



ČESKÝ OBRANNÝ STANDARD

| | |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 168001 2. vydání | OCHRANA LETADLA, POSÁDKY A LETECKÝCH SYSTÉMŮ PROTI ELEKTROSTATICKÝM NÁBOJŮM ZA LETU |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|

| | |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ZAVÁDÍ | STANAG 3856 (AEP-29), Ed. 1 PROTECTION OF AIRCRAFT, CREW AND SUB-SYSTEMS IN FLIGHT AGAINST ELECTROSTATIC CHARGES – AEP-29 Ochrana letadla, posádky a leteckých systémů proti elektrostatickým nábojům za letu – AEP-29 |
| NAHRAZUJE | ČOS 168001, 1. vydání, Oprava 1 |

(VOLNÁ STRANA)

ČESKÝ OBRANNÝ STANDARD

OCHRANA LETADLA, POSÁDKY A LETECKÝCH SYSTÉMŮ PROTI ELEKTROSTATICKÝM NÁBOJŮM ZA LETU

Základem pro tvorbu tohoto standardu byly originály následujících dokumentů:

STANAG 3856
(AEP-29), Ed. 1

PROTECTION OF AIRCRAFT, CREW AND SUB-
SYSTEMS IN FLIGHT AGAINST ELECTROSTATIC
CHARGES – AEP-29

Ochrana letadla, posádky a leteckých systémů proti
elektrostatickým nábojům za letu – AEP-29

© Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti

Praha 2022

OBSAH

| | Strana |
|-------------------------------------|--------|
| 1 PŘEDMĚT STANDARDU | 5 |
| 2 NAHRAZENÍ STANDARDŮ (NOREM) | 5 |
| 3 SOUVISEJÍCÍ DOKUMENTY..... | 5 |
| 4 ZPRACOVATEL ČOS..... | 5 |
| 5 POUŽITÉ ZKRATKY | 5 |
| 6 VŠEOBECNÁ USTANOVENÍ | 6 |

PŘÍLOHY

| | |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| A POPIS JEVU ELEKTROSTATICKÉHO NABÍJENÍ..... | 10 |
| B ANTISTATICKÁ OCHRANA POSÁDKY A SYSTÉMŮ LETADLA ZA LETU | 14 |
| C HODNOCENÍ ANTISTATICKÉ OCHRANY POSÁDKY A SYSTÉMŮ LETADLA ZA LETU | 20 |

1 Předmět standardu

ČOS 168001, 2. vydání, zavádí STANAG 3856 (AEP-29), Ed. 1, do prostředí ČR.

ČOS definuje požadavky a zásady, které je třeba respektovat při konstruování a údržbě letadel z hlediska ochrany posádek a systémů letadel za letu proti účinkům hromadění elektrostatického náboje.

2 Nahrazení standardů (norem)

Standard nahrazuje ČOS 168001, 1. vydání, Oprava 1.

3 Související dokumenty

V tomto ČOS jsou normativní odkazy na následující citované dokumenty (celé nebo jejich části), které jsou nezbytné pro jeho použití. U odkazů na datované citované dokumenty platí tento dokument bez ohledu na to, zda existují novější vydání/edice tohoto dokumentu. U odkazů na nedatované dokumenty se používá pouze nejnovější vydání/edice dokumentu (včetně všech změn).

ČOS 173005 – POŽADAVKY NA UKOSTŘENÍ KOVOVÝCH SOUČÁSTÍ
(STANAG 3659) LETADEL

4 Zpracovatel ČOS

Vojenský technický ústav, s. p., odštěpný závod VTÚLaPVO, Ing. Antonín Vitovský.

5 Použité zkratky

| Zkratka | Význam zkratky v angličtině | Význam zkratky v češtině |
|---------|------------------------------|------------------------------------------------------------|
| IFF | Identification Friend or Foe | Identifikace vlastní-cizí |
| ILS | Instrument Landing System | System přesných přibližovacích majáků |
| KV | | Krátké vlnové délky |
| LORAN | Long Range Navigation | Dvourozměrná impulzní hyperbolická radionavigační soustava |
| OMEGA | OMEGA navigation system | Celosvětová navigační soustava OMEGA |
| TACAN | Tactical Air Navigation | Taktický letecký navigační systém |
| UKV | | Ultra krátké vlnové délky |
| VKV | | Velmi krátké vlnové délky |
| VOR | VHF Omnidirectional Range | Všesměrový VKV (rádiový) maják |

6 Všeobecná ustanovení

6.1 Účel

6.1.1 Účelem tohoto dokumentu je zajistit pravidla pro konstruování a zásady ochrany posádek a systémů letadel za letu proti účinkům nahromadění elektrostatických nábojů tím, že se:

- s elektrostatickými náboji bude počítat jako s možným nebezpečím pro posádku letadla a jeho systémy za letu,
- letadlo konstruuje tak, aby posádka letadla a jeho systémy byly chráněny proti účinkům nahromadění elektrostatických nábojů,
- provedou nezbytná opatření k ověřování a udržování účinnosti ochrany.

6.2 Nahromadění elektrostatických nábojů

6.2.1 Jev elektrostatického nabíjení je popsán v informativní příloze A.

6.2.2 Celkový nabíjecí proud, který se musí vzít v úvahu při návrhu ochrany, je dán následujícím matematickým výrazem:

$$I_T = I_C \cdot S_A \cdot \frac{V}{600}$$

kde I_T = celkový nabíjecí proud [μ A]

I_C = hustota nabíjecího proudu (300μ A/ m^2)

S_A = čelní plocha letadla [m^2]

V = rychlost letadla (v uzlech; 1 uzel = 1,852 km/h = 0,514 m/s)

6.3 Antistatická ochrana

6.3.1 Antistatická ochrana letadla za letu spočívá v:

- elektrické průchodnosti mezi základními částmi draku,
- úpravě izolačních povrchů (použití povrchové metalizace jako vodivé pokovení nebo vodivá barva),
- použití vybíječů statické elektřiny.

