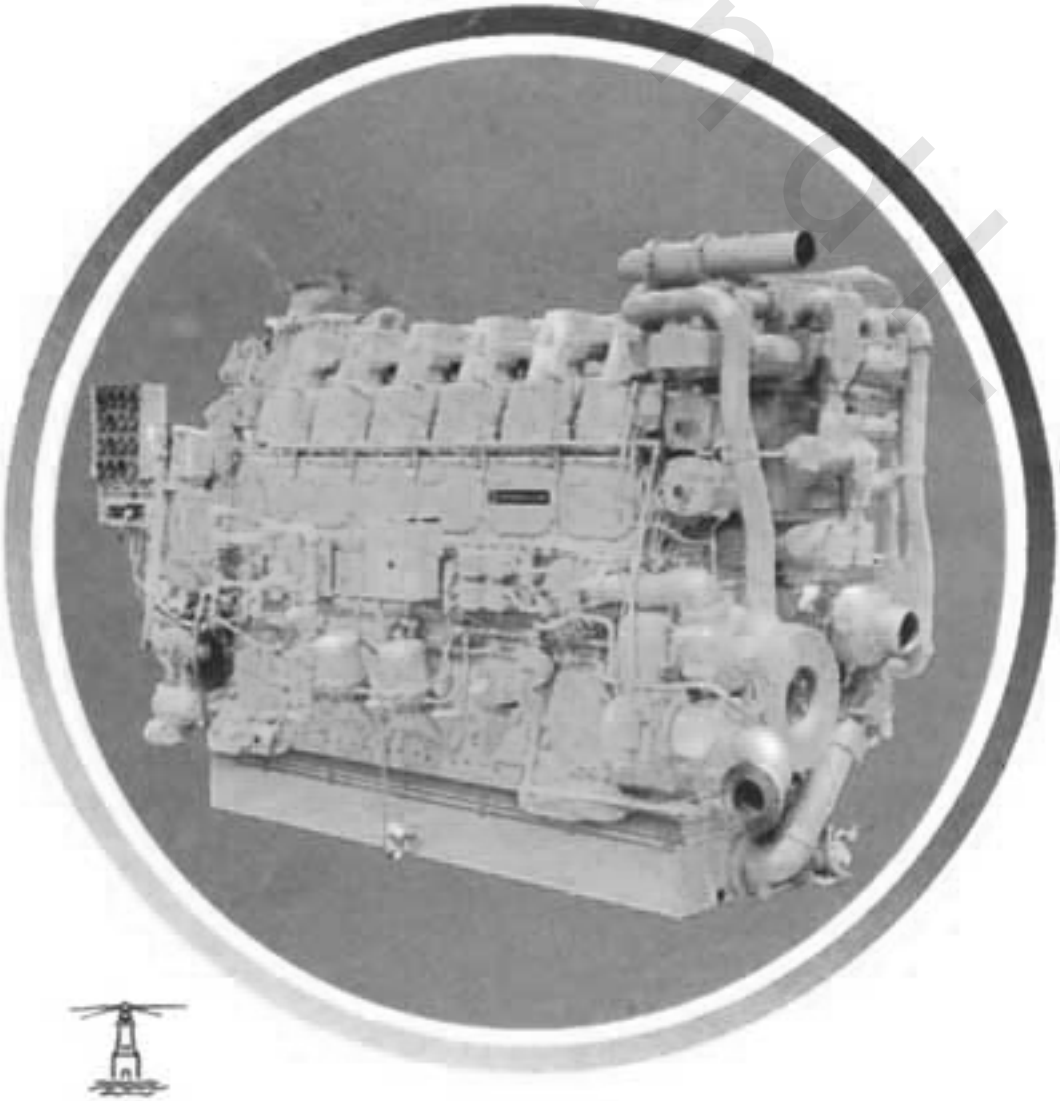
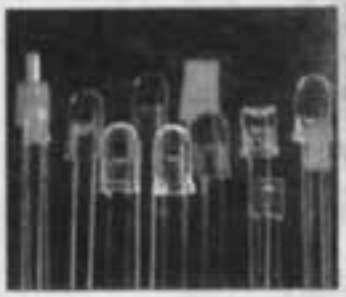
حكايات علمية

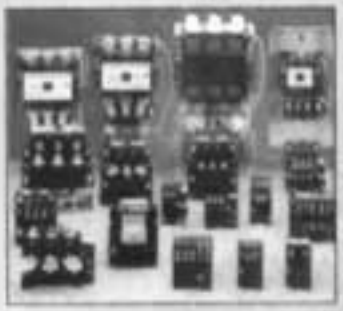
٢٩

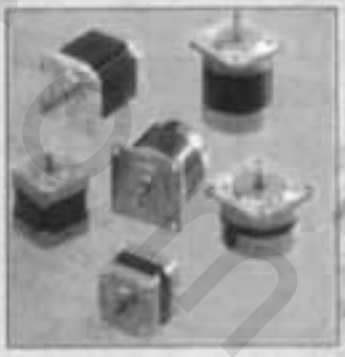
الدوائر الكهربائية والإلكترونية في الطائرات والصواريخ

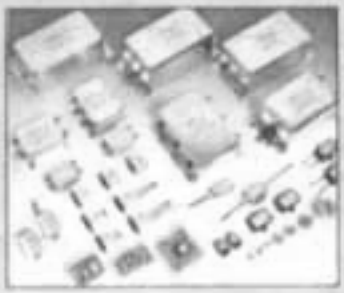
دكتور مهندس / سمير محمود والى











دار المعارف

obeikandl.com

سلسلة حكايات علمية

(٢٩)

الدوائر الكهربائية والإلكترونية فى الطائرات والصواريخ

دكتور مهندس

سمير محمود والى

دار المعارف

obeikandl.com

obeikandl.com

الناشر: دار المعارف – ١١١٩ كورنيش النيل – القاهرة: ج. م. ع

إعداد الماكيت: أمانى والى

١- بانوراما ٦ أكتوبر

صحا محمد من نومه مذعورًا على صوت مدافع تنطلق وعلى أزيز طائرات تلقى بقنابلها وأصوات انفجارات فصاح خائفًا: ما هذا.. ماذا حدث؟ وما هى إلا ثوانى حتى استعاد انتباهه، وتبين له أن هذه الأصوات صادرة من جهاز التلفزيون، الذى جلست أخته أمانى تشاهد فيه أحد الأفلام عن حرب ٦ أكتوبر فصاح فيها: أخفضى صوت التلفزيون يا أمانى فقد قمت من نومى مذعورًا، ردت أمانى قائلة: اصح من نومك يا كسلان فغدًا هو الذكرى السادسة والعشرون لحرب أكتوبر المجيدة، والتلفزيون يواصل عرض الأفلام والمسلسلات التى تمجد هذه الذكرى نهض محمد من سريره وهو يقول: ألا توجد وسيلة أخرى لإحياء وتذكر هذا الانتصار العظيم غير مشاهدة التلفزيون العالى الصوت؟!

ترامى إلى سمع والدهما هذا الحوار، فتدخل فى الحوار قائلًا: بل توجد يا محمد وسائل أخرى عديدة، غير التلفزيون، صاح محمد وأمانى فى وقتٍ واحدٍ: وما هى يا أبى؟!

أجاب الأب: زيارة المواقع الحصينة لخط "بارليف" المنهار على ضفة قناة السويس، أو زيارة بانوراما ٦ أكتوبر، أو أحد المتاحف العسكرية الكثيرة المنتشرة فى القاهرة والعلمين أو خلافه. تحمس الأولاد قائلين: غدًا إجازة لنا من الدراسة، لماذا لا تنظم لنا يا والدى رحلة إلى بانوراما ٦ أكتوبر وإلى أحد المتاحف العسكرية؟!

أجاب الأب: بكل سرور يسعدنى ذلك ولا سيما أن بعد الغد سيكون يوم الجمعة، وبذلك يصبح عندنا يومان متتاليان إجازة أحدهما بمناسبة ٦ أكتوبر والآخر هو يوم الجمعة.

ولم يكد الأب ينتهى من حديثه حتى رن جرس الباب فأسرع محمد ليفتح الباب، وهو يقول: هذا بالتأكيد ابن خالتنا مصطفى، وفتح محمد الباب فإذا هو مصطفى فعلًا ابن خالته، دخل مصطفى متحمسًا وهو يقول:غدًا هو ٦ أكتوبر وقد حضرت لأخبركم برغبتى فى القيام غدًا وبعد غدٍ، بزيارات ميدانية للمتاحف العسكرية والنقط الحصينة لخط بارليف المنهار على الضفة الشرقية لقناة السويس و.. قاطع الجميع حديثه قائلين: هذا تمامًا ما كنا نفكر فيه.

واصل مصطفى حديثه قائلًا: ولكنى لا أريد أن تكون هذه الزيارات تقليدية، نستمع خلالها إلى سردٍ تاريخى للأحداث، فنحن جميعًا نعلم هذه الأحداث، ولكنى أريدها زياراتٍ علمية هندسية لمعرفة التفاصيل الفنية العسكرية للمعدات العسكرية التى حققت هذه الانتصارات، وبصراحةٍ

فإننى مهتم بالنواحى الهندسية الكهربائية عمومًا، لكافة الأسلحة الرئيسية، لأنى أخطط لحياتى أن أكون ضابطًا مهندسًا فى الكهرباء بمجرد حصولى على الثانوية العامة.

علق محمد قائلاً: فكرة لا بأس بها، ولكن من سيزودنا بهذه المعلومات المتخصصة؟

أجاب الأب: إن فى المواقع التى سنقوم بزيارتها، وكذا فى المتاحف يوجد ضباط مهندسون متخصصون لن يبخلوا علينا بأية معلومات فنية.

قالت أماني: وهل تتوقعون أن نحصل على المعلومات الهندسية لكافة الأسلحة القتالية من طائرات ودباباتٍ وصواريخ ومدفعية.. إلخ.

رد الأب قائلًا: بالطبع لا فهذا الكم الكبير من المعلومات لا نستطيع الحصول عليه فى يوم أو يومين فقط، لذا اقترح عيكم أن تركزوا اهتمامكم فى واحدةٍ فقط من هذه المعدات الرئيسية للقتال.

صاح محمد: الطائرات القتالية وفى نفس الوقت صاح مصطفى: الصواريخ.

قال الأب: قلت لكم سلاح واحد فقط: إما الطائرات أو الصواريخ، ثم لا تنسى يا محمد أن الطائرات القتالية أنواع كثيرة ومتعددة فمنها: الطائرات المقاتلة والطائرات القاذفة للقنابل وطائرات الاستطلاع الجوى، وطائرات مكافحة الغواصات، وطائرات الهليكوبتر بالإضافة إلى طائرات الوقود وكذا طائرات النقل والمواصلات.

