

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Zvýšení provozní spolehlivosti elektrických lokomotiv řady 151 (ČD)
Miroslav Svoboda

Bakalářská práce

2014

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Miroslav Svoboda**
Osobní číslo: **D11737**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Provozní spolehlivost dopravních prostředků a infrastruktury**
Název tématu: **Zvýšení provozní spolehlivosti elektrických lokomotiv řady 151 (ČD)**
Zadávací katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

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

Provedte návrh autonomní měřicí aparatury a záznamové jednotky určené pro měření času sepnutí VN stykače v obvodu odporové regulace výkonu elektrické lokomotivy řady ČD 151.

Účelem a cílem měření je prognózování havarijního stavu zařízení. Vypracujte a proveďte:

1. popis principů odporové regulace výkonu elektrické lokomotivy řady 151 (ČD),
2. teoretické zapojení a obvodové schéma měřicí aparatury,
3. realizaci měřicí aparatury,
4. měření reálných hodnot v provozu,
5. vyhodnocení naměřených dat a závěr.

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího práce
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran textu a přílohy
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná
Seznam odborné literatury:


- [1] LÁNSKÝ, Milan. Systémová diagnostika a její fenomenologie. Pardubice : Institut Jana Pernera, o.p.s., 2011. ISBN 978-80-86530-72-7.
[2] KOŽUŠKO, Július, a další. Elektrická lokomotiva řady E 499.2. Praha : Nakladatelství dopravy a spojů, 1981.
[3] Škoda Plzeň. Popis elektrických přístrojů a strojů "B" elektrické lokomotivy E 499.2001-027. Plzeň : Škoda Plzeň, 1978.
[4] Atmel Corporation. 8-bit Microcontroller with 32KBytes In-System Programmable Flash. [Online] <http://www.atmel.com/Images/doc2503.pdf>.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Michal Musil, Ph.D.
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: 21. února 2014
Termín odevzdání bakalářské práce: 31. května 2014


prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.


doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 21. února 2014

Prohlášení autora

Prohlašuji:

Tuto práci 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., autorský zákon, 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.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Kutné Hoře dne 14. 4. 2014

Miroslav Svoboda

Poděkování

Děkuji Ing. Michalu Musilovi, Ph.D. za odbornou pomoc při vedení bakalářské práce. Mé poděkování patří též Ing. Milanu Bryndovi za spolupráci při vývoji měřicí aparatury pro výzkumnou část této práce.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá tématem spínání VN stykačů elektrických lokomotiv řady 151 (ČD). Problematika spínání významně ovlivňuje poruchovost vozidel v souvislosti s vytvářením nežádoucích napěťových špiček nebo proudových rázů v trakčním obvodu. V materiálu je navrženo řešení vedoucí ke zvýšení provozní spolehlivosti zmíněných lokomotiv.

KLÍČOVÁ SLOVA

železnice, lokomotiva, provozní spolehlivost, VN stykač, měřicí aparatura

TITLE

The increase of operational reliability electric locomotives series 151 (Czech Railways)

ANNOTATION

This thesis concerned with switching high voltage contactors of electric locomotives series 151 (Czech Railways). The issue of switching significantly affects vehicle failure related to the formation of undesirable voltage spikes or transients in the traction circuit. The document proposed solutions to increase the reliability of these engines.

KEYWORDS

railway, locomotive, operational reliability, high voltage contactor, measuring equipment

OBSAH

ÚVOD.....	12
1. POPIS LOKOMOTIVY ŘADY 151	13
1.1 Vývoj v označování lokomotiv podle směrnic UIC	13
1.2 Všeobecný popis lokomotivy [1].....	14
1.3 Popis hlavních silových obvodů (Obr. 2 a Obr. 3)	17
1.3.1 Střešní výzbroj.....	17
1.3.2 Měření trakčního napětí.....	17
1.3.3 Obvody vlakového topení	18
1.3.4 Topení kabin a jemná přepěťová ochrana trakčního obvodu	18
1.3.5 Obvody pomocných pohonů	19
1.3.6 Diagnostika silových obvodů	20
1.4 Popis trakčního obvodu (Obr. 4).....	20
1.4.1 Regulace výkonu	20
1.4.2 Proudové ochrany trakčního obvodu.....	24
1.4.3 Skluzová ochrana	24
1.4.4 Režim elektrodynamického brzdění	24
1.4.5 Změna směru otáčení trakčních motorů	24
1.4.6 Šuntování.....	25
1.4.7 Rozjezdové (a brzdové) odporníky	25
1.4.8 Jízda při sériovém spojení trakčních motorů (Obr. 6).....	25
1.4.9 Můstkový přechod (Obr. 7).....	26
1.4.10 Jízda při sérioparalelním spojení trakčních motorů (Obr. 8).....	27
1.4.11 Trakční obvod v brzdovém režimu (Obr. 9).....	28
1.5 VN trakční stykače.....	29
1.5.1 Stykače 2 SVAD 6, SVAD 7, SVAD 8, SVAD 9 a SVAD 10 [3]	29
1.5.2 Elektromagnetický ventil VTM 5 (Obr. 14).....	34
1.6 Popis mikroprocesorového řídicího systému HS 198 [4]	35
1.6.1 Sestava řídicího systému	36
1.6.2 Blok polovodičových spínačů BPS-01 (ovládání VN stykačů)	36
1.6.3 Činnost řídicího systému obecně při detekci chyby	37
1.6.4 Činnost řídicího systému při detekci chyby VN stykače	37
2. Měřicí aparatura.....	39

2.1	Základní koncepce	39
2.2	Funkční popis obvodového zapojení (Obr. 23)	41
2.3	Ovládání měřicí aparatury	45
3.	Měření reálných hodnot	48
3.1	Měření hodnot při stacionární zkoušce	48
3.2	Měření hodnot v reálném provozu.....	49
3.3	Vyhodnocení naměřených dat	51
	ZÁVĚR	53
	BIBLIOGRAFIE.....	55
	PŘÍLOHY	56

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obrázek 1: Lokomotiva 151.001-5 (foto Bohumil Cinka)	13
Obrázek 2: Vstupní silové obvody lokomotivy	18
Obrázek 3: Obvody pomocných pohonů (výkres Oleg David)	19
Obrázek 4: Trakční obvod lokomotivy	21
Obrázek 5: Rozmístění vybraných VN stykačů (výkres Rastislav Lištiak).....	23
Obrázek 6: Trakční obvod při sériovém řazení motorových skupin	26
Obrázek 7: Trakční obvod při můstkovém přechodu	27
Obrázek 8: Trakční obvod při paralelním řazení motorových skupin	28
Obrázek 9: Trakční obvod při elektrodynamickém brzdění	29
Obrázek 10: VN stykač 2 SVAD 6	30
Obrázek 11: Vzduchový pohon VN stykače 2 SVAD 6.....	30
Obrázek 12: Zhášecí komora VN stykače 2 SVAD 6	31
Obrázek 13: Čelní pohled na VN stykač 2 SVAD 6.....	32
Obrázek 14: Elektromagnetický ventil VTM 5	34
Obrázek 15: Řez elektromagnetickým ventilem VTM 5.....	34
Obrázek 16: Elektronický řídicí systém HS 198	35
Obrázek 17: Schéma připojení měřící aparatury	39
Obrázek 18: Zdíčky pro „START“ a „STOP“ signály.....	40
Obrázek 19: Napájecí konektory zařízení.....	40
Obrázek 20: Připojení zařízení k VN stykači	41
Obrázek 21: Připojení měřící aparatury k PC.....	42
Obrázek 22: Osazený plošný spoj měřící aparatury	43
Obrázek 23: Funkční schéma měřící aparatury	44
Obrázek 24: Nápopěda a výpis parametrů SD/MMC	45
Obrázek 25: Konfigurace a naměřené údaje pro doby spínání	46
Obrázek 26: Konfigurace a naměřené údaje pro doby rozpínání	47
Obrázek 27: Potřebné vybavení pro realizaci měření	48
Obrázek 28: Bodový graf z naměřených dat	52
Tabulka 1: Hlavní technické údaje lokomotiv řad 151 a 150.2	16
Tabulka 2: Určení VN stykačů v trakčním obvodu	21
Tabulka 3: Význam LED diod měřící aparatury	43

Tabulka 4: Konfigurace režimu práce měřicí aparatury	46
Tabulka 5: Doby naměřené při stacionární zkoušce	48
Tabulka 6: Doby naměřené v reálném provozu	49
Tabulka 7: Statistická charakteristika naměřených dat	51

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

AVR	Osmibitový RISC (Reduced Instruction Set Computing) mikropočítač ATMEL
CPU	Central Processing Unit
CSV	Comma-Separated Values
ČD	České dráhy
ČSD	Československé státní dráhy
DC	Direct Current
EDB	Elektrodynamická brzda
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
H	Hospodárny regulační stupeň
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor
J-B	Jízda-brzda
LD	Lokomotivní depo
LED	Light-Emitting Diode
MS	Motorová skupina
NN	Nízké napětí
PC	Personal Computer
PIC	Jednočipový mikropočítač vyráběný firmou Microchip Technology
PM	Pulzní měnič
RTC	Real-Time Clock
S	Sériové spojení trakčních motorů
SD/MMC	Secure Digital/Multi-Media-Card
SH	Šuntovací regulační stupeň
SP	Sérioparalelní spojení trakčních motorů
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty
TM	Trakční motor
TTL	Transistor-Transistor-Logic
UIC	International Union of Railways
USB	Universal Serial Bus
VN	Vysoké napětí
ZSSK	Železničná spoločnosť Slovensko
ŽOS	Železniční opravny a strojírný
ŽSR	Železnice Slovenskej republiky

ÚVOD

Regulace výkonu odporových lokomotivy se děje spínáním VN stykačů podle definovaného spínacího programu a s důrazem na přísné dodržování pořadí spínání. Ideálně suchý vzduch ze šroubových kompresorů trakčních vozidel však může způsobit zadíráání elektromagnetických ventilů nebo vlastního pohonu VN stykačů a v důsledku toho i jejich opožděné spínání. Vlivem porušení současnosti v rámci pořadí spínání dochází k vytváření napěťových špiček nebo proudových rázů v trakčním obvodu a k poruchám trakčních motorů, ať elektrickým, tak i mechanickým (poškození pastorku převodovky či kloubové spojky hřídele).

Řídicí systém vozidel vyhlašuje poruchu až při překročení spínací doby konkrétního VN stykače (tj. při havarijním stavu s_h) a loguje pouze četnost této poruchy. Cílem práce je vytvořit diagnostický systém, který odhalí nestandardní chod VN stykačů na základě pravidelného měření jejich spínacích a rozpínacích dob. Dle charakteru číselné řady sestavené z naměřených dat (eventuelně statisticky zpracované) bude možné lépe prognózovat mezní stav s^{**} zařízení.

Navržená měřicí aparatura bude měřit a ukládat doby spínání či rozpínání každého (aparaturou osazeného) stykače a po exportu naměřených dat do PC bude v uživatelském prostředí proveden jejich další rozbor. Sběr dat lze provádět bezobslužně v rámci oběhu vozidla mezi pravidelnou údržbou. Během údržby bude proveden pouze rozbor a posouzení naměřených dat.

Navrženou měřicí aparaturu lze obecně uplatnit ve všech oblastech měření, kde je žádoucí změřit a zaznamenat čas mezi dvěma elektrickými signály při jejich ztrátě, obnovení či při kombinaci obojího.

Pokud nebude uvedeno jinak, všechny popisy a obrázky v textech se vztahují k lokomotivě řady 151 (ČD).

1. POPIS LOKOMOTIVY ŘADY 151

1.1 Vývoj v označování lokomotiv podle směrnic UIC

Elektrická stejnosměrná lokomotiva řady 151 (Obr. 1) koncepčně vychází z lokomotivní řady továrního typu 65 E 1. Hnací vozidla typu 65 E 1 byla vyrobena v roce 1978 v počtu 27 kusů a ve svém uspořádání navázala na vozidla předchozího továrního typu 55 E 0, resp. 55 E 1 – současnou lokomotivní řadu 350 (ZSSK). Výrobce všech lokomotiv uvedených typů byla Škoda Plzeň.



Obrázek 1: Lokomotiva 151.001-5 (foto Bohumil Cinka)

Po dodání vozidel tehdejšími Československými státními drahám (ČSD) byly lokomotivy deponovány v LD Praha-střed a nesly označení E 499.2. Počátkem roku 1988 (konkrétně 1. 1. 1988) přešly Československé státní dráhy k novému označování lokomotiv podle standardů Mezinárodní železniční unie (UIC) a lokomotivy byly přeznačeny na řadu 150.

Dalším mezníkem ve vývoji lokomotiv řady 151 byl rok 1992. Tehdy došlo k provedení dalších úprav pro zvýšení rychlosti lokomotiv z původních $140 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ na $160 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Prvním takto předělaným vozidlem byla lokomotiva 150.020-6. Rekonstrukce zejména pojezdové

části proběhla nejprve v ŽOS Vrútky a posléze i ve Škodě Plzeň, přičemž došlo k přeznačení továrního typu na 65 Em. K 1. 9. 1994 byla zmíněná lokomotiva přeznačena na řadu 151, konkrétně na 151.020-5. K dnešnímu dni je 13 takto rekonstruovaných lokomotiv a tento stav je již konečným.

Zbývajících 12 lokomotiv v původní koncepci nese označení 150.2 (ČD) a od lokomotiv řady 151 se liší uspořádáním zejména v mechanické a tlakovzdušné části, které zůstaly původními. Dvě lokomotivy inventárních čísel 17 a 18 byly zrušeny po násilném poškození, první po nehodě u Spišské Nové Vsi (1981) a druhá po nehodě ve Studénce (2008).

U lokomotivních řad 150.2 a 151 došlo v období několika posledních let k dalším významným úpravám, zejména v oblasti řídicích obvodů. V rámci těchto úprav byl dosazen mikroprocesorový řídicí systém HS 198. Zmíněný systém v omezené míře umožňuje též diagnostiku trakčního obvodu.

1.2 Všeobecný popis lokomotivy [1]

Elektrická lokomotiva řady 151 je určena pro dopravu expresních vlaků osobní dopravy na tratích Správy železniční dopravní cesty (SŽDC) a Železnic Slovenské republiky (ŽSR) elektrifikovaných stejnosměrným napájecím systémem o napětí 3 000 V. Elektrická zařízení lokomotivy jsou navržena pro provoz při kolísání trakčního napětí od 2 000 V do 4 000 V a při teplotách okolí v rozmezí od -30 °C do +40 °C. Vyjmenované agregáty umístěné ve strojovně lokomotivy jsou v horní hranici navrženy pro vyšší teplotu okolního vzduchu, a to od +55 °C do +85 °C. Základní technické parametry lokomotivy jsou uvedeny v Tab. 1.

Lokomotivní skříň je uložena na dvou dvounápravových podvozcích s individuálním pohonem dvojkolí. Trakční motory jsou pevně uloženy v rámu podvozku, takže jejich hmotnost je plně odpružena. Točivý moment motoru se přenáší kloubovou spojkou Škoda na pastorek převodové skříně. Pastorky jsou ve stálém záběru s velkými ozubenými koly, upevněnými na nápravách dvojkolí. Výkonné trakční motory mají cizí ventilaci a chladicí vzduch dodávají dva jednostupňové axiální ventilátory napájené z trakčního vedení. Axiální ventilátory jsou umístěny ve strojovně lokomotivy. Chladicí vzduch je nasáván ze zvláštních komor s filtry v bočních stěnách lokomotivní skříně.

Podélné (tj. tažné a brzdící) síly mezi podvozkem a lokomotivní skříní jsou přenášeny otočným čepem, který je pevně zalisován v příčnicku rámu podvozku a otočně zasahuje do podvlečeného příčnicku. Oba podvlečené příčnicky jsou pevně spojeny s lokomotivní skříní.

Svislé a postranní síly jsou přenášeny systémem svislých závěsek, pomocí kterých je lokomotivní skříň zavěšena na rámech podvozků. Vypružení lokomotivy je dvoustupňové, v obou případech pomocí šroubových válcových pružin. Systém vypružení lokomotivy doplňují hydraulické tlumiče zabraňující nežádoucímu kmitání ve svislém i v příčném směru. Tímto uspořádáním je zabezpečen klidný chod lokomotivy.

Adhezní poměry při rozjezdech a při využívání vyšších tažných sil zlepšují adhezní válce, jimiž se vyrovnávají změny nápravových zatížení, způsobené klopnými momenty podvozků a lokomotivní skříň. Pístnice adhezních válců působí konstantním tlakem na rám podvozku u prvního a u čtvrtého dvojkolí.

Na obou koncích lokomotivní skříňe jsou situovány řídicí kabiny s unifikovaným stanovištěm. Kabina je tepelně a protihlukově izolována, je vybavena teplovzdušným topením a cirkulační ventilací. Stanoviště strojvedoucího je řešené pro dvoučlennou lokomotivní čet, řídicí pulty jsou uspořádány podle zásad ergonomiky. Lokomotivu je možné ovládat vstoje i vsedě.

Ve strojovně lokomotivy je vysokonapěťová kobka se silovými přístroji trakčních, pomocných a topných obvodů. Vysokonapěťové obvody jsou chráněny rychlovypínačem s vypínací schopností 12 kA při indukčnosti 5 μ H. Na rychlovypínač působí ochranná relé vysokonapěťových obvodů.

Výkon lokomotivy se reguluje jednak odporově a jednak změnou řazení trakčních skupin při sériovém a při sérioparalelním spojení. **Jednotlivé jízdní stupně jsou řazeny pomocí individuálních elektropneumatických stykačů.** Trakční motory jsou stejnosměrné sériové, šestipólové, plně kompenzované. Charakteristika trakčního motoru umožňuje při nejvyšší provozní rychlosti výkonové přetížení o 40 % proti jmenovitému výkonu. Zvětšení regulačního rozsahu se dosahuje řazením šuntovacích stupňů při zeslabení magnetického pole motorů až na 30 %. Rozjezdové (a v režimu elektrodynamického brzdění brzdové) odporníky jsou umístěny v odporové skříni ve střeše lokomotivy. Jsou opatřeny samostatným chlazením, přičemž axiální ventilátorové motory jsou napájeny úbytkem napětí na těchto odpornicích.

Brzdové systémy lokomotivy jsou tlakovzdušné a elektrodynamické. Elektrická energie, která vznikne v režimu elektrodynamického brzdění, je mařena v příslušném brzdovém odporníku. Během elektrodynamického brzdění jsou trakční motory buzeny z tyristorového či z tranzistorového (IGBT) pulzního měniče, který přeměňuje část elektrické energie

z brzdových odporníků na potřebnou hodnotu budícího proudu. V obvodech tlakovzdušné brzdy je lokomotiva osazena rychlíkovou brzdou a kovokeramickými brzdovými špalíky z kompozitních materiálů. Brzdové jednotky brzdí každé kolo dvojkolí jednostranně. Vozidlo disponuje protismykovým zařízením regulačně zasahujícím do obvodů tlakovzdušné i elektrodynamické brzdy.

Řídící, návěštní a osvětlovací obvody jsou napájeny z akumulátorové baterie o jmenovitém napětí 48 V. Baterie je dobíjena dvěma dynamy nebo statickým měničem. Nabíjecí dynamy jsou poháněna od ventilátorových soustrojí pro chlazení trakčních motorů.

Tabulka 1: Hlavní technické údaje lokomotiv řad 151 a 150.2

Technický parametr	151	150.2
Výrobce	Škoda Plzeň	Škoda Plzeň
Tovární typ	65 Em	65 E 1
Rok výroby	1978 (1992–2009) ¹	1978
Počet kusů (rok 2014)	12	13
Rozchod [mm]	1435	1435
Uspořádání pojezdu	Bo´Bo´	Bo´Bo´
DC napájecí systém [V]	3 000	3 000
Délka přes nárazníky [mm]	16 740	16 740
Délka skříně [mm]	15 500	15 500
Šířka skříně [mm]	2 940	2 940
Výška se staženými sběrači [mm]	4 640	4 640
Rozvor podvozků [mm]	3 200	3 200
Celkový rozvor [mm]	11 500	11 500
Vzdálenost otočných čepů [mm]	8 300	8 300
Minimální poloměr oblouku [m]	120	120
Minimální poloměr oblouku při 10 km.h ⁻¹ [m]	90	90
Služební hmotnost [t]	82	82,4
Hmotnost na nápravu [t]	20,5	20,6
Průměr nových dvojkolí [mm]	1 250	1 250

¹ Období rekonstrukce z továrního typu 65 E 1 na tovární typ 65 Em. V roce 2009 došlo k úpravě poslední lokomotivy 150.023-0 (nyní 151.023-9).

Nápravový převod	1:2,162	1:2,441
Výkon kompresoru [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]	120	120
Regulace výkonu	Odporová	Odporová
Typ trakčních motorů	AL 4741 FIT	AL 4741 FIT
Trvalý proud TM [A]	715	715
Hodinový proud TM [A]	750	750
Jmenovité napětí na svorkách TM [V]	3 000/2	3 000/2
Trvalá tažná síla [kN]	115,5	138
Hodinová tažná síla [kN]	134	147
Maximální tažná síla [kN]	210	227
Trvalý výkon [kW]	4 000	4 000
Hodinový výkon [kW]	4 200	4 200
Trvalý výkon EDB [kW]	3 600	3 600
Trvalá rychlost [$\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$]	113,9	101,2
Hodinová rychlost [$\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$]	111	99,8
Maximální rychlost [$\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$]	160	140

1.3 Popis hlavních silových obvodů (Obr. 2 a Obr. 3)

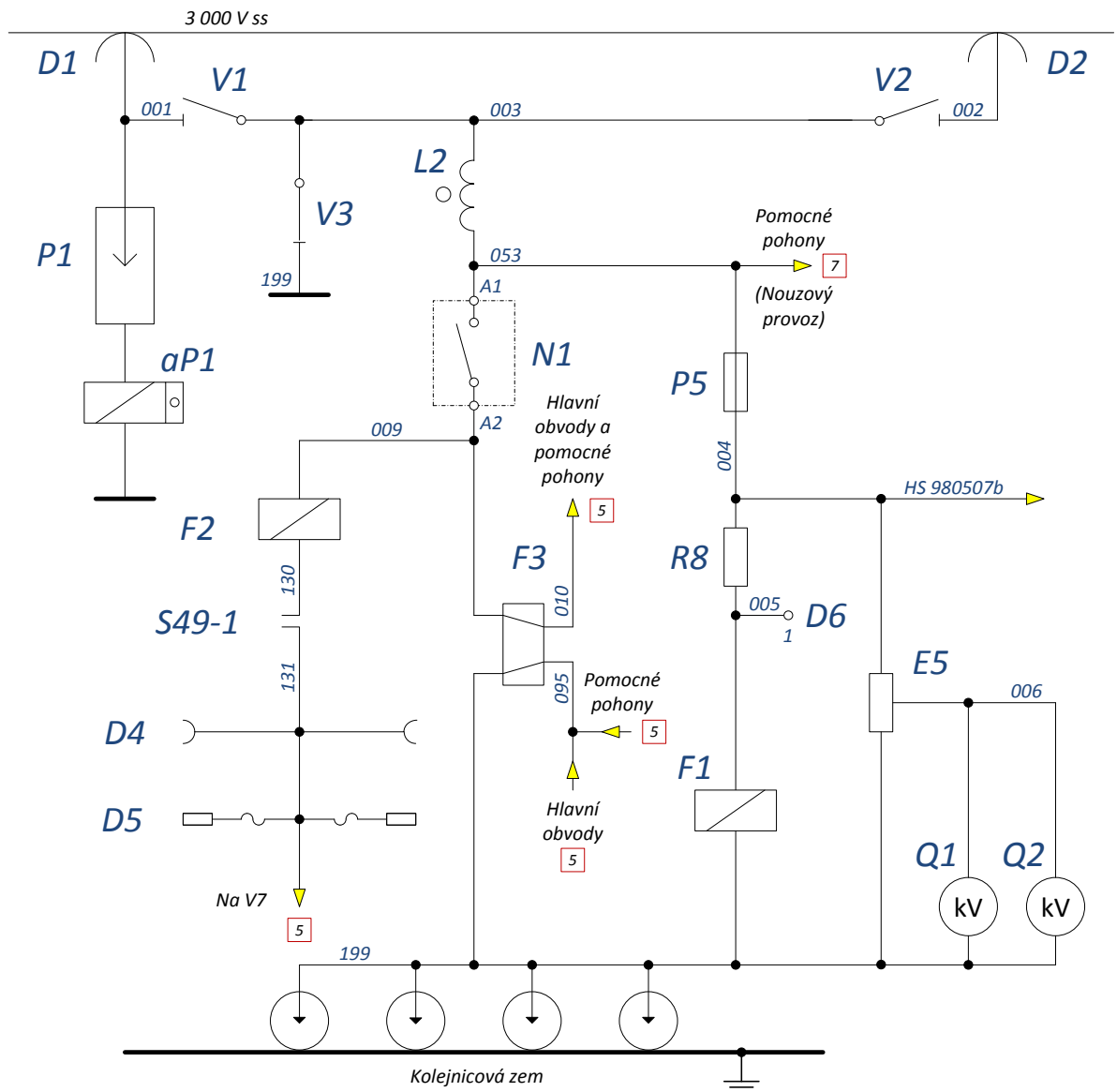
1.3.1 Střešní výzbroj

Z trolejového vedení se proud odebírá dvěma polopantografovými sběrači D1-1 a D2-1. Každý sběrač lze dálkově odpojit prostřednictvím odpojovačů V1-1 a V2-1. Při zavedení bezpečného (beznapěťového) stavu dojde k samočinnému uzemnění lokomotivy pomocí uzemňovače V3-1. Střešní výzbroj doplňuje rektor L2-1, který je určen k omezení strmosti nárůstu zkratového proudu a ventilová bleskojistka P1-1, která chrání lokomotivu před atmosférickým přepětím.

