

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Přehled elektrických lokomotiv světových výrobců
Jan Petrás

Bakalářská práce
2008

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan PETRÁS**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Dopravní prostředky-Kolejová vozidla**

Název tématu: **Přehled elektrických lokomotiv světových výrobců**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Vypracujte rešerši elektrických lokomotiv s důrazem na popis vedení dvojkolí a řešení pohonu.
Vypracujte:

1. Důvodovou zprávu zaměřenou na popis jednotlivých způsobů řešení vedení dvojkolí a pohonu nápravy.
2. Historický přehled elektrických lokomotiv ČD (ČSD) s popisem vedení dvojkolí a pohonu náprav.
3. Rešerši ve světě vyráběných elektrických lokomotiv s technickým popisem.
4. Porovnání jednotlivých lokomotiv z hlediska výkonu, maximální rychlosti a hmotnosti.

Rozsah grafických prací: **podle pokynů vedoucího BP**
Rozsah pracovní zprávy: **40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- [1] LATA M.: Konstrukce kolejových vozidel II. Univerzita Pardubice. 1. vydání, 2004, 206 s., ISBN 80-7194-696-6.
[2] Odborné časopisy dostupné v univerzitní knihovně.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jaromír Zelenka, CSc.**
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: **18. února 2008**
Termín odevzdání bakalářské práce: **26. května 2008**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.



doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.

vedoucí katedry

dne

PODĚKOVÁNÍ

Moje poděkování patří především vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Jaromíru Zelenkovi, CSc., který mi poskytl cenné rady, náměty a připomínky při zpracování zadaného tématu. S grafickým zpracováním obrázků mi velice pomohl Ing. Aleš Hába. Rodina mi poskytla klidné zázemí pro moji práci. Bc. Ondřej Janiš a Dominika Volfová pak pomohli s překlady cizojazyčných textů. Všem za to patří velké poděkování.

SOUHRN

Rešeršní bakalářská práce je zaměřena na popis způsobu vedení dvojkolí a řešení pohonu. Mapuje současně vyráběné elektrické lokomotivy světových výrobců a porovnává jednotlivé typy dle zadaných parametrů. Zabývá se také historickým přehledem elektrických lokomotiv ČD (ČSD) a popisuje jejich konstrukční vývoj.

KLÍČOVÁ SLOVA

Elektrická lokomotiva, výroba nových lokomotiv, ČSD, pohon, vedení dvojkolí

TITLE

The list of world producents of electric locomotives.

ABSTRACT

The research bachelor work is alinged to a definition of way of axle box guiding and solutions to drive. It is mapping simultaneously procuded electric locomotives of world producers and comparing their individual types according to the requested parametres. It also drala with historic summary of electric locmotives ČD (ČSD) and describes their construction developement.

KEYWORDS

Electric locomotive, production of new locomotives, ČSD, drive (propulsion), axle box guide

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 6
---	------------------	----------

1. ÚVOD.....	9
2. VEDENÍ DVOJKOLÍ V RÁMU PODVOZKU	10
2.1. ROZSOCHOVÉ VEDENÍ.....	10
2.2. VEDENÍ SVISLÝMI ČEPY	11
2.3. OJNIČKOVÉ VEDENÍ	13
2.4. VEDENÍ KYVNÝM RAMENEM	14
2.5. VEDENÍ PRYŽOVÝMI PRVKY	14
2.6. VEDENÍ PASEM A PRUŽINOU	15
2.7. VEDENÍ OJNICÍ A FLEXI-COIL PRUŽINOU	16
3. POHON DVOJKOLÍ.....	17
3.1. POHON NEODPRUŽENÝM MOTOREM	18
3.2. POHON TLAPOVÝM MOTOREM.....	18
3.2.1. <i>Provedení s kluznými ložisky</i>	<i>19</i>
3.2.2. <i>Provedení s valivými ložisky.....</i>	<i>19</i>
3.2.3. <i>Provedení s tangenciálně vypruženým věncem ozubeného kola.....</i>	<i>19</i>
3.2.4. <i>Provedení s odpruženým dutým hřídelem.....</i>	<i>20</i>
3.3. POHON DUTÝM HŘÍDELEM OBJÍMAJÍCÍM NÁPRAVU	21
3.3.1. <i>Provedení s pružinovým mechanismem</i>	<i>22</i>
3.3.2. <i>Provedení s ojničkovým mechanismem.....</i>	<i>22</i>
3.4. POHON KLOUBOVÝM HŘÍDELEM.....	22
3.4.1. <i>Pohon kloubovým hřídelem uloženým v dutině rotoru</i>	<i>23</i>
3.4.2. <i>Pohon kloubovým dutým hřídelem objímajícím nápravu</i>	<i>24</i>
3.4.3. <i>Pohon kloubovým hřídelem uloženým vně rotoru.....</i>	<i>25</i>
3.4.4. <i>Pohon kloubovým hřídelem s podélnou osou rotace</i>	<i>28</i>
4. HISTORICKÝ PŘEHLED ELEKTRICKÝCH LOKOMOTIV ČSD (ČD)	29
4.1. POČÁTEK ELEKTRICKÉ TRAKCE NA ÚZEMÍ ČESKA	29
4.2. POVÁLEČNÁ VÝROBA ELEKTRICKÝCH LOKOMOTIV (TZV. I. GENERACE ŠKODA).....	30
4.2.1. <i>Šestinápravové stejnosměrné elektrické lokomotivy.....</i>	<i>32</i>
4.2.2. <i>Elektrické střídavé lokomotivy pro ČSD.....</i>	<i>33</i>
4.3. LOKOMOTIVY TZV. II. GENERACE ŠKODA.....	34
4.4. LOKOMOTIVY TZV. III. GENERACE ŠKODA.....	36

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 7
---	------------------	----------

4.5. LOKOMOTIVY PRO DOLY NÁSTUP TUŠIMICE.....	36
---	----

5. PŘEHLED VE SVĚTĚ VYRÁBĚNÝCH LOKOMOTIV S TECHNICKÝM POPISEM..... 37

5.1. ŠKODA TRANSPORTATION S.R.O.....	37
5.1.1. Lokomotiva ŠKODA 109 E	37
5.2. SIEMENS	42
5.2.1. Lokomotiva ES64U2	42
5.2.2. Lokomotiva ES64F4.....	44
5.2.3. Lokomotiva ES64U4	45
5.2.4. Lokomotiva ES 46 B1 (LE 4700)	50
5.2.5. Lokomotiva ES 96 F1 (DJ4) (HXD1)	51
5.3. BOMBARDIER.....	53
5.3.1. Lokomotiva TRAXX P160.....	53
5.3.2. Lokomotiva TRAXX F140.....	55
5.4. ALSTOM.....	57
5.4.1. Lokomotiva PRIMA 4200 EL 2U; 3U a 6000 EL 4U [42(3,4)7000]	57
5.4.2. Lokomotiva PRIMA 4200 EL-P 2U (827300).....	58
5.4.3. Lokomotiva DJ4-6 (HXD2).....	59
5.4.4. Lokomotiva DJ8.....	60
5.5. ANSALDOBREDA	61
5.5.1. Lokomotiva E 403 (E402 typ C)	61
5.6. LOKOMOTIVKA KOLOMENSKIJ ZAVOD.....	62
5.6.1. Lokomotiva EP2K (ЭП2К).....	63
5.7. NEVZ (NOVOČERKASSKIJ ELEKTROVOZOSTROJITĚLNYJ ZAVOD)	64
5.7.1. Lokomotiva 2ES5K (2ЭС5К).....	65
5.7.2. Lokomotiva 3ES5K (3ЭС5К).....	66
5.7.3. Lokomotiva 2ES4K (2ЭС4К).....	67
5.7.4. Lokomotiva E5K (Э5К)	69
5.7.5. Lokomotiva EP1M	69
5.8. UZŽM (URALSKIJ ZÁVOD ŽELEZNODOROŽNOGO MAŠINOSTROJENIA) ...	71
5.8.1. Lokomotiva 2ES6 (2ЭС6).....	71
5.9. TEVZ (TBILISSKIJ ELEKTROVOZOSTROJITĚLNYJ ZÁVOD).....	72
5.9.1. Lokomotiva 6E1	72
5.9.2. Lokomotiva 8E1	73
5.10. DLOCO (DALIAN LOCOMOTIVE & ROLL STOCK)	73
5.10.1. Lokomotiva DJ3 (HXD3).....	73

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 8
---	------------------	----------

5.11. DALTONG ELECTRIC LOCOMOTIVE COPANY	77
5.11.1. Lokomotiva SS7E.....	77
5.12. ZELW (ZHUZHOU ELECTRIC LOCOMOTIVE WORKS)	78
5.12.1. Lokomotiva Ozbekiston	78
5.12.2. Lokomotiva KZ4A.....	81
5.13. STADLER WINTERTHUR.....	81
5.13.1. Lokomotiva Ee 922.....	81
6. POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH LOKOMOTIV	83
7. ZÁVĚR.....	84
8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	85
9. SEZNAM PŘÍLOH.....	90

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 9
---	------------------	----------

1. Úvod

Prakticky od počátku železniční dopravy se začala elektrická trakce uplatňovat jako moderní způsob pohonu. První upotřebitelnou elektrickou lokomotivu předvedl světu Werner von Siemens dne 31. května 1879 na průmyslové výstavě v Berlíně. Na našem území se začala psát historie elektrické trakce v roce 1903 na trati z Tábora do Bechyně. Vývoj elektrických lokomotiv nabral v 20. století rychlé tempo a ubíral se vpřed mílovými kroky. Elektrické lokomotivy z kolejí postupně zcela vytlačily parní trakci a v období kdy se jde cestou energetické úspornosti získávají navrch i nad lokomotivami se spalovacími motory.

Tato práce se pokouší přiblížit vývoj a výrobu elektrických lokomotiv provozovaných na našem území, popsat použitá konstrukční řešení, upozornit na jednotlivé odlišnosti a podat celkový přehled jednotlivých řad elektrických lokomotiv. Dále tato práce obsahuje trendy užití ve světě v konstrukci vedení dvojkolí a řešení pohonů elektrických lokomotiv. Samostatnou kapitolou je přehled současně vyráběných elektrických lokomotiv světových výrobců s technickým popisem, základními technickými údaji, typovým výkresem a trakční charakteristikou. Jednotlivé lokomotivy jsou také srovnávány z hlediska výkonu, maximální rychlosti, hmotnosti a tažné síly.

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 10
---	------------------	-----------

2. Vedení dvojkolí v rámu podvozku

Konstrukční uzel vedení ložiskových skříní (vedení dvojkolí) v rámu podvozku je většinou konstrukčně uložen velmi blízko nebo dokonce konstrukčně propojen s prvním stupněm vypružení. Má značný vliv na chodové vlastnosti vozidel.

Vedení dvojkolí musí svou příčnou poddajností umožňovat příčné vypružení, podélnou poddajností (resp. rejdovností) musí umožnit snížení kvazistatických účinků z oblouků koleje a zároveň přenášet podélné síly mezi rámem podvozku a dvojkolím. Důležitá je však i přesnost vedení dvojkolí (pokud možno bez vůlí), při nichž se může za jistých podmínek na přímé koleji rozvíjet vlnivý pohyb dvojkolí až k hranici nestabilního chodu.

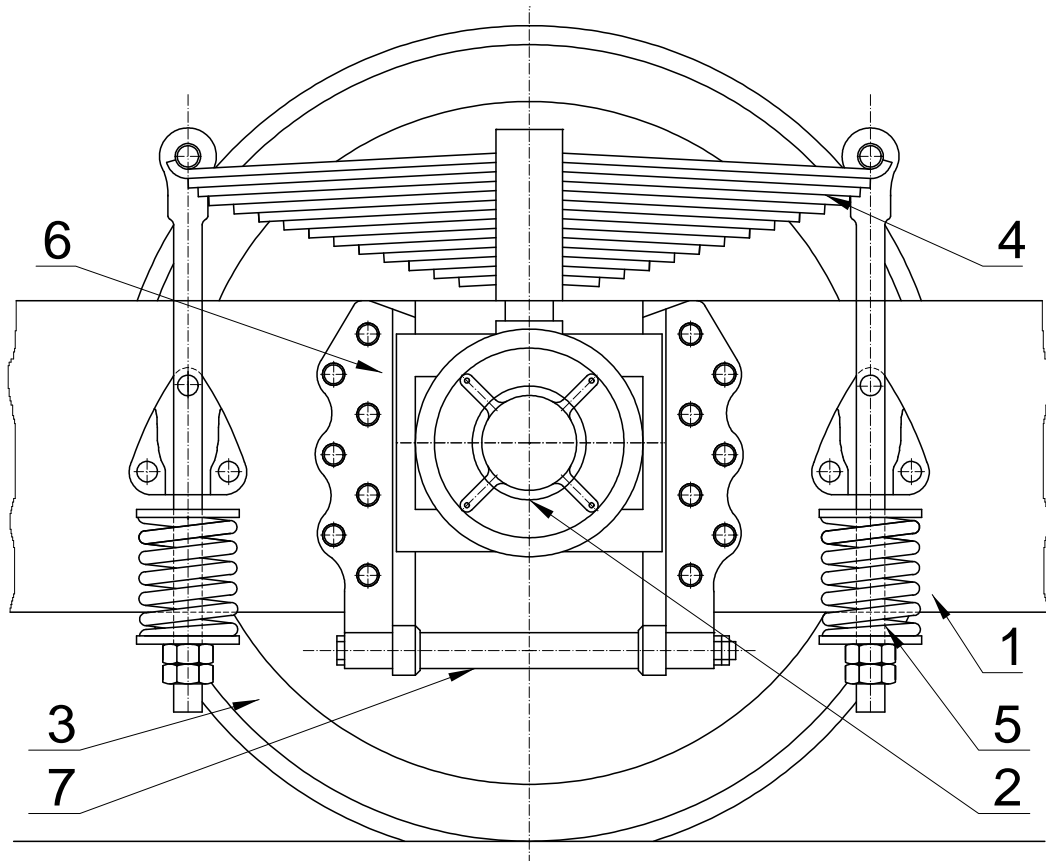
Při posuzování konstrukce prvního stupně vypružení a vedení ložiskových skříní hrají významnou roli další vlastnosti: údržbová náročnost, dlouhodobá stálost mechanických parametrů (může být problematické např. u pryžových prvků), jednoduchost a technologičnost konstrukce. Současné poznatky ukazují, že nevýhodná se jeví taková řešení, založená na třecích dvojicích. S nimi je totiž vždy spojeno opotřebení i vznik nepříznivých vůlí. První stupeň vypružení a vedení ložiskových skříní v rámu podvozku se používá v následujících alternativách.

Základní rozdělení typů vedení dvojkolí:

- rozsochivé vedení
- vedení svislými čepy
- ojnicové vedení
- vedení kyvným ramenem
- vedení pryžovými prvky
- vedení pasem a pružinou
- vedení ojnicí a flexi-coil pružinou

2.1. Rozsochové vedení

Rozsochové vedení (*Obr. 1*) představuje nejstarší typ vedení dvojkolí v rámu podvozku, převzatý z parních či pozdějších rámových lokomotiv. Tento typ vedení dvojkolí, buď v kombinaci se šroubovitými pružinami, nebo listovými pružinami a závěsy, je v současné době překonán pro své negativní vlastnosti, plynoucí z třecího charakteru kluzné dvojice, která s sebou přináší problémy s mazáním, čistotou ploch a opotřebením. Dalším negativem jsou vůle, jejichž kompenzace seřizováním je velmi nevhodná a znamená nebezpečí porušení křížových měř. Z doposud prováděných měření a teoretických prací pro vozidla s tímto typem vedení dvojkolí jsou typické horší chodové vlastnosti použitelné jen pro nižší rychlosti.



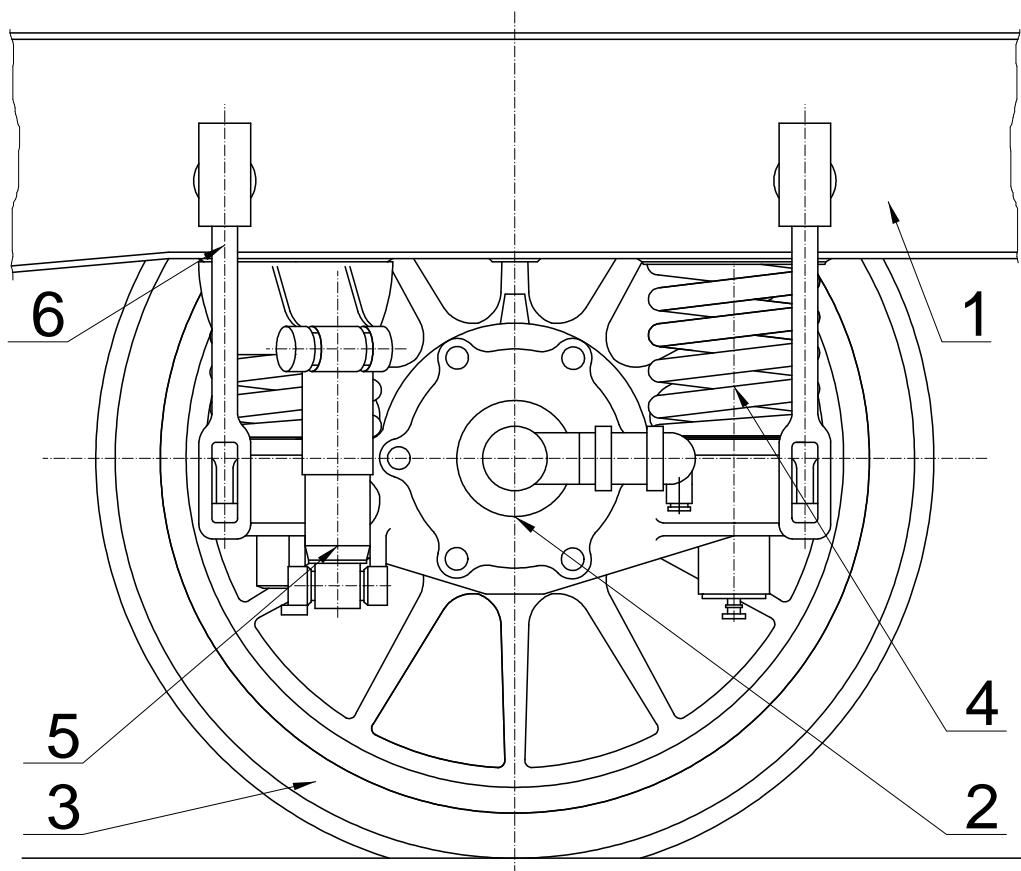
Obr. 1 Rozsochové vedení dvojkolí lokomotivy E417; 1 - rám, 2 - ložisková skříň, 3 - dvojkolí, 4 - listová pružnice (primární vypružení), 5 - sekundární vypružení, 6 - rozsochy, 7 - rozsochová spona

2.2. Vedení svislými čepy

Čepové vedení (*Obr. 2*) nejčastěji s dvojicí šroubových válcových pružin je v nejrůznějších kombinacích velmi používané na hnacích vozidlech ŠKODA (150, 162, 163, 263, 350, 362, 363, atd.), případně také v zahraničí. U hnacích vozidel je nejčastěji čep uložen v pouzdře v uzavřené olejové lázni. Existují dvě zcela odlišná řešení. Čepové vedení s minimálními provozní radiální vůlí a s použitím třecích nekovových prvků, které má částečně plnit funkci třecího tlumení. V praxi totiž dochází k opotřebení a vzniku vůlí, které při nedostatečné údržbě dosahují značných hodnot s následnými negativními důsledky (často již při rychlostech pod 100 km/h).

Další řešení je čepové vedení s minimální provozní radiální vůlí, opatřené pryžo-ocelovými vulkanizovanými pouzdry, doplněné mazáním a samozřejmě ve svislém směru účinným hydraulickým tlumičem (např. elektrické lokomotivy ŠKODA, SLM, atd.) Toto

řešení je na zcela jiné kvalitativní úrovni, s provozním opotřebením pohybujícím se řádově v desetinách milimetru. U svislých vodících čepů může vzniknout problém záměnou vulkanizovaného silentbloku za klasické pouzdro (skládané). V případě skládaného pouzdra totiž při radiální deformaci klesne vlivem uvolnění jedné strany stykové plochy tuhost v radiálním směru přibližně o polovinu, což může mít nepříznivé důsledky na jízdní vlastnosti. Nehledě na fakt, že se po dlouhodobém provozu může pouzdro jednostranně otlačit.

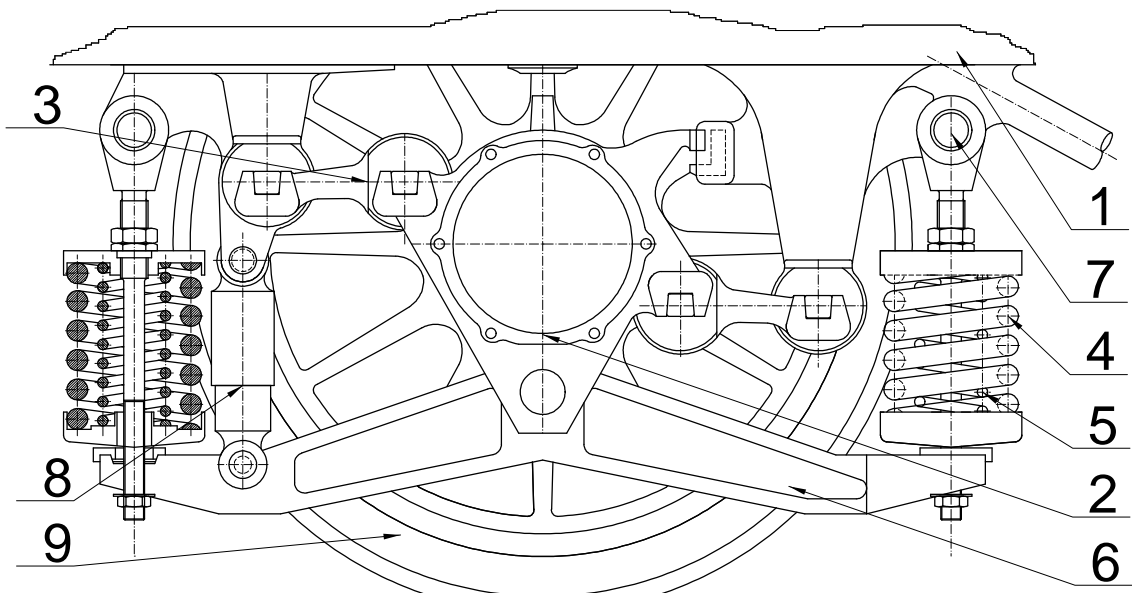


Obr. 2 Vedení svislými čepy lokomotivy ŠKODA 69E (363), 1 - rám, 2 – ložisková skříň, 3 - dvojkolí, 4 - vinutá pružina primárního vypružení (uvnitř vodící čepy), 5 - tlumič, 6 - závěs

Popsanému řešení předcházelo řešení s listovou pružinou, zavěšenou za opasek pod ložiskovou skříň a na koncích závěsy na rám podvozku, v případě 6-ti nápravového uspořádání ŠKODA (řada 180). Navíc doplněno provahadlováním dvojkolí (zajištění rovnoměrného svislého zatížení dvojkolí při průjezdu zborcením koleje).

2.3. Ojničkové vedení

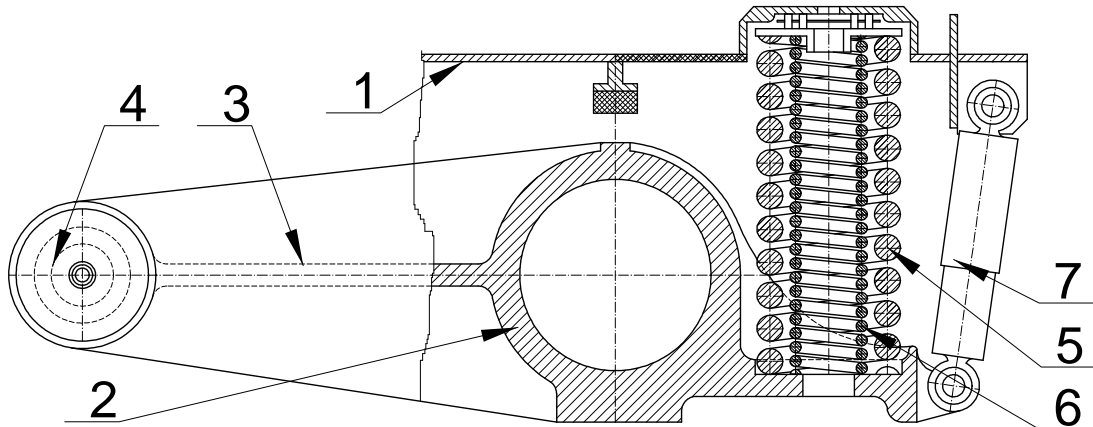
Ojničkové vedení (*Obr. 3*) se aplikuje na hnací vozidla určená pro vyšší rychlosti. Je tvořeno dvojicí excentricky umístěných ojniček spojujících rám podvozku a ložiskovou skříň prostřednictvím pryžových silentbloků. Kinematicky se jedná o paralelogram, který při malých výchylkách působí přibližně jako přímovod. Svislé vypružení samotné je většinou tvořeno šroubovitými pružinami. Zmíněné řešení má opět výhodu v tom, že zde není užitý žádný třecí prvek, a proto odpadají problémy s tím spojené. I v tomto případě je třeba brát v úvahu změnu parametrů pryže po dlouholetém provozu, ovšem výměna pouzder bude patrně méně náročná dílenská operace. Toto vedení je použito např. u lokomotiv ES 64 F4 (BR 189) SIEMENS a z ní vycházejících řad, u starších vozidel Alsthom (později GEC Alsthom, dnes Alstom) a Henschel Kastel (později ABB Henschel Adtrans, dnes Bombardier). Ojničkové vedení bylo u nás poprvé použito u starších střídavých elektrických lokomotiv ŠKODA řad 47E4 ÷ E6 (ČSD 230, 240). V době vzniku (1968) se jednalo o koncepčně pokrokové řešení. Zde je ještě dříve používané komplikovanější provedení se spodním vahadlem (*Obr. 3*). Ojničkové vedení je náročnější na prostor, z hlediska umístění pružin prvního stupně vypružení. Existují dvě varianty uspořádání, buď se spodním vahadlem, nebo tvarově složitější a robustnější ložisková skříň. Dnešní trend jde cestou druhou.



Obr. 3 Ojničkové vedení na lokomotivě 47E (240); 1 - rám, 2 - ložisková skříň, 3 - vodící ojnička nápravového ložiska, 4 - vnější pružina, 5 - vnitřní pružina, 6 - vahadlo, 7 - čep závěsného šroubu, 8 - tlumič, 9 – dvojkolí [7]

2.4. Vedení kyvným ramenem

Ložisková skříň tvoří jeden celek s kyvným ramenem, které je (u zahraničních vozidel) vázáno na rám pomocí čepu nebo silentblokového kloubu. Svislé vypružení je většinou tvořeno klasickými šroubovitými pružinami. Řešení je typické spíše pro motorové lokomotivy ČKD (*Obr. 4*) a to i v dvounápravové modifikaci. Lze konstatovat, že se jedná o koncepčně velmi dobré řešení. Vzhledem ke své době vzniku je u vozidel ČKD poněkud robustní s vyšší hmotností. To plyne i z požadavku na značné předdimenzování vzhledem k provozu v extrémních podmínkách tehdejších objednatelů. Konstrukční řešení čepu kyvného ramene je provedeno jako klasický čepový spoj doplněný silentblokem. Tento druh vedení dvojkolí v rámu podvozku rovněž souvisí s použitím dvouřadých naklápěcích ložisek, kde se předpokládá, že relativní pohyb dvojkolí vůči rámu podvozku se bude uskutečňovat právě prostřednictvím nich. Existuje ještě jiné řešení, kdy je použito ložisko válečkové, a jak kolébavý pohyb dvojkolí v příčné rovině, tak příčně-podélný pohyb dvojkolí vůči rámu podvozku je realizován v pružném uložení kyvného ramene. Jako příklad užití kyvného ramene v zahraničí je možné uvést elektrické lokomotivy SLM (dnes Bombardier) Re4/4 460 (BLS 465).



Obr. 4 Vedení kyvným ramenem používané u lokomotiv ČKD, 1 - rám, 2 - ložisková skříň, 3 - kyvné rameno, 4 - čep spojující rám, 5 - vnější pružina, 6 - vnitřní pružina, 7 - tlumič

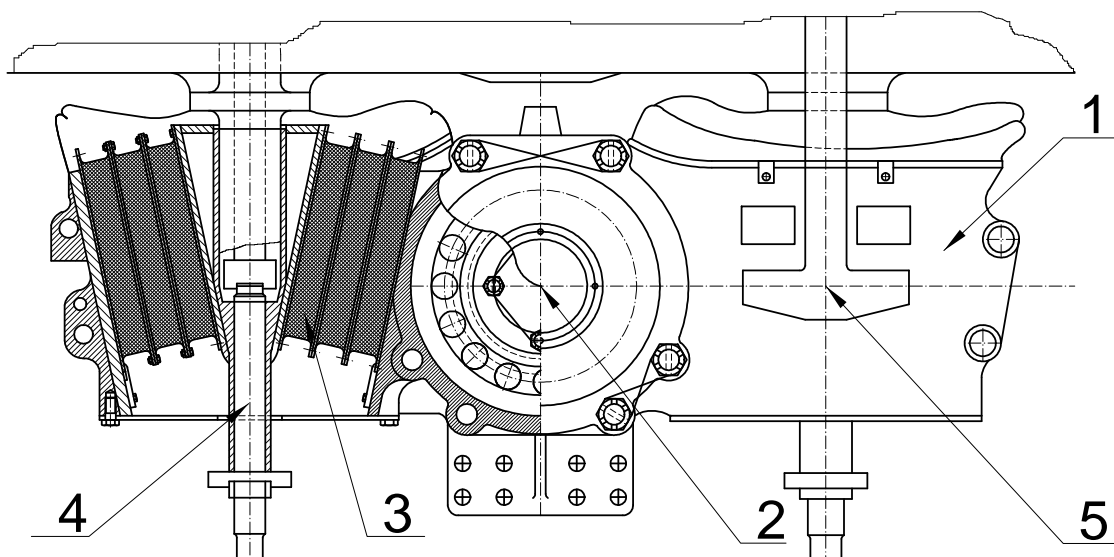
2.5. Vedení pryžovými prvky

Vedení pryžovými prvky je dvojího provedení: první je tvořeno šikmými několikvrstevnými pryžo-kovovými bloky typu Maggi, které je typické pro starší lokomotivy firmy ASEA, posunovací lokomotivy ŠKODA 33 E0, E1 (ČSD110), 51E0-E3 (210) (*Obr. 5*)

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 15
---	------------------	-----------

a z nich odvozených řad. Tyto bloky (buďto ploché nebo šípovité) jsou široce nabízeny v mnoha typizovaných řadách výrobcí pryžových prvků.

Princip druhého způsobu konstrukce je odvalování pryže na tvarovaném trnu (např. systém Clouth). Někteří výrobci (Mannesmann Sachs, GMT, Paulstra, Contitech) tyto prvky nabízejí rovněž ve svém programu jako typizované řady a to i v různých variantách. Takto je koncipován první stupeň vypružení podvozků nových řad posunovacích lokomotiv ŠKODA 90 E. Pryžové prvky tvoří kromě svislého, současně příčný a podélný prvek vypružení. Značnou výhodou je absence jakékoliv třecí dvojice a z toho plynoucí minimální opotřebení a vůle. To znamená téměř nulovou náročnost na údržbu. Problémem těchto prvků je, že u pryže může dojít ke změně mechanických vlastností vlivem stárnutí, případně agresivního prostředí. Projevuje se hlavně únavou tečením (Creep Effect) což se projevuje nevratnou deformací, v extrémním případě dosahující 10% statické deformace.



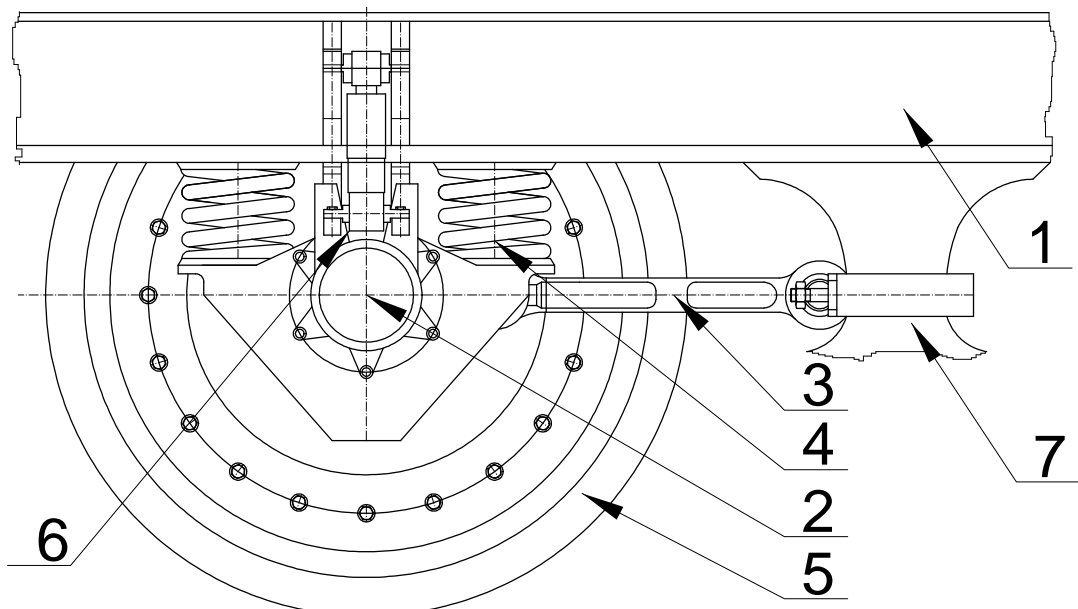
Obr. 5 Vedení dvojkolí lokomotivy 51E (210); 1 - rám, 2 – ložisková skříň, 3 – pryžo-kovové bloky Maggi, 4 – vodící čep, 5 - závěs

2.6. Vedení pasem a pružinou

Řešení je převzato z konstrukce osobních podvozků (GP 200, Minden-Deutz, atd.). Pás je jednoduchý, dvojitý, jednostranný či oboustranný, laminátový nebo ocelový. Rovněž lze hovořit o výhodě pokud zde neexistuje tření. Pás je v příčném směru téměř nepoddajný. Příčné deformace nedosahují velkých hodnot a flexi-coil efekt u pružin je nevýrazný. Výhoda řešení spočívá v jednoduchosti, malém prostorovém nároku a malé hmotnosti. Ve větším rozsahu se u moderních hnacích vozidel spíše nepoužívá.

