

# ELEKTRICKÁ TŘISYSTÉMOVÁ LOKOMOTIVA ŘADY 380 PRO ČD

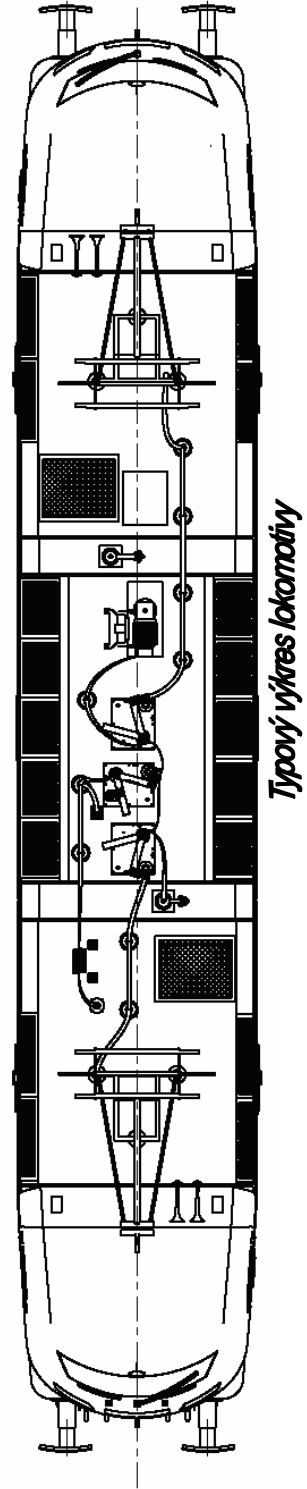
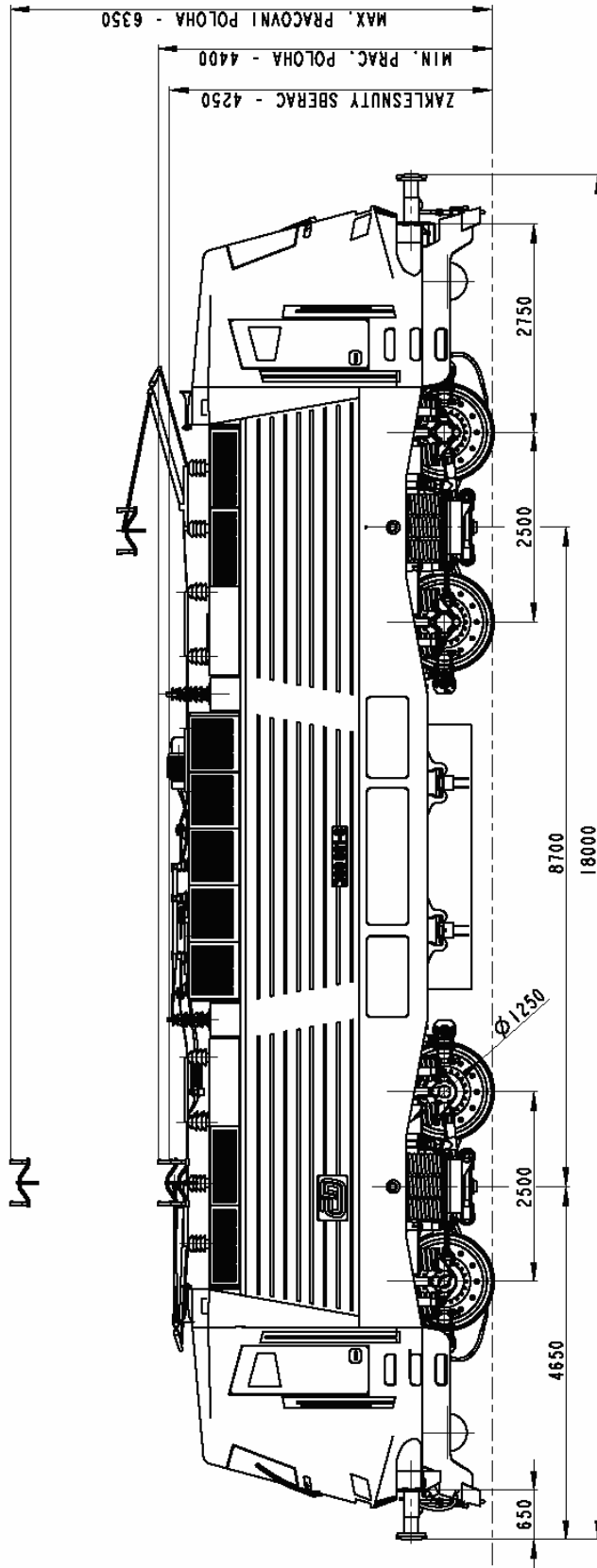
Ing. Petr ŠPALEK

