

# Lokomotiva řady 163 (Škoda 71E)

Jan Kašpar

Střední průmyslová škola v Ústí nad Labem, Resslova 5  
*direk@email.cz*

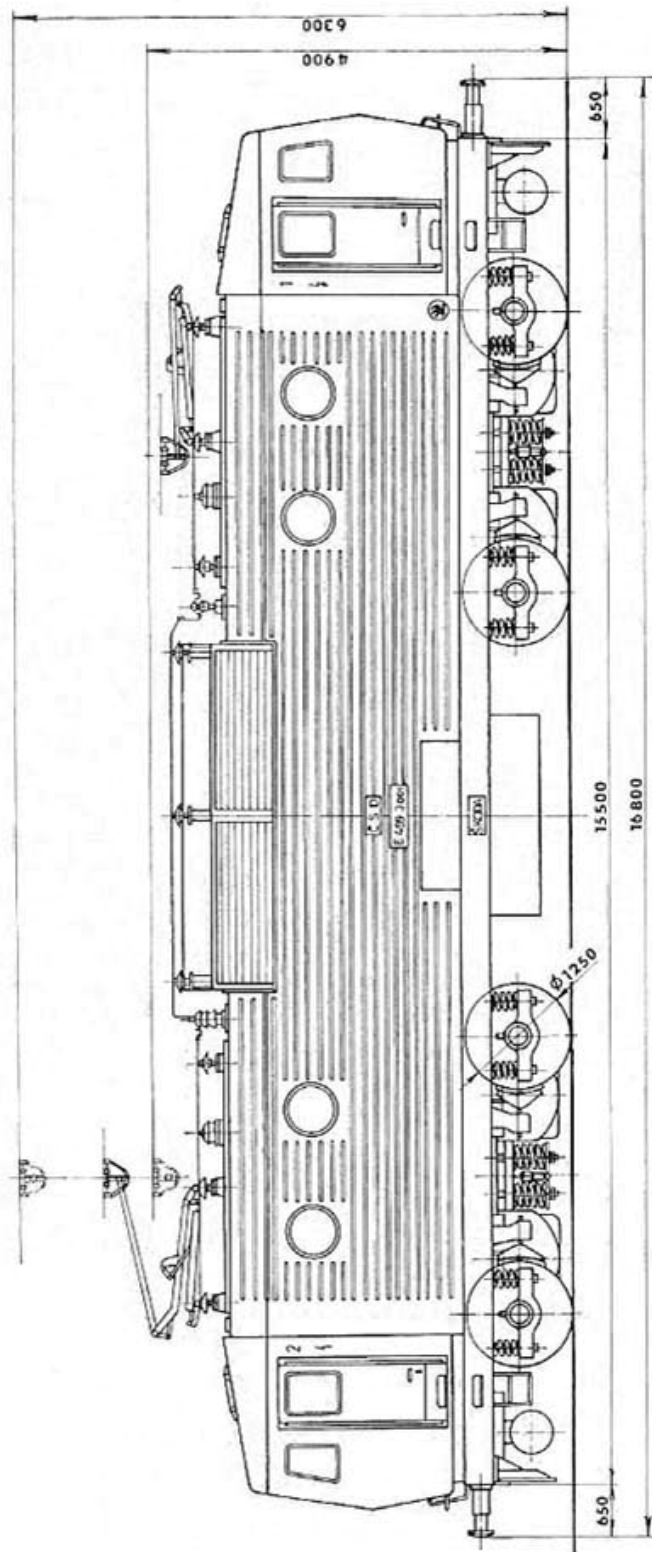
16.4.2015

## Abstrakt

Lokomotiva řady 163 (71 E2-3) byla vytvořena z dvousystémové lokomotivy řady 363 vypuštěním části pro střídavý systém. Vznikla tak univerzální traťová lokomotiva pro napájecí systém 3 kV stejnosměrný s pulzní regulací. Konceptně se tato lokomotiva liší od ostatních stejnosměrných lokomotiv jak v mechanické části, tak zejména v elektrické části silnoproudé i slaboproudé. Skříň lokomotivy má na obou koncích řídicí stanoviště pro obsluhu, jejichž zařízení je unifikováno. Lokomotiva byla vyráběna v plzeňské Škodovce a na její konstrukci se podílely závody polovodiče ČKD o.p.

