

# سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی هواپیما

مؤلف:

Mike Tooley

David Wyatt

مترجم:

دکتر حمید رادمنش

مهندس فرشاد اعظم منش

نیاز دانش

## مقدمه

سیستم‌های الکترونیکی و الکتریکی هواپیما به‌طور مستمر مجموعه‌ای از کتاب‌هایی هستند که برای مطالعات مهندسی هواپیما نوشته شده‌اند. این کتاب به‌منظور پوشش علمی مورد نیاز تکسین‌های مکانیک و مهندسان درگیر در فعالیت‌های تعمیر و نگهداری هواپیماهای تجاری و حمل‌ونقل (مسافری) طراحی شده است. علاوه بر این کتاب توصیه می‌شود به اعضای نیروهای مسلح و کسانی که در آموزشگاه‌ها و شرکت‌های درگیر در تعمیر و نگهداری هواپیما و برنامه‌ریزی‌های مهندسی هوانوردی حضور دارند؛ و همچنین برای کسانی نیاز به دید و بینش درباره سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی مانند خلبان‌ها و مدیران مهندسان و ... لازم و ضروری است این کتاب شناختی از اصول الکترونیک، الکتریک و نظریه دیجیتال را فراهم می‌آورد که اساس اصول سیستم‌های مورد مطالعه در کتاب است برای خواننده‌ای که پس‌زمینه‌ای از اصول مربوطه را دارد خواندن فصل یک، موضوعی شخصی است. برای خواننده‌ای که نیاز به درک عمیق از این اصول دست‌یابد اصول اضافی را می‌توان در کتاب‌های مرتبط در زیر را پیدا کرد:

- اصول مهندسی هواپیما
- الکترونیک دیجیتال هواپیما و سیستم‌های کامپیوتر
- سیستم‌های ناوبری و ارتباطات هواپیما

این کتاب‌ها برای دو حالت مطالعات شخصی (مستقل) و همراه با مدرس طراحی شده‌اند؛ و برای به‌روزرسانی و بالا بردن علم مینش نگهداری هواپیما مفید خواهد بود.

عنوان کتاب سیستم‌های الکترونیکی و الکتریکی هواپیما نام‌گذاری شده است به‌ویژه برای اینکه بین سیستم‌های اتوماتیک هواپیما مانند ارتباطات، ناوبری، هدایت پرواز و ادوات پرواز تفاوت قائل شود. موضوع ایونیک (الکترونیک هواپیما) اولین بار در اواخر سال ۱۹۴۰ به‌منظور شناسایی (شناخت) تجهیزات الکترونیکی و الکتریکی مانند رادار ارتباطات و ناوبری رادیویی مورد استفاده قرار گرفته است. هر چند که تا اواخر سال ۱۹۶۰ مورد استفاده قرار نگرفت. در سال ۱۹۷۰ سیستم‌های متنی بر کامپیوترهای مجتمع به‌عنوان مثال سیستم‌های هشداردهنده نزدیک شدن به زمین توسعه یافت؛ که این‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند در تعدادی از هواپیماهای موجود که پارامترهای مانند ارتفاع، سرعت عمودی و ارتفاعات رادیویی مانیتور می‌شوند.

ادامه توسعه و یکپارچه‌سازی سیستم‌های الکترونیکی و الکتریکی همراه با استفاده گسترده از مدارهای مجتمع، ریزپردازنده‌ها، ارتباطات داده‌ای و نمایشگرهای الکترونیکی معنای جدیدی به ایونیک داده است.

مهندسی هواپیماها هواپیماهای قدیمی را در سرویس قرار می‌دهند و با ورود هواپیماهای جدید خدمات بر اساس فناوری‌های مدرن ارائه می‌شود. با توجه به روند ۴۰ سال گذشته وابستگی روزافزون به سیستم‌های خودکار هواپیما (ایونیک) مشهود بوده است نتیجه نهایی این قضیه هواپیماهای تمام برقی است؛ که در این مفهوم سیستم‌های ارتباطات مکانیکی سنتی، هیدرولیکی و نیوماتیکی کاملاً توسط سیستم‌های الکترونیکی و الکتریکی جایگزین می‌شود.

این کتاب جزئیات موجود در نشریات هواپیما از جمله تعمیر و نگهداری و کتابچه‌های راهنمای دیاگرام سیم‌پیچی‌ها را ارائه نمی‌دهد و مثال‌های موجود در این کتاب بر اساس انواع هواپیماهای خاص است و این مثال‌ها فقط برای تبیین یک موضوع خاص است.

در سراسر کتاب اصول مهم و عملکردهای سیستم به‌وسیله عنوان «نکته کلیدی» در پایان هر قسمت خلاصه می‌شود و در فواصل منظم می‌توانیم دانش خود را از طریق «آزمون درک مطلب» تست کنیم؛ و در نهایت اصول بهره‌برداری از سیستم در زمینه مهندسی تعمیرات هواپیماها به‌وسیله «نکته تعمیر و نگهداری» ارائه می‌شود. هر فصل شامل تعدادی سؤالات چند گزینه‌ای برای مرور و ارزیابی اضافی بر موضوعات ارائه شده است.

خلاصه‌ای از کتاب به شرح زیر است:

فصل یک، توضیحات در مورد برق و شرایط حرکت بار الکتریکی و پارامترهای الکتریکی اساسی مانند جریان، ولتاژ، مقاومت و توان را ارائه می‌دهد در این فصل مقدمه از الکترواستاتیک و خازن همچنین الکترومغناطیس و سلف را ارائه می‌دهد که بر مفاهیم کلیدی و قوانین اساسی که زیربنای بهره‌برداری از سیستم‌های الکتریکی تشکیل شده در هواپیما است.

بخش بعدی از این فصل مقدمه مفصل بر جریان متناوب و اصول ترانسفورماتور و نتیجه‌گیری همراه با بخش‌های ایمنی‌های ضروری آورده شده است؛ و این فصل مفید خواهد بود اگر شما قبلاً اصول الکتریکی را مطالعه نکرده‌اید و آن طراحی‌شده به منظور رفع هرگونه کمبود دانش شما در اصول پایه‌ای و به شما کمک می‌کند که مباحث را بهتر درک کنید.

اصول الکترونیک در فصل ۲ معرفی شده است که اصول، ساختار و کاربردهای اساسی از انواع نیمه‌رساناهای مشترک، قطعاتی مانند دیودها، ترانزیستورها، ترانزیستورها و مدارهای مجتمع توضیح داده می‌شود و شرح مختصری از مدارهای یکسوکننده هر دو نیم‌موج و تمام موج و همچنین استفاده از ترانزیستورها به‌عنوان تقویت‌کننده‌های مدار است.

ظهور روش‌های دیجیتال و مدارهای مجتمع موجب انقلابی در حوزه و کاربردهای برای سیستم‌های خودکار هواپیما (اویونیک) شده است. فصل ۳ خواننده را با مقدمه‌ای بر روش‌های دیجیتال آشنا می‌کنند. عملکرد و بهره‌برداری از گیت‌های منطقی قبل از کشف گیت‌های ترکیبی در چندین نوع هواپیما مورد استفاده قرار می‌گرفت. این فصل یک نمای کلی از سیستم‌های کدگذاری شده و منطقی که در داده‌های عددی نمونه‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرند. علاوه بر این‌ها مقدمه‌ای بر سیستم‌های باس داده‌ای هواپیماها به همراه خلاصه‌ای از معماری و اجزای اصلی سیستم‌های کامپیوتری ساده ارائه داده می‌شود.

ژنراتورها و موتورها به‌طور گسترده در انواع هواپیماهای مدرن مورد استفاده قرار می‌گیرند فصل ۴ اصول عملکردی ژنراتورها و موتورها و همچنین جنبه‌های عملی و نظری تولید و توزیع برق در هواپیما و همچنین سیستم‌های سه فاز و روش‌های اتصال آنها و برخی جزئیات آنها شرح داده می‌شود.

شما اگر به دانش خود در این زمینه‌ها شک دارید بهتر است فصل‌های ۱ تا ۴ را مطالعه کنید. همچنین می‌توانید با جواب به سؤالات چند گزینه‌ای پایان هر فصل دانش خود را محک بزنید.

