



SIEMENS
Ingenuity for life

Siemens Digital Industries Software

Konstrukce letadel nové generace

Nový přístup k leteckému inženýrství

Stručný souhrn

Letecký průmysl se bude muset transformovat, aby se vyhnul dramatickému nárůstu emisí oxidu uhličitého (CO₂) v důsledku očekávaného zvýšení počtu cestujících. Mezi nejdůležitější priority patří elektrifikace pohonného systému. Avšak měrný výkon, který tento krok vyžaduje, povede nutně k problémům s teplem, s integrací elektrického systému a zesílí interakce mezi různými fyzikálními parametry. Aby letečtí integrátoři tyto náročné úkoly zvládli, budou muset modernizovat své vývojové procesy, které jsou často příliš izolované. Budou muset přejít od statického technického přístupu založeného na jednotlivých dokumentech k technickému přístupu založenému na dynamických modelech. Portfolio řešení Simcenter™ jim nabízí ucelenou sadu škálovatelných nástrojů využívajících vzájemnou spolupráci a umožní jim realizovat výkonové inženýrství založené na dynamických modelech, od koncepčního návrhu až po certifikaci. To vše na jednotné platformě a se zajištěním výborné sledovatelnosti. Budou tak moci provádět důsledná a přesná ověřování a validaci chování během celého vývojového cyklu.

Obsah

Abstrakt	3
Letectví v dnešní společnosti	3
Letectví: základní stavební kámen globalizace.....	3
Problémy životního prostředí.....	3
Spotřeba paliva versus provozní náklady.....	4
Provoz letišť.....	5
Bezpečný let	5
Elektrifikace budoucích letadel	6
Výzvy technologického inženýrství	6
Výzvy související s vývojovým procesem	7
Nový přístup k leteckému inženýrství	10
Odstraňování bariér díky modelem řízenému systémovému inženýrství	11
Používání připravených leteckých modelů.....	11
Snadné škálování modelů podle technických potřeb	12
Důsledné pokrytí široké škály aplikací	13
Optimální využití simulačních modelů	13
Tvorba synergií mezi simulací a testováním	13
Závěr	14
Reference	14

Abstrakt

Dopady spalování fosilních paliv na životní prostředí určují hlavní směry všech dopravních oborů a elektrifikace se v jejich důsledku stala jednou z nejdůležitějších oblastí zájmu. Konstrukce elektrifikovaných letadel bude vyžadovat inovativní technologie a nové vývojové procesy. V tomto dokumentu popisujeme konkrétní výzvy a vysvětlíme, jak může modelem řízený technický přístup pomoci výrobcům letadel a jejich

dodavatelům se zaváděním komplexních digitálních dvojčat v oblasti výkonového inženýrství. Tato metodika usnadňuje ověřování a validaci chování pomocí realistické simulace. Účinněji tak řeší složité konstrukce, protože odstraňuje bariéry mezi jednotlivými obory a aplikacemi, takže zkracuje vývoj a snižuje rizika. Kromě nasazení digitálního vlákna to vede také k dokonalé realizaci stanoveného programu.

Letectví v dnešní společnosti

Letectví: základní stavební kámen globalizace

Je vždy složité předvídat změny, kterými se konkrétní éra nejlépe zapíše do historie. Můžeme odůvodněně konstatovat, že za posledních 50 let je jedním z nejdůležitějších trendů globalizace. Většina lidí, společností a firem po celém světě je dnes více a lépe propojena než kdykoli předtím. Důvodem je pokrok v mnoha oblastech. Velký počet zemí se například těší vyšší stabilitě, a to jak uvnitř, tak ve svých zahraničních vztazích. Díky tomu se podstatně zlepšilo vzdělávání a blahobyt veřejnosti. Byli jsme svědky revolučních inovací v komunikačních technologiích, z nichž mnohé mají kořeny v leteckém průmyslu nebo úspěšných vesmírných programů.

Co však nepochybně bylo jedním z nejdůležitějších faktorů naší globalizované společnosti je větší schopnost lidí se osobně setkávat po celém světě. Letecká doprava umožnila přesun lidí (a zboží) odkudkoli na světě prakticky na jakýkoli kontinent. Před pouhými 50 lety byla letecká doprava dostupná jen velkým mezinárodním obchodním korporacím a několika vyvoleným. Dnes plní letecké odvětví klíčovou roli při propojování lidí i obchodu.

Mezitím objem cestujících neustále roste, ať už jde o služební cesty nebo o volný čas. Jak je uvedeno v globální tržní prognóze společnosti Airbus¹ a komerčním tržním výhledu společnosti Boeing², v letech 2017 až 2032 lze očekávat zdvojnásobení počtu cestujících využívajících služby leteckých společností. Tento odhad se může zpomalit kvůli pandemii Covid-19, ale je pravděpodobné, že v průběhu více než jednoho desetiletí bude tato jinak vážná situace pouze dočasnou epizodou. Jedním z důvodů, proč létat častěji a ve větším počtu, je podstatný nárůst příjmů v Asii.

Letecká doprava byla základním stavebním kamenem globalizace, ke které dochází v posledních padesáti letech, a tuto roli bude hrát i v budoucnosti.

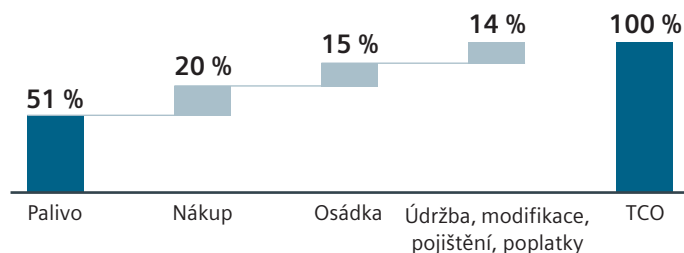
Problémy životního prostředí

Zároveň je ale nutné se na tuto situaci dívat i kriticky. Globalizace a v širším smyslu industrializace, která z velké části závisí na fosilních palivech, vyvíjí na naši planetu obrovský tlak. Dospěli jsme do bodu, kdy existuje vědecká shoda, že pokud nebudou okamžitě přijata konkrétní opatření, budou škody

nenapravitelné. Problém globálního oteplování vedl k uzavření mezinárodních dohod o emisích CO₂ produkovaných člověkem, což vyústilo v přijetí právních předpisů zaměřených na všechny obory dopravy. Společně jsou totiž zodpovědné přibližně za 15 % celkových emisí skleníkových plynů na celém světě.³ A přestože je podíl letecké dopravy na těchto hodnotách relativně nízký (přibližně 2 % z celkových hodnot, nebo 12 % dopravy)⁴, celé odvětví je v tomto ohledu vnímáno negativně.