2.7. Vedení ojnicí a flexi-coil pružinou

Vedení ojnicí a flexi-coil (**Obr. 6**) pružinou představuje v současné době jeden z trendů konstrukce prvního stupně vypružení a vedení dvojkolí vozů i hnacích vozidel. Jednostranná ojnice spojuje ložiskovou skříň s rámem podvozku přes pryžo-kovové silentbloky a zároveň umožňuje příčnou poddajnost uzlu. Řešení vyniká jednoduchostí, prostorovou úsporností a téměř žádnými nároky na údržbu. Používá se například u nejnovějších řad elektrických lokomotiv ADtranz (dnes Bombardier) řady BR 145, 185, Siemens ES 64 U2 (ÖBB 1016 a 1116) Taurus, nebo u motorových lokomotiv nových generací, např. Krauss-Maffei, Vösslöh (VSFT Kiel). Škoda Plzeň použila tuto koncepci na podvozcích k dvoupodlažní jednotce řady 471. Vedení ojnicí s flexi-coil pružinami se používá ve třech provedeních. S osou vodicích pouzder příčně, což je častější použití, nebo s osou vodicích pouzder svisle, kdy při svislém propružení primárního celku dojde k úhlové deformaci pouzder. Třetí provedení je kombinované, kdy osy pouzder ojnice jsou vůči sobě otočeny o 90°. Samotná pouzdra jsou uchycena, jak v konzole na rámu podvozku, tak ložiskové skříni, nejčastěji dvěma šrouby, které do protikusu stahují klínovitě tvarované plochy v konzole a na čepu. Tato pouzdra i celé ojnice nabízejí výrobci jako hotové komplety v typizovaných řadách. Zajímavé je řešení již zmíněné elektrické lokomotivy 1016, 1116 (Taurus). Je použita ojnička se svislými osami čepu a navíc na jedné straně zdvojená [6] [9] [10].



Obr. 6 Vedení dvojkolí ojnicí a flexi-coil pružinou; 1 rám, 2 ložisková skříň, 3 ojnice, 4 flexi-coil pružina, 5 dvojkolí, 6 tlumič, 7 konzola ojnice (brzdový systém byl kvůli názornosti vynechán)

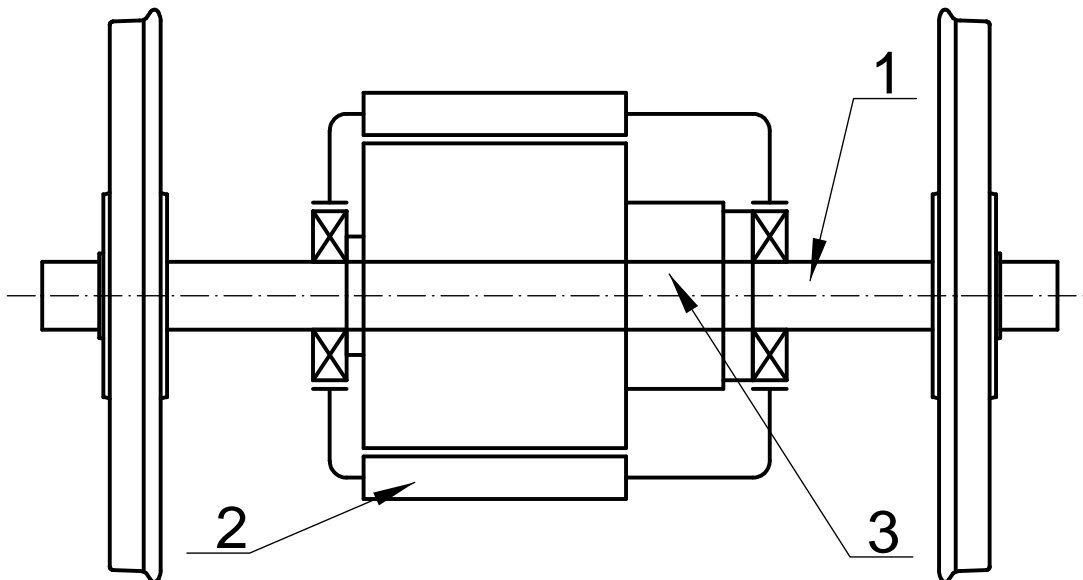
3. Pohon dvojkolí

Pohon je jedním z nejnáročnějších konstrukčních celků hnacího vozidla. Nejčastěji se z mechanického hlediska posuzují hlavní vlastnosti pohonu, jako je:

- svislá vazba hmoty pohonu na dvojkolí a s tím související svislá silová interakce s kolejí
- torzní vlastnosti soustavy mezi dvojkolím a pohonem, tzv. kinematická přesnost a stálost převodového poměru (kolísání hnacího momentu)
- dosažitelný převodový poměr
- konstrukční jednoduchost
- výrobní i opravárenská nenáročnost a spolehlivost

Nejčastěji používaná konstrukční provedení u elektrických lokomotiv se dělí na pohon skupinový a individuální:

Pohon skupinový patří v konstrukci elektrických lokomotiv již téměř historii. Jeho hlavní nevýhody jsou nemožnost regulace výkonu každého dvojkolí samostatně, výrobní náročnost a složitost mechanických částí, zvláště převodovky. Výhodou je snad jen úspora konstrukčních prvků a hmotnosti (sníženým počtem trakčních motorů).



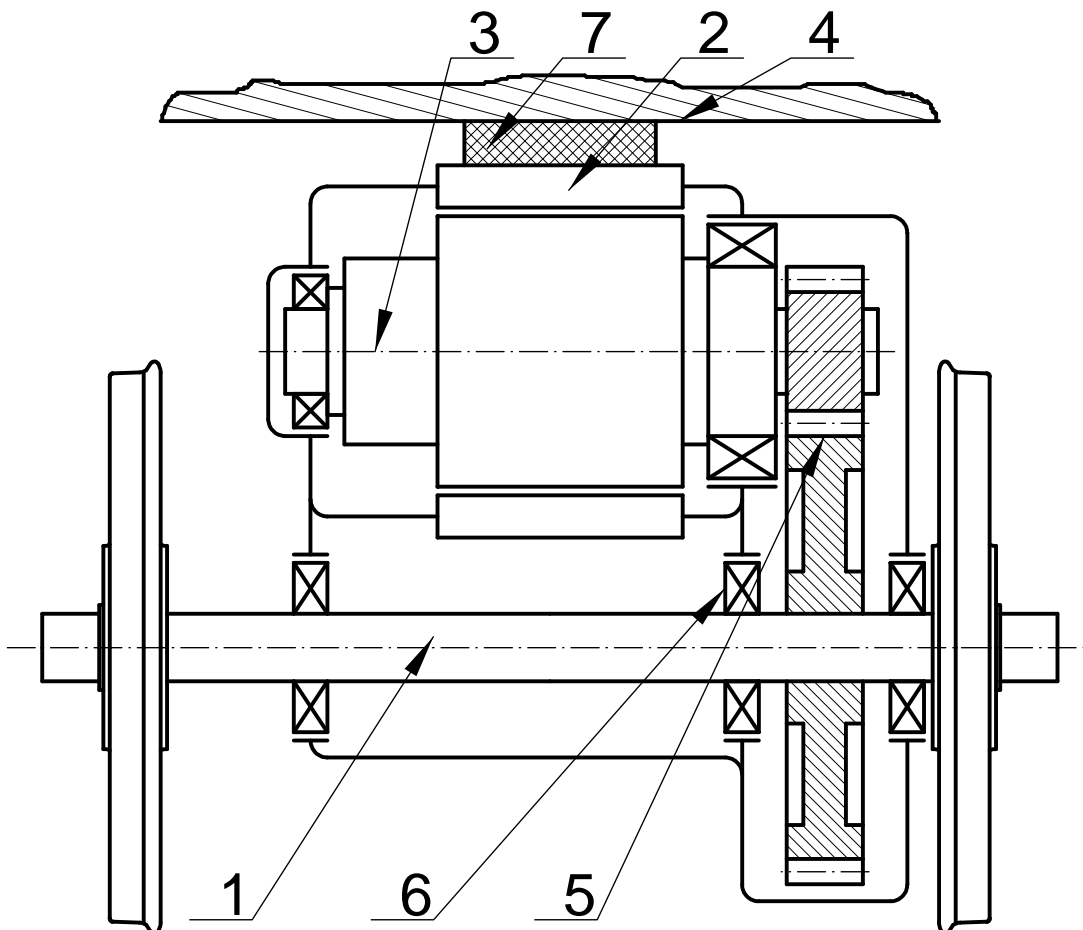
Obr. 7 Schematický náčrt pohonu neodpruženým motorem; 1- dvojkolí, 2 - stator, 3 – rotor

Individuální pohon je nejrozšířenější typ uspořádání v případě použití elektrického přenosu výkonu. Individuální pohon má výhody ve své jednoduchosti a z toho plynoucí relativní konstrukční i opravárenské nenáročnosti oproti řešení skupinovému. Proto dále budou uvedeny jen příklady řešení individuálních pohonů.

3.1. Pohon neodpruženým motorem

Pohon zcela neodpruženým motorem (*Obr. 7*) je již v konstrukci elektrických lokomotiv historickou záležitostí.

3.2. Pohon tlakovým motorem



Obr. 8 Schematický náčrt pohonu tlakovým motorem, 1- dvojkolí, 2 - stator, 3 – rotor, 4 - rám, 5 - trakční převod, 6 - tlapové uložení (tlapy), 7 - pružný závěs motoru

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 19
---	------------------	-----------

Řešení pohonu tlapovým motorem (*Obr. 8*) pochází již ze sedmdesátých let 19. století. Motor tvoří jeden celek s trakčním převodem a jeho krytováním (zde se nejedná o nápravovou převodovku v pravém slova smyslu). Je uložen tříbodově, ve dvou tlapových ložiskách na nápravě a třetí bod tvoří pružný závěs na rámu, v němž je uložena náprava. Výhody tohoto řešení je menší citlivost na relativní pohyby rámu podvozku i jednoduché uložení motoru a uspořádání ozubeného převodu. K nevýhodám patří zejména značné nevypružené hmoty, které jsou nepříznivé z hlediska interakce s tratí (nevypružená hmota tvoří 60-80% hmotnosti motoru). I přesto se jedná o nejrozšířenější a nejjednodušší pohon dvojkolí do 100 km/h.. Nutno poznamenat, že tlapový motor se dnes používá i u moderních elektrických lokomotiv pro nákladní provoz do 140 km/h, ovšem jako asynchronní motor s výrazně nižší hmotností. Pohon tlapovým motorem je použit u posunovacích lokomotiv ŠKODA (ČD 110, 111, 113 a 210) nebo také u lokomotiv Siemens (189 DB).

3.2.1. Provedení s kluznými ložisky

Tlapová kluzná ložiska jsou konstruována buď jako dvě samostatná nebo se spojenými páncvemi.

3.2.2. Provedení s valivými ložisky

Provedení s valivými ložisky nahrazuje ložiska kluzná. Dosahuje se tak přesné polohy motoru vůči ose dvojkolí což znamená přesnější záběr ozubených kol. Tímto konstrukčním řešením jsou sníženy nároky na údržbu a opravy ložisek. Při demontáži těchto ložisek je nutno provést rozlisování dvojkolí, a tím se zvyšuje náročnost montážních i demontážních úkonů.

3.2.3. Provedení s tangenciálně vypruženým věncem ozubeného kola

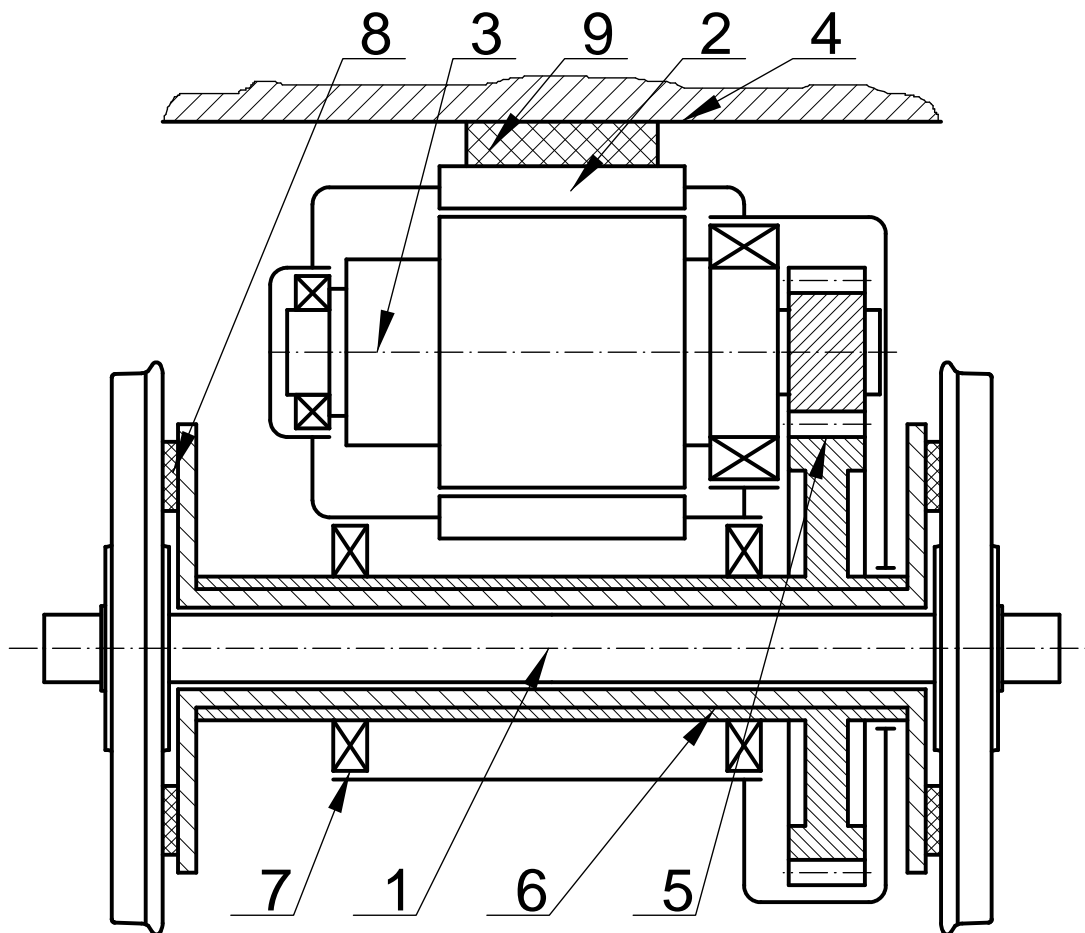
Pro snížení dynamických účinků torzního systému dvojkolí–motor je možno použít tangenciální vypružení, z prostorových důvodů nejlépe ve velkém ozubeném kole. Pružné segmenty jsou tvořeny pružinami a opěrnými miskami, které zapadají do opěrných ploch střídavě na vnější a vnitřní část kola. Jedná se o spoje bajonetového typu. Montáž či demontáž je potřeba provést speciálním způsobem.

V současné době užívání střídavých asynchronních trakčních motorů řeší problém s nedostatkem prostoru. Asynchronní trakční motory mají oproti dřívějším stejnosměrným motorům mnohem menší rozměry a hmotnost. Výrobci používají ke spojení motoru s převodovkou jednoduché pružné spojky klasické konstrukce, většinou s pryžovými pružnými členy.

3.2.4. Provedení s odpruženým dutým hřídelem

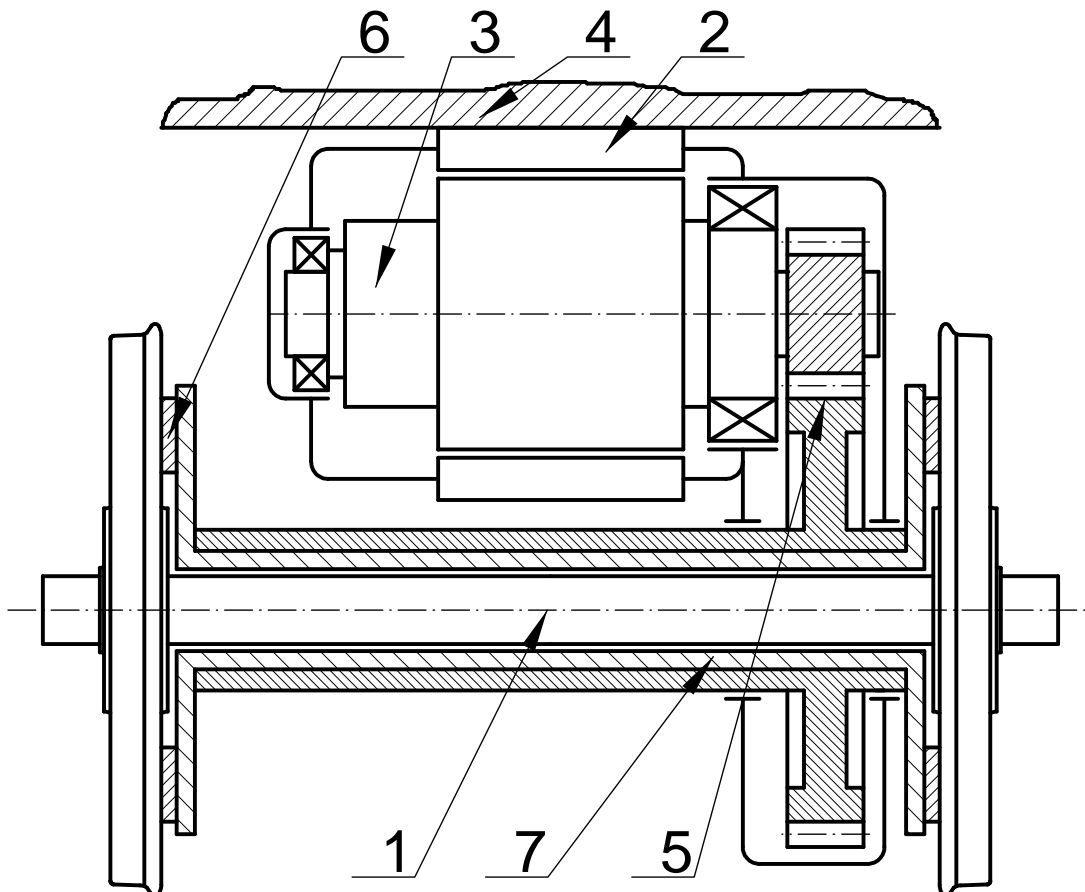
U provedení s odpruženým dutým hřídelem (*Obr. 9*) jsou tlapy trakčního motoru ložiskovány na dutém hřídeli, který objímá nápravu a je připojen ke kolům pomocí pryžových prvků. Jedno z řešení používala např. firma Siemens. Zásadní rozdíl oproti konstrukci popsané v následující kapitole je v tom, že zde ještě není motor připevněn k rámu podvozku, ale je pevně ložiskován na dutém hřídeli a svou hmotností spočívá na dvojkolí prostřednictvím hřídele s pružnými členy (připojení ke kolům).

Výrobci se snaží pohony s tlapově uloženými (asynchronními) motory zdokonalit např. lepším ložiskováním pastorku, kdy je pastorek ložiskován vně, nebo dokonce oboustranně, což zlepšuje záběrové poměry ozubení (např. pohon řady 189 DB).



Obr. 9 Schematický náčrt pohonu tlapovým motorem s odpruženým dutým hřídelem;
1- dvojkolí, 2 - stator, 3 – rotor, 4 - rám, 5 - trakční převod, 6 - dutý hřídel, 7 - tlapové uložení
(tlapy), 8 - pružné prvky, 9 - pružný závěs motoru

3.3. Pohon dutým hřídelem objímajícím nápravu



Obr. 10 Schematický náčrt pohonu dutým hřídelem objímajícím nápravu, 1- dvojkolí, 2 - stator, 3 - rotor, 4 - rám, 5 - nápravová převodovka, 6 - ojníčkový nebo pružinový mechanismus, 7 - dutý hřídel

Účelem pohonu dutým hřídelem objímajícím nápravu (*Obr. 10*) je dokonale vypružený motor, celý uložený v rámu podvozku nebo skříňě lokomotivy. Hmota motoru (včetně převodovky) je tedy již plně odpoutána od dvojkolí. Dutý hřídel je opět pevně ložiskován na motor (vůči dvojkolí tedy odpružen), čímž se podstatně snižují interaktivní účinky na kolej, a proto je řešení vhodné i pro vyšší rychlosti. Vyvstává ale problém současného přenosu kroutícího momentu a realizace svislých relativních pohybů mezi rámem podvozku (motorem s dutým hřídelem) a dvojkolím. Takovýto konstrukční uzel musí být nutně umístěn mezi dutým hřídelem a dvojkolím, konkrétně na obou stranách symetricky, nejčastěji přímo na kolech. Tento konstrukční uzel musí přenést i příčné relativní pohyby. Konkrétně se jedná

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 22
---	------------------	-----------

o poměrně komplikované mechanismy pružinové nebo ojníčkové. Musí přenášet moment pokud možno bez kolísání. Tendence posledních let ukazují, že vzhledem k nevýhodám výše uvedených konstrukčních řešení, k nimž patří zejména konstrukční složitost, výrobní i opravárenská náročnost, omezení převodového poměru dvěma ozubenými koly a omezení svislých relativních pohybů primárního vypružení, se bude zřejmě vývoj pohonných jednotek u moderních vozidel ubírat spíše jinými směry.

3.3.1. Provedení s pružinovým mechanismem

Pružinový mechanismus byl vůbec poprvé použit k přenosu momentu z dutého hřídele na nápravu. Má mnohé nevýhody: velký počet součástí, třecí plochy vystavené prachu, zpruhy (nebo pružnice), stejně jako části umožňující relativní pohyb dutého hřídele vůči nápravě přenášející při těchto pohybech kromě krouťícího momentu také svislé zatížení paralelně s nosnými pružnicemi a jsou podrobeny kromě toho i odstředivým silám. Mechanizmy opět přenášejí plný krouťící moment a vzhledem ke zmíněným přídavným namáháním vycházejí objemné a těžké. Systém byl aplikován firmami AEG, Bianchi, Negri a SLM. Na českých lokomotivách nebyl nikdy použit.

3.3.2. Provedení s ojníčkovým mechanismem

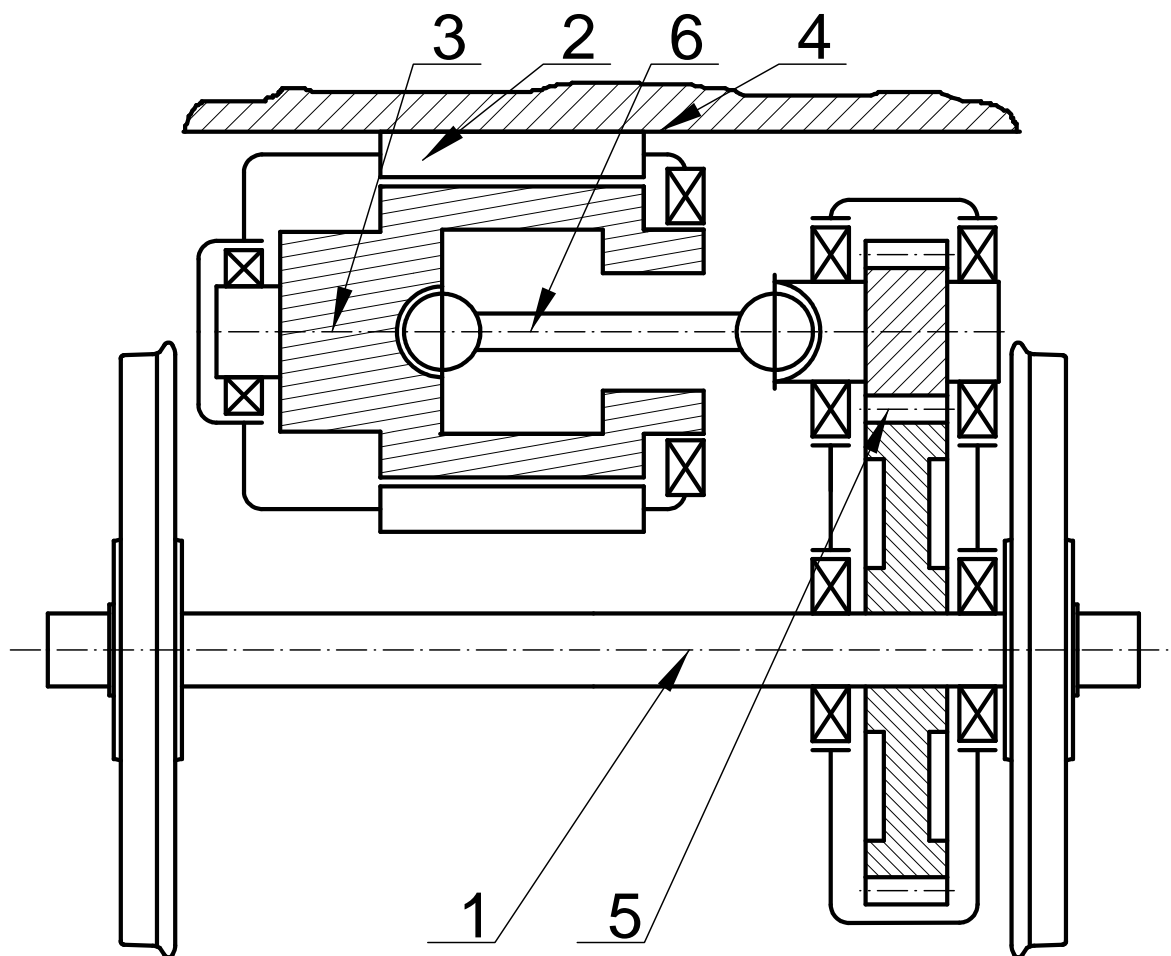
Provedení s ojníčkovým mechanismem, to jsou především systémy Škoda, Buchli, Alsthom a Tibb. Dnes se prakticky používá řešení Alsthom u německých a Tibb u italských lokomotiv. Tyto konstrukce jsou v současném provedení doplněny silentbloky v pouzdrech ojníček. Na dutém hřídeli je pevně uloženo ozubené kolo.

3.4. Pohon kloubovým hřídelem

Hmota motoru je v tomto případě zcela vypružena a odpoutána od dvojkolí. Motor je připevněn k rámu podvozku. V některých případech je motor vázán až na rám skříně. Například u lokomotivy Bombardier Re 4/4 460, 465 (původně SLM) je motor vázán na skříně dlouhými příčnými závěsy s cílem dosáhnout výhodnějšího přenosu příčných pohybů a zlepšit příčnou stabilitu chodu. Kloubový hřídel je nesen motorem a přenáší současně krouťící moment. Zároveň umožňuje relativní pohyb mezi dvojkolím a rámem podvozku (případně hlavním rámem vozidlové skříně). Kloubový hřídel je na jedné straně připojen prostřednictvím kloubového spojení k dvojkolí a na straně druhé k motoru. Přičemž nápravový převod je obecně umístěn, buď mezi motor a kloubový hřídel, nebo mezi kloubový hřídel a dvojkolí, podle konkrétního konstrukčního řešení.

3.4.1. Pohon kloubovým hřídelem uloženým v dutině rotoru

Pohon kloubovým hřídelem uloženým v dutině rotoru (*Obr. 11*) je typický pro elektrické lokomotivy ŠKODA. Trakční motor je připevněn pomocí dvou kratších konzol k příčníku a jednou delší konzolou k čelníku rámu podvozku. Přenos momentu zajišťuje kloubová spojka ŠKODA (*Obr. 16*) v několika provedeních. Pohon je tvořen hřídelem, vnitřním a vnějším kloubem. Kloubový hřídel je uložen v rotoru pomocí tzv. vnitřního kloubu, tedy kloubu s pístem, který je axiálně posuvný v dutině rotoru a moment je přenášen pomocí drážkování vně tohoto pístu. Kluzné plochy kloubu jsou mazány vyvrtanými mazacími otvory. Axiální posuv na drážkách pístu je vynucen kinematicky v důsledku svislého relativního pohybu podvozku vůči dvojkolí a v důsledku existence příčně vypružených dvojkolí vůči podvozku. Na vnější straně je hřídel spojen s pastorkem pomocí tzv. vnějšího kloubu neboli spojky.



Obr. 11 Schematický náčrt pohonu kloubovým hřídelem uloženým v dutině rotoru, 1- dvojkolí, 2 - stator, 3 - rotor, 4 - rám, 5 - nápravová převodovka, 6 - kloubová hřídel

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 24
---	------------------	-----------

V provedení ŠKODA je tvořen křížem, na kterém jsou nasazeny tělesa jehlových ložisek. Dva z nich (protilehlé) jsou přišroubovány k unášeči na hřídeli a další dva k unášeči s hřídeli pastorku. (obrázek nápravové převodovky). Kromě tohoto typu spojek se vyskytovaly i jiné typy, např. spojka Sécheron (*Obr.* 15), nebo řešení firmy ASEA s použitím pružné spojky Layrub. Posledně jmenované řešení je zajímavé tím, že vnitřní kloub je vyveden z motoru ven, čímž se prodlouží hřídel a lze předpokládat jeho torzní změkčení. Jestliže je spojka těžší, je nutno ji při posuzování torzní dynamiky modelovat jako samostatnou hmotu.

3.4.2. Pohon kloubovým dutým hřídelem objímajícím nápravu

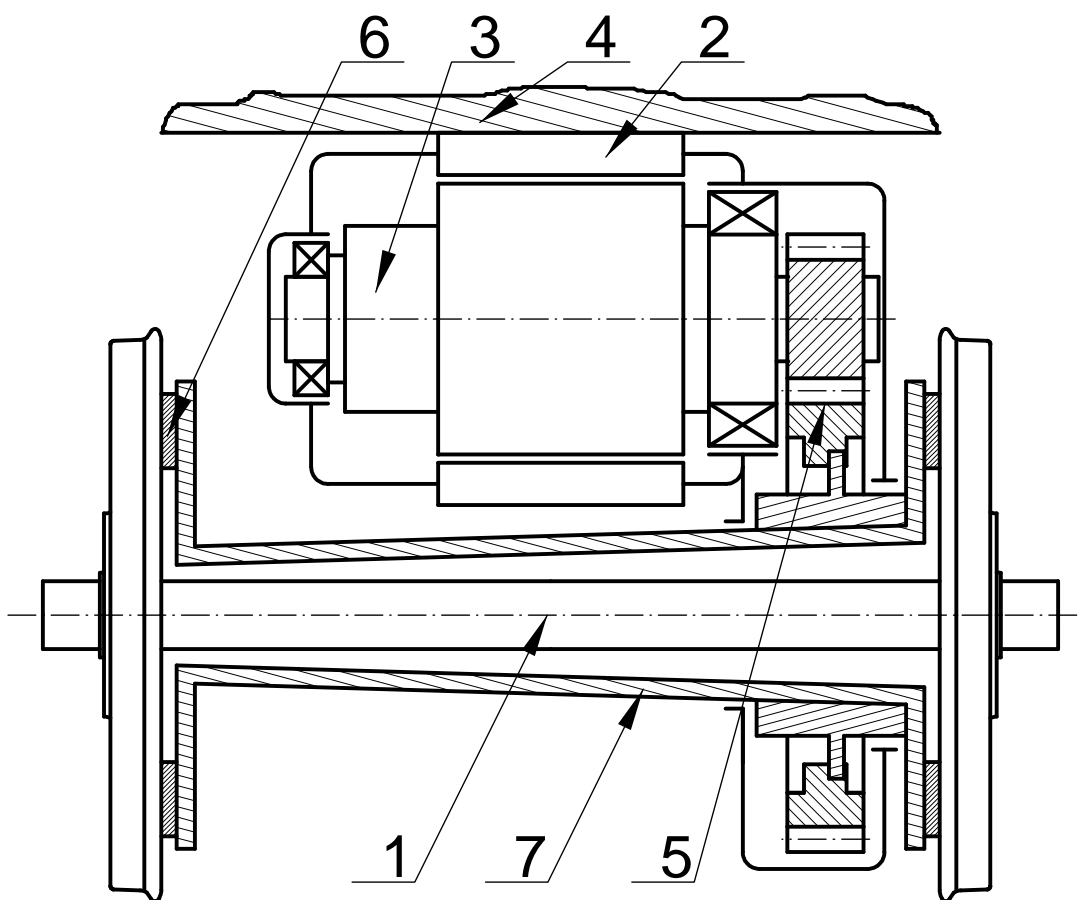
Trakční motor je připevněn k rámu podvozku, případně je vázán ke skříni vozidla. Motor není ke kloubovému hřídeli kinematicky fixován ložiskováním. Tato konstrukce (Obr. 12) kvalitativně velmi důsledně odděluje od pohonu nejen svislé relativní pohyby rámu vůči dvojkolím, ale i příčné rámové síly. Řešení je typické dutým hřídelem obepínajícím nápravu, který je na jedné straně kloubově připojen k velkému kolu převodovky a na straně druhé k jednomu z kol dvojkolím. Dutý kloubový hřídel tedy přenáší kroučící moment při současně realizaci relativních pohybů mezi dvojkolím a výstupem z převodovky, která tvoří pevný celek se statorem motoru, není tedy již ložiskována na dvojkolím. Zmíněné řešení vyžaduje zvláštní konstrukci velkého ozubeného kola s dutinou, kterou prochází dutý hřídel (s dostatečnou vůlí pro jeho prostorový pohyb) a zároveň musí umožňovat jeho připojení. Existuje mnoho technických řešení kloubového připojení hřídele. Podle konstrukčních provedení kloubových připojení se liší jednotlivé typy. Systém Jacquemin používal poměrně komplikované prstencové klouby.

