

## التحليل الإحصائي للأعطال الكهربائية في منظومات

### توجيه الأجسام الطائرة القريبة المدى

طالب ماجستير: باسل عادل عبد الرحمن

إشراف: د.م نصر عبد الحموي

كلية الهندسة الكهروميكانيكية، أكاديمية الأسد للهندسة العسكرية

#### الملخص

تظهر الأعطال الكهربائية في منظومات التحكم العاملة على أجهزة التوجيه والملاحقة والأجسام الطائرة القريبة المدى بسبب التقادم وعدم التقيد بالشروط الاستثمارية أو التعرض للتخريب، إضافة إلى تأثيرات الظروف المناخية على الكتل والآلات الكهربائية، التي تتألف من العناصر الكهربائية والإلكترونية (المقاومات، المكثفات الترانزستورات، الحواكم، المحركات، ... إلخ).

يقدم البحث تحليلاً إحصائياً للأعطال الكهربائية لهذه المنظومات باستخدام البرنامج الإحصائي (SPSS)، من خلال دراسة العلاقة بين هذه الأعطال والظروف المناخية صيفاً وشتاءً في فترة دراسة العينة. حيث تم اختيار الأعطال نسبة إلى الكتل والدارات الإلكترونية المتعطلة في منظومات التحكم المدروسة أهمها: المشعلات، كتلة محدد الإحداثيات، الفوتو ديود، دارة التبريد، خلايا المدخرات، كتلة الاستقرار، كتلة الاشتقاق والتطابق، كتلة تشكيل الأوامر، كتلة التوجيه المتتية، عناصر إلكترونية منفردة. إن عملية تشخيص الأعطال تتطلب فنيين ذوي كفاءة عالية قادرين على تحديد الأسباب الرئيسية لأعطال المنظومات وتوقع حدوثها تبعاً لنتائج التقييم الإحصائي، وتنفيذ الصيانة الفنية المناسبة للمحافظة عليها في حالة الجاهزية والعمل. وقد تبين من خلال الدراسة عدم وجود علاقة ذات دلالة إحصائية بين أعطال عينة البحث والظروف المناخية صيفاً وشتاءً في فترة دراسة العينة.

**الكلمات المفتاحية:** البرنامج الإحصائي (SPSS(25، أعطال كهربائية، أجهزة التوجيه والملاحقة، اختبار  $\chi^2$ .

## Statistical Analysis of Electrical Faults In Near-Range Flying Object Guidance Systems

Master student: Bassel Abd Al-Rahman

Supervision: Dr. Nasr Al-Hamwi

Electromechanical Engineering College, Al-Assad Academy  
for Military Engineering

### Abstract

Electrical faults appear in control systems operating on steering and tracking devices and near-range flying objects due to obsolescence and lack of compliance with investment conditions or exposure to sabotage, in addition to the effects of climatic conditions on electrical blocks and machines, which consist of electrical and electronic elements (resistors, capacitors, transistors, rulers, motors, etc.)

The research provides a statistical evaluation of the electrical faults of these systems using the statistical program (SPSS), by studying the relationship between these faults and the climatic conditions in summer and winter during the sample study period. Where the faults were chosen in relation to the broken electronic blocks and circuits in the studied control systems, the most important of which are:

Igniters, Coordinate limiter block, Photo diode, Cooling circuit, Battery cells, Derivation and Congruence block, Stability block, Command formation block, Steerable block, and Scattered Electronic elements.

The process of the diagnosing faults requires highly qualified technicians, who are able to identify the main causes of system failures anticipate their occurrence according to the results of the statistical evaluation, and implement appropriate technical maintenance to maintain them in a state of readiness and work.

Through the study, it was found that there is no statistically significant relationship between the faults of the research sample and the climatic conditions in summer and winter during the period of the sample study.

**Keywords:** the statistical program SPSS (25), electrical malfunctions, steering and tracking devices,  $\chi^2$  test.

## 1- مقدمة

تخضع المنظومات الكهربائية والإلكترونية العاملة على أجهزة التوجيه والملاحقة والأجسام الطائرة الموجهة لعملية تشخيص فني يتم من خلالها كشف العيوب ومعرفة موقع العطل وأسبابه بسرعة ودقة وتحديد حجم عملية الإصلاح، وبالتالي تحديد القطع الاحتياطية والمواد الضرورية اللازمة. حيث ينفذ التشخيص بشكل كلي على المنظومة أولاً، ثم ينفذ على القطع والعناصر التركيبية [1].

هناك العديد من طرائق التشخيص الحديثة أهمها: استخدام تحويل فورييه قصير الأمد (STFT) بناءً على تحليل التيارات الثابتة وأشكال الموجات الفولتية التي تمثل الإشارات الداخلية لمنظومة التحكم، وتسمح هذه الطريقة باكتشاف العمل المتقطع لعطل مفتاح الطاقة العاكس، وعطل عدم تناسق لف الجزء الثابت، والماس كهربائي، كما تسمح باكتشاف الحالات المعيبة لمفاتيح التبديل [2]. أيضاً استخدام تقنيات تعتمد على مجال التردد وخاصة تلك القائمة على تحويل فورييه السريع (FFT)، حيث إن معظم تقنيات اكتشاف الأخطاء (التيار الزائد والجهد الزائد والخطأ الأرضي) تعتمد على المجال الزمني ويمكن استخدام إشارات قياس الحيب أو تقنية الحلقة المغلقة للتردد الرقمي وذلك تجنباً للحسابات الطويلة مع تحقيق دقة جيدة. إضافة إلى استخدام التقنيات القائمة على النماذج التحليلية (نماذج رياضية أو نماذج عامة باستخدام الشبكات العصبونية أو المنطق العائم أو الخوارزمية الجينية) [3]. كما يمكن تشخيص الأعطال الكهربائية والإلكترونية بتطبيق تقنية التردد الزمني، ويتم فيها تحويل اهتزاز الإشارة إلى صور ثم تستخدم شبكة عصبونية محسنة (CNN) لتصنيف هذه الصور [4]. أيضاً باستخدام خوارزميات التعلم الآلي تم تنفيذ نظام لتشخيص الأعطال عبر الأنترنت [5]. إن العملية التكنولوجية المستخدمة في الإصلاح هي مجموعة من العمليات المترابطة تهدف إلى إعادة منظومات التحكم للعمل بصورة طبيعية.

## 2- هدف البحث

يهدف البحث إلى دراسة العلاقة بين الأعطال الكهربائية لمنظومات التحكم العاملة على أجهزة التوجيه والملاحقة والأجسام الطائرة الموجهة من جهة،

واختلاف الظروف المناخية والطبيعية صيفاً وشتاءً في عامي 2019-2020 م من جهة أخرى.

