



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Petr Kot

Rozdílový výcvik z A320 na A320neo

Diplomová práce

2021



K621 Ústav letecké dopravy

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Petr Kot

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – PL – Provoz a řízení letecké dopravy

Název tématu (česky): **Rozdílový výcvik z A320 na A320neo**

Název tématu (anglicky): Differential training from A320 to A320eo

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte následujícími pokyny:

- Úvod
- Vypracujte analýzu rizik jedné typové kvalifikace pro podobné ale ne zcela totožné modely letadel
- Proveďte posouzení konstrukčních rozdílů A320 a A320neo a konstrukčních rozdílů boeing 737 a 737MAX
- Vypracujte rozbor požadavků leteckého úřadu na rozdílový výcvik pro piloty s typovou kvalifikací na boeing 737 pro získání licnce na boeing 737MAX
- Vypracujte návrh scénář rozdílového výcviku pro piloty A320, aby získali kvalifikaci i na A320neo
- Výsledky zhodnoťte a stanovte původní výsledky práce
- Závěr



- Rozsah grafických prací: Dle pokynů vedoucího diplomové práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: AIRBUS S.A.S. Flight Crew Operating Manual: A318/A319/A320/A321 FLEET FCOM
AIRBUS S.A.S. Quick Reference Handbook
European Aviation Safety Agency. Certification Specification and Acceptable Means of Compliance for Large Aeroplanes CS-25: Amendment 21. 2018.
- Vedoucí diplomové práce: **Dr. Ing. Milan Kameník**

Datum zadání diplomové práce: **17. července 2020**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **17. května 2021**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.
vedoucí
Ústavu letecké dopravy



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Petr Kot
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 17. července 2020

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji panu Dr. Ing. Milanu Kameníkovi, za odborný dohled, důkladné vedení a konzultování diplomové práce a za rady, které mi poskytoval po celou dobu mého studia. V neposlední řadě je také mou povinností poděkovat svým rodičům, blízkým a přátelům za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 15. května. 2021

.....

podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

Rozdílový výcvik z A320 na A320neo

Diplomová práce

květen 2021

Petr Kot

ABSTRAKT

Předmětem diplomové práce „Rozdílový výcvik z A320 na A320neo“ je analýza současného stavu rozdílového výcviku mezi oběma variantami a paralela s rozdílovým výcvikem pro boeing 737MAX. Součástí práce je rovněž provedení analýzy rozdílů obou letadel a možných způsobů změny rozdílového výcviku zajišťujících zvýšení bezpečnosti letecké dopravy a provozu na tomto typu letadla. Výsledkem provedených analýz je návrh nejvhodnější osnovy nového simulátorového výcviku pro osvojení znalostí a dovedností o variantě A320neo.

KLÍČOVÁ SLOVA

Airbus, Rozdílový výcvik, Boeing, A320ceo, A320neo, Boeing 737MAX

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of transportation sciences

Differential training from A320 to A320neo

Master thesis

May 2021

Petr Kot

ABSTRACT

The subject of the diploma thesis "Differential training from A320 to A320neo" is an analysis of the current state of differential training between the two variants and a parallel with differential training for the Boeing 737MAX. Part of the work is also an analysis of the differences between the two aircraft and possible ways to change the differential training to increase the safety of air transport and traffic on this type of aircraft. The result of the performed analyzes is the design of the most suitable syllabus of a new simulator training for the acquisition of knowledge and skills about the A320neo variant.

KEYWORDS

Airbus, Differential training, Boeing, A320ceo, A320neo, Boeing 737MAX

Obsah

Obsah	4
Seznam použitých zkratek	7
1. Úvod.....	11
2. A320ceo versus A320neo	13
2.1 Limity.....	13
2.1.1. Váhové limity.....	13
2.1.2. Limity pohonné jednotky	14
2.1.3. Ostatní limity.....	15
2.2. Pohonná jednotka.....	16
2.2.1 FADEC.....	17
2.2.1.1. Thrust control malfunction.....	18
2.2.1.2 Vstupy a výstupy FADEC.....	18
2.2.1.3. Volnoběh.....	19
2.2.2. Průměr motoru	20
2.2.4. Manuální start motorů.....	22
2.2.5. Start motorů a externím pneumatickým zdrojem	22
2.2.6. Novinky na ECAM související s motory	23
2.3. Pneumatický systém.....	23
2.3.1. Ventily	25
2.3.2. Detekce úniku pneumatického systému	26
2.3.3. Závady pneumatického systému	26
2.4. Protekce proti dešti a námraze	27
2.5. Klimatizace/Přetlakování/Ventilace	28
2.6. Kyslíkový systém	28
2.7. Systém automatizace letu.....	30
2.8. Systémy řízení letu	31
2.9. Postupy.....	32
2.9.1. Odstranění ledu z motorů.....	32
2.9.2 Brzdy.....	33
2.10. ECAM.....	33
2.10.1. ANTI-ICE	33
2.10.2. AIR	34
2.10.3. ELEC.....	34

2.10.4. ENG	35
2.10.5. F/CTL.....	37
2.10.6. HYD	37
2.11. Změny v abnormálních postupech	37
2.11.1. Gravity Fuel Feeding	38
2.11.2. Engine Relight In Flight.....	38
2.11.3. [MEM] UNREL SPEED INDICATION	39
3. Rozdílový výcvik z boxingu 737 na 737MAX.....	42
3.1. Důsledky nehody	42
3.2. Návrat do provozu	43
3.2.1. 737MAX Systémy řízení letu	44
3.3. Řešení mnohočetných závad ze strany posádky.....	47
3.4. Rozšířená revize designu.....	49
3.4.1. Posouzení funkčních rizik	49
3.4.2. Autopilot/Automat tahu/Systém řízení letu	50
3.4.3 Rozdílový trénink OSD-FC.....	50
3.4.4. EWIS.....	50
3.4.5. High Intensity Radiated Field (HIRF) & Lighting	51
3.5. Požadavky na návrat do provozu	51
3.6. Postup po návratu do provozu.....	52
4. Požadavky operátora na rozdílový výcvik.....	54
4.1. Požadavky na výcvik	54
4.2. Požadavky na přezkoušení po rozdílovém výcviku	55
4.3. Rozdíl požadavků na udržení kvalifikace.....	55
4.4. Kategorie pro boeing 737 a airbus A320	57
5. Diskuse o rozdílech mezi A320 a A320neo.....	58
5.1. Limitace	58
5.2. Pohonná jednotka.....	58
5.3. Pneumatický systém.....	59
5.4. Protekce proti dešti a námraze	59
5.5. Klimatizace/Přetlakování/Ventilace	60
5.6. Kyslíkový systém	60
5.7. Systém automatizace letu.....	60
5.8. Systémy řízení letu	60
5.9. Postupy.....	61

5.10. ECAM.....	61
5.11. Změny v abnormálních postupech	61
6. Návrh rozdílového výcviku na FFS nebo FTD.....	63
7. Závěr.....	66
8. Použité zdroje.....	68
9. Seznam obrázků.....	71
10. Seznam tabulek	72

Seznam použitých zkratk

ACARS	Systém adresování a hlášení komunikací letadel	Aircraft Communications Addressing and Reporting System
AD	Směrnice o letové způsobilosti	Airworthiness directive
ADR	Referenční údaje o vzduchu	Air data reference
AFM	Manuál od letadla aircraft	Flight manual
ALT	Výška vztažená k tlaku na letišti	Altitude
AOA	Úhel náběhu	Angle of attack
AOM	Operační manuál letadla	Aircraft operating manual
AP	Autopilot	Autopilot
APU	Pomocná napájecí jednotka	Auxiliary power unit
ATQP	Alternativní tréninkový kvalifikační program	Alternative Training Qualification Programme
BMC	Počítač monitorující odběr vzduchu od motorů	Bleed monitoring computer
BUSS	Záložní rychlostní ukazatel	Back up speed scale
CAS	Systém varování posádky	Crew alerting system
CB	Jistič	Circuit breaker
CBT	Výcvik na počítači	Computer based training
CEO	Aktuální volba motoru	Current engine option
CL	Stoupání	Climb
CLSD	Zavřený	Closed
CMR	Požadavky na certifikaci údržby	Certification Maintenance Requirements
CTL	Kontrola	Control
DET	Detekce	Detection
EASA	Agentura Evropské unie pro bezpečnost letectví	European Union Aviation Safety Agency

ECAM	Elektronický centralizovaný monitor letadla	Electronic Centralized Aircraft Monitor
EEC	Elektronické ovládání motoru	Electronic engine control
EICAS	Systém signalizace motoru a výstrahy posádky	Engine Indicating and crew alerting system
EIU	Jednotka rozhraní motoru	Engine interface unit
EGT	Teplota výfukových plynů	Exhaust gas temperature
ELEV	Výškovka	Elevator
ENG	Motor	Engine
EPR	Poměr tlaku motoru	Engine pressure ratio
E/WD	Varovný displej motoru	Engine warning display
FADEC	Digitální ovládání motoru s plnou autoritou	Full Authority Digital Engine Control
FCC	Počítač pro řízení letu	Flight control computer
FCU	Jednotka řízení letu	Flight control unit
FD	Letový direktor	Flight director
FFS	Pohyblivý simulátor	Full flight simulator
FHA	Posouzení funkčních rizik	Functional Hazard Assessment
FMU	Jednotka řízení paliva	Fuel management unit
FTD	Výcvikové zařízení	Flight training device
GPS	Globální poziční systém	Global positioning system
HYD	Hydraulika	Hydraulic
IFPC	integrované palivové čerpadlo a ovládání	Integrated fuel pump and control
JOEB	Společná rada pro hodnocení provozu	Joint Operation Evaluation Board
LED	Světelná dioda	Light Emitting Diode

MCAS	Systém rozšiřování charakteristik manévrování	Maneuvering Characteristics Augmentation System
MCT	Maximální trvalý tah	Maximum continous thrust
MMEL	Hlavní seznam minimálního vybavení	Master minimum equipment list
MUH	Minimální výška použití	Minimum Use Height
NAA	Národní letecký úřad	National aviation authority
NAI	Protinámrazový systém gondol motorů	Nacele anti ice
NEO	Nová verze motorů	New engine option
OAT	Venkovní teplota vzduchu	Outside air temperature
OPS	Provoz	Operations
OSD-FC	Údaje o provozní vhodnosti letové posádky	Flight Crew Operational Suitability Data
OXY	Kyslík	Oxygen
PFD	Primární letový displej	Primary flight Display
PR	Tlak	Pressure
PRSOV	Tlakově regulované a uzavírací ventily	Pressure regulated and shut off valves
QRH	Stručná referenční příručka	Quick reference handbook
REV	Zpětný tah	Reverse
RNP AR	Postupy přiblížení podle přístrojů s požadovaným oprávněním	Instrument approach procedures with Authorization Required
RTS	Návrat do provozu	Return to service
SB	Servisní bulletin	Service bulletin
SD	Systémový displej	System display
SMS	Systém řízení bezpečnosti	Safety management system
SOP	Standardní provozní postupy	Standart operational procedures

SSA	Posouzení bezpečnosti systému	System Safety Assessment
SYS	Systém	System
TASE	Výcvikové oblasti se zvláštním důrazem	Training areas of special emphasis
TEMP	Teplota	Temperature
WAI	Protinámrazový systém křídla	Wing anti ice
XBLEED	Křížení vzduchu od motorů	Cross bleed

1. Úvod

Společnost airbus je společností s více než 50letou historií, která za dobu své existence vytvořila řadu významných ať už vojenských tak i civilních letadel, která do dnešních dní létají po světové obloze. Historicky nejúspěšnější řadou vyrobených letadel byla řada rodiny airbusu A320. Této řady a různou komparací starého a nového modelu A320 se bude zabývat i tato diplomová práce.

Spuštění projektu Airbusu A320 oznámila společnost v roce 1984. Společnost Air France byla prvním zákazníkem společnosti Airbus, který provozoval tento typ letadel od roku 1988. Letadla rodiny A320 létají na všech kontinentech a díky své flexibilitě jsou často nejlepší volbou po celém světě ať už pro nízkonákladové dopravce tak i pro letecké společnosti poskytující kompletní služby. Airbus A320 se stal jedním z předních letadel především díky moderním technologiím a nadčasovému pojetí konstrukce.

V tuto chvíli Airbus nabízí dvě verze A320 – původní A320ceo a nové A320neo. „CEO“ je starší a znamená „current engine option“ a „NEO“ je „new engine option“. To, jaké jsou rozdíly mezi těmito typy a popřípadě o jak veliké rozdíly se jedná, rozeberu a zhodnotím v této diplomové práci.

Úmysl vyrobit novou a modernější verzi A320 oznámila společnost Airbus 1. prosince 2010. První A320neo vyjel z továrny Airbus v Toulouse 1. července 2014 a první let uskutečnil 25. září 2014. Poté vstoupil do služby v roce 2016, kdy byl doručen prvnímu klientovi, a to konkrétně německé společnosti Lufthansa. Kromě toho byla k tomuto datu původní rodina A320 definitivně přejmenována na A320ceo. A320neo využilo několik technologických vylepšení, které přinesly veliký přínos do nejúspěšnější rodiny letadel Airbus.

Nové motory, které přinesly i zkratku „Neo“ do názvu letadla jsou pravděpodobně největším rozdílem oproti starému modelu ceo a zároveň zásadním vylepšením letadla. Byly vytvořeny, aby ušetřil leteckým společnostem nemalé finanční náklady. Jsou úspornější, tišší a doletí na delší vzdálenost. A320neo má na výběr ze dvou motorů nové generace (PurePower PW1100G-JM od Pratt a Whitney a LEAP-1 A od CFM International). Nový motor spotřebuje méně paliva a letadlo je zároveň schopno nést více paliva. To v celkovém důsledku znamená větší dolet.

Dalším významným vylepšením, které je na první pohled vidět jsou takzvané sharklets. Airbus A320neo s těmito změnami na křídlech byl uveden na trh, aby se zvýšil jeho výkon a opět snížil náklady. Airbus původně přišel na konstrukci A320ceo s malými trojúhelníkovými konci křídel, které sice fungovaly, ale měli veliký odpor. Přestože instalace „sharklets“ zvyšuje hmotnost letadla o 200 kg tak ale plocha křídel se zvětšuje a vytváří větší vztlak. To

také vytváří menší vír křídel, čím dochází ke snižování odporu. Celkově došlo ke snížení spalování paliva (až o 3 procenta) a malému zvýšení výkonu při stoupání. Airbus navíc rovněž vylepšil kabinu letadla. To zahrnuje moderní sedadla pro pasažéry, lepší natlakování, větší zavazadlový prostor, tlumení hluku a LED osvětlení pro větší pohodlí cestujících.

Cílem této diplomové práce je komplexní analýzou zjistit rozdíly mezi oběma variantami letadel v první řadě pro využití v letecké společnosti Wizzair, pro kterou tento dokument zpracovávám. Následně data vyselektovat, zhodnotit a vytvořit z nich závěr. Aktuálně není považován Airbus A320neo jako typ letadla vyžadující přeškolovací výcvik na FTD nebo FFS a dle klasifikace rozdílového výcviku spadá do kategorie B. Ve srovnání s Airbusem A320ceo nejsou podle výrobce žádné výrazné rozdíly. Airbus A320neo má více než 95 procent shodnost draku s Airbusem A320ceo, což znamená, že sedět v kokpitu A320neo by podle Airbusu nemělo znamenat žádný veliký rozdíl od A320ceo. Rovněž filozofie provozu A320ceo a A320neo je stejná. Některé systémy a postupy se však změnili a na ty já se zaměřím v této diplomové práci. Pokusím se zjistit, zdali absence rozdílového výcviku na simulátorovém zařízení je opravdu správná a zdali nejde pouze o snahu výrobce zatraktivnit tento nový typ letadla pro provozovatele nižšími náklady na rekvalifikaci pro posádky letadel. Aktuálně v době, kdy píšu tuto práci oficiálně dle autorit rozdíly mezi oběma výše zmíněnými letadly nestačí k tomu, aby operátor vyžadoval zavedení úplného výcvikového programu pro nový typ. Pilot Airbusu A320ceo dokonce nemusí absolvovat ani simulátorové přezkoušení nebo školení pro létání s Airbusem A320neo. Jediné, co musí absolvovat je počítačový rozdílový výcvik, aby se kvalifikoval pro létání s tímto letadlem.

Jak jsem již zmínil výše, v této práci se zaměřím na rozdíly těchto dvou typů letadel, zhodnotím, zdali je tato forma výcviku za pomoci pouhého počítačového školení dostatečná a popřípadě navrhu nový způsob přeškolování mezi těmito zdánlivě podobnými typy letadel. To vše bude analyzováno pro prostředí letecké společnosti Wizzair v souladu s jejich manuály a příručkami. V neposlední řadě se zaměřím na paralelu boeingu 737 a 737MAX. Zhodnotím výcvikové požadavky na tento typ před smrtelnými nehodami, proces znovuzavedení do provozu i následné požadavky pro provoz jako takový. Tyto dvě varianty byli rovněž ze začátku považovány jako stejné typy s pouhým počítačovým přeškolením dle kategorie B. To se však ukázalo jako chybné a následně mohla tato skutečnost vézt jako jeden z faktorů ke dvěma smrtelným nehodám typu 737MAX. [1]



Obrázek č. 1 – A320neo [2]



Obrázek č. 2 – A320ceo [3]

2. A320ceo versus A320neo

V první kapitole této diplomové práce se zaměřím na rozdíly mezi airbusem A320neo a 320ceo. Zaměřím se na rozdíly systémů, draku i letových vlastností. Bude se jednat pouze o čistou komparaci. Všechny hodnoty uvedené v této kapitole jsou pro základní variantu obou letadel definované v technické publikaci společnosti airbus.

2.1 Limity

První důležitou věcí, kterou se obě letadla liší, jsou v mnoha kategoriích limitace pro let. V této podkapitole nebudu zmiňovat všechny limitace obou letadel ale pouze ty, které jsou rozdílné. Zároveň zdůrazním, čím může být zanedbání odlišných limitů nebezpečné pro bezpečnost letu.

2.1.1. Váhové limity

V této části se zaměřím na rozdílné limitace z pohledu hmotnosti. Než se pustím do komparace samotné, tak nejprve rozeberu, o jakých hmotnostech se budeme bavit, a zároveň je porovnávat. Bude to maximální hmotnost pro pojíždění, maximální hmotnost pro vzlet, maximální hmotnost pro přistání, maximální hmotnost bez paliva a minimální hmotnost letadla. Hmotnost pro pojíždění je hmotností, kterou má letadlo před vyjetím ze stojánky. Jedná se o součet prázdné hmotnosti letadla, provozního nákladu, posádky, nezbytného vybavení letadla, paliva pro let včetně všech nezbytných rezerv a včetně paliva na pojíždění na dráhu. Hmotnost pro vzlet je totožná jako hmotnost pro pojíždění, avšak ponížená o palivo na pojíždění. Přistávací hmotnost opět zahrnuje všechny položky jako hmotnost na pojíždění, avšak je ponížená kromě paliva na pojíždění rovněž o palivo spotřebované za letu. Hmotnost bez paliva je jako hmotnost pro pojíždění, avšak tentokrát ponížená o veškeré palivo. V tabulce číslo 1 naleznete porovnání obou typů letadel ve výše popsaných parametrech.

	A320ceo	A320neo
Maximální hmotnost pro pojiždění	73900 kg	73900 kg
Maximální vzletová hmotnost	73500 kg	73500 kg
Maximální přistávací hmotnost	64500 kg	66000 kg
Maximální hmotnost bez paliva	61000 kg	63000 kg
Minimální hmotnost	37230 kg	40000 kg

Tabulka č. 1 – hmotnostní limity [4]

I když je z tabulky zřetelné, že limitace obou letadel se rozcházejí ve třech kategoriích tak z hlediska pilotáže a bezpečnosti je důležitá především rozdílná maximální přistávací hmotnost. Maximální hmotnost bez paliva a minimální hmotnosti jsou sice rovněž odlišné, avšak z hlediska pilotáže a bezpečnosti letadla ne příliš významné. Používají se především před letem na vytvoření hmotnosti a vyvážení letadla. Naopak zaměnění maximální přistávací hmotnosti může být za letu fatální. Největší problém může nastat při nouzové situaci, kdy pilot často jedná ve stresu a může dojít k záměně hodnot 66 tun respektive 64,5 tun pro druhý typ letadla. Pokud se letadlo musí nejčastěji po vzletu vrátit z důvodu poruchy často bývá plně natankováno a vzletová hmotnost tak může být nad maximální přistávací hmotností. Pilot následně musí ve vyčkávání spálit množství paliva, které je přes limit, než se vrátí na přistání. Pokud by si pilot v A320ceo spletl hodnotu s 66 t, které přísluší A320neo mohlo by dojít v krajním případě až k nedobrzdní při přistání a přejetí konce dráhy z důvodu vysoké přistávací hmotnosti, která je přes limit letadla. Z tohoto důvodu je zásadní dávat důraz již při výcviku na znalost a jistotu v parametrech maximálních hmotností. Zároveň je nezbytné si tyto hodnoty zopakovat již při předletové přípravě.

2.1.2. Limity pohonné jednotky

V této podkapitole se nebudu zabývat rozdíly mezi motory jako takovými. Tomu bude věnována celá další kapitola v této diplomové práci. Zde se budu věnovat pouze limitům motorů na obou typech letadel. Porovnávanými parametry budou maximální teplota výfukových plynů neboli zkratkou EGT (exhaust gas temperature), teplota, tlak a množství oleje, hodnota N1 po startu, průtok paliva a maximální hodnota FLEX. Dle mého názoru jsou všechny parametry jednoznačně definované. Vysvětlím pouze, co znamenají parametry N1 a FLEX, které mohou být ze svého názvu nejednoznačné. V proudovém motoru označuje N1 rychlost otáčení nízko otáčkové cívky, která se skládá z ventilátoru, nízkotlakého kompresoru a nízkotlaké turbíny, které jsou všechny spojeny soustřednou hřídelí. U mnoha proudových motorů je N1 primární indikací tahu motoru jako alternativa k poměru tlaku motoru (EPR), který se používá u ostatních. [5] Obecně vzlet se sníženým tahem je vzlet, kterého se

dosahuje s využitím menšího tahu, než jsou motory schopné vyprodukovat za stávajících podmínek teploty a tlakové výšky. Konkrétně u letadel firmy Airbus se to nazývá FLEX temperature. Omezení AOM, specifická kritéria dráhy a výšky překážek zohledňující skutečnou hmotnost letadla a stávající podmínky prostředí umožňují výpočet skutečného množství tahu nezbytného ke splnění regulačních požadavků na vzlet. Ve významném procentu případů je požadovaný tah menší než tah, který jsou motory schopné vyprodukovat. Primární výhodou pro vzlet se sníženým tahem je úspora nákladů díky prodloužené životnosti motoru a sníženým nákladům na generální opravu. Mezi sekundární výhody patří úspora paliva a to, že za určitých okolností je možné zvýšit maximální vzletovou hmotnost pro konkrétní dráhu pomocí profilu se sníženým tahem. [6] V tabulce číslo 2 naleznete porovnání obou typů letadel ve výše popsanych parametrech.