Konstrukční řešení, které se nejvíce rozšířilo, je původní pohon firmy BBC (později ABB, Adtranz, dnes Bombardier). Hřídel je na každé straně připojen pomocí ojnicek, které jsou rozmístěny tangenciálně po obvodu a jsou doplněny pryžovými pouzdry. Podobné řešení je použito i u podvozků Škoda pro jednotku ČD řady 471.

V současné době je pohon dutým kloubovým hřídelem řešen pomocí tzv. integrovaných pohonných jednotek. Převodovka je přírubově spojena se statorem motoru, dokonce nemusí být ani příčně dělená v ose, což značně zvyšuje přesnost uložení, tuhost a zlepšuje utěsnění bez velkých nároků na údržbu. Již pro lokomotivu BR 120 (která se stala v podstatě základním typem pro celou řadu dalších lokomotiv Siemens) to byla integrovaná jednotka IGA (Integrierter Gesamtantrieb). V současnosti tyto a podobné pohonné jednotky nabízí např. Bombardier pod obchodním názvem MITRAC.

Se vzrůstajícími rychlostními nároky na brzdový výkon jsou to pak systémy s brzdovými kotouči na dalším dutém hřídeli pevně fixovaným k ose rotace velkého ozubeného kola. Tento další (brzdový) dutý hřídel je (souose) uložen uvnitř hlavního kloubového dutého hřídele

objímajícího nápravu. S trakčním motorem i převodovkou tvoří tedy jeden kompaktní celek. Dalším řešením je použití brzdového předlohového hřídele např. v případě pohonné jednotky HAB u lokomotiv Siemens 1016/1116, nebo umístění brzdového kotouče na prodloužený hřídel rotoru trakčního motoru. Další technické řešení tvoří integrovaná pohonná jednotka se dvěma dutými hřídeli vedle sebe. Na jednom z nich jsou brzdové kotouče. Tento pohon byl použit na lokomotivách Bombardier BR 101.

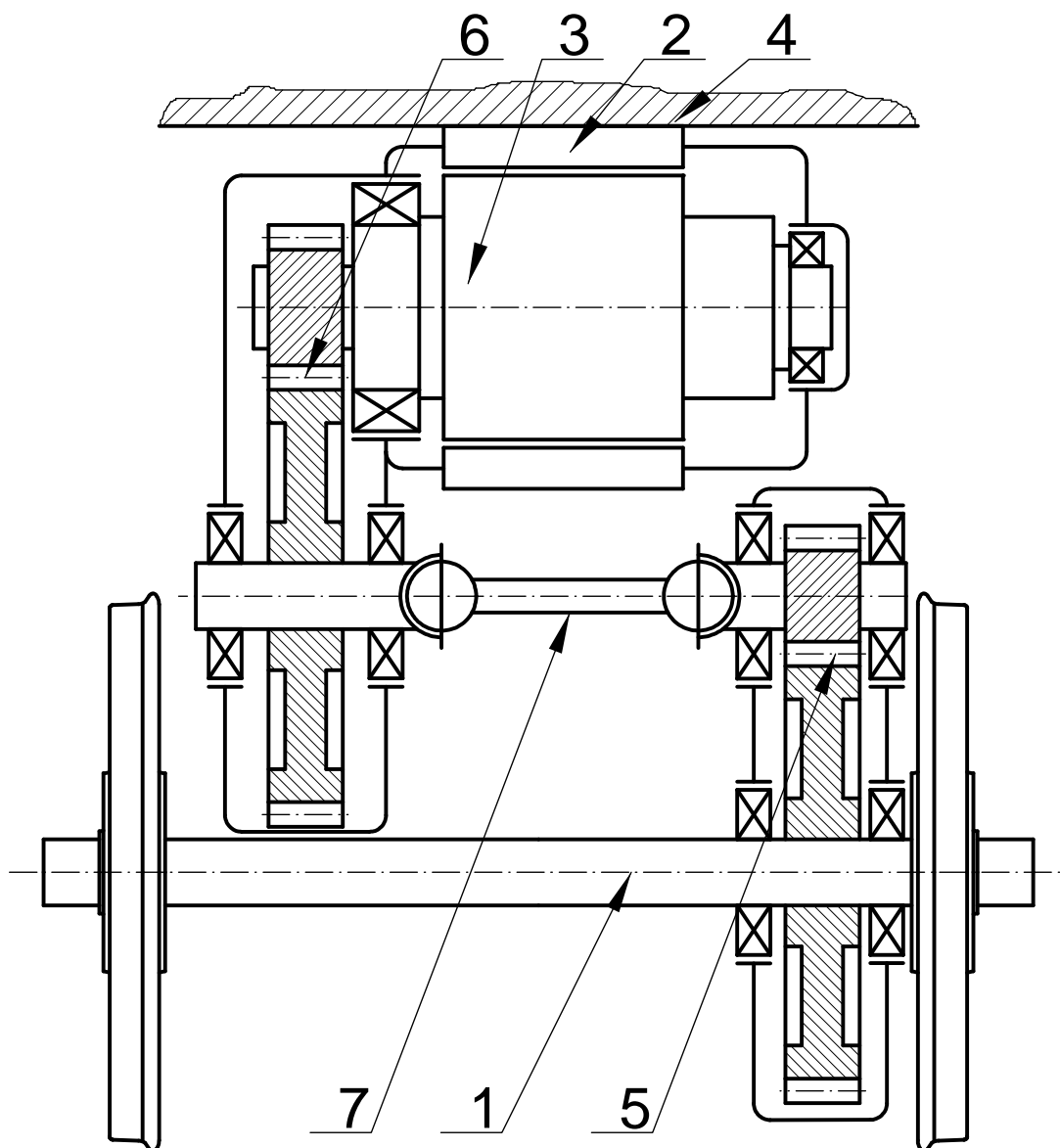


Obr. 12 Schematický náčrt Pohonu kloubovým dutým hřídelem objímajícím nápravu, 1- dvojkolí, 2 - stator, 3 - rotor, 4 - rám, 5 - nápravová převodovka, 6 - mechanismus přenosu momentu na dvojkolí, 7 - kloubový dutý hřídel

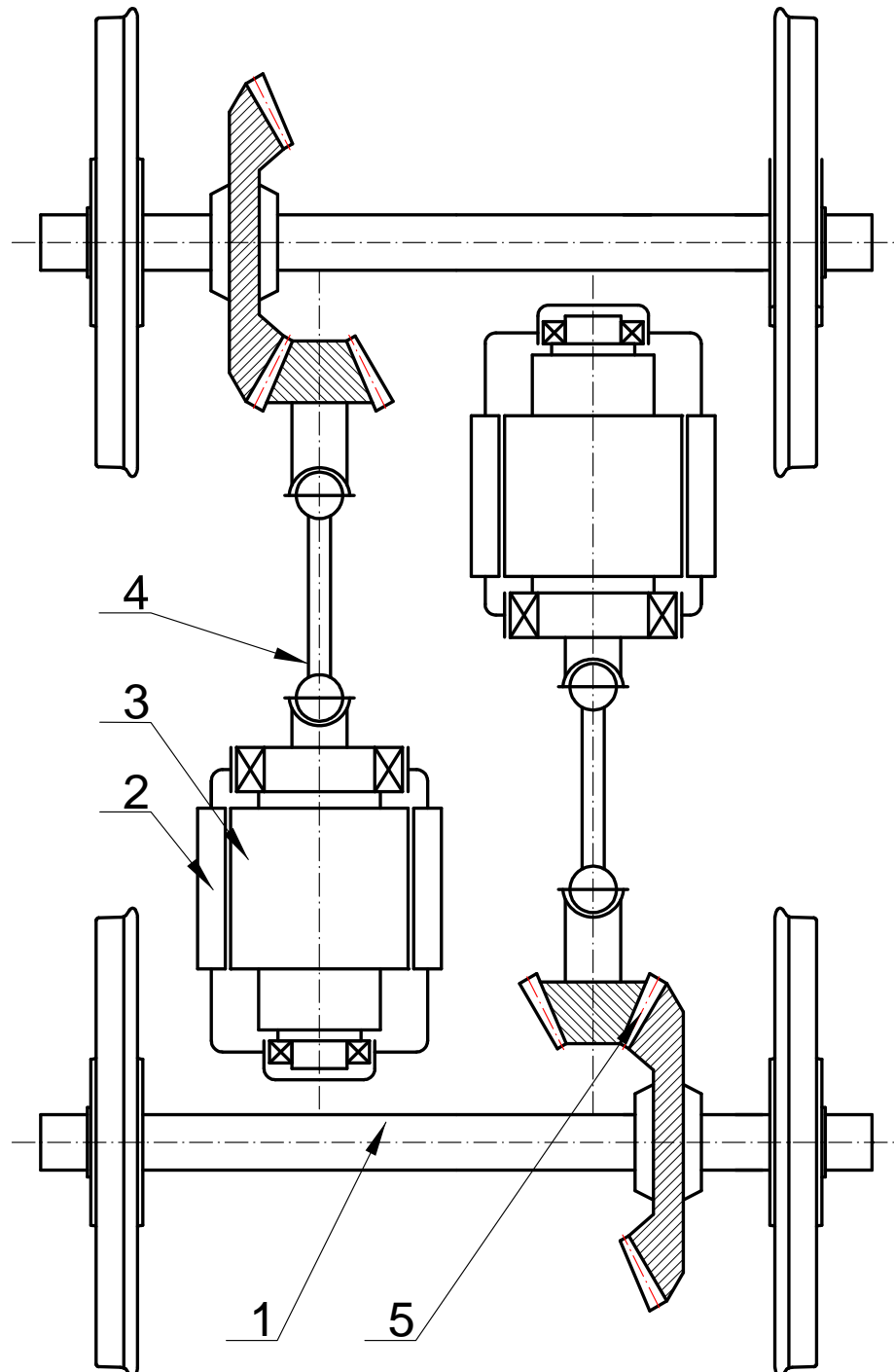
3.4.3. Pohon kloubovým hřídelem uloženým vně rotoru

Jedná se o řešení s kloubovým hřídelem klasické konstrukce (kardanem) nebo se spojkami, které plní v podstatě stejnou funkci (*Obr. 13*). Toto řešení je typické především pro vysokorychlostní jednotky TGV (SNCF), jednotky Tokaido a v současné době i německé

vysokorychlostní jednotky ICE a pro některá lehká regionální vozidla. Trakční motory jsou uchyceny na hlavní rám vozidla společně s primární převodovkou. Sekundární převodovka je umístěna na dvojkolí a na jedné straně je zavěšena na rám podvozku. Obě převodovky jsou spojeny kardanovým hřídelem klasické konstrukce.



Obr. 13 Schematický náčrt pohonu kloubovým hřídelem uloženým vně rotoru, 1 - dvojkolí, 2 - stator, 3 - rotor, 4 - rám, 5 - sekundární nápravová převodovka, 6 - primární nápravová převodovka, 7 - kloubový hřídel



Obr. 14 Schematický nákres pohonu kloubným hřídelem s podélnou osou rotace; 1 - dvojkolí, 2 - stator, 3 - rotor, 4- kloubný hřídel klasické konstrukce, 5- kuželová převodovka

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 28
---	------------------	-----------

Kromě klasického kardanova hřídele, který byl typický pro francouzská vozidla TGV, existují i jiné konstrukce kloubů. Pro menší úhly vychýlení se používá spojka typu Sumitomo, výrobce Hitachi, používaná na vozidlech Tokaido. Je tvořena dvojicí hřídelových koncovek se speciálním drážkováním, umožňující úhlový pohyb hřídelů. Funkčně velmi podobnou konstrukci rovněž používala firma ASEA a v současné době Siemens na vozidlech ICE 3. Umístění spojky do prostoru mezi štít trakčního motoru a převodovku je umožněno výrazně menšími zástavbovými rozměry asynchronních motorů. Oproti řešení s dutým kloubovým hřídelem se prostorově uvolní jak kotouče kol, tak i náprava pro umístění brzdových kotoučů. Konstrukce je rovněž mnohem jednodušší z hlediska oprav. Velmi zajímavý systém RHA (Siemens) s dutým pastorkem a krátkým kloubovým hřídelem, který vykonává prostorový pohyb uvnitř dutého pastorku (Herkules 2016).

3.4.4. Pohon kloubovým hřídelem s podélnou osou rotace

Tento systém (*Obr.* 14) je nejvíc používaný pro vozidla lehčí stavby a tramvaje. Motory pro menší výkony jsou totiž menších rozměrů a lze je umístit do prostoru mezi příčník a čelník pod hlavní rám skříně.

V několika případech je toto uspořádání také použito na traťových lokomotivách vyšších výkonů. Použití kuželových převodovek umožňuje dosažení vyššího převodového poměru. Trakční motor je připevněn k rámu podvozku a moment je přenášen kloubovým hřídelem klasické konstrukce na dvojkolí přes kuželovou nápravovou převodovku. Významným problémem je zachycení reakčního momentu nápravové převodovky, což se realizuje vhodně umístěným závěsem.

Lze konstatovat, že v případě individuálního pohonu a elektrického přenosu výkonu, dnes v konstrukci rychlých a výkonných hnacích vozidel převažuje řešení pohonu kloubovým hřídelem. Asynchronní motory s výrazně nižší hmotností umožňují návrat k jednoduššímu klasickému řešení pomocí tlapového uložení použitelné do rychlosti 140 km/h. Zejména v případě vysokorychlostních souprav se jeví jako vhodné řešení s kloubovou spojkou pro svou jednoduchost a uvolnění dvojkolí pro umístění brzdových kotoučů [3] [6] [9] [10].

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 29
---	------------------	-----------

4. Historický přehled elektrických lokomotiv ČSD (ČD)

Historický přehled lokomotiv ČSD (ČD) zachycuje jen nejdůležitější konstrukční změny oproti dříve použitým řešením. Bližší technické údaje o jmenovaných lokomotivách jsou v (*Příloha 1 ÷ 5*).

4.1. Počátek elektrické trakce na území Česka

Zavedení elektrického provozu na českém území spadá na počátek dvacátého století. V roce 1903 byl zahájen elektrický provoz na trati z Tábora do Bechyně, napájené dvou vodičovou stejnosměrnou soustavou 2x 700 V. Následovala trať Rybník – Lipno napájená stejnosměrnou soustavou 1200 V. Nejstarší elektrickou lokomotivou ve službách ČSD se stala dvounápravová E225.0, kterou navrhl sám František Křížík již v roce 1906, měla robustní nýtovaný rám, se svislými kluznicemi pro vedení dvojkolí, kluzná ložiska, vypružení listovými pružnicemi. Pohon dvojkolí byl vyřešen jako oboustranný, dvojkolí mělo tedy dvě ozubená kola (převodovky) do každého zabíral pastorek jednoho trakčního motoru (každé dvojkolí bylo poháněno dvěma motory). Nejmenší elektrickou lokomotivou u ČSD se stala lokomotiva E200.0 vyrobená pro trať Rybník – Lipno. Jednalo se o kapotovou lokomotivu se středním stanovištěm strojvedoucího. Energie do lokomotivy přiváděl lyrový sběrač.

V roce 1918 se začalo uvažovat o elektrizaci československých tratí, výnosem Ministerstva železnic ze dne 7.5.1924 bylo rozhodnuto elektrizovat tratě ČSD ustanoveným stejnosměrným jmenovitým napětím 1500 V. Roku 1927 byla zahájena výroba tří elektrických lokomotiv. Mechanická část vycházela z konstrukce rámových lokomotiv odvozených od vyráběných parních lokomotiv. Podle tehdejších zvyklostí měla nová elektrická lokomotiva vodící běhouny zabudované do obou krajních podvozků. V roce 1928 byla dokončena výroba a zkoušky první lokomotivy typového označení ŠKODA 1 Elo, u ČSD označená jako E466.0. Pozornost zaslouží konstrukce přenosu výkonu trakčního motoru na nápravu ojníčkovou spojkou ŠKODA, která je původním patentovým vynálezem konstruktéra Ing. Hladíka. Lokomotivní skříň měla kostru z úhelníků spojených nýtováním, které byly pokryty plechy tloušťky 2 mm. Boční stěny skříně byly odnímatelné pro potřebu oprav. Rozjezdové odpory byly umístěny na střeše lokomotivy po celé ploše mezi dvěma trolejovými sběrači. Taková montáž odporů se stala tradicí ŠKODA až do 70. let 20. století.

Ve stejném roce byly současně vyrobeny dvě nákladní a posunovací lokomotivy typově označené ŠKODA 2 Elo, označené u ČSD řadou E424.0. Lokomotivy měly dvoudílnou pojezdovou část se stejným pohonem náprav jako rychlíková verze. Byly přizpůsobené pro mnohonásobné řízení dvou i více lokomotiv propojením na obou čelech lokomotivy.

Kromě lokomotiv objednaných ve Škodových závodech předložily ČSD další objednávku na elektrické lokomotivy Adamovským strojírnám Adamov u Brna, které ovšem

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 30
---	------------------	-----------

byly pobočným podnikem Škodových závodů v Plzni. Pro tyto lokomotivy byla dodána elektrická zařízení anglickou firmou Metro-Wickers s podílem firmy Siemens-Schuckert Werke. Lokomotivy byly označeny typem ŠKODA 3 Elo a u ČSD řadou E423.0.

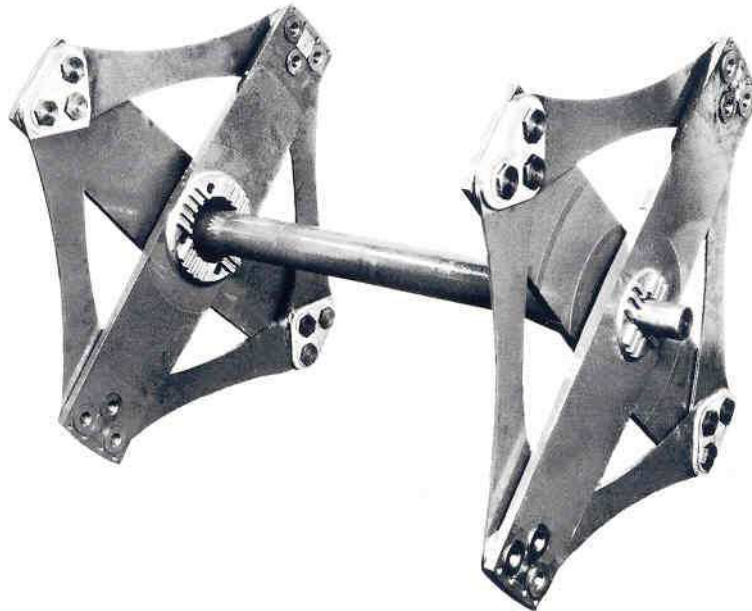
V roce 1929 byly dodány ještě dvě lokomotivy označené typem ŠKODA 4 Elo, které na ČSD nesly označení E467.0, pořadového čísla 004 a 005. Tyto lokomotivy byly uvedeny do provozu na ČSD v roce 1930 a měly již novou elektrickou výzbroj vyrobenou ve Škodových závodech. Uvedené lokomotivy byly už přizpůsobeny pro vozbu rychlíků, svým tvarem se však nelišily od prvních lokomotiv ŠKODA 1 Elo [4].

Provoz vyrobených elektrických lokomotiv byl v Praze zahájen posunováním vlakových souprav 10. dubna 1928 po předchozích zkušebních jízdách. Celkem tedy Škodovy závody spolu s Adamovskými strojírnami dodaly do roku 1930 devět elektrických lokomotiv pro pražská nádraží. Provoz elektrických lokomotiv z roku 1928 zůstal stejný až do 15. května 1962, kdy byl zastaven z důvodu přepojení na soustavu 3000 V.

Zvláštním typem posunovacích lokomotiv byly akumulátorové s elektrickou trakcí. Nejprve firma Křižík Praha vyvinula konkurenční lokomotivu označenou u ČSD E407.0. Škodovy závody vyrobily malé dvounápravové lokomotivy ŠKODA 6 ELo (ČSD E 202.0). K další výrobě lokomotiv již nedošlo z důvodů náročného dovozu částí pro akumulátory [11].

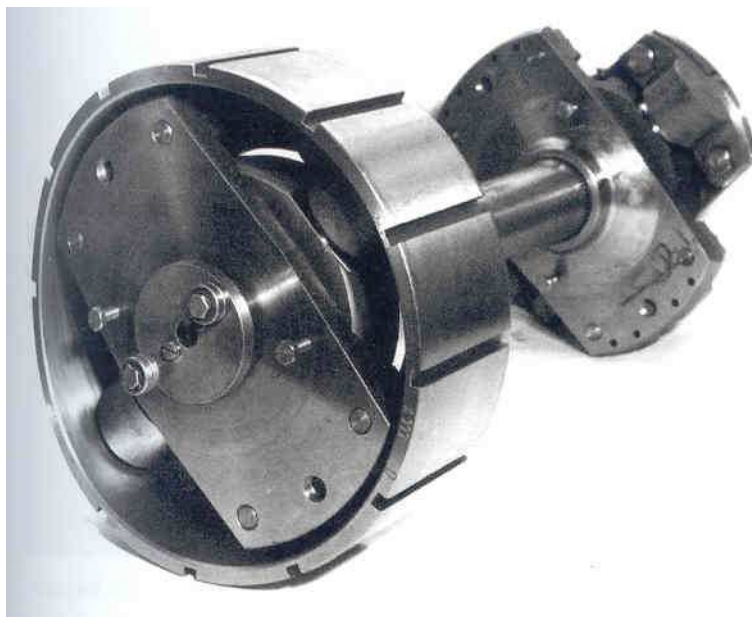
4.2. Poválečná výroba elektrických lokomotiv (tzv. I. generace ŠKODA)

Během druhé světové války výroba nových elektrických lokomotiv pro potřeby ČSD neprobíhala. Impulsem pro vývoj poválečných lokomotiv byla plánovaná elektrizace trati Žilina – Spišská Nová Ves, stejnosměrnou soustavou 3000 V. Náročné požadavky Ministerstva železnic splňovala úplně nová koncepce podvozkové lokomotivy typového označení ŠKODA 12 E ČSD 499.0 (140) [13], která byla vyvíjena ve spolupráci s předními švýcarskými podniky. Došlo k uzavření desetileté smlouvy s firmou Sécheron na licenční výrobu kardanové lamelové spojky (*Obr.* 15) pro přenos výkonu trakčního motoru na hnací nápravu a na některé vysokonapěťové přístroje. U firmy SLM byla uzavřena licenční smlouva na výrobu mechanické části svařované konstrukce. Dvojkolí jsou vedena svislými čepy kolem nichž jsou šroubovitě pružiny primárního vypružení. Sekundární vypružení zajišťují podélně situované listové pružnice. Přenos podélných sil je proveden otočným čepem. Během výroby stokusové série lokomotiv ŠKODA 12 E probíhala také výroba čtyř kusů lokomotiv ŠKODA 15 E ČSD E422.0 (100) pro tratě s napájecí soustavou 1500V, které se lišily od typu 12 E tlapově uloženými trakčními motory s kluznými ložisky. Jejich zvláštností je zavazadlový oddíl za předním stanovištěm strojvedoucího.



Obr. 15 Detail lamelové spojky Sécheron [4]

Navazující výrobou nových lokomotiv označených ŠKODA 30 E ČSD E499.1 (141) se v podstatě pokračuje ve stavbě lokomotiv 12 E, pouze již s bezlicenční vlastní pojezdovou částí, která se liší především v použití nově vyvinutých kloubových spojek ŠKODA (*Obr. 16*) (někdy uváděno ŠKODA – Chadži) a listovými pružnicemi v obou stupních vypružení.



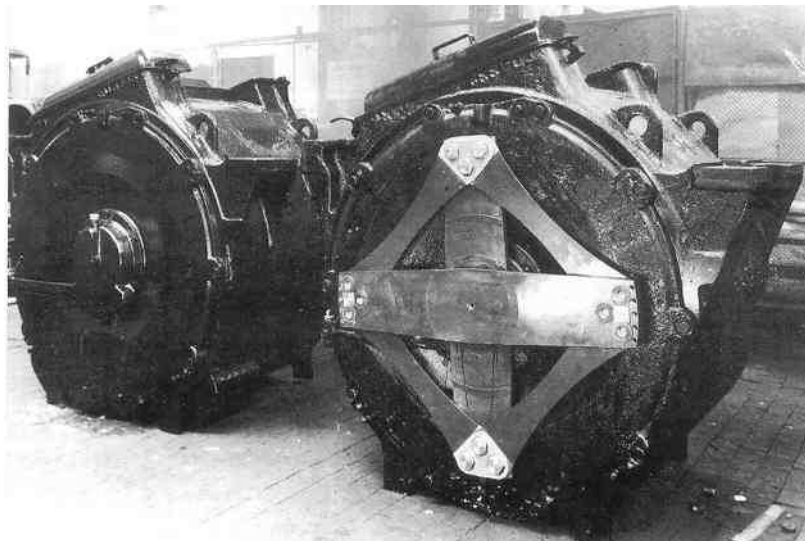
Obr. 16 Detail kloubové spojky ŠKODA [4]

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 32
---	------------------	-----------

Drobných úprav doznala jednodušeji navrhnutá skříň se čtyřmi hranatými okny v bočnicích (výše uvedené neplatí pro prototyp označený 20 E, který je mimo nově zkoušené kloubové spojky ŠKODA shodný s lokomotivami 12 E).

V roce 1960 započala výroba lokomotiv ŠKODA 43 E ČSD E469.1 (121) určených především pro nákladní dopravu. Prototypem se stal stroj E499.157, u kterého byla zvýšena hmotnost na 88 tun a změněn převod vložení třetího kola. Tím se dosáhlo snížení rychlosti a zvýšení tažné síly. Vypružení listovými pružnicemi, doplněné v primárním stupni šroubovitými válcovými pružinami. Většina lokomotiv této řady byla z výroby vybavena kloubovými spojkami ŠKODA místo původních lamelových spolek Sécheron. U jedné ze sériových lokomotiv (číslo 85) byla jedna kabina zkušebně vyrobena ze skelného laminátu.

Dalšími dodávkami byly již stroje ŠKODA 57 E ČSD E 469.2 a E 469.3 (122 a 123), odvozené z předchozí řady E 469.1, určené především pro nákladní dopravu. Řešení je téměř shodné s některými konstrukčními vylepšeními, kvůli kterým došlo i k rozdělení na dvě řady. Vypružení je totožné, avšak trakční motory jsou pevně uloženy v podvozku a opatřené výhradně kloubovou spojkou ŠKODA.



Obr. 17 Srovnání trakčních motorů ŠKODA a Sécheron

4.2.1. Šestinápravové stejnosměrné elektrické lokomotivy

Dalším pokračováním rozvoje elektrických traťových lokomotiv jsou šestiosé lokomotivy s uspořádáním náprav Co'Co'. Byly objednány dvě lokomotivy s označením ŠKODA 23 E ČSD E669.0 (původně E698.0). Lokomotivy mají listové pružnice v primárním a šroubovitě válcovité pružiny v sekundárním stupni vypružení. U obou lokomotiv, původně konstruovaných na maximální rychlost 120 km/h, byl postupně převod upraven na nákladní. Jedné z lokomotiv zůstaly trakční motory pevně uloženy v podvozku s lamelovou spojkou Sécheron a převodovou skříň s vloženým kolem (podobně jako u lokomotiv 43 E). U druhé

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 33
---	------------------	-----------

lokomotivy došlo k dosazení podvozků s tlakovými trakčními motory o vyšším výkonu. Na základě zkušeností z provozu těchto dvou lokomotiv bylo přikročeno k výrobě sériových lokomotiv ŠKODA 31 E ČSD E669.1 (181) určených pro nákladní dopravu. Individuální pohon dvojkolí stejnsměrnými sériovými tlakovými motory ve dvou výkonových provedeních. Primární vypružení je provedeno listovými pružnicemi doplněnými ocelovými šroubovitými pružinami. Sekundární vypružení pak ocelovými šroubovitými pružinami (původně též listové). Dalším typem v řadě stejnsměrných šestnápravových lokomotiv je 59 E ČSD E669.2 (182), která v maximální možné míře vychází z lokomotiv 31 E. Nejdůležitější změnou je zmenšení rozvoru podvozku, jehož záměrem bylo snížení opotřebení okolků a kolejnic při průjezdu obloukem. U strojů vyšších inventárních čísel došlo k úpravám pro zabudování automatického spřáhla, což se odrazilo v jejich větší délce přes nárazníky. Posledními stejnsměrnými lokomotivami pro potřeby ČSD s uspořádáním Co'Co' byly lokomotivy 61 E ČSD E669.3 určené opět pro nákladní dopravu. Liší se jen v některých konstrukčních vylepšeních. Z nichž nejvýznamnější je uložení vypružení vahadel na břitech namísto čepů. Všechny tři typy lokomotiv E669 přísluší do I. generace lokomotiv ŠKODA a jako jediné obdržely tlakové trakční motory s přenosem kroutícího momentu na dvojkolí prostřednictvím oboustranných pastorků se šikmým ozubením.

4.2.2. Elektrické střídavé lokomotivy pro ČSD

Již v roce 1959 se začalo uvažovat o zavedení jednofázového střídavého systému 25 kV s průmyslovým kmitočtem 50 Hz. Celá mechanická část byla nově navržena v jiné koncepci než byly dosud vyráběné lokomotivy stejnsměrné. Pro přenos tažných sil ze skříně lokomotivy na rám podvozku se použilo šikmých tyčí. Tento mechanismus umožňuje dosažení mechanického optima jednotlivých dvojkolí podvozku bez použití vyrovnávačů nápravového zatížení, jak je tomu u stejnsměrných lokomotiv ŠKODA. Nová je i konstrukce vedení ložiskových skříní pomocí ojnickových mechanismů, které mají čepy uloženy v gumových pouzdrech. Ojničky takto nahradily svislé čepy vetknuté do rámu podvozku. K přenosu kroutícího momentu opět slouží kloubová spojka ŠKODA. Jako první byly vyrobeny čtyři prototypové lokomotivy ŠKODA 39 E ČSD S479.0 (původně E479.0) a 40 E S479.1 (původně E479.1) především pro vyzkoušení celé řady nových elektrotechnických konstrukčních celků, zvláště použitím křemíkových usměrňovačů u 39 E a ignitronových na 40 E. Současně s vývojem čtyřnápravových jednofázových lokomotiv byl zahájen vývoj prototypu šestiosých lokomotiv ŠKODA 32 E ČSD S669.0. Odvážná konstrukce celé skříně lokomotivy s použitím sklolaminátu namísto ocelového plechu. Šlo o první aplikaci toho druhu ve světě. Pro potřeby ČSD byla lokomotiva neupotřebitelná, nedošlo tedy k její sériové výrobě a spolu s prototypy 39 E a 40 E posloužila jako základ pro sériovou výrobu lokomotiv ŠKODA 47 E ČSD S 489.0 a S 499.0,1 (230 a 240). Primární vypružení je provedeno pomocí šroubovitých válcových pružin s hydraulickými tlumiči, sekundární zajišťují listové pružnice.

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 34
---	------------------	-----------

Dvojkolí jsou vedena pomocí ojníčkových mechanismů s čepy v gumových pouzdrech. Kroutící moment od pevně uložených trakčních motorů se přenáší kloubovou spojkou ŠKODA. Podélné síly jsou z podvozků na hlavní rám přenášeny šikmými tyčemi (toto řešení však nepřináší maximální využití adhezní hmotnosti, neboť nezajišťují v každém okamžiku vyrovnání klopných momentů). Lokomotivy S499.0,1 se od S489.0 odlišují vyšší dovolenou rychlostí a elektrodynamickou brzdou. Poslední ze strojů tzv. I. generace lokomotiv ŠKODA byla 73 E ČSD S499.02 (242), která je v pojezdu a elektrické části téměř shodná s S499.0. Dostala však lokomotivní skříň z ocelového plechu (kvůli vysokým cenám skelného laminátu) a byla vypuštěna elektrodynamická brzda. Další úpravy se týkaly pomocných pohonů. [2]

4.3. Lokomotivy tzv. II. generace ŠKODA

Samostatnou kapitolou je poslední sériová lokomotiva E469.3030 (124.601), která dostala tovární označení 57 Er. Byla již z výroby vystrojena podvozky nové konstrukce, které jsou svařované, otočný čep mezi podvozkem a skříň je zalisován do příčnicku podvozku. Do rámu podvozku jsou po obvodě zalisovány vodící čepy dvojkolí s primárním vypružením provedeným šroubovitými válcovitými pružinami kolem vodících čepů. Pružiny sekundárního vypružení jsou kolem závěsek na nosičích pružin. Trakční motor je plně odpružený a přenos kroutícího momentu na dvojkolí obstarává tradičně kloubová spojka ŠKODA. Tyto podvozky se staly základem pro pojezd nových lokomotiv tzv. II. generace. Jediný vyrobený kus 57 Er dosáhl rychlostního rekordu elektrických lokomotiv ŠKODA 224 km/h. Rekordní rychlosti bylo dosaženo na zkušebním okruhu Bělorečenskaja – Majkop v bývalém Sovětském svazu v roce 1973 (rekord ČSD je 219 km/h a byl vytvořen na okruhu v Cerhenicích 5. září 1972).