### 3- طريقة البحث

بغية تحقيق هدف البحث تم الحصول على عينة الدراسة المكونة من (100) منظومة تحكم عاملة على أجهزة التوجيه والملاحقة والأجسام الطائرة القريبة المدى والمتضمنة للأعطال الكهربائية المحددة في هذه الدراسة، قسمت إلى قسمين: القسم الأول: المنظومات التي ظهرت أعطالها خلال الأشهر (أيار، حزيران، تموز، آب) من عام 2019 م، أي أثناء عملها في ظروف درجات الحرارة المرتفعة (صيفاً). القسم الثاني: المنظومات التي ظهرت أعطالها خلال الأشهر (تشرين الثاني، كانون الأول، كانون الثاني، شباط) من عامي 2019-2020 م، أي أثناء عملها في درجات الحرارة المنخفضة والظروف المناخية الصعبة (شتاءً). من الجدير بالذكر أن هذه العينة شملت منظومات التحكم المتواجدة في المنطقة الوسطى (حمص وريفها، تدمر، حماه وريفها).

تم الاعتماد على برنامج (Statistical Product and Solutions Services) (SPSS (25)، لإنشاء ملف يحتوي بيانات الدراسة، وهي متغيرات ذات طابع وصفي. كما تم إجراء اختبار  $\chi^2$  (Chi-Square Test) كاي مربع للاستقلالية لمعرفة هل هناك علاقة بين الأعطال الكهربائية والظروف المناخية في فترة دراسة العينة.

### 4- أهم الأعطال الكهربائية المكتشفة في منظومات التحكم

تقسم هذه الأعطال نسبة إلى الكتل والدارات الإلكترونية المتعطلة في منظومات التحكم المدروسة [6]:

- 1- كتلة الاشتقاق والتطابق: تشكل الجهود اللازمة لتأمين أنظمة عمل مضخم التيار الضوئي وجهود تغذية المستقبلات الضوئية.
- 2- المشعلات الكهربائية: يوجد عدة مشعلات كهربائية في تصميم الجسم الطائر الموجه كالمشعل الكهربائي لمدرخة كتلة التغذية الأرضية والمشعل الكهربائي للمدرخة المتتية والمشعل الكهربائي لقلب الجيروسكوب.
- 3- كتلة تشكيل الأوامر: تقوم بتصحيح إشارات التوجيه بهدف تأمين التوجيه المطلوب.

- 4- عناصر إلكترونية متفرقة.
- 5- كتلة الاستقرار: تؤمن هذه الدارة استقرار دوران قلب محرك جهاز الملاحقة.
- 6- كتلة التوجيه المتتية: مؤلفة من موصل غازي وملف سلك اتصال والمصباح الخطاط وكتلة التحكم.
- 7- محدد الإحداثيات الجيروسكوبي: مؤلف من جيروسكوب ثلاثي درجات الحرية يؤمن توافق أوامر التوجيه القادمة من كتلة الأجهزة الأرضية مع منظومة إحداثيات الجسم الطائر الموجه، ومن لوحة مطبوعة عليها عناصر إلكترونية وأربع حلقات تماس.
- 8- دارة التبريد: يعد العطل في دارة التبريد من أهم الأعطال الكهربائية التي تؤثر سلباً على قدرة الكشف ليلاً وبالتالي خروج الكاميرا الحرارية عن العمل.
- 9- خلايا المدخرات: تعتبر هذه الخلايا مصدراً إضافياً للقدرة الكهربائية، حيث تتميز المدخرات بالخواص التالية:

• الجهد الطبيعي للمدخرة 12V ولكل خلية 1.2V.

• تيار التفريغ في نظام التفريغ 10 ساعة يساوي 4.2A.

• السعة أثناء التفريغ 10 ساعة وحرارة المحلول 30° تساوي 4.2Ah.

- 10- الفوتو ديود: يقوم جهاز الملاحقة بكشف واستقبال الأشعة تحت الحمراء الصادرة عن المصباح الخطاط، فيقوم الديود الضوئي بتحويلها إلى إشارة كهربائية معدلة ترددياً ومتناسبة مع الانحراف الزاوي للجسم الطائر الموجه بالنسبة لخط التسديد.

#### 5- أسباب الأعطال في الكتل والآلات الكهربائية

تتعرض الكتل والآلات الكهربائية الموجودة ضمن منظومات التحكم العاملة على أجهزة التوجيه والملاحقة والأجسام الطائرة القريبة المدى للعديد من الأعطال الكهربائية خلال عملية الاستثمار، وذلك نتيجة للتآكل في القطع الميكانيكية الناتج عن الصدأ وتقادم العازلية ومخالفة الشروط الفنية للاستثمار. أيضاً إن الظروف المناخية والطبيعية لها دور كبير في تشكل هذه الأعطال سواء كانت هذه المنظومات في حالة العمل (الاستثمار والتنقل) أو التخزين (العمر الفني للعناصر الإلكترونية والكتل)، كما أن درجة الخبرة الفنية والاستثمارية لطاقم العمل تعد من أهم الأسباب المؤدية لحدوث وتكرار هذه

الأعطال. هذه الأسباب أدت إلى الاعتماد على طرائق تشخيص الأعطال من أجل محاولة توفير الوقت والجهد اللازمين للإصلاح والصيانة [7].

**5-1 الكتل الكهربائية وأعطالها:** هي عبارة عن مجموعة من الدارات الكهربائية التي تحتوي على عناصر إلكترونية أساسية مثل: المقاومات والمكثفات والملفات والترانزستورات ومنظمات الجهد وغيرها، تقوم بوظائف متعددة تؤدي مع بعضها البعض إلى تنفيذ جزء رئيسي من عمل المنظومة وأي خلل في أداء هذه الكتل يكون بسبب عطل في إحدى هذه الدارات الإلكترونية وعناصرها.

**5-1-1 اختبار المقاومات والمكثفات:** يتم الاختبار الخارجي للمقاومات بالتأكد من حالة الطلاء المانع للصدأ وكمالية الجسم والترميز وانسيابية دوران المحور في المقاومات المتغيرة. أما أثناء الاختبار الكهربائي يتم التأكد من مطابقتها للمواصفات ومن مقاومة العازلية بين المآخذ وجسم المقاومة نفسها. عند الفحص الخارجي للمكثفات يجب التأكد من:

- كمالية الجسم والمآخذ التماسية وثبيتها إلى جسم المكثفة.
- كمالية عوازل المكثفات وثبيتها ضمن الهياكل المعدنية.
- حالة الصفائح العازلة ومآخذ المكثفات المتغيرة.
- إمكانية دوران العناصر الدوارة للمكثفات دون أي احتكاك.

