

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Ústav letecké dopravy

Avionický systém dvumotorového letounu pro výcvik  
létání podle přístrojů

Twin – Engine Aircraft's Avionics Systems for Instrument  
Flight Training

Student:

Jan Jícha

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.

Ostrava 2010

## **Anotace bakalářské práce:**

Jícha J., Avionický systém dvoumotorového letounu pro výcvik létání podle přístrojů, Institut dopravy, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava 2010, 56 stran, bakalářská práce.

Vedoucí Smrž, V.

Obsahem této bakalářské práce je návrh konkrétního avionického systému, který umožní továrně vybavený letoun Let L200D Morava certifikovat pro lety IFR, přičemž bude možné na tomto stroji provádět kvalitní letový výcvik. Je zde popsána volba přístrojů a komponentů, včetně jejich instalace. Dále je v této práci uveden přehled potřebného vybavení stanovený leteckými předpisy. V příloze je návrh letové příručky pro užívání navrženého avionického systému a INSTALAČNÍ MANUÁL MODERNIZACE. V práci je proveden rozbor počátečního stavu celého avionického systému letounu L200D. Celý text je doplněn řadou přehledných schémat a nákresů, jež byly vytvořeny konkrétně pro tuto práci.

## **Annotation of thesis:**

Jícha J., Twin – Engine Aircraft's Avionics Systems for Instrument Flight Training, Ostrava: Institute of Transport - Department of Air Transport. Faculty of Mechanical Engineering. VŠB - Technical University of Ostrava. 2010. 56 pages.

Thesis head: doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.

The content of this work is to draft a specific avionic system enabling factory-equipped airplane Let L200D Morava certified for IFR operations, while allowing this machine to perform high-quality flight training. It describes the choice of equipment and components, including their installation. Furthermore, this work provides an overview of the necessary equipment provided for aviation regulations. Attached is a proposal of the AFM for use proposed avionic system and Installation Manual upgrades. The paper analyzed the initial state of the system avionického airplane L200D. All text is supplemented by a number of clear diagrams and drawings that were created specifically for this work.

## Zadání bakalářské práce

Student: **Jan Jícha**

Studijní program: B2341 Strojírenství

Studijní obor: 3708R028 Technologie dopravy

Specializace: 70 Technologie údržby letecké techniky

Téma: **Avionický systém dvumotorového letounu pro výcvik létání podle přístrojů  
Twin – Engine Aircraft's Avionics Systems for Instrument Flight Training**

### Zásady pro vypracování:

1. Analýza současného stavu avionického vybavení letounů.
2. Požadavky leteckých předpisů na přístrojové vybavení letounu pro létání podle přístrojů.
3. Návrh avionického systému pro výcvikový letoun pro létání podle přístrojů.
4. Návrh kapitoly letové příručky zvoleného letounu pro používání avionického systému.

Minimální rozsah BP je 30 stran textu (obrázky, tabulky, grafy a přílohy se do tohoto rozsahu nepočítají) práce musí v rámci úvodu obsahovat kapitolu se stanovením cílů práce a v závěru zhodnocení dosažených cílů.

### Seznam doporučené odborné literatury:

Letecké předpisy EU - OPS 1 a L – 6 / I  
Avionické systémy letounů  
Letecké příručky vhodných letounů (L – 200, Pa – 34, ... )  
Veřejně dostupné zdroje na internetu

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

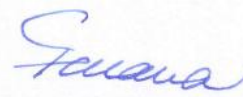
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



**doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.**  
vedoucí katedry



**prof. Ing. Radim Farana, CSc.**  
děkan fakulty

### **Místopřežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě: .....

.....

Podpis

Jméno a příjmení: Jan Jícha

Adresa: Za Humny 591, Sezemice 533 04

## Obsah

	strana
Seznam použitých zkratk.....	7
1. Úvod.....	11
1.1 Cíle bakalářsko práce.....	11
2. Současné avionické systémy a volba vhodného letounu.....	12
3. Popis avionického systému letounu L200D Morava.....	13
3.1. Přístrojové vybavení.....	13
3.2. Elektrický systém.....	15
3.3. Aerometrický systém.....	16
3.4. Elektrický systém přístrojů.....	17
4. Požadavky leteckých předpisů na vybavení pro provádění IFR letů.....	20
5. Návrh složení avionického systému.....	22
6. Návrh avionického systému.....	30
6.1. Mechanická část přestavby.....	30
6.2. Anténní systém.....	37
6.3. Elektrické připojení avionického systému do sítě letounu.....	42
7. Instalované systémy.....	43
7.1. Další přístroje.....	50
8. Závěr.....	51
8.1. Zhodnocení cílů.....	52
9. Seznam použitých pramenů.....	53
10. Seznam příloh.....	55

## Seznam použitých zkratk

ACU	Accumulator	Akumulátor
ACU	Analog Converter Unit	A/D převodník
ADAHRS	Air Data, Altitude and Heading Reference System	Aerometrický, výškový a kurzový referenční systém
ADC	Air Data Computer	Aerometrický počítač
ADF	Automatic Direction Finder	Automatický radiokompas
Alt. Alert	Altitude Alert	Varování o dosažené výšce letu
AM	Amplitude Modulation	Amplitudová modulace
AMC		Přijatelné způsoby plnění
ARINC	Aeronautical Radio, Incorporated	Datová sběrnice
ATC	Air Traffic Control	Řízení letového provozu
AUX IN		Audio vstup
BCAR	British Civil Airworthiness Requirements	Britské požadavky letové způsobilosti
BNC	Bayonet Neill-Concelman	Bajonetový konektor koaxiálního kabelu
CM	Configuration Modul	Konfigurační modul
CNC	Computer Numerica Control	Počítačem řízený stroj
COM	Communication	Komunikační systém
COSPAS	Cosmicheskaya Sistyema Poiska Avariynich Sudov	Kosmický vyhledávací systém
Cpt.	Captain	Kapitán, Pilot
ČSN		Česká státní norma
DIN	Deutsche Industrie-Norm	Německá průmyslová norma
DME	Distance Measuring Equipment	Dálkoměrný systém
EASA	European Aviation Safety Agency	Evropská agentura pro bezpečnost letectví
EFIS	Electronic Flight Information System	Systém elektronických letových přístrojů
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service	Evropský systém geostacionárních navigačních družic
EGPWS	Enhanced Ground Proximity Warning System	Zesílený systém signalizace blízkosti země
EHSI	Electronic Horizontal Situation Indicator	Elektronický indikátor horizontální situace
ELT	Emergency Locator Transmitter	Nouzový maják určení polohy
Encoder		Převodník
ETSO	European Technical Standard Order	Evropský technický normalizační příkaz

EUROCAE	European Organisation for Civil Aviation Equipment	Evropská organizace pro vybavení civilního letectví
F/O	Flight/Officer	Co-pilot
FAR	Federal Aviation Regulations	Předpis leteckého úřadu USA
FCC	Federal Communications Commission	Federální telekomunikační komise
FD	Flight Director	Letový povelový přístroj / ukazatel
FLUX	Fluxgate sensor	Indukční magnetometr
F-F	Fuel - Flow	Spotřeba paliva
G/S	Glideslope	Sestupový maják
GA	General Aviation	Všeobecné letectví
GND	Ground	Zemní potenciál
GPS	Global Position System	Globální poziční systém
GS	Ground Speed	Rychlost vůči zemi
HSI	Horizontal Situation Indicator	Indikátor horizontální situace
IEM		Výkladový a vysvětlující materiál
IFR	Instrument Flight Rules	Pravidla pro let podle přístrojů
IK	Installation Kit	Sada součástek potřebných pro montáž
ILS	Instrument Landing System	Přístrojový přistávací systém
IM	Installation Manual	Manuál pro montáž
INOP	Inoperative	Nezapojený
Intercom		System vnitřní komunikace
JAR-FCL 1	Flight Crew Licencing	Předpis o způsobilosti členů letových posádek (Letouny)
JAR-OPS 1	Commercial Air Transportation	Předpis o obchodní letecké dopravě (Letouny)
L10/III		Předpis o civilní telekomunikační službě (Komunikační systémy)
L6/1		Předpis o provozu letadel
LCD	Liquid Crystal Display	Displej z tekutých krystalů
LiMnO <sub>2</sub>		Lithium oxid manganitý
LOC	Localizer	Kurzový Maják
MB	Marker Beacon	Polohové návesťidlo
METAR	Message d'observation météorologique régulière pour l'aviation	Pravidelná letecká správa o počasí
MP3	MPEG-1	Formát ztrátové komprese zvuku
NAV	Navigation System	Navigační systém



ND	Navigation Display	Navigační Displej
NDB	Non-Directional Beacon	Nesměrový radiomaják
NEXRAD	Next Generation Radar	Pokročilý systém meteoradarů v USA
OAT	Outside Air Temperature	Venkovní teplota vzduchu
OBS	Omnibearing Selector	Volič směrniku
Pb	Plumbum	Olovo
P <sub>c</sub>		Celkový tlak
PFD	Primary Flight Display	Primární Letový Displej
PG	Pilot guide Manual	Uživatelský manuál
P <sub>h</sub>		Statický tlak
QNH		Q-kód pro tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře
RAL	Reichs Ausschuss für Lieferbedingungen	Norma vzorníků barev
RMI	Radio-Magnetic Indicator	Radio magnetický indikátor
RNAV	Area Navigation	Prostorová navigace
RSM	Remote Sensor Modul	Anténní a senzorový modul
Rx	Receiver	Přijímač
SD	Secure Digital	Paměťová karta
SPI	Special Pulse Identification	Speciální identifikační impuls
Squelch		Umlčení
Standby		Připravená záloha
Stormscope		Detekce blesků v okolí letounu
TAS	True Airspeed	Pravá vzdušná rychlost
TCAD	Traffic and Collision Alert Device	Protisrážkový varovný systém
TFT	Thin Film Transistor Liquid Crystal	
MATRIX	Display	Typ displeje
TIS	Traffic Information Services	Dopravní informační služba
TNC	Threaded Neill-Concelman	Konektor se závitem pro koaxiální kabel
TSO	Technical Standard Order	Technický normalizační příkaz
Tx	Transceiver	Vysílač
USA	The United States of America	Spojené Státy Americké
UV	Ultraviolet	Ultrafialové světlo
VA		Voltampérmetr
VDC	Direct Current Volt	Stejnoseměrné Napětí

VHF	Very High Frequency	Velmi krátké vlny
VNAV	Vertical Navigation	Vertikální navigace
VOR	VHF Omnidirectional Range	VKV všesměrový radiomaják
VOX	Voice	Hlas (audio vstup)
WAAS	Wide Area Augmentation System	Síť pozemních vysílačů, zpřesňujících systém GPS
XPDR	Transponder	Odpovídač

# 1. Úvod

Dávno již minuly časy, kdy letadla byla potažena plátnem a vybavena několika základními přístroji. Naučit se ovládat takovýto stroj vyžadovalo spíše schopnosti, než vědomosti a kdy improvizace nahrazovala výcvik. Dnešní letouny se ve způsobu řízení zásadně neliší od těch dávných, ovšem jejich výkony dovolují létání za dříve netušených podmínek. Let v noci, či bez vidu země si nikdo nedokázal ani představit. Neuběhlo ani tolik času, vždyť první český aviatik se vznesl pře sto lety a máme tu dobu, kdy jsme schopni létat za každého počasí na tratích, které vzbuzují obdiv. Hlavní příčinou tohoto pokroku jsou pokročilé systémy, které využívají nejmodernějších technologií. Na současných letounech nalezneme celou řadu přístrojů, k jejichž používání musí být pilot precizně vycvičen. Musí se naučit znát jejich principy i chyby. Proto každý uchazeč o práci dopravního pilota prochází výcvikem, kde se učí efektivně využívat možností, které mu dnešní avionické systémy nabízejí. Takovýto výcvik si žádá zkušené instruktory, kteří musí připravit žáka na létání ve větších, výkonnějších, ale i složitějších strojích. Proto je nutné, aby letouny na nichž, se létá výcvik, byly vybaveny moderními systémy, dovolujícími provádět veškeré úlohy předepsané výcvikovou osnou. V ČR platí předpis JAR-FCL1, podle kterého musí pilotní žák odlétat určitou část výcviku na dvoumotorovém letadle vybaveném pro IFR lety. Takových letadel je neustálý nedostatek a to především z důvodu vysokých pořizovacích nákladů. Když už se na letišti takový letoun objeví, tak je většinou provozován pro osobní přepravu a je vyžadována jeho okamžitá připravenost vykonat obchodní let. Provozovatel se snaží udržet perfektní stav stroje po co možná nejdéle, proto není v jeho zájmu nechat stroj „otloukat“ pilotními žáky. Speciální kategorie cvičných dvoumotorových letounů neexistuje, proto je vhodné pro letecký výcvik použít spíše letadlo, které má již něco za sebou.

## 1.1 Cíle bakalářské práce

- Analýza současných avionických systémů a požadavků leteckých předpisů, určujících vybavení letounů pro IFR lety
- Návrh konkrétního avionického systému, který umožní letoun L200D certifikovat pro lety IFR a zároveň umožní provádět na letounu kvalitní letový výcvik
- Přehledný popis zástavby jednotlivých systémů včetně návrhu letové příručky

## 2. Současné avionické systémy a volba vhodného letounu

Pokud se zaměřím na dvumotorové letouny certifikované pro létání dle pravidel IFR, tak většina letadel této kategorie je západní provenience. Jejich vybavení je v podstatě velmi podobné. Jedná se často o továrně vybavené stroje, kde je celý avionický systém navržen a realizován speciálně pro daný typ. Instalované vybavení je pak u těchto strojů často od jednoho výrobce a odpovídá době svého vzniku. Jelikož ovšem vývoj avioniky prochází progresivním vývojem, tak je postupem času každý letoun modernizován dokonalejším systémem. Například k vybavení klasickými radionavigačními přístroji se v posledních letech přidává řada systémů zpracovávajících GPS signál. Analogové zobrazení dat je nahrazováno zobrazením digitálním. Velký tlak na modifikaci avioniky též vytváří letecké úřady, které neustále zvyšují nároky na vybavení letounů. Příkladem necht' je např. zástavba odpovídaců v módu S, či povinné vybavení vysílači ELT. Proto se postupem času z jakkoli původně promyšleného systému stane kombinace různých přístrojů, které svými možnostmi daleko překonávají vybavení původní. Dnešním trendem, je zástavba sofistikovaných integrovaných avionických systémů. Zobrazení probíhá na velkoplošných LCD displejích a počet ovládacích prvků je minimalizován na nezbytné minimum. Takovýto systém je navržen tak, že jej lze instalovat do různých typů letadel, příkladem necht' je již legendární Garmin G1000. U těchto systémů je většinou modernizace již prováděna změnou firmwaru a případně i připojením dalších vstupů.