Nutná potřeba nových elektrických posunovacích lokomotiv dala základ vzniku nové konstrukční řady kapotových lokomotiv s jednou vyvýšenou středovou kabinou a jedním sběračem (první použití polopantografu u lokomotiv ŠKODA). Pozoruhodný je pohon dvojkolí tlapovými trakčními motory. Neméně zajímavé je řešení primárního vypružení s užitím pryžových bloků se svislými čepy pro vedení dvojkolí. První řadou lokomotiv je ŠKODA 33 E ČSD E458 (110) s nově vestavěnými odporníky vyrobenými z materiálu Fechral, umožňující libovolně dlouhou jízdu na jednotlivých stupních. Typ ŠKODA 33 E2 ČSD E426.0 (113) je jen upraven pro provoz na tratích s napájením 1,5 kV. Nahrazením odporové regulace výkonu pulsní, představující daleko hospodárnější regulaci, vzniká lokomotiva ŠKODA 78 E ČSD E457.0 (111), která se od 33 E liší pouze v detailech. Jedná se o první sériové stroje vyráběné s tyristorovou pulsní regulací. Poslední řadou kapotových elektrických lokomotiv je ŠKODA 51 E ČSD S458.0 (210) pro posun na střídavém systému. Mechanická část je shodná s předchozími typy, elektrická část však odpovídá provedení jednofázových lokomotiv s tyristorovou regulací.

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 35
---	------------------	-----------

Nelze opomenout ani první dvoudílné lokomotivy ŠKODA 67 E ČSD E469.5 (125.8) určené pro širokorozchodnou trať Haniska při Košicích – Maťovce. Jsou konstrukčním pokračováním řady E469.3. Každý díl je skříňového provedení s kabinou strojvedoucího v přední části a s přechodovým můstkem v zadní části, oba díly jsou po elektrické i mechanické stránce shodné a spojené automatickým spřáhlem. Svým konstrukčním provedením vyjma podvozků spadá do II. generace lokomotiv ŠKODA. Vypružení je tvořeno listovými pružnicemi doplněnými ocelovými šroubovitými válcovitými pružinami v prvním a listovými pružnicemi v druhém stupni. Pohon dvojkolí obstarává opět kloubová spojka ŠKODA. Byly použity fechralové odporníky namísto dříve používaných litinových.

Lokomotiva ŠKODA 79 E ČSD E479.0 (130) vycházela z provedení řad 123 a především 125.8, avšak již s novými podvozky, které se osvědčily na lokomotivě 57 Er. Regulace výkonu je stále ještě odporová (fechralové odporníky). Řídící obvody umožňují ovládání až čtyřech lokomotiv z jednoho stanoviště.

Existence dvou proudových soustav na území ČR si vyžádala potřebu lokomotiv schopných jezdit na obou napájecích systémech bez nutnosti přepřahat. Vznikly tak lokomotivy ŠKODA 55 E ČSD ES 499.0 (350) s unifikovanými podvozky II. generace ŠKODA (viz typ 57 Er) a novým tvarem čel i skříně. Oba polopantografy mají měnitelný přítlak podle proudové soustavy, regulace výkonu je odporová, při jízdě na střídavém systému se před odporníky řadí transformátor a diodové usměrňovače. Původní dvojkolí s dutými nápravami pro úsporu hmotnosti byly později měněny za plné. Vypuštěním střídavé části z lokomotivy 55 E, vznikla maximálně unifikovaná ŠKODA 65 E ČSD E499.2 (150 později rekonstruována na 151), která nebyla opatřena dutými nápravami, dostala však mezipodvozkovou vazbu a zařízení pro vyrovnávání nápravových hmotností.

Pokračováním výroby dvoudílných lokomotiv pro vozbu nákladních vlaků na normálním rozchodu je ŠKODA 58 E ČSD E479.1 (131). Každý díl má na jedné čelní straně stanoviště strojvedoucího a na druhé přechodový můstek. Oba konstrukčně stejné díly, spojené šroubovkou a nárazníky, jsou schopny samostatné jízdy. Nové konstrukce skříně, čela (s deformačními členy), podvozky i kabiny strojvedoucího jsou pokrokového vzhledu. Proto se stávají unifikovanými konstrukčními celky jako základ pro další řady lokomotiv ze Škodovky.

Další potřeba nových dvousystémových univerzálních lokomotiv označených ŠKODA 69 E ČSD ES499.1 (363 a 362) byla nevyhnutelná. Skříň, čela a podvozky vycházejí hodně z řady E479.1, elektrická část byla již polovodičová (tyristorová pulsní) s automatickou regulací rychlosti a elektrodynamickou brzdou. Z těchto lokomotiv, vypuštěním střídavé části, vznikají ŠKODA 71 E (163), 98 E a 99 E ČSD E499.3 (162). Po mechanické stránce jsou shodné s typem 69 E. Úpravami převodu u lokomotiv 98 E a 99 E bylo dosaženo zvýšení maximální rychlosti a následně byly přeznačeny z řady 163 na 162 (analogicky to bylo provedeno záměnou podvozků i u řady 363 na 362). Jejich jednofázová kolegyně ŠKODA

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 36
---	------------------	-----------

70 E ČSD S 499.2 (263) vznikla vypuštěním stejnosměrné části z 69 E, avšak oproti jejím předchůdkyním má trakční motory s vlastním kotevním i budícím měničem, který zlepšuje trakční vlastnosti. Unifikovaná je též dvousystémová lokomotiva ŠKODA 76 E ČSD (372, 371) pro provoz na stejnosměrném systému 3 kV a střídavém systému 15 kV 16,7 Hz, která se ale odlišuje použitím odporové regulace. Poslední kus byl dodán v roce 1991.

4.4. Lokomotivy tzv. III. generace ŠKODA

Samostatná kapitola vývoje tzv. III. generace ŠKODA s asynchronními trakčními motory započala v roce 1987 lokomotivou ŠKODA 85 E ČSD (169). Pojezd tvoří dva dvounápravové podvozky s ocelovými šroubovitými válcovitými pružinami v obou stupních vypružení, v sekundárním pružiny flexi-coil. Lokomotiva má dva druhy zaměnitelných podvozků. Jeden s pomaluběžnými asynchronními trakčními motory pro přímý pohon dvojkolí bez nápravových převodovek, druhý s rychloběžnými asynchronními trakčními motory s pohonem dvojkolí kloubovým hřídelem. Podle podvozku se tedy mění i výkon lokomotivy. Regulace trakčních motorů je řešena současným zvyšováním napětí a frekvence až do jmenovitých hodnot. Lokomotiva nikdy nepatřila ČSD a nedošlo ani k její sériové výrobě.

4.5. Lokomotivy pro Doly nástup Tušimice

Lokomotivy ŠKODA 90 E (114.5) a 93 E (184.5) nelze opomenout, ač zdánlivě nesouvisí s provozem ČSD respektive ČD, protože obsahují některé zajímavé konstrukční prvky.

V roce 1988 byly zahájeny projekční práce na lokomotivě 93 E konstruované původně pro ČSD jako adekvátní náhrada šestinápravových lokomotiv. Změnou stanoviska ČSD došlo k časovému posunu, takže první dva stroje vyjeli až v roce 1994, ale u jiného provozovatele (Doly Nástup Tušimice). Šestinápravová lokomotiva s úplně nově řešeným pojezdem Bo'Bo'Bo, tři dvounápravové podvozky (prostřední má zvýšenou posuvnost), čímž se sledovalo odstranění nepříznivých účinků na trať oproti řadám (181 ÷ 183). Podvozky jsou shodné s II. generací ŠKODA, tzn. vedení dvojkolí svislými čepy, vypružení šroubovitými pružinami a pohon kloubovou spojkou ŠKODA. Regulace výkonu je uskutečňována pulsními měniči s GTO tyristory. Zajímavostí je, že druhému prototypu byl z výroby upraven převod pro rychlost 155 km/h (od roku 1998 byla sjednocena maximální rychlost na 95 km/h).

Lokomotivy 90 E vychází konstrukčně z lokomotiv (110 ÷ 113 či 210). Zvláštností je vedení dvojkolí a primární vypružení válcovými pryžovými bloky namísto pryžo-kovových bloků Maggi. Stejně tak sekundární vypružení, které je realizováno flexi-coil pružinami. Asynchronní motory jsou zapojeny paralelně a jsou napájeny z třífázového střídače napětím proměnné velikosti a frekvence. Trakční měniče jsou osazeny GTO tyristory [8] [12].

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 37
---	------------------	-----------

5. Přehled ve světě vyráběných lokomotiv s technickým popisem

Přehled ve světě vyráběných lokomotiv obsahuje právě vyráběné, nebo vyvíjené lokomotivy. A také lokomotivy starší koncepce, které jednotlivé firmy stále nabízejí ve svém výrobním programu. Lokomotivy jsou rozděleny podle výrobců, obsahují základní technický popis a ve většině případů tabulku základních technických údajů (v ostatních případech jsou technické údaje součástí textu).

5.1. Škoda Transportation s.r.o.

Škoda Transportation s.r.o. je tradiční tuzemský výrobce kolejových vozidel. V současné době se zabývá nejen výrobou a modernizací prostředků MHD, ale také vývojem nové elektrické lokomotivy 109 E (380 ČD), která je zatím ve fázi výroby prototypu [49].

5.1.1. Lokomotiva ŠKODA 109 E



Obr. 18 Lokomotiva 109 E (380 ČD)[38]

Lokomotiva továrního typu Škoda 109 E (budoucí řada 380 ČD) (*Obr. 18 a Obr. 19*) je vysokorychlostní univerzální třísystemovou lokomotivou pro střední Evropu. Je skříňové konstrukce se dvěma koncovými stanovišti a dvěma dvounápravovými podvozky s individuálním pohonem dvojkolí. Konstrukční rychlost je 200 km/h, trvalý výkon 6400 kW. Tvar a barevné řešení lokomotivy bylo navrženo ve spolupráci se studiem Porsche Design.

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 38
---	------------------	-----------

Lokomotiva 109 E musí odpovídat mimo jiné také Technickým směrnicím pro interoperabilitu (TSI) [38].

SKŘÍŇ – Vzorem hrubé stavby skříně je lokomotiva 85 E (169 ČSD). Na hlavním rámu jsou kromě vnějších podélníků i dva vnitřní za účelem kvalitního upevnění přístrojů ve strojovně. Požadované odolnosti skříně vozidla při nárazu se dosahuje pomocí speciálních nárazníků a deformačních členů, konstrukcí čelní partie vozidla s deformační zónou a novou konstrukcí pluhu, jenž musí chránit vozidlo před vykolejením. Hliníkové střecha strojovny je odnímatelná a skládá se ze tří dílů, na kterých jsou upevněny pantografy spolu s další elektroinstalací. Do střechy též vyústí kanály vzduchotechniky (chlazení). Lokomotiva má na obou koncích kabiny se stanovištěm strojvedoucího, které jsou spojeny s čelníky do jednoho svařence (tzv. kabinového modulu) a odpovídají kromě jiného i nejnovějším požadavkům na odolnost vozidel proti nárazu. Konstrukce skříně a tvar kabin navržený studiem Porsche Design musel být upraven dle norem TSI. Kabiny jsou tlakotěsné a vybavené klimatizačním zařízením CMC20, které má pasivní systém tlakové ochrany s kontrolérem PCU1000 a CommBoxxenem informujícím o funkci přístroje pomocí dálkového datového přenosu majitele lokomotivy, či servisní firmu.

PODVOZKY – Podvozky vychází koncepčně z podvozku s rychloběžnými asynchronními trakčními motory ATM ŠKODA 85 E a při konstrukci byly využity poznatky z provozu podvozků ŠKODA 1 EV, elektrických jednotek řady 471 ČD. Dvounápravový podvozek s rámem svařované konstrukce tvoří dva čelníky, podélníky a příčník. Podélníky mají tzv. “balkóny“, pro umístění sekundárního vypružení a pro upevnění ojnicek vedení dvojkolí. Podélníky jsou mezi “balkóny“ ve střední dolní části propojeny příčníkem, jenž je ve střední části ze spodní strany zúžen kvůli umístění mechanismu přenosu tažných sil. Mezi čelníky a příčníkem jsou pomocí válcových pryžo-kovových silentbloků, uchycených do konzol, zespodu zavěšeny dva bloky pohonů. Skříň spočívá na rámu podvozku přes dvě skupiny sekundárních vinutých zpruh Flexi-coil, které zajišťují nejen svislé vypružení, ale příčné pohyby mezi skříní a podvozkem. Vodorovný pohyb podvozku vůči skříní vymezují vypružené narážky. Rám podvozku spočívá přes čtyři páry vinutých pružin na ložiskových skříních, které jsou s rámem podvozku spojeny podélními ojnicemi pro vedení dvojkolí a přenos podélních sil. Monobloková kola jsou na obou stranách opatřena hliníkovými brzdovými kotouči. Vrtané nápravy s čepy, na kterých jsou nalisována dvouřadá válečková ložiska uložená v ložiskových skříních. Do kol je rovněž uchycen kloub spojky pohonu dvojkolí, na který přichází točivý moment z převodovky přes dutý hřídel objímající nápravu. Hřídel je tvořen kompozitovou kuželovou trubkou a dvěma speciálními klouby. Nápravová převodovka je jednostupňová, s ozubenými koly se šikmým čelním ozubením a je pomocí příruby napevno spojena s trakčním motorem. Přenos tažných sil ze skříně na rám podvozku

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 39
---	------------------	-----------

jde přes nízko uložený kovaný otočný čep nalisovaný do příčnicku hlavního rámu a dále přes tzv. lemniskátový přímovod, jenž sestává ze svařeného vahadla a dvou ojníc. Vahadlo je uprostřed upevněno přes pouzdro na otočný čep a v obou koncích vahadla jsou přes pryžové silentbloky uchyceny ojnice. Ojnice jsou vzájemně natočenými o 90° a jsou uchyceny do konzol na příčnicku rámu podvozku. Nízko uložený otočný čep zaručuje malé odlehčení náprav v podvozku. Celý mechanismus s výjimkou otočného čepu je převzat z lokomotivy ŠKODA 85 E.

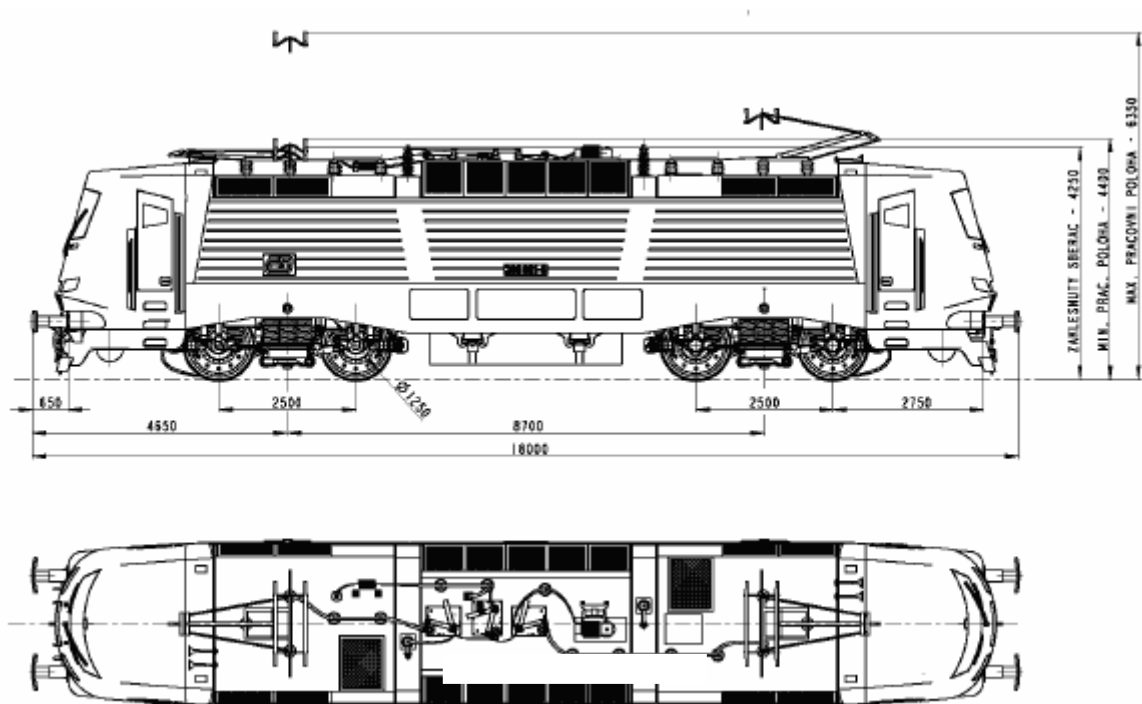
TRAKČNÍ VÝZBROJ - Elektrickou energii do lokomotivy přivádějí dva univerzální polopantografové sběrače (univerzální pro všechny tři systémy) s odpojovači přes univerzální obvod indikace napájecího systému. Trakční transformátor, zavěšený zesponu na rám, mění střídavý proud 25 kV nebo 15 kV pro vstupní obvody lokomotivy a též napájí pomocné pohony a vlakové topení. Na systému 3 kV se využívá jeho sekundární vinutí jako tlumivky vstupního filtru (spolu s další tlumivkou, protože transformátor nebyl vyráběn přímo pro lokomotivu 109 E). V lokomotivě jsou dva skříňové trakční měniče, typu 1 MS-1 sestávající ze čtyřkvadrantového (4Q) měniče, stejnosměrného meziobvodu a trakčních střídačů. Využívají vodou chlazené IGBT (zkratka z anglického Insulated Gate Bipolar Transistor - Bipolární tranzistor s izolovaným hradlem, dále jen IGBT) moduly. Každá ze dvou měničových skříní obsahuje dva trakční střídače. Každý střídač se skládá ze dvou dílčích částí, určených pro napájení asynchronního trakčního motoru. V měničové skříni jsou dále instalovány pulzní měniče pro napájení jednoho bloku brzdového odporníku. Asynchronní trakční motory typu ML 4550 K/6 s kotvou nakrátko a se statorovým vinutím zapojeným do dvojité hvězdy mají jmenovitý výkon 1 600 kW, hmotnost 2320 kg, napětí 1130 V a proud 2x 518 A. Čtyři dílčí trvale zatížitelné brzdové odporníky s výkonem 4x 550 kW umístěné ve strojovně v bloku sloupovitého provedení, jehož součástí je rovněž ventilátorové soustrojí. V režimu EDB (elektrodynamické brzdy) je napájen pulzním proudem obdélníkového průběhu ze stejnosměrného meziobvodu lokomotivy přes pulzní měnič s IGBT prvky. Pomocné pohony jsou třífázové, asynchronní. Střídače pomocných pohonů jsou napájeny ze stejnosměrné sítě 570 V.

DIAGNOSTICKÝ A ŘÍDÍCÍ SYSTÉM - Řízení lokomotivy, hlavních i pomocných pohonů je procesorové a umožňuje násobné řízení dvou spřažených lokomotiv z jednoho stanoviště lokomotivy nebo z řídicího vozu prostřednictvím kabelu UIC (tzv. vlakové řídicí linky). Ovládání i řízení trakčních a brzdových systémů všech aktivních i neaktivních hnacích, řídicích či vložených vozidel zapojených do vlaku a u všech aktivních hnacích vozidel rovněž součinnost pneumatických a elektrodynamických brzdových systémů, zajišťuje systém nadřazeného řízení lokomotivy dle pokynů od centrálního regulátoru vozidla a automatického vedení vlaku (dále jen CRV&AVV), nebo od hlavní jízdní páky (a dalších

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 40
---	------------------	-----------

ovládacích prvků na pultu strojvedoucího) při ručním řízení. Hlavními ovladači na pultu strojvedoucího jsou hlavní jízdní páka (slučuje polohy pro jízdu i brzdu), klávesnice pro ARR a AVV, volič režimu řízení, volič směru jízdy a ovladače pomocných funkcí brzdiče DAKO BSE (nízkotlaké přebití, plnicí švih, závěr). Hlavními komunikátory jsou dva vzájemně zastupitelné barevné dotykové TFT displeje od švýcarské firmy Pixi.

Základem je ERTMS (European Rail Traffic Management System - Evropský systém řízení železniční dopravy), který má dvě základní části - komunikační systém GSM-R (Global System for Mobile communications – Railway – globální systém pro mobilní komunikaci - železnice) a vlakový zabezpečovač ETCS (European Train Control System - Evropský vlakový zabezpečovací systém). Protože ERTMS se na tratích zatím téměř nevyskytuje, je třeba použít i specifické přenosové moduly STM (Synchronous Transport Module) pro zabezpečovače "národní". Součástí systému ERTMS je též tzv. „černá skříňka“ JRU (Juridical Recorder Unit - juristická jednotka).



Obr. 19 Typový výkres lokomotivy 109 E (380)[38]

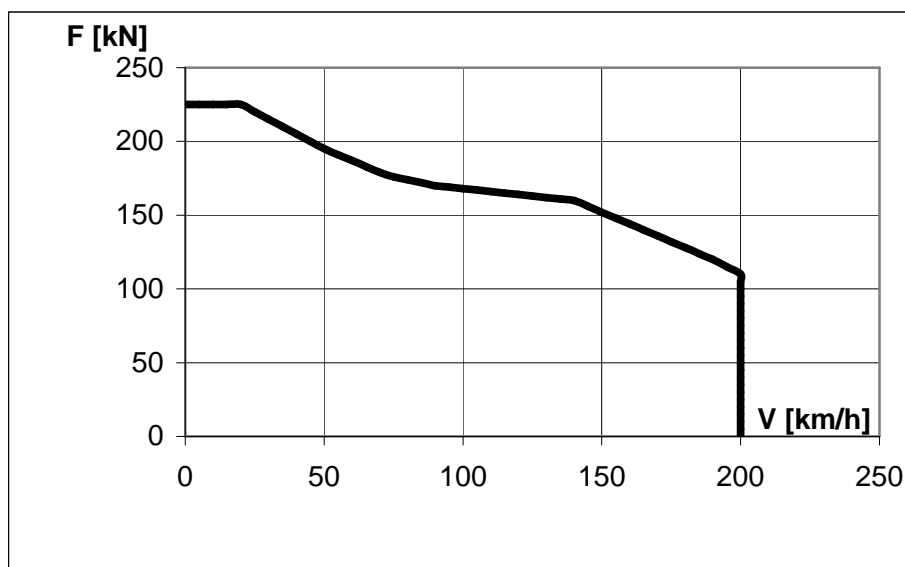
BRZDOVÁ VÝSTOJ - Na čelníku rámu podvozku jsou uchyceny čtyři jednotky kotoučové brzdy Knorr. Každá brzdová jednotka působí na kotouče jednoho kola a je vybavena pneumatickými válci se zajišťovací pružinovou (střadačovou) parkovací brzdou, která nahrazuje původně užívanou ruční brzdu. Lokomotiva je vybavena elektronickým protiskluzovým a protismykovým zařízením. Má rotační mazaný lamelový kompresor italské

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 41
---	------------------	-----------

firmy Mattei i pomocný pístový kompresor od firmy Knorr-Bremse. Systém nadřazeného řízení ovládá jednotlivé brzdy a regulátor podle pokynů ze systému CRV&AVV, nebo z hlavní jízdni páky. EDB je nezávisle řízena regulátorem trakčního pohonu dle požadavků systému nadřazeného řízení. Požadovanou brzdou sílu zadává CRV&AVV, nebo strojvedoucí ručně hlavní jízdni pákou. Doplnková tlaková brzda slouží k vyrovnání úbytku brzdě síly EDB a je ovládána systémem nadřazeného řízení podle povelů od CRV&AVV. Elektricky řízená samočinná brzda je ovládaná brzdíčem DAKO-BSE (v panelové úpravě), který dostává povely z hlavní jízdni páky (při ručním řízení), nebo z CRV&AVV. Podobně funguje i elektricky ovládaná přímočinná brzda DAKO BPE, která dostává povelů z ruční páky přímočinné brzdy. Parkovací brzda je elektricky řízená samočinně ihned po zastavení vozidla. Záchraná brzda má možnost elektrického přemostění, kohouty hlavního potrubí jsou na stanovištích strojvedoucího [56].

Tab. 1 Hlavní technické údaje lokomotivy 109E (380 ČD) [38]

Výrobce	ŠKODA
Typové označení lokomotivy	109E
Uspořádání pojezdu	Bo'Bo'
Rozchod [mm]	1 435
Napájecí systém(y) [kV] / Frekvence [Hz]	3; 25/50; 15/16,7
Maximální rychlost [km/h]	200
Celková hmotnost [t]	86
Hmotnost na nápravu [t]	21,5
Trvalý výkon [kW]	6 400
Hodinový výkon [kW]	-
Travalá tažná síla [kN]	213
Hodinová tažná síla [kN]	-
Délka přes nárazníky [mm]	18 000
Šířka lokomotivy [mm]	3 040
Výška lokomotivy nad TK [mm]	4 275
Vzdálenost otočných čepů [mm]	8 700
Průměr kol (nová/opotřebená) [mm]	1 250/1 170
Rozvor podvozků [mm]	2 500
Minimální poloměr oblouku [m]	120
Maximální rozjezdový proud [A]	647
Maximální brzdě síla EDB [kN]	226
Výkon EDB (rekuperace / odporník) [kW]	6 963/4 700



Obr. 20 Trakční charakteristika lokomotivy 109E (380 ČD)[38]

5.2. Siemens

Firma Siemens [48] [62] je tradičním a dlouholetý výrobcem kolejových vozidel zejména elektrické trakce. V oblasti výroby elektrických lokomotiv to dokládá úspěšný projekt Europrinter. Jeho začátky sahají do devadesátých let minulého století, kdy Rakouské dráhy (ÖBB) potřebovaly zásadním způsobem obměnit park elektrických lokomotiv. Podle jejich požadavků vznikly univerzální lokomotivy řady ES 64 U1 (Rh 1016 ÖBB), disponující vysokým výkonem i vysokou maximální rychlostí, ale zatím jen pro jeden napájecí systém 15 kV 16,7 Hz. Proto vznikla modifikace ES 64 U2 (Rh 1116 ÖBB), která je určena již pro oba střídavé systémy (tedy i 25 kV 50 Hz). Rozličnost evropských napájecích systémů si vyžádala variantu ES 64 F4 (BR 189 DB), která se díky způsobilosti pro čtyři napájecí systémy řadí do druhé generace rodiny Europrinter. Vzhledem ke svým parametrům je předurčena pouze nákladní dopravě. Spojením výhod řešení univerzální a čtyřsystémové lokomotivy dalo vzniknout ES 64 U4 (Rh 1216 ÖBB). Ve svých hlavních komponentech v podstatě vychází z lokomotiv řady 1016 a 1116 ÖBB (podvozky a čela) a lokomotiv řady 189 DB (čtyřsystémová elektrická výzbroj), ale použita jsou i mnohá zcela nová řešení [39].

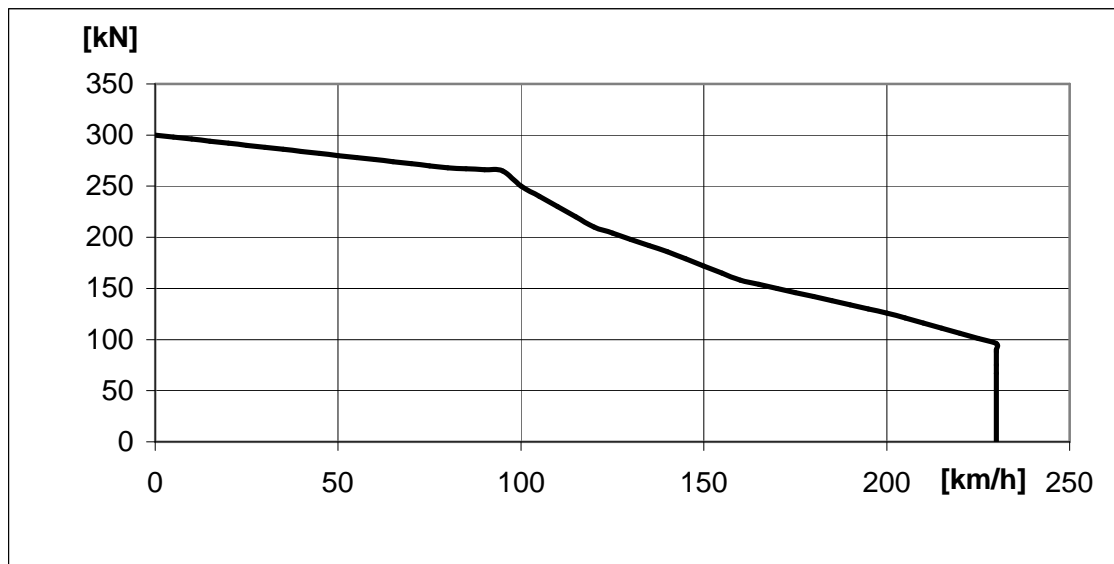
5.2.1. Lokomotiva ES64U2

Jde o lokomotivy (*Obr. 21 a Obr. 23*) vcelku univerzální, vhodné pro dopravu rychlíků i těžkých nákladních vlaků, což výrazně zjednodušuje organizaci provozu a umožňuje jejich maximální každodenní využití. Lokomotivy jsou schopné jízdy na dvou střídavých napájecích systémech (15 kV 16,7 Hz a 25 kV 50 Hz).

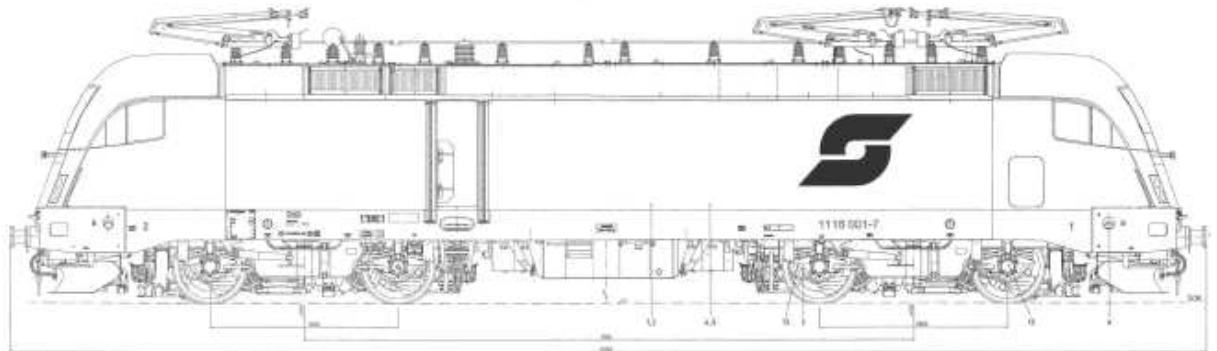


Obr. 21 Lokomotiva ES 64 U2 ve službách firmy Dispolok [47]

Z těchto lokomotiv vychází konstrukčně řada ES 64 U4. Její technický popis je téměř shodný. Podstatná odlišnost je však v použitém způsobu vedení dvojkolí. Na rozdíl od ES 64 U4 zde bylo aplikováno vedení dvojkolí ojnicí a flexi-coil pružinou [1].



Obr. 22 Trakční charakteristika ES 64 U2 [5]



Obr. 23 Typový výkres lokomotivy ES 64 U2 (ÖBB 1116) [5]

5.2.2. Lokomotiva ES64F4



Obr. 24 Lokomotiva ES 64 F4 [47]

Lokomotiva ES64F4 (BR 189 DB) (**Obr. 24**) byla vyvinuta pro provoz na čtyřech různých evropských elektrizačních systémech: stejnosměrných 1,5 kV, 3 kV, střídavých 15 kV 16,7 Hz a 25 kV 50 Hz. Prvořadé provozní určení lokomotivy typu ES 64 F4 je rychlá vozba mezistátních nákladních vlaků [39].

Díky individuálnímu řízení IGBT pulsních napěťových střídačů pro napájení asynchronních trakčních motorů dosahují tyto lokomotivy velmi dobrých adhezních vlastností. Proto disponují rozjezdovou tažnou silou 270 kN. Maximální rychlost 140 km/h umožňuje použití některých jednoduchých řešení, pozitivně ovlivňujících cenu a hmotnost

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 45
---	------------------	-----------

lokomotivy, jako například podvozky s tlakovými trakčními motory a brzdovými kotouči v discích kol, nebo jednodušší tvar čela s rovinnými okny. Dvojkolí jsou již stejně jako řada ES 64 U4 vedeny vodorovnými ojnicemi. Tímto se dost odlišují od předchozí řady ES 64 U2.

5.2.3. Lokomotiva ES64U4



Obr. 25 Lokomotiva ES 64 U4 (ÖBB 1216) [23]

Pod firemním označením ES 64 U4 (*Obr. 25 a Obr. 26*) se rozumí celá rodina vícesystémových lokomotiv pro evropské stejnosměrné a střídavé systémy napájení. Platforma ES 64 U4 sestává ze základní lokomotivy, z níž po rozšíření na národní či zákaznické provedení vzniká požadovaná specifická varianta. Označování variant provádí výrobce v abecedním pořádku podle chronologie sestavování variant. Vzniká tedy na základě poptávky na trhu. V zájmu zvýšení přehlednosti mají veškeré zákaznické varianty s identickým národním provedením a vlakovým zabezpečovačem stejné písmenné označení. Systém označování variant je v následujícím formátu ES 64 U4 – [A..Z] [1...99] a jednotlivé dvojice symbolů mají tento význam: ES = EuroSprinter, 64 = trvalý výkon 6 400 kW, U = univerzální lokomotiva (případně F = nákladní), další číslo označuje počet napájecích systémů, A až Z je kombinace národních provedení, včetně vybavení příslušným vlakovým zabezpečovačem. 1 až 99 jsou různé varianty zákaznického provedení při stejné kombinaci národního provedení.