1.3.2 Měření trakčního napětí

Elektrický proud prochází přes střešní průchodku na kontakty hlavního rychlovypínače N1-1, který je umístěn ve strojovně lokomotivy. Před hlavním vypínačem je situována odbočka pro měření trakčního napětí. Obvod měření chrání 2 A pojistka P5-1, za kterou následují odporový dělič napětí E5-1 pro měřicí přístroje, napěťové relé F1-1 a napěťový snímač J8-1 (odbočka z vodiče 004 na schéma HS 980507b). Napěťové relé F1-1 vyhodnocuje, zdali se trakční napětí pohybuje ve stanovených mezích. Výstup relé je určen pro analogové obvody

lokomotivy. Napěťový snímač J8-1 je určen pro detekci trakčního podpětí v rámci činnosti mikroprocesorového řídicího systému lokomotivy ŘS1-2.



Obrázek 2: Vstupní silové obvody lokomotivy

1.3.3 Obvody vlakového topení

Za hlavním rychlovyvínačem jsou přes nadproudové relé F2-1 a stykač S49-1 napájeny obvody vlakového topení. Na obou čelech lokomotivy jsou umístěny VN zásuvky a zástrčky D4-1 a D5-1 pro spojení VN obvodu s ostatními vozidly.

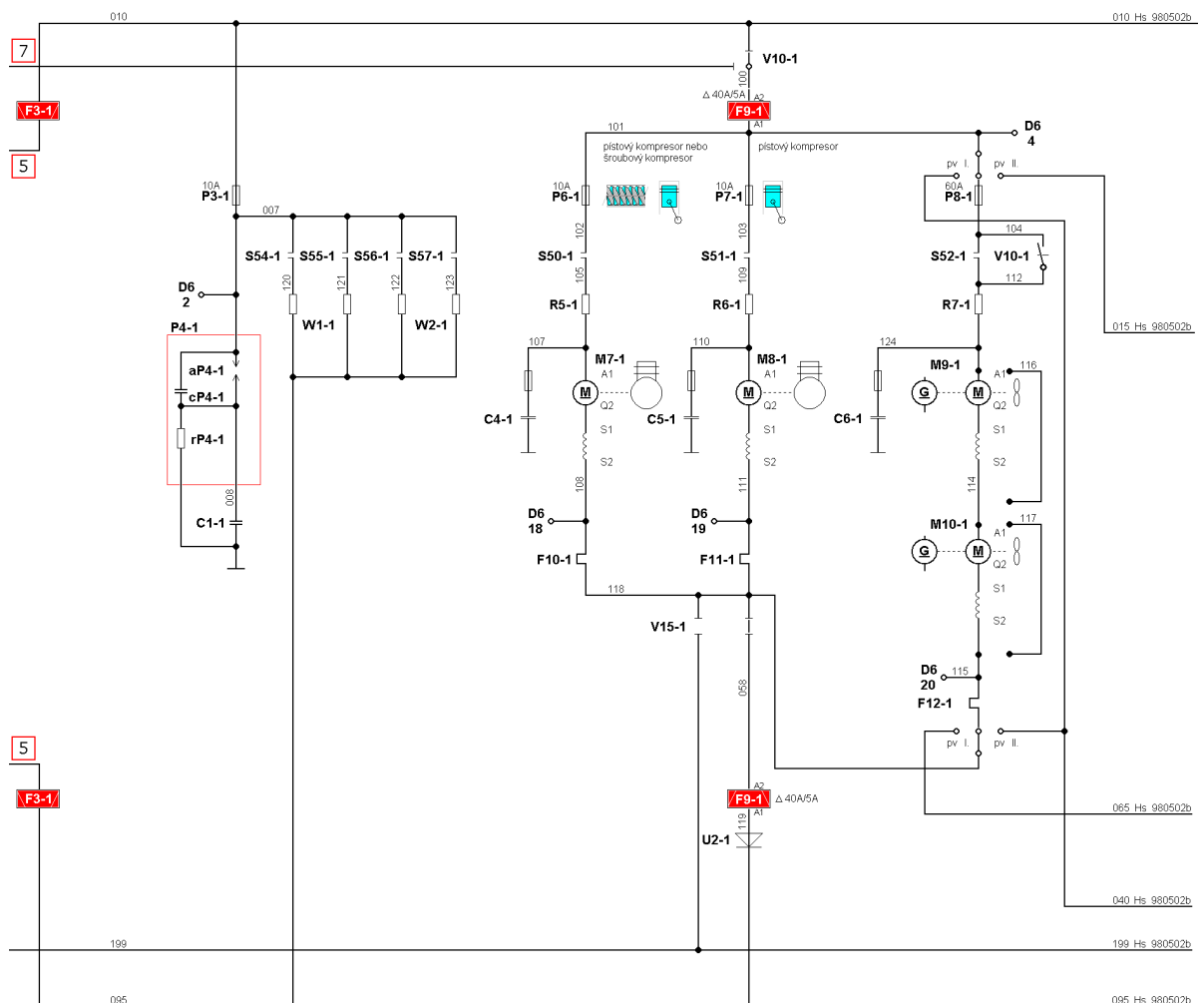
1.3.4 Topení kabin a jemná přepět'ová ochrana trakčního obvodu

Pojistka přepět'ové ochrany a topení P3-1 o hodnotě 10 A jistí obvody vytápění kabin strojvedoucího. K témuž obvodu je připojena i přepět'ová ochrana P4-1 a ochranný

kondenzátor C1-1. Uspořádání přepětové ochrany slouží k jímání provozního přepětí v trakčním obvodu, které vzniká v důsledku stykačové regulace v kombinaci s řazenými indukčnostmi.

1.3.5 Obvody pomocných pohonů

Přes vstupní cívku diferenciálního relé pomocných pohonů F9-1 jsou napájeny elektromotory kompresorů M7-1 a M8-1, a elektromotory ventilátorů motorových skupin M9-1 a M10-1. Kompresorové obvody jsou z hlediska elektrického zapojení totožné. Na vstupu je situována ochranná 10 A pojistka P6-1 (P7-1) a přes stykač S50-1 (S51-1) je přes předřadné odporníky R5-1 (R6-1) přiveden proud ke stejnosměrným sériovým elektromotorům pohonu. Proti přetížení jsou elektromotory chráněny prostřednictvím tepelných relé F10-1 (F11-1). Pro omezení rušení jsou paralelně k elektromotorům připojeny kondenzátory C4-1 a C5-1 s vestavěnými pojistkami.



Obrázek 3: Obvody pomocných pohonů (výkres Oleg David)

Elektromotory ventilátorů chlazení motorových skupin jsou řazeny do série. Jejich paralelní řazení v případě poruchy elektromotoru se nepoužívá, byť tato možnost zapojení na svorkovnici byla projektována (polohy PV I, PV II). Vstup obvodu jistí 60 A pojistka P8-1, za kterou následuje stykač ventilátorů S52-1 a předřadný odporník R7-1. Paralelně ke stykači ventilátorů je řazen ruční přepojovač pomocných pohonů V10-1, který slouží pro zavedení tzv. *nouzového provozu*. Jedná se o stav, při kterém je nutno zprovoznit lokomotivu s nedostatečným napětím na lokomotivní baterii (min. 18 V). Stejně označený přepojovač je situován před vstupní cívkou diferenciálního relé pomocných pohonů F9-1. Pomocí klínových řemenů jsou od ventilátorů chlazení motorových skupin poháněna nabíjecí dynama G1-3 a G2-3. Některé lokomotivy jsou již vybaveny statickým měničem nabíjení Y2-1 a zmíněná dynama byla demontována. Paralelně k elektromotorům je připojen odrušovací kondenzátor C6-1. Výstup elektrického obvodu je osazen tepelným relé F12-1.

Proud z obvodu pomocných pohonů je odveden přes výstupní cívku diferenciálního relé F9-1. Paralelně k této cívce je situován ruční přepínač diagnostiky V15-1 sloužící k dílenské VN diagnostice obvodů pomocných pohonů.

1.3.6 Diagnostika silových obvodů

Vysokonapěťové obvody lokomotivy jsou opatřeny diagnostickou svorkovnicí D6-1.

1.4 Popis trakčního obvodu (Obr. 4)

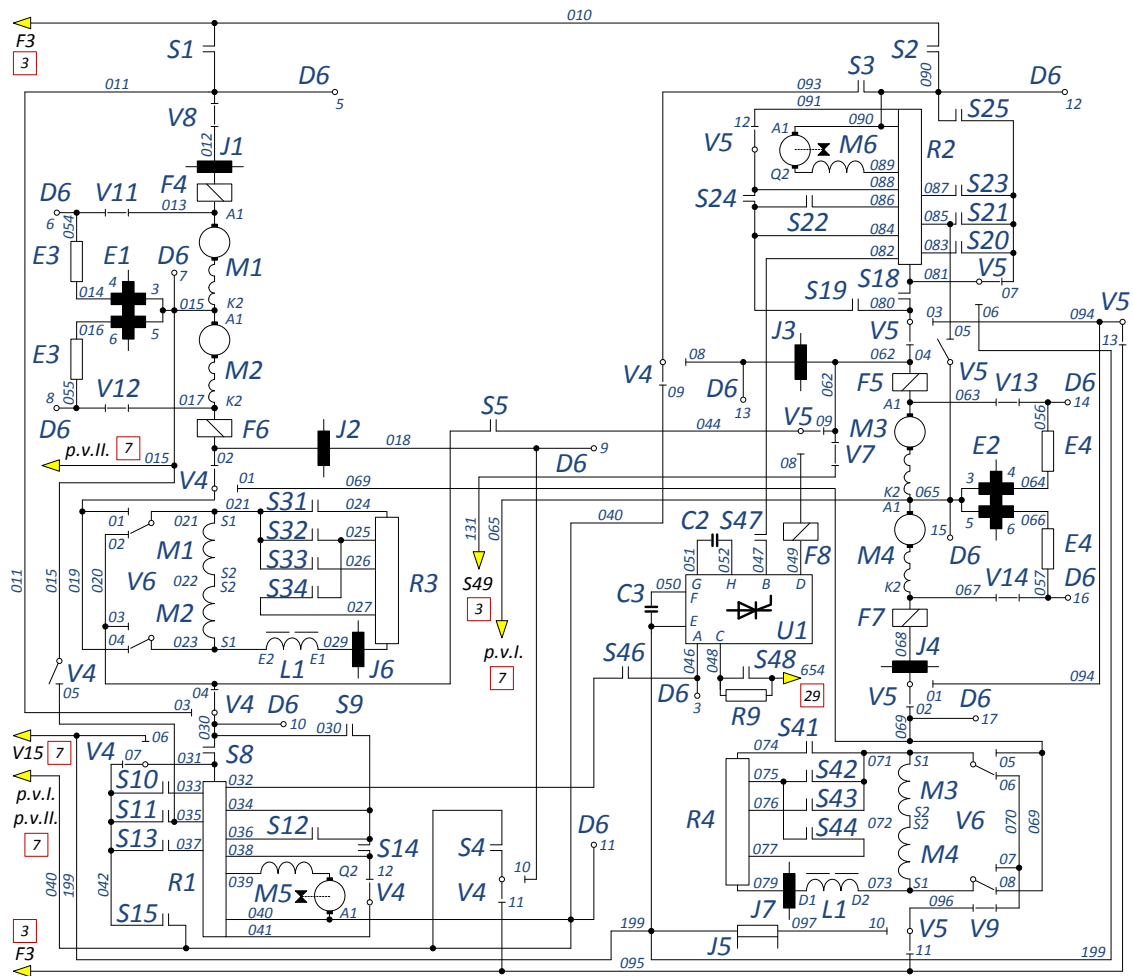
V této části závěrečné práce bude proveden funkční popis trakčního obvodu lokomotiv řady 151 v míře týkající se předmětu zadání díla. Kusovník dále popisovaných elektrických zařízení je uveden v Příloze A.

1.4.1 Regulace výkonu

Do trakčních stejnosměrných sériových motorů M1-1 až M4-1 proud vstupuje přes vstupní cívku diferenciálního relé F3-1, příslušné VN stykače, a je odveden přes výstupní cívku diferenciálního relé F3-1 a nápravový sběrač D3-1 do kolejnice. Úlohou diferenciálního relé F3-1 je vypnout rychlovypínač N1-1 v okamžiku závady v trakčním obvodu, tj. při průrazu na kostru.

Regulace výkonu trakčních motorů je provedena rozjezdovými odporníky R1-1, R2-1 a příslušnými VN stykači. Trakční motory v každém podvozku jsou spolu trvale zapojeny do série a tvoří tzv. motorovou skupinu. Řazení obou motorových skupin je sériové a

sérioparalelní, s můstkovým přechodem. Vzájemné uspořádání trakčních skupin zabezpečují elektropneumatiky ovládané VN stykače S1-1, S2-1, S3-1, S4-1 a S5-1.



Obrázek 4: Trakční obvod lokomotivy

Pořadí spínání VN stykačů během regulace je závazné a je zaneseno ve spínacím programu. Spínací program obsahuje 56 regulačních (jízdních) stupňů. Algoritmus spínání je naprogramován v mikroprocesorovém řídicím systému.

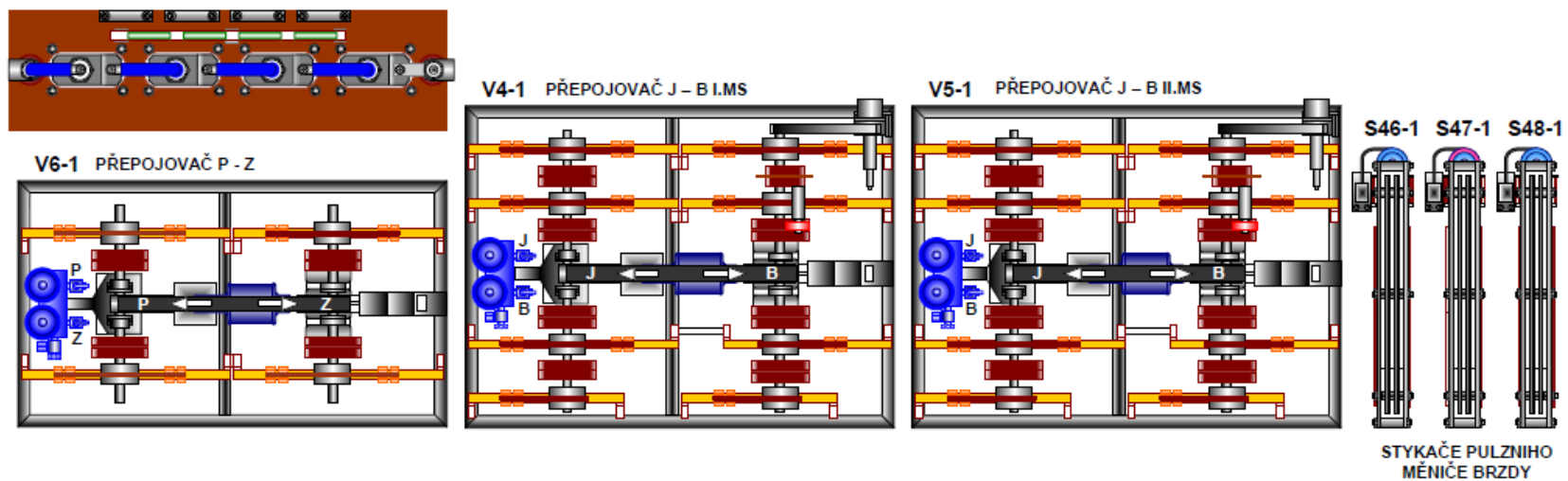
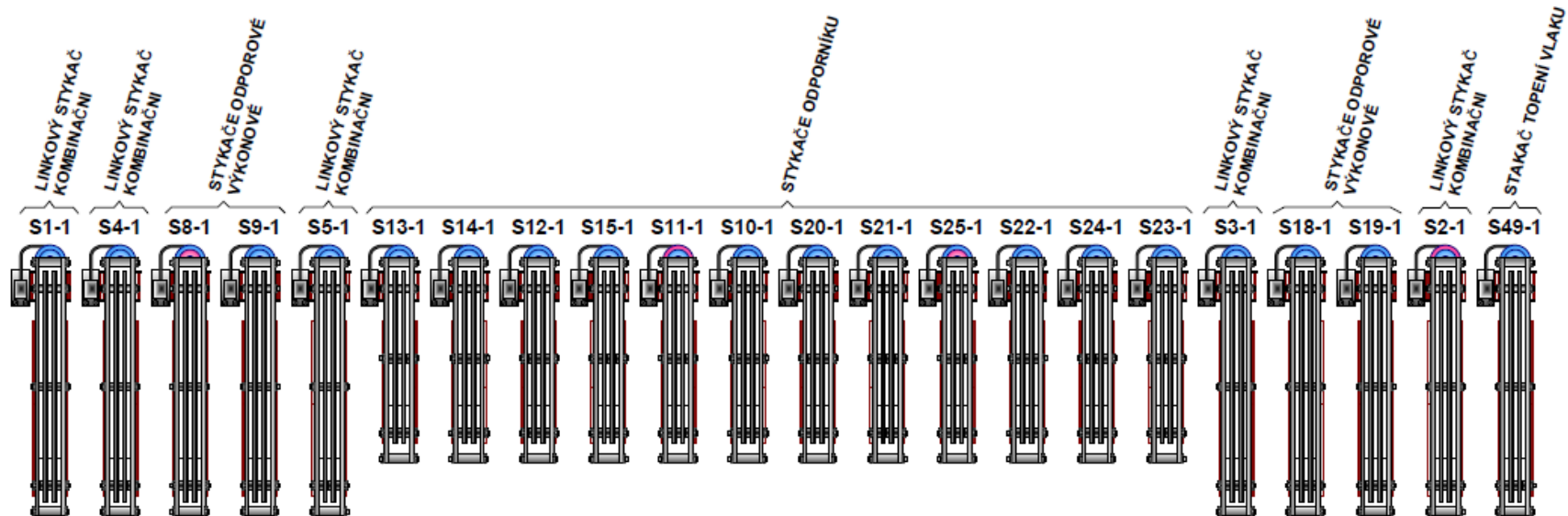
Rozdělení a určení VN stykačů S1-1 až S49-1 je uvedeno v Tab. 2.

Tabulka 2: Určení VN stykačů v trakčním obvodu

Stykač	Určení stykače	Typ stykače
S1-1	Linkový kombinační	2 SVAD 6
S2-1	Linkový kombinační	2 SVAD 6
S3-1	Linkový kombinační	2 SVAD 6
S4-1	Linkový kombinační	2 SVAD 6

S5-1	Linkový kombinační	2 SVAD 6
S8-1	Odporníkový výkonový	2 SVAD 6
S9-1	Odporníkový výkonový	2 SVAD 6
S10-1	Odporníkový	SVAD 7
S11-1	Odporníkový	SVAD 7
S12-1	Odporníkový	SVAD 7
S13-1	Odporníkový	SVAD 7
S14-1	Odporníkový	SVAD 7
S15-1	Odporníkový	SVAD 7
S18-1	Odporníkový výkonový	2 SVAD 6
S19-1	Odporníkový výkonový	2 SVAD 6
S20-1	Odporníkový	SVAD 7
S21-1	Odporníkový	SVAD 7
S22-1	Odporníkový	SVAD 7
S23-1	Odporníkový	SVAD 7
S24-1	Odporníkový	SVAD 7
S25-1	Odporníkový	SVAD 7
S31-1	Zeslabení buzení	SVAD 9
S32-1	Zeslabení buzení	SVAD 9
S33-1	Zeslabení buzení	SVAD 9
S34-1	Zeslabení buzení	SVAD 9
S41-1	Zeslabení buzení	SVAD 9
S42-1	Zeslabení buzení	SVAD 9
S43-1	Zeslabení buzení	SVAD 9
S44-1	Zeslabení buzení	SVAD 9
S46-1	Pulzní měnič EDB	SVAD 10
S47-1	Pulzní měnič EDB	SVAD 10
S48-1	Pulzní měnič EDB	SVAD 10
S49-1	Topení vlaku	SVAD 8

Uspořádání na VN přístrojovém rámu lokomotivy je znázorněno na Obr. 5.



Obrázek 5: Rozmístění vybraných VN stykačů (výkres Rastislav Lištiak)

1.4.2 Proudové ochrany trakčního obvodu

Trakční obvod je v jízdním režimu chráněn nadproudovými relé F4-1, F5-1 a v brzdovém režimu nadproudovými relé F4-1, F5-1, F6-1, F7-1 a F8-1. Další nadproudovou ochranu trakčního obvodu poskytuje řídicí systém lokomotivy prostřednictvím regulačních zásahů při vlastním měření průběhu velikostí trakčních proudů.

1.4.3 Skluzová ochrana

V důsledku fyzikálních charakteristik stejnosměrného trakčního motoru může dojít při jeho odlehčení k mechanickému poškození v podobě roztržení kotvy (rotoru). Skluzová ochrana lokomotivy zamezuje nebezpečnému prokluzu dvojkolí a tím i odlehčení trakčního motoru. Vozidlo je osazeno dvěma typy této ochrany. První typ zasahuje do regulace výkonu prostřednictvím mikroprocesorového řídicího systému, druhý typ navíc zasahuje do analogových obvodů lokomotivy. Zatímco mikroprocesorový řídicí systém disponuje informací o rychlosti z otáčkových čidel na každém dvojkolí, druhý systém vyžívá porovnávání indukovaného napětí na kotvách trakčních motorů. K detekci skluzu slouží transduktor skluzové ochrany E1-1 a dělicí odporů E3-1, E4-1. V novějším provedení jsou osazena LEM čidla. Pro účely diagnostiky je možno analogovou skluzovou ochranu odpojit ručními odpojovači V11-1, V12-1, V13-1, V14-1.

1.4.4 Režim elektrodynamického brzdění

Trakční obvod lze zapojit do schématu elektrodynamické brzdy. Přepojení trakčních motorů do brzdového režimu je samočinně provedeno třípolohovými přepojovači J-B (jízda-brzda) V4-1, V5-1. Trakční motory pak pracují v režimu cize buzených dynam a je uveden v činnost pulzní měnič elektrodynamické brzdy U1-1.

Na přepojovačích J-B V4-1, V5-1 je možné vyřadit z provozu motorovou skupinu s vadným trakčním motorem. Vyřazení se provede ručním přestavením příslušného přepojovače do polohy „PM“. Současně s tím je nutno odpojit druhý pól motorové skupiny pomocí ručního odpojovače V8-1, eventuelně V9-1.

1.4.5 Změna směru otáčení trakčních motorů

Paralelně k budíci mu vinutí trakčních motorů je zařazen dálkově ovládaný měnič směru V6-1. Změna směru otáčení trakčních motorů je uskutečněna změnou směru proudu v budíci mu vinutí. Měnič směru V6-1 disponuje dvěma polohami, a to pro směr vpřed a pro směr vzad. Nulovou polohu na měniči směru dálkově nelze nastavit.

1.4.6 Šuntování

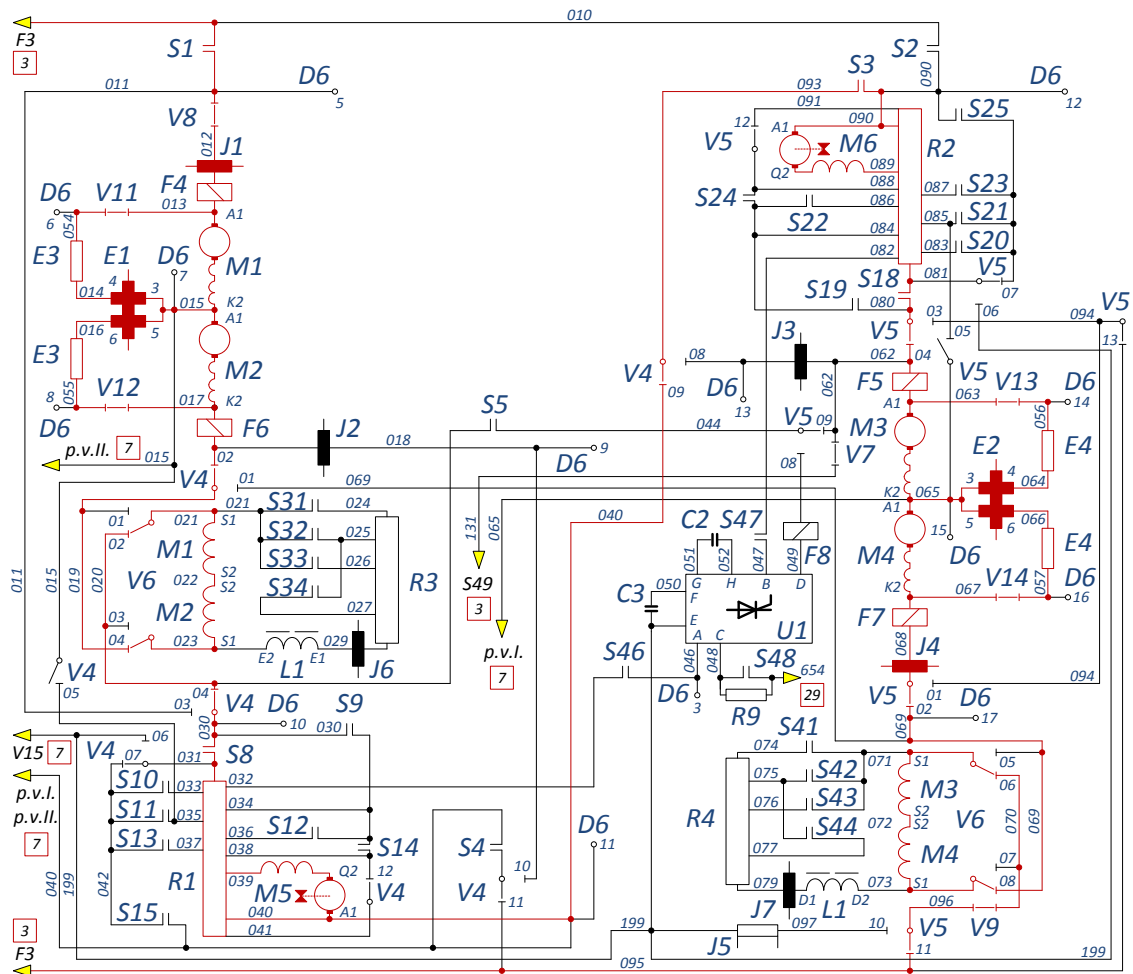
Šuntování hlavních pólů trakčních motorů je provedeno v pěti stupních pomocí zeslabovacích odporů R3-1, R4-1, zeslabovacích tlumivek L1-1 a stykačů S31-1, S32-1, S33-1, S34-1, S41-1, S42-1, S43-1, S44-1. Šuntovací stupně řadí strojvedoucí. Pro měkčí záběr lokomotivy při rozjezdu vlaku je zcela automaticky šuntován druhý stupeň regulačního rozsahu vozidla (první jízdní stupeň).

