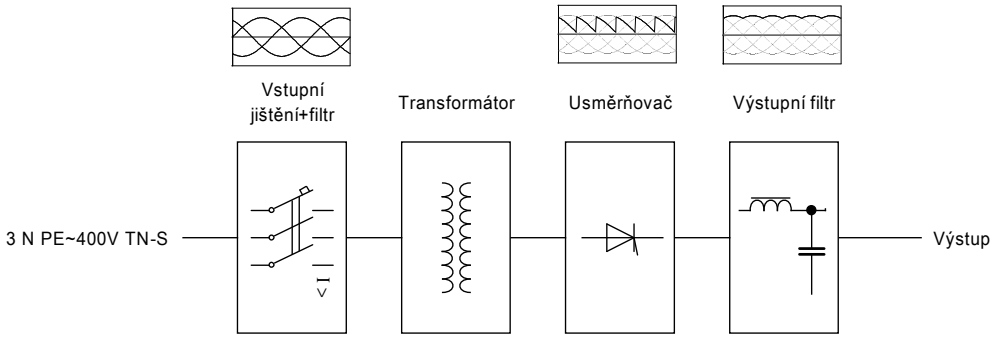
POROVNÁNÍ TYRISTOROVÝCH A SPÍNANÝCH NAPÁJECÍCH ZDROJŮ PRO GALVANOTECHNIKU

Ing. Vlastimil Vrátný, Ing. Lukáš Krahulík,
DEHOR-elspec. Litvínov s.r.o.

Vzhledem k častým dotazům pracovníků galvanoven na rozdíly mezi tyristorovými a spínanými zdroji se níže pokusíme nastínit několik zásadních rozdílů.

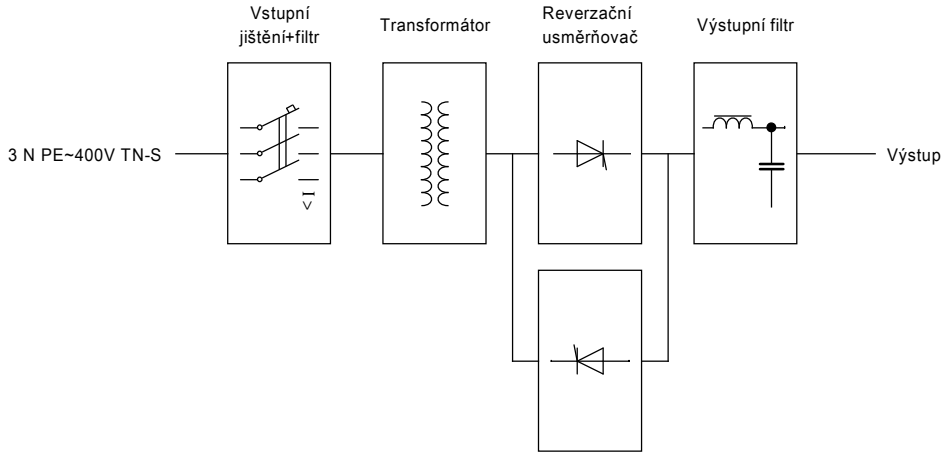
Historicky dříve se začaly používat zdroje tyristorové, tzv. usměrňovače, a to z důvodu technických možností polovodičových prvků. Tyristor je vlastně vylepšenou variantou diody a oproti diodovému usměrňovači se chová jako elektrický ventil, který lze zvenčí zapnout a vypnout tj. používat jej ve spínacím režimu a vytvořit tak řízený usměrňovač s nastavitelnou střední hodnotou výstupního napětí.
U tyristorového napájecího zdroje jsou tyristory použity jako aktivní prvek k regulaci výstupního výkonu zdroje. Lze je umístit v primární nebo sekundární části zdroje, ve většině případů se používají v sekundární části (viz obr.1).

Princip tyristorového zdroje (viz obr.1)
Na vstupu zdroje je vstupní jištění a blok vstupních filtrů, který tvoří především kompenzace jalové složky výkonu. Následuje výkonový transformátor ze síťového napětí na maximální napětí výstupu zdroje. Na sekundární straně transformátoru je připojen zpravidla řízený dvoucestný usměrňovač tvořený 6 tyristory. Na výstupu zdroje je výstupní filtr, který má za úkol snížit výstupní zvlnění.



Obr.1 Blokové schema tyristorového zdroje

Rozšíření tyristorového zdroje o reverzaci polarity (obr.2)
Provede se doplněním dalšího řízeného usměrňovače opačné polarity (obvykle ve skříni zdroje).

