

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

**Konverze elektrických lokomotiv
řady 163 na řadu 363**
Bakalářská práce

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jiří Loucký**
Osobní číslo: **D18317**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Dopravní prostředky: Kolejová vozidla**
Téma práce: **Konverze elektrických lokomotiv řady 163 na řadu 363**
Zadávací katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

Zásady pro vypracování

Obnova a zvyšování užitečných vlastností vozidlového parku je aktuálním tématem u provozovatelů železničních vozidel. Alternativou k nákupu nových vozidel jsou úpravy a modernizace vozidel existujících; současně na straně infrastruktury existují trendy přechodu ze stejnosměrné napájecí soustavy na střídavou. Bakalářská práce se bude věnovat úpravě stejnosměrných lokomotiv Škoda řady 163 na dvousystémové lokomotivy řady 363 s vybavením mobilní části zabezpečovače ETCS.

Vypracujte:

1. přehled problematiky a motivací pro uvažovanou konverzi, včetně kritérií výběru vozidla pro konverzi. Při porovnávání využijte trakční výpočty (např. spotřeba energie, ztrátový výkon);
2. technický popis předmětných lokomotiv s důrazem na jejich konstrukční rozdíly;
3. popis a zhodnocení podobných již provedených rekonstrukcí (ř. 363.5 ČD Cargo, ř. 361 ZSSK);
4. popis a zhodnocení koncepce rekonstrukce se zaměřením na zástavbu transformátoru, usměřovače a komponentů umístěných na střeše vozidla;
5. návrh koncepce zástavby komponentů mobilní části ETCS (umístění nových součástí a příp. přesunutí stávajících součástí) – návrh variant, jejich porovnání a výběr nejvhodnějšího řešení.

Rozsah pracovní zprávy: **35 stran**
Rozsah grafických prací: **podle pokynů vedoucího práce**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] DANZER, J. *Elektrická trakce I*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2000. ISBN 80-7082-633-9.
- [2] DOSTÁL, J., HELLER, P. *Kolejová vozidla II*. 1. vydání. Plzeň: Západočeská univerzita, 2009. ISBN 978-80-7043-641-7.
- [3] LATA, M. *Konstrukce kolejových vozidel II*. 1. vydání. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004. ISBN 80-7194-696-6.
- [4] MICHÁLEK, T., ZELENKA, J. *Trakční mechanika*. 1. vydání. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2018. ISBN 978-80-7560-175-9.
- [5] Technická dokumentace k lokomotivám.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Petr Voltr, Ph.D.**
Výukové a výzkumné centrum v dopravě

Datum zadání bakalářské práce: **15. února 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **17. května 2021**

L.S.

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

Ing. Jakub Vágner, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlašuji:

Práci s názvem Konverze elektrických lokomotiv řady 163 na řadu 363 jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 17. 05. 2021

Jiří Loucký

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce, doc. Ing. Petru Voltrovi, PhD., jehož rady, připomínky a náměty výrazně pomohly ke zpracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat skupině ČMŽO, která byla ochotna poskytnout informace, technickou dokumentaci a přístup k lokomotivám. V poslední řadě patří mé poděkování Ing. Stanislavě Liberové, PhD. za pomoc s formální úpravou práce a Ing. Tomáši Michálkovi, PhD. za odborné rady v problematice trakčních výpočtů.

Anotace

Práce se zabývá konverzí stejnosměrných elektrických lokomotiv řady 163 na dvousystémové elektrické lokomotivy řady 363. Cílem je provést rozbor rekonstrukce se zaměřením na nejdůležitější konstrukční celky a provést návrh zástavby palubní části vlakového zabezpečovače ETCS.

Klíčová slova

Konverze elektrických lokomotiv, lokomotiva řady 163, lokomotiva řady 363, ETCS

Title

Conversion of electric locomotives Class 163 to Class 363

Abstract

This bachelor thesis is focused on conversion of DC locomotives Class 163 to dual-system locomotives Class 363. The aim is to analyse the project, focusing on the most important components and to create a solution to installing onboard components of the ETCS.

Keywords

Conversion of electric locomotives, locomotive Class 163, locomotive Class 363, ETCS

Obsah

Seznam značek a zkratk	9
1 Úvod	11
2 Motivace pro konverzi elektrických lokomotiv	12
2.1 Porovnání trakčních napájecích systémů	12
2.2 Význam konverze.....	13
3 Srovnání regulace výkonu stejnosměrných lokomotiv	14
3.1 Odporová regulace výkonu	14
3.2 Pulsní regulace výkonu.....	14
3.3 Porovnání způsobů regulace při rozjezdu	15
3.3.1 Lokomotiva 150	15
3.3.2 Lokomotiva 363	17
3.4 Porovnání regulace při jízdě ustálenou rychlostí	20
4 Výběr elektrických lokomotiv pro konverzi	21
4.1 Kritéria pro konverzi elektrických lokomotiv.....	21
4.1.1 Konstrukce	21
4.1.2 Možnost instalace ETCS	21
4.1.3 Počet vozidel.....	21
4.1.4 Regulace výkonu	22
4.2 Srovnání vozidel	22
4.2.1 Lokomotivy řady 130.....	22
4.2.2 Lokomotivy řady 150, 151.....	23
4.2.3 Lokomotivy řady 371, 372.....	23
4.2.4 Lokomotivy řady 162, 163.....	24
4.3 Závěr.....	24
5 Popis lokomotiv řady 163 a 363	25
5.1 Skříň lokomotiv.....	25
5.1.1 Spodek skříně.....	25
5.1.2 Nástavba skříně.....	26
5.1.3 Uspořádání interiéru.....	27
5.2 Unifikovaná pojezdová část	28
5.3 Vazba mezi podvozky	29
5.4 Pneumatická výzbroj a brzdy.....	30
5.5 Popis elektrické části	30
5.5.1 Napájení hlavního filtru na lokomotivách řady 163	30
5.5.2 Napájení hlavního filtru na lokomotivách řady 363	31
5.5.3 Unifikovaný trakční obvod a napájení pomocných pohonů.	33
5.5.4 Obvody nízkého napětí a řízení lokomotivy.....	33
6 Konverze lokomotiv řady 163 na řadu 363	34
6.1 Popis a zhodnocení již proběhlých rekonstrukcí.....	34
6.1.1 Konverze lokomotiv řady 163 na řadu 363.5	34

6.1.2	Konverze lokomotiv 163 na řadu 361.	35
6.1.3	Zhodnocení rekonstrukcí	37
6.2	Zástavba komponentů na střeše vozidla	37
6.2.1	Funkční popis komponentů na střechách vozidel.	37
6.2.2	Umístění nových komponentů	38
6.3	Zástavba transformátoru	40
6.3.1	Konstrukce a uložení nového transformátoru.	41
6.3.2	Použití čerpadla s třífázovým asynchronním motorem	42
6.3.3	Použití čerpadla s jednofázovým motorem a trvale zapojeným kondenzátorem ..	43
6.4	Zástavba usměrňovače.....	43
6.4.1	Konstrukce nového usměrňovače	44
6.4.2	Uložení usměrňovače.....	45
6.5	Další úpravy silových obvodů	46
6.5.1	Kompenzační a rezonanční filtr	46
6.5.2	Přepojovače vlakového topení Q07 a Q31.....	47
6.6	Rekonstrukce obvodů malého napětí	48
7	Zástavba komponentů mobilní části ETCS.....	49
7.1	Instalace částí ETCS vně vozidla	49
7.1.1	Nahrazované prvky.....	49
7.1.2	Nové prvky	50
7.2	Instalace částí ETCS uvnitř vozidla	51
7.2.1	Komponenty na stanovištích strojvedoucího	51
7.2.2	Komponenty ve strojovně lokomotivy	51
7.3	Návrh umístění centrálního napaječe.....	52
7.3.1	Přesunutí centrálního napaječe.....	53
7.3.2	Rekonstrukce skříně elektroniky.....	57
8	Závěr	59
	Literatura.....	61
	Seznam příloh	63

Seznam značek a zkratek

Zkratka		Význam
ARR		automatický regulátor rychlosti
AVV		automatické vedení vlaku
CN		centrální napaječ
EDB		elektrodynamická brzda
ETCS		European Train Control System
WTB		Wire Train Bus

Značka	Jednotka	Význam
B	[N, kN]	brzdná síla na obvodu kol
F_{ok}	[N, kN]	tažná síla na obvodu kol
I	[A]	elektrický proud
I_b	[A]	elektrický proud budícím vinutím
I_R	[A]	elektrický proud brzdovým odporníkem
m_{vl}	[kg, t]	hmotnost vlaku
O_t	[N, kN]	traťový odpor vlaku
O_v	[N, kN]	vozidlový odpor vlaku
P	[W, kW]	příkon
P_e	[W, kW]	elektrický výkon
P_m	[W, kW]	mechanický výkon
P_{MB}	[W, kW]	odebíraný výkon pulsního měniče buzení
P_p	[W, kW]	výkon odebíraný pomocnými pohony
P_R	[W, kW]	výkon v brzdovém odporníku
P_z	[W, kW]	ztrátový výkon
P_{zr}	[W, kW]	ztrátový výkon v rozjezdových odpornících
P_{zsr}	[W, kW]	ztrátový výkon v šuntovacích odpornících
R	[Ω]	elektrický odpor
R_b	[Ω]	elektrický odpor budícího vinutí

U	[V]	elektrické napětí
U_b	[V]	elektrické napětí budícího vinutí
U_T	[V]	elektrické napětí v troleji
\ddot{x}	[m · s ⁻²],	okamžitá hodnota zrychlení vlaku
η_{TM}	[-]	účinnost trakčních motorů
η_{PM}	[-]	účinnost pulsních měničů
ρ_{vl}	[-]	průměrný součinitel rotačních hmot vlaku

1 Úvod

S plánovaným přechodem na jednotnou napájecí soustavu a zavedením vlakového zabezpečovače ETCS jsou dopravci na českých železnicích nuceni adaptovat své vozové parky. Jedním způsobem může být nákup nových vozidel, ten ale může představovat finanční potíže, zejména pro menší dopravce. Alternativou k nákupu nových vozidel je možnost vozidla rekonstruovat tak, aby z hlediska nejnovějších požadavků vyhověla. Jedním ze způsobů rekonstrukce je právě konverze, která v tomto smyslu znamená změnu napájecího systému, na němž daná lokomotiva pracuje.

Bakalářská práce se věnuje konverzi stejnosměrných elektrických lokomotiv řady 163 na dvousystémové elektrické lokomotivy řady 363. Na začátku práce je nastíněna motivace pro tuto rekonstrukci a dále je pomocí vybraných kritérií demonstrováno, proč jsou lokomotivy řady 163 vhodným kandidátem pro přeměnu na dvousystémová vozidla. Hlavní částí práce je rozbor samotné rekonstrukce se zaměřením na transformátor, usměrňovač a komponenty na střeše vozidla. V poslední kapitole je uveden návrh zástavby palubní části evropského vlakového zabezpečovače ETCS na tato rekonstruovaná vozidla.

2 Motivace pro konverzi elektrických lokomotiv

S postupnou modernizací železniční dopravy visel ve vzduchu otazník ohledně napájecích soustav. V České republice jsou provozovány dvě hlavní napájecí soustavy. Střídavá soustava o napětí 25 kV/50 Hz a stejnosměrná soustava o napětí 3 kV. V roce 2016 schválilo Ministerstvo dopravy České republiky studii, jejímž úkolem bylo vytvořit koncepci jednotné napájecí soustavy na naší železnici. Vítězem se z důvodů uvedených ve 2.1 a dalších, stala střídavá napájecí soustava 25 kV/50 Hz. Avšak přechod na jednotnou napájecí soustavu se netýká pouze infrastruktury, ale i samotných vozidel. Dopravci tak musí najít způsob, jak těmto změnám přizpůsobit svůj vozový park. [1]

2.1 Porovnání trakčních napájecích systémů

Hlavním důvodem pro výběr střídavé napájecí soustavy je její přenosová schopnost. Soustava stejnosměrná má o řád nižší napětí. Ze vztahu pro elektrický výkon:

$$P_e = U \cdot I \text{ [W]}, \quad (1)$$

plyne, že proud bude při stejném elektrickém výkonu o jeden řád větší. Větší proud znamená větší ztráty v obvodu trakčního vedení a zpětného kolejnicového obvodu, způsobené úbytky napětí na vedení. Literatura [2] udává průměrné ztráty ve střídavé napájecí soustavě 1,8 % a ve stejnosměrné 20,2 %. Poněkud odlišné hodnoty udává Správa železnic. Ta uvažuje průměrné ztráty na střídavém systému 9 % a na stejnosměrném 18 % [3]. Podobně tak literatura [4], která udává průměrné ztráty ve střídavé soustavě 7,3 % a ve stejnosměrné 18 %. Rozdíl v udávaných ztrátách pravděpodobně způsobil odlišný přístup k výpočtu a vyhodnocení dat. Každopádně ze všech tří zdrojů lze odvodit, že střídavá napájecí soustava má znatelně menší ztráty než stejnosměrná.

Krom ekonomické úspory a šetření životního prostředí, znamenají menší ztráty a menší proud několik dalších skutečností:

- 1) Napájecí stanice není ideální a není schopna dodávat neomezený výkon při stálém napětí. Při velkém odběru proudu (velkých ztrátách) tak klesá napětí na sběrači vozidla. Při poklesu stejnosměrného napětí na 2,7 kV jsou vozidla povinna snížit výkon. Tato skutečnost se může výrazně projevit na jízdách. [5]
- 2) Pro zvýšení přepravní rychlosti je prakticky nemožné dále využívat stejnosměrnou soustavu 3 kV. Při vysokých rychlostech je hlavní složkou jízdých odporů aerodynamický odpor, který roste s druhou mocninou rychlosti. Při dvojnásobném zvýšení rychlosti bychom tak museli zvýšit výkon minimálně osmkrát. Stejnosměrná soustava by buď vyvozovala velmi vysoké ztráty, nebo by nebyla schopna takový výkon vůbec přenést. To samé platí pro těžké nákladní vlaky, kde by jinak nebylo možné využít větší výkon moderních lokomotiv. [1], [5]

- 3) Pro infrastrukturu by přesun na střídavý systém znamenal značné usnadnění zejména pro elektrifikaci nových tratí. Vzhledem k menším proudům je možné zvýšit vzdálenost napájecích úseků a zmenšit tak počet napájecích stanic. Také vodiče by mohly mít menší průřez, čímž by klesla jejich cena.[1]

Další důvod pro zavedení střídavé napájecí soustavy je výskyt tzv. bludných proudů u stejnosměrné soustavy. Bludný proud je takový proud, který se nevrací do zdroje kolejnicovým obvodem, ale zeminou. Tyto proudy mohou negativně působit na kovové předměty uložené v zemi. [5]

2.2 Význam konverze

Při přechodu na střídavou napájecí soustavu budou stejnosměrná vozidla prakticky nepoužitelná. Tuto ztrátu vozidel je nutné nějakým způsobem doplnit. Přestože na trhu je možné si vybrat ze spousty moderních lokomotiv, jako jsou Siemens Vectron nebo Bombardier TRAXX, má smysl stará vozidla modernizovat tak, aby mohla jezdit i na střídavé soustavě.

Důvod je jednoduchý. Pořizovací cena lokomotivy Siemens Vectron se pohybuje okolo 100 milionů korun. Z finančních důvodů není možné, aby všechny stávající stejnosměrné lokomotivy byly nahrazeny novými stroji. Konverze stejnosměrných lokomotiv na střídavé, nebo lépe na dvousystémové, umožní dopravcům nahradit alespoň část ztracených vozidel za přijatelnou cenu. Navíc u dvousystémových lokomotiv budou mít tu výhodu, že při postupném přecházení ze stejnosměrné soustavy na střídavou budou lokomotivy schopné provozu po celém území České republiky. [6]

Pokud je konverze provedena chytře a modernizované stroje budou svou konstrukcí a obsluhou odpovídat nějakému stávajícímu typu lokomotivy, budou náklady na zácvik strojvedoucích, zaškolení údržby a na samotnou údržbu časově a finančně menší než u nových strojů.

3 Srovnání regulace výkonu stejnosměrných lokomotiv

Srovnání regulace výkonu bude součástí kritérií v kapitole 4. Vzhledem k rozsahu však bylo vhodnější uvést srovnání jako samostatnou kapitolu a v kapitole 4 ji pouze vyhodnotit.

Pro české stejnosměrné lokomotivy jsou typické dva způsoby regulace výkonu. Jedná se o odporovou regulaci se stejnosměrnými sériovými motory a o pulsní regulaci se stejnosměrnými cize buzenými motory.

3.1 Odporová regulace výkonu

Omezení rozběhového proudu a řízení otáček se u trakčních vozidel zpravidla provádí změnou napájecího napětí. U odporové regulace je před motor vložen tzv. rozjezdový odporník, na němž vzniká úbytek napětí, o který je napětí na motoru menší. Regulace je stupňovitá, pomocí hlavního kontroleru jsou přepínány jednotlivé jízdní stupně. Čím vyšší stupeň, tím nižší odpor. Při dosažení tzv. hospodárných stupňů je rozjezdový odporník plně vykrácený a motory jsou tak připojeny k potenciálu troleje.

Dále je u této regulace typická změna skupinového zapojení trakčních motorů. Při nižších otáčkách jsou motory zapojené do série, to znamená, že jejich proud je stejný, ale napájecí napětí se rozdělí na čtvrtiny. Při dosažení větších otáček je možné přepnout do sérioparalelního (dva motory v sérii paralelně k dalším dvěma v sérii) nebo paralelního zapojení. Jako příklad mějme lokomotivu se 4 trakčními motory napájenou napětím 3 kV. Při sériovém zapojení je napětí na motorech 750 V, při přechodu na sérioparalelní je to 1500 V, a nakonec v paralelním zapojení bude plné napětí 3000 V.

Při dosažení hospodárných stupňů, tj. plného napětí na motoru pro dané zapojení, je dále možné zvyšovat otáčky tzv. šuntováním. Šuntování je zeslabování buzení zařazením paralelního odporu k budícímu vinutí, proud se potom rozdělí mezi odpor a budící vinutí v závislosti na velikosti odporu. Dochází ke zmenšení magnetického toku, což má za následek zvýšení otáček, ale za cenu změkčení charakteristiky.

Trakční charakteristika lokomotivy se stejnosměrnými sériovými motory a odporovou regulací je uvedena v příloze 1.

3.2 Pulsní regulace výkonu

I pulsní regulace řídí otáčky pomocí změny napětí, ale dělá tak pomocí pulsních měničů. Pulsní měniče obsahují spínací polovodičové prvky, které jsou schopné spínat a vypínat při frekvencích ve stovkách Hz. Rychlost a doba sepnutí je řízena regulátorem, který vysílá na prvky řídicí impulsy. Bude-li motor střídavě připojován a odpojován od napájení, napájecí napětí motoru bude rovno střední hodnotě napětí, úměrné poměrnému otevření pulsního měniče. Poměrné otevření je závislé na frekvenci a šířce řídicích impulsů.

Jelikož se tento způsob používá s cize buzenými motory, je zapotřebí nějakým způsobem řídit i budící proud. To většinou obstarává pulsní měnič buzení, který pracuje na podobném principu. Obdobou šuntování je u cize buzených motorů odbuzování. Při dosažení maximálního napětí na kotvách motorů, je pro další zvýšení otáček pomalu zmenšován budící proud, trakční charakteristika v ten moment přechází z přímky na hyperbolu.

Regulace výkonu je plynulá. Trakční charakteristika vozidla s pulsní regulací a stejnosměrnými cize buzenými motory je součástí přílohy 2.

3.3 Porovnání způsobů regulace při rozjezdu

Pro porovnání regulací výkonu je podstatná závislost ztrátového výkonu na výkonu mechanickém. Díky ní je možné určit výslednou účinnost obou typů regulace. K výpočtům byly využity poznatky z trakční mechaniky [5].

Jako zástupce odporových lokomotiv byla zvolena řada 150. Pro pulsní regulaci byla vybrána lokomotiva řady 363. Výpočty vychází z pohybové rovnice vlaku.

$$m_{vl} \cdot (1 + \rho_{vl}) \cdot \ddot{x} = F_{ok} - B - O_v - O_t, \quad (2)$$

kde:

- m_{vl} je hmotnost vlaku [kg],
- ρ_{vl} je průměrný součinitel rotačních hmot vlaku,
- \ddot{x} je okamžitá hodnota zrychlení vlaku [$m \cdot s^{-2}$],
- F_{ok} je tažná síla na obvodu kol [N],
- B je brzdná síla na obvodu kol [N],
- O_v je vozidlový odpor vlaku [N],
- O_t je traťový odpor vlaku [N].

Pro obě lokomotivy byl zvolen rozjezd z klidu na 80 km/h. Zátěž tvoří 11 plně ložených vozů Eanos se zatížením 22,5 t na nápravu a vozidlovým odporem T4. Jedná se o jízdu v přímé koleji bez stoupání, tudíž $O_t = 0$. Součinitel rotačních hmot vozů $\rho_v = 0,021$. Součinitel rotačních hmot obou lokomotiv $\rho_l = 0,2$. Jízdní odpory lokomotiv, tažná síla v závislosti na rychlosti, hmotnost atd. byly odečteny z trakčních charakteristik. Řešení bylo provedeno v programu Microsoft Excel. Vzhledem k rozdílným lokomotivám byly zvoleny dva odlišné postupy.

3.3.1 Lokomotiva 150

Řízení lokomotivy řady 150 spočívá v řazení jízdních stupňů. Pro simulaci rozjezdu bylo tedy nutné vytvořit sekvenci řazení těchto stupňů. Způsob řazení byl zvolen tak, aby lokomotiva měla téměř konstantní tažnou sílu a zároveň aby proud trakčních motorů příliš nepřekračoval tzv. hodinový proud, jehož hodnota je 750 A. Rozjezdové stupně není nutné řadit po jednom, a tak kdykoliv bylo dovoleno, bylo zařazeno více stupňů.

Pro numerické řešení byly určeny výpočetní kroky. Výpočetnímu kroku byl vždy přiřazen příslušný jízdní stupeň. Výpočetní krok začal zařazením stupně a určením počáteční rychlosti. Na

stupni lokomotiva setrvala tak dlouho, aby zařazením dalšího stupně nedošlo k velkému překročení hodinového proudu. Počáteční rychlost každého kroku je zároveň konečnou rychlostí kroku předchozího. Z trakční charakteristiky poté byla odečtena počáteční a konečná tažná síla v závislosti na rychlostech. Jízdní odpory byly vždy počítány z průměrné rychlosti. Průběh tažné síly při rozjezdu je součástí trakční charakteristiky v příloze 1.

Jelikož má trakční charakteristika tvar hyperboly a k tomu je pro každý jízdní stupeň jiná, bylo nutné provést jistá zjednodušení. Závislost tažné síly na rychlosti v jednotlivých krocích se dá považovat za lineární. Účinek tažné síly v jednom kroku tak mohl být vyjádřen průměrem počáteční a konečné tažné síly. Další parametry vypočtené či odečtené z trakční charakteristiky také pracují s průměrnými hodnotami.

Z průměrného proudu trakčním motorem byly určeny ztráty v rozjezdových odpornících a na určitých stupních ztráty v šuntovacím odporníku. Výpočty vycházely ze vztahu:

$$P_z = R \cdot I^2 \text{ [W]}, \quad (3)$$

kde:

- P_z je ztrátový výkon [W],
- R je odpor rozjezdového odporníku nebo šuntovacího odporníku [Ω],
- I je průměrný proud trakčním motorem nebo šuntovacím odporníkem [A].

Průměrný proud trakčního motoru a průměrný proud šuntovacím odporníkem byl určen z trakční charakteristiky. Hodnoty odporů byly získány z [7]. Dále bylo nutné přičíst odebíraný výkon pomocných pohonů (ventilátory + nabíječ baterií), jehož hodnota, získaná vlastním měřením, je 45,9 kW. Měření proběhlo na lokomotivě řady 140, jelikož lokomotiva řady 150 nebo 151 nebyla dostupná. Vzhledem k podobnosti konstrukce (sériové zapojení ventilátorů s předřadným odporníkem, napájené z napětí 3 kV) byla tato náhrada možná. Měření bylo uskutečněno umístěním klešťového ampérmetru do mínusové větve trakčního obvodu. Odečtením proudu z ampérmetru a napětí z voltmetru na stanovišti strojvedoucího byl vypočten odebíraný výkon. Účinnost trakčních motorů byla zvolena 93 % [7]. Veškeré ztráty ve vodičích, přepojovačích, tlumivkách a dalších jsou zohledněny v hodnotách odporů a v měření.