	A320ceo	A320neo
Maximální EGT	682 °C	1083 °C
Maximální teplota oleje	155 °C	151 °C
Minimální teplota oleje	50 °C	52 °C
Minimální množství oleje	11 qrt	14 qrt
Minimální tlak oleje	60 psi	65 psi
N1 po startu	21,4 %	19 %
Průtok paliva po startu motorů	350 kg/h	270 kg/h
EGT po startu motorů	414 °C	550 °C
Maximální FLEX	ISA+55 °C	ISA+50 °C

Tabulka č. 2 – limity pohonné jednotky [4]

Jak je zřejmé z tabulky číslo 2, tak limitace pro pohonnou jednotku jsou v mnoha parametrech odlišné. Jejich záměna mezi typy může znamenat při nedodržení až v krajním případě poškození motorů. I když na hrozící překročení limitních hodnot ze zásady upozorní systém ECAM, tak je nezbytné, aby si posádka rozdělila těchto hodnot mezi typy při výcviku osvojili a znali je při běžném provozu.

2.1.3. Ostatní limity

Poslední podkategorií limitů jsou limity, které se týkají různých parametrů a nelze je nazvat jedním nadřazeným označením. Konkrétně se bude jednat o parametry doporučené rychlosti pro let v turbulenci, rozpětí křídel, specifikací autolandu a maximální rozdíl množství paliva ve vnějších nádržích. Před samotnou komparací ještě nadefinuji výraz autoland a fail passive systém. Oba tyto pojmy se budou totiž v komparaci vyskytovat. Autoland popisuje systém, který plně automatizuje přistávací fázi letu letadla, přičemž na proces dohlíží lidská posádka. Piloti převezmou roli monitorování během závěrečných fází přiblížení a budou zasahovat

pouze v případě poruchy systému nebo nouzové situace a po přistání vyjedou s letadlem z dráhy a dojedou na parkovací místo. Systém autoland byl navržen tak, aby umožnil přistání v meteorologických podmínkách nedostatečných na to, aby to umožňovalo jakoukoli formu vizuálního přistání, i když ho lze použít při jakékoli úrovni viditelnosti. Automatický přistávací systém je fail passive, pokud v případě poruchy nedojde k významnému nerovnoměrnému stavu nebo odchylce letové dráhy nebo polohy – ale přistání není dokončeno automaticky. [7]

V tabulce číslo 3 naleznete porovnání obou typů letadel ve výše popsanych parametrech.

	A320ceo	A320neo
Rychlost v turbulenci pod FL200	250 kts	260 kts
Rychlost v turbulenci nad FL200	275 kts/MACH 0.76	280 kts/MACH 0.76
Rozpětí křidel	34,1 m	35,8 m
Autoland s poruchou motoru	Plná konfigurace klapek pro CAT II a CAT III	Plná nebo konfigurace 3 klapek pro CAT II a CAT III
Maximální demonstrovaná nadmořská výška letiště pro autoland	6500 ft	9200 ft
Maximální rozdíl paliva ve vnějších nádržích	530 kg	690 kg

Tabulka č. 3 – ostatní limity [4]

Z limitů zmíněných v tabulce číslo 3 jsou důležité především rozdíly pro limity pro rychlost v turbulenci ať už nad nebo pod hladinu 200. Tato rychlost je důležitá z důvodu potenciálního namáhání konstrukce při poryvech větru, které v turbulenci nastávají. V důsledky záměny limitů těchto dvou typů letadel může proto dojít až k možnému poškození konstrukce letadla.

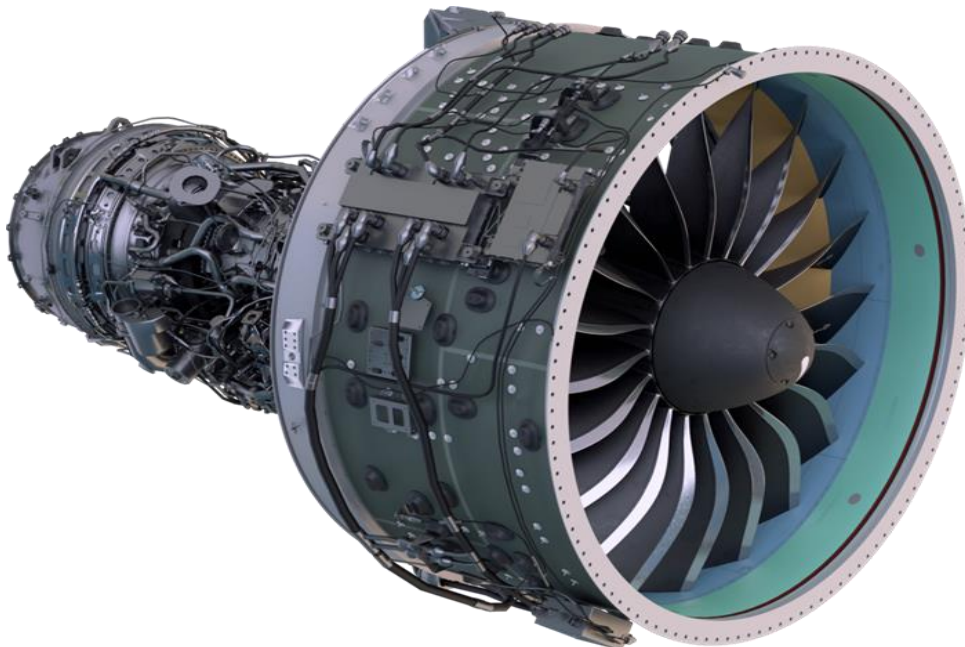
2.2. Pohonná jednotka

Letouny A320neo jsou nejčastěji vybavena rodinnou motorů Pratt & Whitney GTFTM společně vyvinutá a vyrobená společnostmi Pratt & Whitney a MTU. Nové motory nabízejí dvouciferné vylepšení spalování paliva, emisí znečišťujících látek a hluku a provozních nákladů. Jsou vybaveny systémem pohonu ventilátoru, který odpojuje ventilátor od nízkotlakého kompresoru, stejně jako nízkotlakou turbínou, která pohání ventilátor. Díky tomu se ventilátor může otáčet při nižších otáčkách a nízkotlaký kompresor a turbína se mohou točit mnohem rychleji. Ve výsledku jsou poměry tlaku ventilátoru nižší a obtokové poměry mnohem vyšší a všechny komponenty mohou dosáhnout svých optimálních otáček,

což výrazně zvyšuje celkovou účinnost. Motor spaluje výrazně méně paliva, je čistší a méně hlučný. Ve srovnání se svými předchůdci, motory s turbodmychadlem a s převodovkou snižují spotřebu paliva a emise oxidu uhličitého přibližně o 16 procent a hluková stopa letadel poháněných GTF je snížena o 75 procent. Další výhoda: Pohonný systém váží méně, protože má méně stupňů kompresoru a turbíny.

K dnešnímu dni si čtyři hlavní výrobci letadel vybrali rodinu motorů GTFTM pro pohon svých nejnovějších letadel. Airbus nabízí rodinu motorů GTFTM pro A320neo a A220. Mitsubishi si vybralo pohonný systém jako jedinou volbu motoru pro své regionální proudové letadlo SpaceJet. Irkut vybaví také svůj MC-21 motorem GTFTM. V neposlední řadě se společnost Embraer rozhodla pro rodinu motorů GTFTM jako exkluzivní pohonnou jednotku pro své druhé generace E-Jets.

V závislosti na aplikaci se podíl společnosti MTU v rodině motorů GTFTM pohybuje mezi 15 a 18 procenty. Společnost je zodpovědná za vysokorychlostní nízkotlakou turbínu a první čtyři stupně vysokotlakého kompresoru. Kromě toho MTU vyrábí kartáčová těsnění a niklové plíšky pro komponenty vysokotlakého kompresoru, za které nemá vývojovou odpovědnost. Společnost také provádí finální montáž jedné třetiny produkčních PW1100G-JM, které budou vyrobeny pro A320neo. [8]



Obrázek č. 3 – motor Pratt & Whitney GTFTM [9]

2.2.1 FADEC

Airbus A320neo nabízí na rozdíl od A320ceo velké změny v systému FADEC, a to ať už v systému FADEC jako takovém nebo nabídnutím nových nebo změněných funkcí a protekcí

systémem FADEC hlídaným. Tímto se bude zabývat následující podkapitola této diplomové práce

2.2.1.1. Thrust control malfunction

Novinkou oproti A320ceo je na novém A320neo systém s názvem Thrust control malfunction (TCM), který by se dal do češtiny volně přeložit jako systém kontroly závad tahu. Systém pro detekci a nápravu poruchy ovládní tahu v leteckém motoru zahrnuje jednotku elektronického řízení motoru (EEC), která zahrnuje první zpracovatelský subsystém a druhý zpracovatelský subsystém, a obvod přizpůsobení nesprávné funkce řízení tahu (TCM) obsažený v prvním zpracovatelském subsystému a druhém zpracovatelském subsystému. Systém dále zahrnuje softwarový balíček TCM prováděný prvním zpracovatelským subsystémem a druhým zpracovatelským subsystémem, čímž zajišťuje redundantní provádění softwarového balíčku TCM. [10] Protekce proti nekontrolovatelně vysokému tahu funguje pouze v kritických fázích letu, a to konkrétně na zemi, při vzletu a při přistání.

Závada na kontrole tahu je detekována buď za letu kdy N1 překročí nastavené N1 o více než 3 % nebo na zemi při vzletu, pokud N1 překročí maximální, a tedy limitní N1 pro vzlet. Systém na tyto závady reaguje v prvním případě snížením průtoku paliva při přiblížení a podrovnání (approach a flare fáze letu) nebo v druhém případě při situaci na zemi vypne systém automaticky motory, pokud jsou v pozici idle (volnoběh) nebo reverse (zpětný tah).

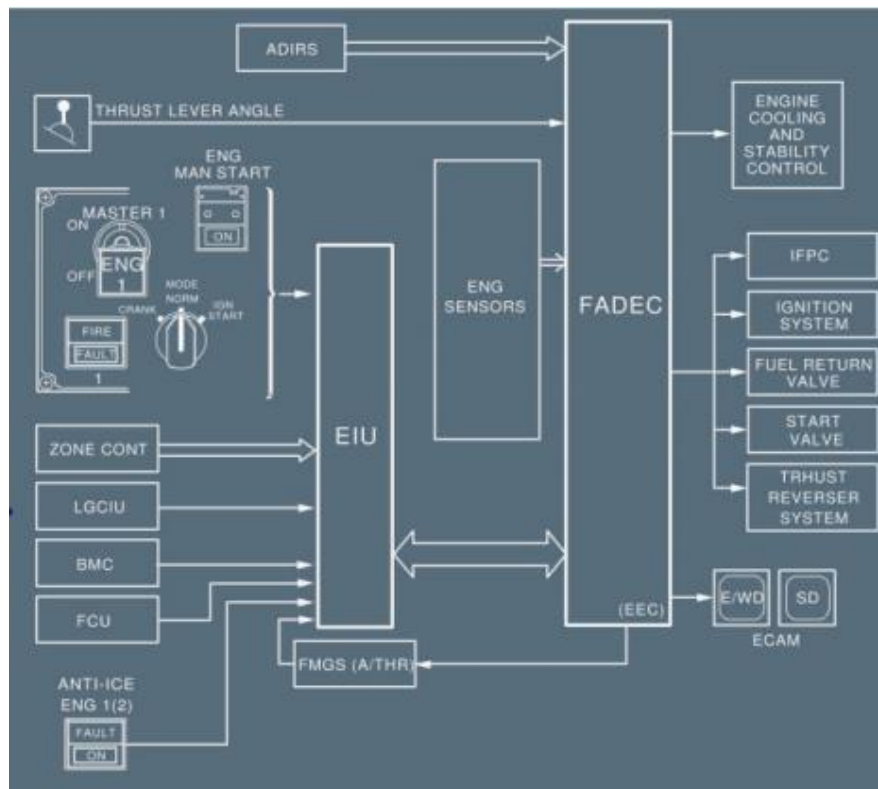
2.2.1.2 Vstupy a výstupy FADEC

Nově je u modelu A320neo rovněž změněn i systém FADEC, a to konkrétně z hlediska vstupů a výstupů samotného systému. Nově do systému EIU (engine interface unit) který kooperuje se systémem FADEC vstupují data z BMC (Bleed monitoring computer), FCU (flight control unit) a engine anti-ice. FADEC samotný naopak nabízí výstup do IFPC (Integrated fuel pump and control). Všechny vstupy a výstupy jsou znázorněny na obrázku číslo 4. Aby bylo vše jednoznačnější popíšu ještě všechny nové vstupy separátně.

Bleed monitoring komputer – dva počítače BMCs, jeden na motor, ovládají a monitorují pneumatický systém. Monitorují tlak i teplotu v systému. Jsou částečně redundantní, takže v případě selhání jednoho BMC může druhý BMC převzít většinu jeho funkcí. Senzory v blízkosti potrubí horkého vzduchu detekují únik. Pokud je zjištěn únik, jsou signalizovány BMC a automaticky vypnou postiženou oblast.

Flight control unit – jedná se o panel pro řízení letadla, kde se nastavují v případě selected módu ať všechny nebo jen určité parametry letu jako kurz nebo rychlost. Požadovaná letová hladina nebo výška se zde nastavuje ať už v selected tak i managed módu.

Integrated fuel pump and control – kombinuje funkci palivového čerpadla a kontrolní funkci paliva do jednoho komponentu. V komparaci s A320ceo tato komponenta nahrazuje vysokotlakou pumpu a FMU (fuel management unit). Hlavním přínosem je že snižuje počet komponentů nainstalovaných na převodovku.



Obrázek č.4 – FADEC [4]

Engine anti-ice – Každá gondola motoru je odmrazována pneumatickým odvodušňovacím vzduchem. Potrubí proti zamrznání motoru je nezávislé na potrubí pneumatického systému. Každý ventil proti zamrznání motoru je elektricky ovládán příslušným spínačem ENG ANTI ICE a je ovládán pneumaticky. Aby se ventil otevřel, musí běžet motor. Když je otevřen některý z ventilů proti zamrznání maximální N1 je omezena, je zajištěno nepřetržité zapalování a minimální otáčky volnoběhu jsou zvýšeny. Ventily se otevírají se ztrátou elektrické energie. [11]

2.2.1.3. Volnoběh

Airbus A320neo má nově nadefinované parametry pro módy volnoběhu. Tyto módy mají jiné parametry aktivace a v jednom případě i jiný název. Na A320neo rozlišujeme minimální volnoběh neboli minimum idle a volnoběh na přiblížení neboli v anglické terminologii approach idle.

Minimum idle – jedná se oproti A320ceo o nový název kde se obdobná věc nazývá modulated idle. Rozdíl je v parametrech nutných k aktivaci tohoto módu. U A320neo musí být pro aktivaci zasunutý podvozek a klapky v jiné poloze nežli 3 nebo plné. U A320ceo byla podmínka plně zasunutých klapek nebo páky klapek na pozici 0.

Approach idle – v tomto případě mají oba typy stejný název pro tento mód. Rozdíl je však opět v podmínkách nutných k jeho aktivaci. U A320neo je za letu aktivován, pakliže je podvozek vysunut nebo klapky v pozici 3 nebo plné. U modelu A320ceo byly parametry vysunuté klapky plně nebo páka ovládající klapky v nenulové pozici. [4]

2.2.2. Průměr motoru

Ať už se budeme bavit o motorech CFM nebo IAE, které jsou namontovány na A320ceo, tak mají o dost menší průměr turbíny nežli nové motory Airbusu A320neo. CFM motory mají průměr 1,74 [12] metru a IAE dokonce jen 1,61 metru [13]. Motory GTF mají průměr 2,06 metru [8]. To se může dát jako bezvýznamný rozdíl, avšak z hlediska přistávací techniky se jedná o velice zásadní rozdíl. U A320ceo se doporučuje stáhnout plynové páky ve 30 stopách kdy se aktivuje systém q-feel který začne tlačít letadlo směrem k zemi, aby donutil pilota přitahovat řídicí páku a zahájil tak podrovnání. Pokud zvolí stejnou strategii u airbusu A320neo a ve 30 stopách stáhne plynové páky, tak s větším průměrem motorů způsobující větší odpor a se snížením tahu na nulu dojde v uvozovkách k pádu letadla z malé výšky a z aktivního přistání se stane přistání pasivní, které na velkých dopravních letadlech není žádoucí. V praxi je tak třeba u Airbusu A320neo počkat se stažením plynových pák přibližně o 10 stop později než u varianty A320ceo. [14]

2.2.3. Startování motorů

Tato podkapitola se bude týkat zásadních rozdílů ve startování motorů obou variant letadel. Často se bude vyskytovat termín dry crank, který není jednoduše přeložitelný do českého jazyka, a tudíž jsem se rozhodl popsat tento proces předem. Tento proces by se dal popsat následovně. Po neúspěšném pokusu o spuštění na zemi motor klasickým startovacím cyklem se odvětrá motor a odstraní palivové páry. Letová posádka může ručně zvolit startování nastavením přepínače ENG MODE do polohy CRANK a tlačítka MAN START do polohy ON (hlavní vypínač VYPNUTO). Letová posádka může zastavit protáčení nastavením tlačítka MAN START do polohy OFF. Jaké jsou rozdíly v tomto procesu z hlediska obou typů najdeme v porovnávací tabulce číslo 4.

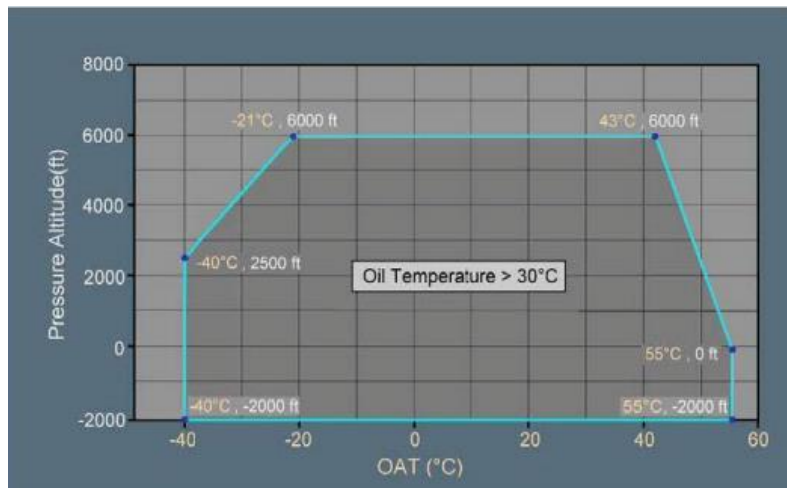
A320 ceo	A320 neo
Při startu motorů s residuálním EGT větším než 250 °C zahájí motor auto-crank funkci, dokud EGT neklesne pod 250 °C	S ohledem na teplotní stav motorů může FADEC před startem nařídit automatický dry crank před startem motorů.
Posádka nedostává žádná rozsáhlá varovná indikace ohledně procesu	Pilotovi se zobrazí na E/WD memo COOLING během procesu dry crank včetně odhadované doby coolingu
Funkce auto-crank může být zahájena i při velmi vysokých teplotách nad 40 °C a při krátkých časech letadla na zemi – pod 20 minut	Dry crank začíná, když se dá startér do polohy ON a trvá přibližně 2 minuty v závislosti na teplotě motoru při vypnutí, době vypínání, okolním prostředí a teplotě oleje. Maximum pro N2 je limitován přibližně na 10 %

Tabulka č.4 – rozdíly ve startu motorů [4]

Druhým pojmem, kterým se budeme v tabulce číslo 4 zabývat a který je potřeba si nejprve nadefinovat je pojem dual cooling. Jedná se o novinku na A320neo, a tudíž je potřeba se tomu věnovat s větším důrazem. Hlavním cílem duál coolingu je snížit celkový čas pro nastartování motorů. Zároveň chlazení slouží k zabránění prohnutí nebo deformaci lopatek motoru. To by se mohlo stát vlivem nerovnoměrné teplotní expanze, když vnitřní komponenty motoru chladnou nerovnoměrným poměrem. Správná sekvence startu motorů za použití dual cooling systému vypadá následovně:

- Pilot se ujistí, že COOLING memo je zobrazené u obou motorů
- Zmáčkne DUAL COOLING tlačítko na overhead panelu
- Zahájí start motorů nastavení módu na IGN a startéru do pozice ON
- Jakmile motory ukončí chladící sekci motor se startérem v pozici ON zahájí startovací sekvenci
- Posledním krokem je zapnutí startéru druhého motoru do polohy ON

Funkce dual cooling je dostupná pouze uvnitř obálky dual cooling za pomoci APU, která je zobrazená na obrázku číslo 5. Jedná se o obálku, kde jako proměnné vystupují vnější teplota vzduchu ve stupních celsia tlaková výška, a to vše za předpokladu že je teplota oleje větší než 30°C.



Obrázek č.5 – obálka dual coolingu s použitím APU [4]

2.2.4. Manuální start motorů

V této podkapitole bych rád vysvětlil rozdíly v manuálním startu motorů na obou typech letadla. K tomuto jevu nedochází často avšak v případě, že nastane je potřeba být si vědom jeho specifik a náležitostí. Situace, kdy je potřeba použít manuální start motorů jsou kvůli vysokému residuálnímu EGT, nízkému rozpětí EGT nebo pokud se provádí dry crank. Rovněž můžeme tento postup aplikovat ve vysokých nadmořských výškách nebo po přerušeném startu motorů. V této podkapitole se nebudu zabývat porovnáním postupu na obou typech, jelikož je velice podobný a popsany v příručce já se zaměřím na odlišnosti především v parametrech na obou variantách. První změnou je odebrání maximálního limitu na zadní vítr, který u A320ceo je 10 uzlů. U A320neo již taková limitace pro manuální start motorů neexistuje. Ohledně samotného procesu došlo k následujícím změnám:

- Minimální prahová hodnota u A320neo 18 % (A320ceo 16 %)
- V závislosti na termálním statusu motoru může FADEC zahájit automaticky dry crank nebo chlazení motoru. Toto chlazení je indikováno na engine warning displeji zeleným nápisem COOLING
- Hodnota N1 by měla U A320neo stoupnout dříve, než N2 dosáhnou 48 % (A320ceo 34 %)
- Startovací sekvence končí, když hodnota N2 dosáhne 55 % pro A320neo (A320ceo 43 %)

Dual cooling funkce není při manuálním startu dostupná.

