

Διαδικασία πιστοποίησης μη-επανδρωμένων αεροχημάτων

Κωνσταντίνος Πρασσάς

Δ/χος Αεροναυπηγός Μηχανικός και Μεταπτ.
Φοιτητής ΔΠΠ/ΣΘΕΤ ΕΑΠ

kprassas@gmail.com, std106605@ac.eap.gr

Βασίλης Κωστόπουλος

Καθηγητής και Μέλος ΣΕΠ ΣΘΕΤ ΕΑΠ

kostop@upatras.gr

Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας είναι ο σχεδιασμός μίας ενιαίας διαδικασίας πιστοποίησης Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροχημάτων (ΣμηΕΑ). Ως σημείο αναφοράς χρησιμοποιήθηκε το συμμαχικό δημοσίευμα AEP-83 του Οργανισμού Βορειοατλαντικού Συμφώνου (NATO) που αφορά σε κατηγορία μη επανδρωμένων αεροχημάτων με μέγιστο βάρος απογείωσης έως και 150kg. Στο κύριο σκέλος της εργασίας γίνεται ο σχεδιασμός μίας ενιαίας διαδικασίας πιστοποίησης που αποτελείται από βασικές απαιτήσεις αξιοπλοΐας, λεπτομερείς παραμέτρους, τεκμήρια συμμόρφωσης και μεθόδους τεκμηρίωσης. Στη διαδικασία αυτή λαμβάνονται υπόψη όχι μόνον οι σχεδιαστικές απαιτήσεις του επιχειρησιακού φακέλου πτήσης, αλλά και οι ανάγκες διαρκούς εξέτασης της αξιοπλοΐας όπως αυτές εφαρμόζονται και σε επανδρωμένα αεροσκάφη από τους αρμόδιους Φορείς.

Λέξεις-Κλειδιά: ΣμηΕΑ, NATO, Αεροσκάφος, Αξιοπλοΐα, Πιστοποίηση, Απαιτήσεις

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η δυναμικότητα της τεχνολογικής ανάπτυξης των τελευταίων δεκαετιών, όπου έκανε εφικτή την πρόσβαση υψηλών τεχνολογιών στο ευρύ κοινό, παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον χώρο της αεροπορίας καθώς αλληλοεπιδρούν δύο εμφανώς αντιφατικές έννοιες. Από τη μία, η αεροπορία διαχρονικά αποτελούσε ένα πλαίσιο αυστηρών κανονισμών, πληθώρας πιστοποιήσεων και ελέγχων, διαρκούς ανάλυσης ρίσκου, παγκόσμιας, ευρωπαϊκής και εθνικής νομοθεσίας με βασική προτεραιότητα την ασφάλεια πτήσεων, τόσο στο έδαφος όσο και στον αέρα. Από την άλλη, η ασύμμετρη και γρήγορη ανάπτυξη των τεχνολογιών και εφαρμογών που εφαρμόζονται στα ΣμηΕΑ είναι πολύ πιο ελαστική, με παγκόσμια διασπορά, που αρκετές φορές επιβραδύνεται λόγω του συντηρητικού αεροπορικού κανονιστικού πλαισίου (Dalamagkidis, Valavanis, & PiegI, 2008).

Αν και το αεροπορικό κανονιστικό πλαίσιο περιλαμβάνει διαφορετικούς τομείς, όπως οι κανονισμοί εναέριας κυκλοφορίας, η εκπαίδευση και ο χειρισμός αεροσκαφών ή ΣμηΕΑ, η αξιοπλοΐα και η πιστοποίηση των συστημάτων, στην διπλωματική εργασία ασχολούμαστε κυρίως με το τελευταίο σκέλος, την ανάγκη ενός σαφούς πεδίου ορισμού και των διαδικασιών πιστοποίησης των ΣμηΕΑ. Παρόλο που έχουν υπάρξει ορισμένες πρωτοβουλίες σε ευρωπαϊκό επίπεδο για την πολιτική αεροπορία (EASA, 2015), αλλά και για ΣμηΕΑ

