

Náhrada zastaralých rotačních a statických střídačů

Ing. Petr Gric, PEG s. r. o.

Ing. Vladimír Korenc, Dr. Ing. Tomáš Bůbela, ELCOM, a. s.

Článek pojednává o náhradě zastaralých rotačních a polovodičových střídačů výroby 60. až 80. let střídači nové generace. Podrobněji se zabývá popisem vlastností původních statických střídačů známých pod názvem TYRISTAT ZZ a jejich náhradou novými střídači označovanými EZZT, vyráběnými společností ELCOM, a. s.

1. Úvod

Potřeba zálohovat stejnosměrné i střídavé okruhy napájení je stará zřejmě jako elektrotechnika sama. Zdroje stejnosměrného i střídavého nepřerušovaného napájení obvodů signalizujících provozní a poruchové stavy, bezvýpadkové napájení důležitých okruhů osvětlení, ať již nouzového, pozicního, nebo signálního, napájení důležitých přístrojů či technologií, jež by při výpadku napájecích obvodů ohrozily chod výroby nebo jiných procesů a v neposlední řadě napájení obvodů ochrany v energetice se používají již desítky let. Co se však mění, jsou technické požadavky na ně kladené. Ty vycházejí jednak z požadavků složitosti zařízení a obvodů, jež zálohují a z jejich energetické náročnosti. Soudobá zařízení kladou obrovské nároky na kvalitu dodávané zálohované elektrické energie, její bezvýpadkovost a dobu zálohování. Naopak energetická náročnost se vzhledem k mnohonásobnému snížení ztrát elektronických obvodů zařízení a technologií snížila.

Zálohová zařízení můžeme zásadně rozdělit do dvou skupin – na stejnosměrná a střídavá. V tomto článku, jak je již řečeno v úvodu, se chceme zabývat skupinou druhou, a to zálohovými zařízeními střídavými.

Stejně jako ve stejnosměrných zařízeních je akumulátorem energie převážně elektrochemický zdroj, nejčastěji staniční baterie o napětí v rozsahu od 24 V do 220 V, někdy i s vyšším napětím. V ojedinělých případech jsou zálohové zdroje energie i na jiném principu, např. využívající pohybovou nebo polohovou energii (rotační motorgenerátory apod.), jejich použití je však stále velmi vzácné. V tomto článku se nebudeme zabývat problémem staničních akumulátorů (viz např. [1], nebo [2]), ale problémem přeměny stejnosměrného průběhu napětí na napětí střídavé.

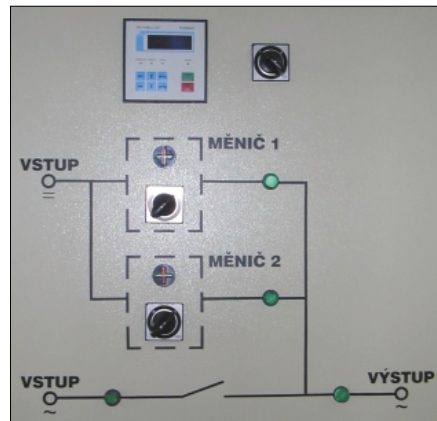
2. Měniče DC/AC – střídače

2.1. Princip práce rotačních střídačů

V době, kdy polovodičová elektrotechnika byl ještě neznámý nebo jen málo známý pojem, se používaly především rotační stří-

dače. Rotační střídač je soustrojí zpravidla tří elektrických strojů, asynchronního motoru, synchronního generátoru a stejnosměrného motoru, resp. dynamu, jež jsou navzájem mechanicky propojeny.

V době přítomnosti síťového napájecího napětí je soustrojí poháněno asynchronním motorem s kotvou nakrátko. Synchronní generátor je nenabuzen, na jeho svorkách je nulové napětí a je odpojen od sítě. Dynamo je nabuzeno, obvod kotvy je připojen na svorky staniční baterie a dobíjí ji napětím a proudem, jež jsou požadovány daným typem staniční baterie.



Obr. 1. Výřez uspořádání ovládacích prvků zdroje

Při výpadku síťového napětí je asynchronní motor bez napětí, stejnosměrné dynamo přechází do motorického chodu a synchronní generátor je nabuzen na napětí sítě a připojen do zálohovaného okruhu. Buzením stejnosměrného motoru je regulována výstupní frekvence generátoru, buzením synchronního generátoru je regulováno výstupní napětí.