## 1 Úvod

Lokomotiva řady 163 patří mezi nejrozšířenější stejnosměrné lokomotivy. Cílem článku je popsat hlavně elektrickou část lokomotivy a porovnat rozdíly oproti první generaci lokomotiv Škoda. Tyto lokomotivy vystřídaly prvogenerační stroje z padesátých let. Jejich nástupem se dosáhlo menší spotřeby elektrické energie, jelikož stará odporová regulace byla velmi ztrátová. Při rozjezdu tak mařila velké množství elektrické energie na teplo v odpornicích. Pulzní regulace umožňuje úsporné rozjezdy lokomotiv bez zbytečných ztrát na teplo. Proto se také tyto stroje staly nejrozšířenějším typem a jsou v hojné míře využívány v osobní i nákladní přepravě. S těmito lokomotivami se můžeme v hojné míře setkat jak na českých, tak i na slovenských železnicích.



Obrázek 1: Typový výkres lokomotivy řady 163 - ŠKODA 71E

Parametry:	
Uspořádání náprav	BoBo
Hmotnost	85 t
Maximální rychlost	120 km/h
Průměr kol maximálně	1250 mm
Průměr kol středně	1215 mm
Průměr kol minimálně	1180 mm
Délka přes nárazníky	16800 mm
Délka skříně lokomotivy	15500 mm
Šířka skříně lokomotivy	2940 mm
Výška lokomotivy	4000 mm
Výška zaklesnutého sběrače	4640 mm
Minimální výška troleje	4900 mm
Maximální výška troleje	6300 mm
Vzdálenost smykadel sběračů	8000 mm
Vzdálenost otočných čepů	8300 mm
Rozvor podvozků	3200 mm
Vzdálenost krajních os kol	11500 mm
Převod	1:3,6
Minimální poloměr oblouku	120 m
Minimální poloměr oblouku	90 m
- Při rychlosti 10 km/h	
Rozsah napětí v troleji	2 - 3,6 kV
Trvalý výkon	3060 kW
Trvalý proud zadního podvozku	715 A
- Při budícím proudu	85 A
- Při napětí kotev	1150 V
Rychlost při trvalém výkonu a $I_k$	59,3 km/h
Trvalá tažná síla	176 kN
Maximální výkon / 5 min.	4950 kW
Maximální dovolený proud	1100 A
Maximální tažná síla	270 kN
Trvalý výkon elektrodynamické brzdy	3000 kW

## 2 Popis mechanické části

Přenos podélných sil je proveden středním otočným čepem, zalisovaným do středního příčnicku každého podvozku. V každém podvozku jsou uloženy dva trakční motory, pevně uchycené ve třech bodech. Krouticí moment se přenáší z motorů na pastorek převodové skříně kloubovou spojkou ŠKODA. Převodová skříně je z montážních důvodů rozdělena na dvě části. Pastorek je ve stálém záběru s velkým ozubeným kolem, upevněným na nápravě dvojkolí. Vypružení lokomo-

tivy je dvoustupňové a je provedeno šroubovými válcovými pružinami. Svislé a příčné tlumení celé pružící soustavy zajišťují hydraulické tlumiče. Pro vyrovnávání klopných sil podvozků je lokomotiva vybavena čtyřmi pneumatickými vyrovnávacími nápravových tlaků. Na lokomotivě jsou čtyři stejnosměrné, cize buzené motory s kompenzačním vinutím. Regulace výkonu je plynulá, bezkontaktní, závislá na poměrném otevření pulzních měničů. Taktéž pomocné pohony jsou napájeny z vlastního pulzního měniče. Kola náprav nejsou brzděna klasickými zdržemi, ale brzdovými jednotkami jednostranně.

