

AKTUÁLNÍ STAV VÝVOJE DUÁLNÍCH LOKOMOTIV V CZ LOKO

CURRENT STATE OF DEVELOPMENT OF DUAL LOCOMOTIVES IN CZ LOKO

Michal BENICKÝ¹, Lukáš HAUPT²

e-ISBN: 978-80-7560-564-1
DOI: 10.46585/spkv20252697

ISSN: 3029-8342



Abstrakt

Příspěvek pojednává o aktuálních projektech duálních lokomotiv v CZ LOKO, a.s. V první části popisuje proces vývoje, výroby, oživování, funkčních a typových zkoušek a prvotních zkušeností s provozem lokomotiv DS2000 DC (řada 190.0 / 744.5), což je varianta duální lokomotivy umožňující využití energie z trolejového vedení 3 kV DC nebo ze spalovacího motoru CAT C32. Následuje popis aktuálně projektované duální lokomotivy pro napěťové soustavy 25 kV 50 Hz a 15 kV 16,7 Hz v kombinaci se silnějším spalovacím motorem CAT C32 B. Tato lokomotiva je základem zcela nové platformy, jež by měla sloužit jako základ pro vývoj budoucích řad lokomotiv. Důraz je kladen zejména na vývoj hlavního rámu a kabiny, které musí být nově vyvinuty zejména z důvodu obtíží s rozmístěním všech potřebných komponent při zachování hmotnostních a rozměrových parametrů lokomotivy.

Klíčová slova

duální lokomotiva, DualShunter, vývoj, ladění, zkoušky, klimatická neutralita

Abstract

The paper describes current projects of dual locomotives in CZ LOKO, a.s. In the first part it describes the process of development, production, setting up, functional and type tests and initial experience with operation of DS2000 DC locomotives (190.0 / 744.5 series), which is a variant of the dual locomotive enabling the use of energy from the 3 kV DC overhead line or from the CAT C32 internal combustion engine. The following is a description of the currently designed dual locomotive for the 25 kV 50 Hz and 15 kV 16.7 Hz voltage systems in combination with the more powerful CAT C32 B internal combustion engine. This locomotive is the basis of a completely new platform that should serve as the basis for the development of future locomotive series. Emphasis is placed on the development of the main frame and cab, which have to be redesigned, particularly because of the difficulty of accommodating all the necessary components while maintaining the weight and dimensions of the locomotive.

Keywords

dual locomotive, DualShunter, development, debugging, testing, climate neutrality

¹ Ing. Michal Benický. CZ LOKO, a.s. Semanínská 580, 560 02 Česká Třebová, Česká republika, tel.: +420 727 969 769, e-mail: michal.benicky@czloko.cz

² Ing. Lukáš Haupt,  0009-0002-1972-4554. CZ LOKO, a.s. Semanínská 580, 560 02 Česká Třebová, Česká republika, tel.: +420 702 275 508, e-mail: lukas.haupt@czloko.cz

1 ÚVOD

CZ LOKO, a.s. jako tradiční výrobce motorových lokomotiv se rozhodlo reagovat již před několika lety na situaci související se snahami Evropské unie o dosažení klimatické neutrality v rámci Zelené dohody pro Evropu (tzv. Green deal) [1]. Prvním krůčkem byl vývoj hybridních lokomotiv, jejichž hlavním zdrojem elektrické energie je akumulátorová baterie doplněná záložním zdrojem ve formě motorgenerátoru. V této kategorii lokomotiv došlo v CZ LOKO k realizaci prototypu HybridShunter 400, testovaném v roce 2021.

Již koncem roku 2020 byl v CZ LOKO, a.s., jakožto reakce na požadavky trhu, odsouhlasen projektový záměr na vývoj a stavbu dvou prototypů duální lokomotivy. Jde o lokomotivu s kombinací energie odebírané z trolejového vedení (závislá trakce) a z motorgenerátoru (nezávislá trakce). Jako první zástupce duálních lokomotiv byl představen DualShunter 2000 DC (zkráceně DS2000 DC), který se aktuálně nachází ve fázi schvalování v destinaci konečného zákazníka. V konstrukčních kancelářích CZ LOKO, a.s. probíhají přípravné práce na dalším zástupci duálních lokomotiv DualShunter 2000 AC, potažmo DualShunter 2000 AC/DC.