2.2.5. Start motorů a externím pneumatickým zdrojem

Další rozdíly, na které upozorním v této diplomové práci budou změny u startu motorů s pomocí externího pneumatického zdroje a zároveň týkající se startu motoru s pomocí funkce crossbleed. Obojí je v podstatě stejné u obou typů letadel až na mírné, ale důležité

změny v limitacích a postupech. Nově je minimální doporučený tlak dodávaného vzduchu pro start motoru stanoven na 30psi u A320neo místo 25psi u A320ceo. Následně pokud je motor číslo jedna startován za pomoci funkce crossbleed musí být při žádosti o odpojení externího pneumatického zdroje nastaveno tlačítko na overhead panelu XBLEED do pozice auto. To je z důvodu, aby nedošlo ke zvýšení pozemního volnoběhu na motoru číslo 2.

Pro start motorů za pomoci funkce crossbleed je nově u A320 neo potřeba upravit tah na motoru dodávající vzduch do druhého motoru tak aby dosáhl tlaku 30psi místo 25psi na A320ceo. Tento tlak je potřeba udržovat po celou dobu startovní sekvence. Zároveň může v závislosti na termální stav motoru FADEC zahájit automaticky dry cracking nebo chlazení motorů z vysvícení indikace COOLING na engine warning displeji.

2.2.6. Novinky na ECAM související s motory

Poslední podkapitolou týkající se motorů bude pouze krátká podkapitola týkající se dvou nových položek, které se mohou zobrazit díky systému ECAM. První úzce souvisí s předchozí kapitolou, a tudíž s ní začnu. Jedná se opět o dual cooling. Pakliže je systém zapnutý a funguje bez problémů na ECAMu se zobrazí zeleně nápis **DUAL COOLING**. Pokud se tento nápis zobrazí žlutě současně s hláškou **ENG DUAL COOLING NOT AVAIL** tak to znamená, že systém je nefunkční a není ho možné použít. Druhou novinkou je žlutý nápis **ENG1(2) COWL**. Tento nápis se vysvítí v případě, že kryt motoru není zavřený. Kde se tento kryt nachází a jak vypadá je vyobrazeno na obrázku číslo 6.



Obrázek č.6 – ENG COWL [15]

2.3. Pneumatický systém

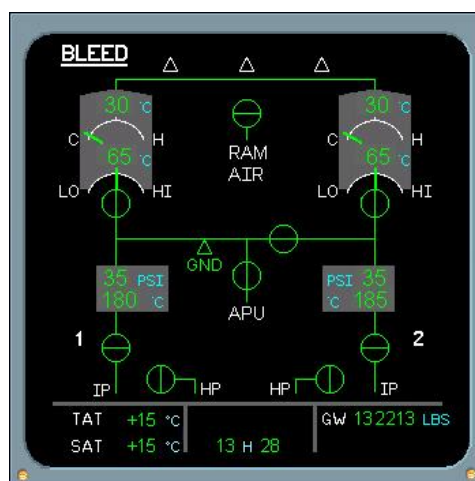
Airbus A320neo disponuje úplně novou architekturou systému odběru vzduchu od motorů, kterou je zásobován celý pneumatický systém. Nově jsou ventily celého systému ovládány elektro-pneumaticky místo čistě pneumatického ovládání u A320ceo. Celý systém je zároveň

vybaven novým kontrolním a monitorujícím počítačem. Abychom se mohli podívat na rozdíly více do detailu, vysvětlím, jak je pneumatický systém na rodině Airbusu A320 obecně architektonicky konstruován.

Zdrojem vzduchu v pneumatickém systému jsou motory, APU a zemní vnější vysokotlaký (HP) vzduch z pozemního vozíku. Pneumatický systém dodává vysokotlaký vzduch pro packy klimatizace, vyhřívání zadního cargo prostoru, spouštění motoru, natlakování hydraulické nádrže, tlakování systému pitné vody, natlakování kabiny a systému protinámrazové ochrana křídel. Vzduch od motorů, APU a vnější vzduch jsou připojeny ke křížovému potrubí. Křížový ventil pak umožňuje vzájemné propojení levé (motor 1) a pravé (motor 2) části.

APU dodává vzduch do pneumatického systému prostřednictvím ventilu APU pro dodání vzduchu, který funguje jako uzavírací ventil. Je elektricky kontrolován a pneumaticky ovládaný. Když je ventil APU BLEED otevřený, jsou signály dodávány do BMC, které nařizují otevření křížového ventilu (se selektorem X BLEED v AUTO) a ventily dodávající vzduch od motoru se uzavřou. Vzduch do pneumatického systému je z APU. APU lze použít k přívodu odváděného vzduchu do packů během vzletu a ve vzduchu, což umožňuje získání většího tahu z motorů. Vzduch z APU nesmí být použit pro anti-ice křídla.

Každý motor dodává do pneumatického systému odváděný vzduch s regulovanou teplotou a tlakem. Teplota vzduchu od motoru je řízena předchlazovačem, který využívá vzduch ventilátoru. Vzduch je normálně odebírán ze středního (IP) stupně kompresoru. Pokud je tlak ve stupni IP nedostatečný, otevře se vysokotlaký ventil, který dodává vzduch z vysokotlakého (HP) stupně. Pokud je za letu tlak nedostatečný i při otevřeném vysokotlakém ventilu HP (tj. Motor při volnoběhu), motor si automaticky zvýší tah, aby zajistil minimální tlak vzduchu.



Obrázek č. 7 – Pneumatický systém [22]

Externí vzduch může být přiváděn na levou stranu pneumatického potrubí prostřednictvím konektoru umístěného před levou podvozkovou šachtou. Při normálním provozu s motory dodávajícími odváděný vzduch je křížový ventil uzavřen a pneumatický systém je rozdělen do dvou větví. Pokud dojde ke ztrátě kteréhokoli pneumatického zdroje, lze křížový ventil otevřít ručně pomocí tlačítka na overhead panelu v sekci klimatizace. Křížový ventil je řízen dvěma elektromotory: jedním pro automatický režim a druhým pro manuální režim. Křížový ventil se automaticky uzavře, kdykoli je zjištěn únik vzduchu, s výjimkou spouštění motoru. [23] Schéma celého systému je na obrázku číslo 7.

2.3.1. Ventily

Pokud má motor nízkou rychlost, přičemž tlak a teplota vzduchu ze střední části kompresoru jsou nízké, systém začne odebírat vzduch z vysokotlaké části motoru a udržuje ho na hodnotě 65+/- 15psi. A320ceo udržuje hodnotu na 36+/-4psi. Rovněž došlo ke změně logiky uzavírání vysokotlaké části kompresoru.

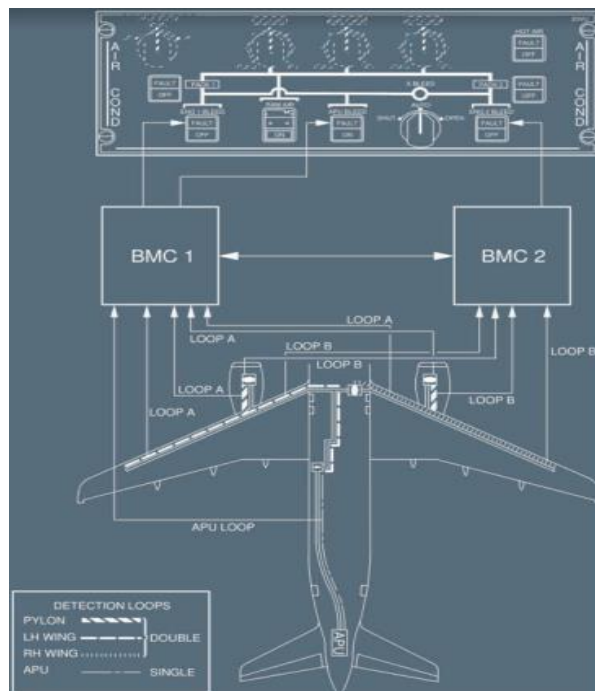
- Uzavření z důvodu nízkého vstupního tlaku (CEO i NEO)
- Uzavření z důvodu příliš vysokého vstupního tlaku (CEO i NEO)
- Uzavření elektricky pokud je ventil uzavřen elektricky (CEO i NEO)
- Uzavření v případě přetlaku s vypnutým odmrazovacím systémem křídel oběma packy zapnutými a s letadlem nad výškou 15000 stop (pouze CEO)
- Pokud jsou ventily odběru vzduchu zavřené z důvodu zapnutého odběru vzduchu od APU, ventil vysokotlaké části se zavře 30 sekund po zavření ventilů odběru vzduchu od motorů (pouze NEO)

Ventil odběru vzduchu od motoru, který se nachází za ventily pro kontrolu vysokotlaké a střední části kompresoru funguje v systému jako regulační ventil pro kontrolu tlaku a vypnutí celého systému. Udržuje dodávaný tlak u A320neo na 51+/-9psi a u A320ceo na 45+/-5psi. K jeho uzavření dochází:

- Pneumaticky: Pokud vstupní tlak klesne pod 15psi u neo nebo 8psi u ceo.
Pokud se vzduch vrací opačným směrem.
- Elektricky: Tlačítko BLEED v poloze OFF.
Zapnutím ENG FIRE tlačítka.
Bleed Air Monitoring Computer v případě: Vysoké teploty a tlaku, úniku, zapnutému startovacímu ventilu, vypnutému motoru, zapnutého APU bleed, odběr vzduchu není třeba, ztráta teploty odbíraného vzduchu a nově pouze u A320neo, pokud selže otevírání vysokotlakého ventilu.

2.3.2. Detekce úniku pneumatického systému

Okruhy, které mají za úkol detekovat únik vzduchu uvnitř systému mají u obou letadel opět rozdílnou architekturu. Tyto okruhy jsou citlivé na jakékoliv přehřívání v blízkosti potrubí vedoucího horký vzduch, v trupu, pylonech a křídlech. Pylony mají dvojitý okruh u A320neo a pouze jeden okruh u A320ceo. Oba typy mají dva okruhy v křídlech a jeden v APU. Pokud dvou okruhový systém detekuje únik nebo pokud jeden okruh detekuje únik a druhý je imperativní aktivuje se únikový signál. Schéma celého systému u letounu A320neo je vyobrazeno na obrázku číslo 8.



Obrázek č. 8 – Pneumatic leak detection [4]

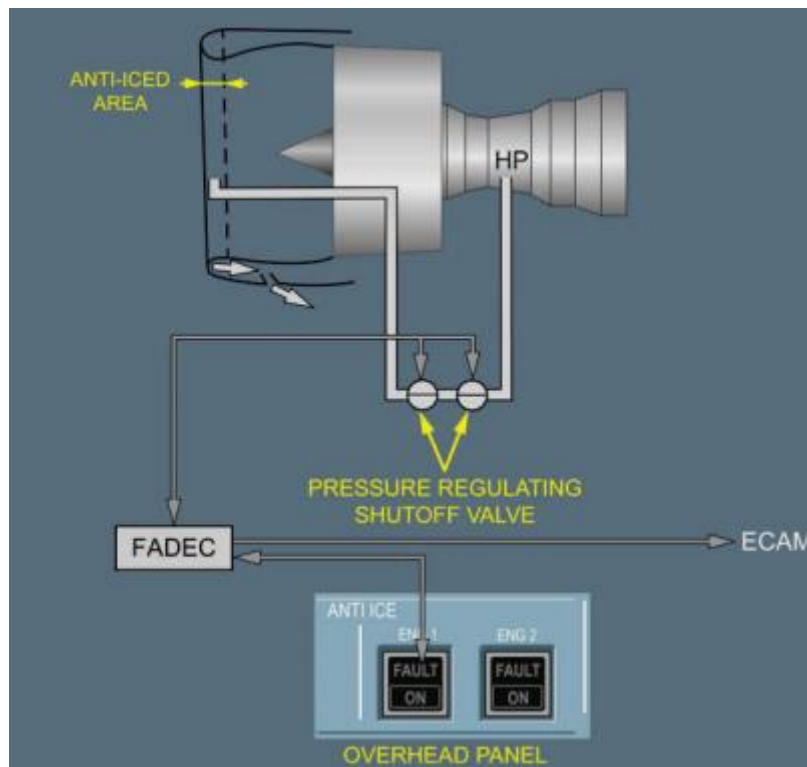
2.3.3. Závady pneumatického systému

Pokud jeden Bleed Monitoring Computer (BMC) selže, druhý přebírá kontrolu a pokračuje v monitorování systému odběru vzduchu od motorů, aby bylo možné stále vydávat varování systému ECAM v případě vysokého tlaku a úniku v oblasti křidel. U A320ceo ještě vydává varování na přehřátí. Tato protekce se již nevyskytuje u A320neo. U A320neo však stále existuje přiřazené FAULT světlo na overhead panelu, konkrétně v sekci AIR COND. Rovněž ENG BLEED LEAK varování zůstává zachováno.

A320neo má na rozdíl od A320ceo dva nové spouštěče hlášení závady na systému ECAM, která se vysvítí jako ENG1(2) BLEED FAULT žlutě na overhead panelu. Nově dojde k tomuto upozornění v případě, že se vysokotlaký ventil neotevřel na zemi nebo pokud na zemi selhal jeden senzor teploty vzduchu nebo dva senzory měření teploty vzduchu naměří rozdílné hodnoty. [4]

2.4. Protekce proti dešti a námraze

Systém protekce proti námraze je velice důležitý pro bezpečnost letu. Námraza již v mnoha případech v minulosti dokázala způsobit nehodu s fatálními následky. Hrozbou je především větší hmotnost letadla, změna aerodynamických vlastností a vyšší pádová rychlost. A320neo se od A320ceo liší v rozdílné architektuře ochrany motorů proti námraze. Schéma A320neo je vyobrazeno na obrázku číslo 9.



Obrázek č. 9 – Ochrana proti námraze motor [4]

Dle schématu na obrázku číslo 9 můžeme vidět, že systém protekce proti námraze na motorech zahrnuje dva regulátory tlaku a vypínací ventily, které se anglicky nazývají pressure regulated and shut off valves (PRSOV). Tyto regulátory umožňují vstup vzduchu z vysokotlaké části kompresoru do gondoly motoru. Každý z ventilů je elektricky kontrolován a pneumaticky ovládán. Pouze jeden PRSOV zastává vypínací funkci, pokud je tlačítko na overhead panelu engine anti-ice v pozici off. Systém rovněž nepřetržitě monitoruje, zdali nedochází k úniku a pakliže ano, je deaktivován. Také v případě že dojde k prasknutí potrubí vedoucího vzduch, jsou oba ventily uzavřeny. V případě závady na elektrickém systému letadla jsou oba PRSOV konstruovány jako fail safe tudíž zůstanou otevřeny a poskytují gondole motoru teplý vzduch s dostatečným tlakem, aby byla zajištěna ochrana proti námraze.

Opět se v souvislosti s tímto systémem vyskytují nové hlášky a varování v případě poruchy. ENG1(2) ANTI ICE tlačítko na overhead panelu se vysvítí žlutě, pokud pozice ventilů

odmrazovacího systému neodpovídají nastavení stejného systému na overhead panelu. V souvislosti s tím ECAM může vystavit následující varování:

- ANTI ICE ENG 1(2) VALVE CLSD
- ANTI ICE ENG 1(2) VALVE OPEN
- ANTI ICE ENG 1(2) CTL FAULT
- ANTI ICE ENG 1(2) OVER PRESS [4]

2.5. Klimatizace/Přetlakování/Ventilace

Dalšími systémy, kterými se budu v práci zabývat budou systémy klimatizace, přetlakování a ventilace. Každý ze systémů je nezbytný pro bezpečný průběh letu. V této podkapitole se mezi oběma letadly nenachází žádné velké rozdíly. My si však zmíníme těch několik málo, kolik existuje.

Rozdílná je logika uzavírání packů při startu motorů. Na zemi je znovuotevření ventilu pozdrženo o 60 sekund, aby nedošlo dodatečnému uzavření packu během startu druhého motoru. U varianty A320ceo je toto zdržení místo 60 sekund pouze 30 sekund.

Další novinkou u A320neo jsou zobrazované parametry na Engine Warning Display. Nově se zobrazují následující informace:

- PACKS – když odebraný vzduch od motorů jde do packů zajišťující klimatizaci
- NAI – ochrana vstup do motorů proti námraze je zapnuta
- WAI – Ochrana křídel proti námraze je zapnuta

Zobrazení výše zmíněných parametrů nastává nezávisle na sobě. Nejsou zobrazeny po celou dobu letu ale pouze v těchto situacích:

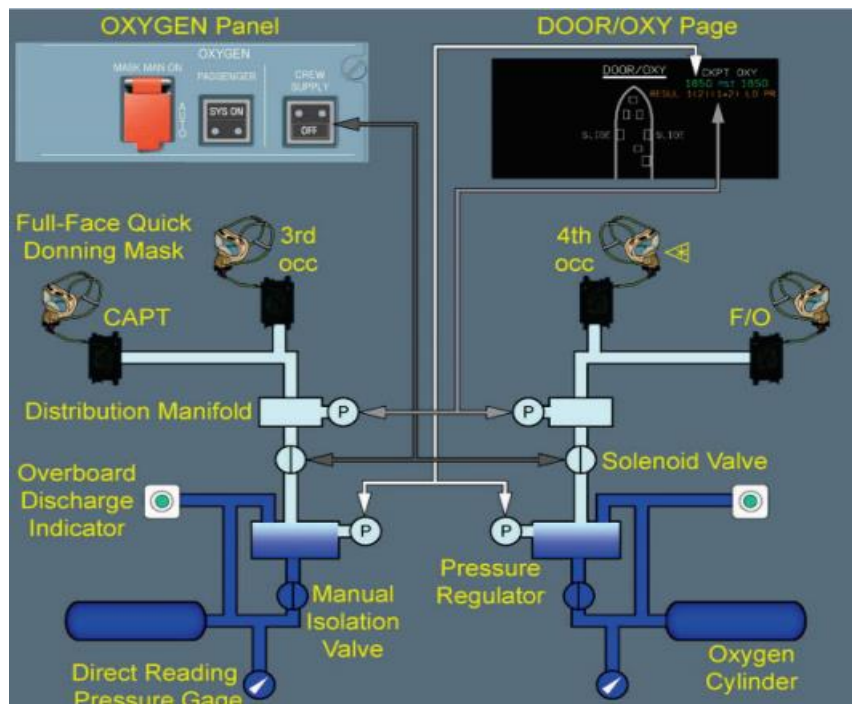
- Na zemi, pokud běží alespoň jeden motor
- Při fázi vzletu nebo go around, dokud nejsou plynové páky staženy do polohy CL
- Za letu, pokud jsou plynové páky v pozici MCT (maximum continous thrust)

2.6. Kyslíkový systém

Kyslíkový systém slouží pro dodání kyslíku posádce a cestujícím letadla především v případě dekomprese. Kyslíkový systém pro cestující není u obou variant odlišný. Odlišný je systém pro dodání kyslíku osazenstvu kokpitu. Systém zde má naprosto odlišnou architekturu. Na rozdíl od jedné větve, kterou je kyslík rozváděn u A320ceo má A320neo větve dvě. Schéma je vyobrazeno na obrázku číslo 10.

Na obrázku číslo 10 je jasné vidět, že systém obsahuje dva vysokotlaké zásobníky kyslíku, dva tlakové regulátory, čtyři bezpečnostní systémy kontrolující, aby nešlo k přetlakování

systemu, dva ventily umožňující vypnout systém distribuce kyslíku a tři nebo čtyři rychle nasazovací kyslíkové masky. Jedna větev dodává kyslík kapitánovi a třetímu člověku v kokpitu. Druhá větev zásobuje kyslíkem prvního důstojníka a případného čtvrtého člověka v kokpitu. Systém má tak oproti A320ceo lepší redundanci a zabezpečení v případě poruchy jedné části systému.



Obrázek č. 10 – kyslíkový systém [4]

Dvě větve mají následek v jiných hodnotách minimálního tlaku v tlakových nádobách nezbytných pro zajištění dostatečné dodávky kyslíku v různých fázích letu. Tyto hodnoty jsou zobrazeny na stránce DOOR/OXY na systémovém displeji letadla. Hodnota tlaku je zobrazena zeleně pokud je větší nebo rovna 500psi. Pokud hodnota tlaku klesne pod 500psi, ale je větší, jak 200psi začne blikat zeleně a DOOR/OXY stránka se automaticky zobrazí. Žlutě se systém rozsvítí, pokud je hodnota pod 200psi. Toto jsou hodnoty pro situace za letu. Na zemi se hodnota žlutě vyobrazí pod hodnotu 800psi. V tomto případě musí posádka zkontrolovat, že zbývající množství kyslíku není pod minimální hodnotou pro provedení letu v souladu s předpisy. Tyto hodnoty jsou uvedeny v sekci limitace/kyslík. Dále se na systémovém displeji může objevit zpráva REGUL 1(2) (1+2) LO PR. Je žlutá a znamená, že tlak kyslíku v nízkotlakém okruhu je nízký (50psi). Poslední novinkou je hláška CKPT OXY. Normálně je zobrazena bíle. Oranžově začne na systémovém displeji svítit, pokud nastane alespoň jedna z následujících situací:

- alespoň jeden zásobník kyslíku má tlak pod 200psi

- nízký tlak kyslíku je detekován alespoň na jednom zásobníku kyslíku
- v sekci OXYGEN na overhead panelu je tlačítko CREW SUPPLY v pozici OFF

Závěrem by se dalo velice zjednodušeně a pouze pro hrubou představu zmínit, že limitní hodnoty kyslíkového systému u A320neo jsou přibližně poloviční oproti A320ceo, které má pouze jednu větev.

2.7. Systém automatizace letu

V kategorii systému automatizace letu se obě varianty letadel liší výpočtem hodnot rychlostí F speed, S speed a Green dot speed. Tyto rychlosti jsou nadefinované, a tudíž není jejich adekvátní překlad. Pro jejich pochopení je vysvětlím níže.

- F speed – Jedná se v první řadě o minimální rychlost, při které se mohou při vzletu zasunout klapky. V další řadě je to také rychlost, která je žádaná a udržovaná automatem tahu v přiblížovací fázi bez volby jiné rychlosti na FCU při konfiguraci klapek 2 nebo 3. Je na rychlostní stupnici primárního letového displeje vyobrazena pomocí písmene F.
- S speed – Jedná se v první řadě o minimální rychlost, při které mohou být při vzletu zasunuty slaty. V další řadě je to také rychlost, která je žádaná a udržovaná automatem tahu v přiblížovací fázi bez volby jiné rychlosti na FCU při konfiguraci klapek 1. Je na rychlostní stupnici primárního letového displeje vyobrazena pomocí písmene S.
- Green dot – Jedná se v první řadě o rychlost, která je udržována v případě vysazení motoru v čisté konfiguraci. Dále se jedná o rychlost, která zajišťuje nejlepší poměr vztlaku a odporu. V neposlední řadě je to finální rychlost ve vzletovém segmentu. Je na rychlostní stupnici primárního letového displeje vyobrazena pomocí zelené tečky.