ضحك مصطفى فى خبثٍ قائلاً: إذن نركز على الصواريخ نظرًا لتعدد أنواع الطائرات القتالية.

رد الأب قائلاً: لا تفرح كثيرًا يا مصطفى، فالصواريخ أيضًا لها أنواع كثيرة ومتعددة فمنها الصواريخ جو – جو والصواريخ جو – أرض، والصواريخ أرض – جو أرض، والصواريخ أرض– جو، ثم الصواريخ أرض – أرض، أو كما يسمونها سطح – سطح.

قالت أمانى: أعتقد أن زيارةً واحدًة لمدة يوم أو يومين لا يمكن أن تعطينا معلومات، حتى عن نوع واحدٍ فقط من الطائرات أو الصواريخ. لذا اقترح أن نذهب إلى بانوراما ٦ أكتوبر أولًا فقد رأيت هناك طائرات وصواريخ حقيقية، من التى تم استخدامها فى حرب ٦ أكتوبر. وسوف نجد هناك من يقوم بشرح مبادئ وأساسيات الهندسة الكهربائية فى إحدى الطائرات المقاتلة، قاطعها مصطفى، والصواريخ أيضًا. رد الأب إذا سمح الوقت لنا بذلك.

ثم استطرد الأب قائلاً: ولكن هل لديكم فكرة عن مبادئ وأساسيات الكهرباء العامة؟. لأن اعتقد أن أساسيات كهرباء الطائرات القتالية ستكون متخصصة ومتقدمة. لذا سيكون من

الضرورى الإلمام بأساسيات الكهرباء العامة، قبل الدخول فى تفاصيل متخصصة، فهل أنتم على علم بأساسيات الكهرباء العامة؟!

رد محمد ومصطفى فى نفس واحد: إلى حد ما.

قال الأب: هذه الأمور لا تحتمل أنصاف الحلول، فإما أنتم على علم بها أو أنتم لا تعلمون شيئًا عنها.

قالت أمانى: من باب الاحتياط لا مانع من فكرة مبسطة عن أولويات لأساسيات الهندسة الكهربائية العامة، بعدها يمكننا الدخول فى تفاصيل أكثر عن الهندسة الكهربائية المتخصصة للطائرات.

قاطعها مصطفى: والصواريخ، رد الأب: والصواريخ إذا أمكن، إذن يا أولاد موعدنا صباح الغد الساعة التاسعة صباحًا فى داخل بانوراما ٦ أكتوبر إن شاء الله.

صاح الأولاد فى نفس واحد: اتفقنا.

obeikandl.com

٢- مبادئ الهندسة الكهربية

فى صباح يوم السادس من أكتوبر، اجتمع شمل الأسرة ومعهم مصطفى فى داخل الساحة الأمامية لبانوراما ٦ أكتوبر، الموجودة فى شارع صلاح سالم بالقاهرة، وقد قام باستقبالهم الضابط المهندس همام بالنيابة عن إدارة بانوراما ٦ أكتوبر، ليحتفى بهم فى هذه المناسبة القومية العظيمة، وقد بادرهم بسؤالهم عن أوجه اهتمامهم حتى يقوم بشرحها لهم، ولما أخبروه برغبتهم فى معرفة مبادئ وأساسيات الهندسة الكهربائية للطائرات القتالية والصواريخ، ولا مانع لديهم من أن يتضمن هذا الشرح٠ فكرة مبسطة عن مبادئ الهندسة الكهربائية العامة أجاب: من حسن حظكم أنى قابلتكم، لأنى ضابط مهندس متخصص فى الهندسة الكهربائية، ويسعدنى أن ألتقى بكم فى إحدى قاعات البانوراما لأقوم بشرح مبادئ وأساسيات الهندسة الكهربائية، قبل أن أعرفكم بزميلى جاسر، وهو ضابط مهندس متخصص فى الهندسة الكهربائية للطائرات القتالية، ابتسم الجميع قائلين إذن هيا بنا إلى القاعة.

فى القاعة جلس الجميع، وبدأ الضابط همام حديثه قائلا: كما تعلمون أن البرق قد استرعى انتباه واهتمام الإنسان الأول منذ بدء الخليقة، وحاول جاهدًا تفسيره وفهم طبيعته، والبرق كما نعلم هو تفريغ هائل لشحنة كهربائية كبيرة، تكونت فى السحب نتيجة احتكاك السحاب بالهواء أو ببعضه البعض، وهذه الشحنة الكهربائية الساكنة "أو الاستاتيكية" تتراكم وتتزايد على السحب كلما تحركت إلى أن تصبح قيمة هذه الشحنة عالية للغاية بدرجة تمكنها من التسبب فى انهيار المقاومة الكهربائية لطبقة الهواء العازلة بين السحاب والأرض، فتمر هذه الشحنة إلى الأرض عبر طبقة الهواء مسببة للبرق، وقد زاد من اهتمام هذا الإنسان الأول تلك الحادثة التى حدثت فى بلاد الإغريق فى أرض تسمى "مغنيسيا" حينما لاحظ أحد الفلاسفة الإغريق انجذاب شديد لعصاه الحديدية إلى نوع معين من الصخور بصفة دائمة، لدرجة أن ظاهرة انجذاب الحديد لهذا النوع من الصخور سميت "مغنيسيا" باسم هذه الأرض، ثم حور هذا الاسم فيما بعد فأصبح "مغنطيسية".

وتوالت بعد ذلك الأحداث المثيرة لهذه الظواهر، كان أشهرها حادثة العالم الإيطالى "فولتا" الذى سميت وحدة قياس الجهد الكهربائى "الفولت" على اسمه والتى كانت ملاحظة انقباض

وانبساط عضلات ضفدعة تحت التشريح، حينما لامست سلكًا به خاصية جديدة اسمها "الكهرباء".

وقد أمكن فى نهاية القرن التاسع عشر الميلادى تفسير هذه الظواهر تفسيرًا علميًا ووضع القوانين والتجارب التى تحكم وتتحكم فى الكهرباء، والتى بموجبها عرفت البشرية أن الكهرباء نوعان أساسيان:

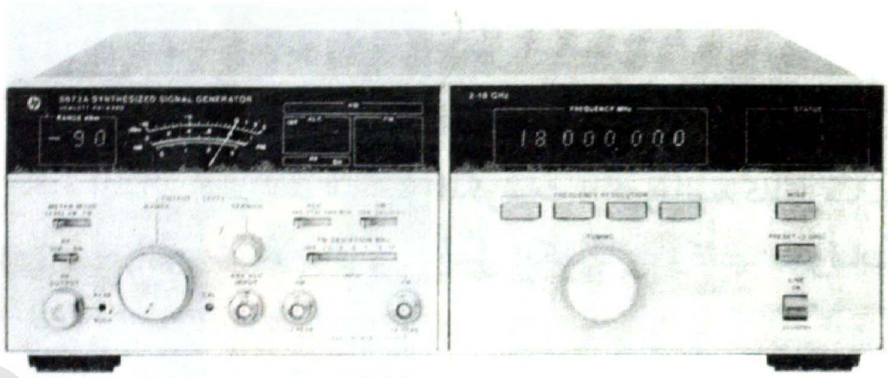
النوع الأول: الكهرباء الساكنة أو الاستاتيكية وهى التى تنتج من احتكاك بعض الأجسام بعضها ببعض، وفيها تتكون شحنات موجبة وأخرى سالبة.

النوع الثاني: الكهرباء الديناميكية أو (المتحركة) وهى التى تتولد فى البطاريات المختلفة بأنواعها، وكذا فى مولدات الطاقة الكهربائية، والكهرباء الديناميكية بدورها تنقسم إلى قسمين طبقًا لنوع مصدرها: النوع الأول هو الكهرباء ذات التيار المستمر وهى تلك التى تنتج من جميع أنواع البطاريات، أو من مولدات التيار المستمر "الدينامو"، والنوع الثانى هو الكهرباء ذات التيار المتغير أو "المتردد" وهى تلك التى تنتج من مولدات التيار المتغير، ومولدات التيار المتغير بدورها تنقسم إلى قسمين:

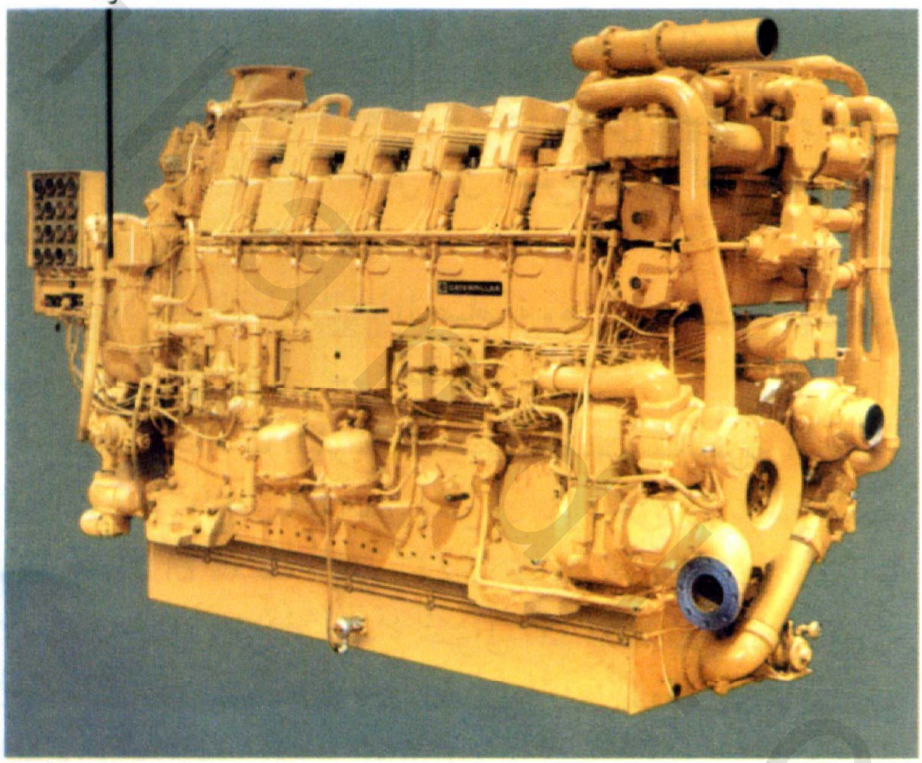
القسم الأول: مولدات التيار المتغير لأغراض القوى الكهربائية، وهى التى تولد تيارًا كهربائيًا متغيرًا بمعدل ٥٠ ذبذبة فى الثانية.

القسم الثانى: مولدات التيار المتغير لأغراض الاتصالات والتحكم وخلافه، وهى تلك المولدات التى تولد كهرباء ذات تيار متغير بترددات خلاف ٥٠ ذبذبة فى ثانية، وقد تصل هذه الترددات أو الذبذبات إلى آلاف الملايين من الذبذبات فى الثانية، ولها القدرة كذلك على توليد موجات للكهرباء بأى شلك. ولذا قد يسميها البعض مولد النبضات (شكل ١).