6.3.2 Podrobněji jsou tyto tři body rozvedeny v informativní příloze B.

6.3.3 Maximální hodnota povrchového odporu, se kterou se musí počítat při úpravě izolačních povrchů, se pohybuje ve stovkách $M\Omega$ na jednotku plochy.

6.3.4 Jestliže je nutné použít vybíječů statické elektřiny, je jejich minimální počet stanoven matematickým výrazem:

$$N = \frac{I_T}{I_D}$$

kde I_T = celkový nabíjecí proud

I_D = nominální proud vybíječe

6.3.5 Aby se zaručila vyhovující činnost rádiových zařízení, dává se přednost použití vybíječů statické elektřiny, které dovolují přerušování elektromagnetické vazby nábojů.

6.4 Ověření platnosti

6.4.1 Postup při kvalifikačním posuzování letadla musí obsahovat ověření umožňující zhodnocení správnosti antistatické ochrany.

6.4.2 Informativní příloha C popisuje některé postupy ověřování, které lze použít v rámci kontroly správnosti.

6.4.3 Minimálně je třeba ověřit:

- elektrická průchodnost draku,
- odpor povrchového pokovení izolačních povrchů,
- elektrické ukostření pokovených povrchů na konstrukci draku,
- umístění a instalace vybíječů statické elektřiny,
- stejnosměrný odpor vybíječe statické elektřiny,
- elektrické ukostření kostry vybíječe statické elektřiny ke konstrukci draku,
- vysokofrekvenční rušení generované vybíječem statické elektřiny.

6.5 Údržba

6.5.1 Existuje nebezpečí, že základní části antistatické ochrany budou postupně degradovat.

6.5.2 Dokumentace pro údržbu musí obsahovat nezbytné instrukce, jejichž dodržování zaručuje správné parametry antistatické ochrany po celou dobu životnosti letadla.

(VOLNÁ STRANA)

PŘÍLOHY

Popis jevu elektrostatického nabíjení

1 Hromadění elektrostatických nábojů

Každé letadlo za letu je předmětem jevu nazvaného elektrizace (buzení elektřiny). Rozeznávají se tři druhy nabíjení:

- nabíjení způsobené elektřinou vzniklou třením a shromažďováním nábojů,
- nabíjení způsobené spaliny pohonného systému,
- náboje indukované vnějšími elektrickými poli.

1.1 Elektřina vzniklá třením a shromažďováním nábojů

Triboelektrický účinek je elektrické nabíjení letadla za letu způsobené dopadem (nárázem) částic, jako jsou vodní kapky, déšť, sníh, ledové krystalky a částice písku a prachu. Jev hromadění nábojů se objeví tehdy, když letadlo prolétne oblastí takových částic. Při kontaktu s potahem trupu zanechají tyto částice na povrchu elektrický náboj.

V závislosti na druhu, rozměru, hustotě a relativní rychlosti částic, dopadajících na potah, vzniká větší nebo menší nabíjecí proud. Proudové hustoty, které jsou stanoveny pro různé druhy atmosférických srážek, jsou následující:

- | | | |
|---------------------------|---|-------------------------------------|
| – cirrus (beránkový mrak) | = | 50 až 100 $\mu\text{A}/\text{m}^2$ |
| – strato-cumulus | = | 100 až 200 $\mu\text{A}/\text{m}^2$ |
| – sníh | = | 300 $\mu\text{A}/\text{m}^2$ |

Jen zřídka je zjištěna hodnota 400 $\mu\text{A}/\text{m}^2$.