أما أثناء الاختبار الكهربائي للمكثفات يتم التأكد من: مقاومة العازلية وسلامة العازل.

**5-2 اختبار العناصر النصف ناقلة (ديود، ترانزستور، دارات متكاملة):** يتم بطريقتين:

1- طريقة الكشف الخارجي: يتم التأكد من عدم وجود تماس بين المخارج، الوصل الصحيح للمخارج بالنقاط اللازمة وعدم وجود أضرار ميكانيكية على الهيكل.

2- قياس البارامترات الكهربائية للعناصر: وتتم باستخدام أجهزة اختبار خاصة حيث يتم التأكد من عدم وجود تيار عكسي على المجمع ويتم كذلك اختبار ثابت التضخيم للترانزستورات، أما بالنسبة للديودات فيتم قياس المقاومة في الاتجاهين.

**5-3 أجهزة الملاحظة والمراقبة:** يجب تأمين الحماية لأجهزة الملاحظة والمراقبة (الكاميرات الحرارية والأجهزة البصرية) أثناء استثمارها من أشعة الشمس باستخدام الأغطية الواقية المخصصة لها، حيث توضع في الظل وعلى أسطح معزولة وتحفظ في أماكن

تحتوي على تهوية جيدة. كما يجب حمايتها من سقوط الرواسب الجوية على عناصرها البصرية والتأكد من عازليتها بحيث لا يسمح بتجمع الرطوبة على السطوح الخارجية.

4-1-5 استثمار المدخرات: عند استثمار المدخرات ضمن المجال الحراري ( $10^{\circ}, 35^{\circ}$ ) درجة مئوية يتم الفحص مرة واحدة شهرياً. أما ضمن المجال الحراري ( $10^{\circ}, -40^{\circ}$ ) والمجال ( $35^{\circ}, 45^{\circ}$ ) درجة مئوية تفحص المدخرات مرة واحدة كل 15 يوماً.

#### 6- الدراسة التطبيقية

بعد إنشاء ملف بيانات العينة ضمن بيئة البرنامج (SPSS(25)، تم إيجاد الجداول التكرارية لهذه البيانات وأعطالها مع نسبها المئوية إضافة إلى الحصول على الرسومات البيانية لكل متغير من متغيرات الدراسة. تم بعد ذلك استخدام اختبار ( $\chi^2$ ) للاستقلالية لإتمام هذه الدراسة [8,9].

#### 6-1 اختبار ( $\chi^2$ ) كاي مربع للاستقلالية

يعود الفضل في ابتكار الاختبار  $\chi^2$  إلى العالم كارل بيرسون، ويعدّ من أهم الطرائق الإحصائية للحكم على صحة أو زيف الفرض الصفري (عدم وجود علاقة بين المتغيرات المدروسة) بالنسبة للفروق بين التكرارات باعتبارها تنتمي إلى البيانات الإسمية. كما يمتد هذا الاختبار إلى مشكلات قياس قوة الترابط أو الاقتران بين متغيرين إسميين من بيانات العينة أو استقلالهما.

يعتمد  $\chi^2$  على المقارنة بين مجموعة من التكرارات المشاهدة ( $O_i$ ) والتكرارات المتوقعة ( $E_i$ ). وتعطى قيمة اختبار  $\chi^2$  بالعلاقة التالية [10]:

$$\chi^2$$

$O_i$  : التكرارات المشاهدة.

$E_i$  : التكرارات المتوقعة.

#### 6-2 النتائج والمناقشة

بعد معالجة ملف البيانات الموجود ضمن برنامج (SPSS(25) نجد أن:

عينة البحث: تتضمن عينة البحث منظومات التحكم التالية:

أجسام طائفة موجهة، أجهزة ملاحقة، أجهزة توجيه، مدخرات، كاميرات.

يوضح الجدول (1) تكرار العينة التي تم جمعها على مرحلتين مع نسبها المئوية المرحلة الأولى: صيفاً أي عند ارتفاع درجات الحرارة وتعرض المنظومات لأشعة الشمس مباشرة، وعددها (40) منظومة.

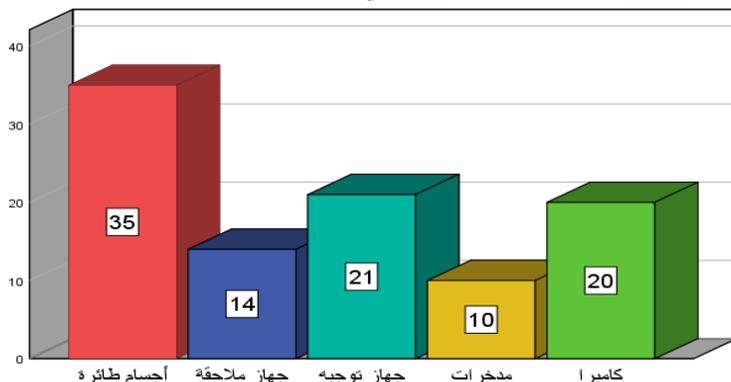
المرحلة الثانية: شتاءً أي عند انخفاض درجات الحرارة وفي الظروف المناخية الصعبة وعددها (60) منظومة.

نلاحظ أن نسبة منظومات التحكم العاملة على الأجسام الطائرة الموجهة قد بلغت (35.0%) وهي النسبة الأعلى في هذه العينة، لأنها الأكثر تعرضاً للعوامل المؤثرة على وثوقيتها كالظروف المناخية أثناء التخزين الطويل الأمد والاستثمار (العمل والتنقل).

الجدول(1) تكرار عينة البحث ونسبها المئوية

عينة البحث		التكرار	النسبة المئوية%
منظومات التحكم	أجسام طائرة	35	0.35
	جهاز ملاحقة	14	0.14
	جهاز توجيه	21	0.21
	مدخرات	10	0.10
	كاميرا	20	0.20
	المجموع	100	%100

كما ويوضح الشكل (1) الرسم البياني لتكرار عينة البحث.