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 46
---	------------------	-----------

SKŘÍŇ - Elektrická lokomotiva ES 64 U4 je skříňová se dvěma čelními kabinami strojvedoucího. Skříň lokomotivy je samonosná, tvoří ji spodek, bočnice a střecha, která se dá demontovat, takže strojovna může být přístupná shora v celé délce. Snadno odnímatelné střešní segmenty nesou čtyři polopantografové sběrače i další potřebné vysokonapěťové komponenty. Vozidlo je na čelech opatřeno výkonnými nárazníky třídy C, které bez poškození absorbují energii až do 70 kJ na nárazník. Pro pohlcení ještě větší nárazové energie jsou za nárazníky umístěny výměnné deformační prvky, díky nimž je lokomotiva schopna bez dalšího poškození absorbovat nárazovou energii 1 MJ.

Strojovnou lokomotivy prochází v podélné ose situovaná ulička, podél níž jsou rozmístěna jednotlivá zařízení, trakční a pomocné měniče, ventilátory pro chlazení trakčních motorů, jednotky kapalinového chlazení měničů a transformátorů, brzdové odporníky, pneumatická zařízení, akumulátorová baterie a vlakové zabezpečovače. Kabelové a pneumatické rozvody jsou vedeny ve speciálním kanále pod středovou chodbičkou přístupnou shora. Pod lokomotivou je uprostřed zavěšen trakční transformátor.

Kabiny strojvedoucího jsou prostorné, odhlučněné, klimatizované a tlakotěsné (vybaveny tlakovou ochranou, která zamezuje působení tlakových vln na strojvedoucího, zejména při míjení vlaků či při vjezdu do tunelu). Mají jedny dveře vedoucí do strojovny a dvoje vnější vstupní dveře. Toto situování dveří je rozdílné oproti řadě 1016/1116, u níž se do kabiny vstupovalo pouze ze strojovny (a jako únikový východ byl určen obdélníkový otvor na bočnici kabiny v prostoru pod bočním oknem). Důvodem je, že koncepce skříně byla převzata z řady ES 64 F4, u níž jsou vstupy provedeny přímo do kabiny.

Čelní okna z vrstveného skla jsou elektricky vytápěna a opatřena manuálně ovládanou roletou s pohliníkovanou vrstvou. Boční stahovatelná okna z izolačního skla jsou tónována, zatímco čelní okna nikoli. Na každé straně kabiny má strojvedoucí k dispozici zpětná zrcátka, která lze vyklopit v klidovém stavu, případně i za jízdy (jen do určité rychlosti). Na přání zákazníka je možné dosadit kamerový systém, obraz se pak promítá na displej umístěný v řídicím pultu. Sedadla strojvedoucího jsou výškově nastavitelná a lze s nimi posouvat v podélné ose. Opěrky rukou jsou nastavitelné a sklopné, zádové opěrky lze přestavit do lehátkové polohy. Poziční a koncová světla jsou realizována za pomoci vysoce svítivých LED diod, což usnadňuje vytvoření tvaru návěstních světel požadovaného předpisu daných zemí. Příslušná podoba návěstních světel se nastavuje na displeji na stanovišti strojvedoucího.

K vysoké úrovni pracovního prostředí strojvedoucího přispívá i fakt, že si lze předem navolit, kdy má být automaticky spuštěn agregát klimatizace, respektive vytápění kabiny.

POJEZD - Dvounápravové podvozky svařované konstrukce nesou skříň prostřednictvím paralelně řazených válcových pružin Flexi-coil. Primární vypružení je realizováno dvojicí krátkých ocelových vinutých pružin, dvojkolí jsou vedena vodorovnými ojnicemi. Tažné

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 47
---	------------------	-----------

a brzdné síly se z podvozku na skříň lokomotivy přenášejí otočným čepem. Tlumení svislých, příčných a vrtivých pohybů podvozků zajišťují hydraulické tlumiče.

Individuální pohon dvojkolí zajišťují asynchronní trakční motory, provedené jako bezplášťová svařovaná konstrukce se stahovacími deskami a trámci, s cizí ventilací. Otvory ve statorovém a rotorovém paketu vytvářejí axiální chladicí kanály pro chlazení plechů a vinutí. Vzduch pro chlazení trakčního motoru se nasává sacím nástavkem na střeše, vyfukován je z trakčního motoru směrem do koleje. Pohon je řešen prostřednictvím jednostupňového čelního ozubeného převodu se šikmými zuby a dutého hřídele, obepínajícího nápravu. Jeho unášecí jsou s ozubeným kolem i s diskem dvojkolí propojeny ojnicovou spojkou. Pro minimalizaci dynamických silových účinků na trať jsou neodpružené hmoty sníženy nejen odpružením trakčního motoru a nápravové převodovky, ale i odpružením brzdových kotoučů. Ty jsou umístěny na zvláštním rychloběžném hřídeli, který je poháněn od nápravové převodovky. Rychloběžnost tohoto hřídele též minimalizuje rozměry brzdových jednotek. Přesná vzájemná poloha brzdových kotoučů a brzdových jednotek přispívá k jejich dlouhodobé životnosti. Skříň nápravové převodovky je řešena se svislou dělicí rovinou, což umožňuje rychlou a jednoduchou výměnu trakčního motoru. Čelní ozubený převod pohonu dvojkolí je z důvodu zajištění přesné geometrie záběru kol řešen s uložením pastorku z přední strany v ložisku ve štítu převodové skříně.

Dvojkolí sestávají z válcových monoblokových kotoučů o průměru pouze 1 150 mm a kované nápravy, která je opatřena vrtáním pro možnost ultrazvukové defektoskopické kontroly. Dvojkolí lze vyměňovat bez vyvázání podvozků. Nápravová ložiska tvoří valivé ložiskové jednotky firmy FAG, které jsou kompaktní, utěsněné a bezúdržbové. Ložisková skříň je provedena jako hmotnostně optimalizovaný odlitek, víka skříně jsou uzpůsobena pro uchycení uzemňovačů a snímačů otáček. Každé dvojkolí je opatřeno tryskami zařízení pro mazání okolků, vzduchový ventil dávkování maziva se ovládá automaticky. Všechna kola jsou pískována vytápěnými písečnickovými trubkami, které ovládá strojvedoucí, přičemž vnější dvojkolí lokomotivy se v důsledku větších klopných momentů pískují většími dávkami.

Přívod elektrické energie zajišťují čtyři polopantografy umístěné na střeše. Na vnějších pozicích mohou být montovány sběrače pro jízdu na střídavých napěťových systémech, na vnitřních pozicích jsou pak sběrače pro odběr proudu na stejnosměrných systémech. V závislosti na zvolené národní variantě je možno používat kolébky šířek 1 450, 1 600 a nebo 1 950 mm. U provedení na střídavý proud a s kolébkou o šířce 1950 mm výrobce standardně dodává zařízení, které zajišťuje rychlé stažení sběrače v případě zlomení uhlíkové sběrací lišty (u dalších typů sběračů se rychlostahovací zařízení montuje pouze na přání).

TRAKČNÍ VÝZBROJ - Základem elektrické výzbroje lokomotivy jsou dva komplety vodou chlazených IGBT trakčních měničů, ke každému podvozku jeden. Každý z nich obsahuje dva vstupní čtyřkvadrantové měniče, paralelně napájející společný stejnosměrný

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 48
---	------------------	-----------

meziobvod, dva pulsní napěťové střídače (každý z nich je opatřen podpurným vstupním kondenzátorem a napájí jeden trakční motor), dva pulsní spínače brzdových odporů a jeden střídač pro napájení pomocných pohonů, též opatřený podpurným vstupním kondenzátorem. Na měnič pro napájení pomocných pohonů navazuje oddělovací transformátor.

Ke stejnosměrnému meziobvodu je dále připojen odsávací obvod naladěný na 33 respektive 100 Hz, který slouží na střídavých systémech k eliminaci druhé harmonické vlny, která vzniká dvoucestným usměrněním vstupního napětí. Při práci v střídavých sítích vstupuje elektrická energie do vozidla ze sběračů přes příslušné odpojovače, uzemňovače, tlumivku a vakuový hlavní vypínač (na střeše lokomotivy) na primární vinutí trakčního transformátoru. Ten má jedno primární vinutí a čtyři shodná trakční sekundární vinutí s pevným převodem, ale s odbočkou pro volbu napěťového systému 15 nebo 25 kV. Páté sekundární vinutí transformátoru slouží k napájení průběžného vedení vlakového topení, které má volitelné odbočky pro napětí 1000, 1500 a 3000 V. Ze sekundárního vinutí jsou napájeny dva čtyřkvadrantové měniče (4QS), z nichž pak usměrněný proud prochází přes stejnosměrný meziobvod do dvou pulsních střídačů, individuálně napájejících trakční motory daného podvozku. Při tomto zapojení je tok energie možný v obou směrech (jízda/brzda), tedy umožňuje i rekuperační brzdění.

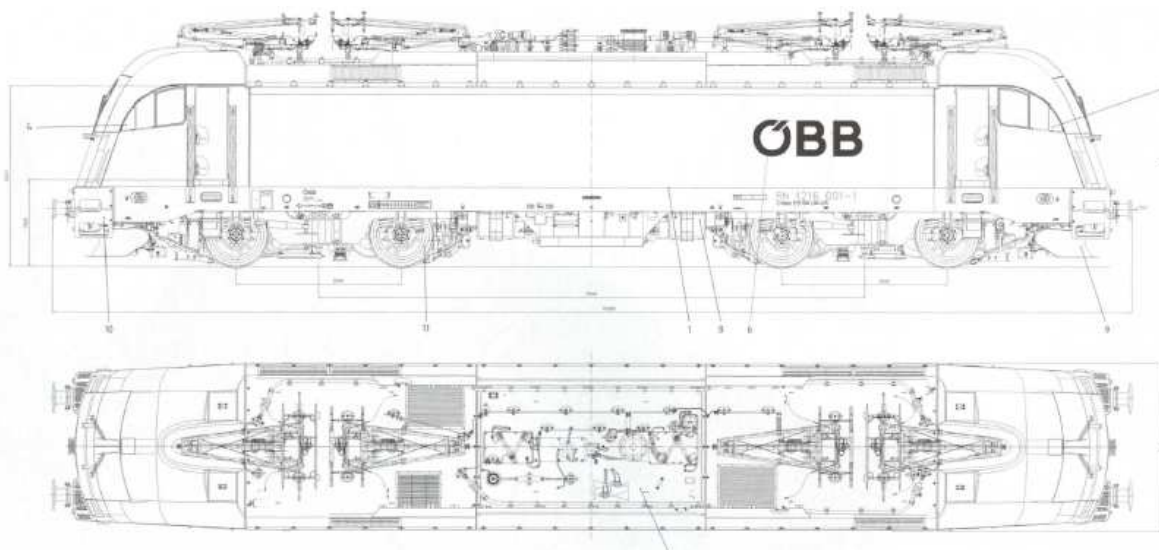
Při práci v stejnosměrných sítích nejsou čtyřkvadrantové měniče ve funkci. Elektrická energie napájí stejnosměrné meziobvody přímo napětím z troleje, které vstupuje do vozidla přes hlavní vypínač a síťový filtr, ve kterém je kromě kondenzátoru a tlumivky z odsávacího obvodu využita indukčnost sekundárního vinutí transformátoru. Vysokonapěťové IGBT spínací prvky napájejí pulsní střídače i na systému 3 kV přímo (dříve používané vstupní snižovací měniče či dvojice střídačů napájejících dvojitě statorové vinutí trakčního motoru již nejsou aplikovány). Při napájecím napětí 3 kV jsou statorová vinutí trakčních motorů, stejně jako při práci v střídavých sítích 15 a 25 kV, zapojena do hvězdy, při napájecím napětí 1,5 kV jsou pro částečnou kompenzaci poklesu napětí zapojena do trojúhelníku.

Konfigurace měničů, doplněná přepojovači, umožňuje v případě poruchy vadný díl odpojit a provozovat vozidlo nadále se 75% výkonu a tažných sil. V sítích, ve kterých je to možné, pracuje elektrodynamická brzda zásadně jako rekuperační a veškerá elektrická energie dodávaná trakčními motory je prioritně distribuována do sítě, respektive vedlejším spotřebičům na lokomotivě (pomocné pohony, vlakové topení). Brzdové odporníky jsou svými pulsními spínači aktivovány v případě potřeby jen u sítí s nemožnou nebo omezenou schopností odebrat vozidlem nabízenou rekuperovanou energii. Odporníky spočívají na stojanu umístěném ve strojovně a jsou axiálně profukovány ventilátorem.

Oba trakční měniče mají svůj vlastní chladicí okruh, na který jsou výkonové moduly měniče připojeny pomocí oboustranných rychlospojek. Vodní čerpadlo a filtr jsou umístěny v chladicí věži. Chlazení ohřáté vody se pro každý podvozek odehrává separátně ve výměníku

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 49
---	------------------	-----------

voda–vzduch. Do chladicí vody se přidává protimrazový prostředek umožňující provoz do -30°C. Součástí každého kompletu měničů je i jeden střídač pro napájení pomocných pohonů, na který navazuje oddělovací transformátor. Na lokomotivě jsou tedy dvě střídavé pomocné sítě. První pracuje s proměnným napětím a proměnnou frekvencí, která se pohybuje v rozmezí 2 až 60 Hz. Tímto napětím jsou napájeny motory chladicího systému v návaznosti na aktuální potřebu chlazení s co nejnižší frekvencí, respektive výkonem, což snižuje hlučnost a spotřebu elektrické energie. Výkonové prvky jsou chlazeny vodou stejně jako ostatní moduly trakčního měniče. Jako motory pomocných zařízení jsou použity výhradně standardní třífázové asynchronní motory s kotvou nakrátko konstruované pro provozní napětí 440 V a provozní frekvenci 50 Hz. Druhý měnič pro napájení pomocných pohonů pracuje s plným napětím a pevnou frekvencí. Je určen pro napájení klimatizačních agregátů, kompresoru, čerpadla trafooleje a nabíječe lokomotivní akumulátorové baterie. V případě poruchy lze obě sítě propojit a vybrané spotřebiče napájet z jediného měniče.



Obr. 26 Typový výkres lokomotivy ES 64 U4 [23]

DIAGNOSTICKÝ A ŘÍDÍCÍ SYSTÉM - Lokomotiva je vybavena dvojicí centrálních řídicích počítačů vozidla (ZSG). Jeden z nich pracuje jako hlavní a vykonává řídicí funkce. Druhý počítač je podřízený prvnímu ve stavu pohotovosti může převzít jeho funkci. Každý trakční pohon je řízen svým řídicím počítačem pohonu (ASG). Komunikace uvnitř lokomotivy, tedy mezi řídicími počítači vozidla, pohonu, brzd a mezi komunikačními displeji na stanovištích strojvedoucího či dalšími zařízeními probíhá po datové sběrnici (MVB). Ke komunikaci na úrovni vlaku, například pro vícečlenné řízení nebo pro ovládání lokomotivy z řídicího vozu, je využívána datová sběrnice (WTB). Řídicí systém je koncipován na bázi komponent Sibas 32. Lokomotiva je též vybavena záznamovým tachografem (Juridical Recoder). Součástí řídicího systému vozidla je i zařízení pro kontrolu bdělosti strojvedoucího

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 50
---	------------------	-----------

(Sifa). Sdělovače a ovladače na stanovišti strojvedoucího byly nahrazeny dvojicí barevných dotykových displejů, které strojvedoucímu zobrazují potřebné informace pro strojvedoucího o rychlosti jízdy, velikosti tažné nebo brzdě síly a stavu lokomotivy, atp. Na tomto monitoru jsou též v různých úrovních zobrazovány diagnostické údaje a pokyny k obsluze vozidla o poruchových situacích a v případě vícečlenného provozu i údaje o dalších vozidlech. Zdrojem stlačeného vzduchu je šroubový kompresor. Samočinná brzda je ovládána řídicím počítačem brzd, přímočinná brzda je elektropneumatická. Použita je elektronická protismyková ochrana K-micro. Lokomotiva generuje signály pro ovládání elektropneumatické brzdy vozů. Na všechny čtyři dvojkolí působí zajišťovací brzda s pružinovými střadači. Vozidlo lze řídit, buď ovládáním tažné a brzdě síly, nebo volbou žádané rychlosti, kterou udržuje zařízení pro automatickou regulaci rychlosti (AFB) [23] [39]

5.2.4. Lokomotiva ES 46 B1 (LE 4700)



Obr. 27 Lokomotiva ES 46 B1 (LE 4701) [40]

V červnu 2008 by měla být dodána první univerzální elektrická lokomotiva LE 4700 (**Obr. 27**) pro Portugalské státní dráhy. Jde o lokomotivy z platformy Europrinter s novým tvarem čela. Jejich výkon je jen 4 600 kW, oproti standardně instalovanému výkonu 6 400 kW. Snížení výkonu bylo voleno záměrně, kvůli menšímu transformátoru, úspoře hmotnosti a drahých kovů [54].

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 51
---	------------------	-----------

Tab. 2 Hlavní technické údaje lokomotiv Siemens (část 1)[1] [23] [48]

Řada	ES64F4	ES64U2	ES64U4
Uspořádání pojezdu	Bo'Bo'	Bo'Bo'	Bo'Bo'
Rozchod [mm]	1 435	1 435	1 435
Napájecí systém(y) [kV] / Frekvence [Hz]	1,5; 3; 25/50; 15/16,7	15/16,7; 25/50	1,5; 3; 25/50; 15/16,7
Maximální rychlost [km/h]	140	230	230 (200 na 1,5 a 3 kV)
Celková hmotnost [t]	88	86	90
Hmotnost na nápravu [t]	22	21,5	22,5
Trvalý výkon (dle napětí výše) [kW]	4 200/ 6 000 6 400/ 6 400	6 400	4 200/ 6 000 6 400 6 400
Hodinový výkon [kW]	-	7 000	-
Trvalá tažná síla [kN]	250	250	250
Rozjezdová tažná síla [kN]	300	300	300
Délka přes nárazníky [mm]	19 580	19 280	19 580
Šířka lokomotivy [mm]	3 000	3 000	2 989
Výška lokomotivy nad TK[mm]	3 966	3 966	3 955
Vzdálenost otočných bodů podvozku [mm]	9 900	9 900	9 900
Průměr kol (nová/opotřeбенá) [mm]	1 150/1 070	1 150/1 070	1 150/1 070
Rozvor podvozků [mm]	3 000	3 000	3 000

5.2.5. Lokomotiva ES 96 F1 (DJ4) (HXD1)

Dvoudílnou lokomotivu typu ES 96 F1 (**Obr.** 28) určenou pro těžké nákladní vlaky původně označenou DJ4 vyvinula firma Siemens společně s firmou ZELW, ale všechny jsou montovány již ve firmě ZELW (Zhuzhou Electric Locomotive Works) (Čína HXD1).

Oba díly lokomotivy jsou permanentně spojeny k sobě a mají vždy na jednom konci stanoviště strojvedoucího. Jeden díl je v podstatě totožný s lokomotivou ES 64 F1 určenou jen pro napájecí systém 25 kV 50 H. Jen výkon jednoho dílu byl snížen na 4 800 kW, takže dohromady výkon dvoudílné lokomotivy činí 9 600 kW. Měníče jsou tvořeny IGBT prvky, vypružený asynchronní trakční motor má každý svůj frekvenční IGBT měnič. Po přidání balastu může mít dvojice lokomotiv hmotnost až 200 tun a v provozu může mít rozjezdovou trakční sílu 760 kN [55].



Obr. 28 Lokomotiva ES 96 F1 (DJ4) (HXD1) [55]

Tab. 3 Hlavní technické údaje lokomotiv Siemens (část 2)[48] [54] [55]

Řada	ES64B1	ES96F1
Uspořádání pojezdu	Bo'Bo'	2x (Bo'Bo')
Rozchod [mm]	1 668	1 435
Napájecí systém(y) [kV] / Frekvence [Hz]	25/50	25/50
Maximální rychlost [km/h]	140	120
Celková hmotnost [t]	87	184
Hmotnost na nápravu [t]	-	
Trvalý výkon (dle napětí výše) [kW]	4 600	9 600
Trvalá tažná síla [kN]	-	494
Rozjezdová tažná síla [kN]	300	700
Délka přes nárazníky [mm]	-	35 222

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 53
---	------------------	-----------

5.3. Bombardier

Firma Bombardier nabízí v oblasti kolejových vozidel kompletní sortiment od samostatných podvozků, přes vozy a prostředky MHD až po dieselové či elektrické lokomotivy a jednotky [46].

5.3.1. Lokomotiva TRAXX P160



Obr. 29 Lokomotiva TRAXX P160 AC [63]

V základní verzi se jedná o elektrickou lokomotivu TRAXX P160 AC (*Obr. 29 a Obr. 30*) určenou pro vozbu osobních vlaků na střídavém napájecím systému 15 kV 16,7 Hz (u DB je označována jako řada 146 a je odvozena od řady DB 145). Existují ještě další dvě různé vylepšené modifikace této řady (AC1 a AC2), které využívají výhod základní koncepce. Vylepšením AC1 je zvýšený výkon z 4200 kW na 5600 kW a možnost pohybu na dvou střídavých systémech (15 kV 16,7 Hz a 25 kV 50 Hz). AC2 (*Obr. 32*) je dalším zdokonalením předchozí varianty AC1 o aplikaci IGBT prvků namísto GTO tyristorů v měniči, modulárního systému řízení brzd a nového řešení deformačních zón. Podvozky jsou nově u AC2 dimenzovány na nápravovou hmotnost 22 t, čehož bylo dosaženo zesílením rámu podvozků, náprav a tyčí pro přenos podélných sil. Nárůst hmotnosti každého podvozku byl kompenzován sníženou hmotností nového trakčního měniče.[61]

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 54
---	------------------	-----------

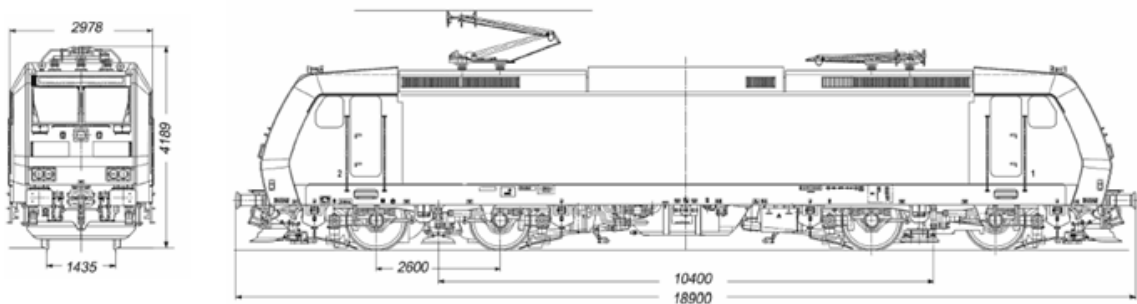
SKŘÍŇ - Vozidlová skříň TRAXX P160 AC je provedena jako svařovaná samonosná ocelová konstrukce. Hlavní rám lokomotivy se skládá ze dvou hlavních podélníků, středního podélníku, dvou příčnicků nesoucích transformátor, na kterých jsou uloženy i tažně-tlačné tyče přenášející podélné síly na podvozek, dvou hlavních příčnicků v ose podvozku, které jsou uloženy na sekundárních flexi-coil pružinách. Boční stěny jsou tvořeny ocelovými plechy a profily. Střecha se skládá ze tří odnímatelných kapot, do nichž jsou integrována také vedení chladicího vzduchu. Po odejmutí střeš je strojovna přístupná v plné šířce, což je výhodné při výměně součástí. Stanoviště strojvedoucího je také vystavěno z ocelových profilů. Spřáhovací a narážecí ústrojí odpovídají standardnímu provedení DB AG. Možnost dovybavení automatickým spřáhlem Z-AK je zajištěna.

PODVOZKY - Podvozky se skládají ze dvou podélníků, na kterých jsou uloženy flexi-coil pružiny, středního příčnicku, na němž jsou uchyceny trakční motory, a dvou čelníků, na kterých jsou uchyceny jednotky diskové brzdy. Na čelníku bližšímu k ose vozidla je uložena tažně-tlačná tyč přenosu podélných sil. Dvojkolí jsou celistvá, s dvěma brzdovými disky na každém kole. Nápravová ložiska jsou válečková, mazaná plastickým mazivem, vedená ojnicí a flexi-coil pružinou. Dále jsou na podvozku dvě jednotky střadačové brzdy.

Přenos podélných sil eliminuje změnu nápravového zatížení vlivem klopných momentů. Pohon je proveden dutým kloubovým hřídelem; jde o variantu Gealaif (Gea = AEG, laif = Lokomotivantrieb mit integriertem Fahrmotor = lokomotivní pohon s integrovaným trakčním motorem). U pohonu dutým kloubovým hřídelem jsou síly přenášeny z velkého kola nápravové převodovky na kloubový hřídel, který je přes kloubové prvky a ojnice spojen s jedním kolem dvojkolí. Na druhé kolo se hnací moment přenáší nápravou. Asynchronní motor a převodovka tvoří jeden kompaktní uzavřený celek. Trakční motor je shodný s řadou 145 a 185. Pohon dutým kloubovým hřídelem je proveden jako kardanový pohon s pryžovými kloubovými prvky. Hnací moment je přenášen na dutý kloubový hřídel přenášen ojnicemi s gumovými klouby. Stejně tak je řešen přenos momentu z hřídele na dvojkolí. Trakční motor je shodný s řadou 145 a 185. Používaná třífázová technologie, přináší mnoho výhod: nižší hmotnost, menší rozměry, podléhá méně opotřebení; vyšší otáčky rotoru, větší tažnou sílu v celém rozsahu rychlostí a příznivou trakční charakteristiku. Trakční motory jsou chlazeny ventilátory, které spínají bezpečnostní spínače nebo teplotní relé.

TRAKČNÍ VÝZBROJ - Z trakčního vedení může být napětí přiváděno oběma sběrači, situovanými nad stanoviště strojvedoucího, přes střechu k hlavnímu vypínači. Ke každému sběrači patří vždy bleskojistka. Za hlavním vypínačem je situován transformátor, který má primární vinutí a čtyři trakční vinutí. Nádoba transformátoru má skříň z ocelových plechů lehké konstrukce, které plní i nosnou funkci. Esterem chlazený transformátor má dva na sobě nezávislé okruhy a jeho ochranu tvoří dvě Buchholzova relé. Trakční obvod sestává ze dvou

čtyřkvadrantových měničů, meziobvodu a pulzního střídače. Stanoviště strojvedoucího je docela prostorné a odpovídá ergonomickým standardům. Samozřejmostí je klimatizace a zařízení pro ohřívání či chlazení potravin. Spotřebiče jsou zásobovány elektrickým proudem ze 110 V baterií [63].



Obr. 30 Typový výkres základních lokomotiv TRAXX 160 AC, TRAXX 140 AC [46]

5.3.2. Lokomotiva TRAXX F140



Obr. 31 Lokomotiva TRAXX F140 AC2 [63]

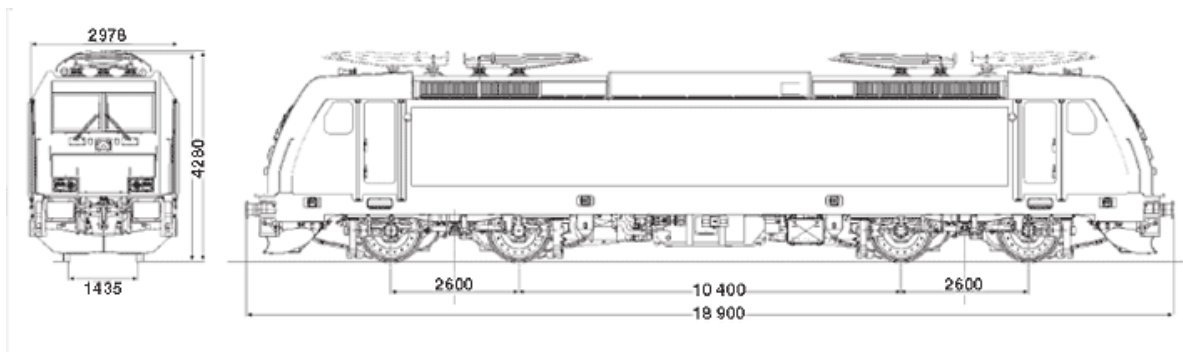
UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 56
---	------------------	-----------

V základní verzi se jedná o elektrickou lokomotivu TRAXX F140 AC (u DB označovanou jako 185) (*Obr. 30 a Obr. 31*) určenou především k vozbě nákladních vlaků na dvou střídavých napěťových systémech 15 kV 16,7 Hz a 25 kV 50 Hz. Část konstrukce i elektrické výzbroje byla převzata bez výraznějších změn z lokomotiv DB 145 a 146. Technický popis lokomotivy proto odpovídá téměř TRAXX P160 AC, až na rozdíl v použití tlapových trakčních motorů (také typu Gealife), které jsou spolehlivým a pro nižší rychlosti použitelným řešením (podobně jako řada DB 145). Dvojkolí jsou vedena vodorovnými ojnicemi a vypružena ocelovými šroubovitými pružinami. Sekundární vypružení sestává z dvojice ocelových šroubovitých flexi-coil pružin. Modernější varianta AC2 (*Obr. 32*) disponuje stejnými výše uvedenými vylepšeními (jako TRAXX P160 AC2) [19].

TRAXX F140 DC2 je verze pro stejnosměrnou napájecí soustavu 3 kV a spolu s TRAXX F140 AC2 dala základ pro více-systémovou TRAXX F140 MS určenou pro čtyři napěťové systémy 1,5 kV, 3 kV, 15 kV 16,7 Hz a 25 kV 50 Hz, doplněnou o pár sběračů (u některých verzí F140 MS bez aplikace 1,5 kV) [34].

Tab. 4 Základní údaje některých lokomotiv TRAXX

Typové označení lokomotivy	F140 DC2	P160 AC2	140 MS
Uspořádání pojezdu	Bo'Bo'	Bo'Bo'	Bo'Bo'
Rozchod [mm]	1 435	1 435	1 435
Napájecí systém(y) [kV] / Frekvence [Hz]	3	25/50; 15/16,7	1,5; 3; 25/50; 15/16,7
Maximální rychlost [km/h]	140	160	140
Celková hmotnost [t]	83	85	85
Hmotnost na nápravu [t]	20,75	21,3	21,3
Trvalý výkon [kW]	5 600	5 600	5 600
Tažná síla při rozjezdu [kN]	300	300	300
Délka přes nárazníky [mm]	18 900	18 900	18 900
Šířka lokomotivy [mm]	2 978	2 978	2 978
Výška lokomotivy nad TK [mm]	4 250	4 250	4 250
Vzdálenost otočných čepů [mm]	10 400	10 400	10 400
Průměr kol (nová/opotřebená) [mm]	1 250/1 170	1 250/1 170	1 250/1 170
Rozvor podvozků [mm]	2 600	2 600	2 600
Minimální poloměr oblouku [m]	100	100	100
Maximální brzdná síla EDB [kN]	300	300	300
Výkon EDB [kW]	2 600	2 600	2 600



Obr. 32 Typový výkres lokomotiv TRAXX 160 AC2 a TRAXX 140 AC2, DC2, MS [46]

5.4. Alstom

Alstom je hlavní dodavatel produktů, služeb a systémů pro provozovatele železniční dopravy po celém světě. Firma nabízí zákazníkům širokou řadu lokomotiv PRIMA.

Lokomotivy PRIMA jsou modulární koncepce, která dovoluje odpovědět na většinu požadavků světového trhu. Všechny typy elektrických lokomotiv PRIMA mají optimální poměr mezi tažnou silou a výkonem, stejně jako použití IGBT prvků (u lokomotiv PRIMA jde o první na světě), dovolují podstatné snížení nákladů na energii, které zlevňují výslednou cenu nákladní dopravy. Systém koncepce lokomotiv PRIMA má zálohované zařízení, které v případě poruchy odpojí vadný prvek a je možné dále se sníženým výkonem pokračovat v jízdě [44].

5.4.1. Lokomotiva PRIMA 4200 EL 2U; 3U a 6000 EL 4U [42(3,4)7000]



Obr. 33 Lokomotiva PRIMA 4200 EL 3U (437023) [60]

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 58
---	------------------	-----------

Čtyřnápravové lokomotivy s uspořádáním náprav Bo' Bo' o hmotnosti 90 tun (88 tun 447000), délka přes nárazníky 19,52 m, maximální rychlosti 140 km/h. Trvalý výkon lokomotivy je 4 200 kW (u lokomotivy 447000 je výkon 6000 kW) a maximální tažná síla 350 kN. K pohonu jsou použity čtyři tlapové asynchronní trakční motory, vodou chlazené trakční měniče jsou na bázi IGBT. Dvou (427000), tři (437000) (*Obr.* 33) a čtyř (447000) systémové provedení pro provoz na napětích 1,5 kV, 15 kV 16,7 Hz, 25 kV 50 Hz a 3 kV umožňuje pohyb prakticky po celé Evropě.