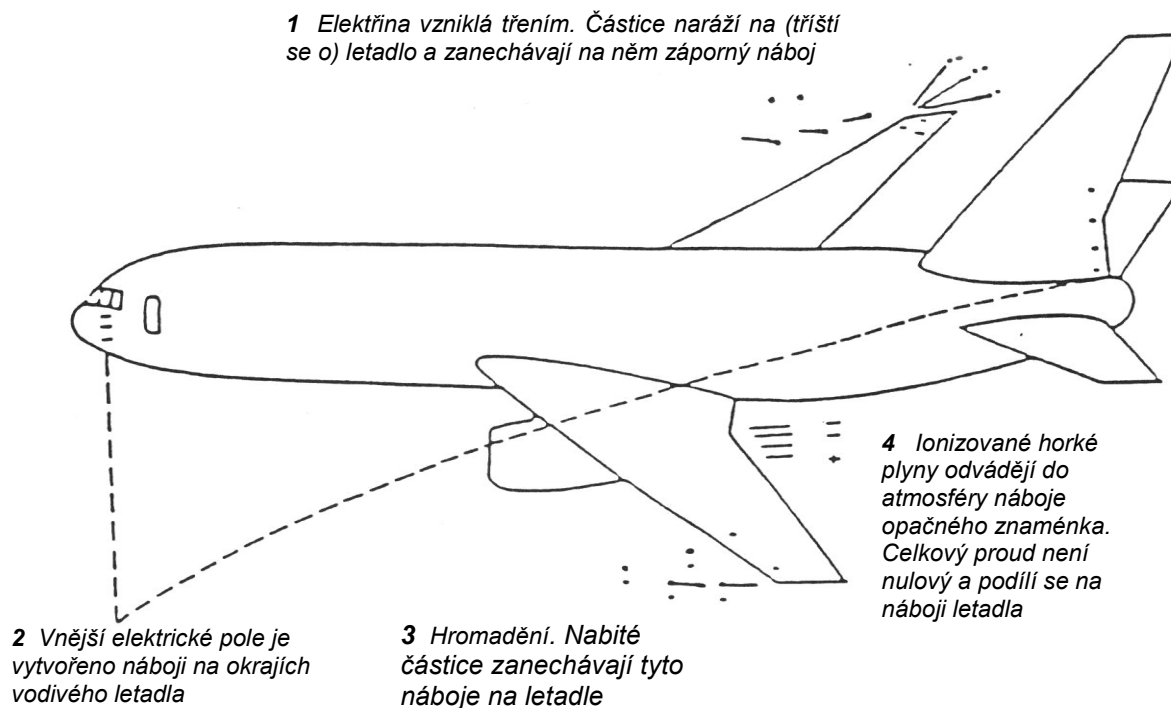
1.2 Spaliny pohonného systému

Některé pohonné jednotky vypouštějí do atmosféry ionizované zplodiny hoření, které působí na nabíjení letadla. V závislosti na druhu a provozních charakteristikách motoru se dosahuje absolutních hodnot proudu od 0 do 400 μA . V tomto případě nabíjení závisí na povětrnostních podmínkách.

Tento jev, zanedbatelný u letadel poháněných vrtulí, je velmi důležitý u letadel, která mají motory s přídatným spalováním. V některých případech to může pomáhat vybíjení letadla (emise záporných nábojů).

1.3 Okolní elektrické pole

Jestliže letadlo prolétá bouřkovou oblastí, je vystaveno intenzivnímu elektrickému poli, které bude možná příznivě působit na vybíjení a pozměnění náboje letadla. U letadel, která jsou určena pro použití za všech povětrnostních podmínek, může být tento jev poměrně častý a je obtížné jej řídit.



OBRÁZEK A.1 – Jev nabíjení letadla

2 Proces vybíjení

Nahromadění elektrických nábojů způsobuje zvýšení elektrického potenciálu letadla. Po dosažení určité meze nabití nastane jev vybíjení, který inklinuje k dosažení elektrické rovnováhy. Existují:

- výboje do atmosféry (korónový výboj),
- výboje na letadle:
- mezi izolovanými vodivými povrchy,
- na izolačních površích,
- výboje do země.

2.1 Výboje do atmosféry

U kulového vodivého tělesa je elektrické pole rovnoměrně rozloženo po celém povrchu. Na letadle se složitější geometrií závisí amplituda pole v každém místě na jeho zaoblení a tato amplituda je zvláště velká na okrajích (křídla, ocasní plochy). Jestliže místo (bod) dosáhne mezní hodnoty pro výboj do vzduchu, nastane korónový výboj (KORONA), který inklinuje k vyrovnání účinku náboje. Jestliže vzrůst potenciálu pokračuje, objeví se další místa výboje. Tento proces se obrátí, jakmile se náboj sníží.

Tento jev komplikuje skutečnost, že v bouřkových mracích nebo v podmínkách blízkých bouře není elektrické pole homogenní.

Příloha A
(informativní)

2.2 Výboje mezi izolovanými vodivými plochami

Dva sousední, vzájemně odizolované vodivé povrchy mohou dosáhnout velmi rozdílného elektrického potenciálu. Jestliže napětí (rozdíl potenciálů) překročí mez průraznosti, dochází k výboji mezi oběma povrchy formou jiskření.

2.3 Výboje na izolačních površích

Vzniklé náboje na izolačních površích se nemohou pohybovat. Růst nábojů vyvolá místní zvýšení elektrického pole. Jestliže dosáhne mez pro vybíjení, vzniknou trsové výboje směřující nejbližší cestou k vodivým povrchům. Na čelním skle lze tento jev pozorovat jako kartáčové výboje (oheň sv. Eliáše).

2.4 Výboj do země

V některých případech, při velmi vysokém potenciálu v důsledku nahromadění elektrického náboje, se může vyskytovat výboj mezi zemí a letadlem. K tomu dochází především u vrtulníků v provozním režimu zvedání, kdy může nastat výboj mezi podvěsem a zemí.

2.5 Výboje do země po přistání

Kontakt pneumatik se zemí při přistání obecně postačuje k tomu, aby nastal výboj zbytkového náboje letadla.

Nedostatečně chráněné nevodivé povrchy mohou zůstat nabitě a tím vytváří možné nebezpečí vzniku elektrické jiskry, která je nebezpečná pro obsluhu nebo materiál na zemi.

3 Nepříznivé účinky na letadlo za letu

3.1 Výboje do atmosféry

Elektrostatické výboje provázejí elektromagnetické jevy, které ruší činnost některých elektronických, spojovacích, navigačních a detekčních zařízení. Vysílané spektrum pokrývá široký rozsah kmitočtů a týká se hlavně zařízení, která pracují v rozsazích 10 kHz až 200 MHz a dokonce až 400 MHz. Taková zařízení, která spadají do této oblasti, ale i další, se týkají:

- spojovacích zařízení, pracujících na KV, VKV a někdy UKV vlnách,
- navigačních přijímačů systémů OMEGA, LORAN, VOR, ILS, KV a VKV/UKV rádiového kompasu.

Parazitní signál je přímo zachycen anténou (korónové výboje na samotné anténě) nebo je přijímán nepřímo vazbou přes rušivé zdroje na anténě.

To způsobuje:

- omezení nebo snížení citlivosti detekčního zařízení,
- rušení spojení s místem, ve kterém je spojení neslyšitelné,
- značné omezení dosahu nebo zobrazení chybných navigačních informací.

Tyto poruchy, které se často objevují při zhoršených podmínkách viditelnosti, způsobují vážné problémy při provádění letů. Je nutné připomenout, že čím je letadlo menší, tím je větší nebezpečí, že vazba zdroje výboje na anténu bude závažnější.

Elektrostatický jev může mít také jiné nepříznivé účinky, jako:

- poruchu elektronických zařízení přímým výbojem,

- přenos poruchy přes napájecí síť způsobené výbojem na okně s vyhřívacím obvodem,
- nebezpečí výbuchu přídavných nádrží,
- úraz posádky elektrický proudem.

