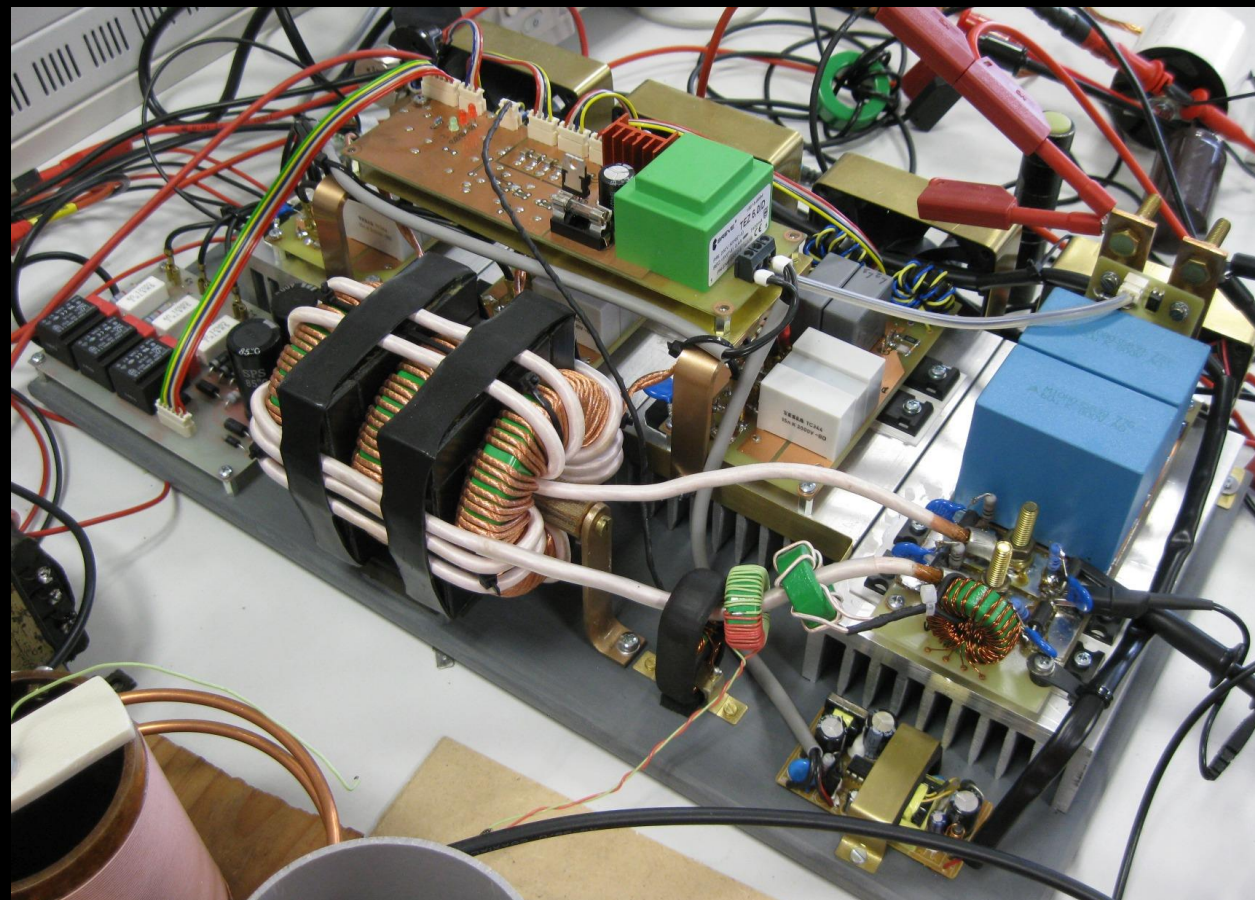
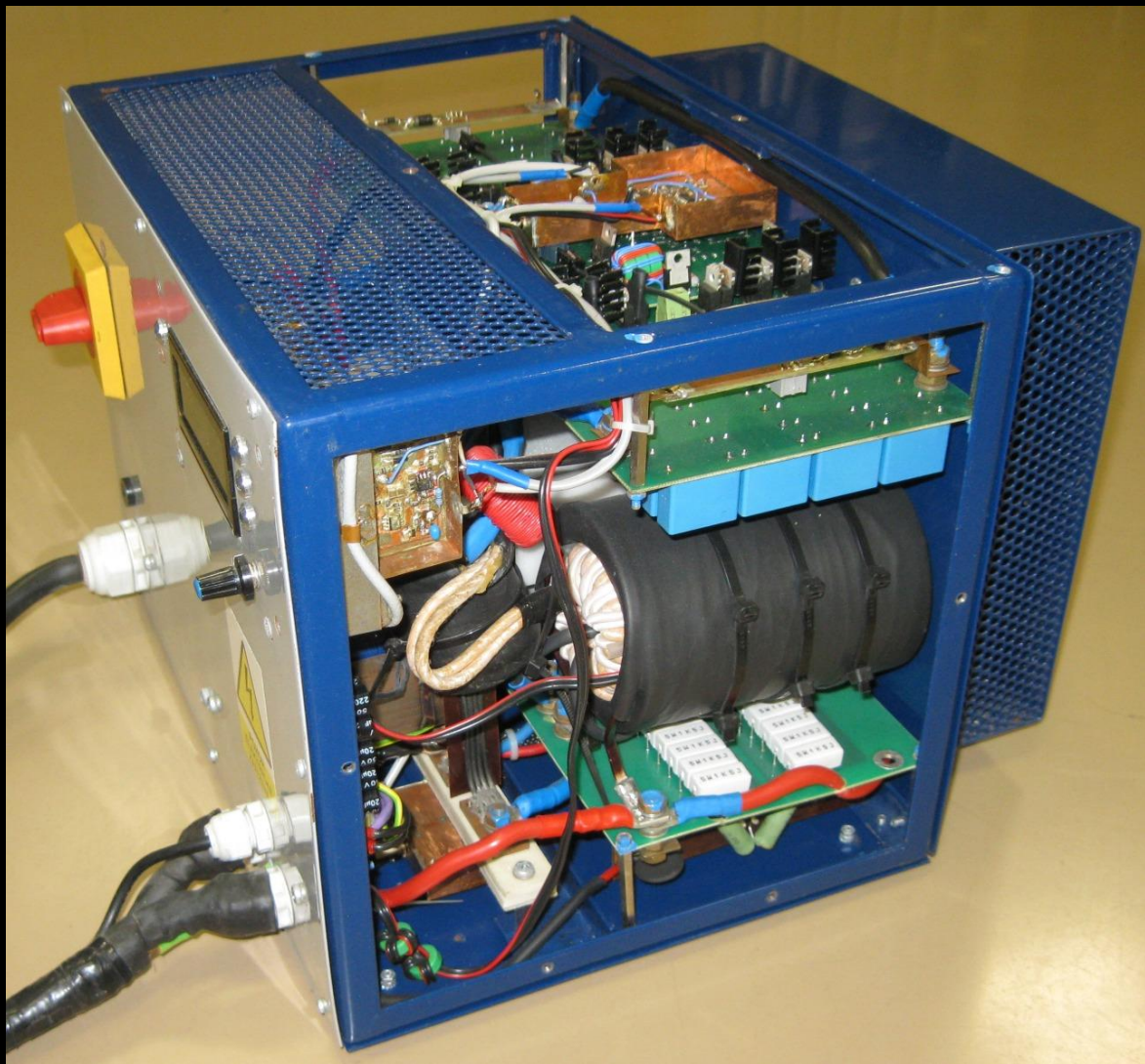