Dá se konstatovat, že CZ LOKO, a.s. se tak za posledních pět let proměnilo z výrobce čistě motorových lokomotiv na výrobce jak motorových, tak i elektrických lokomotiv, reprezentovaných duálními lokomotivami. Duální lokomotiva totiž není, jak by se mohlo na první pohled zdát, motorová lokomotiva s dosazeným sběračem proudu. Jedná se o plnohodnotnou elektrickou a plnohodnotnou motorovou lokomotivu v jedné, odtud název *duální*. [2]

2 DUALSHUNTER 2000 DC

Vývoji první duální lokomotivy v historii CZ LOKO, a.s. předcházelo odsouhlasení projektového záměru závěrem roku 2020 a v první polovině roku 2021 pak podpis smlouvy o dodávce těchto lokomotiv s italským zákazníkem. Jedná se o zákazníka, který má bohaté a dlouholeté zkušenosti s motorovými lokomotivami EffiShunter 1000 (řadového označení v ČR 744.1) z produkce CZ LOKO, a.s. Ty využívá v kontejnerových překladištích, ale do značné míry i na tratích elektrifikovaných systémem 3 kV DC. Tak vznikla prvotní myšlenka duální lokomotivy s konkrétním použitím u konkrétního zákazníka – posun v kontejnerovém překladišti a následně přeprava kontejnerového vlaku po elektrifikované trati. Tím byla dána specifikace a do určité míry i zadání nové duální lokomotivy CZ LOKO, DualShunter 2000 DC (v ČR označené řadou 190.0, v Itálii řadou 744.5). Z pohledu údržby a vybavenosti zákazníka náhradními díly byl kladen důraz na unifikaci (zejména mechanické části) s motorovými lokomotivami EffiShunter 1000. Pro obsluhu je pak výhodná unifikace stanovišť strojvedoucího. [3]

2.1 Vývoj a výroba prototypu

Projekt nové duální lokomotivy byl v CZ LOKO, a.s. zahájen začátkem roku 2021 vytipováním hlavních komponent a celků a tvorbou výkresové dokumentace. V průběhu roku byly postupně objednány a zasmělněny základní celky jako např. prvky trakční výzbroje, EDB, tlumivka, střešní výzbroj, hlavní rám atd. Na jejich vývoji CZ LOKO, a.s. spolupracovalo s některými klíčovými dodavateli již dávno před zahájením projektu. Výkresová dokumentace byla dokončována na přelomu let 2021 a 2022, což vyvrcholilo přístavbou hlavního rámu v únoru 2022 do Jihlavského závodu CZ LOKO, a.s. Po tom, co se svět pomalu začínal vzpamatovávat z přísných karanténních opatření souvisejících s pandemií COVID-19 (následky pandemie jsou citelné do dnešních dnů), byl oznámen ve čtvrtek 24. února 2022 vpád ruských vojsk na území Ukrajiny. Důsledkem těchto událostí začal projekt, a tedy i samotná stavba prototypu DS2000 DC (190.001 dle ČR systému značení resp. 744.501 dle italského systému značení) nabírat zpoždění. Největšími komplikacemi při stavbě prototypu tak byl dodavatelský řetězec a příslušné typové zkoušky jednotlivých celků a případné operativní řešení modifikací. [3]

Po necelém roce se podařilo postavit prototyp lokomotivy DS2000 DC a mohly tak začít v lednu 2023 interní zkoušky. Jejich obsahem je kontrola elektrických obvodů, zkoušky funkčních celků, zkouška ochranného pospojování atd. Na ně navázaly další zkoušky, nastavování a oživování systémů jako je spalovací motor (Zeppelin CZ s.r.o.), zabezpečovací zařízení BL3 (Progress Rail Signalling S.p.A.), řídicí

systém vozidla (MSV elektronika s.r.o.), řízení pohonu a pomocných pohonů (INELTECH s.r.o.), hasicí zařízení (ISE S.r.l.) atd. V té době již pozvolna probíhala stavba druhého prototypu DS2000 DC s číslem 190.002, resp. 744.502 dle italského systému značení. Začátkem července 2023 bylo vydáno Drážním úřadem (DÚ) rozhodnutí o povolení zkušebního provozu duálních lokomotiv 190.001 a 190.002 na vlečkách CZ Logistics, s.r.o. a SD – Kolejová doprava, a.s. Zároveň na začátku července 2023 došlo k završení oživovacích prací a to revizí elektrického zařízení hnacího kolejového vozidla a dokončením všech administrativních a kontrolních kroků potřebných pro zkušební provoz vozidla.