5.4.2. Lokomotiva PRIMA 4200 EL-P 2U (827300)



Obr. 34 Lokomotiva PRIMA 4200 EL-P 2U (827300) [41]

Stroje řady 827300 (*Obr.* 34) mají s řadou 427000 stejný výkon (4200 kW) i nejvyšší rychlost 140 km/h a v obou případech se jedná o dvousystémová vozidla (1,5 kV a 25 kV 50 Hz). Úpravy pro osobní dopravu spočívají především v dosazení výstroje pro topení vlaku (1,5 kV), zařízení pro ovládání lokomotivy z řídicího vozu (zásuvky vícečlenného řízení) a přídatného kompresoru (2000-2400 l/min) pro pokrytí vyšší spotřeby stlačeného vzduchu (pohon dveří). Další odlišností jsou snímače kódu o traťové rychlosti KVB-P umístěné na nápravě. Nový hlavní vypínač, uzpůsobený pro větší počty spínacích cyklů. Zvýšení efektivnosti brzd se docílilo instalací protiskluzové a protismykové ochrany. Lokomotivy jsou vybaveny displeji přenášejícími obraz z vnějších kamer, ovladači činnosti nástupních dveří a hlasovým komunikačním systémem, takže strojvedoucí může informovat cestující a naopak z vozů lze kontaktovat strojvedoucího v případě nouze. Pro zlepšení viditelnosti obrazu na displejích došlo k dosazení čelních oken s okrajovou fólií. Dobré rozhledové poměry strojvedoucího za deště zajišťuje zdvojnásobený počet stěračů [20] [22] [50].

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 59
---	------------------	-----------

Tab. 5 Hlavní technické údaje lokomotiv Alstom (část 1) [22]

Řada	427000	437000	447000
Výrobní označení	4200 EL 2U	4200 EL 3U	6000 EL 4U
Uspořádání náprav	Bo'Bo'	Bo'Bo'	Bo'Bo'
Rozchod [mm]	1 435	1 435	1 435
Napájecí systém(y) [kV] / Frekvence [Hz]	1,5;25/50	1,5;15/16,7; 25/50	1,5; 3; 15/16,7 25/50
Maximální rychlost [km/h]	140	140	140
Celková hmotnost [t]	90	90	88
Hmotnost na nápravu [t]	22,5	22,5	22
Trvalý výkon [kW]	4 200	4 200	6 000
Maximální tažná síla [kN]	320	320	320
Délka přes nárazníky [mm]	19 520	19 520	19 520
Vzdálenost otočných čepů [mm]	10 060	10 060	10 060
Rozvor podvozků [mm]	2 600	2 600	2 600
Průměr kol [mm]	1 150	1 150	1 150
Šířka lokomotivy [mm]	2 850	2 850	2 850
Výška lokomotivy nad TK [mm]	4 310	4 310	4 310
Minimální poloměr oblouku [m]	80	80	80
Maximální brzdná síla EDB [kN]	132	132	132
Výkon EDB [kW]	2 600	2 600	2 600

5.4.3. Lokomotiva DJ4-6 (HXD2)



Obr. 35 Lokomotiva DJ4-6 (HXD2) [60]

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 60
---	------------------	-----------

Lokomotivy DJ4 (HXD1) podobných parametrů a určení, byly nejprve vyráběny firmou ZELW ve spolupráci s firmou Siemens. Proto lokomotivy vyráběné firmou Alstom obdržely označení DJ4-6, ale čínské dráhy je přeznačili na HXD2 (po vyrobení 18 kusů firmou Alstom v Belfortu byla výroba zbývajících lokomotiv přesunuta do firmy Daltong Electric Locomotive Company v Číně).

Dvoudílná lokomotiva DJ4-6 (*Obr.* 35), napětí 25 kV 50 Hz, výkon 9 600 kW, uspořádání náprav Bo'Bo'+Bo'Bo'. Konstrukčně vychází z lokomotiv PRIMA, má ale nějaké specifické úpravy pro provoz v Číně, třeba uzpůsobení konstrukce tamějším drsným klimatickým podmínkám s teplotami klesajícími v zimě i pod -40°C. Namísto nárazníků a šroubovky jsou použita automatická spřáhla amerického vzoru. Podstatným způsobem byl zesílen spodek lokomotivy, neboť jsou projektovány pro vedení těžkých nákladních vlaků o hmotnosti až 20 000 tun, takže skříně jsou dimenzovány na podélnou sílu 3 500 kN (oproti 2 000 kN u běžných lokomotiv PRIMA) [15] [21].

5.4.4. Lokomotiva DJ8

Jedná se vlastně o dvoudílné lokomotivy Prima 6000, s uspořádáním náprav Co'Co', o výkonu 9600 kW a maximální rychlost 120 km/h [22].

Tab. 6 Hlavní technické údaje lokomotiv Alstom (část 2) [22]

Řada	827300	DJ4	DJ8
Výrobní označení	4200 EL-P 2U		
Rozchod	1 435	1 435	1 435
Uspořádání náprav	Bo Bo	Bo Bo+Bo Bo	Co Co
Napájecí napětí	1,5; 25/50	25/50	25/50
Maximální rychlost	140	120	120
Jmenovitý výkon	4 200	10 000	9 600
Maximální tažná síla	320	760	584
Výkon EDB	2 600	-	-
Brzdná síla EDB	132	510	400
Délka přes nárazníky – spřáhla	19520	2x18 975	22 860
Vzdálenost otočných čepů	10 060	10 600	12 300
Rozvor podvozků	2 600	2 600	2250/2200
Průměr nových kol	1 150	1 250	1 250
Max. šířka skříně	2 850	2 856	2 856
Výška nad TK	4 310	4 800	4 800
Hmotnost ve službě	90	2x100	150
Hmotnost na nápravu	22,5	25	25
Minimální poloměr oblouku	80	125	125

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 61
---	------------------	-----------

5.5. AnsaldoBreda

Společnost AnsaldoBreda S.P.A. byla založena v italské Neapoli. Vznikla sloučením firem Ansaldo Trasporti a Breda Costruzioni Ferroviarie. Nyní se zabývá produkcí železničních vozidel a prostředků MHD [45].

5.5.1. Lokomotiva E 403 (E402 typ C)



Obr. 36 Lokomotiva E403.002 [59]

Nová vícesystémová (1,5 kV, 3 kV, 15 kV 16,7 Hz a 25 kV 50 Hz) čtyřnápravová lokomotiva řady E 403 (někdy také označovaná jako E 402C) z produkce italské firmy AnsaldoBreda je určena pro společnost Trenitalia..

Univerzální lokomotivy E403 (E402 C) (*Obr. 36*) konstrukčně vychází z dříve vyráběných E402 typ A a B. Jedná se o skříňovou lokomotivu se dvěma stanovišti strojvedoucího na každém konci. Základní struktura skříňe je tvořena vysoce pevnou antikorozi ocelí. Střecha lokomotivy sestává ze tří odnímatelných panelů pro snadnější přístup do stroje během oprav. Na obou koncových panelech je připevněn sběrač. Přívod vzduchu je situován na střeše lokomotivy po celé délce. Veškerá elektrická výzbroj a řídicí systém umístěny na obou stranách střední uličky. Podlaha je vyrobena z hliníkových panelů, které zakrývají segregovaný kanál nízko a vysokonapěťové kabeláže. Plovoucí podlaha i termálně akustická stěna zajišťují spolu s dalším vybavením stanoviště strojvedoucího

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 62
---	------------------	-----------

vysokou kvalitu pracovního prostředí. Kabina je složena ze smíšené skořepiny zformované do aerodynamického tvaru navrhnuté firmou Pininfarina.

Podvozek je svařované ocelové stavby a skládá se ze dvou podélníků a příčníků. Primární vypružení mezi podvozkem a nápravou sestává z ocelové vinuté pružiny. Vedení dvojkolí je oproti řadě E 402 B, kde bylo užito pryžových bloků, provedeno pomocí kyvného ramene [45].

Trakční motor a skříň převodovky jsou dvoubodově připevněny k příčníku. Přenos kroutícího momentu z trakčního motoru na nápravu je zajištěn skrze tři ozubené převody a dutý hřídel.

Elektrickou výzbroj (asynchronní trakční motory, trakční měniče a řízení) jsou vyráběné společností AnsaldoBreda. Trakční měniče jsou na bázi vodou chlazených IGBT prvků. Trakční transformátor, který je navržen jako dvoufrekvenční a má vyvedené i odbočky pro napájecí napětí 25 kV, dodala společnost ABB Séchron.. Brzdová výzbroj včetně systému protismyku je od společnosti Faiveley.

Tab. 7 Hlavní technické údaje lokomotivy E403

Řada	E 403
Uspořádání pojezdu	Bo'Bo'
Rozchod [mm]	1 435
Napájecí systém(y) [kV] / Frekvence [Hz]	3; 25/50; 15/16,7
Maximální rychlost [km/h]	220
Celková hmotnost [t]	86
Hmotnost na nápravu [t]	21,5
Trvalý výkon (dle napětí výše) [kW]	5 600
Maximální výkon [kW]	6 000
Trvalá tažná síla [kN] / při rychlosti [km/h]	215
Rozjezdová tažná síla [kN]	280
Délka přes nárazníky [mm]	19 420
Šířka lokomotivy [mm]	3 000
Výška lokomotivy nad TK[mm]	4 310
Rozvor podvozků [mm]	2 750

5.6. Lokomotivka Kolomenskij závod

Lokomotivka Kolomenskij závod se v minulosti zabývala spíše výrobou motorových lokomotiv. Nyní jsou stále hlavní výrobní náplní motorové lokomotivy, ale po sjednocení do skupiny Transmashholding (rusky Трансмашхолдинг) se začalo i s výrobou elektrických lokomotiv.

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 63
---	------------------	-----------

5.6.1. Lokomotiva EP2K (ЭП2К)



Obr. 37 Lokomotiva EP2K [64]

Stejnoseměrná šestnápravová lokomotiva EP2K (*Obr. 37*) je určena pro vozbu osobních vlaků na Ruských elektrifikovaných tratích (3 kV) a je konstruována pro provoz v extrémních podmínkách (rozmezí teplot -50 až 40 °C). Na ocelové svařované skříňové konstrukci jsou nasazeny kabiny strojvedoucího z integrálních plastových panelů. Jednodílné elektricky vyhřívané čelní sklo je do otvoru skeletu kabiny vlepeno. Boční okna jsou opatřena zpětnými zrcátky. Stanoviště strojvedoucího je plně klimatizováno. Profil skříňe vyhovuje obrysu všech nástupnických zemí Sovětského svazu. Strojovna lokomotivy je v modulovém uspořádání. Na střeše vozidla jsou mimo dvou sběračů situovány i bloky chlazení silové výzbroje a odporníky EDB s ventilátory. Lokomotiva má nestejný rozvor mezi nápravami v podvozcích, kde jsou uloženy vždy tři stejnosměrné trakční motory, dvojkolí jsou vedena ojnicemi. Primární i sekundární vypružení ocelovými vinutými pružinami s paralelně řazenými hydraulickými tlumiči doplňují tlumiče vrtivého pohybu podvozků. Lokomotiva je vybavena mikroprocesorovým řídicím a diagnostickým systémem [33] [58].

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 64
---	------------------	-----------

Tab. 8 Základní technické údaje elektrické lokomotivy EP2K [33] [58]

Typové označení lokomotivy	EP2K
Uspořádání pojezdu	Co'Co'
Rozchod [mm]	1 520
Napájecí systém(y) [kV] / Frekvence [Hz]	3
Maximální rychlost [km/h]	160
Celková hmotnost [t]	221
Hmotnost na nápravu [t]	22,5
Trvalý výkon [kW]	4 320
Hodinový výkon [kW]	4 800
Trvalá tažná síla [kN]	167,4
Hodinová tažná síla [kN]	192,8
Délka přes nárazníky [mm]	21 700
Průměr kol (nová) [mm]	1 250
Výkon EDB (rekuperace / odporník) [kW]	4 000/-

5.7. NEVZ (Novočerkasskij elektrovozostrojiteľnyj zavod)

Základní kámen továrny NEVZ byl položen roku 1932. Poté lokomotivka produkovala parní lokomotivy. První elektrická lokomotiva zde byla sestrojena v roce 1947. Současné těžiště činnosti firmy stále spočívá ve výrobě elektrických magistralních nákladních a průmyslových lokomotiv, jakož i lokomotiv pro osobní dopravu. Přitom v důsledku klimatických podmínek, které jsou v Rusku velmi rozdílné a zároveň extrémně dlouhé vzdálenosti oblastí s náročným terénem, jsou na lokomotivy kladeny mimořádné nároky na spolehlivost. Z toho vychází jejich robustnost a maximální jednoduchost (což se zase odráží i v dlouhá léta neměně používaných konstrukčních řešeních). NEVZ využívá podobně jako ostatní výrobci systém modulární koncepce se všemi z toho plynoucími efekty unifikace. NEVZ spadá podobě jako Kolmenskij zavod pod skupinu Transmashholding.

Význam označování lokomotiv v NEVZ. Číslice na první pozici znamená počet dílů lokomotivy, písmeno E označuje elektrickou lokomotivu, písmeno S vícesekční provedení a písmeno K jako „kolektor“ značí užití stejnosměrných trakčních motorů. Druhá číslice v označení nemá zase tak přesný význam, vypovídá jen o systému napájení, v případě sudé číslice jde o stejnosměrnou a lichá značí střídavou [25] [27] [33] [35].

5.7.1. Lokomotiva 2ES5K (2ЭС5К)



Obr. 38 Lokomotiva 2ES5K [64]

Vysoce výkonná dvoudílná nákladní elektrická lokomotiva 2ES5K (*Obr. 38*) určená pro střídavý systém napájení nese jméno „Jermak“. Každý díl má na jednom čele stanoviště strojvedoucího a je vybaven shodně, aby obě části byly schopny samostatné jízdy stejně jako vícenásobného řízení. Z dílů lokomotivy řady 2ES5K lze v případě potřeby sestavit mimo základního dvoudílného provedení i tří nebo čtyřdílné vozidlo, řízené z jednoho stanoviště strojvedoucího. Elektrické obvody lokomotivy jsou řešeny se čtyř-kvadrátovými měniči tak, aby ve všech režimech jízdy i elektrodynamického brzdění (s rekuperací) byla zabezpečena plynulá regulace rychlosti a tažné síly. Úspora elektrické energie dosahuje 15 - 18% ve srovnání s dříve vyráběnými vozidly této výkonové kategorie. Chlazení výkonových obvodů lokomotivy má regulaci běhu ventilátorů v závislosti na zatížení a teplotě okolí, čímž se dosahuje 30 – 40 % omezení ztrát výkonu a současně celkový počet ventilátorů je menší.

Podvozky lokomotivy jsou opatřeny primárním i sekundárním vypružením ocelovými vinutými pružinami, které jsou doplněné hydraulickými tlumiči. Dvojkolí jsou vedena ojnicemi. Přenos tažných sil je řešen pomocí šikmých tyčí. V mohutně dimenzovaných

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 66
---	------------------	-----------

svařovaných rámech podvozků jsou pružně zavěšené stejnosměrné trakční motory typu NB-514B. Trakční transformátor ONDCE-4350/25 má menší hmotnost než dříve používané typy. Mikroprocesorový řídicí systém zabezpečuje režim automatického vedení vlaku, ručního ovládání a diagnostiku všech elektrických obvodů lokomotivy. Stroj je vybaven zabezpečovacím a sdělovacím zařízením KLUB-U, SAUT-CM/485 a TSKBM. Pneumatická výzbroj je integrována do ucelených bloků systému UKTOL-G.

Zcela nově je řešena kabina strojvedoucího, splňující všechny zdravotní a ergonomické požadavky. Je vybavena klimatizační jednotkou, záchodem, hygienickým koutem a chladničkou. Vytápění je provedeno elektrickými přímotopnými konvektory, které ohřívají všechny stěny kabiny i podlahu.

2ES5K nahradí starší nákladní lokomotivy VL80S. Sériová výroba byla zahájena v lednu 2006. Pro Ukrajinu jsou dodávány prakticky totožné lokomotivy pouze pod označením 2EL5 a 2EL5k, vyráběné za spolupráce firmy Luganskteplovoz, Lugansk, který je již součástí Transmashholdingu. Liší se jen maximální rychlostí 120 km/h, trvalým výkonem 5650 kW a trvalou tažnou silou 434 kN. Ostatní parametry jsou shodné [35] [58].

5.7.2. Lokomotiva 3ES5K (ЗЭС5К)



Obr. 39 Lokomotiva 3ES5K [64]

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 67
---	------------------	-----------

Třídílná elektrická lokomotiva 3ES5K (*Obr.* 39) je určena pro vozbu těžkých nákladních vlaků na hlavních tratích napájených střídavou trakcí. Sestává ze dvou čelních částí (shodné s 2ES5K) a vložené části tzv. boosteru, který je vybaven stejným zařízením jako čelní díly, akorát bez stanoviště strojvedoucího a sběračů. Uspořádání stroje „boosteru“ je stejné jako na řadě 2ES5K s průchozí uličkou. Právě díky absenci stanovišť strojvedoucího je zde umístěna toaleta a sprcha. K zajištění ventilace má lokomotiva externí přívod vzduchu s ohřevem (pro zimní období). Za zmínku stojí, že nasávaný chladicí vzduch může být v případě potřeby ohříván, aby i při extrémních zimních podmínkách neklesla teplota pod +16°C. S touto mohutnou řadou se počítá pro vedení těžkých nákladních vlaků o hmotnosti až 6200 tun, s nimiž má být schopná na stoupání 6 promile vyvinout rychlost 45 km/h. Za stejných podmínek uveze lokomotiva 2ES5K jen 4500 tun. Lokomotiva byla vyráběna do července roku 2007 pod názvem 2ES5K^B s vloženým dílem [58].

5.7.3. Lokomotiva 2ES4K (2ЭС4К)



Obr. 40 Lokomotiva 2ES4K [64]

Lokomotiva 2ES4K (*Obr.* 40) je vysoce výkonná moderní nákladní dvoudílná stejnosměrná osmi-nápravová elektrická lokomotiva s výkonem jednoho trakčního motoru 750 kW a maximální rychlostí 120 km/h. Lokomotiva byla vyvinuta CJSC Transmashholdingem jako dobrá alternativa k právě rekonstruovaným a modernizovaným

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 68
---	------------------	-----------

lokomotivám VL10 a VL11. Elektrická lokomotiva 2ES4K by s jistými úpravami mohla být dodávána k dalším zákazníkům v Rusku a do zemí bývalého SSSR.

Elektrická lokomotiva sestává ze dvou částí. Každý díl má na jednom čele stanoviště strojvedoucího a je vybaven shodně, aby obě části byly schopny samostatné jízdy stejně jako vícenásobného řízení až tří spojených lokomotiv (dvojic). Lokomotiva 2ES4K je standardizovaná s typem 2ES5K pokud jde o její mechanickou stavbu, stanoviště strojvedoucího, vzduchotechniku, brzdy a další vybavení. Elektrický obvod umožňuje ovládání v režimech jízdy, elektrické (rekuperační a dynamické) brzdy, výběhu a parkování. Řízení lokomotivy v jízdě je stupňovité, s třemi kombinacemi spojení trakčních motorů (sériové, sério-paralelní a paralelní). Elektrická lokomotiva má hnací ústrojí, které splňuje moderní požadavky, pevné po straně nesené vodící tyče jsou užívány k přenosu tažných a brzdných sil z podvozku na skříň. Skříň a podvozky jsou spojeny pomocí svisle a příčně pružných a tlumících prvků. Primární stupeň vypružení je proveden vinutými válcovitými pružinami, flexi-coil pružiny jsou použity ve druhém stupni vypružení. Třífázové asynchronní motory slouží pro chladicí ventilátory trakčních motorů a kompresor napájený ze statického měniče. Existuje možnost řídit intenzitu chlazení trakčních motorů. Stanoviště strojvedoucího má pro personál příjemné pracovní prostředí s lednicí, záchodem a hygienickým zařízením. Mikroprocesorový řídicí systém dává strojvedoucímu možnost řízení v automatickém nebo manuálním režimu. Lokomotiva je vybavena zabezpečovacím zařízením KLUB-U, TSKBM bdělosti strojvedoucího a SAUT-TsM/485 samočinné brzdy [58].

Tab. 9 Základní technické údaje lokomotiv 2ES5K, 3ES5K a 2ES4K [58]

Typové označení lokomotivy	2ES5K	3ES5K	2ES4K
Uspořádání pojezdu	2x (Bo'Bo')	2x (Bo'Bo')	2x (Bo'Bo')
Rozchod [mm]	1 520	1 520	1 520
Napájecí systém(y) [kV] / Frekvence [Hz]	25/50	25/50	3
Maximální rychlost [km/h]	110	110	120
Celková hmotnost [t]	192	288	192
Hmotnost na nápravu [t]	24	24	24
Trvalý výkon [kW]	6 120	9 180	5 920
Hodinový výkon [kW]	6 560	9 840	6 400
Trvalá tažná síla [kN]	423	634	391
Hodinová tažná síla [kN]	464	696	434
Délka přes nárazníky [mm]	35 004	52 506	35 004

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 69
---	------------------	-----------

Tab. 10 Základní technické údaje lokomotiv E5K a EP1M [58]

Typové označení lokomotivy	E5K	EP1M
Uspořádání pojezdu	Bo'Bo'	3x (Bo'Bo')
Rozchod [mm]	1 520	1 520
Napájecí systém(y) [kV] / Frekvence [Hz]	25/50	25/50
Maximální rychlost [km/h]	110	140
Celková hmotnost [t]	100	264
Hmotnost na nápravu [t]	25	22
Trvalý výkon [kW]	3 060	4 400
Hodinový výkon [kW]	3 280	4 700
Trvalá tažná síla [kN]	211,5	210
Hodinová tažná síla [kN]	232	230
Délka přes nárazníky [mm]	19 300	-

5.7.4. Lokomotiva E5K (Э5К)

Nákladní lokomotiva E5K (*Obr.* 41) pro napájecí systém 25 kV 50 Hz s uspořádáním náprav Bo'Bo' je určena k vozbě lehkých a středně těžkých nákladních vlaků, čemuž odpovídá její, na ruské poměry neobvyklé, jednoduché a čtyřnápravové uspořádání. Díky němu chtějí RŽD (Ruské železnice) snížit provozní náklady a spotřebu elektrické energie v případě lehčích nákladních vlaků, které doposud musejí být vedeny výkonnými dvoudílnými lokomotivami, neboť zatím neexistuje vhodnější alternativa [58].

5.7.5. Lokomotiva EP1M

Střídavá elektrická lokomotiva EP1M (*Obr.* 42) je určena pro vozbu osobních vlaků. Lokomotiva je schopná uvést 24 vozový vlak rychlostí 70 km/h na trati se stoupáním devět promile. EP1M je odvozená od EP1.

Výhody EP1M oproti EP1. Nová modulární kabina strojvedoucího vyhovuje bezpečnostním nárokům, hygienickým pravidlům a ergonomickým požadavkům. Je vybavena moderním vnitřním vybavením, panoramatickými skly, klimatizací a automatickou regulací rychlosti (systém je schopný předvolit režim řízení podle poměrů na trati). Asymetrický sběrač (TAS-10-02) pro stálý přívod proudu. EP1M je přizpůsobena bezobslužnému provozu.

Pro přenos sil z podvozku na skříň jsou aplikovány šikmé tyče. Mikroprocesorový řídicí a zabezpečovací systém (ASUB) poskytuje vlaku zabezpečení, automatizaci řízení a diagnostický systém. Lokomotiva není vhodná pro vícečlenný provoz [58].



Obr. 41 Lokomotiva E5K [64]



Obr. 42 Lokomotiva EP1M [64]

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 71
---	------------------	-----------

5.8. UZŽM (Uralskij závod železnodorožnogo mašinostrojenja)

Podnik Uralskij zavod železnodorožnogo mašinostrojenja (UZŽM) vlastní Grupa Sinara, který sídlí ve městě Věrnaja Pryšma ve Sverdlovské oblasti. 1.12.2006 veřejně představili prototyp své nové nákladní lokomotivy řady 2ES6. Lokomotiva nese jméno „Jedinaja Rossija“. Pro podnik, který doposud vyráběl jen svařované ocelové konstrukce to představuje významný krok, neboť jde o první exemplář z nově vyvinuté generace lokomotiv pro RŽD. Vývoj projektu započal podpisem kontraktu s RŽD v říjnu 2004 a jeho platnost se předpokládá do roku 2015. Výraznou podporu při vývoji proto firmě poskytuje Všeruský vědecký a strojírenský institut (VNIKT) v Kolomně, jenž připravil technickou dokumentaci skříně a dalších mechanických komponentů. Samotný UZŽM zodpovídá za vývoj a výrobu většiny prvků elektrické výzbroje [26] [29].

5.8.1. Lokomotiva 2ES6 (2ЭС6)



Obr. 43 Lokomotiva 2ES6 [53]

Elektrická dvoudílná lokomotiva 2ES6 (*Obr. 43*) je určena pro stejnosměrný napájecí systém (3 kV) má uspořádání dvojkolí 2x Bo'Bo', výkon 6400 kW a maximální rychlost 120 km/h. Hmotnost činí 200 tun, délka přes spřáhla 34000 mm, šířka skříně 3680 mm a maximální výška nad temenem kolejnice je 5100 mm. Je vybavena stejnosměrnými trakčními motory a mikroprocesorovým řídicím systémem [24] [26].

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 72
---	------------------	-----------

5.9. TEVZ (Tbilisskij elektrovozostrojitelnyj závod)

Gruzinský TEVZ produkuje elektrické lokomotivy již od roku 1957. Nyní se zabývá vývojem prototypů 6E1 a 8E1. Oba by měly být dokončeny ještě v roce 2008 [17].

5.9.1. Lokomotiva 6E1

Magistrální šestinápravová lokomotiva s uspořádáním náprav Bo'Bo'Bo' pro stejnosměrný napájecí systém 3 kV. Jedná se o dvě varianty těžkých elektrických lokomotiv s progresivní trakční a brzdovou charakteristikou.

První varianta elektrického obvodu sériového buzení trakčních motorů v jízdě a cizího buzení při rekuperačním brzdění, s budícím vinutím napájeným ze statického měniče, je běžně označovaná jako 6E1.

Druhá varianta elektrického obvodu se smíšeným buzením trakčních motorů, které jsou napájeny a regulovány ze statického měniče. Cizí buzení probíhá při rekuperačním brzdění, s budícím vinutím napájeným ze statického měniče. V jízdě při poruše statického měniče, elektrický obvod přepne trakční motory do sériového spojení a elektrická lokomotiva se pohybuje bez stabilizovaného budícího proudu. Tato elektrická lokomotiva je označována jako 6E1c. Další popis obou lokomotiv je shodný.

Jednodílná lokomotiva 6E1 se dvěma stanovišti strojvedoucího, spočívá na třech dvounápravových svařovaných podvozcích prostřednictvím kolébkového závěsu. Přenos tažných a brzdových sil z podvozku na skříň se děje pomocí šikmých tyčí. Brzdovou výstroj tvoří oboustranné brzdové zdrže. Dvojkolí jsou vybavena zařízením odlučujícím zpětné proudy. Ochranné deformační prvky jsou montovány před nárazníky a chrání skříň lokomotivy. Návrh skříně lokomotivy eliminuje možnost proniknutí prachu, sněhu a vody skrze přívod vzduchu či jinými způsoby. Střecha lokomotivy se skládá z několika segmentů a je odnímatelná, pro snadnější přístup do strojovny při opravách. Čelní okna jsou elektricky vytápěna a opatřena stěrači, které jsou poháněny pneumaticky. Lokomotiva je vybavena pneumatickými, automatickými a pomocnými lokomotivními brzdami, dvěma kompresory a pomocným kompresorem pro zvedání pantografů. Nucené větrání zásobuje trakční motory, kompresory, rozjezdové odpory a šuntovací odporníky zeslabeného buzení. Přívod vzduchu pro ventilátory je proveden prostřednictvím dvou radiálních ventilátorů se dvěma výfuky k chlazení trakčních motorů a rozjezdových odporů. Vzduch pro chlazení je brán z předmísící komory skrze labyrintové žaluzie na bočnici. Systém přívodu vzduchu poskytuje dva stupně regulace chladícího vzduchu, kterých se dosahuje přepínáním pohonu ventilátoru ze sériového spojení na paralelní a opačně. Obě kabiny strojvedoucího jsou shodně vybaveny pro jízdu z obou stanovišť. Obsahují nejnovější přístrojový panel s vestavěným kompaktním kontrolérem, ovládací a měřicí prvky, bezpečnostní a signalizační zařízení. Kabina strojvedoucího je vybavena dvěma sedačkami a elektrickým topením [57].

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 73
---	------------------	-----------

5.9.2. Lokomotiva 8E1

Konstrukčně vychází z varianty 6E1. Základní technické parametry jsou v příložené tabulce, další bližší údaje se nepodařilo zjistit [57].

Tab. 11 Základní technické údaje lokomotiv 6E1 a 8E1 [57]

Typové označení lokomotivy	6 E1	8 E1
Uspořádání pojezdu	Bo'Bo'Bo	2x (Bo'Bo')
Rozchod [mm]	1 520	1 520
Napájecí systém [kV]	3	3
Maximální rychlost [km/h]	110	110
Celková hmotnost [t]	138	184
Hmotnost na nápravu [t]	23	23
Trvalý výkon [kW]	4 500	6 000
Hodinový výkon [kW]	4 860	6 480
Trvalá tažná síla [kN]	297,8	397
Hodinová tažná síla [kN]	327,4	436,5
Délka přes nárazníky [mm]	22 500	32 880
Šířka lokomotivy [mm]	3 250	3 160
Průměr kol [mm]	1 250	1 250
Minimální poloměr oblouku [m]	125	125

5.10. DLoco (Dalian locomotive & Roll Stock)

Čínská firma Dalian Locomotive & Roll Stock byla založena roku 1899. Zabývala se výrobou parních, později diesel-elektrických (1964) a od roku 2000 i elektrických lokomotiv [43].

5.10.1. Lokomotiva DJ3 (HXD3)

Elektrická lokomotiva DJ3 (HXD3) (*Obr.* 44), alternativně označovaná SSJ3, je určena pro vozbu těžkých nákladních vlaků na čínských železnicích elektrifikovaných napájecí soustavou 25 kV 50 Hz. .

SKŘÍŇ - Rám lokomotivy je samonosné konstrukce, střecha se skládá ze tří odnímatelných částí pro snadnější přístup do prostoru strojovny. Nárazníky obsahují deformační prvky. Rám může odolávat čelní síle 3400 kN na nárazníky a spřáhlo bez deformace. Nárazníky obsahují několik otvorů a speciální vyztužené části pro uchycení do zvedáků. Hmotnost lokomotivy může být rozdílná 138 nebo 150 tun, podle použití balastu. Laminátové kabiny jsou přilepeny na skříň. Integrovaný sněhový pluh má spodní okraj jen 110 mm nad temenem kolejnice. Okolo spřáhla jsou umístěny celkem čtyři hadice

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 74
---	------------------	-----------

pneumatické brzdy a elektrické zásuvky vícenásobného řízení. Střední chodba spojuje přes strojovnu obě stanoviště, jenž jsou zvukotěsné, tlakotěsné a hlavně klimatizované. Přístupové dveře na stanoviště strojvedoucího a nastavitelná zpětná zrcátka jsou z obou stran kabiny. Bezpečnostní čelní skla jsou elektricky vyhřívána. Sedadlo strojvedoucího je ergonomické, dostatečně vzdálené od pultu s opěrkami rukou a hlavy. Klimatizace či vytápění se může naprogramovat, aby fungovalo i před příchodem strojvedoucího.



Obr. 44 Lokomotiva DJ3 (HXD3) [28]

PODVOZKY - Podvozky jsou celo-svařované konstrukce a skříně na nich spočívá prostřednictvím šroubových pružin. Primární vypružení rovněž sestává z krátkých šroubových pružin. Dvojkolí jsou vedena ojnicemi. Lehké kovové odlitky ložiskových skříní a jejich kryty jsou uzpůsobeny umístění uzemnění náprav a snímače otáček. Tažná síla je na nápravu přenášena tlapově zavěšeným trakčním motorem a přidruženou nápravovou převodovkou. Hnací ústrojí a převodovka tvoří jeden celek, vyráběný firmou Voith (SET-553). Svislý čep zprostředkovává fyzický kontakt mezi podvozkem a skříní, přenáší také tažné a brzdné síly. Hydraulické tlumiče tlumí svislé, příčné i podélné pohyby podvozku. Trakční motory jsou bez rámu, celosvařované konstrukce s ložiskovým štítem rotoru. Výletové otvory ve statoru umožňují chlazení přes axiální kanál. Protože kryt nápravové převodovky má vertikální dělení, je možné rychle vyměnit trakční motor a s minimálními problémy. Chladicí vzduch pro trakční motory je nasáván skrze sérii otvorů a vyfukován dolů

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 75
---	------------------	-----------

na trať. Čtyři vyhřívané písečníky, každý o obsahu 120 kg nad jedním podvozkem, sypou písek na koleje před všechny kola ve směru jízdy. Každá přední a střední náprava podvozku ve směru jízdy má mazání okolků. Vzduchový ventil dávkovače maziva se uvádí v činnost automaticky.

TRAKČNÍ VÝZBROJ - Dva trakční měniče, pro každou nápravu jeden, zahrnují tři čtyřkvadrantové měniče, tři pulzní střídače (každý napájí jeden trakční motor), tři pulzní brzdové odporůvky a jeden měnič, který poskytuje zdroj energie pro pomocné pohony. Všechny měniče pracují na principu IGBT prvků. Ze dvou polopantografů (šířka lyžiny 1250 mm) prochází proud přes skupinu odpojovačů připevněných na střeše, zemnicích spínačů, tlumivky a vakuový hlavní vypínač k primárnímu vinutí trakčního transformátoru, který transformuje napětí 25 kV 50 Hz na 1 450 V. Čtyřkvadrantové měniče jsou napájeny ze sekundárního vinutí. Usměrněný proud prochází přes přímý meziobvod k třem pulzním střídačům, které individuálně napájejí všechny trakční motory a jsou schopny rekuperačního brzdění.