### Volba modernizovaného letounu

Na českých letištích stále létají letouny L-200 Morava. Vybavení těchto letadel se v podstatě příliš neliší od původního továrního vybavení. Často jedinou modifikací, kterou tyto letouny prošly, je zástavba nové radiostanice. Takto vybavený stroj již nevyhovuje dnešním standardům a v konkurenci nově dovážených letadel dnes již neobstojí. Proto je pro udržení tohoto letounu v provozu nutná modernizace, kdy zásadní rekonstrukcí projde celý avionický systém. Po tomto vylepšení získá majitel stroje letoun kvalitativně na vyšší úrovni, s nímž při zachování provozních nákladů může plně konkurovat na poli leteckého výcviku, či aerotaxi. Velmi výhodné je, když bude modernizace provedena tak, aby byla umožněna certifikace stroje pro létání IFR letů.

Tento typ pochází koncepčně z 50.let minulého století. Avionický systému odpovídá době a místu svého vzniku, proto neobsahuje žádné složité elektronické systémy a instalované vybavení je především československé výroby. Veškeré přístroje jsou analogové a letoun není vybaven žádným radionavigačním zařízením. Výhodou je ovšem již zabudované letové osvětlení, které splňuje podmínky pro provoz letounu při nočních letech.

### 3. Popis avionického systému letounu L-200D Morava

Elektrická síť letounu L200D Morava má jednu hlavní stejnosměrnou sběrnici, která napájí veškeré elektrické vybavení letounu. Jmenovité napětí sítě je 28V (+0,5V, -1V). Celý systém může být napájen ze tří možných zdrojů:

1. Dynamo (Generátor Scintila 600W)
2. Baterie (Pb akumulátor 12-A-30)
3. Pozemní zdroj

Elektrická instalace je provedena jedno vodičově, kdy je záporný pól tvořen kostrou letadla. Při výrobě se používaly měděné vodiče typu SUL a SULF o  $\varnothing 0,5 - 10\text{mm}$ .

Jednotlivé skupiny přístrojů jsou řazeny do okruhů, které jsou jištěny jističi AZS. Propojení AZS tvoří hlavní sběrnici. Rozvod proudu v jednotlivých okruzích se děje přes svorkovnice umístěné na přepážce č. 4, pod palubní deskou letounu.

#### 3.1. Přístrojové vybavení popisovaného letounu

- LUN-1101 Rychloměr (od 40 do 400km/h)
- LUN-1145 Variometr ( $\pm 15\text{m/s}$ )
- LUN-1121 Výškoměr (do 10km)
- LUN-1202 Horizont (kombinovaný se zatáčkoměrem)
  - Měnič PAG-6 (3x36V/400Hz)
- LUN-1213 Zatáčkoměr (28V)
- LUN-1272 Směrový setrvačnick
  - Měnič (3x36V/400Hz)
- LUN-1222.1 Kompas (kapalinový s kompenzačním zařízením)
- Hodiny AVRМ
- LUN-3521 Radiostanice

### **Přístroje pro kontrolu motoru:**

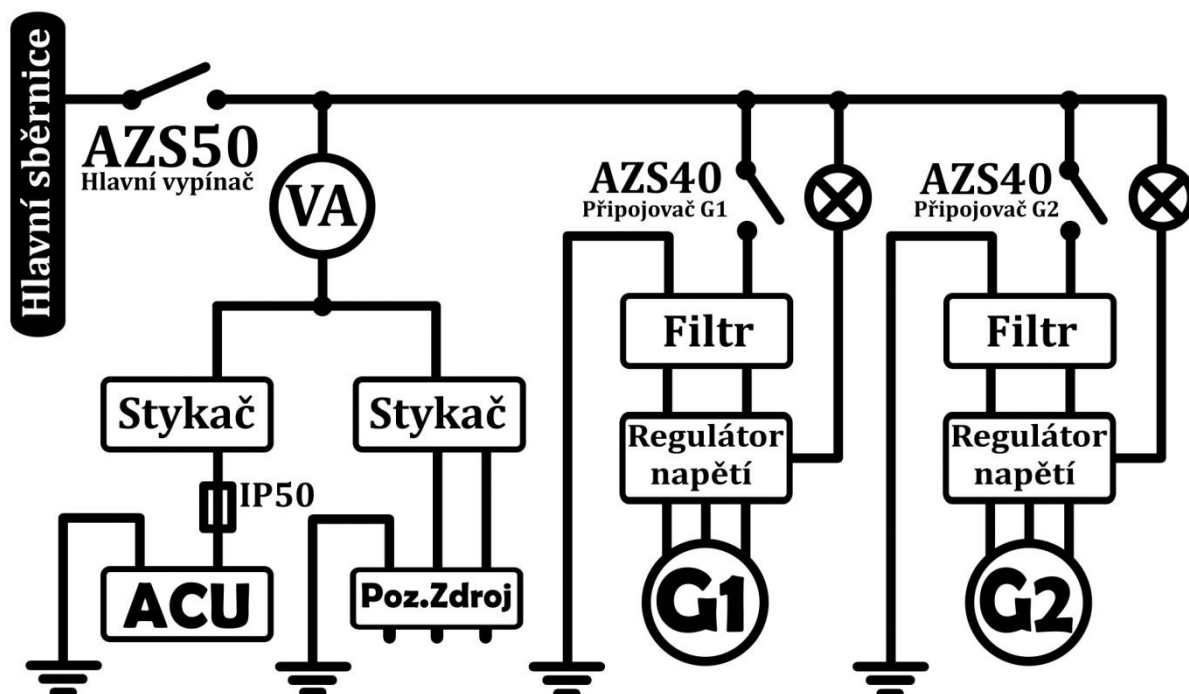
- LUN-1315 Dvojnásobný ukazatel otáček motoru
  - LUN-1316 Vysílač otáček
- 2MW 18M Dvojnásobný ukazatel plnicího tlaku
- LUN-1523B Čtyřnásobný ukazatel hodnot motoru 2x
  - LUN-1571 Vysílač teploty vstupního oleje (0°-150°C)
  - LUN-1571 Vysílač teploty výstupního oleje (0°-150°C)
  - LUN-1552 Vysílač tlaku paliva (0-0,5atm.)
  - LUN-1563 Vysílač tlaku oleje (0-10atm.)
- LUN-1394 (nebo 2-TCT-47) Dvojnásobný ukazatel teplot hlav válců (0°-300°)
  - LUN-1395 Vysílač teploty
- LUN-1618 Palivoměr (2x)
  - LUN-1619 Vysílač palivoměru
- LUN-1645 Signalizace kritického zbytku paliva (aktivace při 25l paliva v hlavní nádrži)
- LUN-1685 Ukazatel polohy vztlakových klapek
  - LUN-1686 Vysílač polohy klapek
- LUN-2741 Voltampérmetr
- LUN-1694 Ukazatel vysunutí podvozku
- LUN-1355 Třínásobný ukazatel teplot topení
  - LUN-1356 Vysílač teploty ve výměníku (100°-250°C)
  - LUN-1571 Vysílač teploty z pravého a levého křídla (80°-200°C)

### 3.2. Elektrický systém

Hlavním zdrojem elektrické energie je dvojice paralelně zapojených generátorů (Scintila 600W). Jedná se o dynamy dodávající do sítě stejnosměrný proud. Každý generátor má vlastní regulátor napětí (Scintila 600W), který udržuje úroveň výstupního stejnosměrného napětí na úrovni 28V (+0,5V, -1V). Do obou generátorových větví je zařazen filtr (F-37). Generátory se připojují k hlavní sběrnici samostatně přes jistič AZS-40 a hlavní vypínač AZS-50. Porucha, nezapojení, či nízké otáčky (pod 1000ot/min) jsou signalizovány červenou žárovkou umístěnou na palubní desce.

Záložním palubním zdrojem elektrické energie je Pb Akumulátor (12-A-30), ten je jištěn samostatnou 50A pojistkou. Baterie, či pozemní zdroj se do hlavní sběrnice připojuje přes stykač (LUN-2285) a hlavní vypínač AZS-50. Stykač svou funkcí zabraňuje současnému připojení baterie a pozemního zdroje k hlavní sběrnici. Do tohoto obvodu je též připojen přes bočník voltampérmetr (LUN-2741) měřící aktuální stav elektrické sítě.

Pozemní zdroj se připojuje k letounu do tří kolíkové zástrčky (+,-,GND). Správnou polaritu zajišťuje usměrňovací článek, který v případě poruchy rozepne stykač a tím zdroj odpojí od palubní sítě. Při správném připojení pozemního zdroje se automaticky spíná stykač, čímž zapojí pozemní zdroj a odpojí baterii od hlavní sběrnice.

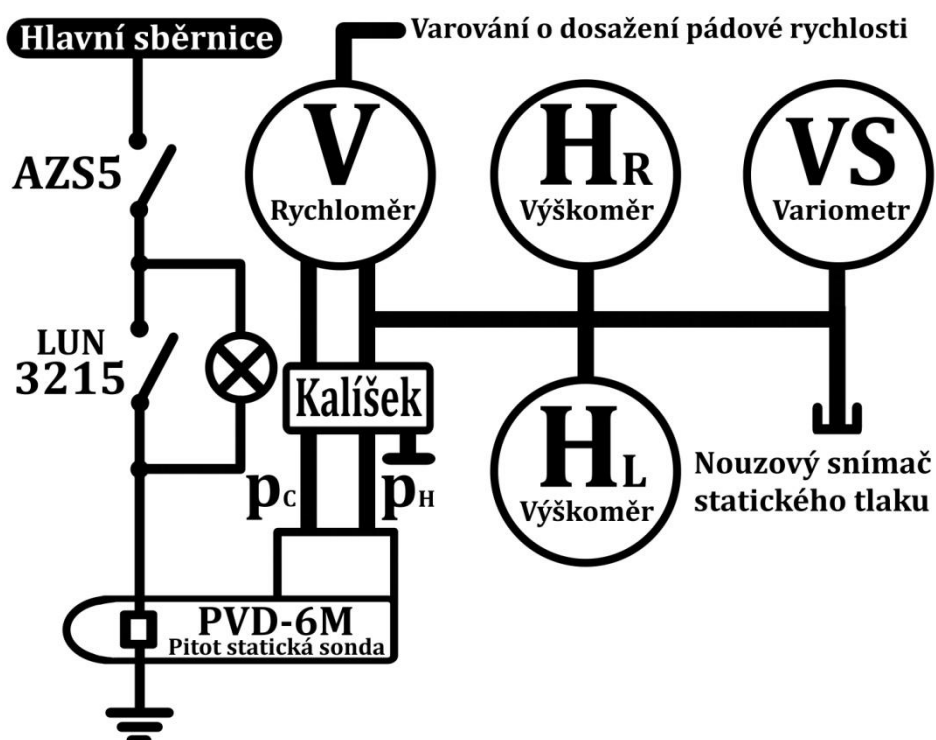


Obr.3.1 - Ilustrační označení silové elektrické sítě letounu L200D. Jedná se pouze o zjednodušené schéma, chybí zde např. startovací či zapalovací obvod

### 3.3. Aerometrický systém

Pitotstatická sonda PVD-6M snímá tlak celkový ( $p_c$ ) a statický ( $p_h$ ). Je umístěna pod levým křídlem. Proti zamrznutí je vybavena vyhříváním, které zajišťuje elektrické topné tělísko umístěné v přední části sondy. Odběr z palubní sítě činí při zapnutém vyhřívání 3,4-3,9A. Ovládáno je spínačem se signalizací (LUN3215) manuálně pilotem.

Od sondy je tlak veden trubicemi až za palubní desku, kde je rozvod proveden již hadicemi. Na aerometrický systém jsou připojeny dva výškoměry, rychloměr a variometr. Do tlakového okruhu je vložen kalíšek, který hromadí zkondenzovanou vodu ze systému. Pro případ, že by došlo k vyřazení okruhu statického tlaku (zamrznutím, ucpáním hadic, či sondy) je systém vybaven nouzovým snímačem statického tlaku. Ten je umístěn přímo na pilotní desce letounu. Uvádí se v činnost otevřením tlakové cesty pomocí manuálního otevření ventilu. Je třeba ovšem počítat s tím, že letové přístroje v tomto nouzovém stavu neindikují zcela přesný údaj, proto se musí indikovaná rychlost letu zvýšit o 20km/h. Letoun je vybaven systémem varujícím dosažení minimální rychlosti letu a to ve dvou režimech. Při letu se zasunutými vztlakovými klapkami a při letu s vysunutými vztlakovými klapkami. Hadice celkového tlaku jsou značeny černou barvou, hadice statického tlaku barvou bílou. Celý systém musí být dokonale vzduchotěsný (vzduchotěsnost se kontroluje při pravidelných kontrolách)



Obr.3.2 - Schematické naznačení aerometrického systému s ovládáním vytápění pitotstatické sondy

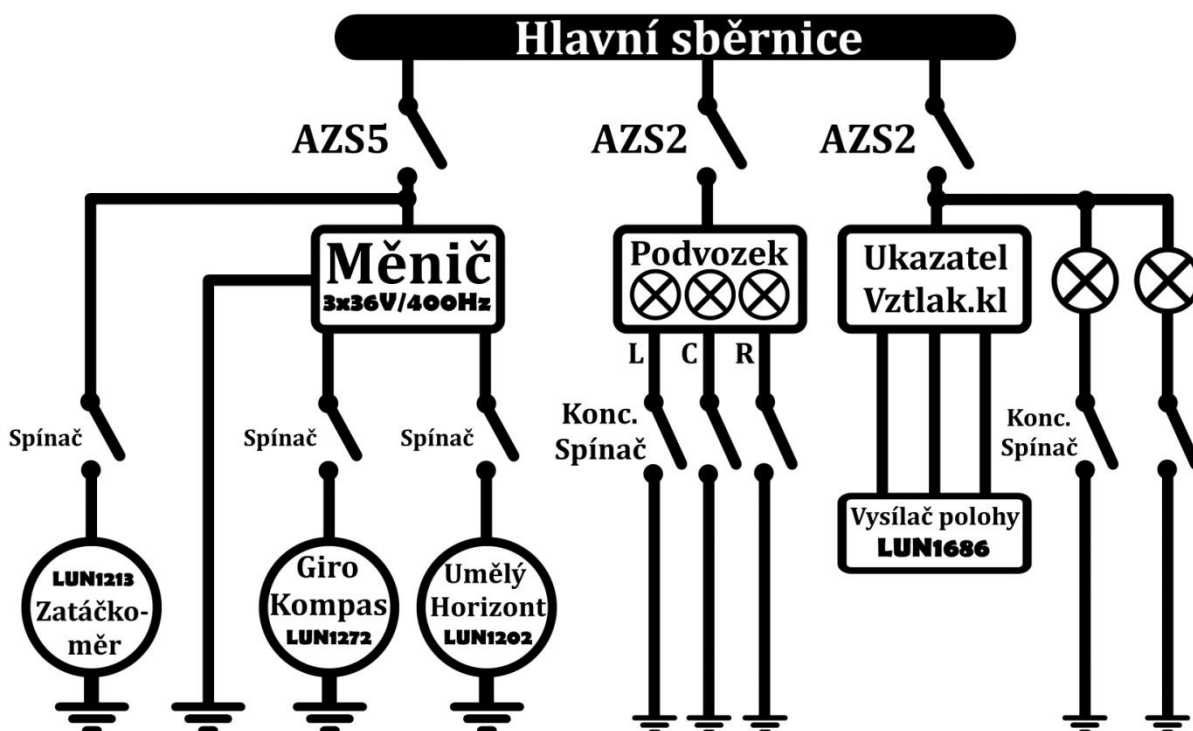


### 3.4. Elektrický systém přístrojů

Letoun je vybaven několika elektrickými letovými přístroji. Konkrétně zatáčkoměrem a umělým horizontem, dále pak směrovým setrvačníkem, který patří do kategorie přístrojů navigačních. Tyto přístroje jsou zapojeny do samostatné větve, která je jištěna 5A jističem.