الشكل(1) توزيع منظومات التحكم العاملة على أجهزة التوجيه والملاحقة ضمن عينة البحث

يوضح الجدول (2) توزيع هذه المنظومات على الأشهر صيفاً وشتاءً. حيث تم تحديد أكثر الأعطال الكهربائية في منطقة الدراسة، ثم جمعت عينة البحث التي تتضمن

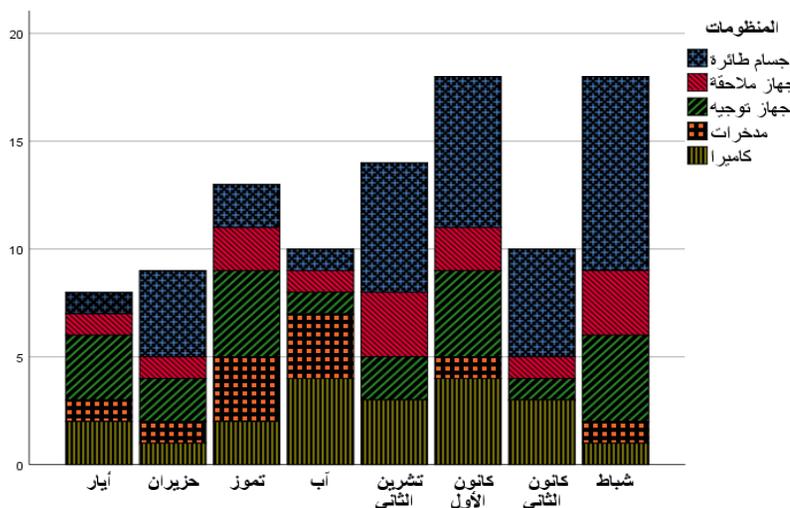
هذه الأعطال. نلاحظ أن التكرارات ذات القيم الأعلى حدثت أثناء الظروف المناخية الصعبة شتاءً، وذلك بسبب زيادة ساعات العمل ليلاً وفي ظروف الرؤية الصعبة وتأثير انخفاض درجات الحرارة والرطوبة، إضافة إلى تأثير الظروف الطبيعية الصحراوية الرملية في منطقة تدمر، إضافة إلى امتداد المساحات واختلاف ووعورة طرائق التنقل وتأثيرها المباشر على وثوقية هذه المنظومات في المنطقة الوسطى عموماً.

الجدول (2) توزيع عينة البحث على الأشهر صيفاً وشتاءً

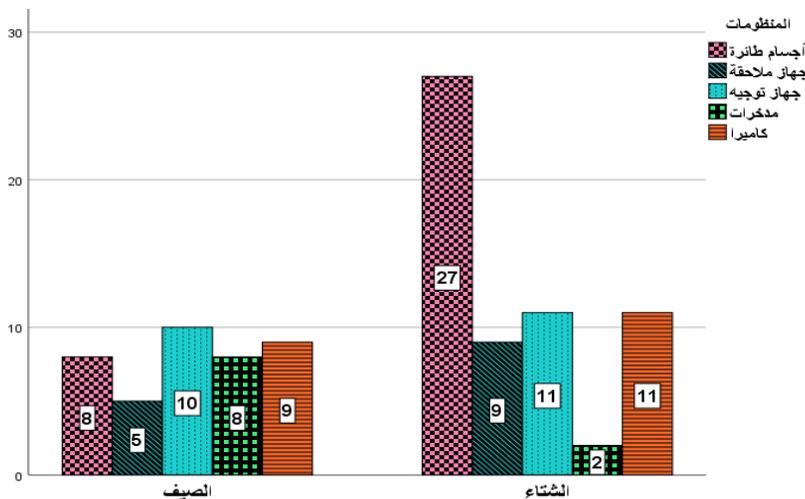
الفصل	المنظومات					Total	
	أجسام طائرة	جهاز ملاحقة	جهاز توجيه	مدخرات	كاميرا		
الصيف	أيار	1	1	3	1	2	8
	حزيران	4	1	2	1	1	9
	تموز	2	2	4	3	2	13
	أب	1	1	1	3	4	10
الشتاء	نشرين الثاني	6	3	2	0	3	14
	كانون الأول	7	2	4	1	4	18
	كانون الثاني	5	1	1	0	3	10
	شباط	9	3	4	1	1	18
Total		35	14	21	10	20	100

يوضح الشكل (2) والشكل (3) الرسم البياني لتوزيع هذه المنظومات خلال فترة

دراسة العينة صيفاً وشتاءً.



الشكل (2) توزيع عينة البحث على الأشهر



الشكل (3) توزيع عينة البحث صيفاً وشتاءً

**أعطال عينة البحث:** يقوم طواقم الفنيين القائمين على أعمال الصيانة والإصلاح بتحديد الأعطال الكهربائية لمنظومات التحكم، وتصنيفها والإشارة للأسباب المؤدية لها. بعد تحديد عينة البحث تم تقييم الأعطال التالية نسبة إلى الكتل والدارات الإلكترونية المتعطلة في منظومات التحكم المدروسة:

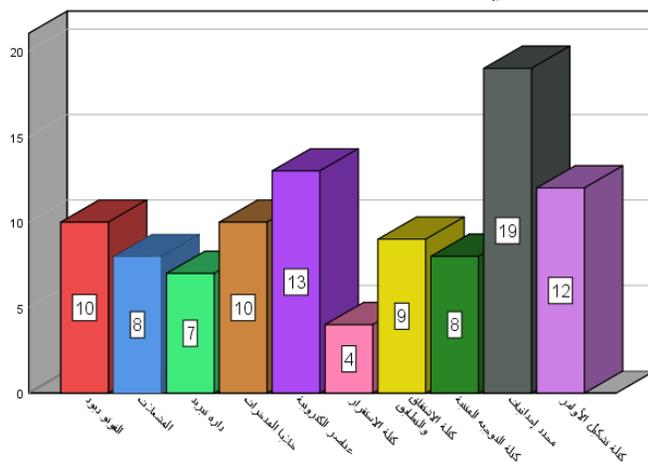
المشعلات الكهربائية، كتلة محدد الإحداثيات الجيروسكوبي، الفوتو ديود وأقراص التعديل الدوارة، دارة التبريد في الكاميرات الحرارية، خلايا المدخرات، كتلة الاستقرار، كتلة الاشتقاق والتطابق، كتلة تشكيل الأوامر، كتلة التوجيه المتتية، عناصر إلكترونية متفرقة.

يوضح الجدول (3) تكرار الأعطال التي ظهرت على عينة البحث مضافاً إليها نسبها المئوية، ونلاحظ من خلال هذا الجدول أن نسبة العطل في كتلة محدد الإحداثيات الجيروسكوبي قد بلغت (19.0%) وهي النسبة الأعلى، وذلك بسبب عدم مراعاة الشروط الاستثمارية عند التخزين الطويل الأمد للأجسام الطائرة القريبة المدى أثناء الظروف المناخية والطبيعية الصعبة، حيث يجب التوجيه بعدم تعرضها للأمطار شتاءً، وقد ظهرت آثار الرطوبة العالية على معظم الأجسام الطائرة في المستودعات، كما يجب حمايتها من آثار الأتربة والرمال أثناء التنقل صيفاً. مما يعطي مؤشراً لأسباب أعطال هذه المنظومة كالمشعلات الكهربائية (8.0%) وكتلة أجهزة التوجيه المتتية (8.0%).