που επιχειρούν στα κράτη-μέλη του NATO (NATO, 2016), αυτές δεν έχουν οριστικοποιηθεί και δεν έχουν ενσωματωθεί σε κανονιστικά πλαίσια των ευρωπαϊκών και εθνικών αρχών/υπηρεσιών αεροπορίας. Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη μίας μεθοδολογίας πιστοποίησης ΣμηΕΑ (UAVs) βασισμένης στο πρότυπο AEP-83 (NATO, 2016) και καταγραφής των μέσων τεκμηρίωσης των βασικών απαιτήσεων του προτύπου με συγκεκριμένα παραδείγματα και μεθόδους, προκειμένου να ενσωματωθεί στο εθνικό κανονιστικό πλαίσιο της Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας (ΥΠΑ) για την πιστοποίηση ΣμηΕΑ που κατασκευάζονται στην Ελλάδα.

II. ΜΕΘΟΛΟΓΙΑ

Το πρότυπο AEP-83 περιλαμβάνει συνολικά 40 βασικές απαιτήσεις, 186 λεπτομερείς παραμέτρους που παρέχουν περισσότερα επίπεδα λεπτομέρειας και επεξήγησης των απαιτήσεων, καθώς και 70 μέσα τεκμηρίωσης αυτών. Το πεδίο ορισμού του προτύπου αφορά τα αεροχήματα μέγιστου βάρους απογείωσης έως και 150kg και ενέργεια πρόσκρουσης άνω των 66J, αν και σε ξεχωριστό παράρτημα της εργασίας αναφέρονται οι απαιτήσεις για αεροχήματα με ενέργεια πρόσκρουσης κάτω των 66J. Οι βασικές απαιτήσεις χωρίζονται σε τρεις βασικές ενότητες και έξι υπο-ενότητες όπως φαίνονται στον Πίνακα I, ενώ ο διαχωρισμός των λεπτομερών παραμέτρων φαίνεται στον Πίνακα II.

ΠΙΝΑΚΑΣ I
ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ

Ενότητα	Υπο-ενότητα	Απαίτηση	Σύνολο Απαιτήσεων
Υποσυστήματα	Ακεραιότητα Συστήματος	ER.1	1
	Δομές & Υλικά	ER.1.1	8
	Σύστημα Προώθησης	ER.1.2	6
	Συστήματα & Εξοπλισμός	ER.1.3	5

Ενότητα	Υπο-ενότητα	Απαιτήση	Σύνολο Απαιτήσεων
Αξιοπλοΐα	Διαρκής Αξιοπλοΐα	ER.1.4	4
	Ζητήματα αξιοπλοΐας στη λειτουργία συστημάτων	ER.2	11
Οργανισμοί-Προσωπικό		ER.3	5

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ
ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΛΕΠΤΟΜΕΡΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Απαιτήση	Περιγραφή	Λεπτομερής Παράμετρος	Σύνολο Παραμέτρων
ER.1	Φάσμα λειτουργίας	UL.0-1	2
ER.1.1	Δομές και Υλικά	UL.2-15	14
	Σύστημα Προσγείωσης	UL.GL.1-6	6
ER.1.2	Σύστημα Προώθησης	UL.16 - 20	5
	Παλινδρομικοί κινητήρες εσωτερικής καύσης	UL.RE.1-27	27
	Ηλεκτρικοί κινητήρες	UL.EE.1-27	27
	Στροβιλοκινητήρες	UL.TE.1-32	32
ER.1.3	Έλικες	UL.P.1-12	12
	Συστήματα και Εξοπλισμός	UL.21-36	16
ER.1.4	Σύστημα Αναφοράς Κινδύνου	UL.HRS.1-4	4
	Διαρκής Αξιοπλοΐα	UL.37-39	3
ER.2	Αξιοπλοΐα λειτουργίας συστημάτων	UL.40-60	21
	Ευστάθεια και εκτίμηση απόκρισης	UL.SR.1-3	3
ER.3	Οργανισμοί - Προσωπικό	UL.61-69	9
	Σχέδιο Διαχείρισης Ασφάλειας	UL.SMP.1-5	5