همه سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی به یک منبع توان نیاز دارند باتری‌ها منابع اولیه توان الکتریکی در هواپیماها می‌باشند که جریان مستقیم (DC) تحویل می‌دهند. فصل ۵ انواع باتری‌های مورد استفاده در هواپیماها و کاربردهای و چگونگی نصب و نگهداری آنها را بررسی می‌کند. انواع باتری‌ها معمولاً به‌وسیله مواد استفاده شده در آنها تعریف می‌شوند که شامل انواع باتری‌ها اسید سرب، نیکل کادمیوم است انواع دیگری از باتری‌ها شامل لیتیوم، هیدرید نیکل - متال برای توان اولیه در هواپیما در نظر گرفته می‌شود.

در فصل ۶ ما مروری بر منابع دیگر از توان الکتریکی و کاربرد انواع آنها در هواپیماها را داریم. توان الکتریکی را می‌توان از انواع منابع گرفت یک دسته‌بندی منابع توان به‌صورت منابع اولیه و ثانویه است که در آن ژنراتورها و موتورها به‌عنوان منابع اولیه توان الکتریکی در نظر گرفته می‌شوند و اینورترها، واحدهای یکسوکننده ترانسفورمری (TRU) در دسته منابع دوم (ثانویه) قرار می‌گیرند؛ و این توان‌ها در قالب جریان متناوب و مستقیم بسته به نیاز سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ژنراتورها هم می‌تواند جریان مستقیم و هم جریان متناوب تولید کند و البته خروجی ژنراتورها نیاز به تنظیم شدن دارد. اینورترها برای تبدیل (DC) معمولاً از باتری به متناوب (AC) مورد استفاده قرار می‌گیرند و واحدهای یکسوکننده ترانسفورمری (TRU) جریان AC را به DC تبدیل می‌کند. این‌ها معمولاً برای شارژ باتری‌ها از ژنراتورهای AC کاربرد دارند. البته باید به این توجه شود که در برخی موارد برای تغییر سطح ولتاژ AC از ترانسفورماتورها (به‌طور معمول برای تبدیل سطح ولتاژ ۱۱۵V به ۲۶V) استفاده می‌شود و همچنین در هواپیما باید امکان اتصال منبع توان خارجی را در طول بازه سرویس و تعمیر و نگهداری را فراهم آورد. واحد توان کمکی (APU) به‌طور معمول برای استارت موتورهای اصلی هواپیما در حالتی که روی زمین است از طریق سیستم توزیع هوا مورد استفاده قرار می‌گیرد. واحد توان کمکی (APU<sup>۱</sup>) می‌تواند توان الکتریکی در صورت خرابی ژنراتور به‌وسیله توربین بادی (RAT<sup>۲</sup>) را فراهم کند. عملکرد ایمن و اقتصادی یک هواپیما بیشتر وابسته به سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی آن است این سیستم‌ها همگی به‌وسیله سیم‌ها و کابل‌ها به هم متصل هستند که این اشکال عمده آنها است.

فصل ۷ ساختار فیزیکی سیم‌ها و کابل‌ها و چگونگی حفاظت آنها در شرایط اضافه‌بار قبل از توزیع توان در بارهای مختلف در هواپیما شرح داده می‌شود کابل‌ها و سیم‌ها به‌عنوان بخش جدایی‌ناپذیر از قسمت تأسیسات و نیاز هواپیما برای برقراری ارتباط بین اجزای مختلف تلقی می‌شود. دنبال کردن، بازدیدهای مداوم و مقررات نگهداری آنها برای ادامه صلاحیت پرواز یک شرط اساسی است. نصب و جاگذاری سیم‌ها و کابل‌ها را نمی‌توان یک امر کم‌اهمیت جلوه داد و قابلیت اطمینان سیستم را به‌طور جدی تحت تأثیر قرار می‌دهد که باید نصب درست و بازدید و تعمیر و نگهداری از آنها امری ضروری است. ما نیاز داریم توزیع و کنترل توان الکتریکی به‌صورت کاملاً ایمن و کارآمد در دستگاه‌های هواپیما صورت پذیرد و پس از نصب درست سیم‌ها کابل‌ها اولویت بعدی حفاظت آنها در برابر اضافه جریان‌های بیش‌ازحد از آنها است که باعث ایجاد دود و گازهای سمی و یا آتش‌سوزی می‌شود. قانونی که یک بخش جدید را پیشنهاد می‌کند سیستم اتصال سیم الکتریکی (EWIS<sup>۳</sup>) که این واقعیت را اذعان می‌دارد که سیم‌کشی یکی از بیشترین قطعات نصب شده در هواپیما است EWIS شامل هر سیم یا ابزار سیم‌کشی یا ترکیبی از آنها از جمله دستگاه‌های ترمینال در هواپیما است که انرژی الکتریکی را بین دو یا چند نقطه ترمینال انتقال می‌دهد.

توان الکتریکی به بارهای مختلف در هواپیما از طریق نقطه مشترکی که بنام «باس بار» عرضه می‌شود در فصل ۸ تمرکز ما بر روی ساختار باس بار و چگونگی حفاظت و مدیریت منابع تغذیه توان مختلف موجود در هواپیماها خواهد بود. سیستم توزیع توان الکتریکی بر اساس یک یا چند باس است که توان الکتریکی به محل ترمینال‌های قطعات از طریق مدارت و مسیرهای از پیش تعیین‌شده انتقال می‌یابد. ماهیت و پیچیدگی سیستم توزیع به‌اندازه و نقش هواپیماها اعم از تک موتور به‌سنگی دارد.

کلمه باس بار (که در سیستم‌های الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرد) از واژه لاتین «omnibus» به معنای برای همه گرفته‌شده است. باس بار از یک یا چند منبع (ژنراتور، اینورتر، واحدهای یکسوکننده ترانسفورمری و باتری‌ها) تغذیه می‌کند. دستگاه‌های حفاظت چه فیوزها و چه بریکرها به‌صورت سری به این سیستم‌های خاص متصل هستند و در شرایط اضافه‌بار توان آنها از شبکه حذف می‌شود. همچنین دستگاه‌هایی به‌منظور حفاظت از منابع توان و خطوط فیدرها در باس بار برای جداسازی مدار در شرایط اضافه‌بار و... لازم است.

- 
1. Auxiliary Power Unit
  2. Ram Air Turbine
  3. Electrical Wire Interconnection System

در هواپیما بسیاری از سیستم‌ها به کنترل و نظارت نیاز دارند که یا به صورت دستی به وسیله خدمه یا اتوماتیک کنترل و نظارت می‌شوند. فصل ۹ توصیفی از کنترل عمومی و دستگاه‌های مبدل (ترانسدیوسر) در هواپیماها را ارائه می‌دهیم. یک سوئیچ ساده‌ترین روش کنترل و نظارت است؛ سوئیچ‌ها می‌توانند به صورت دستی به وسیله خدمه و یا اتوماتیک با حس کردن تغییرات و یا از طریق ریموت کنترل شود. بسیاری از پارامترهای هواپیما نیاز به اندازه‌گیری دارند که به وسیله انواع مبدل‌ها (ترانسدیوسرها) به دست می‌آیند. این دستگاه‌ها برای تبدیل پارامترها کاربرد دارند به‌عنوان مثال فشار، دما، جابجایی و غیره را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند. موتور هواپیما به بسیاری از سیستم‌های متصل است که هر کدام به توان الکتریکی نیاز دارند. فصل ۱۰ استارت موتور و سیستم احتراق آن و همچنین سیستم‌های نشان‌دهنده برای پیستون و موتور توربین گازی را شرح می‌دهد. اغلب نیاز الکتریکی (بخصوص از لحاظ مصرف جریان) برای سیستم استارت موتور است. هواپیماهای هوانوردی عمومی برای هردوی پیستون و موتور توربین گازی از موتور استارت الکتریکی استفاده می‌کنند. هواپیماهای مسافری بزرگ از سیستم استارت هوا (کنترل الکتریکی) استفاده می‌کنند که از تجهیزات پشتیبانی زمینی یا هوایی به وسیله تغذیه عرضی از یک موتور دیگر به دست می‌آید. سیستم‌های استارت الکتریکی مختلفی وجود دارد که با پیشرفت روبه‌جلوی به سمت هواپیماهای تمام برقی هواپیماهای با روش‌های استارت الکتریکی مختلفی را خواهیم دید. همچنین موتور به توان الکتریکی برای سیستم احتراق نیاز دارد نیازهای پیستون و موتورهای توربین گازی کاملاً متفاوت است و ما در این فصل سیستم احتراق و استارت را شرح می‌دهیم و آنها به هماهنگی نیاز دارند به این معنی که این هماهنگی در راستای چرخش موتور و مشتعل کردن مخلوط سوخت و هوا است.

