ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
Τμήμα Ηλεκτρολόγων & Ηλεκτρονικών Μηχανικών

UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
Department of Electrical & Electronics Engineering

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αξιολόγηση Κυματομορφών Ηλεκτρομαγνητικού Παλμού για τη διαταραχή της λειτουργίας Μη Επανδρωμένων Εναέριων Οχημάτων

Φοιτητής: Κυπρισλής, Δημήτριος, ΑΜ 0044870

Επιβλέπων: Σαββαΐδης, Στυλιανός

ΑΙΓΑΛΕΩ, 27 ΙΟΥΝΙΟΥ 2020

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
Τμήμα Ηλεκτρολόγων & Ηλεκτρονικών Μηχανικών

UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
Department of Electrical & Electronics Engineering

Thesis Project

Assessment of Electromagnetic Pulsed Waveforms for the Operational Disruption of Unmanned Aerial Vehicles

Student: Kyprislis, Dimitrios, Registration Number 0044870

Thesis Supervisor: Savvaidis, Stylianos

ATHENS-EGALEO, 2020 JUNE 27

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η χρήση των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων (Unmanned Aerial Vehicles, UAV) έχει πλέον επεκταθεί σε τέτοιο βαθμό που εύλογα δημιουργείται ένα ενδιαφέρον για την ανάπτυξη τεχνικών εξουδετέρωσης σε περιπτώσεις κακόβουλης χρήσης τους. Η ακτινοβόλησή των UAV με ηλεκτρομαγνητικούς παλμούς υπερ-υψηλού πλάτους κορυφής αποτελεί μία στρατηγική εξουδετέρωσης UAV, η οποία τα τελευταία χρόνια συγκεντρώνει ένα αξιόλογο ερευνητικό ενδιαφέρον. Το βασικό χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης στρατηγικής είναι ότι προκαλεί σοβαρές διαταραχές σε κρίσιμα ηλεκτρονικά υποσυστήματα των UAV με τελικό αποτέλεσμα τη διακοπή της λειτουργίας τους.

Στο προαναφερόμενο πλαίσιο, η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως σκοπό να διεξάγει μία καμπάνια πειραμάτων ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας σε περιβάλλον ανηχωικού θαλάμου προκειμένου να αξιολογηθούν τα χαρακτηριστικά των ηλεκτρομαγνητικών παλμών τα οποία καθορίζουν τη δυνατότητα εξουδετέρωσης των UAV.

ΛΕΞΕΙΣ – ΚΛΕΙΔΙΑ:

Ανηχωικός Θάλαμος, Γεννήτρια Παλμών, Ηλεκτρομαγνητικοί Παλμοί, Μη Επανδρωμένο Εναέριο Όχημα, Σκόπιμη Ηλεκτρομαγνητική Παρεμβολή.

ABSTRACT

The use of Unmanned Aerial Vehicles (UAV's) has been expanded to such an extent so that the interest for τthe development of counter-UAV (C-UAV) technologies is growing. Among the different C-UAV technologies the use of Electromagnetic Pulses draws the attention of the research community. The key objective of this C-UAV technology is to cause disturbance in critical UAV electronic units in order to achieve the UAV neutralization.

In the above-mentioned context the main objective of this thesis project is to conduct an electromagnetic compatibility experimental campaign in anechoic chamber environment in order to assess the electromagnetic waveform shape characteristics that determine the capability to neutralize UAVs.

KEYWORDS:

Intentional Electromagnetic Interference, IEMI, Unmanned Aerial Vehicles, Anechoic chamber, High Voltage Pulse Generator, Electromagnetic Pulse.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου, κύριο Σαββαΐδη Στυλιανό για τον χρόνο που δαπανήσαμε και τις γνώσεις που μου μετέδωσε όλους αυτούς τους μήνες, ώστε να γίνουν όλες οι απαραίτητες πειραματικές μετρήσεις πάνω στο θέμα που διαλέξαμε. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω και το τμήμα Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών του Πανεπιστήμιου Δυτικής Αττικής για τον χώρο που μας παραχώρησε προκειμένου να διεξαχθεί η παρούσα πειραματική διπλωματική.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ 2

ABSTRACT 3

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ 4

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ 5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

1.1 Αντικείμενο – Στόχοι Πτυχιακής Εργασίας Error! Bookmark not defined.

1.2 Μεθοδολογία Έρευνας Error! Bookmark not defined.