## 1 ÚVOD

V loňském roce ŠKODA TRANSPORTATION (tehdy ještě pod jménem ŠKODA DOPRAVNÍ TECHNIKA) zvítězila ve veřejné obchodní soutěži na dodávku 20 třísystemových lokomotiv budoucí řady 380 pro ČD. V současné době probíhají ve ŠKODA TRANSPORTATION projekční a konstrukční práce na vývoji lokomotivy, která u výrobce obdržela typové označení ŠKODA 109 E a je určena pro tři napájecí systémy, 3000 V ss, 25 kV, 50 Hz a 15kV, 16,7 Hz.

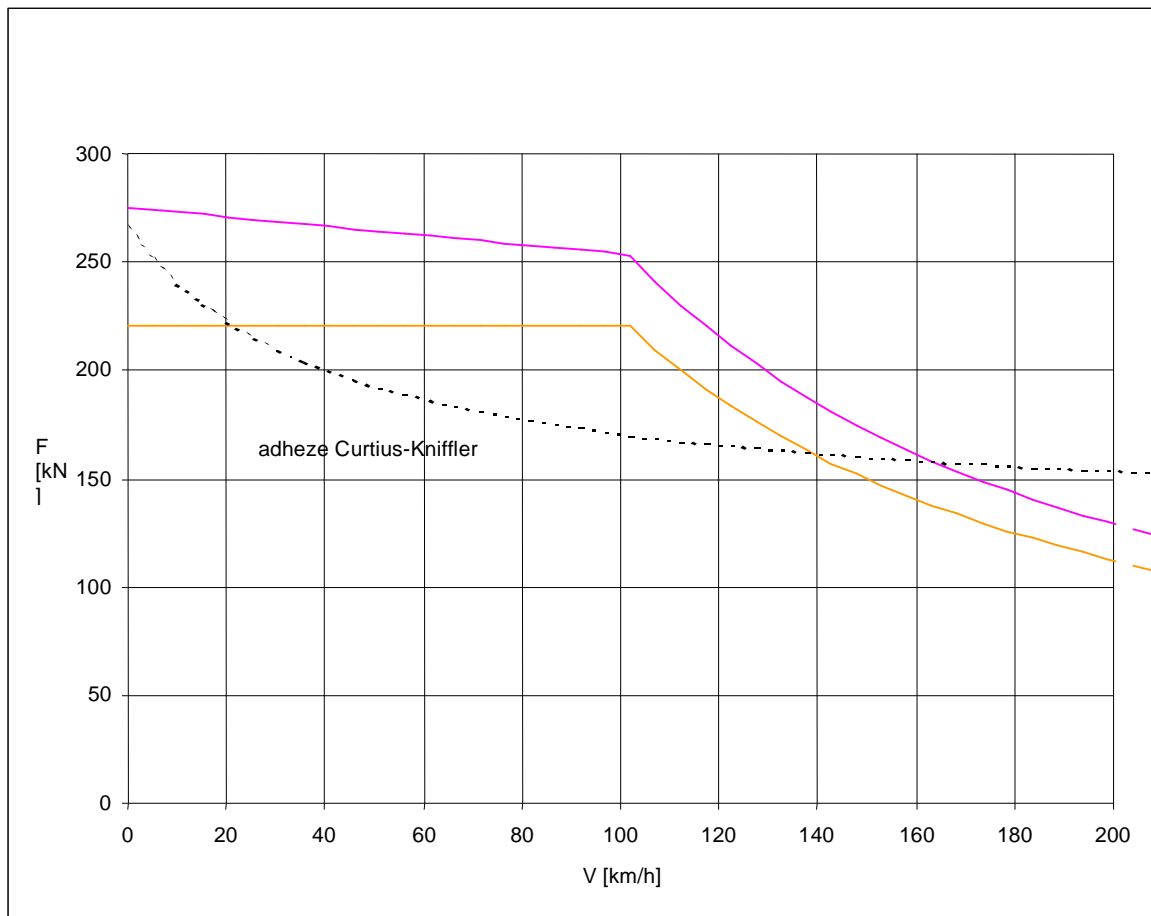
Vzhledem k tomu, že se jedná o třísystemové vozidlo, předpokládané nasazení bude tedy převažovat na ramenech napájených dvěma nebo všemi třemi napájecími systémy 3000 V ss, 25 kV, 50 Hz a 15kV, 16,7 Hz. V úvahu přicházejí hlavně tratě Berlín - Praha – Vídeň, Vídeň – Brno – Ostrava – Varšava, Praha – Plzeň – Norimberk a podobně.





