

Ovlivňování zabezpečovacího zařízení vozidly elektrické trakce

Doc. Ing. Jiří Danzer CSc.
Západočeská univerzita Plzeň
Fakulta elektrotechnická

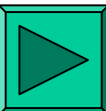
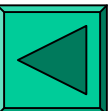
Přehled

Základní problém:

velikost trakčního proudu na systému 3 kVss	500...2000 A
velikost trakčního proudu na systému 25 kV, 50 Hz	100...400 A
velikost pracovního proudu ZZ	2...20 A
max.velikost ovlivňujícího proudu	0,1 A

Možnosti opatření

- použití kmitoctu, který se v trakčním proudu nevyskytuje
- použití dalších možností pro zvýšení selektivity
- omezit složky trakčního proudu v kmitoctových pásmech ZZ.



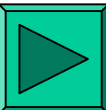
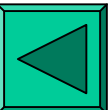
Proč

u vozidel se stejnosměrnými
motory vcelku problémy **nebyly**
a u asynchronních **jsou nyní značné?**

Pro systémy se stejnosměrnými trakčními motory
bylo zabezpečovací zařízení **navrhováno**

Řízení generuje pokud možno **stejnosměrné napětí a proud**

Pracuje s **konstantním kmitočtem** (síťovým, nosným).



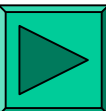
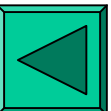
Asynchronní trakční motory

Příčiny použití

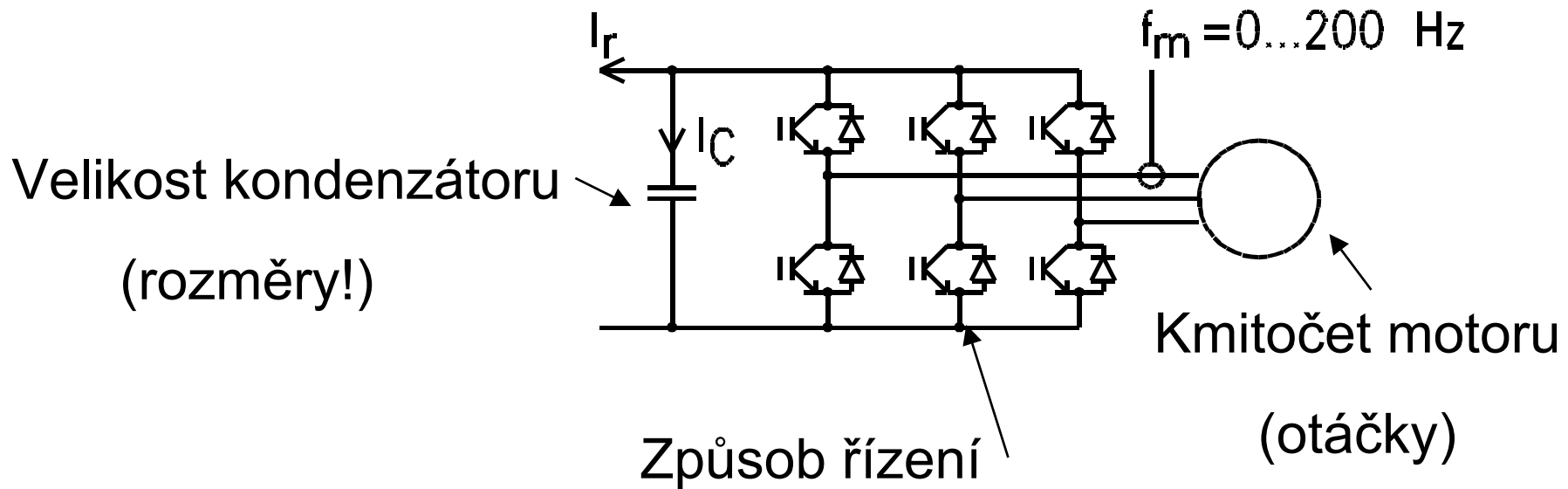
- snížení údržby motorů,
- použití motoru bez vinutí na kotve
- zvýšení otáček, snížení rozmeru a hmotnosti motoru
- efektivní elektrodynamické brzdění

Podmínky použití

- řízení otáček a momentu motoru řízením napětí a kmitočtu
- výroba výkonných vypínatelných součástí, GTO a IGBT
- procesorová technika pro řízení celého systému.



Střídač zdroj vyšších harmonických

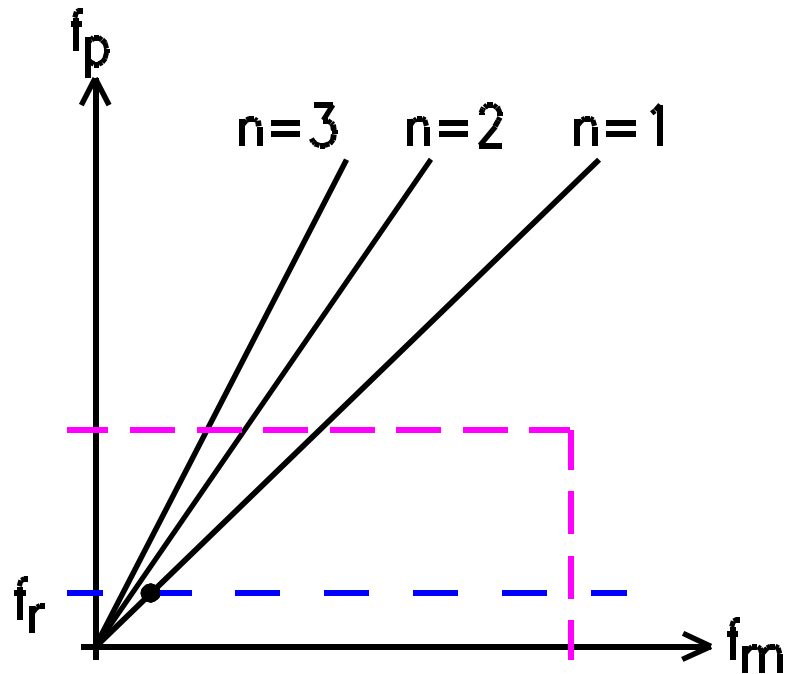


- synchronní (napr. „obdélníkové“ řízení)
- asynchronní PWM modulace (deterministická)
- způsoby řízení bez nosného kmitočtu (např. dvouhodnotové aj.).