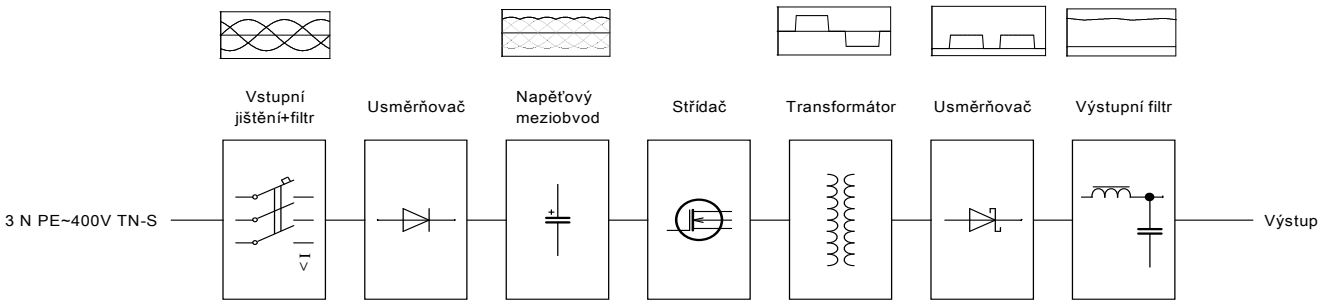


Obr.2 Blokové schema tyristorového reverzačního zdroje

S vývojem polovodičových prvků se postupně především z důvodu parametrů napájecích zdrojů přešlo ke spínané konstrukci (obr.3). Významnými vlastnostmi spínaných zdrojů jsou především vyšší energetická účinnost, snížení hmotnosti, rozměrů a kvalitnější výstupní parametry.

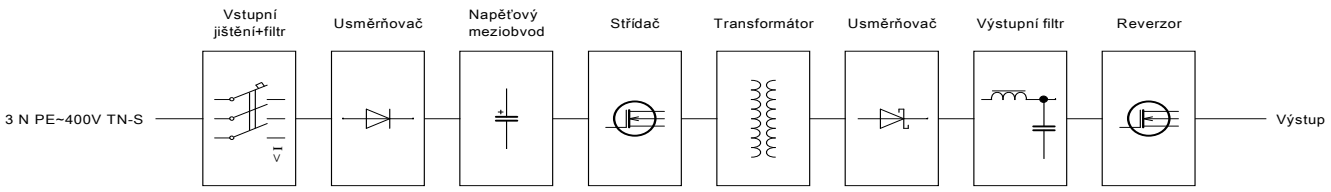
Spínané zdroje nebo-li měniče pracují odlišným způsobem než výše jmenované zdroje tyristorové. Využívají moderních polovodičových prvků, jako jsou IGBT tranzistory (polovodiče kombinující výhodné vlastnosti tranzistorů bipolárních a unipolárních), Schottkyho diody (nízký úbytek v propustném směru a rychlá reakce) a moderní magnetické obvody. Také u vstupních a výstupních filtrů jsou dnes dosahovány mnohem lepší parametry.

Princip spínaného zdroje (obr.3)
Na vstupu zdroje je vstupní jištění a kvalitní vstupní filtr zamezující zpětnému působení zdroje na síť zejména v radiové oblasti. Síťové střídavé napětí se usměrní usměrňovačem na stejnosměrné napětí meziobvodu a vyfiltruje kapacitním filtrem. Poté je napětí opět znovu rozstříděno dvojčinným měničem s tranzistory IGBT na střídavé, ale s vyšší frekvencí. Toto středofrekvenční napětí transformujeme transformátorem na napětí výstupu a výstupním usměrňovačem opět usměrníme a pomocí výstupního filtru vyhladíme.



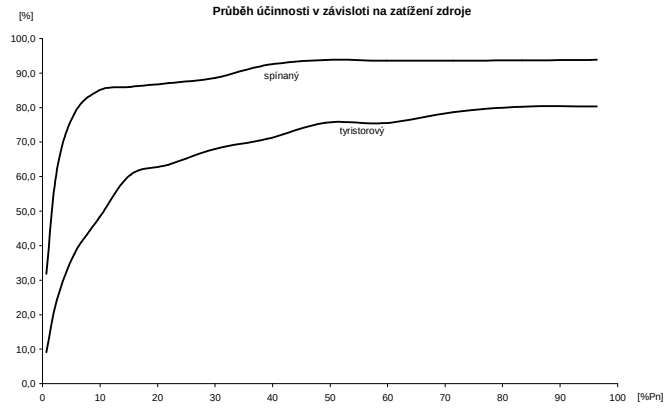
Obr.3 Blokové schema spínaného zdroje

Rozšíření spínaného zdroje o reverzaci polarity (obr.4)
Provede se doplněním dalšího střídače na výstup zdroje (obvykle další skříň).