2.2 Zkoušky a ladění

Historicky první jízda první duální lokomotivy CZ LOKO, a.s. byla uskutečněna 12. 7. 2023 na vlečce Pávov, prozatím však pouze v dieselovém režimu. Tomuto historickému milníku přihlížela akumulátorová lokomotiva 704.201 z produkce ČKD. Tu bylo nutné využít k posunu po síti Správy železnic (SŽ), kde musejí být lokomotivy DS2000 DC pouze taženy jako nečinné, jak vyplývá z rozhodnutí DÚ. Zároveň posloužila pro simulování zátěže při prvních jízdních zkouškách výrobce CZ LOKO, a.s. Na přelomu července a srpna 2023 navázala první zkouška trolejového režimu za využití topného alternátoru lokomotivy 750.163 pro napájení. První jízdní zkoušky a testování trakčních obvodů lokomotivy poodkryly problematiku související s elektromagnetickým ovlivňováním elektrických obvodů a komunikačních linek lokomotivy. Srpen 2023 se tak nesl v duchu měření elektromagnetické kompatibility zářením (EMC) a prověřování technických řešení, které bylo částečně aplikováno i na druhý prototyp 190.002, který se tou dobou nacházel ve výrobním procesu. Po finální kontrole a nastavení sběrače proudu byl prototyp 190.001 přepraven do vysokonapěťové zkušebny v České Třebové v tamním depu kolejových vozidel. Dne 5. 9. 2023 tak mohlo dojít k historicky prvnímu zvednutí sběrače a připojení k trolejové síti. Tím došlo k ověření připravenosti prototypu na první jízdu v trolejovém režimu.

V trolejovém režimu se uskutečnila historicky první jízda dne 25. 9. 2023 v Tušimicích na síti SD – Kolejová doprava, a.s. Jízdní zkoušky za účelem ladění řídicího systému lokomotivy a algoritmů řízení pohonu pokračovaly až do poloviny listopadu 2023. Zkoušek se zúčastnili i zástupci dodavatele zabezpečovacího zařízení (Progress Rail Signalling S.p.A.) za účelem finálního nastavení, dodavatele sběrače proudu pro provedení prvotních náměrů chování sběrače při jízdě (Faiveley Transport Czech a.s.), notifikované osoby CERTIFER ITALIA Srlu a zástupce koncového zákazníka. Po návratu prototypu do jihlavského výrobního závodu došlo v průběhu zimního období k různým modifikacím souvisejícím zejména s elektromagnetickým rušením vozidlových sítí.



Obr. 1 Historicky první jízda prototypu DS2000 DC (190.001) vlastní silou v dieselovém režimu

2.3 Schvalovací proces

Po provedených modifikacích prototypu 190.001 a následných nutných kontrolách a revizích bylo možné od února 2024 opět pokračovat ve zkouškách a ladění. Za termín zahájení typových zkoušek se

dá považovat pondělí 12. 2. 2024, kdy byly prováděny zkoušky pro stanovení mechanických parametrů vozidla. Konkrétně byl stanoven součinitele poddajnosti vozidla, tzv. kvazistatickou zkouška stanovení součinitele náklonu a zkouška bezpečnosti proti vykolejení na zborcené koleji. Následovaly opět zkoušky za účelem ladění zejména jízdních vlastností vozidla a tedy návrat na již dobře známou vlečku do Tušimic. Toto zkoušení, občasné krátkodobě přerušené různými opravami zejména v oblasti trakční výzbroje bylo ukončeno v polovině května 2024. Prototyp 190.001 prošel pravidelnou údržbou, procesem kompletního vyčištění, došlo k výměně hlavy sběrače (v Itálii je používán sběrač s úzkou hlavou) a začátkem června 2024 byl přepraven do Itálie. V Itálii byly provedeny základní zkoušky v dieselovém režimu a byl zahájen proces schválení v posunovací službě v dieselovém režimu. Díky příbuznosti s čistě motorovým typem EffiShunter 1000 se jednalo o relativně krátký zkušební proces. Povolení provozu v tomto režimu bylo vydáno ke dni 26. 9. 2024.