3.2 Výboje do země

Toto nebezpečí se vztahuje na vrtulníky. Výboj elektrické energie nahromaděné vrtulníkem může být nebezpečný pro pozemní obsluhu, která obsluhuje podvěsy dřívě, než tyto dosáhnou potenciál zemního (nulového) potenciálu nebo může být nebezpečný pro samotný podvěs.

Následující tabulka uvádí výčet nebezpečí pro člověka v závislosti na vybité energii.

TABULKA A.1 – Pravděpodobné účinky na člověka

| Autor | Energie [mJ] | Účinek |
|------------------|--------------|------------------------------------------------------------------|
| Schneider (1974) | 1 | Práh vnímání |
| Douglas (1974) | 28 | Slabý zásah |
| Schneider | 40 | Lehký zásah bez následku |
| Douglas | 50 | Zásah v prstech |
| Schneider | 100 | Silný zásah bez následku |
| Douglas | 112 | Bolestivý zásah |
| Douglas | 152 | Zásah citelný v zápěstí |
| Douglas | 200 | Zásah citelný v zápěstích a kloubech |
| Douglas | 250 | Těžký zásah bez poškození |
| Schneider | 500 | Těžký zásah, který způsobuje bolesti svalů |
| Rogers (1967) | 500 | Práh ovládnutí pohybu |
| Schneider | 800 | Velmi těžký zásah způsobující ztrátu vědomí bez trvalé poruchy |
| Schneider | 1000 | Maximální zásah, spojený s úplným bezvědomím, může způsobit smrt |

Antistatická ochrana posádky a systémů letadla za letu

1 Všeobecná ustanovení

Antistatická úprava letadel je zaměřena na omezení nežádoucích účinků výbojů. K tomu se musí splnit tři podmínky:

1.1 Zajistit volný pohyb nábojů vzájemným propojením všech vodivých prvků a tím vytvořit konstrukci draku o stejném potenciálu.

1.2 Preventivně zabránit lokálnímu nahromadění elektrických nábojů použitím příslušné vodivé úpravy celého vnějšího izolačního povrchu. Tato úprava musí zajistit elektrické propojení se sousední kovovou konstrukcí.

1.3 Zajistit řízený tok nábojů použitím případných vybíječů.

Návrh antistatické ochrany musí zvažovat všechny prvky tvořící vnější geometrii letadla. Konstrukce a zařízení spolu s pohyblivými prvky se musí zahrnout do všech možných konfigurací. Úprava je vypracována pro danou verzi letadla. Každá další modifikace konstrukce (anténa atd.) může mít vliv na účinnost úpravy a musí se zvažovat.

2 Elektrická průchodnost

Účinnost úpravy závisí především na vytvoření stejného potenciálu na konstrukci draku, to znamená udržení všech vodivých prvků vnější obálky letadla na stejném potenciálu. Úprava v sobě zahrnuje kovový potah, vodivý potah, vodivou barvu a vodivou úpravu izolačních povrchů a zařízení.

Účinnost elektrické průchodnosti bude záviset na povolených úrovních pokovení nebo vodivé úpravě povrchu.

Při vodivé úpravě izolačních prvků musí být hodnota dosaženého pokovení, která je funkcí odporu provedené úpravy a polohy měřeného bodu, rozhodnuta u každého jednotlivého případu.

Pozornost je potřebné věnovat účinnému a funkčnímu pokovení, které zabezpečí vyhovující počet konkrétních kostřících bodů a vhodnou ochranu proti korozi.

3 Povrchová úprava

Cílem elektrostatické úpravy povrchu letadla je zajistit celopovrchovou vodivost vnějšího pláště letadla. Tím se myslí:

- hlavní potah,
- vnější izolační povrchy,
- vnější zařízení.

3.1 Hlavní potah

Hlavní potah je obvykle vyroben z vodivých materiálů (slitin hliníku nebo uhlíkových kompozitů) a je zkonstruován tak, aby se dosáhlo dobré elektrické průchodnosti a tím i uspokojivého řešení. Nicméně vnější vrstva potahu může skýtat víceméně izolační vlastnosti díky přítomnosti nevodivých látek, např. produktů anodické oxidace a barvy na kov nebo pryskyřice a barvy v případě kompozitů.

Izolace závisí na dielektrických vlastnostech a na tloušťce použitého materiálu. Určitý stupeň izolace může být přijatelný, je však žádoucí zhodnotit každé z navržených řešení příslušnými elektrostatickými zkouškami.

Ozdobné prvky, identifikační značky nebo ochrany (rozpoznávací znaky, písmena, pruhy atd.), použité na povrchu letadla, mohou způsobovat místní výboje:

- vodivé materiály, izolované od konstrukce nátěrovou barvou, vytvářejí kondenzátor, který se bude vybíjet přerušením izolační vrstvy,
- izolátory zvětšují dielektrickou izolaci barvy a mohou být místem trsovitého výboje.

Pokud tyto prvky nemohou být vyloučeny a jestliže vytvářejí nebezpečí kompromisního návrhu antistatické ochrany, musí se prozkoumat vhodné řešení (bodové pokovení, povrchová úprava atd.).

3.2 Vnější izolační povrchy

Ochrana izolačních materiálů je založena na vodivé úpravě povrchu. Možné postupy jsou:

- nanesení oxidů nebo solí kovu (u skla),
- sprejování hliníku,
- použití vodivých barev (s nízkým odporem),
- použití antistatických barev (vysokého odporu).

Všechny vodivé úpravy izolačních povrchů musí být elektricky připojeny k sousední kovové konstrukci. Elektrické propojení musí na propojeních udržovat ekvipotenciální úroveň.

Volba řešení musí brát v úvahu provozní potřeby prvku, kterého se to týká a je pak výsledkem kompromisu.