وسایل مورد نیاز الکتریکی و الکترونیکی شامل انواع سیستم‌های نشان‌دهنده به منظور پایش عملکرد و مدیریت موتور لازم است. این سیستم‌های نشان‌دهنده شامل اندازه‌گیری و مانیتورینگ پارامترهای از جمله سرعت چرخش، نیرو، گشتاور، درجه حرارت سوخت و فشار روغن است. نشان‌دهنده‌ها می‌توانند به وسیله شاخص‌های مجزا یا به وسیله صفحه‌نمایش الکتریکی قابل‌ارائه هستند. مدیریت سوخت برای عملکرد و بهره‌برداری امن و اقتصادی امری ضروری است. دامنه مدیریت سوخت به اندازه و نوع هواپیما بستگی دارد سوخت تحویلی به موتور با استفاده از روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد. فصل ۱۱ یک مرور کلی بر مدیریت سوخت در محدوده وسیعی از انواع هواپیما را فراهم می‌آورد انواع سیستم‌ها در این قسمت شامل نشانگر مقدار سوخت، توزیع، سوخت‌گیری، چرخه سوخت و خروج سوخت است به‌عنوان مثال ما به اندازه‌گیری و نشان دادن مقدار سوخت در تابلو (صفحه نمایش) هواپیما نیاز داریم. روش‌ها و فناوری مختلفی برای اندازه‌گیری مقدار سوخت بسته به اندازه و نوع هواپیما از طریق حس‌گرهای الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در هواپیما بزرگ سوخت مورد نیاز برای تغذیه موتورها به وسیله پمپ‌های درایو الکتریکی انجام می‌گیرد. در هواپیمای کوچک‌تر یک پمپ موتور- درایو با استفاده‌ای از پمپ‌های الکتریکی به‌عنوان دستگاه پشتیبان استفاده شده است. شیرهای موتوری یا مغناطیسی (سلونوئید) به منظور عدم عرضه سوخت به موتور تحت شرایط غیرطبیعی استفاده می‌شود. در هواپیماهای بزرگ‌تر سوخت می‌تواند بین تانک‌ها انتقال یابد که این کار به صورت دستی توسط خدمه یا به‌طور اتوماتیک توسط کامپیوتر کنترل سوخت کنترل می‌شود.

روشنایی هواپیما به دلایل مختلفی از جمله: ایمنی، عملکرد و نیازهای عملیاتی نگهداری و برای راحتی مسافران امری ضروری است. فصل ۱۲ مروری بر فناوری‌های روشنایی و انواع تجهیزات روشنایی مورد استفاده در کاربردهای خاص در هواپیما است. کاربردهای روشنایی هواپیما را می‌توان به‌طور کلی به چهار بخش کاکپیت، کابین مسافر، روشنایی بیرون هواپیما و محفظه بار و تجهیزات تقسیم کرد. چراغ‌های روشنایی به وسیله

سوئیچ‌ها، مقاومت متغیر یا با استفاده از مدارهای کنترل اتوماتیک کنترل می‌شوند.

در هواپیماهای مسافری و تجاری طیف وسیعی از تجهیزات الکترونیک کابین برای مسافران ایمنی، راحتی و سرگرمی را فراهم می‌آورد. انواع این تجهیزات و وسایل شامل سیستم‌های روشنایی، صوتی و تصویری است. در فصل ۱۳ انواع سیستم‌ها و تجهیزات مورد استفاده برای ایمنی، راحتی و سرگرمی مسافران شرح داده می‌شود. سیستم‌های صوتی شامل سیستم آدرس‌دهی مسافران که در کابین خدمه و پرواز مورد استفاده می‌شود که از آن خبر ایمنی پرواز و سایر اطلاعات پرواز از طریق میکروفن دستی پخش می‌شود که از طریق بلندگو در کابین و هدست مسافران شنیده می‌شود از همین سیستم برای پخش آهنگ صوتی نیز استفاده می‌شود. جهت اعلام و اطلاع‌های معمول به زبان‌های خارجی و یا پخش موسیقی در پانسیون و همچنین در هنگام خروج از هواپیما جهت راهنمایی از سیستم‌های صوتی استفاده می‌شود. تجهیزات آشپزخانه (بوفه) در هواپیمای تجاری و مسافرتی قرار داده می‌شود. ماهیت این تجهیزات به اندازه و نقش هواپیماها بستگی دارد. تهویه هوا برای در هواپیماهای مسافری برای راحتی مسافران لازم است. سیستم تنظیم فشار (Pressurization) برای پرواز در ارتفاع بالا لازم است. پله‌های هوایی به مسافران، خدمه پرواز و کارکنان فرودگاه به منظور ترک هواپیما بدون نیاز به پلکان سیار متحرک و یا دسترسی به یک خروجی استفاده می‌شود. همه این سیستم‌های به رابط الکترونیکی/الکتریکی و توابع کنترلی برای عملکرد درست نیاز دارند.

فصل ۱۴ مروری بر سیستم‌های بدنه هواپیما مانند ارابه فرود، نشانگرها، وضعیت سطح کنترل و سیستم‌های نمایشگر است. انواع حس‌گرها برای مانیتورینگ و کنترل سیستم‌های بدنه هواپیما مورد نیاز است. به‌طور کلی این حس‌گرها می‌توانند به‌عنوان تشخیص‌دهنده یک یا دو حالت (شرایط)، یا یک موقعیت متغیر بکار روند. این وضعیت‌های که شامل دو حالت می‌باشند شامل: ارابه فرود (بالا یا پایین) و درهای پایین (باز یا بسته بودن) و موقعیت‌های متغیر شامل سطوح کنترل بدنه هواپیما، موقعیت فلپ است. میکروسوئیچ‌ها و یا حس‌گرهای مجاورت موقعیت‌های دو حالت را تشخیص می‌دهند دستگاه‌های موقعیت متغیر توسط انواع دستگاه‌های شامل مقاومت متغیر و سنکرون شده تشخیص داده می‌شوند.

فصل ۱۵ انواع سیستم‌های حفاظتی نصب‌شده در هواپیما برای محافظت در مقابل خطراتی مانند اماندگی، یخ، باران، ناامنی در پیکربندی برخاستن و یا هنگام ترمز کردن کاربرد دارند. سیستم‌های حفاظتی با یک هشدار واضح و مشخص از کارافتادگی را به خدمه اعلام می‌کنند قبل از اینکه شرایط ناامن شود. پرواز در شرایط یخ و باران برای تهدیدی برای عملکرد ایمن هواپیما است سیستم هشداردهنده پیکربندی (که به‌عنوان سیستم هشداردهنده برخاستن هواپیما شناخته می‌شود) یک هشدار ارائه می‌دهد در صورتی که در شرایط مناسب خلبان یک کنترل‌های ویژه‌ای انتخاب نکرده باشد به‌عنوان مثال پیکربندی ناامن.

سیستم ضد لغزش (که به‌عنوان سیستم ترمز ضد قفل (ABS<sup>۱</sup>) شناخته می‌شود) برای جلوگیری از قفل شدن چرخ‌های فرود اصلی در هنگام فرود بخصوص در سطوح باند خیس و یخ‌زده کاربرد دارد. آتش در تابلو یک هواپیما خطر بسیار جدی است همه اقدامات باید به‌منظور جلوگیری از خطر شروع آتش در هواپیما انجام گیرد؛ و در صورت چنین اتفاقی باید حفاظت‌های لازم و کافی در برابر آتش در هواپیما وجود داشته باشد. در فصل ۱۶ بر تجهیزات و وسایل مورد استفاده جهت شناسایی آتش و دود به همراه وسایل و مواد (عوامل) آتش خاموش‌کن تمرکز داریم. موضوع حفاظت آتش یک شاخه‌ای از مهندسی است که در آن

موضوعی منحصر به فرد است این نظریه در این فصل پوشش داده می شود که به خواننده اطلاعات کافی جهت درک اینکه چگونه این نظریه از طریق سیستم های الکتریکی هواپیما اعمال می شود.

