



# NAPÁJANIE AVIONIKY LIEDADIEL S KLASICKOU AVIONIKOU A GLASS KOKPIT

**Matúš Chmelan**  
Air Transport Department  
University of Žilina  
Univerzitná 8215/1  
010 26 Žilina

**Andrej Novák**  
Air Transport Department  
University of Žilina  
Univerzitná 8215/1  
010 26 Žilina

## Abstract

*The bachelor thesis focuses on the analysis of avionics systems and their power sources on board aircraft. It describes the evolution of the basics of avionics systems that have gradually evolved into their modern form and describes the standards that B2 licensees must meet to be authorized to perform maintenance on these systems. It focuses primarily on defining power system requirements from a safety and regulatory perspective. An analysis of glass cockpit designs from five avionics system manufacturers will be performed, comparing the cost, power consumption and compatibility of these products. The set of standards and regulations that each avionics system must meet to be eligible for civil operation will also be summarised. Finally, this thesis raises awareness of the entire process of development, maintenance, certification and operation of avionics systems and their power supplies.*

## Keywords

*Glass cockpit, classic avionics, electrical system, Part 66-B2*

## 1. Úvod

V oblasti avioniky sme svedkami pôsobivého vývoja, ktorý nás previedol cez štyri základné typy systémov: distribuovanú analógovú sústavu, distribuovanú digitálnu sústavu, združenú digitálnu sústavu a integrovanú modulárnu sústavu.

Distribuovaná analógová sústava bola prvým krokom, sústavou bodových riešení s množstvom káblov na zabezpečenie spojov. Aj keď spoľahlivá, táto sústava vyžadovala veľké množstvo zložitých elektromechanických prístrojov, čo zvyšovalo cenu a náklady na údržbu. Distribuovaná digitálna sústava priniesla technologický posun, využívala zbernicu dát ARINC 429 a postupne prechádzala na moderné zobrazovacie jednotky ako EFIS, EICAS a ECAM. Toto zlepšenie znamenalo nižšiu váhu, cenu a zjednodušené modifikácie, čo výrazne zvýšilo výkon a spoľahlivosť.

Združená digitálna sústava vytvorila prepojené a vzájomne závislé avionické systémy, čo zjednodušilo zdieľanie informácií a zlepšilo celkové fungovanie. ARINC 629, odvodený od MIL-STD-1553B, umožnil rýchly a flexibilný prenos dát medzi terminálmi.

Integrovaná modulárna sústava (IMA) bola revolúciou v avionike, znížila váhu, náklady na údržbu a vytvorila univerzálny výpočtový prostriedok. Norma ARINC 664 umožnila rýchlu a spoľahlivú duplexnú komunikáciu s rýchlosťou 100 MB/s prostredníctvom Ethernetu.

Vývoj avionických systémov sa sústreďuje na splnenie prevádzkových požiadaviek, ako je spôsobilosť pre prevádzku, spoľahlivosť, údržba, certifikovateľnosť, cena, technické ohrozenie, hmotnosť a spotreba elektrickej energie. Na údržbu avionických systémov je potrebná licencia Part 66- B2, ktorá vyžaduje základné vedomostné požiadavky a zručnosti, ako aj skúsenosti v rôznych oblastiach komunikácie, prístrojov,

sledovacích a navigačných zariadení. Držiteľia tejto licencie sú oprávnení vykonávať údržbu na elektrickej sústave lietadla, avšak na určitých lietadlách, označených ako Skupina 1, môže byť vykonávaná len na základe type ratingu.

Tento vývoj od distribuovanej analógovej sústavy až po integrovanú modulárnu sústavu ukazuje dynamiku a pokrok v avionike, ktorý sa zameriava na zlepšenie výkonu, spoľahlivosti a efektívnosti, pričom zároveň spĺňa prísne prevádzkové požiadavky a normy.

Porovnanie napájania prístrojov v general aviation (GA) sa zaoberá rôznymi aspektmi zdrojov a systémov elektrickej energie, dizajnom batérií, systémami generovania elektrickej energie a ochranou elektrického obvodu.

Zdroje elektrickej energie musia byť navrhnuté tak, aby dodávali požadovanú energiu pri vhodnom napätí a musia byť chránené pred poškodením a nebezpečenstvami pre posádku a lietadlo. Batérie sú podrobne špecifikované, vrátane bezpečnostných opatrení a požiadaviek na ich fungovanie, a musia byť schopné zásobovať lietadlo po dobu 30 minút v prípade zlyhania generátorov. Systémy generovania elektrickej energie musia byť spoľahlivé a mať integrované ochranné prvky a signalizáciu porúch. Ochrana elektrického obvodu musí zahŕňať ističe a poistky a ochranu pred požiarom. Elektrické káble a vybavenie musia spĺňať špecifické požiadavky na odolnosť a bezpečnosť.

