

ΤΕΛΕΥΤΑΙΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΑ ΟΡΓΑΝΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ PERFORMANCE BASED NAVIGATION (PBN)

Τα τελευταία είκοσι χρόνια η τεχνολογία των ηλεκτρονικών έχει διεισδύσει πολλαπλά στην τεχνολογία των αεροπλάνων. Ενδεικτικά όλες οι κατασκευάστριες εταιρείες έχουν πλέον υιοθετήσει το Fly by wire σύστημα όπου οι προστασίες στον φάκελο πτήσης (flight envelope protections) είναι τόσες πολλές που πραγματικά ο χειριστής πρέπει να προσπαθήσει πολύ σκληρά για να βγει σε μια μανούβρα εκτός ελέγχου. Επί πλέον οι χιλιάδες αισθητήρες ενεργού ανάδρασης (active control feedback) επιτρέπουν στα αεροπλάνα τελευταίας γενιάς, πολιτικά και στρατιωτικά να εκτελούν αυτόματα και εν αγνοία του χειριστή χιλιάδες διορθωτικές ενέργειες έτσι ώστε να μη χρειάζεται η συνεχής προσοχή του πιλότου σε συνηθισμένες πτητικές παρεκκλίσεις (overspeed, underspeed, flap/slat retraction with incorrect airspeed, g loads at turbulence penetration, high/low speed buffet κλπ). Η εξέλιξη των συστημάτων Fly by wire είναι ένα κεφάλαιο που αξίζει ειδικού τεχνικού άρθρου που θα προσπαθήσουμε να παρουσιάσουμε μελλοντικά.

Το PBN άρχισε δειλά να εμφανίζεται από την Γενική Αεροπορία την δεκαετία του 70 και κατέληξε σε μια τεχνολογική επανάσταση που άλλαξε τις διαδικασίες ναυτιλίας και βοήθησε πολύ στην καλύτερη χρήση του εναερίου χώρου και στην εντυπωσιακή μείωση του χρόνου πτήσης, της κατανάλωσης καυσίμου και συνεπώς του αποτυπώματος CO₂ στις αερομεταφορές.

Από τις αρχές της δεκαετίας του 70 εμφανίστηκαν τα αδρανειακά συστήματα ναυτιλίας και το FMS (Flight Management System). Ως αδρανειακό σύστημα εννοείται το INS (Inertia Navigation System) που στην αρχική του μορφή αποτελείτο από ένα σύστημα τριών μηχανικών γυροσκοπίων που περιστρέφονταν σε πολύ ψηλές στροφές και ήταν έτσι τοποθετημένα ούτως ώστε να καλύπτουν τους έξι βαθμούς ελευθερίας που κινείται ένα αεροπλάνο. Επειδή ως γνωστόν τα γυροσκόπια έχουν την ιδιότητα της «ακαμψίας στο χώρο» μπορούσαν να βαθμονομηθούν σε ένα αεροδρόμιο καταγράφοντας έτσι τις συντεταγμένες του σημείου εκείνου, και κατά την διάρκεια της πτήσης «αισθάνονταν» την αλλαγή της καμπυλότητας της γης και συνεπώς μπορούσαν να υπολογίσουν το στίγμα του αεροπλάνου στη πτήση. Βέβαια τα μηχανικά γυροσκόπια είχαν ανακρίβειες και εμφανιζόταν το λεγόμενο drift δηλαδή απόκλιση του υπολογισμένου στίγματος από την πραγματική θέση του αεροπλάνου. Για αυτό και υπήρχε διαδικασία κάθε 90 λεπτά να βεβαιώνεται η θέση του αεροπλάνου από επίγεια μέσα (VOR radial/DME) και να μηδενίζεται η απόκλιση (drift). Από την άλλη βέβαια τα αδρανειακά συστήματα ήταν κυρίως απαραίτητα στα διηπειρωτικά ταξίδια όπου υπάρχουν αποστάσεις πάνω από τον ωκεανό χωρίς επίγεια ραδιοβοηθήματα για 4-5 ώρες πτήσης οπότε η διόρθωση της απόκλισης γινόταν πολύ δύσκολα με την βοήθεια υπολογισμού ανέμων, διόρθωσης πορείας με chart plotting κλπ.