Jak jsem již zmínil výše, tyto rychlosti jsou u obou z typů definovány odlišným způsobem. Dvě z nich jsou definovány za pomoci Vs neboli pádové rychlosti. Proto ještě před uvedením samotných rozdílů nadefinuji pádovou rychlost. Pádová rychlost nebo minimální ustálená rychlost letu je rychlost, při které je letoun ovladatelný. Vs je obecný pojem a obvykle neodpovídá konkrétní rychlosti letu. [16] V tabulce číslo 5 jsou přehledně vysvětleny rozdíly ve výpočtu výše zmíněných rychlostí na obou typech letadla. [4]

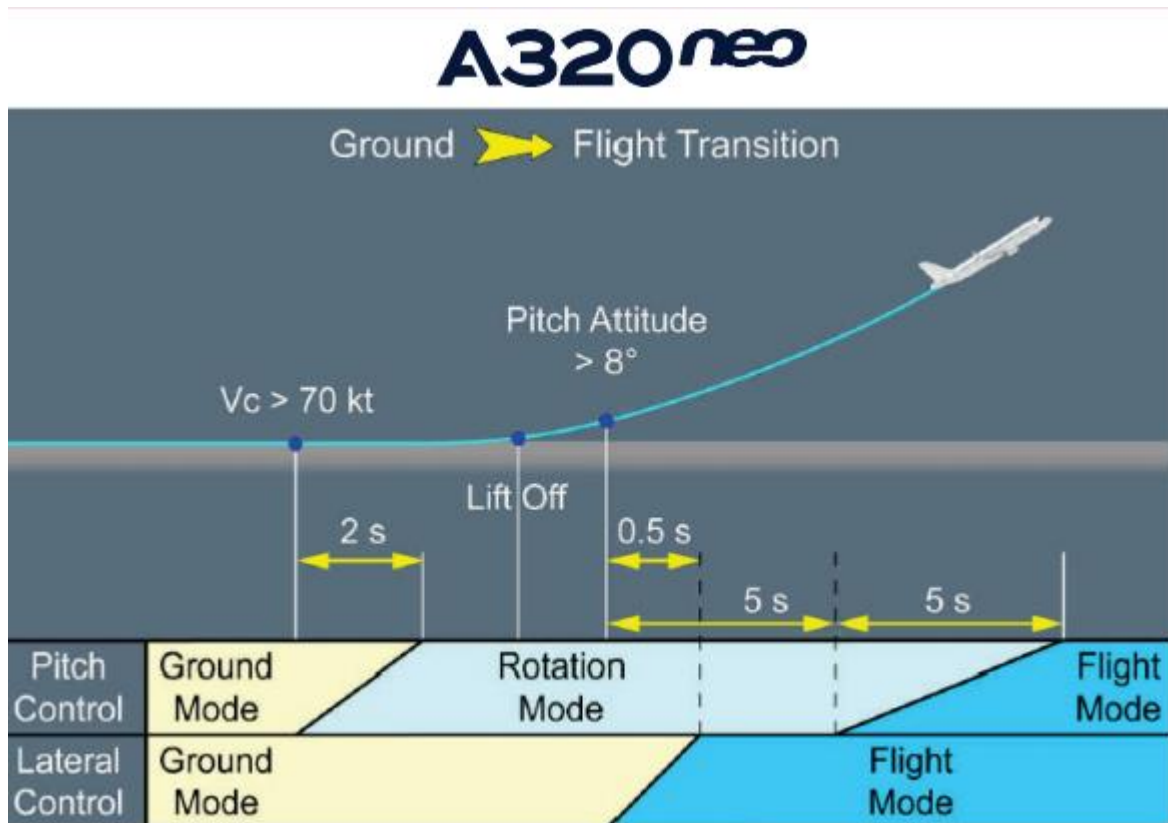
	A320ceo	A320neo
F speed	1,19násobek Vs v konfiguraci 1+F	1,26násobek Vs v konfiguraci 1+F
S speed	1,25násobek Vs v čisté konfiguraci	1,23násobek Vs v čisté konfiguraci
Green dot	Pod 20 000 stop 2 * váha	Pod 20 000 stop 2 * váha

	uvedená v metrických tunách + 80 Nad 20 000 stop přidat 1 kt na 1000 stop	uvedená v metrických tunách + 85 Nad 20 000 stop přidat 1 kt na 1000 stop
--	--	--

Tabulka č. 5 – výpočet rychlostí [4]

2.8. Systémy řízení letu

Změny v systému řízení letu jsou velice zásadní a z hlediska pilota se jedná pravděpodobně i o jednu ze změn, kterou na pilotáži letadla pocítí ze všeho nejvíc. A320neo je nově vybaven takzvaným rotačním módem, který je využíván při vzletové fázi. Slouží jako protekce pro velký úhel náběhu a stoupání. Hlavním úkolem tohoto módu je poskytnout homogenní rotaci pro všechny možné hmotnosti, polohy těžiště a konfigurace a zabránit tak riziku tail striku. Důležitou informací je tato ochrana může být přepsána pomocí zásahu pilota za předpokladu silné manipulace s řídicí pákou. Rotační mód je závislý na úhlu stoupání, vzdálenosti zadní části letadla od země a poloze řídicí páky. Rotační mód je aktivován při vzletu při dosažení 70 kt do chvíle kdy uplyne 10 sekund od odpoutání letadla od země. Konkrétně je možné celou sekvenci vidět na obrázku číslo 11.



Obrázek č. 11 – Rotační mód A320neo [4]

Z obrázku číslo 11 je jasně vidět, že přechod mezi pozemním a rotačním módem je uskutečněn při dosažení 70 uzlů a trvá 2 sekundy. Následně když se letadlo odpoutá od země a dosáhne 8° uhel stoupání tak začne odpočet 10 sekund, které hrají roli při přechodu z rotačního módu do letového módu. Přechod mezi těmito dvěma módy začíná 5 sekund po dosažení 8° stoupání a k plnému přechodu dochází přesně 10 sekund po dosažení onoho 8° stoupání. U A320ceo je rotační mód úplně vynechán. Letadlo je u této varianty v pozemním módu až do dosažení 8° úhlu stoupání. V tom okamžiku začne docházet k přechodu do letového módu, k jehož plnému dosažení dojde 5 sekund po ustálení ve větším než 8° stoupání. [4]

2.9. Postupy

Další kapitolou, kterou se budu v této práci zabývat, budou rozdíly postupů na jednotlivých typech letadel. Bude se jednat především o postupy, které se nedají přiřadit jednoznačně k žádné z předchozích kapitol.

2.9.1. Odstranění ledu z motorů

Motory se nesmí nastartovat, dokud nebudou odstraněny veškeré nečistoty. Odstranění této kontaminace je úkolem techniků. To obvykle zahrnuje použití horkovzdušných dmychadel. Při dlouhodobém provozu v těžkých podmínkách námrazy na zemi (OAT $\leq 3^\circ \text{C}$ s viditelnou vlhkostí nebo kontaminantem na zemi) je možné, že budou lopatky ventilátoru kontaminovány ledem. Airbus poskytuje postup pro zbavování se tohoto ledu. Tento postup se právě liší podle typu letadla a motorů. Tyto postupy se liší podle fáze letu, a to konkrétně po startu motorů a po přistání letadla. Parametry nutné pro odstranění ledu jsou uvedeny v tabulce číslo 6.

	Po startu motorů		Po přistání	
	A320ceo	A320neo	A320ceo	A320neo
Nastavení N1	Min. 50 % (61-74 % zakázáno)	Min. 60 %	Min. 50 %	Min. 60 %
Max. interval	15 min.	30 min. (OAT -9°C až -3°C) 120 min. (OAT menší jak -9°C)	15 min.	30 min.

Tabulka č. 6 – Odstranění ledu z motorů [4]

Z tabulky číslo 6 jasně plyne, že v případě, kdy je potřeba aplikovat postup zbavení se námrazy v situaci po startu motorů u A320ceo budeme aplikovat minimálně 50 % výkonu N1, avšak nemělo by dojít k překročení limitu 61%. Maximální interval pak je stanoven na 15 minut. Ve stejném případě u A320neo musíme nastavit minimálně 60 % výkonu N1. Interval

je 30 minut pro teploty od -9 °C po -3°C. Pro teploty, které jsou nižší než -9 °C panuje maximální interval 120 minut. Při situaci po přistání platí pro A320ceo nastavení N1 minimálně 50 % s maximálním intervalem 15 minut. U A320neo je nastavení N1 minimálně 60 % a maximální interval 30 minut.

Závěrem je důležité zmínit, že pokud stav povrchu nebo okolní prostředí neumožňují tuto variantu uskutečnit, tak posádka letadla musí požádat pozemní personál o manuální odstranění námrazy na motoru. Toto platí pro oba typy letadel.

2.9.2 Brzdy

V této kapitole bych se ještě rád zmínil o novinkách ohledně brzd na A320neo. Na A320ceo se tento jev vůbec nevyskytuje. Pokud při parkování nebo pojíždění dosáhnou brzdy teplotu nad 200 °C může posádka očekávat vibrace. Tyto vibrace, i když o nich výrobce letadla ví a upozorňuje na ně v příručce, musí být nahlášeny. Tato teplotní limitace souvisí pouze s vibracemi a není jinak omezující.

2.10. ECAM

Již v minulých kapitolách této diplomové práce jsem se okrajově zmiňoval o nových zprávách systému ECAM. Tato zkratka je z angličtiny a znamená Electronic Centralized Aircraft Monitor. I když jsem se o tomto systému zmiňoval jen dříve, bylo to jen v pár případech, které se týkaly konkrétní podkapitoly. V této podkapitole uvedu všechny nové nebo změněné hlášky systému ECAM a vysvětlím jejich význam. Pro začátek bych jen rád zmínil, co systém ECAM je a co všechno může zobrazovat. Electronic Centralized Aircraft Monitor (ECAM) je definován jako systém v letadle Airbus pro monitorování a zobrazování informací o motoru a systémech letadla pilotům. V případě poruchy se zobrazí chyba a mohou se také zobrazit příslušné kroky nápravného opatření. Electronic Centralized Aircraft Monitor (ECAM) je verze Airbusem vylepšeného systému Engine Indicating and Crew Alerting System (EICAS). Prezentuje data na Engine Warning displeji (E / WD) a na systémovém displeji (SD), včetně:

- Primárních motorových parametrů, množství paliva, polohy klapky a slatů
- Varovné a výstražné upozornění nebo poznámky
- Přehledné diagramy leteckých systémů a stavové zprávy
- Permanentní letová data [17]

2.10.1. ANTI-ICE

Oznámení na ECAMu	Spouštěcí podmínka	Důsledek
ANTI-ICE ENG 1(2) CTL FAULT ENG 1(2) A.ICE VALVE OPEN	Systém kontroly odmrazování gondol motorů selhal	ECAM akce
ANI-ICE ENG 1(2) OVER PRESS	Ztráta regulace tlaku na obou ventilech	Bdělost posádky

	odmrazovacího systému gondol motorů	
--	-------------------------------------	--

Tabulka č. 7 – ECAM ANTI-ICE [4]

2.10.2. AIR

Oznámení na ECAMu	Spouštěcí podmínka	Důsledek
<u>AIR</u> ENG 1+2 BLEED FAULT	Dodávání vzduchu od obou motorů je ztraceno bez úniku z křídla nebo motorové gondoly.	ECAM akce
<u>AIR</u> APU BLEED LEAK APU LEAK FED BY ENG	Je detekován únik vzduchu v potrubí od APU a zároveň je APU vypnuté.	ECAM akce
<u>AIR</u> APU LEAK DET FAULT	Okruh kontrolující únik vzduchu v potrubí APU je nefunkční.	Bdělost posádky
<u>AIR</u> ENG 1(2) BLEED ABNORM PR	Regulovaný tlak v potrubí vedoucí odebíraný vzduch je abnormální.	ECAM akce
<u>AIR</u> ENG 1(2) BLEED FAULT nebo <u>AIR</u> ENG 1(2) BLEED FAULT BLEED NOT CLOSED	Motor 1(2) běží a zároveň: Oba teplotní senzory nefungují nebo Tlak vzduchu je větší jak 57psi nebo Teplota vzduchu v potrubí je větší jak: 257 °C po dobu více než 55 sekund 270 °C po dobu více než 15 sekund 290 °C po dobu více než 5 sekund	ECAM akce
<u>AIR</u> ENG 1(2) BLEED HI TEMP	Teplota na výstupu z předchlazovače je nad 245 °C	ECAM akce
<u>AIR</u> ENG BLEED NOT CLSD	Ventil odběru vzduchu od motorů se nezavře: Během startu motorů, nebo když je tlačítko APU BLEED ON Při vypnutí motoru nebo když je tlačítko APU BLEED OFF s vypnutými motory	ECAM akce
<u>AIR</u> BLEED LEAK	Detekovaný únik vzduchu z potrubí a X-BLEED tlačítko v poloze OPEN	ECAM akce

Tabulka č. 8 – ECAM AIR [4]

2.10.3. ELEC

Oznámení na ECAMu	Spouštěcí podmínka	Důsledek
-------------------	--------------------	----------

<u>ELEC IDG 1(2) OIL LO LVL</u>	Hladina oleje IDG 1(2) je nízká	Bdělost posádky
<u>ELEC IDG 1(2) FILTER CLOG</u>	Olejevý filtr IDG 1(2) je ucpaný	Bdělost posádky

Tabulka č. 9 – ECAM ELEC [4]

2.10.4. ENG

Oznámení na ECAMu	Spouštěcí podmínka	Důsledek
<u>ENG 1(2) AIR MINOR FAULT</u>	Kontrolní ventil nárazníkového vzduchu selže (je otevřený).	ECAM akce
<u>ENG 1(2) AIR SYS FAULT</u>	BASOV (Buffer Air Shut Off Valve) selhal a neotevřel se nebo se nezavřel nebo BACV (Buffer Air Check Valve) selhal a nezavřel se nebo Aktivní HPC (High Pressure Compressor) ventil pouštějící vzduch se nezavřel.	ECAM akce
<u>ENG 1(2) AIR VALVE</u>	Vzdušný systém korespondující se startem odběru vzduchu selhal.	Bdělost posádky
<u>ENG 1(2) CTR SYS FAULT</u>	Pokud je detekována závada zabraňující EEC spolehlivé kontrolování motoru nebo Je detekovánaTCM (závada řízení tahu).	ECAM akce
<u>ENG 1(2) FADEC IDENT FAULT</u>	Selhala jednotka ukládání motorových dat (DSU).	Bdělost posádky
<u>ENG 1(2) FADEC SYS FAULT</u>	Selhal systém FADEC.	ECAM akce
<u>ENG 1(2) FAN COWL NOT CLSD</u>	Kryt motoru není zavřený (viz. obrázek číslo 6)	Bdělost posádky
<u>ENG 1(2) FAIL</u>	Rychlost jádra motoru klesne pod volnoběh s pákou ENG MASTER v poloze ON a bez aktivovaného tlačítka ENG FIRE	ECAM akce
<u>ENG 1(2) FUEL FILTER CLOG</u>	Palivový filtr je zablokovaný.	Bdělost posádky
<u>ENG 1+2 FUEL FILTER CLOG</u>	Bypass je detekovaný na obou palivových filtrech.	ECAM akce
<u>ENG 1(2) FUEL PARTLY CLOGGED</u>	Varování se spustí, pokud hrozí detekování bypassu na palivovém filtru.	Bdělost posádky
<u>ENG 1(2) FUEL LEAK</u>	Pokud je detekován abnormální rozdíl mezi motory ať už z hlediska průtoku paliva nebo použitého paliva.	ECAM akce
<u>ENG 1(2) FUEL SENSOR FAULT</u>	Palivový systém monitorující palivový filtr chladiče paliva/oleje IDG přestane měřit.	Bdělost posádky
<u>ENG 1(2) HEAT EXCHGR CLOG</u>	Výměník paliva/oleje IDG je zablokován.	ECAM akce
<u>ENG 1+2 HEAT EXCHGR CLOG</u>	Oba výměníky paliva/oleje IDG jsou zablokovány.	ECAM akce

<u>ENG 1(2) HEAT SYS DEGRADED</u>	Je detekována minoritní závada řídicího tepelného systému.	Bdělost posádky
<u>ENG 1(2) HEAT SYS FAULT</u>	Řízení tepelného systému selhalo.	ECAM akce
<u>ENG 1(2) HIGH VIBRATION</u>	Vibrace N1 jsou nad 5 jednotek nebo Vibrace N2 jsou nad 5 jednotek.	ECAM akce + QRH
<u>ENG 1(2) HOT AIR DET FAULT</u>	Detekce úniku horkého vzduchu selhala.	ECAM akce
<u>ENG 1(2) HOT AIR LEAK</u>	Je detekován únik horkého vzduchu v motorové části.	ECAM akce
<u>ENG 1(2) MINOR FAULT</u>	Je detekována minoritní porucha motoru.	Bdělost posádky
<u>ENG 1(2) OIL CHIP DETECTED</u>	Je detekován chip systémem EEC uvnitř motorového olejového systému.	Bdělost posádky
<u>ENG 1(2) OIL FILTER PARTLY CLOGGED</u>	Hrozící bypass je detekován na olejovém filtru.	Bdělost posádky
<u>ENG 1(2) OIL SENSOR FAULT</u>	Systém monitorující olej selhal.	Bdělost posádky
<u>ENG 1(2) OIL SYS FAULT</u>	Olejový systém selhal.	ECAM akce
<u>ENG 1(2) OVTHR PROT FAULT</u>	Je detekována závada kontroly tahu (TCM).	Bdělost posádky
<u>ENG 1(2) REV LOCKED</u>	Systém zpětného tahu selhal ve vysunuté pozici.	Bdělost posádky
<u>ENG 1(2) REV MINOR FAULT</u>	Je detekována závada a zpětný tah není odblokován a není potlačen.	Bdělost posádky
<u>ENG 1(2) REVERSER CTL FAULT</u>	Systém zpětného tahu selhal.	Bdělost posádky
<u>ENG 1(2) BOWED ROTOR PROTECTION FAULT</u>	Ochrana motoru proti ohnutí selhala.	ECAM akce
<u>ENG 1(2) STALL</u>	Je detekován pád motoru.	ECAM akce
<u>ENG 1(2) START FAULT</u>	Startování motoru selhalo z důvodu: Není zážeh nebo Pád motoru nebo Vysoká teplota motoru nebo Hung start nebo Nejsou otáčky N1 nebo Přesažený čas startéru nebo Plynové páky nejsou na volnoběhu nebo Horký start nebo Startovací hřídel je zkřivená	ECAM akce
<u>ENG 1(2) TURB COOL FAULT</u>	Turbína ventilu ACC (Active clearance control) selhala v zavřené pozici.	Bdělost posádky
<u>ENG 1(2) SHUT DOWN</u>	Pokud je startér motoru v pozici OFF ve fázích 3 až 8 nebo pokud je tlačítko ENG FIRE stlačeno ve fázích 1,2,9, a 10.	ECAM akce

ENG ALL ENGINES FAILURE	Všechny motory za letu selhaly.	ECAM akce + QRH
--------------------------------	---------------------------------	-----------------

Tabulka č. 10 – ECAM ENG [4]

Nově je u Airbusu A320neo u hlášky **ENG 1(2) BOWED ROTOR PROTECTION FAULT** nutná k odstranění závady asistence týmu mechaniků. U hlášky **ENG 1(2) SHUT DOWN** došlo zase u nového Airbusu A320neo k drobným změnám akcí předepsaných systémem ECAM. Pokud je zpětný tah neuzamčen rychlost pro přiblížení musí být upravena na Vref+15kts. Zároveň pokud je vypnuté vyhřívání křídel a tlačítko END FIRE není stlačeno nastavení PACK FLOW musí být na LO. Je to tak rozdílné od A320ceo, kde figuruje ONE PACK ONLY, pokud je zapnutý systém vyhřívání křídel.

2.10.5. F/CTL

Oznámení na ECAMu	Spouštěcí podmínka	Důsledek
F/CTL L(R) ELEV FAULT	Ztráta obou servo zvedáků na jedné výškovce nebo aktivace protekce proti třepetání výškovky systémem ELAC (Elevator Aileron Computer)	ECAM akce

Tabulka č. 11 – ECAM F/CTL [4]

2.10.6. HYD

Oznámení na ECAMu	Spouštěcí podmínka	Důsledek
HYD B+Y SYS LO PR	Tlak modré a žluté větve je menší nebo roven 1450psi (reset upozornění nastává při tlaku větším nebo rovném 1750psi)	ECAM akce
HYD G+B SYS LO PR	Tlak zelené a modré větve je menší nebo roven 1450psi (reset upozornění nastává při tlaku větším nebo rovném 1750psi)	ECAM akce
HYD G+Y SYS LO PR	Tlak zelené a žluté větve je menší nebo roven 1450psi (reset upozornění nastává při tlaku větším nebo rovném 1750psi)	ECAM akce

Tabulka č. 12 – ECAM HYD [4]

2.11. Změny v abnormálních postupech

Poslední podkapitolou popisující rozdíly variant Airbus A320neo A320ceo bude podkapitola týkající se rozdílů a novinek v abnormálních postupech. Jedná se o změny, které jsou v příručce QRH (Quick Reference Handbook). První z těchto změn, kterou se budu zabývat je položka Gravity Fuel Feeding.