Příkon lokomotivy lze vyjádřit jako:

$$P = P_{zr} + P_{zsr} + P_p + \frac{P_m}{\eta_{TM}} \text{ [W]}, \quad (4)$$

kde:

- P je příkon lokomotivy [W],
- P_{zr} je ztrátový výkon v rozjezdových odpornících [W],
- P_{zsr} je ztrátový výkon v šuntovacích odpornících [W],
- P_p je výkon odebíraný pomocnými pohony – nabíječem baterií a ventilátory [W],
- P_m je mechanický výkon lokomotivy [W],
- η_{TM} účinnost trakčních motorů.

Průběhy příkonu a mechanického výkonu lokomotivy řady 150 při uvažovaném rozjezdu z klidu na 80 km/h jsou na obr. 1.

3.3.2 Lokomotiva 363

Lokomotiva využívá plynulou pulsní regulaci. Do rychlosti přibližně 60 km/h je schopná udržet konstantní tažnou sílu, poté nastává fáze odbuzování trakčních motorů, při které síla klesá hyperbolicky s rychlostí.

Aby nedošlo k velkým rozdílům ve výpočtech, byla tažná síla odečítána stejným způsobem jako u lokomotivy řady 150. V oblasti konstantní tažné síly bylo možné uvažovat větší výpočetní kroky. V oblasti odbuzování byly kroky určeny tak, aby závislost síly na rychlosti v každém kroku byla lineární. Stejně jako u 150 byly jízdní odpory počítány z průměrné rychlosti. Průběh síly při uvažovaném rozjezdu je vykreslen v trakční charakteristice, jež se součástí přílohy 2.

Ztráty v pulsní regulaci není možné vyčíslit stejným způsobem jako u odporové regulace. K získání hodnot účinností bylo nutné provést měření. Měření probíhalo na lokomotivě řady 362 (stejná elektrická výzbroj jako 363) v režimu zkoušky kotevních pulsních měničů, kde měniče nenapájí motory, ale brzdový odporník. Hodnoty byly odečítány pomocí zařízení elektronických ochranných, které měří proud trolejí I_T , proud odporníkem I_R a napětí v troleji U_T . Zároveň byl naměřen výkon určený pro pomocné pohony, tj. nabíječ a ventilátory v plných otáčkách. Jelikož se otáčky ventilátorů mění s kotevním proudem, byly pro měření trvale předvoleny plné otáčky. K získání účinnosti pulsních měničů byl použit vztah:

$$\eta_{PM} = \frac{P_R}{P - P_P}, \quad (5)$$

kde:

- P_R je výkon zmařený v brzdovém odporníku [W].
- P je příkon lokomotivy [W].
- P_P je výkon odebíraný pomocnými pohony [W].

Odpor brzdového odporníku byl změřen multimetrem přímo na vozidle, jeho hodnota činí 6,1 Ω . Výkon zmařený v odporníku se vypočte jako:

$$P_R = R \cdot I_R^2 \text{ [W]}. \quad (6)$$

Tab. 1 Hodnoty naměřené ve zkoušce kotevních pulsních měničů na lokomotivě řady 362 a odpovídající účinnosti.

I_R [A]	I_T [A]	U_T [V]	η_{PM}
267	161	3409	0,937
317	217	3384	0,943
408	351	3326	0,938
484	490	3265	0,943

Hodnoty naměřené při zkoušce kotev a odpovídající účinnosti jsou v tab. 1. Výkon odebíraný pomocnými pohony $P_p = 79,327$ kW. Jelikož se hodnoty účinností příliš neliší, byla pro výpočty zvolena jejich průměrná hodnota, tj. 94 %.

Jelikož se jedná o cize buzené motory, je zapotřebí uvést i výkon pro pulsní měnič buzení. Z [8] plyne, že při plném otevření pulsního měniče buzení je napětí buzení 300 V a proud buzení 110 A. Z toho lze zjistit odpor budícího vinutí jako:

$$R_b = \frac{U_b}{I_b} = \frac{300}{110} = 2,73 \Omega, \quad (7)$$

potom je možné určit výkon pulsního měniče buzení pouze v závislosti na proudu buzení a při uvažování stejné účinnosti jako u ostatních pulsních měničů. Proud buzení byl odečten z trakční charakteristiky a dosazen do rovnice:

$$P_{PMB} = \frac{R_b \cdot I_b^2}{\eta_{PM}} \text{ [W]}. \quad (8)$$

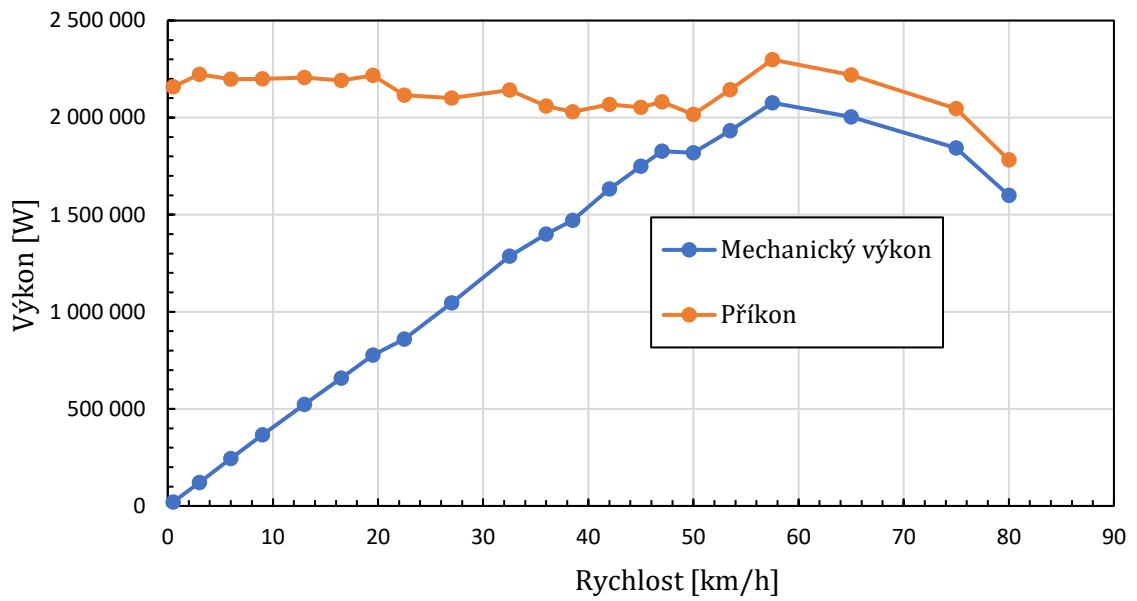
Veškeré ztráty v přepojovačích, vodičích, tlumivkách atd. jsou zohledněny v měření. Uvažovaná účinnost trakčních motorů je 93 % [7]. Vztah pro příkon lokomotivy má tvar:

$$P = P_p + P_{PMB} + \frac{P_m}{\eta_{TM} \cdot \eta_{PM}} \text{ [W]}, \quad (9)$$

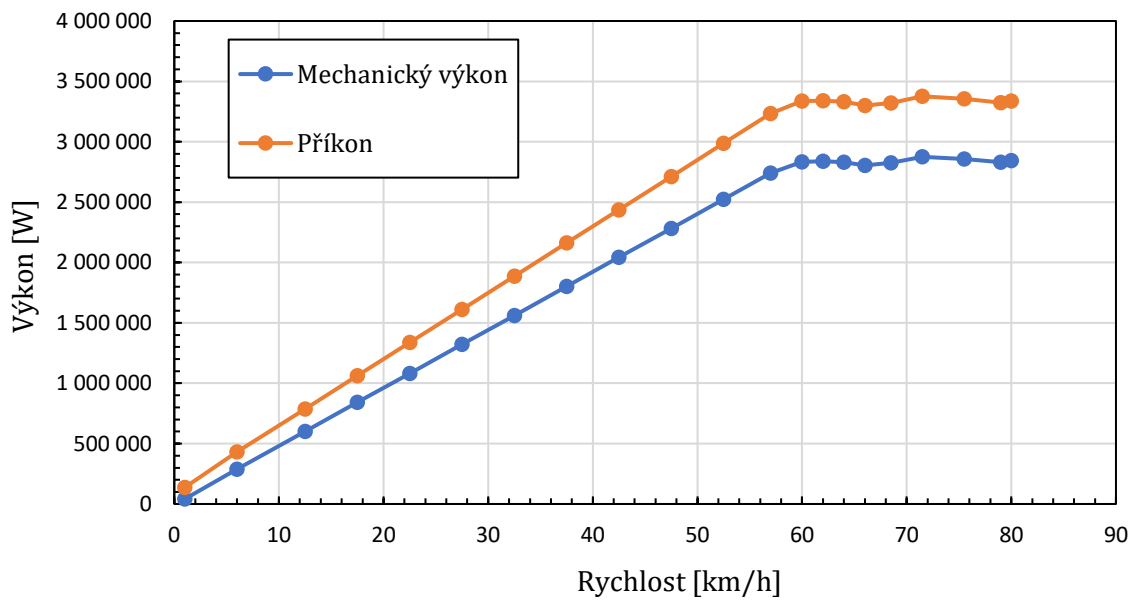
kde:

- P je příkon lokomotivy [W],
- P_p je odebíraný výkon pomocných pohonů, tj. nabíječe baterií a ventilátorů [W],
- P_{PMB} je odebíraný výkon pulsního měniče buzení [W],
- P_m je mechanický výkon lokomotivy [W],
- η_{TM} je účinnost trakčních motorů,
- η_{PM} je účinnost pulsních měničů.

Průběh příkonu a výkonu lokomotivy řady 363 při rozjezdu z klidu na 80 km/h je na obr. 2.



Obr. 1 Závislost příkonu a mechanického výkonu lokomotivy řady 150 na rychlosti pro uvažovaný rozjezd.



Obr. 2 Závislost příkonu a mechanického výkonu lokomotivy řady 363 na rychlosti pro uvažovaný rozjezd.

3.4 Porovnání regulace při jízdě ustálenou rychlostí

Z rozjezdového grafu na obr. 1 je vidno, že se snižujícími odporovými stupni (vyšší rychlostí) se poměr mechanického výkonu a příkonu zmenšuje. Na tzv. hospodárných stupních jsou ztráty v odporových prakticky nulové. Na těchto stupních má lokomotiva nejvyšší účinnost.

Pulsní lokomotiva má odlišné vlastnosti. Její ztráty se v závislosti na rychlosti víceméně nemění a udržuje si tak přibližně stejnou účinnost při rozjezdu i při jízdě ustálenou rychlostí. Dále je nutné uvažovat i způsob řízení. Například při jízdě v režimu ARR (automatický regulátor rychlosti) nemusí lokomotiva trvale odebírat výkon ze sítě, nýbrž v závislosti na zpětných vazbách regulační soustavy najíždí a sjíždí z výkonu tak, aby udržela požadovanou rychlost.

Početně bylo možné určit účinnost při jízdě konstantní rychlostí stejně jako při rozjezdu akorát se zátěží zvolenou tak, aby bylo zrychlení nulové. Pro rychlost 110 km/h, kdy lokomotiva řady 150 jede na 51. stupni, vychází její účinnost přibližně 91,5 %. Lokomotiva 363 vychází o něco méně na 85 %. Výpočty jsou součástí přílohy 3 a 4.

Je možné tvrdit, že za nějakých podmínek může mít odporová lokomotiva zhruba o 6,5 % větší účinnost. Jenže není možné tvrdit, že je tomu tak obecně, jako například u rozjezdu. Na tratích je spousta oblouků a stoupání, v nichž musíme zrychlovat a třeba využít i jiné než hospodárné stupně. Nebo zátěž zrovna není v takovém souladu s traťovou rychlostí a na hospodárný stupeň nevychází. Lokomotivy také mohou jet jen výběhem při občasném zrychlování, jako je tomu při použití ARR u lokomotiv pulsních, ale u lokomotiv odporové regulace (kromě 150, 151) to znamená sjetí z jízdnicích stupňů na nulu a poté najíždění na nízké odporové stupně, které mají největší ztráty. Výkon pomocných pohonů bude také hrát roli, pro řazení stupňů u odporové regulace jsou využívány elektropneumatické stykače. Spotřeba stlačeného vzduchu bude větší a tím pádem kompresor nebo kompresory lokomotivy budou muset zásobu vzduchu doplňovat častěji. Řízení otáček ventilátorů na pulsních lokomotivách také spotřebu ovlivní. A konečně na celkovou účinnost má vliv absolutní hodnota mechanického výkonu, ta je ale vzhledem k rozdílným lokomotivám jiná.

Pro jednoznačné určení toho, která lokomotiva je při jízdě ustálenou rychlostí účinnější, by bylo potřeba provést několik experimentů a měření v různých traťových úsecích, při různých zátěžích a rychlostech. Výsledkem by potom bylo zjištění, na kterých tratích a pro jaký druh zátěže by bylo vhodnější využít lokomotivu odporovou, respektive lokomotivu pulsní. Dokud však takový výzkum nebude proveden a vyhodnocen, není možné říci, že se tyto dvě lokomotivy při jízdě ustálenou rychlostí značně liší.

4 Výběr elektrických lokomotivy pro konverzi

Existuje celá řada stejnosměrných lokomotiv, ale ne všechny disponují takovými atributy, aby byly ideálními kandidáty pro konverzi. Je totiž žádoucí, aby byla splněna hlavní myšlenka konverze – ekonomická úspora.

V této kapitole budou uvedena kritéria pro konverzi elektrických lokomotiv a následně podle nich srovnána hnací vozidla stejnosměrné trakce.

4.1 Kritéria pro konverzi elektrických lokomotiv

4.1.1 Konstrukce

Konstrukce vozidla musí dovolit umístění prvků střídavé elektrické výzbroje, tj. transformátoru, usměrňovače, střídavého hlavního vypínače a případných dalších komponentů. Výhodu zde budou mít lokomotivy vycházející z lokomotiv dvousystémových. U ostatních je také určitě možné upravit stávající prvky a umístit střídavou výzbroj, ovšem je nutné brát v potaz finanční a časovou náročnost těchto úprav. Taktéž bude cílem co nejvíce zachovat původní (osvědčenou) konstrukci vozidla.

Dalším faktorem je, zda je vozidlo z hlediska konstrukce do budoucna perspektivní. Nároky železniční dopravy rostou a vozidla staršího data výroby stěží těmto nárokům vyhovují. Důležitý bude výkon vozidel a možnost využití elektrodynamického brzdění (EDB).

4.1.2 Možnost instalace ETCS

Od 1. ledna 2025 nebudou smět na české železnice vyjet vozidla bez palubní části vlakového zabezpečovače ETCS. Při konverzi vozidel se nepočítá s tím, že by vozidlo v roce 2025 ukončilo provoz, a tak i instalace palubní části ETCS bude nutnou podmínkou. Vzhledem k rostoucí ceně za instalaci je nutné zohlednit to, zda se to u některých vozidel vůbec vyplatí. V současné době se ceny pohybují okolo 13 milionů korun za kus.[9]

Výběr vozidla pro vybavení systémem ETCS má podobná kritéria jako konverze lokomotiv a mohli bychom zde dlouho polemizovat, na která vozidla by ho bylo vhodné umístit a na která ne. Poslední slovo má ovšem vždycky majitel vozidla, a tak tento bod lze interpretovat takto: Pokud majitel vozidla nebude provádět instalaci ETCS na vozidle, nemá smysl u tohoto vozidla provádět konverzi.

4.1.3 Počet vozidel

Cena projektu na přestavbu vozidel se bude odvíjet od jejich počtu. Stejně jako u výroby, při malém počtu kusů může cena vzrůst natolik, že už se nevyplatí produkt vyrábět. Jako příklad je možné uvést lokomotivy řady 184.5. Lokomotivy jsou pouze čtyři. Jejich náhrada novými lokomotivami nebude tak finančně náročná a možná se dokonce i vyplatí.

4.1.4 Regulace výkonu

Tato kapitola je závěrem kapitoly 3, kde byla srovnána regulace odporové lokomotivy řady 150 s pulsní lokomotivou řady 363.

Na úvod je nutné zdůraznit, že absolutní hodnoty vypočtené v kapitole 3 nebudou přesně odpovídat těm skutečným. V odečítání z trakčních charakteristik a postupech trakční mechaniky byla využita určitá zjednodušení. Dále byla stanovená účinnost trakčních motorů 93 % uvažována v celém rozsahu výkonů, ve skutečnosti se však může v závislosti na výkonu trochu lišit. A nakonec nebyly uvedeny mechanické ztráty přenosu výkonu, jelikož by byly u obou strojů dosti podobné a při uvádění poměrných ztrát by se nijak neprojeví. K tomu všemu ještě další menší nepřesnosti, které se při teoretických výpočtech neprojeví.

Při rozjezdu byla určena průměrná účinnost odporové lokomotivy přibližně 67,4 %, u lokomotivy pulsní 83,6 %. Účinnost zde byla vyjádřena jako celková mechanická práce podělená celkovou přivedenou elektrickou energií. Jasně lze říci, že odporová regulace je při rozjezdech značně ztrátová. Při jízdě na hospodárných stupních teoreticky vyhraje o zhruba 6,5 % lokomotiva odporová, avšak z důvodů uvedených v 3.4 není tomuto rozdílu přikládána příliš velká váha. Výpočty jsou uvedeny v přílohách 3, 4 a 5.

Jako další výtka k odporové regulaci by mohla být její neplynulost, ta se může projevit rázy v mechanické konstrukci nebo nedokonalostí automatické regulace rychlosti (je-li na vozidle instalována).

Na závěr tedy plyne, že odporové lokomotivy by mohly být vhodné pro dálkovou osobní dopravu, kde je rozjezd poměrně rychlý a zastávek je málo. Nebo pro dopravu nákladních vlaků za předpokladu vhodné zátěže, vhodných traťových podmínek a vhodného počtu zastávek. Pulsní lokomotivy jsou univerzální, pro jejich regulaci nehraje využití žádnou roli. Jejich univerzálnost a moderní způsob řízení jim stále umožní konkurovat nejnovějším strojům s asynchronními motory, což se o odporové regulaci říci nedá. Při konverzi elektrických lokomotiv by tak měla být dána přednost lokomotivám s pulsní regulací výkonu.

4.2 Srovnání vozidel

4.2.1 Lokomotivy řady 130

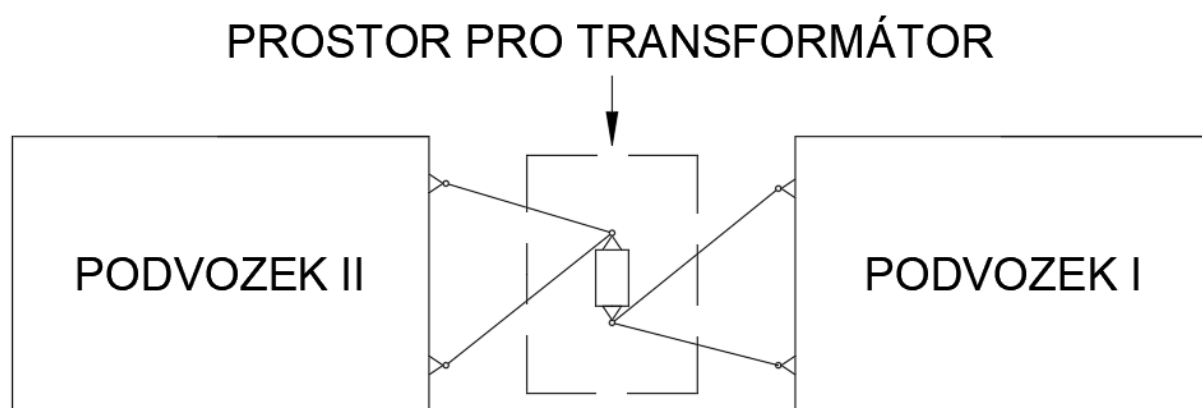
Lokomotivy řady 130 svou konstrukcí vychází ze starších řad 122, 123. Jedná se tudíž o čistě stejnosměrné stroje, ale s podvozky Škoda II. generace. Vložení střídavé části by znamenalo značnou reorganizaci stroje a případně i nahrazení stávajících komponentů. V rámci lokomotivy by bylo zapotřebí vytvořit prostor pro uložení transformátoru, což by také znamenalo přesunutí lokomotivních baterií na jiné místo. Jednoznačně se by se jednalo o finančně i časově náročnou operaci.

Výkon lokomotivy dosahuje pouze 2040 kW a maximální rychlost 100 km/h. Rychlost se jako obrovský problém nejeví, lokomotivy jsou používány převážně pro nákladní dopravu, ale celkový výkon je do budoucna nepostačující. Oproti novým strojům o výkonech 6400 kW není ani třetinový. Lokomotiva využívá odporovou regulaci výkonu a nemá zabudovanou EDB. [10]

Vzhledem k velkému počtu strojů se uvažuje o instalaci ETCS na 41 strojů společnosti ČD Cargo, ovšem žádný konkrétní prototyp zatím neexistuje. [11]

4.2.2 Lokomotivy řady 150, 151

Lokomotivy řady 150, některé později rekonstruované na řadu 151, jsou svou konstrukcí odvozené z dvousystémových lokomotiv řady 350. Střídavá část by potom mohla být instalována obdobně jako na strojích řady 350. Komplikace nastává s umístěním transformátoru. Lokomotivy 150 a 151 byly osazeny mezipodvozkovou vazbou, která neumožňuje transformátor na rámu uložit [12]. Muselo by dojít buď k demontáži nebo instalaci podobné vazby jako je na lokomotivách 163 a 363. Situace je znázorněna na obr. 3.



Obr. 3 Schéma vazby mezi podvozky na lokomotivách řady 150.

Výkonově se řadí mezi nejvýkonnější české lokomotivy. Dosahují výkonu 4000 kW a stroje 151 jsou schopné jezdit rychlostí 160 km/h. Nevýhodou je odporová regulace výkonu, avšak vzhledem k využití těchto strojů pro dálkovou osobní dopravu se jedná pouze o malé mínus. Navíc jsou lokomotivy vybaveny řídicím systémem, který dovoluje přeskakovat jízdní stupně a tím zmenšovat ztráty při najíždění a sjíždění z výkonu. Výkon EDB je 3600 kW, rozsah rychlostí 160-25 km/h (151) nebo 140-45 km/h (150), nejedná se o rekuperační brzdění, nýbrž o brzdění do odporníku. [13]

V současné době není zajištěna instalace ETCS na tyto řady. Pro řady 150 se navíc počítá s postupným vyřazením z provozu a nahrazením novějšími hnacími vozidly. [14]

4.2.3 Lokomotivy řady 371, 372

Elektrické lokomotivy řad 371 a 372 jsou sice dvousystémové, ale jejich druhý systém není střídavý systém 25 kV/50 Hz, nýbrž 15 kV/16,7 Hz. Konverze by neznamena přidání nových elektrických komponentů, ale nahrazení těch stávajících kompatibilními prvky s napájecí soustavou 25 kV/50 Hz. Nedojde tak k žádným zásadním mechanickým úpravám konstrukce.

Tato řada není příliš oblíbená. Je tomu kvůli odporové regulaci a malému výkonu. Lokomotivy vznikaly v době, kdy už existovala pulsní regulace, a její nevyužití na těchto řadách je značnou nevýhodou. Výkon lokomotivy je 3080 kW a maximální rychlost 120 km/h pro řadu 372 a 160 km/h pro řadu 371. Výkon EDB je 2020 kW a jedná se o brzdění do odporníku. [15]

Problém nastává s počtem lokomotiv, vyrobeno bylo 35 kusů. ČD provozují pouze 7 těchto strojů a nechaly se slyšet, že při tak malém počtu lokomotiv se finančně nevyplatí osazení ETCS. Ze stejných důvodů se nejspíš nevyplatí ani lokomotivy rekonstruovat. [14], [15]

4.2.4 Lokomotivy řady 162, 163

Stroje řady 162/163 jsou považovány, díky své elektronické výzbroji, za nejmodernější lokomotivy Škoda II. generace. Konstrukčně vychází z dvousystémových lokomotiv 362/363, které byly ocesány o střídavou část. Dosazení střídavé části zpět není nijak značně komplikováno.

Lokomotivy 162 jsou zrychlené a dosahují rychlosti 140 km/h, řada 163 má maximální rychlost stanovenou na 120 km/h. Z toho plyne, že jejich použití by vyhovovalo více nákladním a osobním vlakům, nikoliv rychlíkům či expresům. Výkon je 3480 kW, tudíž menší než u 150. Velkou výhodou zde představuje pulsní regulace výkonu a řízení lokomotivy elektronickým regulátorem. EDB má výkon 3000 kW, může brzdit do rychlosti 7 km/h. Opět se jedná od brzdění do odporníku. [16]

Instalace ETCS na těchto strojích, a i na strojích 362, 363 aktuálně probíhá. V současnosti už vyjelo na trať několik prototypů společnosti ČD Cargo, která plánuje vybavení 78 lokomotiv řad 163 a 363. [17], [18]

4.3 Závěr

Z textu vyplývá, že nejlepší kandidát pro konverzi lokomotiv je řada 162/163. Vyhovuje všem kritériím a také její konverze už v minulosti proběhla a je plánována i další [18]. Lokomotivy řady 371/372 a 130 vyšly jako značně nevhodné. Lokomotivy řady 151 jsou hlavně díky svému výkonu, rychlosti a řídicímu systému vyrovnanějším soupeřem, ale způsob regulace, řešení mezipodvozkové vazby a prozatím nevyřešené ETCS mohou být důvody, proč se o takové konverzi neuvažuje. Práce se dále bude zabývat pouze konverzí lokomotiv řady 163 na řadu 363.