V případě, že vodivou úpravu na daný povrch nelze použít, buď proto, že neexistuje odpovídající řešení, nebo kvůli zvláštním omezením, musí být ochrany citlivých zařízení dosaženo nepřímo, tj. zrušením vazby mezi citlivými prvky a možným zdrojem poruch.

3.2.1 Opticky průhledné povrchy

V závislosti na jejich umístění na letadle mohou být opticky průhledné povrchy předmětem triboelektrického jevu (statické elektřiny vzniklé třením) ve větším nebo menším rozsahu. Čelní sklo nebo povrchy kabiny jsou zvláště vystavené vnějšímu vlivu, zatímco okna cestujících jsou poměrně dobře kryta.

Čelní skla jsou někdy předmětem luminiscenčních výbojů, které ruší (obtěžují posádku). Jsou-li skla vybavena topnou mřížkou, pak elektrické výboje na čelním skle mohou způsobit vysoké přechodné přepětí v napájecí síti, což může mít vážné důsledky pro zařízení připojená k síti. Tyto výboje mohou vyvolat mechanická namáhání a praskání čelního skla. Vodivostní úprava tyto problémy vyřeší.

Taková úprava se obvykle skládá z galvanizace povrchu průhledného materiálu jemným filmem zlata, oxidem kovu nebo oxidem soli. Po úpravě musí sklo vyhovovat požadavkům optické průhlednosti a musí mít odpovídající mechanickou pevnost, aby odolávalo erozi a opotřebení (způsobené stěrači).

Příloha B
(informativní)

Doporučuje se, aby se vodivá úprava použila na všech průhledných površích, které jsou vystaveny nárazům vzduchu, dokonce i u malých antikolizních světel.

V případech, kdy se vodivý potah nepoužije, doporučuje se zvážit úroveň přepětí, které je vyvoláno na obvodech (např. odmrazování atd.) a volit ochranu.

3.2.2 Elektromagneticky průhledné povrchy

Obvykle bude úprava povrchu, založená na antistatických barvách, vyhovovat požadavkům na elektromagnetické záření, jestliže se hodnota povrchového odporu nachází v mezích 10 MΩ až 100 MΩ/m², což je případ krytů antén následujících zařízení:

- spojovacích (VKV, UKV, IFF),
- navigačních (na velmi nízkých kmitočtech, rádiový kompas, VOR, ILS, TACAN).

Nicméně se doporučuje, aby každá daná konfigurace byla odzkoušena s cílem zjistit, zda použitá úprava umožňuje vyhovující činnost.

Pro centimetrové vlny a zvláště pak pro vysokovýkonné radiolokátory je výše uvedená úprava zakázána vzhledem k výkonu systému. Zde je v případě nutnosti vhodné k zajištění ochrany jiných zařízení (citlivých na výboje, které mohou na krytu vzniknout), použít jiné metody (např. rozpojení).

3.2.3 Ostatní povrchy

Ostatními povrchy se myslí povrchy, které nemají speciální optické nebo elektromagnetické vlastnosti. Všeobecně lze říci, že obsahují sklolaminátové kompozity, např. vstupní otvory, okrajové oblouky křídel, přechody mezi trupem a křídlem atd. Povrchový odpor použité úpravy je omezen pouze maximální hodnotou ($R \leq 100 \text{ M}\Omega/\text{m}^2$), aby se zajistil správný tok nábojů.

3.3 Vnější zařízení

Doporučuje se uplatnit pravidla antistatické ochrany na všech zařízeních připevněných k vnějšímu povrchu letadla.

3.3.1 Antény

Antény, pracující na vysoké frekvenci, se musí odzkoušet, protože mohou být zdrojem elektrostatických výbojů. Dobré propojení těchto antén s odpovídajícími palubními zařízeními zvyšuje nebezpečí statických výbojů.

3.3.2 Antény s izolačními kryty

Vzhledem k tomu, že se na povrchu antén mohou vyskytovat velké výboje, doporučuje se jejich antistatická úprava.

3.3.3 Prutové antény

Tyto antény mají „bodový účinek“, který prospívá korónovým výbojům. Použití tohoto typu antén je problematické.

3.3.4 Polohová a antikolizní světla

Tato světla mají kryty ze skla nebo plastu a doporučuje se, aby byla pokovena. V případě, že se použije sklo, je řešení podobné jako u čelního skla.

3.3.5 Ostatní zařízení

Doporučuje se prověřit všechna ostatní instalovaná zařízení a tím stanovit všechny možné vlivy na běžnou úpravu letadla (korónové výboje atd.) a v případě nutnosti definovat příslušnou úpravu.

Doporučuje se, aby se všechny vnější podvěsy (ne stálé zátěže) odzkoušely (pokud to připadá v úvahu) na:

- účinky na základní úpravu letadla,
- možnost korónového výboje nebo povrchových výbojů.

Antistatická ochrana těchto podvěsů může být účinná, jestliže se použije stejné techniky ochrany jako u letadel.

4. Vybíječe statické elektřiny

Jestliže je letadlo provedeno jako ekvipotenciální konstrukce, je možné řídit elektrostatické výboje do atmosféry, např. použitím sítě správně rozmístěných statických vybíječů. K návrhu takové sítě je potřebné:

- zhodnotit celkový proud náboje,
- určit celkový počet vybíječů elektrostatické elektřiny, které mají být nainstalovány,
- určit rozmístění vybíječů na letadle.

Tyto rozdílné úlohy se mohou řešit empiricky nebo vyjít z výsledků laboratorních testů nebo vyjít ze zkušenosti. V současné době je jako nejmodernější dovolena aplikace empirické metody popsané v této příloze níže.