ومولدات التيار المتغير التى تستخدم لأغراض القوى الكهربائية تنقسم أيضًا إلى نوعين: مولدات التيار الكهربائى ذات الطور أو "الفاز" الواحد، والنوع الآخر هو مولدات التيار الكهربائى ذات الثلاثة أطوار أو "ثلاث فازات" كما يبدو فى "شكل ٢".



(شكل ١) : مولِّدُ نبضَاتٍ له القدرةُ على توليدِ ذبذباتٍ حتى ١٨ ألف مليون ذبذبة فى الثانية.



(شكل ٢): مولِّدُ تيار كهربَائى ذُو ثلاثةِ أطْوارٍ (فازات) يدارُ بواسطة محركٍ آلة احتراق دَاخلى (ديزل)
ويظهرُ المحرك على اليمين والمولد على يسَار الصُّورة .

وأى دائرة كهربائية تتكون من جزئين أساسيين:

الجزء الأول هو مصدر الطاقة الكهربائية "أو المولد".

الجزء الثانى هو مجموعة من المكونات الكهربائية كالمقاومات والمكثفات والملفات بالإضافة إلى الحمل الكهربائى، وكلها مكونات مستهلكة للطاقة.

ومصادر الطاقة التى ذكرناها تتنوع لكل قسم من الأقسام، فمثلًا البطاريات توجد منها نوعان رئيسيان: النوع الأول هو البطاريات الجافة، والنوع الثانى هو البطاريات السائلة "أو المراكم".

والبطاريات الجافة تنقسم إلى نوعين: النوع الحمضى، والنوع القوى، والنوع الأخير أفضل من النوع الأول، أما البطاريات السائلة فهى أنواع كالتالى:

١- البطاريات ذات الألواح الرصاصية وهى تلك التى تستخدم فى السيارات وفى الأغراض العامة.

٢- البطاريات ذات التفريغ العميق، ويقصد بالتفريغ العميق ذلك النوع من البطاريات الذى يمكن أن تفرغ حوالى ٨٠% من شحنة البطارية دون أن تتلف البطارية (خلافًا للنوع الأول ذى الألواح الرصاصية الذى يمكن أن تفرغ حوالى ٢٠% فقط من شحنته دون أن يتلف) وبطاريات التفريغ العميق تستخدم مع الأنظمة الخاصة بتوليد الكهرباء من الطاقة الشمسية "الفوتوفولتيه" ويوضح (شكل ٣) هذا النوع من البطاريات وبعض تفاصيله.

opeikanal.com

(شكل ٣)

بطاريةٌ ذاتُ تفريغٍ عَميق ويظهرُ فيها :

١ – أطرافُ البطَّارية.

٢ – علامةُ مسْتوى السائل الإلكْتروليتى.

٣ – فتحةُ التهوية.

٤ – غلافٌ خارجى شفَّاف.

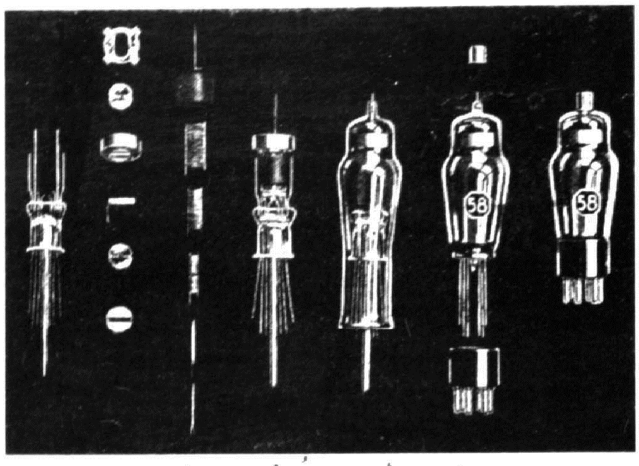
obeikandl.com

٣- بطاريات الطائرات المقاتلة: وهذا نوع نادر من البطاريات، وغالى الثمن للغاية، إذ يصل ثمن البطارية الواحدة حالى عشرة آلاف دولارًا أمريكيًا. نظرًا لأن الألواح الموجودة بهذه البطارية من الفضة الخالصة، مما يمكنها من زيادة قدرة تيار التفريغ إلى حوالى ١٥٠٠ أمبير لمدة ٢٠ ثانية، مقارنةً بحوالى ١٠ أمبير فقط لكل من الأنواع السابقة.

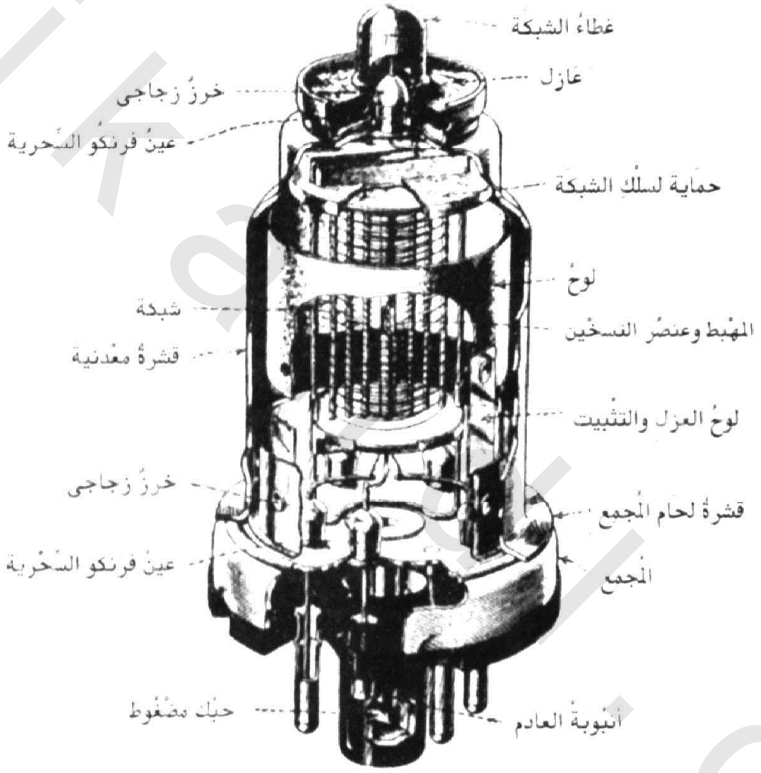
وهذا التيار العالى لازم للطائرات القتالية، فى حالة توقف محركها عن الحركة وهى فى الجو، وذلك حتى يتمكن الطيار من الحصول على التيار العالمى اللازم لإعادة بدء الحركة فى المحركات.

وقد تطورت الدوائر الكهربائية تطورًا كبيرًا خلال النصف الثانى من القرن العشرين، حيث بدأت المكونات الإلكترونية تشكل جزءًا كبيرًا وهامًا من الدوائر الكهربائية لمختلف الأغراض، حيث تم تطوير وابتكار أنواع جديدة من المقومات الخاصة بتقويم التيار المتغير إلى تيار مستمر، والمقوم "Rectifier" هو مكون إلكترونى يقوم بوظيفة تكبير الإشارات الكهربائية، وذلك كبديل للصمامات الكهربائية الزجاجية المفرغة من الهواء والتى كانت تقوم بنفس الوظيفة إبان الحرب العالمية الثانية، ويوضح (شكل ٤) شكل هذه الصمامات ومراحل تصنيعها أما (شكل ٥) فيوضح شكل الترنزستورات.

ولم يتوقف التطور عند هذا الحد بل تعداه حيث تم اختراع الدوائر الالكترونية المتكاملة Intergated Circuts أو كما يسمونها اختصار "I.C" والدوائر الإلكترونية المتكاملة، هى مكون إلكترونى ذو وظائف كثيرة جدًا ومتعددة. ويوضح "شكل ٦" المنظر العام الخارجى لهذه الدوائر الإلكترونية المتكاملة. والدوائر الإلكترونية المتكاملة تنقسم إلى أربعة أقسام رئيسية هى كالتالى:

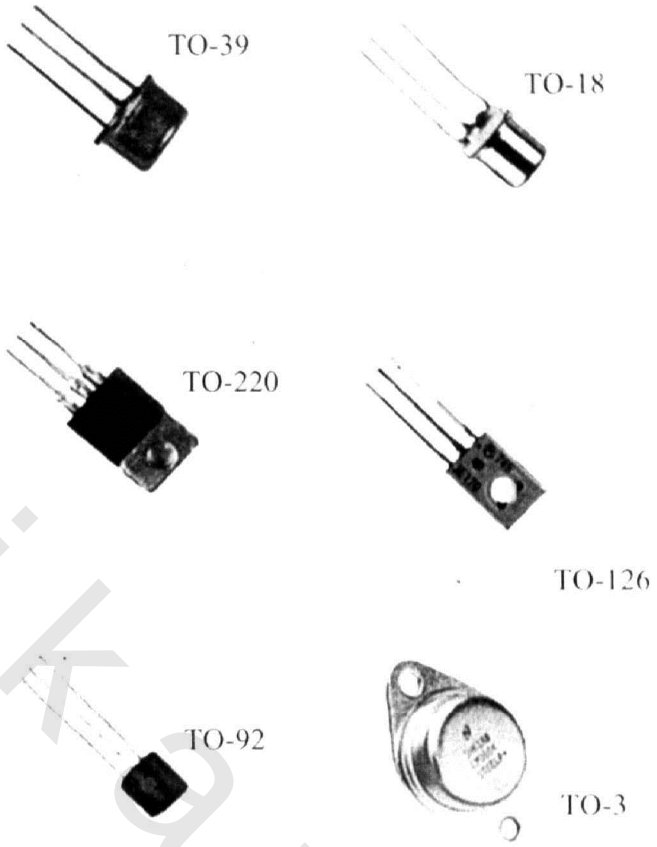


(شكل ٤ – أ): مراحلُ تصْنيع الصمامات.

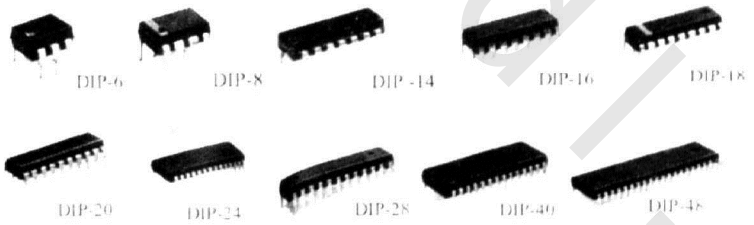


(شكل ٤ – ب): مقطعٌ في صمام خُماسي.

obeikandl.com



(شكل ٥) أشكالٌ لأنواع مختلفة من الترانزسْتورات ويظهرُ بجوارها أرقامُ أنواع الكبسْلة.