V rámci GA existujú dve hlavné kategórie elektrických sústav - 14 voltové a 28 voltové, ktoré ovplyvňujú rozvoj analogových a sklenených kokpitov. Základná elektrická sústava zahŕňa alternátor/dynamo, akumulátor, hlavný vypínač, regulátor napätia a ďalšie komponenty. Dynamá s bočným vinutím sú často používané na vytváranie jednosmerného prúdu v lietadlách GA.

Klasický kokpit, s množstvom analógových prístrojov, bol spoľahlivý, avšak ťažký a nákladný. Každý prístroj zabezpečoval konkrétnu funkciu, čo v prípade zlyhania jedného prístroja umožňovalo jeho náhradu ďalším. Avšak náklady na tieto prístroje, najmä certifikované podľa ETSO, boli vysoké.

Súčasný Glass kokpit, ako Dynon Skyview HDX, Garmin G1000NXi, Aspen Avionics Evolution 2000 a Uavionics AV-30, predstavujú novú éru v avionike. Tieto systémy znižujú záťaž pilota a umožňujú ľahké čítanie informácií na jasne viditeľných displejoch. Zatiaľ čo Dynon Skyview HDX ponúka cenovo dostupnú alternatívu s piatimi digitálnymi komponentmi a cenou 7200€, Garmin G1000NXi je komplexnejším systémom s cenou 63000€, zahŕňajúcim všetky komunikačné, navigačné a bezpečnostné systémy.

Výber správneho avionického systému závisí od potrieb a finančných možností prevádzkovateľa. Systémy musia spĺňať štandardy pre hlasovú komunikáciu, charakteristiky odpovedača, a požiadavky pre navigačné zariadenia, ako je napríklad podpora ILS alebo GPS.

Celkovo, Glass kokpity predstavujú budúcnosť letectva, kde sa kombinuje spoľahlivosť analógových prístrojov s prehľadnosťou a efektívnosťou digitálnych systémov. Ich schopnosť znižovať váhu lietadla a zvýšiť bezpečnosť letu robí z nich atraktívnu voľbu pre prevádzkovateľov všetkých typov lietadiel.

## 2. Metodika a metódy skúmania

Táto metodika je založená na systematickom popise vývoja avionických systémov od ich počiatkov po súčasnosť, pričom sa zvláštny dôraz kladie na ich elektrické zdroje napájania. Pracuje sa s analýzou jednotlivých typov systémov, ich charakteristik a technologických inovácií, čím sa umožňuje detailné sledovanie ich vývoja a evolúcie.

Ďalším dôležitým prvkom tejto metodiky je porovnávanie tradičných a moderných kokpitov. Tento prístup umožňuje nielen lepšie pochopenie rozdielov medzi týmito systémami, ale aj identifikáciu trendov a inovácií v oblasti avioniky. Porovnanie starých a nových kokpitov poskytuje kontext a perspektívu, ktoré sú kľúčové pre pochopenie súčasného stavu tejto technológie.

Záverečné zdôraznenie bezpečnosti a štandardov podčiarkuje dôležitosť týchto aspektov v letectve. Bezpečnosť je prioritou vo všetkých aspektoch letectva, a preto je dôležité venovať jej osobitnú pozornosť pri vývoji a implementácii avionických systémov a elektrických sústav.

Táto metodika umožňuje detailné a priehľadné zmapovanie vývoja avionických systémov a elektrických sústav používaných vo všeobecnom letectve. Je to ucelený prístup, ktorý umožňuje lepšie porozumieť technologickým trendom a inováciám v tejto dynamicky sa meniacej oblasti.

## 3. Výsledky

Taktiež sme identifikovali štyri základné typy avionických systémov a zdôraznili sme, že prevádzkové požiadavky sú kľúčové pri porovnávaní týchto systémov. Nezabudli sme ani na dôležitosť licencie Part 66-B2, ktorá je nevyhnutná pre údržbu avionických systémov.