Technika rychlonabíječů akumulátorů

Jan Martiš, FEKT UVEE



Požadavky na rychlonabíječe akumulátorů elektromobilů

- Výkon desítky kW až cca 400 kW
- Napájení typicky 3x 400 V, 50 Hz, DC výstup (standardně cca 400 V=)
- Galvanické oddělení
- Vysoká účinnost (dosažitelná cca 95 – 97 % při plném výkonu)
- Malé rozměry a hmotnost – většinou v protikladu s účinností
 - rozdíl on-board a off-board nabíječe
- Nízká úroveň elektromag. vyzařování
- Vysoký celkový účinník odběru λ
- Dobrá regulovatelnost, účinnost při částečném zatížení
- Volitelně: obousměrný tok výkonu (z baterie zpět do sítě)

Základní principy

- Polovodiče výhradně ve spínacím režimu
 - SiC MOSFET + SiC Schottky diody (GaN – „módní výstřelek“)
- Vysoká spínací frekvence – menší velikost vinutých prvků
 - $N = \frac{1}{B_{\max} \cdot S_{Fe}} \cdot \max \int u(t) dt$
 - $L = \frac{U_d}{4 \cdot f \cdot \Delta I}$
 - dnes běžně používaný rozsah pro DC/DC měniče s transformátorem cca 30 – 120 kHz, pro aktivní usměrňovače cca 10 – 30 kHz
- Problém rychlosti spínání – ztráty vs. EMI
- Většina komponentů a schémat navrhována podle požadavků konkrétní aplikace (úzká svázanost mezi jednotlivými komponenty, efektivita řešení)
- Nabíječ obsahuje zpravidla dva měniče v kaskádě – síťový usměrňovač (nutná korekce účinníku PFC) a DC/DC měnič s transformátorem – viz dále