5 Popis lokomotiv řady 163 a 363

Lokomotivy 163 a 363 patří do tzv. unifikované řady univerzálních elektrických lokomotiv Škoda II. generace. Disponují pulsní regulací výkonu, která je dnes sice překonána modernějšími způsoby řízení s asynchronními motory, ale na svou dobu byla značně pokroková. Jako první byl do provozu uveden stroj 363, a to v roce 1979. Později roku 1984 byly vyrobeny první prototypy řady 163. Trvalý výkon lokomotiv 163 je 3480 kW. Výkon řady 363 je 3480 kW na stejnosměrném systému a 3060 kW na střídavém systému. Obě lokomotivy mají maximální rychlost 120 km/h. [19]

Jak už bylo v přechozím odstavci zmíněno, lokomotivy jsou z velké části unifikovány. Zjednodušeně lze říci, že lokomotiva 163 je lokomotiva 363 bez střídavé elektrické výzbroje. A do jisté míry tomu opravdu tak je. V mechanické konstrukci se lokomotivy, kromě uložení elektrické výzbroje, neliší. Řízení a pneumatická výzbroj je také totožná. Značné rozdíly jsou tedy opravdu jen v absenci střídavé elektrické výzbroje a s ní souvisejících ovládacích obvodů.

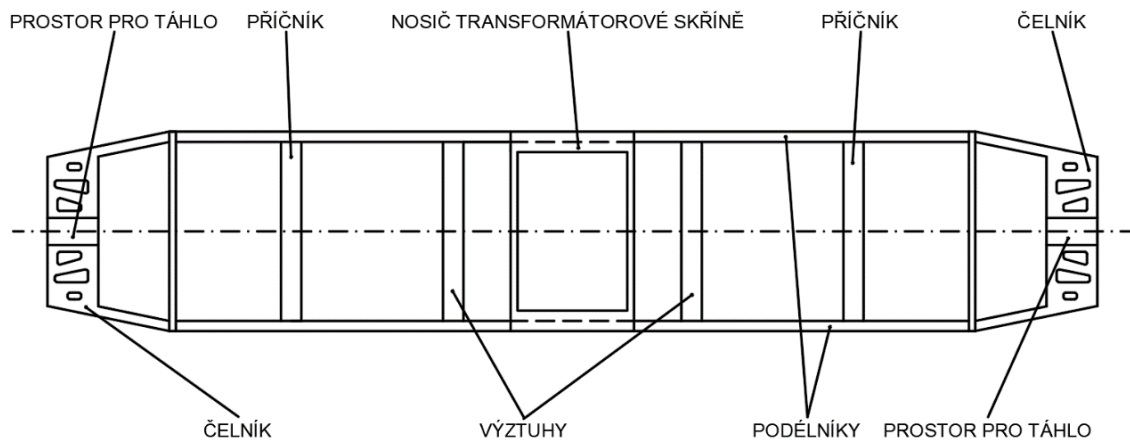
Z lokomotiv 163 a 363 je dále odvozeno několik dalších strojů. Jako příklad lze uvést řady 162 a 362, které jsou oproti původním řadám zrychlené na 140 km/h. Dále také existují varianty komunikující přes sběrnici WTB, které jsou řazeny do vlaků s řídicími vozy. Ovšem v práci bude uveden jen popis lokomotiv 163 a 363.

5.1 Skříň lokomotiv

Skříň lokomotivy se skládá ze spodku tvořeného hlavním rámem a nástavby, která zahrnuje dvě kabiny, strojovnu a střechu. Skříň je s podvozkem spojena pomocí podvlečeného příčnicku, viz 5.2. Značná část skříně je pro obě lokomotivy stejná, proto nebylo nutné popisovat každou lokomotivu zvlášť, jen objasnit rozdíly.

5.1.1 Spodek skříně

Nejdůležitějším prvkem spodku je hlavní rám svařený z ocelových plechů. Rám je složen tak, že ve výšce táhlového a narážecího ústrojí jsou čelníky a podélníky. Na podélnících se nachází sloupky nesoucí tzv. nadpodélníky, které spojují příčnicku a příčné výztuhy. Teprve až na nich je položena plechová podlaha. Čelníky jsou na představicích zúženy. Uprostřed čelníků jsou uložena odpružená táhla a po krajích trubkové nárazníky. Takováto konstrukce umožňuje přenos podélních sil z táhlového a narážecího ústrojí a zároveň ponechává dostatečně velký zástavbový prostor pro podvozky. Zjednodušený půdorys hlavního rámu je na obr. 4.



Obr. 4 Zjednodušený půdorys hlavního rámu lokomotiv řady 163 a 363.

Uprostřed rámu se nachází nosič transformátorové skříňe. Na lokomotivách řady 363 je transformátorová skříň tvořena transformátorem a prostorem pro soupravu tlumivek. Na řadách 163 transformátor není, ale souprava tlumivek ano. Obdobou transformátorové skříňe je tlumivková skříň, která má místo transformátoru balast pro vyrovnání hmotnosti. Oba typy skříní používají stejný nosič, lišící se pouze v počtu spojovacích šroubů. Podrobněji se transformátorové skříní bude věnovat kapitola 6.3.

K zachycení klopných momentů při působení tažné síly jsou na rámu v oblasti nad čelníky podvozků umístěny čtyři nápravové vyrovnávače. Vyrovnávače jsou řízeny regulátorem tahu, který spíná ventily vyrovnávačů nad předními čelníky ve směru jízdy. Ventilem je do vyrovnávačů vpuštěn stlačený vzduch o tlaku 6,3 barů, který vysune válce vyrovnávačů a přitlačí je k čelníkům rámu podvozku.

Rám dále obsahuje narážky pro vymezení příčných a svislých vůlí v sekundárním vypružení, schůdky, hadice průběžného a napájecího potrubí, hlavní vzduchovjemy, smetadla, kabely a zásuvky vlakového topení, osvětlení podvozků, spoj s podvlečeným příčnickem a mnoho dalších drobnějších komponentů.

5.1.2 Nástavba skříňe

Kostra nástavby je obložena plechy s podélnými prolisy, které zvyšují tuhost skříňe. Na předstávcích je nástavba, stejně jako hlavní rám zúžena. V pravé bočnici (ve směru jízdy z prvního stanoviště) jsou čtyři kulatá okna. V levé bočnici je umístěn pruh žaluzií pro větrání strojovny a nad ním čtyři obdélníková okna. Součástí bočnic jsou také dvířka do skříňe s akumulátorovou baterií. [16]

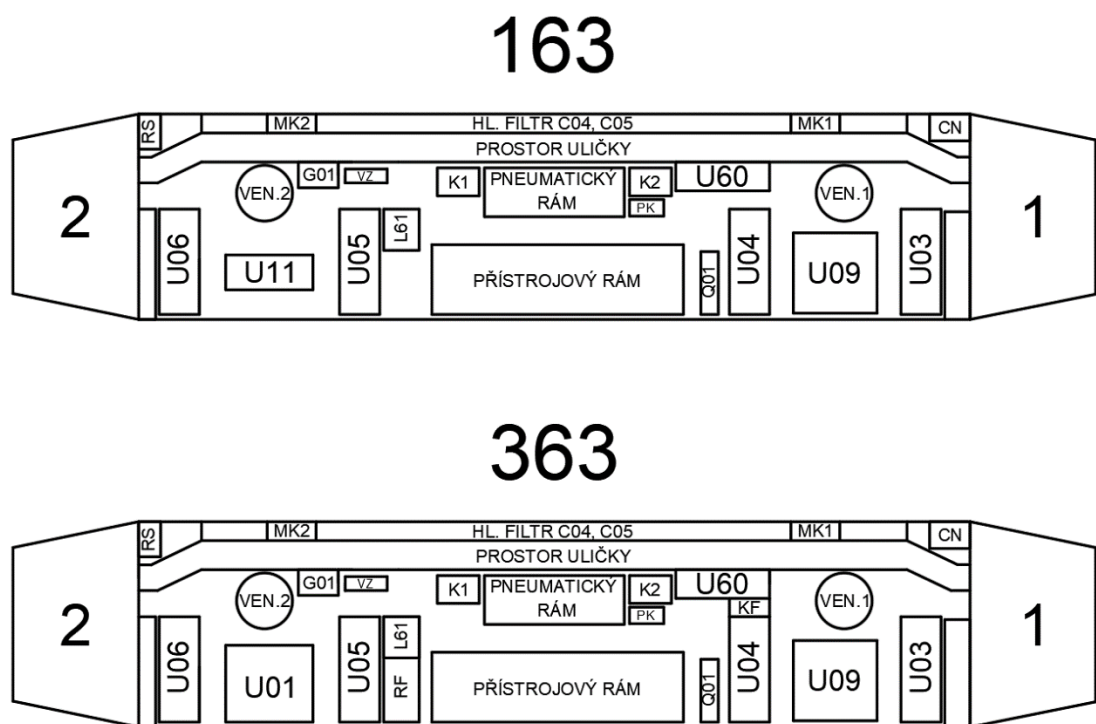
Čela kabiny jsou zkosena směrem ven v oblasti oken a směrem dovnitř v oblasti pod okny. Uprostřed pod okny je umístěn reflektor, o něco níže na krajích jsou návěsní světla. Do kabin se vstupuje dveřmi z obou stran. Dále jsou součástí kabin madla a ochozy.

Střecha je rozdělena na pět částí. Dvě části nad každou kabinou obsahují klimatizační jednotky a antény radiostanice. Prostřední střecha je tzv. odporníková střecha, která v sobě má brzdové odporníky a jejich čtyři chladící ventilátory. Na bocích odporníkové střechy jsou žaluzie, které lze z jedné strany ručně ovládat pákou uvnitř strojovny. Poslední dvě střechy jsou pod sběrači proudu. Krom sběračů je možné na nich najít střídavý hlavní vypínač (363) a různé přepojovače, odpojovače a izolátory. Tyto dvě střechy jsou jediným prvkem nástavby, kde se lokomotivy nějak liší. Podrobný popis rozmístění komponentů střechy a poukázání hlavních rozdílů bude součástí kapitoly 6.2.

5.1.3 Uspořádání interiéru

Součástí kabin jsou řídicí stanoviště strojvedoucího. Obě stanoviště jsou unifikované koncepce, rozdíl najdeme jen v ovládacích prvcích na řídicím pultu. První stanoviště má na své zadní stěně skříň elektroniky, na druhém stanovišti je hygienický koutek, lednička a skříňka. Stanoviště jsou oddělena od strojovny dveřmi.

Rozmístění prvků ve strojovně je na obr. 5. Podstatný rozdíl je vidět v prostoru mezi U05 a U06, kde je umístěn buď diodový blok U11 (163), nebo usměrňovač U01 (363). Dále je nad tlumivkou L61 na lokomotivách 363 umístěn rezonanční filtr a vedle U60 kompenzační filtr. [7]



Obr. 5 Uspořádání komponentů uvnitř strojovny lokomotiv řady 163 a 363.

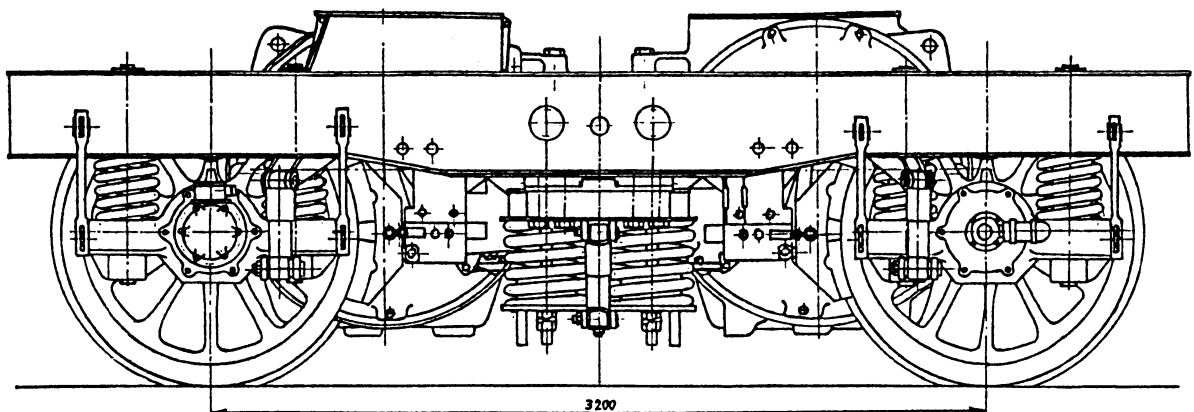
Význam zkratk na obr. 5 je:

- K1, K2 jsou kompresory,
- MK1, MK2 jsou motory klimatizace,
- PK je pomocný kompresor,
- CN je centrální napáječ,

- VEN. 1, VEN 2 jsou ventilátory,
- RS je reléová skříň,
- Q01 je stejnosměrný hlavní vypínač,
- U01 je usměrňovač,
- U11 je diodový blok,
- U03, U04, U05, U06 jsou kotevní pulsní měniče,
- U09 je pulsní měnič buzení,
- U60 je pulsní měnič pomocných pohonů,
- G01 je nabíječ baterií,
- RF je rezonanční filtr,
- KF je kompenzační filtr,
- VZ skříň vlakového zabezpečovače,
- L61 je tlumivka pomocných pohonů.

5.2 Unifikovaná pojezdová část

Lokomotivy řady 163 i 363 jsou vybaveny unifikovanými podvozky Škoda II. generace, které byly v různých modifikacích použity také na řadách 150, 151, 350, 130 a dalších. Návrh podvozku je na obr. 6.

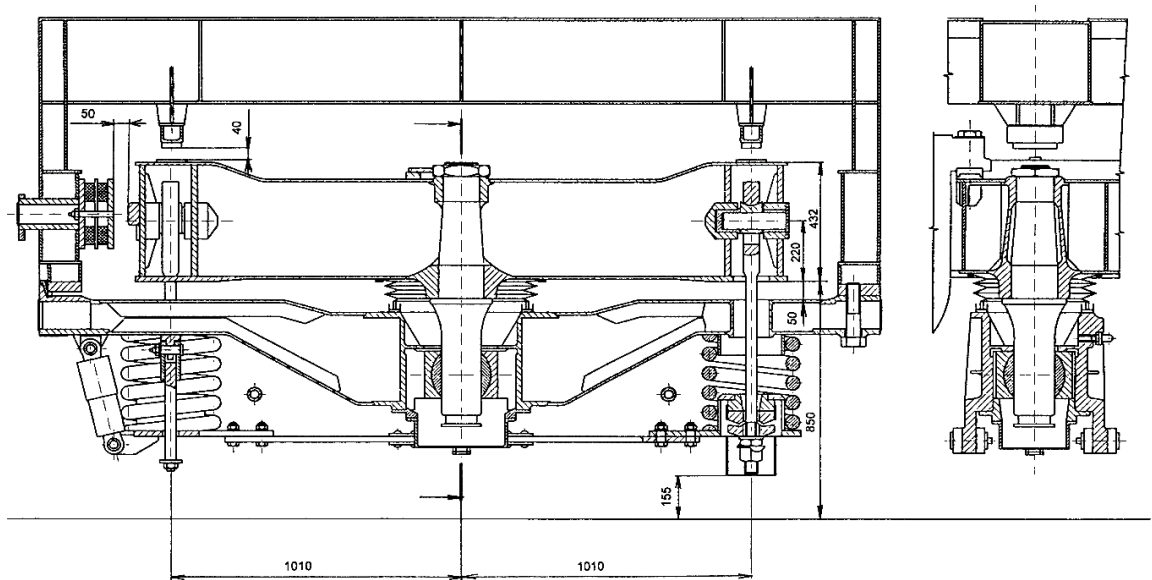


Obr. 6 Návrh podvozku Škoda II generace používaného na lokomotivách řady 163 a 363. [20]

Dvojkolí je složeno z obručových kol hvězdicového provedení a duté nápravy. Pohon dvojkolí je obstaráván převodovkou, jejíž velké ozubené kolo je pevně spojeno s nápravou, malé kolo je poháněno kloubovým hřídelem Škoda, uloženým v dutině trakčního motoru. Trakční motory jsou pevně uloženy na rámu podvozku. Dvojkolí je vedeno pomocí svislých čepů vycházejících z podélníku rámu podvozku. Svislé čepy jsou vsunuty do vodících pouzder v ložiskových skříních. Vodící pouzdra tvoří silentbloky a kluzná pouzdra mazaná olejem. Vně vodících čepů se nachází pružiny primárního vypružení s paralelně řazeným hydraulickým tlumičem. Součástí ložiskových skříní jsou nápravové snímače otáček a uzemňovače.

Samotný rám podvozku je tvořen dvěma podélníky, dvěma čelníky a středním příčnickem. Přenos podélných sil mezi skříní vozidla a rámem podvozku obstarává otočný čep, který je zalisován do středního příčnicku a svou spodní část s kulovým čepem je zapuštěn do olejové lázně v tzv.

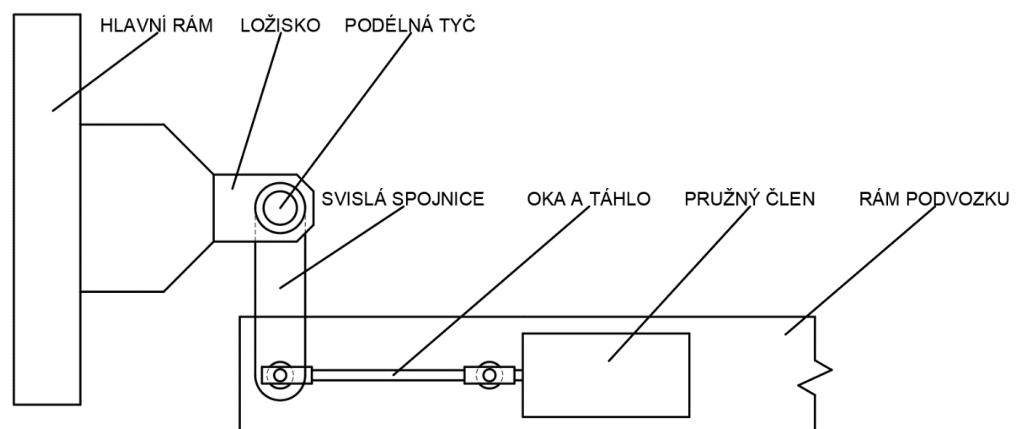
podvlečeném příčnicku. Na výstupcích podvlečeného příčnicku je uložena skříň vozidla. Svislé zatížení je přenášeno z podvlečeného příčnicku na pružiny sekundárního vypružení a dále pomocí závěsů na rám podvozku. Nosiče sekundárního vypružení jsou příčně vázány k podvlečenému příčnicku. V příčném směru jsou mezi skříní a rámem podvozku vůle, po jejich vyčerpání jsou síly přenášeny pružnými narážkami. Situace je znázorněna na obr. 7.



Obr. 7 Sekundární vypružení a přenos sil mezi skříní a pojezdem u podvozků Škoda II. generace. [20]

5.3 Vazba mezi podvozky

Na lokomotivách 163 a 363 je kvůli transformátorové skříni provedena vazba mezi podvozky odlišně než u ostatních lokomotiv Škoda. Na čelníku prvního podvozku, směrem do středu lokomotivy, je umístěn pružný člen. Ten je oky, táhlem a svislou spojnicí spojen s podélnou tyčí uloženou v ložiscích na hlavním rámu. Na druhé straně je tyč opět oky, táhlem a svislou spojnicí spojena s konzolí na čelníku druhého podvozku. Při natočení jednoho z podvozků kolem svislé osy se nejdříve vyčerpá vůle 6 mm v pružném členu, při dalším natáčení se pružina pružného členu stlačuje až o 41 mm. Po dovršení této deformace není vazba mezi podvozky pružná, ale pevná. [7] Boční pohled na mezipodvozkovou vazbu je na obr. 8.



Obr. 8 Boční pohled na mezipodvozkovou vazbu lokomotiv řady 163 a 363.

5.4 Pneumatická výzbroj a brzdy

Výrobu stlačeného vzduchu zajišťují dva pístové kompresory. Zásobníky stlačeného vzduchu o tlaku 10 barů jsou umístěny pod čelníky rámu skříně. Ze zásobníků putuje vzduch do pneumatického rámu, kde se nachází většina pneumatické výzbroje jako pomocné vzduchojemy, kohouty, elektropneumatické ventily, tlakové spínače, rozvaděč atd. Přímočinná brzda je ovládána brzdiči DAKO BP na obou stanovištích. Samočinná brzda je řízena elektrickým brzdičem DAKO BSE, který je součástí pneumatického rámu. Ovládání elektrického brzdiče zprostředkovávají dva brzdiče DAKO OBE1 na každém stanovišti. [16]

Dvojkolí jsou brzděna jednostrannou špalíkovou brzdou, vždy z vnitřní strany podvozku. Aby nedocházelo k současnému brzdění samočinnou pneumatickou brzdou a elektrodynamickou brzdou (EDB), je na lokomotivách vytvořena součinnost těchto dvou brzd. [8]

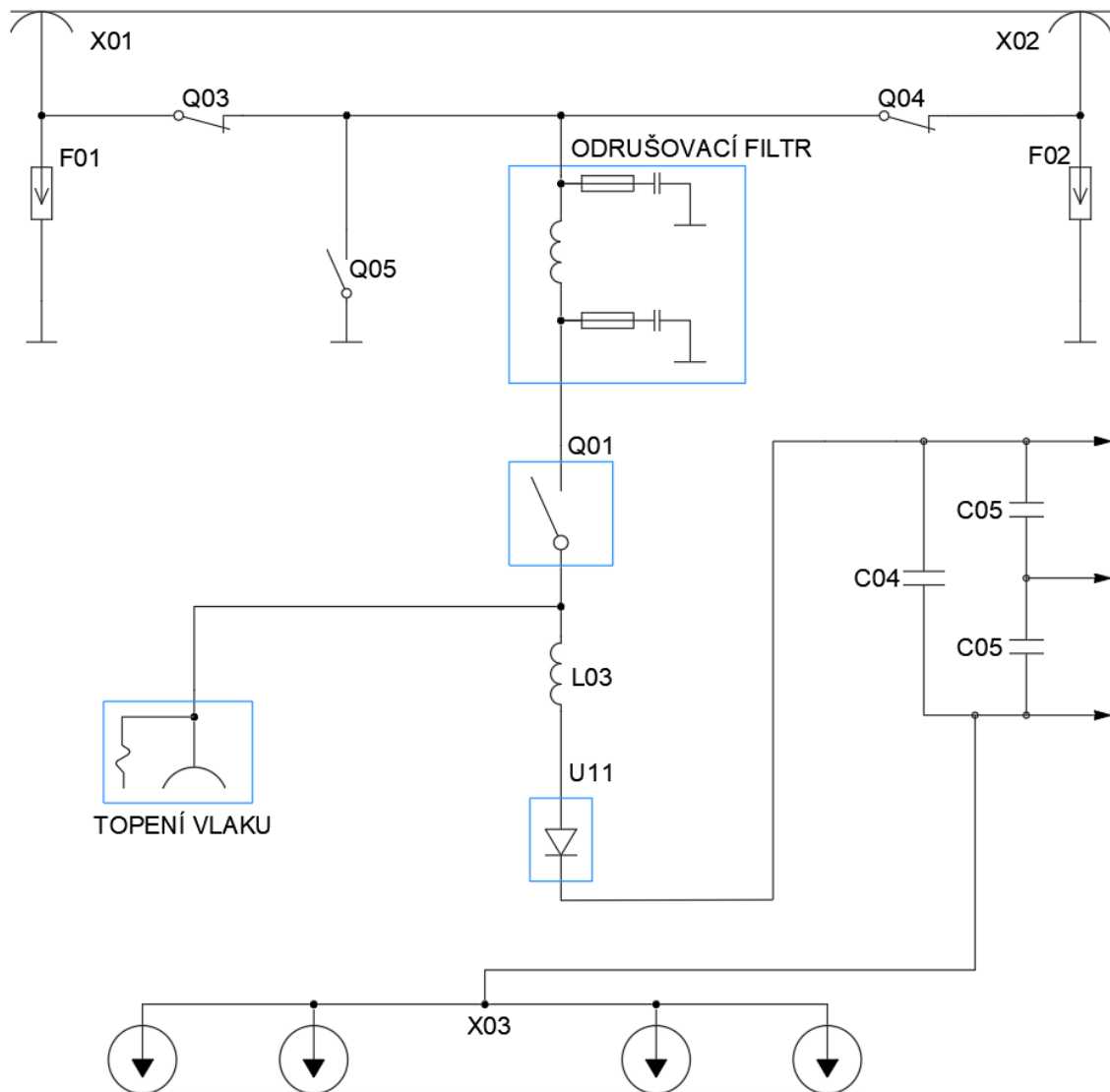
K další pneumatické výzbroji patří pískovací zařízení (dnes většinou TRIBOTEC), mazání okolků, houkačky, píšťaly a veškeré elektropneumatické ventily pro ovládání sběračů, přepojovačů atd.