Για την ανάπτυξη της διαδικασίας πιστοποίησης, γίνεται αρχικά η μετάφραση των βασικών απαιτήσεων (ER – Essential Requirements) και των λεπτομερών παραμέτρων (UL - UAS Light detailed argument) του προτύπου AEP-83.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα μέσα τεκμηρίωσης (ME – Means of Evidence) των βασικών απαιτήσεων και των επιμέρους παραμέτρων, ενώ δίνονται και παραδείγματα (EX – Examples) συγκεκριμένων μεθόδων, εργαλείων και δοκιμών για την υποστήριξη των μέσων τεκμηρίωσης. Τα παραδείγματα αντλήθηκαν από τη διεθνή βιβλιογραφία, κοινές πρακτικές που εφαρμόζονται

σε αναλύσεις και δοκιμές αεροδυναμικών και δομικών μοντέλων, καθώς και διεθνή πρότυπα και προδιαγραφές που εφαρμόζονται ευρέως στην αεροναυπηγική. Οι εκδόσεις των προτύπων που αναφέρονται στις βιβλιογραφικές αναφορές της διπλωματικής εργασίας είναι οι πιο πρόσφατες κατά την περίοδο εκπόνησης της εργασίας, ενώ για το κανονιστικό πλαίσιο που διέπει την λειτουργία και επιχείριση των ΣμηΕΑ, αναζητήθηκαν οι πιο πρόσφατες αποφάσεις και οι κανονισμοί που εφαρμόζονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω της EASA (European Aviation Safety Agency), μέλος της οποίας είναι και η ΥΠΑ.

ΙΙΙ. ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα βασικότερα στοιχεία για την τεκμηρίωση των βασικών απαιτήσεων. Περισσότερες λεπτομέρειες μπορούν να αναζητηθούν στην διπλωματική εργασία, στο τέλος της οποίας υπάρχει σχετικό ευρετήριο, καθώς και λίστες ελέγχου για την υποστήριξη της διαδικασίας.

Α. Υποσυστήματα

Περιγράφονται τα ελάχιστα απαιτούμενα στοιχεία του σχεδίου φάσματος χρήσης καθώς και τα κριτήρια σχεδιασμού.

1) *Ακεραιότητα συστήματος*: Περιγράφονται τα ελάχιστα απαιτούμενα στοιχεία του σχεδίου φάσματος χρήσης, του φάκελου πτήσης, των φακέλων λειτουργίας καθώς και τα κύρια και δευτερεύοντα κριτήρια σχεδιασμού. Γίνεται επίσης αναφορά στις περιβαλλοντικές συνθήκες για τις οποίες προβλέπεται η χρήση του αεροχήματος.

2) *Δομές και υλικά*: Περιγράφονται τα κύρια δομικά στοιχεία (PSE) και τα απαιτούμενα όρια αντοχής για σύνθετα υλικά και μη. Εφόσον υπάρχει ψηφιακό μοντέλο: Ανάλυση με Πεπερασμένα Στοιχεία (FEA), Ανάλυση Αλληλεπίδρασης Ρευστού-Δομής (FSI), Computational Fluid Dynamics (CFD), Computational Solid Mechanics (CSM), Ανάλυση Ιδιοσυχνοτήτων, κλπ. Για τις πτητικές δοκιμές των σχεδιαστικών φορτίων, προτείνεται η χρήση του AGARDograph 300 (NATO, 2005). Ενδείκνυται η πιστοποίηση κατά AS/EN-9100 (SAE, 2016) για τον κατασκευαστή ολοκληρωμένων δομικών συστημάτων ή μεμονωμένων στοιχείων. Άλλες ενδεικτικές μετρήσεις περιλαμβάνουν φορτία λυγισμού, δοκιμές εφελκυσμού, χρήση μεθόδων μη-καταστροφικών ελέγχων του υλικού, καταγραφή καμπύλης τάσης-παραμόρφωσης, δοκιμές κόπωσης κλπ. Για το σύστημα προσγείωσης χρησιμοποιούνται οι απαιτήσεις και οι συνθήκες προσγείωσης για συμβατικές διατάξεις επανδρωμένων αεροσκαφών.