Letecký průmysl si uvědomuje svou ekologickou stopu a chce naléhavě svou problémovou image vylepšit novými technologiemi, díky nimž bude letecká doprava čistší a udržitelnější. Na obrázku 1 popisuje Mezinárodní organizace pro leteckou dopravu (IATA), jak by se mohly emise CO₂ produkované tímto odvětvím vyvíjet mezi lety 2010 a 2050, pokud bude zachován předpokládaný nárůst počtu cestujících. Je tedy pochopitelné, že letecké společnosti i společnosti vyrábějící pohonné jednotky pro letadla neustále hledají nová řešení. Kromě neutuchajícího úsilí o snižování hmotnosti by měla k dalšímu zlepšení vést modernizace stávajících leteckých motorů nebo optimalizace provozu a infrastruktury. Potřebné snížení ale nezajistí modernizace stávajících technologií. Aby bylo možné dosáhnout do roku 2050 cílového poklesu o 50 %, budou zapotřebí radikálně nové technologie. Kromě biopaliv a vodíku ukazují svůj potenciál alternativní konfigurace draku letadel a konstrukční a materiálové technologie, jako například

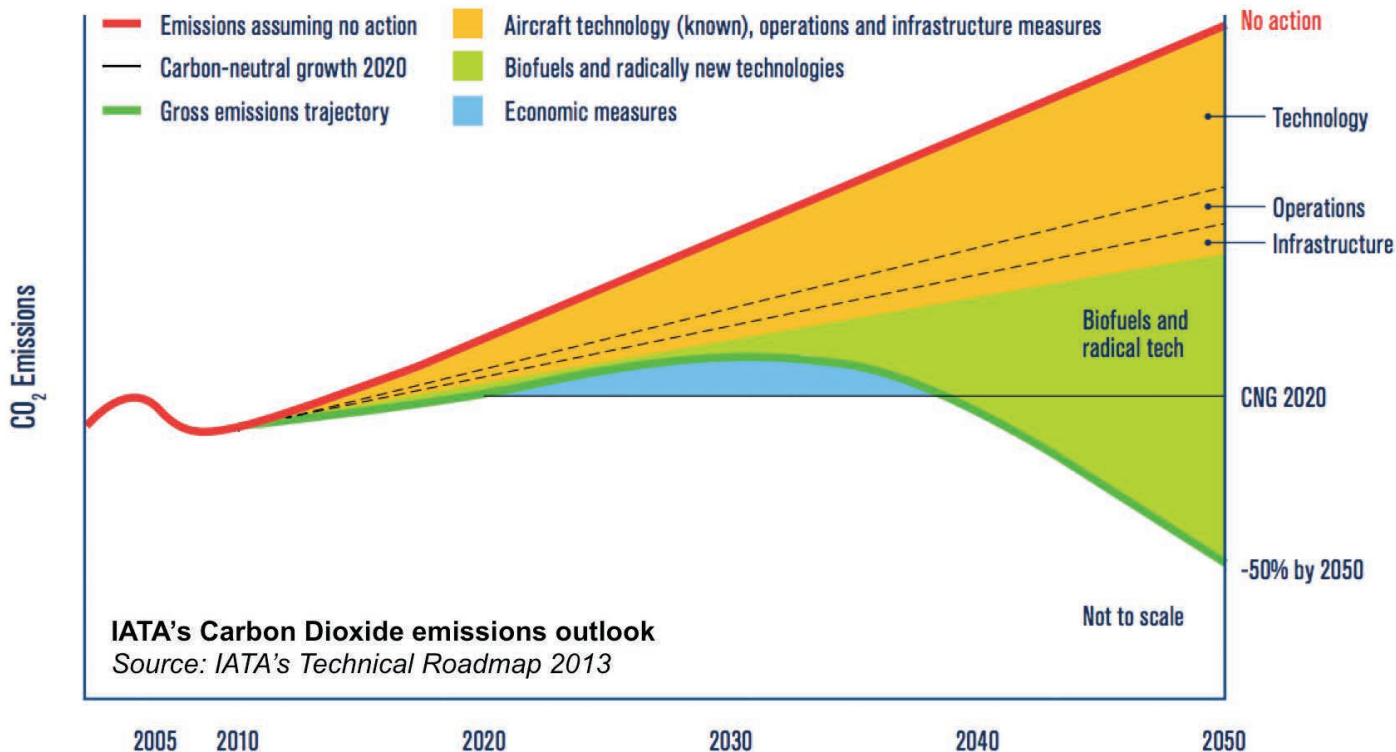
technologie měnícího se profilu křídla a elektrické a hybridní elektrické systémy pohonu letadel.



Obrázek 2. Celkové náklady na vlastnictví typického komerčního letadla s jednou uličkou.⁶

Spotřeba paliva versus provozní náklady

Vedle těchto environmentálních problémů je důležité uvést ještě jeden faktor motivující letecké odvětví ke zvyšování energetické účinnosti a snižování jeho závislosti na fosilních palivech, zejména v případě komerčních letadel. Obrázek 2 ukazuje celkové náklady na vlastnictví (TCO) typického letadla Boeing 737-800. Přes 50 % jich přímo souvisí s palivem. Pro provozovatele letadel to je obrovská finanční zátěž, a dokonce riziko, protože ceny fosilních paliv kolísají v reakci na různé problémy, jako jsou například geopolitické spory. Jakékoli zlepšení v této oblasti bude mít pozitivní dopad na finanční



Obrázek 1. Vývoj emisí CO₂ s ohledem na vývoj technologií.⁵

stránku letecké dopravy. Elektrifikace tedy představuje zajímavou cestu. Organizace IATA uvádí, že hybridní elektrická technologie by mohla snížit spotřebu fosilních paliv do roku 2030 o 10–40 % u menších letadel (15–20 míst) a do roku 2045 dokonce o 40–80 % u středně velkých letadel (50–100 míst). A to je jen přechodný krok k úplné elektrifikaci.

Provoz letišť

Kromě spotřeby paliva a emisí je nutné do celkového dopadu letectví na životní prostředí započítat i hluk a kvalitu místního ovzduší. Hluk je například příčinou mnoha místních předpisů upravujících provoz ve večerních a časných ranních hodinách. A patří mezi jednu z hlavních překážek při rozšiřování stávajících letišť nebo plánování nových. Aby bylo možné dosáhnout udržitelného růstu, proti kterému nebudou lidé žijící v blízkosti letišť protestovat, musí letecký průmysl zvažovat i toto hledisko. Pokud mají být zavedeny radikálně nové technologie, ať už jsou či nejsou doprovázeny požadovanými změnami infrastruktury, musí výrobci letadel a provozovatelé letišť spolupracovat na snižování hluku na přijatelnou úroveň.

I zde může elektrifikace přinést značné výhody. Elektrické pohony by mohly snížit otáčky vrtulí a turbín při zachování potřebné hnací síly. Dále by mohly umožnit použití distribuovaného pohonu. Technici tak budou moci experimentovat s architekturou letadel a navrhovat turbíny stíněné konstrukcí letadla, která zabrání přímému šíření hluku do okolí.

Bezpečný let

A konečně nelze mluvit o letectví, aniž bychom se zmínili o bezpečnosti, což je v tomto odvětví stále kritériem číslo jedna. Létání je sice čím dál bezpečnější, ale pokud nebude počet nehod stlačen na nulu⁷, může to být vždy lepší. I ten nejmenší incident může vést k problémům s vnímáním letecké dopravy, které ovlivňují celý sektor. A dnes to platí dvojnásob, protože zprávy se šíří po celém světě rychlostí světla. S rostoucím počtem autonomních funkcí v letadlech navíc roste i nedůvěra lidí. To je trochu rozporuplné, protože fungování dnešních automatizovaných systémů je obecně mnohem spolehlivější než ovládání lidmi. Zdá se ale, že automatizace těchto systémů snižuje naši toleranci vůči chybám.

I automatizované systémy jsou vyráběny člověkem a nejsou imunní k poruchám. Mohou vést ke zcela novému pojetí komplexnosti letadel a procesu jejich vývoje. Zavedení elektrifikace v letadlech konkrétně povede k velkému množství nových systémů, které v sobě často spojují různé technologie. To bude nepochybně klást vysoké nároky na otázku integrace letadel, zejména při spolupráci různých zúčastněných stran v rámci globální organizace.