در سال ۱۹۷۰ مطالعات به وسیله محققان تصادف و متخصصان نظارتی برای بررسی یکی از مهم ترین دلایل حوادث هواپیما انجام شد: سقوط در پرواز تحت کنترل (CFIT<sup>۱</sup>) این را می توان تعریف کرد به عنوان حادثه ای که یک هواپیما بدون نقص تحت کنترل خلبان واجد شرایط به صورت غیر عمد به سمت زمین، مانع و یا آب سقوط کند. نام داده شده به این نوع از حفاظت را: «سیستم هشداردهنده آگاهی از نزدیک شدن به زمین (TAWS<sup>۲</sup>)» که در فصل ۱۷ شرح داده می شود. حوادث CFIT معمولاً در طول شرایط دید کم اتفاق می افتد که عوامل دیگری مانند حواس پرتی خدمه پرواز، خراب تجهیزات و یا عیب (خرابی، سو تفاهم) در کنترل ترافیک هوایی (ATC<sup>۳</sup>) نیز در آن مؤثر است. در CFIT خلبان به طور کلی از این وضعیت بی اطلاع است تا زمانی که دیگر خیلی دیر است. سیستم هشداردهنده نزدیک شدن به زمین (GPWS<sup>۴</sup>) توسعه داده شده در سال ۱۹۶۷ به منظور هشدار به خلبان که هواپیما در شرایط CFIT در خطر فوری قرار دارد. این سیستم به سیستم ارتقا یافته اجتناب از برخورد به زمین (EGPWS<sup>۵</sup>) با اضافه کردن خاصیت اجتناب از زمین با دید به جلو (FLTA<sup>۶</sup>) از طریق فناوری سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS<sup>۷</sup>) توسعه داده می شود.

یکی از سیستم های الکتریکی/الکترونیکی اساسی مرتبط با صنعت هواپیما که در هنگام سقوط سیستم ثبت اطلاعات پرواز است که معمولاً بیشتر تحت عنوان «جعبه سیاه» بیشتر شناخته شده است. هر چند که این قطعه در اصل نارنجی رنگ است. ثبت اطلاعات پرواز برای بررسی حادثه در هواپیماهای حمل و نقل تجاری تجهیزاتی لازم و ضروری است. تلاش های برای ثبت اطلاعات پرواز به ۱۹۴۰ برمی گردد FDR<sup>۸</sup> در حال حاضر با ضبط صدای کابین (CVR<sup>۹</sup>) همراه است. فصل ۱۸ مروری بر محدوده های از فن آوری های FDR/CVR برای هر دو بررسی حادثه و روند مانیتورینگ است. اطلاعات ثبت شده بعد از حادثه یا اتفاق مورد بررسی قرار می گیرند به عنوان بخشی از تلاش محققان برای دستیابی به علت/علت های سقوط است جعبه سیاه در اکثر موارد مشخص می کند روندی را که هواپیما یا عملکرد موتور آن داشته است. الگوریتمی برای شرایط سالم و طبیعی در طول دوره سرویس و آزمایش پرواز هواپیما تعیین شده است که این الگوریتم شامل پارامترهای مانند دمای آگزوز موتور، فشار روغن و ارتعاش (نوسان) محور برای سرعت ها و ارتفاعات مختلف داده شده است. این پارامترها در کل طول عمر هواپیما مانیتور شده و هرگونه انحراف از حالت عادی آنالیز می شود به منظور بررسی اینکه آیا موتور نیاز به بازرسی، نگهداری و یا تعویض دارد؟

یکی از پیامدهای تجهیزات الکترونیکی و الکتریکی ایجاد اختلال و نویز با تجهیزات موجود در مجاورت آنها است فصل ۱۹ نگاهی بر برخی از پیامدهای تداخل میدان های الکتریکی و مغناطیسی دارد. اصلاح داده شده به این اختلال ها «تداخل الکترومغناطیسی (EMI<sup>۱۰</sup>)» است. دستگاه های و وسایل الکترونیکی و الکتریکی تأثیرات EMI را حس می کند. این یک پارادوکس است زمانی که بسیاری از اصول مهندسی برق بر پایه همین کوپل امواج الکترومغناطیس با رساناها به منظور تولید انرژی الکتریکی و بالعکس مثلاً در ژنراتورها و موتورها

1. Controlled Flight Into Terrain
2. Terrain Awareness Warning System
3. Air Traffic Control
4. Ground proximity warning system
5. enhanced ground proximity warning system
6. forward-looking terrain avoidance
7. global positioning system
8. flight data recorder
9. Cockpit voice recorder
10. electromagnetic interference

صورت می‌پذیرد؛ و بعلاوه سیستم‌هایی در هواپیما برای انتقال و دریافت انرژی الکترومغناطیسی مثلاً در تجهیزات رادیویی طراحی شده است. در سیستم‌های اویونیک پیچیده در صورتی که مشکلات به‌آسانی پیدا نشوند موجب ایجاد عواقب جدی خواهیم شد. توانایی عملکرد یک تجهیز در کنار سایر تجهیزات بدون ایجاد EMI «سازگاری الکترومغناطیس (EMC)» نامیده می‌شود.

تجهیزات دیجیتال مدرن در سرعت بسیار بالا و سطح توان نسبتاً پایین عمل می‌کنند. علاوه بر EMI میدان‌های تابشی با نفوذ بالا (HIRF<sup>۱</sup>) مانند امواج رادیویی، رادارهای فرستنده، خطوط برق و رعدوبرق از محیط بیرون از هواپیما دریافت می‌شوند. انرژی بالای این میدان تابشی قوی اختلال در تجهیزات و سیستم‌های الکتریکی در هواپیما را ایجاد می‌کند. این اثر به‌عنوان «میدان تابشی انرژی بالا (HERF<sup>۲</sup>)» نامیده می‌شود. القای انرژی الکترومغناطیس باعث شارش جریان بزرگی در تجهیزات می‌شود که موجب آسیب و خسارات جدی در وسایل و قطعات الکتریکی همراه با تأثیرات بعدی EMI خواهد شد.

پیشرفت در فن‌آوری‌های الکتریکی موجب ایجاد مزایای جدیدی مانند پردازش سریع‌تر، حافظه‌های با تراکم بالا، صفحه‌نمایش‌های کارآمدتر و... را سبب شده است. این پیشرفت‌ها در درجه اول باعث کاهش در اندازه فیزیکی اتصالات نیمه‌رساناها که منجر به ایجاد قطعاتی با تراکم بالاتر در اندازه‌های مشخص در مدارهای مجتمع می‌شود.

یکی از مشکلات قابل توجه در رابطه با برخی از انواع قطعات نیمه‌رساناها دارای اتصالات کوچک‌تر که بیشتر مستعد آسیب می‌باشند اثر ولتاژهای الکترواستاتیکی است که طیف گسترده‌ای از تجهیزات الکتریکی در هواپیماها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اثر این تضعیف شدن اتصالات نیمه‌رساناها با خرابی قطعه نمایان می‌شود؛ هر دو این اثرات بدون هیچ‌گونه علائم رخ می‌دهند و حتی با چشم غیرمسلح هم قابل مشاهده نمی‌باشند. دستگاه‌های حساس الکترواستاتیکی قطعاتی هستند که تمایل دارند خسارات ناشی از انحراف بار الکتریکی تولید شده در مرحله اول از عملکردهای انسانی را حس کنند.

این مشکل در قطعات حافظه با تراکم بالا و نمایشگرهای الکترونیکی شایع است. تضعیف و آسیب به دستگاه‌های حساس الکترواستاتیکی می‌توان نتیجه‌ای از بد بکار بردن و روش‌های نامناسب از ذخیره‌سازی است. مسائل عملی برای کنترل (ESSD<sup>۳</sup>) در فصل ۱۹ آورده شده است.

بسیاری از فرآیندهای عملکردی در طول عمر هواپیما لازم است با مقررات صلاحیت پرواز مناسب و قابل اجرا مطابقت داشته باشد تا عملکرد ایمن هواپیما را ناشی شود که رعایت این مقررات صلاحیت پرواز مجوزی برای ادامه پرواز هواپیماها است. فصل ۲۰ مروری بر برخی از نیازمندی‌های نصب و راه‌اندازی‌های عملی و تجهیزات تست موردنیاز به‌وسیله مهندسی اویونیک برای اطمینان از ادامه صلاحیت پرواز از سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی هواپیما است.

دو نکته باید توجه شود آنکه: اصطلاح تعمیر و نگهداری برای هر ترکیبی از بازدید سراسری، تعمیر، جایگزینی، اصلاح یا اصلاح عیب هواپیما یا قسمتی از آن به استثنای بازرسی پیش از پرواز مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین باید تأکید ویژه به نصب کابل و سیم‌ها داشته باشیم چراکه به‌صورت مستقیم بر قابلیت اطمینان سیستم تأثیر می‌گذارد.