## 2 HLAVNÍ TECHNIČKÉ PARAMETRY

- Určení: Univerzální třísystémová lokomotiva pro osobní a nákladní dopravu
- Trvalý výkon: 6.400 kW na všech napájecích systémech
- Rozjezdová tažná síla: 274 kN
- Maximální rychlost: 200 km/h
- Uspořádání dvojkolí: Bó Bó
- Celková hmotnost: 86 t
- Délka přes nárazníky: 18.000 mm
- Profil lokomotivy: UIC 505-1
- Šířka lokomotivy: 3.070 mm
- Vzdálenost otočných čepů: 8.700 mm
- Pohon dvojkolí: Dutým hřídelem s brzdovými kotouči v discích kol
- Průměr kol: 1.250 mm nová, 1.170 mm plně opotřebená



*Trakční charakteristika lokomotivy*

## 3 TRAKČNÍ VÝZBROJ LOKOMOTIVY

Trakční výzbroj lokomotivy řady 380 lze považovat za vývojově zcela novou, neboť v sobě slučuje problematiku provozu asynchronního pohonu na stejnosměrné napájecí síti a současně oba střídavé systémy 50 Hz a 16,7 Hz. Přitom z pohledu celkového výkonu se jedná o dosud nedosažené hodnoty (krátkodobě až 7.400 kW) a proto je této části věnována větší pozornost.

Řízení elektrické energie do lokomotivy zajišťují na všech napájecích systémech dva univerzální polopantografové sběrače s odpojovači. Obvod indikace trolejového napětí tvořený měřicím transformátorem napětí a relé indikace je společný pro všechny napájecí systémy. Dále jsou popsány všechny komponenty pohonového řetězce a pomocných pohonů.

Trakční transformátor slouží k přeměně elektrické energie přivedené z trolejového vedení 25 kV nebo 15 kV do vstupních obvodů třísystémové lokomotivy a dále k napájení elektrických trakčních zařízení, zařízení pomocných pohonů a vlakového topení.

Transformátor se skládá z primárního vinutí, osmi sekundárních vinutí pro trakci a čtyř vinutí vlakového topení. K vysokonapěťové průchodce primárního vinutí je připojen kabelový svod ze střechy lokomotivy, průchodka je vyvedena v prostoru mezi měničovou skříní a sousedním blokem elektrické odporové brzdy.

Všechny ostatní vývody transformátoru jsou rozmístěny pod střední uličkou. V nádobě transformátoru jsou umístěny tlumivky rezonančních filtrů druhé harmonické (33 Hz, 100 Hz), které jsou využívány i při provozu s trolejovým napájením 3 kV ss.

Hlavní transformátor má celkový trvalý výstupní výkon 7 944 kVA.

Provoz při napájení 25 kV/50 Hz nebo 15 kV/16,7 Hz je řešen přepínáním odbočky na primárním vinutí transformátoru, přepínání je zajištěno dvoupolohovým přepínačem, který je umístěn v transformátoru. Stejným přepojovačem je rovněž řešeno přepínání tlumivek v trakčním obvodu. Chladicím médiem je silikonový olej.

Při napájení z trolejového vedení 3 kV ss jsou využívána sekundární trakční vinutí jako tlumivky vstupního filtru. Potřebné hodnoty indukčností v závislosti na trolejovém napájení se realizují vhodným spojením tlumivek a sekundárního vinutí transformátoru.

**Trakční měnič** je skříňový, typu 1 MS-1 z produkce firmy ŠKODA ELECTRIC a sestává z čtyřkvadrantového (4Q) měniče, stejnosměrného meziobvodu a trakčních střídačů.

Pro konstrukci měničů jsou použity IGBT moduly německé firmy EUPEC.

Každá měničová skříň obsahuje dva trakční střídače. Každý střídač se skládá ze dvou dílčích částí, které jsou určeny pro napájení asynchronního trakčního motoru s vinutím uspořádaným do dvojité hvězdy. Trakční střídače mají tyto hlavní parametry: jmenovité vstupní napětí 2 x 1 500 V ss, jmenovité výstupní napětí 2 x (0 - 1 140) V stř., jmenovitý výstupní proud (fázový) 2 x 518 A.

V měničové skříní jsou dále instalovány pulzní měniče pro napájení jednoho bloku brzdového odporníku.