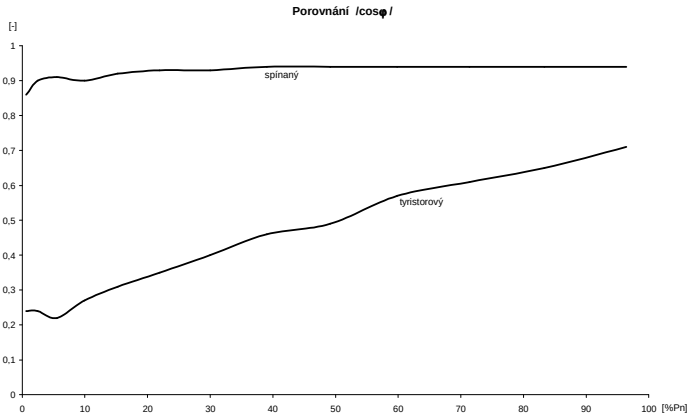


Obr.4 Blokové schema reverzačního spínaného zdroje

Oba typy zdrojů mají vstupní toleranci napětí ±10 %. Kolísání vstupního síťového napětí v rozmezí 360-440V tedy neovlivní stabilizované napětí výstupu. Tyristorové zdroje ke správné funkci vyžadují správné pořadí fází na vstupní síťové straně, z důvodu správného časování zapínání tyristorů. Spínaný zdroj nevyžaduje dodržení pořadí fází. Vzhledem k poměrně velké indukčnosti výkonových transformátorů je parametr cosφ tyristorového zdroje výrazně horší oproti spínaným zdrojům a navíc je závislý na zatížení zdroje (viz graf 2). Vstupní jištění je u obou zdrojů obdobné, avšak vzhledem k povaze zdrojů je zapotřebí uvažovat s charakteristikou jistících prvků motorovou nebo transformátorovou, i když jsou zdroje vybaveny obvodem měkkého startu. Zajímavým údajem z hlediska úspor je vlastní spotřeba ventilátorů. U spínaného zdroje je vlastní spotřeba ventilátorů zhruba poloviční oproti zdrojům tyristorovým a navíc jsou ventilátory spouštěny teplotním čidlem až po dosažení vnitřní teploty 60℃. P ři malých výkonech, nebo malé okolní teplotě se zdroj uchladí pasivně a šetří tak energii. Uváděný příkon v pohotovostním stavu znamená, že zdroj je zapnut, ale do zátěže nedodává výkon. Typická účinnost je daná výpočtem poměru výkonu k příkonu. Průběh účinnosti zdroje v závislosti na jeho zatížení je u spínaných zdrojů oproti tyristorovým daleko konstantnější a v širším pásmu (viz graf 1). Vzhledem k tomu, že tyristorový zdroj je potřeba při připojení správně nafázovat, je nutné po zprovoznění zkontrolovat výstupní průběh zdroje, aby nedocházelo k přetěžování tyristorů a zvýšenému zvlnění napětí na výstupu. Pokud tyristorový zdroj není vybaven speciální kontrolou výstupního zvlnění, může dojít při špatném připojení nebo částečné poruše ke zvýšenému zvlnění výstupního napětí, popř. přetěžování některých tyristorů. To lze zjistit jen měřením výstupního napětí osciloskopem. Proto spuštění a následné pravidelné kontroly tyristorových zdrojů doporučujeme svěřit servisnímu oddělení výrobce, popř. jím proškoleným pracovníkům. U spínaných zdrojů takovýto problém nastat nemůže díky odlišné konstrukci. Z vlastní konstrukce tyristorového a spínaného zdroje vyplývá, že výstupní zvlnění tyristorového zdroje bude vždy vyšší a hůře odstranitelné než u zdrojů spínaných. Navíc frekvence zvlnění výstupního napětí, popř. proudu je u spínaných zdrojů v desítkách kHz, oproti tyristorovým, kde se pohybuje ve stovkách Hz. Frekvence zvlnění může mít podstatný vliv na technologii galvanického pokovování. Rozsah regulace výstupního napětí, popř. proudu je u spínaných zdrojů lineární a v plné šíři 0-100%, přesnost je typicky 1% z rozsahu. Zdroje tyristorové vzhledem ke své konstrukci dosahují přesnosti řízení nižší, řízení není plně lineární anebo s obtížemi a rozsah je obvykle dělen na dvě části z důvodu zachování rozumné účinnosti (0-50% a 50-100%). Pokud chceme zdroje z důvodu navýšení výkonu řadit paralelně nebo sériově není to pro spínané zdroje problém. U tyristorových zdrojů tento požadavek nese řadu omezení a komplikací. Stejně tak je tomu se zkratuvzdorností zdrojů, spínané zdroje mají daleko lepší a rychlejší odezvu na výstupní zkrat než zdroje tyristorové, u nich je tento stav mnohdy destruktivní. Hmotnost a rozměry spínaných zdrojů jsou dnes minimálně poloviční oproti zdrojům tyristorovým. Snazší přeprava, opravy a flexibilita předurčují spínané zdroje k použití v moderních technologických celcích.