---

1. ElectroMagnetic Compatibility  
2. High Intensity Radiated Fileds  
3. high-energy radiated fields  
4. ElectroStatic Sensitive Devices



## فهرست مطالب

<p>۱-۲ نظریه نیمه رساناها..... ۶۳</p> <p>۱-۱-۲ اثرات دما..... ۶۵</p> <p>۲-۲ دیودها..... ۶۸</p> <p>۱-۲-۲ مشخصه دیودها..... ۶۹</p> <p>۲-۲-۲ دیود زنر..... ۷۰</p> <p>۳-۲-۲ یکسوکننده کنترل شده سیلیکونی... ۷۲</p> <p>۴-۲-۲ دیودهای نورافشان (LED)..... ۷۳</p> <p>۵-۲-۲ یکسوکننده‌ها..... ۷۴</p> <p>۳-۲ ترانزیستورها..... ۸۱</p> <p>۱-۳-۲ بایاس و شارش جریان..... ۸۲</p> <p>۲-۳-۲ مشخصه‌های ترانزیستور..... ۸۳</p> <p>۳-۳-۲ ساختارهای عملکرد ترانزیستور..... ۸۵</p> <p>۴-۳-۲ بهره جریان..... ۸۶</p> <p>۴-۲ مدارهای مجتمع..... ۸۷</p> <p>۵-۲ سؤالات چندگزینه‌ای..... ۹۰</p> <p><b>فصل ۳: اصول دیجیتال..... ۹۳</b></p> <p>۱-۳ گیت‌های منطقی..... ۹۳</p> <p>۱-۱-۳ بافرها..... ۹۴</p> <p>۲-۱-۳ منطق AND..... ۹۴</p> <p>۳-۱-۳ منطق OR..... ۹۴</p> <p>۴-۱-۳ گیت NAND..... ۹۴</p> <p>۵-۱-۳ گیت NOR..... ۹۴</p> <p>۶-۱-۳ گیت OR انحصاری (XOR)..... ۹۴</p> <p>۷-۱-۳ گیت NOR انحصاری (XNOR)..... ۹۵</p> <p>۲-۳ سیستم‌های منطقی ترکیبی..... ۹۶</p> <p>۱-۲-۳ منطق هشدار اراهه فرود..... ۹۶</p> <p>۳-۳ دستگاه‌های مونواستابل..... ۹۷</p> <p>۱-۳-۳ منطق استارت APU..... ۹۸</p> <p>۴-۳ دستگاه‌های بای‌استیبل (BISTABLE)..... ۱۰۰</p> <p>۵-۳ دیکدر یا رمزگشا (Decoders)..... ۱۰۳</p> <p>۱-۵-۳ رابط گیله‌ام و کد گیله‌ام (Gillhom)..... ۱۰۵</p>	<p><b>فصل ۱: اصول برق..... ۱۷</b></p> <p>۱-۱ نظریه الکترون..... ۱۷</p> <p>۲-۱ الکترواستاتیک و خازن..... ۱۹</p> <p>۱-۲-۱ میدان الکتریکی..... ۲۱</p> <p>۳-۱ جریان مستقیم..... ۲۴</p> <p>۴-۱ جریان، ولتاژ، مقاومت..... ۲۵</p> <p>۱-۴-۱ اختلاف پتانسیل (ولتاژ)..... ۲۶</p> <p>۲-۴-۱ مقاومت..... ۲۶</p> <p>۳-۴-۱ قانون اهم..... ۲۷</p> <p>۴-۴-۱ قانون کیرشهف..... ۲۹</p> <p>۵-۴-۱ مدارهای سری و موازی..... ۳۰</p> <p>۵-۱ توان و انرژی..... ۳۲</p> <p>۶-۱ الکترومغناطیس و سلف..... ۳۴</p> <p>۱-۶-۱ القای الکترومغناطیس..... ۳۷</p> <p>۲-۶-۱ قوانین فارادی و لنز..... ۳۹</p> <p>۳-۶-۱ اندوکتانس خودی و اندوکتانس متقابل..... ۴۰</p> <p>۴-۶-۱ سلف..... ۴۱</p> <p>۷-۱ جریان متناوب و تراسفورماتور..... ۴۲</p> <p>۱-۷-۱ فرکانس و زمان تناوبی..... ۴۳</p> <p>۲-۷-۱ مقدار متوسط، پیک، پیک-پیک و مقدار r.m.s..... ۴۴</p> <p>۳-۷-۱ منبع تغذیه سه فاز..... ۴۶</p> <p>۴-۷-۱ راکتانس..... ۴۶</p> <p>۵-۷-۱ امپدانس..... ۴۹</p> <p>۶-۷-۱ رزونانس (تشدید)..... ۵۰</p> <p>۷-۷-۱ ضریب توان..... ۵۱</p> <p>۸-۷-۱ ترانسفورماتور..... ۵۳</p> <p>۸-۱ ایمنی..... ۵۸</p> <p>۹-۱ سؤالات چندگزینه‌ای..... ۵۹</p> <p><b>فصل ۲: اصول الکترونیک..... ۶۳</b></p>
--	--

۱۵۶.....(VSCF).....
۶-۴ سؤالات چندگزینه‌ای..... ۱۵۷.....
<b>فصل ۵ : باتری‌ها..... ۱۶۱.....</b>
۱-۵ بررسی اجمالی..... ۱۶۱.....
۲-۵ سلول‌های ذخیره‌سازی..... ۱۶۲.....
۳-۵ باتری‌های سرب-اسید..... ۱۶۴.....
۱-۳-۵ ساختار..... ۱۶۵.....
۲-۳-۵ شارژ/خالی شدن (دشارژ)..... ۱۶۶.....
۳-۳-۵ تعمیر و نگهداری..... ۱۶۷.....
۴-۳-۵ باتری‌های sealed..... ۱۶۹.....
۴-۵ باتری‌های نیکل-کادمیوم..... ۱۶۹.....
۱-۴-۵ ساختار..... ۱۷۰.....
۲-۴-۵ شارژ کردن..... ۱۷۰.....
۳-۴-۵ خالی شدن (دشارژ)..... ۱۷۰.....
۴-۴-۵ تعمیر و نگهداری..... ۱۷۲.....
۵-۵ باتری‌های لیتیومی..... ۱۷۳.....
۶-۵ باتری‌های نیکل-متال هیدرید..... ۱۷۵.....
۷-۵ موقعیت‌های (محل) باتری..... ۱۷۷.....
۸-۵ تهویه باتری..... ۱۷۸.....
۹-۵ اتصالات باتری..... ۱۷۹.....
۱۰-۵ سؤالات چندگزینه‌ای..... ۱۸۰.....
<b>فصل ۶ : منابع تولید توان..... ۱۸۳.....</b>
۱-۶ تنظیم‌کننده‌ها..... ۱۸۴.....
۱-۱-۶ تنظیم‌کننده‌های تماس ارتعاشی... ۱۸۴.....
۲-۱-۶ تنظیم‌کننده کربن-پیل..... ۱۸۵.....
۳-۱-۶ تنظیم‌کننده الکترونیکی ولتاژ..... ۱۸۷.....
۳-۶ توان خارجی..... ۱۸۸.....
۱-۳-۶ تبدیل توان..... ۱۸۸.....
۴-۶ اینورتر..... ۱۸۹.....
۵-۶ واحدهای ترانسفورماتوری یکسوساز..... ۱۹۰.....
۶-۶ ترانسفورماتورها..... ۱۹۱.....
۷-۶ واحدهای کمکی توان (APU)..... ۱۹۲.....
۸-۶ توان اضطراری..... ۱۹۴.....
۹-۶ سؤالات چندگزینه‌ای..... ۱۹۴.....