Vliv modulae.

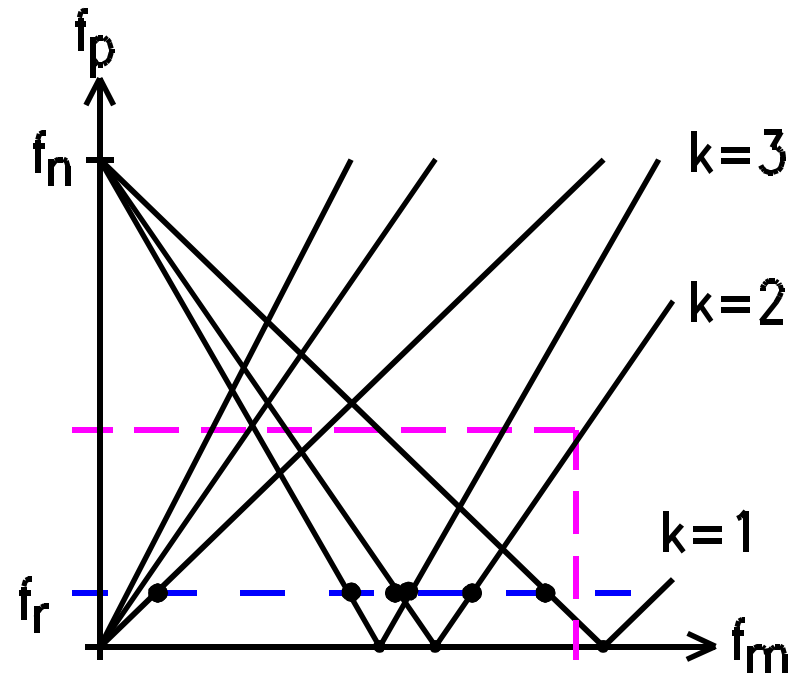
Modulace synchronní

$$f_p = 3 \cdot n \cdot f_m$$



Modulace asynchronní

$$f_p = m \cdot f_n \pm 3 \cdot k \cdot f_m$$

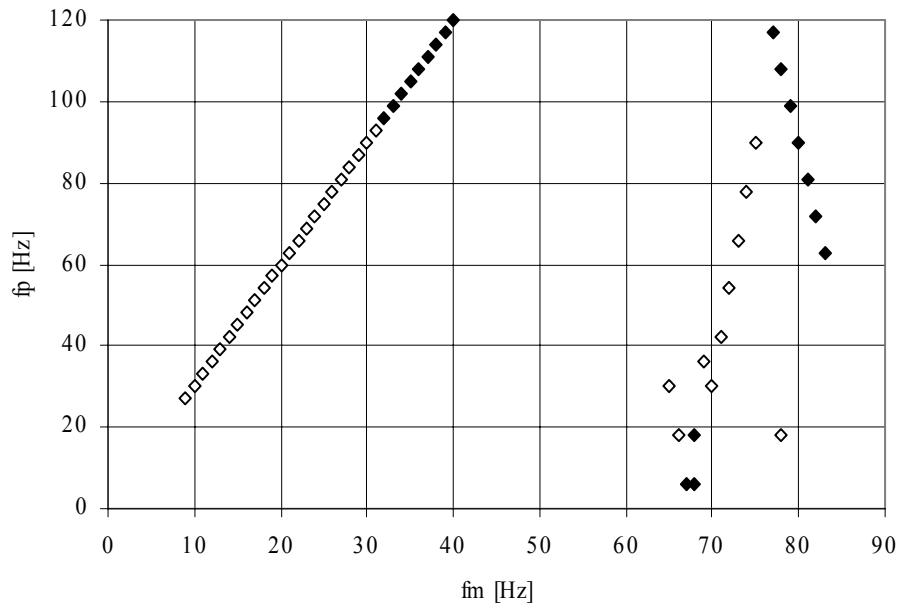


Příklady pro jiné modulace – It.