Gyroskopické přístroje vyžadují pro svou funkci třífázové střídavé napětí (3x36V, 400Hz). Jelikož je celá elektrická síť stejnosměrná, je třeba k jejich napájení použít měnič stejnosměrného napětí na střídavé (PAG-6). Tento měnič napájí umělý horizont a směrový setrvačník. Oba přístroje mají svůj vlastní spínač. Činnost gyroskopických přístrojů je signalizována doutnavkou umístěnou v přístrojích. Při správné činnosti je roztáčen malý generátorek umístěný uvnitř přístroje. Ten napájí doutnavku, která se rozsvítí při dosažení určitého počtu otáček gyroskopu. Umělý horizont je vybaven aretací a stavěcím mechanismem nastavujícím polohu letadélka.

Zatáčkoměr je napájen stejnosměrnými 28V. Zapíná se též samostatným spínačem. Přístroj je též vybaven příčným sklonoměrem.



Obr.3.3 - Schematické naznačení elektrických přístrojů (zatačkoměru, gyrokompasu a umělého horizontu), signalizace zasunutí podvozku a ukazatele polohy vztlakových klapek

Letoun je vybaven indikací polohy podvozku. Jedná se o přístroj signalizující rozsvícením příslušné žárovky otevření a zajištění podvozku (zelené světlo), či jeho zavření a zajištění (červené světlo). Údaje o poloze získává přístroj z koncových spínačů umístěných v podvozkové šachtě letounu. Indikátor je též vybaven testovacím tlačítkem, kterým je možné též při vysunutí snížit jas žárovek. Dále je letoun vybaven mechanickými indikátory polohy podvozku (tzv. „policajty“).

Dalším polohovým snímačem je indikátor polohy vztlakových klapek. Jedná se o ručičkový přístroj zobrazující aktuální polohu vztlakových klapek. Vysílačem polohy je snímač, jehož napětí se mění v závislosti na natočení hřídele klapek. Doplňkovým vybavením je světelná signalizace dosažení zvolené polohy obou vztlakových klapek spínaná koncovými spínači umístěnými v křídle letounu.

Letoun je vybaven vytápěním kabiny a vyhříváním náběžných hran křídla. Proto je vybaven trojnásobným indikátorem teploty. Teploměry snímají teplotu horkého vzduchu vstupujícího do levého i pravého křídla samostatně. Teplota pro kabinu je snímána přímo v tepelném výměníku.

Poslední kategorií jsou motorové přístroje (elektrické). Jedná se o dva čtyřnásobné snímače motorových údajů (vstupní teplota oleje, výstupní teplota oleje, tlak paliva, tlak oleje), indikátor teploty hlav válců, otáčkoměr a dva palivoměry.

Čtyřnásobný indikátor motorových údajů sdružuje údaje od snímačů umístěných na motoru a to vždy pro příslušný motor (levý indikátor pro levý motor, pravý indikátor pro pravý motor).

Indikátor teploty hlav válců zobrazuje teplotu pomocí termočlánu umístěného pod svíčkou třetího válce motoru.

Otáčkoměr snímá otáčky motoru pomocí malého generátoru, který je namontován přímo na boku motoru. Přístroj je sdružený, indikuje otáčky obou motorů.

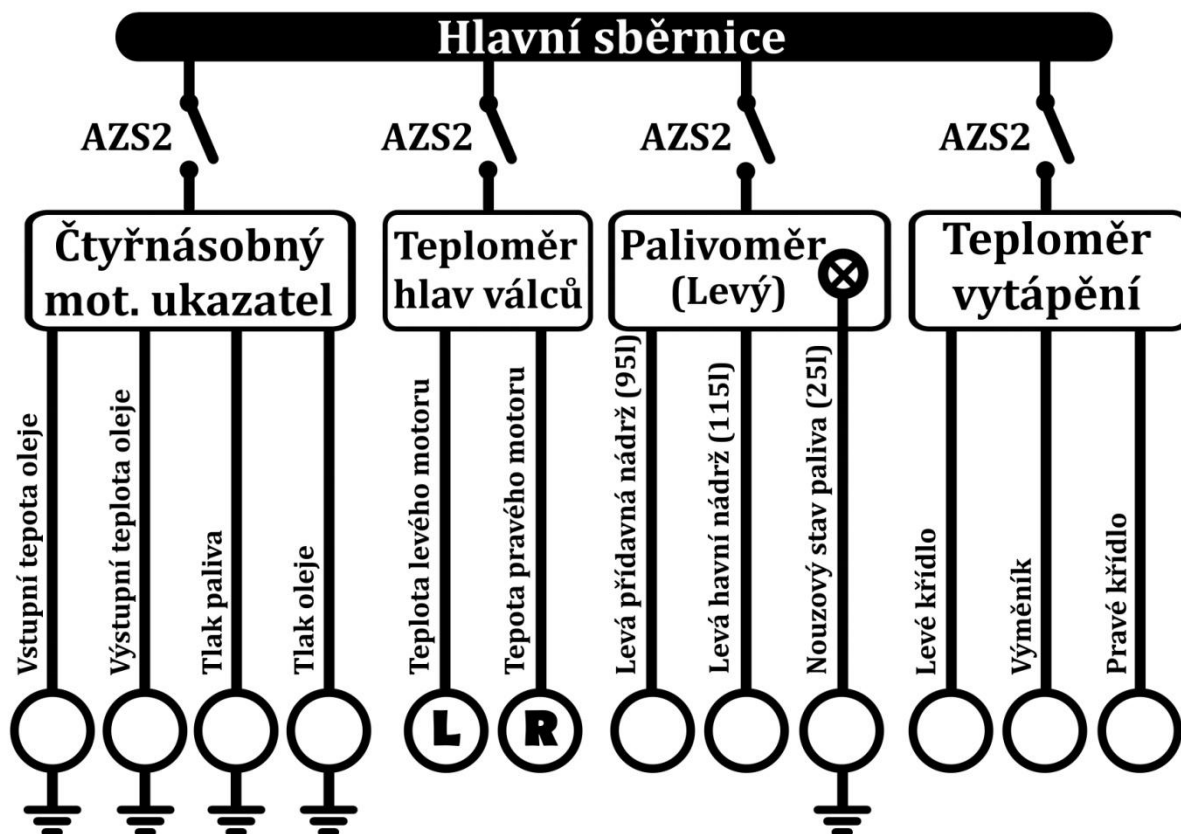
Palivoměr měří odděleně objem paliva v hlavní nádrži (115l) a v nádrži křídelní (95l). Levý palivoměr měří palivo v levé nádrži a pravý palivoměr měří palivo v nádrži pravé. Přístroj je též vybaven světelnou signalizací, indikující dosažení kritické úrovně paliva v hlavní nádrži (25l). Hlavní nádrže jsou u letounu L200D Morava nádrže umístěné na koncích křídel.

Letoun je vybaven palubními hodinami AVR. Jedná se o mechanický strojek, který je zcela nezávislý na palubní síti.

Letoun je vybaven teploměrem OAT, který je namontován na vnější straně předních oken.

Osvětlení interieru kabiny letounu sestává z dvojice UV lamp namontovaných na stropním panelu. Ty dostatečně osvětlují celý pilotní prostor. Stupnice přístrojů jsou opatřeny luminiscenční barvou, která zvyšuje jasnost odečítání.

Záměrně vynechávám tlakoměr hydrauliky a brzd, ovládání stěračů, odmazování vrtulí, poziční a přistávací osvětlení.



Obr.3.4 - Schematické naznačení elektrických motorových přístrojů (čtyřnásobný ukazatel motorových údajů, teploměr hlav válců a palivoměr) a teploměry vytápění letada. Čtyřnásobný motorový ukazatel a palivoměr je ve schématu naznačen pouze pro levou stranu (pro vyšší názornost)

#### 4. Požadavky leteckých předpisů na přístrojové vybavení letounu pro létání podle přístrojů

Letoun Let L-200D Morava je certifikován v kategorii letadel normál (dle EASA.A.043). Splňuje požadavky letové způsobilosti pro letadla skupiny C i D (dle BCAR). Pro přestavbu tohoto letadla pro potřeby výcviku létání dle pravidel IFR, je nutné vyhovět předpisu L6/1. Ten stanovuje minimální přístrojové vybavení tak, že letoun musí být vybaven:

- Magnetickým kompasem
- Přesnými palubními hodinami udávajícími hodiny, minuty, sekundy
- Dvěma citlivými barometrickými výškoměry s bubínkem a ručkou, vybavené počítadlem nebo rovnocenným provedením
- Systémem pro indikaci rychlosti letu s prostředky pro vyloučení účinků vlhkosti a námrazy
- Zatačkoměrem s příčným sklonoměrem
- Ukazovatelem letové polohy (umělým horizontem)
- Ukazovatelem kurzu (směrovým setrvačником),
- Prostředkem indikace, správné činnosti napájení gyroskopických přístrojů
- Přístrojem udávajícím v pilotním prostoru teplotu vnějšího vzduchu
- Variometrem

Dále si Úřad stanovuje pravomoc předepsat další vybavení, které bude plnit požadavky na navigaci a řízení letového provozu. Proto musí být letoun vybaven dle předpisu JAR-OPS1 těmito přístroji:

Vybavení	Počet	Radionavigační vybavení	Počet
Barometrický výškoměr	2	COM	2
Rychloměr	2	VOR	1
Variometr	2	DME	1
Zatačkoměr	2	ILS+ Marker	1
Magnetický kompas	1	XPDR (S mód)	1
Přesné hodiny	1	ELT	1
Umělý horizont	2		
Směrový setrvačník	2		
Teploměr vnějšího vzduchu	1		
Vyhřívání pitot-statické sondy	1		

Tab.4.1 – Soupis předepsaného vybavení dle L6/1 a radionavigačního vybavení dle JAR-OPS1

System ADF není zahrnut do předepsaného vybavení, ovšem pro potřeby výcviku je v této instalaci zahrnut (ACJ OPS 1.865(d)(1)(i)).

Pilot musí být schopen bez zvýšené námahy odečítat a obsluhovat všechny předepsané přístroje. Musí být přímo v jeho zorném poli a nesmí příliš bránit ve výhledu.

Dále musí být letoun vybaveny dle L6/1:

- Snadno přístupnou soupravou první lékařské pomoci (AMC OPS 1.755)
- Minimálně jedním přenosným hasicím přístrojem takového typu, který při použití neznečistí nebezpečně vzduch uvnitř letounu. Nejméně jeden hasicí přístroj musí být umístěn v pilotní kabině (AMC OPS 1.790)

JAR-OPS1 doporučuje dovybavit letoun balíčkem přežití (AMC OPS 1.835(c))

Všechny radionavigační přístroje musí vyhovovat normám ETSO (IEM OPS 1.845). Elektronické zobrazení letově navigačních dat lze využít za předpokladu, že prezentovaná informace bude přístupná oběma pilotům a není horší, než informace poskytovaná předepsanými přístroji (IEM OPS 1.865).

## 5. Návrh složení avionického systému

Při návrhu nového avionického systému, je třeba zahrnout několik zásadních hledisek:

1. Možnosti letounu
2. Možnosti budoucí modernizace
3. Nenáročnou údržbu a s tím související nízké provozní náklady
4. Možnosti dosažení co možná nejkvalitnějšího výcviku

Přestavovaným letounem je L-200D Morava. Cílem přestavby je pro tento letoun navrhnout avionický systém, jenž umožní letoun provozovat pro cvičné lety, přičemž je vyžadovaná schopnost létat lety dle pravidel IFR. Vzhledem ke stáří tohoto letounu (vyroben v 60. letech) se předpokládá jeho provoz maximálně po dobu deseti let. Tento předpoklad je určen očekávanou končící životností draku letounu. Z tohoto důvodu je voleno složení přístrojů takové, aby udrželo letoun po dobu provozování stále konkurenceschopné na poli cvičných letadel po dobu maximálně deseti let.

### **Komunikační systém:**

Dle předpisu JAR-OPS1 je nutné vybavit letoun dvěma, na sobě nezávislými komunikačními systémy. Tento požadavek lze splnit v zásadě dvěma způsoby:

1. Zástavbou jednoúčelových radiostanic
2. Zástavbou kombinovaných systémů, sdružující komunikační systém se systémem navigačním

Zástavba jednoúčelových radiostanic je vhodná pro lehké letouny, jež jsou vybaveny pouze základním vybavením. Pro potřeby této zástavby není použití jednoúčelových radiostanic vhodné z důvodů:

1. Navýšení hmotnosti zástavby
2. Zbytečnému nárůstu ovládacích prvků v pilotní kabině
3. Problematickému umístění v pilotní kabině

Proto jsem zvolil přístroj kombinovaný, sdružující komunikační systém se systémem navigačním. Toto uspořádání je standardní u všech novějších letadel této kategorie.