Elektrifikace budoucích letadel

Podle plánu pro letecké technologie (Aircraft Technology Roadmap) organizace IATA do roku 2050 se v současné době nacházíme v období evolučního vývoje klasických letadel s trupem a křídly s různými konfiguracemi tryskových pohonů. Předpokládá se, že do roku 2035 přijde nová, radikálnější vlna inovací (za předpokladu příznivých rámcových ekonomických podmínek). V současné době vidíme první známky elektrifikace letadel a postupně se objevují i další inovativní konstrukční a materiálové technologie. Abychom ale byli spravedliví, zbývá ještě hodně práce, než budeme moci hovořit o skutečné transformaci odvětví.

I když jsou systémy pohonu využívající elektromotory slibné a postupně si najdou své místo na trhu, dosud byly realizovány pouze na malých letadlech pro všeobecné použití. Samozřejmě je nutné zohlednit skutečnost, že dnešní elektromotory jsou příliš těžké na to, aby mohly být v letadlech používány ve větší míře. Navíc mají technologie uchování elektrické energie stále mnohem nižší měrný výkon než tradiční letecký petrolej. V následujících odstavcích se zaměříme na některé další konkrétní výzvy.

Mnoho věcí se nepochybně vyvíjí. V současnosti se formuje nový segment trhu – městská letecká mobilita (UAM). Elektrické pohonné jednotky umožňují podnikatelům vyvíjet nové koncepce letadel, která budou moci létat nad vysoce frekventovanými oblastmi. Tento segment trhu zrychluje vzkvetající odvětví dronů. Ty velmi brzy dospějí a budou schopné přepravovat lidi. Jejich přítomnost na trhu může některým dodavatelům pomoci s růstem a zrychlit připravenost potřebných technologií.

Technologické výzvy

Integrace vysoce výkonných elektrických systémů

Integrace elektrických systémů se středním až vysokým výkonem v letadlech je pro toto odvětví relativně nová oblast. Některé příklady, například Boeing 787, dnes již skutečně dosáhly určité míry elektrifikace. Jedná se však pouze o jednotlivé aplikace, jako například elektrické ovládací systémy, které nahradily klasické hydraulické jednotky, nebo elektricky poháněná čerpadla systému řízení prostředí v letadle (ECS) namísto systému odvodušňování u proudových motorů. Přesto tyto aplikace postupně stanovy standard instalovaného palubního

elektrického výkonu v širokotrupých letadlech s dlouhým doletem na 1 nebo 2 MW.

Nyní bude pro realizaci elektrického pohonu zapotřebí zásadního zvýšení rozsahu. Obrázek 3 ukazuje výkon potřebný ke vzletu letadel různých kategorií. Relativně jednoduchý UAM, který přepravuje čtyři až šest lidí pomocí konfigurace vertikálního vzletu a přistání (VTOL), potřebuje stejný výkon jako dnešní širokotrupé letadlo s dlouhým doletem, zatímco osobní letadlo s krátkým doletem vyžaduje 10–100krát vyšší. To má spoustu zajímavých důsledků. Nové technologie a řešení budou muset významně zvýšit napětí a proud na úrovni, které nikdy nebyly v letadlech realizovány. Budou například vyžadovat novou kabeláž.

			
Letadla s krátkým doletem	 A320	150–250	< 50 MW
Regionální letadla	 BAe146  ATR42	< 150	< 20 MW
Letadla pro sběrnou regionální dopravu a obchodní letadla	 Do228	< 19	< 2 MW
Městská letecká mobilita (VTOL)	 CityAirbus	1–4	< 1 MW
Malá vrtulová letadla	 Extra 330 LE	1–4	50–300 kW

Obrázek 3. Vyžadovaný elektrický výkon podle typu letadla.

Měrný výkon

Každý kilogram se v letadle počítá. Dnešní průmyslové elektromotory obvykle dosahují měrného výkonu přibližně 1 kilowatt na kilogram (kW/kg). To prostě nestačí. Pro úspěšné nasazení elektrických pohonných jednotek (EPU) je třeba tuto hodnotu zvýšit na nejméně 10 až 15 kW/kg. Kromě motoru to platí i pro podsystémy, jako jsou například střídače apod.



Rozhodující bude snížení hmotnosti. Dobrou zprávou je, že hmotnost současných elektromotorů a střídačů lze potenciálně snížit. Bude však velkou výzvou toho dosáhnout bez narušení mnoha dalších aspektů konstrukce, například tepelného chování. V průmyslových motorech, jak je dnes známe, spolu elektromagnetické, elektrické, konstrukční a tepelné chování souvisí jen v menší míře. Při snížení hmotnosti se to dramaticky změní.

Například menší konstrukce sníží hmotnost motoru, ale současně ovlivní jeho tepelné chování, takže se motor rychleji zahřeje. To může způsobit tepelné deformace elektromagnetického systému, což zase ovlivňuje účinnost motoru. Nebo by z toho mohly plynout přísnější požadavky na odvod tepla, aby nedocházelo k demagnetizaci permanentních magnetů.

Stručně řečeno platí, že vyšší měrný výkon vždy povede k těsnější interakci mezi jednotlivými fyzikálními a technickými doménami.

Řízení teploty

Elektrické systémy vyžadují zcela odlišný přístup k odvodu tepla než tradiční pohonné systémy. Výměna tepla mezi systémy probíhá v dnešních letadlech kvazi-statickým způsobem, což umožňuje přístup k vývoji nových technologií vycházející z maximálního tepelného zatížení. V budoucích letadlech bude výměna tepla mnohem komplexnější a dynamičtější, s hodnotami, které mohou být pětikrát až desetkrát vyšší než dnes. Většina současných přístupů k vývoji by měla za následek předdimenzované systémy a přetížená letadla.

Konstrukce budoucích systémů pro řízení teploty tedy bude muset být chytřejší. Bude muset být systematická a zahrnovat všechny komponenty, které mohou hrát roli jako zdroj tepla nebo jako chlazení; patří mezi ně například systémy pohonu, systémy řízení prostředí v letadle, pohonná jednotka, palivo, a dokonce i konstrukce letadla. To vyžaduje technický přístup na úrovni celého systému, který vám umožní oprostit se od současného izolovaného způsobu práce s teplem a definovat architekturu systému řízení teploty od samého začátku vývojového cyklu až po úroveň dokončeného letadla.

Výzvy související s vývojovým procesem

Jak jsme již uvedli, elektrifikace zesílí nutnost interakce mezi různými fyzikami a zvýší komplexnost vývoje letadel. Rovněž již zaznělo, že k jejímu dalšímu zvýšení povede také zavádění nových technologií, jako je automatizace systémů, integrovaný software a další.

Programy vývoje letadel se dnes jen zřídka drží harmonogramu a stanoveného rozpočtu, a to právě kvůli technickým a organizačním problémům. Aby tedy bylo možné zajistit finančně dostupný a předvídatelný vývoj, certifikaci a výrobu, musí současné vývojové procesy projít zásadní změnou paradigmatu.

Níže popisujeme, jak mohou některé slabé stránky obvyklých procesů vývoje letadel zpozdit zavádění inovativních technologií nebo mu úplně zabránit.