### 3 Popis elektrické části

Pulzní měniče Je to bezkontaktní regulátor napětí na kotvách trakčních motorů. Skládá se z hlavních tyristorů (TH), komutačního kondenzátoru (CK), komutačního reaktoru (LK), omezovacího reaktoru (LO), zhášecích tyristorů (TZ), zhášecích diod (DZ) a nulových diod (D0). Činnost pulzního měniče je řízena regulátorem tahu, umístěném ve skříni elektroniky na I. Stanovišti strojvedoucího. Kotevní pulzní měnič (PULS DELTA A) pracuje s frekvenčně fázovým řízením poměrného otevření. Hlavní tyristory spíná frekvencemi 33 1/3 Hz, 100 Hz a 300 Hz, zhášecí tyristory spínají se stejnou frekvencí jako hlavní tyristory, ale s časovým zpožděním. Měnič buzení BATYR Delta A spolupracuje s kotevními pulzními měniči a po úplném otevření měničů kotev přichází na řadu opět plynulé odbuzování motorů. Je to obdoba shuntování na odporových lokomotivách. Na I. stanovišti je skříň elektroniky, která má za úkol řídit činnost lokomotivy. Najdeme v ní například regulátor tahu, regulátor pro pomocné pohony a tedy i řídicí člen pro PM UNIPULS, který najdeme ve strojovně po straně uličky naproti kapacitní baterii (a zároveň i vstupnímu filtru) C04.

#### 3.1 Unipuls

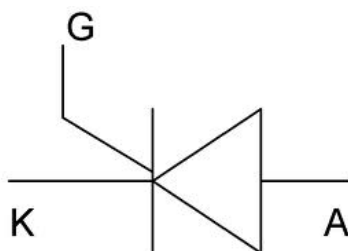
Jedná se o pulzní měnič, který reguluje chod pomocných pohonů na lokomotivě. Je řízen ze skříňe elektroniky a má plynulou regulaci napětí. Vytváří se zde napětí 600 VDC a 440 VDC pro pomocné pohony. Centrální napáječ plní funkci napájení skříňe elektroniky 115 V 400 Hz a zároveň obsahuje nabíječ lokomotivní baterie pro palubní síť 48 VDC.

## 4 Hlavní rozdíly v elektrické části oproti I. generaci lokomotiv ŠKODA

Hlavní rozdíl tvoří oproti předchozí generaci v elektrické části způsob regulace výkonu na kotvách (rotorech) trakčních motorů. Rotory (kotvy) motorů jsou

napájeny z pulzních měničů rozdělených na čtyři části, vzájemně od sebe posunutých o  $90^\circ$  elektrických. Podle použití tyto měniče nazýváme kotevními pulzními měniči. Budící vinutí je též napájeno z pulzního měniče. Motory jsou použity stejnosměrné s cizím buzením. Vinutí napájeno z budiče – zařízení, které má na výstupu stejnosměrné napětí. Hlavním prvkem v pulzních měničích je tyristor.

## 4.1 Tyristor



Obrázek 2: Schématická značka tyristoru

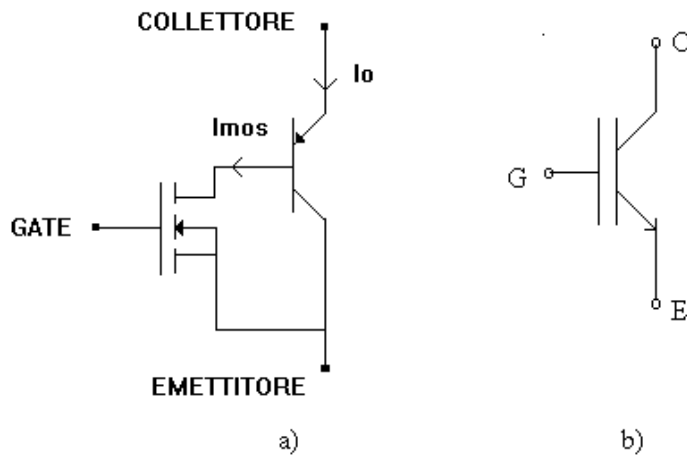
Je polovodičová součástka, schopná spínat bezkontaktně velké proudy a napětí. Princip tyristoru: Na řídicí elektrodu nazývanou jako gate (G) se přivede řídicí impulz. Ten má stejnou polaritu jako napětí na anodě tyristoru. Po sepnutí zůstává tyristor zapnutý. Obecně vypíná při poklesu proudu k nule. Ve střídavých obvodech se tedy tyristor sám vypne při průchodu proudu nulou (sinusový průběh). Složitější je to však v obvodech stejnosměrných. Zde je potřeba proud donutit klesnout k nule. Tomuto se říká, že se vytváří protiproud, k čemuž se využívají komutační obvody, které tyristor v podstatě na malou chvíli zkratují nebo přivádí proud v závěrném směru na tyristor. Tím se dosáhne vypnutí. V dnešní době se již tyristory moc nevyužívají. Pomalu je ze scény vytlačují IGBT tranzistory.