5.5 Popis elektrické části

V elektrické části jsou obě lokomotivy do jisté míry také sjednoceny, odlišují se hlavně ve způsobu přivedení proudu k hlavnímu filtru. Důvodem je existence střídavé části na lokomotivách řady 363. S rozdíly v silnoprůdých obvodech souvisí i rozdíly v obvodech ovládacích, ty budou ovšem shrnuty jen stručně. Popis vychází z literatury [7] a [8].

5.5.1 Napájení hlavního filtru na lokomotivách řady 163

Schéma zapojení je na obr. 9. Proud z troleje je odebírán jedním ze sběračů X01, X02. Každý sběrač má svůj elektropneumaticky ovládaný odpojovač Q03, Q04. Před odpojovači jsou zapojeny bleskojistky F01, F02, které chrání obvody lokomotivy před přepětím. K uzemnění lokomotivy slouží elektropneumaticky ovládaný uzemňovač Q05. Proud pokračuje přes odrušovací filtr k hlavnímu vypínači Q01. Za hlavním vypínačem je zapojena filtrační tlumivka L03 a diodový blok U11. Diodový blok odděluje hlavní filtr od troleje. Za diodovým blokem už následuje hlavní filtr C04, ze kterého jsou napájeny kotevní pulsní měniče a měnič pomocných pohonů. Součástí filtru je ještě kapacitní dělič C05, který rozděluje napětí na filtru C04 na 2×1500 V pro napájení pulsního měniče buzení. Mínusová větev hlavního filtru je uzemněna skrz nápravové uzemňovače X03. Vlakové topení o napětí 3 kV je odebíráno za hlavním vypínačem Q01.



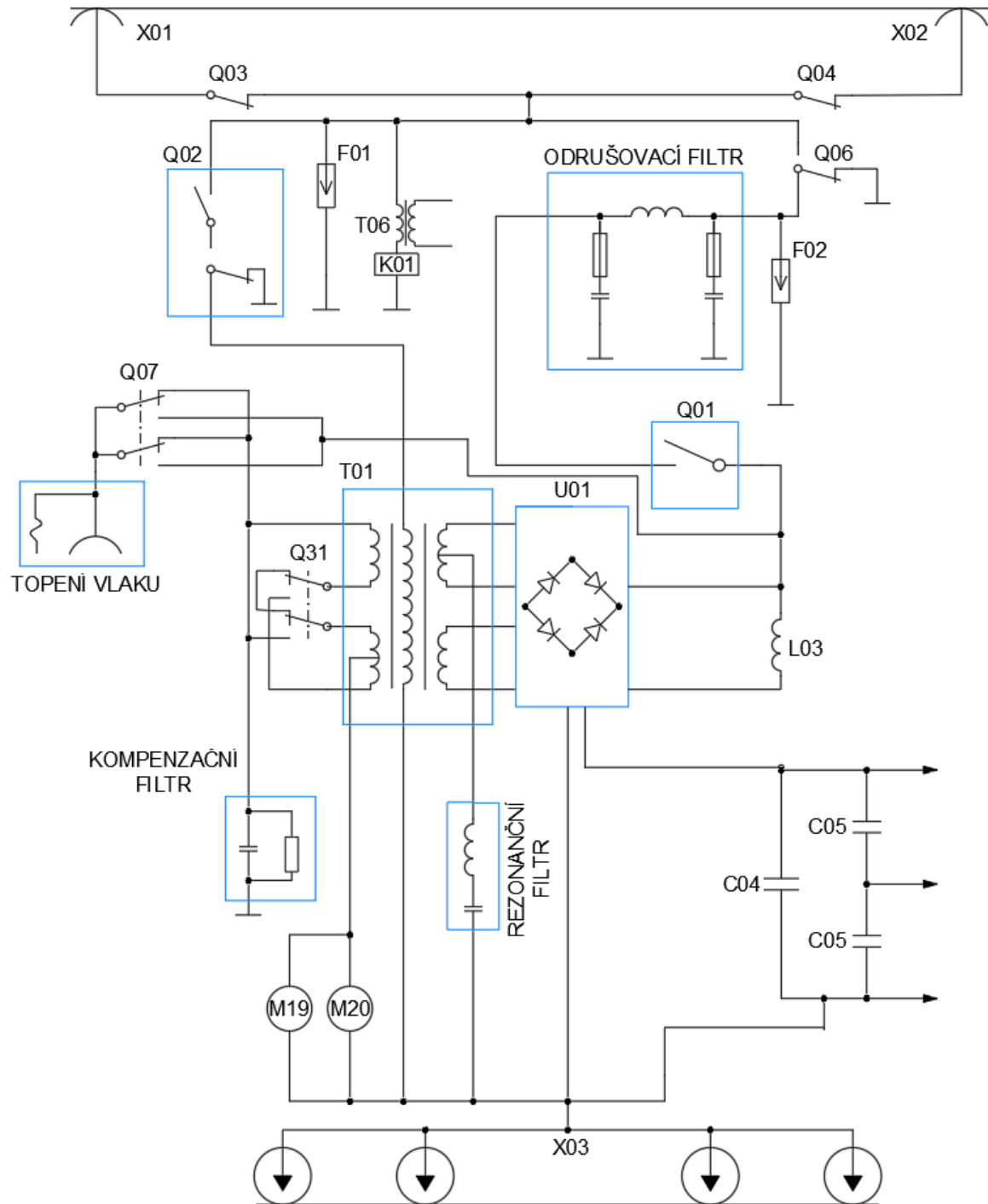
Obr. 9 Zjednodušené schéma napájení hlavního filtru na lokomotivách řady 163.

5.5.2 Napájení hlavního filtru na lokomotivách řady 363

Schéma přívodních obvodů lokomotivy 363 je na obr. 10. Proud z troleje je odebírán sběrači X01, X02. Sběrače jsou schopné odebírat proud obou napájecích systémů. K odpojení sběračů slouží ruční odpojovače Q03, Q04. Za odpojovači se obvod rozděljuje v závislosti na napájecím systému do dvou větví.

Stejnoseměrná větev

Při napájení ze stejnosměrné napájecí soustavy prochází proud přes zapojený odpojovač stejnosměrného systému Q06. Za Q06 je zapojena stejnosměrná bleskojistka F02 a odrušovací filtr. Dále už následuje stejnosměrný hlavní vypínač Q01, po něm filtrační tlumivka L03. Místo diodového bloku prochází proud usměrňovačem U01, který zde zastává stejnou funkci. Za usměrňovačem už je hlavní filtr. Napájení topení vlaku je odebíráno za hlavním vypínačem Q01 a vedeno k zásuvkám a kabelům přes přepojovač vlakového topení Q07.



Obr. 10 Zjednodušené schéma napájení hlavního filtru na lokomotivách řady 363.

Střídavá větev

Při napájení ze střídavé soustavy je proud veden přes střídavý hlavní vypínač Q02. Před střídavým hlavním vypínačem Q02 je ještě střídavá bleskojistka F01 a měřicí transformátor T06 a relé K01. Transformátor a relé slouží k indikaci napájecího systému pro ovládací obvody. Za Q02 obvod pokračuje trakčním transformátorem T01, který má několik sekundárních vinutí s pevným převodem. Trakční obvody jsou napájeny ze dvou vinutí s napětím 2×1667 V, které po usměrnění v usměrňovači U01 napájejí hlavní filtr. Na odbočku z trakčního vinutí je zapojen rezonanční filtr.

Dále má transformátor dvě vinutí pro topení vlaku, které se přepojovačem Q31 zapojí buď do série pro 3000 V \sim nebo paralelně 1500 V \sim . Proud topení vlaku musí také přejít přes přepojovač Q07. K topným obvodům je ještě připojen kompenzační filtr. Na odbočku z vinutí pro vlakové topení jsou zapojeny motory M19, M20 čerpadel trafooleje.

Hlavní filtr je složen stejně jako na lokomotivách řady 163. Krom hlavního filtru jsou k nápravovým uzemňovačům X03 vedeny čerpadla, transformátor a rezonanční filtr.

5.5.3 Unifikovaný trakční obvod a napájení pomocných pohonů.

Obě lokomotivy mají totožné stejnosměrné cize buzené trakční motory typu Al 4542 FiR. Kotvy trakčních motorů jednoho podvozku jsou zapojeny do série a napájeny dvojicí pulsních měničů vzájemně elektricky přesazených o 180 stupňů. Budicí vinutí všech čtyř motorů je zapojeno do série. Buzení motorů obstarává pulsní měnič buzení. Součástí měniče buzení je také rychlá ochrana filtru ROF. Volba směru jízdy a režimu brzda – jízda je uskutečněna pomocí elektropneumatiky ovládaných přepojovačů, které jsou součástí přístrojového rámu.

Při brzdění EDB je kinetická energie motorů mařena v brzdových odpornících. Každý odporník má k sobě paralelně řazeny dva chladící ventilátory, které jsou napájeny z úbytku napětí na odporníku. Brzdové odporníky také slouží pro režim zkoušení kotevních pulsních měničů.

Napájení pomocných pohonů obstarává pulsní měnič pomocných pohonů. Ten je složen ze dvou měničů, primárního a sekundárního. Primární měnič mění napětí filtru 3 kV na 600 V. Z napětí 600 V je napájen sekundární měnič, nabíječ lokomotivní baterie a klimatizace. Sekundární měnič napájí dva trakční ventilátory a dva kompresory. Topení stanoviště je napájeno z potenciálu 3 kV filtru C04.

5.5.4 Obvody nízkého napětí a řízení lokomotivy

Obvody nízkého napětí jsou napájeny z akumulátorové baterie 48 V. Řídící elektronika je napájena napětím 115 V/ 400 Hz, které zprostředkovává centrální napáječ, viz. 7.3. Mezi obvody nízkého napětí patří obvody ovládací. Značná část ovládacích obvodů je u obou lokomotiv totožná, hlavní rozdíly jsou způsobeny existencí střídavé části na lokomotivě řady 363.

Mezi odlišné části patří ovládání hlavního vypínače (hlavních vypínačů u 363). Na lokomotivách 163 je z řídicího pultu stanoviště nejprve přestaven uzemňovač Q05, a zapojen jeden nebo oba odpojovače Q03, Q04. Poté lze zapnout hlavní vypínač Q01 a následně zvednout sběrač. U lokomotiv 363 je postup jiný. Nejprve je zvednut sběrač, aby bylo možné identifikovat napájecí systém. Poté je buď zvolen střídavý systém a zapnut vypínač Q02 nebo zvolen stejnosměrný systém, kdy se zapojí Q06 a zapne hlavní vypínač Q01. Dále jsou podstatné rozdíly v obvodech ochrany a měření, kde na lokomotivě 363 přibyla střídavá část. Střídavou částí je myšleno hlavně měření proudů a difference transformátoru. Veškeré další obvody jsou až na drobné rozdíly totožné.

Obě lokomotivy jsou vybaveny stejnou řídicí elektronikou, ta se nachází ve skříni elektroniky na prvním stanovišti. Ve skříni elektroniky je umístěna i vana rychloměru a v některých variantách i vlakový zabezpečovač nebo elektronické ochrany. Skříň elektroniky je možné vidět na obr. 30.

6 Konverze lokomotiv řady 163 na řadu 363

Dopravce ČD Cargo plánuje v následujících letech rekonstruovat 18 lokomotiv řady 163 na řadu 363. Krom konverze lokomotiv projekt obsahuje i zástavbu palubní části evropského vlakového zabezpečovače ETCS. Přestavbu provede firma ČMŽO s.r.o. ve spolupráci s dodavatelem zařízení ETCS. [18]

V následujících kapitolách budou popsány již proběhlé konverze, bude nastíněn postup rekonstrukce nejdůležitějších komponentů a bude proveden rozbor a výběr vhodných řešení tak, aby konverze splnila dvě základní myšlenky – ekonomickou úsporu a co nejmenší odchylku od původní konstrukce. Zástavba ETCS bude uvedena samostatně v kapitole 7.

6.1 Popis a zhodnocení již proběhlých rekonstrukcí

Uvažovaná konverze není první svého druhu. V minulosti již proběhly konverze lokomotiv 163 na řady 361 a 363.5.

6.1.1 Konverze lokomotiv řady 163 na řadu 363.5

Rekonstrukce probíhala v letech 2010-2013 a bylo při ní rekonstruováno 30 lokomotiv řady 163. Všechny stroje patřily společnosti ČD Cargo. Konverze v této době nebyla motivována přechodem na střídavou napájecí soustavu, ale spíše celkovým nedostatkem dvousystémových lokomotiv ve vozovém parku dopravce. [21]

Fotografie lokomotivy 363.5 je na obr. 11. Tovární označení lokomotivy je 71Em. Výkon byl zvýšen na 3700 kW a je stejný pro oba systémy. Maximální rychlost zůstala na 120 km/h, trvalá tažná síla byla zvýšena na 185,3 kN. [22]



Obr. 11 Lokomotiva řady 363.5 [21]

Mechanická část

V mechanické části byly provedeny jen drobné zásahy, kterými nedošlo k odchýlení od původní konstrukce vozidla. Mezi nejvýznamnější provedené zásahy patří například:

- zaslepení kulatých oken v bočnici skříně,
- doplnění tlumičů vrtivého pohybu,
- dosazení nových závěsů a nosičů sekundárního vypružení,
- zvýšení hmotnosti na 88 t pomocí balastu umístěného ve strojovně,
- reorganizace strojovny a umožnění průchodu strojovnou pod napětím,
- dosazení nových sběračů, odpojovačů a střídavého vypínače na střeše vozidla,
- úprava transformátorové skříně,
- příprava ETCS.

Zbytek konstrukce je shodný s lokomotivami 163, respektive 363. Změny v sekundárním vypružení byly odůvodněny velkou poruchovostí těchto součástí. Zvýšení hmotnosti mělo přispět k lepším adhezním vlastnostem. Zaslepení oken souvisí s průchozí strojovnou, v oblasti oken se nachází uzavřené skříně měničů. Přidání tlumičů vrtivých pohybů se však může jevit jako trochu nadbytečné. Lokomotivy jsou určeny pro nákladní dopravu a jejich rychlost zřídka překročí 120 km/h. Na lokomotivách řad 163 a 363, které jsou provozovány stejnou rychlostí, tyto tlumiče montovány nejsou. Byly přidány pouze na řady 162 a 362 z důvodu jejich zrychlení na 140 km/h. Úprava uložení komponentů na střeše a vytvoření nové transformátorové skříně bylo nutné provést z důvodů nahrazení těchto součástí. Transformátorová skříň je obdobou transformátorové skříně na lokomotivách 363. [21], [22]

Elektrická část

V elektrické části došlo k celkové obnově. Byl dosazen nový řídicí systém, nové pulsní měniče, nový nabíječ baterií. Oba hlavní vypínače, odpojovače i přepojovače byly nahrazeny za modernější modely. Trakční motory byly převinuty na typ Al 4542 FmS, které mají jmenovitý výkon 925 kW. Veškeré slaboproudé obvody byly nově nataženy, došlo k výměně za nové a modernější spínací a ovládací prvky. Nový řídicí systém umožňuje AVV (automatické vedení vlaku) a také vícečlenné řízení. Byla vytvořena příprava pro instalaci ETCS. [21]

Brzdy a pneumatická část

Původní dva kompresory byly nahrazeny jedním bezolejovým kompresorem se sušičkou vzduchu. Nahrazen byl i pomocný kompresor. V brzdové výzbroji došlo jen k drobným změnám, vedle náhrady některých komponentů za jejich modernější verze byla lokomotiva dovybavena doplňkovou brzdou, která doplňuje brzdovou sílu při poklesu proudu EDB. Díky nové elektrické výzbroji může lokomotiva při brzdění EDB vracet energii do trakčního vedení – jedná se o rekuperační EDB. [21]

6.1.2 Konverze lokomotiv 163 na řadu 361.

Doposud bylo rekonstruováno na řady 361 25 lokomotiv 162/ 163. Zadavatelem zakázky byla společnost ZSSK a rekonstrukci provedla společnost ŽOS Vrútky. Rekonstruovaná lokomotiva je na obr. 12. Rekonstrukce probíhaly v průběhu let 2013–2017. [23]

Výkon lokomotiv byl díky novým pulsním měničům a transformátoru zvýšen na 3600 kW pro stejnosměrný systém a 3200 kW pro systém střídavý. Hlavní předností je však maximální rychlost, která byla zvýšena u prvních pěti lokomotiv na 140 km/h, u zbytku na 160 km/h. [23]



Obr. 12 Lokomotiva řady 361. [23]

Mechanická část

V mechanické části došlo podobně jako u 363.5 jen k menším zásahům. Jako nejvýznamnější lze uvést dosazení tlumičů vrtivého pohybu a nahrazení hvězdicových kol s obručemi za celistvá kola. Došlo také k novému usazení komponentů na střeše vozidla, k úpravě transformátorové skříně a dosazením nových klimatizačních jednotek na střechy kabin. [24]

Elektrická část

Na lokomotivách byla většina elektrické výzbroje vyměněna za novou, některé součásti pouze prošly úpravami. Trakční motory byly zachovány. Dosazen byl nový transformátor, usměrňovač, sběrače, odpojovače, střídavý hlavní vypínač a pulsní měniče. Dále byl dosazen nový řídicí systém a přepojena celá slaboproudá část. [24]

Brzdy a pneumatická část

V této části bylo jedinou změnou umožnění rekuperace při EDB. [25]

6.1.3 Zhodnocení rekonstrukcí

Obě zmíněné rekonstrukce se poněkud liší od uvažované konverze na řadu 363. Jedná se prakticky o úplně nové stroje z hlediska elektrické výzbroje. Nové elektrické komponenty přináší očividné výhody, například rekuperaci při EDB, zvýšení výkonu a menší rušení. Ovšem rekonstrukce takového rozsahu je finančně náročná. Pro řady 361 je spíše zdůvodnitelná kvůli maximální rychlosti 160 km/h, která je žádanou vlastností pro osobní dopravu. U řady 363.5 nejsou důvody pro takto rozsáhlou rekonstrukci tak očividné. Jejich výkon se sice zvýšil, ale třeba u stejnosměrného systému jen o 220 kW. Samozřejmě lze uvést argument, že při vícečlenném řízení je výkon téměř dvojnásobný. Na druhou stranu nejspíš by bylo lepší místo dvou lokomotiv využít novou lokomotivu s výkonem 6,4 MW, která by možná vyšla finančně lépe.

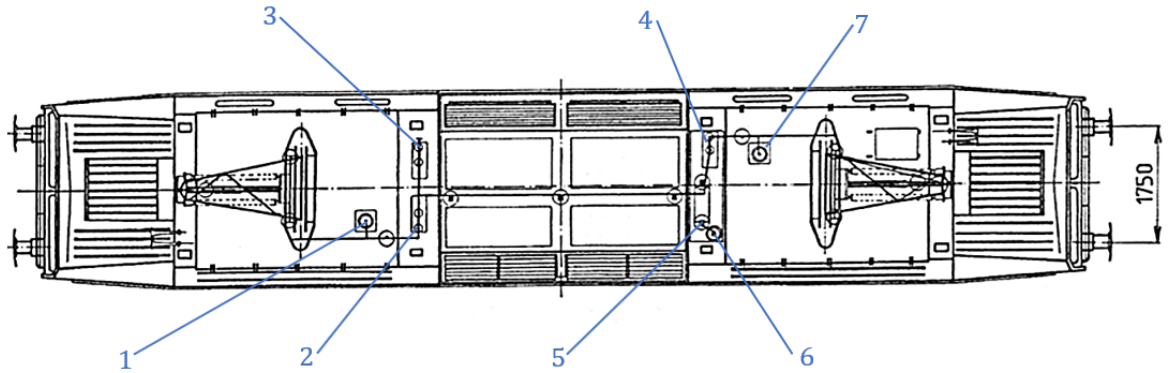
6.2 Zástavba komponentů na střeše vozidla

Následující kapitoly už se budou věnovat samotné konverzi na lokomotivy řady 363, která je předmětem této práce. Jako první bude uvedena rekonstrukce komponentů na střeše vozidla.

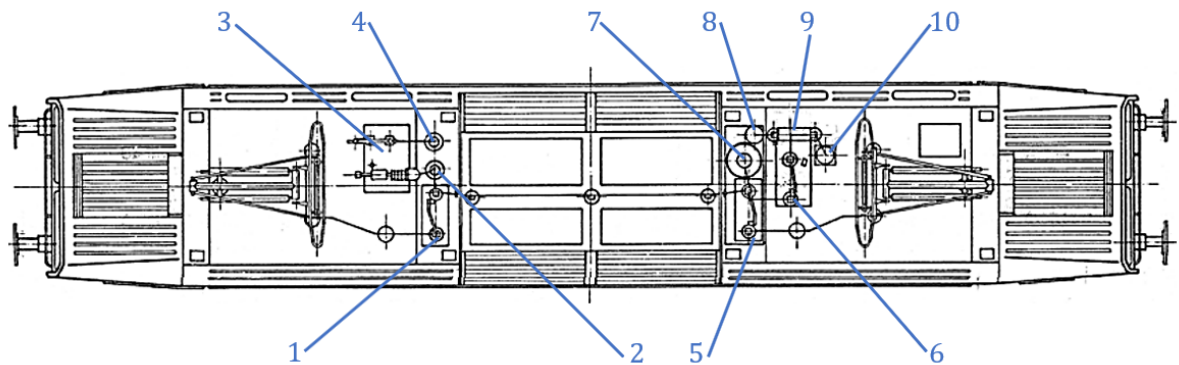
6.2.1 Funkční popis komponentů na střechách vozidel.

Typový výkres střechy lokomotivy řady 163 je na obr. 13. Elektrické zapojení je možné vidět na obr. 9. Proud odebíraný sběrači je veden přes bleskojistky F01, F02 na jejich odpojovače Q03, Q04. Aby bylo možné zapojit odpojovače, musí být uzemňovač Q05 rozpojený. Za odpojovači už se nachází společný potenciál, z něhož je napájen odrušovací filtr. Za odrušovacím filtrem prochází vodič kabelovou průchodkou do strojovny.

Uspořádání na lokomotivách 363 je kvůli přidané střídavé části složitější. Typový výkres střechy je na obr. 14. Schéma elektrického zapojení je na obr. 10. Proud ze sběračů je veden přes odpojovače Q03, Q04 na společný potenciál. Další postup proudu se liší podle napájecího systému. Při napájení ze stejnosměrné sítě je sepnut odpojovač stejnosměrného systému Q06. Za Q06 je stejnosměrná bleskojistka F02 a stejný odrušovací filtr jako na lokomotivách 163 ze kterého vede vodič kabelovou průchodkou do strojovny. Při střídavém systému je pomocí indikačního transformátoru T06 ovládacím obvodům sděleno, že lokomotiva bude pracovat na střídavý proud. Indikační transformátor stejně jako střídavá bleskojistka se nachází na společném potenciálu. Jakmile zaregistrují ovládací obvody střídavý systém, je Q06 ponechán uzemněn a je možné sepnout střídavý vypínač Q02. Z Q02 proud pokračuje kabelovou průchodkou pro 25 kV do strojovny.