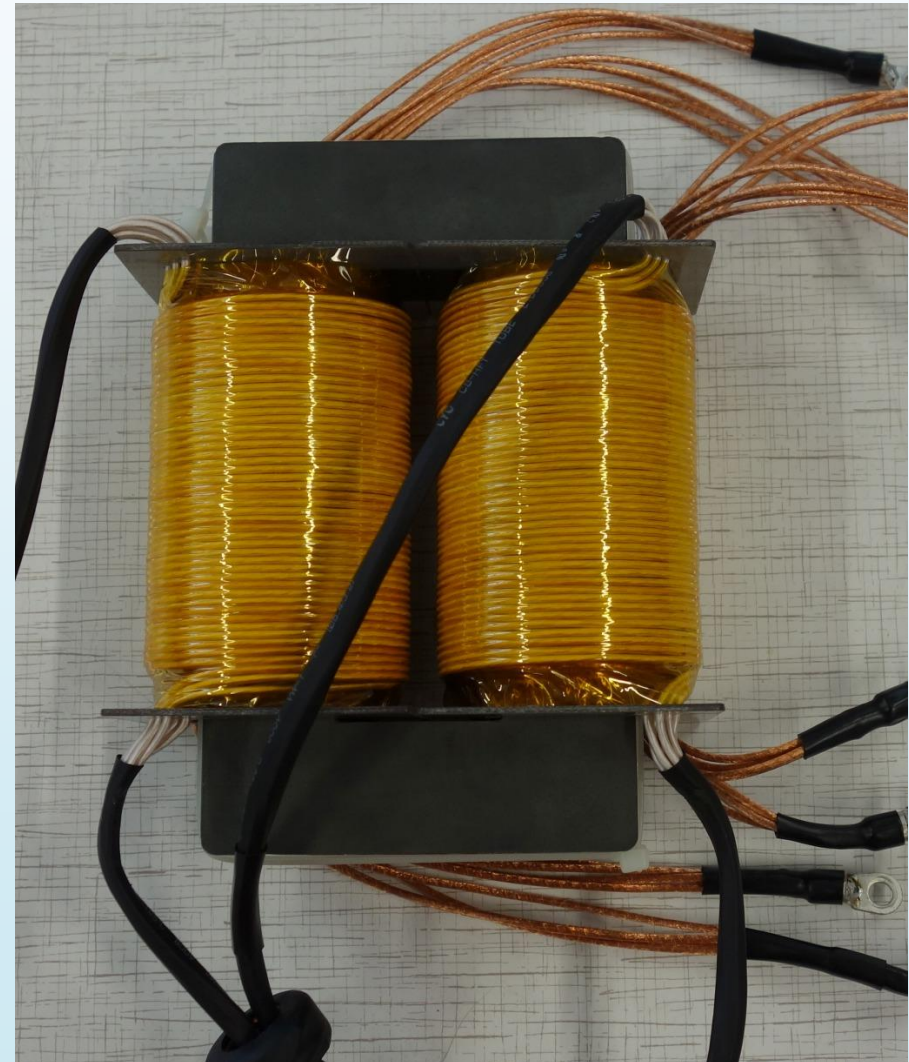
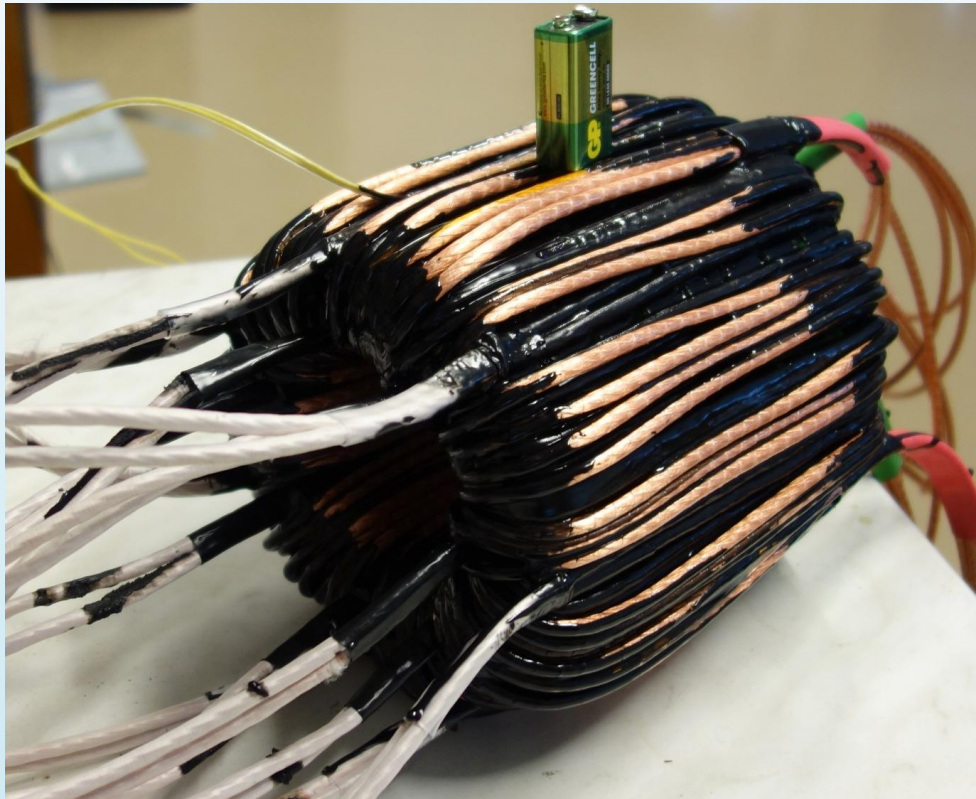
DC/DC měnič s vysokofrekvenčním transformátorem