4.1 Stanovení celkového proudu

Celkový proud se určí použitím empirického matematického výrazu:

$$I_G = I_C \cdot S_A \cdot \frac{V}{600}$$

kde I_G = celkový proud [μA]

I_C = proudová hustota náboje [$\mu\text{A}/\text{m}^2$]

S_A = čelní plocha letadla [m^2]

V = rychlost letadla [uzly]

I_C je nejpravděpodobnější maximální hodnota a může se uvažovat $300 \mu\text{A}/\text{m}^2$ jestliže se berou v úvahu hodnoty uvedené v příloze A.

Tento výraz vyhovuje docela dobře pro lehká letadla a pro letadla střední hmotnosti. Pro těžká letadla je hodnota proudu mírně vyšší.

V posledním případě existuje poměrně velký účinek aerodynamického zešikmení proudu vzduchu na průtok dopadajících částic a tím se snižuje počet částic, které naráží na čelní povrch letadla.

Příloha B
(informativní)

4.2 Určení celkového počtu vybíječů

Celkový počet instalovaných vybíječů je dán výrazem:

$$N_D = \frac{I_T}{I_D}$$

kde N = celkový počet vybíječů
 I_T = celkový vybíjecí proud
 I_D = minimální proud vybíječe

Pro I_D se používá hodnota 50 μ A.

4.3 Výběr typu vybíječe a jeho charakteristiky

Existují dva hlavní typy vybíječů:

- vybíječe na odtokové hraně (křídla, kormidel atd.),
- vybíječe na vnějším okraji.

Tyto vybíječe jsou konstrukčně řešeny jako snímatelné prvky, které jsou obvykle přichyceny na zvláštní držáky.

Účinnost uvedených typů vybíječů závisí na následujících charakteristikách:

- vhodná (přiměřená) proudová/napěťová vybíjecí křivka,
- vf rušení při vybíjení,
- velikost plynulého vybíjecího proudu,
- přerušování elektromagnetické vazby při výboji,
- stejnosměrný odpor:
 - u instalace na odtokové hraně od 6 M Ω do 200 M Ω ,
 - u instalace na vnějším okraji od 6 M Ω do 120 M Ω .

Účinnost se může změnit použitím metod definovaných v příloze C. Vybíječe musí být rovněž způsobilé pro práci v definovaném provozním prostředí.

4.4 Rozmístění vybíječů

Doporučuje se, aby se použily následující technické zásady:

Vybíječe se musí umístit na vnější okraje a na takové odtokové hraně povrchů, která vykazuje maximální sršení z hrotu, jako jsou např. křídlo, svislé a vodorovné ocasní plochy.

Při rozmístění se musí vzít v úvahu vzdálenost uvažovaného prvku vzhledem ke středu letadla. Například v případě klasického tvaru letadla se použije rozmístění, které je ve většině případů shodné s tím, že se zvažuje umístění na 5 vnějších okrajích. Tento počet se zvětší o vybíječe určené pro střed křídel, které jsou relativně ve větší vzdálenosti.

Mohou však existovat další prvky, jejichž vyčnívající poloha vyžaduje připevnění vybíječů. Tímto způsobem se lze vyhnout vzniku neřízených výbojů, např. aerodynamické přechody ovládnutí přistávacích klapek pod křídlem, Pitotova hubice atd.

Pečlivé prověření geometrie umožní stanovit a chránit kritické body.

Korónový výboj se může rovněž objevit předčasně v zónách aerodynamického podtlaku. To je případ vnějšího okraje křídel a ocasních ploch, které jsou chráněny tzv. okrajovými vybíječi.

4.5 Instalační pravidla

Doporučuje se dodržet následující technické zásady:

Vybíječe na odtokové hraně:

- musí být připevněny co nejbližší k odtokové hraně,
- největší vybíječ se musí umístit na okraj určené plochy,
- odstup mezi dvěma následujícími vybíječi nesmí být menší než 300 mm,
- podélná osa každého vybíječe musí být souhlasná se směrem aerodynamického proudění,
- na pohyblivé ploše, např. výškovce, mohou být vybíječe pro vyvážení účinků připevněny střídavě na jedné a na druhé straně,
- elektrické propojení držáku vybíječe statické elektřiny s konstrukcí musí zajistit správný odpor ukostření (1Ω nebo menší) a účinnou ochranu proti korozi.

Vybíječe na vnějších okrajích:

- musí se umístit v místech nejvyššího aerodynamického podtlaku při respektování shora uvedených pravidel v posledních dvou bodech tohoto odstavce.

4.6 Zvláštní případ

Vybíječe umístěné na izolačních konstrukcích (okrajových obloucích křídel) musí být připojeny k vodivé vrstvě nebo k nejbližší kostře, např. použitím kostřících pásků.

4.7 Vrtulníky

Principy ochrany, které jsou popsány v předcházejících odstavcích, platí i pro vrtulníky. Pozornost je však třeba věnovat zvláštní aerodynamice rotujících křídel a možnosti snížení účinnosti statických vybíječů v podmínkách visení.

To může být nebezpečné při visení, protože zbytkový potenciál dopravního prostředku může být dostatečný k vyvolání výboje. Ochrany lze dosáhnout zařízením, které zajišťuje, že vrtulník je uzemněn:

- připojeným zemnicím lanem,
- bezpečnostní vodivou tyčí postavenou na zemi.

Příloha C
(informativní)

Hodnocení antistatické ochrany posádky a systémů letadla za letu

1 Plán hodnocení letadla z hlediska ochrany proti elektrostatickým nábojům

Pokud koncepce letadla počítá se sestavením plánu hodnocení ochrany proti elektrostatickému náboji, doporučuje se, aby konstruktér ve své práci vycházel z plánu popisujícího hlavní kroky, které je třeba dodržovat ve vývojových fázích:

- konstrukčního návrhu letadla,
- výroby prototypu.

1.1 Fáze konstrukčního návrhu

Etapa 1: Ověřit shodu se standardy, které se týkají pokovení, včetně těch, které jsou určeny pro zařízení a vnější podvěsy.

