

VYUŽITÍ BRZDNÉ ENERGIE TRAKČNÍCH VOZIDEL A VOZIDEL MHD

Zdeněk HRUDKA, Ladislav PRAČT
Zdeněk HRUDKA, Ladislav PRAČT, Siemens s.r.o.

Abstrakt

V současné době sílí tlaky na hospodárné využití energie v dopravě, a to jak v elektrické tak v motorové trakci. I firma Siemens věnuje velkou pozornost této problematice a vyvíjí nové technologie a prostředky pro tuto oblast.

Jedním z těchto produktů jsou mechanická a elektrická zařízení pro využití brzděné energie trakčních vozidel. V elektrické trakci jednak nasazováním mechanických setrvačníků nebo velkokapacitních kondenzátorů.

1 Základní principy systému SITRAS® SES

Tak jak roste hustota obyvatelstva, rostou i požadavky na systémy veřejné hromadné dopravy. I když tyto systémy vykazují dobrou energetickou účinnost, tvoří náklady na energii podstatnou část provozních nákladů. Roční náklady na energii se mnohde pohybují kolem cca 30 tis. EUR u tramvají a až po 165 tis. EUR u vlaků metra.

Firma Siemens proto vyvinula systém SITRAS® SES – systém ukládání energie, jehož cílem je optimalizace provozních nákladů a ochrana životního prostředí.

Z celkové spotřeby energie vozidel MHD je spotřebováváno 90% pro trakční účely, 10% pak činí spotřeba pomocných pohonů. Při brzdění pak zmařená kinetická energie vozidla činí asi 40% celkové trakční energetické spotřeby. Jednu z možností úspor elektrické energie je výměna energie mezi jednotlivými vozidly: energie brzdícího vozidla může být využita pro zrychlení jiného vozidla resp. vlaku a to v těch případech, kdy dochází k překrývání fází brzdění a zrychlování. Tuto metodu lze podstatně zdokonalit instalací jednotek pro ukládání energie, kdy ve fázi brzdění vozidel jednotka energií akumuluje a ve fázi zrychlování vozidel energií zásobuje.

U vozidel MHD můžeme vycházet např. z těchto základních charakteristických údajů:

		Tramvaj	Metro
Doba zrychlení	[s]	12 - 15	25 - 30
Doba brzdění	[s]	10 - 43	20 - 25
Energetická kapacita	[kWh]	1 - 3	10 - 20
Hmotnost	[t]	až 100	až 360

2 Principy ukládání energie

Jako dvě základní metody ukládání energie byly sledovány možnosti nasazení setrvačníků a statických systémů zásobníků energie.

Výzkum možností setrvačnickových systémů byl zahájen v roce 1997 a prototyp byl nasazen v Kolíně nad Rýnem v únoru 2000. Statické systémy byly vyvíjeny na základě zkušeností z aplikací setrvačníků od roku 2000 a prototyp byl rovněž nasazen do provozu v Kolíně nad Rýnem v březnu 2001.

Nasazení setrvačníků umožnilo v reálných provozních podmínkách na síti zákazníka ověřit teoretické předpoklady, vyhodnotit měření, optimalizovat koncepci řízení a nastavení a definovat základní dimenze statických zásobníků energie. Nicméně další práce v této oblasti byly pozastaveny zejména z těchto důvodů:

- nutnost údržby zařízení, a to firemními specialisty
- nutnost nasazení speciálních měničů
- nutnost chlazení
- vysoké špičkové nároky na uchování energie a z toho plynoucí vysoké náklady na montáž

Naproti tomu nasazení statických zásobníků energie znamená:

- nízkou náročnost údržby
- nasazení standardního měniče, používaného i na vozidlech
- nasazení průmyslem široce rozšířených dvouvrstvých kondenzátorů
- vysokou dynamičnost
- možnost sdružování zařízení do tzv. kaskád, což je zvláště vhodné pro metro
- připojení k DC síti pomocí standardních komponentů

Nasazení statických zásobníků v Kolíně nad Rýnem vykázalo podstatné snížení spotřeby energie asi o 25% (tj. asi o 50 kW), což přineslo roční úspory asi 340 MWh, snížení faktoru špičkového zatížení a současně došlo ke snížení emisí CO₂ asi o 370 t ročně.

3 Statické zásobníky ukládání energie

Připojení statických zásobníků energie lze realizovat třemi způsoby:

- k trakčnímu vedení
- přes systémovou sběrnici
- k úsekovému napáječi

Důležitou součástí systému je jeho dynamické ovládání, reagující na malé změny napětí v systému. Jde zejména o dynamickou reakci na rychlou změnu režimu jízdy vozidla, vyrovnávání změn a stabilizaci napětí.

Systém statických zásobníků se skládá z vlastního kondenzátoru, IGBT měniče a připojovací jednotky. Poslední vývoj v oblasti dvouvrstvých kondenzátorů umožňuje jejich nasazení jako dokonalého media pro uchovávání energie. Vysoká hospodárnost, vysoká dynamika možnosti znovunabíjení, vysoká stabilita celku, prakticky bezúdržbovost a možnost volby energetického objemu.