Přednosti tohoto řešení jsou především:

1. Kompaktní řešení COM/NAV systému, které umožňuje snadnou instalaci a zároveň není příliš náročné na prostor na palubní desce.
2. Minimalizuje počet ovládacích prvků v kabině letounu.
3. Nižší nárůst hmotnosti

Jako „první“ NAV/COM systém jsem zvolil Bendix/King KX-155. Jedná se o jednoduchý, ovšem zároveň precizní přístroj, slučující jednoduché ovládání s účelnými funkcemi. Důvodem jeho zařazení do tohoto systému bylo především jednoduché ovládání, které je zvláště vhodné pro začínající piloty. Tento přístroj naprosto dominuje na poli NAV/COM systémů. Je tomu tak především z důvodu jeho bezproblémového provozování. Není problém v ČR zajistit servisní organizaci, která je oprávněna provádět pravidelný servis tohoto přístroje. Uvádím zde několik možných alternativních přístrojů.

- Série Bendix/King - KX-125/145/160/165/170/175
- McCoy MAC-1700
- Narco MK-12D
- TKM MX-385
- Wulfsberg Electronic CCN-955

Jako „druhý“ NAV/COM systém jsem zvolil Garmin GNS-430W. Důvodem této volby je fakt, že 99% soudobých letadel (GA), vybavených pro lety IFR, je systémem GNS vybavena. Dominantní postavení na trhu má v tomto segmentu firma Garmin, kde jedinou, dnes vyráběnou alternativou k systému GNS-430 je použití systému Garmin GNS-530 od téhož výrobce.

Velmi rozšířenou kombinací je použití dvojice systémů GNS, kdy jeden přístroj plní funkce COM/NAV1 a druhý funkci COM/NAV2. I v této instalaci připadá tato alternativa v úvahu, ovšem pro výcvik je vhodnější kombinace KX-155 s GNS-430, a to ze dvou důvodů:

- Pilotní žák se naučí ovládat dva, svou filosofií rozdílné systémy
- KX-155 má jednoduché „flip-flop“ ovládání, které zároveň snese i hrubší zacházení, také z toho důvodu je tento přístroj zvolen jako COM/NAV1

## **Navigační systém:**

Dle JAR-OPS1 je vyžadována instalace systému VOR/ILS a ADF. Opět se naskýtá dvojitá možnost řešení. Možnost použít přístroj kombinovaný, či jednorázový. Systém ADF se dnes jako kombinovaný nevyrábí. U přijímačů VOR/ILS je situace jiná a je zde možnost volby.

## **Přijímač VOR/ILS:**

Při volbě komunikačního systému byla zvolena instalace kombinovaného přístroje COM/NAV. Ovšem jistou alternativou je též použití jednoho kombinovaného přístroje, např. GNS, dále jedné radiostanice a jednoho přijímače VOR/ILS. Nevýhodou tohoto řešení je, jak bylo zmíněno výše, nárůst ovládacích prvků, nárůst hmotnosti a problematická instalace systému. Značnou nevýhodou takového uspořádání by bylo, že by takto vybavený letoun postrádal jeden přijímač VOR. Předpis JAR-OPS1 sice nevyžaduje instalaci dvou VOR systémů, ovšem pro potřeby zajištění kvalitního výcviku je vhodnější mít na palubě letounu dva nezávislé přijímače signálu VOR.

Proto jsem zvolil již výše zmíněnou kombinaci přístrojů KX-155 a GNS-430. Oba systémy nabízejí příjem VOR/ILS signálu. GNS-430 navíc přijímá signál GPS. Alternativy možných podobných přístrojů byly zmíněny výše.

## **Marker:**

Pro cvičení létání ILS sestupů je nutné, aby byl letoun vybaven indikací Marker Beacon. Jsou v podstatě dvě řešení jak tento problém řešit. Buď se do avionického systému zakomponuje sdružený přístroj, jenž bude informaci MB indikovat, nebo použít samostatnou jednotku. Vhodným sdruženým zařízením může být například audio panel. Vhodným typem je například:

- Série Garmin GMA-340/347
- Série PS Engineering PMA-6000/7000
- Bendix/King KMA-26

Nevýhodou tohoto řešení je, že světelný indikátor je zabudován v čelním panelu audio panelu, který by bylo vhodné umístit přímo do primární zóny zorného pole pilota. Takovéto uspořádání by bylo značně komplikované. Proto jsem zvolil jinou alternativu, použil jsem samostatnou jednotku. Je možné si vybrat v podstatě ze dvou přijímačů:

- Bendix/King KR 22
- PS Engineering MB-10



Zvolil jsem PS Engineering MB-10. Tento indikátor je možné díky svým kompaktním rozměrům umístit přímo v zorném poli pilota. Ovšem je možné použít i KR-22. Žádný zásadní rozdíl mezi těmito přístroji není.

### **Přijímač ADF:**

Pro potřeby certifikace letounu pro lety IFR není dle L6 ani JAR-OPS1 zástavba systému ADF vyžadována. Ovšem pro zajištění kvalitního letového výcviku je vhodné systém ADF do letounu zabudovat. Na trhu je několik možných přístrojů.

- Série Bendix/King KR-85/86/87
- Collins ADF-650A
- Terra TDF-100D

Z nich jsem jako vhodný zvolil typ Bendix/King KR-87. Je ovšem nutné zmínit, že je možné zvolit jakýkoliv z těchto přístrojů. Hlavním důvodem, proč padla volba zrovna na KR-87, je jeho rozšířenost, což znamená i dostupný servis. Každý ze jmenovaných alternativních přístrojů potřebuje ke své činnosti svou specifickou anténu i indikátor.

### **Systém DME:**

Na trhu je jen několik systémů, vhodných pro tento letoun. Proto je v podstatě možné volit pouze z nabídky dvou výrobců:

- Série Bendix/King KI-62A/63/64
- Série Narco DME 190/890

Zvolil jsem Bendix/King KI-62A. Při výběru byl brán zřetel na údržbu tohoto systému. Firma Bendix/King má v tomto segmentu trhu téměř dominantní postavení a to i díky perfektnímu servisu. Díky volbě systému DME i ADF od téhož výrobce se náklady na pravidelnou údržbu značně snižují a to z důvodu, že měřicí aparatura je u obou systémů stejná.

### **ELT:**

Letoun musí být vybaven nouzovým vysílačem polohy ELT, který vyhovuje předpisu L10/III. Na trhu jsou v podstatě tři možné alternativy:

- Ameri-King AK-451
- Artex ME-406
- Kannad 406

Opět je možné použít jakýkoliv vysílač. Já jsem zvolil Kannad 406AF, a to pouze z důvodu jednodušší instalace. Tento vysílač nevyžaduje ke své činnosti připojení k palubní elektrické sběrnici. Tím je dosažena i nepatrná úspora hmotnosti.

### **Odpovídač:**

Předpis L6 vyžaduje instalaci odpovídače, pracujícího v módu S. Takovýchto přístrojů je na trhu nepřeberné množství. Proto uvedu jen některé z nich:

- Série Becker BXP 6401/6403
- Série Garmin GTX 328/330
- Série Trig TT 21/22/31
- Filser TRT 800H
- Funwerk TRT 800H

Jakýkoli z těchto systémů je možné zastavět do letounu. Jelikož není kladen zvláštní důraz na kompaktnost přístroje, tak opět rozhoduje při výběru odpovídače jeho rozšířenost a tím i servis. Dnes je zřejmě nejrozšířenějším odpovídačem v módu S, Garmin GTX-328. Ovšem pro tento avionický systém jsem zvolil Garmin GTX-330. Jedná se v podstatě o dva shodné přístroje s pouze jedním rozdílem, GTX-330 spolupracuje s TIS (Traffic Information Services). Tato technologie se používá zatím pouze v USA, ovšem v blízké budoucnosti se s jejím zavedením počítá i v evropském prostoru. Proto bude tento letoun pro použití této technologie připraven již dnes. GTX-330 je kompatibilní s GNS-430 na jejímž displeji bude informace z TIS zobrazena.

### **Encoder:**

Jelikož odpovídač sám o sobě není vybaven zařízením převádějícím statický tlak na digitální signál (grayův kód), tak musí být systém dodatečně takovým zařízením dovybaven. Naskýtá se několik možností. Buď použít kódovací výškoměr, nebo elektronický převodník. V této instalaci je zvolena levnější varianta, je tedy použito převodníku ACK A-30. Jedná se o přístroj kódující do nadmořské výšky 30 750ft (QNH 9370m). Možnou alternativou je též použití encoderu Ameri-King AK-350, jenž je se systémem zvoleného odpovídače kompatibilní.

## **Audiopanel:**

Letecký předpis L6 a L10 určuje kolik komunikačních i navigačních systémů letoun pro lety dle pravidel IFR musí mít zabudován. Jelikož nově budovaný systém má několik audio vstupů i výstupů, je nutné, aby je mohl pilot ovládat z jednoho místa. Proto je třeba do avionického systému zakomponovat i audiopanel.

K dispozici je několik různých přístrojů:

- Série Bendix/King KMA-24/26
- Série Garmin GMA-240/340/347
- Série PS Engineering PMA-6000/7000

Potřebám tohoto avionického systému plně vyhovuje audio panel Garmin GMA-240. Jedná se sice o starší typ, u něhož ovšem využijeme naprosto všechny nabízené funkce a vstupy. Díky tomu nebudou na palubní desce letounu žádné nefunkční ovladače (INOP), což by mohlo leckteré pilotní žáky mást.

## **Navigační indikátory:**

Existuje celá řada přístrojů, které umožňují zobrazení navigačně letových parametrů. Jedná se většinou o mechanické přístroje, které postupným vývojem dospěly do stádia, kdy se na trhu drží v daném segmentu vždy jen několik přístrojů od renomovaných firem. Dnešním trendem moderních zástaveb je elektronické zobrazení letových parametrů na velkoplošných displejích. Téměř všechny nově vyrobené letouny jsou těmito systémy vybaveny. Tento druh zobrazení ovšem přináší zcela specifické nároky kladené na pilota. Je proto vhodné, aby se pilotní žák již ve svém výcviku seznámil s pojetím obou zobrazení. Z tohoto důvodu volím jako vhodnou kombinaci zobrazení elektronické v kombinaci s mechanickým. Výhodou tohoto pojetí je:

1. Znalost leteckých žáků v používání obou pojetí zobrazení
2. Možné budoucí rozšíření systému (např. TCAD, TIS, Stormscope, EGPWS)
3. Udržení konkurenceschopnosti letounu na poli leteckého výcviku

Jako mechanický indikátor jsem zvolil Garmin GI-106A. Jedná se o přístroj, který je přímo doporučen pro použití k systému GNS-430.

Ovšem možných alternativ je celá řada, proto uvádím některé z nich:

- Série Bendix/King KI-202/203/204/206/208/208A/209/209A
- Série Bendix/King KI-525A, KPI-552/553
- Série Collins 331A-6P, 331A-9G
- Série Garmin GI-102/102A/106/106A
- Série Sperry RD-550A/650

Jako PFD jsem zvolil přístroj Aspen Avionic EFD-1000 PFD. Volba tohoto systému byla volena subjektivně, na základě několika hledisek:

- Systém musí být spolehlivý se zálohou své činnosti při poruše ostatních systémů, včetně napájení
- Systém musí plnit jak funkci PFD tak i ND
- Musí zajistit možnost budoucí modernizace
- Musí být vybaven integrovaným ADAHRS systémem
- Musí mít výstup kompasového systému
- Musí být vybaven nezávislým zpracováním aerometrických dat

Tyto požadavky plně plní zvolený přístroj EFD-1000, ovšem je třeba zmínit, že požadavky kladené na přístroj již ve svém zadání diskvalifikovali celou řadu kvalitních přístrojů. Uvádím zde proto několik osvědčených výrobců podobných přístrojů:

Advanced Flight Systems, Aspen Avionic, Bendix/King, Dynon, Garmin, Grand Rapids, Levil, MGL Avionics, OP Technologies, Sandel, TL Elektronik, Trutrak, atd.

### **Letové přístroje:**

Do letounu je též třeba zabudovat umělý horizont, rychloměr, výškoměr a variometr. Jelikož tyto přístroje vyrábí veliké množství firem, přičemž kvalita všech přístrojů je pro tuto zástavbu zcela vyhovující. Zvolil jsem výrobky české firmy Mikrotechna Praha a to především z důvodu patriotizmu, výbornému servisu a dobrou zkušeností s těmito přístroji. Pro úplnost uvádím několik alternativních výrobců:

- Falcon
- RC Allien
- RCA
- Winter

## **Antény:**

Pro činnost avionického systému je třeba antén. Každý systém vyžaduje pro svou činnost specifickou anténu. V instalačních manuálech daných zařízení jsou uvedeny povolené antény, s nimiž je zaručena bezchybná činnost systémů. Například ADF KR-87 spolehlivě pracuje pouze s anténou KA44B. Ostatní systémy, jež byli zvoleny pro tento avionický systém, umožňují volbu různých typů antén od různých výrobců. Na dnešním trhu v tomto segmentu spolu soupeří v podstatě dva výrobci.

- Comant
- RA Miller

Pro příjem GPS signálu je na trhu situace jiná. Existuje ohromné množství výrobců, kteří nabízejí antény s velmi proměnnou kvalitou. Proto jsem se při volbě GPS antény držel doporučení systému GNS-430 a zvolil anténu GA-56. Systém EDF-1000 a ELT mají antény, jež jsou součástí instalačního kitu.