Obr. 13 Rozmístěné komponentů na střeše lokomotivy řady 163; 1 – bleskojistka F02, 2 – odpojovač Q04, 3 – uzemňovač Q05, 4 – odpojovač Q03, 5 – odrušovací filtr, 6 – kabelová průchodka 3 kV, 7 – bleskojistka F01. [7]

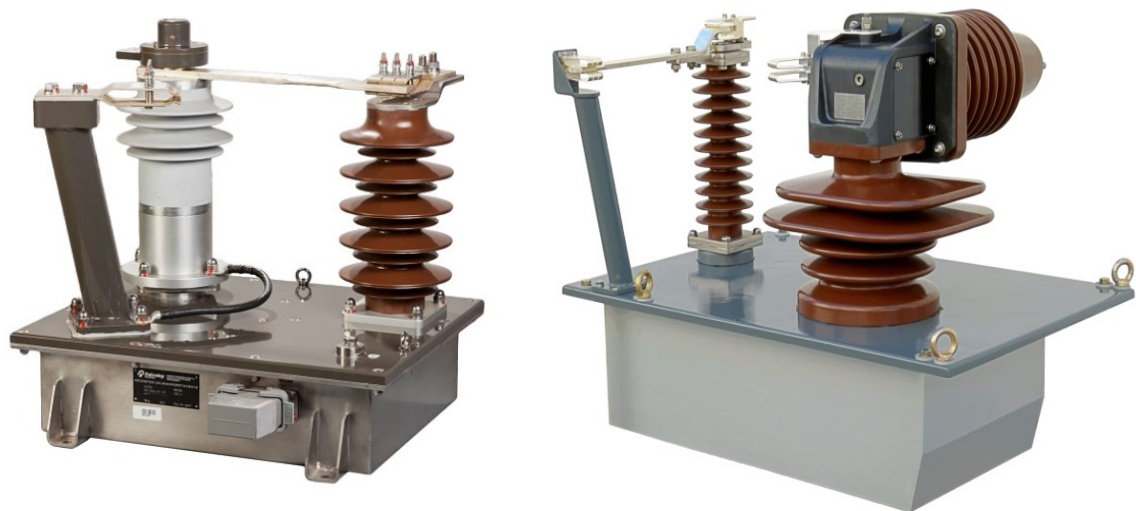


Obr. 14 Rozmístěné komponentů na střeše lokomotivy řady 363; 1 – odpojovač Q04, 2 – střídavá bleskojistka F01, 3 – střídavý hlavní vypínač Q02, 4 – kabelová průchodka 25 kV, 5 – odpojovač Q03, 6 – odpojovač stejnosměrného systému Q06, 7 – indikační transformátor T06, 8 – kabelová průchodka 3 kV, 9 – odrušovací filtr, 10 – stejnosměrná bleskojistka F02. [7]

6.2.2 Umístění nových komponentů

Z lokomotiv řady 163 lze ponechat odrušovací filtr, stejnosměrnou bleskojistku a kabelovou průchodku pro napětí 3kV, ovšem všechny tyto komponenty musí být přemístěny. Odpojovače ponechat nelze, jelikož odpojovače používané na lokomotivách 163 jsou konstruované pro napájecí napětí 3 kV. Sběrače jsou typově stejné a mohou být ponechány, s tím rozdílem, že k nim musí být dovedeno další potrubí. Důvodem je to, že při stejnosměrném systému je potřeba větší přítlak sběrače. Pro zvednutí sběrače nejdřív spíná elektropneumatický ventil s přítlakem střídavého systému, potom co se vyhodnotí, na jakém systému se lokomotiva nachází, tak buď sběrač zůstane tak jak je nebo je sepnut druhý elektropneumatický ventil, který zvýší přítlak sběrače.

Nové odpojovače Q03, Q04 a odpojovač stejnosměrného systému Q06 budou konstrukčně odvozeny od těch původních. Malé změny jsou v pneumatickém pohonu Q06, v použití konektorů pro ovládací obvody typu Harting a v použití jiných izolátorů. Nový odpojovač Q06 je na obr. 15 vlevo.



Obr. 15 Náhrada odpojovače stejnosměrného systému Q06 (vlevo) a náhrada střídavého hlavního vypínače Q02 (vpravo). [26], [27]

Indikační transformátor, střídavá bleskojistka a kabelová průchodka pro 25 kV budou nahrazeny novými variantami, původní varianty se už nevyrábí.

Největší změnou oproti původní konstrukci je nahrazení střídavého hlavního vypínače Q02 novým, zcela odlišným typem vypínače. Původní typ 1 VVA 3 využívá pro pohyb ramene vypínače stlačený vzduch, který uchovává ve vlastní jímce. Nový vypínač je vakuový a rameno není ovládáno pneumaticky, ale pouze elektricky. Vakuový hlavní vypínač je na obr. 15 vpravo. Toto řešení nabízí několik výhod. Absence pneumatického pohonu znamená, že nebude potřeba k vypínači dovést vzduchové potrubí. Další věcí je to, že před prvním zapnutím lokomotivy (v daný den/směnu) nebude potřeba pomocným kompresorem tlačit objem jímky hlavního vypínače, což trvá přibližně 10 minut. Pomocný kompresor značně zatěžuje baterii lokomotivy a mohlo by se stát, že baterie nebude dostatečně nabitá pro natlačení celého objemu jímky – u vakuového vypínače tento problém odpadá. V poslední řadě jde o cenu. Vakuové vypínače jsou na trhu běžně dostupné, protože se využívají na jiných vozidlech. Konstruovat nové vypínače typu 1 VVA 3 by bylo podstatně dražší.

Pro uložení veškerých komponentů budou muset být upraveny úložné plochy. Část střechy, na které je uložen odpojovač Q04, bleskojistka F01 a průchodka 25 kV, není odnímatelná, úložné plochy se závity musí být navařeny přímo na lokomotivě. Ostatní části střechy je možné demontovat a upravit na odlehlém pracovišti. Pro střídavý hlavní vypínač to znamená pouze vyřezání otvoru a navaření úložné plochy se závity, to samé platí i pro odpojovač stejnosměrného systému Q06. Odpojovač Q03, indikační transformátor T06 a průchodka 3 kV se budou nacházet na společné přírubě, která bude nově vyrobena a pouze nahradí přírubu na níž se předtím nacházel odrušovací filtr a odpojovač Q03 (163). Odrušovací filtr bude přesunut na kraj střechy. Tlumivka a kondenzátory filtru budou přišroubovány k úchytkám přivařeným k plechu střechy.

6.3 Zástavba transformátoru

Jak již bylo zmíněno v 5.5.2, trakční transformátor se skládá z jednoho primárního vinutí napájeného napětím 25 kV a několika sekundárních vinutí s pevným převodem. Jedná se o sekundární vinutí pro trakční obvody o napětí 2×1667 V a dvě sekundární vinutí pro topení vlaku o napětí 2×1538 V. Z trakčního vinutí je vyvedena odbočka o napětí 833 V na rezonanční filtr a z vinutí vlakové topení je vedena odbočka 256 V pro čerpadla trafooleje. Jmenovitý vstupní výkon transformátoru je 4200 kVA, výstupní výkon 3400 kVA. [8]

Trakční transformátor je součástí transformátorové skříně. Transformátorová skříň je přišroubována k tzv. nosiči transformátorové skříně, který je součástí hlavního rámu. V druhé části transformátorové skříně se nachází souprava tlumivek zobrazena na obr. 16. Ta se skládá ze čtyř vyhlazovacích tlumivek trakčních motorů a tlumivku hlavního filtru. Na stranách skříně jsou umístěny úchytky pro nouzová lana.



Obr. 16 Souprava tlumivek lokomotivy 363 vytažená z transformátorové skříně.

Součástí transformátoru jsou měřicí transformátory proudu, které měří proudy ve všech sekundárních vinutích a diferenci a proud primárního vinutí. Vývody měřících transformátorů jsou vyvedeny do svorkovnice na vrchní straně transformátoru. Dále je zde teplotní čidlo, které měří teplotu oleje. Slaboproudá kabeláž je z transformátoru vedena konektory typu ŠR.

Prívod 25 kV je realizován šikmou kabelovou průchodkou na boku skříně. Vývody sekundárních vinutí jsou na vrchní straně transformátoru. Silové kabely k transformátoru prochází z otvorů v podlaze.

Transformátor je chlazen olejem. Ten je z dilatační nádoby, umístěné na vrchní straně transformátoru, veden potrubím přes vysoušeč vzduchu se silikagelem a přes Buchholzovo relé

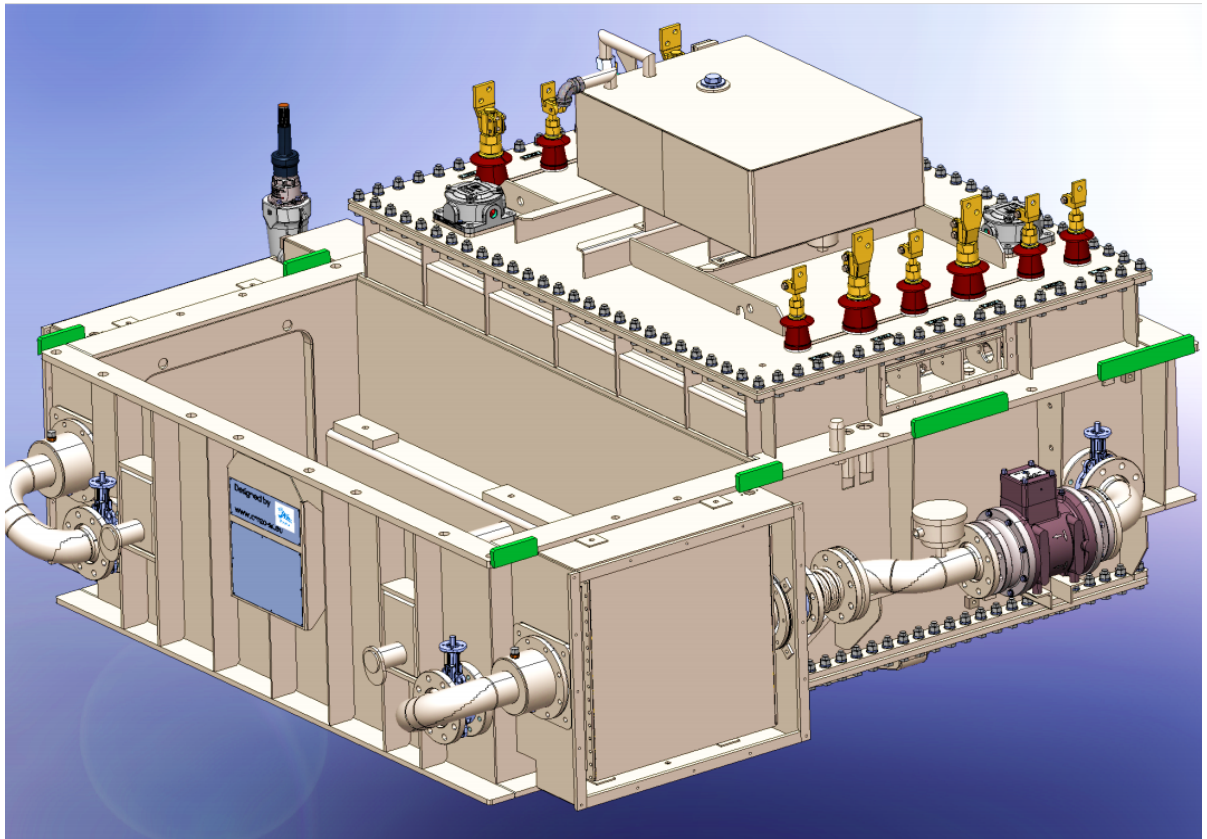
do transformátoru. Cirkulaci oleje v potrubí zajišťují dvě čerpadla na stranách skříně. Činnost čerpadel je hlídána tlakovými spínači umístěných na potrubí vedle čerpadel. Chlazení samotného oleje se odehrává v chladičích, které jsou umístěny na straně skříně v oblasti tlumivek. Chladiče stejně jako tlumivky jsou chlazeny vzduchem z trakčních ventilátorů. Transformátorová skříň z lokomotivy řady 363 je na obr. 17.



Obr. 17 Transformátorová skříň lokomotivy řady 363.

6.3.1 Konstrukce a uložení nového transformátoru.

Na lokomotivách řady 163 transformátor není, ale tlumivková souprava ano. Místo transformátorové skříně je na stejném místě a stejným způsobem uložena tlumivková skříň. Místo transformátoru je na opačné straně skříně výškově zmenšená a je v ní uložen balast pro vyrovnání zátěže. Tlumivková skříň z lokomotivy 163 je pro konverzi nepoužitelná, jelikož transformátor tvoří transformátorovou skříň a nelze tlumivkou skříně upravit a pouze do ní nový transformátor vložit. Proto bude nově vyrobena celá transformátorová skříň. Uložení skříně na lokomotivě však může zůstat stejné.



Obr. 18 Předběžný návrh transformátoru. [28]

Předběžný návrh skříně je obr. 18. Konstrukčně se transformátorová skříň podobá skříně na lokomotivách 363. Rozdíly jsou v použití nových komponentů jako například vývody sekundárních vinutí, průchodka napětí 25 kV, vysoušeč vzduchu a další. Dále místo konektorů typu ŠR byly použity konektory Harting.

Tlumivková skříň lokomotivy 163 má menší hmotnost, než ta transformátorová na lokomotivě 363. Pro uložení skříně tak u lokomotiv řady 163 stačí menší počet šroubů. Při dosazení transformátoru by však šrouby v tomto počtu byly značně namáhány. Aby nebylo potřeba zasahovat do nosiče transformátorové skříně, budou k přírubě navařeny dorazy (na obr. 18 zeleně), které zmenšují namáhání šroubů od podélných sil. Celkové zatížení šroubů potom bude vyhovující.

Nejpodstatnější jsou však čerpadla trafooleje. Původní transformátor využívá jednofázová čerpadla s trvale zapojeným kondenzátorem, ale výrobce transformátoru prosazuje dosazení čerpadel s třífázovými asynchronními motory. Obě řešení mají své výhody i nevýhody, jejich rozbor a porovnání je v následujících dvou kapitolách.

6.3.2 Použití čerpadla s třífázovým asynchronním motorem

V současné době je očividný trend instalace třífázových asynchronních motorů na železniční vozidla. Motory jsou konstrukčně menší než motory stejnosměrné, jsou prakticky bezúdržbové, spolehlivé a pomocí nejmodernější elektroniky i dobře regulovatelné. Je to hlavně údržba, spolehlivost a řízení, kterými výrobce argumentuje pro použití těchto motorů.

V podstatě jediným, ale velkým protiargumentem je potřebný měnič a věci s ním spojené. Bez měniče není na lokomotivě možné třífázové motory provozovat, třífázová síť zde není přítomna. Samotný měnič zatím navržen nebyl, ale například jen střídač o podobném výkonu (cca 6 kW) má rozměry 516 × 474 × 192 (výška × šířka × hloubka)[29] a vzhledem k tomu, že napájení by bylo stále z odbočky transformátoru, byl by nutný i usměrňovač. Z toho vyplývá, že není možné měnič dát kamkoliv, ve strojovně je už i tak málo místa. Prakticky by šel umístit jen do prostoru po zrušené skříni vlakového zabezpečovače, tím by se ale znemožnilo použití návrhu uvedeného v kapitole 7.3.1. K měniči by potom muselo být dotaženo napájení od transformátoru a z měniče zpět k transformátoru napájení čerpadel, tzn. celkem 8 vodičů. Co se spolehlivosti a údržby týče, i kdyby se motory ukázaly jako lepší pro údržbu a spolehlivější, zařazením měniče do obvodu motorů přidáváme do série spolehlivost tohoto měniče a také nutnost tento měnič udržovat. Údržba měniče bude o to složitější a delší, pokud měnič nebude moct být opraven v domovském depu vozidla. A v poslední řadě bude muset být zaškolená obsluha vozidel.

Argumentem pro použití třífázových asynchronních motorů, který výrobce nepoužil, může být jejich pořizovací cena. Dá se předpokládat, že na trhu jsou tyto motory ve větším zastoupení než motory jednofázové s trvale zapojeným kondenzátorem, což by jejich pořizovací cenu mohlo značně snížit. Ovšem potřeba měniče by jakýkoliv cenový rozdíl dorovnala, ne-li převýšila.

Dalo by se tedy říct, že veškeré výhody třífázového asynchronního motoru jsou zastíněny potřebou měniče. Přestože je tedy motor jako takový perspektivní, k uvažované konverzi není příliš vhodný.

6.3.3 Použití čerpadla s jednofázovým motorem a trvale zapojeným kondenzátorem

Nevýhodou použití těchto čerpadel a jejich přímého připojení na odbočku transformátoru je to, že pokud se změní napětí v troleji, změní se i napětí na odbočce – motor nebude mít konstantní výkon. Ovšem čerpadla tohoto typu jsou na lokomotivách využívána téměř 40 let a za dobu jejich provozu se tato vlastnost nijak negativně neprojevila. Z [7] také plyne, že poruchy těchto čerpadel nebo čerpadel obdobných nejsou tak časté, aby se o nich dalo hovořit jako nespolehlivých. Samozřejmě by se jednalo o úplně nová čerpadla, takže jejich provozní spolehlivost by se teprve ukázala. Za výhodu lze jednoznačně považovat absenci měniče. Čerpadlo by stačilo napájet pouze z odbočky transformátoru – dosáhlo by se tak i úspory na vodičích.

Z výše uvedené úvahy je pro uvažovanou konverzi vhodné tento typ čerpadla využít, splní se tak základní myšlenky – ekonomická úspora a co nejmenší změna původní konstrukce.

6.4 Zástavba usměrňovače

Usměrnění střídavého proudu na lokomotivách 363 obstarává usměrňovač DIUS Delta A, jehož dva můstky jsou zapojeny do série. V každé větvi můstků jsou sériově zapojeny tři diody, které jsou součástí bloku DAB. Bloky DAB krom diod obsahují i pasivní prvky a chladič. Ve spodní části rámu jsou uloženy kondenzátory a rezistory. Na přední straně jsou dvě signalizační skříňky, pro každý můstek jedna. Signalizační skříňky detekují a signalizují poruchu bloků. Na zadní straně jsou měděné pásnice, na které jsou zapojeny přívodní vodiče.

Usměrňovač je umístěn ve strojovně mezi pulsními měniči U05, U06 a je přišroubován k podlaze šesti šrouby M16. Mezi hlavu šroubu a rám usměrňovače se vkládá pryžová podložka. Chlazení usměrňovače obstarává ventilátor, který pomocí ventilačního otvoru v horní části rámu usměrňovače nasává vzduch do ventilačního potrubí a dále jej vyfukuje do trakčních motorů. Fotografie usměrňovače uloženého ve strojovně lokomotivy je na obr. 19.



Obr. 19 Usměrňovač DIUS Delta A ve strojovně lokomotivy 363.

6.4.1 Konstrukce nového usměrňovače

Usměrňovač DIUS Delta A je unikátní pro lokomotivy řady 362 a 363 a tudíž není možné ho odnikud repasovat. Výroba nového usměrňovače je nevyhnutelná. Nový usměrňovač ovšem bude konstrukčně shodný s původním, pouze s novými komponenty.

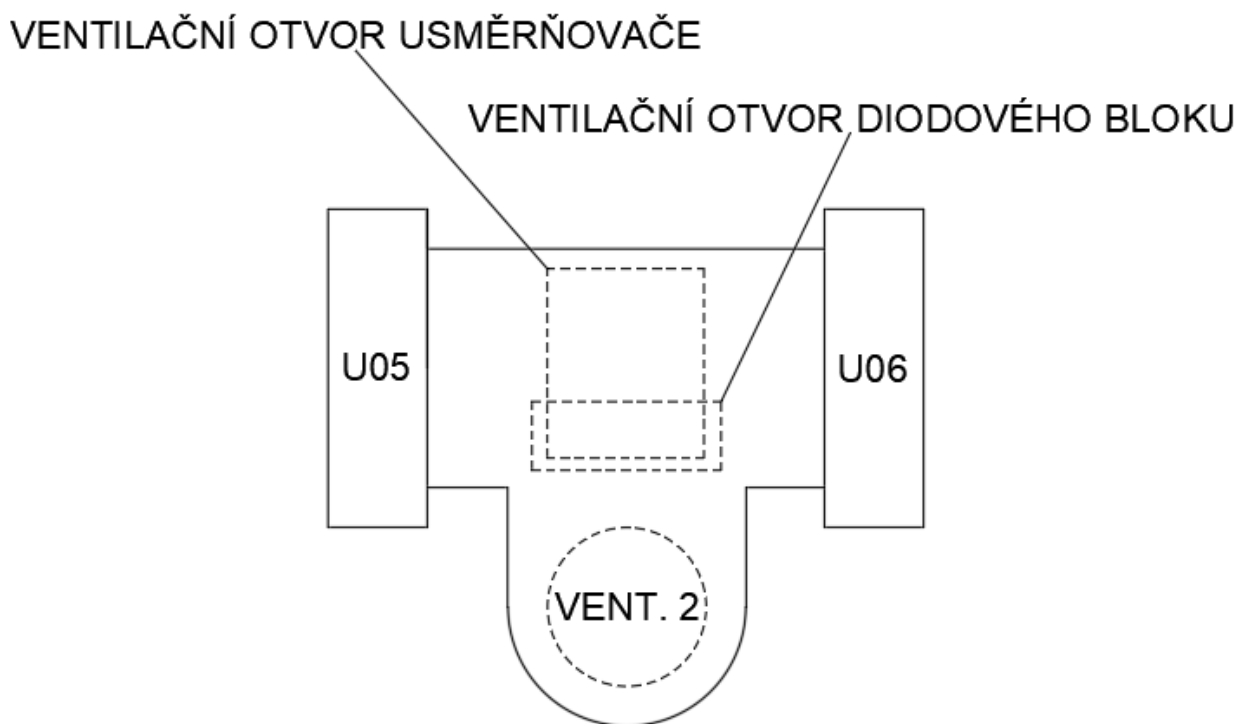
Podle technické dokumentace Škoda a ČKD budou překresleny výkresy pro rám usměrňovače a pertinaxové desky, které slouží jako nevodivá nosná konstrukce pro bloky. Dále pomocí usměrňovačů z jiných lokomotiv řad 362 a 363 budou odměřeny rozměry měděných pásnic pro

rozvod proudu mezi můstky. Všechny tyto komponenty budou nově vyrobeny. Bloky DAB vychází z technické dokumentace ČKD a budou provedeny totožně, pouze s novými elektronickými prvky. Stejně tomu bude i u signalizačních skříněk. Rezistory a kondenzátory na spodku rámu budou také nové.

6.4.2 Uložení usměrňovače

Na lokomotivách řady 163 je místo usměrňovače U01 umístěn diodový blok U11. Rozmístění komponentů ve strojovně lokomotiv je možné vidět na obr. 5. Diodový blok je připevněn k podlaze pouze čtyřmi šrouby M16. Díry se závity pro šrouby jsou umístěné v jiných vzdálenostech, a tudíž není možné ty původní zachovat a jen přidat nové. Původní díry budou zavařeny a díry pro usměrňovač budou nově navrtány a vyřezány. K tomu bude potřeba vyvázat druhý podvozek, aby bylo možné zespu navařit podložky pro prořezání závitů.

Mírně složitější bude úprava ventilačního potrubí. Skříň diodového bloku má jiný ventilační otvor než usměrňovač. Navíc je umístěn tak, že nejde pouze zvětšit, ale musí se celá spodní část ventilačního potrubí předělat. Situace je zobrazena na obr. 20.



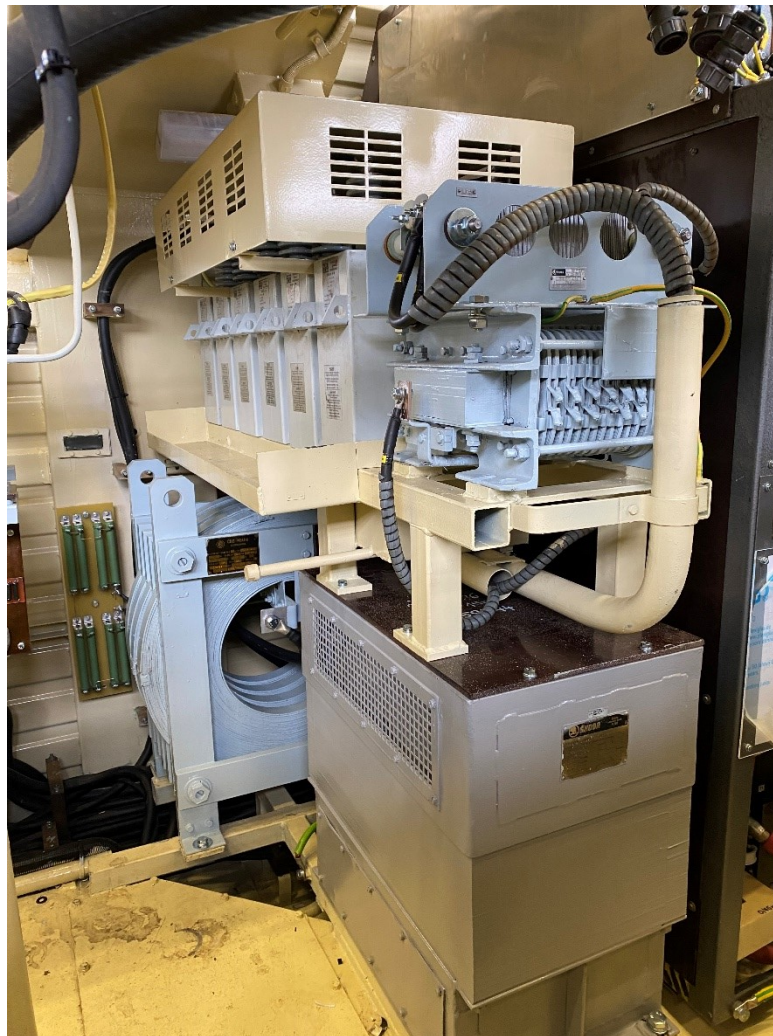
Obr. 20 Schématický pohled shora na ventilaci diodového bloku (163) a usměrňovače (363).