الجدول (3) تكرار الأعطال ضمن عينة البحث ونسبها المئوية

أعطال عينة البحث			
	التكرار	النسبة المئوية%	
الأعطال	المشعلات	8	0.8
	محدد الإحداثيات	19	0.19
	الفوتو ديود	10	0.10
	دارة التبريد	7	0.7
	خلايا المدخرات	10	0.10
	كتلة الاشتقاق والتطابق	9	0.9
	كتلة الاستقرار	4	0.4
	كتلة تشكيل الأوامر	12	0.12
	كتلة التوجيه المتتبية	8	0.8
	عناصر إلكترونية	13	0.13
	المجموع	100	%100

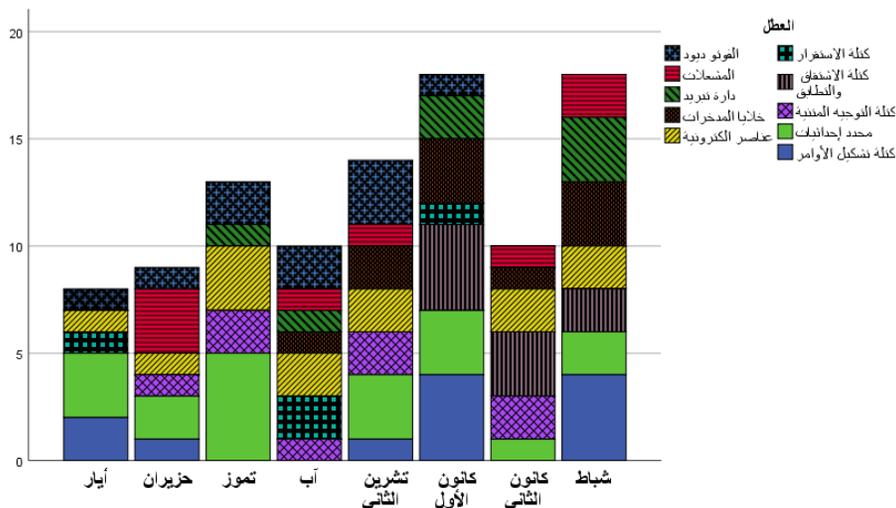
يوضح الشكل (4) الرسم البياني لتكرار هذه الأعطال ضمن عينة البحث.



الشكل (4) توزيع الأعطال على عينة البحث

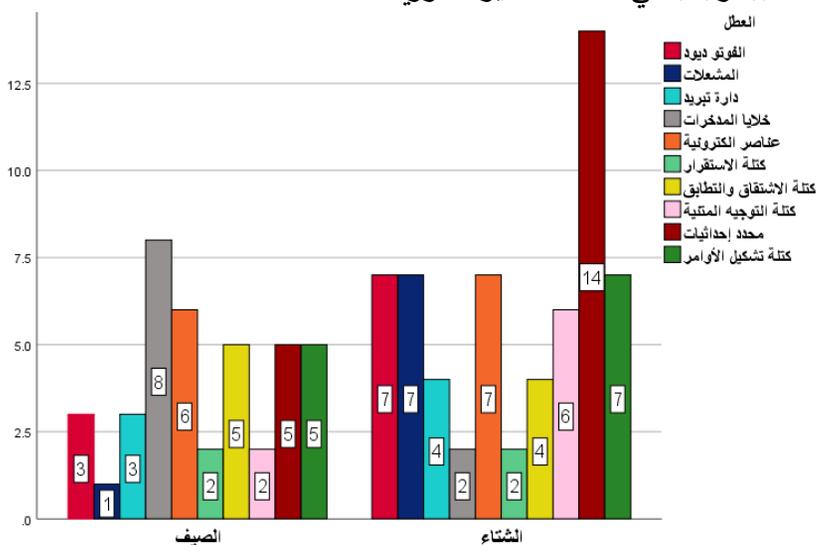
يوضح الشكل (5) والشكل (6) توزيع هذه الأعطال على منظومات التحكم بحسب الأشهر التي جمعت فيها عينة البحث صيفاً وشتاءً، ومن خلال دراسة هذا التوزيع تم ملاحظة أن بعض هذه الأعطال تتأثر بالظروف المناخية والطبيعية كالناتجة عن تشكل الصدا بسبب الرطوبة (دارة القصر مثلاً)، أو القطع (دارة مفتوحة أو إزالة تماسات) في الدارات الإلكترونية بسبب الأتربة والاحتكاك.

## التحليل الإحصائي للأعطال الكهربائية في منظومات توجيه الأجسام الطائرة قريبة المدى



الشكل (5) توزيع الأعطال على عينة البحث حسب الأشهر

كما أن الخلايا الكهروكيميائية للمدخرات تتأثر بزيادة درجات الحرارة، وبكثرة التفريغ والشحن دون مراعاة الشروط الاستثمارية. أيضاً الأجهزة البصرية وأجهزة الرؤية الحرارية تتعرض للعديد من الأعطال التي تعزى إلى الغباشة أو القصر الناتجين عن الرطوبة أو بسبب الأعطال في العناصر الكهروضوئية والدارات المسؤولة عن الكشف الحراري لئلاً باستخدام الحساسات المبردة بالآزوت، ويعدّ دخول الغبار وذرات الرمال في قناة الأزوت سبباً رئيسياً في تعطل الكاميرا الحرارية.