1.4.7 Rozjezdové (a brzdové) odporníky

Rozjezdové (a v režimu elektrodynamického brzdění brzdové) odporníky R1-1, R1-2 jsou řazeny pomocí stykačů S8-1 až S15-1, S18-1 až S25-1. Jeden odporník funkčně přísluší ke dvěma trakčním motorům jednoho podvozku. Materiálem odporníků je slitina železa, chromu a hliníku (FECHRAL), v důsledku čehož jsou odporníky trvale zatížitelné. Na výstupy B a C odporníků jsou připojeny jednostupňové axiální ventilátory chlazení, jejichž elektromotory jsou napájeny z úbytku napětí na odpornících. Při maximálním ztrátovém výkonu v odpornících se vzduch ohřeje až na 200 °C a oteplení aktivního odporového materiálu dosáhne 600 °C. Pro eliminaci tepelného zatížení jedné části je každý odporník vždy střídavě protékán proudem všemi směry.

1.4.8 Jízda při sériovém spojení trakčních motorů (Obr. 6)

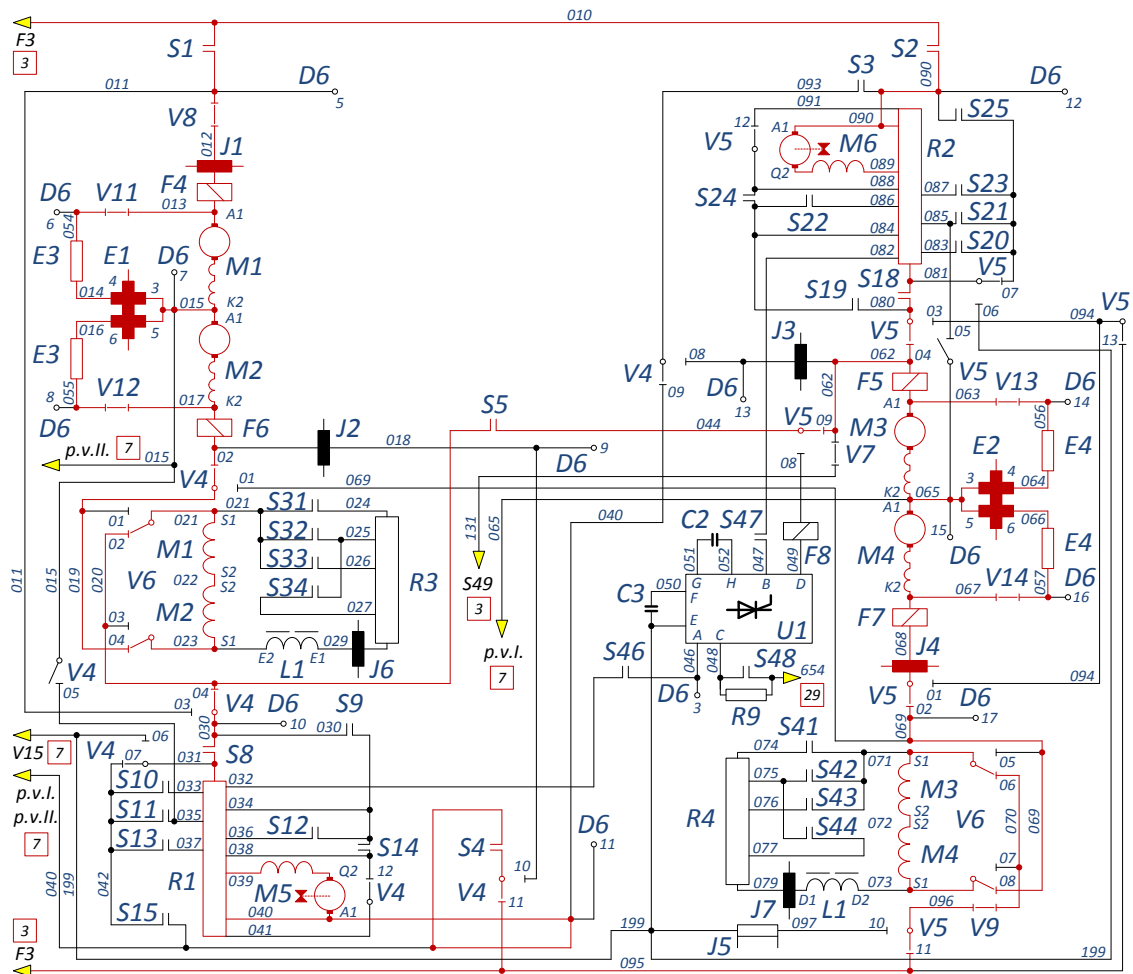
V sériovém spojení motorů je 27 stupňů odporové regulace, 28. až 32. stupeň funkčně odpovídá I. až V. stupni zeslabení buzení. Při sériovém spojení trakčních motorů je využívána oblast hospodárné regulace výkonu v rozmezí rychlostí 55 km.h⁻¹ až 100 km.h⁻¹. Regulační stupně 2 až 26 je nutno považovat za rozjezdové a využívat je jen po nezbytně nutnou dobu. Od 22. jízdního stupně jsou střešní odporníky nedostatečně chlazeny. Ztrátový výkon na odporových stupních je přímo úměrný velikosti zařazeného odporu na příslušném regulačním stupni a druhé mocnině trakčního proudu. Regulační stupeň 27 je stupněm hospodárným při úplném vyřazení rozjezdových odporníků. Rozdělení regulačních stupňů odporové regulace je dostatečně jemné (Příloha E).



Obrázek 6: Trakční obvod při sériovém řazení motorových skupin

1.4.9 Můstkový přechod (Obr. 7)

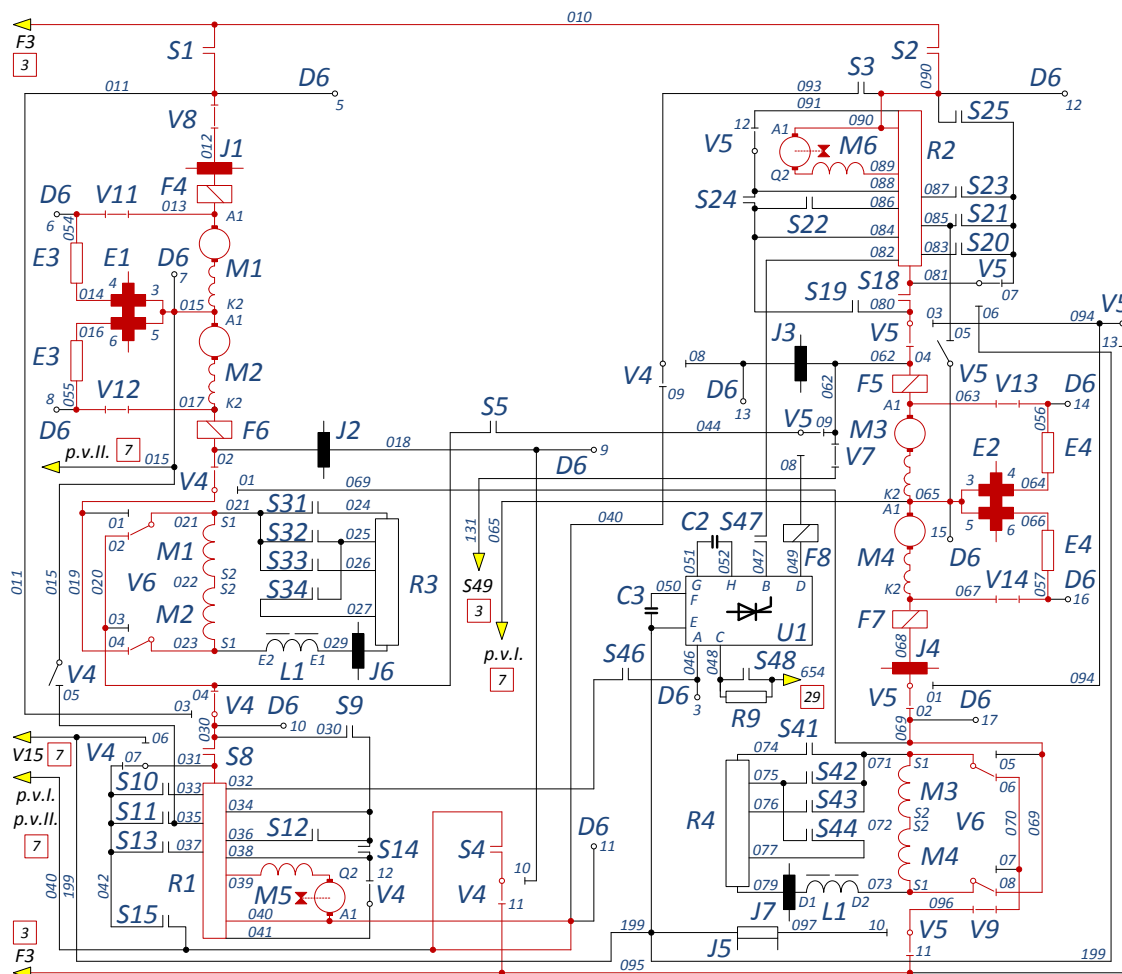
Přechod na paralelní řazení motorových skupin z řazení sériového se děje automaticky na nearetovaném 33. regulačním stupni. Tento přechod je nazýván můstkovým. K zamezení rázů tažné síly je nutno přechod provádět při trakčních proudech nižších než 600 A, tj. při rychlosti vyšší než 55 km.h⁻¹.



Obrázek 7: Trakční obvod při můstkovém přechodu

1.4.10 Jízda při sérioparalelním spojení trakčních motorů (Obr. 8)

V sérioparalelním spojení motorů (tj. při paralelním řazení motorových skupin) je 18 stupňů odporové regulace, 52. až 56. stupeň funkčně odpovídají I. až V. stupni zeslabení buzení. Regulační stupně 34 až 50 je nutno považovat za rozjezdové. Od 47. jízdního stupně jsou střešní odporníky nedostatečně chlazeny. Regulační stupeň 51 je stupněm hospodárným při úplném vyřazení rozjezdových odporníků.



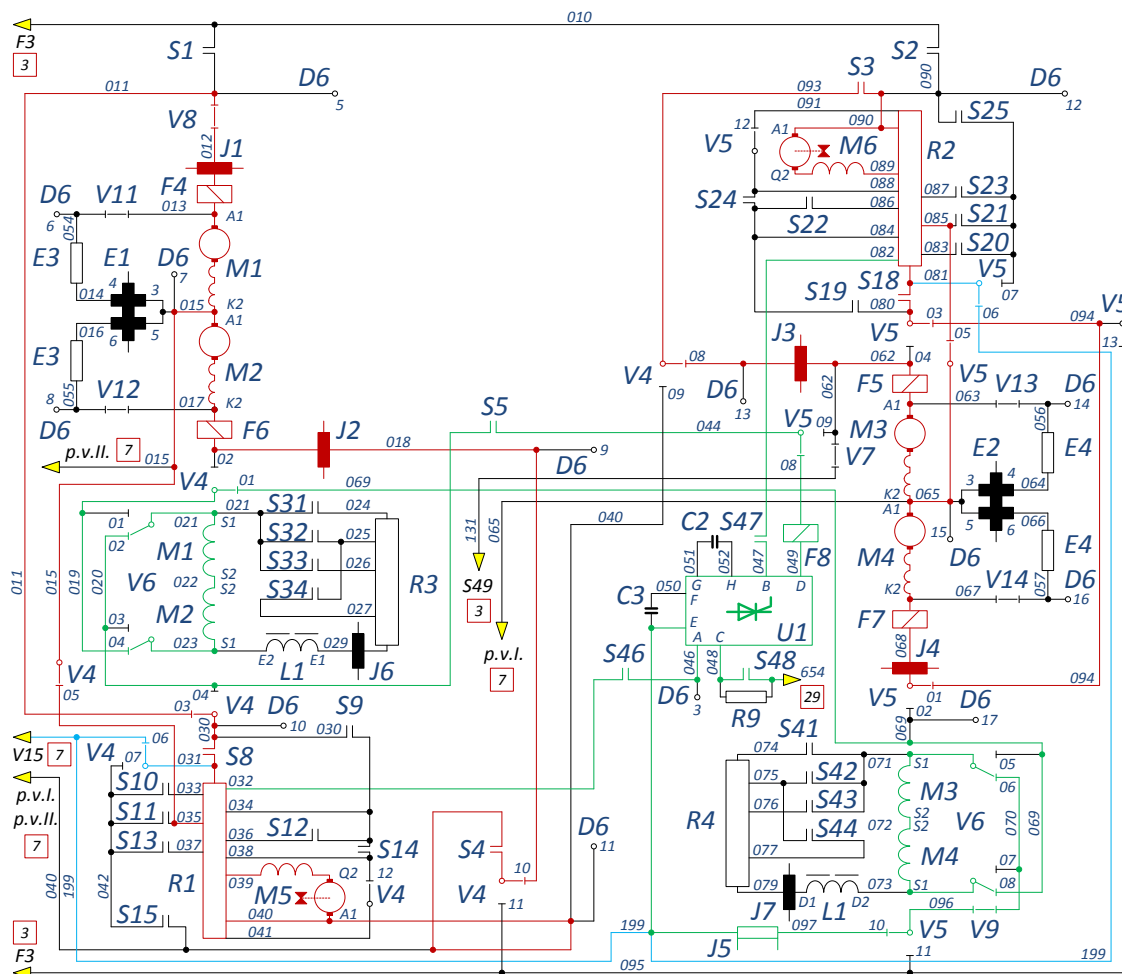
Obrázek 8: Trakční obvod při paralelním řazení motorových skupin

1.4.11 Trakční obvod v brzdovém režimu (Obr. 9)

V režimu elektrodynamické brzdy je kotva každého trakčního motoru připojena k brzdovému odporníku, který je součástí rozjezdového odporníku. Brzdové odporníky jsou proti přetížení chráněny nadproudovými relé F4-1, F5-1, F6-1, F7-1.

Budící vinutí všech trakčních motorů je v brzdovém režimu spojeno do série a je napájeno z odboček brzdových odporníků přes tyristorový či IGBT pulzní měnič U1-1 a VN stykače S46-1 a S47-1. Počáteční nabuzení je provedeno proudem z lokomotivní baterie přes stykač S48-1. Obvod buzení je chráněn nadproudovým relé F8-1.

Velikost brzdového proudu pro regulaci pulzního měniče je měřena transduktory J1-1, J2-1, J3-1, J4-1. Po rekonstrukci jsou místo transduktorů řazena čidla LEM. Budící proud je měřen bočnickem J5-1.



Obrázek 9: Trakční obvod při elektrodynamickém brzdění

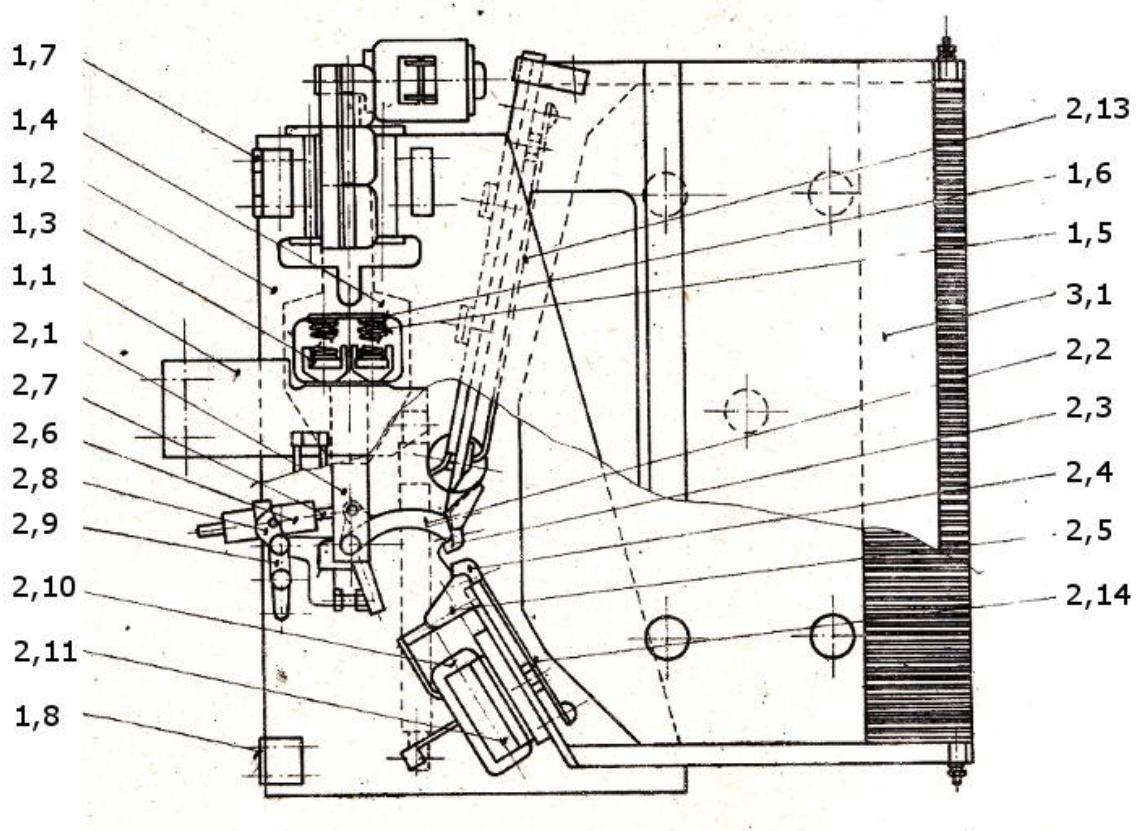
Lokomotivy řady 151 mají v porovnání s řadou 150.2 odlišnou konfiguraci obvodů EDB [2]. Brzda pracuje ve třech stupních s přepínáním při rychlostech $75 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a $51 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Při druhém stupni EDB je provedeno částečné vykrácení brzdového odporníku pomocí stykačů S12-1 a S22-1, při třetím stupni EDB pomocí stykačů S10-1, S11-1, S13-1, S20-1, S21-1 a S23-1. Cílem úpravy je udržování trvale vysokých kotevnických proudů v průběhu brzdění a tudíž i udržování vyššího brzdícího účinku.

1.5 VN trakční stykače

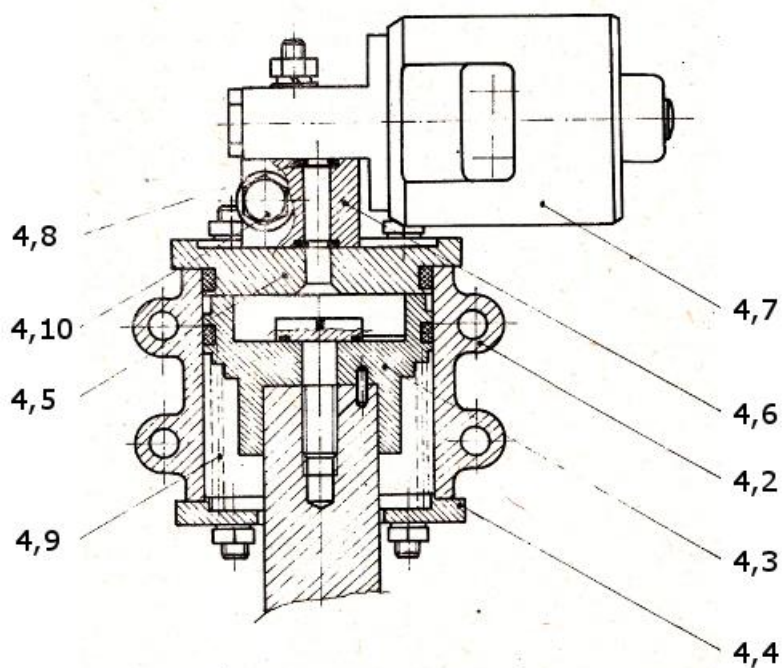
1.5.1 Stykače 2 SVAD 6, SVAD 7, SVAD 8, SVAD 9 a SVAD 10 [3]

Jednopolový elektromagnetický stykač typu 2 SVAD 6 (Obr. 10 a Obr. 13) je určen pro spínání stejnosměrných silnoproudých obvodů. Stykač je ovládán vzduchovým pohonem (Obr. 11) s elektromagnetickým ventilem. Spínací ústrojí je konstrukčně rozděleno na dvě části – spínací můstek, který převádí trakční proud a opalovací kontakt ve zhášecí komoře, na

kterém při vypnutí stykače vznikne oblouk. Oblouk je magnetickým polem zhášecí cívky vytlačen do zhášecí komory.



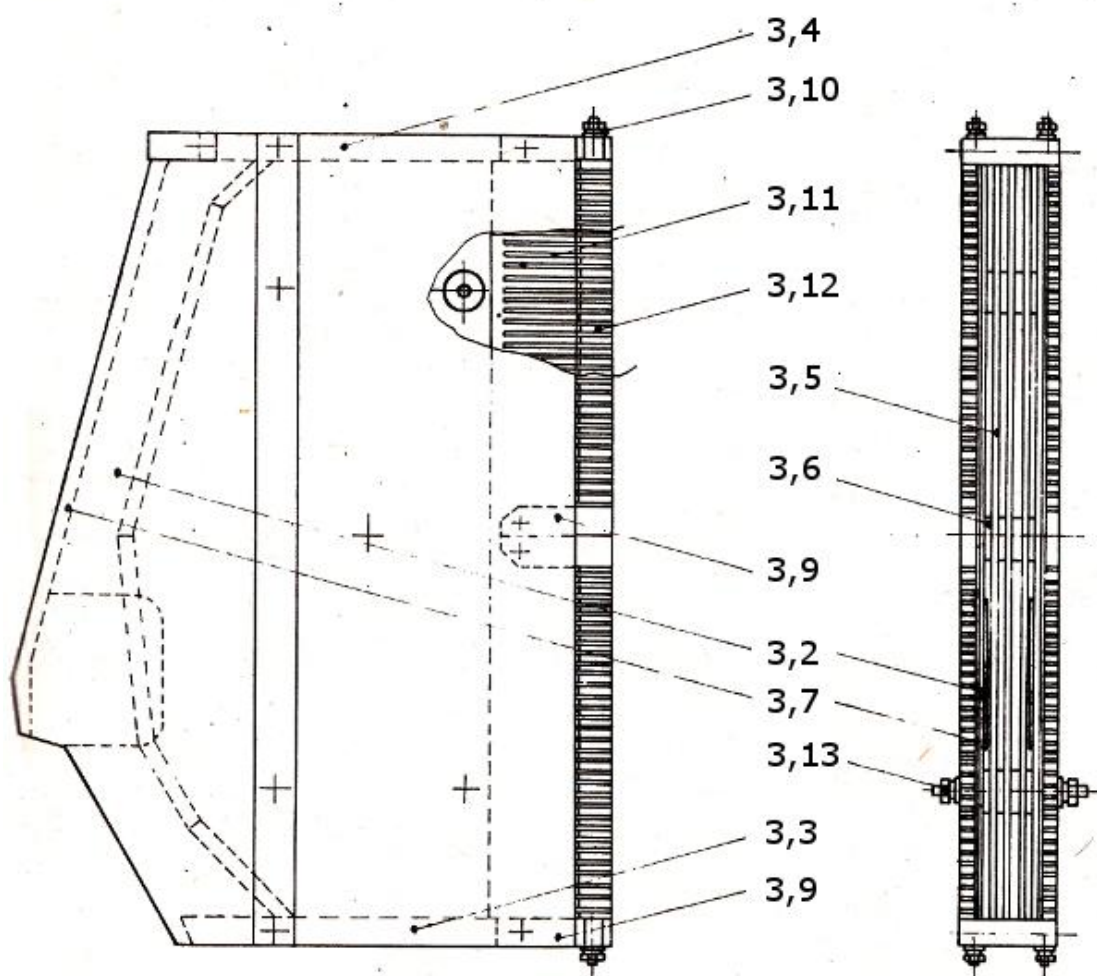
Obrázek 10: VN stykač 2 SVAD 6



Obrázek 11: Vzduchový pohon VN stykače 2 SVAD 6

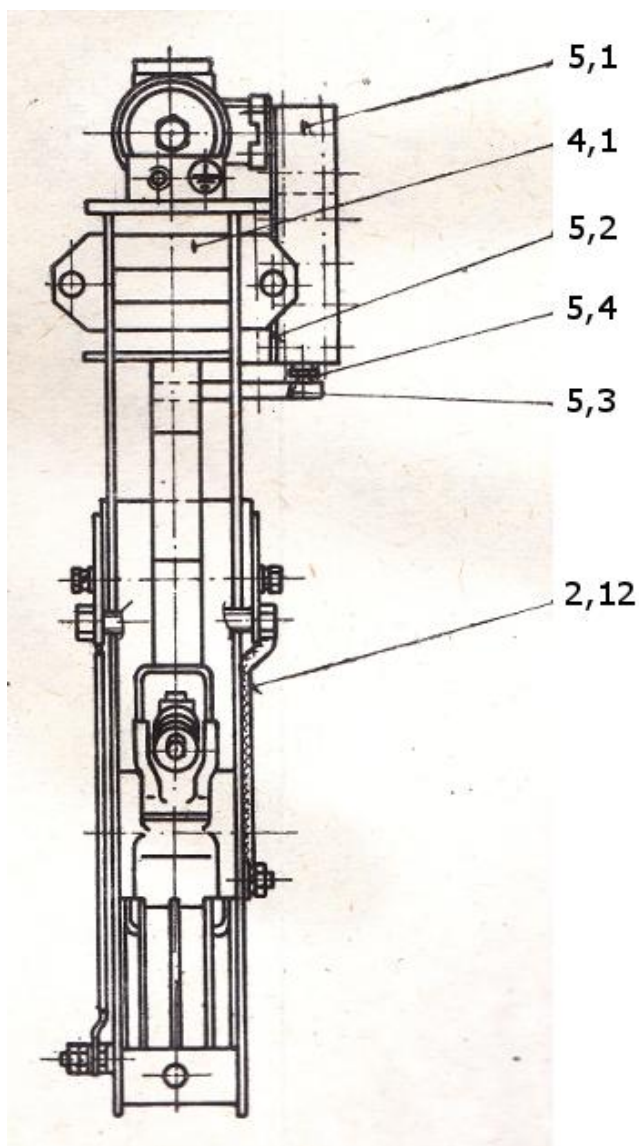
Přivedením jmenovitého napětí na svorky elektromagnetického ventilu je otevřen přívod vzduchu a vzduch z jímky začne proudit přes škrtič (4,8) do válce (4,2). Tlakem vzduchu se dá píst (4,3) do pohybu. Pohyb se přenáší na držák (1,4), který je s pístem pevně spojen. Do držáku (1,4) jsou vsazeny kontaktní můstky (1,3), které se začnou přibližovat k přívodům (1,1).