Řídicí sinusovka s 3.h

Pila symetrická,

aproximace lichoběžníková

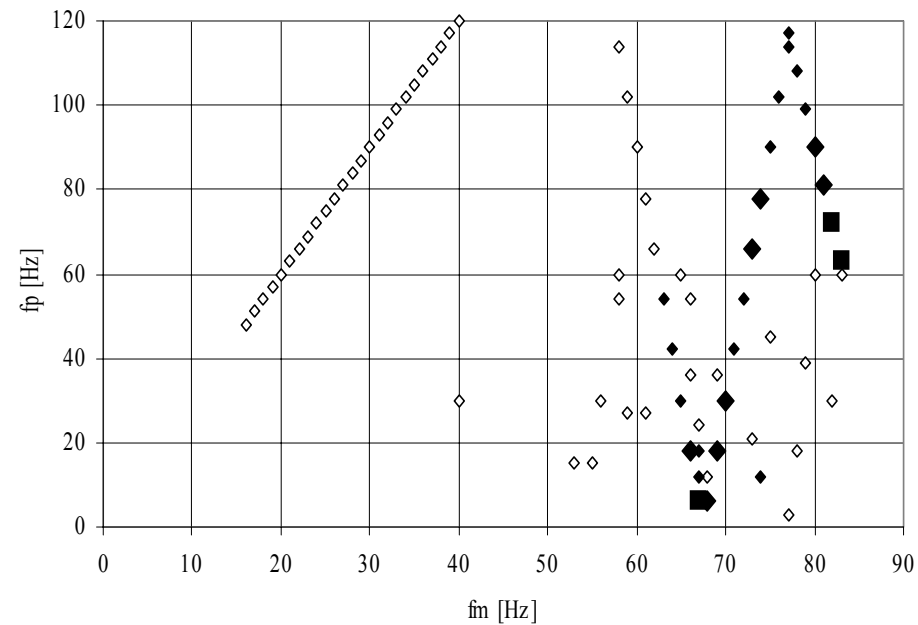


$\diamond$ 1...10 mA $\blacklozenge$ 10...100 mA

Řídicí sinusovka s 3.h

Pila rostoucí,

aproximace lichoběžníková



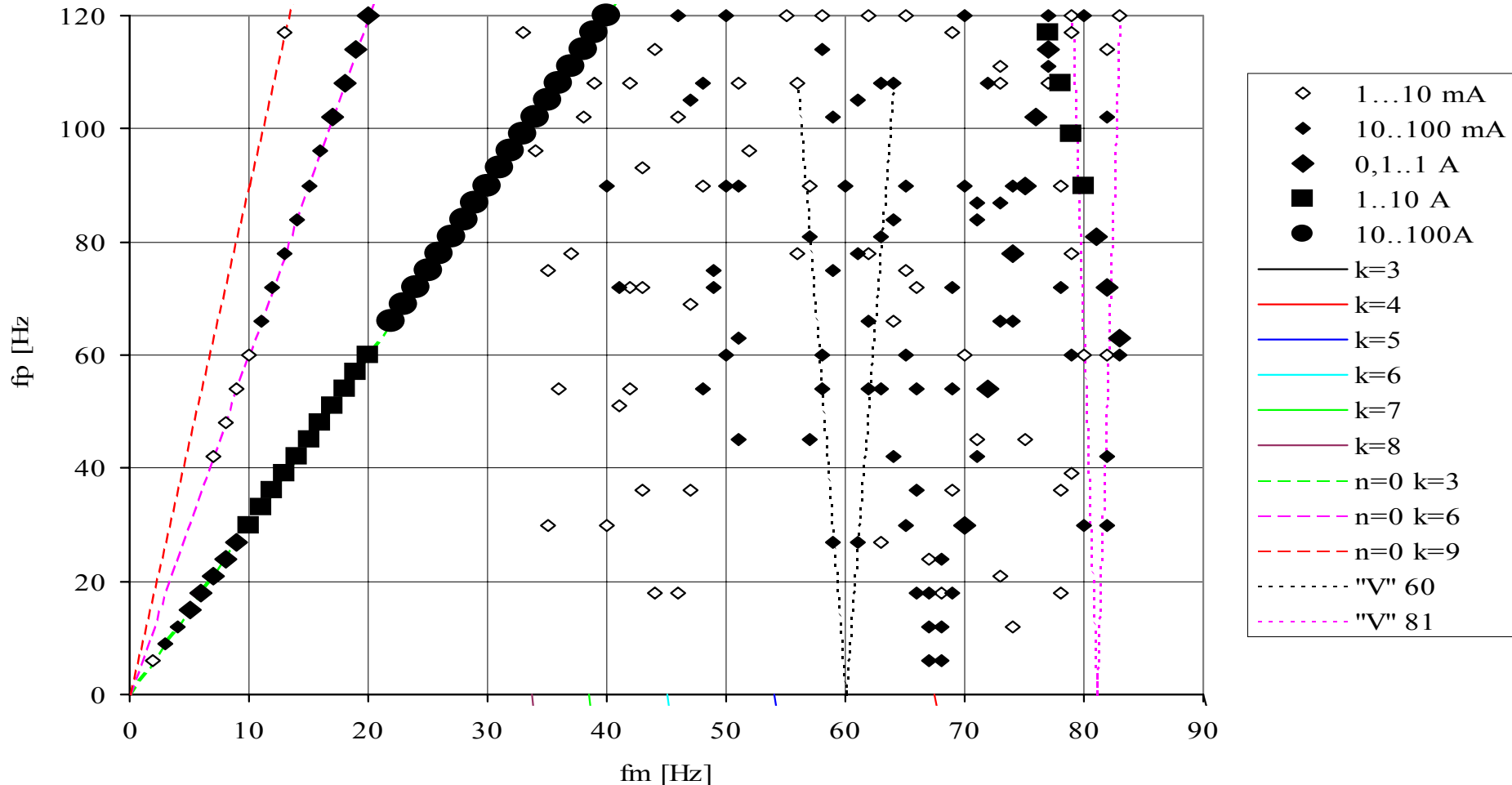
$\diamond$ 1...10 mA $\blacklozenge$ 10...100 mA $\blacklozenge$ 0,1..1 A $\blacksquare$ >1 A

$f_r = 9$ Hz

Ovlivňování zabezpečovacího zařízení vozidly elektrické trakce

Příklad vypočteného spektra Id.

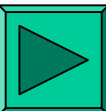
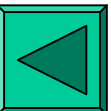
Graf pro Id, pila rostoucí,
řídící sinusovka s 3. harmonickou, aproximace konstantou



