využívány, může být situace chybně vyhodnocena vzhledem k tomu, že postupy měření a vyhodnocení podle IEC 61000-4-30 předepisují např. průměrování měření přesahujících deset period. Reálná velikost špiček napětí a proudu je tak ve výsledku zkreslena a stává se důvodem chybného postupu. Další průměrování nastává ve vyhodnocování ze strany distributora energie, a tak např. účinník vyhodnocený podle EN 50160 vyhovující podmínkám distributora je ve skutečnosti v čase se velmi rychle měnící, což je projev rychlých změn jalové složky zatěžovacího proudu, která není takto rozpoznána, atd. V mnoha případech je tak situace chybně vyhodnocena a je navrženo nevhodné řešení. To je však námět na jiný příspěvek. Další podrobnosti o možnostech systému EQUALIZER lze získat od výhradního zástupce firmy Elspec, společnosti Blue Panther, s. r. o.

<http://www.blue-panther.cz>