**Trakční motory** jsou typu ML 4550 K/6 a jsou výrobkem firmy ŠKODA ELECTRIC. Jedná se o asynchronní třífázové motory s kotvou nakrátko a se statorovým vinutím zapojeným do dvojité hvězdy. Trakční motory mají následující hlavní údaje: jmenovitý výkon na hřídeli motoru 1 600 kW, jmenovité otáčky 1 825 min<sup>-1</sup>. Chlazení trakčních motorů je vzduchové s cizí ventilací.

**Brzdový odporník** je umístěn v bloku, jehož součástí je rovněž ventilátorové soustrojí s axiálním ventilátorem. Odporník s ventilátorem je ve sloupovém provedení a je umístěn svisle ve strojovně lokomotivy. Uvnitř každého brzdového bloku jsou umístěny čtyři dílčí odporníky s výkonem 4 x 550 kW. Odporník je dimenzován pro trvalé zatížení. V režimu elektrodynamické brzdy je napájen pulzním proudem obdélníkového průběhu ze stejnosměrného meziobvodu lokomotivy přes pulzní měnič s IGBT tranzistory.

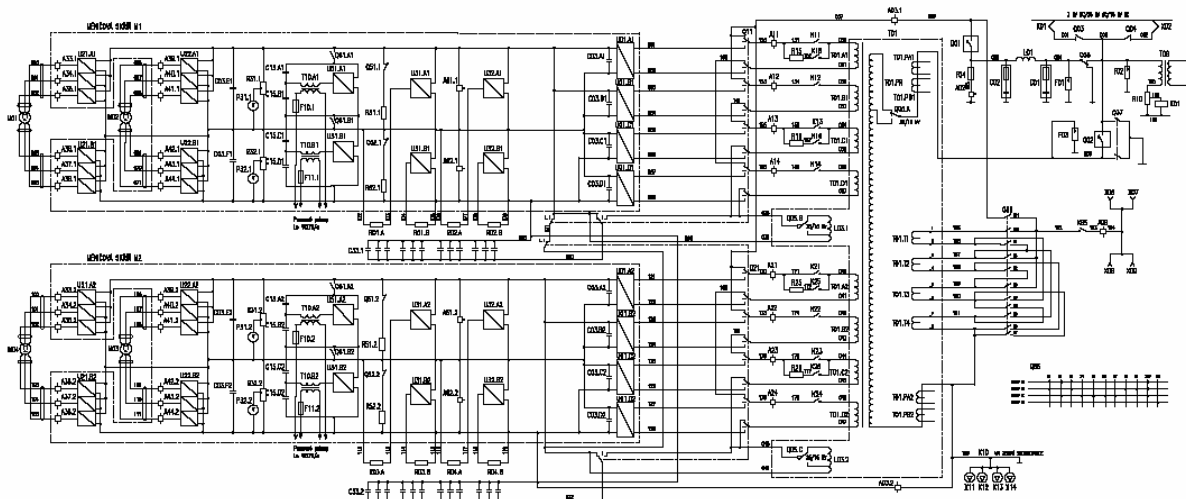


Schéma hlavních obvodů

Pomocné pohony jsou třífázové, asynchronní. Střídače pomocných motorů jsou napájeny ze stejnosměrné sítě 570 V ss, která je galvanicky oddělena od obvodů vysokého napětí a vytvářena z meziobvodu střídače přes transformátor s následným usměrněním a filtrací.