Izolované organizace vytvářejí slepá místa ve výkonovém inženýrství

Velkým problémem současného vývoje letadel je rozsah a komplexnost, které mají za následek rozdělení programů mezi mnoho různých partnerů po celém světě. Dělbá práce přitom probíhá většinou způsobem, který považuje letadlo za soustavu oddělitelných systémů, jež lze později integrovat. Mezi různými zúčastněnými stranami samozřejmě probíhá neustálá komunikace, která ale často vychází ze sterilních digitálních dat, což jsou obecné dokumenty sdílené v rámci celé organizace. Dobrým příkladem mohou být rozpočty na technologie chlazení, sdílené mezi úseky pro elektrické systémy a ECS, které obvykle tvoří jen obecné platná čísla.

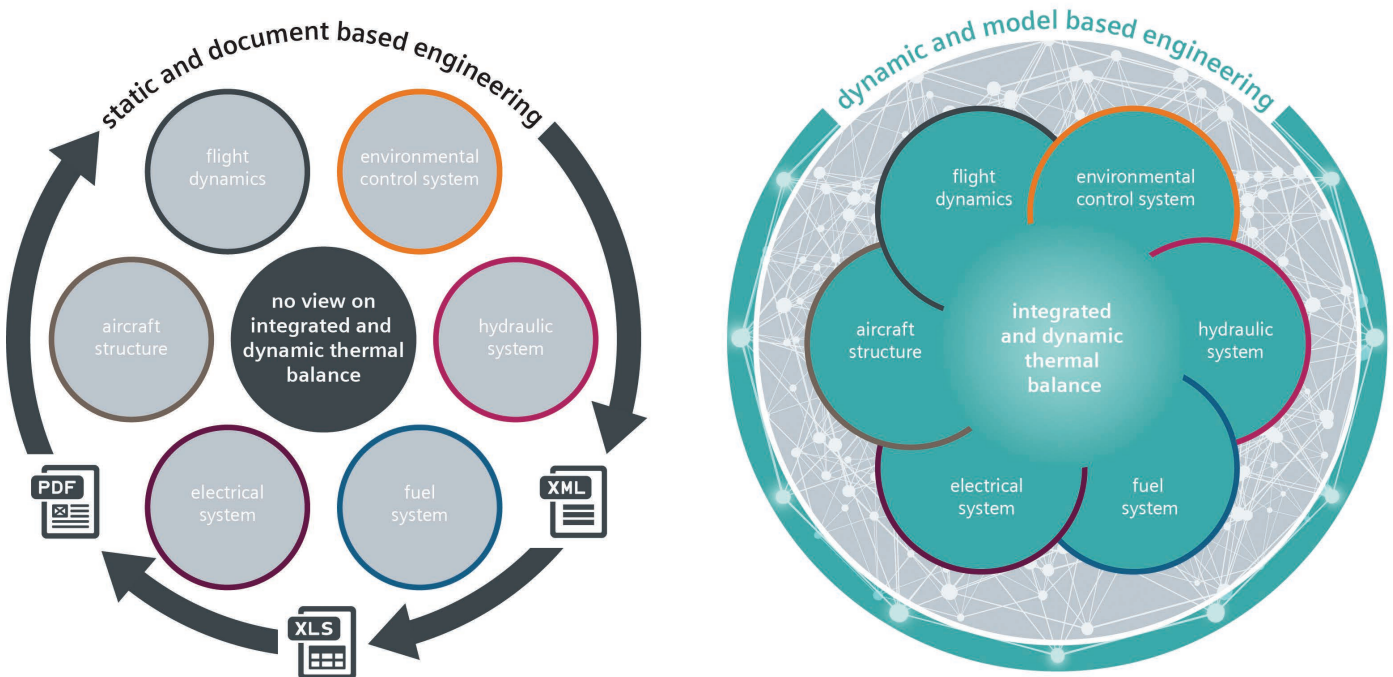
Podobný izolovaný přístup nikdy nemůže zachytit dynamiku fyzikálních interakcí mezi jednotlivými systémy. Každý úsek proto musí počítat s bezpečnostními rezervami, aby zamezil rizikům při integraci. Ty ale mají za následek vyšší než nezbytnou hmotnost. A konečně to povede k nízké výkonnosti letadla jako celku, vyšším nákladům na testování a certifikaci integrace, příliš složitému provoznímu rámci a v nejhorším případě i k neúspěchu celého projektu. Níže to popíšeme na dvou příkladech.

Řízení teploty

Jedním z nejvýraznějších případů, který dobře ilustruje tento problém, je způsob, jakým se dnes obvykle provádí ověřování tepelných vlastností. Technici všech hlavních divizí zabývající se tepelnými vlastnostmi se samozřejmě snaží využívat mnoho různých nástrojů, jako je analýza konečných prvků (FEA) a simulace dynamiky tekutin. Většinou však teprve letové zkoušky odhalí, zda konkrétní konstrukce, systém nebo podsystém funguje nebo ne. A komunikace mezi divizemi obvykle zahrnuje data ve formátu PDF (viz obrázek 4), což neplatí jen pro možnost

zohlednit energetické interakce na rozhraních mezi systémy, které jsou dynamické.

Toto slabé místo může být velmi problematické pro celý program vývoje letadla. Mohlo by vést k nutnosti pozdějšího přepracování, které by problém vyřešilo, a v nejhorším případě může být nutné vyrobít zcela nový prototyp – „iron bird“ – jenž by odpovídal všem tepelným parametrům. To vše může způsobit významné narušení programu, ohromné dodatečné náklady a nekvalitní realizaci programu.