(شكل ٦) منظرٌ عامٌ لأنواع مختلفة من الدوائر الإلكترونية المتكاملة I.C.S ويظهرُ بجوارها الزمرُ الدالُ على عدد الأرْجل.

obeikandl.com

١- الدوائر الإلكترونية المتكاملة ذات المقاس الصغير "Small scale integrated circuits أو اختصار S.S.I وهى تلك الدوائر التى تحتوى على ١٠ مكونات داخلها أو بعبارة أخرى يمكنها أن تؤدى عمل ١٠ ترانزستورات.

٢- الدوائر الإلكترونية المتكاملة ذات المقاس المتوسط: Medium Scale integrated circuits أو اختصارًا M.S.I وهى تلك الدوائر التى تحتوى على ١٠٠ مكون إلكترونى داخلها، أو بعبارة أخرى يمكنها أن تؤدى عمل ١٠٠ ترانزستور.

٣- الدوائر الإلكترونية المتكاملة ذات المقاس الكبير High scale integrated circuits" أو اختصارًا H.S.I وهى تلك الدوائر الإلكترونية التى تحتوى على أكثر من ١٠٠ مكون إلكترونى داخلها أو بعبارة أخرى، يمكنها أن تؤدى عمل أكثر من ١٠٠ ترانزستور.

٤- الدوائر الإلكترونية المتكاملة ذات المقاس الكبير للغاية Very high scale integrated circuits" أو اختصارًا V.H.S.I وهى تلك الدائر الإلكترونية المتكاملة التى تحتوى على ١٠٠٠٠ مكون داخلها أو أكثر، أو بعبارة أخرى يمكنها أن تؤدى عمل أكثر من ١٠٠٠٠ ترانزستور.

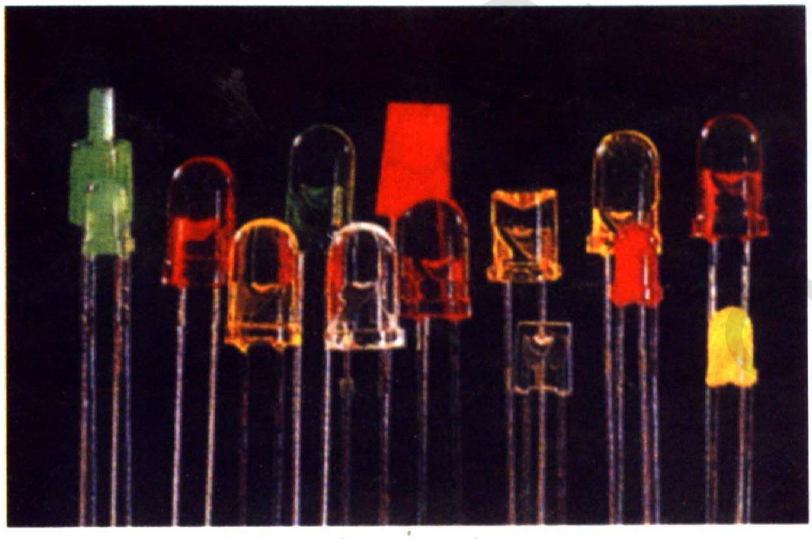
وهنا توقف الضابط همام عن الحديث لبرهة، ثم استطرد قائلاً: كنت أود أن أوضح لكم أن هذه الأنواع الأربعة من الدوائر الإلكترونية المتكاملة ليست كلها متاحة تجاريًا للتداول حيث إنه على سبيل المثال –لا يمكن شراء النوع الرابع أقصد الدوائر الإلكترونية ذات المقاس الكبير للغاية من الشركات المنتجة لها مباشرة، إذ يلزم الحصول على موافقة سياسية وأيضًا أمنية من حكومة الدولة التى بها هذه الشركة المنتجة لهذا النوع من الدوائر الإلكترونية المتكاملة فى الطائرات المقاتلة ذات القدرة القتالية العالية، وفى الصواريخ والمفاعلات النووية وأيضًا فى الحاسبات الإلكترونية الفائقة الأداء والتى يحظ تداولها إلا للأغراض الخاصة والتى تسمى Super Computers أى الحاسبات الإلكترونية الفائقة.

واستخدامات الدوائر الإلكترونية المتكاملة كثيرة للغاية ومتعددة ولا يمكن حصرها، فهى تقوم بأعمال شتى مثل تكبير الإشارات الكهربائية، وتوليد النبضات الكهربائية بمختلف الأشكال مثل النبضة الموجبة والنبضة المربعة والنبضة التى على هيئة سن المنشار.. إلخ، كما تقوم أيضًا بعمليات التوقيت اللازمة لعمل الساعات الإلكترونية، أو لتشغيل أو إيقاف الدوائر الكهربائية لنظم التحكم الآلى والأتوماتيكى كما أنها تقوم بجميع الوظائف اللازمة لأجهزة التلفزيون والفيديو وأجهزة الاستقبال فى نظم الأقمار الصناعية، وتستخدم أيضًا فى أجهزة السنترالات الإلكترونية والتليفون المحمول "الموبايل" كما تستخدم أيضًا هذه الدوائر الإلكترونية

المتكاملة فى دوائر إدارة النيران للطائرات والصواريخ والرادارات والدبابات وكافة المعدات القتالية لتشغيل إشارات ونبضات المعلومات الخاصة بتحديد أماكن الأهداف وأبعادها ودقة "التتشين" وتتبع الأهداف المتحركة..إلخ.

وهنا يجب الإشارة إلى أن المواصفات الخاصة بالدوائر الإلكترونية المتكاملة المستخدمة فى الأغراض الحربية، تختلف وتتفوق على المواصفات لنفس الدوائر المستخدمة فى الأغراض التى ليست حربية من حيث تحملها لدرجات الحرارة حيث إن الدوائر الإلكترونية المتكاملة المستخدمة فى الأغراض الحربية تتحمل درجة حرارة الجو حتى ٥٥ درجة مئوية فى حين أن مثيلتها العادية تتحمل فقط حتى ٢٥ درجة مئوية للجو المحيط بها، وأيضًا تتفوق تلك المستخدمة فى الأغراض الحربية من حيث الدقة والحساسية وثبات الأداء والخواص على مر الزمن ولا تقتصر عناصر الدوائر الكهربائية والإلكترونية على ما سبق ذكره فقط، بل إن هناك عناصر ومكونات أخرى نذكر منها:

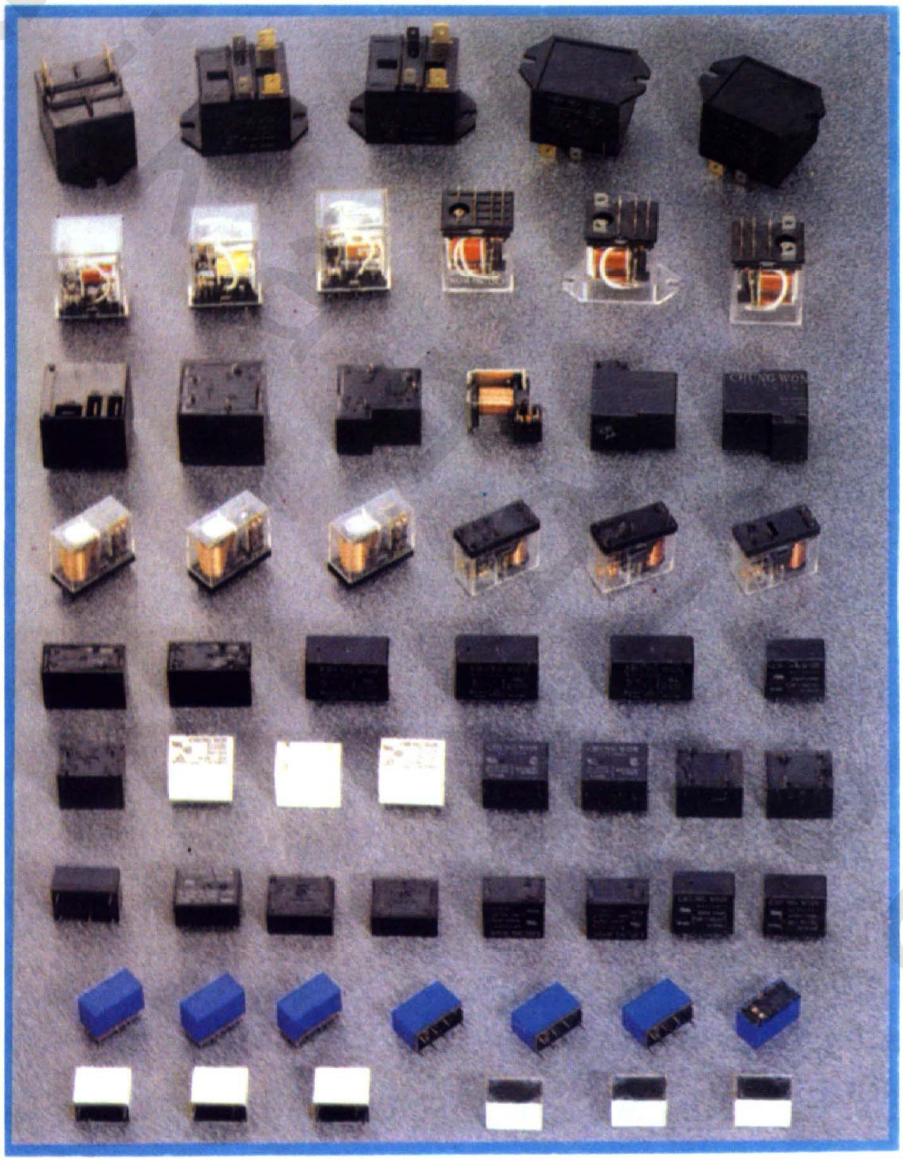
- لمبات الإشارة الملونة المسماة "المقومات الباعثة للضوء" "Light emnitting diodes" أو اختصارًا LED الموضحة فى (شكل ٧) ومهمتها توضيح وصول القوى الكهربائية من عدمه لأى جهز كهربائى.