6.5 Další úpravy silových obvodů

Jak je patrné z obr. 10, je oproti lokomotivám řady 163 na řadách 363 ještě umístěn kompenzační filtr, rezonanční filtr a přepojovače vlakového topení Q07 a Q31.

6.5.1 Kompenzační a rezonanční filtr

Kompenzační filtr se na lokomotivách 363 nachází v prostoru mezi U60 a U04, kde je uložen a šroubově zajištěn k zemi. Rezonanční filtr se nachází mezi přístrojovým rámem a U05, před ním se ještě nachází tlumivka pomocných pohonů a tlumivka a odporník motoru druhého kompresoru. Rezonanční filtr se skládá z tlumivky a kondenzátorové baterie. Tlumivka je přišroubována na nosiči, který je přivařen k podlaze. Kondenzátorová baterie je uložena nad tlumivkou pomocí svého vlastního nosiče. Nosič kondenzátorové baterie je na jedné straně podepřen tlumivkou L61. Celý konstrukční celek je na obr. 21.

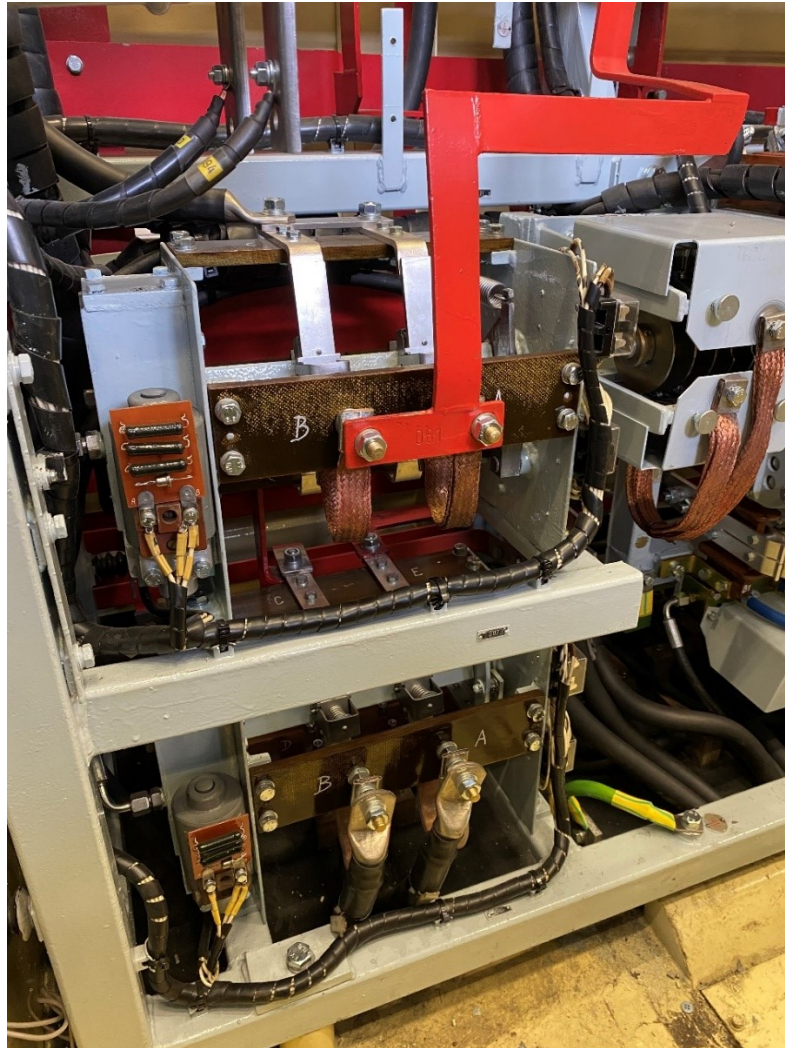


Obr. 21 Uložení rezonančního filtru na lokomotivách řady 363.

Oba filtry budou složeny z nových komponentů. Pro uložení kompenzačního filtru bude zapotřebí pouze navařit k podlaze příložky, mezi něž bude vložen filtr, a vyvrtat díry pro šrouby. Uložení rezonančního filtru bude provedeno stejně jako na lokomotivách 363. Bude zapotřebí dosadit nové nosiče jak tlumivky, tak kondenzátorové baterie.

6.5.2 Přepojovače vlakového topení Q07 a Q31

Přepojovač vlakového topení Q07 přepíná mezi stejnosměrným a střídavým topením vlaku v závislosti na napájecí soustavě. Přepojovač Q31 přepíná zapojení sekundárních vinutí pro topení vlaku buď na hodnotu 1500 V~ nebo 3000 V~. Oba přepojovače jsou součástí přístrojového rámu a jsou vidět na obr. 22.



Obr. 22 Přepojovače vlakového topení Q07 a Q31 uložené v přístrojovém rámu lokomotivy 363.

Přístrojový rám jako takový je na obou lokomotivách skoro totožný. Rozdíl je právě v existenci přepojovačů Q07 a Q31 a s tím souvisejících přívodních vodičů, pásnic a vzduchové potrubí. Rám z lokomotivy 163 tudíž nemusí být úplně nový, ale stačí jej pouze upravit. Úpravy budou spočívat v dovaření nosných prvků pro přepojovače, dovedení vzduchového potrubí, dosazení nových pásnic a natěžení nových vodičů. Nové přepojovače budou vyrobeny v souladu s původními.

Samozřejmostí je, že ke všem nově přidaným komponentům bude nutné natáhnout novou silovou kabeláž. Provedení bude souhlasit se schématy třetí série lokomotiv 363 neboli 69E3.

6.6 Rekonstrukce obvodů malého napětí

Po dosazení silové části střídavých elektrických obvodů je dalším krokem osazení obvodů malého napětí. K těm patří například ovládací a signalizační obvody přepojovačů, obvody indikace systému a obvody ochrany a měření. Zapojení bude provedeno podle schémat řady 69E3, s výjimkou obvodů ochrany a měření, které budou zapojeny v souladu s instalací elektronických ochrany na těchto řadách.

Kabeláž obvodů malého napětí je tažena ve svazcích, které jsou (až na výjimky) zakončeny konektory typu ŠR. Z každého funkčního celku (stanoviště, pulsního měniče, přístrojového rámu, pneumatického rámu atd.) je veden svazek vodičů do kanálu vedoucího pod uličkou strojovny a následně do jedné ze svorkovnic XS1, XS2, které se nachází ve strojovně nad kondenzátory filtru C04, C05. Ve svorkovnicích dochází ke spojení a rozvětvení vodičů do dalších funkčních celků. Každý svazek má podle schémat definovaný počet vodičů, čísla vodičů a jejich příslušné piny v konektorech ŠR. Některé svazky zapojené podle lokomotiv 163 mají jiný počet a jiné uspořádání vodičů než řada 69E3, navíc za svou dobu provozu došlo na lokomotivách k jistým úpravám, které do schémat zaznamenány nebyly. Předělání starých svazků na řadu 69E3 by bylo časově náročné a nejspíš by došlo i k chybám v zapojení. Pro tuto rekonstrukci tak bude vhodné obvody malého napětí nově natáhnout. Stará kabeláž bude odstraněna, nové svazky se vyrobí mimo lokomotivu a poté se jen dosadí. Pouze některé zakončení a spoje, jež nejsou součástí svazků, se budou muset natáhnout a zapojit přímo na lokomotivě. Řešení sjednotí všechny rekonstruované lokomotivy, usnadní jejich uvádění do provozu a prodlouží životnost obvodů. Nevýhodou tohoto řešení je finanční zátěž.

Při konverzi dojde k rekonstrukci reléové skříně. Její zapojení se teoreticky liší jen nepatrně – přírodní konektory mají odlišné uspořádání vodičů a chybí zde některá relé, která na řadách 163 nejsou potřeba. Skříň bude demontována z lokomotivy, dovezena na odlehlé pracoviště, kde se oddělí rám skříně a deska s elektrickými komponenty. Rám skříně se ponechá stejný, deska bude osazena novými komponenty, zapojena a následně vložena zpět do rámu.

Řídicí pulty na stanovištích strojvedoucího budou muset být rozebrány a upraveny. Ovládací prvky jsou v pultech na 163 jiné než na 69E3, a tak plechy sloužící pro jejich uchycení musí být nahrazeny za nové. Dále budou plechy upraveny pro dosazení displejů elektronických ochrany a pro dosazení komponentů ETCS. Budou dosazeny nové ovládací prvky a nahrazeny staré vodiče. Na stanovištích také dojde k dosazení upravených signalizačních panelů poruch, které budou obsahovat poruchy nově dosazené střídavé části.

7 Zástavba komponentů mobilní části ETCS

ETCS (European Train Control System) je evropský vlakový zabezpečovač, jenž má postupně nahrazovat jednotlivé vlakové zabezpečovače členských států EU za účelem interoperability a bezpečnosti železniční dopravy. Systém ETCS se skládá z částí mobilních, které se nacházejí na vozidle, a částí traťových, které jsou prvky infrastruktury.

Současně s instalací mobilní části ETCS je nutné naistalovat nový rychloměr Hasler Teloc3000 a nový národní vlakový zabezpečovač LS06. Ty mají za účel komunikovat se systémem ETCS a také umožní provoz v tzv. migrační době, při které jezdí na trati zároveň vozidla se systémem ETCS a vozidla vybavená pouze národním vlakovým zabezpečovačem. [30]

7.1 Instalace částí ETCS vně vozidla

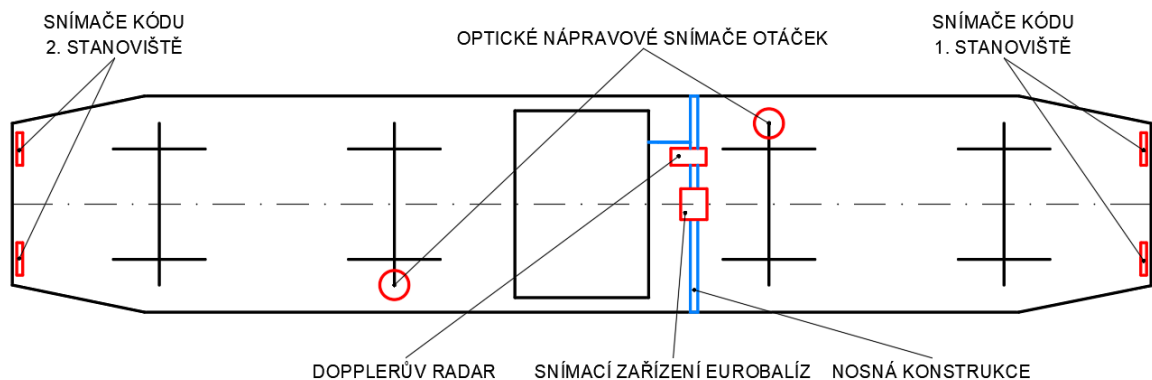
Vně vozidla neboli na skříň či pojezd je nutné uložit:

- snímací zařízení eurobalíz,
- Dopplerův radar,
- nové optické nápravové snímače otáček,
- snímače kódu LS06.

Schématické uspořádání prvků na vozidle je na obr. 23.

7.1.1 Nahrazované prvky

Optické nápravové snímače a snímač kódu LS06 pouze nahradí stávající komponenty a není nutné pro ně navrhnout nové úložné prvky. Nápravové snímače jsou součástí ložiskových skříní druhé a třetí nápravy. Snímače kódu zase zaujmají místo pod kabinami, kde jsou přišroubovány ke konstrukci smetadla. Jedinou novinkou jsou konektory a svorkovnice upevněné na rámu skříně, ty umožňují snadnou demontáž a servis.



Obr. 23 Schéma rozmístění vnějších komponentů ETCS.

7.1.2 Nové prvky

Snímací zařízení eurobalíz a Dopplerův radar jsou úplně nová zařízení a na vozidle se nevyskytují. Pro tyto součásti je nutné vytvořit novou nosnou konstrukci.

Umístění zmiňované konstrukce musí být v souladu s funkcí snímacího zařízení eurobalíz. Eurobalízy na straně infrastruktury jsou umístěny v ose koleje, proto se musí i jejich snímače taktéž nacházet v ose koleje. Prostor pro zástavbu v pojezdu z prostorových i praktických důvodů není možný. Dále na představicích, pod kabinami, také není možné nic umístit, jelikož se zde nacházejí hlavní vzduchojemy vozidla. Jediným prostorem pro vytvoření této konstrukce je mezera mezi podvozkem a transformátorovou skříní. Vzhledem k umístění prvků ETCS uvnitř vozidla (bude uvedeno dále) je vhodnější využít prostor mezi druhou nápravou a transformátorovou skříní.

Způsob uložení bude převzat z lokomotiv řady 363 již osazených systémem ETCS. Toto řešení se nabízí, jelikož je již vyzkoušené a značně odlišný způsob uložení není ani možný. Podobně je provedeno i uložení na řadách 363.5. Konstrukce je přivařena k podélníku rámu skříně pomocí konzol, které drží příčný nosník jdoucí přes celou šířku skříně. Příčný nosník je spojen s konzolami čtyřmi šrouby M12 na každé straně. Jednotlivá zařízení mají svou nosnou konzoli, která je opět šrouby M12 spojena s příčným nosníkem. V oblasti Dopplerova radaru je příčný nosník vyztužen podélnou pásnicí, která je přišroubovaná k transformátorové skříní. Boční pohled na nosnou konstrukci je na obr. 24.



Obr. 24 Boční pohled na nosnou konstrukci instalovanou na lokomotivě řady 363.

7.2 Instalace částí ETCS uvnitř vozidla

Tato část se bude věnovat rozmístění částí ETCS, které se budou nacházet uvnitř vozidla, tím je myšleno ve strojovně a na stanovištích strojvedoucího. Opět budou uvedeny jak přímo komponenty pro ETCS, tak i pro rychloměr a národní vlakový zabezpečovač.

7.2.1 Komponenty na stanovištích strojvedoucího

Na stanovištích strojvedoucího, zejména na řídicím pultu je zapotřebí provést drobné změny pro umístění následujících komponentů:

- zobrazovač rychlosti pro rychloměr Hasler Teloc3000,
- obrazovka pro ETCS,
- návěstní opakovač LS06,
- ovládací panel LS06,
- tlačítka potvrzení,
- kontrolka signalizace izolace ETCS.

Do skříně elektroniky, která se nachází na prvním stanovišti jsou dále dosazeny:

- vana elektroniky LS06,
- vana elektroniky rychloměru Hasler Teloc3000.

Nově instalované vany budou umístěny do levé spodní části skříně elektroniky, kde se původně nacházela vana starého rychloměru, viz obr. 30 vpravo. Pro jejich instalaci nebude nutné provést žádný mechanický zásah, vany jsou stejných rozměrů jako zbytek van ve skříně.

7.2.2 Komponenty ve strojovně lokomotivy

Nejdůležitější elektronické součásti ETCS jsou umístěny ve skříně o rozměrech 995 × 550 × 550 (výška × šířka × délka). Tuto skříně je nutné umístit do strojovny tak, aby bylo možné ji otevřít dveřmi, nacházejícími se na přední straně skříně, a aby bylo možné dotáhnout novou kabeláž ke skříně. Zároveň je cílem provést co nejmenší zásah do konstrukce vozidla. Při konstrukci lokomotivy se ovšem nepočítalo s tím, že by v budoucnu bylo nutné nainstalovat zařízení takové velikosti, z toho důvodu neexistuje uvnitř strojovny prostor, kam je skříně možné umístit, aniž bychom se vyhnuli přemístění nebo odstranění současných zařízení.

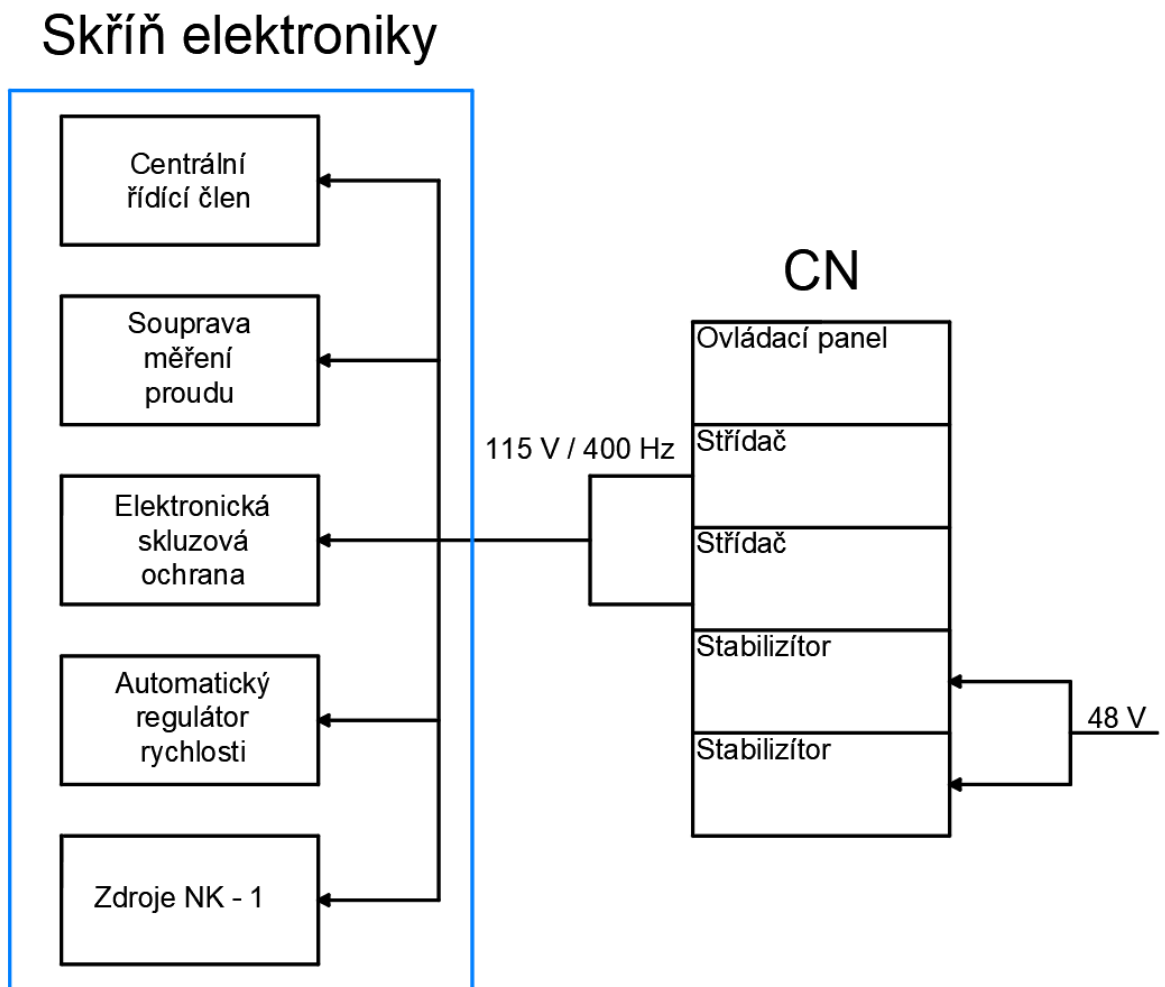
Ve výsledku bylo rozhodnuto, že skříně ETCS nahradí ve strojovně centrální napáječ, jelikož tvar skříně centrálního napáječe je stejný jako tvar skříně pro ETCS, pouze menší. Zároveň je centrální napáječ jediná součást strojovny, kterou je možné nějakým způsobem přemístit, viz kap. 7.3

Následně je zapotřebí natáhnout novou kabeláž, která bude spojoval veškerá nová zařízení s původními. Nabízí se dvě možnosti. První možnost je tažení kabeláže kanálem pod podlahou uličky ve strojovně, což se i nabízí, vzhledem k tomu, že celá slaboproudá kabeláž bude nahrazována, viz 6.6. Druhá varianta spočívá ve vytvoření nového kanálu, který bude veden těsně pod střešou uličky. Takové řešení je mnohem méně estetické, na druhou stranu je vytvoření nového kanálu praktičtější, jelikož veškerá zařízení, jež budou propojena, mají konektory z vrchu.

V poslední řadě ještě dojde k osazení pneumatického rámu snímači tlaku, které přenáší okamžitou hodnotu tlaku v průběžném potrubí a brzdových válcích systému ETCS.

7.3 Návrh umístění centrálního napáječe

Jak již bylo zmíněno, instalací ETCS musí dojít k přemístění nebo úplnému nahrazení zdroje napájení elektroniky – centrálního napáječe.



Obr. 25 Schéma napájení elektroniky na lokomotivách řady 363.

Napájení elektroniky na lokomotivě řady 363 zajišťuje centrální napáječ G201 (dále jen CN), který mění bateriové napětí 48 V na napětí 115 V/400 Hz. CN je jednou z nejdůležitějších součástí lokomotivy, bez něj nefunguje prakticky žádná část skříně elektroniky a lokomotiva tudíž není schopná provozu. Z toho důvodu je CN zálohován. Skříň CN tvoří pět šuplíků, nejvýše umístěný obsahuje ovládací panel, poté následují dva střídače a následně dva stabilizátory. Přepínačem na ovládacím panelu je možné navolit libovolnou kombinaci stabilizátoru a střídače. Při poruše jednoho šuplíku tak stačí pouze změnit kombinaci a lokomotivě je umožněn provoz bez jakéhokoliv omezení.

Napětí 115 V/400 Hz je vedeno z CN do skříně elektroniky na prvním stanovišti. Blokové schéma napájení elektroniky je na obr. 25.

V následujících oddílech budou uvedeny dvě varianty řešení umístění centrálního napaječe. Obě varianty byly zvoleny tak, aby byly zachovány hlavní myšlenky uvažované konverze, tj. ekonomická úspora a co nejmenší změna původní konstrukce.

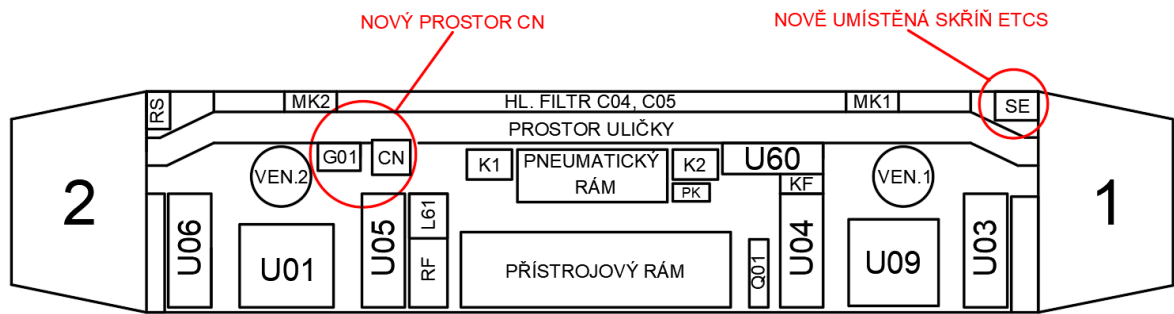
7.3.1 Přesunutí centrálního napaječe

S instalací nového národního vlakového zabezpečovače LS06 se zároveň ve strojovně lokomotivy odstraní skříň původního LS IV, pokud tomu tak nebylo už dříve při instalaci LS90. Tento prostor poté nebude nijak využíván a zároveň je to jediný volný prostor, do kterého je vůbec možné CN umístit.



Obr. 26 Rám po vlakovém zabezpečovači LS IV.