- Stěžejní část téměř každého nabíječe
- Rozstředání, transformace, usměrnění
- Funkce – galvanické oddělení, napěťové přizpůsobení, regulace U/I
- Komplexní problematika návrhu, pracuje se s velkými proudy a napětími s harmonickými složkami dosahujícími řádově 100 MHz – důležitá geometrie spojů a obrazců na DPS, parazitní kapacity, skin/proximity efekt atd. Nutnost eliminovat napěťové a proudové špičky a zákmity s délkou i pod 1 μ s – choulostivé polovodiče
- Velké množství topologií s různými výhodami a nevýhodami (nakreslit příklad)
 - měniče s tvrdým spínáním, kvazirezonanční a rezonanční topologie
 - kompromis regulovatelnost / účinnost a EMI
 - pouze některé mohou fungovat jako obousměrné

Vysokofrekvenční transformátor

- Jádru – ferit
- Skin, proximity efekt ve vinutí – svazkový vodič („vf lanko“)
 - problém roste s velikostí vinutí – pro velké výkony modulární koncepce
- Různé tvary a konstrukce v závislosti na požadavcích
- Parazitní kapacita (vs. rozptylová indukčnost)
- Nutnost dbát na účinné chlazení – např. přestup tepla z nižších vrstev vinutí či jádra do okolí (možnost zalévání), jde proti požadavku na izolaci