Obr. 1. IGBT měnič

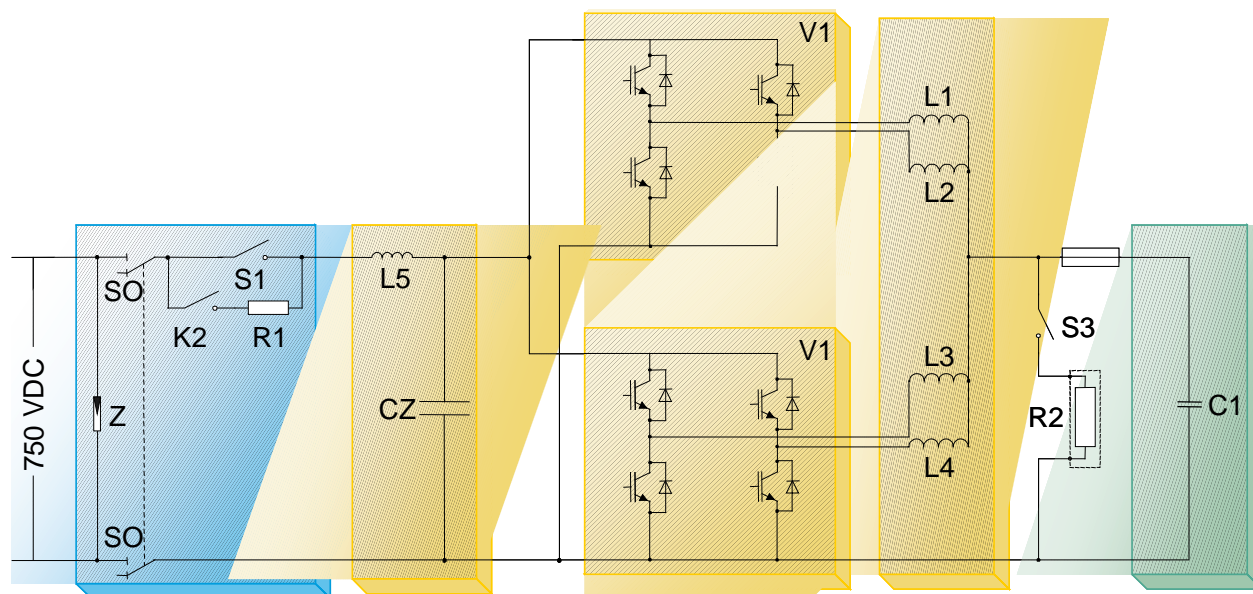
Základní typ kondenzátoru, jehož vývoj byl zahájen v roce 1998 pro napětí 2,5 V má v současné době kapacitu 2600 F.



Obr. 2. Dvouvrstvý kondenzátor

Hlavní technická data jednotek zásobníků uchování energie jsou:

Napětí	750 V DC
Celkový počet kondenzátoru	cca 1300
Celková kapacita	64 F
Max. možná úspora	65 kWh/h
Špičkový výkon	1 MW
Rozměry kontejneru	2,8 x 3 x 2,8 m
Hmotnost	cca 5,5 t



Obr. 3. Základní schéma

Z	bleskojistka	R1	odporník nabíjecího obvodu	L1-4	tlumivka
SO	odpojovač	L5	tlumivka filtru	S3	stykač obvodu vybíjecího
S1	hlavní vypínač	CZ	kondenzátor meziobvodu	DC R2	výbiječ odpor
K2	stykač nabíjecího obvodu	V1	IGBT měnič	C1	kondenzátor

Hlavní parametry pro dimenzování statických zásobníků energie jsou:

- hmotnost vozidla
- maximální navrhovaná rychlost
- následné mezidobí
- vzdálenost zastávek
- vzdálenost měření
- systém napájení včetně odporu
- rozdíl mezi nominálním napětím měřírny a brzdovým napětím vozidla

4 Shrnutí

V současné době je intenzivně sledován vývoj dalších možností a aplikování statických zásobníků energie v různých provozních podmínkách. Tato zařízení jsou postupně nasazována na síti madridského metra.

ANWENDUNG VON ENERGIESPEICHERN

Energiespeicher nehmen die kinetische Energie auf, die von bremsenden Fahrzeugen freigesetzt wird. Diese können sie zeitversetzt für erneute Beschleunigungsvorgänge wieder zur Verfügung stellen. Zum Beispiel mit unserem in Köln installierten Energiespeicher SITRAS[®] SES lässt sich die vom Unterwerk aufgenommene Energie um 30 % senken. Pro Jahr entspricht das einer Reduzierung des Primärenergiebedarfs um etwa 340.000 kWh und einer Verringerung der CO₂-Emission um 370 Tonnen.

Das Herzstück des SITRAS[®] SES sind hochentwickelte Double Layer Capacitors (DLCs). Ihre extrem große Oberfläche sorgt für den sehr hohen Kapazitätswert von 2.600 F. Mit etwa 1.300 dieser Kondensatoren bildet der Speicher ein in Leistung und Energieinhalt optimal abgestimmtes System. Durch einfache Parallelschaltung solcher Systeme kann auf die unterschiedlichsten Bedarfssituationen reagiert werden.