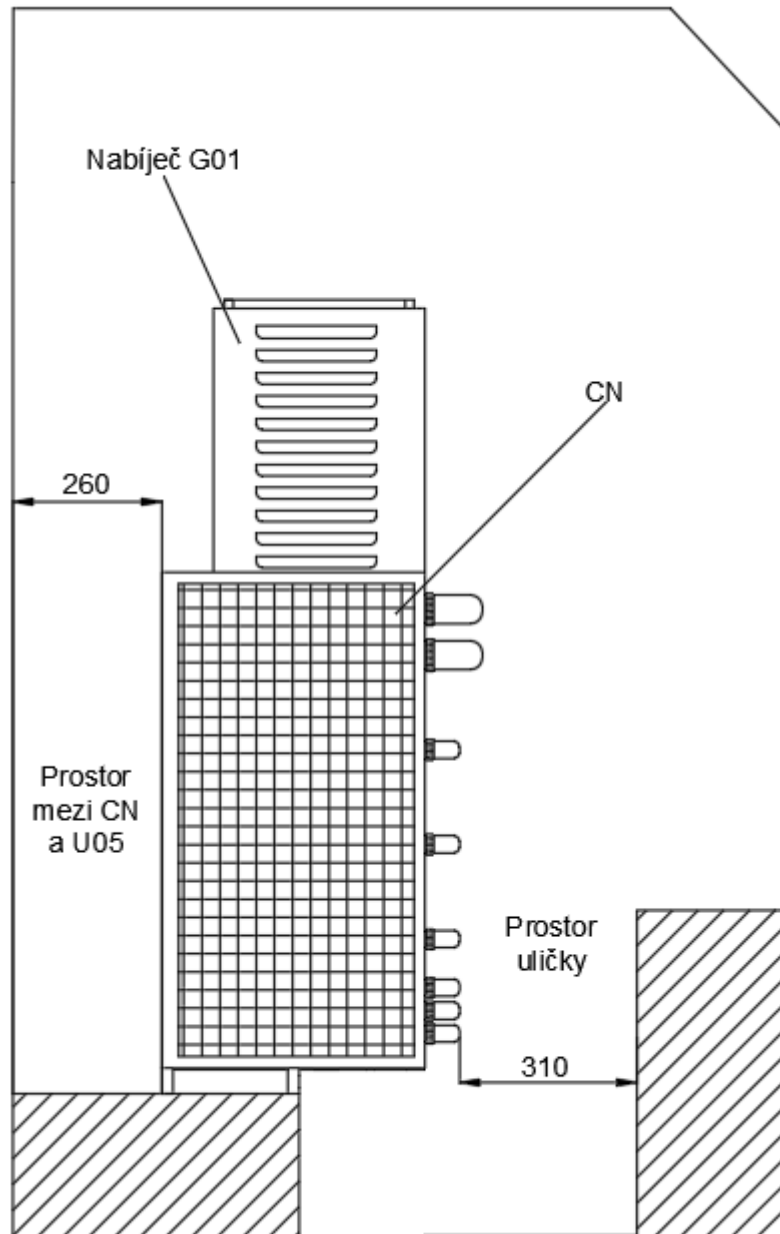
Skříň LS IV se nachází vedle nabíječe lokomotivní baterie G01 a je přístupná z uličky vedoucí strojovnou. Po odstranění skříně zde zůstane rám, který je možné demontovat a místo něj dosadit rám pro CN, původní rám je na obr. 26. Vodiče budou k CN dovedeny kanálem, vedoucím pod uličkou a vyústí ve stejných místech, ve kterých vedly vodiče k LS IV. Prostorové uspořádání strojovny po přemístění CN je na obr. 27.



Obr. 27 Prostorové uspořádání strojovny po přesunutí CN.

Problém zde nastává s prostorem. Přestože je možné na toto místo dosadit CN, musíme brát v potaz i prostor manipulační, tím je myšlen prostor uličky a prostor mezi CN a pulsním měničem U05. Jelikož se prostor mezi U05 a CN používá výhradně při údržbě, popřípadě poruše měniče U05 nebo usměrňovače U01, je vhodné tento prostor omezit více než prostor uličky. Prostor uličky bude ovšem také omezen, na přední straně CN se nacházejí konektory pro napájení jednotlivých šuplíků a ty vyčnívají od samotného rámu až 10 cm, což se může zdát jako větší přesah, ale konektory se nachází pouze na pravé straně rámu a nezasahují tak do prostoru po celé délce, nýbrž v několika centimetrech.

Co se týče samotného CN, je zapotřebí, aby bylo možné při údržbě šuplíky vytáhnout. Z obr. 28 lze ale vidět, že to může být problém, vzhledem k malému prostoru uličky. Není to problém neřešitelný, ovšem značně to zkomplikuje práci. Za normálních okolností by se při poruše prvního (nejspodnějšího) šuplíku, vyndal pouze ten. Nyní se bude muset vytáhnout šuplík třetí, aby bylo možné vytáhnout druhý a potom až bude možné vytáhnout první. Časová náročnost této operace není tak velká, jak se může zdát. Šuplíky se pouze odpojí od konektoru a uvolní se čtyři šrouby M5, kterými jsou upevněny k rámu, ale i tak je to náročnější.



Obr. 28 Boční pohled na uspořádání CN a nabíječe G01.

S předchozím odstavcem souvisí i instalace CN na lokomotivu, potom co byl vyvázán v opravě. Napájecí vodiče 48 V jsou přivedeny na svorkovnici, která se nachází uvnitř skříně vpravo. Při původním uložení, kde pravá strana skříně CN byla u zdi, se ke svorkám dalo dostat vysunutím prvního (nejspodnějšího) šuplíku. Vzhledem k tomu, že po přesunutí by byla tato operace náročnější, je vhodné mezi nabíječem G01 a CN ponechat mezeru. To umožní dostat se ke svorkám po sundání síta i ze vnějšku a nebude tak potřeba šuplík vytahovat.

Nabízí se otázka, zda není vhodnější na toto místo dosadit skříň s komponenty ETCS, potom by odpadal problém s přemístěním CN. Ovšem jak bylo v textu uvedeno i CN, který je menších rozměrů než skříň ETCS, značně omezí manipulační prostor v dané oblasti. Navíc množství přívodních vodičů do skříně ETCS je mnohem větší a ty také zaberou prostor. Pro představu je na obr. 29 zapojená skříň ETCS na lokomotivě řady 363. Konektory, které přichází zezadu a shora by

ještě více znemožnily přístup k pulsnímu měniči U05. Navíc by to znamenalo větší spotřebu vodičů, jelikož by se prodloužila vzdálenost mezi skříní ETCS a skříní elektroniky na prvním stanovišti. Poslední problém, které by nebylo možné otevřít kvůli malému prostoru v uličce.



Obr. 29 Skříně ETCS na lokomotivě řady 363.

Nevýhody řešení jsou:

- Omezení prostoru uličky a prostoru pro přístup k měniči U05 nebo usměrňovači U01.
- Komplikovanější vysouvání samotných šuplíků při opravě.
- Nutnost natáhnout novou kabeláž přes víc než půl lokomotivy.
- Nutnost konstrukce nového nosného rámu.

Výhody řešení jsou:

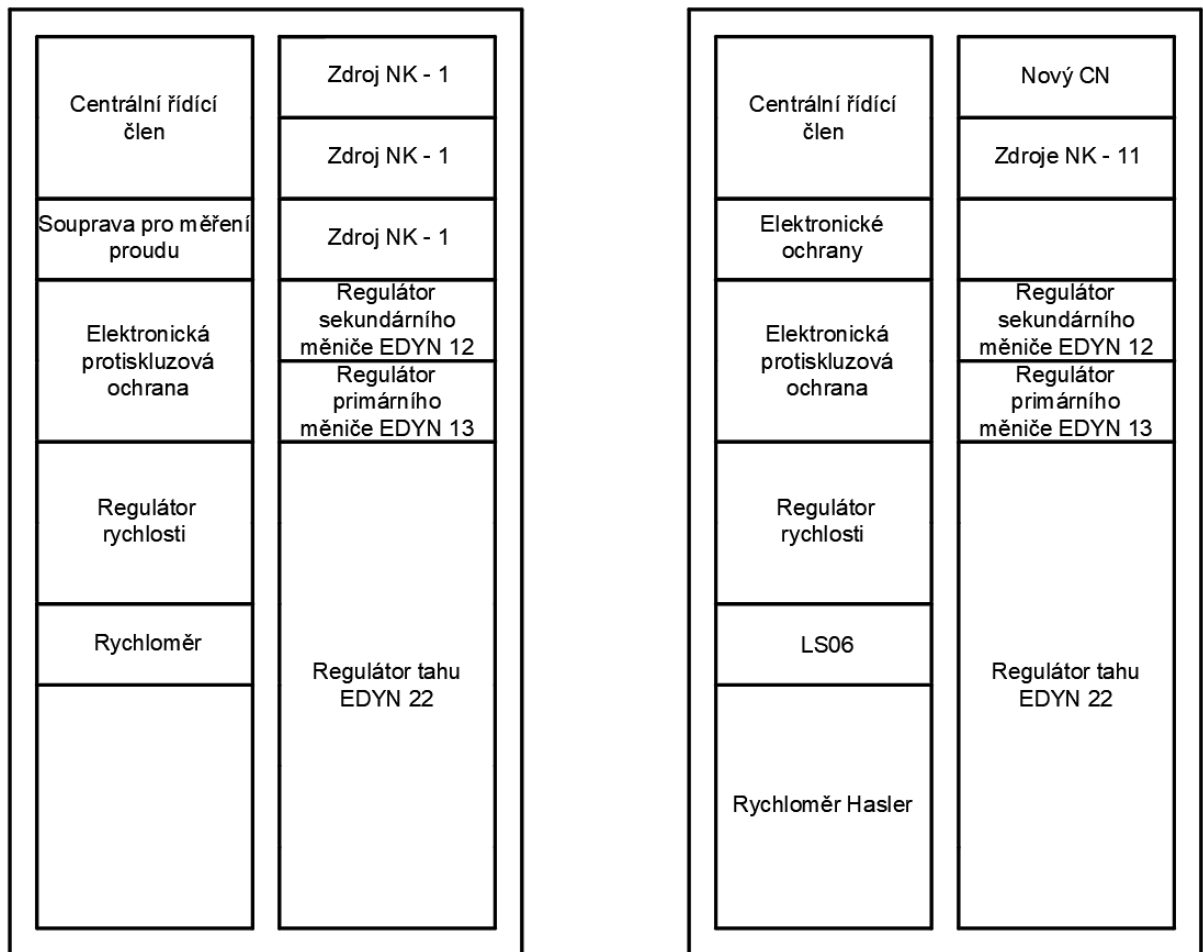
- Lokomotiva nepodléhá žádným změnám elektronické výzbroje – obsluha ani údržba nevyžaduje nové zaškolení.
- Je zachována funkce zálohování napájení elektroniky – při poruše stačí pouze změnit polohu přepínače na ovládacím panelu a lokomotiva může pokračovat bez omezení.
- Cena – ta v tomto případě zahrnuje pouze nové uložení a kabeláž.

7.3.2 Rekonstrukce skříně elektroniky

Při konstrukci lokomotivy bylo hlavní motivací pro umístění CN to, aby byl co nejbližší skříně elektroniky na prvním stanovišti strojvedoucího. Rekonstrukcí skříně elektroniky je však možné zakomponovat její přímo dovnitř. Nejedná se o původní CN, ale nový zdroj, který rozměrově odpovídá jedné vaně ve skříně elektroniky. Toto řešení je použito na lokomotivách společnosti ČD Cargo, které již byly osazeny komponenty ETCS.

Při rekonstrukci skříně elektroniky se nový CN dosadí místo jedné vany zdroje NK-1. Ve skříně elektroniky jsou tři vany se zdroji NK-1, dvě funkční a jedna záložní. Teoreticky by se záložní vana dala odstranit a zbyly by pouze dvě funkční a nový CN. Lepší řešení však představuje odstranění všech tří van NK-1 a dosazení jedné vany zdroje NK-11. Zdroj NK-11 plnohodnotně nahrazuje všechny zdroje NK-1 a navíc, narozdíl od NK-1, není závislý na napájení z CN, protože je napájen z lokomotivní baterie. Pokud by zůstaly ve skříně dva zdroje NK-1 a nový CN, nebylo by prakticky zálohováno nic, při poruše NK-1 nebo CN by lokomotiva nemohla fungovat. Zdroj NK-11 má v sobě záložní zdrojové karty, takže při poruše je stačí pouze přehodit a zdroj funguje dál. Při poruše nového CN by (díky nezávislosti zdroje NK-11 na CN) bylo možné dojet s lokomotivou dojet v režimu nouze. [31]

Takovéto uspořádání ponechá ve skříně elektroniky místo pro jednu vanu. Teoreticky by bylo možné sem přidat další nový CN a tím docílit zálohování stejně jako u původního CN, což by ovšem znamenalo další výdaje. Z finančního hlediska je prozatím vhodnější ponechat prostor prázdný. Pokud se nový CN ukáže jako nespolehlivý, bude možné přidat druhý, nebo navrhnout novější variantu, která by například mohla zabrat prostor dvou van. Výsledný vzhled skříně elektroniky před úpravou a po ní je na obr. 30



Obr. 30 Původní provedení skříně elektroniky (vlevo) a nové provedení s NK-11 a CN (vpravo).

Nevýhody řešení jsou:

- Zavedením této konstrukční změny se značně odkloníme od původní konstrukce vozidla.
- Údržbu nových zařízení zpravidla nemají na starost pracovníci domovského depa, ale provádí ji výrobce zařízení. Prodlužuje se tím doba, kterou vozidlo stráví v prostoji.
- Díky své kompaktní konstrukci nemá nový CN možnost záložního zdroje. Vozidlo je schopné dojet pouze v nouzovém režimu, a to díky tomu, že zdroj NK-11, který napájí regulátor tahu, není závislý na napětí 115 V/400 Hz. Tento problém může být vyřešen přidáním dalšího zdroje, ale to přinese finanční zátěž.
- Výroba a odzkoušení nového zdroje bude finančně náročnější.

Výhody řešení jsou:

- Nová elektronika má lepší účinnost. Výměnou centrálního zdroje za nový dosáhneme jisté kompenzace spotřeby, která byla přidána veškerými elektronickými zařízeními ETCS.
- Není potřeba konstruovat nové mechanické uložení, ani tahat kabeláž přes půl lokomotivy.
- Nijak není omezen manipulační prostor ve strojovně ani na stanovišti.
- Konstrukce je používána i na ostatních lokomotivách dopravce ČD Cargo se systémem ETCS.

8 Závěr

Hlavní motivací pro konverzi elektrických lokomotiv je postupný přechod na jednotnou napájecí soustavu. V České republice se používají dvě hlavní napájecí soustavy, stejnosměrná 3 kV a střídavá 25 kV/50 Hz. Díky svým vlastnostem je střídavá napájecí soustava vhodnější pro budoucnost železnice. Má vyšší přenosovou schopnost, nižší ztráty, nevykazuje bludné proudy a elektrifikace nových tratí je levnější.

Po přechodu na střídavou napájecí soustavu budou všechna stejnosměrná vozidla nepoužitelná. Dopravci přijdou o značnou část kapacity svých vozových parků. Doplnění této kapacity novými vozidly je finančně náročný úkol. Alternativou může být právě konverze stejnosměrných vozidel na střídavá nebo dvousystémová. Rekonstruované lokomotivy mohou nahradit alespoň část ztracené kapacity, a to za přijatelnou cenu. Finanční úspora bude o to ztelnější, pokud bude pro rekonstrukci vybráno vhodné vozidlo. Výběr vhodného vozidla se řídí následujícími kritérii:

- možnost zástavby střídavé elektrické výzbroje,
- perspektivnost vozidla (výkon, EDB, regulace výkonu),
- počet vozidel k rekonstrukci,
- možnost zástavby ETCS.

Lokomotivy řady 163 splňují všechna kritéria a jsou tak ideálním kandidátem. Vhodný způsob, jak rekonstrukci provést, je lokomotivy řady 163 předělat na řadu 363. Tyto dvě řady jsou si velmi podobné – konverze nebude příliš složitá, a navíc konverzí na již schválenou řadu odpadá nutnost vývoje a schvalování nového vozidla. Veškerá mechanická část, vyjma uložení nových elektrických komponentů, může zůstat nedotčená. Značná část pneumatické a elektrické výzbroje taktéž nepodléhá žádným změnám. Hlavní změny spočívají v dosazení chybějící střídavé elektrické výzbroje. Tyto prvky budou konstrukčně vycházet z lokomotiv řady 363, pouze dojde k jejich nahrazení novější variantou. Jedná se o:

- trakční transformátor,
- odpojovače,
- přepojovače vlakového topení,
- rezonanční a kompenzační filtr,
- usměrňovač,
- střídavý hlavní vypínač – nově vakuový místo tlakovzdušného, použitého u ř. 363.

Transformátor bude obdobný jako u řady 363, avšak v době psaní tohoto textu není ještě u zhotovitele rozhodnuto o provedení čerpadel transformátorového oleje. Existují dvě varianty:

- čerpadla s třífázovými asynchronními motory (nová),
- čerpadla s jednofázovými motory a trvale zapojeným kondenzátorem (totožné s řadou 363).

Podle názoru autora je nová verze s asynchronními motory pro tento projekt nevhodná. Znamená totiž zástavbu měniče pro řízení motorů, který s sebou nese velké množství nevýhod, jako:

- finanční zátěž,
- nutnost návrhu uložení měniče,
- možné prodloužení doby údržby,
- nutnost školení obsluhy.

Zmíněné nevýhody převyšují potenciální výhody třífázových asynchronních motorů.

Posledním zásahem je úprava obvodů malého napětí. Ty budou nataženy nově podle schémat třetí série lokomotiv 363 (69E3). Řešení je sice finančně náročnější, ale provedení je rychlejší a zajistí jednodušší uvádění lokomotivy do provozu.

Současně s novou elektrickou výzbrojí bude lokomotiva vystrojena mobilní částí ETCS. Zástavba tohoto zařízení taktéž nepředstavuje zásadní konstrukční změny vozidla. V některých případech dojde pouze k nahrazení stávajících zařízení, například u rychloměru Hasler Teloc3000 a národního vlakového zabezpečovače LS06. Pro nové komponenty, mezi které patří:

- Dopplerův radar,
- snímací zařízení eurobalíz,
- komponenty na stanovištích strojvedoucího,
- propojovací kabeláž,
- snímače tlaku,
- skříň elektronických zařízení pro ETCS,

bude nutné navrhnou nové uložení.

Dopplerův radar a snímací zařízení eurobalíz bude uloženo na nosné konstrukci umístěné na spodku rámu skříňě. Konstrukce bude převzata z lokomotiv 363, společnosti ČD Cargo, již vybavených systémem ETCS. Zástavbové prostory neumožňují výrazně odlišné řešení. Nové prvky na stanovištích budou zakomponovány do řídicího pultu, stejně tak budou snímače tlaku zabudovány do pneumatického rámu. Kabeláž může být natažena dvěma způsoby, existujícím kanálem pod podlahou nebo nově vytvořeným kanálem vedoucím pod střechou strojovny. Vzhledem k tomu, že v rámci konverze bude slaboproudá kabeláž tahána nově, je výhodnější první varianta.

Největším problémem je umístění skříňě ETCS. Skříň musí ze zástavbových důvodů nahradit ve strojovně centrální napaječ. Ten je ovšem stěžejní součástí lokomotivy a musí být buď přesunut nebo nahrazen. V bakalářské práci jsou navržena dvě řešení:

- přesunutí centrálního napaječe,
- rekonstrukce skříňě elektroniky.

Obě řešení mají své výhody i nevýhody. Většina z nich je pouze malého významu. Mezi ty významnější patří zálohování centrálního napaječe, které u verze s rekonstrukcí skříňě elektroniky chybí. Ovšem velkou výhodou této varianty je její použití i na ostatních lokomotivách, dopravce ČD Cargo, osazených systémem ETCS. Z toho důvodu je vhodné ji využít i zde.

Literatura

- [1] Koncepce přechodu na jednotnou napájecí soustavu na české železniční síti. MDCR [online]. 2017 [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: <https://www.mdcr.cz/Dokumenty/Drazni-doprava/Zeleznicni-infrastruktura/Koncepce-prechodu-na-jednotnou-napajeci-soustavu-n>
- [2] PEROUTKA, Jaroslav. Koncepce přechodu na jednotnou napájecí soustavu ve vazbě na priority programového období 2014-2020 a naplnění požadavků TSI ENE – Analytická část. SUDOP Praha, 2016.
- [3] Smlouva o dodávkách trakční elektrické energie. *Správa železnic* [online]. [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/documents/50004227/50172200/Smlouva+dod%C3%A1vky+TEE+2021/772d1ae3-99a8-4ff1-89c4-02f87eea7ce2>
- [4] HLAVA, Karel a Jaromír HRUBÝ. *Ztráty v napájecí soustavě*. Vědeckotechnický sborník ČD č. 32/2011, 2011. ISSN 1214-9047.
- [5] MICHÁLEK, Tomáš. a Jaromír ZELENKA. *Trakční mechanika*. Univerzita Pardubice, 2018. ISBN 978-80-7560-175-9.
- [6] ČD Cargo si pořídí lokomotivy Vectron od Siemensu. *Železničář* [online]. 2016 [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: <https://zeleznicar.cd.cz/zeleznicar/skupina-cd/cd-cargo-si-poridi-lokomotivy-vectron-od-siemensu/-11329/>
- [7] Firemní dokumentace ČMŽO s.r.o.
- [8] DAVID, Oleg. *FUNKČNÍ POPIS ELEKTRICKÝCH A PNEUMATICKÝCH OBVODŮ DVOUPROUDOVÉ LOKOMOTIVY 69E1,2,3* [online]. 2008 [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: <http://zofsmost.mzf.cz/lokomotivy/1446628793.pdf>
- [9] Odložte zavádění ETCS, je moc drahé, napsaly České dráhy ministerstvu. *ZDOPRAVY* [online]. 2020 [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/odlozte-zavadeni-etcs-je-moc-drahe-napsaly-ceske-drahy-ministerstvu-55273/>
- [10] Lokomotiva řady 130 (E 479.0). *Atlas lokomotiv* [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <http://www.atlaslokomotiv.net/loko-130.html>
- [11] ETCS do brejlovců ČD Cargo dodá CZ LOKO, do hrbatých ŽOS Vrútky. *Zdopravy* [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/etcs-do-brejlovcu-cd-cargo-doda-cz-loko-do-hrbatych-zos-vrutky-69178/>
- [12] KOŽUŠKO, Július. *Elektrická lokomotiva řady E 499.2*. Praha. NADAS, 1981.
- [13] Lokomotiva řady 150,151 (499.2). *Atlas lokomotiv* [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <http://www.atlaslokomotiv.net/loko-150.html>
- [14] Příchod nových vectronů bude znamenat přesun „bastardů“ na děčínské rychlíky a postupný konec řady 150. *Zdopravy* [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/prichod-novych-vectronu-bude-znamenat-presun-bastardu-na-decinske-rychliky-a-postupny-konec-rady-150-73114/>
- [15] Lokomotiva řady 372, 371 ES (499.2). *Atlas lokomotiv* [online]. [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: <http://www.atlaslokomotiv.net/loko-372.html>
- [16] Lokomotiva řady 163, 162 (E 499.3). *Atlas lokomotiv* [online]. [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: <http://www.atlaslokomotiv.net/loko-163.html>

- [17] ČD Cargo vybaví 78 elektrických lokomotiv ETCS, zvažuje přestavbu peršingů na esa. Zdopravy [online]. [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/cd-cargo-vybavi-78-elektricky-ch-lokomotiv-etcs-zvazuje-prestavbu-persingu-na-esa-25725/>
- [18] ČD Cargo. ČD CARGO [online]. [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: <https://www.cdcargo.cz/>
- [19] ŽABKA, Martin a František PALÍK. Elektrické lokomotivy řady ES 499.1. Krokodýl, 2019. ISBN 978-80-270-6112-9.
- [20] LATA, Michael. *Konstrukce kolejových vozidel II*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004. ISBN 80-7194-696-655-769-04.
- [21] Lokomotivní řada 363.5 ČD Cargo. *Stránky přátel železnic* [online]. [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: http://spz.logout.cz/vozidla/363_5/363_5.php
- [22] BIERHANZL, Václav, Martin SYCHRA a Václav BOHUSLAV. *Návod k obsluze dvousystémové elektrické lokomotivy ŠKODA 71 Em, ČD 363.5*. 2011.
- [23] Lokomotiva 361. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Lokomotiva_361
- [24] Rušeň 361. *VO VLAKU* [online]. 2016 [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://vovlaku.teraz.sk/rusen-radu-361/>
- [25] Výkonové elektrické systémy pre elektrické rušne. *EVPU* [online]. [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://www.evpu.sk/produkcia/elektrokomponenty-pre-dopravu/elektronika-pre-elektricke-rusne>
- [26] Střešní odpojovače. *FAIVELEY TRANSPORT* [online]. [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://www.ftczech.cz/nase-vyrobky/elektro-mechanicke-pristroje/stresni-odpojovace/>
- [27] Zákaznická řešení. *Alfa union* [online]. [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://www.alfaunion.cz/produkty-zakaznicka-a-jina-reseni-detail-63>
- [28] Firemní dokumentace ČMŽO – Slovakia s.r.o.
- [29] GoodWe DT - 6 kW. *SVP Solar* [online]. [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://www.solar-eshop.cz/p/stridac-goodwe-dt-6000/>
- [30] Ve Zkušebním centru Velim se testují naše nejrozšířenější elektrické lokomotivy nově vybavované systémem ETCS. *ČD-TELEMATIKA* [online]. 2020 [cit. 2021-5-6]. Dostupné z: <https://www.cdt.cz/aktuality/tiskove-zpravy/ve-zkusebnim-centru-velim-se-testuji-nase-nejrozsirenejsi-elektricke-lokomotivy-nove-vybavovane-systemem-etcs-1835/>
- [31] NK-11. *ČMŽO – elektronika* [online]. [cit. 2021-5-6]. Dostupné z: <https://www.cmzo-e.cz/vyrobky/detail/nk-11#vyrobky-seznam>
- [32] FEDERÁLNÍ MINISTERSTVO DOPRAVY. *ČSD V7, Příloha 5 - Trakční charakteristiky a vozidlové odpory*. Praha: NADAS, 1982.