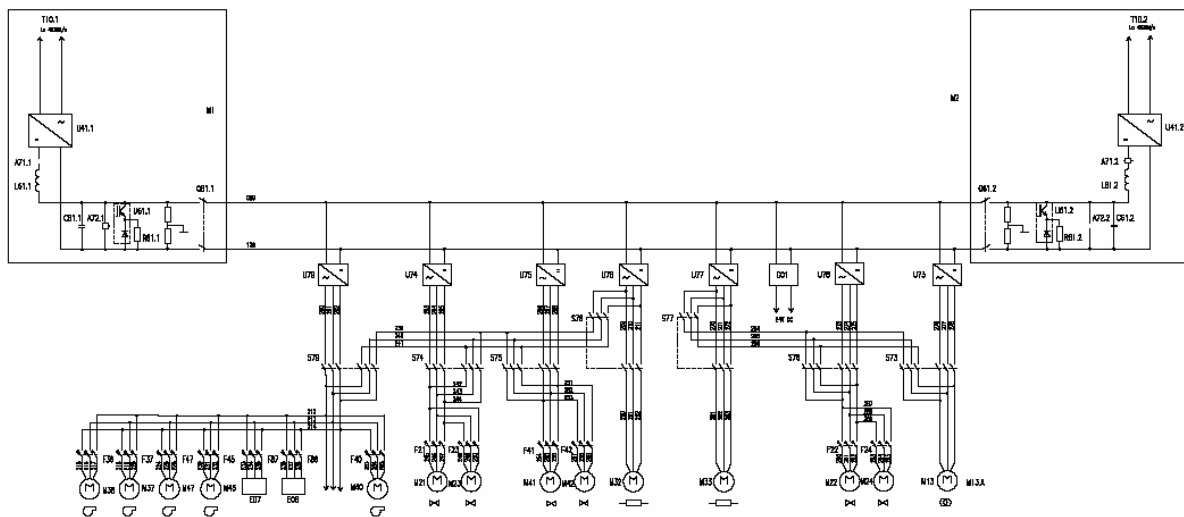


Schéma pomocných pohonů

## 4 PODVOZEK LOKOMOTIVY

Trakční podvozek typového označení ŠKODA 109 E, je podvozek určený pro elektrickou lokomotivu řady 380. Konceptně je podvozek navržen tak, aby jej bylo možno použít rovněž i pro některá další vozidla s podobnými parametry, příbuzná se základním typem 109 E. Podvozek je navržen pro maximální rychlost 200 km/h a maximální nápravový tlak 22,5 t.

Při konstrukci byly využity poznatky z provozu podvozků ŠKODA 1 EV, elektrických jednotek řady 471 CD a lokomotivního podvozku ŠKODA 85 E (známý „ASYNCHRON“).

### 4.1 CELKOVÁ KONCEPCE PODVOZKU

Podvozek je dvounápravový, s rámem svařované konstrukce, dvojitým vypružením, plně vypruženým pohonem dvojkolí (dutým hřídelem) a hydraulickým tlumením. Je řešen

s vysoce užitnými vlastnostmi, o čemž svědčí nízká celková hmotnost (cca 16 t), vysoký výkon asynchronních trakčních motorů (3 200 kW), relativně malý rozvor (2 500 mm), malé nevypružené hmoty, v primárním stupni i sekundárním stupni vypružení FLEXI-COIL ocelovými vinutými zpruhami, nízké položené přenos tažných sil, kotoučová brzda, čištění jízdní plochy kol a mazání okolků.

#### 4.2 POPIS PODVOZKU

**RÁM PODVOZKU** - Základní částí podvozku je rám tvořený dvěma podélníky, příčnickem a dvěma čelníky. Podélníky mají ve střední části vytvořeny tzv. „balkóny“, kvůli umístění sekundárního vypružení. Jsou tvořeny stojinami z plechů tl. 8 ÷ 10 mm a pásnicemi z plechů tl. 10 ÷ 20 mm. V „balkónech“ jsou současně vytvořeny konzoly pro upevnění ojnic vedení dvojkolí. Podélníky jsou mezi „balkóny“ ve střední části propojeny příčnickem tvořeným rovněž stojinami tl. 8 ÷ 10 mm a pásnicemi tl. 20 mm. Příčník je ve střední části ze spodní strany zúžen kvůli umístění mechanismu přenosu tažných sil. Na koncích jsou podélníky propojeny čelníky. Mezi čelníky a příčnickem jsou pomocí válcových pryžokovových silentbloků, uchycených do konzol, zesponu zavěšeny 2 bloky pohonů.

**SEKUNDÁRNÍ VYPRUŽENÍ** - Skříň vozu spočívá na rámu podvozku přes dvě skupiny sekundárních pružin. Klasické vinuté zpruhy využívají efektu FLEXI-COIL a zajišťují nejen svislé vypružení ale i příčné pohyby mezi skříní a podvozkem.

**NARÁŽKY** - V příčném směru jsou na podvozku mezi otočným čepem a příčnickem vypružené nárazky. Nárazky vymezují vodorovný pohyb podvozku vůči skříní. Kinematická hodnota chodu a tuhosti nárazky je navržena tak, aby pokud možno optimálně progresivně vyztužovala celkovou tuhost příčného vypružení mezi skříní a podvozkem. Kromě toho, konstrukční uspořádání dovoluje velmi snadno během zkoušek tyto hodnoty ještě přizpůsobit.