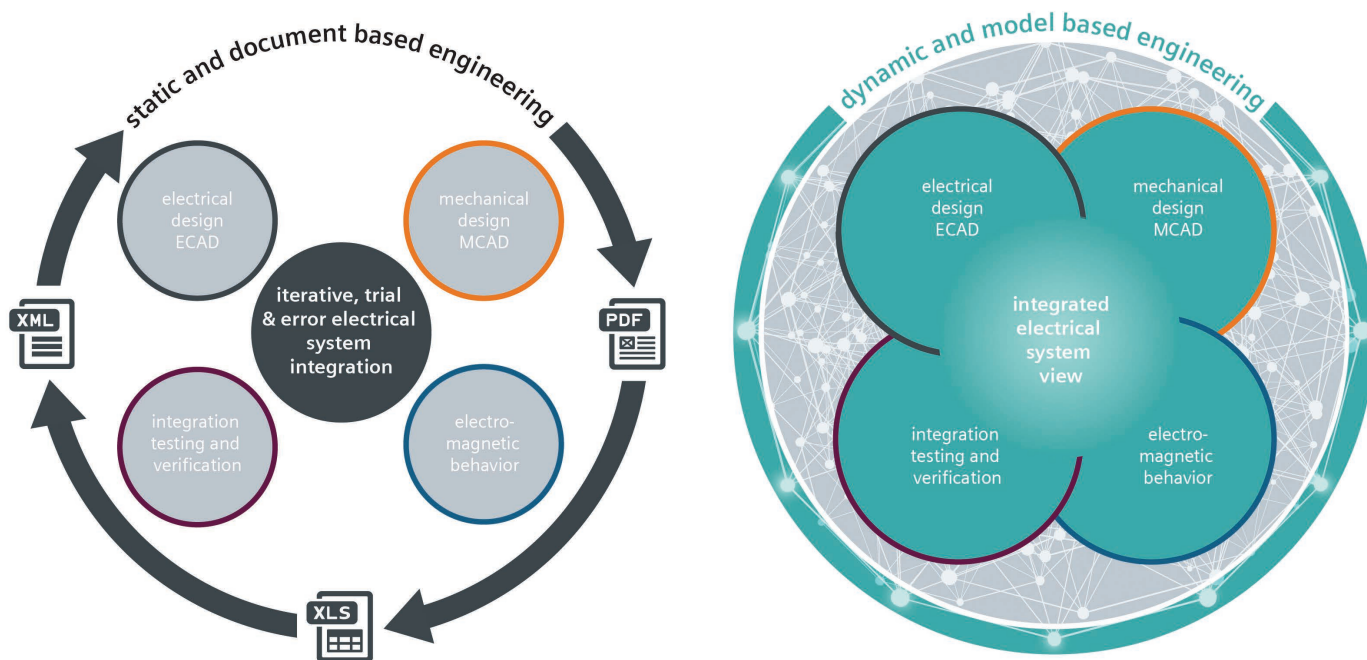


Obrázek 4. Izolovaný přístup nikdy nemůže zachytit dynamiku a fyzikální interakce mezi jednotlivými systémy. Dynamický inženýrský přístup založený na modelu však umožňuje integrovaný pohled na celkovou výkonnost.

Integrace elektrických systémů

Druhý příklad souvisí s návrhem různých aspektů elektrického systému, který, jak již bylo uvedeno, vyžaduje stále více energie, napětí a proudu. V současné době probíhají návrh elektrického systému, návrh (mechanické) elektrické kabeláže, analýza výkonu a testy integrace elektrického systému, například testování elektromagnetického rušení / elektromagnetické kompatibility (EMI/EMC), izolovaně. Programoví manažeři to obvykle považují za velké riziko. Víte, kde začínáte, ale nikdy nevíte, kdy to bude hotové.

Certifikace EMI/EMC je obvykle velmi nákladná a založená na metodě pokusu a omylu. Když určitý návrh, který je již implementován na prototypu, nesplňuje standardy EMI/EMC, obvykle se přesměrují jednotlivá vedení kabelového svazku. To vyžaduje změny v návrhu elektrického systému, které zase vedou k nutnosti změny mechanické části, což v konečném důsledku snad přinese lepší výsledky EMI/EMC. Výsledkem může být nikdy nekončící proces (viz obrázek 5).



Obrázek 5. V současné době probíhají návrh elektrického systému, návrh elektrické kabeláže, analýza výkonu a testy integrace elektrického systému izolovaně. Výsledný proces se příliš často není schopen dobrat nějakého konce. Dynamický inženýrský přístup založený na modelu však umožňuje integrovaný pohled na celkovou výkonnost.

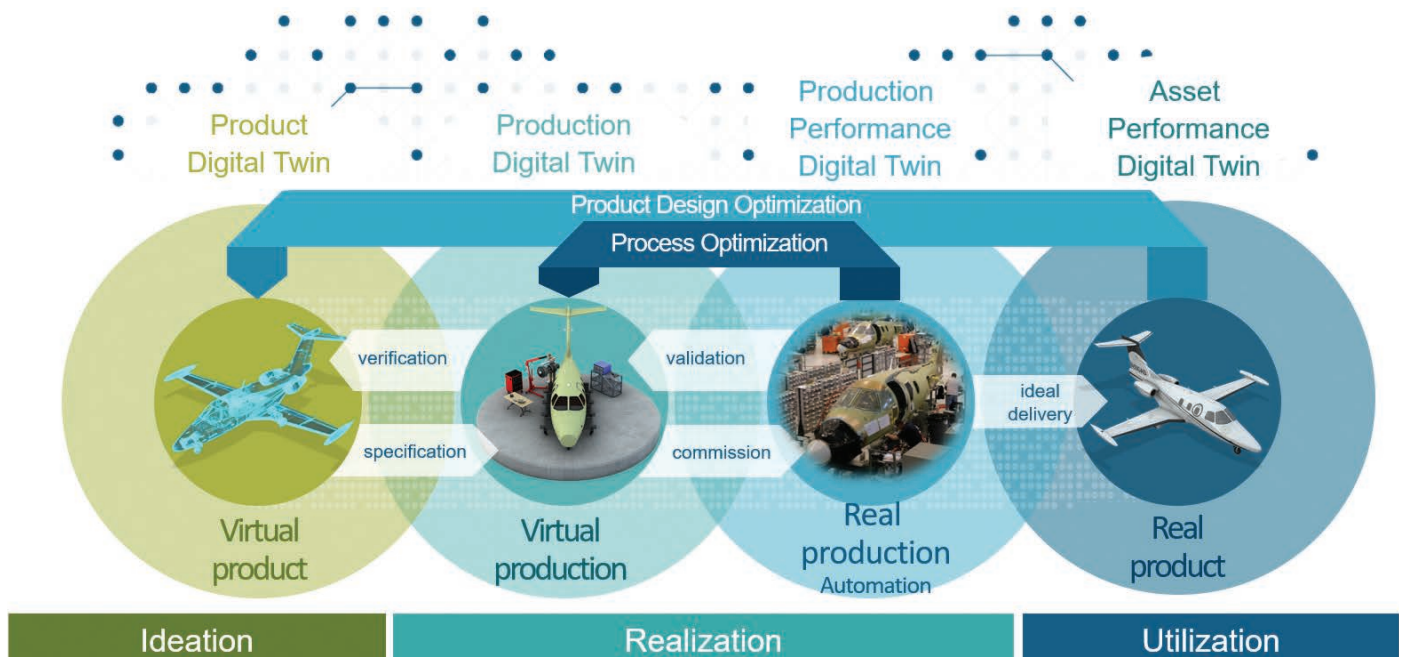
Nový přístup k leteckému inženýrství

Popsané technologické a procesní problémy jsou neodmyslitelnou součástí současného vývoje letadel a pro budoucí elektrifikaci platí dvojnásob. A lze je řešit pouze všudypřítomnou digitalizací na různých úrovních.

- Po technologické stránce bude nutné uplatňovat metodiky se schopností predikce, které umožní dosáhnout rekordního měrného výkonu, provádět experimenty s novými konfiguracemi a architekturami letadel a úspěšně řešit všechny problémy s teplem. Z procesního hlediska je nezbytná platforma integrující různé související obory a fyziku, která bude současně sledovat pracovní postupy vývoje, technická rozhodnutí a přijatá ověřovací opatření. Mluvíme o komplexním digitálním dvojčeti a digitálním vláknu (viz obrázek 6). V této části se věnujeme tomu, jak vám může pomoci se zavedením potřebné infrastruktury a potřebných řešení komplexní a integrované portfolio softwaru a služeb Xcelerator od společnosti Siemens Digital Industry Software.

Řešení digitálních dvojčat a digitálního vlákna v portfoliu společnosti Siemens představují ověřené a dlouhodobě osvědčené prostředky pro významné zlepšování realizace leteckých programů. Jako globální lídr v oboru s jasným zaměřením na inovace se společnost Siemens snaží poskytovat řešení, která umožní společně v celém odvětví dopravy, včetně letectví, učinit další kroky na cestě k digitalizaci. Tohoto postavení dosáhla díky významným investicím do výzkumu a vývoje, ale i strategickým partnerstvím a akvizicím podniků nabízejících průkopnické technologie, které mají v tomto odvětví desítky let odborných zkušeností.