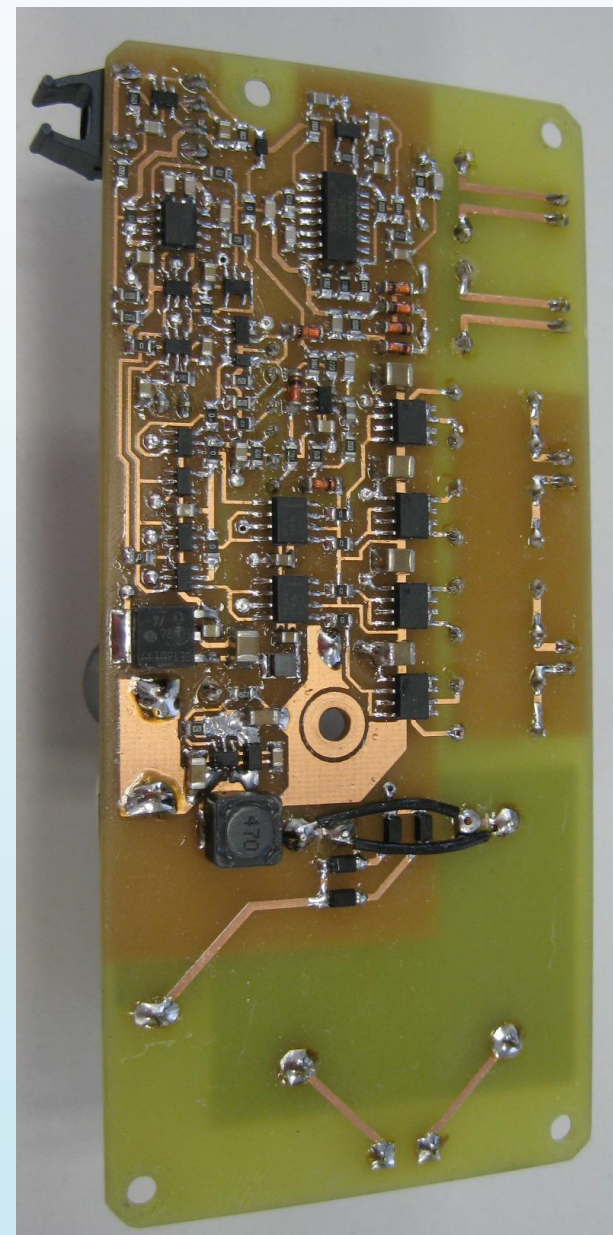
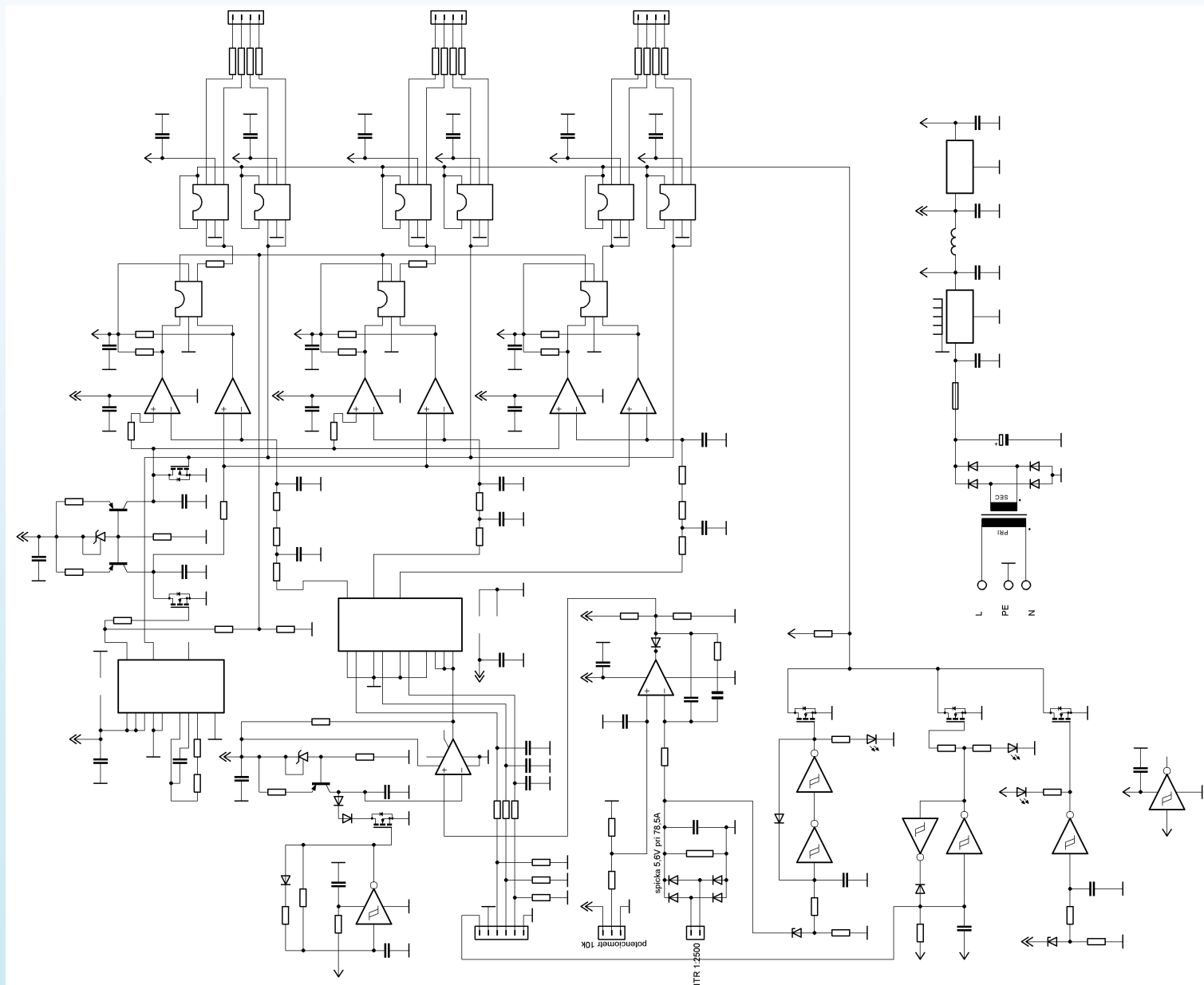
Vysokofrekvenční transformátor



Řídicí elektronika

- Rychlá proudová příp. napěťová zpětnovazební regulace (řízení v otevřené smyčce se nepoužívá!)
- Odolnost na rušení z vlastních měničů, robustnost
- Stabilita systému, rychlost odezvy, dynamika regulace – kybernetika
- Analogová či digitální elektronika, dnes zpravidla kombinace obojího
- Způsob řízení spínání tranzistorů měniče – pulsně-šířková modulace (PWM), frekvenční modulace, modulace hustotou pulsů (PDM), případně kombinace způsobů; pro malý výkon možnost „burst“ režimu
- Nadřazený systém (počítač) pouze zasílá pomalu se měnící požadavek na nabíjecí proud do rychlých regulačních struktur nižší úrovně uvedených výše