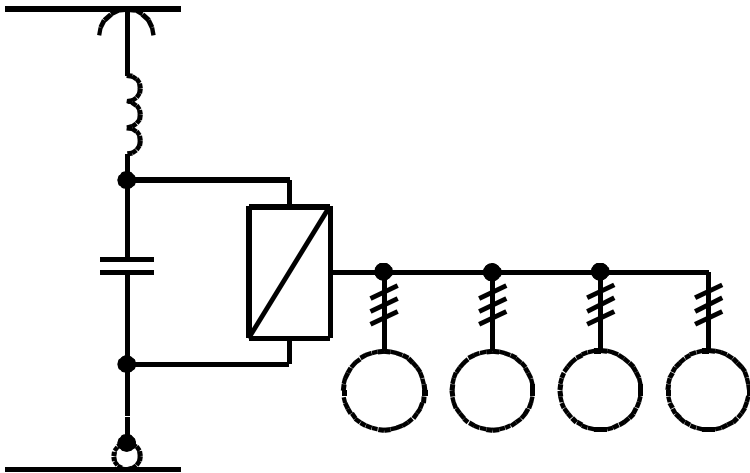
Způsob napájení meziobvodu

Ovlivňuje

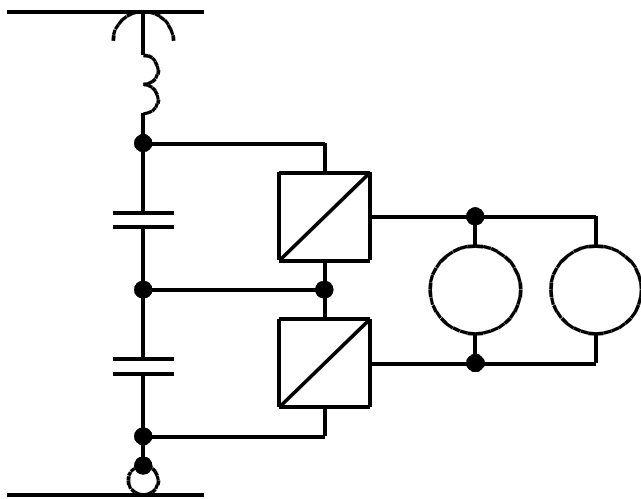
- velikost střídavých složek v trakčním proudu
- kmitočty a jejich závislost na provozním stavu
- možnosti omezení rušivých proudů na vozidle
- rozměry, cenu a hmotnost zařízení trakčního obvodu
- provozní účinnost vozidla.



Přímé napájení z troleje



- pro systémy 600...3000 V
- napájení přes LC filtr
- omezí velikost střídavých složek **nad vlastním kmitočtem**
- nejjednodušší zapojení, rekuperace

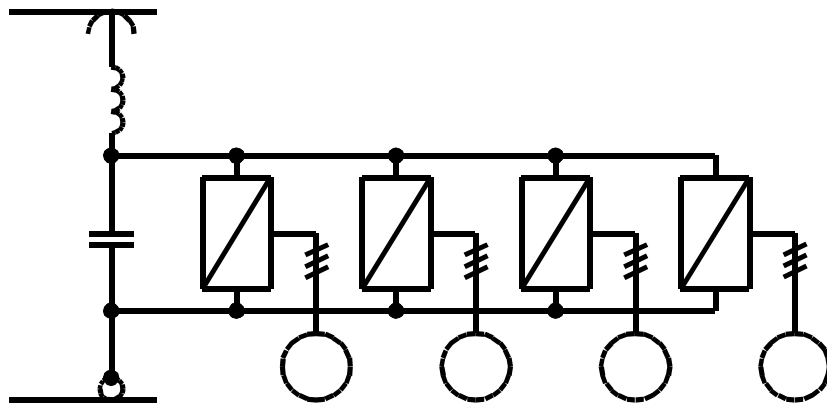


ALE

- neumožňuje optimální využití parametrů spínacích součástí.

Skupinové napájení motorů.

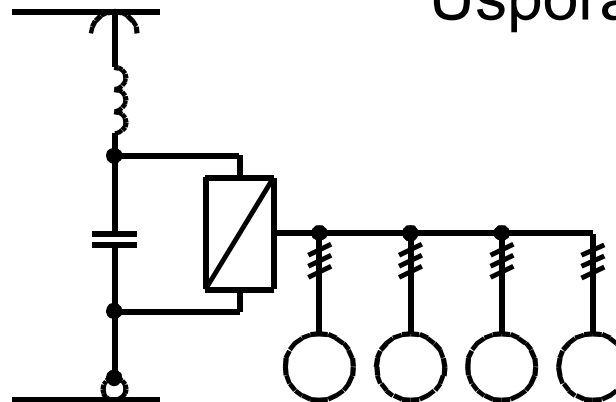
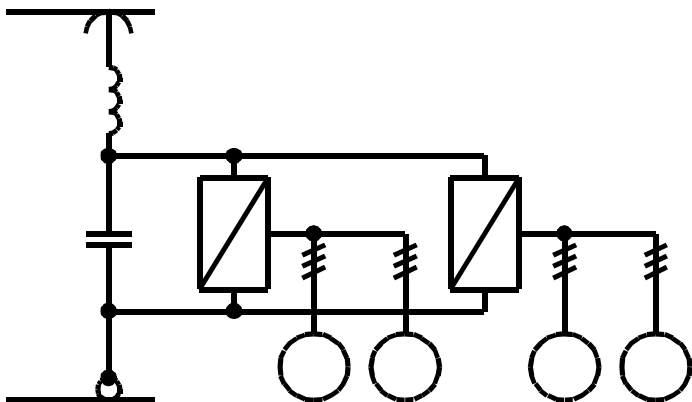
Varianty - možnosti interference kmitočtů motorů