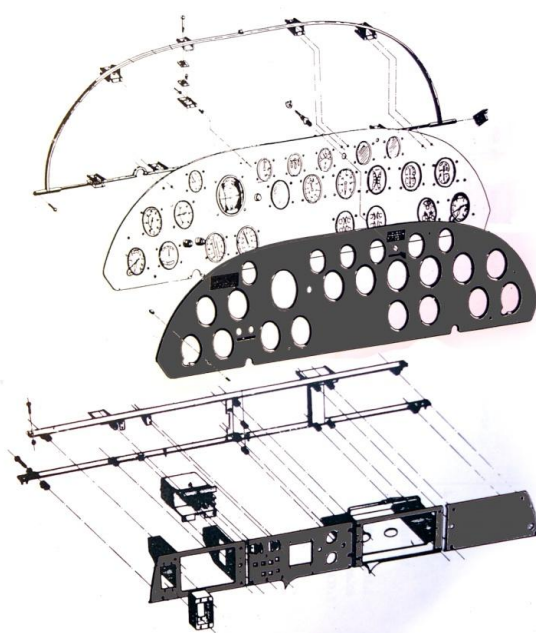
*Při výběru všech komponent, jež jsou zmíněny v této práci, jsem vycházel ze zkušeností a dat, jež jsem získal od firmy LD Aviation Prague.*

## 6. Návrh avionického systému

### 6.1. Mechanická část přestavby

#### Původní palubní deska:

Jako základ přestavby slouží továrně vyrobený letoun L-200D Morava. Palubní deska je uchycena v šesti úchytných bodech tvořených silenbloky přinýtovaných v draku trupové přepážky č.4. Nosná část je vystřížena z jednoho kusu duralového plechu tloušťky 1,2mm. Otvory pro přístroje jsou vyříznuty manuálně, stejně tak jsou i vyvrtány všechny otvory pro šroubové uchycení. Na nosné části je přišroubován vnější kryt, plnící pouze estetickou funkci. Vrchní části pilotní desky je přikryta tenkým dvoudílným tvarovaným plechem, který tvoří nosnou část šasi, do něhož je celá deska uložena. Na podélném středním trupovém nosníku je uchycena konzolka, do které je zabudován kompas LUN-1222.



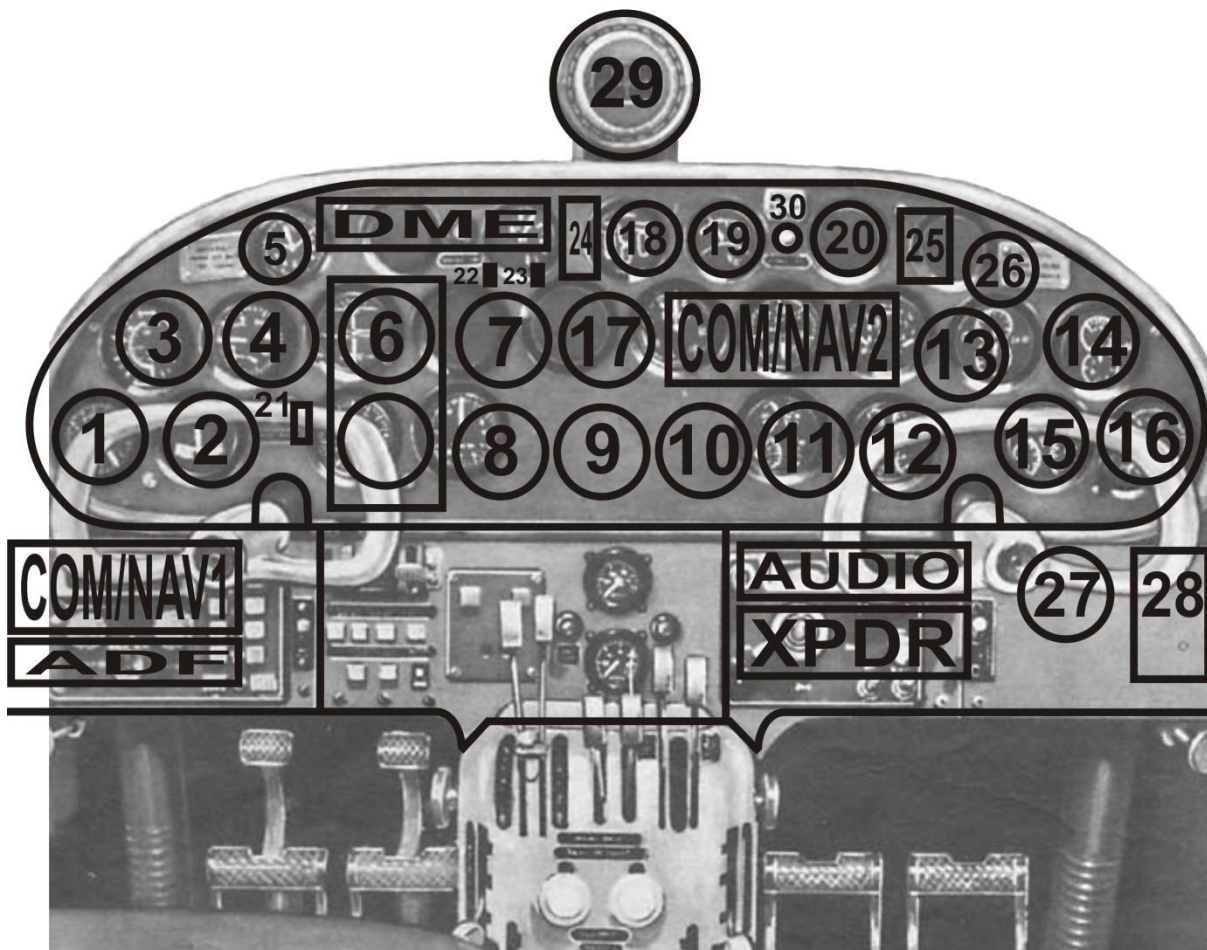
Obr.6.1 – Palubní deska L200D [14]

Spodní panel (elektrodeska) je též k draku uchycen přes silenbloky, které jsou přinýtovány v konzolce. Je složen z několika segmentů v nichž je umístěno šasi pro radiostanici LUN3521 a radiokompas RKL-301 (tento přístroj ovšem není zabudován). V střední části tohoto panelu je umístěno ovládání podvozku, vztlačových klapek a vrtulí. Je zde též indikace tlaku v hydraulickém a brzdovém systému. V pravé části je uchycena ovládací skříňka magnet.

#### Nová palubní deska:

Jelikož rozsah nově vzniklé přestavby je velice rozsáhlý, není proto možné provést pouze jednoduchou zástavbu do stávajícího systému, ani jednoduše přeskládat přístroje tak, aby vznikl prostor pro uložení nových přístrojů. Obrázek 6.2 názorně dokazuje, že nelze využít téměř nic z palubní desky. Proto je třeba vyrobit desku zcela novou. Vnější kryt i nosnou desku palubní desky je třeba zdemontovat a v další zástavbě nebude již použita. Podobně je tomu se spodním elektropanelem. U něj zůstane zachována pouze jeho střední část v které je uloženo ovládání letadlových systémů. Šasi i krycí panel radiostanice i radiokompasu je

třeba demontovat. Úchytná konzole celého panelu však musí být zachována, protože bude v nové zástavbě využita. Při demontáži všech panelů se snažíme je příliš nepoškodit. Budou totiž použity jako šablony při výrobě panelů nových. Jsou důležité jednak pro určení tvarových rozměrů desky, ovšem stejně tak i pro přesné svrtání všech úchytných bodů.



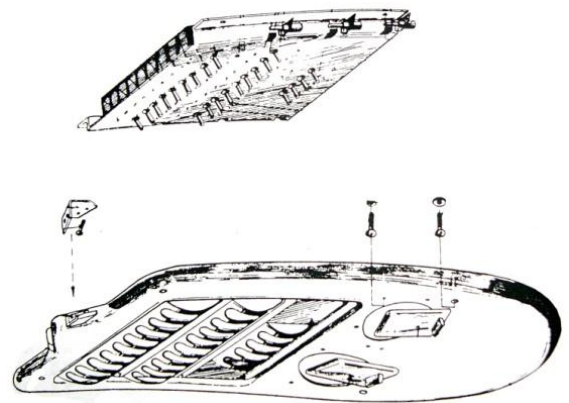
Obr.6.2 - Názorná ukázka rozvržení nové zástavby na pozadí původní (tovární). Pilotní deska, levý i pravý elektropanel je třeba zhotovit nový. Střední panel se středním sloupkem zůstane zachován

Nová palubní deska je zhotovena z duralového plechu o tloušťce 1,2mm. Tvar je přenesen z šablony, která je tvořená původní deskou. Po vystřížení a následném opracování jsou vyvrtány úchytné body, též dle šablony. Takto opracovaný polotovár se následně předá specializované firmě, která technologií řezání vodním paprskem zhotoví do desky příslušné otvory, pro uchycení přístrojů. Při výrobě je využito CNC strojů, které jsou ovládány specializovaným softwarem, který je naprogramován zaměstnanci dané firmy. Obdobným postupem jsou zhotoveny i oba spodní panely.

Získali jsme tímto velice přesně zhotovený základ nové palubní desky do které je nyní třeba zabudovat všechna šasi (racky) do nichž se montují bloky elektroniky. Tato šasi i potřebný spojovací materiál je součástí instalačních kitů daných zařízení. V racku je uložen blok COM/NAV1, COM/NAV2, ADF, DME, XPDR, PFD a audiopanel. Dále je třeba zamontovat pojistkový panel do elektrodesky. Velmi důležité je vodivé propojení šasí s tělem palubní desky. Pod šasi, do něhož se ukládá PFD, je třeba umístit speciální podložku (jedná se v podstatě o vějířovou podložku), která zajistí spolehlivé prokostření šasi. Ostatní systémy jsou vodivě propojeny pomocí nýtových spojů, či dodatečně kostřícím páskem. Je třeba již při výrobě nové desky počítat s nutným pospojováním nosné části pilotní desky s drakem letadla a to proto, že tělo desky je uloženo v nevodivých silenblocích. Přechodový odpor mezi těmito částmi musí být co nejnižší.

### **Panel jističů:**

Při nové zástavbě je využito stávajícího panelu jističů. Ten se skládá ze dvou základních částí. Z šasi, v němž jsou zamontovány jističe a z krytu, na němž jsou nalepeny štítky označující dané větve. Není zde třeba žádných zásadních změn. Pouze se do šasi zamontují dva jističe AZS25 a na kryt se doplní nové štítky.

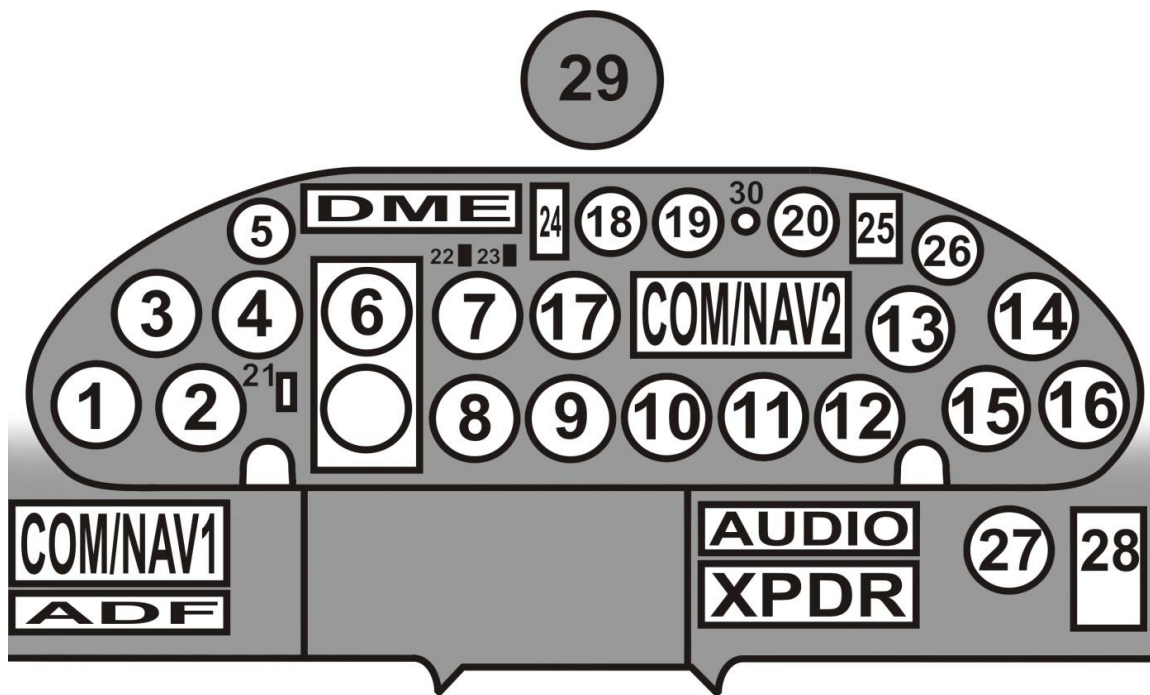


*Obr.6.6 – Panel jističů L200D [14]*

### **Panel pojistek:**

Dále je třeba zabudovat do pravého spodního panelu (elektrodesky) nově vyrobený panel pojistek. Jedná se v podstatě o plech rozměrů 150x75mm (tloušťky 1,2mm) v němž je vyvrtáno 15 otvorů pro montáž pojistkových pouzder.





Obr.6.7 – Rozmístění přístrojů na nové palubní desce letounu

Nové rozvržení pilotní desky			
č.	Název	č.	Název
1	Variometr č.1 (LUN-1145)	16	Variometr č.2 (LUN-1145)
2	ADF (KI-227)	17	Dvojnásobný ukazatel plnicího tlaku (2MW 18M)
3	Výškoměr č.1 (LUN-1128)	18	Indikátor vysunutí podvozku (LUN-1694)
4	Rychloměr č.1 (LUN-1106)	19	Indikátor polohy vztlakových klapek (LUN-1685)
5	Palubní hodiny (AVRM)	20	Volt-ampérmetr (LUN-2741)
6	PFD (EFD-1000PFD)	21	Hlavní spínač PFD (MS 35059-22)
7	HSI (GI-106A)	22	Dvoupólový přepínač MTS-500F (NAV1-NAV2)
8	Dvojnásobný otáčkoměr (LUN-1315)	23	Dvoupólový přepínač MTS-500F (NAV-GPS)
9	Čtyřnásobný ukazatel motorových údajů (LUN-1523B)	24	Indikátor Marker Beacon (MB-10)
10	Čtyřnásobný ukazatel motorových údajů (LUN-1523B)	25	Ovládací panel ELT (RC-200)
11	Palivoměr (LUN-1618)	26	Umělí horizont (LUN-1241) + Vypínač (TSP 103AA3)
12	Palivoměr (LUN-1618)	27	Teploměr vytápění (LUN-1355)
13	Dvojnásobný teploměr hlav válců (LUN-1394)	28	Pojistkový panel
14	Rychloměr č.2 (LUN-1101)	29	Kompas LUN-1222.1
15	Výškoměr č.2 (LUN-1121)	30	Nouzový snímač statického tlaku

<b>COM/NAV1</b> (KX-155)	<b>COM/NAV2</b> (GNS-430W)
<b>ADF</b> (KR-87)	<b>XPDR</b> (GTX-328)
<b>DME</b> (KN-62A)	<b>AUDIO</b> (GMA-240)

Tab.6.1 – Popis jednotlivých pozic z obr.6.7

Při návrhu rozmístění palubních přístrojů a jednotlivých ovládacích prvků bylo vycházeno z možností, které palubní deska letounu L200 umožňuje. Naskýtaly se v podstatě dvě možné koncepce:

- Vytvoření tzv. radiopanelu ve střední části palubní desky, s následným rozmístěním ostatních přístrojů kolem tohoto uskupení
- Rozmístění radionavigačních zařízení do vhodných pozic, které umožní jejich pohodlné ovládání, přičemž všechny ostatní přístroje budou umístěny přímo na palubní desce

První alternativa, tedy vytvoření radiopanelu, není pro tento letoun vhodná. Hlavním důvodem je nedostatečný prostor na palubní desce. Kdyby byl tento panel na ní umístěn, tak by již nebylo možné zamontovat přímo na palubní desku ostatní indiatory. Letoun L200 Morava je relativně složitý letoun, který má mnoho přístrojů které musí být přímo v zorném poli letové posádky. Proto umístění některých z nich na elektropanel by bylo nevhodné.