Řídicí elektronika – ilustrační příklad

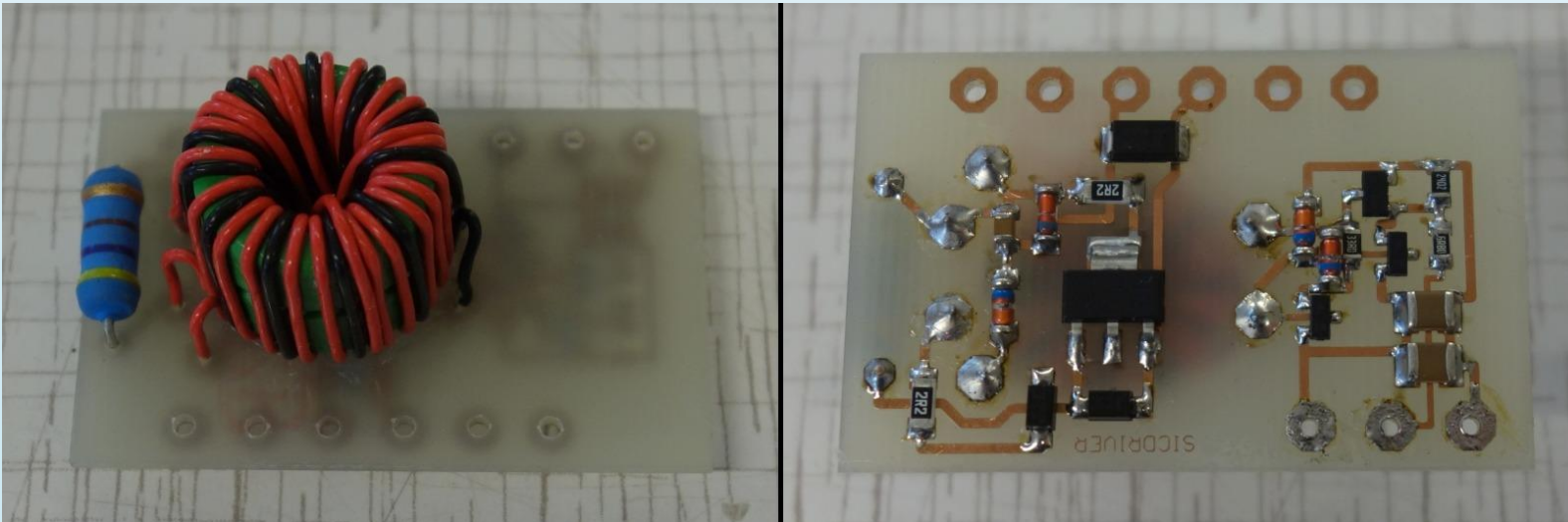


Ochrany

- Z důvodu „choulostivosti“ moderních spínacích polovodičů nutno použít opravdu RYCHLÉ elektronické ochrany, zejména nadproudovou (doba reakce řádově μs)
- Nemožnost použít standardní jisticí prvky (pojistky, jističe) – pouze jako doplňková ochrana
- Nutnost podpěťové ochrany pro buzení tranzistorů
- „Obyčejné“ ochrany – hlídání teplot, výpadku fáze, přepětí v síti atd.
- Požadavek na vysokou spolehlivost, pokud možno nezávislost na software (pokud ano tak pouze na nízkoúrovňovém kódu)