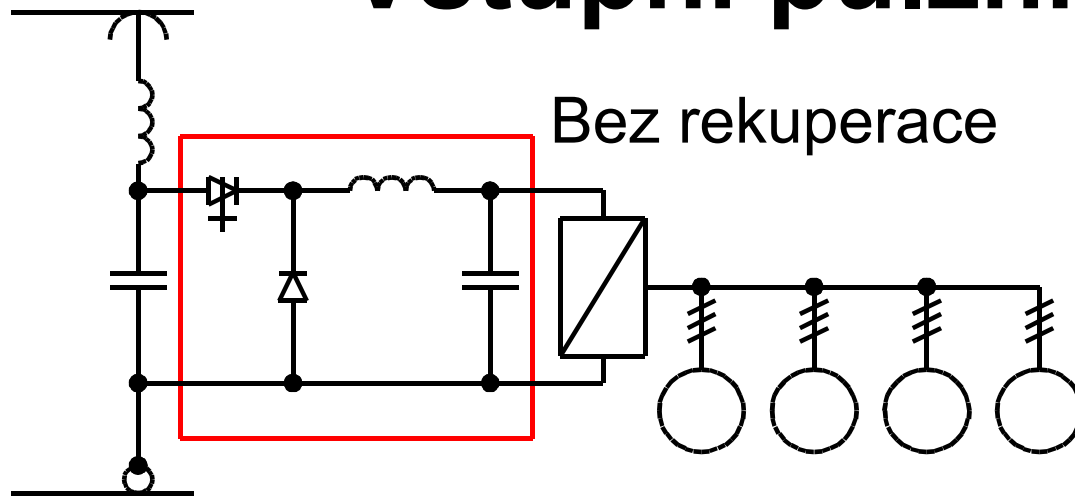
Adhezní vlastnosti

Zálohování

Úspora na měničích



Vstupní pulzní měnič



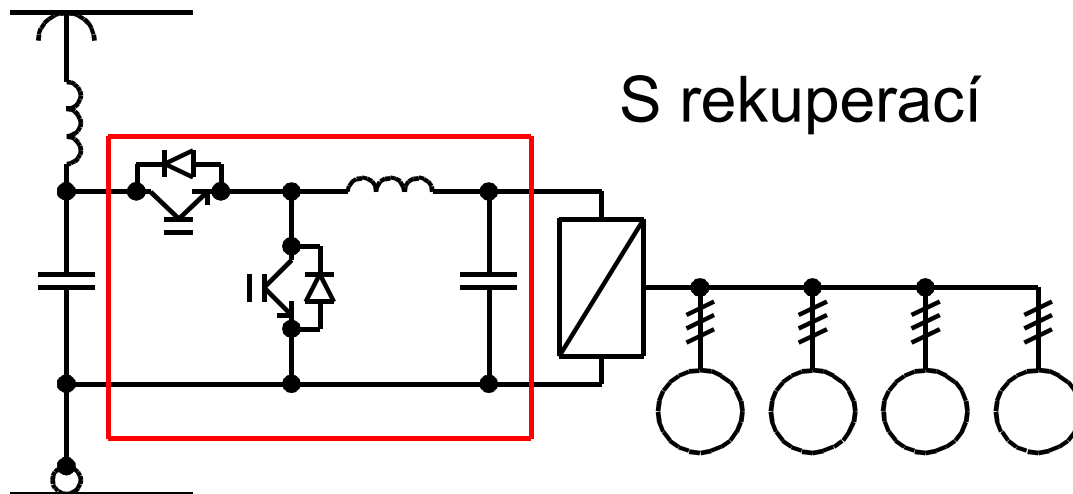
- lze volit nosný kmitočet

- lze stabilizovat napětí

- optimální využití součástí

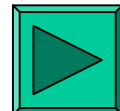
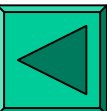
- **ale:** další měnič

- dva filtry.

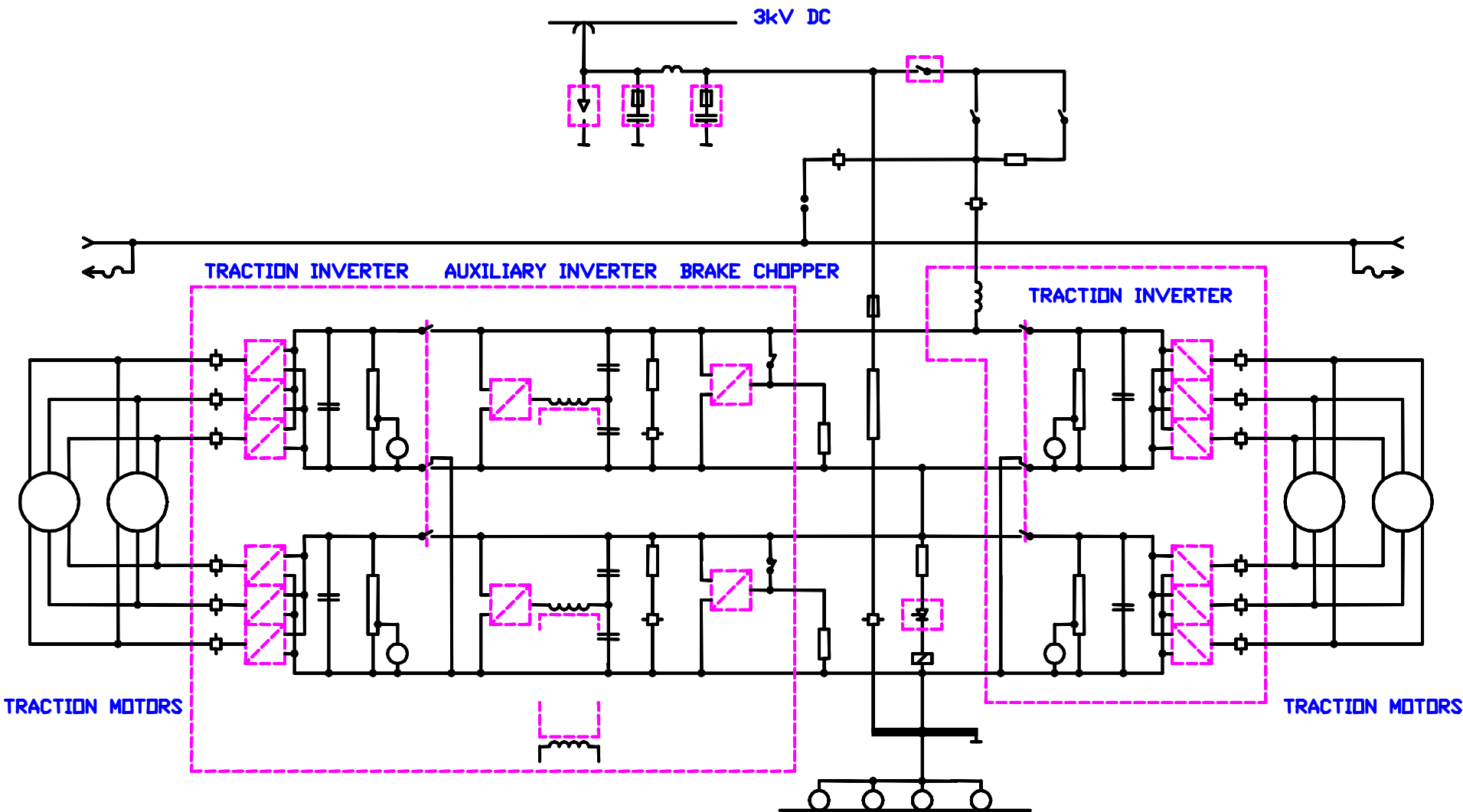


Elektrická motorová jednotka 471 ČD

Trolejové napětí jmenovité	3000 Vss, kolísání 2000...4000 V
Uspořádání náprav	Bo'Bo'
Maximální rychlost	140 km/h
Výkon motoru	4x500 kW trvale
Typ motoru	asynchronní s dvojitou hvězdou, vlastní chlazení
Typ měniče	napět ový, IGBT, chlazení vodou,
Typ řízení	asynchronní 800 Hz do 100 Hz synchronní a obdélníkové do 200 Hz
Elektrická brzda	rekuperační do vlastní spotřeby i do troleje nezávislá odporová.