3) *Σύστημα προώθησης*: Για το σύστημα προώθησης, καταγράφεται μία σειρά απαιτήσεων ανάλογα τον τύπο κινητήρα (παλινδρομικοί εσωτερικής καύσης, ηλεκτρικοί και στροβιλοκινητήρες), καθώς και για την έλικα, όπου εφαρμόζεται. Βασική παράμετρος είναι η Δήλωση Συμμόρφωσης του κατασκευαστή για μία σειρά απαιτήσεων, ενώ περιγράφονται οι απαραίτητες δοκιμές όπως ορίζονται από την EASA (2007) αλλά και πρότυπα περιβαλλοντικών δοκιμών όπως το DO-160G (RTCA, 2010) ή το MIL-STD-810H (IEST, 2019). Ανάλογα τον

τύπο κινητήρα, περιγράφονται οι απαιτήσεις για την βαθμονόμηση του κινητήρα, το σύστημα ελέγχου του, τον σχεδιασμό, την κατασκευή (υλικά, αντοχή, αγωγίμες συνδέσεις, ανθεκτικότητα, τα υποστηρίγματα προσαρτημάτων και παρελκόμενων, κλπ), το σύστημα ψύξης και λίπανσης και την πυρασφάλεια. Γίνεται επίσης αναφορά σε δοκιμές ταλάντωσης, ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας, καθώς και στις απαιτούμενες δοκιμές σε σταθερή βάση με τους σχετικούς κύκλους δοκιμών. Αναφέρονται τέλος οι αντίστοιχες απαιτούμενες δοκιμές για το σύστημα καυσίμου και τη μπαταρία, όπου εφαρμόζονται.

4) *Συστήματα και εξοπλισμός*: Οι απαιτήσεις αφορούν το αερόχημα, τον σταθμό ελέγχου (*UCB/UCS – U(n)manned aircraft Control Box/ Station*) και τη ζεύξη δεδομένων. Απαιτούνται και εδώ τα κριτήρια σχεδιασμού, το σύστημα παρακολούθησης ασφάλειας και η καταγραφή συμβάντων. Περιγράφονται οι απαιτούμενες Δηλώσεις Σχεδιασμού και Επιδόσεων (*DDP – Declaration of Design and Performance*), τα απαιτούμενα επίπεδα Διασφάλισης Ανάπτυξης Λογισμικού (*DAL – Development Assurance Level*), απαραίτητες δοκιμές ηλεκτρομαγνητικών εκπομπών και παρεμβολών, η αξιολόγηση διεπαφής ανθρώπου-μηχανής και οι ελάχιστες πληροφορίες που παρέχονται στον χειριστή και το προσωπικό συντήρησης. Βασική απαίτηση αποτελεί επίσης η εκπόνηση Εκτίμησης Ασφάλειας Συστήματος η οποία μεταξύ άλλων περιλαμβάνει αναλύσεις *FHA* (*Functional Hazard Analysis*), *FMEA* (*Failure Modes & Effects Analysis*) και *FTA* (*Fault Tree Analysis*) όπως ορίζονται στις οδηγίες και μεθόδους του ARP-4761 (SAE, 1996).

B. Αξιοπλοΐα

1) *Διαρκής αξιοπλοΐα*: Λεπτομερής αναφορά για τα απαραίτητα εγχειρίδια και τις διαδικασίες διαρκούς αξιοπλοΐας, μπορούν να αναζητηθούν στο Part-M των οδηγιών διαρκούς αξιοπλοΐας της EASA (EE, 2014). Τα εγχειρίδια αυτά και οι διαδικασίες είναι πανομοιότυπες με αυτές των επανδρωμένων αεροσκαφών.