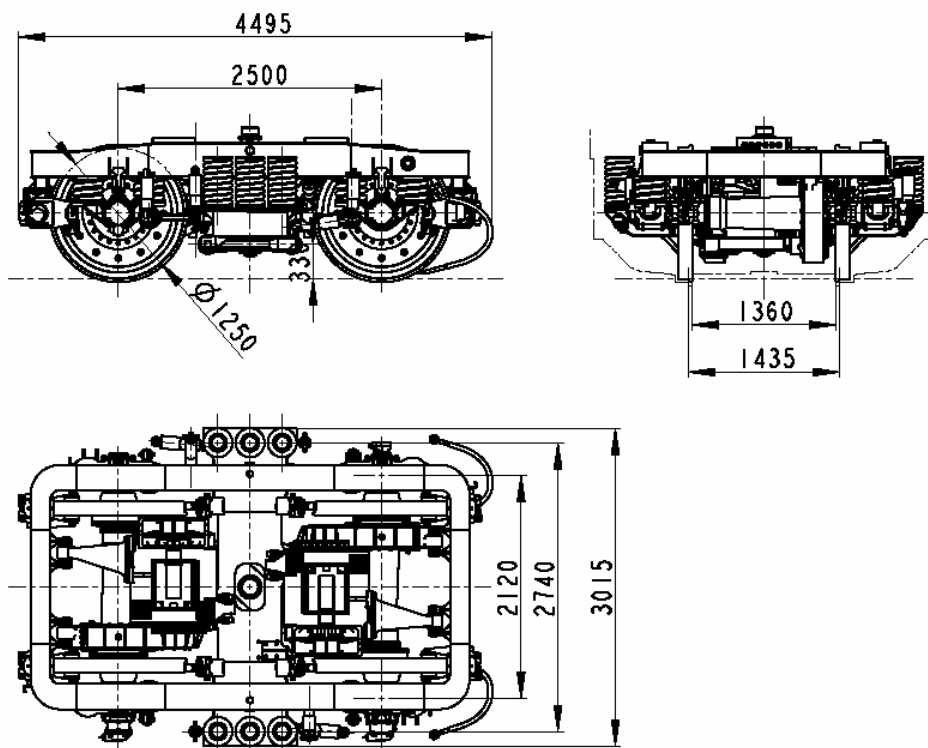
**PŘENOS TAŽNÝCH SIL** - Přenos tažných sil ze skříně na rám podvozku jde přes kovaný otočný čep, nalisovaný do hlavnímu rámu a dále přes tzv. lemniskátový přímovod. Tento přímovod sestává ze svařeného vahadla a dvou ojnic. Vahadlo je uprostřed upevněno přes pouzdro na otočný čep a v obou koncích vahadla jsou přes pryžové silentbloky uchyceny ojnice. Vzájemně natočenými oky o 90° jsou ojnice uchyceny do konzol na příčnicku rámu podvozku. Celý mechanismus vyjma otočného čepu je převzat z lokomotivy ŠKODA 85 E.

**PRIMÁRNÍ VYPRUŽENÍ A VEDENÍ DVOJKOLÍ** - Rám podvozku spočívá přes 4 páry vinutých pružin na ložiskových skříních dvojkolí, které je tvořeno vrtanou nápravou s čepy Ø150 mm a dřikem Ø200 mm a koly Ø1.250 mm. Materiál nápravy je A1N a materiál kol je R9T. Monobloková kola a hrubé výkovky náprav jsou výrobkem BONATRANS, a.s. Bohumín. Do kol jsou uchyceny brzdové kotouče a kloub spojky pohonu dvojkolí, na který přichází točivý moment z převodovky přes dutý hřídel objímající nápravu. Na čepy nápravy jsou nalisována dvouřadá válečková ložiska. Nápravová ložiska jsou uložena v ložiskových skříních, které jsou s rámem podvozku spojeny podélními ojnicemi, uchycenými na obou koncích přes pryžové silentbloky. Tyto ojnice zajišťují vedení dvojkolí a přenos podélních sil.

**PŘEVODOVÁ SKŘÍŇ** - Jedná se o jednostupňovou převodovku s pastorkem letmo na kuželovém konci hřídele motoru. Velké ozubené kolo je uchyceno na výstupním dutém hřídeli a celý hřídel je ložiskován ve dvou speciálních velkopřůměrových ložiscích. Skříň převodovky je litá a na straně velkého ozubeného kola má vytvořenu konzolu pro silentblok. Celá převodovka je pomocí příruby napevno spojena s trakčním motorem.

**DUTÝ HŘÍDEL** - Z převodovky na dvojkolí se točivý moment přenáší pomocí dutého kloubového hřídele objímajícího nápravu. Hřídel je tvořen kompozitovou kuželovou trubicí a dvěma speciálními klouby.