Současně se pohyb přenáší táhlem (2,1) na nosič kontaktu (2,2), který se začne naklápět. Tím se začne pohyblivý opalovací kontakt (2,3) přibližovat k pevnému (2,4), až na sebe oba dosednou. Pohyb pokračuje a pohyblivý opalovací kontakt se odvaluje po pevném kontaktu působením mechanismu opalovacího kontaktu. Pak dosedne kontaktní můstek (1,3) na přívody (1,1). Tím je propojen hlavní proudový obvod. Když dosedne píst (4,3) na víko pohonu (4,4), je stykač zapnut. **Spínání stykače je tudíž provedeno tlakovým vzduchem.**



Obrázek 12: Zhášecí komora VN stykače 2 SVAD 6

Při vypnutí se nejprve rozpojí hlavní kontaktní můstek (1,3) a pak teprve dojde k rozpojení opalovacího kontaktu (2,3). Mezi opalovacím kontaktem pevným (2,4) a opalovacím kontaktem pohyblivým (2,3) vznikne oblouk, který je vytlačen magnetickým polem zhášecí cívky (2,10) do zhášecí komory (3,1) (Obr. 12), kde se na mezistěnách (3,5) roztáhne, ochladí a na deionizačním roštu zhasíná. Zhášecí cívka se zapojí v okamžiku rozpojení kontaktních můstků (1,3).



Obrázek 13: Čelní pohled na VN stykač 2 SVAD 6

Po odvzdušnění válce vzduchového pohonu přes elektromagnetický ventil (4,7) je zpětný pohyb pístu (4,3) zajištěn pružinou (4,9). Rameno (5,3) ovládá pomocné kontakty (5,1), které slouží ke spínání pomocných obvodů. **Rozpínání stykače je tudíž provedeno pružinou.**

Během továrních zkoušek byla ověřena vypínací schopnost stykače a jeho vlastní časy při vypínání a zapínání. Při ovládacím napětí 48 V, tlaku vzduchu 500 kPa a při teplotě okolí 20 °C byl naměřen vlastní čas při **spínání** (tj. od okamžiku přivedení ovládacího napětí na elektromagnetický ventil do okamžiku kovového styku opalovacích kontaktů) **98,5 ms** a při **vypínání 111,2 ms**. Vypínací schopnost byla ověřena při proudu 1 250 A, napětí 3 600 V a sériové indukčnosti 22 mH. Doba hoření oblouku byla 119 ms.

Provedení stykačů SVAD 7, SVAD 8, SVAD 9 a SVAD 10 vychází ze stejné stavebnicové konstrukce, jako stykač 2 SVAD 6. Drobné konstrukční rozdíly vyplývají ze specifických požadavků podle určení stykače. Stykač typu SVAD 8 je navíc určen pro obvody, které jsou napájeny střídavým napětím a proudem. Technické parametry a určení jednotlivých VN stykačů lokomotivy jsou uvedeny v Příloze B.

Legenda k Obr. 10, 11, 12 a 13:

Hlavní proudový obvod: 1,1 – hlavní přívody, 1,2 – postranice přívodů, 1,3 – kontaktní můstek, 1,4 – držák, 1,5 – přitlačné pružiny můstku, 1,6 – podložka, 1,7 – úhelníky upevnění stykače na rám, 1,8 – držák upevnění stykače na rám.

Zhášecí magnetický obvod: 2,1 – táhlo, 2,2 – nosič opalovacího kontaktu, 2,3 – pohyblivý opalovací kontakt, 2,4 – pevný opalovací kontakt, 2,5 – držák pevného opalovacího kontaktu, 2,6 – mechanismus opalovacího kontaktu, 2,7 – táhlo mechanismu, 2,8 – páka mechanismu, 2,9 – ložisko, 2,10 – zhášecí cívka, 2,11 – magnetický obvod cívky, 2,12 – propojky mezi zhášecí cívkou a opalovacími kontakty, 2,13 – opalovací roh, 2,14 – opalovací roh.

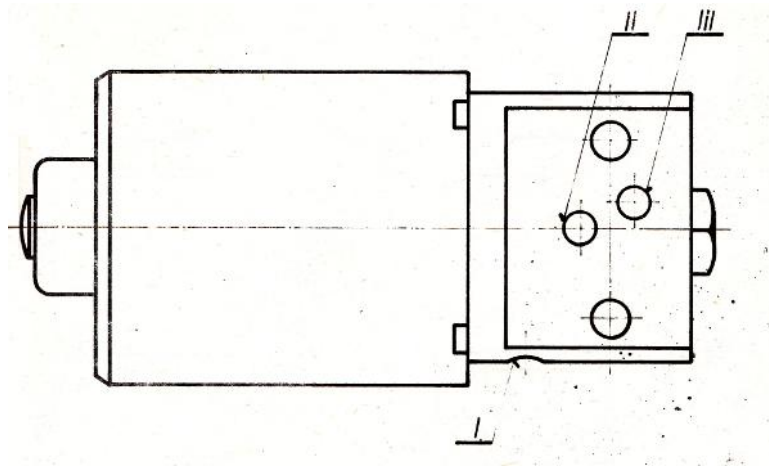
Zhášecí komora (3,1): 3,2 – postranice komory, 3,3 – distanční vložka, 3,4 – distanční vložka, 3,5 – mezistěny, 3,6 – distanční podložky, 3,7 – izolační postranice, 3,9 – vložky deionizačního roštu, 3,10 – ožehlený svorník, 3,11 – jednotlivé plechy, 3,12 – distanční podložky, 3,13 – svorníky.

Vzduchový pohon (4,1): 4,2 – válec vzduchového pohonu, 4,3 – píst pohonu, 4,4 – víko válce, 4,5 – víko válce, 4,6 – rozvodový mezikus, 4,7 – elektromagnetický ventil, 4,8 – škrtič přívodu vzduchu, 4,9 – pružina zpětného chodu pohonu, 4,10 – uzemňovací šroub pohonu.

Pomocné kontakty (5,1): 5,2 – držák pomocných kontaktů, 5,3 – ovládací rameno kontaktů, 5,4 – stavěcí šroub regulace zdvihu.

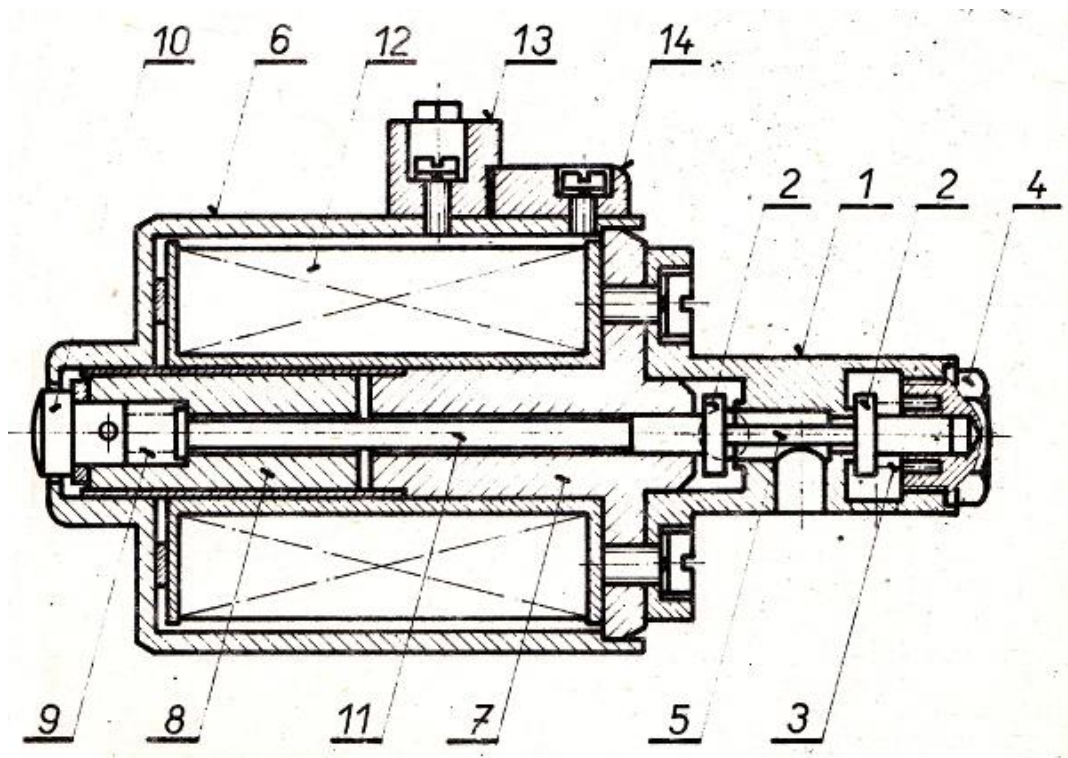
1.5.2 Elektromagnetický ventil VTM 5 (Obr. 14)

Elektromagnetický ventil je přístroj určený k dálkovému ovládní vzduchových pohonů trakčních zařízení pomocí malého nebo nízkého napětí.



Obrázek 14: Elektromagnetický ventil VTM 5

Ventil VTM 5 (Obr. 15) je sestaven z části pneumatické (ventilová hlava) a z části elektrické (elektromagnet). Ventil je vstupním otvorem (III) připojen na tlak vzduchu z přístrojové jímky lokomotivy a výstupním otvorem (II) je připojen na pracovní válec. Otvor (I) je výfukový.



Obrázek 15: Řez elektromagnetickým ventilem VTM 5

Je-li ventil bez proudu, pak spodní ventilový talíř (2) dosedá tlakem pružiny ventilu (3) na spodní sedlo a uzavírá vstup vzduchu (III) do (II). Horní ventilový talíř (2) je zvednut a pracovní válec připojený k otvoru (II) je spojen otvorem (I) s ovzduším.

Zapnutím proudu vytvoří cívka ventilu (12) magnetické pole, kterým je přitažena kotva (8) ke dnu ventilu (7). Vzpěra (11) přestaví ventilové talíře (2), přičemž horní talíř uzavře průtokové sedlo do výfuku (I). Vzduch z jímky proudí otvorem (III) do (II). Tlačítkem (10) je možno pomocí vzpěry (11) mechanicky přestavit polohu ventilových talířů a tím ventil ručně sepnout.

Příloha C uvádí vybrané technické parametry prvku. Ventil typu VTM 5 je možné nahradit ventily typu 2 VTM 5 nebo 2 VTM 15.

Legenda k Obr. 15:

1 – těleso hlavy ventilu, 2 – dva ventilové talíře, 3 – pružina ventilu, 4 – závěrný šroub ventilu, 5 – vymežovací vzpěra (mezi talíři), 6 – plášť elektromagnetu, 7 – dno elektromagnetu, 8 – kotva elektromagnetu, 9 – omezovací pružina, 10 – tlačítko, 11 – vzpěra, 12 – cívka, 13 – svorkovnice, 14 – kryt.

1.6 Popis mikroprocesorového řídicího systému HS 198 [4]



Obrázek 16: Elektronický řídicí systém HS 198

Elektronický řídicí systém HS 198 (Obr. 16) byl vyvinut v roce 1998 jako speciální mikroprocesorová aplikace sloužící k nahrazení původního reléového řízení lokomotivy. Výrobce zařízení je firma HS TRANS, s.r.o. Zásadním funkčním požadavkem byla jednoduchost a udržitelnost systému. První montáž byla provedena na stroj 150.026-3 v průběhu roku 1999. V současné době elektronickým řídicím systémem disponují všechny lokomotivy řad 150.2 a 151.

Nejvýznamnější část modernizace spočívala v nahrazení elektromechanického nepřímého kontroléru B8-2, který byl určen ke spínání VN stykačů. Řídicí systém zasahuje do všech obvodů lokomotivy. V okamžiku, kdy se přímo nepodílí na jejím řízení, přesto sbírá data pro kontrolní algoritmy v rámci činnosti jiných obvodů. Systém zároveň nahradil většinu relé řídicích obvodů (skupina „2“ přístrojů v tovární dokumentaci).

1.6.1 Sestava řídicího systému

Elektronický řídicí systém HS 198 je sestaven z těchto částí:

- řídicí počítač HS 198 (1 kus), který disponuje dvěma procesorovými bloky; v případě poruchy procesorového bloku dojde k automatickému přepnutí na záložní CPU,
- zobrazovací jednotka HS 198 Z1 (2 kusy),
- blok kontroly chodu ventilátorů HS 198 VEN (1 kus),
- blok BCD pro zobrazení předvolené rychlosti HS 198 BCD (1 kus),
- blok nouzové jízdy HS 198 NJ (1 kus),
- sada optických kabelů HS 198 OPT (2 kusy),
- sada konektorů a příslušenství HS 198 P (1 sada).

K řídicímu systému jsou dodávány další komponenty, zejména vyhodnocovací software pro nastavení a diagnostiku systému. Dodávka též obsahuje kontrolní přípravky s diagnostickým modelem bloku rychlosti, modelem bloku skluzu a modelem reálného chování lokomotivy. Vybrané technické parametry řídicího systému jsou uvedeny v Příloze D.

1.6.2 Blok polovodičových spínačů BPS-01 (ovládání VN stykačů)

Celkem 6 bloků polovodičových spínačů (Příloha G) tvoří základní část řídicího systému. Blok je určen pro spínání osmi přístrojů v obvodech řídicího napětí (48 V) a zároveň je určen pro snímání osmi binárních (zpětných) informací z těchto obvodů. Polovodičové spínače jsou proti přepětí chráněny ochrannými varistory.

Ovládání a detekce stavu VN stykačů je provedena podle následujícího schématu:

- a) **Sepnutí VN stykače** (Příloha I) – na základě povelu z centrálního procesoru je sepnut polovodičový spínač, kterým je přivedeno napětí na elektromagnetický ventil příslušného VN stykače. Spínání je provedeno podle spínacího programu stykačů (Příloha K).
- b) **Informace o sepnutí stykače** (Příloha J) – stav VN stykače je kontrolován prostřednictvím jeho pomocných kontaktů. V případě, že pomocné kontakty jsou sepnuty, je přes ně napájen vstupní optopřevodník řídicího systému, který přivádí logickou informaci o sepnutém stavu zařízení.

1.6.3 Činnost řídicího systému obecně při detekci chyby

Řídicí systém po celou dobu své činnosti neustále monitoruje jednotlivé funkce obvodů lokomotivy a sleduje dobu trvání odezev na vydané dílčí povely. Pokud dojde k chybě v činnosti některého VN obvodu, systém přiřadí dané chybě odpovídající kód (Příloha F). Kód je zobrazen obsluze lokomotivy a je uložen do paměti řídicího systému. Při pravidelné údržbě je k dispozici komplexní informace o **počtu výskytů** (četnosti) jednotlivých chyb.

Diagnostikované chyby se kategorizují do skupin „žlutá“ a „červená“, přičemž druhá zmíněná skupina představuje závady, při kterých není možné lokomotivu dále provozovat.

1.6.4 Činnost řídicího systému při detekci chyby VN stykače

Řídicí systém při řazení jednotlivých jízdnicích stupňů kontroluje časové odezvy všech stykačů a přepojovačů. Pokud je zjištěno, že poloha daného stykače či přepojovače neodpovídá požadavku řídicího systému, generuje se porucha z kategorie:

- „červená“ u prvků tvořících konfiguraci VN trakčního obvodu,
- „žlutá“ u prvků určených pro řazení jednotlivých jízdnicích stupňů.

Stav stykače je vyhodnocen jako poruchový po překročení pevně nastavené doby **1 500 ms**. Konstanta je uložena v konfiguračních parametrech systému. S touto proměnnou řídicí systém počítá pro legální pohyb celé mechanické soustavy příslušného stykače, a to od okamžiku vydání pokynu k sepnutí stykače až do doby vyhodnocení zpětné informace o jeho stavu. Celkovou dobu 1 500 ms lze vyjádřit jako součet dob pro:

- vydání signálu pro sepnutí stykače (250 ms),
- pohyb stykače při uvažování jeho přechodového stavu (1 000 ms),
- přivedení zpětné informace (250 ms).

Případná porucha zařízení se může nacházet v subsystému:

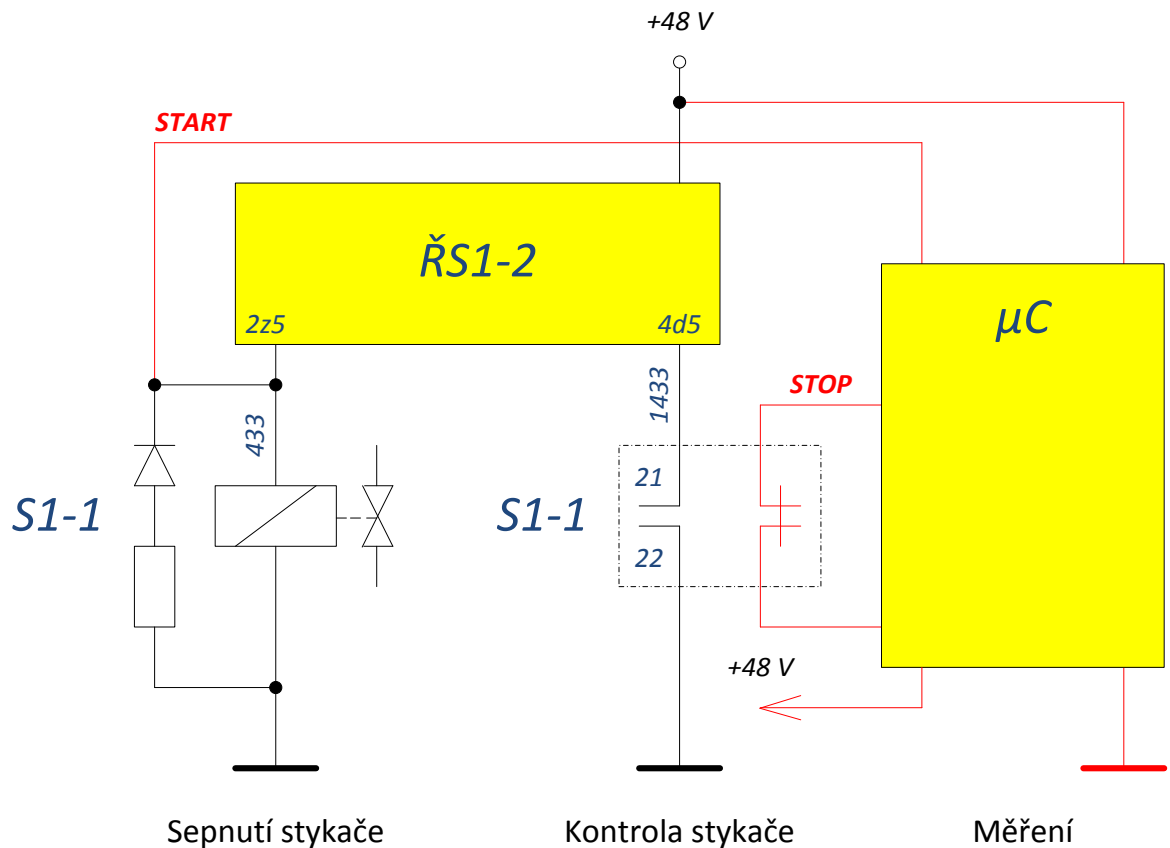
- elektromagnetického ventilu,
- vzduchového pohonu stykače,
- mechanického pohonu stykače,
- pomocných kontaktů (nejméně závažná).

2. Měřicí aparatura

2.1 Základní koncepce

Pro návrh měřicí aparatury byly stanoveny následující zásady:

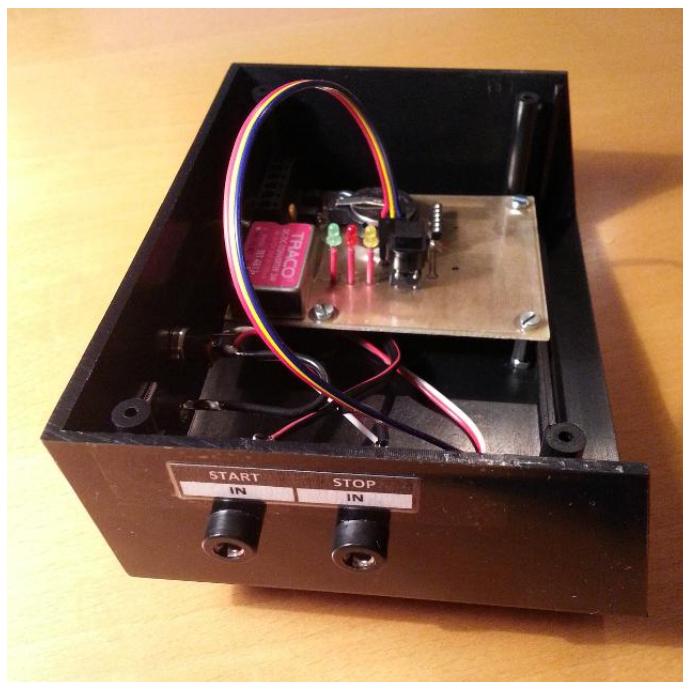
- autonomnost měřicí aparatury na řídicím systému vozidla,
- zařízení nebude zasahovat do konstrukce vozidla,
- možnost konfigurace zařízení podle účelu jeho použití,
- možnost komunikace s PC,
- možnost ukládání naměřených dat na paměťové médium,
- možnost snadného připojení k diagnostikovanému objektu,
- cenová přívětivost.



Obrázek 17: Schéma připojení měřicí aparatury

Principiální zapojení měřicí aparatury je znázorněno na Obr. 17. Zařízení je napájeno z lokomotivní baterie. Kromě napájecího konektoru měřicí aparatura obsahuje zdičky pro připojení vodičů „START“ a „STOP“ (Obr. 18) a zdičku s vyvedeným pomocným

napětím pro volitelné napájení „STOP“ obvodu (Obr. 19). Zemní větev je společná s ostatními obvody lokomotivy.



Obrázek 18: Zdiřky pro „START“ a „STOP“ signály



Obrázek 19: Napájecí konektory zařízení

„START“ obvod slouží pro spuštění časovače měření. Časovač je spuštěn přivedením (volitelně ztrátou) napětí od elektromagnetického ventilu. „STOP“ obvod slouží pro ukončení měření a je tvořen samostatnou proudovou smyčkou, která může být napájena z vlastního nebo z cizího zdroje. Zastavení časovače měření může být vyvoláno ztrátou (volitelně

obnovením) napětí v obvodu. Ze zapojení vyplývá, že měřicí aparatura nezasahuje do konstrukce vozidla a ani do jeho řídicích obvodů. „STOP“ obvod ke své práci využívá nezapojených klidových kontaktů VN stykače (Obr. 20).



Obrázek 20: Připojení zařízení k VN stykači

2.2 Funkční popis obvodového zapojení (Obr. 23)

Po přivedení napájecího napětí je uveden v činnost DC/DC měnič U4 o výstupním napětí 5 V. Vnější napájecí napětí může kolísat v rozsahu hodnot 18-72 V. Obvod je chráněn vratnou pojistkou PO1 a diodou D4 zabraňující přepólování.

„START“ i „STOP“ obvody jsou vybaveny optočleny U2 a U3. Proti přepólování jsou prvky chráněny antiparalelně zapojenými diodami D5 a D6. Výstupy z optočlenů jsou v podobě logických signálů přivedeny na port A (piny PA5/ADC5 a PA4/ADC4) mikrokontroléru U1.

Stěžejním komponentem zařízení je AVR mikrokontrolér ATMEGA32A-AU [5]. Pro svoji činnost v rámci této experimentální práce byl naprogramován. Programový kód (Příloha N) byl vytvořen ve vývojovém prostředí pro jazyk C. Jednočipový počítač je pomocí měniče U5

napájen stabilizovaným napětím 3,3 V (pin AVCC) a je řízen krystalovým rezonátorem X1 o kmitočtu 7,3728 MHz (piny XTAL1, XTAL2). Programování mikrokontroléru bylo provedeno přes datový kabel a pinovou lištu spojenou s portem B (piny PB7/SCK, PB6/MISO, PB5/MOSI) a s pinem RST. Na sekundární pinovou lištu zařízení jsou vyvedeny výstupy portu D (PD0/RXD a PD1/TXD) umožňující komunikaci s PC přes USB-TTL sériový kabel. V rámci této komunikace je na připojeném počítači (Obr. 21) prováděna konfigurace parametrů měřicí aparatury, je umožněn přístup k uloženým datům a také je možné sledovat průběh měření v reálném čase. Pro vlastní činnost měřicí aparatury však není přítomnost PC nutná.