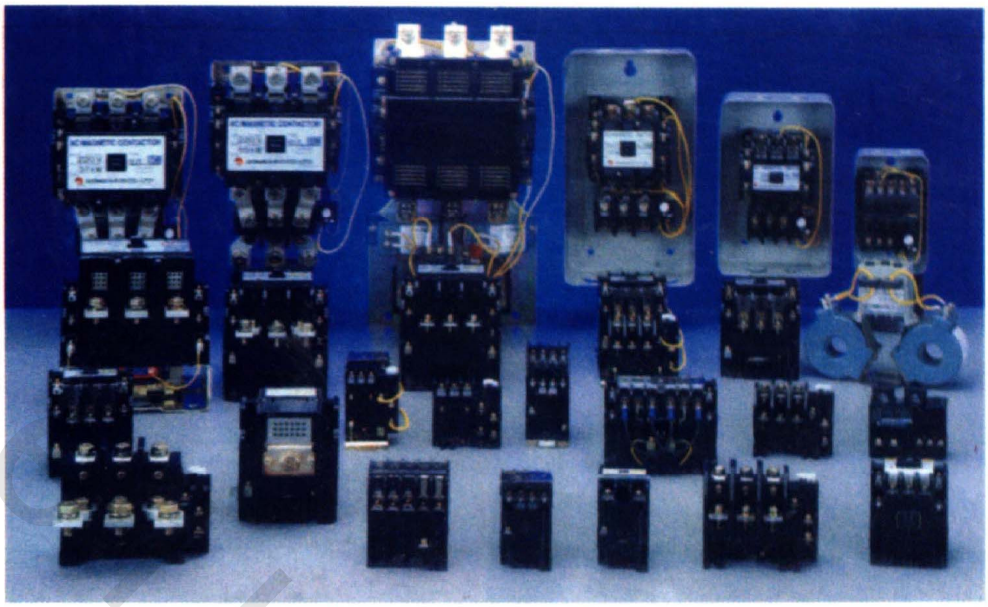
(شكل ٧) : المقومات الباعثة للضوء أو اختصارا LED .

- أطراف التلامس المغنطيسية Relays ويظهر فى (شكل ٨). أنواع مختلفة من أطراف التلامس المغنطيسية لشتى الأغراض، ومهمتها توصيل أو فصل التيار الكهربائى فى أية دائرة كهربائية رئيسية إذا ما زاد التيار أو قل فى دائرة أخرى ثانوية عن قيمة محددة.

- قواطع التيار الأتوماتيكى المغنطيسية أو الحرارية ويوضح (شكل ٩) أشكالًا وأنواعًا مختلفة لها ومهمتها حماية الدائرة الكهربائية من التيار الزائد أو الجهد المنخفض.



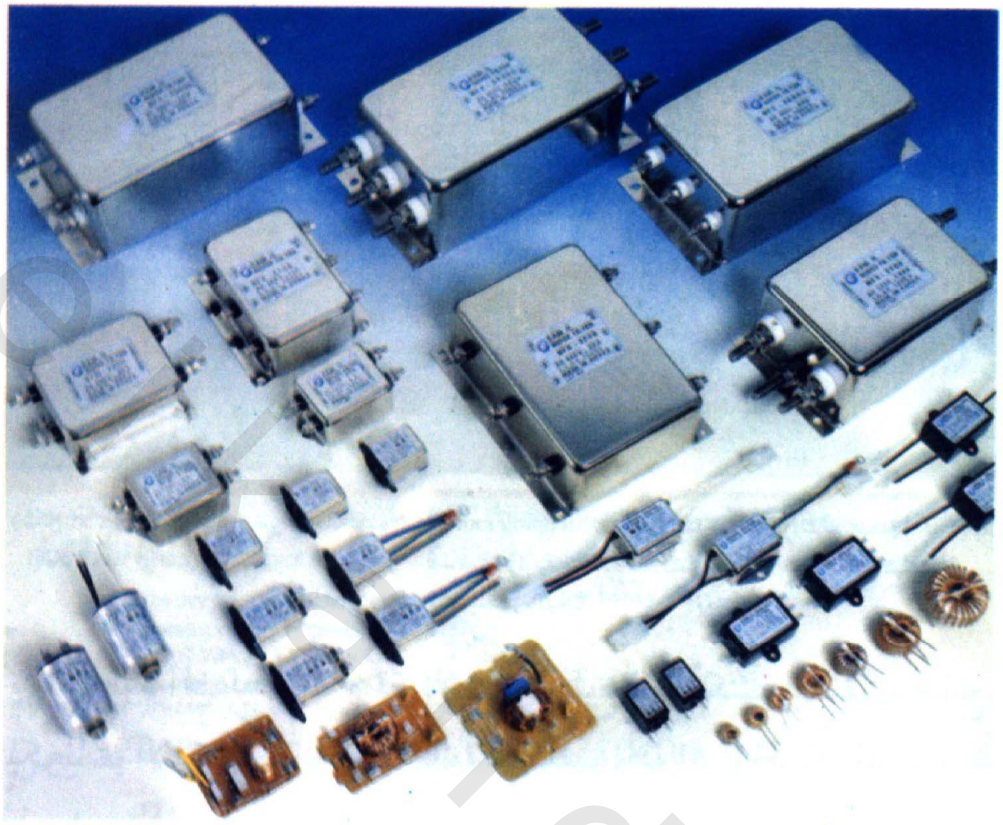
(شكل ٨) : أنواعٌ مختلفةٌ من أطراف التلامُس المغْنطيسيَّة "Relays" لشتَّى الأغْراض .



(شكل ٩) : قواطعُ التيار الأتُوماتيكية المغنطيسيَّة والحراريَّة .

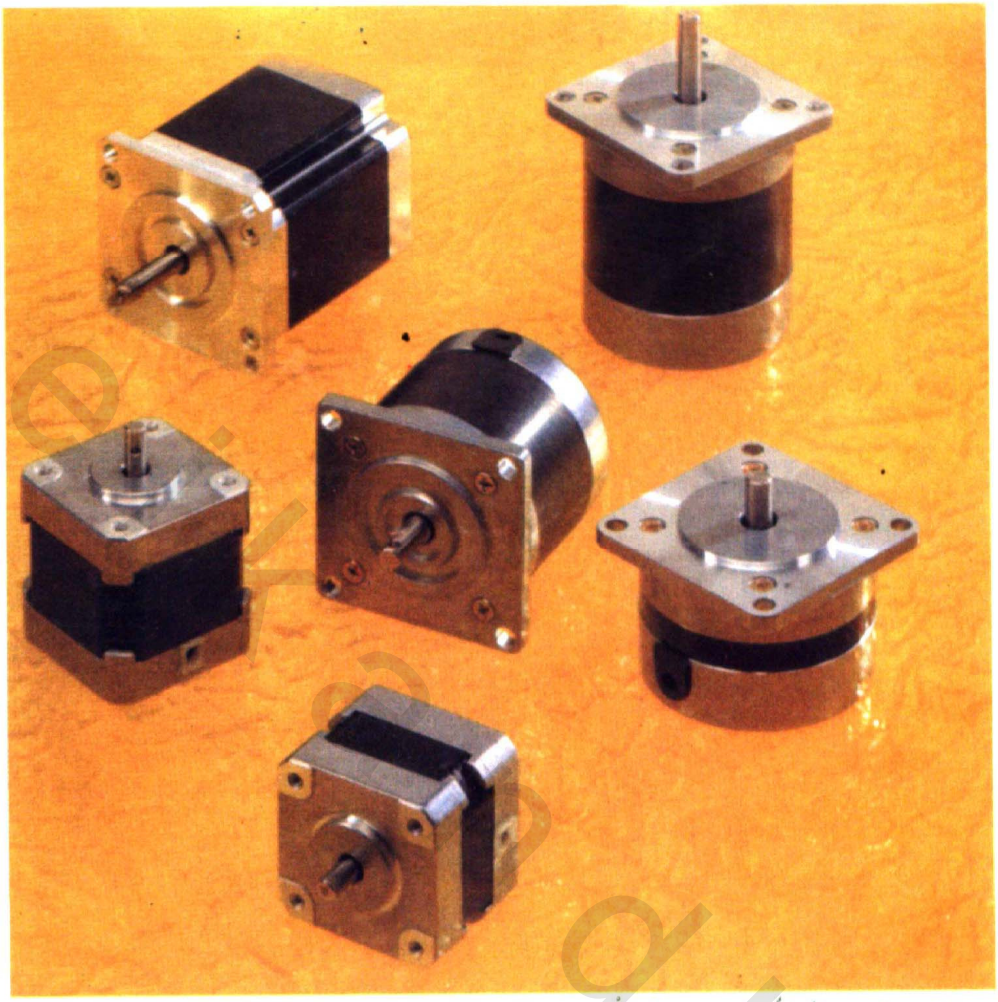
Thermal and magnetic Circuit breakers .

- مرشحات التيار المستمر من أى ضوضاء أو تغييرات موجودة عليه بحيث يكون التيار المستمر نقى تمامًا مثل تيار البطاريات،ومثل هذا المكون الكهربائى مهم جدًا فى الأغراض الحربية ويبدو فى (شكل ١٠) بعض أنواع هذه المرشحات.
- المحركات الكهربائية الخاصة: مثل "المحرك المؤازر" أو "محرك الخطوة" وهى أنواع خاصة من المحركات الكهربائية لا تدور وتلف بصفة منتظمة بل تدور محاورها بزاوية محددة فقط وتقف، ومثل هذا النوع من المحركات هام فى الأغراض الحربية، حيث يلزم فى الطائرات أو الصواريخ أو الرادارات، تحريك دفة الطائرة أو رافع الطائرة أو جنيح الطائرة أو دفة الصاروخ أو حتى هوائى الرادار جميعهم يلزم تحريكهم زاوية محددة فقط (٣٠ درجة مثلاً) لذا يستخدم هذا النوع من المحركات والذى يبدو شكل أحدهم فى (شكل ١١) وهو "محرك الخطوة". "Stepping motor" والذى يمكنه – مثلاً– تحرى طبق استقبال إشارات الأقمار الصناعية زاوية محددة فقط.