Další ladění vozidla tak muselo počkat na dokončení druhého prototypu 190.002, vystaveného jak na Rail Business Days, tak na světovém veletrhu INNOTRANS v Berlíně. V tomto období byla dokončena v pořadí již třetí lokomotiva 190.003, která taktéž krátkodobě zasáhla do procesu zkoušek a ladění. Ty se naplno rozběhly od září 2024. Dalším historickým milníkem je středa 29. 10. 2024, kdy byl poprvé zkoušen provoz duálních lokomotiv ve dvojčlenném řízení. Konkrétně se jednalo o lokomotivy 190.002 a 190.003. Vlečka v Tušimicích poskytovala pro zkoušky za účelem ladění pohonu vhodné podmínky, zejména pak v podzimních obdobích se sníženou adhezí. Pro účely zkoušek byla využívána různá vozidla od 750.308 až po elektrické lokomotivy různých řad, nejčastěji 365.0 nebo 184.5 vyznačující se dokonalými (nejen) adhezními vlastnostmi. Přesto však začaly postupně být tyto podmínky nedostačující. Proto bylo nutné se občasné vydat do Zkušebního centra VUZ Velim. Na konci roku 2024 byla koncovému zákazníkovi dodána v pořadí čtvrtá lokomotiva 190.004.

Typové zkoušky se naplno rozběhly 3. 2. 2025 s prototypem 190.002 a to rovnou trakčními zkouškami, které prověřovaly trakční charakteristiku lokomotivy jak v jízdním režimu na dieselový, tak elektrický pohon a samozřejmě také v režimu rekuperace elektrické energie nebo maření energie v odporu (EDB). Následovala sada dalších zkoušek jako například zkouška brzdy a funkční zkouška protismyku, měření osvětlení, hluku, aerodynamického chování sběrače proudu, zkouška změnami napájecího napětí atd. Zásadním byl potom soubor zkoušek EMC, jehož obsahem bylo měření elektromagnetického rušení šířeného zářením, měření magnetického pole, měření ovlivnění detektorů kol a měření zpětných trakčních proudů. Jde o velmi rozsáhlou problematiku, již se podařilo díky úzké spolupráci všech zainteresovaných vyřešit a typové zkoušky tak byly završeny poslední zkouškou 7. 4. 2025. Typových zkoušek se částečně zúčastnil i dual 190.003, odeslaný koncovému zákazníkovi 26. 3. 2025. Dne 29. 5. 2025 pak opustila Českou republiku poslední duální lokomotiva 190.[4]

V současnosti jsou tak všechny doposud vyrobené duální lokomotivy v provozu v Itálii u koncového zákazníka pod řadovým označením 744.5 v posunovací službě v dieselovém režimu. Zároveň byl zahájen proces schvalování dle italských norem a předpisů, v rámci kterého nás bude zajisté čekat mnoho dalších výzev, mimo jiné dosazení ETCS. Předpoklad plnohodnotného schválení pro traťovou službu v obou režimech pohonu je v polovině roku 2026.



Obr. 2 Historicky první oživení trakčních obvodů DS2000 DC v trolejovém režimu za pomoci 750.163