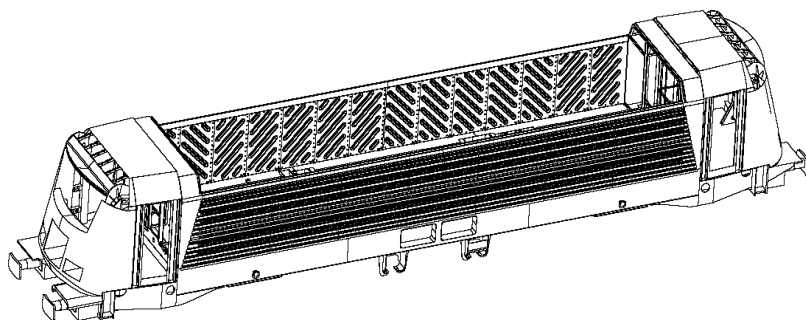
**BRZDA** - Mechanická část brzdy je na podvozku tvořena pneumatickou kotoučovou brzdou, s kotouči umístěnými v kole. Brzdové jednotky KNORR kotoučové brzdy jsou vybaveny pneumatickými válci se střadačovou parkovací brzdou. Celé jednotky jsou uchyceny na čelníku rámu podvozku a účinkují vždy na jedno kolo.



Typový výkres hnacího podvozku ŠKODA 109 E

## 5 HRUBÁ STAVBA SKŘÍNĚ A ODOLNOST PROTI NÁRAZU

Hrubá stavba skříně částečně vychází z hrubé stavby skříně lokomotivy 85 E, kde především bočnice vykazovaly velmi dobré parametry při relativně nízké hmotnosti. Na hlavním rámu jsou kromě hlavních vnějších podélníků i dva vnitřní, jejichž úkolem je umožnit kvalitní upevnění přístrojů ve strojně. Zcela odlišná je konstrukce čelní partie – kabiny a čelníku. Tyto dvě podskupiny jsou spojeny do jednoho svařence (tzv. kabinového modulu) a musí odpovídat kromě jiného i nejnovějším požadavkům na odolnost vozidel proti nárazu.



Požadavky na odolnost kolejových vozidel proti nárazu procházejí v posledních dobách poměrně bouřlivým vývojem. V roce 2005 dochází ke změně předpisu TSI (Technical Specification for Interoperability), do kterého byly zakomponovány požadavky nově připravované evropské normy pro odolnost vozidel proti nárazu (prEN 15227).

Ta definuje 4 scénáře nárazu:

- Čelní náraz 2 stejných vlakových souprav rychlostí 36 km/h
- Čelní náraz vlakové soupravy do čtyřnápravového vozidla o hmotnosti 80 t rychlostí 36 km/h

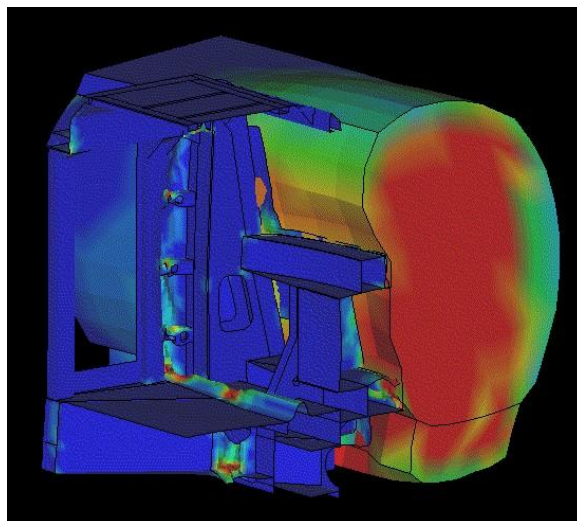


- Čelní náraz do poddajné vyšší překážky o hmotnosti 15 t rychlostí 110 km/h
- Čelní náraz do nízké překážky nebo zvířete – definice požadavků na pluh

Požadované odolnosti skříň vozidla při nárazu se dosahuje pomocí speciálních nárazníků a deformačních členů (scénář 1 a 2), dále pak konstrukcí čelní partie vozidla se zřetelně definovanou deformační zónou (scénář 3) a novou konstrukcí pluhu i jeho zavěšení, které musí odolat požadovaným silám a pohltit požadovanou energii, aniž by zapříčinily např. vykolejení vozidla (scénář 4).

K ověření funkčnosti navrhovaných řešení a deformačních zón slouží simulační výpočty nárazů. Při těchto výpočtech se sleduje chování konstrukce během nárazu a rozsah jejího poškození po nárazu. Dále se sledují a vyhodnocují především následující parametry: podélná rychlost, zrychlení, napětí a absorbovaná energie.

Je cílem, aby navrhovaná skříň vozidla byla vyrobena z jednoho typu materiálu. Pro tento materiál byly vytvořeny speciální dodací podmínky (požadavky na chemické složení), jejichž hlavním úkolem je zajistit požadovanou vrubovou houževnatost při nízkých teplotách.