الشكل (6) توزيع الأعطال على عينة البحث صيفاً وشتاءً

إن سوء الاستثمار (قلة الخبرة أو زيادة ساعات العمل) والتنقل دون مراعاة شروط وعوامل الأمان ووعورة الطرائق تعد من الأسباب الرئيسية لتكرار هذه الأعطال. بالاطلاع على الجدول (4) الذي يوضح تكرارات الأعطال الكهربائية لمنظومات التحكم (التكرارات المشاهدة Count والتكرارات المتوقعة Expected) واقتربنا بالأشهر صيفاً وشتاءً، نجد أن التكرار المشاهد يعبر عن عدد الأعطال في منظومات التحكم خلال أشهر الدراسة، أما التكرار المتوقع فيحسب من نظرية ضرب الاحتمالات، أي أن حساب التكرار المتوقع لعطل دائرة التبريد  $E_1$  خلال شهر تموز مثلاً ناتج عن جداء قيمة التكرار المشاهد الكلي للأعطال في هذا الشهر (13) بمجموع التكرارات المشاهدة لهذا العطل في عينة البحث (7) مقسوماً على حجم العينة (100) [11].

$$E_1 = \frac{13 * 7}{100} = 0.91$$

كما يمكن ملاحظة ما يلي:

شهر أيار: تم جمع (8) منظومات تحكم متعطلة كهربائياً وهي على الشكل:

- الفوتو ديود عدد (1): السبب التعرض للسقوط أثناء التحميل والنقل المفاجئ دون مراعاة شروط الحيطه والأمان.
- خلايا المدخرات عدد (1): ناتج عن الشحن الزائد.
- عناصر إلكترونية متفرقة عدد (2): بسبب التعرض للشظايا بالقرب من مناطق العمليات القتالية أو التخريب المتعمد من قبل الجماعات الإرهابية.
- كتلة الاشتقاق والتطابق عدد (1): ناجم عن عودة تيار كهربائي إلى منظومة التوجيه عبر سلك الاتصال عند تماسه مع كابلات تيار المدينة.
- كتلة محدد الإحداثيات عدد (1): بسبب انهيار العازلية لمكثفات ومقاومات لوحة التماسات (العمر الفني وتأثير درجات الحرارة المرتفعة).
- كتلة تشكيل الأوامر عدد (2): ناجم عن عودة تيار كهربائي إلى منظومة التوجيه عبر سلك الاتصال عند تماسه مع كابلات تيار المدينة.

شهر حزيران: تم جمع (9) منظومات تحكم متعطلة كهربائياً وهي على الشكل:

- خلايا المدخرات عدد (1): ناتج عن الشحن الزائد وارتفاع درجة الحرارة.

- عناصر إلكترونية متفرقة عدد (1): بسبب التقادم وانتهاء العمر الفني.
- كتلة الاستقرار عدد (1): بسبب تغير قيمة الجهود الخاصة بتنظيم سرعة دوران المحرك نتيجة للتقادم، وتأثير الظروف المناخية المحيطة على العازلية.
- كتلة الاشتقاق والتطابق عدد (1): ناجم عن عودة تيار كهربائي إلى منظومة التوجيه عبر سلك الاتصال عند تماسه مع كابلات تيار المدينة.
- كتلة التوجيه المتتية عدد (1): السبب العمر الفني للجسم الطائر الموجه، أيضاً تأثير درجات الحرارة المرتفعة على العازلية.
- كتلة محدد الإحداثيات عدد (3): بسبب انهيار العازلية لمكثفات ومقاومات لوحة التماسات (العمر الفني وتأثير درجات الحرارة المرتفعة).
- كتلة تشكيل الأوامر عدد (1): ناجم عن عودة تيار كهربائي إلى منظومة التوجيه عبر سلك الاتصال عند تماسه مع كابلات تيار المدينة.
- شهر تموز: تم جمع (13) منظومات تحكم متعطلة كهربائياً وهي على الشكل:
  - الفوتو ديود عدد (1): السبب التقادم وانهيار مقاومة الديود الضوئي.
  - المشعلات عدد (1): بسبب غياب التماسات الناقلة للتيار نتيجة للاحتكاك.
  - دارة التبريد عدد (1): دخول ذرات الغبار مع الآزوت وانسداد القناة.
  - خلايا المدخرات عدد (3): ناتج عن كثرة الشحن والتفريغ وارتفاع درجات الحرارة.
  - عناصر إلكترونية متفرقة عدد (1): بسبب التعرض للشظايا بالقرب من مناطق العمليات القتالية أو التخريب المتعمد من قبل الجماعات الإرهابية.
  - كتلة الاستقرار عدد (1): بسبب تغير قيمة الجهود الخاصة بتنظيم سرعة دوران المحرك نتيجة للتقادم، وتأثير الظروف المناخية المحيطة على العازلية.
  - كتلة الاشتقاق والتطابق عدد (2): ناجم عن انتهاء العمر الفني للملفات والمكثفات وتأثير درجات الحرارة المرتفعة على العازلية.
  - كتلة التوجيه المتتية عدد (1): السبب العمر الفني للجسم الطائر الموجه، أيضاً تأثير درجات الحرارة المرتفعة على العازلية.
  - كتلة تشكيل الأوامر عدد (2): ناجم عن انتهاء العمر الفني للملفات والمكثفات وتأثير درجات الحرارة المرتفعة على العازلية.

شهر آب: تم جمع (10) منظومات تحكم متعطلة كهربائياً وهي على الشكل:

- الفوتو ديود عدد (1): السبب التقادم وانهيار مقاومة الديود الضوئي.
- دارة التبريد عدد (2): دخول ذرات الغبار مع الأزوت وانسداد القناة.
- خلايا المدخرات عدد (3): ناتج عن كثرة الشحن والتفريغ وزيادة ساعات العمل.
- عناصر إلكترونية متفرقة عدد (2): بسبب التقادم وانهيار العازلية.
- كتلة الاشتقاق والتطابق عدد (1): ناجم عن عودة تيار كهربائي إلى منظومة التوجيه عبر سلك الاتصال عند تماسه مع كابلات تيار المدينة.
- كتلة محدد الإحداثيات عدد (1): بسبب انهيار العازلية لمكثفات ومقاومات لوحة التماسات (العمر الفني وتأثير درجات الحرارة المرتفعة).

شهر تشرين الثاني: تم جمع (14) منظومات تحكم متعطلة كهربائياً وهي على الشكل:

- الفوتو ديود عدد (3): السبب زيادة ساعات العمل وتشكل الرطوبة ليلاً.
- المشعلات عدد (2): بسبب زيادة رطوبة البارود وعدم اشتعاله.
- دارة التبريد عدد (1): دخول ذرات الغبار مع الأزوت وانسداد القناة.
- عناصر إلكترونية متفرقة عدد (2): بسبب التقادم وانهيار العازلية.
- كتلة الاشتقاق والتطابق عدد (1): ناجم عن انهيار العازلية نتيجة انتهاء العمر الفني للعناصر الإلكترونية.
- كتلة التوجيه المتتية عدد (1): السبب العمر الفني للجسم الطائر الموجه، أيضاً تأثير الرطوبة العالية أثناء التخزين.
- كتلة محدد الإحداثيات عدد (3): بسبب الرطوبة الناتجة عن التخزين الطويل.
- كتلة تشكيل الأوامر عدد (1): ناجم عن عودة تيار كهربائي إلى منظومة التوجيه عبر سلك الاتصال عند تماسه مع كابلات تيار المدينة.