2.11.1. Gravity Fuel Feeding

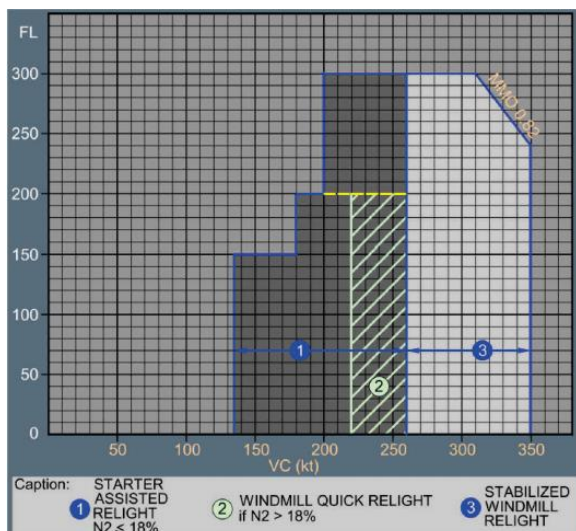
Postup spočívá v zapnutí zapalování na motoru a vyhnutí se zápornému G. Hladina, na které lze spolehlivě přivádět palivo, závisí na tom, zda mělo palivo čas se odvzdušnit, což je funkcí dosažené výšky a času v této výšce. Algoritmus použitý k výpočtu hladiny pro gravitační přísun paliva závisí na draku letadla a je uveden v QRH. V některých případech je nutností vzít do úvahy terén, protože hladina pro gravitační přísun paliva může být pouze FL150. Je také možné použít gravitační přísun paliva pomocí příčného klonění letadla s otevřeným ventilem příčného přívodu. [18] Změna, ke které došlo na novém typu airbusu souvisí právě s hladinami, při kterých se může gravitační přísun paliva uskutečnit. Pravidla jsou následující:

- Letadlo může udržovat současnou hladinu, pokud doba letu nad hladinou 300 přesáhla 30 minut
- Letadlo musí sklesat do hladiny 280 pokud čas nad hladinou 300 nepřesáhl 30 minut
- Pokud letadlo nikdy neprostoupalo hladinu 300 musí sklesat do hladiny 150

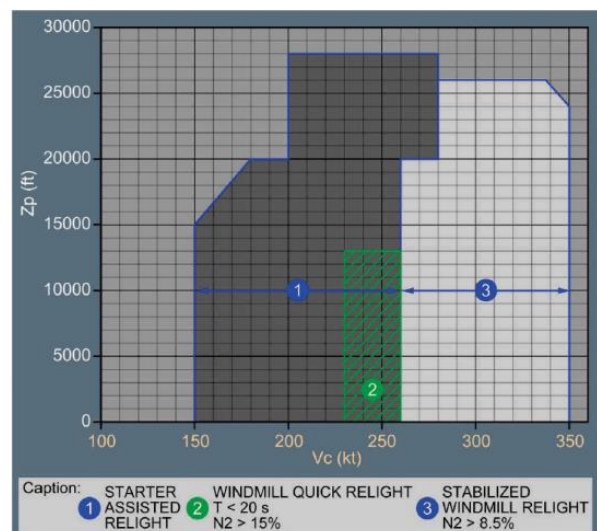
Z výše zmíněného postupu se A320neo liší právě druhým bodem, který říká, že letadlo musí sklesat do hladiny 280 pokud čas nad hladinou 300 nepřesáhl 30 minut. [19]

2.11.2. Engine Relight In Flight

Další významnou změnou, ke které došla v abnormálních postupech je nová obálka znovu zažehnutí motoru ve vzduchu. Obálka A320ceo je vyobrazena na obrázku číslo 12 a obálka pro A320neo je na obrázku číslo 13.



Obrázek č.12 – ENG RELIGHT A320ceo [19]



Obrázek č.13 – ENG RELIGHT A320neo

[19]

Porovnáním obou obálek zjistíme že A320ceo umožňuje začít se znovu zažehnutím motorů od odlišné hladiny letu s ohledem na situaci v porovnání s A320neo. A320ceo konkrétně při znovu zažehnutí motorů za pomoci startéru od rychlosti 135 kt do 180 kt musí být pod hladinou 150, od rychlosti 180 kt do 200 kt pod hladinu 200 a od 200 kt do 260 kt pod hladinou 300. A320neo v tom samém případě mezi 150 kt a 180 kt exponenciálně stoupá maximální výška z 15000 na 20000 stop, od 180 kt po 200kt je maximální hladina 20000 stop. Od 200 kt do 250 musí být letoun pod hladinou 28000 stop a mezi rychlostmi 250 a 270kt se musí nacházet v rozmezí mezi 20000 a 28000 stopami. Při druhé možnosti, kdy se jedná o rychlém znovu zažehnutí motoru pomocí windmillu což by se dalo přeložit, jako situace, kdy se spoléhá jednoduše na proud vzduchu, který naráží na turbínu motoru a roztočí jí, musí mít A320ceo otáčky N2 větší jak 18 %, mít rychlost 220 až 260 kt a nacházet se pod hladinou 200. A320neo u stejné situace musí mít v čase pod 20 sekund otáčky N2 větší než 15 %, rychlost 230 až 260 kt a výšku pod 13000 stop. Při poslední možnosti znovu zažehnutí motoru, kdy se používá metoda stabilizovaného windmillu. A320ceo v tomto případě při rychlostech od 260 kt po 310 kt musí být pod hladinou 300 a následně se hladina snižuje s ohledem k maximální rychlosti 0.82 Mach až k dosažení maximální indikované rychlosti 350kt. U A320neo je podmínkou, aby otáčky N2 u tohoto druhu zažehnutí byly větší než 8,5 % a následně rychlost mezi 260 a 280 kt pod 20000 stop a následně mezi 280 a 350 kt pod 26000 stop. Při vysokých rychlostech blížících se 350 knotům indikované rychlosti rovněž dochází k mírnému poklesu maximálního dostupu.

Kromě nové obálky došlo i k nějakým změnám u tohoto postupu přímo v postupu uvedeném v QRH. Nově U A320neo QRH říká, že během znovu zažehnutí motoru může dojít k rapidnímu zvýšení EGT pod maximální limit EGT. V tomto případě se nesmí znovu zažehnutí přerušit, dokud nedojde k překročení maximální hodnoty EGT znázorněné pomocí červené oblasti. Zároveň pokud se na ECAMu zobrazí varování **ENG 1(2) START FAULT – ENG STALL** a motorové parametry jsou v normálu, může posádka opomenout toto varování.

Další novinkou v tomto postupu je informace, že pokud nedojde ke zvýšení otáček N2 během pokusu o nový zážeh, měla by posádka uvážit zvýšení rychlosti pro zážeh za pomoci windmillu.

2.11.3. [MEM] UNREL SPEED INDICATION

Posledním rozdílem, který nastal je u takzvané memory item, která se nazývá unreliable speed indication. Neschopnost rychle rozpoznat a reagovat na chybné indikace primárního letového displeje může mít za následek ztrátu kontroly nad letadlem. Současným účinkem primárního problému na letadle Fly-By-Wire může být přepnutí do jiného režimu ochrany a řízení letadla, které poskytují menší ochranu letové obálky než normální režim. Autopilot se také může v důsledku poruchy odpojit. Pokud má být taková situace bezpečně zvládnuta, je

proto nezbytné komplexní pochopení vztahu mezi systémy Air Data, Autopilot (AP) a Flight Director (FD) a jednotlivými kanály AP / FD. Se znalostí pitot-statických systémů a porozuměním typům chybných indikací, které se mohou vyskytnout, mohou piloti zjistit, že existuje problém, a postupovat podle pokynů pro ustavení a udržení letadla v bezpečném stavu podle zbývajících spolehlivých informací, zejména podle polohy letadla ve vztahu k nastavení tahu a nadmořské výšce ověřený alespoň ze dvou podobných zobrazení z nezávislých zdrojů dat.

Indikovaná rychlost letu (IAS) je funkcí rozdílu mezi celkovým tlakem (Pt) měřený pitotovou trubicí nebo sondou ve směru letu a okolním nebo statickým tlakem (Ps) měřeným na statických deskách nebo portech. Úplné nebo částečné zablokování pitot – statických portů může zmást nepřipravenou posádku a může být způsobeno:

- Námrazou za letu
- Hmyzem
- Sopečným popelem
- Hustým deštěm
- Ropným kouřem
- Pokud jste před letem neodstranili těsnění údržby nebo ochranné kryty z vnějších větracích otvorů
- Selhání vyhřívání pitot – statického systému nebo poškození radomu letadla

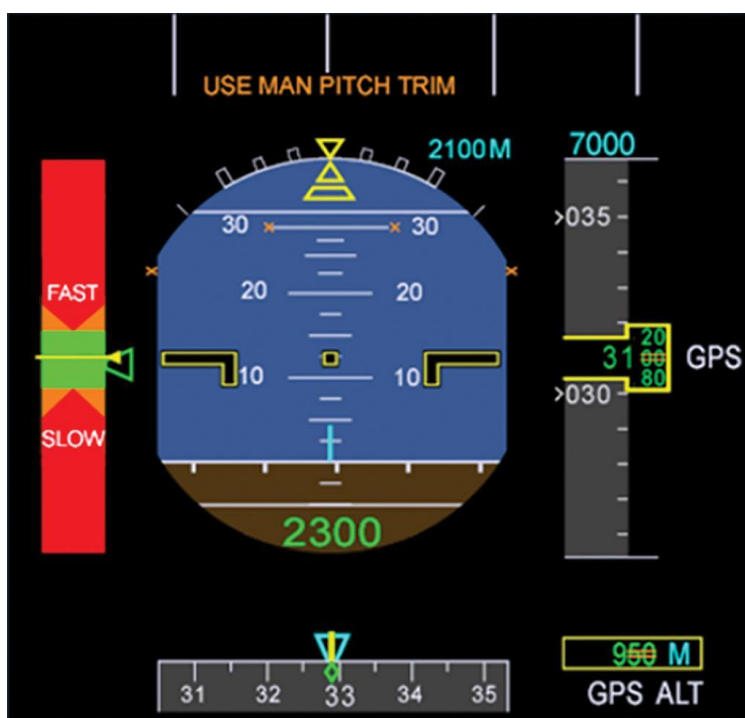
Pokud je pitotova sonda blokována, ale drenáž a statické porty jsou volné, pak v přímém a vodorovném (cestovním) letu bude mít zobrazený IAS tendenci se snižovat, případně indikovat nulu. Pokud jsou pitotova sonda a drenáž blokovány, ale statický port je volný, zvýší se IAS během stabilního stoupání a sníží se během stabilního klesání. Pokud jsou pitotova sonda, drenáž a statické porty blokovány, zůstane IAS konstantní navzdory změnám ve skutečné rychlosti letu. Pokud je blokován pouze statický port, pak výškoměr zamrzne v nadmořské výšce, ve které došlo k zablokování, VSI bude ukazovat nulové stoupání nebo klesání a IAS bude v sestupu ukazovat vyšší rychlost nebo nižší rychlost ve stoupání. [20]

Z důvodu výše zmíněných informací nově A320neo přikazuje pro vyrovnání letu pod hladinou 250 použít BUSS (back up speed scale). Novinkou je rovněž aktualizace tabulky doporučených výkonů a tahu letadla v této situaci. Jelikož systém BUSS je nově předepsaný v QRH pro řešení situace nedůvěryhodné rychlosti rád bych ho rád popsal a přiblížil.

Aby se snížilo pracovní zatížení posádky v případě nespolehlivé rychlosti, vyvinul Airbus BackUp Speed Scale (BUSS), který nahrazuje tabulky výšky a tahu. BUSS je volitelný u

A320 / A330 / A340. Jedná se o základní model A380, který je součástí funkcí monitorování ADR. Tato indikace je založena na informacích senzoru úhlu náběhu (AOA), a proto není ovlivněna chybnými měřeními tlaku. BUSS přichází s novým standardem ADIRU (mimo jiné nové systémové standardy), kde jsou informace AOA poskytovány prostřednictvím IR a nikoli prostřednictvím ADR. To umožňuje vypnout všechny ADR bez ztráty ochrany před zablokováním. Informace AOA poskytují místo stupnice rychlosti oblast navádění. Když posádka vybere všechny ADR vypnuté, pak:

- BUSS nahrazuje stupnici rychlosti PFD na obou PFD,
- GPS nadmořská výška poté nahrazuje indikátor nadmořské výšky na obou PFD.



Obrázek č. 14 – BUSS [21]

BUSS poté umožňuje letět bezpečnou rychlostí, tj. nad pádovou rychlostí a pod maximální strukturální rychlostí, úpravou tahu a úhlu letu letadla. BUSS se zobrazí, jakmile jsou všechny ADR vypnuty. Proto když letová posádka nedokáže při odstraňování problémů identifikovat vadné ADR nebo když jsou vadná všechna ADR u letadel, která mají BUSS vypne posádka všechny ADR a použije pro bezpečný let zelenou zónu systému BUSS. Protože BUSS je spojen s monitorovacími funkcemi ADR, lze automaticky detekovat některé nespolehlivé rychlostní situace (např. Nové varování ECAM „NAV ADR 1 + 2 + 3 FAULT“) a některé postupy ECAM povedou k aktivaci BUSS požadavkem na vypnutí všech ADR. [21]

3. Rozdílový výcvik z boxingu 737 na 737MAX

Není potřeba popisovat letecké odborné veřejnosti nehody dvou letadel typu boeing 737MAX, které se udály v Indonésii a Etiopii. Je dobře známo, že důsledkem neznalosti chování systému MCAS a v značné míře i novinek na boxingu 737MAX oproti staré verzi došlo k pádu obou strojů a následně uzemnění tohoto typu po celém světě. V této diplomové práci nebude cílem rozebrat detailně tyto nehody nebo se věnovat všem rozdílům mezi boeingem 737 a 737MAX. Budu se snažit poukázat na fakt, že před oběma nehodami byl požadován pouze CBT výcvik bez simulátorové prohloubení znalostí a dovedností posádek školících se na nový typ letadla. V této kapitole se rovněž zaměřím na nové požadavky od EASY na výcvik pilotů a vybavení letadla, které je potřeba splnit, aby se letadla boeing 737MAX mohli vrátit zpět do provozu po povinném uzemnění tohoto typu všemi státy světa.



Obrázek č. 15 – Pád 737MAX [23]

3.1. Důsledky nehody

Výsledky bezpečnostních vyšetřování prováděných orgány států, kde k těmto událostem došlo, stejně jako vlastní bezpečnostní přezkoumání agentury EASA, potvrdily, že nainstalovaný FCC OPS ovlivnil senzor vstupující do FCC s informací o enormně vysokém úhlu náběhu. To při manuálním letu se zasunutými klapkami mohlo způsobit, že systém MCAS (Maneuvering Characteristics Augmentation System) okamžitě začal vyvažovat letadlo směrem na předek. V tomto scénáři nemusí být letová posádka schopna reagovat vhodně použitím opačného směru vyvažování letadla směrem na zad. Tím by došlo k opětovnému vyvážení letounu. Rovněž by posádka musela aktivovat tlačítko trim cut-out.

Pokud tento stav není rychle změněn, mohl by vést k poloze stabilizátoru, kterou nelze plně kompenzovat vychýlením výškového kormidla, což by mohlo vést ke ztrátě kontroly nad letounem. Na základě těchto zjištění vyvinul Boeing nový OPS pro FCC a MDS DPC a vydal příslušný SB, který poskytl pokyny pro instalaci OPS. Boeing také aktualizoval letovou příručku letounu (AFM), aby zavedl nové postupy a omezení letové posádky a příslušný program výcviku letové posádky. Zavedením nového výcviku zajistil, že pilot pochopí funkce MCAS, důsledky zavedení provozuschopného OPS, a nový postup Unreliable Airspeed. Agentura EASA provedla komplexní přezkum opatření navrhovaných společností Boeing, včetně letových zkoušek, a domnívá se, že tato opatření adekvátně řeší výše popsany nebezpečný stav. V souvislosti s výše uvedeným opatřením byl vydán nový AD, který umožňuje návrat letadel do provozu při splnění specifických podmínek. [25]

3.2. Návrat do provozu

Agentura EASA definovala strategii návratu do provozu (RTS) jako takovou, která má zajistit bezpečnost konstrukce letadla. Přidružené technické činnosti zahrnovaly dva aspekty:

- zcela nezávislou kontrolu všech certifikačních činností souvisejících se změnami konstrukce požadovanými k řešení přímých příčin nehod
- rozšířenou nezávislou kontrolu návrhu systému řízení letu 737 MAX a přidružené funkce.

Tuto práci umožnilo porozumění získané o příčinách a okolnostech, které vedly ke dvěma nehodám: pokrok dosažený v této oblasti a následné technické vyšetřování agentury EASA vydláždily cestu přesné definici podmínek nezbytných pro bezpečné uvedení modelu do provozu.

EASA se skutečně plně zapojila do procesu, který přinesl soubor přijatelných technických modifikací 737 MAX a zároveň provozních a výcvikových aktualizací. Rozšířená kontrola návrhu společností EASA dále poskytla jistotu a v některých případech další provozní omezení pro bezpečný návrat 737 MAX do provozu. Agentura EASA dále definovala a odsouhlasila soubor opatření po návratu do provozu, která musí Boeing provést pro určité technické problémy, které nepředstavují nebezpečný stav, tj. nemají dopad na okamžitou bezpečnost cestujících. Provoz 737 MAX je již se schválenými změnami a opatřeními nařízenými ve směrnici EASA o letové způsobilosti 2021-0039 považován za bezpečný. Akce po RTS by měly být považovány za vylepšení, která mají přispět k dlouhodobému bezpečnému provozu letadla 737 MAX a podpořit následný vývoj konstrukcí této rodiny letadel.

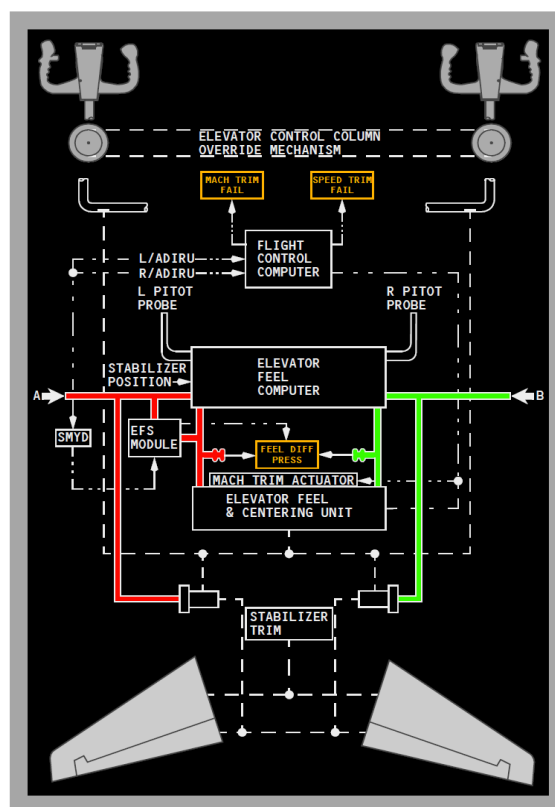
3.2.1. 737MAX Systémy řízení letu

Technické vyšetřování systému MCAS muselo vycházet z velmi základních principů, protože tento systém nebyl v době původní certifikace 737 MAX, který byl regulován EU-USA BASA, pro EASA adekvátně zvýrazněn jako nový systém nebo jako kritická funkce. Během tohoto šetření byly zjištěny nedostatky týkající se procesu posuzování bezpečnosti Boeingu, technik zajištění vývoje a validace a dokumentace předpokladů o reakcích posádky na poruchy letadel. Tyto slabiny související s procesem vedly k tomu, že Boeing nedokázal identifikovat rizika spojená se spoléháním se na data jednoho úhlu útoku (AOA), a tak umožnil návrh nebezpečné architektury systému řízení letu.

Technické úsilí návratu do provozu se zaměřilo na zajištění nápravy výše uvedených bezpečnostních problémů MCAS. Nejprve však bylo nutné důkladně pochopit technické potřeby pro fungování funkce MCAS. Jako jeden z výsledků šetření EASA bylo stanoveno, že MCAS hraje za určitých podmínek pouze omezenou roli při zvyšování stability a pádových charakteristik letadla. Omezený účinek systému MCAS je ve skutečnosti nutný k zajištění rezervy stability, díky nimž je letadlo plně v souladu s platnými předpisy o předvedení stání a charakteristikách řízení sklonu. To vysvětluje jeho začlenění do původního designu 737 MAX. Tyto rezervy stability jsou vyžadovány regulací úřadu, aby mohli letové posádky ovládat letadlo během určitých manévrů, jako je přiblížení se k pádové rychlosti. Letové zkoušky EASA potvrdily, že k zajištění úplného souladu je zapotřebí systém MCAS, ale také to, že ztráta této funkce nevyklučuje bezpečný let a přistání letadla; tj. 737 MAX zůstává stabilní i po ztrátě funkce MCAS.

Klíčem k zajištění bezpečného zavedení funkce MCAS do systému řízení letu bylo poté přezkoumat podmínky, za kterých by chybná aktivace MCAS mohla vést k nezvládnutelnému automatickému příkazu vyvážení na čumák (způsobenému stabilizátorem), jako je vidět u nehody. Kvůli složitosti designu 737 MAX se technické vyšetřování rychle změnilo v revizi všech možných příčin, které mohou vést ke generování takových falešných příkazů čumáku dolů, a nejen těch způsobených samotnými funkčními logikami MCAS. Toto úsilí vyžadovalo dvojí přístup: na jedné straně zajistit, aby Boeing používal adekvátní postupy na podporu procesu vývoje zaměřeného na bezpečnost, a na druhé straně podrobně přezkoumat výsledný změněný design. První aspekt byl řízen zavedením adekvátních technik založených na modelech, aby byly splněny cíle zajištění rozvoje, a aktualizací procesu posouzení bezpečnosti, aby bylo zajištěno sladění s celoodvětvově uznávanými metodikami. Řadu auditů na úrovni systému a vybavení provedla agentura EASA ve společnosti Boeing a Collins Aerospace, dodavatele počítače pro řízení letu (FCC), aby zkontrolovali správné použití těchto procesů. Druhý aspekt vyžadoval důkladný přezkum výsledných bezpečnostních analýz a pilotní vyhodnocení kritických scénářů.