Z kapitol o porovnaní napájania prístrojov v GA sme zistili, že elektrický systém musí byť vhodný a bezpečný pre použitie. Podrobne sme sa venovali aj problematike akumulátorov, batérií a generátorov, pričom sme zdôraznili dôležitosť ich spoľahlivosti a ochrany. Samozrejme, nespomenuli sme ističe a poistky, ktoré sú nevyhnutné pre ochranu elektrických obvodov, a tiež sme sa zaoberali káblami, ktoré musia byť odolné a správne izolované.

V kapitolách o analýze energetického systému lietadla sme sa venovali rozdielom medzi klasickou avionikou a Glass kokpitom, pričom sme zdôraznili ich náklady a vlastnosti. Ďalej sme sa zamerali na výhody a dostupnosť Glass kokpitov pre moderných pilotov a vykonali sme porovnanie medzi rôznymi produktmi avionických výrobcov. Nakoniec sme nezabudli spomenúť aj štandardy a požiadavky na avionické vybavenie, čo je kľúčové pre zabezpečenie bezpečnosti a spoľahlivosti lietania.

## 4. Záver

Po detailnom preskúmaní kapitol o avionike a porovnaní napájania prístrojov v GA, ako aj analýze energetického systému lietadla, sme získali dôležité poznatky o tejto kľúčovej oblasti letectva. Zistili sme, že avionika je zložitým, ale nevyhnutným aspektom moderných lietadiel, pričom jej vývoj priniesol výrazné výhody výkonnosti a spoľahlivosti, avšak aj so sebou niesol výzvy v podobe zvýšenej ceny a komplexity.

Pri porovnávaní rôznych typov avionických systémov sme si uvedomili, že ich prevádzkové požiadavky sú kritické pri rozhodovaní o ich výbere a implementácii. Zvláštnu pozornosť sme venovali licenciám a certifikáciám, najmä licencií Part 66-B2, ktorá je nevyhnutná pre údržbu avionických systémov.

V oblasti napájania prístrojov sme identifikovali dôležité bezpečnostné a funkčné požiadavky, ktoré musia byť splnené, aby bol elektrický systém spoľahlivý a bezpečný pre použitie. Zároveň sme zdôraznili význam ochrany batérií, generátorov a elektrických obvodov pre zachovanie bezpečného provozu lietadla.

Analýza energetického systému lietadla nám umožnila preskúmať rozdiely medzi klasickou avionikou a Glass kokpitom, pričom sme vyhodnotili ich náklady, vlastnosti a výhody. Zároveň sme sa zaoberali rôznymi produktmi avionických výrobcov a ich schopnosťou splniť štandardy a požiadavky letectva.

Celkovo sme získali hlboký prehľad o avionike a energetických systémoch lietadiel, čo nám poskytne základ pre ďalšie štúdium a vývoj v tejto oblasti. Je zrejmé, že neustály technologický pokrok a starostlivé plánovanie a implementácia sú nevyhnutné pre zabezpečenie bezpečného a efektívneho fungovania moderných lietadiel.

## Podakovanie

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky KEGA 040ŽU-4/2022 Transfer progresívnych metód vzdelávania do študijného programu "Technológia údržby lietadiel" a "Letecká doprava".

## Referencie

- EASA. AMC 20-22 Aeroplane Electrical Wiring Interconnection System Training Programme [online]. 2008 [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/easy-access-rules/onlinepublications/easy-access-rules-acceptable-means?page=1>
- EASA. Certification of Power Supply Systems for Portable Electronic Devices [online]. 2020 [cit. 2024-04-08]. Dostupné z: [https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/cm-es-001\\_issue-02\\_-\\_final.pdf](https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/cm-es-001_issue-02_-_final.pdf)
- EASA. Certification Specifications for Normal-Category Aeroplanes CS23 Amendment 5 [online]. 2017 [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/22283/en>
- EASA. Easy Access Rules for European Technical Standard Orders (CS-ETSO) (Amendment 14) [online]. 2018 [cit. 2024-04-11]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Easy%20Access%20Rules%20CS-ETSO%20%28Amendment%2014%29.pdf>
- EASA. Easy Access Rules for European Technical Standard Orders (CS-ETSO) (Amendment 7) [online]. 2018 [cit. 2024-04-11]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Easy%20Access%20Rules%20CS-ETSO%20%28Amendment%207%29.pdf>
- EASA. Easy Access Rules for Normal, Utility, Aerobatic and Commuter Category Aeroplanes (CS-23) (Initial issue) [online]. 2018 [cit. 2024-04-22]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/CS23%20Initial%20issue.pdf>