Pro rozmístění přístrojů byla tedy zvolena druhá alternativa, tedy koncepce individuálního rozložení přístrojů do nejvhodnějších pozic. Je vycházeno z předpokladu, že pilot/žák bude pilotovat letoun z levého sedadla a kopilot/instruktor bude sedět na straně pravé. Proto je kokpit navrhnut tak, aby pilot/žák měl co možná nejjednodušší přístup ke všem systémům a odečítání z indikátorů bylo pro něj co možná nejsnazší. Kopilot/instruktor má ovšem též možnost ovládat veškeré systémy, ovšem již jako sekundární člen. Primárním členem je pilot/žák.

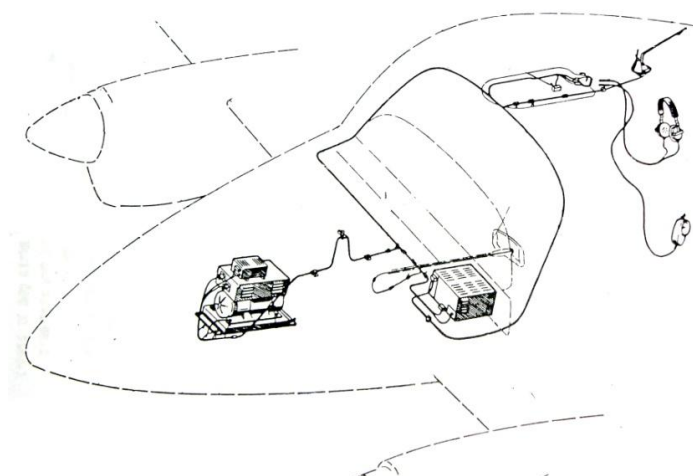
Volič COM/NAV1 a ADF je umístěn na levé straně radiopanelu, kde je umožněno pohodlné ovládání pilotu. Kopilot má k těmto voličům omezený přístup, což lze chápat jako jistou nedokonalost systému, stejně tak i umístění audiopanelu a odpovídače na straně pravé. Ovšem toto rozmístění je již praxí ověřené a nečiní přílišné problémy ani pilotním žákům. Volič COM/NAV2 je situován ve střední části pilotní desky, čímž je umožněno ovládání tohoto systému oběma členům posádky.

Primární letový display (PFD) je zabudován do střední části pilotovy palubní desky. V tomto sektoru plně splňuje požadavky, kladené na umístění PFD předpisem FAR23. Tedy umístění  $\pm 35^\circ$  od příčné osy pilotova pohledu. Přímou v jeho zorném poli. Dále je třeba zálohovat funkci

rychloměru, výškoměru a variometru tak, aby při výpadku PFD měl pilot tyto přístroje přímo v zorném poli. Proto jsou umístěny po levé straně PFD. V tomto sektoru je i umístěn indikátor systému ADF. Nad PFD je opět přímo v zorném poli umístěn systém DME a MB. Je takto zajištěno pohodlné odečítání údajů z těchto systémů. HSI je umístěn ve střední části palubní desky. Nad tímto přístrojem jsou přepínače volící řídicí navigační systém pro HSI a pro ladění DME. Motorové i drakové přístroje jsou rozmístěny ve střední části palubní desky, čímž je umožněno oběma členům posádky pohodlné odečítání údajů. JAR-OPS1 předepisuje umístit do zorného pole kopilota umělí horizont, rychloměr, výškoměr a variometr. Je tak učiněno v pravé části palubní desky. Ovládání systému ELT je situováno na straně kopilota. Teploměr vytápění se jako jediný přístroj nepodařilo umístit na palubní desku. Je proto zamontován do pravého elektropanelu, vedle panelu pojistek.

#### Demontované vybavení:

- Radiostanice LUN-3521
  - Anténa
- Měnič PAG-6
  - Kliminátor
  - Konzole
- Umělí horizont LUN-1202
- Zatačkoměr LUN-1213
- Směrový setrvačnick LUN-1272
- Výškoměr LUN-1121



Obr.6.8 – Demontovaná radiostanice s měničem [14]

#### Nově instalované vybavení:

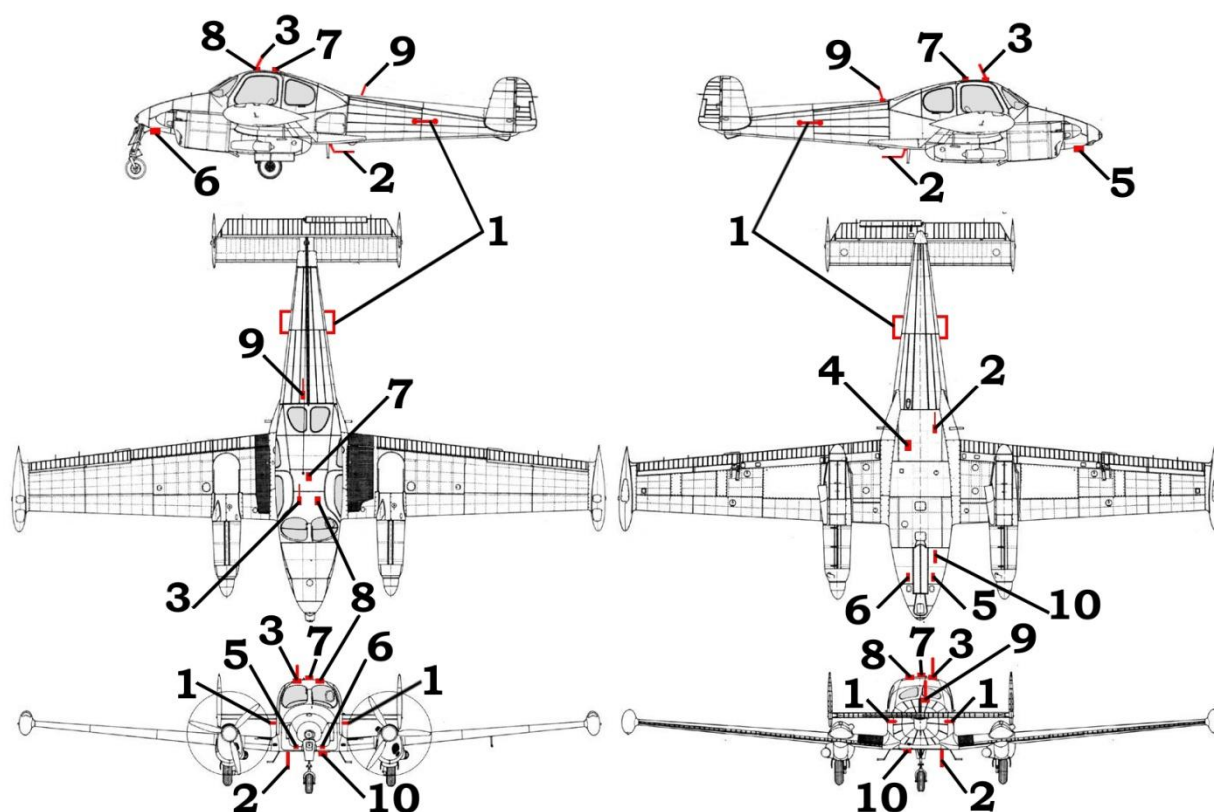
- Bendix/King KX-155
  - Anténa CI-205-3
  - Dělič CI-1125
- Garmin GNS-430W
- Garmin GTX-330
  - Anténa CI-105-7
  - Encoder ACK A-30
- Garmin GMA-240

- Garmin GI-106A
- EFD-1000 PFD
  - Anténa (RSM)
  - Příslušenství (ACU, CM)
- Kannad 406AF
  - Anténa ANT300
  - Ovládací panel
- Bendix/King KN-62A
  - Anténa CI-105-7
- Bendix/King KR-87
  - Anténa KA-44B
  - Bendix/King KI-227
- Rychloměr (LUN-1106)
- Výškoměr (LUN-1128)
- Umělí horizont (LUN-1241)
- Variometr (LUN-1145)

**Další vybavení:**

- Jističe AZS25
- Pojistková pouzdra K729
- Sada pojistek
- Přepínač MTS-500F
- Vypínač TSP 103AA3
- Kabeláž (RG58U, RG147, AWG18,20,22)

## 6.2. Anténní systém



Obr.6.9 – Rozmístění antén na letadle L200D Morava

č.	značka	typ antény	č.	značka	typ antény
1	NAV	Comant CI-205-3 VOR/GS	6	XPDR	Comant CI-105-7
2	COM1	Comant CI-122	7	GPS1	Garmin GA-56
3	COM2	Conant CI-291	8	GPS2	Remote Senzor Unit (RSM)
4	ADF	Bendix/King KA-44B	9	ELT	ANT300
5	DME	Comant CI-105-7	10	Marker	Comant CI-102

Tab.6.2 – Popis jednotlivých pozic z obr.6.9

### Instalace antén:

#### Anténa NAV1 (Comant CI-205-3)

Anténa je instalována v zadní boční části trupu. Je složena ze dvou prvků, instalovaných po bocích trupu. Slouží k příjmu signálu VOR/LOC a G/S. Jelikož oba tyto signály jsou vysílány na rozdílných kmitočtech, je v podstatě tato anténní soustava složena ze dvou samostatných antén. Součástí této antény je i anténní sdužovač, který umožní oba kmitočty přenášet jedním koaxiálním kabelem (RG142). Tento sdužovač je přinýtován v trupu letounu. Signál

je od antény veden k duálnímu rozdělovači (Comant CI-1125 VOR/GS Diplexer), který je umístěn za palubní deskou, kde je zanýtován do přepážky č.4. Toto zařízení rozdělí signál VOR/LOC a G/S na dva samostatné signály, které jsou přivedeny do obou navigačních přijímačů (KX-155 a GNS-430).

#### Comant CI-205-3 VOR/GS (P/N 11-17985)

- pracuje v pásmech 108-118 MHz (VOR/LOC) a 329-335 MHz (G/S)
- polarizace: horizontální
- impedance: 50 ohm
- hmotnost: 800g (včetně sdrůžovače)



Obr.6.10 – Anténa CI-205-3 [25]

#### Comant CI-1125 VOR/GS Diplexer (P/N CI-1125)

- pracuje v pásmech 108-118 MHz (VOR/LOC) a 329-335 MHz (G/S)
- duální rozdělovač určený pro dva VOR/ILS přijímače s jednou anténou



Obr.6.11 – Diplexer CI-1125 [25]

#### Anténa COM1 (Comant CI-122)

Tato anténa je umístěna ve spodní části centrovánu. Jedná se o nejvhodnější pozici, v které není anténa nijak zastíněna a má tak nejvyšší dosah. Nevýhodou tohoto uspořádání je možné poškození antény (např. při provozu letounu z travnatých ploch). Proto je použit speciální typ Comant CI-122, který je vhodný pro tuto instalaci. Jelikož těleso antény je ohnuté do určitého úhlu, mohla by nastat situace, kdy anténa bude souběžná s kovovým potahem letounu. Docházelo by tak k značnému útlumu přijímaného signálu na anténě vlivem vzájemného ovlivnění. Proto je možné v krajním případě anténu přihnout.

### **Comant CI-122 (P/N 11-17922)**

- Pracuje v pásmu 118-137 (VHF COM)
- Polarizace: vertikální
- Impedance: 50ohm
- Hmotnost: 340g



Obr.6.12 – Anténa CI-122 [25]

### **Anténa COM2 (Conant CI-291)**

Jedná se o typickou komunikační anténu. Je umístěna v pravé stropní části kokpitu. Toto umístění není sice ideální, ovšem pro činnost COM2 plně dostačuje.

### **Conant CI-291 (P/N 11-17991)**

- Pracuje v pásmu 118-137 MHz (VHF COM)
- Polarizace: Vertikální
- Impedance: 50ohm
- Hmotnost: 226g



Obr.6.13 – Anténa CI-291 [25]

### **Anténa ADF (Bendix/King KA-44B)**

Zařízení Bendix/King KR-87 potřebuje pro svou činnost anténu KA-44B od téhož výrobce. V tomto systému není možné použít jinou anténu. Blok KR-87 je sladěn s touto anténou a při použití jiné, by nebyla zajištěna spolehlivá činnost systému. Je umístěna ve spodní části centroplánu, v prostoru, který byl určen pro instalaci antény radiokompasu. V tomto prostoru je též zajištěna ideální vodorovná poloha antény, což je jeden z důležitých požadavků, pro přesnou činnost systému.



Obr.6.14 – Anténa KA-44B [21]

### **Antény DME a XPDR (Comant CI-105-7)**

Jelikož DME i XPDR využívá blízké frekvenční pásmo, tak je umožněno použít jeden typ antény pro oba systémy. Umístění antén je v přední části trupu, po obou stranách podvozkových šachet. Toto umístění je vhodné jak z funkčního hlediska, tak i z důvodu snadné montáže. Je zde totiž umožněn jednoduchý přístup skrz podvozkovou šachtu. Antény jsou polarizovány horizontálně, proto je využito vhodného tvaru trupu letounu v této části.