Toto je rámcový princip funkce rotačních střídačů, pracují však v mnoha obměnách (např. se synchronním generátorem trvale přifázovaným k síti v pohotovostním režimu atd.). Také principy řízení jsou různé od manuálních až po plně automatické. Tento způsob zálohování střídavých okruhů má mnoho nevýhod. Účinnost provozu rotačních střídačů je velmi špatná zejména vlivem velkých mechanických ztrát. Kvalita dodávané elektrické energie závisí na použitých komponentech systému především regulátoru otáček a napětí. Při ruční regulaci byla frekvence a efektivní hodnota výstupního napětí soustrojí závislá na lidském faktoru. U malých synchronních generátorů byl vlivem konstrukce magnetického obvodu malých synchronních motorů průběh výstupního napětí zkrácen především třetí harmonickou slož-

kou. Další podstatnou nevýhodou rotačních střídačů byla i velká hlučnost a potřeba trvalé údržby rotačních částí soustrojí.

Je s podivem, že obliba těchto zálohových zdrojů energie byla u projektantů velmi vysoká a že byly projektovány a uváděny do provozu i v době již velmi rozvinuté výkonové i regulační elektroniky.

Rotační střídače jsou v současné době minulostí a pracují již pouze ojedinelě.

2.2. Střídače polovodičové

V době centralizované výroby byl vývoj a výroba polovodičových střídačů předán do podniku ČKD, závodu Polovodiče, kde se v různých modifikacích a výkonových řadách vyráběly pod označením TYRISTAT ZZ. Obliba zařízení TYRISTAT ZZ byla velká jak mezi projektanty, tak mezi provozovateli. ČKD Polovodiče vyrobilo těchto zařízení stovky kusů a vyváželo je i do zahraničí, a to nejenom do členských států bývalé RVHP.

2.2.1. Střídače TYRISTAT ZZ

TYRISTAT ZZ je tyristorový statický měnič s nucenou komutací – střídač, který přeměňuje stejnosměrnou energii z akumulátorů na střídavou energii s konstantní frekvencí.

Sílová část střídačů TYRISTAT ZZ byla realizována výkonovými tyristory ČKD Polovodiče, většinou typu T 955 (tzv. dracounové tyristory). Výkonové součástky byly umístěny na hliníkových chladičích s nucenou ventilací. Regulační část byla sestavena konstrukčními jednotkami, známými pod označením URS.

Výstup zařízení TYRISTAT ZZ byl 220 V, a to buď jednofázový, nebo třífázový. Tolerance výstupního napětí byla $\pm 3\%$ a výstupní frekvence byla $50 \text{ Hz} \pm 1\%$. Průběh napětí byl sinusový, se zkrácením 3 až 10 %, podle zátěže a napájecího napětí. Účinnost zařízení TYRISTAT ZZ byla minimálně 75 %. Bylo napájeno z baterií o napětí 110 V, nebo též 220 V. Výkonová řada byla 2,5 kW až 10 kW.

Zařízení TYRISTAT ZZ mohlo pracovat ve třech základních režimech:

1. **Studená rezerva** – doba prodlevy v dodávce energie do 2 s.

Zátěž je napájena přímo ze sítě přes silovou svorkovnici záskokového zdroje. Záskokový zdroj je vypnut a není připojen k baterii. Při výpadku sítě je silová svorkovnice odpojena od sítě, střídač se připojí k baterii a po naběhnutí střídače na jmenovité výstupní napětí, tzv. pohotovostní stav, je silová svorkovnice připojena stykačem k střídači, a tím je obnovena dodávka energie do zátě-

že. Při obnovení napětí v síti je svorkovnice připojena zpět na síť a střídač odpojen od baterie a vypnut. Celý tento proces probíhá automaticky.

2. **Horká rezerva** – doba prodlevy je do 200 ms.



Obr. 2. Pohled na otevřený rozváděč zdroje EZZT se dvěma moduly

Zátěž je napájena ze sítě přes silovou svorkovnici záskokového zdroje. Záskokový zdroj je připojen k baterii a je v pohotovostním stavu. V případě výpadku sítě je silová svorkovnice odpojena od sítě a připojena k střídači. Při obnovení napětí v síti je svorkovnice přepojena zpět na síť, ale střídač se nevypíná. Záskokový proces probíhá automaticky.

3. **Nepřetržitě napájení** – doba prodlevy 0 s.

Zátěž je napájena ze záskokového zdroje. Záskokový zdroj je napájen nepřetržitě z baterie, která je dobývá nabíječem. Zapínání zařízení a přepínání jednotlivých režimů se provádí manuálně. Na předním panelu je umístěno měření proudu, napětí a výstupní frekvence.