Trakční měniče mají svůj vlastní vodní chladicí okruh. Výkonové stupně těchto okruhů jsou připojeny pomocí oboustranného rychle spojovacího zařízení. Chlazení horké vody pro každý podvozek se uskutečňuje odděleně ve výměníku voda/vzduch. Nemrznoucí kapalina může být přidána k chladivu jako ochrana před zamrznutím a je účinná zvláště při teplotách nižších než -40 °C. Pokud dojde k selhání jednoho měniče nebo trakčního motoru, nastavení obvodů trakce zvládne eventuální odpojení vadných komponentů a výkon lokomotivy se sníží na 83% maximálního výkonu.

Měnič zásobující pomocné pohony především upravuje napětí a kolísající frekvenci na horní limitní hodnoty 380 V a 50 Hz. Pomocné pohony napájí motory chladicího systému podle proudových požadavků při nejnižší možné frekvenci či výkonu, aby se minimalizovala hladina hluku a spotřeba elektrické energie.

Jednofázový trakční transformátor pro napětí 25 kV 50 Hz má dva odlehčovací ventily, které jsou též vybaveny dvěma čerpadly pro chladicí okruh. Kapalina je chlazena ve dvou oddělených prvcích. Oba tyto chladiče jsou umístěny uvnitř strojovny a zahrnují výměník kapalina/vzduch situovaný pod sadu větráků. Nahoře nad chladiči je expanzní nádoba sdílená společně transformátorem a chladivem. Trakční transformátor je chráněn pomocí Buchholzova relé, které je umístěno v potrubí mezi transformátorem a expanzní nádobou, kde je teplotní čidlo sledující teplotu kapaliny.

BRZDOVÁ VÝSTROJ - Lokomotiva je vybavena elektrodynamickou brzdou s rekuperačí a elektropneumaticky ovládanou samočinnou brzdou Knorr, přímočinná brzda je řízena elektricky. Stejně tak účinné je rychlé vyprázdnění hlavního potrubí pomocí

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 76
---	------------------	-----------

bezpečnostní záklopy umístěné na obou stanovištích. Mechanické třecí diskové brzdy připevněné přímo na kolech jsou zesponu přístupné a snadno vyměnitelné.

Stlačený vzduch je v jímce o kapacitě 500 litrů, která je umístěna ve strojovně. Jímka může být v případě potřeby otevřena ručním ventilem a zbavena kondenzátu.

DIAGNOSTICKÝ A ŘÍDÍCÍ SYSTÉM - Všechny řídicí funkce jsou vykonávány mikroprocesorovým systémem s 32-bitovým počítačem. Srdcem řídicího systému lokomotivy jsou dva počítače. Různé komponenty lokomotivy připojené na sběrnici dat jsou spojeny se síťovým rozhraním schopným vícečlenného řízení. Diagnostický systém umožňuje různé funkce. Zaprvé, posílá varovné zprávy strojvedoucímu o chybách a poruchách. Pokud nastane významnější selhání, poskytne sdělení jak může být eliminováno, vyřešeno nebo obejito. Identifikuje též chyby v elektrickém systému vyžadující péči obsluhy na stanovišti strojvedoucího nebo v depu. Shromažďuje také informace o chybách a poruchových stavech a sleduje výstupy v paměti počítače spolu s informacemi, kdy a kde se porucha přihodila případně jaké ošetření bylo vyžadováno při poslední opravě. Teoretická spolehlivost lokomotivy je 97%. Na lokomotivě je užíván čínský systém automatického vedení vlaku KJ-2000 [28].

Tab. 12 Základní technické údaje lokomotivy DJ3 (HXD3) [28]

Výrobní označení	DJ3
Uspořádání náprav	Co'Co'
Rozchod [mm]	1 435
Napájecí systém(y) [kV] / Frekvence [Hz]	25/50
Maximální rychlost [km/h]	120
Celková hmotnost [t]	138/150
Hmotnost na nápravu [t]	23/25
Trvalý výkon [kW]	7 200
Trvalá tažná síla při rozjezdu [kN]	520/570
Délka přes nárazníky [mm]	20 846
Vzdálenost otočných čepů [mm]	10 520
Rozvor podvozků [mm]	2 250 + 2 000
Průměr kol (nové/opotřebené) [mm]	1 250/1 150
Šířka lokomotivy [mm]	3 100
Výška lokomotivy nad TK [mm]	4 775
Minimální poloměr oblouku [m]	125
Maximální brzdná síla EDB [kN]	370/400
Výkon EDB [kW]	7 200

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 77
---	------------------	-----------

5.11. Daltong Electric Locomotive Copany

Čínská společnost byla založena roku 1954 a zabývala se nejprve výrobou parních lokomotiv (až do roku 1988). Poté začala vyrábět diesellové a elektrické lokomotivy. Roku 1992 odstartoval úspěšný projekt lokomotiv SS7, který dodnes stále pokračuje pod označením SS7E. DLoco se nyní zabývá ve spolupráci s firmou Alstom výrobou elektrických lokomotiv DJ4-6 (HXD2) [42].

5.11.1. Lokomotiva SS7E



Obr. 45 Lokomotiva SS7E [42]

Série univerzálních lokomotiv SS7 (*Obr. 45*) se zrodila jako klíčový projekt na počátku devadesátých let. Na základě úspěšných zkušeností bylo při konstrukci přijato mnoho světových progresivních technologií. Lokomotivu charakterizuje menší opotřebení okolku, lehčí nápravové zatížení, lepší chodové vlastnosti v ostrých obloucích, rychlejší akcelerace a jednoduchá údržba. Základní parametry lokomotivy SS7E: napájecí systém 25 kV 50 Hz, výkon 4800 kW, trvalá tažná síla 171 kN, tažná síla při rozjezdu 245 kN, maximální rychlost 170 km/h, délka přes spřáhla 22 016 mm a nejmenší poloměr oblouku 125 metrů..Uspořádání pojezdu řady SS7 je u sérií B, C a D Bo'Bo'Bo', ale u série SS7E je Co'Co'. Hmotnost na nápravu je stejná u všech sérií (21 tun na nápravu), kromě série B (25 tun na nápravu).

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 78
---	------------------	-----------

Hlavním trakčním obvodem je třífázově řízený spínací můstek. Pomocný měnič tvoří IGBT prvky. Řízení lokomotivy je uskutečňováno pomocí mikropočítače. Podvozek je opatřen pohonem dutým hřídelem s jednostranným ozubením. Výkonná přídavná brzda umožňuje vyvinout velkou brzdnou sílu i při nízkých rychlostech [42].

5.12. ZELW (Zhuzhou Electric Locomotive Works)

Další čínská firma Zhuzhou Electric Locomotive Company byla založena roku 1936 a vyráběla části elektrických lokomotiv. V současnosti se zabývá nejen výrobou lokomotiv, ale také samostatných konstrukčních částí (např. trakční motory, podvozky či transformátory) [51].

5.12.1. Lokomotiva Ozbekiston



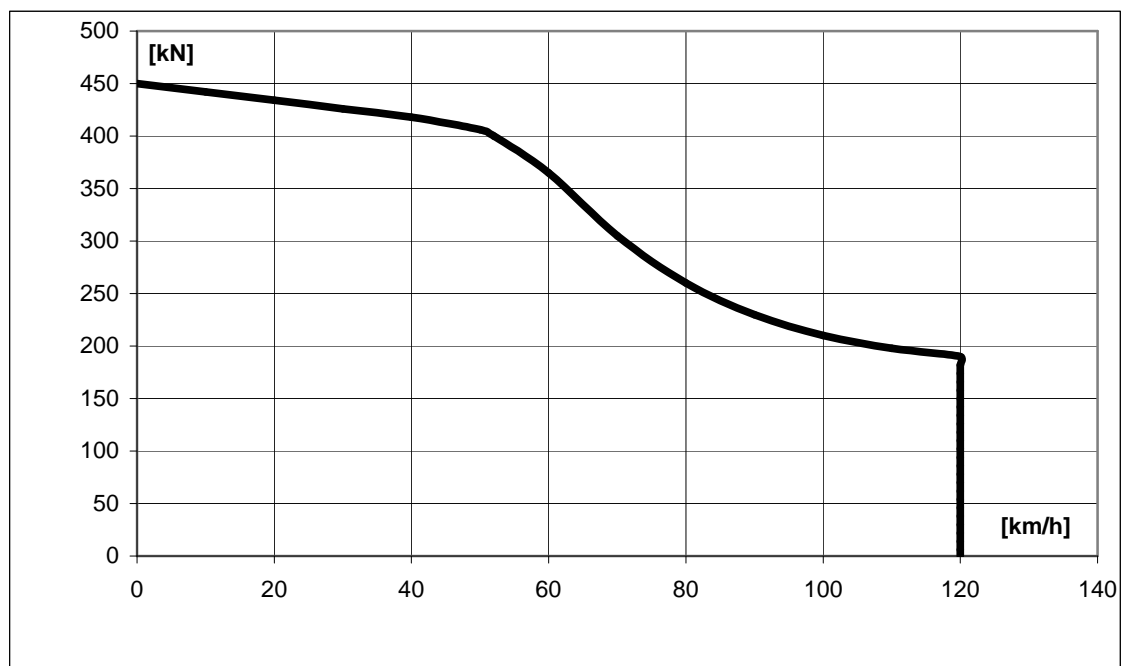
Obr. 46 Lokomotiva Ozbekiston [51]

Elektrické lokomotivy Ozbekiston (*Obr. 46*) pro jednofázovou napájecí soustavu 25 kV 50 Hz mají tři dvounápravové podvozky s individuálním pohonem dvojkolí asynchronními trakčními motory o celkovém výkonu 6000 kW a maximální rychlosti 120 km/h. Zvýšená potřeba chlazení všech výkonových prvků je nutná při převažujícím charakteru provozu v horkých klimatických podmínkách. Robustní lokomotivní skříň spočívá na podvozcích

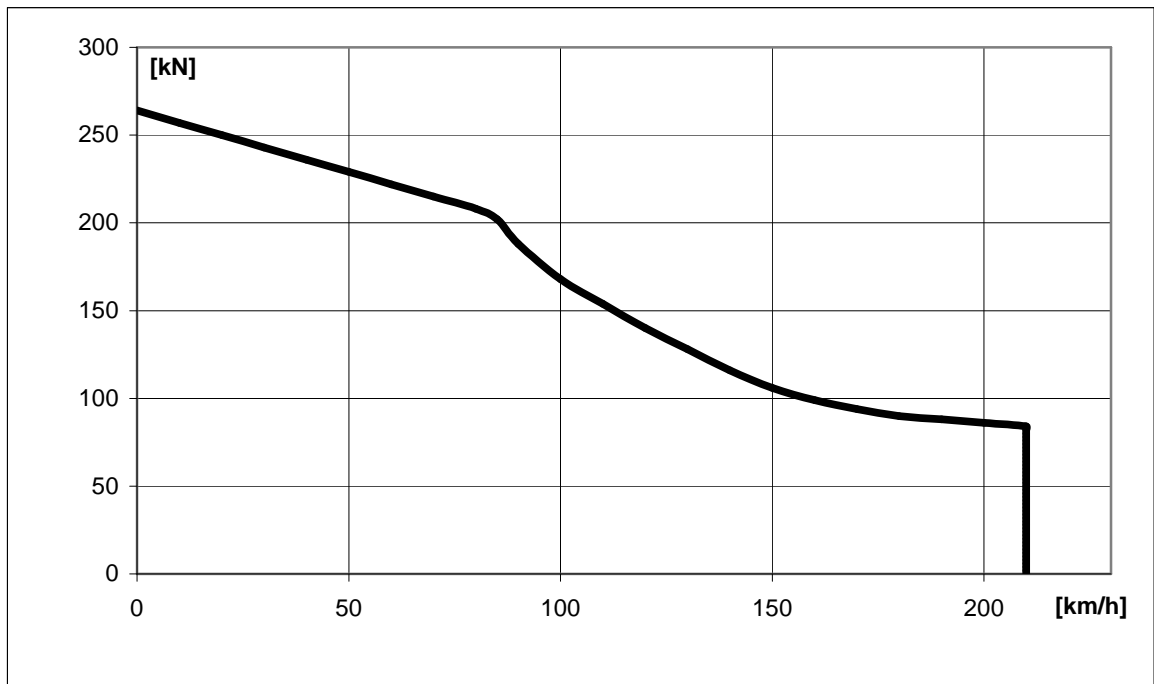
UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 79
---	------------------	-----------

prostřednictvím sad vždy tří vinutých pružin v uspořádání flexi-coil, doplněných jedním hydraulickým tlumičem.

Elektrická výzbroj včetně řídicího systému pochází od firmy Siemens, která zajišťovala také podporu při instalaci těchto komponentů a oživování lokomotiv. Použito zde bylo osvědčených dílů z dvoudílných lokomotiv řady DJ1 Čínských železnic. Silové obvody jsou založeny na technice vodou chlazených prvků GTO, naopak měniče pomocných pohonů jsou chlazeny vzduchem a osazeny prvky IGBT. Vozidlo je vybaveno dvěma šroubovitými hlavními kompresory a pomocným pístovým kompresorem (pro zdvihání sběračů apod.) Trakční transformátor má vodní chlazení trafo oleje s výměníkem tepla, jenž je intenzivně ofukován filtrovaným vzduchem. Ten je nasáván dvěma střešními ventilátory a určen i pro chlazení trakčních motorů. Další vzduch je nasáván pro chlazení pomocných pohonů a elektrických zařízení mřížkami ve zkosené části bočnice pod střechou [32] [51].



Obr. 47 Trakční charakteristika lokomotivy Uzbekistan [51]



Obr. 48 Trakční charakteristika lokomotivy KZ4A [51]

Tab. 13 Základní technické údaje lokomotiv Ozbekiston a KZ4A [51]

Výrobní označení	Ozbekiston	KZ4A
Uspořádání náprav	Bo'Bo'Bo'	Bo'Bo'
Rozchod [mm]	1520	1520
Napájecí systém(y) [kV] / Frekvence [Hz]	25/50	25/50
Maximální rychlost [km/h]	120	210
Celková hmotnost [t]	138	85
Hmotnost na nápravu [t]	23	20,5
Trvalý výkon [kW]	6 000	4 800
Trvalá tažná síla [kN]	410	206
Tažná síla při rozjezdu [kN]	450	264
Délka přes nárazníky [mm]	22 730	20 032
Vzdálenost otočných čepů [mm]	7 200	13 550
Rozvor podvozků [mm]	2 800	2 900
Průměr kol (nové/opotřebené) [mm]	1 250/ 1 210	1 250/ 1 210
Šířka lokomotivy [mm]	3 100	3100
Výška lokomotivy nad TK [mm]	-	4640
Maximální brzdná síla EDB [kN]	285	200
Výkon EDB [kW]	5 400	4 490

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 81
---	------------------	-----------

5.12.2. Lokomotiva KZ4A



Obr. 49 Lokomotiva KZ4A 0003 [51]

KZ4A (*Obr. 49*) je elektrická lokomotiva určena pro osobní dopravu na střídavém napájecím systému 25 kV 50 Hz. Výroba a vývoj probíhá jen pro potřeby kazachstánských železnic. Lokomotiva zahrnuje poslední užité technologie, jako je vyspělý počítačový řídicí systém, GTO měniče chlazené vodou, nezávislá ventilace, vedení dvojkolí kyvným ramenem či sdružená elektrická a vzduchová brzda. Venkovní design lokomotivy je zaoblený, elegantní, barevný a moderní [51].

5.13. Stadler Winterthur

Firma Stadler Winterthur AG (dříve WINPRO AG), jako nástupce SLM (Schweizerischen Lokomotiv und Maschinenfabrik) má víc než 130 let know how v oblasti železničních vozidel. Stadler Winterthur se zaměřuje především na výrobu diesellových lokomotiv.

5.13.1. Lokomotiva Ee 922

Na konci roku 2007 si švýcarské dráhy SBB objednaly 21 nových posunovacích lokomotiv s řadovým označením Ee 922 (*Obr. 50*) a budou vyráběny v pobočce ve Winterthuru a první by měly být dodány v červenci 2009. Lokomotivy by měly mít

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 82
---	------------------	-----------

uspořádání dvojkolí Bo, určené pro dvě střídavé napájecí soustavy 15 kV 16,7 Hz. Délka přes spřáhla by měla činit 8360 mm a rozvor 4000 mm, služební hmotnost 40 t a třífázové asynchronní motory o celkovém výkonu 750 kW, respektive 600 kW trvalého výkonu. Maximální rychlost lokomotivy 100 km/h a tažná/brzdná síla maximálně 120 kN. K dispozici by měla být též elektrodynamická brzda s rekuperací [30] [36].



Obr. 50 Lokomotiva Ee 922 [36]

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 83
---	------------------	-----------

6. Porovnání jednotlivých lokomotiv

Současně vyráběné elektrické lokomotivy jsou porovnávány z hlediska výkonu, maximální rychlosti, hmotnosti a tažné síly. Grafický přehled je zpracován v příloze (6 ÷ 9) a má spíše informativní charakter, neboť jsou vždy uváděny maximální zjištěné hodnoty, protože u některých řad se liší maximální rychlost či výkon podle užitého napájecího systému. Údaje o hmotnostech jsou v případě vícedílných lokomotiv uváděny dohromady za všechny díly, případně u lokomotiv s možnou aplikací balastu je uvedena hodnota včetně. Při porovnání velikostí tažných sil je brána v úvahu trvalá hodnota, v případech kdy tato není známa, je uváděna tažná síla při rozjezdu. Právě kvůli těmto odlišnostem a celkové přesnosti zjištěných údajů je připojena tabulka s vysvětlivkami v příloze (10).

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 84
---	------------------	-----------

7. Závěr

I v dnešní době má výroba nových elektrických lokomotiv stále své opodstatnění, obzvláště pro potřeby nákladní dopravy. Osobní doprava se dnes stává spíše doménou elektrických jednotek, ale i přesto mají elektrické lokomotivy svůj podíl na těchto výkonech. Vždyť nejrychlejší lokomotiva ES 64 U4 dosáhla rychlosti až 357 km/h. U většiny firem vyrábějících nové elektrické lokomotivy převládá koncepce modulárního pojetí konstrukce lokomotiv, tzn. je možné vyrobit lokomotivu přesně podle přání zákazníka. Ani případné bariéry v podobě různých napájecích systémů, zabezpečovacího zařízení či dalších specifik zákazníka, nejsou pro renomované firmy problémem. Zvláště v Evropě je dnes nutné vyrábět vozidla splňující podmínky interoperability. V zemích bývalého sovětského bloku má výroba nových lokomotiv spíš rozměr razantní obnovy zastaralého parku hnacích kolejových vozidel.

Z historického přehledu elektrických lokomotiv ČSD vyplývá jedna nepříjemná skutečnost. Poslední nová elektrická lokomotiva byla ČSD předána v roce 1991. Celých 17 let nebyla dodána žádná nová, takže park elektrických lokomotiv nástupnických organizací ČSD je velice zastaralý. Obzvláště patrné je to u lokomotiv střídavé trakce. V nejbližší budoucnosti by situaci u ČD měla vylepšit předpokládaná dodávka 20 ks lokomotiv 109 E (380 ČD) ze Škody Transportation.

Současně používané trendy vedení dvojkolí elektrických lokomotiv se omezují na použití ojnicek případně ojnice s flexi-coil pružinou. Jen výjimečně se jedná o řešení jiná. V konstrukci pohonu převládá dutý hřídel objímající nápravu či kloubový dutý hřídel objímajícím nápravu. Na elektrických lokomotivách určených zejména pro nižší rychlosti je s úspěchem používán pohon tlapově zavěšeným asynchronním trakčním motorem

Ze srovnání sledovaných parametrů vyplývá, že dnes se vyrábějí elektrické lokomotivy s výkonem kolem 6000 kW a hmotností do 100 tun, pokud se tedy nejedná o vícedílné lokomotivy. Maximální rychlost se u lokomotiv určených primárně pro nákladní dopravu pohybuje mezi 100 ÷ 140 km/h a u lokomotiv osobních nebo univerzálních 160 ÷ 230 km/h.

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 85
---	------------------	-----------

8. Seznam použité literatury

- [1] BAUR, K.G. *Taurus – Lokomotivek für Europa*. Freiburg: EK-Verlag GmbH, 2003, 192 s. ISBN 3-88255-182-8
- [2] BEK, J. a kol. *Elektrické lokomotivy*. Praha: NADAS, 1976. 466 s.
- [3] DANZER, J. *Elektrická trakce I*. Plzeň: ZČU v Plzni, 2000. 198 s. ISBN 80-7082-633-9
- [4] KOLEKTIV AUT. *75 let vývoje a výroby elektrických lokomotiv ŠKODA*. Plzeň: ŠKODA, 2002. 168 s.
- [5] KOSCHINSKI, K. *Taurus & Herkules*. Fühstfeldbruck: Eisenbahn JOURNAL, 2003, 98 s. ISBN 3-89610-108-0
- [6] LATA, M. *Konstrukce kolejových vozidel II*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004. 206 s. ISBN 80-7194-696-6.
- [7] PALÍK, F.; CVRK, J. *Jednofázové elektrické lokomotivy S 499.0 a S 499.1*. Praha: NADAS, 1971. 154 s.
- [8] PERNIČKA, J. *Elektrické lokomotivy ČD a ŽSR*. Zlín: Modellbahnpresse s.r.o., 2000, 104 s.
- [9] POHL, R.; NOVOTNÝ, C. *Železniční vozidla I*. Praha: ČVUT, 2002. 288 s. ISBN 80-01-02622-1.
- [10] POHL, R.; NOVOTNÝ, C. *Železniční vozidla II*. Praha: ČVUT Praha, 2003. 360 s. ISBN 80-01-02690-6.
- [11] ŠRÁMEK M. *Encyklopedie železnice – elektrické lokomotivy ČSD [1]*. Praha: Nakladatelství CORONA, 2005. 220 s. ISBN 80-86116-07-5
- [12] ŠRÁMEK M.; SKÁLA B. *Malý atlas lokomotiv 2007*. Praha: Gradis Bohemia s.r.o., 2006. 352 s. ISBN 80-86925-02-1
- [13] RAAB I. *Elektrické lokomotivy E499.0*. Praha: Nakladatelství CORONA, 2004. 188 s. ISBN 80-86116-03-4
- [14] KOČIČKA P.; BLAŽEK F. *Praktická typografie*. Brno: Computer Press, a.s., 2004. 294 s. ISBN 80-7226-385-4
- [15] ALSTOM, *První PRIMA pro Čínu*. Železniční magazín, 2006, roč. 2006, č. 11, s.12.

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 86
---	------------------	-----------

- [16] ČÁP, Jaroslav; SELLNER Karel, *Technické a ekonomické aspekty výkonných elektrických lokomotiv pro dopravu typu Cargo*. Nová železniční technika 2007, roč. 2007, č. 2, s. 6-11. ISSN 1210-3942
- [17] ELEKTROVOZOSTROJITĚL, *Nové elektrické lokomotivy z Gruzie*. Železniční magazín 2007, roč. 2007, č. 10, s. 10.
- [18] HRUDKA, Zdeněk, *Interoperabilita evropských elektrických lokomotiv*. Nová železniční technika 2007, roč. 2007, č. 4, s. 11-15. ISSN 1210-3942
- [19] KADERÁVEK, Petr; PERNIČKA, Jaromír, *Lokomotivy 185 DB*. Železniční magazín 2001, roč. 2001, č. 6, s. 24-25.
- [20] LECLEIRE, Gérard, *Lokomotivy PRIMA pro Srdce Francie*. Železniční magazín, 2006, roč. 2006, č. 9, s. 20.
- [21] MEIL, *China Locomotive aus Frankreich*. Eisenbahn-Revue International 2006, roč. 2006, č. 12, s. 620. ISSN 1421-2811
- [22] PERNIČKA, Jaromír, *„United Colours“ of Belfort*. Železniční magazín, 2007, roč. 2007, č. 2, s. 23-27.
- [23] PERNIČKA, Jaromír, *Lokomotivy řady 1216 ÖBB*. Železniční magazín, 2004, roč. 2004, č. 5, s. 20-29.
- [24] PERNIČKA, Jaromír, *Nová řada 2ES6 pro RŽD*. Železniční magazín 2007, roč. 2007, č. 5, s. 12.
- [25] PERNIČKA, Jaromír, *Novinky z NEVZu*. Železniční magazín 2007, roč. 2007, č. 7, s. 33.
- [26] PERNIČKA, Jaromír, *Zakázky na nové sériové lokomotivy 2ES6*. Železniční magazín, 2007, roč. 2007, č. 8, s. 8.
- [27] PERNIČKA, Jaromír, *Пносеуенне НЭВЗ (Нávštěva NEVZu)*. Železniční magazín, 2006, roč. 2006, č. 8, s. 18-23.
- [28] SABÁK, Jakub, PERNIČKA, Jaromír, *China's New Co' Co' Electrics*. Railvolution 2007, roč. 2007, č. 2, s. 36-38.
- [29] SAVIN, Dmitrij; PERNIČKA, Jaromír, *EXPO 1520*. Železniční magazín 2007, roč. 2007, č. 10, s. 20-21.

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 87
---	------------------	-----------

- [30] STADLER, *Nové posunovací lokomotivy pro SSB*. Železniční magazín 2008, roč. 2008, č. 2, s. 8.
- [31] ŠPALEK, Petr, *Nové lokomotivy pro České dráhy*. Železniční magazín, 2004, roč. 2004, č. 5, s. 16 – 19.
- [32] VALENT, Ivo, *Ozbekiston*. Železniční magazín 2005., roč. 2005, č. 8, s. 20.
- [33] VALENT, Ivo, *Новый электровоз ЭП2К для РЖД (Nová elektrická lokomotiva EP2K pro RŽD)*, *Novinky z NEVZu*. Železniční magazín, 2006, roč. 2006, č. 6, s. 27-28.
- [34] VALENT, Ivo; PERNIČKA, Jaromír, *Lokomotivy TRAXX 140 AC2*. Železniční magazín 2005, roč. 2005, č. 2, s. 16-20.
- [35] VALENT, Ivo; PERNIČKA, Jaromír, *Электровоз 2ЭС5К РЖД – “Ермак” (Elektrické lokomotivy 2ES5K RŽD – “Jermak”)*. Železniční magazín 2005, roč. 2005, č. 12, s. 22-23.
- [36] HAAG, Matthias, *Ee 922 - Nová generace posunovacích lokomotiv pro SBB-CFF-FFS* [on-line]. c2008, poslední revize 18.5.2008 [cit. 2008-05-14]. Dostupné z: <http://spz.logout.cz/novinky/novinky.php?poradi=1014>
- [37] KONEČNÝ, Jiří, *Zkoušky nové vícesystémové lokomotivy řady E 403* [on-line]. c2008, poslední revize 18.5.2008 [cit. 2008-05-14]. Dostupné z: <http://spz.logout.cz/novinky/novinky.php?poradi=863>
- [38] *Lokomotiva 109 E – Neoficiální stránky o univerzálních třísystémových lokomotivách* [on-line].c2008, poslední revize 4.5.2008 [cit. 2008-01-21]. Dostupné z: <http://109-e.wgz.cz/>
- [39] MAJ, Jan – POHL, Jiří. *Odborné semináře Czech Raildays 2005 - Aspekty vývoje železničních kolejových vozidel* – c2005, poslední revize 4.5.2008 [cit. 2005-07-08]. Dostupné z: *Elektrické lokomotivy Siemens ES 64 U4* [on-line]. http://www.railvolution.net/czechraildays/craildays5/seminare/v_6.pdf
- [40] *MANITAS* [on-line]. c2008, poslední revize 18.5.2008 [cit. 2008-05-08]. Dostupné z: <http://manitasdelplata.blogspot.com/2008/03/imagens-da-le-4700-montada.html>
- [41] *Métro-pole* [on-line]. c1998-2008, poslední revize 18.5.2008 [cit. 2008-05-13]. Dostupné z: http://www.metro-pole.net/actu/IMG/jpg/BB827301_003.jpg

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 88
---	------------------	-----------

- [42] *Oficiální stránka Dalton Electric Locomotive* [on-line]. c2008, poslední revize 18.5.2008 [cit. 2008-05-13].
Dostupné z: <http://www.dtloco.com/Lists/English/mainpage/tcenglish/tcenglish.aspx>
- [43] *Oficiální stránky DLoco (Dalian locomotive & Roll Stock)* [on-line]. c2003, poslední revize 18.5.2008 [cit. 2008-05-14]. Dostupné z: <http://www.dloco.com/indexe.asp>
- [44] *Oficiální stránky firmy Alstom* [on-line]. c2008, poslední revize 6.5.2008 [cit. 2008-04-30]. Dostupné z: <http://www.transport.alstom.com/home/>
- [45] *Oficiální stránky firmy AnsaldoBreda* [on-line]. c2008, poslední revize 18.5.2008 [cit. 2008-05-12]. Dostupné z: http://www.ansaldobreda.it/home2_eng.asp
- [46] *Oficiální stránky firmy Bombardier* [on-line]. c1997-2008, poslední revize 4.5.2008 [cit. 2008-04-28]. Dostupné z: <http://bombardier.com/>
- [47] *Oficiální stránky firmy MRCE Dispolok GmbH* [on-line]. c2001, poslední revize 4.5.2008 [cit. 2008-03-13]. Dostupné z: <http://www.dispolok.com/>
- [48] *Oficiální stránky firmy Siemens – Mobility* [on-line]. c2007, poslední revize 18.5.2008 [cit. 2007-11-19]. Dostupné z:
<http://www.transportation.siemens.com/ts/en/pub/products/lm/services/platforms/europrinter.htm>
- [49] *Oficiální stránky firmy ŠKODA TRANSPORTATION s.r.o.* [on-line]. c2008, poslední revize 4.5.2008 [cit. 2008-05-01]. Dostupné z: <http://www.skoda.cz/transportation>
- [50] *Oficiální stránky SNCF: Transilien SNCF présente sa nouvelle locomotive* [on-line]. c2008, poslední revize 18.5.2008 [cit. 2008-03-03]. Dostupné z: <http://www.entreprise-sncf.com/index.html>
- [51] *Oficiální stránky Zhuzhou Electric Locomotive CO., LTD.* [on-line]. c2003, poslední revize 18.5.2008 [cit. 2008-05-01]. Dostupné z:
<http://www.gofront.com/english/cpjs/product.htm>
- [52] *Parovoz* [on-line]. c2008, poslední revize 18.5.2008 [cit. 2008-05-16]. Dostupné z:
http://www.parovoz.com/newgallery/pg_view.php?ID=99250&LNG=EN
- [53] *Railclub.ru: Новые локомотивы 2ЭС6 и ТГМ6Д (Nové lokomotivy 2ES6 z UZŽM)* [on-line]. c2004-2007, poslední revize 4.5.2008 [cit. 2007-09-07]. Dostupné z:
<http://www.railclub.ru/news/19.html>

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 89
---	------------------	-----------

- [54] RAILCOLOR modern locomotive power!: *CP LE4700 series* [on-line]. c2008, poslední revize 18.5.2008 [cit.2008-05-12]. Dostupné z:
<http://www.railcolor.net/index.php?nav=1405005&lang=1>
- [55] RAILWAY TECHNOLOGY Cours de Techniques Ferroviaires: China Railways HXD1 series [on-line]. c2008, poslední revize 18.5.2008 [cit.2008-05-12]. Dostupné z:
<https://documents.epfl.ch/users/a/al/allenbac/www/HXD1.htm>
- [56] ŠPALEK, Petr. *Odborné semináře Czech Raildays 2005 - Aspekty vývoje železničních kolejových vozidel – Elektrická třísystémová lokomotiva řady 380 pro ČD* [on-line]. c2005, poslední revize 4.5.2008 [cit. 2005-07-08]. Dostupné z:
http://www.railvolution.net/czechraildays/craildays5/seminare/v_5.pdf
- [57] TEVZ: *Katalog elektrických lokomotiv* [on-line]. c2007, poslední revize 4.5.2008 [cit. 2008-02-27]. Dostupné z: <http://www.tevz.com/en/catalogue/locomotives/>
- [58] Transmashholding: *Katalog produktů Transmashholdingu* [on-line]. c2004-2007, poslední revize 4.5.2008 [cit. 2008-04-27]. Dostupné z:
<http://eng.tmholding.ru/work/catalog#>
- [59] *Trenomania fotogallery* [on-line]. c2008, poslední revize 18.5.2008 [cit. 2008-05-16]. Dostupné z: <http://www.trenomania.org/fotogallery/>
- [60] *Wikimedia Foundation* [on-line]. c2008, poslední revize 18.5.2008 [cit. 2008-05-13]. Dostupné z:
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d1/Fret_SNCF_437023.JPG
- [61] Wikipedia: *Bombardier Traxx* [on-line]. c2008, poslední revize 6.5.2008 [cit. 2008-05-04]. Dostupné z: http://de.wikipedia.org/wiki/Bombardier_Traxx
- [62] Wikipedia: *EuroSprinter* [on-line]. c2002-2007, poslední revize 4.5.2008 [cit. 2008-04-07]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/EuroSprinter>
- [63] WITTSIPE, Wolfram. *Drehstormloks.de* [on-line]. c2001-2007, poslední revize 4.5.2008 [cit. 2006-01-06]. Dostupné z: <http://www.br146.de/indexk.htm>
- [64] *WWW.TRAIN-PHOTO.RU* [on-line]. c2002-2008, poslední revize 4.5.2008 [cit. 2008-04-21]. Dostupné z: <http://www.train-photo.ru/>

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Strana 90
---	------------------	-----------

9. Seznam příloh

- Příloha 1** Seznam lokomotiv ČSD (část 1)
- Příloha 2** Seznam lokomotiv ČSD (část 2)
- Příloha 3** Seznam lokomotiv ČSD (část 3)
- Příloha 4** Seznam lokomotiv ČSD (část 4)
- Příloha 5** Vysvětlivky k přílohám (1 ÷ 4)
- Příloha 6** Porovnání maximálních rychlostí elektrických lokomotiv
- Příloha 7** Porovnání hmotností elektrických lokomotiv
- Příloha 8** Porovnání trvalých výkonů elektrických lokomotiv
- Příloha 9** Porovnání tažných sil elektrických lokomotiv
- Příloha 10** Celkový přehled porovnávaných údajů