Důležitou součástí této nabídky je portfolio softwarových a hardwarových řešení Simcenter, což je komplexní platforma propojující simulační a testovací nástroje a služby pro výkonové inženýrství. Řešení Simcenter umožňuje leteckým technikům modelovat fyzikální chování všech prvků budoucího letadla, získávat o nich podrobné informace, porozumět jim a



Obrázek 6. Platforma společnosti Siemens pro digitální dvojčata a digitální vlákno.

optimalizovat je; mezi tyto prvky patří vývoj konstrukce letadla, přenos kapalin a tepla, vývoj systémů, řízení tepla, pohodlí v letadle, elektromagnetické systémy a integrace, ověřování, certifikační testování apod. Řešení integrovaná v prostředí Simcenter umožňují škálovatelný přístup k modelování, od úrovně jednotlivých komponent až po integrovaná letadla a od zjednodušených až po věrné reprezentace. Platforma Simcenter proto může podporovat všechny fáze vývoje, od prvotního konceptu, studií vyvážení a detailní konstrukce až po ověřovací fázi. Zahrnuje také veškerou fyziku a všechny související obory a v plném rozsahu podporuje paradigma digitálních dvojčat / digitálního vlákna.

Obrázek 7 ukazuje, na které oblasti se platforma Simcenter zaměřuje. V dalších kapitolách zdůrazňujeme její význam pro výkonové inženýrství budoucích letadel.

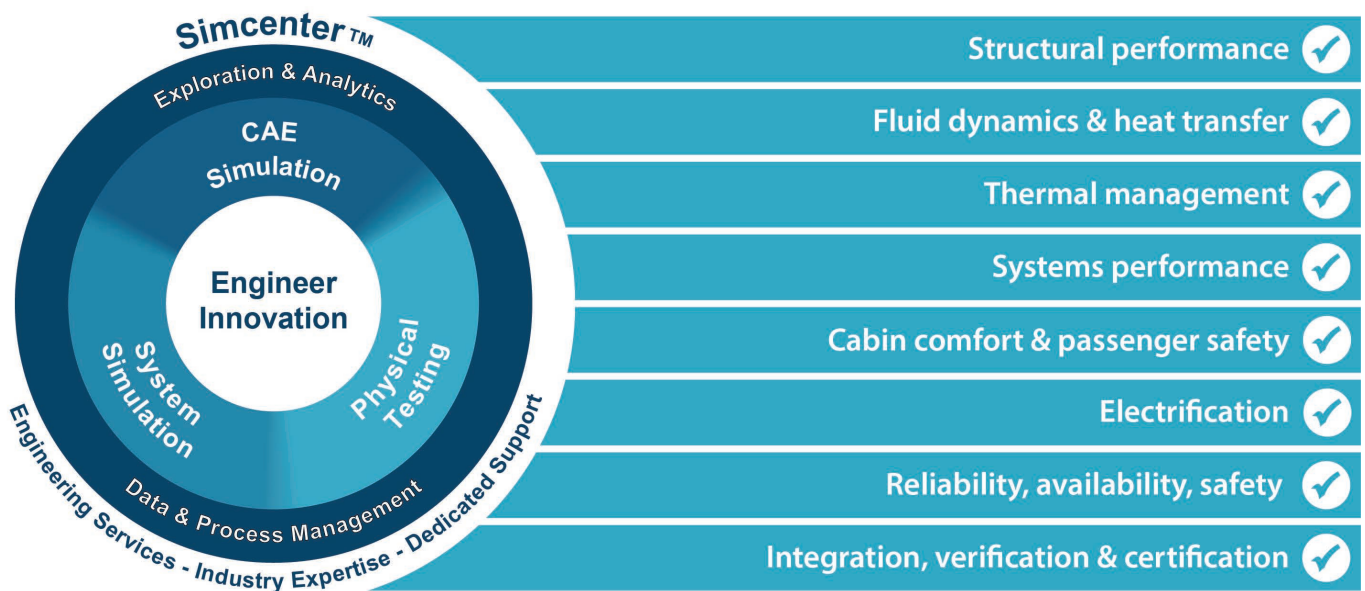
Odstraňování bariér díky modelem řízenému systémovému inženýrství

Jak již ilustrovaly příklady řízení teploty a integrace elektrických systémů, může izolovaný přístup vážně ohrozit úspěch celého programu, a dokonce ho ohrozit. Čím dříve bude možné pochopit dynamické chování integrovaného letadla, tím lépe, zejména s ohledem na větší komplexnost a vyšší multifyzikální nároky vyvolané elektrifikací a dalšími novými technologiemi. V rámci současných vývojových procesů jsou problémy na úrovni integrace identifikovány pozdě, příliš často až během fáze letových zkoušek. To je třeba změnit, aby bylo možné udržet budoucí náklady na vývoj letadel pod kontrolou. Od fáze konceptu dále je nutné udržovat integrovaný pohled na letadlo.

Za tímto účelem musí všechny původně izolované týmy přispět vlastními modely chování a vzájemně úzce spolupracovat. Na základě jasně definovaných rozhraní tak budou moci sladit způsob výroby modelů, co přesně tyto modely představují a jaké jsou jejich interakce s okolními systémy nebo s jinými obory. Tato činnost zahrnuje mnoho dílčích modelů, včetně velkého objemu fyzikálních a matematických výpočtů, takže základem pro vytvoření integrované syntézy bude používání správných nástrojů a metod. V podobě platformy Simcenter nabízí společnost Siemens strategii virtuálních integrovaných letadel (VIA) a virtuálních prototypů (VIB) určených přesně pro tyto účely. V následujících odstavcích popíšeme povahu a rozsah těchto řešení.

Používání připravených leteckých modelů

Příprava VIA je sám o sobě poměrně náročný projekt. Je zřejmé, že čas, který lze věnovat analýze, je cennější než čas strávený programováním fyzikálních modelů jednotlivých leteckých systémů. Při přípravě simulací technici až příliš často ztrácejí čas tím, že dokola opakují stále tytéž zbytečné činnosti, zatímco by jim stačilo začít od stávajících reprezentací a provést na nich menší úpravy. Na platformě Simcenter najdou letečtí inženýři knihovny pro běžné letecké systémy. Ty byly validovány společně s významnými integrátory letadel, dodavateli a partnery v akademické obci. Jsou také k dispozici dostatečně zadokumentované modely komponent, jako je elektrický systém, pneumatický systém, hydraulický systém, řízení letadla, podvozek apod. Ty se snadno přizpůsobí novým konfiguracím letadel, například hybridním elektrickým pohonným systémům.



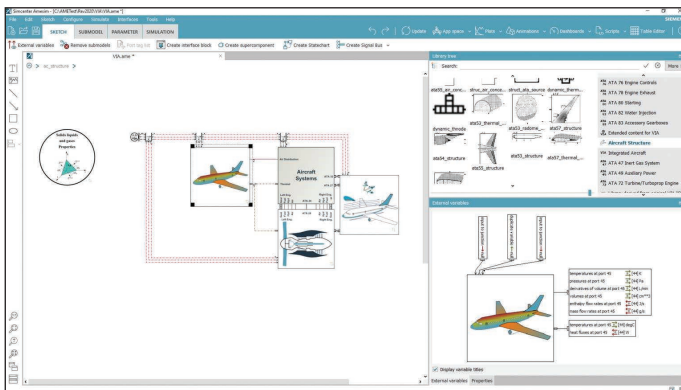
Obrázek 7. Řešení Simcenter pro výkonové inženýrství letadel.