Výsledný změněný systém řízení trimu stabilizátoru obsahuje výrazně upravenou architekturu řízení napříč kanály a algoritmy zpracování AOA. Nový design zajišťuje, že jakýkoli neúmyslný příkaz úpravy čumáku dolů, který posádka nemůže snadno obnovit ručně, je monitorovacím systémem automaticky zastaven. Tímto způsobem nemůže dojít k žádnému přenastavení stabilizátoru do limitní pozice, jako jsou ty, které se vyskytly při nehodách, z jednotlivých poruch systému řízení letu nebo jeho zdrojových signálů, včetně signálů sondy AOA. Těchto změn je dosaženo instalací nového softwarového standardu FCC P12.1.2. Před dalším letem po datu účinnosti odpovídajícího AD je tedy třeba nainstalovat nový provozuschopný FCC OPS, jak je definováno v příslušném AD a provést test instalace softwaru v souladu s pokyny příslušného SB. Pokud během zkoušky instalace není zobrazen provozuschopný FCC OPS P / N jako instalovaný na FCC A a FCC B, musí se provést před dalším letem příslušná nápravná opatření, dokud nebude nainstalován provozuschopný FCC OPS P / N na FCC A a FCC B. Později schválené verze FCC OPS jsou pouze ty verze softwaru Boeing, které jsou schváleny jako náhrada za starý závadný FCC OPS, a jsou schváleny jako součást typového návrhu po datu účinnosti příslušného AD. Systém řízení letu letadel 737 MAX zahrnuje dvě jednotky FCC (FCC A a FCC B), které zpracovávají vstupy od pilotů a snímačů letadla pro pohyb řídicích ploch. Pokyny k provedení a ověření instalace softwaru FCC OPS lze najít v příručce k údržbě letadel Boeing 737-7 / 8/8200/9/10 (AMM), oddíl 22-11-33. [25]



Obrázek č. 15 – Flight Control 737MAX [26]

Předpoklady reakce posádky použité společností Boeing při navrhování nové architektury byly důkladně přezkoumány agenturou EASA. Zvláštní pozornost byla věnována řízení zbývajících nezaviněných případů selhání stabilizátoru. Konkrétně se jedná o jev, kterému se říká Stabilizer Runaway. Tento jev se bohužel neukázal jako extrémně nepravděpodobný a k jeho řešení bylo třeba použití manuálního trimovacího kola. Vzhledem k logice monitorování začleněné do změněného FCC navrženého pro RTS technické šetření EASA nezjistilo žádné nepřiměřené předpoklady a shledalo maximální požadované síly trimovacího kola jako přijatelné. Tento závěr je založen na použití aktualizovaných neobvyklých postupů a požadavků na výcvik letových posádek 737 MAX. Ve skutečnosti byly pro 737 MAX RTS aktualizovány následující související postupy letové příručky letounu (AFM):

- Runaway Stabilizer
- Stabilizer Trim Inoperative
- Speed Trim Fail
- Stabilizer out of Trim

Aktualizované požadavky na výcvikový program OSD-FC (Flight Crew Operational Suitability Data) byly ověřeny během Společného výboru pro provozní hodnocení (JOEB), který zahrnoval evropské letové posádky. Kromě nového počítačového výcviku (CBT) nebo požadavků učebny, jsou vyžadovány tři nové praktické výcvikové oblasti se zvláštním důrazem (TASEs) v následujících oblastech:

- Stabilizer Trim
- Runaway Stabilizer
- Flight Control Computer and MCAS functionalities

Jednorázové povinné výcvikové cvičení zajišťuje, že všechny posádky létající na 737 MAX jsou v těchto oblastech řádně vycvičeny před návratem letadla do provozu. Návrat do provozu upraveného modelu 737 MAX vyžaduje také aktualizaci hlavního seznamu Master Minimum Equipment List (MMEL), aby se dále omezily podmínky, za kterých lze letadlo uvolnit do provozu. Kromě toho byly definovány nové požadavky na certifikaci údržby (CMR), které zajišťují povinné úkoly údržby související s několika spíci poruchami identifikovanými v systému řízení letu. Schéma celého systému na letadle 737MAX je vyobrazeno na obrázku číslo 15.

3.3. Řešení mnohočetných závad ze strany posádky

Během nehod Boeingu 737 MAX došlo k několika výstrahám a indikacím, které zvýšily pracovní zátěž letové posádky. To zhoršilo schopnost posádek identifikovat příčinu pozorovaných účinků v kokpitu a včas přijmout následná nápravná opatření. Reakce letové posádky navíc neodpovídaly předpokladům Boeingu týkajících se jejich schopností zvládat neúmyslnou aktivaci MCAS. Letová posádka navíc nebyla adekvátně vyškolená v chování MCAS. K řešení tohoto souboru pozorování a analýze celkového dopadu na bezpečnost modelu 737 MAX, včetně problémů nad rámec konkrétního případu MCAS, provedlo v této oblasti technické vyšetřování agentury EASA obousměrný přístup prostřednictvím: i) přezkumu scénářů selhání (původně zaměřené na poruchy související s AOA), které mohou mít za následek více efektů v kokpitu, a ii) posouzení toho, jak design kokpitu 737 MAX a konkrétněji jeho výstražný systém podporuje posádku, když probíhají scénáře vysoké pracovní zátěže.



Obrázek č. 16 – Snímač úhlu náběhu 737 MAX [27]

Systém snímače úhlu náběhu u Boeingu 737 se skládá ze dvou lopatek, jedné na obou stranách přední části trupu letadla. Místo kde se snímač úhlu náběhu nachází je vyobrazeno na obrázku číslo 16. Vzhledem ke staršímu designu a federované architektuře nejsou elektrické signály z těchto senzorů získávány centralizovaným způsobem, ale jsou zpracovávány nezávislými počítači. Vývoj modelu 737 od jeho původního designu až po současný model 737 MAX způsobil, že jeho systémy letadel byly stále více závislé na datech měřiče úhlu náběhu. Architektury 737 NG a MAX se při správě jednotlivých scénářů selhání

senzoru úhlu náběhu velmi spoléhají na schopnosti a reakci posádky. Problém se u výše zmíněných nehod dále prohloubil chybou, která vedla k nedostupnosti výstrahy „AOA disagree“ pro určité konfigurace letadla. Klíčovým aspektem vyšetřování a následného navrácení do provozu bylo vyhodnocení založené na simulátorových testech, které potvrdily nadměrnou úroveň pracovní zátěže letové posádky spojenou s procedurou Unreliable Airspeed definovanou v době původní certifikace 737 MAX (porucha snímání úhlu náběhu nakonec povede posádku k provedení tohoto postupu). Toto zjištění vedlo k předefinování tohoto postupu – zejména k možnosti deaktivovat stick shaker pomocí příslušného jističe (CB) - aby se snížila zátěž posádky na zvládnutelnou úroveň. EASA dále identifikovala a souhlasila s Boeingem s implementací 737 MAX AOA Integrity Enhancement s cílem dále snížit pracovní zátěž posádky po jednotlivých poruchách snímače úhlu náběhu a zlepšit spolehlivost systémů, a zmírnit tak již dříve zmíněnou závislost systémů letadla na měřič úhlu náběhu. Tyto úpravy budou automaticky zahrnuty u modelu 737-10 od zahájení výroby a budou jimi dovybaveny letouny MAX v provozu.

Kromě přezkoumání systému měření úhlu náběhu došlo také k přezkoumání případů selhání leteckých dat prostřednictvím kontroly procesu Single & Multiple Failures (S&MF) společnosti Boeing. EASA prozkoumala tento proces, který Boeing implementoval za účelem analýzy následků kaskádových i vícenásobných poruch, a rozhodla se nechat letovou posádku EASA vyhodnotit řadu těchto scénářů poruch na simulátoru. Výsledek odhalil nesrovnalosti mezi výsledky získanými v simulaci pilotů EASA versus výsledky zaznamenanými v technické dokumentaci Boeingu. Kromě toho agentura EASA zjistila významný nedostatek zohlednění prvků lidské výkonnosti v procesech Boeingu. Zatímco přehodnocování EASA nezjistilo nebezpečné podmínky. Nebyly zjištěny žádné nebezpečné podmínky, ale zároveň EASA definovala a schválila vylepšení procesu S&MF, která budou přezkoumána v kontextu validace 737-10.

Crew Alerting System (CAS) v modelu 737 MAX se řídí architekturou a filozofií kokpitu zavedenou na počátku historie designu modelu 737, ve které se k označení vadného systému posádce používají nezávislá a jednoduchá upozornění. Během počáteční certifikace 737 MAX společnost Boeing využila pravidlo pro změnu produktu (CPR), které za určitých podmínek umožňuje posoudit systémy nebo části konstrukce převzaté od předchůdce letadla proti platné certifikační normě v případě, že systém nebo část byla poprvé certifikována podle předchozí normy. Místo použití nejnovějšího standardu tak využívá standard starší. Kdyby toto pravidlo nebylo použito, tak by v tomto případě vedlo k implementaci moderního centralizovaného výstražného systému. Činnosti prováděné na podporu návratu do provozu letadla 737 MAX a souvisejících hodnocení a zprávy (např. simulátorové testy, hodnocení S&MF, hodnocení lidských faktorů, zprávy o vyšetřování nehod) však v CAS 737 zdůraznily

několik slabin. I když rozsáhlé zkušenosti s provozem 737 NG nenaznačují přítomnost souvisejícího nebezpečného stavu, obavy z CAS byly u 737 MAX zmírněny zavedením prvků v AFM ekvivalentních takzvanému standardnímu operačnímu postupu (SOP). Tyto nové postupy AFM poskytují strukturovanější metodu interakce se systémem varování posádky a provádění kontrolních checklistů. Kromě toho, s cílem identifikovat možná budoucí zlepšení, byly s Boeingem definovány a odsouhlaseny dvě akce po návratu do provozu:

- Provedení úplného posouzení lidského faktoru se systémem varování posádky do 12 měsíců od návratu do provozu s FAA a EASA.
- Zavedení přístupu založeného na systému řízení bezpečnosti (SMS) ke sledování a hodnocení, na základě údajů o letovém provozu a výcviku, výkonu CAS a souvisejících postupů a výcviku letových posádek, pokud jde o rizika chyb a nadměrného pracovního zatížení letových posádek.

Následující postupy AFM týkající se aktuálního subjektu byly aktualizovány pro 737 MAX: Airspeed Unreliable, AOA Disagree, ALT Disagree, IAS Disagree stejně jako výše uvedené SOP. Aktualizované požadavky na výcvikový program OSD-FC zahrnují dva nové úkoly, které budou vyžadovat praktický výcvik v následujících oblastech: Unreliable Airspeed, and Multiple Flight Deck Alerts za neobvyklých podmínek. Jednorázové povinné školení pro návrat do provozu bude zahrnovat i tyto témata.

3.4. Rozšířená revize designu

Rozšířené přezkoumání návrhu provedené agenturou EASA se snažilo zajistit, aby v ostatních oblastech modelu 737 MAX nebyly přítomny žádné problémy podobné těm, které se vyskytly v systému ovládání stabilizátoru. Technické vyšetřování se proto zaměřilo na systémy řízení letu 737 MAX a všechny související funkce (displej, výstražný systém, autopilot, systém leteckých údajů atd.) Se zvláštním důrazem na přezkoumání souvisejících s posouzení funkčních rizik (FHA), předpoklady o reakcích letových posádek na poruchy letadel a metodika použitá k definování rozdílů ve výcviku letových posádek mezi 737 MAX a 737 NG.

3.4.1. Posouzení funkčních rizik

Posouzení funkčních rizik FHA zahrnovalo šest různých systémů. I když nebyly zjištěny žádné potenciálně nebezpečné podmínky, během přezkumu byla učiněna významná pozorování v rozsahu, v jakém bylo zpochybněno dodržování příslušných postupů při posuzování bezpečnosti systému. V důsledku toho agentura EASA požádala a odsouhlasila s Boeingem řadu vylepšení procesu posuzování bezpečnosti a aktualizaci několika posouzení bezpečnosti systému (SSA) dokončených v době původní certifikace 737 MAX.

Dokončení těchto akcí bude muset být předloženo agentuře EASA a ověřeno v kontextu validace 737-10.

3.4.2. Autopilot/Automat tahu/Systém řízení letu

Důraz byl kladen na výkon těchto systémů a jejich chování v případě přijímání chybných vstupních parametrů (např. aerometrická data). Posuzováno bylo také riziko, že se tyto systémy mohou odpojit takovým způsobem, že obnovení ručního letu může být obtížné. Výsledek přezkumu agentury EASA byl uspokojivý, s výjimkou následujících oblastí:

- Stanovení minimální výšky použití (MUH): Dokumentace a analýzy poskytnuté společností Boeing nebyly považovány za dostatečné k ospravedlnění rozpoznávacího času použitého pro stanovení MUH. V důsledku toho byl AFM upraven tak, aby odrážel MUH odpovídající době rozpoznávání jedné sekundy namísto 0,5sekundového čísla použitého v době původní certifikace 737 MAX.
- RNP AR: EASA vyhodnotila dopad poruch senzoru úhlu náběhu nebo jiných senzorů aerometrických dat na přesnost polohy, nadmožské výšky nebo rychlosti letu, které jsou nutné k provádění operací RNP AR. Vzhledem k tomu, že Boeing v době certifikace neprovedl vhodný simulátor ani letové zkoušky k vyhodnocení takových významných poruch RNP, provedla agentura EASA pro několik relevantních scénářů posouzení založené na Full Flight Simulatoru (FFS). Výsledky zkoušek plně nepodporovaly regulační cíl, a proto byl AFM upraven tak, aby obsahoval omezení zakazující operace RNP AR.
- Vylepšení AP: Pozorování provedená během testů na simulátoru ohledně chování autopilota při přiblížení k pádu vedla k následujícím vylepšení designu: 1) odpojení AP a odstranění Flight Director (FD) jednu sekundu po aktivaci stick shakeru (u některých režimů AP) a 2) Inhibice autotrimu při vyvažování směrem na ocas při třech uzlech pod rychlostí oranžového pásma, zatímco jsou klapky vysunuty. Toto je z důvodu, aby se zlepšily charakteristiky chování letadla okolo laterální osy při odpojení autopilota.

3.4.3 Rozdílový trénink OSD-FC

EASA vyhodnotila dopad všech úprav zavedených mezi 737 NG a 737 MAX na OSD-FC. Tato aktivita zahrnovala uspokojivé přezkoumání metodiky používané Boeingem ke stanovení dopadu konstrukčních změn na výcvik pilotů.

3.4.4. EWIS

Bylo zjištěno, že kabeláž obložení stabilizátoru nebyla původně instalována v souladu s požadavky na fyzickou separaci (podle příslušných certifikačních specifikací EWIS). EASA tak rozšířila svoje přezkoumání EWIS na systém spoilerů typu fly-by-wire 737 MAX, který

zahrnoval veškeré vedení pro multifunkční a pozemní spoilery. Přezkoumání EASA dospělo k závěru, že nově nastavené ochrany jsou v souladu se znovuzavedením do provozu.

3.4.5. High Intensity Radiated Field (HIRF) & Lighting

Agentura EASA přezkoumala kritičnost řady stávajících nesouladů, pokud jde o HIRF a ochranu leteckých systémů před bleskem. Zjištěné neshody byly zkontrolovány, aby se zajistilo, že neovlivní systém MCAS. U ostatních případů budou v rámci procesu zachování letové způsobilosti provedeny zvláštní kontroly.

3.5. Požadavky na návrat do provozu

V souvislosti s návratem do provozu byl vydán dokument Airworthiness Directive (AD) neboli česky směrnice o letové způsobilosti (obrázek číslo 16). Směrnice o letové způsobilosti (AD) jsou součástí trvalých povinností certifikačních úřadů letadel podle části 21, pokud jde o zachování letové způsobilosti letadel. Zaměřují se na doporučení ke zlepšení nebo nápravným opatřením, která mají být provedena držitelem osvědčení letové způsobilosti. Výsledkem vydání AD je zavedení takových doporučení jako povinných. AD obsahují povinné pokyny k provádění prací na letadle, motoru, vrtule nebo konstrukční části za účelem řešení nebezpečného stavu, který existuje a je pravděpodobné, že by se mohl dále vyvinout. Může být vydán jakýmkoli národním leteckým úřadem (NAA), který odpovídá za regulaci konstrukce těchto letadel nebo komponentů. Je obvyklé, že NAA vyžaduje dodržování AD vydaného jiným NAA s takovou odpovědností, pokud jsou tato letadla provozována nebo udržována v rámci jeho jurisdikce. V Evropě jsou AD vydávány agenturou EASA jednajícím v souladu s nařízením (EU) č. 2018/1139 jménem Evropského společenství, jeho členských států a evropských třetích zemí, které se podílejí na činnostech agentury EASA podle článku 66 uvedeného nařízení. Kritéria pro vydání AD jsou definována v 21 A.3 B a souvisejícím materiálu AMC. [24] V tomto případě konkrétní požadavky na návrat do provozu zahrnují:

- Instalace softwarového standardu FCC P12.1.2 (implementace nové architektury řízení stabilizace trimu a nové logiky aktivace MCAS)
- instalace aktualizace softwaru MAX Display System (MDS) tak, aby byla u všech letadel plně vyžadována funkce oznamování „AOA Disagree“
- změny ve vedení ovládání trimu stabilizátoru
- aktualizace AFM včetně změněných provozních postupů (Airspeed Unreliable, Runaway Stabilizer, Stabilizer Trim Inoperative, Speed Trim Fail, Stabilizer out of Trim, AOA Disagree, ALT Disagree, IAS Disagree), obecné postupy pro řízení výstrah a další omezení

- aktualizace MMEL s cílem odstranit určitá zmírnění systémů řízení letu
- aktualizace požadavků na výcvik OSD-FC včetně pěti nových TASEs vyžadujících praktický výcvik a jednorázový povinný výcvik letové posádky před návratem do provozu pokrývající tyto oblasti
- Systémový test senzorů měřících úhel náběhu
- Provozní let potvrzující připravenost na návrat do provozu

EASA AD No.: 2021-0039



EASA
European Union Aviation Safety Agency

Airworthiness Directive

AD No.: 2021-0039

Issued: 27 January 2021

Note: This Airworthiness Directive (AD) is issued by EASA, acting in accordance with Regulation (EU) 2018/1139 on behalf of the European Union, its Member States and of the European third countries that participate in the activities of EASA under Article 129 of that Regulation.

This AD is issued in accordance with Regulation (EU) 748/2012, Part 21.A.38. In accordance with Regulation (EU) 1321/2014 Annex I, Part M.A.301, the continuing airworthiness of an aircraft shall be ensured by accomplishing any applicable ADs. Consequently, no person may operate an aircraft to which an AD applies, except in accordance with the requirements of that AD, unless otherwise specified by the Agency (Regulation (EU) 1321/2014 Annex I, Part M.A.303) or agreed with the Authority of the State of Registry (Regulation (EU) 2018/1139, Article 71 exemption).

Design Approval Holder's Name:	Type/Model designation(s):
THE BOEING COMPANY	737-8 and 737-9 aeroplanes

Effective Date: 27 January 2021

TCDS Number(s): EASA.IM.A.120

Foreign AD: Federal Aviation Administration (FAA) [AD 2020-24-02](#) dated 20 November 2020, which was not adopted by EASA.

Supersedure: This AD supersedes EASA AD 2019-0051R1 dated 25 March 2019.

ATA 22 – Auto Flight – Flight Control Computer Software – Installation / Test

ATA 27 – Flight Controls – Horizontal Stabilizer Trim Wire Bundle Routing – Modification / Stick Shaker Circuit Breaker Buttons (Coloured Caps) – Installation

ATA 31 – Instruments – Operational Program Software – Updates

ATA 34 – Navigation – Angle of Attack Sensors – Test

– Airplane Flight Manual – Limitations / Operating Procedures – Amendment

– Master Minimum Equipment List – Amendment

– Operational Readiness Flight / Pilot Training / Flight Simulation Training Devices

Manufacturer(s):
The Boeing Company

Applicability:
Model 737-8 and 737-9 (commercially known as 'MAX') aeroplanes, all manufacturer serial numbers (MSN).



TE.CAP.00110-010 © European Union Aviation Safety Agency. All rights reserved. ISO9001 Certified.
Proprietary document. Copies are not controlled. Confirm revision status through the EASA-Internet/Intranet.

Page 1 of 19

Obrázek č. 16 – AD 737MAX [25]

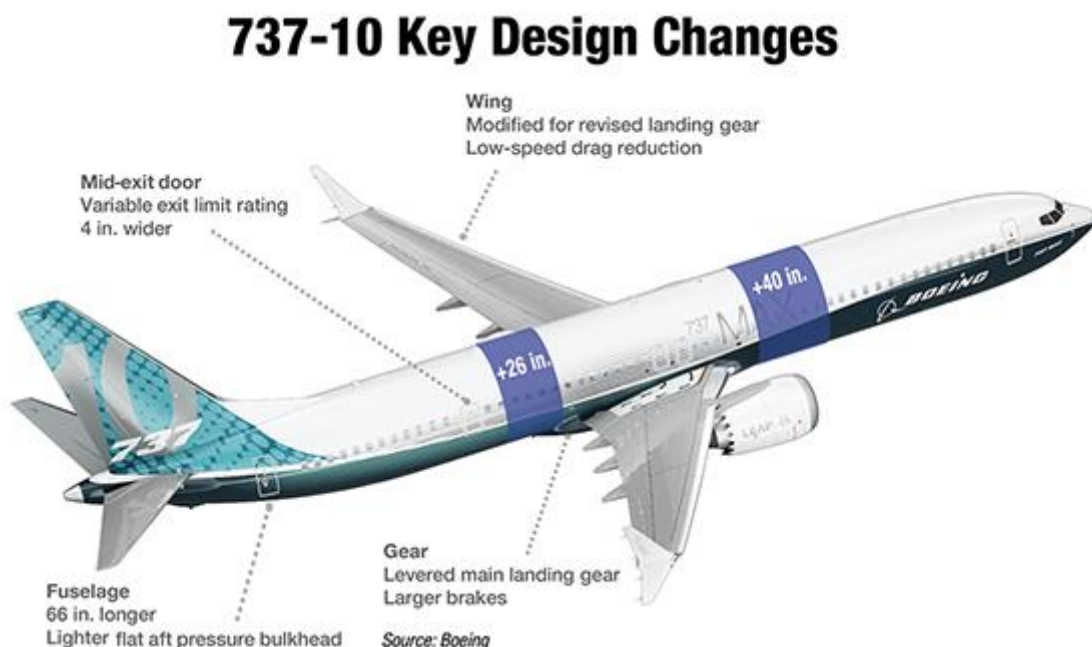
3.6. Postup po návratu do provozu

Kromě podmínek, které byly stanoveny pro samotný návrat do provozu, stanovila i EASA podmínky pro společnost Boeing, které musí být splněny po návratu do provozu. Následující seznam shrnuje akce identifikované a dohodnuté s Boeingem, které mají být implementovány po návratu letadla do provozu:

- Vylepšení integrity snímače úhlu náběhu 737 MAX (bude vyvinut a certifikováno pro ověření 737-10)

- Hodnocení lidských faktorů posádek 737 MAX (bude provedeno do 12 měsíců od RTS)
- vyhodnocení dalších neobvyklých postupů z provozní příručky pro budoucí zařazení do 737 AFM (má být provedeno do 6 měsíců od RTS);
- aktualizace nekritických analýz bezpečnosti systémů (SSA) a doplňková technická ověření (bude ověřeno pro certifikaci 737-10)
- aktualizovaná demonstrace souladu s požadavky HIRF a Lightning (v rámci standardního procesu zachování letové způsobilosti)
- dokončení dokumentace podporující definici nově definovaných povinných úkonů údržby
- aktualizace procesu analýzy bezpečnosti (bude ověřeno pro certifikaci 737-10)
- aktualizace procesu Development Assurance (bude ověřeno pro certifikaci 737-10)

EASA je přesvědčena, že kombinace aktualizace systému řízení letu a souvisejících úprav zapojení, revidovaných postupů letové posádky a nových požadavků na výcvik představují nezbytné prvky pro bezpečné uvedení letadla 737 MAX do provozu. Požadavky návratu do provozu zahrnují také omezení spojená s problémy identifikovanými EASA týkajícími se neplatných předpokladů o reakcích letové posádky na poruchy letadel používaných Boeingem (úpravy AFM související s provozem RNP AR a stanovením MUH). [26]



Obrázek č. 17 – Boeing 737-10 [28]

4. Požadavky operátora na rozdílový výcvik

Požadavky na rozdílový výcvik mezi podobnými typy letadel jsou stanoveny příslušnými úřady. Jedná se o požadavky týkající se výcviku, přezkoušení po rozdílovém výcviku a udržení kvalifikace. Tyto požadavky jsou rozdělené do kategorií A-E podle odlišností obou typů letadel. O těchto požadavcích se zmíním v této kapitole a zároveň uvedu aktuální požadavky pro letoun boeing 737. I když jsou tyto požadavky konkrétně specifikované pro letadla typu boeing, tak požadavky u letadel Airbus jsou pro potřeby této diplomové práce srovnatelné, a proto je nebudu vypisovat zvlášť a budu vycházet z dat pro letadla firmy boeing.