Přílohy

Příloha 1 Seznam lokomotiv ČSD (část 1)

Označení ČSD		Výrobce	Označení	Rok výroby	Počet kusů	Napětí [kV] (frkvence)	Uspořádání dvojkolí	Max. V [km/h]	Výkon [kW]	Tažná síla [kN]
Nové	Původní									
-	E200.0	Ringhoffer	-	1911	1	1,2	Bo	14	33	-
-	E225.0	Křižík *13	-	1927	1	2x1,5	Bo	50	288	-
-	E407.001	Křižík *14	9 ELo 1 *15	1926	1	0,44 [A]	Bo' Bo'	35	208 *16	64,7 *16
-	E407.002	ČKD	-	1929	1	0,44 [A]	Bo' Bo'	30	156	156
-	E416.0	ŠKODA	5 ELo 2-4	1943 ÷ 1949	12	0,44 [A]	Bo' Bo'	40	180	16,9
-	E417.0	ŠKODA	5 ELo 1	1930	2	0,44 [A]	Bo' Bo'	40	180	14,8
-	E423.0	ŠKODA	3 ELo 1	1927 ÷ 1928	2	1,5	Bo' Bo'	50	624	61
-	E424.0	ŠKODA	2 ELo 1	1928	2	1,5	B + B	50	540	52,5
-	E424.1	Siemens*14	-	1927	2	1,5	Bo' Bo'	50	434	39
-	E436.0	ČKD	-	1927 ÷ 1928	4	1,5	Bo' Bo'	60	806	81
	E465.0	Křižík *14	-	1927	2	1,5	1' Do 1'	90	1242	61,3
-	E466.0	ŠKODA	1 ELo 1	1927	3	1,5	(1Ao)' Bo' (1Ao1)'	90	1080	63
-	E466.1	ČKD	-	1928	1	1,5	Bo' Bo'	90	806	56
-	E467.0	ŠKODA	4 ELo 1	1930	2	1,5	(1Ao)' Bo' (1Ao1)'	90	1080	63
-	E666.0	Breda	-	1931	3	1,5	Bo' Bo' Bo'	95	1920	116
100	E422.0	ŠKODA	15 E 1	1956 ÷ 1957	4	1,5	Bo' Bo'	50	360	140
110	E458.0	ŠKODA	33 E 0, 1	1971 ÷ 1973	52	3	Bo' Bo'	80	800	160
111	E458.1	ŠKODA	78 E 1	1981 ÷ 1982	35	3	Bo' Bo'	80	760	186
112	E457.0	ŠKODA	78 E 0	1979	1	3	Bo' Bo'	80	760	186
113	E426.0	ŠKODA	33 E 2	1973	6	1,5	Bo' Bo'	50	400	160
114.5	-	ŠKODA	90 E 0, 1 *19	1996 ÷ 2000	4	3	Bo' Bo'	100	1600	180
121	E469.1	ŠKODA	43 E 1	1960 ÷ 1961	85	3	Bo' Bo'	90	2032	234
122	E469.2	ŠKODA	57 E 1	1967	55	3	Bo' Bo'	90	2040	224
123	E469-3	ŠKODA	57 E 2	1971	29	3	Bo' Bo'	90	2040	224
124.601	E469.3030	ŠKODA	57 Er	1971	1	3	Bo' Bo'	200 *2	2472	120
125.8	E469.5	ŠKODA	67 E 1	1975	22 *3	3	Bo' Bo'	90	4080	350
130	E479.0	ŠKODA	79 E1	1977	40	3	Bo' Bo'	100	2040	228

Příloha 2 Seznam lokomotiv ČSD (část 2)

Označení ČSD		Výrobce	Označení	Rok výroby	Počet kusů	Napětí [kV] (frkvence)	Uspořádání dvojkolí	Max. V [km/h]	Výkon [kW]	Tažná síla [kN]
Nové	Původní									
131	E479.1	ŠKODA	58 E 1,2	1980 ÷ 1982	50 *4	3	Bo' Bo'	100	4480	350
140	E499.0	ŠKODA	12 E 1 ÷ 6	1953 ÷ 1958	100	3	Bo' Bo'	120	2032	212
141	E499.101	ŠKODA	20 E 1	1957	1	3	Bo' Bo'	120	2032	225
141	E499.1	ŠKODA	30 E 1,2	1959 ÷ 1960	60	3	Bo' Bo'	120	2032	225
150/151	E499.2	ŠKODA	65 E 1	1978	27	3	Bo' Bo'	140/160	4000	227
162	-	ŠKODA	98 E 1	1991	60	3	Bo' Bo'	140	3480	258
163	E499.3	ŠKODA	71 E 1 ÷ 3	1984 ÷ 1986	60	3	Bo' Bo'	120	3480	285
163	-	ŠKODA	99 E 1	1991 ÷ 1992	60	3	Bo' Bo'	120	3480	300
169.001	-	ŠKODA	85 E 0 *18	1987	1	3	Bo' Bo'	120	3200 *7	225
180	E669.0	ŠKODA	23 E 1	1958	2	3	Co' Co'	90	3048 *8	345
181	E669.1	ŠKODA	31 E 1,2	1961 ÷ 1962	150	3	Co' Co'	90	2610 *9	345
182	E669.2	ŠKODA	59 E 1 ÷ 3	1963 ÷ 1965	168	3	Co' Co'	90	2790	345
183	E669.3	ŠKODA	61 E 1	1971	43	3	Co' Co'	90	2790	345
184.5	-	ŠKODA	93 E 0, 1 *19	1994 ÷ 1998	4	3	Bo' Bo' Bo'	95	5220	575
209.001	-	ŠKODA	51 Em	1990 (reko)	1	25 (50)	Bo' Bo'	80	960	212,8
210	S458.0	ŠKODA	51 E 0 ÷ 3	1972 ÷ 1983	73	25 (50)	Bo' Bo'	80	880	164
230	S489.0	ŠKODA	47 E 1 ÷ 3	1966 ÷ 1967	110	25 (50)	Bo' Bo'	110	3080	320
240	S499.0	ŠKODA	47 E 4, 5	1968 ÷ 1969	120	25 (50)	Bo' Bo'	120	3080	255
240	S449.1	ŠKODA	47 E 6	1970	25	25 (50)	Bo' Bo'	140	3080	210
242	S499.02	ŠKODA	73 E 1 ÷ 3	1975 ÷ 1981	86	25 (50)	Bo' Bo'	120	3080	240
263	S499.2	ŠKODA	70 E 0	1984	2	25 (50)	Bo' Bo'	120	3060	250
263	S499.2	ŠKODA	70 E 1	1988	10	25 (50)	Bo' Bo'	120	3060	300
280	S669.0	ŠKODA	32 E 0	1963	1	25 (50)	Co' Co'	120	4920	310
350	ES499.0	ŠKODA	55 E 0, 1	1973 ÷ 1975	20	3 / 25 (50)	Bo' Bo'	160	4000	210
362	-	ŠKODA	69 Er	1990	1	3 / 25 (50)	Bo' Bo'	140	3480 *11	260
363	ES499.1	ŠKODA	69 E 0 ÷ 5	1980 ÷ 1990	181	3 / 25 (50)	Bo' Bo'	120	3480 *11	260
371	-	ŠKODA	76 E 1 *12	1988 ÷ 1991	15	3 / 15 (16,7)	Bo' Bo'	120	3080	243

Příloha 3 Seznam lokomotiv ČSD (část 3)

Označení ČSD		Msl [t]	M/nápr [t]	Délka přes nár. [mm]	Voč [mm]	Rp [mm]	Šl [mm]	Vl [mm]	Dk [mm]	Rmin [m]	VD	Pohon
Nové	Původní											
-	E200.0	9,25	-	6240	-	-	2070	3260	850	-	R	tlapový
-	E225.0	31	-	7844	-	-	2900	3950	1150	-	R	tlapový
-	E407.001	67,5	-	12200	6600	2400	3200	4019	1045	-	R	tlapový
-	E407.002	66,5	-	12200	6600	2380	3060	4169	1045	-	R	tlapový
-	E416.0	63	-	12180	6600	2380	3140	4020	1045	-	R	tlapový
-	E417.0	65	-	12180	6600	2380	3140	4020	1045	-	R	tlapový
-	E423.0	50	-	11400	5350	2150	3000	4380	1019	-	R	tlapový
-	E424.0	58	-	10600	-	-	3120	4550	1400	-	R	spojnice
-	E424.1	54,8	-	11300	5200	2700	3080	4511	1150	-	R	tlapový
-	E436.0	65,4	-	12090	5400	2550	3150	4510	1150	-	R	tlapový
-	E465.0	78,6	-	12960	7400	2200	2950	4510	1624	-	R	spojka Buchli
-	E466.0	85,8	-	14500	8400	2400	3100	4550	1490	-	R	ojničková spojka
-	E466.1	65,4	-	12090	5400	2550	3150	4515	1150	-	R	tlapový
-	E467.0	85,8	-	14500	8400	2400	3100	4550	1490	-	R	ojničková spojka
-	E666.0	97	-	14950	9100	2450	3100	4150	1250	-	R	tlapový
100	E422.0	48	12	12940	5800	2600	2950	4500	1050	125	SČ	tlapové
110	E458.0	72	18	14400	6300	2800	3000	4650	1050	120	PB	tlapové
111	E458.1	70,4	17,7	14400	6300	2800	3000	4650	1050	120	PB	tlapové
112	E457.0	68	17	14400	6300	2800	3000	4650	1050	120	PB	tlapové
113	E426.0	64	16	14400	6300	2800	2940	4640	1050	120	PB	tlapové
114.5	-	72	18	14560	6300	2500	1750	4250	1000	90	PB	tlapové
121	E469.1	88	22	16140 *1	8170	3300	2950	4500	1250	120	SČ	kloubová spojka ŠKODA
122	E469.2	85	21,3	17210	8170	3330	2950	4650	1250	120	SČ	kloubová spojka ŠKODA
123	E469-3	85	21,3	17210	8170	3330	2950	4650	1250	120	SČ	kloubová spojka ŠKODA
124.601	E469.3030	85	21,3	17210	8170	3330	2950	4650	1250	120	SČ	kloubová spojka ŠKODA
125.8	E469.5	170	21,3	34380	8170	3330	2950	5120	1250	150	SČ	kloubová spojka ŠKODA
130	E479.0	84,8	21,2	17210	8170	3200	2940	4640	1250	120	SČ	kloubová spojka ŠKODA

Příloha 4 Seznam lokomotiv ČSD (část 4)

Označení ČSD		Msl [t]	M/nápr [t]	Délka přes nár. [mm]	Voč [mm]	Rp [mm]	Šl [mm]	Vl [mm]	Dk [mm]	Rmin [m]	VD	Pohon
Nové	Původní											
131	E479.1	169	21,2	34420	8170	3200	2940	4600	1250	150	SČ	kloubová spojka ŠKODA
140	E499.0	82	20,5	15600 *5	8170	3330	2950	4500	1250	120	SČ	lamelová spojka uvnitř rotoru
141	E499.101	84	21	15800	8170	3330	2950	4500	1250	120	SČ	kloubová spojka ŠKODA
141	E499.1	84	21	16140 *6	8170	3330	2950	4500	1250	120	SČ	kloubová spojka ŠKODA
150/151	E499.2	82,4	20,6	16740	8300	3200	2940	4640	1250	120	SČ	kloubová spojka ŠKODA
162	-	85	21,4	16800	8300	3200	2940	4595	1250	120	SČ	kloubová spojka ŠKODA
163	E499.3	85	21,4	16800	8300	3200	2940	4640	1250	120	SČ	kloubová spojka ŠKODA
163	-	85	21,4	16800	8300	3200	2940	4595	1250	120	SČ	kloubová spojka ŠKODA
169.001	-	75	18,9	18000	8700	2500	3000	4555	1250	120	SČ	kloubová spojka ŠKODA
180	E669.0	119	19,9	18800	8900	4600	2950	4800	1250	125	SČ	lamelová spojka uvnitř rotoru *17
181	E669.1	124,2	20,7	18800	9400	4800	2950	4650	1250	125	SČ	tlapové
182	E669.2	120	20	18800 *10	9400	4600	2950	4500	1250	125	SČ	tlapové
183	E669.3	120	20	18940	9400	4600	2950	4500	1250	125	SČ	tlapové
184.5	-	120	20	20346	5500	3200	2940	4570	1250	90	SČ	kloubová spojka ŠKODA
209.001	-	72	18	14400	6300	2800	3000	4625	1050	120	PB	tlapové
210	S458.0	72	18	14400	6300	2800	3000	4625	1050	120	PB	tlapové
230	S489.0	85	21,3	16440	7800	2800	3020	4650	1250	120	OJ	kloubová spojka ŠKODA
240	S499.0	84,5	21,2	16440	7800	2800	3020	4650	1250	120	OJ	kloubová spojka ŠKODA
240	S449.1	84,5	21,2	16440	7800	2800	3020	4650	1250	120	OJ	kloubová spojka ŠKODA
242	S499.02	84	21	16440	7800	2800	2940	4650	1250	120	OJ	kloubová spojka ŠKODA
263	S499.2	84,2	21,2	16800	8300	3200	2940	4640	1250	120	SČ	kloubová spojka ŠKODA
263	S499.2	84,2	21,2	16800	8300	3200	2940	4625	1250	120	SČ	kloubová spojka ŠKODA
280	S669.0	126	21	20000	10500	4600	3030	4650	1250	120	OJ	kloubová spojka ŠKODA
350	ES499.0	89,6	22,4	17240	8300	3200	2940	4640	1250	120	SČ	kloubová spojka ŠKODA
362	-	87	21,7	16800	8300	3200	2940	4640	1250	120	SČ	kloubová spojka ŠKODA
363	ES499.1	87	21,7	16800	8300	3200	2940	4640	1250	120	SČ	kloubová spojka ŠKODA
371	-	84	21	16800	8300	3200	2990	4627	1250	120	SČ	kloubová spojka ŠKODA

Příloha 5 Vysvětlivky k přílohám (1 ÷ 4)

Max.V [km/h] - maximální rychlost

Msl [t] - hmotnost ve službě

M/nápr - hmotnost na nápravu

Voč [mm] - vzdálenost otočných čepů

Rp [mm] - rozvor podvozku

Šl [mm] šířka lokomotivy

Vl [mm] - výška lokomotivy

Dk [mm] - průměr nových kol

Rmin [m] - poloměr oblouku

VD - způsob vedení dvojkolí

[A] - akumulátorová lokomotiva

*1) E469.130, 56 70 - délka přes nárazníky 16 800 mm

*2) maximální rychlost na tratích ČD 80 km/h

*3) 22 ks dvoudílných lokomotiv, hodnoty uváděné pro oba díly, rozchod 1520 mm

*4) 50 ks dvoudílných, hodnoty uváděné pro oba díly, rozchod 1435 mm

*5) E499.001 ÷ 017....15600 mm; E499.018 ÷ 040....15800 mm;

E499.041 ÷ 0100....15740 mm; E499.073....16400 mm

*6) E499.102 - 161....16140mm; E499.133.....16 740mm

*7) podle druhu podvozku je výkon 2 600 nebo 3200 kW

*8) 180.001...3048 kW; 180.002...2610 kW

*9) 31 E 1...2610 kW; 31 E 2...2790 kW

*10) E669.201 - 2103...18800mm; E669.2104 - 2168...18800mm;

*11) výkon na 3 kV je 3480 kW a na 25 kV je 3060 kW

*12) prototyp 372.001 vč. 80 E 0, všechny 372 byly rekonstruovány na 371

*13) mechanickou část lokomotivy vyrobil StEG

*14) mechanickou část lokomotivy vyrobil Breitfeld Daněk

*15) rekonstrukce ve firmě Škodav roce 1947

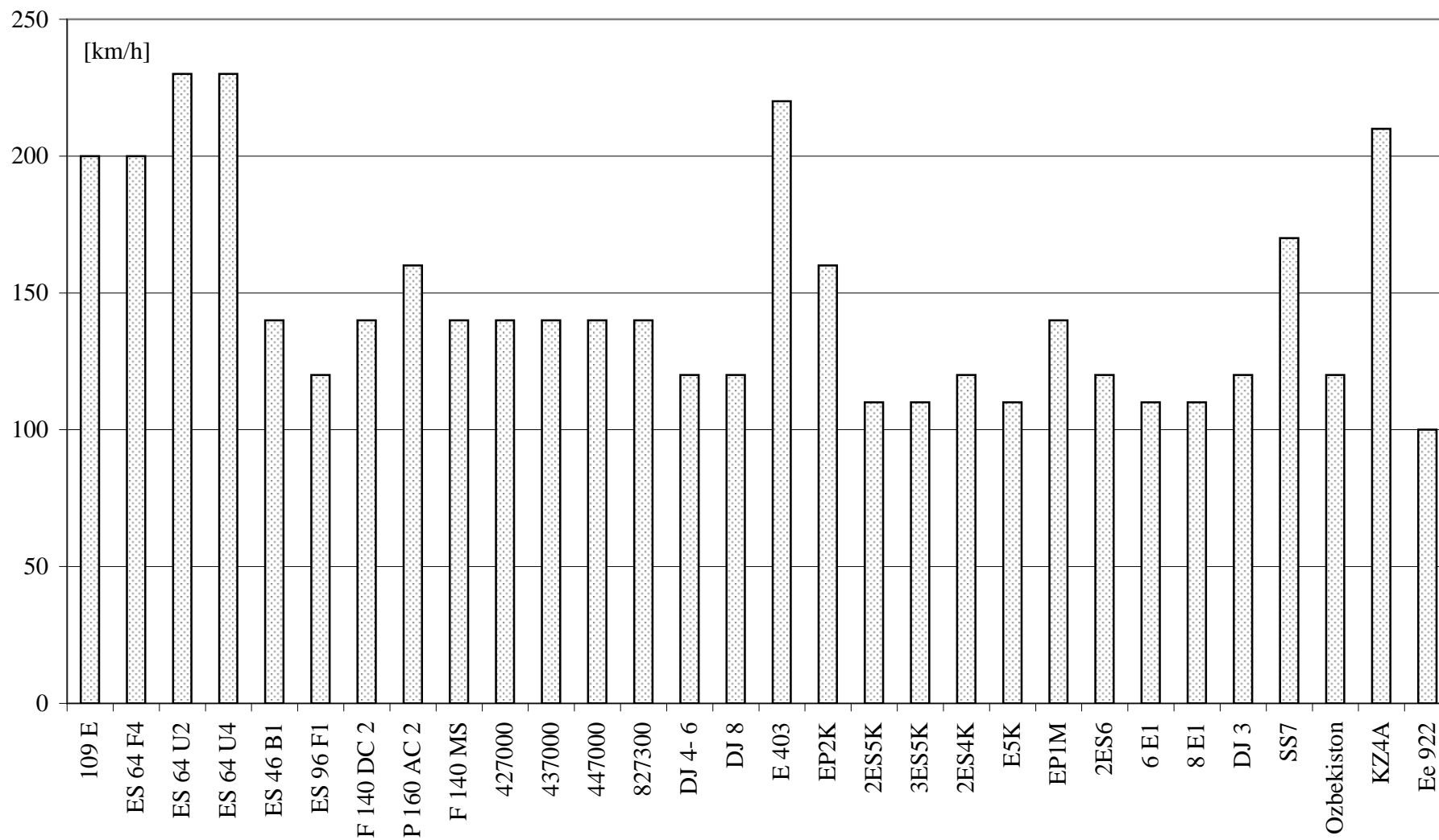
*16) hodinové hodnoty

*17) 180.002 tlapové motory, 180.001 lamelová spojka Secheron

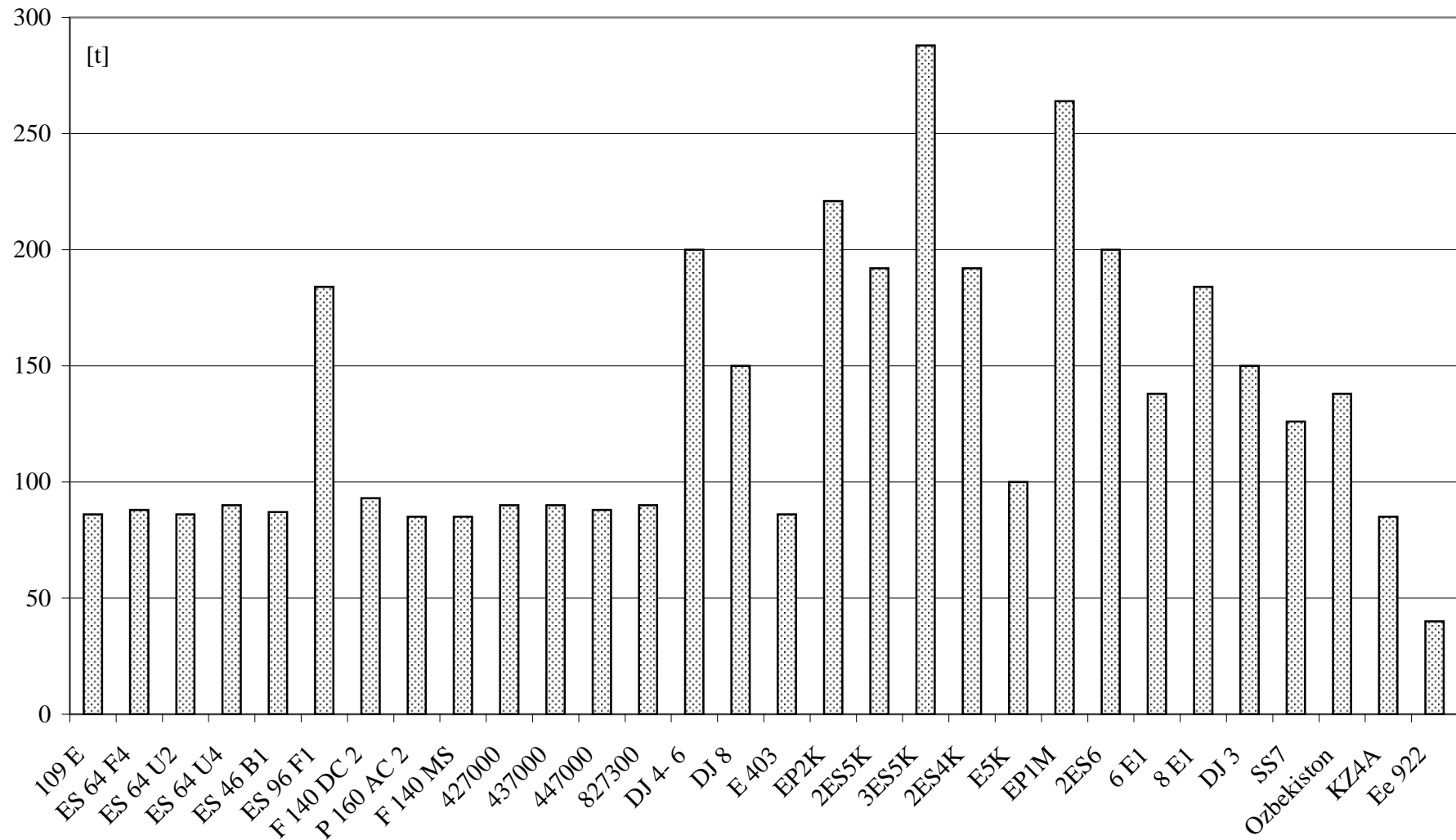
*18) lokomotiva nikdy nepatřila ČSD (jen zkušební provoz)

*19) lokomotiva je majetkem DNT (Doly Nástup Tušimice)

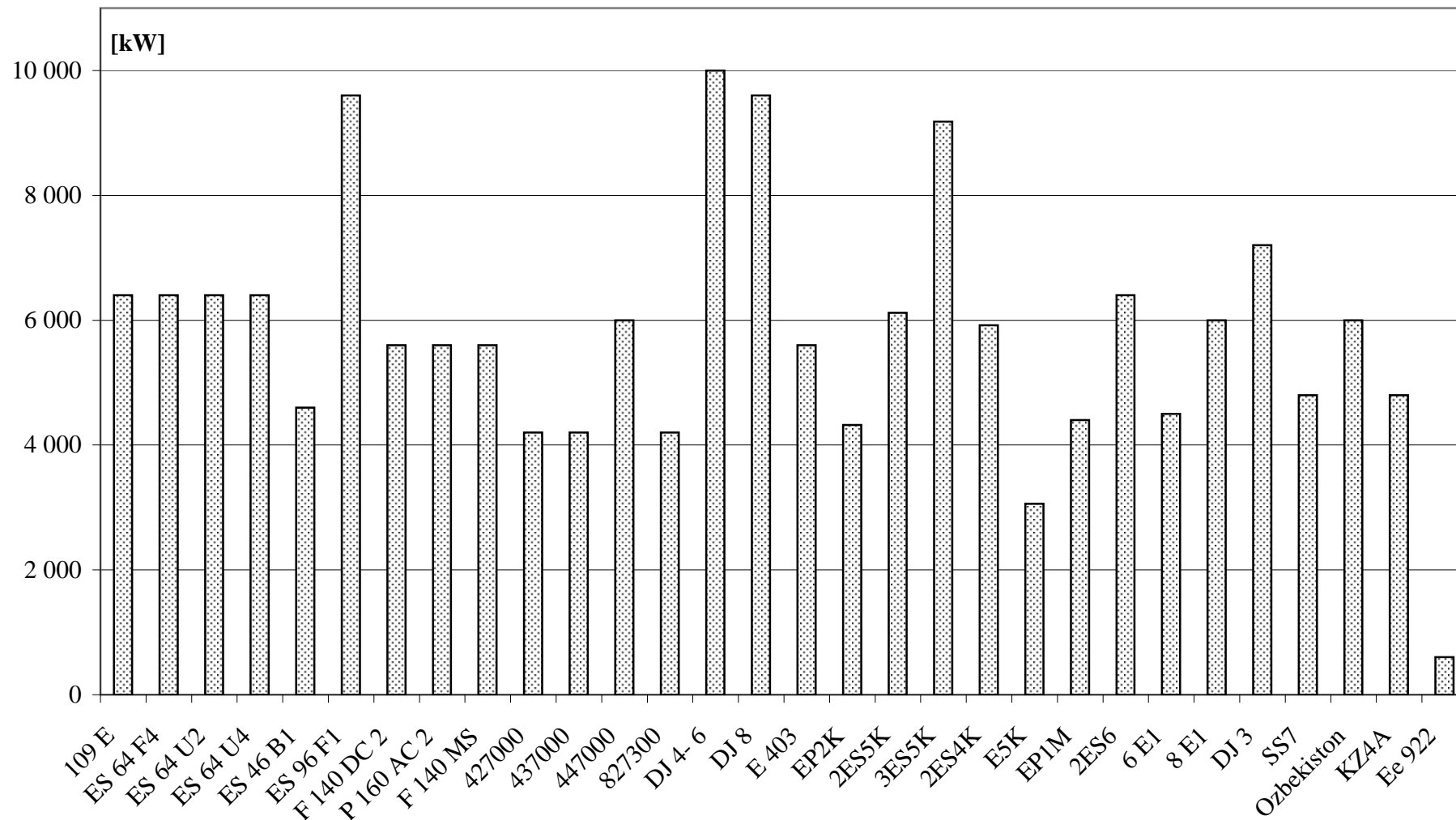
Příloha 6 Porovnání maximálních rychlostí elektrických lokomotiv



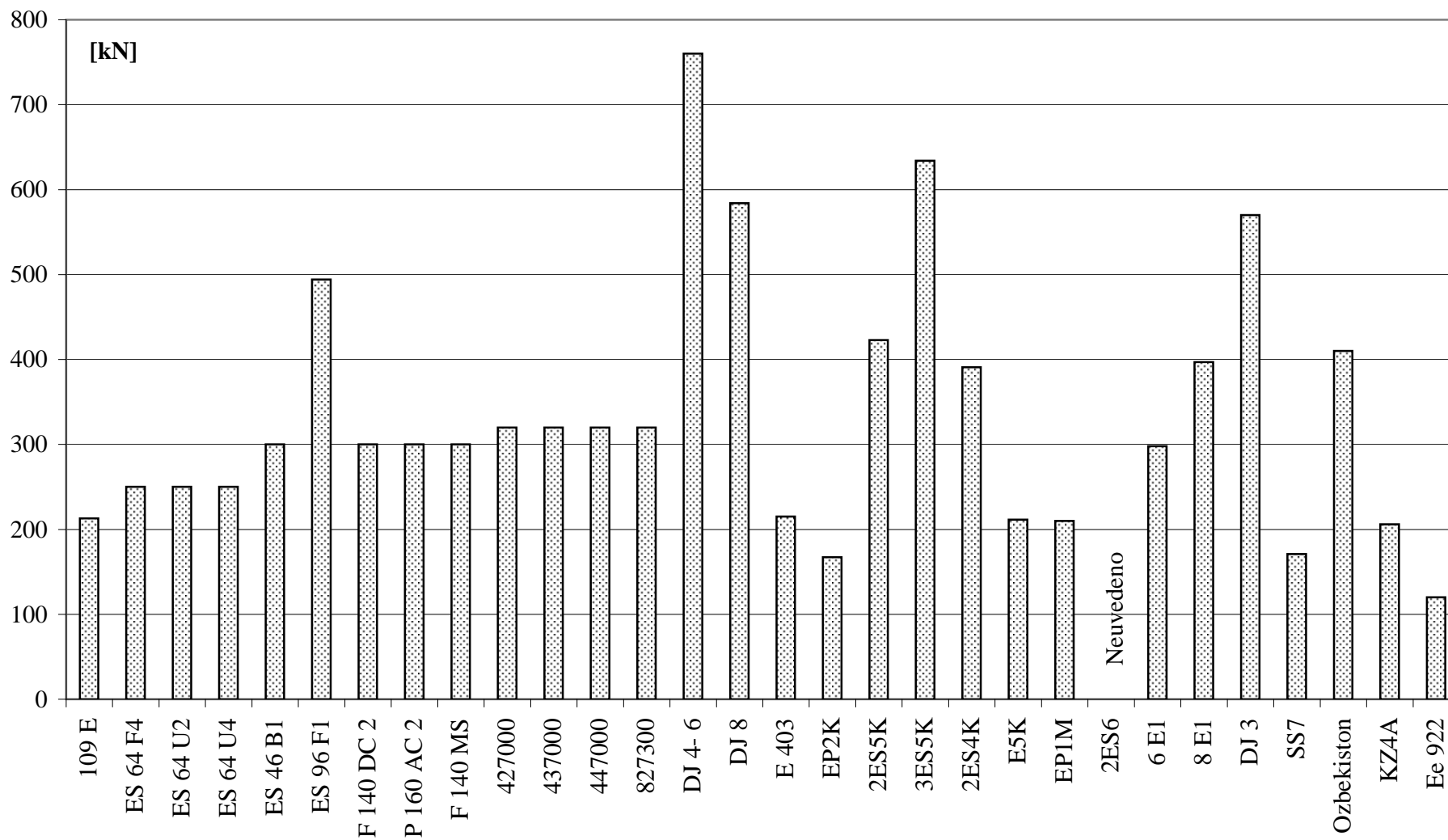
Příloha 7 Porovnání hmotností elektrických lokomotiv



Příloha 8 Porovnání trvalých výkonů elektrických lokomotiv



Příloha 9 Porovnání tažných sil elektrických lokomotiv



Příloha 10 Celkový přehled porovnávaných údajů

Výrobce	Typ	Max. V [km/h]	Hmotnost [t]	Výkon [kW]	Tažná síla [kN]
Škoda	109 E	200	86	6 400	213
Siemens	ES 64 F4	200	88	6 400 *1	250
Siemens	ES 64 U2	230	86	6 400	250
Siemens	ES 64 U4	230 *2	90	6 400 *1	250
Siemens	ES 46 B1	140	87	4 600	300 *3
Siemens	ES 96 F1	120	184	9 600	494
Bombardier	F 140 DC 2	140	93	5 600	300 *3
Bombardier	P 160 AC 2	160	85	5 600	300 *3
Bombardier	F 140 MS	140	85	5 600	302 *3
Alstom	427000	140	90	4 200	320
Alstom	437000	140	90	4 200	320
Alstom	447000	140	88	6 000	320
Alstom	827300	140	90	4 200	320
Alstom	DJ 4- 6	120	200	10 000	760
Alstom	DJ 8	120	150	9 600	584
AnsaldoBreda	E 403	220	86	5 600	215
Kolomenskij z.	EP2K	160	221	4 320	167,4
NEVZ	2ES5K	110	192	6 120	423
NEVZ	3ES5K	110	288	9 180	634
NEVZ	2ES4K	120	192	5920	391
NEVZ	E5K	110	100	3 060	211,5
NEVZ	EP1M	140	264	4 400	210
UZZM	2ES6	120	200	6 400	-
TEVZ	6 E1	110	138	4 500	297,8
TEVZ	8 E1	110	184	6 000	397
Dloco	DJ 3	120	150 *4	7 200	570 *5
Daltong	SS7	170	126	4 800	171
ZELW	Ozbekiston	120	138	6 000	410
ZELW	KZ4A	210	85	4 800	206
Stadler	Ee 922	100	40	600	120

*1 - výkon dle napěťové soustavy 6400 kW (15 kV 16,7 Hz a 25 kV 50 Hz),
6000 kV (3 kV) a 4 200 kW (1,5 kV)

*2 - rychlost 230 km/h jen na střídavých napájecích systémech (200 km/h u stejnosměrných)

*3 - rozjezdová tažná síla (trvalá tažná síla neuvedena)

*4 - v případě užití balastu, bez balastu je hmotnost jen 138 t

*5 - rozjezdová tažná síla v případě užití balastu, bez balastu 520t