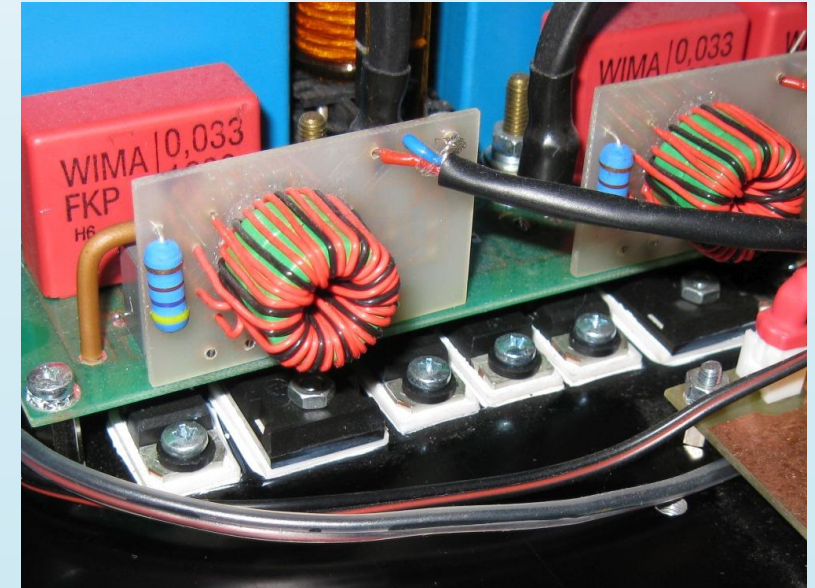
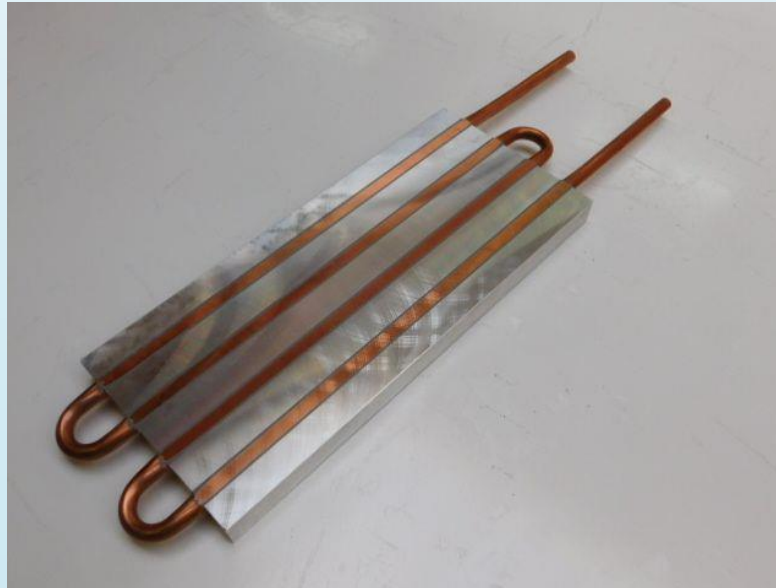
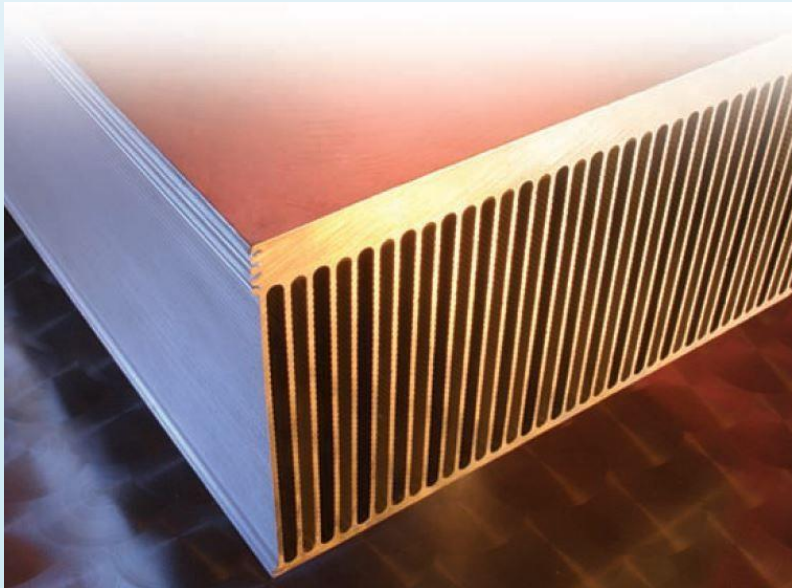
Budiče tranzistorů

- „Interface“ mezi slaboproudou řídicí elektronikou a tranzistory v silové části
- Požadavky – galvanické oddělení, přizpůsobení napěťové a proudové úrovně signálu, vysoká rychlost, malé zpoždění, ochrany (minimálně podpětová)
- Ve spojení s moderními polovodiči (SiC FET) jsou kladeny značné požadavky na odolnost proti souhlasnému napěťovému rušení (hrany se strmostí až 100 V/ns) a také na velmi nízkou parazitní kapacitu