Seznam příloh

Příloha 1

Tr. char. lokomotivy 150 se zvýrazněným průběhem sil při uvažovaném rozjezdu.

Příloha 2

Tr. char. lokomotivy 363 se zvýrazněným průběhem sil při rozjezdu uvažovaném rozjezdu.

Příloha 3

Přílohy 3a až 3d obsahují jednu tabulku rozdělenou na více listů. Řádky tabulek si odpovídají.

Příloha 3a

Vstupní parametry pro výpočet rozjezdu lokomotivy 150.

Příloha 3b

Výpočet rozjezdu a jízdy ustálenou rychlostí (tučné ohraničení) lokomotivy 150.

Příloha 3c

Výpočet rozjezdu a jízdy ustálenou rychlostí (tučné ohraničení) lokomotivy 150.

Příloha 3d

Výpočet rozjezdu a jízdy ustálenou rychlostí (tučné ohraničení) lokomotivy 150.

Příloha 4

Přílohy 4a až 4d obsahují jednu tabulku rozdělenou na více listů. Řádky tabulek si odpovídají.

Příloha 4a

Vstupní parametry pro výpočet rozjezdu lokomotivy 363.

Příloha 4b

Výpočet rozjezdu a jízdy ustálenou rychlostí (tučné ohraničení) lokomotivy 363.

Příloha 4c

Výpočet rozjezdu a jízdy ustálenou rychlostí (tučné ohraničení) lokomotivy 363.

Příloha 4d

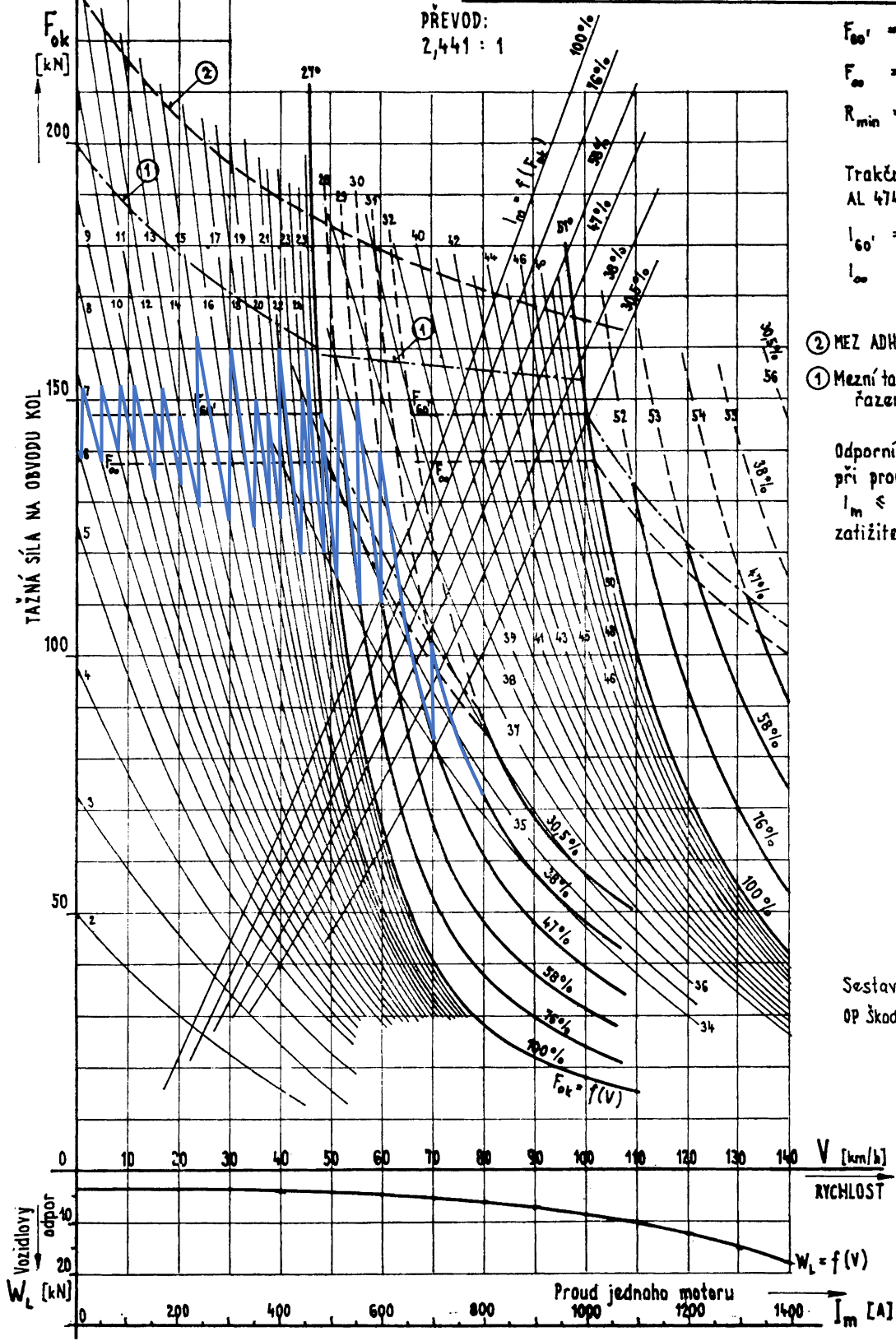
Výpočet rozjezdu a jízdy ustálenou rychlostí (tučné ohraničení) lokomotivy 363.

Příloha 5

Výpočet výsledné účinnosti lokomotivy řady 150 a 363.

ROZSAH II
Napětí v troleji
3,0 kV ss

E 499.2 TOV. TYP: 65E	HMOTNOST VE SLUŽBĚ	86,0 t
	PRŮMĚR STR. OJETÝCH KOL	1220 mm
	DĚLKA PŘES NÁRAZNIKY	17,22 m
	DOVOLENÁ RYCHLOST	140 km/h



PŘEVOD:
2,441 : 1

$F_{60'} = 147 \text{ kN}$
 $F_{\infty} = 138 \text{ kN}$
 $R_{min} = 120 \text{ m}$

Trakční motor
AL 4741 FLT
 $I_{60'} = 750 \text{ A}$
 $I_{\infty} = 715 \text{ A}$

- ② MEZ ADHEZE
 - ① Mezní tažná síla pro řazení nahoru
- Odporníky
při proudech
 $I_m \leq I_{60'}$
zatižitelné trvale

Sestaveno podle
OP Škoda La 1550 D

Příloha 1: Tr. char. lokomotivy 150 se zvýrazněným průběhem sil při uvažovaném rozjezdu.[32]

**PRŮZATÍMNÍ TRAKČNÍ
CHARAKTERISTIKA**
Podle La 1588D a La 1601D

ROZSAH II

Napětí v troleji:
25 kV, 50 Hz
3,0 kV ss

ES 499.1

TOV. TYP: 69 E

PŘEVOD: 3,6 : 1

HMOTNOST VE SLUŽBĚ	87 t
PRŮMĚR STŘ. OJETÝCH KOL	1215 mm
DĚLKA PŘES MÁRAZNIKY	16,74 m
DOVOLENÁ RYCHLOST	120 km/h

$F_{\infty} = 173 \text{ kN}$

$R_{\min} = 120 \text{ m}$

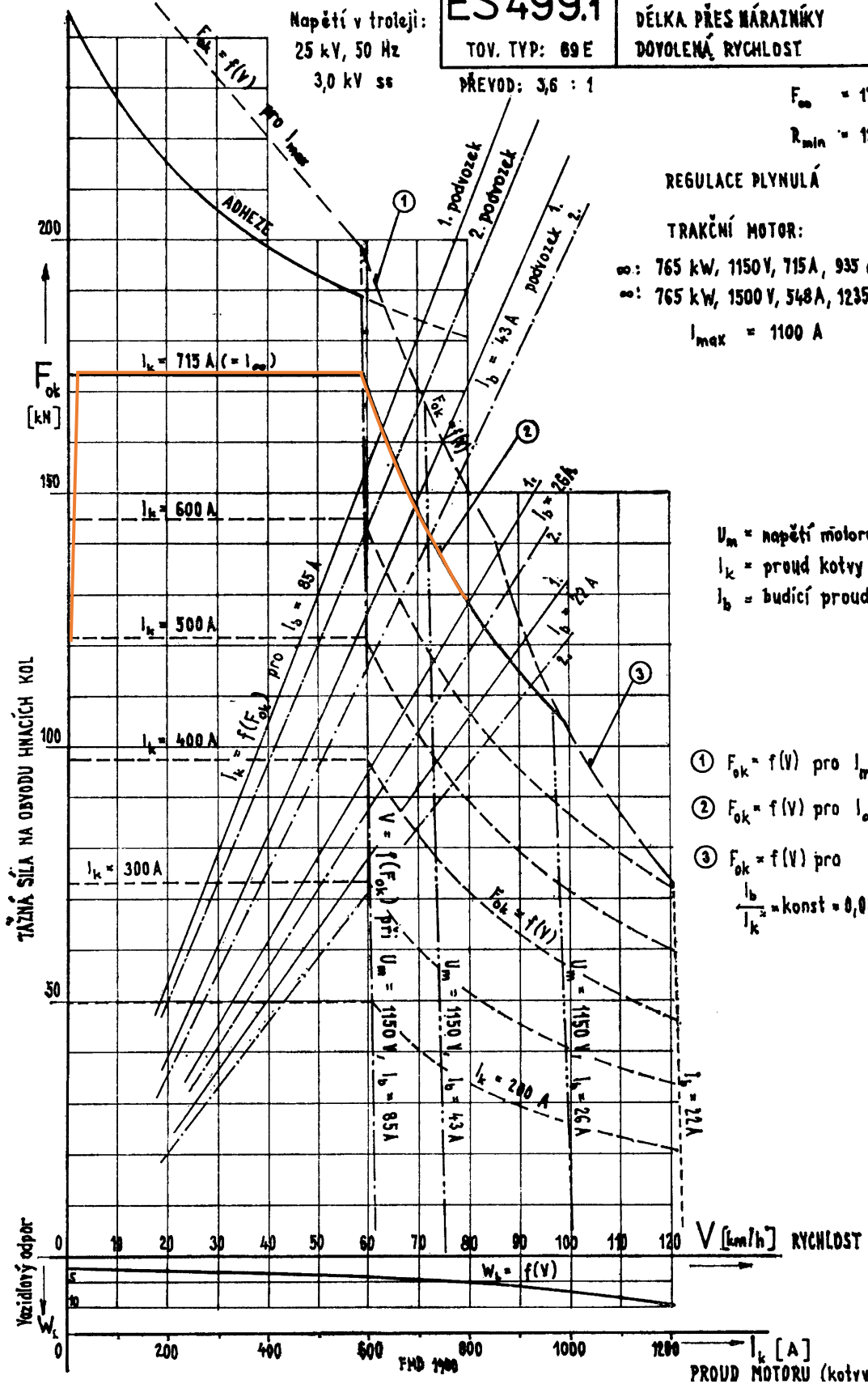
REGULACE PLYNULÁ

TRAKČNÍ MOTOR:

∞ : 765 kW, 1150 V, 715 A, 935 ot/min

∞ : 765 kW, 1500 V, 548 A, 1235 ot/min

$I_{\max} = 1100 \text{ A}$



Příloha 2: Tr. char. lokomotivy 363 se zvýrazněným průběhem sil při uvažovaném rozjezdu.[32]

Hmotnost lok. 150 [kg]	Odpor lok. 150 [N]	Počet dopravovaných vozidel	Hmotnost dopravovaného vozidla [kg]	Hmotnost dopravovaných vozidel [t]	Odpor dopravovaných vozidel [N]	Síla působící proti pohybu vlaku [N]	Mred [kg]
86000	3500	11	90000	990	12626	16126	1113990
86000	3500	11	90000	990	12639	16139	1113990
86000	3500	11	90000	990	12678	16178	1113990
86000	3500	11	90000	990	12743	16243	1113990
86000	3500	11	90000	990	12872	16372	1113990
86000	3500	11	90000	990	13022	16522	1113990
86000	3500	11	90000	990	13179	16679	1113990
86000	3500	11	90000	990	13363	16863	1113990
86000	3500	11	90000	990	13687	17187	1113990
86000	3537	11	90000	990	14164	17702	1113990
86000	3625	11	90000	990	14513	18138	1113990
86000	3699	11	90000	990	14785	18484	1113990
86000	3821	11	90000	990	15195	19016	1113990
86000	3941	11	90000	990	15575	19517	1113990
86000	4030	11	90000	990	15844	19873	1113990
86000	4175	11	90000	990	16267	20442	1113990
86000	4362	11	90000	990	16795	21157	1113990
86000	4601	11	90000	990	17442	22043	1113990
86000	5120	11	90000	990	18780	23900	1113990
86000	5954	11	90000	990	20820	26774	1113990
86000	6433	11	90000	990	21949	28382	1113990

Příloha 3a: Vstupní parametry pro výpočet rozjezdu lokomotivy 150.

Počáteční rychlost [km/h]	Stupeň	Konečná rychlost [km/h]	Počáteční síla [N]	Konečná síla [N]	Průměrná síla [N]	Průměrné zrychlení [m/s ²]	Průměrná rychlost [km/h]	Čas kroku [s]
0	6	1	140000	139000	139500	0,11	0,5	2,5
1	7	5	152000	138000	145000	0,12	3,0	9,6
5	8	7	153000	140000	146500	0,12	6,0	4,7
7	9	11	153000	140000	146500	0,12	9,0	9,5
11	10	15	155000	135000	145000	0,12	13,0	9,6
15	11	18	147000	140000	143500	0,11	16,5	7,3
18	12	21	153000	134000	143500	0,11	19,5	7,3
21	13	24	146000	129000	137500	0,11	22,5	7,7
24	15	30	153000	126000	139500	0,11	27,0	15,2
30	17	35	160000	125000	142500	0,11	32,5	12,4
35	19	37	150000	130000	140000	0,11	36,0	5,1
37	20	40	147000	128000	137500	0,11	38,5	7,8
40	22	44	160000	120000	140000	0,11	42,0	10,2
44	24	46	150000	130000	140000	0,11	45,0	5,1
46	25	48	160000	120000	140000	0,11	47,0	5,2
48	27	52	147000	115000	131000	0,10	50,0	11,2
52	28	55	150000	110000	130000	0,10	53,5	8,5
55	29	60	150000	110000	130000	0,10	57,5	14,3
60	30	70	140000	82000	111000	0,08	65,0	35,5
70	32	80	105000	72000	88500	0,06	75,0	50,1
80	32	80	72000	72000	72000	0,04	80,0	0,0
110	51	110	100000	100000	100000	0,00	110,0	327

Příloha 3b: Výpočet rozjezdu a jízdy ustálenou rychlostí (tučné ohraničení) lokomotivy 150.

Dráha kroku[m]	Průměrný proud TM [A]	Odpor stupně [Ω]	Ztráty v odporu [W]	Odpor šuntovacího odporníku [Ω]	Proud šuntovacím odporem [A]	Ztráty v šuntovacích odporech [W]	Odebíraný výkon PP [W]	Účinnost trakčních motorů
0,3	723,3	4,000	2092420	0	0	0	45900	0,93
8,0	747,5	3,664	2047064	0	0	0	45900	0,93
7,9	754,1	3,324	1890048	0	0	0	45900	0,93
23,8	754,1	3,095	1759837	0	0	0	45900	0,93
34,7	747,5	2,859	1597313	0	0	0	45900	0,93
33,5	740,9	2,622	1439146	0	0	0	45900	0,93
39,6	740,9	2,433	1335409	0	0	0	45900	0,93
48,1	714,5	2,244	1145457	0	0	0	45900	0,93
113,8	723,3	1,777	929558	0	0	0	45900	0,93
111,9	736,5	1,314	712679	0	0	0	45900	0,93
50,8	725,5	0,966	508398	0	0	0	45900	0,93
83,4	714,5	0,790	403258	0	0	0	45900	0,93
119,4	725,5	0,506	266304	0	0	0	45900	0,93
64,2	725,5	0,238	125258	0	0	0	45900	0,93
67,3	725,5	0,133	69997	0	0	0	45900	0,93
155,5	685,9	0,030	14112	0	0	0	45900	0,93
126,8	740,0	0,030	16428	0,066	251,6	4178	45900	0,93
228,9	750,0	0,030	16875	0,032	315,0	3175	45900	0,93
641,5	710,0	0,030	15123	0,023	376,3	3256	45900	0,93
1044,4	700,0	0,030	14700	0,018	434,0	3390	45900	0,93
0,0	650,0	0,030	12675	0,018	403,0	2923	45900	0,93
10000	500,0	0,030	7500	0	0	0	45900	0,93

Příloha 3c: Výpočet rozjezdu a jízdy ustálenou rychlostí (tučné ohraničení) lokomotivy 150.

Průměrný mech. výkon [W]	Průměrný příkon loko. [W]	Účinnost lokomotivy	Trakční práce [J]	Elektrická energie [J]
19 375	2159153	0,90 %	48595,5	5415493,9
120 833	2222892	5,44 %	1160653,6	21351788,5
244 167	2198493	11,11 %	1159517,1	10440367,9
366 250	2199554	16,65 %	3480301,8	20901331,8
523 611	2206236	23,73 %	5038612,9	21230199,7
657 708	2192260	30,00 %	4808450,8	16027428,0
777 292	2217107	35,06 %	5689764,6	16229192,1
859 375	2115416	40,62 %	6613054,7	16278529,1
1 046 250	2100458	49,81 %	15881610,8	31884015,0
1 286 458	2141867	60,06 %	15949070,7	26554136,0
1 400 000	2059675	67,97 %	7109992,5	10460193,7
1 470 486	2030326	72,43 %	11469809,8	15836566,4
1 633 333	2068476	78,96 %	16710399,1	21162284,0
1 750 000	2052878	85,25 %	8989187,0	10544973,7
1 827 778	2081249	87,82 %	9416562,6	10722427,4
1 819 444	2016404	90,23 %	20369827,0	22574913,2
1 931 944	2143866	90,11 %	16477650,3	18285136,3
2 076 389	2298626	90,33 %	29758203,6	32943247,6
2 004 167	2219298	90,31 %	71202346,3	78845342,7
1 843 750	2046517	90,09 %	92429997,4	102595030,7
1 600 000	1781928	89,79 %	0	0
3 055 556	3338944	91,51 %	100000000	1092745181

Příloha 3d: Výpočet rozjezdu a jízdy ustálenou rychlostí (tučné ohraničení) lokomotivy 150.

Hmotnost loko. 363 [kg]	Odpor loko. 363 [N]	Počet dopravovaných vozidel	Hmotnost dopravovaného vozidla [kg]	Hmotnost dopravovaných vozidel [t]	Odpor dopravovaných vozidel [N]	Síla působící proti pohybu vlaku [N]	Mred [kg]
87000	2504	11	90000	990	12627	15131	1115190
87000	2668	11	90000	990	12678	15346	1115190
87000	2866	11	90000	990	12853	15719	1115190
87000	3010	11	90000	990	13072	16082	1115190
87000	3150	11	90000	990	13363	16513	1115190
87000	3288	11	90000	990	13727	17015	1115190
87000	3427	11	90000	990	14164	17591	1115190
87000	3570	11	90000	990	14674	18244	1115190
87000	3718	11	90000	990	15257	18974	1115190
87000	3874	11	90000	990	15912	19787	1115190
87000	4042	11	90000	990	16641	20683	1115190
87000	4204	11	90000	990	17359	21563	1115190
87000	4319	11	90000	990	17870	22189	1115190
87000	4400	11	90000	990	18225	22625	1115190
87000	4483	11	90000	990	18592	23075	1115190
87000	4569	11	90000	990	18971	23540	1115190
87000	4681	11	90000	990	19461	24143	1115190
87000	4824	11	90000	990	20073	24897	1115190
87000	5026	11	90000	990	20930	25956	1115190
87000	5217	11	90000	990	21717	26934	1115190
87000	5274	11	90000	990	21949	27223	1115190

Příloha 4a: Vstupní parametry pro výpočet rozjezdu lokomotivy 363.

Počáteční rychlost [km/h]	Konečná rychlost [km/h]	Počáteční síla [N]	Konečná síla [N]	Průměrná síla [N]	Průměrné zrychlení [m/s ²]	Průměrná rychlost [km/h]	Čas kroku [s]
0	2	122000	173000	147500	0,12	1,0	4,7
2	10	173000	173000	173000	0,14	6,0	15,7
10	15	173000	173000	173000	0,14	12,5	9,8
15	20	173000	173000	173000	0,14	17,5	9,9
20	25	173000	173000	173000	0,14	22,5	9,9
25	30	173000	173000	173000	0,14	27,5	9,9
30	35	173000	173000	173000	0,14	32,5	10,0
35	40	173000	173000	173000	0,14	37,5	10,0
40	45	173000	173000	173000	0,14	42,5	10,1
45	50	173000	173000	173000	0,14	47,5	10,1
50	55	173000	173000	173000	0,14	52,5	10,2
55	59	173000	173000	173000	0,14	57,0	8,2
59	61	173000	167000	170000	0,13	60,0	4,2
61	63	167000	162500	164750	0,13	62,0	4,4
63	65	162500	156000	159250	0,12	64,0	4,5
65	67	156000	150000	153000	0,12	66,0	4,8
67	70	150000	147000	148500	0,11	68,5	7,5
70	73	147000	142500	144750	0,11	71,5	7,8
73	78	142500	130000	136250	0,10	75,5	14,0
78	80	130000	128000	129000	0,09	79,0	6,1
80	80	128000	128000	128000	0,09	80,0	0,0
110	110	85000	85000	85000	0,0	110,0	327,3

Příloha 4b: Výpočet rozjezdu a jízdy ustálenou rychlostí (tučné ohraničení) lokomotivy 363.

Dráha kroku [m]	Odebíraný výkon PP [W]	Proud buzení [A]	Odebíraný výkon PM buzení [W]	Účinnost PM a TM
1,3	79327	60,00	10 455	0,87
26,2	79327	85,00	20 983	0,87
34,2	79327	85,00	20 983	0,87
48,0	79327	85,00	20 983	0,87
61,9	79327	85,00	20 983	0,87
75,9	79327	85,00	20 983	0,87
90,0	79327	85,00	20 983	0,87
104,3	79327	85,00	20 983	0,87
118,7	79327	85,00	20 983	0,87
133,4	79327	85,00	20 983	0,87
148,3	79327	85,00	20 983	0,87
129,6	79327	85,00	20 983	0,87
69,9	79327	75,40	16 510	0,87
75,1	79327	70,56	14 459	0,87
80,9	79327	66,17	12 717	0,87
87,7	79327	62,18	11 229	0,87
142,2	79327	57,68	9 662	0,87
154,0	79327	52,89	8 124	0,87
294,5	79327	47,38	6 519	0,87
133,2	79327	43,23	5 427	0,87
0,0	79327	42,14	5 158	0,87
10000	79327	22,13	1 423	0,87

Příloha 4c: Výpočet rozjezdu a jízdy ustálenou rychlostí (tučné ohraničení) lokomotivy 363.

Průměrný mech. výkon [W]	Průměrný příkon loko. [W]	Účinnost lokomotivy	Trakční práce [J]	Elektrická energie [J]
40972	136651	29,98 %	191769,3	639589,0
288333	430136	67,03 %	4532370,2	6761389,0
600694	787446	76,28 %	5915532,9	7754633,4
840972	1062301	79,17 %	8300892,1	10485536,7
1081250	1337155	80,86 %	10701989,9	13234888,5
1321528	1612010	81,98 %	13122335,5	16006726,6
1561806	1886864	82,77 %	15565691,4	18805380,3
1802083	2161719	83,36 %	18036098,6	21635499,4
2042361	2436573	83,82 %	20537905,7	24502087,9
2282639	2711428	84,19 %	23075802,3	27410542,3
2522917	2986282	84,48 %	25654857,4	30366696,0
2739167	3233651	84,71 %	22412582,1	26458584,6
2833333	3336895	84,91 %	11875937,7	13986620,5
2837361	3339452	84,96 %	12368591,0	14557300,6
2831111	3330561	85,00 %	12880613,4	15152942,2
2805000	3299204	85,02 %	13423769,1	15788860,1
2825625	3321229	85,08 %	21115938,7	24819598,4
2874896	3376053	85,16 %	22291497,4	26177391,7
2857465	3354509	85,18 %	40127729,4	47107771,8
2830833	3322953	85,19 %	17183427,9	20170640,7
2844444	3338254	85,21 %	0,0	0,0
2597222	3051720	85,11 %	850000000,0	998744801,9

Příloha 4d: Výpočet rozjezdu a jízdy ustálenou rychlostí (tučné ohraničení) lokomotivy 363.

	Účinnosti	
	150	363
Trakční práce [J]	343763608,3	319315332,2
Elektrická energie [J]	510282597,6	381822679,9
Účinnost	67,37 %	83,63 %

Příloha 5: Výpočet výsledné účinnosti lokomotivy řady 150 a 363.