Την επόμενη δεκαετία του 80 εμφανίστηκε το IRS (Inertia Reference System) που ήταν μια μεγάλη βελτίωση σε σχέση με το INS γιατί το σύστημα των μηχανικών γυροσκοπίων αντικαταστάθηκε από laser γυροσκόπια πολύ μικρότερου βάρους και συνεπώς μεγάλης ακρίβειας. Ουσιαστικά επρόκειτο για τρεις μονάδες εκπομπής ακτίνων laser που ανακλώνται σε μικροσκοπικούς περιστρεφόμενους καθρέφτες και έκαναν την δουλειά των μηχανικών γυροσκοπίων, δηλαδή «αισθάνονταν» τις επιταχύνσεις και τις αλλαγές πορείας του αεροπλάνου μετατρέποντας τις ενδείξεις αυτές σε υπολογισμό της ακριβούς θέσης του αεροπλάνου στον χώρο. Η εμφανιζόμενη απόκλιση λάθους ήταν το 1/100 αυτού που προέκυπτε από την ναυτιλία με INS.

Με τα δύο αυτά συστήματα ναυτιλίας δημιουργήθηκε η έννοια του waypoint, μπορούσε δηλαδή το πλήρωμα να ορίσει αυθαίρετα ένα σημείο στο χώρο και να κατευθύνει το αεροπλάνο σε εκείνο το σημείο χωρίς την ανάγκη αναφοράς σε επίγειο ραδιοβοήθημα (VOR, NDB, DME). Αυτό ήταν μια

τεχνολογική επανάσταση την δεκαετία του 80 ειδικά σε υπερατλαντικά ταξίδια που δεν υπάρχουν επίγεια ραδιοβοηθήματα πάνω από ωκεανούς.

Το μεγάλο άλμα έγινε την δεκαετία του 90 κατά την πρώτη εισβολή στο Ιράκ. Η χειρουργικής ακρίβειας βομβαρδισμοί δεν μπορούσαν να γίνουν όταν η αμυνόμενη χώρα κλείνει τελείως τον εναέριο χώρο της (FIR) και τα ναυτιλιακά ραδιοβοηθήματα. Τότε τελειοποιήθηκε από τις ΗΠΑ το ήδη υπάρχον παγκόσμιο σύστημα ναυτιλιακών δορυφόρων μέσω του οποίου τα μαχητικά αεροπλάνα δεν χρειάζονταν καθόλου επίγεια μέσα προκειμένου να βρουν τους στόχους τους.

Εμφανίζεται λοιπόν το RNAV (Area navigation) όπου μπορεί να οριστεί αυθαίρετα ένα οποιοδήποτε σημείο στο χώρο που καθορίζεται με ακρίβεια μέσω τριγωνομετρικής επίλυσης ενός τριγώνου του οποίου το ένα άκρο είναι ο δορυφόρος, το άλλο άκρο το κινούμενο αεροπλάνο και το τρίτο άκρο το οριζόμενο σημείο. Η επόμενη μεγάλη καινοτομία είναι ότι συνδυάστηκε το υπάρχον αδρανειακό σύστημα IRS με την δορυφορική ναυτιλία GPS και πλέον η ακρίβεια του ίχνους πορείας έφθασε το 99%. Η προϋπάρχουσα απόκλιση (drift) του αδρανειακού συστήματος διορθώνεται κάθε δευτερόλεπτο από το GPS και τα περιθώρια σφάλματος μειώθηκαν τόσο πολύ που όπως θα δούμε παρακάτω το συνδυασμένο σύστημα IRS/GPS ήταν σε θέση να καθοδηγήσει ένα αεροπλάνο μέσα στη τερματική περιοχή αεροδρομίου και να εκτελέσει ενόργανη προσέγγιση με την ακρίβεια του ILS με μετεωρολογικά ελάχιστα 200 ft και 550 μέτρα ορατότητα

Το RNAV λοιπόν είναι ένα σύστημα που επιτρέπει την ναυτιλία μεταξύ δυο ή περισσότερων σημείων χωρίς την ανάγκη υπέρπτησης πάνω από επίγειους σταθμούς ναυτιλίας. Το RNAV προϋποθέτει την ύπαρξη του GNSS (Global Navigation Satellite System) που είναι ένας γενικός όρος για το σύστημα παγκόσμιων ναυτιλιακών δορυφόρων που υποστηρίζουν την λειτουργία του RNAV Το GPS είναι το GNSS του αμερικανικού στρατού. Υπάρχει ακόμα το GLONASS που είναι το ρωσικό δορυφορικό σύστημα ναυτιλίας και το GALILEO που έχει αναπτυχθεί από την Ε.Ε και την EASA. Σημειωτέον ότι επάνω στους ναυτιλιακούς δορυφόρους υπάρχουν και κανάλια ψηφιακής επικοινωνίας όπως το ADS-b που είναι ο τρόπος παρακολούθησης του ίχνους των αεροπλάνων από τον έλεγχο εναέριας κυκλοφορίας, το ACARS που είναι ο τρόπος επικοινωνίας των αεροπλάνων με την εταιρεία τους (ειδικά για θέματα emergency, diversion κλπ), καθώς και η επικοινωνία αεροπλάνων μεταξύ τους ή με ειδικούς παρόχους για την αποστολή σχεδίων πτήσης, χαρτών, γενικών δηλωτικών κλπ. Με άλλα λόγια οι δορυφόροι αυτοί έχουν κατά 90% αντικαταστήσει την ανάγκη χρήσης του VHF radio για επικοινωνία του κάθε αεροπλάνου με τους διάφορους εμπλεκόμενους φορείς.