Obrázek 21: Připojení měřicí aparatury k PC

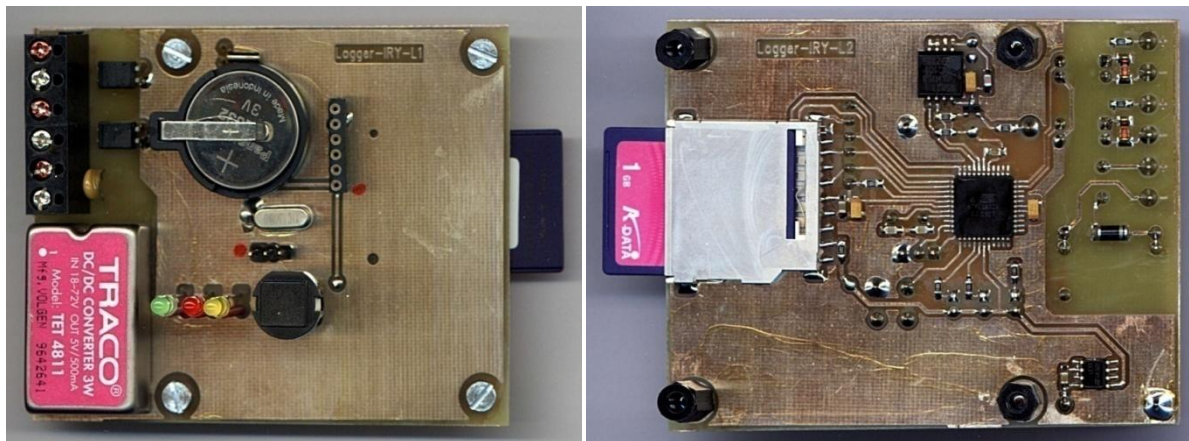
Mikrokontroléru je umožněno ukládat naměřená data na SD/MMC paměťovou kartu umístěnou ve slotu K2. Tato funkce však vyžaduje uložení dalších softwarových knihoven do paměti mikrokontroléru. Pro zahájení ukládání dat je nutno obsloužit tlačítko TL1, které je zapojeno na portu D (pin PD3/INT1). Data na kartě jsou uložena ve formátu CSV pro další zpracování tabulkovými procesory. Jednočipový počítač a elektronické obvody svými výstupy signalizují režim práce na LED D1 až D3 (Tab. 3).

Tabulka 3: Význam LED diod měřicí aparatury

LED	Stav LED	Význam
Zelená	Svídí	Přítomnost napájecího napětí 3,3 V
Žlutá (port D, pin PD6/ICP)	Svídí	Probíhá ukládání dat na SD paměťovou kartu
	Bliká	SD paměťová karta nebyla při startu zařízení nalezena
Červená (port D, pin PD7/OC2)	Svídí	Probíhá měření v intervalu <0, 10 000> ms
	Bliká	Čekání na výchozí stav zařízení (dle konfigurace) po ukončení měření

Pro přiřazení časové nálepky k naměřeným datům je měřicí aparatura osazena hodinami reálného času U6. RTC kontrolér je řízen rezonátorem X2 o kmitočtu 32,768 kHz a je zálohován 3 V baterií BAT1. Hodiny se nastavují přes datový kabel pomocí PC. Obslužný software zabezpečuje automatický přechod mezi letním a zimním časem.

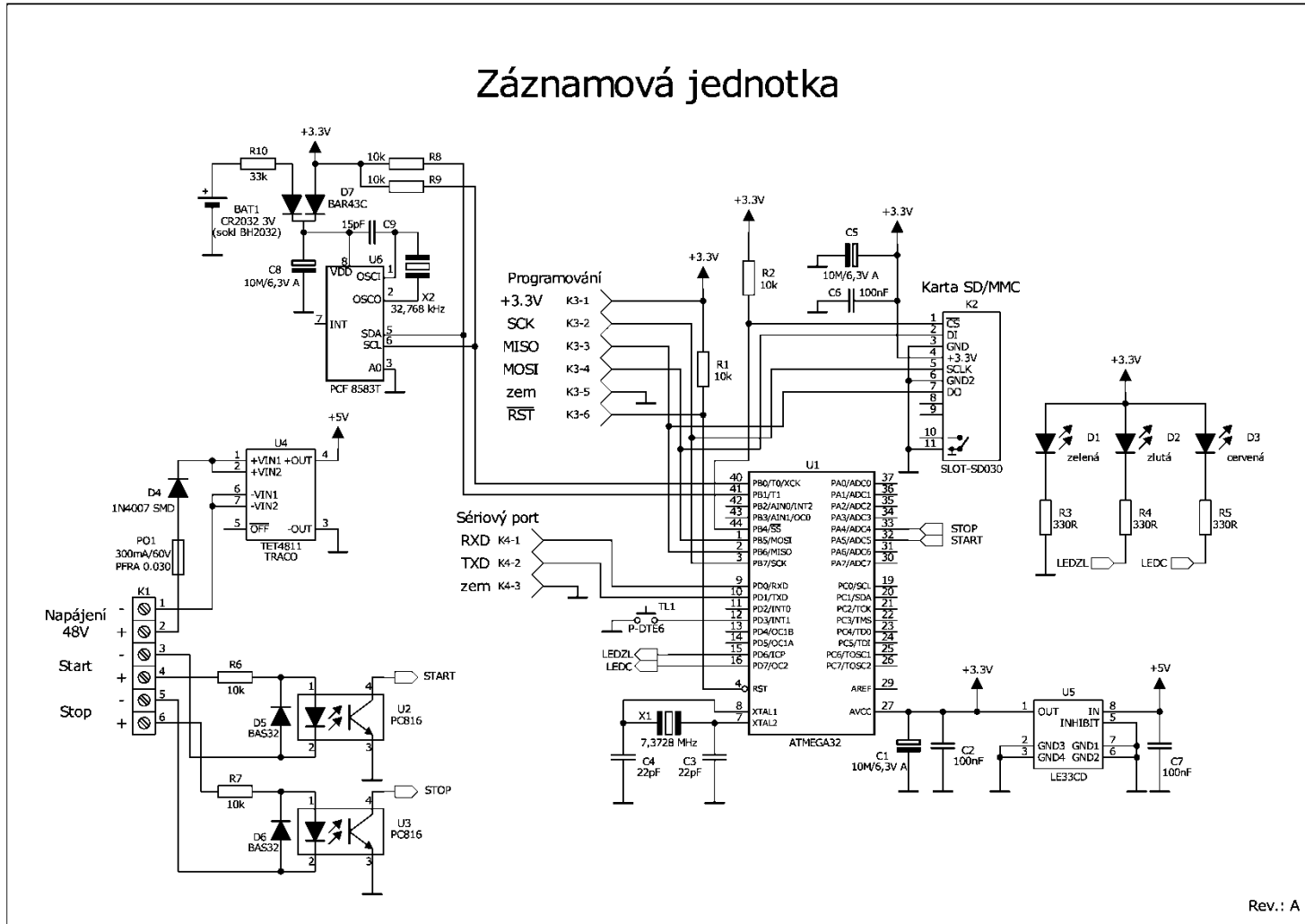
Celé zařízení (Obr. 22) je umístěno do uzavíratelné krabičky. Matrice desek plošného spoje a jeho osazení součástkami jsou Přílohou M a Přílohou L této práce.



Obrázek 22: Osazený plošný spoj měřicí aparatury

Rozpis součástek vč. cenové bilance je uveden v Příloze H.

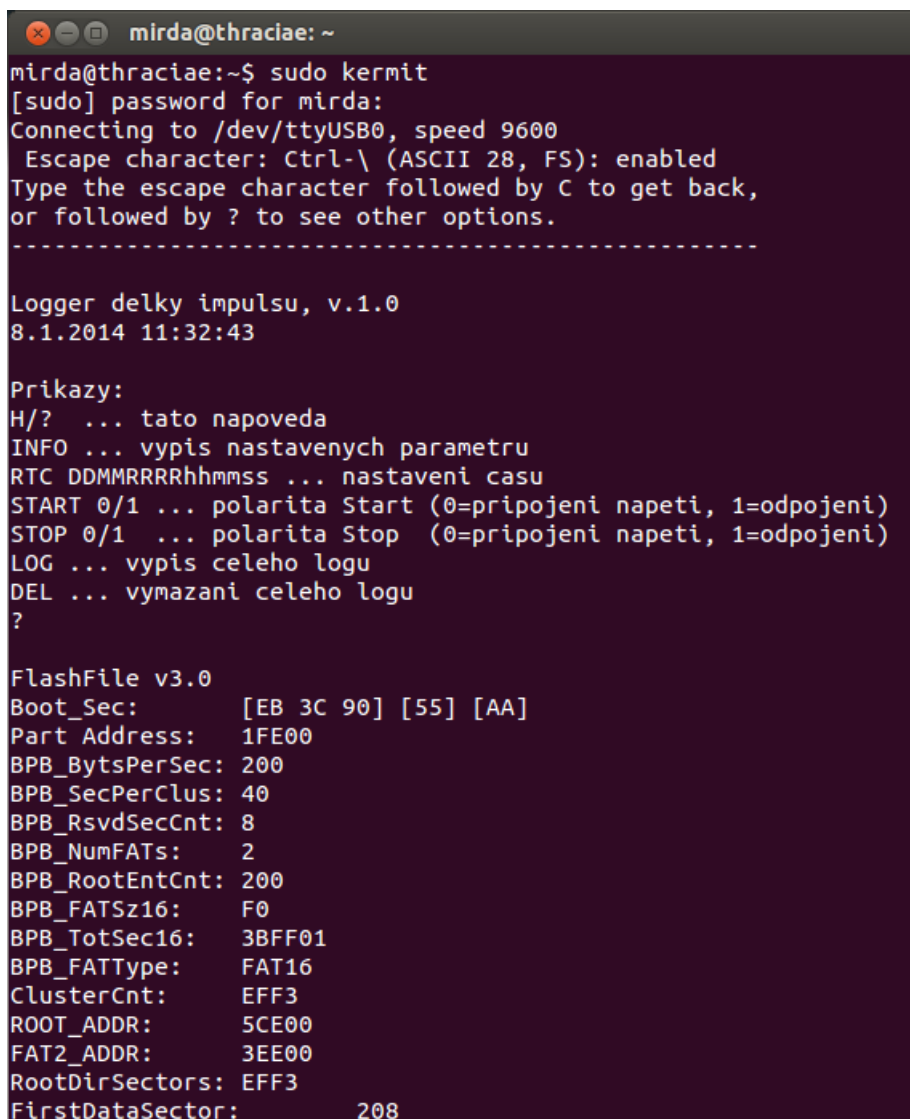
Záznamová jednotka



Obrázek 23: Funkční schéma měřící aparatury

2.3 Ovládání měřicí aparatury

Po připojení zařízení ke zdroji napětí a dále po připojení k PC pomocí USB-TTL sériového kabelu je automaticky proveden výpis nápovědy (Obr. 24) a parametrů SD paměťové karty (je-li vložena). Pro výpis nápovědy a pro výpis nastavených parametrů též slouží příkazy *H* a *INFO*.



```
mirda@thraciae: ~  
mirda@thraciae:~$ sudo kermi  
[sudo] password for mirda:  
Connecting to /dev/ttyUSB0, speed 9600  
Escape character: Ctrl-\ (ASCII 28, FS): enabled  
Type the escape character followed by C to get back,  
or followed by ? to see other options.  
-----  
Logger delky impulsu, v.1.0  
8.1.2014 11:32:43  
  
Prikazy:  
H/? ... tato napoveda  
INFO ... vypis nastavenych parametru  
RTC DDMMRRRRhhmmss ... nastaveni casu  
START 0/1 ... polarita Start (0=pripojeni napeti, 1=odpojeni)  
STOP 0/1 ... polarita Stop (0=pripojeni napeti, 1=odpojeni)  
LOG ... vypis celeho logu  
DEL ... vymazani celeho logu  
?  
  
FlashFile v3.0  
Boot_Sec: [EB 3C 90] [55] [AA]  
Part Address: 1FE00  
BPB_BytsPerSec: 200  
BPB_SecPerClus: 40  
BPB_RsvdSecCnt: 8  
BPB_NumFATs: 2  
BPB_RootEntCnt: 200  
BPB_FATsz16: F0  
BPB_TotSec16: 3BFF01  
BPB_FATType: FAT16  
ClusterCnt: EFF3  
ROOT_ADDR: 5CE00  
FAT2_ADDR: 3EE00  
RootDirSectors: EFF3  
FirstDataSector: 208
```

Obrázek 24: Nápověda a výpis parametrů SD/MMC

Poté je nutné provést konfiguraci zařízení, zejména nastavit hodiny reálného času (pomocí příkazu *RTC*) a nastavit režim práce měřicí aparatury. Nastavení režimu práce se provede sadou příkazů *START* a *STOP* s logickými parametry *0* a *1*. Význam logických parametrů je znázorněn v Tab. 4.

Tabulka 4: Konfigurace režimu práce měřící aparatury

Konfigurace	Význam
START 0 STOP 0	Zahájení měření po přivedení napětí na port „START“ a ukončení měření po přivedení napětí na port „STOP“
START 0 STOP 1	Zahájení měření po přivedení napětí na port „START“ a ukončení měření po ztrátě napětí na portu „STOP“
START 1 STOP 0	Zahájení měření po ztrátě napětí na portu „START“ a ukončení měření po přivedení napětí na port „STOP“
START 1 STOP 1	Zahájení měření po ztrátě napětí na portu „START“ a ukončení měření po ztrátě napětí na portu „STOP“

Zařízení měří dobu (v ms) mezi dvěma elektrickými signály. Maximální měřitelná doba je **10 000 ms**, měřící krok je 1 ms. Při překročení uvedené doby je měření automaticky ukončeno, limitní údaj je zaznamenán a měřící aparatura čeká na výchozí stav dle své konfigurace (bliká červená LED). Pro účely této práce byly pro měření doby spínání VN stykače nakonfigurovány parametry *START 0/STOP 1* (Obr. 25) a pro měření doby rozpínání parametry *START 1/STOP 0* (Obr. 26).

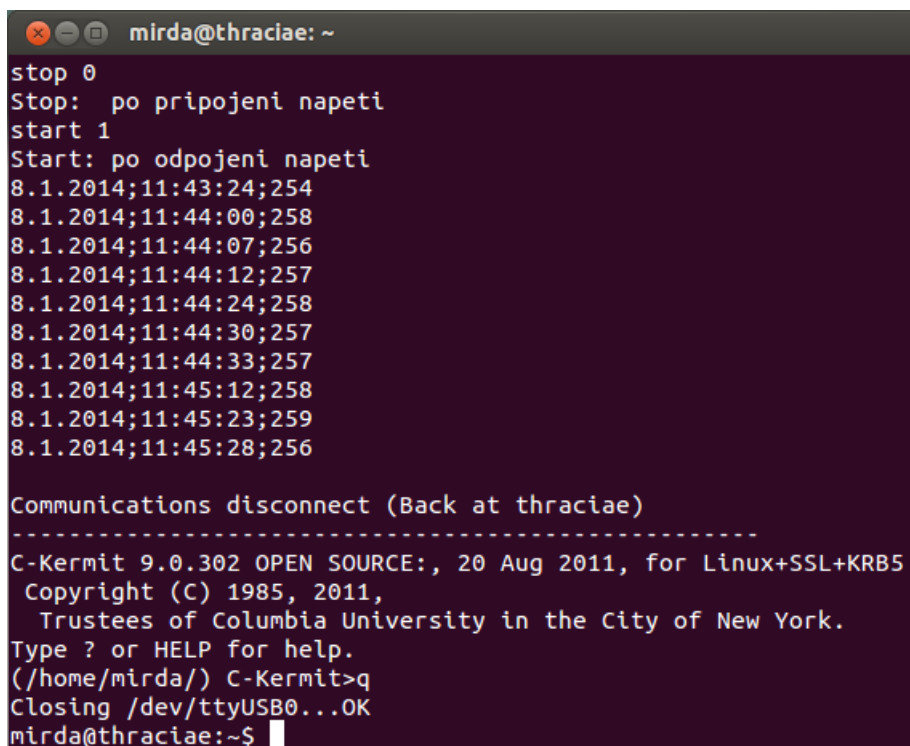
```

mirda@thraciae: ~
stop 1
Stop: po odpojení napeti
start 0
Start: po pripojení napeti
8.1.2014;11:33:08;80
8.1.2014;11:33:38;79
8.1.2014;11:33:57;80
8.1.2014;11:34:02;78
8.1.2014;11:34:08;78
8.1.2014;11:34:13;78
8.1.2014;11:34:18;78
8.1.2014;11:34:23;78
8.1.2014;11:34:28;78
8.1.2014;11:34:33;78
    
```

Obrázek 25: Konfigurace a naměřené údaje pro doby spínání

Jeden záznam naměřených dat (max. 25 Byte) obsahuje datum, čas a naměřenou dobu. Složený údaj je vystoupen ve formátu CSV: *DD.MM.RRRR;HH:MM:SS;NNNNN*. Při spojení s PC je naměřený údaj zobrazován v reálném čase v terminálovém okně. Měřící aparatura komunikuje s PC pomocí sériových terminálů pro Linux (Kermit) či Windows (Hercules). Emulátor pro Linux je nutno spouštět s root právy.

Pokud je obslouženo tlačítko TL1 (funguje jako přepínač), je při svítící žluté LED prováděn zápis dat na paměťovou kartu. Pro práci s logem jsou určeny příkazy *LOG* (výpis) a *DEL* (smazání). Na nepřítomnost paměťové karty ve slotu zařízení je obsluha měřící aparatury upozorněna výstražným textem. V případě, že vložená paměťová karta neobsahuje žádný soubor s názvem LOG.CSV, log je automaticky založen. Pokud se na paměťové kartě soubor již nachází, nová data jsou připisována na jeho konec.



```
mirda@thraciae: ~
stop 0
Stop: po pripojeni napeti
start 1
Start: po odpojeni napeti
8.1.2014;11:43:24;254
8.1.2014;11:44:00;258
8.1.2014;11:44:07;256
8.1.2014;11:44:12;257
8.1.2014;11:44:24;258
8.1.2014;11:44:30;257
8.1.2014;11:44:33;257
8.1.2014;11:45:12;258
8.1.2014;11:45:23;259
8.1.2014;11:45:28;256

Communications disconnect (Back at thraciae)
-----
C-Kermit 9.0.302 OPEN SOURCE:, 20 Aug 2011, for Linux+SSL+KRB5
Copyright (C) 1985, 2011,
  Trustees of Columbia University in the City of New York.
Type ? or HELP for help.
(/home/mirda/) C-Kermit>q
Closing /dev/ttyUSB0...OK
mirda@thraciae:~$
```

Obrázek 26: Konfigurace a naměřené údaje pro doby rozpínání

Nastavenou konfiguraci (vč. stavu tlačítka TL1) si zařízení uchovává v paměti i po odpojení napájecího napětí (tj. i při vypnutí baterie lokomotivy po jejím odstavení). Tím je zajištěna naprostá nezávislost konfigurace měřící aparatury na napájení řídicích obvodů vozidla.

3. Měření reálných hodnot

3.1 Měření hodnot při stacionární zkoušce

V rámci přípravy na měření v provozu byla provedena stacionární zkouška měřící aparatury na lokomotivě 150.202-0 s potřebným vybavením dle Obr. 27.



Obrázek 27: Potřebné vybavení pro realizaci měření

Zařízení bylo připojeno na VN stykač S1-1, který spíná (a dále je sepnut) vždy, pokud je v trakčním obvodu vozidla elektrický proud (Příloha K). Po naměření hodnot pro doby spínání VN stykače byla provedena nová konfigurace měřící aparatury a byly měřeny doby jeho rozepínání (Tab. 5).

Tabulka 5: Doby naměřené při stacionární zkoušce

Čas sepnutí	Doba [ms]	Čas rozepnutí	Doba [ms]
11:33:08	80	11:43:24	254
11:33:38	79	11:44:00	258
11:33:57	80	11:44:07	256
11:34:02	78	11:44:12	257
11:34:08	78	11:44:24	258
11:34:13	78	11:44:30	257
11:34:18	78	11:44:33	257

11:34:23	78	11:45:12	258
11:34:28	78	11:45:23	259
11:34:33	78	11:45:28	256

Hodnoty byly naměřeny při teplotě 10,7 °C. Krok stavěcího šroubu regulace zdvihu (Obr. 13, pozice 5,4) potřebný k sepnutí/rozepnutí pomocných kontaktů (pozice 5,1) VN stykače činil 14,0 mm.

3.2 Měření hodnot v reálném provozu

Měření v provozu probíhalo na lokomotivě 151.001-5, souhrnně v traťových úsecích:

- Praha hlavní nádraží – Žilina (barva šedá),
- posun v železniční stanici Žilina (barva oranžová),
- Žilina – Praha hlavní nádraží (barva modrá).

Měřicí aparatura byla připojena na VN stykač S1-1 a byly měřeny pouze doby jeho spínání (Tab. 6).

Tabulka 6: Doby naměřené v reálném provozu

Čas sepnutí	Doba [ms]	Čas sepnutí	Doba [ms]	Čas sepnutí	Doba [ms]
8:11:33	63	11:35:35	64	15:23:34	69
8:13:47	62	11:39:34	65	15:25:39	63
8:15:46	63	11:40:32	65	15:27:02	63
8:16:37	63	11:42:19	65	15:34:19	64
8:19:46	64	11:43:02	64	15:34:25	63
8:26:25	64	11:43:36	65	15:35:01	63
8:33:24	65	11:49:17	65	15:37:26	64
8:39:07	64	11:50:16	65	15:43:14	63
8:41:59	64	12:00:19	64	15:46:14	64
8:56:10	64	12:04:05	65	15:49:30	64
9:05:25	63	12:05:23	65	16:05:25	64
9:12:53	65	12:07:55	64	16:08:43	64
9:22:59	65	12:17:44	65	16:14:41	65
9:39:24	65	12:19:37	65	16:18:14	64
9:41:33	69	12:23:53	65	16:19:14	63

9:44:15	64	12:25:06	65	16:23:41	62
9:47:58	64	12:25:58	63	16:40:23	65
9:50:18	64	12:31:27	63	16:50:04	64
9:55:08	64	12:34:44	65	16:54:49	64
9:56:25	63	12:38:33	64	16:58:51	64
9:56:51	63	12:41:09	65	17:01:26	64
9:57:23	68	12:42:35	64	17:03:37	64
9:58:59	68	12:48:54	63	17:07:58	65
10:01:24	64	12:56:13	64	17:09:21	64
10:05:36	64	13:04:21	65	17:21:23	65
10:07:31	64	13:22:01	65	17:24:24	69
10:10:24	64	13:23:40	64	17:26:11	69
10:10:57	63	13:29:08	64	17:27:30	64
10:19:24	64	13:32:01	64	17:38:15	64
10:21:26	63	13:34:42	63	17:40:02	65
10:24:13	64	13:38:20	69	17:49:34	63
10:28:49	63	13:42:41	64	17:55:17	65
10:34:41	63	13:48:58	65	18:09:03	65
10:38:16	63	13:50:11	68	18:13:09	65
10:41:25	64	13:53:40	69	18:14:51	70
10:42:20	63	13:54:22	64	18:16:31	64
10:46:00	64	13:56:52	70	18:18:35	64
10:46:42	64	14:00:52	63	18:22:19	64
10:54:57	64	14:03:27	69	18:22:55	70
10:56:36	64	14:04:56	63	18:27:06	65
10:59:38	66	14:05:02	63	18:30:00	65
11:03:07	63	14:23:23	63	18:33:27	64
11:04:40	63	14:24:33	62	18:37:02	65
11:07:42	63	14:25:26	67	18:42:41	65
11:14:16	64	14:26:14	63	18:47:14	64
11:15:29	63	14:26:27	63	18:58:52	64
11:16:23	63	14:26:36	62	19:03:28	64
11:18:12	64	14:29:27	64	19:05:14	64

11:19:13	64	14:34:11	64	19:20:34	64
11:20:36	65	14:39:12	63	19:21:45	65
11:23:42	65	14:41:04	64	19:34:10	65
11:24:06	64	14:41:39	64	19:39:33	65
11:25:48	65	14:42:56	63	19:42:42	65
11:27:35	64	14:44:02	64	19:46:23	64
11:29:57	65	14:44:29	63	19:48:48	64
11:32:14	65	14:45:48	64	19:52:26	64
11:32:41	65	14:52:23	65	19:57:13	70
11:33:43	69	15:07:00	65	19:58:36	63
11:35:06	64	15:15:11	65		

Hodnoty byly naměřeny při teplotě 20,6 °C. Krok stavěcího šroubu regulace zdvihu potřebný k sepnutí/rozepnutí pomocných kontaktů VN stykače činil 14,0 mm.

3.3 Vyhodnocení naměřených dat

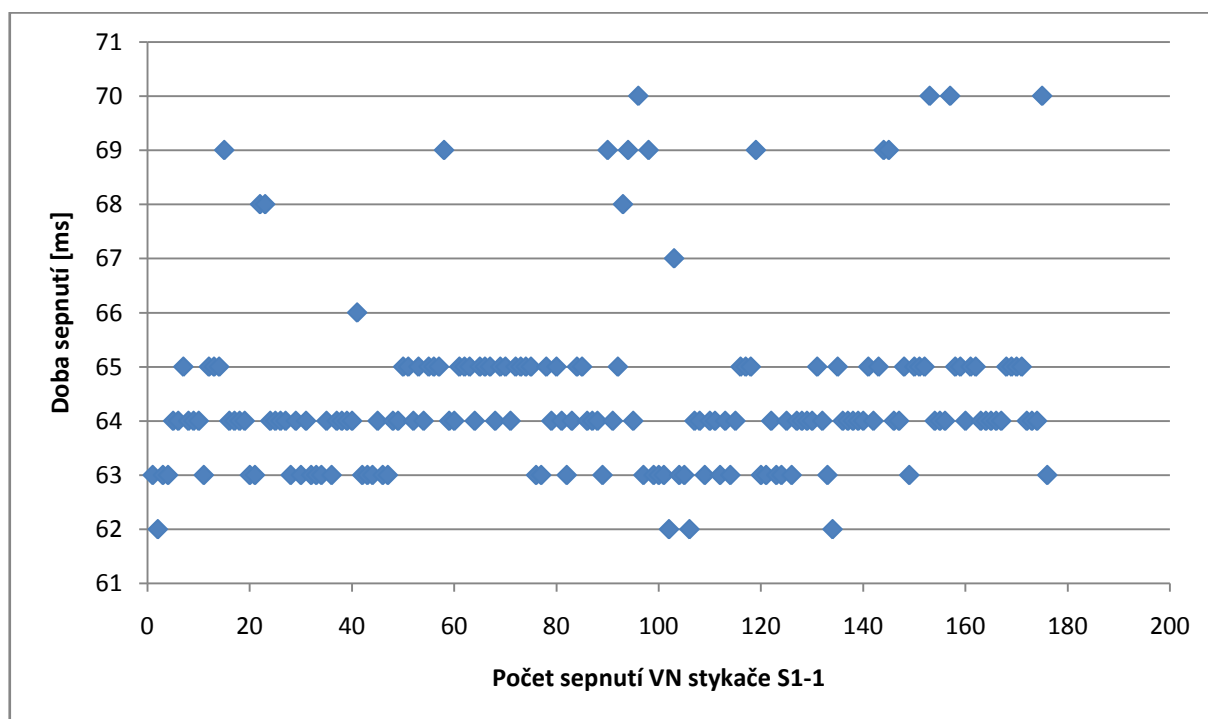
Pro hodnocení byly použity údaje naměřené na lokomotivě 151.001-5. Data souboru byla zpracována v modulu Popisné statistiky (Tab. 7) tabulkového procesoru Microsoft Excel.