۶-۳ آنکدر..... ۱۰۶.....
۷-۳ مالتی‌پلکسر..... ۱۰۷.....
۸-۳ سیستم باس..... ۱۰۸.....
۱-۸-۳ اصول باس سری..... ۱۰۹.....
۲-۸-۳ ARINC۴۲۹..... ۱۱۱.....
۹-۳ کامپیوترها..... ۱۱۲.....
۱-۹-۳ حافظه و ذخیره‌سازی داده..... ۱۱۵.....
۱۰-۳ سؤالات چندگزینه‌ای..... ۱۱۵.....
<b>فصل ۴ : ژنراتورها و موتورها..... ۱۱۹.....</b>
۱-۴ اصول ژنراتور و موتور..... ۱۱۹.....
۱-۱-۴ ژنراتور AC ساده..... ۱۲۰.....
۲-۱-۴ ژنراتور DC..... ۱۲۲.....
۳-۱-۴ ژنراتورهای DC..... ۱۲۳.....
۴-۱-۴ اتصالات میدان..... ۱۲۸.....
۵-۱-۴ ژنراتورهای استارتر..... ۱۳۱.....
۲-۴ ژنراتورهای AC..... ۱۳۱.....
۱-۲-۴ ژنراتورهای AC دوفاز..... ۱۳۴.....
۲-۲-۴ ژنراتور AC سه فاز..... ۱۳۴.....
۳-۴ تولید و توزیع سه فاز..... ۱۳۷.....
۱-۳-۴ توان در یک سیستم سه فاز..... ۱۳۸.....
۴-۴ موتورهای AC..... ۱۳۹.....
۱-۴-۴ تولید یک میدان مغناطیسی..... ۱۴۱.....
چرخشی..... ۱۴۱.....
۲-۴-۴ موتورهای سنکرون..... ۱۴۳.....
۳-۴-۴ موتورهای القایی سه فاز..... ۱۴۴.....
۴-۴-۴ لغزش، گشتاور و سرعت..... ۱۴۵.....
۵-۴-۴ موتورهای القایی تک و دوفاز..... ۱۴۸.....
۶-۴-۴ راه‌اندازی خازن..... ۱۴۹.....
۷-۴-۴ موتورهای با قطب‌های چاک‌دار..... ۱۵۰.....
۵-۴ سیستم‌های عملی تولید هواپیما..... ۱۵۲.....
۱-۵-۴ ژنراتور DC..... ۱۵۲.....
۲-۵-۴ آلترناتور (دینام یا آرمیچر)..... ۱۵۳.....
۳-۵-۴ ژنراتور درایو در سرعت..... ۱۵۵.....
ثابت/یکپارچه..... ۱۵۵.....
۴-۵-۴ فرکانس ثابت سرعت متغیر..... ۱۵۵.....

۲۲۹..... ۴-۹-۸ بریکرها/ کنداکتورها.....

۲۳۰..... ۱۰-۸ قطع و حذف بار.....

۲۳۰..... ۱-۱۰-۸ هواپیمای هوانوردی عمومی.....

۲۳۰..... ۲-۱۰-۸ هواپیمای بزرگ تر.....

۲۳۱..... ۳-۱۰-۸ حذف بار از مدارهای AC.....

۲۳۳..... ۱۱-۸ سؤالات چندگزینه‌ای.....

**فصل ۹: کنترل‌ها و ترانس دیوسرها (مبدل‌ها) ۲۳۷**

۲۳۷..... ۱-۹ سوئیچ‌ها.....

۲۳۹..... ۱-۱-۹ دستگاه‌های ترکیبی سوئیچ / چراغ.....

۲۳۹..... ۲-۱-۹ میکرو سوئیچ‌ها.....

۲۳۹..... ۳-۱-۹ واحد الکترونیکی سوئیچ

۲۴۲..... مجاورتی.....

۲۴۳..... ۲-۹ رله‌ها و کنداکتورها.....

۲۴۴..... ۱-۲-۹ پیکربندی رله‌ها.....

۲۴۵..... ۲-۲-۹ رله‌های قطبی.....

۲۴۶..... ۳-۹ مقاومت‌های متغیر.....

۲۴۷..... ۴-۹ مبدل‌های جابجای خطی.....

۲۴۷..... ۱-۴-۹ سلونوئیدها.....

۲۴۷..... ۲-۴-۹ LVDT.....

۲۴۸..... ۳-۴-۹ حس گر EI.....

۲۵۰..... ۵-۹ مبدل‌های فشار مایع.....

۲۵۰..... ۱-۵-۹ Bourdon لوله.....

۲۵۱..... ۲-۵-۹ کپسول فشار.....

۲۵۲..... ۶-۹ مبدل‌های دما.....

۲۵۲..... ۱-۶-۹ نوار بای‌متال.....

۲۵۳..... ۲-۶-۹ ترمیستور.....

۲۵۶..... ۳-۶-۹ ترموکوپل.....

۲۵۸..... ۷-۹ مبدل‌های کشش.....

۲۵۹..... ۸-۹ مبدل‌های وضعیت چرخش.....

۲۵۹..... ۱-۸-۹ همگام‌سازی (سنکرون‌کننده) DC.....

۲۶۰..... ۲-۸-۹ همگام‌ساز گشتاور AC.....

۲۶۲..... ۳-۸-۹ Magnesyne.....

۲۶۲..... ۹-۹ سؤالات چندگزینه‌ای.....

**فصل ۷: محافظت از مدار و سیم‌کشی ۱۹۷**

۱۹۷..... ۱-۷ مرور کلی.....

۱۹۸..... ۱-۱-۷ انواع سیم و کابل.....

۱۹۸..... ۲-۱-۷ محیط عملیاتی (عملکردی).....

۱۹۹..... ۲-۷ ساختار و مواد.....

۲۰۰..... ۳-۷ خصوصیات.....

۲۰۱..... ۱-۳-۷ اندازه سیم.....

۲۰۲..... ۲-۳-۷ عملکرد موردنیاز.....

۲۰۲..... ۴-۷ اسکرین/شیلد سیم.....

۲۰۳..... ۱-۴-۷ ارتباطات و ترکیب کردن (اتصالات).....

۲۰۳..... ۲-۴-۷ کابل هم‌محور.....

۲۰۵..... ۵-۷ حفاظت از مدار.....

۲۰۵..... ۱-۵-۷ فیوز.....

۲۰۷..... ۲-۵-۷ مدار قطع‌کننده (بریکر).....

۲۰۹..... ۳-۵-۷ مقاومت محدودکننده.....

۲۱۰..... ۶-۷ سؤالات چندگزینه‌ای.....

**فصل ۸: توزیع منابع تغذیه ۲۱۳**

۲۱۳..... ۱-۸ هواپیمای هوانوردی عمومی تک موتوره.....

۲۱۵..... ۱-۱-۸ رله حرارتی معکوس.....

۲۱۶..... ۲-۱-۸ محدودکننده جریان.....

۲۱۷..... ۳-۱-۸ منبع تغذیه خارجی.....

۲۱۹..... ۴-۱-۸ شارژ باتری: تک موتوره.....

۲۲۰..... ۲-۸ هواپیمای هوانوردی عمومی دو موتوره.....

۲۲۱..... ۳-۸ سیستم‌های هواپیمای بزرگ تر.....

۲۲۲..... ۴-۸ سیستم شینه دویخشی.....

۲۲۴..... ۵-۸ سیستم شینه موازی.....

۲۲۵..... ۶-۸ سیستم شینه دویخشی / موازی.....

۲۲۵..... ۷-۸ توان ضروری و ضروری.....

۲۲۶..... ۸-۸ شارژ باتری.....

۲۲۷..... ۹-۸ کنترل و حفاظت.....

۲۲۷..... ۱-۹-۸ ترانسفورماتور جریان.....

۲۲۷..... ۲-۹-۸ حفاظت جریان دیفرانسیل.....

۲۲۸..... ۳-۹-۸ حفاظت از فاز (مدار Merz Price)

۴-۲-۱۱	سیستم وضعیت سوخت خازنی
۳۰۵	(کاپاستیو).....
۳-۱۱	توزیع و تغذیه سوخت.....
۳۰۹	.....
۴-۱۱	انتقال سوخت.....
۳۱۲	.....
۵-۱۱	سوخت گیری و تخلیه سوخت.....
۳۱۳	.....
۶-۱۱	جداسازی سوخت.....
۳۱۳	.....
۷-۱۱	تخلیه مخزن سوخت.....
۳۱۵	.....
۸-۱۱	اینرسی مخزن سوخت.....
۳۱۵	.....
۹-۱۱	سؤالات چندگزینه‌ای.....
۳۱۷	.....

### فصل ۱۲: چراغ‌ها (روشنایی هواپیما)..... ۳۱۹

۱-۱۲	تکنولوژی‌های چراغ‌ها.....
۳۱۹	.....
۲-۱۲	چراغ‌های اتاق پرواز.....
۳۲۲	.....
۱-۲-۱۲	ابزارها.....
۳۲۲	.....
۲-۲-۱۲	هشدار اصلی و مهم.....
۳۲۴	.....
۳-۲-۱۲	تکنولوژی‌های در حال ظهور.....
۳۲۶	.....
۳-۱۲	چراغ‌های کابین مسافر.....
۳۲۷	.....
۴-۱۲	چراغ‌های بیرونی هواپیما.....
۳۲۷	.....
۱-۴-۱۲	چراغ‌های لوگو.....
۳۲۸	.....
۲-۴-۱۲	چراغ‌های فرود.....
۳۲۹	.....
۳-۴-۱۲	روشنایی بال‌ها.....
۳۳۰	.....
۴-۴-۱۲	چراغ‌های سرویس دهنده.....
۳۳۱	.....
۵-۴-۱۲	چراغ‌های مسیریابی.....
۳۳۱	.....
۵-۱۲	سؤالات چندگزینه‌ای.....
۳۳۵	.....