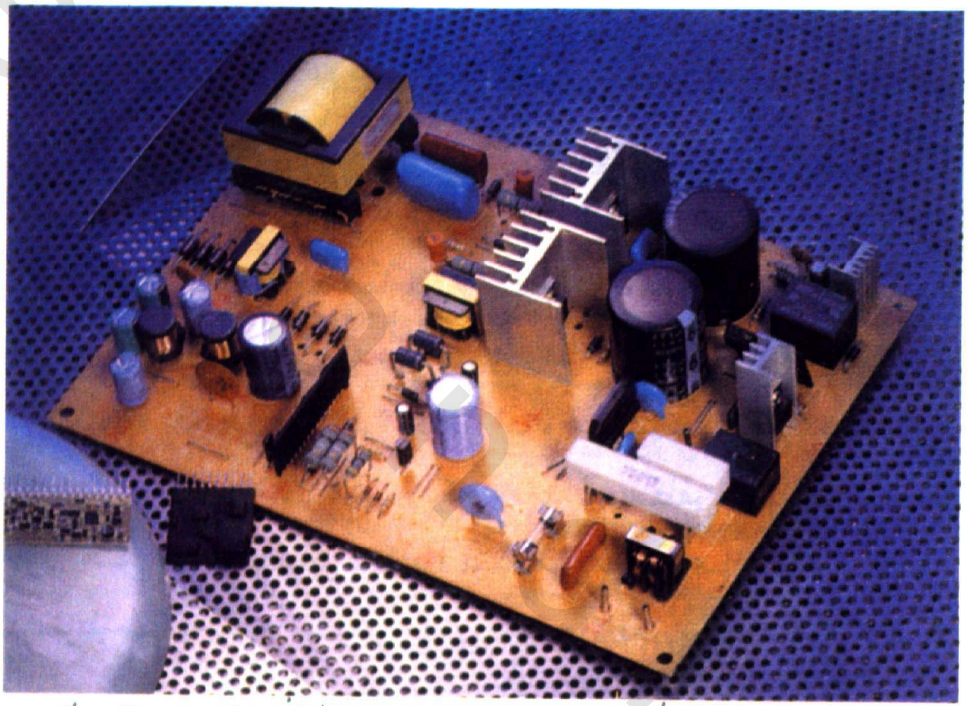
(شكل ١٠) : بعضُ أنواع وأشكال مرشحات التيار المسْتمر من الضوضاء أو التغيُّرات .

obeikandl.com



(شكل ١١) : منظرٌ عامٌ " لمحركات الخطْوة " " Stepping motor " والذى يستخدمُ لتحريك أى حمل (دفة الطائرة مثلا أو طبق استقبال إشارات الأقمار الصناعية) زاوية محدَّدة فقط لكنه لا يلُفُّ بصفة دائمة كباقى المحركات الكهْربائية .

واستطرد الضابط همام قائلاً: وبالطبع لا يمكننى حصر جميع المكونات الإلكترونية والكهربائية لمختلف الدوائر وذلك لضخامة عددها، ومن جميع هذه المكونات يمكن تكوين دوائر كهربائية مطبوعًا Printed circuit عليها بعض المكونات لتؤدى غرضًا معينًا مثل تلك الدائرة الإلكترونية المطبوعة، والتى عليها بعض المكونات والموضحة فى (شكل ١٢) وتقوم بمهمة تكبير الصوت Amplifier كما يحدث فى حفلات الأفراح وصالات المؤتمرات والنوادى وخلافه.



(شكل ١٢) : دائرةٌ إلكترونية مطبوعة "Printed Circuit" عليها مكوناتُ إلكترونية (عدد ٢ مكثف مستدير على أعلى اليمين ويسارهما يبدو عددٌ ٢ باعث حرارة بداخل كل منهما ترانزستور وأسفل اليسار تبدو دائرةٌ إلكترونية) ومهمة هذه الدائرةُ المطبوعة هو تكبيرُ الصوت .

واختتم الضابط همام حديثه قائلاً: وبالطبع كما أمكن تجميع دائرة إلكترونية مطبوعة من المكونات الكهربائية والإلكترونية بغرض تكبير الصوت، يمكن تجميع أى دائرة إلكترونية مطبوعة لأى غرض كهربائى أو إلكترونى آخر سواء كان هذا الغرض مدنى أو حربى مع مراعاة المتطلبات الخاصة للدوائر الحربية من حيث الدقة والحساسية ودرجات الحرارة للجو المحيط مثل دوائر الإرسال والاستقبال لمحطات الرادار ودوائر إدارة النيران لمختلف الأسلحة القتالية ودوائر التشويش، ودائر توجيه الصواريخ وخلافه، وعلى أى حال فإنى –كما أخبرتكم من قبل– لست متخصصًا فى الدوائر الإلكترونية والكهربائية الحربية ولكن لى زميل ضابط مهندس اسمه الضابط سيف سيأتى بعد قليل لشرح هذه الدوائر.

شكر الجميع الضابط همامًا على شرحه الواضح، وقدمت لهم إدارة بانوراما ٦ أكتوبر بعض الحلوى والمرطبات وأخذوا يتناولون هذه التحية الكريمة من إدارة البانوراما وهم يتناقشون فى كل ما ذكره الضابط همام من معلومات، ولكن محمدًا ومصطفى استأنفا جدالهما حول نفس النقطة التى تناقشا فيها من قبل: هل ستطلب من الضابط سيف شرح الدوائر الكهربائية والإلكترونية للطائرات أم للصواريخ؟ وصمم كل منهم على رأيه واحتدم النقاش بينهما، وعلت أصواتهما كل يتمسك برأيه.. وفجأة.. دخل الجندى المكلف بحراسة القاعة ليعلن حضور الضابط سيف!

٣- الأجهزة الكهربائية المحمولة جوا

دخل الضابط سيف وهو يبتسم ويقول: لقد ترامى إلى أسماعى حواركما أيهما الشابان فما اسمكما؟

رد الأب قائلاً: هذا ابنى محمد، وهذا ابن خالته مصطفى، وهما يتجادلان فيما سمعته.

رد الضابط سيف قائلاً: لا داعى للجدال والنقاش، فالموضوع محسوم، قال محمد ومصطفى فى نفس واحد كيف ذلك؟

رد الضابط سيف قائلاً: أنصتا إلى وسوف تفهمان إن المبادئ الهندسية، والأسس العلمية وكذا لوائح الهيئات العالمية الخاصة بالطيران، تحتم أن تخضع جميع الدوائر والأجهزة والمعدات الكهربائية والإلكترونية التى تكون محمولة جوًا لمواصفات قياسية قاسية من الناحية الفنية، وتستوى فى ذلك الطائرات والصواريخ من حيث توفر هذه الشروط فى جميع أجزاء ومكونات وأسلوب تجميع الدوائر والأجهزة والمعدات الكهربائية الموجودة على متن هذه الطائرات أو الصواريخ.

سأل مصطفى بشغف: وما هى هذه المواصفات؟

أجاب الضابط سيف: بالطبع لا أستطيع سرد كل تفاصيل هذه المواصفات، فهى كثيرة وعديدة ومعقدة، ولكنى قد استطيع أن أضع النقاط الرئيسية أو اللمحات الأساسية لمبادئ تلك المواصفات.

قال محمد: اذكرها بسرعة فإنى فى شغف شديد لمعرفتها.

قال الضابط سيف: مهلاً يا محمد فسوف أوضحها لك فى نقاط أساسية ورئيسية كالتالى:

يشترط فى جميع المهمات الكهربائية المحمولة جوًا سواء أسلاك أو معدات أو أجهزة كهربائية أو إلكترونية أو خلافه، أن تكون خفيفة الوزن، وأن تكون ممكن الاعتماد على أدائها من حيث استمرار العمل وجودة الأداء أى "Reliable" تحت أى ظرف من ظروف الحرارة، أو الضغط الجوى أو الرطوبة أو الأتربة أو الاهتزازات أو الجاذبية أو وضع الجهاز أو خلافه.

قاطع محمد الضابط سيفًا قائلًا: ماذا تقصد بوضع الجهاز؟!

أجاب سيف قائلاً: بمعنى أن يكون الجهاز فى وضع أفقى معتادٍ أو حتى فى وضع رأسى أو يكون الجهاز مقلوبًا أى قاعدته لأعلى وغطاؤه لأسفل.

سأل مصطفى: ولكن هذه شروط قاسية للغاية كيف يمكن تحقيقها؟

أجاب سيف: بالتصميم الدقيق واختيار الخامات الجيدة والتصنيع المحكم، ثم أضاف سيف قائلًا:

وأيضًا أن تكون هذه المعدات بها تكنولوجيات مضادة للانفجارات، صاح محمد: أنا لا أفهم شيئًا من هذه العبارات الفضفاضة ذات المعانى العامة غير المحددة. أعطنى أمثلة محددة وواضحة، ابتسم سيف ثم استطرد قائلًا:

حسنًا يا محمد سأذكر لك أمثلة محددة وواضحة.

- كما تعلم –يا محمد– أن المفاتيح الكهربائية المستخدمة سواء فى تشغيل الأجهزة الكهربائية أو فى الإنارة أو خلافة عند استخدامها لقطع التيار تنبعث منها شرارة كهربائية، وهذه الشرارة قد لا يكون لها أى تأثير فى الأحوال العادية، لكنها حينما تكون هذه المفاتيح محمولة جوًا على طائرة أو صاروخ، فقد يتصادف وجود أى غاز قابل للاشتعال مثل عادم المحركات النفاثة غير كامل الاحتراق أو عادم المحركات الصاروخية غير كامل الاحتراق، وفى هذه الحالة ينشأ خطر الانفجار، لذا فإن جميع المفاتيح الكهربائية المحمولة جوًا، يجب ألا تنبعث منها أى شرارة عند تشغيلها أو إيقافها، ومثل هذه المفاتيح تسمى "مفاتيح مضادة للانفجار" ولها تصميم معين وتكنولوجيا إنتاج خاصة، وبالطبع فهيب أغلى سعرًا نظرًا لكونها أيضًا خفيفة الوزن.
- بالنسبة للأسلاك الكهربائية التى تشكل الدائرة الكهربائية لتوصيل الكهرباء، من المنبع إلى الأحمال المختلفة على متن الطائرة أو الصاروخ، فإن هذه الأسلاك تشكل شبكة كهربائية كبيرة تبدأ من مصدر الطاقة الكهربائية، سواء كان مولد الطاقة الكهربائية أو البطارية، وتنتشر فى جميع أجزاء الطائرة لتغذية جميع الأحمال الكهربائية فى الطائرة من مقدمة الطائرة حتى ذيلها، والأسلاك الكهربائية العادية عادة ما تكون إما من ناس أو ألمونيوم. وبالطبع فإن النحاس أفضل من الألومنيوم لأنه لنفس المقطع يتحمل تيارًا أعلى. فإذا كان المليمتر المربع الواحد من أسلاك الألمونيوم لأنه لنفس المقطع يتحمل من ١– إلى ١.٥ أمبير، فإن المليمتر من الأسلاك النحاسية يتحمل من ٣

إلى ٣.٥ أمبير، وذلك يعنى أن النحاس أفضل لأنه سيكون أخف وزنًا لنفس قيمة التيار، والسلك النحاسى ذو المقطع المحدد – وليكن مثلاً ١٠ مليمتر مربع – يمكن أن يكون سلكًا مصمتًا بمعنى سلك واحد مساحة مقطعة تساوى ١٠ مليمتر مربع أو سلك شعر بمعنى أن يكون ١٠ أسلاك مساحة كل سلك ١ مليمتر مربع وبالطبع فإن السلك الشعر أفضل بكثير من السلك المصمت نظرًا لأنه يتحمل عمليات الثنى والفرد لمرات عديدة دون أن ينقطع مثل السلك المصمت، بالإضافة إلى أنه يتحمل الحمل الكهربائى الزائد أكثر بكثير من السلك المصمت، لأن مساحة السطح الخارجى للأسلاك العشرة، تكون أكبر من مساحة السطح الخارجى للسلك الواحد المصمت، وبذا يكون انبعاث الحرارة منها أكثر، وهذا يجعل ارتفاع درجة حرارة السلك الشعر نتيجة مرور التيار الكهربائى به أقل من ارتفاع درجة الحرارة لمرور نفس التيار فى السلك المصمت نتيجة لمرور نفس التيار، وبناءً على ما سبق فإن جميع أسلاك الدائر االكهربائية المحمولة جوًا تكون أسلاك نحاس شعر، أما بالنسبة لعزل تلك الأسلاك فإنه يكون عزلاً مزدوجًا من طبقتين، ومانعًا لدخول الرطوبة أو الأتربة إلى الأسلاك نفسها، وذا درجة عزل فائقة.