Tabulka 7: Statistická charakteristika naměřených dat

Charakteristika souboru	
Střední hodnota	64,46
Chyba střední hodnoty	0,12
Medián	64
Modus	64
Směrodatná odchylka	1,63
Rozptyl výběru	2,67
Špičatost	3,58
Šikmost	1,86
Variační rozpětí	8
Minimum	62
Maximum	70
Součet	11 345

Počet	176
Největší	70
Nejmenší	62
Hladina spolehlivosti (95 %)	0,24

Maximální doba pro pohyb mechanismu VN stykače při uvažování jeho přechodového stavu byla stanovena na 1 000 ms (podrobnosti jsou uvedeny v Kapitole 1.6.4). Z naměřených dat je evidentní, že **k překročení této doby nedošlo** a relativně nejčtenější hodnota při spínání je doba 64 ms. Charakter číselné řady je patrný z bodového grafu na Obr. 28. Relativně nízká hodnota variačního rozpětí (v řádu jednotek ms) zde vypovídá o bezporuchovém chování celého mechanismu VN stykače. Variační rozpětí však není příliš přesnou charakteristikou variability hodnot sledované proměnné, neboť je ovlivněno velikostí extrémních hodnot. Ty mohou být způsobeny např. chybou měření.



Obrázek 28: Bodový graf z naměřených dat

Vedlejším (nicméně ne nezajímavým) efektem měření je stanovení četnosti sepnutí trakčního obvodu lokomotivy v měřeném úseku při vedení vlaků stejné kategorie. Na vzdálenosti 463 km v prvním případě došlo k sepnutí trakčního obvodu lokomotivy 93krát, v případě druhém 76krát. Vyšší hodnota u prvního případu je dána výlukovou činností a mimořádnými zastaveními.

ZÁVĚR

Technická diagnostika je vědní a současně praktický obor, zabývající se metodami a prostředky zjišťování skutečného technického stavu objektů v reálném čase, bez jejich demontáže nebo destrukce. Hlavním cílem je co nejvíce nahradit intuitivní a individuální přístup k určování technického stavu, přístupem exaktním a systematickým s maximálním využitím všech relevantních informací o diagnostikovaném objektu nebo produktu. [6]

Cílem této práce ve smyslu předchozího odstavce bylo vyvinout měřicí aparaturu, která při aplikaci zásad technické diagnostiky povede ke zvýšení provozní spolehlivosti elektrických lokomotiv se stykačovou regulací výkonu. Navržená aparatura měří doby spínání (volitelně rozspínání) VN stykačů lokomotivy řady 151. Výstupem měření je datový soubor s časovými údaji, na který lze nahlížet ve více rovinách:

- a) v případě diagnostiky jediného VN stykače postačí vyhodnotit charakter číselné řady, přičemž nutně nemusí záležet na velikosti naměřené hodnoty; takto lze odhalit např. zadírání mechanické soustavy pohonu VN stykače při prodlužování doby jeho spínání,
- b) v případě diagnostiky současného spínání více stykačů (např. S2-1 a S4-1 či S1-1 a S3-1) bude velikost naměřených hodnot naopak vypovídající o přechodových dějích v trakčním obvodu; tyto děje při nestejném sepnutí (rozepnutí) více stykačů mohou vytvářet napěťové špičky s 6x vyšším napětím, než je napětí jmenovité, a v důsledku toho i izolačně poškodit elektrickou výzbroj (trakční motory) vozidla.

Takovou diagnostiku stávající řídicí systém vozidla neumožňuje. Jak bylo poznamenáno v Kapitole 1.6.3, výstupem současné technické diagnostiky lokomotivy je pouze četnost překročení doby při spínání konkrétního VN stykače. Řídicí systém vozidla lze mj. považovat za uzavřený systém bez dalších možností upgrade. Také proto vznikla myšlenka vývoje a realizace autonomní měřicí aparatury vhodné pro diagnózu a prognózu technického stavu objektu.

Samozřejmě, pokud by se jednalo o jednorázové měření (tedy nikoliv o sériové nasazení monitorovacího systému), pak lze použít např. osciloskop. Současné měřicí systémy navíc obsahují software pro analýzu naměřených dat.

V této práci navržená měřicí aparatura je určena spíše pro měření spojitě, dlouhodobě. Zařízení umožňuje ukládat data na paměťovou kartu až o velikosti 2 GB. Velikost jednoho záznamu naměřených dat je maximálně 25 Byte, během jednoho obratu v rámci turnusového

oběhu lokomotivy (930 km) bylo pořízeno přibližně 200 záznamů dat (5 kB). Pravidelná údržba vozidla je po 7 500 km (stupeň E0) či po 20 000 km (stupeň EM). Při uvažování horní hranice kilometrického proběhu mezi stupni údržby typu EM (26 000 km) by uložený datový soubor obsahoval zhruba 140 kB dat (5 600 záznamů). Naměřená data lze poté vyhodnotit v aplikaci Microsoft Excel, variantně pro jejich hlubší analýzu v matematickém software MATLAB [7] nebo OCTAVE [8]. **Přínosem navržené aparatury je tudíž dlouhodobý bezobslužný provoz při sběru dat.**

Lokomotiva řady 151 je mj. osazena pěti VN stykači (S1-1 až S5-1), které jsou z hlediska technické diagnostiky zásadními. Tyto stykače tvoří konfiguraci celého trakčního obvodu. K praktickému měření v rámci této práce byl vybrán spínací prvek S1-1 tvořící silový vstup do trakce. Při měření současnosti spínání více stykačů dle výše uvedeného bodu b) je pak nutné měřicí aparaturou osadit každý diagnostikovaný stykač.

Provedené měření prokázalo bezporuchový chod mechanické soustavy VN stykače S1-1, který byl v čase jeho diagnostikování v provozu 90 dní. Nutno podotknout, že měřicí krok aparatury byl stanoven na 1 ms. Tato doba je z hlediska elektrických přechodových dějů ve stejnosměrných obvodech relativně vysoká. Parametr lze programově upravit, nicméně při vyšším rozlišení je již nutno uvažovat např. reakční doby optočlenů. Pro účely měření a následného hodnocení charakteru číselné řady je však navržená doba plně postačující.

Záznamové zařízení bylo postaveno za cenu zhruba 33 €, tj. přibližně o 20 € levněji, než stojí profesionální měřicí aparatury (zpravidla s mikrokontrolérem PIC), které z hlediska účelu poskytují podobné funkce. Ceny jsou uvažovány bez dalších periférií (spojovací kabely, konektory, krabička).

BIBLIOGRAFIE

1. **KOŽUŠKO, Július, a další.** *Elektrická lokomotiva řady E 499.2.* Praha : Nakladatelství dopravy a spojů, 1981.
2. **SVOBODA, Miroslav.** *Popisy funkčních úprav lokomotiv Škoda 65 E 1 a Škoda 65 Em.* [Dokument] Praha : Depo kolejových vozidel Praha, 2010.
3. **Škoda Plzeň.** *Popis elektrických přístrojů a strojů "B" elektrické lokomotivy E 499.2001-027.* Plzeň : Škoda Plzeň, 1978.
4. **SVOBODA, Pavel.** *Elektronický řídicí systém HS 198.* [Dokument] Olomouc : HS TRANS, HS TRANS, s.r.o., 2000.
5. **Atmel Corporation.** *8-bit Microcontroller with 32KBytes In-System Programmable Flash.* [Online] <http://www.atmel.com/Images/doc2503.pdf>.
6. **LÁNSKÝ, Milan.** *Systémová diagnostika a její fenomenologie.* Pardubice : Institut Jana Pernera, o.p.s., 2011. ISBN 978-80-86530-72-7.
7. **MATLAB - The Language of Technical Computing.** *MathWorks | Accelerating the pace of engineering and science.* [Online] The MathWorks, Inc., 2014. [Citace: 8. Duben 2014.] <http://www.mathworks.com/products/matlab/>.
8. **GNU Octave.** *GNU Octave.* [Online] John W. Eaton, 2013. [Citace: 8. Duben 2014.] <https://www.gnu.org/software/octave/>.

PŘÍLOHY

A	VN přístroje (skupina „1“ přístrojů)	57
B	Technické parametry VN stykačů	60
C	Technické parametry elektromagnetického ventilu VTM 5	62
D	Vybrané technické parametry řídicího systému HS 198	63
E	Řazení rozjezdových odporů	64
F	Vybrané poruchy spínání VN stykačů trakce	65
G	Řízení a kontrola VN stykačů trakce řídicím systémem	67
H	Rozpiska součástek měřicí aparatury	68
I	Schéma řízení VN stykačů HS 980504b (výkres Oleg David)	70
J	Schéma kontroly VN stykačů HS 980506b (výkres Oleg David)	71
K	Spínací program VN stykačů HS 980518b (výkres Oleg David)	72
L	Osazení součástek měřicí aparatury	73
M	Deska plošného spoje	74
N	Zdrojový kód měřicí aparatury	75

A VN PŘÍSTROJE (SKUPINA „1“ PŘÍSTROJŮ)

Označení	Prvek	Parametry
C1	Ochranný kondenzátor	3,6 kV; 2 μ F
C2	Komutační kondenzátor PM	600 V; 90 μ F; 10 kVAr
C3	Vyhlazovací kondenzátor PM	600 V; 600 μ F; 350 A/30'
C4, C5, C6	Odrušovací kondenzátory s pojistkou	3 kV; M1
D1, D2	Sběrače proudu	3 kV; 1 800 A
D3	Nápravové sběrače	1 000 A
D4	Topná zásuvka	
D5	Topná zástrčka	
D6	Svorkovnice diagnostiky	3 kV
E1, E2	Transduktory skluzové ochrany	
E3, E4	Dělicí odporníky skluzové ochrany	
E5	Dělicí odporník pro měřicí přístroje	4 kV/10 V
E6	Dělicí odporník měření napětí v troleji	
F1	Napěťové relé	3 kV; 2,2/1,8 kV; 3,6 kV
F2	Nadproudové relé topení vlaku	3 kV; 270 A
F3	Diferenciální relé	3 kV; 1 500/120 A
F4, F5	Nadproudová relé	3 kV; 715 A; 1 250/750 A
F6, F7	Nadproudová relé EDB	3 kV; 715 A; 750 A
F8	Nadproudové relé buzení EDB	3 kV; 715 A; 800 A
F9	Diferenciální relé pomocných pohonů	3 kV; 40/5 A
F10, F11	Tepelná jistící relé kompresorů	3 kV; 12 A
F12	Tepelné jistící relé ventilátorů	3 kV; 25 A
J1, J2, J3, J4	Měřicí transduktory PM	
J5	Bezindukční bočník PM	600 A; 300 mV; 700 A/ ∞
J8	Měřicí čidlo trolejového napětí	4 kV
L1	Šuntovací tlumivka	3 kV; 500 A; 2 \times 5,2 mH
L2	Reaktor	3 kV; 1 600 A; 20 μ H
M1, M2, M3, M4	Trakční motory	3/2 kV; 715 A; 1 000 kW
M5, M6	Elektromotory ventilátorů odporníků	280 V; 160 A; 39 kW/40'
M7, M8	Elektromotory kompresorů	3 kV; 12,5 kW; 6,9 A

M9, M10	Motory ventilátorů MS	3/2 kV; 21,5 A; 28 kW
N1	Hlavní rychlovyřadovač	3 kV; 1 800 A
P1	Bleskojistka	3,3 kV
P3	Pojistka přepětové ochrany a topení	3 kV; 10 A
P4	Přepětová ochrana	
aP4	Jiskřiště	
cP4	Kondenzátor	4 kV; 0,05 μ F
rP4	Odporník	3 \times 5,6 k Ω ; 50 W
P5	Pojistka měření	3 kV; 2 A
P6, P7	Pojistky kompresorů	3 kV; 10 A
P8	Pojistka ventilátorů MS	3 kV; 60 A
Q1, Q2	Voltmetry	4 kV/10 V
R1, R2	Rozjezdové odporníky	3 kV; 1 250 A
R3, R4	Zeslabovací odporníky 30 %	
R5, R6	Předřadné odporníky kompresorů	3 kV; 105 Ω ; 7,5 A
R7	Předřadný odporník ventilátorů MS	3 kV; 105+15+10 Ω
R8	Odporník napětového relé	3 kV; 50 k Ω
R9	Nabíjecí odporník filtru	470 Ω ; 15 W
R10, R11	Odporníky napětového převodníku	200 k Ω ; 100 W
S50, S51	Stykače kompresorů	3 kV; 10 A
S52	Stykač ventilátorů MS	3 kV; 25 A
S54, S55, S56, S57	Stykače topení kabin	3 kV; 6 A
S58	Stykač topení stupínků	
S59, S60	Stykače topení stolků	
U1	Výkonový blok EDB	36-500 V; 715 A
U2	Diodový blok	3 kV; 50 A
V1, V2	Odpojovače sběračů	3 kV; 1 500 A
V3	Střešní uzemňovač	3 kV; 1 500 A
V4, V5	Přepojovače J-B (jízda-brzda)	3 kV; 715 A
V6	Měníč směru	3 kV; 715 A
V7	Ruční odpojovač pojezdu v depu	3 kV; 400 A
V8, V9	Ruční odpojovače trakčních motorů	3 kV; 750 A
V10	Ruční přepojovač pomocných pohonů	3 kV; 50 A

V11, V12, V13, V14	Ruční odpojovače skluzové ochrany	3 kV; 10 A
V15	Ruční přepojovač pomocných pohonů	3 kV; 50 A
W1, W2	Topné odporníky kaloriferů	3 kV; 650 W; 350 V
W3, W4	Topné odporníky stupínků	
W5, W6	Topné odporníky stolků	

B TECHNICKÉ PARAMETRY VN STYKAČŮ

Technický parametr	2 SVAD 6	SVAD 7	SVAD 8	SVAD 9	SVAD 10
Spínání	Uspořádání trakčního obvodu	Odporové regulační stupně	Obvody vlakového topení	Odpory zeslabení buzení	Napájecí obvody PM EDB
Hmotnost přístroje [kg]	41,7	33,4	36,7	27,4	27,4
Jmenovité napětí [V]	3 000	1 000/3 000	3 000	100/3 000	500/3 000
Jmenovitý proud [A]	800	800	630	630	400
Zkušební napětí proti kostře [V]	8 750	8 750	8 750	8 750	8 750
Zkušební napětí mezi kontakty [V]	7 500	7 500	7 500	7 500	7 500
Počet můstkových kontaktů	2	2	1	1	1
Otevření můstku [mm]	16 ± 0,5	16 ± 0,5	16 ± 0,5	16 ± 0,5	16 ± 0,5
Přítlačná síla kontaktu můstku [N]	90 ± 10	90 ± 10	90 ± 10	90 ± 10	90 ± 10
Přítlačná síla opalovacího kontaktu [N]	35 ± 5	35 ± 5	35 ± 5	35 ± 5	35 ± 5
Otevření opalovacího kontaktu [mm]	20 ± 1	20 ± 1	20 ± 1	20 ± 1	20 ± 1
Pružné prosednutí můstků [mm]	3 ± 1	3 ± 1	3 ± 1	3 ± 1	3 ± 1
Pružné prosednutí opalovacího kontaktu [mm]	5 ± 1	23 – 28	23 ± 1	5 ± 1	5 ± 1
Vzduchový pohon					
Počet poloh	2	2	2	2	2
Vrtání válce [mm]	80	80	80	80	80
Zdvih pístu [mm]	19	19	19	19	19

Jmenovitý tlak vzduchu [kPa]	343	343	343	343	343
Pracovní tlak [kPa]	343–617	343–617	343–617	343–617	343–617
Elektromagnetický ventil	2 VTM 5	2 VTM 5	2 VTM 5	2 VTM 5	2 VTM 5
DC napětí elektromagnetického ventilu [V]	48	48	48	48	48
Pomocné kontakty					
Počet párů činných kontaktů	1 (zapojeny)	1 (zapojeny)	1 (zapojeny)	1 (zapojeny)	1 (zapojeny)
Počet párů klidových kontaktů	1	1	1 (zapojeny)	1	1 (zapojeny)

C TECHNICKÉ PARAMETRY ELEKTROMAGNETICKÉHO VENTILU VTM 5

Technický parametr	Jmenovitá hodnota
DC napájecí napětí [V]	48
Jmenovitý příkon [W]	20
Odpor cívky [Ω]	107
Tlak vzduchu [kPa]	98–617
Vstupní průtočný průřez [mm ²]	30
Výfukový průtočný průřez [mm ²]	45
Výstupní průtočný průřez [mm ²]	30
Hmotnost přístroje [kg]	2,64

D VYBRANÉ TECHNICKÉ PARAMETRY ŘÍDICÍHO SYSTÉMU HS 198

Technický parametr	Jmenovitá hodnota	Povolená tolerance
DC napájecí napětí [V]	48	18–75
Příkon [VA]	30	10–30
Počet vstupů z obvodů 48 V DC	81	–
Počet výstupů pro obvody řízení 48 V DC	53	–
Počet výstupů pro zobrazovací jednotky	2	–
Vstupní proud z obvodů 48 V DC [mA]	10	10–30
Zatížení výstupního kanálu 48 V DC [A]	2	0–9
Rozsah pracovních teplot [°C]	20	Od -30 do +85
Nadmořská výška [m]	1 800	0–1 800
Izolační pevnost mezi vstupy a počítačí zemí [V]	500	–
Izolační pevnost mezi výstupy a počítačí zemí [V]	500	–
Počet elektronických bloků	14	–
Jištění mimo skříň	Jistič 2 A	–

E ŘAZENÍ ROZJEZDOVÝCH ODPORŮ

Jízdní stupeň	Odpor [Ω]	Jízdní stupeň	Odpor [Ω]	Jízdní stupeň	Odpor [Ω]	Jízdní stupeň	Odpor [Ω]
1 (příprava)	6,7180	15 (S)	1,7770	29 (S, SH)	0,0000	43 (SP)	0,6570 0,6570
2 (S, SH)	6,7180	16 (S)	1,5380	30 (S, SH)	0,0000	44 (SP)	0,5390 0,5390
3 (S)	6,7180	17 (S)	1,3140	31 (S, SH)	0,0000	45 (SP)	0,4070 0,4070
4 (S)	5,3590	18 (S)	1,1400	32 (S, SH)	0,0000	46 (SP)	0,3100 0,3100
5 (S)	4,4630	19 (S)	0,9660	33 (přechod)	3,3590 3,3590	47 (SP)	0,2530 0,2530
6 (S)	4,0010	20 (S)	0,7900	34 (SP)	2,4630 2,4630	48 (SP)	0,1860 0,1860
7 (S)	3,6640	21 (S)	0,6200	35 (SP)	2,0010 2,0010	49 (SP)	0,1190 0,1190
8 (S)	3,3240	22 (S)	0,5060	36 (SP)	1,7760 1,7760	50 (SP)	0,0667 0,0667
9 (S)	3,0950	23 (S)	0,3700	37 (SP)	1,5480 1,5480	51 (SP, H)	0,0000
10 (S)	2,8590	24 (S)	0,2380	38 (SP)	1,3110 1,3110	52 (SP, SH)	0,0000
11 (S)	2,6220	25 (S)	0,1330	39 (SP)	1,1220 1,1220	53 (SP, SH)	0,0000
12 (S)	2,4330	26 (S)	0,0667	40 (SP)	1,0030 1,0030	54 (SP, SH)	0,0000
13 (S)	2,2440	27 (S, H)	0,0000	41 (SP)	0,8885 0,8885	55 (SP, SH)	0,0000
14 (S)	2,0060	28 (S, SH)	0,0000	42 (SP)	0,7690 0,7690	56 (SP, SH)	0,0000

F VYBRANÉ PORUCHY SPÍNÁNÍ VN STYKAČŮ TRAKCE

Kategorie	Číslo	Popis poruchy	Opatření
	1	Porucha linkového stykače S1-1	Kontrola kontaktů
	2	Porucha linkového stykače S2-1	Kontrola kontaktů
	3	Porucha linkového stykače S3-1	Kontrola kontaktů
	4	Porucha linkového stykače S4-1	Kontrola kontaktů
	5	Porucha linkového stykače S5-1	Kontrola kontaktů
	8	Porucha stykače S8-1	Kontrola kontaktů
	9	Porucha stykače S9-1	Kontrola kontaktů
	10	Porucha stykače S10-1	Kontrola kontaktů
	11	Porucha stykače S11-1	Kontrola kontaktů
	12	Porucha stykače S12-1	Kontrola kontaktů
	13	Porucha stykače S13-1	Kontrola kontaktů
	14	Porucha stykače S14-1	Kontrola kontaktů
	15	Porucha stykače S15-1	Kontrola kontaktů
	18	Porucha stykače S18-1	Kontrola kontaktů
	19	Porucha stykače S19-1	Kontrola kontaktů
	20	Porucha stykače S20-1	Kontrola kontaktů
	21	Porucha stykače S21-1	Kontrola kontaktů
	22	Porucha stykače S22-1	Kontrola kontaktů
	23	Porucha stykače S23-1	Kontrola kontaktů
	24	Porucha stykače S24-1	Kontrola kontaktů
	25	Porucha stykače S25-1	Kontrola kontaktů
	31	Porucha stykače S31-1	Kontrola kontaktů
	32	Porucha stykače S32-1	Kontrola kontaktů
	33	Porucha stykače S33-1	Kontrola kontaktů
	34	Porucha stykače S34-1	Kontrola kontaktů
	41	Porucha stykače S41-1	Kontrola kontaktů
	42	Porucha stykače S42-1	Kontrola kontaktů
	43	Porucha stykače S43-1	Kontrola kontaktů
	44	Porucha stykače S44-1	Kontrola kontaktů
	46	Porucha brzdového stykače S46-1	Kontrola kontaktů

	47	Porucha brzdového stykače S47-1	Kontrola kontaktů
	48	Porucha brzdového stykače S48-1	Kontrola kontaktů
	60	Rozpad linkových stykačů v EDB	Kontrola kontaktů

G ŘÍZENÍ A KONTROLA VN STYKAČŮ TRAKCE ŘÍDICÍM SYSTÉMEM

Karta BPS-01	Ovládání stykačů	Kontrola stykačů
3		S44-1
4	S31-1, S32-1, S33-1, S34-1, S41-1, S42-1, S43-1, S44-1	S31-1, S32-1, S33-1, S34-1, S41-1, S42-1, S43-1
5	S1-1, S2-1, S3-1, S4-1, S5-1, S8-1, S18-1, S46-1, S47-1, S48-1	S1-1, S2-1, S3-1, S4-1, S5-1, S8-1, S18-1
6	S9-1, S10-1, S11-1, S12-1, S13-1, S14-1, S15-1	S9-1, S10-1, S11-1, S12-1, S13-1, S14-1, S15-1
7	S19-1, S20-1, S21-1, S22-1, S23-1, S24-1, S25-1	S19-1, S20-1, S21-1, S22-1, S23-1, S24-1, S25-1
8		S46-1, S47-1, S48-1 (kontrolovány klidové a pracovní NN kontakt)