4.1. Požadavky na výcvik

Kategorie A–V této kategorii je dostačující samostudium ať už operačních manuálů, bulletinů nebo nějakého dokumentu shrnující novinky. Posádka již prokázala porozumění na původním letadle (např. nová verze motoru), nevyžadují se žádné nebo minimální procedurální změny, zároveň není žádný dopad na bezpečnost, pokud nejsou zapomenuty původní informace a pokud je posádka upozorněna varováním, je zřejmý rozdíl mezi starým a novým typem.

Kategorie B–V této kategorii je třeba absolvovat řízený kurz, čímž se myslí například audio-vizuální prezentace, CBT nebo lekce vedená instruktorem. Systémy jsou funkčně podobné, vyžaduje se porozumění posádky, problémy je třeba zdůraznit a jsou požadovány standardní způsoby prezentace.

Kategorie C–V této kategorii je za potřebí výcvikové zařízení týkající se systémů letadla. Jedná se ať už o interaktivní CBT výcvik, kvalifikované tréninkové zařízení, FFS nebo statické letadlo. Výcviku lze dosáhnout pouze pomocí výcvikových zařízení pro systémy letadla. Cíle výcviku se zaměřují na zvládnutí jednotlivých systémů, postupů nebo provoz v reálném čase. Výcvikové zařízení jsou nutná k zajištění, dosažení nebo udržení dovedností posádky k plnění složitějších úkolů obvykle souvisejících s letadlovými systémy.

Kategorie D–V této kategorii je zapotřebí manévrovací výcvikové zařízení nebo letadlo k provedení konkrétních manévrů. Mezi tyto zařízení se počítá FTD na úrovni 2, FFS nebo opravdové letadlo. Výcvik lze provádět pouze na zařízeních pro manévrování v reálném čase. Výcvik vyžaduje zvládnutí vzájemně souvisejících dovedností a individuálních dovedností. Může být vyžadováno pohybové, vizuální, kontrolní zatížení a specifické podmínky prostředí.

Kategorie E – Tato kategorie vyžaduje výcvik na FSTD nebo přímo v letadle. Za přípustný se požaduje pouze FFS úrovně C a D nebo výše zmíněné letadlo. Jsou vyžadovány specifické podmínky pohybové, vizuální, kontrolní, zvuku a specifického prostředí. Vyskytují se významné rozdíly v úkolech, které vyžadují vysoce věrné prostředí. Obvykle koreluje s významnými rozdíly v řídicích charakteristikách.

4.2. Požadavky na přezkoušení po rozdílovém výcviku

Kategorie A – Přezkoušení po výcviku není vyžadováno a je integrováno do dalšího přezkoušení pro udržení kvalifikace na typu. Pilot je sám zodpovědný za znalost požadovaných odchylek.

Kategorie B – Je vyžadován test ze znalostí systému letadla nebo nějaký úkol, který s nimi souvisí. Toto se týká pouze předepsaných systémů.

Kategorie C – Je vyžadováno částečné přezkoušení za pomoci schváleného výcvikového zařízení. Kontrola cílů se zaměřuje na zvládnutí jednotlivých systémů, postupů nebo úkolů; např. vyhodnocení sledu manévru prokazujících schopnost používat systém řízení letu.

Kategorie D – Je vyžadováno částečné přezkoušení za pomoci FTD na úrovni dva, FFS nebo letadlo. Přezkoušení lze provést pouze na zařízeních pro letové manévrování a za pomoci scénářů představujících prostředí „v reálném čase“. Přezkoušení vyžaduje zvládnutí vzájemně souvisejících dovedností i individuální dovedností. Mohou být vyžadovány pohybové, vizuální a specifické podmínky prostředí.

Kategorie E – Musí se jednat o plnohodnotné přezkoušení na FFS úrovně C nebo D nebo přímo na letadle. V tomto případě se jedná o významné rozdíly v úkolech oproti předchozímu typu a je vyžadováno mít věrohodnou simulaci okolního prostředí.

4.3. Rozdíl požadavků na udržení kvalifikace

Kategorie A – V tomto případě je dostačující opakování za pomoci samostudia dle potřeby. Udržení kvalifikace na jakémkoli letounu postačuje u jakékoli jiné varianty se stejnou typovou kvalifikací.

Kategorie B – Zde je potřeba samostudium. Využívá se vydávání pilotních bulletinů s cílem zkontrolovat konkrétní informace v provozní příručce a osvědčení pilota, že zkontroloval příslušné informace o konkrétní variantě, které má být na dané trase použita. Může být provedeno na základě iniciativy pilota. Provozovatel identifikuje materiál a frekvenci, ve které by měly být materiály přezkoumány. Vlastní kontrola může zahrnovat: manuály, bulletiny, poznámky nebo video. Nelze však dosáhnout pouze přezkoumáním poznámek ze třídy pořízených pilotem, ledaže provozovatel ověří adekvátnost těchto poznámek.

Kategorie C – Pro kategorii C je designován specifický systém přezkoušení. Konkrétně se jedná o sledování létání jednotlivce, aby bylo zajištěno, že systém nebo postup proběhl ve stanoveném období. Postupy plánování mají za úkol naplánování pilotování letu s variantou s příslušným systémem nebo postupem ve stanoveném období. Rovněž je možné použití metody vyšší úrovně (úrovně D nebo úrovně E). Platí pro jeden nebo více určených systémů nebo postupů a týká se požadavků na dovednosti i znalosti. Když platí přezkoušení úrovně C, je třeba řešit také jakékoli příslušné přezkoušení nižší úrovně. Prošlou kvalifikaci lze obnovit vyplněním požadovaných položek pomocí zařízení stejné nebo vyšší úrovně než zařízení specifikované pro výcvik a kontrolu úrovně C. Typická omezení přezkoušení úrovně C jsou 90 dní, ale mohou být kratší nebo delší.

Kategorie D – Pro kategorii D je potřeba splnit předepsané manévry. Způsobem přezkoušení může být sledování letů pilotem, aby byla zajištěna zkušenost s danou problematikou ve stanoveném období přezkoušení. Rovněž je možné sledování dokončení konkrétních manévrů na základě záznamů v deníku, údajů ACARS nebo jiných spolehlivých záznamů. Plánování letadel nebo posádek, musí být s ohledem na ověření, že každý pilot skutečně splnil stanovený plán. Dokončení pilotní certifikace, přezkoušení odborné způsobilosti, výcvik odborné způsobilosti, hodnocení ATQP nebo jiné související události jsou rovněž možné za předpokladu, že jsou při nich určené manévry prováděny v přijatelném zařízení nebo simulátoru. Kategorie D souvisí s určenými manévry a řeší znalosti a dovednosti požadované pro úkoly řízení letounu v „reálném čase“ s integrovaným využitím přidružených systémů a postupů. Může také řešit určité rozdíly v letových charakteristikách, včetně výkonu požadovaných manévrů a souvisejících běžných i neobvyklých postupů. Kvalifikace může být obnovena za předpokladu, že se jedná o let s příslušným způsobem kvalifikovaným TRI během výcviku nebo v přímém provozu, absolvováním výcviku odborné způsobilosti, přezkoušením odborné způsobilosti nebo hodnocení odborné způsobilosti ATQP.

Kategorie E – Je nutné v této kategorii použít FSTD nebo letadlo jako takové pro přezkoušení pro udržení kvalifikace. Musí se jednat o let s příslušně kvalifikovaným TRI během výcviku, absolvování výcviku odborné způsobilosti, přezkoušení odborné způsobilosti nebo hodnocení odborné způsobilosti ATQP. V každém letounu musí být splněny požadavky na nedávné zkušenosti z části FCL a provozní požadavky. Může také specifikovat další přezkušovací položky systému, postupu nebo manévru nezbytné pro bezpečný provoz. Vyžaduje provedení postupů nebo manévrů na FSTD nebo v letadle. Kvalifikace může být obnovena provedením příslušných manévrů pomocí zařízení uvedeného pro výcvik a kontrolu rozdílů úrovně E.

4.4. Kategorie pro boeing 737 a airbus A320

Jak jsem již zmiňoval výše informace z odstavců 4.1. až 4.3. pocházejí z dokumentu pro boeing s názvem Operator Difference Requirement Tables se specifikacemi EASA. Pro Airbus existuje obdobný dokument s velmi podobnými parametry na rozdělení do jednotlivých kategorií. Pro použití do této diplomové práce bude tedy stačit výše uvedené rozdělení do kategorií. Ať už přechod z boeingu 737 na 737MAX tak i přechod z A320 na A320neo byl původně certifikován jako rekvalifikace kategorie B. S ohledem na nehody boeingu 737MAX z roku 2019 a následného uzemnění letadel po celém světě došlo při opětovné certifikaci ke změnám v kategorizaci rozdílového výcviku. Airbus stále používá kategorii B. Konkrétní změny klasifikace u boeingu 737MAX jsou následující:

- V systémech letadla, a to konkrétně v sekci automatického letu došlo k přesunutí systému Maneuvering Characteristics Augmentation System (MCAS) do kategorie D pro výcvik.
- Manévr s názvem CROSS-FCC TRIM MONITOR byl přesunut u výcviku do kategorie D. Demonstrace aktivace Cross-FCC Trim Monitor musí být provedena pilotem, který působí jako pilot letící. Situace musí končit přistáním, aby se prokázala funkčnost STAB OUT OF TRIM.
- Manévr s názvem DEMONSTRATION OF MCAS ACTIVATION byl rovněž zařazen nově do kategorie D pro výcvik. Každý pilot musí z pozice pilota letícího absolvovat: Aktivace MCAS během hrozícího pádu (nebo úplného pádu) a ukázka vybrání pádu během ručního letu v čisté konfiguraci a reakce vyvážení stabilizátoru při aktivaci MCAS: Vyvážení stabilizátoru ve směru nosu dolů, když je nad prahovou hodnotou AOA pro aktivaci MCAS během pádu a vyvážení stabilizátoru ve směru nosu nahoru, když je pod prahovou hodnotou AOA pro aktivaci MCAS během pádu. [31]

V dalších kapitolách této diplomové práce navážu na výše uvedený fakt a zároveň na pozorování ze srovnání typu A320 a A320neo a navrhnou, pokud to bude nezbytné, možnost přesunout určitou část výcviku z A320 na A320neo do případné vyšší kategorie z důvodu nedostatečné bezpečnosti a kvality výcviku v kategorii stávající. Provedu komplexní analýzu rozdílů a pokusím se odhalit ty potenciálně nejvíce nebezpečné pro provoz tohoto typu letadla. Situaci mezi boeingem 737 a 737MAX jsem použil jako paralelu pro A320. Zde byl původně CBT výcvik certifikován jako dostatečný i když mají letadla jisté odlišnosti a až vinou dvou fatálních nehod došlo k přehodnocení této skutečnosti. Obě varianty A320 mají také spoustu odlišností, a tudíž je možné, že analýza v kapitole číslo pět navrhne pro určité systémy a postupy výcviku z kategorie D. [29]

5. Diskuse o rozdílech mezi A320 a A320neo

V kapitole 2 této diplomové práce jsem se věnoval komparaci typů A320 a A320neo. Věnoval jsem se čistě praktické komparaci a nezaměřil jsem se na možné následky neznalosti daných systémů, limitů nebo postupů. Těmto informacím a tomuto rozboru se budu věnovat v této kapitole číslo 5 diplomové práce. Rovněž zde zvážím, pod jakou kategorií především z hlediska výcviku dle klasifikace v kapitole 4 zařadím jednotlivé systémy letadla a posoudím, jestli aktuální hodnocení zařazující celý přeškolovací výcvik do kategorie B je dostačující pro bezpečnost letecké dopravy.

5.1. Limitace

Začnu prvním okruhem rozebíraným v druhé kapitole, a to konkrétně rozdíly v limitacích pro oba typy letadel. Jak je možné pozorovat v tabulkách číslo jedna, dva a tři, jsou mezi letadly v některých kategoriích významné rozdíly. Když začneme hmotnostními limity tak především rozdílná maximální přistávací hmotnost hraje roli z hlediska bezpečnosti letu. Záměnou limitů pro oba typy letadel může vzniknout situace, kdy v krajním případě nebude uvažovaná přistávací plocha dostatečně dlouhá a letadlo nedobrzdí na konci dráhy. Limity týkající se pohonné jednotky opět ukazují značné rozdíly mezi jednotlivými typy. Jedná se o tlaky a teploty oleje výkonu pohonné jednotky a podobně. Většinu těchto proměnných kontroluje sice systém ECAM, avšak i tak je nezbytné je znát pro zajištění bezpečnosti letu. V krajním případě při překročení limitů může dojít k poškození pohonné jednotky a následným souvisejícím potížím. Ostatní limity týkající se rychlosti v turbulenci, rozdílu paliva v nádržích či rozpětí křídel opět musí posádka znát a dodržovat. Porušení rychlostního limitu v turbulenci může opět ohrozit bezpečnost letu a konkrétně narušit konstrukci celého letadla. I když z výše zmíněného textu vyplývá, že jsou rozdíly v limitacích mezi oběma typy markantní tak stávající CBT výcvik s následujícím testem odpovídající kategorii B je dostatečný. Tyto znalosti není možné prohloubit ať už na FTD nebo na FFS. Je nutné, aby se je pilot naučil nazpaměť a pravidelně si je opakoval. I když je možné si tyto informace rychle dohledat v dokumentaci letadla i za letu, není to však adekvátní při řešení nouzových situací.

5.2. Pohonná jednotka

V kapitole 2 jsou rozdíly v pohonné jednotce rozepsány do několika podkapitol. V této kapitole je zopakují a provedu diskusi ohledně jejich souvislosti s bezpečností letu. První rozdíly se týkají systému FADEC a jeho podsystémů. Zde jsou u obou typů rozdílně definované různé parametry například týkající se volnoběhu a systém má odlišnosti ve vstupech a výstupech do systému. Ani jedna z těchto novinek však není adekvátní pro nějaký výcvik ať už na FTD nebo FFS, a tudíž je opět dostačující CBT výcvik s následným testem přezkušující teoretické znalosti výše zmíněného systému FADEC. Rozdílná situace

však panuje u následující podkapitoly, která se zabývá průměrem motoru a související přistávací techniky. Z důvodu výrazně většího průměru motoru u A320neo má letadlo výrazně větší odpor nežli staré a menší motory u A320ceo. Tento odpor je nejvíc znatelný právě při přistání, kdy dochází ke stažení výkonu motorů na volnoběh. Při použití přistávací techniky z A320ceo u typu A320neo dojde k příliš včasnému stažení výkonu motorů a pádu letadla z malé výšky. Nebude se tak jednat o aktivní přistání, jak je v kategorii dopravních letadel vyžadováno. Při pádu z malé výšky může stejně dojít k poškození konstrukce letadla při takzvaném tvrdém přistání a zároveň k ohrožení bezpečnosti letu. Z těchto výše zmíněných důvodů je adekvátní zařadit tento prvek na simulátor při přeškolení na A320neo. Z hlediska kategorizace by se tedy jednalo o kategorii D z hlediska výcviku. Poslední podkapitolou, která se zabývá rozdíly mezi oběma typy letadel je podkapitola o rozdílech při startu motorů. Jedná se o start klasický, manuální a s pneumatickým zdrojem. Start pneumatický je velmi obdobný u obou typů, a tudíž není důvod řešit nějaký hlubší rozdílový výcvik. U manuálního startu jsou již rozdíly výraznější. I když se jedná o takzvaný read and do checklist a není třeba se učit tento postup na zpaměti, tak je nezbytné si uvědomit rozdíly ve startovací sekvenci mezi oběma typy letadel, a tudíž je adekvátní toto cvičení zařadit do simulátorového výcviku. Stejná situace je i u standardního FADECem asistovanému startu. Novinkou je zde DUAL COOLING funkce, kterou je rovněž dobré zařadit na simulátor, jelikož první setkání s touto novinkou až za provozu může mít za následek problémy a zdržení letu.

5.3. Pneumatický systém

V oblasti pneumatického systému panují mezi oběma typy veliké rozdíly ať už v architektuře systému tak i v různých limitacích běžného provozu, uzavírání či otevírání ventilu nebo i jiných limitací. Jedná se však ve všech případech o teoretické znalosti, které pro samotný průběh letu nemají příliš veliký vliv i v případě závady. Z hlediska pilota se v případě závady vysvítí stejné kontrolky a varování. Z tohoto důvodu není nutný žádný obsáhlejší nežli CBT výcvik, který adekvátně pokrývá do hloubky znalosti ohledně pneumatického systému. Zakončení přeškolení testem je tedy podle kategorie B naprosto adekvátní.

5.4. Protekce proti dešti a námraze

Z hlediska tohoto systému se jedná o podobný případ jako u výše uvedeného pneumatického systému. Opět zde panují určité rozdíly mezi A320ceo a A320neo týkající se rozdílné architektury systému. Také se zde vyskytují nové varování systému ECAM. Není však žádný výraznější rozdíl z hlediska praxe a jedná se o novinky, pro které je dostatečný CBT výcvik. Kategorie výcviku B s testem na konci je tak i pro tento systém naprosto dostačující a adekvátní.

5.5. Klimatizace/Přetlakování/Ventilace

Tento systém se u obou typů řeší především odlišnou logikou. Je rovněž u typu A320neo novinkou některé indikace, které se zobrazují na Engine Warning Display. Jedná se například o indikace NAI nebo WAI. Tyto indikace jsou sice rozlišné, avšak nejsou zásadní pro pilotáž letu, a tudíž teoretická znalost těchto parametrů je naprosto dostačující. Proto i v této kategorii je klasifikace do kategorií B pro výcvik dostačující. Po absolvování CBT je rovněž přezkoušení za pomoci interaktivní testu dostatečné.

5.6. Kyslíkový systém

Kyslíkový systém nabízí u obou variant letadla naprosto rozdílnou architekturu i strukturu systému. Pro airbus A320ceo je pouze jedna větev celého systému zásobující i jump seat v letadle. Pro A320neo je systém sofistikovanější a nabízí větve dvě. Jedna je určena pro kapitána a třetího člena posádky a druhá větev je určena pro druhého pilota a případného čtvrtého člena posádky. Důležité je si především uvědomit rozdílné minimální hodnoty tlaku v tlakové nádobě před zahájením letu. Tyto hodnoty se liší a v případě záměny může dojít při dekompresi k nedostatečnému množství kyslíku pro určitou část posádky, což může v krajním případě způsobit bezvědomí jednoho z pilotů a ohrožení celkové bezpečnosti letu. Je dostačující tyto hodnoty a postupy zařadit do CBT výcviku zakončeného testem, i když zařazení do simulátorového výcviku okrajově může být pro posádky přínosné.

5.7. Systém automatizace letu

Rozdíly v systémech řízení letu jsou z hlediska pilota ne příliš zajímavé a podstatné. Podstata rozdílu je založená na rozdílném výpočtu rychlostí, a to konkrétně rychlostí S speed, F speed a green dot speed. I když je výpočet odlišný tak použití rychlostí je z hlediska použití a pilotáže naprosto totožná pro oba typy letadel. Dá se tedy shrnout, že spíše, nežli o rozdíl z hlediska pilotáže se jedná o rozdíl inženýrský a výpočetní. Z tohoto důvodu je dostačující tyto rozdíly zmínit opět pouze v CBT výcviku a popřípadě je ověřit testem.

5.8. Systémy řízení letu

Odlišnosti v systémech řízení letu jsou opět markantní a z hlediska pilotáže velmi důležité. Pokud se bavíme o rozdílech v systémech řízení letu je naprosto stěžejní nový rotační mód pro A320neo. Tato novinka nabízí nový kontrolní prvek při vzletu letadla. Účelem tohoto módu je dosažení plynulého přechodu mezi pozemní a letovou fází. Zároveň zajišťuje plynulý vzlet a zabraňuje takzvanému tail striku, který může nezanedbatelně porušit konstrukci letadla. Důležitým poznatkem ohledně tohoto rotačního systému je, že může být potlačen letícím pilotem. Pokud totiž pilot v momentu, kdy je rotační mód aktivován, vyvine větší sílu na řídicí páku, nežli je tolerována výše zmíněným rotačním módem, tak může být tento mód

potlačen a letadlo ztrácí ochranu. Je nezbytné si tento fakt uvědomit a procvičit, jelikož pokud pilot žije v domněnání, že je proti tail striku chráněn ochranným režimem, a tento režim sám sobě nevědomky deaktivuje, tak může dojít k situaci kdy tail strike opravdu nastane a je tak ohrožena pevnost konstrukce a v návaznosti bezpečnost letu. Z tohoto důvodu je potřeba si vyzkoušet vzlet s tímto ochranným režimem na simulátoru ať už na FTD nebo FFS. Znamená to, že by tento manévra měl být z hlediska výcviku v kategorii D.

5.9. Postupy

Mezi oběma variantami je rozdíl v postupech, a to konkrétně týkající se brzd a odstranění ledu z lopatek motoru. U brzd ve variantě A320neo může dojít k vibracím při teplotě nad 200°C. Jedná se však o znalost dostatečně probranou CBT tréninkem a není tak nutné poskytovat nějaký simulátorový výcvik. Stejně podmínky platí pro odstranění ledu z motorů letadla. Jedná se o postup, který je dobře vysvětlen CBT výcvikem, v praxi je na jeho aplikování dostatek času a není tedy nezbytné ho více specifikovat.

5.10. ECAM

Systém ECAM je u nové varianty A320neo opět o stupeň dokonalejší, a i s ohledem na novinky v systémech nabízí větší množství varování, poruch a následných reakcí. Jak je shrnutu v podkapitole 2.10., tak je těchto novinek a změn opravdu veliké množství a rozhodně není kapacita je všechny procvičit ať už na simulátoru nebo dokonce při CBT výcviku. Obecně se dá říct, že pilot nemusí znát všechny hlášky které mohou na systému ECAM vyskočit. Jeho povinností je zvládat precizně filozofii tohoto systému za pomoci CRM. Je rovněž jeho povinností postupovat přesně podle sekvence řešení závady, který tento systém vygeneruje na Engine Warning Display. Z hlediska této filozofie a sekvence při řešení závad nedošlo u nového typu oproti tomu starému k žádné změně, a tudíž není nutné ECAM nějak procvičovat. Jedná se jen o to, že mohou být vydána nová varování na která však bude posádka reagovat, jak je zvyklá ze starého typu.