Trakční schéma 471.



Problémy 471 a jejich řešení

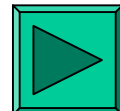
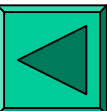
Rušení do snímačů LVZ na vozidle na motorovém kmotočtu

úprava kabeláže na podvozku k motorům

úprava řídicího SW s cílem snížit sycení jha statoru

Rušení zabezpečovacího zařízení 50 Hz

zvětšení kapacity vstupního filtru.



Vozidla na střídavý systém.

Vstupní měniče = čtyřkvadrantní měniče (pulzní usměrňovače)

- jednofázové napěťové můstkové střídače
- umožňují tok energie oběma směry
- pracují se stálým nosným kmitočtem (synchronní se sítí)
- bývají zapojeny paralelně, mohou být řízeny přesazeně
- modulace je **synchronní**
- měnič je zdrojem rušivých **napětí**
- rušivé proudy jsou určeny **reaktancí** transformátoru

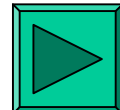
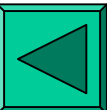
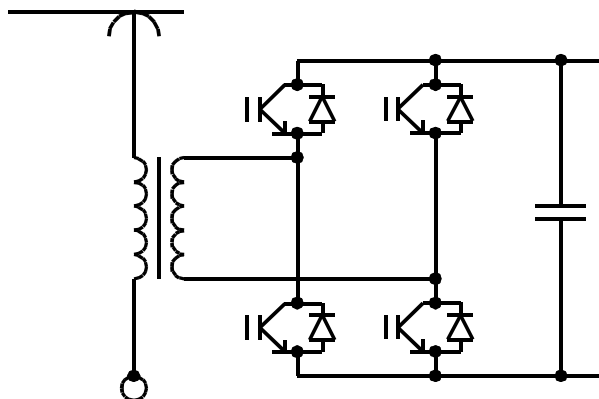
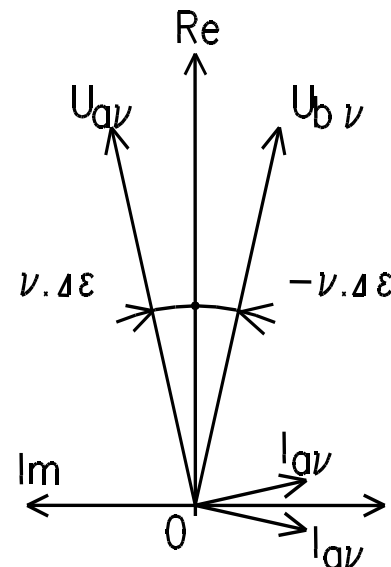
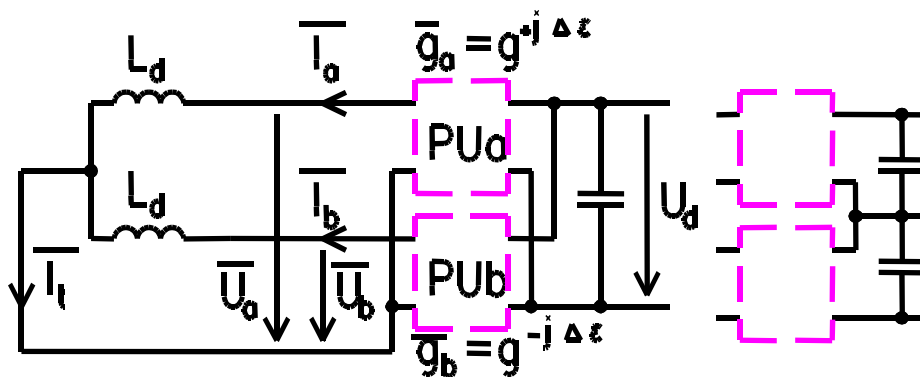


Schéma zapojení.



Základní zapojení

Vyšší harmonické při přesazeném řízení



Možnosti ovlivnění harmonických

- použití **vícenásobného přesazení**

ale roste počet měničů, vinutí na transformátoru

- volba co nejvyššího **nosného kmitočtu**

generovaná napětí klesají,

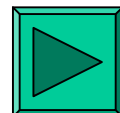
reaktance transformátoru je pro ně větší,

- volba velké rozptylové **indukčnosti transformátoru**

ale klesá napětí sekundárů transformátoru a roste proud,

omezení rozměry a hmotností transformátoru

- optimalizace způsobů **řízení**.



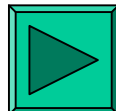
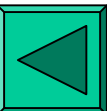
Použití dodatečných zařízení

- Ochranné obvody

sledují výskyt střídavých složek trakčního proudu
zasáhnou do řízení měniče pro jejich potlačení
vypnou trakci na vozidle (a co dál?)

- Pasivní filtry

laděné filtry na primáru nebo samostatném vinutí trafo
zkratují proudy vlastní lokomotivy i ostatních vozidel v síti
pro nízké kmitočty rozměrné
snižují vlastní kmitočet napájecího vedení.



Aktivní filtr.