2) *Ζητήματα αξιοπλοΐας στη λειτουργία συστημάτων*: Πρέπει να γίνεται αιτιολόγηση των επιλεγμένων κατηγοριών εναέριου χώρου (A-G) όπου επιτρέπεται η πτήση του αεροχήματος σύμφωνα με την Παράγραφο 2.6 του Παραρτήματος 11 (ICAO, 2001) της σύμβασης του Σικάγο για τη διεθνή πολιτική αεροπορία, λαμβάνοντας υπόψη τους κανόνες εναέριας κυκλοφορίας για τη διεξαγωγή πτήσεων ΣμηΕΑ (ΥΠΑ, 2016). Για την εκτέλεση πτητικών δοκιμών μπορούν να χρησιμοποιηθούν συγκεκριμένα κεφάλαια από το (NATO, 2005), ενώ αναφορές αναλύσεων μπορούν επίσης να εξαχθούν από ψηφιακά μοντέλα *CFD* ή *FDM* (*Fluid Dynamics Model*) εφόσον υπάρχουν. Στα ίδια ζητήματα εμπίπτουν η αξιολόγηση φόρτου εργασίας, η τεχνική περιγραφή ανάκτησης έκτακτης ανάγκης, η τεχνική περιγραφή σβησίματος κινητήρα και το εγχειρίδιο πτήσης. Σε ειδικό Παράρτημα αναφέρονται οι ελάχιστες απαιτήσεις ευστάθειας του αεροχήματος όπου πρέπει να υπολογίζονται και να αξιολογούνται η ακρίβεια απόκρισης, η μεταβατική απόκριση, οι αποκρίσεις

πρόνευσης (*pitch*) και κλίσης (*roll*), η μετάβαση σε προκαθορισμένο υψόμετρο, η ταχύτητα και πορεία πτήσης, οι ταλαντώσεις προκαλούμενες από τον χειριστή, κ.α.

C. Οργανισμοί - Προσωπικό

Οι οργανισμοί που εμπλέκονται στις δραστηριότητες σχεδιασμού (και πτητικών δοκιμών), παραγωγής, κατασκευής ή συντήρησης, πρέπει να ικανοποιούν μία σειρά συνθηκών, οι οποίες καλύπτονται κατά κύριο λόγο από την πιστοποίηση AS/EN 9100. Αναφορά γίνεται επίσης στην ανάγκη διαρκούς βελτίωσης των σχετικών διαδικασιών, η οποία μπορεί να ικανοποιείται μέσω της συμμόρφωσης με σχετικές οδηγίες του προτύπου ISO 9004 (ISO, 2018).

Σε περιπτώσεις μετάβασης του ελέγχου του αεροχήματος από έναν σταθμό σε άλλο, απαιτείται τεχνική περιγραφή και αναφορά πτητικής δοκιμής για μία σειρά 15 κριτηρίων που αναγράφονται στις λεπτομερείς παραμέτρους UL.66 – 69.

Τέλος σε ειδικό Παράρτημα αναφέρονται τα μέρη ενός Σχεδίου Διαχείρισης Ασφάλειας (ΣΔΑ) που απαιτείται για την ικανοποίηση ορισμένων Βασικών Απαιτήσεων, σχετικών με την ασφάλεια του έργου σχεδιασμού, παραγωγής και συντήρησης ενός ΣμηΕΑ. Ενδεικτικά αναφέρονται: Αρχικοί ορισμοί όλων των σημαντικών απαιτήσεων ασφάλειας, λεπτομέρειες του λειτουργικού ΣΔΑ, μία περιγραφή των εργασιών ασφάλειας, όπως έχουν οριστεί, που περιλαμβάνει: κυριότητα, μεθοδολογία, απαιτήσεις πόρων, ορισμός των ορόσημων, κριτήρια ανοχών, κ. α.

IV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το πρότυπο AEP-83 του NATO, αποτελεί ένα ολοκληρωμένο σύνολο βασικών απαιτήσεων πιστοποίησης ΣμηΕΑ, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες αυτών των συστημάτων σε σχέση με συστήματα επανδρωμένων αεροσκαφών.

Από το περιεχόμενο του προτύπου, είναι εμφανές πως πολλά στοιχεία έχουν μεταφερθεί από υπάρχοντα και λειτουργικά πρότυπα σχεδιασμού, κατασκευής και αξιοπλοΐας επανδρωμένων αεροσκαφών τα οποία ισχύουν και στη χώρα μας (Πχ Part-M της EASA).