### فصل ۱۳: سیستم‌های کابین..... ۳۳۹

۱-۱۳	سیستم اعلان به مسافران.....
۳۳۹	.....
۲-۱۳	تجهیزات آشپزخانه.....
۳۴۱	.....
۳-۱۳	امکانات در طول پرواز (IFE).....
۳۴۲	.....
۱-۳-۱۳	بررسی اجمالی.....
۳۴۲	.....
۲-۳-۱۳	مشخصات محصول نمونه.....
۳۴۳	.....
۳-۳-۱۳	ایمنی و تنظیم سیستم IFE.....
۳۴۴	.....
۴-۱۳	ارتباطات ماهواره‌ای.....
۳۴۵	.....
۱-۴-۱۳	شبکه ارتباطات ماهواره‌ای.....
۳۴۶	.....
۲-۴-۱۳	شبکه زمینی ایریدیوم.....
۳۴۷	.....
۵-۱۳	سیستم انتقال چندتایی پیغام‌ها (تسهیم).....
۳۴۸	.....

### فصل ۱۰: سیستم‌های موتور..... ۲۶۷

۱-۱۰	استارتینگ و احتراق.....
۲۶۷	.....
۱-۱-۱۰	موتورهای پیستونی.....
۲۶۷	.....
۲-۱-۱۰	سیستم استارتینگ دو موتور.....
۲۶۸	.....
(پیستونی)	.....
۳-۱-۱۰	استارتینگ موتور توربینی.....
۲۷۱	.....
۴-۱-۱۰	استارت و احتراق واحد توان کمکی
(APU).....	۲۷۴
۵-۱-۱۰	استارت موتور اصلی.....
۲۷۵	.....
۲-۱۰	بررسی اجمالی سیستم‌های شاخص
(نشان‌دهنده).....	۲۷۹
۳-۱۰	سیستم‌های شاخص (نشان‌دهنده) اصلی.....
۲۸۰	.....
۱-۳-۱۰	سرعت موتور.....
۲۸۰	.....
۲-۳-۱۰	دمای موتور.....
۲۸۳	.....
۳-۳-۱۰	نرخ (نسبت) فشار موتور (EPR).....
۲۸۷	.....
۴-۳-۱۰	شارش (جریان) سوخت.....
۲۸۸	.....
۵-۳-۱۰	گشتاور.....
۲۸۹	.....
۴-۱۰	سیستم‌های شاخص (نشان‌دهنده) ثانویه.....
۲۹۱	.....
۱-۴-۱۰	دمای روغن/ سوخت.....
۲۹۱	.....
۲-۴-۱۰	ارزش (نوسان).....
۲۹۲	.....
۳-۴-۱۰	فشار سیال.....
۲۹۳	.....
۴-۴-۱۰	هماهنگ‌سازی (سنکرون‌سازی)
پروانه.....	۲۹۴
۵-۱۰	سیستم‌های شاخص الکتریکی.....
۲۹۴	.....
۱-۵-۱۰	سیستم EICAS.....
۲۹۵	.....
۲-۵-۱۰	ساختار Ecam.....
۲۹۷	.....
۶-۱۰	سؤالات چندگزینه‌ای.....
۲۹۷	.....

### فصل ۱۱: مدیریت سوخت..... ۳۰۱

۱-۱۱	مروری بر ذخیره‌سازی.....
۳۰۱	.....
۲-۱۱	اندازه‌گیری و نمایش وضعیت سوخت.....
۳۰۲	.....
۱-۲-۱۱	شیشه مرئی.....
۳۰۲	.....
۲-۲-۱۱	اثل شناور.....
۳۰۳	.....
۳-۲-۱۱	اندازه‌گیری سوخت مخزن زیر
بال.....	۳۰۴

۱۳-۱-۳	برف‌پاک‌کن شیشه جلوی	۳۴۹
۳۸۸	هواپیما.....	۳۵۰
۱۳-۲-۳	دافع باران.....	۳۵۱
۱۳-۴-۴	ضد لغزش.....	۳۵۲
۱۳-۵-۵	هشدارهای پیکربندی.....	۳۵۲
۱۳-۶-۶	هشدارهای شنیداری.....	۳۵۵
۱۳-۷-۷	سؤالات چندگزینه‌ای.....	۳۵۵

#### فصل ۱۶: محافظت در برابر آتش و حرارت ۳۹۷

۱۳-۱-۱۶	مرور اجمالی (نگاه کلی).....	۳۹۷
۱۳-۲-۱۶	تشخیص آتش در موتور/APU.....	۳۹۹
۱۳-۱-۱۶	تشخیص (آشکارساز) آتش	
۴۰۰	حرارتی.....	
۱۳-۲-۱۶	تشخیص نوری (بصری) آتش.....	۴۰۷
۱۳-۳-۱۶	قسمت بار/محفظه بار هواپیما.....	۴۰۸
۱۳-۳-۱۶	اصول آشکارساز دود.....	۴۰۸
۱۳-۴-۱۶	اطفاء حریق.....	۴۱۲
۱۳-۴-۱۶	بررسی اجمالی.....	۴۱۲
۱۳-۲-۱۶	محفظه کابین/پرواز.....	۴۱۲
۱۳-۳-۱۶	موتور/APU و محفظه بار.....	۴۱۲
۱۳-۴-۱۶	تعمیر و نگهداری خاموش‌کننده	
۴۱۵	آتش.....	
۱۳-۵-۱۶	سؤالات چندگزینه‌ای.....	۴۱۵

#### فصل ۱۷: سیستم هشدار نزدیک شدن به سطح

۴۱۷	زمین (TAWS).....	
۱۳-۱-۱۷	نگاه کلی به سیستم.....	۴۱۷
۱۳-۲-۱۷	محافظت‌ها و هشدارهای سیستم.....	۴۱۹
۱۳-۳-۱۷	مراجع خارجی.....	۴۲۲
۱۳-۴-۱۷	مدهای نزدیکی به زمین.....	۴۲۵
۱۳-۴-۱۷	مد ۱: نرخ فرود افزایشده (سرعت	
۴۲۵	سقوط بیش از حد).....	۴۲۵
۱۳-۲-۱۷	مد ۲: نرخ افزایشده نزدیکی به	
۴۲۵	زمین.....	۴۲۵
۱۳-۳-۱۷	مد ۳: نرخ بالا رفتن منفی یا از	
	دست دادن ارتفاع پس از بلند شدن یا کندن	

۱۳-۶-۶	فیبرهای نوری.....	۳۴۹
۱۳-۶-۱۳	ساختار.....	۳۵۰
۱۳-۶-۲	رابطها (connector).....	۳۵۱
۱۳-۷-۷	تهویه مطبوع.....	۳۵۲
۱۳-۷-۱	سیستم کنترل محیطی.....	۳۵۲
۱۳-۷-۲	تهویه.....	۳۵۵
۱۳-۷-۳	تجهیزات خنک‌کننده.....	۳۵۵
۱۳-۸-۸	مقاوم‌سازی در برابر فشار جو.....	۳۵۶
۱۳-۹-۹	پلکان هواپیما.....	۳۵۸
۱۳-۱۰-۱۰	سؤالات چندگزینه‌ای.....	۳۵۸

#### فصل ۱۴: سیستم‌های نظارت (مانیتورینگ)،

#### کنترل و نشان‌گر هواپیما..... ۳۶۱

۱۳-۱-۱۴	ارابه فرود.....	۳۶۱
۱۳-۲-۱۴	فلپ‌های انتهایی (لبه فرار).....	۳۶۴
۱۳-۳-۱۴	سطوح کنترل.....	۳۶۶
۱۳-۴-۱۴	سیستم‌های نشانگر (نشان‌دهنده)	
۳۶۷	الکترونیکی.....	
۱۳-۵-۱۴	سؤالات چندگزینه‌ای.....	۳۷۰

#### فصل ۱۵: سیستم‌های هشداردهنده (اخطار) و

#### حفاظت..... ۳۷۳

۱۳-۱-۱۵	سیستم حفاظت و هشدار در برابر	
۳۷۳	سقوط.....	۳۷۳
۱۳-۱-۱-۱۵	حس‌گر زبان‌های (ماسوره‌ای).....	۳۷۷
۱۳-۲-۱-۱۵	حس‌گر پره.....	۳۷۸
۱۳-۳-۱-۱۵	حس‌گر فشار.....	۳۷۹
۱۳-۴-۱-۱۵	پره حس‌گر.....	۳۷۹
۱۳-۵-۱-۱۵	لرزاننده (شوکر) اهرم.....	۳۸۰
۱۳-۶-۱-۱۵	سیستم تشخیص سقوط.....	۳۸۰
۱۳-۲-۱۵	سیستم حفاظت در مقابل یخ‌زدگی و	
۳۸۱	باران.....	۳۸۱
۱۳-۲-۱-۱۵	تشخیص یخ‌زدگی.....	۳۸۱
۱۳-۲-۲-۱۵	حفاظت از یخ‌زدگی.....	۳۸۴
۱۳-۳-۱۵	سیستم حفاظت شیشه جلوی هواپیما از	
۳۸۷	یخ‌زدگی و باران.....	۳۸۷

۴۶۹..... ۳-۱-۱۹ زوج به هم تاییده (پیچیده).....