#### **Comant CI-105-7 (P/N 11-06817)**

- Pracuje v pásmu 960-1220MHz (DME, XPDR)
- Polarizace: Vertikální
- Impedance: 50ohm
- Hmotnost: 180g



Obr.6.15 – Anténa CI-105-7 [25]

### **Anténa GPS1 (Garmin GA 56)**

Navigační přístroj GNS-430 potřebuje pro své plnohodnotné využití GPS signál. Ten získává z antény namontované na hřbetu kabiny. Toto umístění zaručuje volný příjem signálu z družic. Je možné vybrat z široké palety GPS antén, ovšem typ GA-56 se v součinnosti se systémy GNS již mnohokrát osvědčil.

#### **Garmin GA 56 (P/N 10-10040-02)**

- Pracuje v pásmu 1575,42 MHz
- Polarizace: RHCP
- Impedance: 50ohm



Obr.6.16 – Anténa GA-56 [23]

### **Anténa GPS2, FLUX senzor, sonda OAT (RSM)**

Tato anténa plní funkci záložního přijímače GPS signálu pro systém EFD-1000. Dále je v pouzdře RSM zabudována FLUX anténa, která dodává informaci o přesném magnetickém kurzu do magnetického systému letadla. Kromě této funkce je přímo v těle antény



Obr.6.17 – Remote Sensor Unit [3]



zabudována teplotní sonda OAT a soustava akcelerometrů. V dokumentaci je označována jako RSM (Remote Sensor Unit). Tato anténa je namontovaná v levé stropní části pilotní kabiny. V tomto umístění jsou splněny všechny podmínky (úhly náběhu do sondy OAT i odklon od svislé roviny je v normě) včetně dodržení minimálních vzdáleností od zdrojů rušení. Příjem družicového signálu je zde výborný.

#### **Anténa ELT (ANT300)**

Tato anténa musí být umístěna maximálně 2m od vysílače. Proto je umístěna na vrchní části trupu, hned za zadními okny. V tomto místě je zajištěna její spolehlivá funkce, při minimální délce anténního kabelu.

**ANT300** (P/N 0124220)



*Obr.6.18 – Anténa ANT300 [8]*

#### **Anténa Markeru (Comant CI-102)**

V přední spodní části trupu, po pravé straně podvozkové šachty je umístěna anténa systému MB. Je určena pro příjem polohových návěstidel. Toto umístění je v podstatě ideální, jelikož anténa není od vysílačů nijak zastíněna a je namontována v téměř vodorovné poloze.

**Comant CI-102** (11-17931)

- Anténa pro příjem Markeru
- Pracuje na frekvenci 75 MHz
- Hmotnost: 270g



*Obr.6.19 – Anténa CI-102 [25]*

#### **Zásady pro instalaci antén**

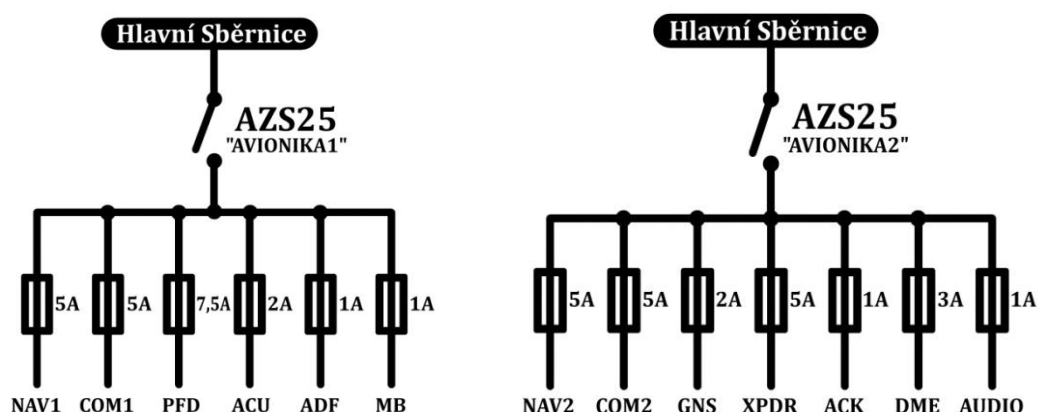
Při instalaci každé antény je třeba dbát několika zásad. Předně je nutné všechny styčné plochy mezi anténou a drakem letounu zbavit všech „nečistot“ (barvy, eloxování, oxidů...). Je tomu tak proto, aby bylo zajištěno vodivé propojení antény s drakem letounu. Ten tvoří tzv. protiváhu k anténě a má zásadní vliv na vlastnosti antény. Přechodový odpor by měl být co možná nejnižší. Další zásadou je dodržet správnou polaritu antén. Dané odchylky od

ideálních směrů jsou uvedeny v instalačních manuálech. V případě nemožnosti jejich splnění se pod anténu vkládají speciálně tvarované podložky, které uvedou anténu do ideální polohy. Posledním pravidlem je zamezení vniku vzdušné vlhkosti mezi drak letounu a anténu, čímž zabráníme vzniku izolační zoxidované vrstvy. Tuto izolaci provedeme běžným silikonovým tmelem, naneseným po obvodu antény.

### 6.3. Elektrické připojení avionického systému

Stropní panel jističů je doplněn o dvojici spínacích jističů AZS25. Jedná se o jednopólové, tepelně kompenzované jističe pro jmenovitý proud 25A. Jsou určeny pro letecké použití (dle ČSN EN 3773-001). Na pravém spodním panelu (elektrodesky) je umístěn panel pojistek. V něm je zamontováno 15 pojistkových pouzder K729 kde jich je 14 využito. Jedna pozice je připravena pro budoucí možné využití.

Napájení avionického systému je rozděleno do dvou samostatných větví („AVIONIKA1“ a „AVIONIKA2“). Každá větev je jištěna samostatným jističem AZS25 a vývod je připojen na svorkovnici umístěné za panelem jističů. Odtud je tažen kabelový svazek složený z třinácti vodičů k panelu pojistek. Odtud jsou již přímo napájeny připojené spotřebiče.



Obr.6.20 – Zapojení napájecích větví označených „AVIONIKA1“ a „AVIONIKA2“

Označení	Spotřebiče				
„AVIONIKA1“	KX-155	EFD-1000	ACU	KR-87	MB-10
„AVIONIKA2“	GNS-430	GTX-328	ACK A-30	KN-62A	GMA-240

Tab.6.3 – Zapojení spotřebičů v avionických napájecích větvích

## 7. Instalované systémy

V této kapitole jsou zhruba popsány jednotlivé instalované systémy. V příloze je umístěn INSTALAČNÍ MANUÁL MODERNIZACE, který je v podstatě hlavní částí této bakalářské práce. Je v něm podrobně popsána instalace jednotlivých systémů včetně názorných blokových schémat.

### COM/NAV 1

Bendix/King KX-155 je sdružený navigační a komunikační přístroj. V tomto avionickém systému plní funkci „první“ navigace (NAV1) i komunikace (COM1). Navigační systém se skládá z přijímače signálu VOR a ILS (LOC/GS). Komunikační systém pracuje v leteckém pásmu frekvencí 118,000 - 136,975MHz s ladícím krokem 25kHz, čímž umožňuje naladit 760 kanálů. Vysílací výkon rádia je 10W. Hlavním indikátorem NAV1 je EFD-1000. Předností tohoto systému je jednoduché ovládání společně s bytelnou konstrukcí, která jej činí ideálním pro použití v cvičném letounu.



Obr.7.1 – Panel KX-155A [30]

### COM/NAV/GPS 2

Funkci druhého navigačního systému plní Garmin GNS-430W. Jedná se o velmi sofistikovaný přístroj, který slučuje klasický radionavigační systém (VOR/ILS) s družicovou navigací (GPS). Zároveň plní funkci druhé radiostanice. Tento systém je v podstatě srdcem celého přístrojového vybavení letounu. Nabízí celou řadu zajímavých funkcí, o které bude možné v budoucnosti tento avionický systém rozšířit.

Uvádím zde proto některé jeho možné budoucí modifikace:

- Snadné napojení na systém řízení letu
- Napojení na systém EFIS
- Spolupráce se systémem TCAD (Traffic and Collision Alert Device)
- TIS (Traffic Information Service)
- Funkce Stormscope (Detekce blesků v okolí letounu)
- Příjem meteosituaace ze systému NEXRAD (NEXT generation RADar)
- Příjem a zobrazení aktuální informace METAR (pravidelná letecká správa o počasí)
- Spolupráce se systémem EGPWS (Ground Proximity Warning Systém)
- Možnost indikace spotřeby paliva (Fuel Flow) a množství paliva

Tyto pokročilé systémy jsou již pomalu uváděny v činnost především v USA. Ovšem očekává se jejich budoucí rychlé rozšíření i v západní Evropě. Proto se již dnes stalo zakomponování systému GNS do každého nově budovaného avionického systému téměř standardem.

V paměti přístroje je uložena „podkladová“ mapa, která čerpá z databází Jeppesen®. Je nutné provádět pravidelné aktualizace (dle ACJ OPS 1.873).

Komunikační systém pracuje v rozsahu frekvencí 118,000 - 136,975MHz s ladícím krokem 25kHz. Nominální vysílací výkon činí 10W.



Obr.7.2 – Panel systému GNS-430W a jeho indikátor GI-106A [23]

## ADF (Automatic Direction Finder)

Letecký předpis L6 ani JAR-OPS1 nezahrnuje systém ADF do povinného vybavení pro lety podle pravidel IFR. Jelikož je ovšem pro potřeby výcviku nutné, aby letecký žák dokázal s tímto systémem pracovat, je zahrnut i do tohoto avionického systému.

Přístroj Bendix/King KR-87 je automatický radiokompas, který pro svou činnost vyžaduje anténu Bendix/King KA-44B a indikátor RMI Bendix/King KI-227. U tohoto systému není možné typ antény zaměnit a to ani v případě, že by parametry nové antény byly totožné s KA-44B. U volby indikátoru ovšem již toto pravidlo neplatí a je možné vybrat z široké palety nabízených typů. Celý tento komplet udává přímý směr (vektor) k vysílači NDB. Jelikož frekvenční rozsah ADF je od 200kHz do 1799kHz (ladící krok je 1kHz) tak je možné naladit jakýkoli AM vysílač z tohoto spektra, tedy i většinu pozemních rozhlasových vysílačů.

Přístroj KI-227 je typem indikátoru RMI, to znamená, že indikuje kromě vektoru k vysílači NDB též i magnetický kurz letounu. Tato kombinace umožňuje pilotovy, vylučovat snos větrem od zvolené trati.



Obr.7.3 – Panel KR-87 a jeho indikátor KI-227 [13]

## DME (Distance Measuring Equipment)

Předpis L6/I vyžaduje pro certifikaci letounu pro lety prováděné dle pravidel IFR zástavbu dálkoměrného systému DME.

Bendix/King KN-62A je jeden z nejrozšířenějších dálkoměrných systémů DME používaných na letounech kategorie GA. Umožňuje měření všech základních veličin, které systém DME měřit nabízí. Tedy šikmou vzdálenost k vysílači, traťovou rychlost (směrem k vysílači) a vypočítává čas potřebný k dolétnutí do cíle (nad vysílač). Tento systém úzce spolupracuje se systémem VOR. KN-62A umožňuje naladění 200 kanálů. Maximální dosah, při kterém splňuje požadavky dané předpisem L10 je 389NM (720km).



Obr.7.4 – Panel KN-62A [9]

## Odpovídač (XPDR)

Jelikož evropské předpisy vyžadují zástavbu odpovídače, který je schopným vysílat v módu S, tak je pro zástavbu zvolen osvědčený typ GTX-330 od firmy Garmin. Tento přístroj plně splňuje požadavky určené předpisem L/6 a i nově ICAO Annex 10.

Garmin GTX-330 je odpovídač vysílající v módu A, C, S. Přístroj dovoluje připojení teplotního čidla snímající venkovní teplotu vzduchu (OAT), ovšem při této zástavbě není tato možnost využita. Další funkcí je měření a indikace přesného letového času a „stopky“. Jelikož je do přístroje přivedena informace o přesné nadmořské výšce letu, tak je možné si tento údaj nechat zobrazovat přímo na displeji. Předvolba „squawk“ kódu se provádí pomocí tlačítek umístěných na čelním panelu přístroje a na LCD displeji se ihned zobrazuje nastavený kód. Tento odpovídač je kompatibilní se systémem TIS.



Obr.7.5 - Panel GTX-330 [7]

## PFD (Primary Flight Display)

Moderním trendem v letectví je již po několik let zástavba elektronických zobrazovacích jednotek do palubních desek letounů. Letecký předpis vyžaduje, při použití systému PFD zálohování některých jeho funkcí. Předepisuje montáž záložního barometrického rychloměru, výškoměru a variometru do zorného pole pilota. Tímto je zajištěno zobrazení hlavních letových údajů v případě poruchy na systému PFD, či palubní elektrické síť.

Aspen Avionic EFD-1000 PFD je velmi pokročilý systém sdružující několik přístrojů do jednoho ceiku. Konkrétně zcela autonomní umělý horizont, barometrický výškoměr, rychloměr, variometr. Dále plní funkce zatáčkoměru, gyrokompasu (Heading Indikátoru), HSI (Horizontal Situation Indicator) a zobrazuje informace získané z GPS. EFD1000 plní též funkci ADC (Aerometric Data Computer). Funkce FD (Flight Director) pro systém autopilota není v tomto avionickém systému využita.

EFD1000 má integrovaný ADAHRS (Air Data, Altitude and Heading Reference System). Ten obsahuje gyroskopický systém doplněný soustavou akcelerometrů a FLUX snímačem. Celý systém spolupracuje s ADC a GPS. Tato kombinace činí z EFD1000 velice sofistikovaný systém, jehož další vývoj skýtá netušené možnosti.

Pro případ ztráty signálu z přijímače GPS1 (GNS-430), je systém EFD1000 vybaven svým vlastním GPS přijímačem. Anténu pro tento záložní systém tvoří RSM jednotka (Remote Sensor Modul), která sdružuje GPS anténu s teplotním čidlem OAT, FLUX senzorem a soustavou akcelerometrů.

Přístroj je vybaven záložním zdrojem elektrické energie (14V ACCu packem), který je schopen napájet systém EFD1000 minimálně po dobu 30min. Jedná se v tomto případě o nadstandardní vybavení, které není pro tuto kategorii letadel předpisem vyžadováno.