3 DUALSHUNTER 2000 AC

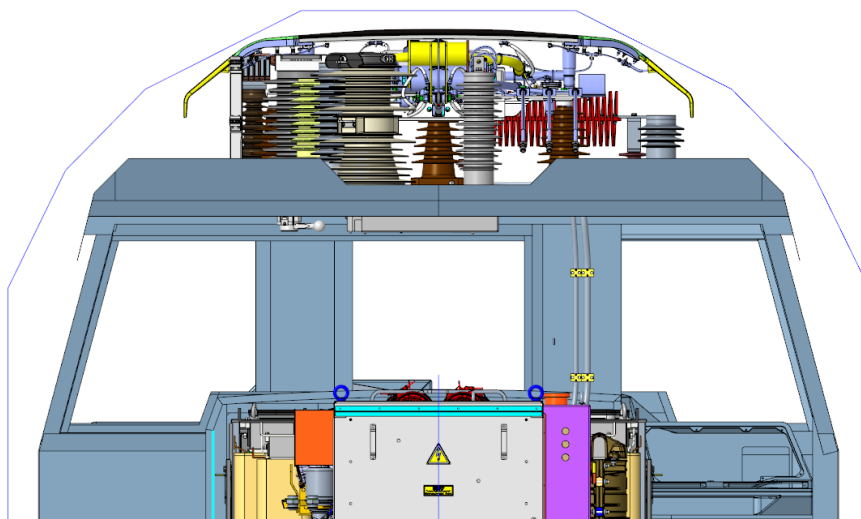
Na lokomotivu DualShunter 2000 DC navazuje lokomotiva modifikovaná pro provoz v závislé trakci na napěťových soustavách se střídavým systémem. Jedná se o lokomotivu řady DS2000 AC, jež je opět určena pro středně těžkou posunovací a traťovou službu na vlečkách a tratích o rozchodu 1435 mm při rychlosti do 120 km/h v klimatických podmínkách dle teplotních tříd T2 a T3 (dle EN 50125-1) a nadmořské výšce třídy A1 (dle EN 50125-1). Tato lokomotiva je v současné době ve fázi projektu a je snahou aplikovat všechny draze nabyté zkušenosti a vyvarovat se problémových uzlů, které se podařilo během zkoušek stejnosměrné verze duální lokomotivy identifikovat. [5]

Lokomotiva je projektována variantně jako dvoufrekvenční pro provoz na elektrifikovaných tratích se systémem 25 kV 50 Hz a 15 kV 16,7 Hz AC nebo jako dvousystémová pro provoz na sítích 3 kV DC a 25 kV 50 Hz, vždy v kombinaci se spalovacím motorem Caterpillar C32B EU stage V o výkonu až 1190 kW pro provoz v nezávislé trakci (s možnou náhradou akumulátorovými bateriemi). Lokomotivu lze vybavit pro zásobování vlaku energií pro topení/klimatizaci, ovšem pouze v závislé trakci, neboť výkon spalovacího motoru se nejeví jako dostatečný pro zásobování vlaku v nezávislé trakci.

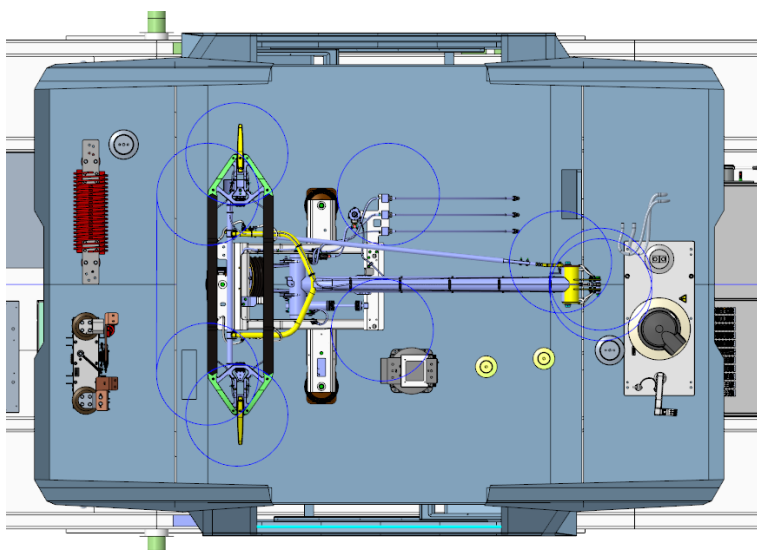
Základní myšlenkou byla maximální možná unifikace se stejnosměrnou verzí a s existující platformou lokomotiv. Tato cesta se bohužel z důvodu provozu na síti s napětím v troleji 25 kV ukázala jako nereálná, neboť střešní výzbroj vyžaduje výrazně větší izolační vzdálenosti (izolátory jsou vyšší o více než 200 mm) a je tedy nutno pro zachování obrysu vozidla G1 umístit kabinu strojvedoucího výrazně níže než u stejnosměrné verze. Snížení umístění kabiny umožňuje její rozšíření v horní části, čímž vzniká větší půdorysná plocha stropu kabiny pro instalaci potřebných komponent a zároveň se zvětšuje vnitřní prostor kabiny, což přispívá k většímu pohodlí obsluhy. [6]

Kabina celkově doznala značných změn a bylo třeba opustit typizovanou kostru jednotnou pro lokomotivy motorové a stejnosměrné duální. Budou dosazena také nová boční okna, pracujeme na zlepšení distribuce vzduchu v kabině s ohledem na ofukování skel. Stejně tak bude třeba vytvořit nové prvky interiéru, tedy řídicí pult, skříňky.