شهر كانون الأول: تم جمع (18) منظومات تحكم متعطلة كهربائياً وهي على الشكل:

- الفوتو ديود عدد (2): ناتج عن زيادة ساعات العمل وتشكل الرطوبة ليلاً.
- المشعلات عدد (1): ناجم عن زيادة رطوبة البارود وعدم اشتعاله.
- دارة التبريد عدد (2): بسبب التقادم وزيادة ساعات العمل.

- خلايا المدخرات عدد (1): ناتج عن التقادم (العمر الفني) والشحن الزائد.
- عناصر إلكترونية متفرقة عدد (2): بسبب التعرض للشظايا بالقرب من مناطق العمليات القتالية أو التخريب المتعمد من قبل الجماعات الإرهابية.
- كتلة الاشتقاق والتطابق عدد (1): ناجم عن انهيار العازلية نتيجة انتهاء العمر الفني للعناصر الإلكترونية.
- كتلة التوجيه المتتية عدد (2): السبب العمر الفني للجسم الطائر الموجه، أيضاً تأثير الرطوبة العالية أثناء التخزين.
- كتلة محدد الإحداثيات عدد (4): بسبب الرطوبة الناتجة عن التخزين الطويل.
- كتلة تشكيل الأوامر عدد (3): ناجم عن انهيار العازلية نتيجة انتهاء العمر الفني للعناصر الإلكترونية.

**شهر كانون الثاني:** تم جمع (10) منظومات تحكم متعطلة كهربائياً وهي على الشكل:

- المشعلات عدد (2): بسبب زيادة رطوبة البارود وعدم اشتعاله.
- دارة التبريد عدد (1): ناجم عن التقادم وزيادة ساعات العمل.
- عناصر إلكترونية متفرقة عدد (2): بسبب زيادة ساعات العمل وتأثير الرطوبة.
- كتلة الاستقرار عدد (1): بسبب تغير قيمة الجهود الخاصة بتنظيم سرعة دوران المحرك نتيجة للتقادم، وتأثير الرطوبة على القطع المتحركة.
- كتلة الاشتقاق والتطابق عدد (1): ناجم عن عودة تيار كهربائي إلى منظومة التوجيه عبر سلك الاتصال عند تماسه مع كابلات تيار المدينة.
- كتلة التوجيه المتتية عدد (2): السبب العمر الفني للجسم الطائر الموجه، أيضاً تأثير الرطوبة العالية أثناء التخزين.
- كتلة محدد الإحداثيات عدد (1): بسبب الرطوبة الناتجة عن التخزين الطويل.

**شهر شباط:** تم جمع (18) منظومات تحكم متعطلة كهربائياً وهي على الشكل:

- الفوتو ديود عدد (2): زيادة ساعات العمل وتشكل الرطوبة ليلاً.
- المشعلات عدد (2): زيادة رطوبة البارود وعدم اشتعاله.
- خلايا المدخرات عدد (1): ناتج عن الشحن الزائد.
- عناصر إلكترونية متفرقة عدد (1): زيادة ساعات العمل وتأثير الرطوبة.

- كتلة الاستقرار عدد (1): بسبب تغير قيمة الجهود الخاصة بتنظيم سرعة دوران المحرك نتيجة للتقدم، وتأثير الرطوبة على القطع المتحركة.
- كتلة الاشتقاق والتطابق عدد (1): ناجم عن انهيار العازلية نتيجة انتهاء العمر الفني للعناصر الإلكترونية.
- كتلة التوجيه المتتية عدد (1): السبب العمر الفني للجسم الطائر الموجه، أيضاً تأثير الرطوبة العالية أثناء التخزين.
- كتلة محدد الإحداثيات عدد (6): بسبب الرطوبة الناتجة عن التخزين الطويل.
- كتلة تشكيل الأوامر عدد (3): ناجم عن انهيار العازلية نتيجة انتهاء العمر الفني للعناصر الإلكترونية.

الجدول (4) توزيع الأعطال على عينة البحث واقترانها بالأشهر

العطل * الشهر Crosstabulation											
			الصيف				الشتاء				
			أيار	حزيران	تموز	أب	كانون الثاني	كانون الأول	كانون الثاني	شباط	
العطل	الفوتو ديود	Count	1	0	1	1	3	2	0	2	10
		Expected Count	0.8	0.9	1.3	1.0	1.4	1.8	1.0	1.8	10
	المشعلات	Count	0	0	1	0	2	1	2	2	8
		Expected Count	0.6	0.7	1.0	0.8	1.1	1.4	0.8	1.4	8
	دارة تبريد	Count	0	0	1	2	1	2	1	0	7
		Expected Count	0.6	0.6	0.9	0.7	1.0	1.3	0.7	1.3	7
	خلايا المدخرات	Count	1	1	3	3	0	1	0	1	10
		Expected Count	0.8	0.9	1.3	1.0	1.4	1.8	1.0	1.8	10
	عناصر إلكترونية	Count	2	1	1	2	2	2	2	1	13
		Expected Count	1.0	1.2	1.7	1.3	1.8	2.3	1.3	2.3	13

التحليل الإحصائي للأعطال الكهربائية في منظومات توجيه الأجسام الطائرة قريبة المدى

العطل * الشهر Crosstabulation											
		الصيف				الشتاء					
		أيار	حزيران	تموز	أب	تشرين الثاني	كانون الأول	كانون الثاني	شباط		
العطل	كتلة الاستقرار	Count	0	1	1	0	0	0	1	1	4
		Expected Count	0.3	0.4	0.5	0.4	0.6	0.7	0.4	0.7	4
	كتلة الاشتقاق والتطابق	Count	1	1	2	1	1	1	1	1	9
		Expected Count	0.7	0.8	1.2	0.9	1.3	1.6	0.9	1.6	9
	كتلة التوجيه المتنية	Count	0	1	1	0	1	2	2	1	8
		Expected Count	0.6	0.7	1.0	0.8	1.1	1.4	0.8	1.4	8
	محدد إحداثيات	Count	1	3	0	1	3	4	1	6	19
		Expected Count	1.5	1.7	2.5	1.9	2.7	3.4	1.9	3.4	19
	كتلة تشكيل الأوامر	Count	2	1	2	0	1	3	0	3	12
		Expected Count	1.0	1.1	1.6	1.2	1.7	2.2	1.2	2.2	12
	Total	Count	8	9	13	10	14	18	10	18	100
		Expected Count	8.0	9.0	13.0	10.0	14.0	18.0	10.0	18.0	100

مما سبق أصبح بالإمكان تقييم الأعطال الكهربائية في منظومات التحكم العاملة على أجهزة التوجيه والملاحقة والأجسام الطائرة القريبة المدى (عينة البحث)، وأيضاً دراسة العلاقة بين هذه الأعطال وبين الظروف المناخية والطبيعية صيفاً وشتاءً في فترة دراسة العينة. وباستخدام اختبار  $\chi^2$  للاستقلالية يتبين من خلال الجدول (5) أن:

$$\chi^2_{(56,0.95)} = 47.256$$

بمستوى دلالة  $\alpha = 0.05$  ودرجة حرية  $df = 63$

إن درجة الحرية تعطى بالعلاقة:

$$df = (10 - 1) * (8 - 1) = 63$$

حيث إن: الأسطر هي عبارة عن الأعطال.