Chlazení

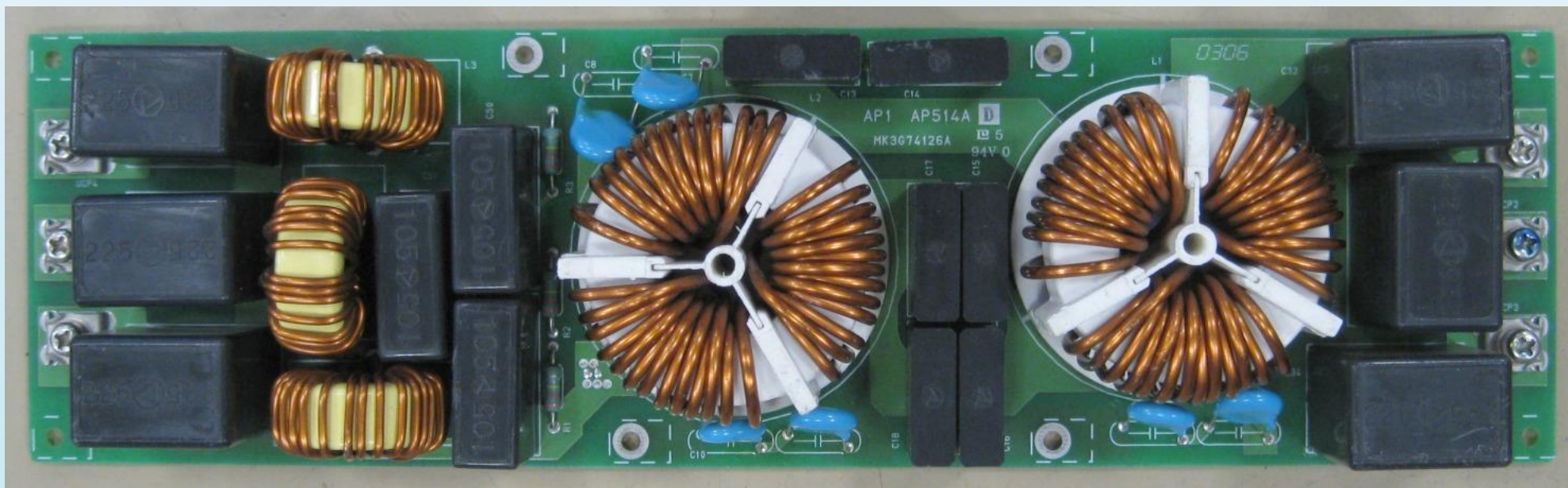
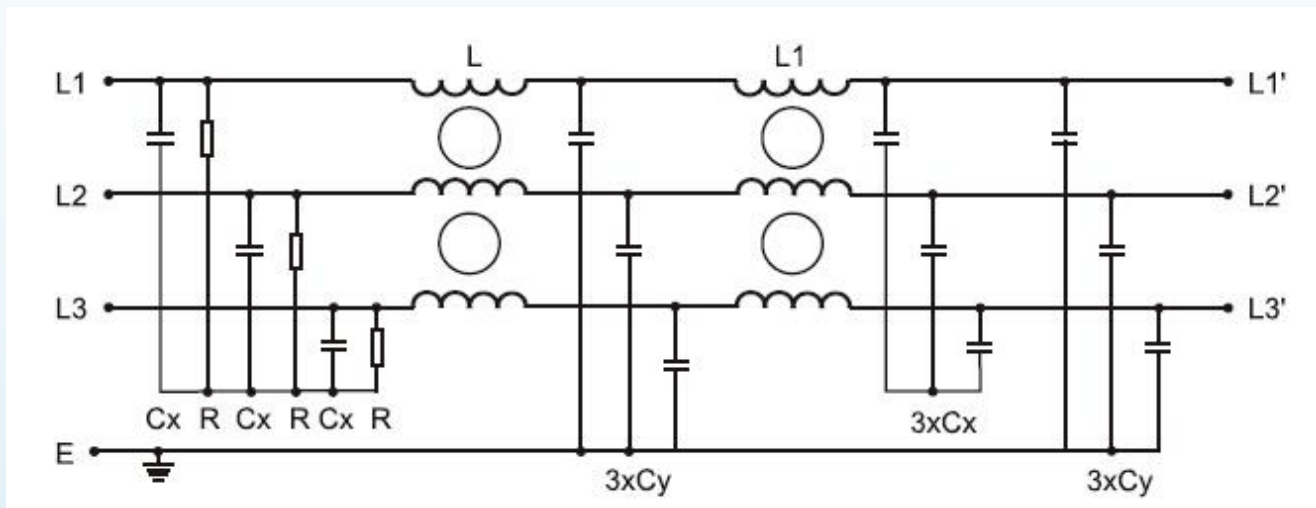
- Nutnost odvádět značné ztrátové výkony zejména z polovodičů (i jednotky kW), ale také z vinutých prvků, případně i dalších součástí (DPS, kondenzátory...)
- Vzduchové nebo kapalinové chlazení
- Téměř vždy nutný ventilátor – problém s krytím, vlhkostí, zanášením filtru



Odrušení

- Rychlé polovodiče zdrojem silného rušení od spínací frekvence po stovky MHz
- Musí se začít řešením příčiny už při návrhu – parazitní kapacity, zemní smyčky, geom. uspořádání, kompromis rychlosti spínání a účinnosti, vhodná topologie
- Přesto je nutné rušení dále výrazně potlačit pomocí filtrů (přísné normy)
- Souhlasné a diferenciální rušení
- Rádiové rušení („vzduchem“)
- Komplikovaný návrh filtrů – musí být značně širokopásmové, rušení na vysokých frekvencích (desítky až stovky MHz) je radiotechnický problém, „duchařina“ – vliv rozmístění komponent, nutnost experimentálního ladění
- Problém svodového (unikajícího) proudu u Y-kondenzátorů
- Vícestupňové filtry, někdy i filtr na DC výstupu

Odrušení – příklad 3f síťového filtru



Poznámky

- Údaj kW/l nebo kW/kg – tolik toho nevypovídá o kvalitě, propracovanosti návrhu či technologii – velké změny lze docílit pouhou úpravou chlazení (vliv na životnost a spolehlivost)