Velkou výzvou je vhodné rozmístění střešní výzbroje, u věžové kabiny není na střeše mnoho prostoru a protože se jedná o lokomotivu kombinující dva trakční systémy, je třeba rozmístit značné množství komponent. Na následujícím obrázku je vidět, kolik komponent je třeba rozmístit pro dvousystémovou verzi lokomotivy při respektování přeskokových vzdáleností nejen vůči střeše, ale také mezi přístroji, které se nesmí nacházet na stejném potenciálu. Přístup k nouzovým ručním ovládacím prvkům odpojovačů/zkratovačů se snažíme realizovat přístupem z ochozu z důvodu lepšího manipulačního prostoru a podchozí výšky v kabině. Z tohoto důvodu jsou dané komponenty umístěny na „kšilty“ kabiny.



Obr. 3 Kabina lokomotivy DS2000 AC vs vztažný obrys G1



Obr. 4 Uspořádání střechy kabiny DS2000 AC (var. 25 kV 50 Hz a 3 kV DC)

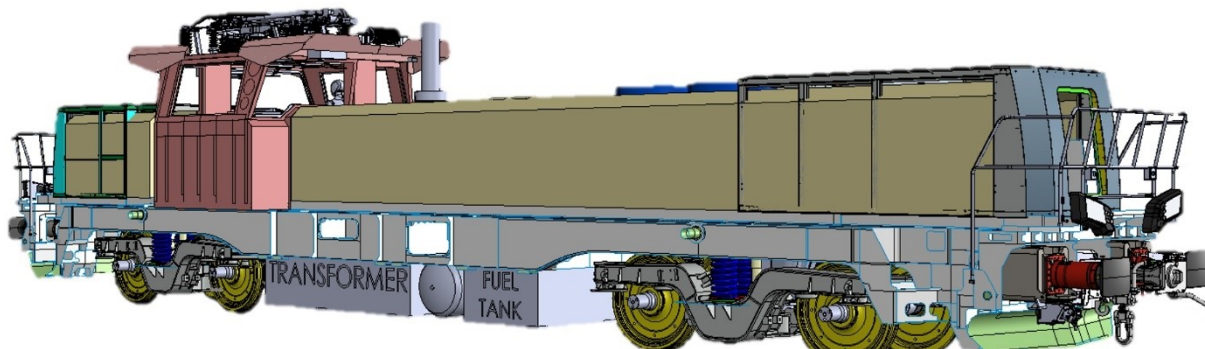
Protože je třeba zachovat dobré rozhledové poměry z kabiny, je třeba omezit oproti stávajícímu provedení výšku kapot. To při zachování požadavků na objem pro veškeré nezbytné komponenty (trakční výzbroj, spalovací motor, chladicí blok, pneumatická výzbroj, kompresor atd.) znamená nutné prodloužení hlavního rámu.

Délka lokomotivy přes nárazníky je 18 500 mm, což oproti stejnosměrné verzi činí o 2 100 mm více při vzdálenosti otočných čepů podvozků prodloužené z důvodu prostoru pro instalaci naftové nádrže, vzduchojemu a zejména trakčního transformátoru o 1500 mm na 10 000 mm. Takovéto prodloužení hlavního rámu při současném požadavku na snížení hmotnosti vyžaduje vytvoření zcela nové koncepce svařence.