Základním stavebním kamenem hrubé stavby skříň jsou výpalky z plechů, které jsou podle potřeby a možnosti ohýbané. V případě výhodnosti jsou použity válcované nebo ohýbané profily. Hmotnostní optimalizace společně s minimalizací počtu svarů (a následných deformací po svaření) se stávají velmi významnými kritérii při návrhu konstrukčního řešení.

## 6 VLAKOVÉ ZABEZPEČOVAČE

Lokomotiva musí být vybavena systémem vlakového zabezpečovacího zařízení tak, aby mohla být provozována bez omezení v prostoru všech požadovaných železničních správ, to znamená ČD, SD, DB, ÖBB, MÁV a PKP. Za základ systému byl zvolen perspektivní vlakový zabezpečovač dle evropského standardu pod označením ERTMS (European Rail Traffic Management System) Jedná se o provedení úrovně 2 (Level 2), tvořené systémem řízení jízdy ETCS (European Train Control System) a systémem radiové komunikace GSM-R (Global System Mobile-Railways).

Zvolená konfigurace jednotlivých komponentů vychází ze současného stupně vývoje mobilních a stacionárních systémů VZ. To znamená, že systém ETCS je prozatím rozšířen jen na malé části tratí a optimální skladba částí mobilní, tvořené zabezpečovačem ETCS a národními specifickými přenosovými moduly STM (Specific Transmission Module) pro původní národní vlakové zabezpečovače, je problematická, protože tyto moduly buď neexistují, nebo jsou teprve vyvíjeny.

Skladba vlakového zabezpečovacího zařízení na lokomotivě ř. 380 je tedy následující:

- ETCS úrovně 2 včetně dvou modulů GSM-R
- LZB 80E spolu s integrovaným modulem PZB 90 (Indusi) pro DB a ÖBB
- SMP EVM 120 pro MÁV
- SMP LS 90 pro ČD a SD
- SHP EDA3 pro PKP

S výjimkou modulu SHP pro polské železnice tvoří vyjmenované moduly jednotný systém, vzájemně propojený vnitřní komunikační sběrnici Profibus, případně vozovou



komunikační sběrnici MVB. Kompatibilita obou uvedených sběrnic je zajištěna prostřednictvím Gateway (GW). Součástí systému je též juristická jednotka tzv. „černá skříňka“ pro uchování požadovaných dat (Juridical Recorder Unit JRU), společná pro všechny systémy na sběrnici MVB.

Zmíněná problematika kompozice systému na úrovni komponentů roku 2005 je vyjádřena nutností použití přepínače ETCS-LZB a oddělených zobrazovačů DMI pro oba tyto systémy. Postupně však bude toto uspořádání nahrazeno modulem STM LZB80E, s jednotným displejem a bez přepínače.

Vlakový zabezpečovač SHP pro polské železnice zatím neexistuje v provedení STM, proto bude na lokomotivě použit samostatně.

## 7 ZÁVĚR

Výše popsaná lokomotiva představuje významný kvalitativní posun mezi moderními vozidly z produkce ŠKODA TRANSPORTATION a současně po relativně dlouhé pomlce rovněž počátek obnovy parku lokomotiv významné evropské železniční správy ČD na nejvyšší evropské úrovni.

### Resumé

Tento příspěvek popisuje nový projekt elektrické lokomotivy řady 380.

Trakční výzbroj je založena na použití pulzních usměrňovačů, napěťových střídačů s IGBT tranzistory a asynchronních trakčních motorů s dvojitou hvězdou a je projektována pro provoz na napájecích systémech 3000 V ss, 25 kV, 50 Hz a 15 kV, 16,7 Hz.

Trakční podvozek je založen na plně vypruženém pohonu dutým hřídelem. Vypružení v prvním i druhém stupni je FLEXI-COIL. Podvozek je dále vybaven kotoučovou brzdou v kolech.

Skříň lokomotivy odpovídá novým požadavkům na nárazovou odolnost podle pr EN 15 227.

### Summary

This paper deals with new project of electric locomotive type 380.

Traction equipment is based on using of pulse rectifiers, voltage invertors with IGBT transistors and asynchronous traction motors with double stern. It is projected for operation on 3000 V DC, 25 kV, 50 Hz and 15 kV, 16,7 Hz power supply systems.

Traction bogie is based on fully spring drive by hollow shaft. The spring in first and second grade is FLEXI-COIL. The bogie is provided with disc brake in wheels.

Locomotive body corresponds to the new requirements for impact resistance according to pr EN 15 227.