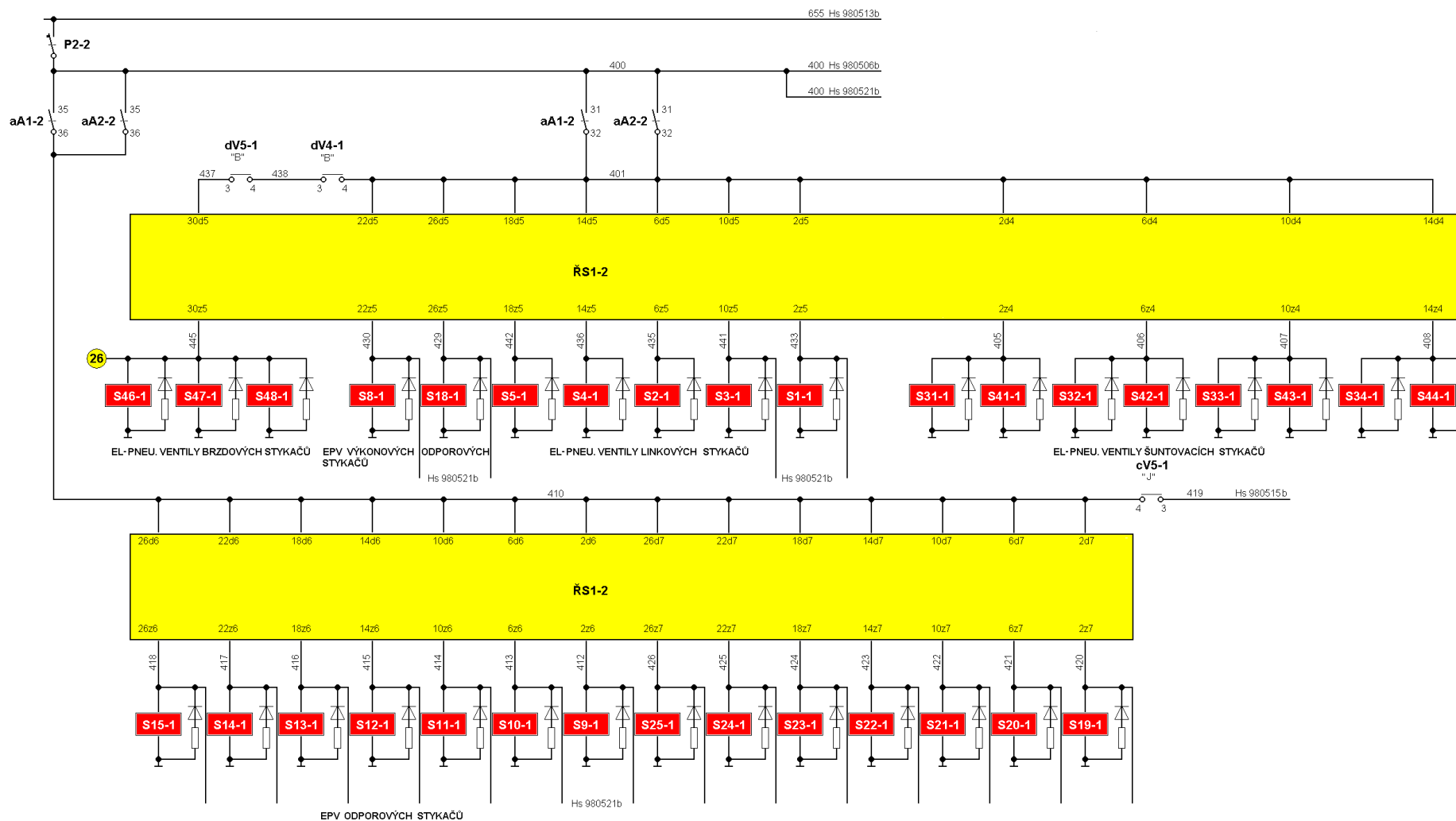
H ROZPISKA SOUČÁSTEK MĚŘÍCÍ APARATURY

Označení	Prvek	Ks	Cena ² [Kč]
U1	Kontrolér ATMEGA32A-AU SMD nebo ATMEGA32L-8AU SMD, pouzdro TQFP44	1	48,80
U2, U3	Optočlen PC816 nebo PC817	2	8,80
U4	DC/DC měnič TRACO TET4811	1	400,00
U5	Stabilizátor 3,3 V LE33CD SMD, pouzdro SO8	1	11,90
U6	Obvod RTC PCF8583T SMD, pouzdro SO8-wide	1	26,80
D1	LED zelená, 3 mm	1	1,60
D2	LED žlutá, 3 mm	1	1,50
D3	LED červená, 3 mm	1	1,10
D4	Dioda 1N4007 SMD	1	1,00
D5, D6	Dioda BAS32 nebo 1N4148 SMD	2	3,00
D7	Dvojitá dioda (schottky) BAR43C SMD, pouzdro SOT23	1	3,30
X1	Krystal 7,3728 MHz, nízké pouzdro HC49/U	1	16,70
X2	Hodinkový krystal 32,768 kHz	1	22,50
R1, R2, R6, R7, R8, R9	Rezistor 10 k SMD, velikost 0805	6	6,00
R3, R3, R5	Rezistor 330 R SMD, velikost 0805	3	3,00
R10	Rezistor 33 k SMD, velikost 0805	1	1,00
C1, C5, C8	Tantalový kondenzátor 10 M/6,3 V SMD, velikost A	3	9,30
C2, C6, C7	Keramický kondenzátor 100 nF SMD, velikost 0805	3	3,60
C3, C4	Keramický kondenzátor 33 pF SMD, velikost 0805	2	2,00
C9	Keramický kondenzátor 15 pF SMD, velikost 0805	1	0,90
BAT1	Objímka na baterii BH2032 a lithiová baterie 3 V CR2032	1	44,20
PO1	Vratná pojistka 300 mA/60 V PFRA 0.030	1	15,40
TL1	Tlačítko P-DTE6	1	12,00
K1	Svorkovnice ARK210, složená, 6 vývodů	2	11,00

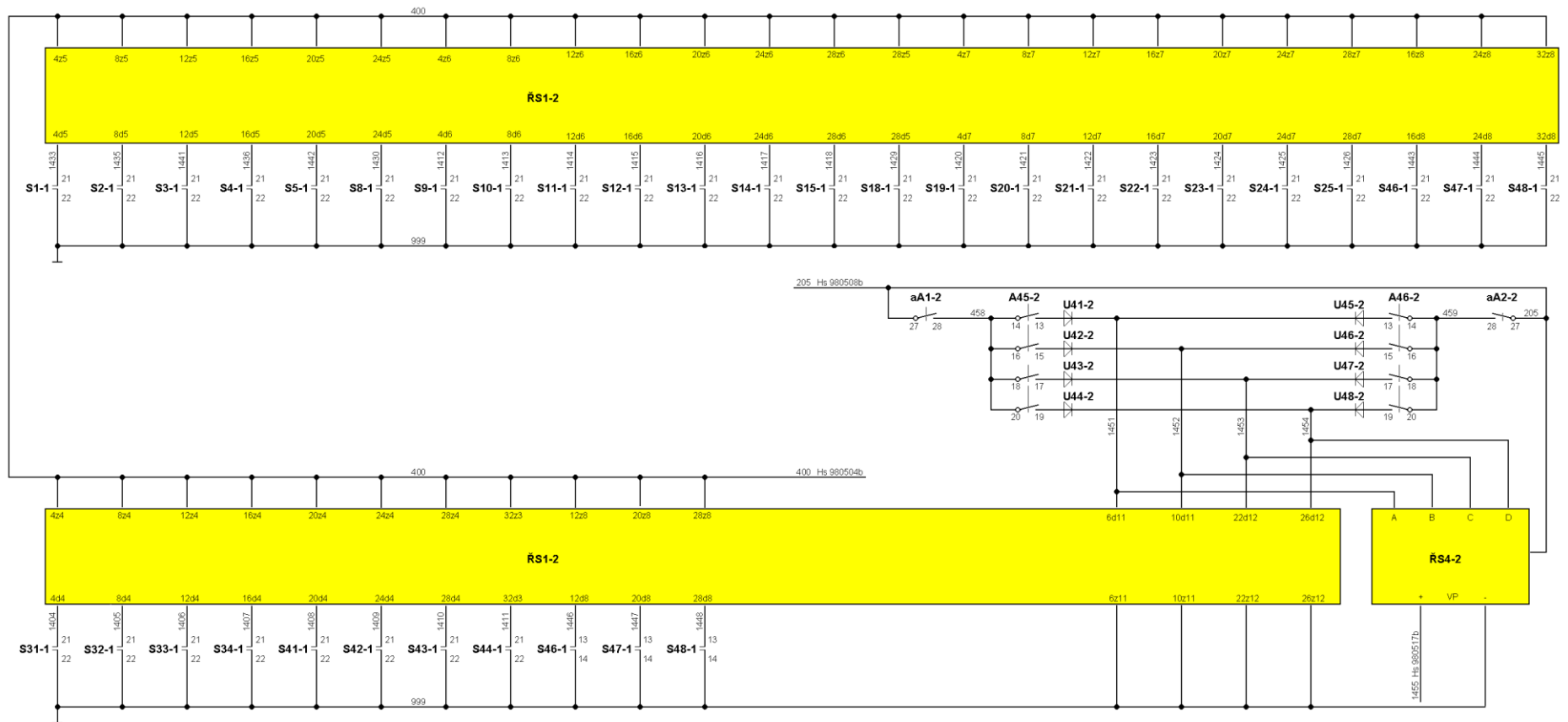
² Ceny jsou platné pro prosinec 2013.

K2	Konektor na karty SD/MMC, SLOT-SD030	1	21,70
K3	Pinová lišta 6 pinů, rozteč 2,54 mm	1	5,50
K4	Pinová lišta 3 piny, rozteč 2,54 mm	1	5,50
–	Kabel 2x 0,35 mm, délka 1 m	1	6,10
–	Zdířka pro banánek	3	12,10
–	Banánek	3	27,20
–	Napájecí konektor 2,1x5,5 mm	1	11,10
–	Zdířka pro napájecí konektor	1	22,20
–	Distanční nástavec 25 mm pod plošný spoj	4	35,80
–	Výroba plošného spoje (vč. vrtání)	1	167,50
–	Plastová krabička KM50, 150x110x50 mm	1	58,00
–	USB-TTL sériový kabel	1	401,50
–	Redukce pro USB-TTL sériový kabel	1	–
–	Stíněný kabel LIYCY 2x 0,14 mm, délka 15 m	1	198,00
Cena celkem:			1 627,60

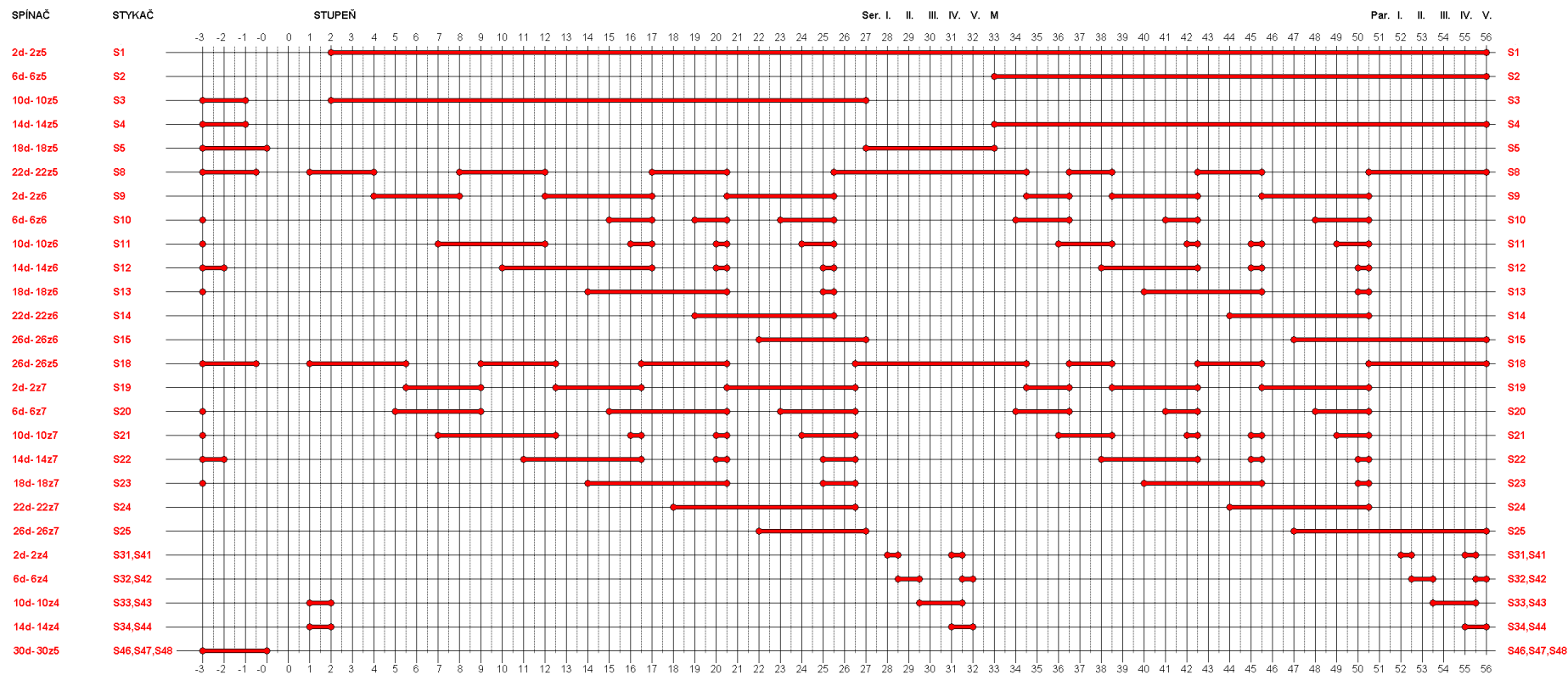
I SCHÉMA ŘÍZENÍ VN STYKAČŮ HS 980504B (VÝKRES OLEG DAVID)



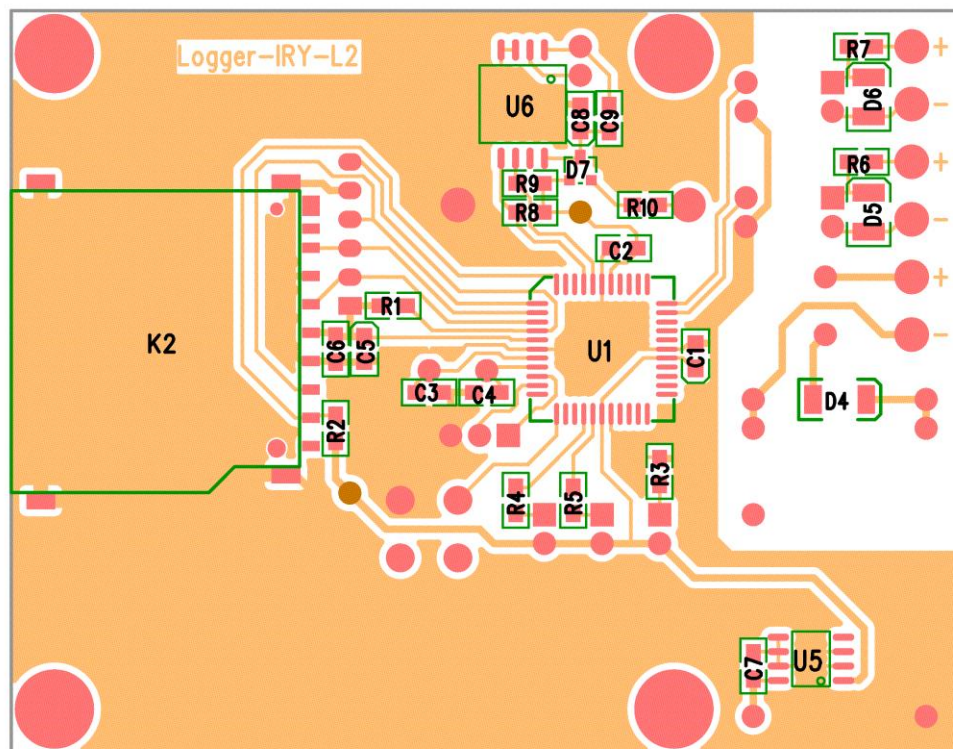
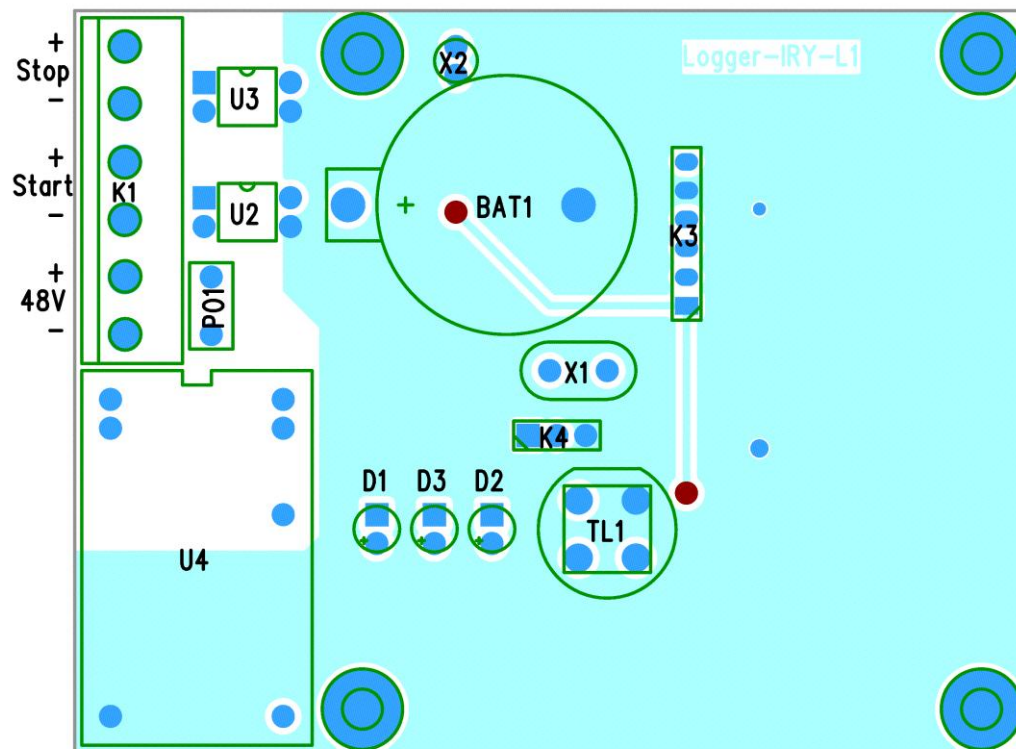
J SCHÉMA KONTROLY VN STYKAČŮ HS 980506B (VÝKRES OLEG DAVID)



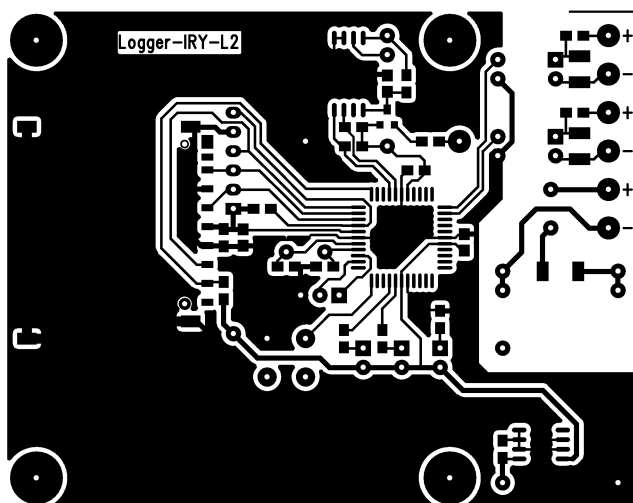
K SPÍNACÍ PROGRAM VN STYKAČŮ HS 980518B (VÝKRES OLEG DAVID)



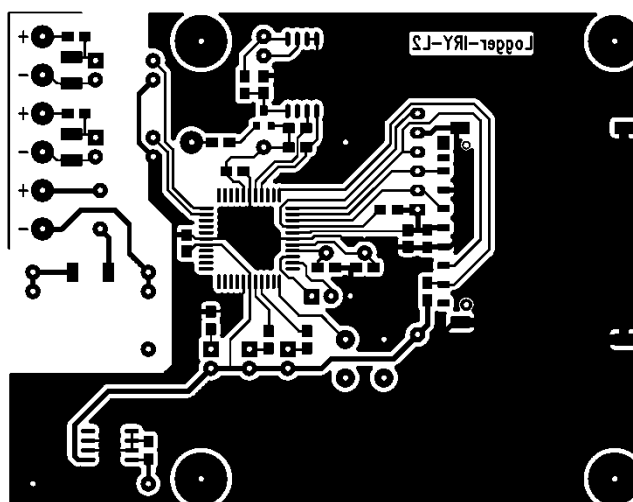
L OSAZENÍ SOUČÁSTEK MĚŘÍCÍ APARATURY



M DESKA PLOŠNÉHO SPOJE



Strana spojů, M 1:1



Strana součástek, M 1:1

N ZDROJOVÝ KÓD MĚŘÍCÍ APARATURY

Soubor LOGIRY.C:

```
/*
*****
This program was produced by the
CodeWizardAVR V1.25.9 Standard
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2008 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
http://www.hpinfotech.com

Project : Logování doby na kartu SD
Version : 1.0
Date    : 11.12.2013 (edit ms 28.12.2013)
Author  : mb
Company :
Comments:

Chip type      : ATmega32
Program type   : Application
Clock frequency : 7,372800 MHz
Memory model   : Small
External SRAM size : 0
Data Stack size : 512
*****/

#include <mega32.h>
#include <typy.h>
#include <hardware.h>
#include <delay.h>
#include <string.h>
#include <ctype.h>
#include <cas.h>

byte pom_sec = 100;          // pomocné počítadlo pro dobu 1 sekundy
bit dalsi_sekunda = 0;      // nastaví se na 1 v přerušení
bit dalsi_minuta = 0;       // nastaví se na 1 v přerušení
bit dalsi_hodina = 0;       // nastaví se na 1 v přerušení

byte pocet_preteceeni = 0;  // počítadlo přetečení timeru 1 při měření doby
word timeout = 0;          // počítadlo time-outu při měření doby
byte hodina, minuta, sekunda, den, mesic;
byte cislo_dne;            // 0=neděle, 1=pondělí, ... 6=sobota
word rok;

bit start_inverzni = 0;     // 0=normální (= napětím na svorkovnici=0 na výst. opt.)
bit stop_inverzni = 0;     // 0=normální (= napětím na svorkovnici=0 na výst. opt.)

#define MAX_RADKA 60
char radka[MAX_RADKA+1];

byte karta_ok = 0;

eeprom byte ee_mereni = 0;  // pro uchování zapnutí/vypnutí měření po resetu
eeprom byte ee_inv_start = 0; // inverzní signál START
eeprom byte ee_inv_stop = 0; // inverzní signál STOP

// I2C Bus functions
#asm
.equ __i2c_port=0x18 ;PORTB
.equ __sda_bit=1
.equ __scl_bit=0
```

```

#endasm
#include <i2c.h>

// PCF8583 Real Time Clock functions
#include <pcf8583.h>

#include "options.h"

FILE *file;

#ifndef NULL // opsáno z file_sys.h:
#define NULL 0
enum {CLOSED = 0, READ, WRITE, APPEND};
#endif

#ifndef EOF // opsáno z file_sys.h:
#define EOF -1
#endif

#define RXB8 1
#define TXB8 0
#define UPE 2
#define OVR 3
#define FE 4
#define UDRE 5
#define RXC 7

#define FRAMING_ERROR (1<<FE)
#define PARITY_ERROR (1<<UPE)
#define DATA_OVERRUN (1<<OVR)
#define DATA_REGISTER_EMPTY (1<<UDRE)
#define RX_COMPLETE (1<<RXC)

// USART Receiver buffer
#define RX_BUFFER_SIZE 80
char rx_buffer[RX_BUFFER_SIZE];

#if RX_BUFFER_SIZE<256
unsigned char rx_wr_index,rx_rd_index,rx_counter;
#else
unsigned int rx_wr_index,rx_rd_index,rx_counter;
#endif

// This flag is set on USART Receiver buffer overflow
bit rx_buffer_overflow;

// USART Receiver interrupt service routine
interrupt [USART_RXC] void usart_rx_isr(void)
{
char status,data;
status=UCSRA;
data=UDR;
if ((status & (FRAMING_ERROR | PARITY_ERROR | DATA_OVERRUN))==0)
{
rx_buffer[rx_wr_index]=data;
if (++rx_wr_index == RX_BUFFER_SIZE) rx_wr_index=0;
if (++rx_counter == RX_BUFFER_SIZE)
{
rx_counter=0;
rx_buffer_overflow=1;
};
};
}

#ifndef _DEBUG_TERMINAL_IO_
// Get a character from the USART Receiver buffer
#define _ALTERNATE_GETCHAR_

```

```

#pragma used+
char getchar(void)
{
char data;
while (rx_counter==0);
data=rx_buffer[rx_rd_index];
if (++rx_rd_index == RX_BUFFER_SIZE) rx_rd_index=0;
#asm("cli")
--rx_counter;
#asm("sei")
return data;
}
#pragma used-
#endif

// USART Transmitter buffer
#define TX_BUFFER_SIZE 80
char tx_buffer[TX_BUFFER_SIZE];

#if TX_BUFFER_SIZE<256
unsigned char tx_wr_index,tx_rd_index,tx_counter;
#else
unsigned int tx_wr_index,tx_rd_index,tx_counter;
#endif

// USART Transmitter interrupt service routine
interrupt [USART_TXC] void usart_tx_isr(void)
{
if (tx_counter)
{
--tx_counter;
UDR=tx_buffer[tx_rd_index];
if (++tx_rd_index == TX_BUFFER_SIZE) tx_rd_index=0;
};
}

#ifndef _DEBUG_TERMINAL_IO_
// Write a character to the USART Transmitter buffer
#define _ALTERNATE_PUTCHAR_
#pragma used+
void putchar(char c)
{
while (tx_counter == TX_BUFFER_SIZE);
#asm("cli")
if (tx_counter || ((UCSRA & DATA_REGISTER_EMPTY)==0))
{
tx_buffer[tx_wr_index]=c;
if (++tx_wr_index == TX_BUFFER_SIZE) tx_wr_index=0;
++tx_counter;
}
else
UDR=c;
#asm("sei")
}
#pragma used-
#endif

// Standard Input/Output functions
#include <stdio.h>

// Timer 0 output compare interrupt service routine
// Přerušeni nastává každých 10 ms
interrupt [TIM0_COMP] void timer0_comp_isr(void)
{
if (--pom_sec == 0) // aktualizace času
{
pom_sec = 100;
dalsi_sekunda = 1;
}
}

```

```

    if (++sekunda == 60)
    {
        sekunda = 0;
        dalsi_minuta = 1;
        if (++minuta == 60)
        {
            minuta = 0;
            dalsi_hodina = 1;
            if (++hodina == 24)
                hodina = 0;
        }
    }
}
if (timeout)
    timeout--;
}

// Timer 1 overflow interrupt service routine
// Přerušení nastává při přetečení timeru při měření doby
interrupt [TIM1_OVF] void timer1_ovf_isr(void)
{
    pocet_preteceeni++;
}

// SPI functions
#include <spi.h>

// Navrací 1, byl-li přijat znak ze sériového portu, jinak 0
unsigned char byl_prijat_znak()
{
    if (rx_counter) return 1; else return 0;
}

// Navrací 1, je-li aktivní signál START s ohledem na jeho polaritu, jinak 0
byte signal_start()
{
    if (start_inverzni)
    {
        if (START)
            return 1;
        else
            return 0;
    }
    else
    {
        if (START)
            return 0;
        else
            return 1;
    }
}

// Navrací 1, je-li aktivní signál STOP s ohledem na jeho polaritu, jinak 0
byte signal_stop()
{
    if (stop_inverzni)
    {
        if (STOP)
            return 1;
        else
            return 0;
    }
    else
    {
        if (STOP)
            return 0;
        else