Όμως το RNAV από μόνο του δεν εξασφάλιζε την απαραίτητη ασφάλεια ότι το ίχνος που ακολουθεί το πλήρωμα είναι σωστό και ότι η ναυτιλία έχει την απαιτούμενη ακρίβεια. Χρειαζόταν και ένα σύστημα παρακολούθησης σωστής λειτουργίας και εξασφάλισης ότι το σήμα που έρχεται από τους δορυφόρους είναι έγκυρο καθώς και ένας τρόπος ειδοποίησης του πληρώματος όταν η ακρίβεια του ίχνους ξέφευγε από κάποια προκαθορισμένα όρια. Αναπτύχθηκε λοιπόν η ιδέα του RNP (Required Navigation Precision). Το RNP=RNAV+Monitoring. Είναι δηλαδή το σύστημα που εκτός από αδρανειακή/δορυφορική ναυτιλία μας παρέχει και παρακολούθηση σωστής λειτουργίας. Υπάρχει λοιπόν το RNP5 που σημαίνει ότι στο 95% του χρόνου πτήσης η ακρίβεια του ίχνους δεν θα παρεκκλίνει παραπάνω από 5 ναυτικά μίλια. Εάν παρεκκλίνει περισσότερο θα υπάρξουν οπτικά και ηχητικά προειδοποιητικά σήματα. Αυτή η ακρίβεια ναυτιλίας είναι αρκετή για πτήσεις πάνω από τον Ατλαντικό. Για πτήσεις πάνω από πυκνοκατοικημένες περιοχές και αεροδρόμια χρειάζεται μεγαλύτερη ακρίβεια και υπάρχει το RNP2 (Μέγιστη απόκλιση ίχνους 2 ναυτικά μίλια). Στις τερματικές περιοχές αεροδρομίων η μέγιστη επιτρεπτή απόκλιση είναι το RNP1.0 και στις ενόργανες προσεγγίσεις το RNP0.3 (Μέγιστη επιτρεπτή απόκλιση 0.3 ναυτικό μίλι, δηλαδή 555

μέτρα). Αυτού του είδους η ακρίβεια επιτρέπει να χρησιμοποιηθεί η δορυφορική ναυτιλία για ενόργανες προσεγγίσεις όπως αναφέρθηκε προηγουμένως.

Και έτσι καταλήγουμε στο PBN (Performance Based Navigation) που είναι ένα σύνολο δημοσιευμένων κανόνων και εγκρίσεων όπου καθορίζονται τα ελάχιστα επιτρεπτά ναυτιλιακά όργανα που απαιτούνται για την εκτέλεση RNAV και RNP διαδικασιών, και καθορίζονται η ακρίβεια, η συνέχεια, η διαθεσιμότητα και η λειτουργικότητα των αδρανειακών και δορυφορικών συστημάτων που απαιτούνται προκειμένου μια χώρα να επιτρέψει την διέλευση ή την προσέγγιση και προσγείωση αεροπλάνων με χρήση αυτής της τεχνολογίας.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η PBN διαδικασίες επιτρέπουν την ασφαλή ναυτιλία εκτός αεροδιαδρόμων όπου το αεροπλάνο μπορεί να κατευθυνθεί από το σημείο A στο σημείο B σε ευθεία γραμμή και όχι ακολουθώντας VOR radials ή ADF bearings, συνεπώς αποφορτίζεται ο εναέριος χώρος, μειώνονται οι χρόνοι πτήσης, εξοικονομείται αεροπορικό καύσιμο και το βασικότερο μειώνεται το αποτύπωμα άνθρακα που παράγει το κάθε αεροπλάνο. Εδώ να αναφέρω από προσωπική εμπειρία ότι σε ένα ταξίδι 10 ωρών από την Αθήνα στη Νέα Υόρκη καταναλώνονται 70 τόνοι (70.000 kg) καυσίμου και παράγονται 210 τόνοι (210.000 kg) CO₂.

Σπύρος Γιάνκοβιτς
Αεροναυπηγός Μηχ. B.Sc, M.Sc
Κυβερνήτης Airbus A340
Μέλος A.AK.E