- = čtyřkvadrantní měnič pracující do kapacitní zátěže
- zdánlivý výkon odpovídá výkonu vyšších harmonických
- připojen na vinutí pro pomocné pohony nebo samostatné vinutí
- řízen tak, aby generoval proudy co do velikosti a tvaru **stejně**, jako jsou odchylky skutečného trakčního proudu od požadované sinusovky, ale **opačného** znaménka
- reaguje rychle na **skutečný** tvar proudu,
- nemá nevýhody pasivních filtrů
- **ovšem** aktivní filtr vyžaduje vysoký spínací kmitočet
- jeho činností vznikají nové harmonické kmitočty

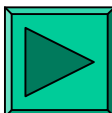
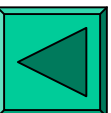
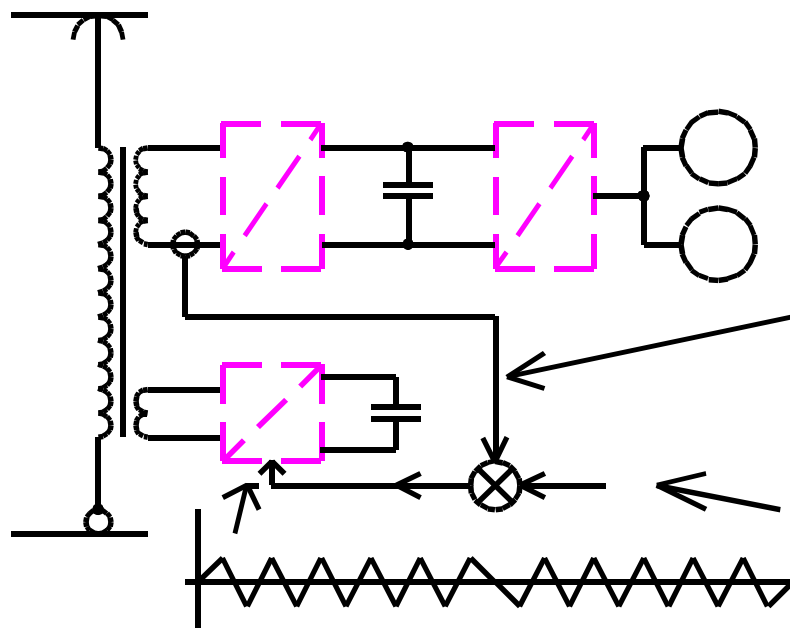
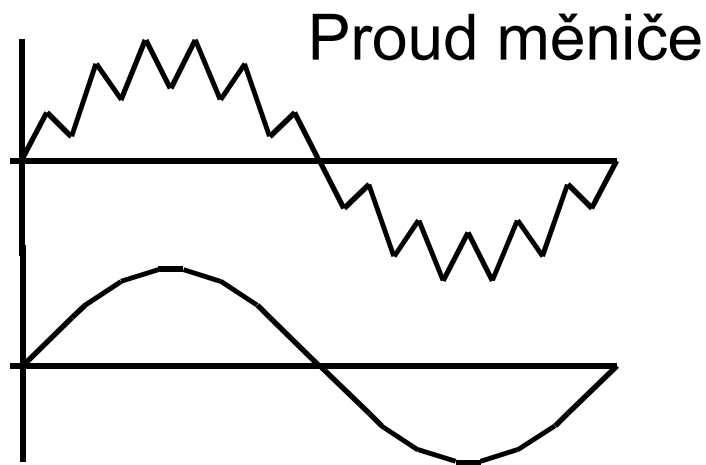


Schéma a funkce.