Dostupnost těchto knihoven umožňuje leteckým inženýrům soustředit se spíše na návrh produktů než na programování fyzikálních modelů. Můžete díky nim realizovat větší počet studií vyvážení a tyto studie jsou kvalitnější, takže získáte lepší přehled o optimální konstrukci a systémové architektuře. Důležitost tohoto aspektu v rámci většího programu nelze podceňovat. Větší, lepší a včasný přehled o integrovaném letadle je předpokladem pro přijímání lepší rozhodnutí, což významně snižuje rizika programu a v průběhu programu snižuje nutnost přepracování. Je důležité dodat, že Simcenter je otevřená platforma, do které lze bezproblémově přidávat data z jiných standardních průmyslových nástrojů. To umožňuje leteckým inženýrům snadno kombinovat komponenty ve standardních knihovnách s jejich vlastními staršími modely.

Snadné škálování modelů podle technických potřeb

Spíše než jeden všezahrnující model představuje VIA sadu komponentních modelů, dat a parametrů, které jsou dostupné v různých reprezentacích a neustále se v průběhu vývojového cyklu rozvíjejí. Dobrá platforma pro VIA umožňuje technikům vybírat a kombinovat podsystémy v podobě nebo v měřítku, které nejlépe vyhovuje konkrétní aplikaci.

Platforma Simcenter poskytuje širokou škálu kompatibilních řešení, což z ní v mnoha ohledech dělá ideální škálovatelnou platformu pro VIA.



Obrázek 8. Všechny původně izolované týmy musí přispět vlastními modely chování a vzájemně úzce spolupracovat. Na základě jasně definovaných rozhraní tak budou moci sladit způsob tvorby modelů, co přesně tyto modely představují a jaké jsou jejich interakce s okolními systémy nebo s jinými obory. V podobě platformy Simcenter nabízí společnost Siemens strategii virtuálních integrovaných letadel (VIA) a virtuálních prototypů (VIB) určených přesně pro tento účel.

Od hrubých modelů po detailní vývoj

Během raných studií vyvážení architektury technici často postrádají podrobné konstrukční parametry a k prvotním

rozhodnutím musí používat hrubé modely. Později ve vývojovém cyklu, když jsou k dispozici další údaje o fyzice, lze tato rozhodnutí dále rozpracovat pomocí hloubkových simulací.

Ale i během těchto pozdějších fází hraje aplikace důležitou úlohu při výběru modelu. Aby byla zajištěna dostatečná přesnost prováděných výpočtů, nemělo by být množství detailů v modelu ani příliš velké, ani příliš malé; jen tak bude zajištěna dostatečná přesnost a zamezí se příliš dlouhému trvání výpočtů. Konkrétní požadavky mohou v tomto ohledu záviset na dané aplikaci. Proto je důležité mít k dispozici nástroje, které mohou snadno přizpůsobit úroveň detailů technickým potřebám a přitom důsledně používat stejný základní model. Platforma Simcenter je za tímto účelem vysoce flexibilní.

Od komponenty po integrované letadlo

Funkce simulací a knihovny jsou nezbytné k modelování podsystémů letadla a jejich komponent samostatně, ale i jako součást integrovaného letadla. To může vyžadovat různé formy nebo úrovně abstrakce komponent a parametrů. Je například důležité porozumět detailnímu fyzickému chování servoventilu brzdy letadla. Stejně důležité ale bude vzít tento model a integrovat ho o jednu úroveň výše, do brzdového systému; a pak o další úroveň výše do podvozku. Konečným cílem je pochopit, jak servoventil přispívá k úspěšnému přerušení vzletu na úrovni celého letadla.

Na platformě Simcenter najdou technici integrované znalosti konkrétních aplikací i další odborné znalosti, které jim pomohou vybrat nejhodnější reprezentaci modelu pro každou aplikaci.

Od prvotního koncepčního návrhu po ověřování

Rozsah simulace se neomezuje pouze na vývoj letadla. Bylo prokázáno, že je-li zaručena kontinuita dat až do fáze ověřování, může simulace také pomoci snížit náklady na certifikaci. To platí jak pro certifikaci konstrukce a systémů, tak i pro strategii řízení a ověřování softwaru, jako například testování ve smyčce metodou model-in-the-loop (MiL), software-in-the-loop (SiL), hardware-in-the-loop (HiL) a pilot-in-the-loop. Aby byly fyzikální modely, ať už detailní nebo hrubé, v této souvislosti použitelné, je třeba je obvykle upravit tak, aby vyhovovaly danému testu. Velmi často je třeba modely zjednodušit, aby byly schopné provozu v reálném čase a byla zajištěna kontinuita modelu v průběhu celého V-cyklu.

Jako platforma, která nabízí funkce simulací i testování, zahrnuje Simcenter mnoho technologií a metod, které umožňují technikům využívat modely během ověřovací fáze. Je samozřejmě zásadně důležité zajistit, aby konfigurace těchto modelů přesně odpovídala konstrukci určené k certifikaci. Za tímto účelem obsahuje platforma Simcenter rovněž proces

ověřování, včetně metod pro rychlejší srovnávání datových sad v řízeném prostředí. V tom je díky udržování digitálního vlákna správy ověřování zajištěna sledovatelnost.

Důsledné pokrytí široké škály aplikací

Jak již bylo uvedeno v předchozích kapitolách, nebudou technologické nároky budoucího vývoje letadel, například z hlediska měrného výkonu a řízení teploty, zrovna nízké. Chcete-li být úspěšným inovačním partnerem, nemůžete být mistrem všech oborů. Právě naopak, zvláště pokud se zaměříme na eliminaci bariér a na komplexní řešení, je mimořádně důležité zajistit, aby pro každý jednotlivý obor byla k dispozici ta nejmodernější řešení.

Za tímto účelem investovala společnost Siemens do technologických společností, které nabízejí všechny potřebné schopnosti preprocesingu a postprocesingu, stejně jako robustní a výkonné řešiče pro širokou škálu aplikací a všechny je propojila do platformy Simcenter.

Optimální využití simulačních modelů

Příprava přesných simulačních modelů vyžaduje obrovské úsilí. Jakmile jsou modely k dispozici, je nutné využít jejich maximální potenciál. Příliš často se modely používají pouze k upřesnění a validaci konkrétních předvolených konstrukčních možností a nijak zásadně nepřispívají k rozhodovacímu procesu.

Díky nejmodernějším technologiím však mohou technici definovat produkty plně parametrizovaným způsobem a snadno k návrhu přiřadit analýzu výkonu založenou na simulaci, a daný návrh pak může být podroben velmi důkladnému zkoumání. Při přidávání nových možností generativního návrhu, jako například optimalizace topologie nebo metody výběru architektury či integrovaného systému, lze z tohoto procesu získat obrovské přínosy z pohledu koncepčního návrhu, předběžného a přesného určení rozměrů apod.

Platforma Simcenter zahrnuje nástroje pro průzkum návrhu a lze v ní propojovat metodiky simulace s obecnými konstrukčními funkcemi, což pomáhá leteckým inženýrům vytvořit co možná nejefektivnější a vysoce výkonný konstrukční proces.