- بالنسبة للمولدات والمحركات الكهربائية المحمولة جوًا توجد ظاهرة مثيرة للغاية،وهى أنه على الرغم من أن الأسس الهندسية تقضى بأن تكون كثافة التيار الكهربائى فى الأسلاك النحاسية تحت ظروف التبريد الطبيعية أى سلك موجود فى ملامسة الهواء العادى تكون ٣ أمبير للمليمتر المربع، فإن كثافة التيار الكهربائى فى أسلاك المحركات والمولدات الكهربائية المحمولة جوًا تكون ٢٥ أمبير لكل مليمتر مربع بشرط وجود تبريد قوى عن طريق مروحة مثبتة على المحرك أو المولد.. وهذا من شأنه تقليل مساحة قطع السلك، وبالتالى المحرك أو المولد. وهذا من شأنه تقليل مساحة قطع السلك، وبالتالى تقليل وزن السلك والمحرك والمولد بالكامل، مما يحقق مبدأ خفة وزن الأجهزة الذى ذكرناه سابقًا.
- بالنسبة إلى أطراف التلامس سواء فى المفاتيح الكهربائية أو فى أجهزة أطراف التلامس Relays يجب أن تكون هذه الأطراف ذات نقس تلامس مصنعة من الفضة الخالصة، وهذا من شأنه أن يجعل العمر الافتراضى

لطرف التلامس أطول عمرًا Reliable وكذا أصغر حجمًا، وبالتالى أخف وزنًا.

- بالنسبة لمدى مقاومة جميع الأجهزة والمعدات المحمولة جوًا للأتربة والمياه، فقد تم الاتفاق عالميًا على تحديد عدد مكون من رقمين يعبر عن مدى مقاومة أى جهاز للأتربة والمياه، حيث يعبر رقم الآحاد عن مدى المقاومة للمياه، ويعبر رقم العشرات عن مدى المقاومة للأتربة وذلك على النحو التالى:

- بالنسبة لمقاومة الأتربة (رقم العشرات)

الرقم	المعنى
صفر	ليس له أى مقاومة للأتربة
١	حماية من أى أجسام أكثر من ٥٠ مليمتر.
٢	حماية من أى أجسام أكثر من ١٢ مليمتر.
٣	حماية من أى أجسام أكثر من ٢.٥مليمتر.
٤	حماية من أى أجسام أكثر من ١ مليمتر.
٥	حماية من أى أتربة.
٦	حماية كاملة من أى نوع من الأتربة.

- بالنسبة لمقاومة المياه (رقم العشرات).

الرقم	المعنى
صفر	ليس له أى مقاومة للمياه أو بخارها.
١	حماية من تنقيط المياه عليها.
٢	حماية من سقوط المياه حتى لو كانت مائلة بزاوية ٣٠ درجة.
٣	حماية كاملة من المطر.
٤	حماية من طرطشة المياه عليها.
٥	حماية من اندفاع المياه من رشاشات المياه.
٦	حماية من تموجات المياه.

obeikandi.com

٧ حمايته حتى الغمر بالمياه

٨ حماية كاملة حتى لو ظلت تحت سطح المياه دائمًا.

ويمسى هذا العدد "درجة الحماية" "I.P. number" فمثلاً إذا كان هذا الرقم لأى جهاز هو "٢١" فذلك يعنى أن هذا الجهاز له حماية من الأتربة التى قطرها أكثر من ١٢ مليمتر وله حماية من أى تنقيط للمياه عليه.

أما إذا كان هذا الرقم هو "٥٨" فذلك يعنى أن هذا الجهاز محمى ضد أى نوع من الأتربة ويمكنه العمل وهو تحت الماء مدى طول العمر الافتراضى للجهاز.

وبالطبع فإن جميع الِأجهزة والمعدات المحمولة جوًا، تكون لها أعلى درجة حماية من الماء والأتربة.

- أى جهاز كهربائى محمول جوًا عادة ما يكون له مدخل للأسلاك الكهربائية، التى توصل إليه القوى الكهربائية والإشارات والنبضات الداخلة إليه، وأيضًا له مخرج للحصول على المعلومات والبيانات التى قام الجهاز بتشغيلها، وتنص تعليمات الهيئات العالمية على أسلوب معين لتوصيل الأسلاك الداخلة أو الخارجة من الأجهزة المحمولة جوًا، وهذا الأسلوب يحتم استدام وصلات محددة المواصفات كتلك الموضحة فى (شكل ١٣) لدخول أو خروج أى أسلاك من وإلى الأجهزة المحمولة جوًا.

(شكل ١٣) : أشكالٌ مختلفةٌ لوصلاتِ الأسْلاكِ منْ وإلى الأجهزة الكهْربائية المحمُولة جوًّا.

- تحقيقًا لمبدأ استمرار أداء بعض الأجهزة الكهربائية المحمولة جوًا على الرغم من احتمال تعرضها لأى عطل فى دوائر القوى المغذية لها "Reliability" فقد تم تقسيم الأحمال الكهربائية إلى قسمين: قسم درجة أولى وقسم درجة ثانية حسب أهميتها، وبناءً على ذلك يتم تغذية الأحمال الكهربائية ذات الدرجة الأولى عن طريق دائرة كهربائية حلقية "أى على شكل حلقة" بحيث إنه إذا انقطعت أحد أطراف هذه الحلقة لسبب أو آخر فإن الحمل يستمد الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيله عن طريق الطرف الثانى للحلقة، وبذلك لا يتعطل الجهاز عن العمل حتى لو انقطع أحد أطراف تغذيته، أما أحمال الدرجة الثانية فيتم تغذيتها بالتيار الكهربائى عن طريق وصلات خطية "أى خط كهربائى واحد".

- توصى المواصفات الفنية العالمية، باستخدام أكثر من وسيلة حماية للأجهزة الكهربائية ضد زيادة التيار الكهربائى، أو انخفاض الجهد، فنجد أن الجهاز الواحد له ثلاثة أو أربعة وسائل حماية، أحدها حماية حرارية من المصهرات (الفيوزات) والأخرى حماية مغنيطسية عن طريق ملفات الحث لفصل التيار، والثالثة عن طريق أطراف تلامس ذات ذراع من معدنين مختلفين فإذا زاد التيار المار فى الذراع، ارتفعت درجة حرارته، ونظرًا لأن الذراع مكون من معدنين كل منهما على شكل شريط، ومتلاصقين بالطول، فإن ارتفاع درجة

openkandil.com

الحرارة يسبب تمدد كل من المعدنين، ولكن تمدد أحد هذه المعادن، يختلف عن تمدد المعدن الآخر فتكون النتيجة تقوس الذراع المعدنية وبذلك تبتعد أطراف التلامس فى نهاية الذراع عن بعضها فينفصل التيار المار فيها، وينقطع التيار عن الجهاز كنتيجة لزيادة التيار عن القدر المسموح به.

- تزود الدوائر الكهربائية فى منظومات الدوائر والآلات والأجهزة الكهربية والإلكترونية المحمولة جوًا بنظام لتحديد مكان وسبب أى أعطال فى هذه المنظومة. وهذا النظام عادة ما يستخدم الحاسب الإلكترونى لتسهيل عمله بحيث إنه إذا حدث أى عطل لأى جزء فى الدائرة الكهربائية أو فى الدائرة الإلكترونية أو أى عطل لأى جهاز أو آلة أو معدة، فإن هذا النظام الخاص بتحديد الأعطال يقوم فورًا بالتنبيه لوجود عطل ما وتحديد مكانه وسببه عن طريق إشارات ضوئية ذات ألوان مختلفة أو عن طريق إرسال أصوات تحذيرية من خلال سماعات أو أبواق، ثم يقوم النظام بتشغيل جهاز بديل بدلاً من الجهاز العطلان أو دائرة بديلة حتى لا يتعطل الأداء الكلى للدائرة أو المنظومة الكهربائية.

- تشكل وسائل "التأريض" "أى توصيل الجهاز الكهربائى بالأرضى) فى الطائرات والصواريخ عنصرًا هامًا وخطيرًا لحماية الأجهزة الكهربائية بل والطائرة أو الصاروخ نفسه من خطر الانفجار أو الاحتراق، ذلك أنه من المعروف أن حركة الطائرات أو الصواريخ فى الجو تسبب احتكاكًا بين جسم الطائرة أو الصواريخ فى الجو تسبب احتكاكًا بين جسم الطائرة أو الصاروخ وبين الهواء المحيط بها، ونتيجة لهذا الاحتكاك فإنه يتكون على الجسم الخارجى للطائرة أو الصاروخ شحنة كهربائية إستاتيكية "أى ساكنة" تزداد بازدياد سرعة وعدد ساعات الطيران، وقد ويصل جهدها إلى عدة آلاف فولت، وعند هبوط الطائرة وملامستها لسطح الأرض يحدث تفريغ كهربائى كبير تنتج عنه شرارة كهربائية هائلة يمكن أن تتسبب فى احتراق الطائرة أو أجزاء منها، تمامًا كما يحدث فى حالة صهاريج الوقود المحملة على سيارات النقل "صهاريج البترول المحمولة على سيارات النقل) فإن هذه الصهاريج عندما تكون محملة بالوقود تتكون عليها شحنة كهربائية ساكنة نتيجة لاحتكاك الوقود بعضه ببعض عند حركة السيارة، وكذا نتيجة لاحتكاك الهواء بالسطح الخارجى للصهاريج. لذا نلاحظ جميعًا وجود سلسلة معدنية خلف

هذه الصهاريج. وهذه السلسلة تكون متصلة بالسيارة من الناحية ومتدلية وملامسة للأرض طوال حركة سير السيارة من الناحية الأخرى، وفائدة ذلك هو التفريغ المستمر للشحنات الكهربائية الساكنة المتكونة على سطح الصهاريج إلى الأرض بصفة مستمرة، ونفس الشيء –تقريبًا– يحدث للطائرات ولكنها لا تستخدم سلسلة معدنية بل تستخدم عدة مجموعات كل مجموعة مكونة من عدد كبير من الأسلاك المعدنية لا يزيد طول السلك فيها عن ٢٠ سم وهذه الأسلاك مجمعة وملحومة فى جسم الطائرة من ناحية أما الناحية الأخرى فتكون الأسلاك فيها متباعدة عن بعضها بشكل يشبه إلى حد ما شكل الفرشاة الخاصة بطلاء البويات، وتقوم هذه المجموعة بتسريب الشحنات الكهربائية الإستاتيكية من جسم الطائرة إلى الجو.