5.11. Změny v abnormálních postupech

Změny v abnormálních postupech patří mezi jedny z nejdůležitějších rozdílů mezi A320ceo a A320neo. První podkapitola, která se zabývá Gravity Fuel Feedingem ještě nenabízí tak zásadní rozdíly, jelikož se jedná pouze o změnu z hlediska letových hladin od kdy je možné tento postup použít. Zásadní rozdíly přichází u postupu Engine Relight In Flight. Zde došlo ke změně obálek popisující podmínky pro jednotlivé typy obnovení výkonu motoru za letu. Jsou popsány rozdílné rychlosti hladiny i související podmínky pro oba typy letadel. I když většina aerolinek považuje závadu na motoru jako závadu, která je způsobena poškozením, a tudíž není možné motor znovu nahodit, tak mohou nastat i situace kdy motor ztratí výkon, ale poškozen nikterak není. Z tohoto důvodu je nezbytné tento postup plně pochopit a

absolvovat ho na FFS nebo FTD. Jednalo by se tak o přesunutí z kategorie B do kategorie D z hlediska výcviku. Posledním rozdílem, který je rozveden v kapitole dva je rozdíl týkající se v postupu řešení Unreliable Airspeed. Tato situace nastává při poruše nebo nefunkčnosti pitot statického systému na letadle. Jedná se o závadu velice nebezpečnou, která v minulosti vedla k několika leteckým nehodám. Jednalo se především o situaci při vzletu, kdy zablokováním pitotovi sondy došlo k indikaci abnormálně vysoké rychlosti kdy posádka reagovala přitahováním letadla na větší a větší úhel náběhu doku stroj nedostala do pádu. Největším rozdílem a inovací na A320neo je zavedení použití Back Up Speed Scale. Jedná se o jednoznačný krok směrem k větší bezpečnosti a snadnějšímu řešení této situace z hlediska posádky letadla. Jak je vyobrazeno na obrázku číslo 14, tak se při přepnutí na BUSS pilotovi vyobrazí určitá zóna rychlosti, ve které musí letadlo udržet a výška je udávána na PFD za pomoci GPS. I když se jedná o systém z hlediska pilotáže poměrně intuitivní, tak udržení rychlosti v předepsané oblasti není při manuálním letu úplně jednoduché. V tomto případě není zcela určitě CBT výcvik dostačující a je nezbytné zařadit tento prvek na FTD nebo FFS. Není totiž přípustné, aby pilot tento manévr poprvé zažil prakticky, a nejen teoreticky až při závadě jako takové.

Tato diskuse v kapitole číslo pět posloužila k sumarizaci rozdílů zmíněných v kapitole dvě a zhodnotila je z hlediska parametrů rozdílového výcviku dle informací uvedených v kapitole čtyři. Na základě této analýzy je již možné v následující kapitole číslo šest navrhnout adekvátní rozdílový simulátorový výcvik mezi letouny A320ceo A320neo, jelikož z výše uvedeného textu plyne, že ne u všech rozdílů je pouhý CBT výcvik dostatečný.

6. Návrh rozdílového výcviku na FFS nebo FTD

Z výše uvedeného rozboru rozdílů A320ceo a A320neo v kapitole číslo dva a následné diskusi provedené v kapitole pět plyne, že v některých ohledech se letadla liší podstatně z hlediska pilotáže a že by mělo být doporučeno pro všechny piloty školící se na A320neo z předchozí varianty absolvovat alespoň jednu lekci na simulátoru. V této kapitole číslo šest navrhuji, jak by taková simulátorová lekce mohla vypadat, aby měla pro posádky co největší přínos.

Instruktor nastaví letadlo na stojánku do stavu cold and dark na libovolné letišti, ale většinou pravděpodobně na hlavní základnu své letecké společnosti. Piloti obdrží klasické OFP na let z bodu A do B, kdy cílová hladina bude FL160. Nechá posádku udělat klasickou pozemní předletovou přípravu s tím, že posádce nastaví nedostatečný tlak v kyslíkové nádobě v kokpitu a bude čekat na reakci, zdali si toho posádka všimne a zavolá údržbu. Po případě, že ne, tak dekomprese není v plánu této lekce, tudíž se chyba neprojeví, avšak musí být zmíněna a rozebrána při závěrečném hodnocení. Důležité je zmínit, že tlak může být nedostatečný především při výcvikovém nebo observer letu, kdy je obsazena třetí sedačka v kokpitu letadla.

Po absolvování kompletní předletové přípravy bude následovat v prvním případě pro pilota letícího standartní start za použití funkce DUAL COOLING. Případné otázky týkající se tohoto systému je opět možné probrat s instruktorem po skončení lekce. Po tomto bodu bude následovat pojíždění na vzlet a následně vzlet a rotace za pomoci rotačního módu ochrany. Před vzletem instruktor uloží danou situaci a stav FMGS. Po prvním vzletu za pomoci rotačního módu bude následovat opět repozice na dráhu do uložené situace a proběhne vzlet s demonstrací možnosti deaktivace a potlačení rotačního módu s rizikem tail striku.

Následujícím bodem bude klasické stoupaní do hladiny 160 kde instruktor nastaví opravitelnou závadu na libovolném motoru. Stoupaní bude standartní a poslouží jako opakování standartních postupů. V hladině 160 bude po posádce požadováno udělat klasický postup vysazení motoru v hladině a následně zkusit obnovit výkon motoru za letu, jelikož nebude diagnostikována žádná závada. Tento postup umožní procvičit novinky pro obnovení výkonu motoru za letu právě pro Airbus A320neo. Tato úloha končí, když piloti nahodí motor, nastaví všechny zařízení a systémy do před poruchového stavu a začnou diverzi na nejbližší vhodné letišti, jelikož let s nahozeným motorem po poruše do původní destinace není bezpečný.

V klesání do destinace zařadí instruktor závadu na pitot statickém systému, která povede k aktivaci BUSS. Pilot letící dostane možnost letět za pomoci indikace tohoto systému. Druhý

pilot bude v této situaci řešit případný reset nějakého systému v QRH nebo sekvenci, kterou bude požadovat systém ECAM.

První část této přeškolovací sekvence bude zakončena přistáním s důrazem na novou přistávací techniku, kdy musí dojít k pozdějšímu stažení motorů nežli u varianty A320ceo. Aby došlo k dostatečnému procvičení dojde po přistání k repozici na 4 námořní míle od prahu dráhy a pilot letící si přistání zopakuje pro získání sebejistoty při tomto manévru na novém typu letadla.

Tímto končí první polovina sekvence a dojde k výměně pilotů tak, že pilot, který byl v první polovině letící bude nyní neletící a naopak. Tato druhá polovina bude zahrnovat stejné položky jako polovina první, aby si oba členové posádky osvojily výše diskutovanou problematiku. Jediným rozdílem u druhé poloviny bude, že při startu motorů bude za potřeby použit postup a checklist read and do pro manuální start motorů. Z hlediska časového harmonogramu bude vypadat simulátorová lekce následovně:

0:00 – standardní předletová příprava s nedostatečným tlakem kyslíku v tlakové nádobě

0:25 – start motorů za použití funkce dual cooling

0:35 – vzlet s důrazem na rotační režim

0:40 – repozice na dráhu a demonstrace možnosti přetlačit rotační režim zásahem pilota

0:55 – dostupání do hladiny 160, vysazení motoru a obnovení výkonu motoru za letu

1:15 – klesání na letiště diverze a aktivace závady způsobící aktivaci BUSS, následně let s BUSS

1:30 – přistání s důrazem na odlišnou přistávací techniku

1:40 – repozice na čtvrtou míli a opakování přistání s důrazem na novou přistávací techniku

1:50 – úkony na přistání a pojíždění na stojánek.

2:00 – výměna pilotů a tranzitní předletová příprava kokpitu

2:25 – start motorů za použití read and do checklistu pro manuální start motorů

2:35 – vzlet s důrazem na rotační režim

2:40 – repozice na dráhu a demonstrace možnosti přetlačit rotační režim zásahem pilota

2:55 – dostupání do hladiny 160, vysazení motoru a obnovení výkonu motoru za letu

3:15 – klesání na letiště diverze a aktivace závady způsobící aktivaci BUSS, následně let s BUSS

3:30 – přistání s důrazem na odlišnou přistávací techniku

3:40 – repozice na čtvrtou míli a opakování přistání s důrazem na novou přistávací techniku

3:50 – úkony na přistání a poježdění na stojánku.

Časový harmonogram simulátorové přeškolovací lekce je pouze orientační a je pochopitelně možné ho přizpůsobit individuálním potřebám posádky. Je však nutné, aby všechny položky popsané v tomto harmonogramu absolvovali oba členové posádky v předepsaném pořadí. V případě, že během této lekce není instruktor přesvědčen o znalostech a dovednostech posádky, může navrhnout dodatečný výcvik pro ještě důkladnější osvojení pilotem nezvládané problematiky.

V této kapitole číslo šest byl navržen konkrétní rozdílový výcvik ať už na FTD nebo na FFS. Byl vytvořen s ohledem na předchozí analýzu rozdílů na variantách A320ceo a A320neo. Tento výcvik je navržen s důrazem na nové a problematické položky z hlediska pilotáže na novém typu letadla. Výše navržený výcvik si klade za cíl připravit piloty létající na novém typu letadla na nové situace, které jsou oproti starému typu pozměněné a jejich neznalost by mohla v krajním případě vést k ohrožení bezpečnosti letu.

7. Závěr

Tato diplomová práce si kladla za cíl zhodnotit a porovnat rozdíly mezi typy Airbusu A320ceo a A320neo, zhodnotit adekvátnost současného rozdílového výcviku a navrhnout, popřípadě nápravu a řešení nedostatečného rozdílového výcviku. Součástí práce je rovněž analýza rozdílů mezi boeingem 737 a 737MAX, jejich certifikacemi, příčinami nehod a jejich nápravou. Součástí této nápravy byla i změna v rozdílovém výcviku pro piloty, která může být jakousi paralelou pro typy A320ceo a A320neo. Vytyčení cílů a očekávání jsem zmínil v kapitole číslo jedna.

V druhé kapitole této diplomové práce jsem použil komplexní analýzu pro zjištění rozdílů mezi variantami A320neo a A320ceo. Pro tuto komparaci posloužila především dokumentace od společnosti Airbus, a to konkrétně dokumenty FCOM, QRH a FCTM. V této části jsem zjistil odlišnosti v několika kategoriích. Jedná se o limitace letadel, pohonnou jednotku, pneumatický systém, systém protekce proti dešti a námraze, systémy klimatizace, přetlakování a ventilace, kyslíkový systém, systém automatizace letu, systém řízení letu, postupy, ECAM a abnormální postupy. Zjištěné rozdíly jsou v této kapitole uvedeny pouze v teoretické rovině a prakticky jsou využity až v následujících kapitolách této diplomové práce.

Třetí kapitola této diplomové práce jsem zaměřil na výše uvedenou problematiku boeingu 737 MAX. Pečlivě analyzuji certifikační kritéria před oběma nehodami, které zapříčinili uzemnění tohoto typu po celém světě, následně celý proces návratu do provozu včetně požadavků na výcvik posádek, údržbu letadla a technické změny a v poslední řadě i proces, který je požadován po provozovatelích v následujících letech, během kterých budou tento typ provozovat. V této kapitole jsem zřetelně ukázal na fakt, že původní certifikační požadavky nebyly z hlediska bezpečnosti zcela v pořádku, a že rozdíly mezi systémy a postupy na letadlech byli natolik veliké, že se rozdílový výcvik na FFS nebo FTD ukázal jako nezbytný.

Ve čtvrté kapitole této diplomové práce poskytuji náhled do kategorizace rozdílového výcviku. Zabývám se požadavky na výcvik, přezkoušení a udržení kvalifikace. Poukazuji zde rovněž na změnu kategorizace pro výcvik u typu 737MAX po znovuzavedení do provozu a rovněž v teoretické rovině řeším požadavky pro jednotlivé kategorie ať už se jedná o typ získání nových znalostí a dovedností tak i o způsob jejich přezkoušení.

V páté kapitole pracuji s daty získanými komplexní analýzou v kapitole číslo dva a aplikuji teoreticky nabyté poznatky do praxe. Každou kategorii zmíněnou v druhém odstavci této kapitoly sedm analyzuji z hlediska závažnosti a možného vlivu na bezpečnost letu. Výsledkem této kapitoly je selekce kategorií, pro které není CBT výcvik dostačující a pro které je nezbytné zařadit výcvik na simulátoru pro zajištění adekvátního pochopení

problematiky ze strany posádek letadla. Rovněž tyto vybrané položky mohou hrát roli v ohrožení bezpečnosti letu. Tuto selekci jsem následně použil v kapitole číslo šest, kde jsem navrhl konkrétní návrh simulátorového výcviku s důrazem na parametry rozebrané právě v kapitole číslo pět.

Jak je již uvedené v předchozím odstavci, tak v kapitole číslo šest této diplomové práce se zabývám konkrétním návrhem simulátorového výcviku pro zvýšení bezpečnosti letu a zlepšení znalostí a dovedností posádek v kategoriích, které se mezi variantami A320ceo a A320neo liší. Konkrétní situace, které jsou uvedené v plánu simulátorového rozdílového výcviku pocházejí z analýzy v kapitole číslo pět. V kapitole číslo šest jsem tyto problematické situace poskládal logicky za sebe a vytvořil tak osnovu simulátoru, který by měl absolvovat každý pilot školící se na tento typ letadla.

V této diplomové práci jsem splnil všechny vytyčené cíle a vytvořil jsem dokument týkající se přeškolení pilotů z varianty A320ceo na A320neo pro použití ve firmě Wizzair. Provedl jsem komplexní analýzu všech dat týkajících se dané problematiky, našel jsem problematické body v aktuálním systému přeškolení mezi A320ceo a A320neo a navrhl jsem zlepšení a zefektivnění tohoto procesu pro zajištění větší bezpečnosti letecké dopravy. Konkrétním přínosem této diplomové práce je vytvoření osnovy výcviku na simulátoru, ke které jsem dospěl analýzou všech dat uvedených v této diplomové práci. Tato práce bude přínosem pro výcvik pilotů ve společnosti Wizzair a povede k diskusi ohledně možných změn v OM manuálu dopravce. A to konkrétně sekce D, která se týká výcviku posádek. Mimo jiné může být tato práce použita jako úvodní studijní materiál pro piloty přeškolující se mezi výše zmíněnými variantami a také může být použita jako vstupní materiál pro diskusi ohledně rozdílového výcviku pro odbornou veřejnost zabývající se touto problematikou.

8. Použité zdroje

- [1] A320: From CEO to NEO-BAA Training. *BAA Training Aviation Academy-Pilot Training, Flight School, Type Rating* [online]. 2021 [cit. 12.08.2020]. Dostupné z: <https://www.baatraining.com/a320-from-ceo-to-neo/>
- [2] F-WWBQ Airbus A320 Neo Wizz Air | Airbus A320-271N Wizz Air ... | Flickr. *Find your inspiration. | Flickr* [online]. 2021 [cit. 30.08.2020]. Dostupné z: <https://www.flickr.com/photos/146519169@N03/49922506936>
- [3] Wizz Air announces new base in Bari, plans 7 new domestic routes in Italy- AeroNewsX. *Home-AeroNewsX* [online]. 2021 [cit. 22.09.2020]. Dostupné z: <https://aeronewsx.com/wizz-air-announces-new-base-in-bari-plans-7-new-domestic-routes-in-italy/>
- [4] AIRBUS S.A.S. Flight Crew Operating Manual A318/A319/A320/A321 FLEET FCOM. 2020. [cit. 24.09.2020]
- [5] N1-SKYbrary Aviation Safety. [online]. 2021 [cit. 02.10.2020]. Dostupné z: <https://www.skybrary.aero/index.php/N1>
- [6] Reduced Thrust Takeoff - SKYbrary Aviation Safety. [online]. 2021 [cit. 17.10.2020]. Dostupné z: https://www.skybrary.aero/index.php/Reduced_Thrust_Takeoff
- [7] Autoland-SKYbrary Aviation Safety. [online]. 2021 [cit. 1.11.2020]. Dostupné z: <https://www.skybrary.aero/index.php/Autoland>
- [8] GTF Engine Family-MTU Aero Engines. *Home -MTU Aero Engines* [online]. 2021 [cit. 24.11.2020]. Dostupné z: <https://www.mtu.de/engines/commercial-aircraft-engines/narrowbody-and-regional-jets/gtf-engine-family/>
- [9] Pratt & Whitney GTF Engine - Pratt & Whitney. *Home - Pratt & Whitney* [online]. 2020 Raytheon Technologies Corporation [cit. 05.12.2020]. Dostupné z: <https://prattwhitney.com/products-and-services/products/commercial-engines/pratt-and-whitney-gtf>
- [10] *Google Patents* [online]. 2021 [cit. 19.12.2020]. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US6704630B2/en>
- [11] Anti-ice Panel | Engine Anti-ice Switch | Section 11.1.1. *A320 DP | A320 Displays and Panels | Airline Training* [online]. 2019 [cit. 27.12.2020]. Dostupné z: http://www.a320dp.com/A320_DP/ice-rain/sys-11.1.1.html
- [12] CFM International CFM56 – Wikipedie. [online]. 2021 [cit. 06.01.2021]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/CFM_International_CFM56
- [13] IAE V2500 – Wikipedie. [online]. 2021 [cit. 16.01.2021]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/IAE_V2500
- [14] AIRBUS S.A.S. Flight Crew Training Manual A318/A319/A320/A321 FLEET FCTM. 2020. [cit. 18.01.2021]

- [15] Preventing Fan Cowl Door Loss | Safety First. Safety First | Airbus [online]. Airbus Safety First 2021 [cit. 05.02.2021]. Dostupné z: <https://safetyfirst.airbus.com/preventing-fan-cowl-door-loss/>
- [16] Everything about V Speeds Explained | Flying. *Aviation, Airplanes, News & Training | Flying* [online]. 2021 Flying. A [cit. 12.02.2021]. Dostupné z: <https://www.flyingmag.com/everything-about-v-speeds-explained/>
- [17] Electronic Centralized Aircraft Monitor (ECAM) - SKYbrary Aviation Safety. [online]. 2021 [cit. 24.02.2021]. Dostupné z: [https://www.skybrary.aero/index.php/Electronic_Centralized_Aircraft_Monitor_\(ECAM\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Electronic_Centralized_Aircraft_Monitor_(ECAM))
- [18] Chapter 7. Fuel. *Airbus Notes* [online]. 2021 [cit. 08.03.2021]. Dostupné z: <https://hursts.org.uk/airbus-nonnormal/html/ch07.html>
- [19] AIRBUS S.A.S. Quick Reference Handbook A318/A319/A320/A321 FLEET QRH. 2020. [cit. 09.03.2021]
- [20] Unreliable Airspeed Indications - SKYbrary Aviation Safety. [online]. 2021 [cit. 09.03.2021]. Dostupné z: https://www.skybrary.aero/index.php/Unreliable_Airspeed_Indications
- [21] *Safety First | Airbus* [online]. 2017 [cit. 14.03.2021]. Dostupné z: https://safetyfirst.airbus.com/app/themes/mh_newsdesk/documents/archives/unreliable-speed.pdf
- [22] Pneumatic System | External Air | Section 15.6.3. *A320 DP | A320 Displays and Panels | Airline Training* [online]. 2021 [cit. 18.03.2021]. Dostupné z: http://www.a320dp.com/A320_DP/pneumatics/sys-15.6.3.html
- [23] News | Defence | Surveys | Appointments | Events | Technology | Civil. *News | Defence | Surveys | Appointments| Sports | Events | Technology | Civil* [online]. 2021 [cit. 23.03.2021]. Dostupné z: <https://www.theaviationmirror.com/faa-to-reform-new-airplane-safety-approvals-after-737-max-crashes/>
- [24] Airworthiness Directive - SKYbrary Aviation Safety. [online]. 2021 [cit. 01.04.2021]. Dostupné z: https://www.skybrary.aero/index.php/Airworthiness_Directive
- [25] EASA Safety Publications Tool. *EASA Safety Publications Tool* [online]. 2021 [cit. 01.04.2021]. Dostupné z: <https://ad.easa.europa.eu/ad/2021-0039R2>
- [26] *EASA | European Union Aviation Safety Agency* [online]. 2020 [cit. 04.04.2021]. Dostupné z: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/B737_Max_Return_to_Service_Report.pdf
- [27] Boeing 737 Max 'sensor' issues flagged 216 times to the US FAA | Thaiger. *Thaiger: Thailand's News Source* [online]. 2021 Thaiger [cit. 13.04.2021]. Dostupné z: <https://thethaiger.com/hot-news/boeing-737-max-sensor-issues-flagged-216-times-to-the-us-faa>

- [28] Boeing mudou o trem de pouso principal do 737 MAX 10. *AEROIN | Notícias de Aviação* [online]. 2021 AEROIN [cit. 14.04.2021]. Disponível em: <https://www.aeroin.net/boeing-mudou-o-trem-de-pouso-principal-do-737-max-10/>
- [29] Operator Difference Requirement Tables (EASA) Boeing 737. 2020 [cit. 15.04.2020]

9. Seznam obrázků

Obrázek č. 1 – A320neo [2]

Obrázek č. 2 – A320ceo [3]

Obrázek č. 3 – motor Pratt & Whitney GTFTM [9]

Obrázek č. 4 – FADEC [4]

Obrázek č. 5 – obálka dual coolingu s použitím APU [4]

Obrázek č. 6 – ENG COWL [15]

Obrázek č. 7 – Pneumatický systém [23]

Obrázek č. 8 – Pneumatic leak detection [4]

Obrázek č. 9 – Ochrana proti námraze motor [4]

Obrázek č. 10 – kyslíkový systém [4]

Obrázek č. 11 – Rotační mód A320neo [4]

Obrázek č. 12 – ENG RELIGHT A320ceo [19]

Obrázek č. 13 – ENG RELIGHT A320neo [19]

Obrázek č. 14 – BUSS [21]

Obrázek č. 15 – Flight Control 737MAX [26]

Obrázek č. 16 – AD 737MAX [25]

Obrázek č. 17 – Boeing 737-10 [28]

10. Seznam tabulek

Tabulka č. 1 – hmotnostní limity [4]

Tabulka č. 2 – limity pohonné jednotky [4]

Tabulka č. 3 – ostatní limity [4]

Tabulka č. 4 – rozdíly ve startu motorů [4]

Tabulka č. 5 – výpočet rychlostí [4]

Tabulka č. 6 – Odstranění ledu z motorů [4]

Tabulka č. 7 – ECAM ANTI-ICE [4]

Tabulka č. 8 – ECAM AIR [4]

Tabulka č. 9 – ECAM ELEC [4]

Tabulka č. 10 – ECAM ENG [4]

Tabulka č. 11 – ECAM F/CTL [4]

Tabulka č. 12 – ECAM HYD [4]