graf 1



graf 2

Závěr:

Z tabulky (tab.1) a grafu (graf 1) vyplývá, že účinnost spínaného zdroje je vyšší a to i v režimu s reverzorem. Vzhledem k ostatním parametrům uvedeným v tabulce lze říci, že tyristorový zdroj v reverzační variantě ve vztahu k pořizovací ceně je nejvhodnější pro použití v pozicích katodicko-anodického odmaštění, kde snížené kvalitativní parametry netvoří zásadní problém. Naopak, spínané zdroje (ačkoliv mají vyšší pořizovací cenu) se vyplatí nasadit zejména v pozicích dlouhodobě zatížených, kde se značně projeví úspora el. energie, jako je např. tvrdochromování. Obecně platí, že jakýkoliv napájecí zdroj bychom měli provozovat ve vrchním rozmezí nominálního zatížení (0,8-1), aby jeho účinnost byla co nejvyšší a provoz tak co nejefektivnější.

Porovnání tyristorového a spínaného zdroje 1000A/13V (výrobky z produkce Dehor)

Zdroj	napájení 3 N PE ~ 400V TN – S	nutný sled fází	cosφ	vstupní jistič	příkon	výkon	příkon chlazení	příkon ve vypnutém stavu	příkon v pohotovostním stavu	typ.účinnost	konstantní účinnost	potřeba odborného spuštění	teplotní čidlo chlazení	teplotní čidlo přehřátí	typ.výstupní zvlnění	rozsah regulace	spojitelnost pralelně , sériově	přesnost řízení měření	konstantní zvlnění	linearita řízení, měření	zkratuvdornost	hmotnost	rozměry š x v x h
TYRISTOROVÝ	±10%	ano	0,3-0,7	37,5A	20kVA	13kW	0,25kVA	0	650/950VA	65%	ne	ano	ne	ano	20%	0-50 / 50-100%	omezeně	5%	ne	ne	omezeně	300	770x1550x550
SPÍNANÝ	±10%	ne	0,9	D32A	14,3kVA	13kW	0,105kVA	0	35VA	90%	ano	ne	ano	ano	1%	0-100%	ano	1%	ano	ano	ano	85	332x1060x410

tab. 1

Porovnání reverzačního tyristorového a spínaného zdroje 1000A/13V (výrobky z produkce Dehor)

Zdroj	napájení 3 N PE ~ 400V TN – S	nutný sled fází	cosφ	vstupní jistič	příkon	výkon	příkon chlazení	příkon ve vypnutém stavu	příkon v pohotovostním stavu	typ.účinnost	konstantní účinnost	potřeba odborného spuštění	teplotní čidlo chlazení	teplotní čidlo přehřátí	typ.výstupní zvlnění	rozsah regulace	spojitelnost pralelně , sériově	přesnost řízení měření	konstantní zvlnění	linearita řízení, měření	zkratuvdornost	hmotnost	rozměry š x v x h
TYRISTOROVÝ	±10%	ano	0,3-0,7	37,5A	20kVA	13kW	0,25kVA	0	650/950VA	65%	ne	ano	ne	ano	20%	0-50 / 50-100%	omezeně	5%	ne	ne	omezeně	300	770x1550x700
SPÍNANÝ	±10%	ne	0,9	D32A	14,87kVA	13kW	0,210kVA	0	52VA	87%	ano	ne	ano	ano	1%	0-100%	ano	1%	ano	ano	ano	170	2x332x1060x410