## 4.2 IGBT Tranzistor

IGBT (insulated gate bipolar transistor) tranzistory mají oproti tyristorům tu výhodu, že nepotřebují komutační obvody. IGBT je prvek hybridního typu. Jedná se o součástku složenou z unipolárního a bipolárního tranzistoru. Můžeme tedy tvrdit, že IGBT je bipolární tranzistor řízený napětím, zatímco klasický bipolární tranzistor je řízený malými proudy přiváděnými do báze.

## 4.3 Stejnosměrný cize buzený motor - princip

Každý elektrický motor je složen se statoru (část, která při chodu stojí, je tedy statická, proto stator) a rotoru (část, která se při chodu točí – rotuje, proto ro-



Obrázek 3: Schématická značka IGBT tranzistoru

tor). Aby se jakýkoliv motor roztočil, je třeba vytvořit dva točivé momenty, které na sebe vzájemně působí. Na těchto strojích jsou použity stejnosměrné, cize buzené motory. U těch se tyto momenty vytvářejí pomocí dvou magnetických polí, která jsou charakterizována magnetickou veličinou, magnetickým tokem. Magnetický tok můžeme vyvolat permanentními magnety, nebo elektromagnety. Cize buzené motory mají oba toky vyvolávané elektromagnety. Tyto dva toky jsou na sebe nezávislé, vinutí jsou napájena z vlastních zdrojů (jak rotor, tak buzení) Pracují na principu elektromagnetické indukce. Na rotoru najdeme takzvaný komutátor s držáky kartáčů. Toto zařízení má za úkolu měnit směr napětí ve vinutí rotoru při průchodu neutrální osou, ve které je komutující cívka zkratována kartáči. Nastává zde ale problém. Magnetický tok budícího vinutí (takzvaný tok budící) a tok vznikající v rotoru (tok reakční) jsou na sebe kolmá. To způsobuje deformovanou výslednici. Tomuto jevu se říká reakce kotvy. Ta se dá potlačit dvěma způsoby. Buď to pomocnými póly (jedná se o pólové nastavce s vinutím, které jsou připevněné na statoru v neutrální ose). Jsou zapojeny do série s rotorem a vytvářejí tok s podobným tvarem jako tok reakční, ale v opačném směru působení, což způsobí jejich odečtení a reakce se potlačí. Druhým způsobem je použití kompenzačního vinutí navinutého do pólových nastavců hlavních pólů na statoru. Reakce kotvy je také nepříjemný jev spojený s jiskřením kartáčů na komutátoru. K jiskření vede i další jev a to zrychlená nebo zpomalená komutace. Ideální průběh komutace by měl být pokud možno lineární. To však v praxi leckdy nelze realizovat. Komutace je potom zpomalená nebo zrychlená, což způsobuje jiskření kartáčů na začátku nebo na konci. Zpomalená komutace je jev, kdy se proud v indukčnosti snaží zachovat původní směr a velikost proudu a brání se změně. Nakonec však průběh musí dosáhnout nuly a tak nastane velká strmost

proudu ve vinutí. To způsobuje jiskření kartáčů na konci. Pokud však kompenzaci překompenzujeme, dochází k takzvané zrychlené komutaci. Kartáče potom jiskří na začátku.