Etapa 2: Upravit celý vnější povrch a tím zajistit přiměřenou povrchovou vodivost nebo odpor, s důrazem na:

- vf prostupné materiály: dielektrické kryty, antény atd.,
- optické prostupnosti: čelní sklo, kulatá okénka,
- ostatní materiál.

Etapa 3: Zajistit elektrické propojení mezi vodivou úpravou povrchu a sousední kovovou konstrukcí draku.

Etapa 4: Zkontrolovat, zda konečné lakování, charakteristické znaky atd., nezhoršují uvedené vlastnosti.

Etapa 5: Pomocí příslušných dostupných konstrukčních příruček a specifikací určit požadovaný počet vybíječů elektrostatické elektřiny a jejich instalační místa.

1.2 Fáze výroby prototypu

Etapa 6: Zkouška elektrické vodivosti nebo odporu celého vnějšího povrchu.

Etapa 7: Zvyšovat potenciál letadla a ověřit body výboje.

Etapa 8: Ověřit provoz vf zařízení při bombardování povrchů iontovým dělem nebo jiným systémem, který umožní vytvořit proud nábojů na povrchu.

Etapa 9: Zajistit ochranu zón maximálních vazeb proti možným výbojům.

Etapa 10: Modifikovat stanovená pravidla podle získaných dat.

Etapa 11: Zkontrolovat elektrické ukostření vybíječů elektrostatické elektřiny a povrchové úpravy na konstrukci draku.

2 Ověřovací zkoušky

2.1 Všeobecná pravidla

Provádění zkoušek způsobilosti ověřujících ochranu proti elektrostatické elektřině závisí ve většině případů na dostupnosti generátorů plynule nastavitelného vysokého a velmi vysokého napětí. Uživatelé musí věnovat pozornost možnému riziku při používání takových generátorů a nezbytným bezpečnostním opatřením, která se musí přijmout, aby byly osoby provádějící zkoušky chráněny (nákres bezpečnostních zón, postupy uzemňování, automatické jističe, nácvik a instrukce osobám atd.). Různé sondy a snímací zařízení, přenosové sítě, systémy sběru a měření dat, které jsou potřebné pro různé

zkoušky, musí být rovněž odpovídajícím způsobem chráněny, aby odolávaly drsnému elektromagnetickému prostředí, spojeného se zkouškami.

2.2 Upozornění

Cílem zkoušek popsaných dále je ověření způsobilosti ochrany letadla proti statické elektřině. Z tohoto důvodu se provádí s celým letadlem.

2.3 Zkouška injektáží elektrostatického náboje

2.3.1 Účel

Účelem této zkoušky je určit úroveň poruch způsobených vznikem nábojů místně na letadle a/nebo zkontrolovat účinnost ochrany.

2.3.2 Oblast použití

Tato zkouška je použitelná na celý povrch letadla náchylný k nabití elektrostatickými náboji za letu. Zkouška je použitelná zvláště na dielektrických površích, ať pokovených či nikoli.

2.3.3 Zkušební vzorek

Zkušební vzorek se skládá z vyrobených letadel nebo modelu, který po stránce elektrické reprezentuje vnější povrch/obálku a obsahuje elektrická a elektronická zařízení a obvody letadla (počet a typ obvodů a zařízení může být omezen na ty obvody a ta zařízení, které jsou nejcitlivější/nejzranitelnější).

2.3.4 Zkušební zařízení

Zkušební zařízení obsahuje:

- generátor elektrických nábojů nebo plynule nastavitelný zdroj velmi vysokého napětí, který umožňuje generovat elektrické náboje,
- měřicí přístroje k monitorování generátoru (vysoké napětí, injektovaný proud),
- měřicí a záznamové přístroje k monitorování poruch vyvolaných v zařízeních,
- prostředky ke zjištění a charakterizování výboje.

Toto není úplný seznam a může se doplnit podle speciálních potřeb zkoušky.

2.3.5 Příprava zkoušky

Pokud se použije generátor nábojů, je umístěn u povrchu, který je předmětem injektáže náboje.

Pokud se použije generátor vysokého napětí, je k jednomu pólu generátoru připojen vzorek, druhý pól je připojen k elektrodě z uhlíkových vláken, která je umístěna u povrchu nebo u bodu injektáže.

Dosažená úroveň injektážního proudu je funkcí zóny letadla:

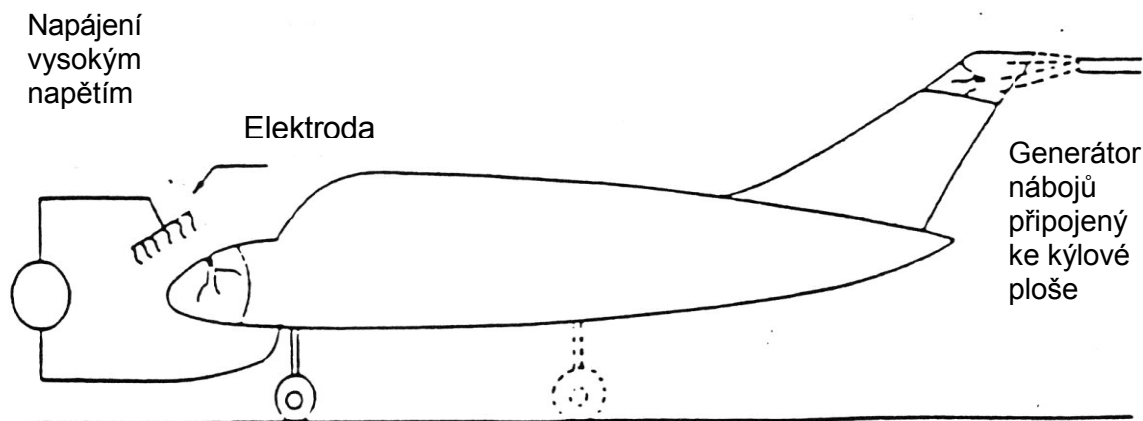
- pro čelní povrch: $400 \mu\text{A}/\text{m}^2$
- pro postranní povrch: $100 \mu\text{A}/\text{m}^2$

Ve všech případech je letadlo odpojeno od země a umístěno co nejdále od okolních kovových předmětů.