واختتم الضابط سيف حديثه قائلاً: وبالطبع فإن كل ما ذكرته لكم هو فقط مجرد مبادئ أو أساسيات وأوليات النظم الكهربائية والإلكترونية المحمولة جوًا. ولا يتسع المجال هنا لذكر أو شرح تفاصيل أكثر من ذلك حيث إنكم غير متخصصين كما أن الوقت لا يتسع لأكثر من ذلك.

شكر الجميع الضابط سيف على شرحه المبسط الذى مكنهم من الإلمام بمبادئ النظم الكهربائية المحمولة جوًا. وسأله مصطفى فى دهاء: ألا يمكننا معرفة المزيد عن مبادئ تصميم هذه النظم الكهربائية والدوائر الإلكترونية لنوع معين من الصواريخ؟

قاطعة محمد قائلاً: مصطفى يقصد لنوع معين من الطائرات؟

ضحك الضابط سيف وقال: لا بأس سأحضر لكم خلال نصف الساعة ريثما تتناولون الشاى كانت أعينهم معلقة على باب قاعة المحاضرات فى انتظار دخول الضابط سيف مرة أخرى.

٤- مبادئ كهرباء المقاتلات

مضت نصف ساعة وفى الميعاد المحدد دخل الضابط سيف مرة أخرى وهو يبتسم كعادته، واستقر الجميع فى أماكنهم بالقاعة مترقبين حديث الضابط سيف الذى استهل حديثه قائلاً: تعلمون جميعًا أن الطائرات المقاتلة تنتجها شركات عالمية كثيرة، وكل شركة لها فكرها الخاص بها، وتكنولوجياتها لتنفيذ هذا الفكر، وفكر كل شركة عادة ينبع من العقيدة القتالية لدولة هذا الشركة: هل تتبنى الدولة اتجها النوعية أما اتجاه الكم فى عقيدتها القتالية، بمعنى هل تؤمن الدولة بإنتاج طائرة مقاتلة ذات كفاءة فنية وقتالية عالية، بحيث تصبح هذه الطائرة المقاتلة قادرة على خوض أكثر من معركة جوية فى نفس الوقت بمفردها أم تؤمن الدولة بإنتاج طائرة تشترك مع عدة طائرات أخرى مقاتلة فى حشد كبير للانقضاض على هدف واحد معادي؟ وبالطبع فإن اختيار الدولة لأحد هاتين الفكرتين وأعنى الكيف أو الكم سينعكس حتمًا على فكر المصمم لنظم الدوائر الكهربائية والإلكترونية فيحدد هل سيعتمد على مكونات إلكترونية وكهربائية ذات جودة عالية أم سيعتمد على مكونات ذات جودة متوسطة مع استخدام مكونات بديلة تحل محل المكونات الأصلية فى حالة عطلها. وسواء كان الاختيار للجودة العالية أو للجودة المتوسطة فهناك أسس رئيسية هندسية تحكم تصميم النظام الكهربائى للدوائر الكهربائية والإلكترونية للطائرات المقاتلة وهى:

- تعمل الدوائر الكهربية والإلكترونية للطائرات المقاتلة على التيار المستمر .D.C
- تعتمد هذه الدوائر على مصدر للقوى الكهربائية مكون من:

١- مولد تيار مستمر (دينامو) تتراوح قدرته بين ٢٠ إلى ٤٠ كيلو وات طبقًا لنوع المقاتلة يلف بسرعة تتراوح بين ٤٠٠٠ إلى ٦٠٠٠ لفة فى الدقيقة وهى تعتبر سرعة عالية ويستمد حركته من المحرك النفاث للطائرة، ويتكون هذا المولد من جزئين، جزء ثابت خارجى به الأقطاب الكهرومغنطيسية، وجزء متحرك داخلى به ملفات إنتاج الطاقة الكهربائية، ويتميز هذا المولد بصغر حجمه بالمقارنة بأى مولد آخر مستخدم فى غرض غير محمول جوًا إذ يصل حجمه إلى ٢٠% فقط من حجم المثيل له فى القدرة

obeikandi.com

الكهربائية، وبالطبع فإن صغر الحجم والوزن أيضًا هو عنصر مطلوب له كما ذكرنا، ويرجع صغر الحجم إلى السرعة العالية التى يدور الجزء الداخلى للمولد بها مقارنة بسرعة ١٥٠٠ لفة فى الدقيقة للمولدات المثيلة وإلى ارتفاع قيمة كثافة التيار بأسلاك الملفات الموجودة فى الجزء الثابت أو الجزء المتحرك للمولد.

٢- بطارية خاصة ذات ألواح من الفضة الخالصة تتراوح سعتها بين ٢٥ إلى ٣٥ أمبير ساعة قادرة على إمداد النظام الكهربائى بتيار كهربائى قيمته حوالى ١٥٠٠ أمبير لمدة لا تزيد عن ٣٠ ثانية، وذلك لإدارة المحرك النفاث للطائرة فى الجو إذا حدث توقف فجائى له، وجهدها ١٢ أو ٢٤ فولت فقط.

٣- دائرة إلكترونية لتنظيم شحن البطارية بحيث تقوم بشحن البطارية من المولد إذا كانت البطارية غير مشحونة أو نكمل شحنها، إذا فقدت البطارية جزءًا من شحنتها أو فصل البطارية عن الشحن إذا تمت عملية شحنها.

ويتم توصيل خرج المولد والبطارية على قضبان توصيل نحاسية رئيسية Bus Bars وذلك من خلال وسائل حماية مناسبة للمولد والبطارية مثل المصهرات الحرارية أو قواطع التيار المغنطيسية، وتخرج من على هذه القضبان الرئيسية عدة مغذيات رئيسيات، والمغذى هو كابل نحاسى خاص ذو مقطع كبير يتحمل تيارًا عاليًا، وكل مغذى له وسيلة الحماية الخاصة به، ويمتد هذا المغذى من أول الطائرة لآخرها حيث تتفرع منه مغذيات فرعية بقطر أقل لتغذية كافة الأحمال الكهربائية من أجهزة ومعدات ووسائل إضاءة، إلخ بحيث تكون المغذيات الرئيسية والفرعية شبكة عنكبوتية تنتشر فى كل أجزء الطائرة.

ويجب الإشارة هنا إلى أن مصادر القوى فى الطائرات المقاتلة تتكون من ثلاثة مصادر رئيسية تتكامل فيما بينها لأداء مختلف المهام، وهذه المصادر الرئيسية هى:

١- مصادر القوى الكهربائية.

٢- مصادر القوى الهيدروليكية.

٣- مصادر القوى للهواء المضغوط.

وقد وضحنا مصادر القوى الكهربائية، أما مصادر القوى الهيدروليكية، فهى عبارة عن ضاغط Compressor يحركه محرك كهربائى ويقوم بضغط زيت معين يسمى زيت

الهيدروليك، ويقوم بتشغيل عدد من أجهزة الطائرة مثل فرامل وهياكل العجلات السفلية Under carriage وفتح وغلق صمامات الوقود وخلافه.

وبالمثل يعمل نظام مصادر الهواء المضغوط الذى يتكون من ضاغط للهواء يحركه محرك كهربائى، ويقوم بضغط الهواء حيث يعمل الهواء المضغوط على تشغيل عددٍ من أجهزة الطائرة المختلفة بالتعاون مع النظام الهيدروليكى والكهربائى مثل الفرامل الهوائية ودفة الطائرة، وجنيح الطائرة، ورافع الطائرة الموجود فى الذيل وخلافه.

وسكت الضابط سيف لبرهة ثم استأنف كلامه قائلاً، أود أن أوضح لكم هنا شيئًا يخص الدائرة الكهربائية للطائرات وهو أن المغذيات التى تتصل بقضبان التوصيل الرئيسية عادة ما تقسم طبقًا لمجموعة الأجهزة التى تغذيها مثل:

- مغذى لإمداد معدات إدارة النيران بالطائرة بما يلزمها من تيار كهربائى، وأقصد بمعدات إدارة النيران أجهزة تشغيل الرشاشات والصواريخ سواء صواريخ جو – جو أو جو – أرض أو أجهزة "التنشين" بالأشعة تحت الحمراء أو خلافه.
- مغذى لإمداد جميع وسائل الإضاءة سواءً الإضاءة الخارجية على أجنحة الطائرة وذيلها أو الإضاءة الداخلية لأجهزة لوحة القيادة الرئيسية أو إضاءة كابينة الطيار أو خلافه.
- مغذى لإمداد الأجهزة المساعدة كالأجهزة الملاحية أو أجهزة التكييف، أو أجهزة معادلة الضغط داخل كابينة الطيار.
- مغذى لإمداد أجهزة القيادة والتحكم مثل عصا القيادة وزيادة سرعة المحركات وتشغيلها وإيقافها.

واختتم الضابط سيف حديثه قائلاً: أرجو أن أكون قد نجحت فى مهمتى بإيضاح الخطوط والمبادئ الرئيسية لكهرباء المقاتلات.

صاح محمد ومصطفى فى نفس واحدٍ: بالتأكيد نجحت لأننا بعد هذه المحاضرات الثمينة قد عقدنا العزم أن نصبح ضابطًا مهندسين متخصصين فى تشغيل وصيانة وإصلاح دوائر القوى الكهربائية والإلكترونية للطائرات المقاتلة.

علق الأب قائلاً: إذن لقد نجحت أيها الضابط سيف فى أداء رسالتك..!

المراجع العربية:

خبـر المؤلـف المهنيـة فـى تـدريس ورئاسـة قسـم كهربـاء الطـائرات القتاليـة بالكليـة الفنيـة العسكرية وإطلاعه على مراجع وأبحاث، وكذا ممارسة هذه التخصص عمليًا.

المراجع الأجنبية:

1- Fundamentals of radio – Mc Graw –Hill, Frederick Terman.
2- Radio Shack – 1999, Catalouge.

obeikandl.com

الفهرس

١- بانوراما ٦ أكتوبر ٤

٢- مبادئ الهندسة الكهربية ٧

٣- الأجهزة الكهربائية المحمولة جوا ٢٣

٤- مبادئ كهرباء المقاتلات..... ٣١

obeikandl.com

رقم الإيداع ٤٠٠٩/ ٢٠٠٢

الترقيم الدولى I.S.B.N 977-02-6263-3

١٠٤-٢٠٠١/٧

طبع بمطابع دار المعارف (ج.م.ع)

obeikandl.com