Οι απαιτήσεις της διαρκούς αύξησης του πλήθους ΣμηΕΑ σε ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών, σε συνδυασμό με την διαρκώς αυξανόμενη εναέρια κυκλοφορία, καθιστούν την τυποποίηση της διαδικασίας πιστοποίησης τους επιτακτική ώστε να διασφαλιστεί το υπάρχον επίπεδο ασφάλειας τόσο στον αέρα όσο και στο έδαφος.

Η διαδικασία πιστοποίησης που παρουσιάζεται στην διπλωματική εργασία θα μπορούσε να αποτελέσει υλικό αναφοράς για την ένταξή της στο νομικό πλαίσιο της Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας που διέπει την πιστοποίηση και διαρκή αξιοπλοΐα των αεροχημάτων που κατασκευάζονται ή και επιχειρούν στον ελληνικό εναέριο χώρο.

Τέλος σημαντικό στοιχείο για την ασφάλεια πτήσεων των ΣμηΕΑ αποτελεί η ύπαρξη ενός συνεκτικού και αξιόπιστου κανονιστικού πλαισίου για την ένταξή τους

στον εννιαίο εναέριο χώρο πτήσης, όπου θα λειτουργούν χωρίς να προκαλούν προβλήματα στα επανδρωμένα αεροσκάφη.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- ΕΕ. (2014, Δεκέμβριος 17). Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 1321/2014 της Επιτροπής, της 26ης Νοεμβρίου 2014. Διαρκής αξιοπλοΐα του αεροσκάφους και των αεροναυτικών προϊόντων, εξαρτημάτων και εξοπλισμού και για την έγκριση των φορέων και του προσωπικού που είναι αρμόδιοι για τα εν λόγω καθήκοντα. Λουξεμβούργο: Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- ΥΠΙΑ. (2016). Κανονισμός – Γενικό πλαίσιο πτήσεων Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών – ΣμηΕΑ (Unmanned Aircraft Systems – UAS), Δ/ΥΠΙΑ/21860/1422 όπως δημοσιεύθηκε στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως ΦΕΚ 3152/30-9-2016, Τεύχος 2. Αθήνα: ΥΠΙΑ.
- Dalamagkidis, K., Valavanis, K., & Piegler, L. (2008). On unmanned aircraft systems issues, challenges and operational restrictions preventing integration into the National Airspace System. *Progress in Aerospace Sciences*, 44, 503-519.
- EASA. (2007). Certification Specifications for Engines (CS-E) - Annex to ED Decision 2007/015/R. Cologne: European Space Agency.
- EASA. (2015). Introduction of a regulatory framework for the operation of drones (A-NPA 2015-10). Cologne: European Space Agency.
- ICAO. (2001, Ιούλιος). Annex 11 to the Convention on International Civil Aviation. Air Traffic Services, 13th. International Civil Aviation Organization.
- IEST. (2019). MIL-STD-810H, Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests. Schaumburg, IL: Institute of Environmental Sciences and Technology.
- ISO. (2018). ISO 9004:2018 - Quality management — Quality of an organization — Guidance to achieve sustained success. Geneva: International Organization for Standardization.
- NATO. (2005). AGARDograph 300 - Introduction to Flight Test Engineering (AC/323(SCI-FT3)TP/74). Neuilly-Sur-Seine: NATO - Research and Technology Organization.
- NATO. (2016). Light Unmanned Aircraft Systems Airworthiness Requirements (NATO Standard AEP-83). Edition B, Version 1. Brussels: NATO Standardization Office (NSO).
- RTCA. (2010). DO-160G, Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment. Washington, DC: RTCA Inc.
- SAE. (1996). ARP4761 - Guidelines and methods for conducting the safety assessment process on civil airborne systems and equipment. Warrendale, PA: SAE International. doi:10.4271/ARP4761
- SAE. (2016). AS/EN 9100 - Quality Management Systems. Requirements for Aviation, Space and Defence Organizations. Warrendale, PA: SAE International.