#### 4.4 Fechralové brzdové odporníky

Fechral má velký elektrický odpor (až  $3M\Omega/m$ ). V slitině má vysoký bod tání ( $1450 - 1500^\circ\text{C}$ ). Má také velkou hustotu ( $7,2\text{g/cm}^3$ ). V odporníkách se používá jako kovový pásek, navinutý na porcelánovém tělese.

#### 4.5 Princip elektrodynamické brzdy

Celková funkce spočívá ve změně režimu chodu trakčních motorů. Motory již nepracují jako motory, ale jako cize buzená dynama. Indukuje se v nich napětí. Dále se stroje připojí k brzdovým odporníkům. Napětí začne protlačovat proud odpory a elektrická energie se začne měnit na energii tepelnou podle Joule-Lenzova zákona  $Q = RI^2t$  [J].  $R$  je odpor odporníků,  $I$  je proud tekoucí odporníkem zapojeným na kotvy trakčních motorů a  $t$  je čas, po který proud odpory protéká. Závislost tepla na proudu je kvadratická. Indukované napětí lze určit vztahem  $U_i = Blv$  [V] nebo také  $U_i = k\Phi\omega$  [V]. Z těchto vztahů vyplývá i fakt, že celkové indukované napětí se bude snižovat s otáčkami dynama (trakčního motoru pracujícího jako dynamo).

## 5 Hlavní rozdíly v mechanické části oproti I. generaci lokomotiv ŠKODA

V mechanické části doznala lokomotiva také pár zajímavých změn. Oproti první generaci jsou zde použity brzdové jednotky místo klasického brzdového mechanismu. Kola náprav jsou brzděna jednostranně, což vede k pomalejšímu opotřebení nákolků a tím i celkové životnosti jednotlivých náprav lokomotivy. Rám podvozku je svařen ze samostatných dílů a odlitků. Lokomotiva je převody omezena na maximální rychlost  $120\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

## 6 Závěr

Lokomotivy řady 163 jsou od svého vzniku nejrozšířenější lokomotivami jak v České republice tak na Slovensku. Jejich podmanivou přezdívku Persing dostaly podle stejnojmenných střel krátkého doletu, vyvíjených v Německu. Po neslavných začátcích patří mezi nejspolehlivější lokomotivy. Část těchto strojů bylo přestavěno na lokomotivy 363.5, které přicházejí s novým systémem řízení výkonu. Tento systém využívá právě tranzistory IGBT. Několik strojů dostalo také nové

převodové skříně, které umožnily zvýšit maximální rychlost ze 120 km/h na rychlost 140 km/h.

## Reference

- [1] Lokomotivní depo Ústí nad Labem: *doplněk*, Doplněk příručky lokomotiv řady 163.
- [2] Lokomotivní depo Ostrava: *série příruček k řadě E499.3; Škoda 71E - 163*, Seznam elektrických zařízení a obrazová příloha.
- [3] Lokomotivní depo Ostrava: *série příruček k řadě E499.3; Škoda 71E - 163*, Funkční popis a návod k obsluze lokomotivy řady 163/E499.3-71E/.
- [4] Lokomotivní depo Ostrava: *série příruček k řadě E499.3; Škoda 71E - 163*, Pomůcka pro zjišťování závad a poruchových stavů lokomotivy řady 163/E499.3-71E/.
- [5] *Typový výkres*, <http://www.atlaslokomotiv.net/katalog/163/vykres.jpg>, odkaz 16. 4. 2015.
- [6] *Značka IGBT*, [http://www.microst.it/Tutorial/images/igbt\\_2.gif](http://www.microst.it/Tutorial/images/igbt_2.gif), odkaz 16. 4. 2015.
- [7] *Tyristor*, <http://www.bajty.info/2012/02/minielektrikar-9-tyristor-triak.html>, odkaz 16. 4. 2015.
- [8] Ing. Pavel Kobrle, *Elektrické stroje*, <http://p.kobrle.sweb.cz/stroje/ES.pdf>, odkaz 16. 4. 2015.