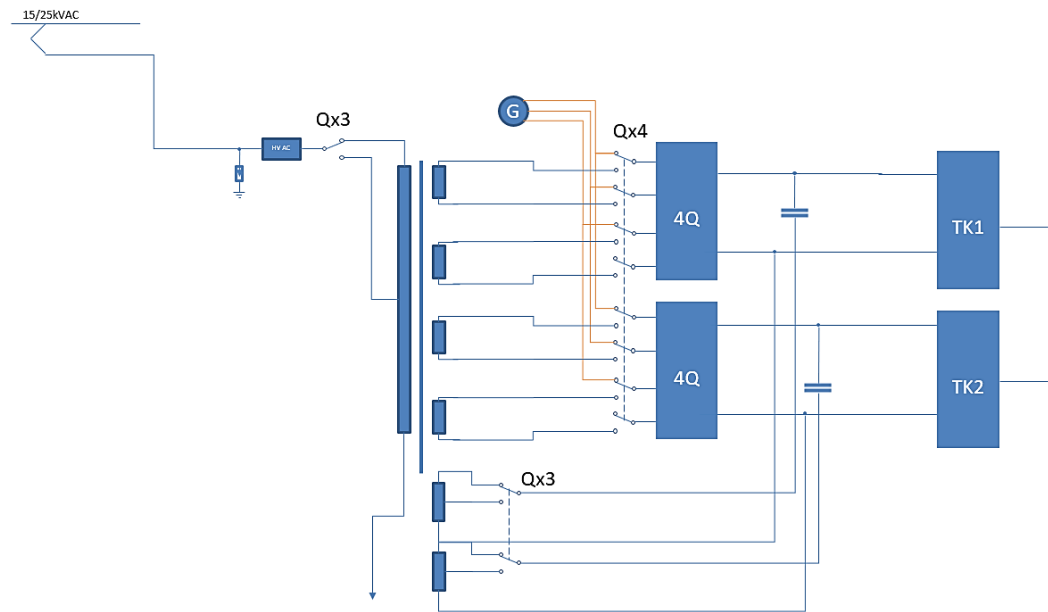
Pro nový hlavní rám byla zvolena koncepce s nosnými bočnicemi, které budou tvořit charakteristickou siluetu nové konstrukce. Důležitá je také příprava prostupů pro kabelové trasy, kterých je třeba po rámu umístit značné množství. Kromě toho jsou na nový hlavní rám kladeny nové nároky například v podobě možnosti instalace digitálního automatického spřáhla. Do této nové konstrukce se také promítají aktuální požadavky norem a provozní i výrobní zkušenosti se současnými rámy. [7]

Další modifikace se pak dotknou podvozků, kde je snaha o upgrade trakčních motorů (pravděpodobně v kombinaci s nápravovou převodovkou) a také výměna brzdové výzbroje oproti stávajícímu provedení. Všechny provedené úpravy by měly zvýšit výkon, zlepšit spolehlivost a zajistit také splnění spodního obrysu G11.

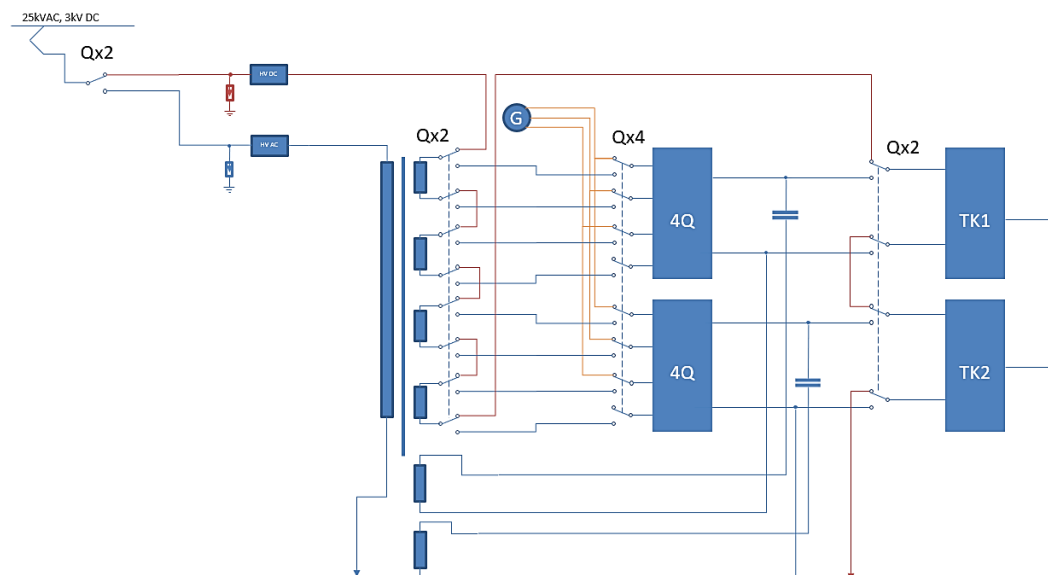
Z hlediska unifikace tedy nakonec uvažujeme pouze částečné využití trakční výzbroje (konkrétně trakčních střídačů a rozváděče pomocných pohonů) z DS2000 DC. Zcela nově vyvinuty budou čtyřkvadrantové měniče (pro splnění požadavku na rekuperaci na střídavém systému), jež tvoří zároveň usměrňovač alternátoru v DE režimu a zcela zásadním novým prvkem je trakční transformátor ve dvou provedeních dle určení pro dousystémovou nebo dvoufrekvenční verzi lokomotivy.