Z dnešního pohledu přísnějších požadavků na polovodičové střídače je již nevyhovující nízká účinnost zařízení TYRISTAT ZZ, průběh výstupního napětí, doby prodlevy při jednotlivých režimech chodu a v neposlední řadě i nadměrná hlučnost zařízení, jež je dána výkonnými ventilátory a magnetickými obvody vinutých dílů.

Zařízení TYRISTAT ZZ se přestala vyrábět

na konci osmdesátých let a mnohá již dožívají, nebo jsou již vyřazena z provozu.

Využití samostatných statických polovodičových střídačů má však doposud velké opodstatnění zejména tam, kde jsou instalovány staniční baterie o napětí 110 V a 220 V a velké kapacitě. V tomto případě je přechod na zařízení UPS s vlastními bateriemi neekonomický, protože baterie, jež obsahuje zařízení UPS, je zaplácena provozovatelem podruhé a dosavadní baterie je nevyužita. Cena baterie v zařízení UPS přitom mnohdy představuje dominantní část pořizovací ceny.

V druhé polovině devadesátých let na našem trhu vznikla značná mezera: nebyla přímá a adekvátní náhrada těchto zdrojů. Projektanti a provozovatelé tento nedostatek řešili většinou montáží buď komponentů, nebo kompletních zařízení UPS. Toto řešení je však v mnoha případech neekonomické (jak již bylo řečeno výše) a někdy i technicky ne příliš vhodné. Proto firma ELCOM a. s. ve spolupráci s firmou PEG s. r. o. vyvinula stoprocentní náhradu střídačů staré konstrukce (jak rotačních, tak polovodičových) a v několika instalacích je i provozně vyzkoušela.

2.2.2. Statické střídače ELCOM

Statické střídače ELCOM jsou vyráběny pro stejnosměrné vstupní napětí od 110 V do 600 V s jednofázovým i třífázovým výstupem ve výkonové řadě od 2,5 kVA do 90 kVA. Střídač je samostatná jednotka určená k zabudování do různých typů zdrojů. Pracuje na principu pulsně-šifkové modulace (PWM) s modulačním kmitočtem 11 kHz. Výstupní sinusové napětí je získáno pomocí pasivních filtrů. Tolerance výstupního kmitočtu je 0,1 % a v případě použití střídače jako záložního zdroje je jeho výstupní napětí synchronizováno s napětím sítě nebo s externím signálem.

Základní vlastnosti střídačů:

- Nastavitelný kmitočet výstupního napětí – umožňuje využít měnič i v jiných napájecích soustavách než 50 Hz.

- Nastavitelná velikost výstupního napětí
- Nastavitelná rampa náběhu výstupního napětí – zajišťuje „měkké“ zapnutí výstupní měniče.
- Regulace velikosti výstupního napětí – udržuje konstantní napětí na výstupu zdroje.
- Vnitřní diagnostika – usnadňuje nastavování měniče a odhalování příčin případných problémů, je možné připojit k PC.
- Měření – pomocí ovládacího panelu s klávesnicí a displejem umožňuje sledovat řadu veličin měniče (proudy, napětí, teploty, výkony).

Záložní zdroj jako náhrada původních střídačů TYRISTAT ZZ má označení EZZT a obsahuje jeden nebo dva střídače, obvody bypassu a pomocné obvody pro řízení, zobrazování a diagnostiku. Blokové schéma zdroje EZZT se dvěma střídači je na obr. 3. Není zde znázorněn pasivní výstupní filtr s transformátorem.

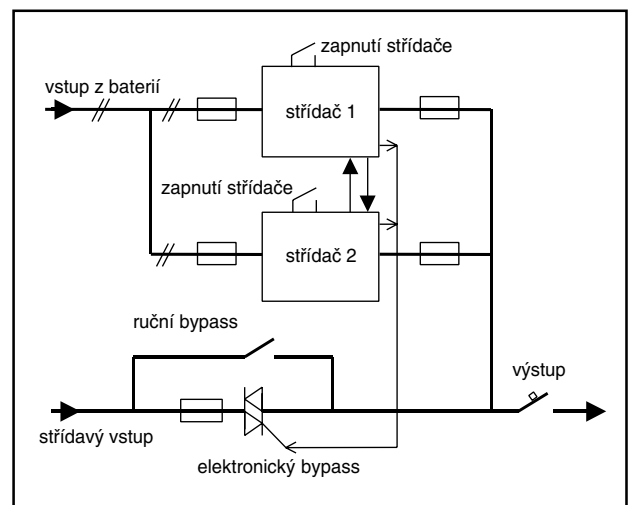
Každý střídač je konstruován do modulu (obr. 2), který obsahuje vedle měniče i vlastní řídicí počítač, ventilační jednotku a výstupní transformátor s filtrem.