Obr.7.6 – EFD1000PFD [3]

## AUDIO panel

Jelikož je do letounu nainstalováno několik systémů, které mají výstup do audio systému letadla, je třeba použít audio panel. Jedná se v podstatě o řídicí jednotku, prostřednictvím již je pilotovi umožněno audio systém ovládat. Tento letoun má dva komunikační systémy, čtyři navigační systémy s audio výstupem a dva varovné systémy (o dosažení zadané výšky letu). Proto je systém navržen tak, aby jej mohl pilot ovládat z jednoho místa.

Panel GMA-240 je navržen pro ovládání dvou komunikačních systémů (COM1, COM2). Dále obsahuje vstupy pro dva navigační systémy (NAV1, NAV2) a zároveň umožňuje připojení ADF i DME. Toto zařízení dovoluje připojení tří varovných systémů (MB, XPDR a PFD). Poslední využitá nadstandardní funkce je možnost připojení telefonu, či MP3 přehrávače.

Do audio systému je připojen pilot, copilot a dva pasažéři. Všichni připojení účastníci mohou navzájem komunikovat po síti intercom, ovšem vysílat do prostoru může pouze letová posádka (pilot, copilot). Každý účastník má svůj vlastní konektor pro připojení sluchátek (Jack 6,3mm). Pro zvýšení komfortu pro cestující umožňuje tato instalace během letu přehrávat hudbu z externího MP3 přehrávače. Ten je možné připojit 2,5mm jackem přímo do čelního panelu GMA-240, nebo do konektoru umístěného v prostoru cestujících.



Obr.7.7 – Panel audio panelu GMA-240 [5]

## ELT (Emergency Locator Transmitter)

Letecký předpis L6/I klade na provozovatele letounů povinnost vybavit své letouny automatickým polohovým majákem nehody (ELT), který pracuje zároveň na frekvenci 121,5 MHz a 406 MHz (dle předpisu L10/III).

Pro potřeby této instalace tedy je třeba instalovat jeden automatický ELT. Předpisu plně vyhovuje přístroj od firmy Kannad 406AF. Jedná se o přístroj komunikující se systémy



COSPAS-SARSAT, FCC na frekvencích 121,5 MHz a 406 MHz. Zároveň podporuje všechny dosud schválené kódovací ELT protokoly. Je určen přímo pro kategorii letounů GA. Předností tohoto zařízení je především jeho snadná instalace. Tento systém pracuje nezávisle na palubní síti letounu. Jako zdroj energie slouží pouze interní baterie (2x LiMnO<sub>2</sub>). Další předností jsou malé rozměry zařízení (131 x 86 x 75,4mm) a nízká hmotnost (850g - 875g). Tělo vysílače je vyrobeno z polykarbonátu, čímž je splněna podmínka žáruvzdornosti a voděodolnosti. Barva zařízení je žlutá (RAL1018). Aktivace zařízení je buď automatická či manuální.

Parametry při aktivaci systému:

- Na frekvenci 406 MHz ( $\pm 1$  kHz) vysílá minimálně po dobu 48h s výstupním výkonem 5W (37dBm  $\pm 2$ dB)
- Na frekvenci 121,5 MHz ( $\pm 6$  kHz) vysílá minimálně po dobu 48h s výstupním výkonem 100-400 mW (20 - 26dBm)

*(Parametry přístroje Kannad406AF jsou převzaty z Kannad406AF Installation Manual)*



Obr.6.8 – Komponenty systému ELT. Vysílač Kannad406AF, ovládací panel RC200 a anténa ANT300

[8]

### Marker Beacon (MB)

Součástí systému ILS je i indikace Marker Beacon (polohových návěstidel). Pro cvičení létání dle přístrojů a především pro nacvičování letových postupů je třeba, aby byl letoun takovýmto indikátorem vybaven.

V tomto avionickém systému je instalován přijímač MB-10. Jedná se o samostatnou jednotku, která signalizuje pilotovy přelet návěstidla světelně i akusticky.



Obr.7.9 – MB-10 [15]

## 7.1. Další přístroje

### Zástavba umělého horizontu

Pro vyhovění předpisu JAR-OPS1 je nutné, aby letoun byl vybaven dvěma umělými horizonty. Funkci prvního horizontu plní EFD-1000. Druhým přístrojem je LUN-1241. Jedná se o jednoduchý elektrický horizont s podélným sklonoměrem. Na čelním panelu je aretační tlačítko a volič polohy letadélka. Dále je přístroj vybaven indikací provozního stavu a osvětlením.



Obr.7.10 – LUN-1241 [28]

### Zástavba rychloměru

Letoun je vybaven dvěma rychloměry. Původní LUN-1101 je zachován, pouze se přesunul z levé strany palubní desky na pravou. Nově je zabudován rychloměr LUN-1106, což je nově vyráběný LUN-1101. Jedná se tedy v podstatě o shodné rychloměry, měřící rychlost od 0-400 km/h s jediným rozdílem. LUN-1106 je vybaven osvětlením.



Obr.7.11 – LUN-1106 [29]

### Zástavba výškoměru

Obdobně jako u rychloměru je třeba zamontovat do letounu jeden nový výškoměr, přičemž původní přístroj (LUN-1121) zůstal zachován. Pouze se přemístil z levé strany pilotní desky na pravou. Nově instalovaný LUN-1128 je tří ručičkový výškoměr se stupnicí cejchovanou ve stopách (od -1000ft do 20000ft), který je vybaven osvětlením. Na čelním panelu je umístěn volič QNH.



Obr.7.12 – LUN-1128 [29]

### Zástavba variometru

Indikace vertikální rychlosti musí být též zdvojená. Proto je k již stávajícímu variometru (LUN-1145) přidán tentýž variometr (LUN-1145), který je pouze dovybaven osvětlením stupnice.

## 8. Závěr

Modernizací letounu L200D Morava jsme získali z původně avionicky zastaralého letounu stroj, jež plně obstojí v konkurenčním boji cvičných letounů. Provozní náklady tohoto letounu se nijak zvlášť nenavýšily, přičemž užitná hodnota stroje se zvýšila výrazně. Z tohoto důvodu je umožněno letovou hodinu prodávat za vyšší cenu, což znamená pro provozovatele jasné navýšení čistého zisku. Certifikace stroje pro létání letů dle pravidel IFR též znamená možnost nasazení letounu na létání obchodních letů. Takováto modernizace lze ovšem použít i na jiných letounech než je L200. V podstatě popsany návrh přestavby zastaralého avionického systému lze aplikovat i na jiných typech letounů. Proto je možné tuto práci chápat jako jakýsi univerzální balíček potřebných úprav staršího letounu, pro dosažení stroje kvalitativně na vyšší úrovni. Použité přístroje a systémy v tomto návrhu jsou vybrány tak, že společně tvoří kompaktní celek, jenž je prakticky nezávislý na okolních systémech letounu. Je tak umožněna snadná integrace tohoto avionického systému do téměř libovolného stroje. Při návrhu tohoto systému byl brán zřetel na nízké pořizovací náklady, snadnou a dostupnou údržbu a též i možnost jeho budoucího rozvoje. Zvolené přístroje jsou voleny tak, že se v podstatě jedná vždy o jedny z nejrozšířenějších zařízení ve své kategorii. Jediným neobvyklým přístrojem je systém EFD1000PFD jenž se stal jakýmsi srdcem tohoto avionického systému. Jedná se dnes o naprostou novinku, jež si musí ještě vydobýt své postavení na trhu. Umožňuje bohatý budoucí rozvoj, který umožní udržet tento systém po určitou dobu na špičce ve své kategorii. Ve dnech dokončování této práce se v časopisu Aero Hobby (březen 2010) objevil článek, s názvem „První Dvoustovka se skleněnou palubou“, který představuje modernizaci letounu L200. Tuto přestavbu realizovala firma Aviation Service a.s. na přelomu roku 2009-2010. Z porovnání zvoleného vybavení tohoto návrhu s již realizovaným strojem je patrná značná podobnost a to především použitím systému EFD1000. Tento fakt potvrzuje oprávněnost i zvolené pojetí návrhu modernizace popsané v této práci a je možné i v budoucnosti očekávat další podobné projekty.

## **8.1. Zhodnocení cílů**

Tato práce podrobně popisuje návrh modernizace již zastaralého avionického systému. Obsahuje výtah z leteckých předpisů, v němž je vyjmenováno nutné vybavení letounu, které umožní jeho certifikaci pro IFR lety. Jelikož pro přestavbu by zvolen letoun L200D, tak je v úvodní části popsán jeho avionický systém. Pro vyšší názornost je text doplněn řadou blokových schémat a nákresů. Při návrhu konkrétního avionického systému byly použity standardní přístroje, které se v této kategorii letounů instalují. Anténní systém byl převzat a mírně modifikován z již realizovaných projektů. V příloze je umístěn INSTALAČNÍ MANUÁL MODERNIZACE, zahrnující popis jednotlivých přístrojů a především jejich instalaci. Tento manuál je nosnou částí celé této práce. Dále je do přílohy umístěno doplnění letové příručky v užívání navrženého avionického systému. Celá práce byla konzultována s odborníky z firmy LD Aviation, kteří shledali tento systém jako funkční a realizovatelný.

## 9. Seznam použitých pramenů

### Literatura:

- [1] Avionics Fundamentals, Jeppesen & United Airlines, USA, 2006, ISBN 978-0884874324
- [2] Avionics Systems, Pilot's Guide, Honeywell Inc., USA, 2002
- [3] EFD1000 Installation Manual, Aspen Document A-01-126-00, Revision C, Aspen Avionics Ins., USA, 2008
- [4] GI102A/106A, Installation Manual P/N 190-00180-00, Revision C, Garmin Ltd., USA, 2001
- [5] GMA240, Installation Manual, P/N 190-00917-01, Revision A, Garmin Ltd., USA, 2008
- [6] GNS430, Installation Manual, P/N 190-00140-02, Revision N, Garmin Ltd. USA, 2008
- [7] GTX330 GTX330D Transponder, Installation Manual P/N 190-00207-02, Revision G, Garmin Ltd., USA, 2004
- [8] KANNAD 406 AF-COMPACT, Installation Manual DOC06006C, Revision 02, Kannad, France, 2007
- [9] KN 62/62A/64 Manual, Installation Manual P/N 006-00144-0007, Revision 7, Honeywell Inc., USA, 2004
- [10] Draxler, K., Fábera V., Roháč J.: Studijní modul M5, Digitální technologie/elektronické přístrojové systémy, CERM s.r.o., Brno, 2003
- [11] ČVÚT Praha: Studijní modul M13, Aerodynamika, konstrukce a systémy letadel, CERM s.r.o., Brno, 2004, ISBN 80-7204-395-1
- [12] Svět křídel: Učebnice pilota 2006, Nakladatelství letecké literatury SVĚT KŘÍDEL, Praha, 2006, ISBN 80-86808-28-9
- [13] KR87 Manual, Installation Manual P/N 050-01756-0001, Revision 6, Honeywell Inc., USA, 2004
- [14] Kusovník letounu L200A a L200D, Kniha 2, Do-L200AD-2050.0, Let a.s., Uherské Hradiště, 1961
- [15] MB10, Installation Manual and Operation Manual P/N 200-023-0001, PS Engineering Inc., USA, 2009
- [16] Model A-30 Altitude Digitizer Operation Manual, Installation Manual, ACK Technologies Inc., USA, 2003
- [17] Orlita, A.: článek První „Dvoustovka“ se skleněnou palubou, Aero Hobby, Aeromedia a.s., Praha, 2010, ISSN 1214-4975
- [18] Powell J.: Aircraft Radio Systems, Jeppesen, USA, 1990, ISBN 978-0891003564

[19] Quick Shot Revision 3, Avionics Installation Reference Manual, EDMO Distributors, Inc., USA, 2001

**Internetové zdroje:**

[20] [www.ackavionics.com](http://www.ackavionics.com) (1.2.2010)

[21] [www.aircraftspruce.eu](http://www.aircraftspruce.eu) (8.5.2010)

[22] [www.aspenavionics.com](http://www.aspenavionics.com) (1.5.2010)

[23] [www.buy.garmin.com](http://www.buy.garmin.com) (4.4.2010)

[24] [www.caa.cz](http://www.caa.cz) (4.4.2010)

[25] [www.comant.com](http://www.comant.com) (4.4.2010)

[26] [www.google.cz](http://www.google.cz) (8.5.2010)

[27] [www.lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm](http://www.lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm) (8.4.2010)

[28] [www.mikrotechna.cz](http://www.mikrotechna.cz) (1.3.2010)

[29] [www.ps-engineering.com](http://www.ps-engineering.com) (1.2.2010)

[30] [www.seaerospace.com](http://www.seaerospace.com) (8.5.2010)

## 10. Seznam příloh

- **Příloha A**
  - **INSTALAČNÍ MANUÁL MODERNIZACE**
- **Příloha B**
  - **Návrh kapitoly letové příručky pro užívání avionického systému**
- Příloha C - Antény
  - Comant CI102
  - Comant CI105
  - Comant CI122
  - Comant CI205-3
  - Comant CI291
  - Comant CI1125
  - RG142 Coax Cable
- Příloha D - Instalační manuály
  - A30 Installation Manual
  - DME KN62,62A,64 Installation Manual
  - EFD1000 Installation Manual
  - GI106A Installation Manual
  - GMA240 Installation Manual
  - GTX330 Installation Manual
  - Kannad 406AF Installation Manual
  - MB10 Installation Manual
  - Registrace a kódování ELT
- Příloha E - Přístroje
  - LUN 1106 Rychloměr
  - LUN 1128 Výškoměr
  - LUN 1241 Umělý Horizont
- Příloha F - Uživatelské příručky
  - ADF KR-87 Pilot Guide
  - EFD-1000PFD Pilot Guide
  - GNS-430 Quick Reference
  - GNS-430 Pilot Guide
  - GTX-330 Pilot Guide
  - KN62A, KN64 Pilot Guide
  - KX-155, KX-165 Pilot Guide

## **Závěrečné poděkování:**

*Mé poděkování zaslouží za odborné konzultace a množství zapůjčeného materiálu*

Pan Josef Brada

Na závěr práce bych též rád poděkoval těmto osobám:

- Hranický Josef
- Jícha Petr
- Medvědév Michail
- Perets Sergej
- Podhořanský Karel
- Smrž Vladimír
- Trnka Jan
- Vobořil Božetěch

*Děkuji*