```

```

        return 1;
    }
}

// Navrací délku logu v bytech nebo -1, když log chybí
signed long delka_logu()
{
    signed long filesize;
    char create_date_str[20];
    char modify_date_str[20];
    byte file_attr;
    word file_clus_start;

    if (!karta_ok)
        return -1L;
    if (fget_file_infoc("LOG.CSV", &filesize, create_date_str, modify_date_str,
        &file_attr, &file_clus_start) == 0)
        return filesize;
    else
        return -1L;
}

// Navrací 1, byl-li zápis OK, nebo 0 v případě chyby
byte zapis_do_logu(word hodnota)
{
    signed long delka;
    char s[81];

    sprintf(s, "%u.%u.%u;%02u:%02u:%02u;%u\r\n", den, mesic, rok,
        hodina, minuta, sekunda, hodnota);
    printf("%s", s); // výstup na sériový port bude vždy
    if (!ee_mereni)
        return 0;
    delka = delka_logu();
    if (delka > 0)
    {
        delka += (signed long) strlen(s);
        if ((delka % 512L) == 0) // délka souboru by byla násobkem 512 --> opravit!
            sprintf(s, "%u.%u.%u;%02u:%02u:%02u;0%u\r\n", den, mesic, rok,
                hodina, minuta, sekunda, hodnota);
    }
    file = fopen("LOG.CSV", APPEND);
    if (file == NULL)
    {
        file = fopen("LOG.CSV", "w");
        if (file == NULL) return 0;
        fprintf(file, "Datum;Cas;Doba[ms]\r\n");
    }
    fprintf(file, "%s", s);
    fclose(file);
    return 1;
}

// Navrací 0, není-li ještě přijata řádka příkazu, nebo délku přijaté řádky
byte test_prijmu()
{
    char c;
    byte n;

    if (!byl_prijat_znak())
        return 0;
    c = getchar();
    n = strlen(radka);
    if (c == 0x0D) // CR
    {
        putchar(0x0D);
        putchar(0x0A);
        return n;
    }
}

```

```

}
else
  if (c == 0x08) // BS
  {
    if (n)
    {
      putchar(0x08);
      putchar(' ');
      putchar(0x08);
      radka[n-1] = 0;
    }
    return 0;
  }
else
  if ((c >= ' ') && (c < 0x7F))
  {
    if (n < MAX_RADKA)
    {
      putchar(c); // echo
      radka[n] = c;
      n++;
      radka[n] = 0;
    }
    return 0;
  }
return 0;
}

// Zobrazení nápovědy
void help()
{
  printf("Prikazy:\r\n");
  printf("H/? ... tato napoveda\r\n");
  printf("INFO ... vypis nastavenych parametru\r\n");
  printf("RTC DDMRRRRhhmmss ... nastaveni casu\r\n");
  printf("START 0/1 ... polarita Start (0=pripojeni napeti, 1=odpojeni)\r\n");
  printf("STOP 0/1 ... polarita Stop (0=pripojeni napeti, 1=odpojeni)\r\n");
  printf("LOG ... vypis celeho logu\r\n");
  printf("DEL ... vymazani celeho logu\r\n");
  printf("? \r\n");
}

// Periodické volání této funkce zajistí příjem a vyhodnocení příkazů
void prijem()
{
  byte i, n;
  byte dd, mm, ho, mi, se;
  word rrrr;
  char s[81];
  signed long delka;

  n = test_prijmu();
  if (!n)
    return;
  for (i=0; i<n; i++)
    radka[i] = toupper(radka[i]);
  if ((strstrf(radka, "H") == radka) && (n == 1))
    help();
  if (strstrf(radka, "?") == radka)
    help();
  if (strstrf(radka, "INFO") == radka)
  {
    printf("%u.%u.%u %02u:%02u:%02u\r\n", den, mesic, rok, hodina, minuta,
sekunda);
    if (start_inverzni)
      printf("Start: po odpojeni napeti\r\n");
    else
      printf("Start: po pripojeni napeti\r\n");
  }
}

```



```

    if (stop_inverzni)
        printf("Stop: po odpojeni napeti\r\n");
    else
        printf("Stop: po pripojeni napeti\r\n");
    delka = delka_logu();
    if (delka < 0)
        printf("Log neni nebo neni zasunuta karta.\r\n");
    else
        printf("Delka logu: %lu bytu.\r\n", delka);
}
if ((strstrf(radka, "RTC ") == radka) && (n == 18))
{
    dd = 10 * toint(radka[4]) + toint(radka[5]);
    mm = 10 * toint(radka[6]) + toint(radka[7]);
    rrrr = 1000 * ((word) toint(radka[8])) + 100 * ((word) toint(radka[9])) +
        10 * ((word) toint(radka[10])) + ((word) toint(radka[11]));
    ho = 10 * toint(radka[12]) + toint(radka[13]);
    mi = 10 * toint(radka[14]) + toint(radka[15]);
    se = 10 * toint(radka[16]) + toint(radka[17]);
    nastav_datum_cas(dd, mm, rrrr, ho, mi, se);
    printf("%u.%u.%u %02u:%02u:%02u\r\n", den, mesic, rok, hodina, minuta,
sekunda);
}
if (strstrf(radka, "START 0") == radka)
{
    start_inverzni = 0;
    ee_inv_start = 0;
    printf("Start: po pripojeni napeti\r\n");
}
if (strstrf(radka, "START 1") == radka)
{
    start_inverzni = 1;
    ee_inv_start = 1;
    printf("Start: po odpojeni napeti\r\n");
}
if (strstrf(radka, "STOP 0") == radka)
{
    stop_inverzni = 0;
    ee_inv_stop = 0;
    printf("Stop: po pripojeni napeti\r\n");
}
if (strstrf(radka, "STOP 1") == radka)
{
    stop_inverzni = 1;
    ee_inv_stop = 1;
    printf("Stop: po odpojeni napeti\r\n");
}
if (strstrf(radka, "LOG") == radka)
{
    if (!karta_ok) // nový pokus o načtení karty
        karta_ok = initialize_media();
    file = fopen("LOG.CSV", READ);
    if (file == NULL)
        printf("Soubor LOG.CSV neexistuje nebo neni zasunuta karta !\r\n");
    else
    {
        while (fgets(s, 80, file) != NULL)
        {
            #asm("wdr")
            printf("%s\r\n", s);
        }
        fclose(file);
        printf("*** EOF ***\r\n");
    }
}
if (strstrf(radka, "DEL") == radka)
{
    if (!karta_ok) // nový pokus o načtení karty

```

```

        karta_ok = initialize_media();
        if (remove("LOG.CSV") == 0)
            printf("Soubor LOG.CSV vymazan !\r\n");
        else
            printf("Chyba pri vymazani souboru LOG.CSV !\r\n");
    }
    radka[0] = 0;
}

void main(void)
{
    word doba;
    longword h;
    byte i;

    // Input/Output Ports initialization
    // Port A initialization
    // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
    // State7=P State6=P State5=P State4=P State3=P State2=P State1=P State0=P
    PORTA=0xFF;
    DDRA=0x00;

    // Port B initialization
    // Func7=Out Func6=In Func5=Out Func4=Out Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
    // State7=0 State6=T State5=0 State4=1 State3=P State2=P State1=T State0=T
    PORTB=0x1C;
    DDRB=0xB0;

    // Port C initialization
    // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
    // State7=P State6=P State5=P State4=P State3=P State2=P State1=P State0=P
    PORTC=0xFF;
    DDRC=0x00;

    // Port D initialization
    // Func7=Out Func6=Out Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=Out Func0=In
    // State7=1 State6=1 State5=P State4=P State3=P State2=P State1=1 State0=P
    PORTD=0xFF;
    DDRD=0xC2;

    // Timer/Counter 0 initialization
    // Clock source: System Clock
    // Clock value: 7,200 kHz
    // Mode: CTC top=OCR0
    // OC0 output: Disconnected
    TCCR0=0x0D;
    TCNT0=0x00;
    OCR0=0x47;

    // Timer/Counter 1 initialization
    // Clock source: System Clock
    // Clock value: 7,200 kHz
    // Mode: Normal top=FFFFh
    // OC1A output: Discon.
    // OC1B output: Discon.
    // Noise Canceler: Off
    // Input Capture on Falling Edge
    // Timer 1 Overflow Interrupt: On
    // Input Capture Interrupt: Off
    // Compare A Match Interrupt: Off
    // Compare B Match Interrupt: Off
    TCCR1A=0x00;
    TCCR1B=0x05;
    TCNT1H=0x00;
    TCNT1L=0x00;
    ICR1H=0x00;

```

```

ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 2 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x06;

// USART initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART Receiver: On
// USART Transmitter: On
// USART Mode: Asynchronous
// USART Baud Rate: 9600
UCSRA=0x00;
UCSRB=0xD8;
UCSRC=0x86;
UBRRH=0x00;
UBRRL=0x2F;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// SPI initialization
// SPI Type: Master
// SPI Clock Rate: 1843,200 kHz
// SPI Clock Phase: Cycle Half
// SPI Clock Polarity: Low
// SPI Data Order: MSB First
SPCR=0x50;
SPSR=0x00;

// I2C Bus initialization
i2c_init();

// PCF8583 Real Time Clock initialization
rtc_init(0,0);

// Watchdog Timer initialization
// Watchdog Timer Prescaler: OSC/2048k
WDTCR=0x0F;

// Global enable interrupts
#asm("wdr")
#asm("sei")

delay_ms(200);

```

```

zjisti_datum_cas();
printf("\r\nLogger delky impulsu, v.1.0\r\n");
printf("%u.%u.%u %02u:%02u:%02u\r\n\r\n", den, mesic, rok, hodina, minuta,
sekunda);
help();
karta_ok = initialize_media();
printf("\r\n");
radka[0] = 0;

if (ee_inv_start)
    start_inverzni = 1;
else
    start_inverzni = 0;
if (ee_inv_stop)
    stop_inverzni = 1;
else
    stop_inverzni = 0;

while (signal_start() || signal_stop()) // čekání na klidový stav
{
    #asm("wdr")
    LED_INDIK_ON(); // rychlé blikání červené LED
    delay_ms(50);
    prijem();
    LED_INDIK_OFF();
    delay_ms(50);
    prijem();
}

if (!karta_ok)
{
    ee_mereni = 0;
    for (i=0; i<20; i++)
    {
        #asm("wdr")
        LED_ZAPIS_ON(); // rychlé blikání žluté LED pro indikaci nepřipojené karty
        delay_ms(50);
        prijem();
        LED_ZAPIS_OFF();
        delay_ms(50);
        prijem();
    }
}
if (ee_mereni) // nastavení LED měření
    LED_ZAPIS_ON();
else
    LED_ZAPIS_OFF();

while (TLAC) // čekání na uvolnění tlačítka
{
    #asm("wdr")
    delay_ms(100);
    prijem();
}

while (1)
{
    #asm("wdr")
    if (TLAC) // stisknuto tlačítko
    {
        if (!karta_ok) // nový pokus o načtení karty
            karta_ok = initialize_media();
        ee_mereni = ~ee_mereni;
        if (!karta_ok)
            ee_mereni = 0;
        if (ee_mereni) // nastavení LED měření
            LED_ZAPIS_ON();
    }
}

```

```

else
    LED_ZAPIS_OFF();
while (TLAC) // čekání na uvolnění tlačítka
{
    #asm("wdr")
    delay_ms(100);
    příjem();
}
}
if (signal_start())
{
    #asm("cli")
    TCNT1H=0x00;
    TCNT1L=0x00;
    pocet_preteceeni = 0;
    timeout = 1000; // time-out 10 s
    #asm("sei")
    LED_INDIK_ON();
    while ((!signal_stop()) && (timeout)) // čekání na STOP nebo time-out
    {
        #asm("wdr")
    }
    if (timeout)
    {
        #asm("cli")
        doba = TCNT1;
        h = ((longword) doba) | (((longword) pocet_preteceeni) << 16);
        #asm("sei")
        h *= 10UL;
        h /= 72UL; // výsledná doba v ms (děleno 7.2)
        doba = (word) h;
    }
    else
        doba = 10000; // max. doba [ms]
    LED_INDIK_OFF();
    if (!zapis_do_logu(doba))
    {
        ee_mereni = 0;
        LED_ZAPIS_OFF();
    }
    while (signal_start() || signal_stop()) // čekání na klidový stav
    {
        #asm("wdr")
        LED_INDIK_ON(); // rychlé blikání červené LED
        delay_ms(50);
        LED_INDIK_OFF();
        delay_ms(50);
    }
}
prijem();
if (dalsi_sekunda)
{
    dalsi_sekunda = 0;
}
if (dalsi_minuta)
{
    dalsi_minuta = 0;
}
if (dalsi_hodina)
{
    dalsi_hodina = 0;
    zjistí_datum_cas(); // aktualizace z RTC
}
};
}

```

Soubor CAS.C:

```
// Funkce pro zjištění a nastavení času

#include <typy.h>
#include <hardware.h>
#include <cas.h>

byte letni_cas(byte dd, byte mm, word rrrr, byte ho)
{
    byte dt, x, y;

    if ((mm >= 4) && (mm <= 9)) // duben - září ... LČ
        return 1;
    else
        if ((mm <= 2) || (mm >= 11)) // leden, únor, listopad, prosinec ... není LČ
            return 0;
        else // březen a říjen ... test na poslední neděli
            {
                if (mm == 3) x = 2; else x = 6;
                y = (byte) (rrrr % 100);
                dt = y + (y/4) + x + 31; // výpočet dne v týdnu pro 31.3. nebo 31.10.
                dt %= 7; // 0=neděle, 1=pondělí ... 6=sobota
                x = 31 - dt; // den změny času (poslední neděle)
                if (mm == 3) // březen
                    {
                        if (dd < x) // ještě není den změny ... není LČ
                            return 0;
                        else
                            if (dd > x) // den změny už byl ... LČ
                                return 1;
                            else
                                if (ho >= 2) // už je LČ
                                    return 1;
                                else
                                    return 0;
                    }
                else // říjen
                    {
                        if (dd < x) // ještě není den změny ... LČ
                            return 1;
                        else
                            if (dd > x) // den změny už byl ... není LČ
                                return 0;
                            else
                                if (ho >= 3) // už není LČ
                                    return 0;
                                else
                                    return 1;
                    }
            }
    }

flash unsigned char _tab_mes_dt[] = {6,2,2,5,0,3,5,1,4,6,2,4};

byte den_tydne(byte dd, byte mm, word rrrr)
{
    byte dt, y;

    y = (byte) (rrrr % 100);
    dt = y + (y / 4) + _tab_mes_dt[mm - 1] + dd;
    if (((y % 4) == 0) && (mm <= 2)) dt--;
    return (dt % 7); // 0=neděle, 1=pondělí, ... 6=sobota
}

void nastav_datum_cas(byte dd, byte mm, word rrrr, byte ho, byte mi, byte se)
{

```

```

den = dd;
mesic = mm;
rok = rrrr;
hodina = ho;
minuta = mi;
sekunda = se;
cislo_dne = den_tydne(den, mesic, rok);
if (letni_cas(dd, mm, rrrr, ho)) // je LČ ... -hodina (v RTC vždy SEČ)
{
    if (ho > 0)
        ho--;
    else
    {
        ho = 23;
        if (dd > 1)
            dd--;
        else
        {
            if ((mm == 4) || (mm == 6) || (mm == 9))
                dd = 31;
            else
                dd = 30;
            mm--;
        }
    }
}
rtc_set_time(0, ho, mi, se, 0);
rtc_set_date(0, dd, mm, rrrr);
}

void zjist_i_datum_cas()
{
    byte sec100, maxd;

    rtc_get_time(0, &hodina, &minuta, &sekunda, &sec100);
    rtc_get_date(0, &den, &mesic, &rok);
    if ((hodina >= 60) || (minuta >= 60) || (sekunda >= 60) || (den == 0) || (den >
31) ||
        (mesic == 0) || (mesic > 12) || (rok < 2000) || (rok >= 3000))
    { // chyba, zřejmě byl výpadek napájení RTC
        nastav_datum_cas(1, 1, 2010, 0, 0, 0);
    }
    if (letni_cas(den, mesic, rok, hodina)) // je LČ ... +hodina (v RTC vždy SEČ)
    {
        if (hodina < 23)
            hodina++;
        else
        {
            hodina = 0;
            if ((mesic == 4) || (mesic == 6) || (mesic == 9))
                maxd = 30;
            else
                maxd = 31;
            if (den < maxd)
                den++;
            else
            {
                den = 1;
                mesic++;
            }
        }
    }
}
cislo_dne = den_tydne(den, mesic, rok);
}

```

Soubor OPTIONS.H:

```
/* ***** C HEADER FILE ***** */
**
** Project:      FlashFile
** Filename:     OPTIONS.H
** Version:      3.0
** Date:        March 29, 2006
**
** *****
**
** VERSION HISTORY:
** -----
** Version:      3.0
** Date:        March 29, 2006
** Revised by:  Erick M. Higa
** Description:
**   - See "FILE_SYS.C" file for any changes up to this point.
**   Další úpravy M. Brynda:
**   - definice _ATMEGA32_ pro správnou činnost na ATmega32
**
** *****/
#ifndef _OPTIONS_INCLUDED
#define _OPTIONS_INCLUDED

/* *****
**
** DEFINITIONS AND MACROS
**
** *****/

/* Control Block */
#define _RTC_ON_
#define _SECOND_FAT_ON_
#define _FAT12_ON_
/*#define _READ_ONLY_*/
#define _DEBUG_ON_
#define _DIRECTORIES_SUPPORTED_
#define _NO_MALLOC_
#define _BYTES_PER_SEC_512_

/* The settings below should be modified */
/* to match your hardware/software settings */
#define _CVAVR_
/*#define _ICCAVR_*/
/*#define _ROWLEY_CVAVR_*/

#define _LITTLE_ENDIAN_
/*#define _BIG_ENDIAN_*/

#define _SD_MMC_MEDIA_
/*#define _CF_MEDIA_*/

#ifndef _NO_MALLOC_
#define _FF_MAX_FILES_OPEN_ 1
#endif

/*#define _MEGA128NET_*/
/*#define _MEGA AVRDEV_*/
#define _ATMEGA32_

#define uint8    unsigned char
#define uint16   unsigned int
#define uint32   unsigned long
#define int8     char
#define int16    int
#define int32    long
```



```

#ifndef _DEBUG_ON_
/*#define _DEBUG_FUNCTIONS_*/
#endif

#if defined(_SD_MMC_MEDIA_)
#ifndef _READ_ONLY_
#define _SD_BLOCK_WRITE_
#endif
#define _FF_SPCR_SET 0x50

#if defined(_MEGA128NET_)
#define SD_CS_OFF() PORTB |= 0x10
#define SD_CS_ON() PORTB &= 0xEF
#define CS_DDR_SET() DDRB |= 0x10
#elif defined(_MEGA AVRDEV_)
#define SD_CS_OFF() PORTB |= 0x10
#define SD_CS_ON() PORTB &= 0xEF
#define CS_DDR_SET() DDRB |= 0x10
#else
#define SD_CS_OFF() PORTB |= 0x10
#define SD_CS_ON() PORTB &= 0xEF
#define CS_DDR_SET() DDRB |= 0x10
#endif
#elif defined(_CF_MEDIA_)
#define CF_DATA_OUT PORTA
#define CF_DATA_IN PINA
#define CF_DATA_DDR DDRA

#define CF_ADDR_PORT PORTB

#define CD1 (PINC & 0x10)
#define RDY (PINC & 0x08)

#define RESET_LO() PORTC &= 0x7F
#define RESET_HI() PORTC |= 0x80
#define WE_LO() PORTG &= 0xFE
#define WE_HI() PORTG |= 0x01
#define OE_LO() PORTC &= 0xBF
#define OE_HI() PORTC |= 0x40
#endif

#define _FF_MAX_FPRINTF 75
#define _FF_PATH_LENGTH 50

#if defined(_CVAVR_)
#define _FF_SEI() #asm("sei")
#define _FF_CLI() #asm("cli")
#define _FF_NOP() #asm("nop")

#define _FF_strcpyf strcpyf
#define _FF_sprintf sprintf
#define _FF_strlen strlen
#define _FF_strncmp strncmp
#elif defined(_ICCAVR_)
#define _FF_SEI SEI
#define _FF_CLI CLI
#define _FF_NOP NOP

#define _FF_strcpyf cstrcpy
#define _FF_sprintf csprintf
#define _FF_strchr strchr
#define _FF_strncmp strncmp
#define _FF_strlen strlen
#elif defined(_ROWLEY_CWAVR_)
#define flash __code const
#define _FF_SEI _SEI
#define _FF_CLI _CLI

```

```

#define      _FF_NOP          _NOP

#define      _FF_strcpyf     strcpy_c
#define      _FF_sprintf     sprintf_c
#define      _FF_strchr      strchr
#define      _FF_strncmp     strncmp
#define      _FF_strlen      strlen
#elif defined(_IAR_EWAVR_)
#define      _FF_CLI()       asm("cli")
#define      _FF_SEI()       asm("sei")
#define      flash           __farflash

#define      _FF_strcpyf     strcpy_P
#define      _FF_sprintf     sprintf_P
#endif

/*****
**
**      TYPEDEFS AND STRUCTURES
**
*****/
/*****
**
**      MODULES USED
**
*****/

#if defined(_CVAVR_)
#ifdef _MEGA AVRDEV_
#include <mega32.h>
#else
#ifdef _ATMEGA32_
#include <mega32.h>
#else
#include <mega128.h>
#endif
#endif
#elif defined(_ICCAVR_)
#include <macros.h>
#ifndef _MEGA AVRDEV_
#ifdef _ATMEGA32_
#include <iom32v.h>
#else
#include <iom128v.h>
#endif
#else
#include <iom32v.h>
#endif
#elif defined(_ROWLEY_CWAVR_)
#include <__cross_studio_io.h>
#include <ina90.h>
#include <pgmspace.h>
#include <stdio_c.h>
#ifndef _MEGA AVRDEV_
#ifdef _ATMEGA32_
#include <atmega32.h>
#else
#include <atmega128.h>
#endif
#else
#include <atmega32.h>
#endif
#elif defined(_IAR_EWAVR_)
#include <pgmspace.h>
#ifndef _MEGA AVRDEV_
#ifdef _ATMEGA32_
#include <iom32.h>
#else

```

```

        #include      <iom128.h>
    #endif
    #else
        #include      <iom32.h>
    #endif
#endif

#include <stdarg.h>

#ifndef _NO_MALLOC_
    #include <stdlib.h>
#endif

#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <ctype.h>

#if defined(_SD_MMC_MEDIA_) && !defined(_SD_CMD_INCLUDED)
    #include "..\flash\sd_cmd.h"
#elif defined(_CF_MEDIA_) && !defined(_CF_CMD_INCLUDED)
    #include "..\flash\cf_cmd.h"
#endif
#if !defined(_FILE_SYS_INCLUDED)
    #include "..\flash\file_sys.h"
#endif
#if defined(_RTC_ON_) && !defined(_TWI_INCLUDED)
    #include "..\flash\twi.h"
#endif

#if defined(_SD_MMC_MEDIA_) && !defined(_SD_CMD_C_SRC)
    #include "..\flash\sd_cmd.c"
#elif defined(_CF_MEDIA_) && !defined(_CF_CMD_C_SRC)
    #include "..\flash\cf_cmd.c"
#endif
#if !defined(_FILE_SYS_C_SRC)
    #include "..\flash\file_sys.c"
#endif
#if defined(_RTC_ON_) && !defined(_TWI_C_SRC)
    #include "..\flash\twi.c"
#endif

#endif /*_OPTIONS_INCLUDED*/

/*****
**
**   EXPORTED VARIABLES
**
*****/
#if defined(_ICCAVR_) && !defined(_NO_MALLOC_)
    extern int8 _bss_end;
#endif

/*****
**
**   GLOBAL VARIABLES
**
*****/
/*****
**
**   EXPORTED FUNCTIONS
**
*****/
/*****
**
**   EOF
**
*****/

```

Soubor HARDWARE.H:

```
// Definice konstant pro daný hardware

// Signály Start a Stop z optočlenů (0=optočlen sepnut)
#define START PINA.5
#define STOP PINA.4

// Tlačítko (0=stisknuto)
#define TLAC (!PIND.3)

// LED
#define LED_ZAPIS_ON() PORTD.6 = 0
#define LED_ZAPIS_OFF() PORTD.6 = 1

#define LED_INDIK_ON() PORTD.7 = 0
#define LED_INDIK_OFF() PORTD.7 = 1
```

Soubor TYPY.H:

```
#ifndef _BYTE_DEFINED_
#define _BYTE_DEFINED_
typedef unsigned char byte;
#endif
#ifndef _WORD_DEFINED_
#define _WORD_DEFINED_
typedef unsigned int word;
#endif
#ifndef _LONGWORD_DEFINED_
#define _LONGWORD_DEFINED_
typedef unsigned long longword;
#endif
#ifndef _SHORTINT_DEFINED_
#define _SHORTINT_DEFINED_
typedef signed char shortint;
#endif
```

Soubor CAS.H:

```
// Hlavičkový soubor pro "cas.c"

#ifndef _CAS_DEFINED_
#define _CAS_DEFINED_

#include <typy.h>

// Navrací 1, je-li LČ, jinak 0
byte letni_cas(byte dd, byte mm, word rrrr, byte ho);

// Navrací číslo dne v týdnu (0=neděle, 1=pondělí, ... 6=sobota)
byte den_tydne(byte dd, byte mm, word rrrr);

// Nastaví daný datum a čas
void nastav_datum_cas(byte dd, byte mm, word rrrr, byte ho, byte mi, byte se);

// Načte datum a čas z obvodu RTC
void zjist_i_datum_cas();

#endif
```