Modulové uspořádání umožňuje jednoduše sestavovat různé typy střídačů podle potřeby zákazníka.

Vlastní řízení celého zdroje je naprogramováno v řídicím počítači, který je v každém modulu střídače. Spojení jednotlivých řídicích počítačů po komunikační lince umožňuje, v případě použití dvou a více modulů, vzájemnou okamžitou plně funkční záměnu, popř. rozdělení výkonu mezi jednotlivé měniče.

Zdroj se ovládá buď ručně pomocí přepínačů umístěných na dveřích rozváděče, nebo dálkově. Vlastní nastavování parametrů a zobrazování některých informací je možné pomocí terminálu rovněž umístěného na dveřích zdroje. Základní uspořádání je zřejmé z výřezu fotografie čelních dveří rozváděče (obr. 1).

Při osazení zdroje EZZT dvěma střídači se podstatně zvyšuje spolehlivost celého zařízení. Kvůli rovnoměrnému opotřebování



Obr. 3. Blokové schéma zapojení zdroje EZZT se dvěma střídači

a zjištění okamžité připravenosti jsou střídače po nastavené době automaticky přepínány bez výpadku výstupního napětí s dobou přepnutí maximálně 3 ms.

Zdroj EZTZ může pracovat ve dvou režimech:

1. Záloha síťového napětí

Je sepnut síťový bypass a střídač je v horké záloze, při výpadku síťového napětí se zapíná během 3 ms.

2. Trvalý chod ze střídače

Síťový bypass se zapíná pouze v případě poruchy střídače nebo při výpadku napětí baterií.

3. Výhody zdrojů EZTZ

Nevýhody původních zdrojů TYRISTAT ZZ jsou popsány v předcházející části článku. Oproti tomu podstatné výhody nových zdrojů, které přináší nové technologie výkonových střídačů, jsou:

Menší ztráty

- Střídače typu EZTZ pracují s účinností až 96 %.

Menší zkreslení napětí

- Výstupní napětí dosahuje harmonického zkreslení THD < 3 %.

Menší rozměry

- Nový střídač je umístěn v rozváděčové skříni o rozměrech 800×600×2000 mm

Menší hlučnost

- Díky nízkým ztrátám je hluk způsobený ventilátory téměř zanedbatelný. Hluk způsobený magnetostrikcí je nad prahem slyšitelnosti.

Spolehlivost

- Vzhledem k velké přetížitelnosti, rychlosti řízení a možnosti redundantního provozu je spolehlivost oproti původním zdrojům mnohonásobně vyšší.

Diagnostika a opravitelnost

- Vzhledem k rozsáhlému diagnostickému programovému vybavení je možné okamžitě zjistit stav zdroje, jeho výpadky, počet opakovaných zapnutí, počet provozních hodin atd.
- V případě osazení zdroje dvěma a více moduly je možné opravit zdroj i za provozu nebo s minimální dobou odstavení.

EMC

- Zdroje plně vyhovují standardům ČSN EN. Pro zvlášť vysoké požadavky na odrušení je možné zdroje namontovat do speciálních skříní EMC, které dodává několik výrobců.

4. Závěr

Střídače EZTZ představují plnohodnotnou náhradu jak rotačních, tak statických střídačů starší výroby. Jejich technické parametry

splňují i ty nejnáročnější požadavky na kvalitu zálohované sítě, stabilitu frekvence, napětí i dalších technických parametrů. Řídicí jednotka umožňuje pružné přizpůsobení řídicích a regulačních parametrů dané aplikaci.

Univerzální stavebnice měničů kmitočtu a jejich řízení umožňuje sestavovat nejenom přesné náhrady původních zdrojů TYRISTAT, ale i náhrady jiných takřka libovolných statických napájecích zdrojů z libovolných vstupních a výstupních napětí a kmitočtů [3].

Již několik úspěšných aplikací statických střídačů ELCOM v naší republice potvrzuje úspěšnost původního záměru vývoje těchto zdrojů, kterým bylo vyplnit mezeru na našem trhu po přerušení výroby československých střídačů v ČKD Polovodiče.

5. Použitá literatura

- [1] GRIC, P.: Specifikace uzavřených akumulátorových článků pro staniční použití podle EUROBAT. ELEKTRO, č. 6, 1998.
- [2] GRIC, P.: Rozváděče nouzového osvětlení se staničními bateriemi. ELEKTRO, č. 11, 1998.
- [3] KORENC, V. – FARAN, A. – BŮBELA, T.: Nová koncepce napájení zabezpečovacích zařízení u Českých drah. ELEKTRO, č. 10, 2000.

□