1.3 Δομή –Οργάνωση Πτυχιακής Εργασίας Error! Bookmark not defined.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

2.1 Εισαγωγή Error! Bookmark not defined.

2.2 Δημοσίευση 1: "Susceptibility of Some Electronic Equipment to HPEM Threats" Error! Bookmark not defined.

2.2.1 Παράμετροι Πειράματος **Error! Bookmark not defined.**

2.2.2 Ερμηνεία όρων **Error! Bookmark not defined.**

2.2.3 Πειραματική Τοπολογία **Error! Bookmark not defined.**

2.2.4 Πειραματικά Αποτελέσματα **Error! Bookmark not defined.**

2.2.4.1 Logic Devices **Error! Bookmark not defined.**

2.2.4.2 Μικροελεγκτές **Error! Bookmark not defined.**

2.2.4.3 Ηλεκτρονικοί υπολογιστές (PC) **Error! Bookmark not defined.**

2.2.4.4 Δίκτυα Υπολογιστών **Error! Bookmark not defined.**

2.2.4.5 Ακτινοβόληση Μητρικών Καρτών **Error! Bookmark not defined.**

2.2.5 Συμπεράσματα **Error! Bookmark not defined.**

2.3 Δημοσίευση 2: "RF Immunity Testing of an Unmanned Aerial Vehicle Platform Under Strong EM Field Conditions" Error! Bookmark not defined.

2.3.1 Εισαγωγή **Error! Bookmark not defined.**

2.3.2 Χαρακτηριστικά του Μη Επανδρωμένου Εναέριου Συστήματος **Error! Bookmark not defined.**

2.3.3 Πείραμα **Error! Bookmark not defined.**

2.3.4 Πειραματικά Αποτελέσματα **Error! Bookmark not defined.**

2.3.5 Συμπεράσματα **Error! Bookmark not defined.**

2.4 Δημοσίευση 3: "Susceptibility of IT devices to HPM Pulse" Error! Bookmark not defined.

2.4.1 Εισαγωγή **Error! Bookmark not defined.**

2.4.2 Υψηλής ισχύος ηλεκτρομαγνητικοί παλμοί **Error! Bookmark not defined.**

2.4.3 Πειραματικός Εξοπλισμός **Error! Bookmark not defined.**
2.4.4 Παρατηρήσεις και Αποτελέσματα **Error! Bookmark not defined.**

2.5 Δημοσίευση 4: "Study of UWB Electromagnetic Pulse Impact on Commercial Unmanned Aerial Vehicle" Error! Bookmark not defined.
2.5.1 Εισαγωγή **Error! Bookmark not defined.**
2.5.2 Εξοπλισμός **Error! Bookmark not defined.**
2.5.3 Εγκαταστάσεις **Error! Bookmark not defined.**
2.5.4 Πειραματικά Αποτελέσματα **Error! Bookmark not defined.**
2.5.5 Συμπεράσματα **Error! Bookmark not defined.**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

3.1 Πειραματικός εξοπλισμός για την παραγωγή ΗΜ παλμών Error! Bookmark not defined.
3.1.1 Γεννήτρια Κυματομορφών Agilent 33220A **Error! Bookmark not defined.**
3.1.2 Γεννήτρια παλμών υψηλής τάσης FID FPG 20-1PM **Error! Bookmark not defined.**
3.1.3 Κεραία ETS-Lindgren 3106B **Error! Bookmark not defined.**

3.2 Ανηχωικός Θάλαμος Error! Bookmark not defined.

3.3 Μη Επανδρωμένα Εναέρια Οχήματα Error! Bookmark not defined.

3.4 Μετρητικός εξοπλισμός Error! Bookmark not defined.
3.4.1 Αισθητήρας Μέτρησης Ηλεκτρικού Πεδίου **Error! Bookmark not defined.**
3.4.2 Οπτικός Συζεύκτης **Error! Bookmark not defined.**
3.4.3 Rohde & Schwartz RTO-1044 **Error! Bookmark not defined.**

3.5 Πειραματική Μεθοδολογία Error! Bookmark not defined.
3.5.1 Πειραματική Τοπολογία **Error! Bookmark not defined.**
3.5.2 Βαθμονόμηση Πεδίου **Error! Bookmark not defined.**

3.6 Πειραματικά αποτελέσματα Error! Bookmark not defined.
3.6.1 SYMA X5WH **Error! Bookmark not defined.**
3.6.2 NOVA PRO **Error! Bookmark not defined.**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΠΗΓΕΣ ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

ΥΠΟΜΝΗΜΑ ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.