۴۷۲..... ۴-۱-۱۹ پهنای باند.....

۴۷۲... ۵-۱-۱۹ EMI متشعشع (تشعشع یافته).....

۴۷۳. ۶-۱-۱۹ سیستم‌های مغناطیس پذیر EMI.....

۴۷۳..... ۲-۱۹ کاهش EMI.....

۳-۱۹ ۳ میدان‌های تابشی (تشعشعی)

۴۷۴..... انرژي/حساسیت بالا.....

۴۷۵..... ۱-۳-۱۹ محیط HIRF.....

۴۷۵..... ۲-۳-۱۹ ویژگی‌های HIRF.....

۴۷۶..... ۴-۱۹ رعد و برق.....

۴۷۷..... ۱-۴-۱۹ قفس فارادی.....

۴۷۷..... ۲-۴-۱۹ ساختمان هواپیما.....

۳-۴-۱۹ ۳ تأیید هواپیما به جهت محافظت از

HIRF و رعدوبرق..... ۴۷۸.....

۴-۴-۱۹ ۴ تعمیر و نگهداری حفاظت از

HIRF/L..... ۴۸۰.....

۵-۴-۱۹ ۵ نصب کابل‌ها و سیم‌کشی

هواپیما..... ۴۸۰.....

۵-۱۹ ۵ زمینی کردن (Grounding) و اتصال‌زنی

(پیوند)..... ۴۸۱.....

۶-۱۹ ۶ دستگاه‌های حساس الکترواستاتیکی

(ESSD)..... ۴۸۲.....

۱-۶-۱۹ ۶ اثر تریبوالکتریک.....

۲-۶-۱۹ ۶ محیط کار.....

۷-۱۹ ۷ سؤالات چندگزینه‌ای.....

**فصل ۲۰ : صلاحیت پرواز مجدد..... ۴۸۷**

۱-۲۰ ۱ نصب کابل‌ها و سیم‌کشی هواپیما.....

۱-۱-۲۰ ۱-۱ دسته سیم و کابل.....

۲-۱-۲۰ ۲ اتصالات و پایانه‌های (ترمینال‌های)

سیم..... ۴۹۱.....

۳-۱-۲۰ ۳ کانکتورها.....

۴-۱-۲۰ ۴ سیم‌ها یا کابل‌های آلومینیومی.....

۲-۲۰ ۲ اتصال‌زنی.....

۱-۲-۲۰ ۱ مواد کامپوزیتی.....

۲-۲-۲۰ ۲ ملزومات تعمیر و نگهداری.....

هواپیما از زمین (go around)..... ۴۲۷.....

۴-۴-۱۷ ۴ مد ۴: پرواز به سمت زمین

هنگامی که در وضعیت فرود قرار ندارد..... ۴۲۸.....

۵-۴-۱۷ ۵ مد ۵: انحراف روبه پایین بیش از

زاویه فرود آزاد هواپیما ILS..... ۴۲۹.....

۶-۴-۱۷ ۶ مد ۶: اعلام خطر ارتفاع.....

۷-۴-۱۷ ۷ مد ۷: تغییرات سمتی باد.....

۵-۱۷ ۵ سیستم پیش‌بینی نزدیک شدن به سطح

زمین (FLTA)..... ۴۳۵.....

۶-۱۷ ۶ Rotorcraft TAWS.....

۷-۱۷ ۷ معماری و ترکیب.....

۸-۱۷ ۸ پیشرفت‌های آینده.....

۹-۱۷ ۹ سؤالات چندگزینه‌ای.....

**فصل ۱۸ : سیستم ضبط صدای کابین خلبان. ۴۴۱**

۱-۱۸ ۱ تاریخچه سیستم ثبت اطلاعات پرواز... ۴۴۱

۱-۱-۱۸ ۱-۱ فویل - خراش (قلم‌زنی)..... ۴۴۲.....

۲-۱-۱۸ ۲ ثبت مغناطیسی..... ۴۴۳.....

۳-۱-۱۸ ۳ ثبت اطلاعات حالت‌جامد

(سالید)..... ۴۴۴.....

۲-۱۸ ۲ تجهیزات الزامی موردنیاز..... ۴۴۵.....

۳-۱۸ ۳ مشخصات ثبت‌کننده اطلاعات پرواز

(FDR)..... ۴۴۹.....

۱-۳-۱۸ ۱-۳ نوار ثبت..... ۴۵۱.....

۲-۳-۱۸ ۲-۳ اکتساب داده..... ۴۵۲.....

۳-۳-۱۸ ۳-۳ فرمت‌های ثبت‌کننده اطلاعات

دیجیتالی..... ۴۵۴.....

۴-۱۸ ۴ ثبت‌کننده‌های صدای کابین خلبان..... ۴۵۸.....

۵-۱۸ ۵ سیستم نظارت بر استفاده (کاربرد) و

سلامت هواپیما (HUMS)..... ۴۶۰.....

۶-۱۸ ۶ سؤالات چندگزینه‌ای..... ۴۶۰.....

**فصل ۱۹ : میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی. ۴۶۵**

۱-۱۹ ۱ تداخل الکترومغناطیسی..... ۴۶۶.....

۱-۱-۱۹ ۱-۱ شیلد کردن (محافظ)..... ۴۶۷.....

۲-۱-۱۹ ۲-۱ امواج الکترومغناطیسی..... ۴۶۸.....

۴۹۸	۳-۲۰	بارهای الکتریکی استاتیک
۴۹۹	۴-۲۰	برگشت به زمین
۵۰۱	۵-۲۰	کتابچه راهنمای هواپیما
۵۰۲	۱-۵-۲۰	راهنمای تعمیر و نگهداری
۵۰۲	۲-۵-۲۰	کتابچه راهنمای دیاگرام سیم‌کشی
۵۰۳	۶-۲۰	تست مدار
۵۰۳	۱-۶-۲۰	مولتی‌مترها
۵۰۵	۲-۶-۲۰	مقیاس اتصال‌زنی
۵۰۶	۳-۶-۲۰	اسیلوسکوپ
۵۰۷	۷-۲۰	تجهیزات تست خودکار
۵۰۷	۸-۲۰	تجهیزات تشخیصی آنبرد
۵۰۷	۱-۸-۲۰	تجهیزات تست توکار (نصب‌شده)
۵۰۸	۲-۸-۲۰	سیستم‌های تعمیر و نگهداری متمرکز (CMS)
۵۰۸	۳-۸-۲۰	سیستم گزارش‌دهی و نشانی‌دهی
۵۰۹		مخایرات هواپیما
۵۰۹	۸-۲۰	سؤالات چندگزینه‌ای

۵۱۱		ضمیمه ۱: اختصارات و کلمات اختصاری
۵۱۷		ضمیمه ۲: سؤالات
۵۲۷		ضمیمه ۳: پاسخ به سؤالات چندگزینه‌ای
		ضمیمه ۴: کمیت‌ها، نمادها و واحدهای
۵۳۱		الکتریکی
۵۳۳		ضمیمه ۵: فرمول‌های الکتریکی
۵۳۵		ضمیمه ۶: دسی‌بل‌ها
۵۳۷		ضمیمه ۷: اندازه سیم‌ها و کابل‌ها
		ضمیمه ۸: فهرست فصل‌ها/ زیر بخش‌های
۵۳۹		ATA
۵۴۹		ضمیمه ۹: نمادهای الکتریکی و الکترونیکی
۵۵۱		ضمیمه ۱۰: کدگذاری و شماره‌دهی سیم‌ها