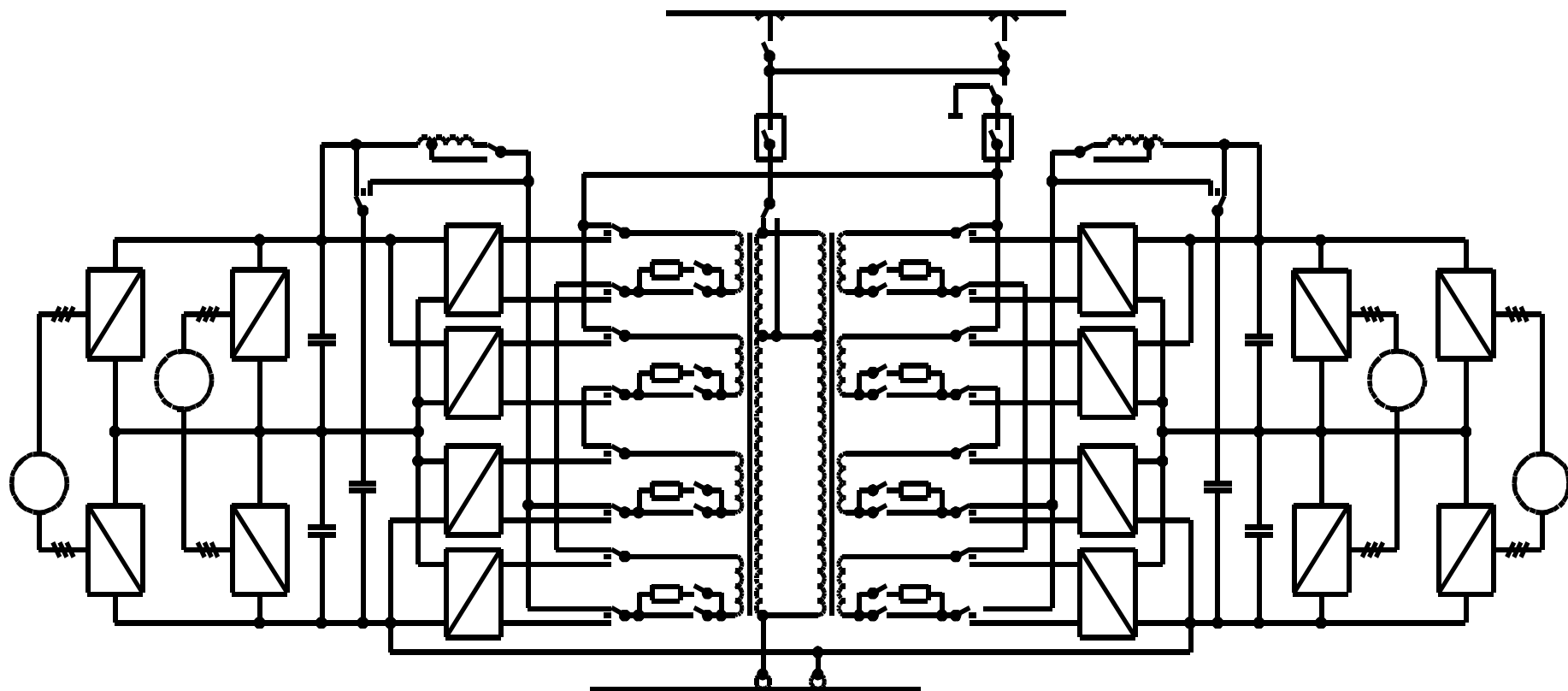
Kompenzační proud

aktivního filtru, požadovaná hodnota



Proud troleje požadovaný

Lokomotiva 380



3kVss, 25 kV, 50 Hz, 15 kV, 16,7 Hz

4x1600 kW=6400 kW

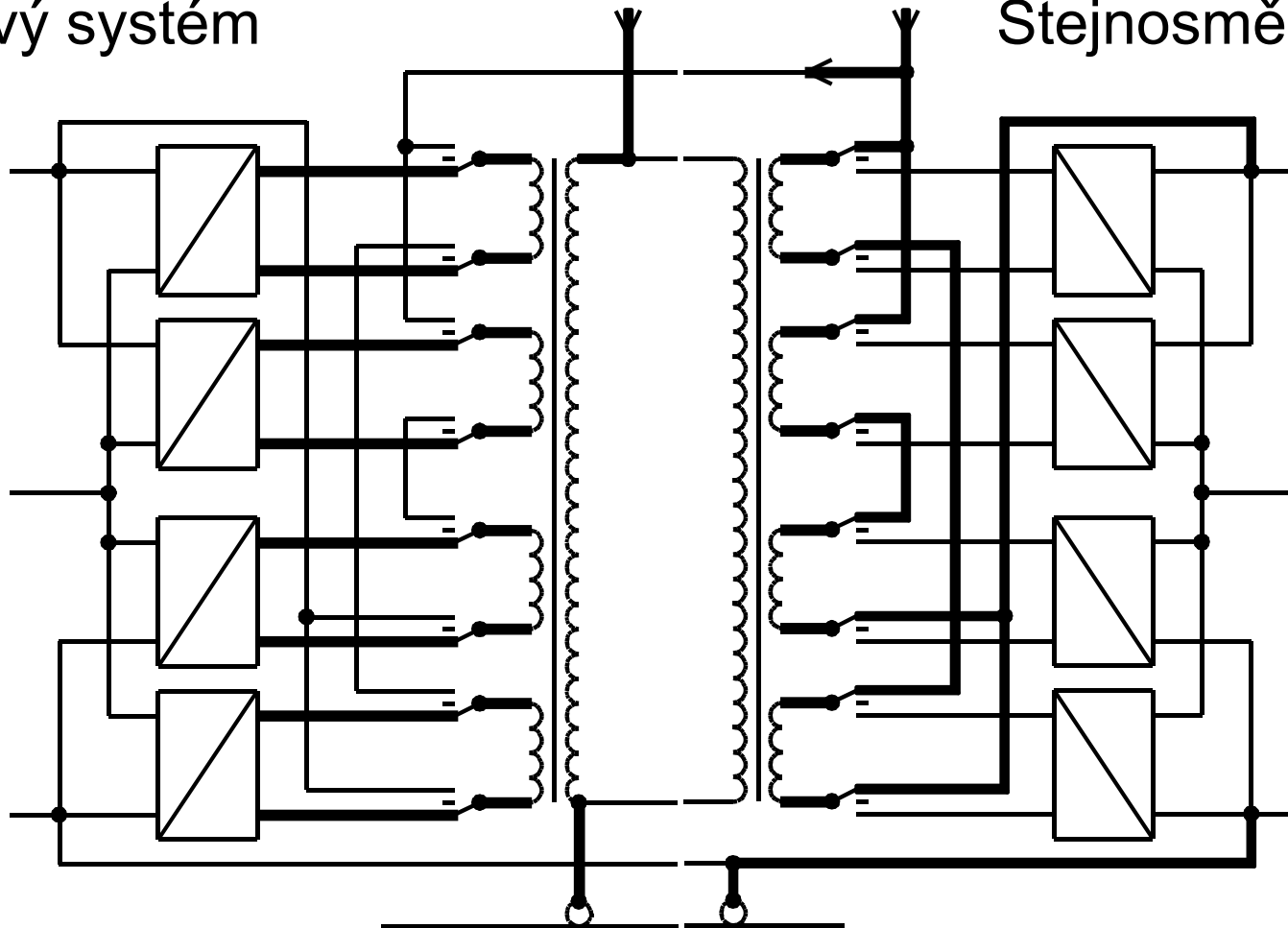
200 km/h.

Ovlivňování zabezpečovacího zařízení vozidly elektrické trakce

Zjednodušené schéma

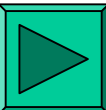
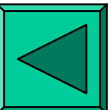
Střídavý systém

Stejnoseměrný systém



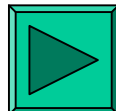
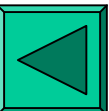
Projektovaná opatření proti rušení

- použití co nejvyššího nosného kmitočtu střídačů (1600 Hz)
- použití co nejnižšího vlastního kmitočtu filtru na DC (9 Hz)
- optimalizace způsobů řízení pro měniče
- pasivní filtrace pro nosný kmitočet čtyřkvadrantního měniče
- aktivní filtr především pro nižší kmitočty
- využití zkušeností z 471.



Dosavadní poznatky na ČD

- rušení ověřovaných vozidel značně překračovalo limity ČD
- po určitých zásazích na vozidlech bylo rušení výrazně sníženo
- charakter potíží, příčiny a provedené změny firmy nesdělují
- organizace ČD pověřené měřením jsou vázány mlčelivostí
- **ale** vozidla s asynchronními motory jsou v provozu již 20 let (?)
- příčinou potíží mohou tedy být i zvláště přísné požadavky ČD.

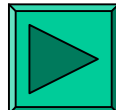
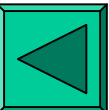


Závěry

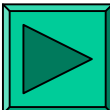
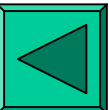
Provedení jednotlivých vozidel se v zapojení trakčních obvodů příliš **neliší** (ty se publikují)

Daleko více se zřejmě vozidla liší v použitém způsobu řízení a v „**detailech**“ (které se nepublikují)

Každé nové vozidlo může mít z hlediska ovlivnění ZZ **specifické vlastnosti**, případně nedostatky a tedy i **specifické možnosti řešení**.



Děkuji za pozornost.



NADPIS