Příloha C
(informativní)

2.3.6 Postup zkoušky

- Ustavit do správné polohy generátor, injektážní obvod a diagnostické zařízení.
- Zkontrolovat zařízení a okolí z hlediska bezpečné zkoušky.
- Zkontrolovat zda se měřicí systém nezapne při nějaké poruše.
- Mikroampérmetrem změřit nabíjecí proud mezi generátorem a povrchem, do kterého se injektuje náboj, přiložením kovové elektrody připojené k obvodu.
- Zapnout dopadající proud nábojů na povrch při současném měření a zaznamenávat data. Zkouška musí probíhat po dobu dostatečnou k tomu, aby se objevil trsový výboj.
- Zkontrolovat, zda činnost systému není způsobena nějakou poruchou.



OBRÁZEK C.2 – Příklad zkoušky injektováním nábojů

2.4 Zkoušky zvýšením potenciálu

2.4.1 Účel

Účelem této zkoušky je určit úroveň poruch způsobených vzrůstem potenciálu letadla.

2.4.2 Oblast použití

Tuto zkoušku lze aplikovat na každé letadlo.

2.4.3 Zkušební vzorek

Zkušební vzorek je identický se vzorkem popsáním v odstavci 2.3.3 „Zkušební vzorek“.

2.4.4 Zkušební zařízení

Zkušební zařízení se skládá z:

- plynule nastavitelného generátoru vysokého napětí,
- měřicích přístrojů nezbytných k tomu, aby charakterizovaly činnost generátoru,
- měřicího a záznamového zařízení, které charakterizuje vzniklé poruchy,
- prostředků, které umožňují sledování doutnavých výbojů.

Tento seznam není konečný a může být rozšířen podle speciální potřeby zkoušky.

2.4.5 Příprava zkoušky

Vzorek je izolován od země ve výšce, která je vyhovující k tomu, aby se snížily účinky země.

Mezi zemí a letadlem je připojeno vysoké napětí. Bod připojení ke vzorku se musí vybrat tak, aby se snížil jeho účinek, a generátor musí být od zkušební vzorku několik metrů vzdálený.

Napětí, které musí být připojeno, se určuje podle napájecího proudu generátoru, který je dán matematickým výrazem:

$$I_G = I_c \cdot S_A \cdot \frac{V}{600} + I_z + 10 \%$$

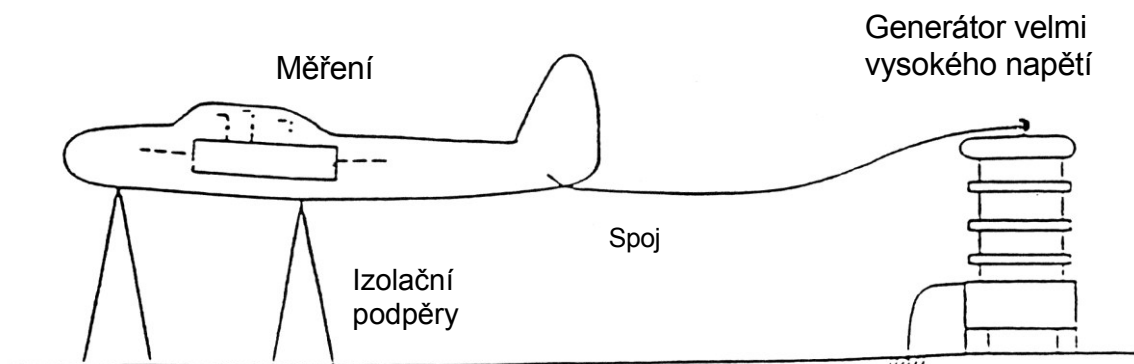
kde I_G = proud generátoru [mA]

I_c = hustota nabíjecího proudu [$\mu\text{A}/\text{m}^2$]

I_z = ztrátový proud zkušební soupravy

S_A = čelní povrch letadla [m^2]

V = rychlost letadla [uzly]



OBRÁZEK C.3 – Příklad zkoušky na růst potenciálu

2.4.6 Postup zkoušky:

- Umístit izolační základnu a připojit k ní vysokonapěťový generátor.
- Zkontrolovat zařízení a bezpečnost oblasti zkoušky.
- Změřit ztrátový proud základny zakreslením křivky, která je funkcí zkušebního napětí.
- Uložit vzorek na izolační podpěry a připojit jej ke generátoru.
- Zkontrolovat zařízení a bezpečnost oblasti zkoušky.
- Zkontrolovat, zda činnost systému není způsobena nějakou poruchou.
- Vzestupně připojovat vysoké napětí a zaznamenávat prováděná měření.

Účinnost českého obranného standardu od: 8. 11. 2017

Změny:

| Změna číslo | Účinnost od | Změnu zpracoval | Datum zpracování | Poznámka |
|-------------|-------------|-----------------|------------------|----------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Upozornění: Oznámení o českých obranných standardech jsou uveřejňována měsíčně ve Věstníku Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví v oddíle „Ostatní oznámení“ a Věstníku MO.

V případě zjištění nesrovnalostí v textu tohoto ČOS zasílejte připomínky na adresu distributora.

Rok vydání: 2022, obsahuje 12 listů
Tisk: Ministerstvo obrany ČR
Distribuce: Odbor obranné standardizace Úř OSK SOJ, nám. Svobody 471, 160 01 Praha 6
Vydal: Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti
oos.army.cz

NEPRODEJNÉ