Tvorba synergií mezi simulací a testováním

Elektrifikace a zavádění inovací softwaru a elektroniky výrazně zvýší počet parametrů, a tedy i komplexnost letadla, které je třeba optimalizovat a později certifikovat. I když bude správa těchto aspektů vyžadovat stále větší objem simulací, poroste současně i pracovní vytížení testovacích oddělení. Může to

znít rozporuplně, zejména pokud používáme terminologii jako „digitální dvojče“ a „digitální vlákno“, ale není to tak. Právě naopak, testování je podstatnou součástí komplexního digitálního dvojčete, a to jak při konstrukci produktu, tak při jeho certifikaci. Pro úspěch komplexního digitálního dvojčete jako prediktivního přístupu je rozhodující těsnější integrace mezi simulací a testováním.



Obrázek 9. Simcenter představuje zcela jedinečné prostředí, protože jako jediná platforma na trhu přímo propojuje fyzikální testy se systémovými simulacemi, počítačem podporovaným 3D inženýrstvím (CAE) a 3D výpočetní dynamikou tekutin (CFD).

Během počátečních vývojových fází závisí hodnota přístupu využívajícího digitální dvojče do značné míry na dosažené realističnosti modelování. Během této doby jsou tedy skutečná naměřená data zásadní pro zajištění co nejvyšší přesnosti modelování. Realistické simulace vyžadují nepřetržité testování komponent, materiálů, hraničních podmínek apod. To jde daleko nad rámec měření přesných dat pro standardní korelační analýzu konstrukce a aktualizaci modelu. Testování umožňuje leteckým inženýrům zkoumat nezmapovaná území konstrukce a získat znalosti o nových materiálech a veškerých dalších parametrech souvisejících s mechatronickými komponentami. To často zahrnuje několik různých fyzik a vyžaduje inovativní metodiky testování.

Na konci vývojového cyklu, zejména během certifikace, je situace jiná, protože testování je v té době obvykle středem veškerého dění. V tu chvíli vzrůstá tlak. Používání prototypů a testovací infrastruktury je nákladné a pozdní odhalení vad může přímo ovlivnit uvedení letadla na trh. A s rostoucí komplexností

letadel, včetně aktualizací po dodání, lze očekávat, že podíl práce v této oblasti vzhledem k mnoha dalším variantám produktů, parametrům, provozním bodům atd. poroste. V této fázi mohou být simulace skvělým doplňkem, který pomůže s klasickými procesy testování.

Virtuální testování zaujímá v procesu certifikace stále významnější místo. Existují však limity, protože pokud jde o vydávání osvědčení letové způsobilosti, budou úřady vždy od integrátorů vyžadovat doklady o správnosti předpokladů modelování použitých při simulacích. Proto se společnost Siemens skutečně domnívá, že je nejlepší prozkoumat přístupy, při kterých fyzické a virtuální testování probíhá současně, a díky

synergiím mezi oběma světy je možné dosáhnout levnějších a lepších procesů ověřování a certifikace. Simulace vám například pomohou definovat nejlepší konfiguraci testů. Často jsou k dispozici obrovské příležitosti ke zjednodušení stolic pro fyzikální testy a doplnění částí testu simulovanými prvky. To může vést k levnějšímu provedení testu nebo ke snížení rizik testování. A to je jen jeden příklad.

V tomto smyslu představuje Simcenter zcela jedinečné prostředí, protože jako jediná platforma na trhu přímo propojuje fyzikální testy se systémovými simulacemi, počítačem podporovaným 3D inženýrstvím (CAE) a 3D výpočetní dynamikou tekutin (CFD).

Závěr

Portfolio řešení Simcenter, které je součástí platformy Xcelerator, nabízí leteckým inženýrům ucelenou sadu škálovatelných nástrojů využívajících vzájemnou spolupráci, díky kterým budou moci při vývoji letadel realizovat výkonové inženýrství založené na modelech, od koncepčního návrhu po certifikaci. To vše na jednotné platformě a se zajištěním potřebné sledovatelnosti.

Od začátku vývojového cyklu odrazuje platforma Simcenter od práce v izolovaných týmech, protože umožňuje uživateli vytvářet kompletní digitální dvojčata nebo VIA celého letadla. Všechny modely jsou škálovatelné a lze je snadno dále rozpracovat, jakmile budou k dispozici další data nebo již dostupná data budou přizpůsobena konkrétním simulačním potřebám. V pozdějších fázích, kdy vývoj dosáhne fáze detailního výkonového inženýrství a validace požadavků, nabízí platforma Simcenter nejmodernější řešení pro konkrétní aplikace v mnoha různých oborech. Pro ověření modelu nebo pro zvýšení realističnosti lze kombinovat s vysoce výkonnými řešeními pro testování. Nakonec mohou být simulační modely Simcenter základem pro virtuální testování a pomáhat s fyzikálním testováním během certifikace letadel i po ní.

Jelikož jsou všechna tato řešení sdružena do jedné platformy, která je současně napojena na konstrukci, lze Simcenter použít i k tvorbě digitálního vlákna, které zahrnuje celý vývojový cyklus. Usnadňuje tak podrobnější průzkum konstrukce a poskytuje aplikace, jako je optimalizace topologie, generativní metody pro architekturu a výběr integrovaného systému. Platforma Simcenter jako taková může přeměnit klasický vývojový proces zaměřený na ověřování na komplexní přístup vycházející z predikcí a využívající digitální dvojčata. Díky řešení Simcenter mohou technici v maximálním rozsahu využívat simulace.

Reference

1. Globální tržní prognóza – Města, letiště a letadla 2019-2038, Airbus, 2019.
2. Komerční tržní výhled 2019-2038, Boeing, 2019.
3. <https://www.c2es.org/content/international-emissions/>
4. <https://www.atag.org/facts-figures/>
5. Plán pro letecké technologie do roku 2050, IATA, 2020
6. „Elektrická a hybridní elektrická letadla: Pragmatický pohled.“ Konference CEC/ICMC 2019, plenární jednání, 23. 7. 2019 – Connecticut Convention Center, Dr. Mykhaylo Filipenko
7. <https://news.aviation-safety.net/2019/01/01/>

Siemens Digital Industries Software

Sídlo

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 972 987 3000

Amerika

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 314 264 8499

Evropa

Stephenson House
Sir William Siemens Square
Frimley, Camberley
Surrey, GU16 8QD
+44 (0) 1276 413200

Asie a Tichomoří

Unit 901-902, 9/F
Tower B, Manulife Financial Centre
223-231 Wai Yip Street, Kwun Tong
Kowloon, Hong Kong
+852 2230 3333

O společnosti Siemens Digital Industries Software

Společnost Siemens Digital Industries Software podporuje digitalizační transformaci podniků, ve které se vývoj a výroba spolu s návrhem elektroniky setkává s budoucností. Portfolio Xcelerator pomáhá společnostem všech velikostí vytvářet a využívat digitální dvojčata, která poskytují nové poznatky, příležitosti a úroveň automatizace k podpoře inovací. Další informace o produktech a službách společnosti Siemens Digital Industries Software naleznete na stránce [siemens.com/software](https://www.siemens.com/software) nebo na sítích [LinkedIn](#), [Twitter](#), [Facebook](#) a [Instagram](#). Siemens Digital Industries Software – Kde se dnešek setkává se zítřkem.

[siemens.com/software](https://www.siemens.com/software)

© 2020 Siemens. Seznam ochranných známek společnosti Siemens je k dispozici [zde](#). Ostatní ochranné známky náležejí jejich příslušným vlastníkům.

82126-83372-C5-CS 1/21 LOC