الأعمدة هي عبارة عن الأشهر (صيفاً وشتاءً).

تبين من الجداول الخاصة بتوزيع كاي مربع أن:

القيمة الجدولية عند مستوى دلالة  $\alpha = 0.05$  تساوي  $\chi^2_{(63,0.95)} = 82.53$ .

وبالمقارنة بين القيمة المحسوبة  $\chi^2_{(56,0.95)} = 47.256$  والقيمة الجدولية نجد أن:

القيمة الجدولية أكبر من القيمة المحسوبة، مما يدعو لقبول الفرضية الصفرية أي عدم وجود علاقة ذات دلالة إحصائية بين المتغيرين المدروسين، بالتالي لا يوجد سبب للاعتقاد بأن هناك علاقة جوهرية بين العطل والظروف المناخية وبالتالي فإن الفروق الظاهرة تعزى إلى الصدفة البحتة [11].

الجدول (5) اختبار كاي مربع للاستقلالية

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance
Pearson Chi-Square	47.256	63	0.930
N of Valid Cases	100		

يوضح الجدول (6) معامل اقتران كرامر الذي يشير إلى العلاقة بين متغيرين من المستوى الإسمي وتتراوح قيمته بين (0) و(1)، ومنه نجد أنه ليس هناك ارتباط بين المتغيرين (العطل والشهر)، حيث بلغت قيمة معامل كرامر  $Cramer's V = 0.260$  بمستوى دلالة (0.930) أكبر من مستوى الدلالة  $\alpha = 0.05$  أي ليس دال إحصائياً.

الجدول (6) معامل اقتران كرامر

Cramer معامل اقتران			
		Value	Approximate Significance
Nominal by Nominal	Cramer's V	0.260	0.930
N of Valid Cases		100	

### :Binomial Test

هو اختبار يقوم بحساب النسبة المئوية لتوزيع عناصر العينة على متغير ثنائي ثم يقارن تلك النسب المئوية نسبة إلى الفرضية (50%) التي يضعها المحلل. نلاحظ من الجدول (7) Binomial Test أن عدد الأعطال المأخوذة صيفاً (40) بنسبة 40% بينما الأعطال المأخوذة شتاءً (60) بنسبة مئوية 60%. وبما أن

النسبة المئوية الفرضية هي 50%، بالتالي فإن النسبة المشاهدة تختلف عن النسبة المتوقعة بمقدار 10% وهذا الفرق غير دال إحصائياً عند مستوى الدلالة  $\alpha = 0.05$ .

الجدول (7) اختبار Binomial Test

Binomial Test						
		Category	N	Observed Prop.	Test Prop.	Exact Sig. (2-tailed)
الفصل	Group 1	الصيف	40	0.40	0.50	0.057
	Group 2	الشتاء	60	0.60		
	Total		100	1.00		

### الخلاصة

إن عدم وجود علاقة بين الأعطال والظروف المناخية صيفاً وشتاءً في فترة دراسة العينة تساعد طواقم الصيانة والإصلاح في تحديد الأسباب الرئيسية للأعطال في كل منظومة تحكم إضافة إلى توقع حدوثها. وبالتالي إيجاد الطرائق الكفيلة لتلافي حدوثها أو تكرارها، مما يوفر الوقت والجهد اللازمين للمحافظة على هذه المنظومات في وضعية الجاهزية والعمل.

### 7- المقترحات

قدمت هذه الدراسة تحليلاً إحصائياً للأعطال الكهربائية في منظومات التحكم العاملة على أجهزة التوجيه والملاحقة والأجسام الطائرة القريبة المدى وبناء على ما توصلت إليه هذه الدراسة يمكن إضافة المقترحات التالية:

- 1- العمل على أحجام مختلفة من العينات تشمل الأعطال ومنظومات التحكم.
- 2- تغيير المنطقة التي أخذت منها هذه العينة لتصبح الدراسة شاملة لمعظم المناطق التي تستخدم فيها مثل هذه المنظومات وإجراء عملية مقارنة بين هذه المناطق.

## المراجع

- [1]- معوض إحسان، الزعبي خالد، 2004-إصلاح منظومات التحكم. أكاديمية الأسد للهندسة العسكرية، حلب.
- [2]- Piotr L. Mariusz W. Andrzej D. Andrzej R., 2016-Evaluation of diagnostic information on common electrical faults contained in signals of an inverter fed ACIM drive with current oriented control. Bydgoszcz, Poland, pp: 286-291.
- [3]- Hamid T. Subhasis N. Seungdeog Ch. Hamayoun M., 2013-Electric machines: modeling condition monitoring and fault diagnosis. CRC press, pp: 99-155.
- [4]- Wen L. Gao L. Li X. Wang L. Zho J., 2018-A Jointed signal analysis and convolutional neural network method for fault diagnosis. CIRB,CrossRef.
- [5]- Senanayaka J. Vankhang H. Robbersmyr K., 2018-Online fault diagnosis system for electronic power trains using advanced signal processing and machine learning. IEEE.
- [6]- حايك موسى، 2004-البنية العامة ومبدأ عمل منظومات التحكم. أكاديمية الأسد للهندسة العسكرية، حلب، ص: 1-13.
- [7]- Michael G., 2016-How to Diagnose and Fix every thing electronic. 2<sup>nd</sup> Edition, MC Graw Hill education.
- [8]- Darren G. Paul M., 2018-IBM SPSS Statistics 25 step by step: A Simple Guide and Reference. Version 25, Edition 15, Routledge.
- [9]- Brian C., 2018-How To Use SPSS A step by step Guide to Analysis and Interpretation. Tenth edition published by Routledge, New York.
- [10]- Eric G. Ming H., 2019-Learn R for Applied Statistics With Data Visualizations, Regressions, and Statistics. Singapore. Pp:194-197.
- [11]- Neil S., 2017-Statistics for People Who (Think They) Hate Statistics. 6 Edition, University of Kansas, SAGE. Pp:388-407.