Obr. 5 Studie lokomotivy DS2000 AC (dvousystémová verze 25 kV 50 Hz + 3 kV DC)



Obr. 6 Blokové schéma DS2000 AC (dvoufrekvenční verze 25 kV 50 Hz + 15 kV 16,7 Hz)



Obr. 7 Blokové schéma DS2000 AC (dvousystémová verze 25 kV 50 Hz + 3 kV DC)

4 ZÁVĚR

Příspěvek v první části představuje postup vývoje a následné výroby první duální lokomotivy CZ LOKO, a.s. DS2000 DC včetně následných zkoušek prototypu, které jsou završeny schvalovacím řízením. Jak je patrné, jedná se o velmi zdoluhavý a náročný proces, vyžadující plné nasazení všech zúčastněných. Velký obdiv a poděkování tak patří nejen pracovníkům CZ LOKO, a.s., ale i úzce spolupracujícím dodavatelům zejména v oblasti řídicího systému a systému řízení pohonu, v oblasti střešní výzbroje, stejně tak všem, kteří přispěli svojí prací nebo poskytnutím zázemí a podmínek pro zkoušky a ladění duální lokomotivy.

Druhá část příspěvku obsahuje technický popis aktuálně vyvíjené duální lokomotivy DS2000 AC, které by v budoucnosti měla navázat na stejnosměrnou duální lokomotivu. Detailněji jsou popsány hlavní celky, které budou oproti stejnosměrné verzi upraveny a vytvoří tak základ zcela nové platformy lokomotiv CZ LOKO, a.s.



Obr. 8 Ladění dvojčlenného řízení lokomotiv DS2000 DC (190.002 + 190.004)



Literatura

- [1] Evropská komise. *Zelená dohoda pro Evropu*. Online. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/european-green-deal/>. [citováno 2025-06-24]
- [2] BENICKÝ, M., KASALA, M., KOPAL, J., PÁCHA, M. Duální a hybridní lokomotivy CZ LOKO. In: *Současné problémy v kolejových vozidlech: XXV. konference s mezinárodní účastí, sborník příspěvků*. Pardubice: DFJP Univerzity Pardubice, 2021, s. 15–25. ISBN 978-80-7560-377-7.
- [3] KOPAL, J., BENICKÝ, M. Vývoj duálních lokomotiv CZ LOKO. In: *Súčasný problémy v koľajových vozidlách – PRORAIL 2023: XXVI. medzinárodná konferencia, zborník prednášok, diel I*. Žilina: VTS pri ŽU v Žiline, 2023, s. 265–273. ISBN 978-80-89276-61-5.
- [4] KUČERA, P., SVOBODA, M. *EMC Tests with Track Circuit*. Test report POZ 108/2025. Praha: Výzkumný Ústav Železniční, a.s., 2025.
- [5] MICHÁLEK, T., VÁGNER, J., KOHOUT, M., ŠLAPÁK, J. *Simulační výpočty jízdy kolejového vozidla DS2000 AC*. Zpráva DP-06-23. Česká Třebová: Dislokované pracoviště DFJP Univerzity Pardubice, 2023.
- [6] ČSN EN 15273-2+A1:2017. *Železniční aplikace – Průjezdny průřezy tratí a obrysy vozidel – Část 2: Obrysy vozidel*.
- [7] ČSN EN 12663-1+A2:2024. *Železniční aplikace – Pevnostní požadavky na konstrukce skříní kolejových vozidel – Část 1: Lokomotivy a vozidla osobní dopravy (alternativní metoda pro nákladní vozy)*.

Zasláno / received: 25. 06. 2025, přijato / accepted: 11. 07. 2025, publikováno / published: 17. 09. 2025.

Příspěvek recenzovali / The paper was reviewed by: Ing. Alois Kotrba, Ph.D. (České dráhy, a.s.), doc. Ing. Michael Lata, PhD. (Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera).