

مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الهندسية الميكانيكية
والكهربائية والمعلوماتية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 45 . العدد 7

1444 هـ - 2023 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب
رئيس جامعة البعث
المدير المسؤول عن المجلة

| | |
|-------------------|------------------|
| رئيس هيئة التحرير | أ. د. محمود حديد |
| رئيس التحرير | أ. د. درغام سلوم |

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث
بشرى مصطفى

| | |
|------------------|----------------|
| عضو هيئة التحرير | د. محمد هلال |
| عضو هيئة التحرير | د. فهد شريباتي |
| عضو هيئة التحرير | د. معن سلامة |
| عضو هيئة التحرير | د. جمال العلي |
| عضو هيئة التحرير | د. عباد كاسوحة |
| عضو هيئة التحرير | د. محمود عامر |
| عضو هيئة التحرير | د. أحمد الحسن |
| عضو هيئة التحرير | د. سونيا عطية |
| عضو هيئة التحرير | د. ريم ديب |
| عضو هيئة التحرير | د. حسن مشرقي |
| عضو هيئة التحرير | د. هيثم حسن |
| عضو هيئة التحرير | د. نزار عبشي |

تهدف المجلة إلى نشر البحوث العلمية الأصيلة، ويمكن للراغبين في طلبها

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

سورية . حمص . جامعة البعث . الإدارة المركزية . ص . ب (77)

. هاتف / فاكس : 2138071 31 963 ++

. موقع الإنترنت : www.albaath-univ.edu.sy

. البريد الإلكتروني : [magazine@ albaath-univ.edu.sy](mailto:magazine@albaath-univ.edu.sy)

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

- 2 نسخة ورقية من البحث بدون اسم الباحث / الكلية / الجامعة) + CD / word من البحث منسق حسب شروط المجلة.
 - طابع بحث علمي + طابع نقابة معلمين.
 - إذا كان الباحث طالب دراسات عليا:
يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقة على النشر في المجلة.
 - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:
يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.
 - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية من خارج جامعة البعث :
يجب إحضار كتاب من عمادة كليته تثبت أنه عضو بالهيئة التدريسية و على رأس عمله حتى تاريخه.
 - إذا كان الباحث عضواً في الهيئة الفنية :
يجب إرفاق كتاب يحدد فيه مكان و زمان إجراء البحث ، وما يثبت صفته وأنه على رأس عمله.
 - يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (العلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية):
عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1- مقدمة
 - 2- هدف البحث
 - 3- مواد وطرق البحث
 - 4- النتائج ومناقشتها .
 - 5- الاستنتاجات والتوصيات .
 - 6- المراجع.

- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (الآداب - الاقتصاد - التربية - الحقوق - السياحة - التربية الموسيقية وجميع العلوم الإنسانية):
- عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1. مقدمة.
- 2. مشكلة البحث وأهميته والجديد فيه.
- 3. أهداف البحث و أسئلته.
- 4. فرضيات البحث و حدوده.
- 5. مصطلحات البحث و تعريفاته الإجرائية.
- 6. الإطار النظري و الدراسات السابقة.
- 7. منهج البحث و إجراءاته.
- 8. عرض البحث و المناقشة والتحليل
- 9. نتائج البحث.
- 10. مقترحات البحث إن وجدت.
- 11. قائمة المصادر والمراجع.
- 7- يجب اعتماد الإعدادات الآتية أثناء طباعة البحث على الكمبيوتر:
 - أ- قياس الورق 25×17.5 B5.
 - ب- هوامش الصفحة: أعلى 2.54- أسفل 2.54 - يمين 2.5- يسار 2.5 سم
 - ت- رأس الصفحة 1.6 / تذييل الصفحة 1.8
 - ث- نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس 20
- . كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي . العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس 13 عريض.
- ج . يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجداول المدرجة في البحث لا يتعدى 12سم.
- 8- في حال عدم إجراء البحث وفقاً لما ورد أعلاه من إشارات فإن البحث سيهمل ولا يرد البحث إلى صاحبه.
- 9- تقديم أي بحث للنشر في المجلة يدل ضمناً على عدم نشره في أي مكان آخر، وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.
- 10- الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة

11- تكتب المراجع ضمن النص على الشكل التالي: [1] ثم رقم الصفحة ويفضل استخدام التهميش الإلكتروني المعمول به في نظام وورد WORD حيث يشير الرقم إلى رقم المرجع الوارد في قائمة المراجع.

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:

آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

الكنية بالأحرف الكبيرة . الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة . سنة النشر . وتتبعها معترضة (-) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة . دار النشر وتتبعها فاصلة . الطبعة (ثانية . ثالثة) . بلد النشر وتتبعها فاصلة . عدد صفحات الكتاب وتتبعها نقطة . وفيما يلي مثال على ذلك:

-MAVRODEANUS, R1986- Flame Spectroscopy. Willy, New York, 373p.

ب . إذا كان المرجع بحثاً منشوراً في مجلة باللغة الأجنبية:

. بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة، اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة . المجلد والعدد (كتابة مختزلة) وبعدها فاصلة . أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة . مثال على ذلك:

BUSSE,E 1980 Organic Brain Diseases Clinical Psychiatry News , Vol. 4. 20 – 60

ج . إذا كان المرجع أو البحث منشوراً باللغة العربية فيجب تحويله إلى اللغة الإنكليزية و التقيد

بالبنود (أ و ب) ويكتب في نهاية المراجع العربية: (المراجع In Arabic)

رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

1. دفع رسم نشر (20000) ل.س عشرون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (50000) ل.س خمسون ألف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مئتا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (3000) ل.س ثلاثة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

| الصفحة | اسم الباحث | اسم البحث |
|---------|--|---|
| 38-11 | م. عبد الرحمن الحبال د. رامي موسى د. سامر ربيع | استخدام المبدل متعدد المستويات MMC في مرحلة التقويم للمحول الذكي عند ربطه مع شبكات الجهد المتوسط |
| 72-39 | م. علي عاصي د. عصام المنصور | دراسة أثر تغيير العوامل (درجة الحرارة - زمن المزج - مرات الغسل) على الإنتاجية والقيمة الحرارية للديزل الحيوي الناتج عن زيوت القلي المستعملة |
| 102-73 | م. فرح النيفاوي د. مهند رجب | مراقبة وتحليل البيانات في شبكات التواصل الاجتماعي لتقييم الصحة العامة |
| 118-103 | م. مثنى الجاسم د. علي السيد | دراسة تجريبية لتحديد النسب المثلى لخلط الزيوت العازلة المعدنية في محولات القدرة الكهربائية |
| 152-119 | م. مضر ديوب | تحليل وتقييم الطول الموجي المرئي الأمثل للاتصالات عبر الفضاء الحر |

استخدام المبدل متعدد المستويات MMC في مرحلة التقويم للمحول الذكي عند ربطه مع شبكات الجهد المتوسط

م. عبدالرحمن الحبال

إشراف: أ.د. رامي موسى و أ.د. سامر ربيع

المخلص

تعد المحولات الذكية إحدى المكونات الأساسية للشبكات الذكية المستقبلية التي تضم بالإضافة لمصادر التوليد التقليدية مصادر التوليد الموزع وتعد مصادر الطاقات المتجددة جزءاً أساسياً من التوليد الموزع. في هذه المحولات يجب أن يكون المبدل العامل كمنظّم على طرف الجهد المتوسط قادراً على التحكم بالاستطاعتين الفعالة والردية كما يجب أن يكون قادراً على تنظيم الجهد من أجل مرحلة التيار المستمر كما أنه يجب أن يكون قادراً على ضخ الاستطاعة الردية في شبكة الجهد المتوسط عند الحاجة.

يتميز المبدل (MMC) بالعديد من الميزات مثل: صغر حجم المرشحات اللازمة وانخفاض قيمة الجهود التي يجب أن تتحملها أنصاف النواقل المستخدمة ضمن بنيته والبنية المؤلفة من عدة وحدات منفصلة كما أن وجود منفذ تيار مستمر ذو جهد متوسط يعطيه أفضلية عند استخدامه ضمن بنية المحولات الذكية.

سنقوم في هذا البحث بدراسة استخدام المبدل متعدد المستويات (MMC) كمكون من مكونات المحول الذكي في مرحلة التقويم حيث سنقوم باختيار العناصر المكونة للمبدل (MMC) وتطبيق تقنية تعديل مناسبة كما سنقوم بتطبيق خوارزمية تحكم مناسبة لتنظيم الجهد المستمر على خرج المبدل ليكون جاهزاً للربط مع مرحلة تخفيض الجهد بالتردد العالي.

كلمات مفتاحية: مبدل متعدد المستويات، تعديل متعدد عرضاني للنبضة ، محول ذكي

Using Modular Multilevel Converter as rectifier in smart transformer when connected to medium voltage network

Abstract

Smart transformers, are considered as keyroles in the futuristic smart grids that contain renewables, which are essential part, of distributed generating sources. Rectifiers on medium voltage side in these transformers must have the ability of control active and reactive powers and must compensate reactive power in the network when needed.

Modular multilevel converter has many features such as small size filters and low voltage rating semiconductors and a modular structure as it use a medium voltage DC-Link that gives MMC the advantage of connecting to the renewables.

In this research, we will study the ability of using the Modular Multilevel converter as rectifier for the smart transformer as we will select its components using a suitable controlling technique to control the output DC voltage to be connected with the high frequency hight to low transformer

Key words: Modular Multi-level Converter, Multi-Carrier Pulse Width Modulation, smart transformer

1- مقدمة

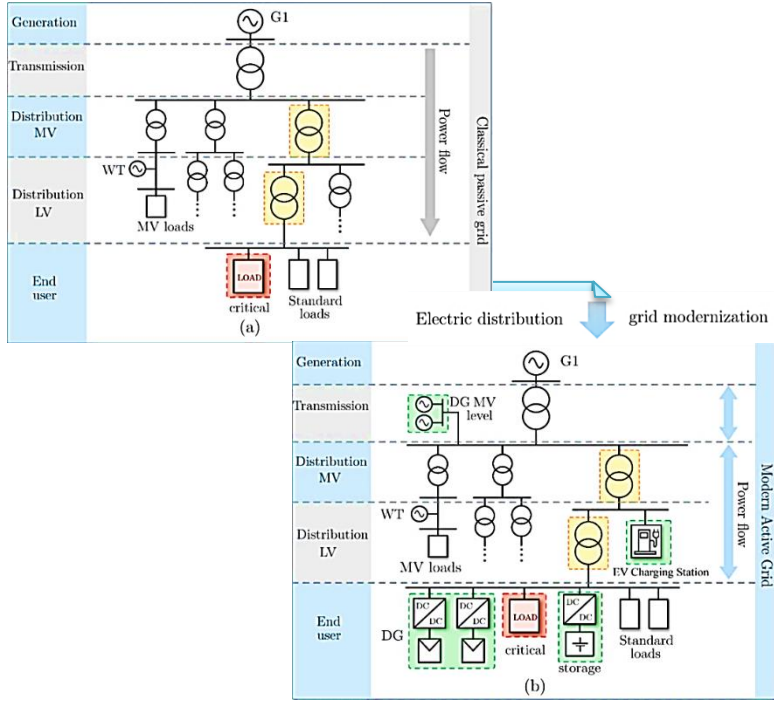
إن تطور التقنيات الحديثة والمعدات الكهربائية خلال القرن العشرين زاد الاهتمام في نظم القدرة الكهربائية. حيث تعتمد الحضارة البشرية على زيادة استخدام الآلات المعقدة ما يسبب تزايد الطلب على الطاقة بالتالي تتزايد أهمية الدراسات والأبحاث على توليد الطاقة وتوزيعها وتحويلها لعدة أشكال بما يتناسب مع التطبيقات المتعددة المترافقة مع تطور استخدامات البشر للتقنيات الحديثة.

كما أن الاهتمام المتزايد بالتغير المناخي جلب الاهتمام لاستخدام منابع الطاقة المتجددة لتوليد الطاقة الكهربائية مثل طاقة الرياح والخلايا الكهروضوئية والتي من المتوقع تزايد الاعتماد عليها للحصول على الطاقة الكهربائية في السنوات القليلة المقبلة مما يستلزم تجديد البنى التحتية القديمة للشبكات الكهربائية التقليدية والتي تعتمد على الاتجاه الأحادي لنقل القدرة من محطات التوليد باتجاه المستخدم النهائي.

لسنوات عديدة مضت تم التعامل مع أنظمة توزيع الطاقة الكهربائية كعناصر غير فعالة وتم تحديد دور مجموعات التوليد والأحمال بشكل واضح. حيث يتم توليد الطاقة الكهربائية في محطات التوليد عند مستويات جهد معينة ثم يتم رفع هذه الجهود لمستويات مرتفعة تسمح بنقل الطاقة الكهربائية وتقليل الضياعات لمسافات كبيرة ومن ثم يتم توزيعها في شبكات التوزيع ذات الجهد المتوسط والجهد المنخفض للمستهلك. كان وما زال رفع وتخفيض الجهد يتم عن طريق المحولات العاملة على التردد المنخفض (تردد الشبكة). كما ظهر في السنوات القليلة الماضية مفهوم التوليد الموزع والذي يعتمد بشكل رئيسي على الطاقات المتجددة ودمجها ضمن شبكات التوزيع وبمستويات جهود مختلفة متوسطة أو منخفضة وتتوضع بشكل عام بالقرب من الأحمال ما يقلل من ضياعات النقل.

إلا أن اختراق منابع التوليد الموزع لشبكات التوزيع يؤثر على موثوقية الشبكة وجودة الطاقة وذلك بسبب عدم استقرار منابع الطاقات المتجددة. ما أدى في السنوات القليلة الماضية لظهور مصطلحات جديدة مثل الشبكات الذكية والتي تقوم أساساً على نقل الاستطاعة ثنائي الاتجاه من محطات التوليد المختلفة باتجاه الشبكات المحلية والتي تحتوي على منابع للتوليد الموزع وأيضاً نقل الاستطاعة من منابع التوليد الموزع المتواجدة في الشبكات الميكروية المحلية باتجاه شبكات التوزيع وإمكانية تكامل الشبكات فيما بينها للتخلص من المشاكل التقليدية مثل عدم انتظام الجهد وتعويض الاستطاعة الردية وغيرها من المشاكل وذلك بالاعتماد على منظومة اتصالات مترافقة مع الشبكات الكهربائية تكون أحد المكونات الرئيسية للشبكة الذكية. إن الشبكات الذكية تؤمن التحكم الكامل بتدفق الطاقة الكهربائية من قبل شركات الكهرباء الوطنية ما يسمح لها بالتدخل السريع في أوقات الذروة والحد من حصول الأعطال وإمكانية الوصول إلى أماكن الأعطال وتحديد مكانها بسرعة عند حدوثها.

بسبب الاختراق العميق للأنظمة سابقة الذكر في شبكات الخدمة تغيرت البنية التحتية لشبكات التوزيع الكهربائية وتزداد استخدامات أنظمة إلكترونيات القدرة فيها. كنتيجة لذلك لم يعد مفهوم - جريان الاستطاعة أحادي الاتجاه من شبكات الجهد المتوسط باتجاه شبكات الجهد المنخفض - مسلماً به وأصبح جريان الاستطاعة يتم بالاتجاهين بالتالي تم تقديم مفهوم الشبكات الفعالة كما في الشكل (1) الذي يبين تحديث مفهوم شبكة التوزيع من شبكة كلاسيكية غير فعالة إلى شبكة عصرية فعالة [1].



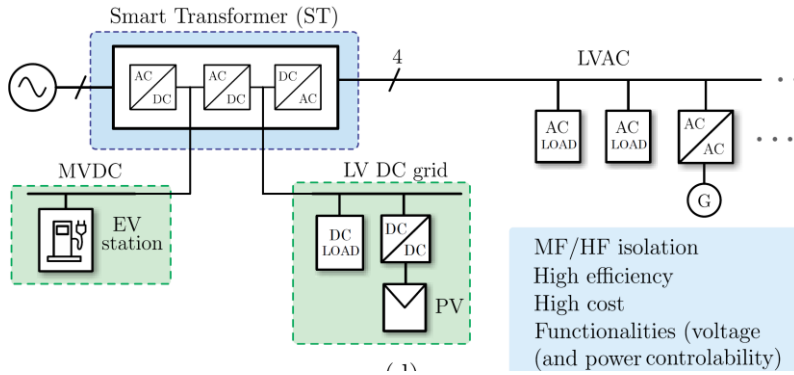
الشكل (1) الانتقال من الشبكة التقليدية غير الفعالة إلى الشبكة الفعالة

2- المحولات الذكية ودورها في الشبكات الذكية

بالرغم من التحديثات العديدة التي طالت الشبكات الكهربائية إلا أن أحد المكونات الحساسة لهذه الشبكات بقيت على حالها بدون أي تغيير أساسي في بنيتها وهي المحولات الكهربائية والتي تعتبر العمود الفقري للشبكات الكهربائية حيث تؤمن عمليات التحويل بكفاءات مرتفعة تصل لـ 98% وبعمر طويل نسبياً يمكن أن يصل لـ 20 عاماً.

إلا أن عدم إمكانية التحكم في المحولات التقليدية يجعل من الإلزامي استخدام معدات لتنظيم الجهد وبالتالي فإن تحديث بنية المحولات سيؤمن تنظيم الجهد بالشكل المطلوب ويؤدي لتحسين جودة الطاقة بدون الحاجة لأي معدات إضافية. ما أدى لظهور محولات الحالة الثابتة SST والتي تعرف بأنها نظام يعتمد على إلكترونيات القدرة من المفترض أن يحل محل المحولات الكهربائية ذات التردد المنخفض التقليدية. إلا أن معظم الأبحاث

المنشورة عن هذه المحولات ركزت على تحسين الكفاءة وتقليل الحجم وافتقرت لنظام تحكم بالجهد والتيار بالرغم من أنها من أهم مكونات هذه المحولات ما أدى لبروز مطلق المحولات الذكية والذي يمكن تعريفه بأنه محول حالة ثابتة مصحوب بخوارزميات تحكم واتصالات تهدف لزيادة وظائف هذه المحولات ولها القدرة على حل المشكلات المترافقة مع تحديث شبكات التوزيع. إن تعدد الوظائف التي يمكن للمحول الذكي القيام بها أدى لخلق ظروف عمل تختلف عن تلك المصاحبة لاستخدام المحولات التقليدية ما زاد من صعوبة مواكبة متطلبات الكفاءة والموثوقية إلا أن من أهم مميزات هذه المحولات إمكانية دمج شبكات الجهد المستمر بعدة مستويات من الجهود. يبين الشكل (2) دور المحول الذكي كمكون أساسي في الشبكات الذكية المستقبلية.



الشكل (2) بنية الشبكة الذكية والتي تعتمد بشكل رئيسي على المحولات الذكية

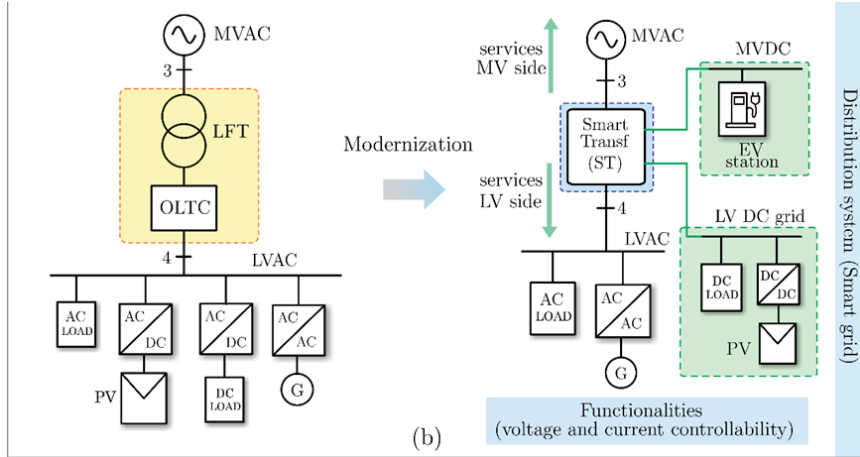
بالإضافة لاستبدال المحولات التقليدية فإن المحولات الذكية يمكن أن توفر خدمات إضافية للشبكة ما يجنب شركات الكهرباء الوطنية استخدام المعدات الإضافية اللازمة لدعم الشبكة. لهذا لا تسعى المحولات الذكية لمنافسة المحولات التقليدية من حيث الكلفة والفعالية والحجم إلا أن هذه المحولات يمكن أن تستبدل كامل منظومة المحولات المرفقة

مع معدات تنظيم الجهد. بالنتيجة فإن المحولات الذكية تساعد على حل مشاكل شبكات التوزيع إلا أن تطبيقها واستخدامها هو تحد بحد ذاته.

ظهر مصطلح محولات الحالة الثابتة للمرة الأولى عام 1960 حيث كانت الفكرة العامة آنذاك هي استخدام إلكترونيات القدرة لتنظيم جهد الخرج للمحول ما يسهم بتخفيض الوزن والحجم إلا أنه لم يكن من الممكن تطبيق هذا المفهوم في ذلك الوقت وذلك بسبب محدودية أداء العناصر الإلكترونية. إلا أنه مع التطور السريع لتقنيات العناصر النصف ناقلة وظهور عناصر سريعة الإبدال بضياعات قليلة نسبياً أصبح بالإمكان الحصول على أنظمة تعمل بسرعات إبدال عالية ما تسبب بانخفاض حجم ووزن مبدلات القدرة وبالتالي أصبح من الممكن استخدام التطبيقات التي تتطلب كثافة طاقة عالية. مثل القطارات الكهربائية حيث أن الحلول التقليدية ثقيلة وذات حجم كبير بسبب المحولات ذات الترددات المنخفضة. بالتالي يمكن أن يؤمن استخدام المحول الذكي الجهد المستمر المناسب لقيادة هذه القطارات بسرعات مختلفة. مع انخفاض الحجم والوزن بنسبة تتراوح بين 20% و50% وتحسن الكفاءة من 93% إلى 96%.

يمكن للمحولات الذكية القيام بوظائف إضافية عندما تتوافق مع منظومة اتصالات وتحكم ملائمة بالتالي يمكن استخدامها كتقنية أساسية لتحقيق وتمكين وظائف الشبكات الذكية. وقد تم اعتبار المحولات الذكية واحدة من أهم التقنيات الواعدة من قبل المعهد التقني في ماساتشوستس (MIT) في عام 2010 من بين أهم الوظائف الممكنة لهذه المحولات التدفق العكسي للاستطاعة في شبكات التوزيع (أي جريان الاستطاعة من طرف الجهد المنخفض باتجاه طرف الجهد المتوسط) وأيضاً تكامل مرافق تخزين الطاقة مع الشبكة والتحكم والسيطرة على الشبكات الهجينة (التي تستخدم التيار المستمر والتيار المتناوب) وأيضاً تحسين جودة الطاقة. في هذه الحالة فإن هذه المحولات لن تقوم فقط باستبدال المحولات التقليدية كوسيلة ربط بين شبكات الجهد المتوسط وشبكات الجهد

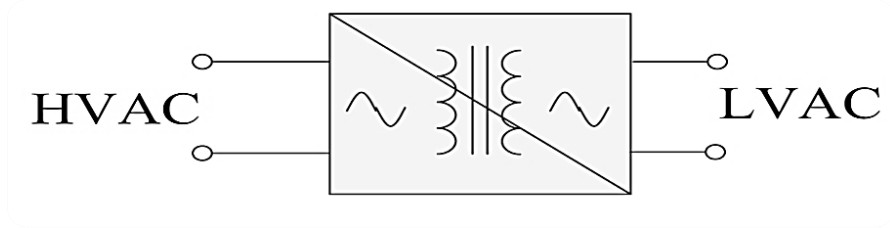
المنخفض إلا أنها أيضاً تؤمن شبكات تيار مستمر للجهود المنخفضة والمتوسطة كما يبين الشكل (3) [1]



الشكل (3) موقع المحول الذكي ضمن الشبكات الهجينة

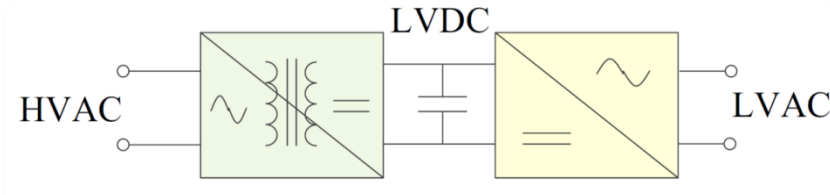
يمكن تصنيف المحولات الذكية حسب عدد مراحل تحويل الطاقة إلى [13]:

(1) **المحولات ذات المرحلة الواحدة** يبين الشكل (4) محول ذو مرحلة واحدة عادة تستخدم المبدلات المصفوفية وتعتبر ذات كثافة طاقة عالية بسبب غياب وجود وصلة تيار مستمر إلا ان غياب العزل بين شبكتي الجهد المتوسط والمنخفض يحد من إمكانية التحكم بشكل مناسب.



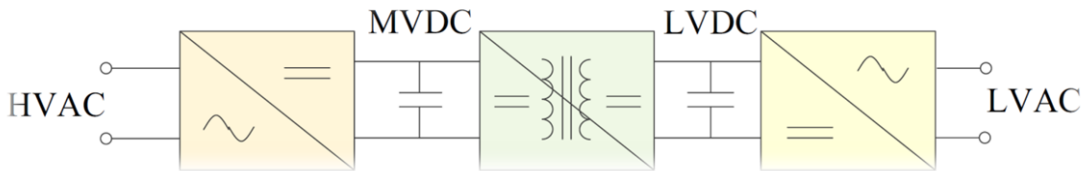
الشكل (4) بنية المحول الذكي ذو مرحلة واحدة

(2) المحولات ذات المرحلتين يبين الشكل (5) وجود وصلة تيار مستمر واحدة ضمن بنية المحول ذو مرحلتين وبالتالي وجود مكثف في هذه الوصلة ما يحسن إمكانية التحكم إلا أنها محدودة الوظائف.



الشكل (5) بنية المحول الذكي ذو مرحلتين

(3) المحولات ذات ثلاث مراحل كما يبين الشكل (6) يتألف من مقوم يحول الجهد المتوسط المتناوب إلى جهد متوسط مستمر ومبدل تيار مستمر من الجهد المتوسط إلى الجهد المنخفض والمرحلة الثالثة قالب من الجهد المستمر المنخفض إلى الجهد المنخفض المتناوب وتحتوي هذه البنية عادة على وصليتي تيار مستمر واحدة منها على الأقل يمكن وصلها مع شبكة تيار مستمر حيث يؤمن العزل بين شبكتي الجهد المتوسط والمنخفض درجة عالية من الحرية للتحكم بالمنظومة ككل ويسمح باستخدام الوظائف المطلوبة. بالتالي فإن البنية المؤلفة من ثلاث مراحل هي البنية المفضلة لتكوين المحولات الذكية بالتالي سنعتمد في هذا البحث على المحول المؤلف من ثلاث مراحل.



الشكل (6) بنية المحول الذكي ذو 3 مراحل

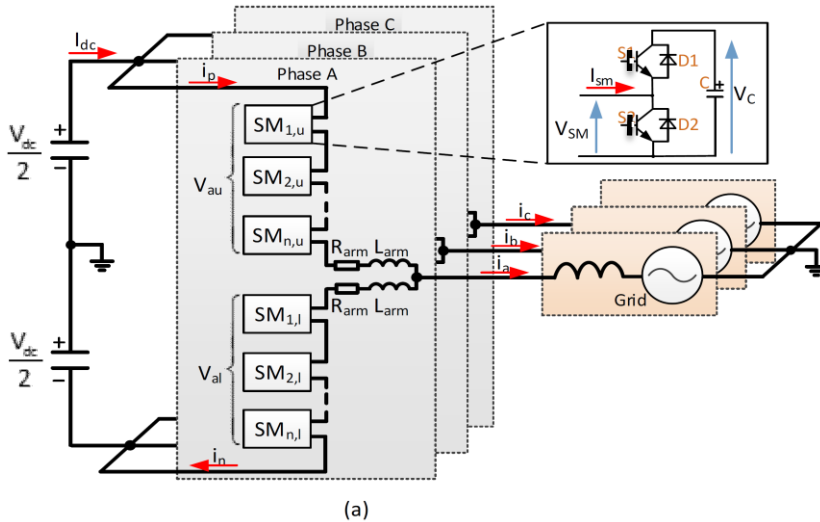
يقوم المبدل المستخدم في طرف الجهد المتوسط للمحول الذكي بتحويل الجهد المتوسط المتناوب للشبكة لجهد مستمر متوسط بالتالي فإنه يجب أن يتحكم بالاستطاعتين الفعالة والرديئة وأيضاً يجب أن يقوم بتنظيم الجهد للمرحلة التالية وهي مرحلة تحويل الجهد المستمر المتوسط إلى جهد مستمر منخفض. كما يقوم هذا المبدل بدعم شبكة الجهد المتوسط وذلك بتقديم استطاعة ردية لها عند الحاجة. بالتالي للتعامل مع الجهد المتوسط يعتبر المبدل متعدد المستويات ذو البنية المؤلفة من عدة وحدات فرعية (MMC) من الحلول المفضلة لهذه المرحلة بسبب تكوينه وخصائصه وقدرته على التعامل مع الجهود المتوسطة وفقاً لبنيته المؤلفة من عدة وحدات منفصلة ما يسمح باستخدام العناصر نصف الناقلية الحالية بدون أي وصل تسلسلي فيما بينها. إحدى الميزات المثيرة للاهتمام في المبدل (MMC) وجود وصلة تيار مستمر ذات جهد متوسط ما يعطي أفضلية أخرى لهذه المبدلات في المحولات الذكية.

3- المبدل متعدد المستويات من النوع MMC

إن تحويل الطاقة والتحكم بها يجب أن يتم بموثوقية وأمان لتلبية كافة المتطلبات ما استلزم تطوير المبدلات ذات منبع الجهد والتي أصبح استخدامها اعتيادياً في أنظمة النقل بالتيار المستمر عالي الجهد وبالأخص في المزارع الريحية البحرية حيث أبدت كفاءة عالية في نقل الاستطاعات العالية ولمسافات طويلة بالتالي ظهر عام 2003 المبدل متعدد المستويات ذو البنية المؤلفة من وحدات فرعية من قبل العالم ماركاردت حيث يتميز بأفضليات على المبدلات ذات منابع الجهد التقليدية مثل إمكانية العمل على مستويات جهود مرتفعة وبنية المؤلفة من وحدات فرعية منفصلة يمكن تبديلها أو تحييدها في حال حصول أي أعطال ومتابعة العمل بدون توقف ما يسمح بطول فترة عملها بدون إجراء صيانة ويعطيها موثوقية أعلى، بالإضافة لانخفاض المحتوى التوافقي بسبب جهد الخرج الجيبي تقريباً ما يسمح بخفض حجم المرشحات اللازمة بالتالي تتخفض الكلفة

وتعقيد المنظومة ككل [22]. مثل العديد من المجالات الهندسية فإن البنى المؤلفة من وحدات منفصلة والموزعة تلبى متطلبات المشاريع الحديثة: حيث أن هذه البنية تعطي تشغيل ذي موثوقية عالية ويسهل عمليات تشخيص الأعطال والصيانة وأيضا يسمح بإعادة ضبط نظام التحكم وفق التطبيق المراد. كما تقوم خوارزمية بعزل الجزء الذي قد يحصل فيه عطل ما يسمح باستمرار العمل بشكل أقرب لطور العمل الطبيعي عند حدوث أعطال.

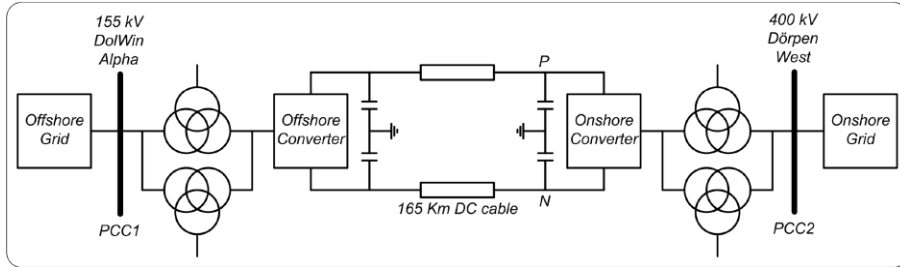
يبين الشكل (7) دائرة المبدل الوحدوي متعدد المستويات ثلاثي الطور حيث يتألف كل طور من ذراعين علوية وسفلية كل منها مؤلف من عدة خلايا تقطيع نصف جسرية موصولة فيما بينها على التسلسل وموصولة مع ملف له مقاومة. نقطة التقاء الذراعين موصولة مع الخرج المتناوب لكل طور. كما يبين الشكل بنية الوحدات النصف جسرية المستخدمة التي تتألف كل منها من قاطعين إلكترونيين من نوع (IGBT) يعملان بالتناوب ومكثف يتم شحنه وتفريغه حسب وضعية القواطع الموافقة له وجهة التيار المارة بالوحدة.



الشكل (7) دائرة المبدل الوحدوي متعدد المستويات ثلاثي الطور

يشار عادة لطرف التيار المستمر بالمصطلح (DC-link) وهو الطرف الموصول مع البارات الموجبة والسالبة لكل ساق (leg) من المبدل. الأطوار الثلاثة للطرف المتناوب للمبدل موصولة مع النقاط الوسطى لكل ساق (a,b,c) حيث تمثل كل ساق أحد الأطوار الثلاثة. كل ساق تتألف من ذراعين (arm)، يشار عادة للذراع الموصولة مع البار الموجب للطرف المستمر بالذراع العلوية بينما تسمى الذراع الموصولة مع البار السالب بالذراع السفلية. كل ذراع تحوي على عدد من الوحدات (Submodule) وملف (L). يكون ملف الذراع موصول على التسلسل مع كل مجموعة من الوحدات في مرحلة التشغيل لتحديد قيمة التيار الناتج عن فرق الجهد الآني الحاصل بين الذراعين.

يتم تركيب المبدلات متعددة المستويات من النوع MMC في خطوط النقل بواسطة التيار المستمر ذو الجهد العالي من قبل الشركات العملاقة مثل سيمينز وABB وAlstom وتستخدم هذه التقنية لربط شبكات التيار المتناوب فيما بينها أو لربط المزارع الريحية البحرية مع الشبكات العامة حيث في كلتا الحالتين يتم استخدام المبدل متعدد المستويات من النوع MMC للحصول على تيار مستمر ذو جهد عالٍ. الغالبية العظمى من المزارع الريحية التي تم تنفيذها مؤخراً في ألمانيا وحتى المخطط تنفيذها في الفترة المقبلة تتم باستخدام هذه المبدلات كمقومات للجهود العالية بغية نقل الاستطاعة المتولدة عن هذه المزارع إلى شبكة التوزيع العامة في البر مثل المشروع DolWin1 والذي يعمل بجهد ± 320 كيلوفولط كما يبين الشكل (8)



الشكل (8) مخطط عام للمشروع DolWin1

يمكن استخدام المبدل متعدد المستويات من النوع MMC في بعض تطبيقات الجهد المنخفض أيضاً والتي تحتاج إلى موثوقية عالية وتتطلب أداءً عالي الكفاءة وجودة طاقة

عالية وتتطلب الحد الأدنى للتداخل الكهرومغناطيسي مثل محطات شحن السيارات الكهربائية وتطبيقات الطيران حيث يمكن استخدام وحدات أساسية مكونة من ترانزستورات من النوع MOSFET حيث أن استخدام هذه الترانزستورات يمكن أن يقلل ضياعات الإبدال. في [3] تم استخدام المبدل متعدد المستويات من النوع MMC كواجهة لربط الشبكة العامة مع المنازل الذكية والتي تحوي على ألواح توليد كهرو شمسية مع مرافق تخزين والتي توصل مع بارات تيار مستمر وقد أظهر استخدام هذا المبدل والمؤلف من ترانزستورات من النوع MOSFET ميزات عدة مقارنة بالمبدلات التقليدية مثل انخفاض حجم المرشحات اللازمة وتخفيض الضياعات ما يجعلها أكثر ملاءمة للمنازل والمنشآت التي تحوي على ألواح كهرو شمسية يمكن أن تضخ الفائض من إنتاج الطاقة الكهربائية في الشبكات العامة.

3-1- بنية الوحدة الأساسية (Sm Sub-module)

الوحدة هي عبارة عن دائرة بسيطة لتحويل التيار المستمر إلى تيار متناوب. عادة ما تتكون هذه الوحدات من قاطعين ومكثف. يتكون كل قاطع من ترانزستور ثنائي ذو بوابة معزولة IGBT بمستوى جهد يتراوح بين 1200 - 1700 فولط، مع ديود موصول على التضاد بحيث يكون القاطع قادر على تمرير التيار بالاتجاهين. هناك عدة بنى لهذه الوحدات تستخدم في المبدلات الوحدوية متعددة المستويات أهمها بحسب [21، 22]:

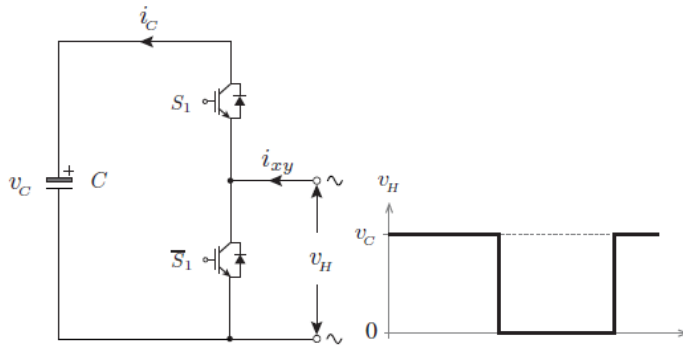
- الوحدة ذات البنية النصف جسرية (HB)
- الوحدة ذات البنية الجسرية (FB)
- الوحدة ذات البنية النصف جسرية المتتالية (CH)
- الوحدة ذات المكثف الحر (FC)

سنقتصر في شرحنا على الوحدة ذات البنية النصف جسرية كونها الوحدة التي سنستخدمها في النموذج المدروس لأنها تعتبر من أكثر أنواع الوحدات انتشاراً نظراً لأنها تمتاز بضياعات إبدال أقل و سهولة التحكم بها نسبياً و كلفة أقل مع أداء جيد. يشار عادة للوحدة النصف جسرية بخلية التقطيع، و يبين الشكل 9 دائرة هذه الوحدة. حيث

تتألف من قاطعين إلكترونيين من نوع IGBT (S_1 و \bar{S}_1) و مكثف واحد C . يعمل القاطعان بشكل متبادل لتنظيم قيمة جهد المكثف عند القيمة v_c .

يبين الشكل (9) خرج خلية التقطيع وهو عبارة عن جهد ذو مستويين هما الـ 0 و v_c عندما يكون القاطع العلوي بحالة تمرير "ON" يكون جهد الطرف المتناوب للخلية مساوياً للقيمة v_c ، في هذه الحالة يزداد جهد المكثف عندما تكون جهة التيار موجبة أي من منبع الجهد المستمر باتجاه الطرف المتناوب للمبدل، و يتناقص عندما تكون جهة التيار سالبة أي من الطرف المتناوب باتجاه الطرف المستمر للمبدل. عندما يكون القاطع العلوي بحالة

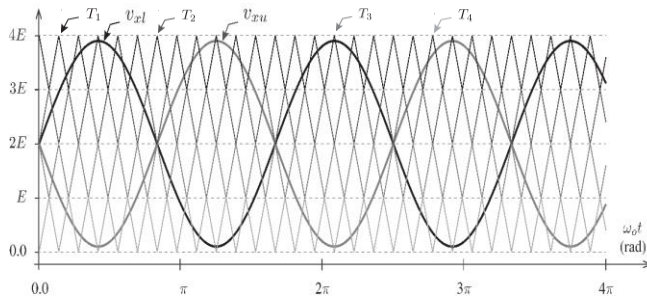
عدم تمرير "OFF" يكون جهد خرج خلية التقطيع مساوياً للصفر، في هذه الحالة يبقى جهد المكثف بدون تغيير مهما كانت جهة التيار المار بالمبدل حيث يتم في هذه الحالة تجاوز خلية التقطيع بمرور التيار خلال القاطع السفلي. تجب الإشارة إلى أن عمل القاطعين يجب أن يكون بالتناوب أي في كل لحظة يجب أن يكون أحدهما بحالة تمرير "ON" والآخر بحالة عدم تمرير "OFF" ولا يسمح أن يكون كلا القاطعين بحالة تمرير "ON" لتجنب وقوع قصر على طرفي المكثف. فقط عند الإقلاع أو في حالة الأعطال يسمح أن يكون كلا القاطعين بحالة "OFF" [17].



الشكل (9) بنية الوحدة نصف الجسرية وموجة جهد الخرج

3-2- التعديل العرضاني للنبضة ذو الانزياح الطوري PS-PWM

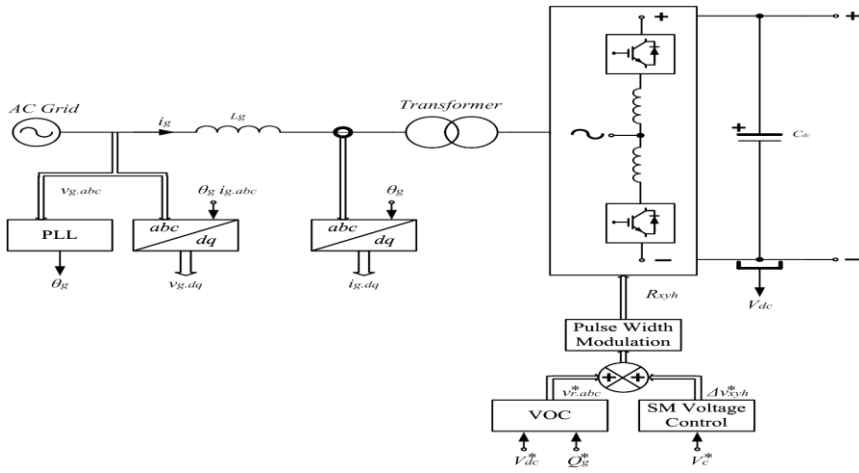
للتحكم بالمبدلات ثنائية المستوى عادة ما يتم استخدام مخطط تعديل الإشارة الحاملة (Carrier modulation) والتي يشار إليها عادة بالتعديل الجيبي- المثلثي (sine-triangular modulation). تعتمد هذه التقنية على مقارنة إشارة التعديل (modulation signal) وهي إشارة جيبيه مع الإشارة الحاملة (Carrier signal) والتي تكون عادة إشارة مثلثية لتوليد إشارات قذح القواطع الإلكترونية. يمكن تعميم هذه الطريقة للتحكم بالمبدلات متعددة المستويات حيث تستخدم عدة إشارات حاملة مثلثية كل منها تستخدم لتوليد نبضات قذح قواطع إحدى الوحدات وتتم مقارنتها مع إشارة تعديل (إشارة مرجعية) جيبيه لكل طور. إذا كان مطال الإشارة المرجعية أكبر من الإشارة الحاملة يتم تشغيل الوحدة الموافقة حسب جهة التيار (إما لشحن المكثف أو تفريغه عن طريق نبضات التعديل العرضاني) أما إذا كان مطال الإشارة المرجعية أصغر من الإشارة الحاملة يتم تجاهل الموديول وإبقائه بحالة عدم تشغيل. تسمى هذه التقنية مخطط التعديل ذو الحوامل المتعددة. تكون الإشارات الحاملة (المثلثية) في هذه التقنية متساوية المطال متوضعة بشكل أفقي بعضها بجانب بعض ويتم توليد نبضات قذح الوحدات بمقاطعة الإشارات الحاملة السابقة مع الإشارة الجيبيه المرجعية ويبين الشكل (10) المخطط العام لهذه التقنية [17].



الشكل (10) المخطط العام لتقنية التعديل العرضاني للنبضة ذو الانزياح الطوري

3-3- التحكم الموجه عن طريق الجهد (Voltage-Oriented Control)

تعد طريقة التحكم الموجه عن طريق الجهد (Voltage-Oriented Control) من أشهر طرق التحكم بالمبدلات الوحدوية لربطها مع الشبكات، إذ يتم تطبيق هذه الطريقة بشكلٍ عام عن طريق تحويل كلارك وتحويل بارك (Clarke transformation & Park transformation) إذ يتم تحويل الإشارة من المحاور الثابتة للأطوار الثلاثة a, b, c إلى محورين تزامنيين d, q يدوران بشكلٍ متزامن مع جهد الشبكة. يظهر الشكل (11) المخطط الصندوقي لربط المبدل متعدد المستويات من النوع MMC مع الشبكة، إذ يتم ذلك أولاً عن طريق قياس جهد الشبكة والحصول على زاوية جهد الشبكة في كل لحظة θ_g باستخدام حلقة تحديد الطور (Phase-locked loop PLL) بحيث تستخدم زاوية جهد الشبكة في كل لحظة θ_g لتحويل جهود وتيارات الأطوار الثلاثة a, b, c إلى جهود وتيارات في المحاور التزامنية d, q وهي قيم مستمرة يسهل التحكم بها بواسطة متحكمات تناسبية تكاملية، تقوم هذه المتحكمات بتوليد إشارات التعديل المرجعية الثلاثة اللازمة لقيادة قواطع المبدل الوحدوي متعدد المستويات من خلال تقنية التعديل العرضاني للنبضة [18].



الشكل (11) المخطط الصندوقي لربط المبدل متعدد المستويات مع الشبكة

تعطى الاستطاعة الفعلية والاستطاعة الردية بالنسبة للمحاور الدوارة التزامنية d, q بالعلاقتين [18] :

$$P_g = 1.5(v_{dg}i_{dg} + v_{qg}i_{qg}) \quad (1)$$

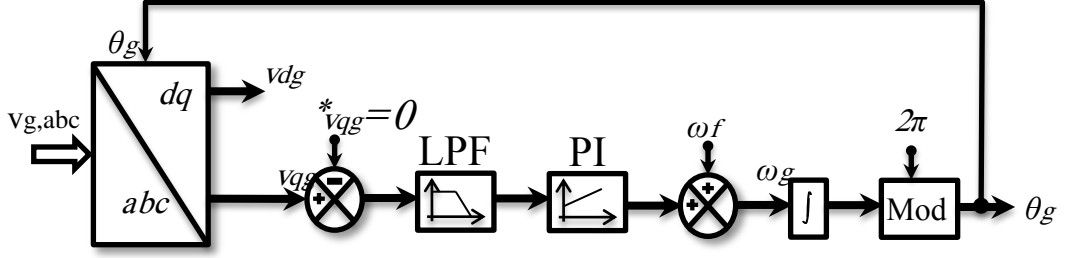
$$Q_g = 1.5(v_{qg}i_{dg} - v_{dg}i_{qg}) \quad (2)$$

حيث v_{qg} و v_{dg} مركبتي جهد الشبكة على المحاور التزامنية، i_{qg} و i_{dg} مركبتي تيار الشبكة على المحاور التزامنية، ومن الواضح أن كلا الاستطاعتين تتعلقان بمركبتي تيار الشبكة على المحاور شعاع جهد الشبكة منطبق على المحور التزامني d ، وتدعى هذه العملية بتوجيه الجهد وبذا تصبح المركبة v_{qg} مساوية للصفر والمركبة v_{dg} ذات قيمة ثابتة وتساوي $|v_g|$. بالتالي يصبح لدينا:

$$P_g = +1.5v_{dg}i_{dg} \quad (3)$$

$$Q_g = -1.5v_{dg}i_{qg} \quad (4)$$

وبذلك من أجل v_{dg} ذات القيمة الثابتة تكون العلاقة بين P_g و i_{dg} علاقة خطية وكذلك العلاقة بين Q_g و i_{qg} بالتالي للحصول على عامل استطاعة مساوٍ للواحد يمكن استخدام $i_q^* = 0$ إشارة مرجعية لمركبة التيار على المحور التزامني q . وللحصول على مركبتي الجهد ومركبتي التيار على المحاور التزامنية نحتاج إلى زاوية جهد الشبكة في كل لحظة θ_g وذلك للحصول على تطابق تام بين جهد الشبكة v_g والمحور التزامني d ، إن زاوية جهد الشبكة في كل لحظة θ_g تلعب الدور المحوري في عملية تحويل بارك للحصول على مركبتي الجهد ومركبتي التيار على المحاور التزامنية من المركبات ثلاثية الطور يتم الحصول على النبض الخاص لجهد الشبكة باستخدام حلقة تحديد الطور (Phase-locked loop PLL) يبين الشكل (12) المخطط الصندوقي لحلقة تحديد الطور [1]،



الشكل (12) المخطط الصندوقي لحلقة تحديد الطور

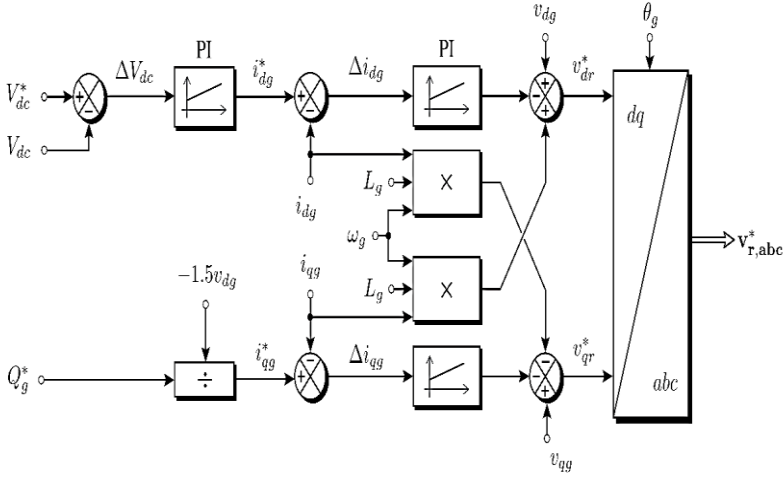
إذ يتم تحويل جهد الشبكة ثلاثي الطور المقاس إلى المركبتين التزامنيتين باستخدام خط التغذية العكسية زاوية جهد الشبكة في كل لحظة θ_g ، من ثم يتم استخدام فلتر من نوع (Low-pass filter) وذلك لترشيح ترتيب الجهد، وفي المرحلة التالية يتم استخدام متحكم تناسبي تكاملي لجعل قيمة مركبة الجهد على المحور التزامني q تساوي الصفر $v_{qg}=0$. يتم إضافة القيمة ω_f بوصفها تغذية أمامية لخرج المتحكم للحصول على النبض الخاص للشبكة ω_g الذي يتم تحويله لزاوية جهد الشبكة في كل لحظة θ_g باستخدام صندوق تكامل تتراوح قيمة θ_g في هذه المرحلة بين $\pi-$ و $\pi+$ يتم تحويلها إلى المجال بين 0 و 2π .

للقيام بتحويل بارك للحصول على مركبتي المحاور التزامنية لجهد الشبكة ومركبتي المحاور التزامنية للتيار يمكن استخدام المعادلات الآتية:

$$\begin{bmatrix} v_d \\ v_q \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \sin(\omega t) & \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) & \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) \\ \cos(\omega t) & \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \sin(\omega t) & \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) & \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) \\ \cos(\omega t) & \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} \quad (6)$$

تتألف طريقة التحكم الموجه عن طريق الجهد (Voltage-Oriented Control) كما يبين الشكل (13) من حلقتين داخليتين للتحكم بالتيار وذلك لضمان التحكم الدقيق بمركبتي التيار على المحاور التزامنية وحلقة خارجية واحدة للتحكم بجهد الطرف المستمر إذ يتم تحويل المركبات الثلاثية الطور لتيار الشبكة للمركبتين التزامنيتين للتيار i_{dg} و i_{qg} باستخدام زاوية جهد الشبكة θ_g . تمثل المركبة التزامنية i_{dg} المركبة الفعالة لتيار الشبكة ثلاثي الطور، بينما تمثل المركبة التزامنية i_{qg} المركبة الردية لتيار الشبكة ثلاثي الطور، يتيح التحكم المستقل لهاتين المركبتين التحكم بكل من الاستطاعة الفعالة والاستطاعة الردية بشكل منفصل [18].



الشكل (13) المخطط الصندوقي طريقة التحكم الموجه عن طريق الجهد

3-4- اختيار سعة مكثف الوحدة

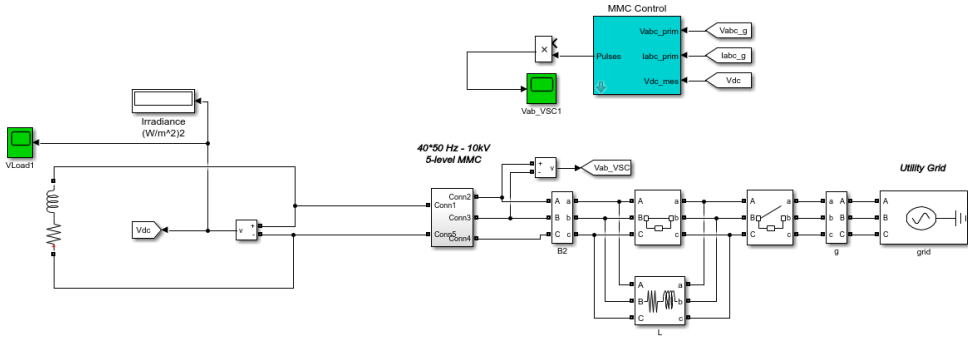
يمكن حساب سعة مكثف الوحدة الفرعية للمبدل وفقاً لتغيرات الطاقة ضمن ذراع المبدل والمتعلق بتردد الشبكة [1] بالتالي يمكن اختيار سعة مكثف الوحدة بالعلاقة

$$C_{(MMC)} = \frac{S}{3\omega N_{mod} V_C \Delta V_C}$$

$$C_{(MMC)} = \frac{1000000}{3 * \omega * 4 * 4375 * 100} = 5,5mF$$

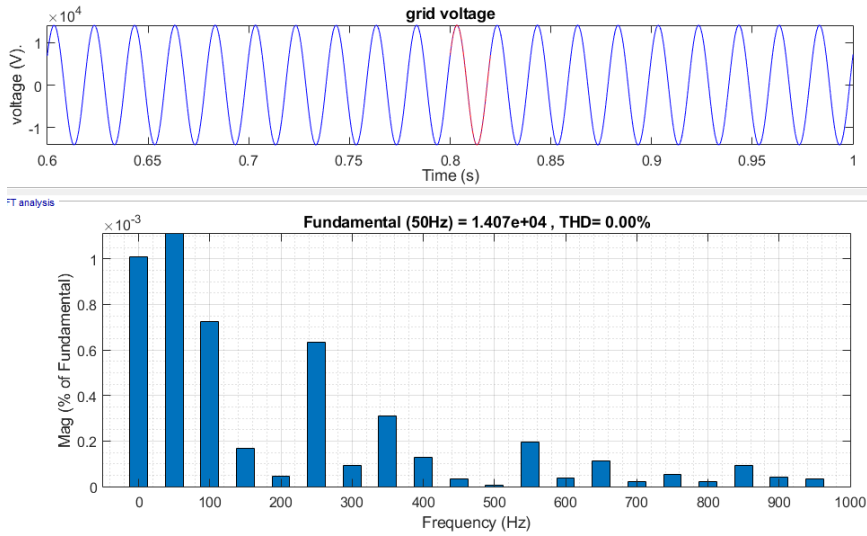
4- نمذجة عمل المبدل متعدد المستويات من النوع MMC

قمنا باستخدام بيئة Matlab/Simulink لنمذجة عمل المبدل متعدد المستويات من النوع MMC وقمنا بوصله مع شبكة جهد متوسط 10kV وتطبيق خوارزمية تحكم موجه عن طريق الجهد وباستخدام طريقة التعديل العرضاني للنبضة ذو الانزياح الطوري PS-PWM ويبين الشكل (14) النموذج المذكور

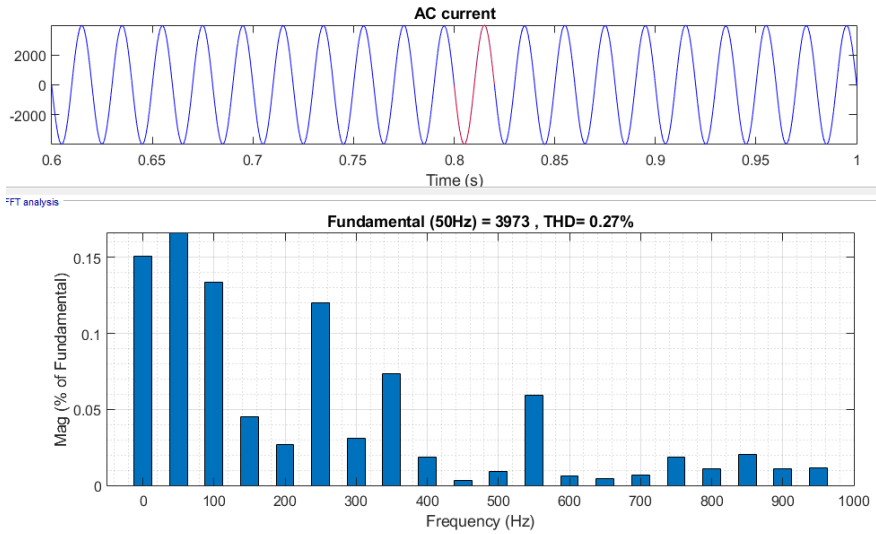


الشكل (14) نموذج لمبدل متعدد المستويات من النوع MMC موصول مع شبكة 10 كيلوفولط

اعتبرنا أن جهد الشبكة جيبي بدون أي تشوهات كما يبين الشكل (15) كما أن موجة التيار هي أيضا موجة جيبية بنتشوه شبه معدوم كما يبين الشكل (16) مع العلم أننا لدراسة سلوك المبدل قمنا بوصل خرج المبدل في طرف الجهد المستمر مع حمل تحريضي أومي.

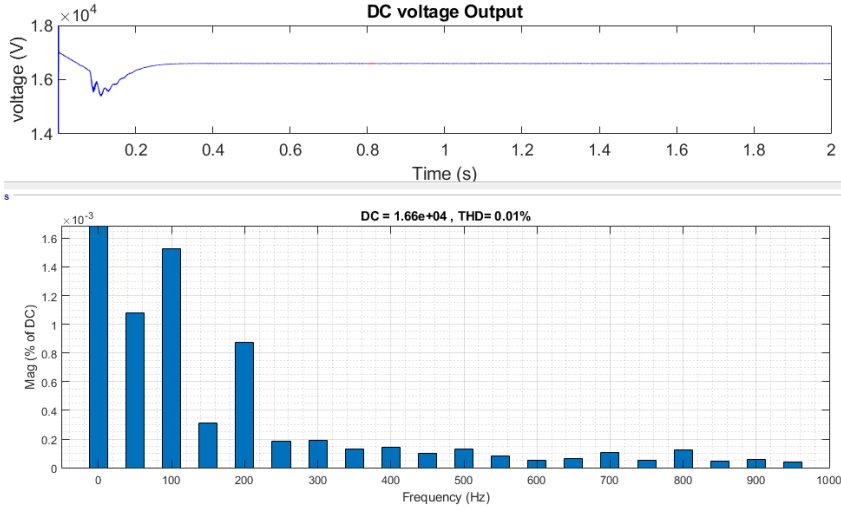


شكل (15) تحليل فورييه لجهد الشبكة



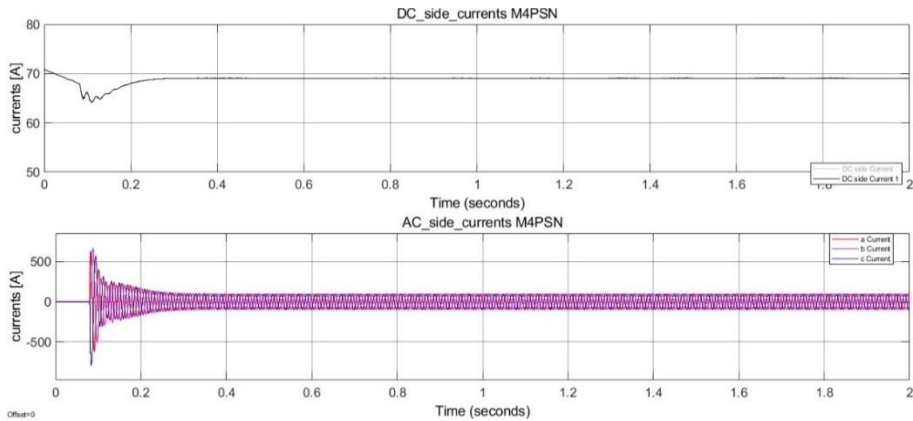
الشكل (16) تحليل فورييه لتيار الطرف المتناوب للمبدل

عند وصل الطرف المتناوب للمبدل مع الشبكة يكون الجهد في الطرف المستمر بقيمة 16.6 كيلوفولط وبتذبذب شبه معدوم كما يبين الشكل (17) كما أن الجهد يستقر عند قيمته خلال أقل من 0.3 ثانية



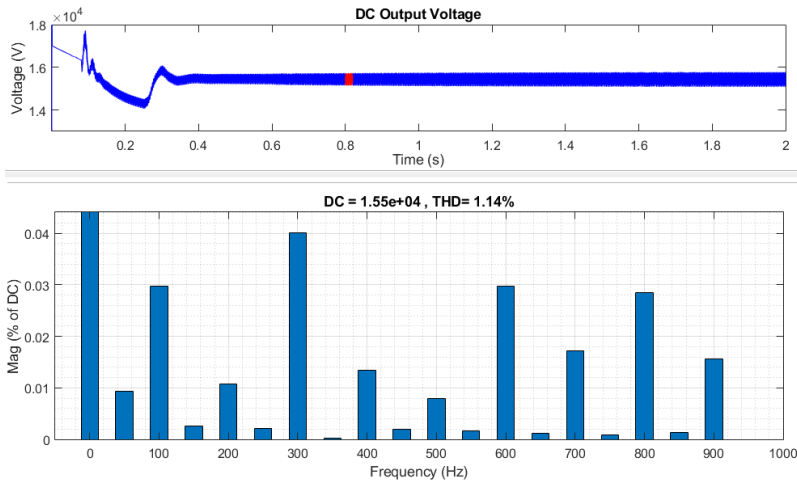
الشكل (17) جهد الطرف المستمر عند خرج المبدل

يبين الشكل (18) تيار الحمل الموصول عند الطرف المستمر للمبدل وأيضاً نلاحظ أن التيار يستقر عند القيمة 69 أمبير بتذبذب شبه معدوم خلال أقل من 0.3 ثانية

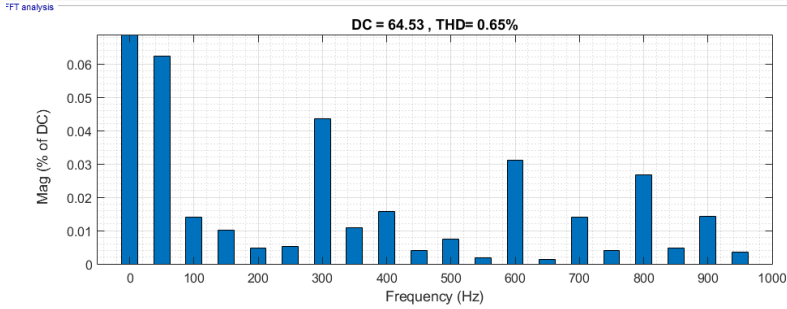
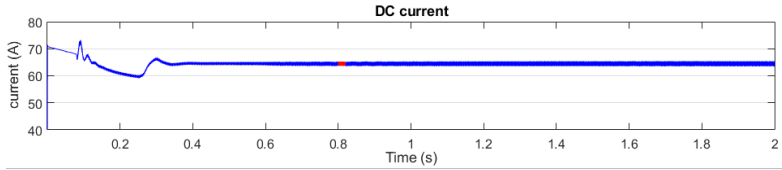


الشكل (18) تيار الحمل عند الطرف المستمر

تمكننا خوارزمية التحكم المستخدمة من تثبيت قيمة الجهد عند قيمة أقل من القيمة الاسمية وقد قمنا بوضع نقطة هدف لحلقة التحكم عند القيمة 15.5 كيلوفولط وقد قام المبدل بتثبيت قيمة الجهد عند هذه القيمة لكن يلاحظ زيادة التذبذب في موجة الجهد المستمر عند خرج المبدل لـ 1.14% في هذه الحالة كما أن الوصول لهذه القيمة استغرق وقتاً أطول كما يبين الشكل (19) إلا أن موجة تيار الحمل كانت أكثر استقراراً ويتذبذب 0.65% كما يبين الشكل (20)

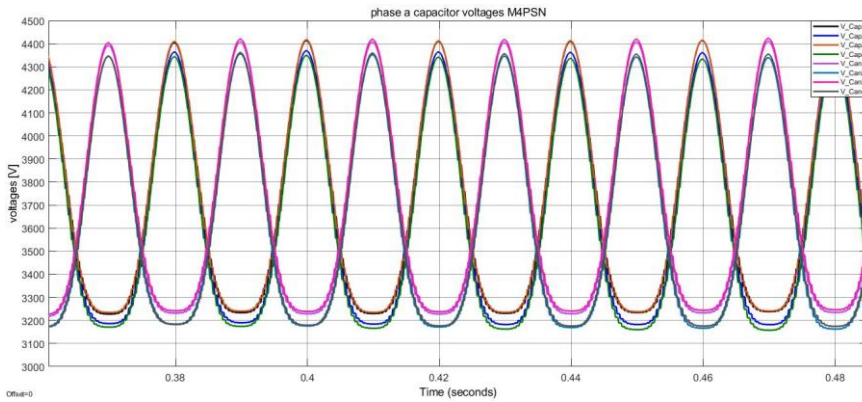


الشكل (19) جهد الطرف المستمر عند خرج المبدل عند وضع نقطة هدف للجهد



الشكل (20) تيار الحمل عند وضع نقطة هدف للجهد

من الجدير بالذكر أن تقنية التحكم حافظت على جهود المكثفات موازنة بشكل مقبول كما يبين الشكل (21)



الشكل (21) جهود مكثفات أحد أطوار المبدل

4- النتائج

بالتالي يعد استخدام المبدل متعدد المستويات MMC كمقوم لموجة الجهد مع تطبيق طريقة التحكم الموجه عن طريق الجهد خياراً جيداً ضمن بنية المحولات الذكية حيث أنه:

- أ. يمكن الحصول على جهد مستمر مستقر ومتحكم به
- ب. يمكن الحصول على موجة تيار مستمر بحد مقبول من التذبذب.
- ج. مع المحافظة على توازن مقبول لجهود مكثفات الوحدات
- د. وقيم منخفضة للتيارات الدوارة

المراجع

1. LEVY FERREIRA COSTA “Modular Power Converters for Smart Transformer Architectures Doctoral Thesis, Technische Fakult Christian-Albrechts-Universit zu Kiel, 2019
2. M. Ebrahim Adabi and Juan A. Martinez-Velasco, “Solid state transformer technologies and applications: A bibliographical survey” AIMS Energy, 6(2): 291–338. 2018.
3. Xu She, Xunwei Yu, FeiWang and Alex Q. Huang, “Design and Demonstration of a 3.6-kV–120-V/10-kVA Solid-State Transformer for Smart Grid Application” IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 29, NO. 8, AUGUST 2014
4. Angel James, “SMART GRID-SMART TRANSFORMERS” DEPARTMENT OF EEE, SAINTGITS
5. A. Shiri, “A solid state transformer for interconnection between the medium and the low voltage grid design,” Master Thesis, Delft University of Technology, Netherlands, October 2013.
6. JUN WANG, ALEX Q. HUANG, WOONGJE SUNG, YU LIU, and B. JAYANT BALIGA “Development of 15-kV SiC IGBTs and Their Impact on Utility Applications, 2009
7. Vijayakrishna Satyamsetti, Andreas Michealides, Antonis Hadjiantonis “Forecasting on Solid State Transformer Applications” the International Conference on Intelligent Sustainable Systems 2017
8. Dražen Dujić, Frederick Kieferndorf, and Francisco Canales “Power Electronic Transformer Technology for Traction Applications – An Overview” ELECTRONICS, VOL. 16, NO. 1, JUNE 2012
9. Yuqing Cui, Yu Chen, Yingzhuo Chen and Yong Kang Canales “DC-DC Modular Multilevel Converter with High Frequency Transformer for Transportation Applications”2014
10. Salvador Alepuza, Francisco González-Molinab, Jacinto Martin-Arnedoc, Juan A. Martinez-Velasco, “Development and testing of

- a bidirectional distribution electronic power transformer model ”
Electric Power Systems Research 107 (2014) 230– 239
11. Juan A. Martinez-Velasco,*, Salvador Alepuz, Francisco González-Molinac, Jacinto Martin-Arnedo , “Dynamic average modeling of a bidirectional solid state transformer for feasibility studies and real-time implementation Juan ” Electric Power Systems Research 117 (2014) 143–153 .
 12. Francisco González, and Jacinto Martin-Arnedo, Salvador Alepuz, and Juan A. ” EMTP Model of a Bidirectional Multilevel Solid State Transformer for Distribution System Studies” 2015
 13. Mohammad Ebrahim Adabi Firouzjaee, “Advanced Modular Power Converters for Smart Transformer Architectures Doctoral Thesis, UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA Barcelona, January 2018
 14. Wim Willems, Tine L. Vandoorn, Jeroen D. M. De Kooning and Lieven Vandeveld Ni “Development of a Smart Transformer to Control the Power Exchange of a Microgrid” s funded by the Special Research Fund (BOF) of Ghent University (Belgium) 2014
 15. Giovanni De Carne, Zhixiang Zou, Giampaolo Buticchi, Marco Liserre and Costas Vournas “Overload Control in Smart Transformer-Fed Grid” Appl. Sci. 2017, 7, 208
 16. A. Nami, J. Liang, F. Dijkhuizen, G. D. Demetriades Vournas “Modular Multilevel Converters for HVDC Applications: Review on Converter Cells and Functionalities” IEEE Transactions on Power Electronics 2013
 17. عبد الرحمن الحبال "دراسة وتحسين إشارة خرج المبدلات الوحدوية متعددة المستويات عند استخدامها في تطبيقات الطاقة الشمسية" رسالة ماجستير في جامعة البعث حمص حزيران 2020
 18. Sixing Du, Apparao Dekka, Bin Wu, Navid Zargari, “Modular Multilevel Converters: Analysis, Control, And Applications” IEEE Press Wiley 2018.
 19. M. Perez, S. Bernet, J. Rodriguez, S. Kouro, and R. Lizana, “Circuit topologies, modeling, control schemes, and applications

- of modular multilevel converters,” IEEE Trans. Power Electron., vol. 30, no. 1, pp. 4–17, Jan 2015.
20. S. Debnath, J. Qin, B. Bahrani, M. Saeedifard, and P. Barbosa, “Operation, control, and applications of the modular multilevel converter: A review,” IEEE Trans. Power Electron., vol. 30, no. 1, pp. 37–53, Jan 2015.
21. A. Nami, J. Liang, F. Dijkhuizen, and G. Demetriades, “Modular multilevel converters for hvdc applications: Review on converter cells and functionalities,” IEEE Trans. Power Electron., vol. 30, no. 1, pp. 18–36, Jan 2015.
22. Lesnicar, R. Marquardt, "An Innovative Modular Multilevel Converter Topology Suitable for a Wide Power Range,” Power Tech Conference Proceedings, 2003 IEEE Bologna, vol.3, no.6, pp. 23-26, June 2003.

دراسة أثر تغيير العوامل (درجة الحرارة – زمن المزج – مرات الغسل) على الإنتاجية والقيمة الحرارية للديزل الحيوي الناتج عن زيوت القلي المستعملة

② م. علي عاصي

① د.م. عصام المنصور

الملخص: تم إجراء مجموعة من التجارب المخبرية لإنتاج الديزل الحيوي من زيوت القلي المستعملة والمستهلكة بهدف التوصل لإنتاج وقود سائل حيوي مشابه إلى حد كبير للديزل الأحفوري انطلاقاً من زيوت مستهلكة وغير مفيدة دون أن يمس ذلك بالمواد الغذائية الصالحة للإستهلاك البشري ، إضافة لذلك تم إستخدام مجموعة من العمليات مثل (التنقية والتقطير) وجهاز القنبلة الحرارية للتوصل إلى القيمة الحرارية العليا للديزل الحيوي ورقم السيتان. إن القيم الأعلى للإنتاجية التي تم التوصل إليها في بحثنا لزيت عباد الشمس هي %91.2 ولزيت بذر القطن هي %95 .

حيث تبين أن الإنتاجية والقيمة الحرارية للديزل الحيوي الناتج عن الزيت المستهلك أقل منها للزيت المستعمل إضافة إلى أن استخدام الزيت المستهلك لإنتاج الديزل الحيوي يشكل أعباء اقتصادية اذا ما قورن بالزيت المستعمل.

الكلمات المفتاحية : الديزل الحيوي، الإنتاجية ، الزيوت (المستعملة والمستهلكة)، درجة حرارة التفاعل ، زمن المزج ، عدد مرات الغسل

① دكتور مهندس في هندسة القوى الميكانيكية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة البعث.

② طالب ماجستير في قسم هندسة القوى الميكانيكية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة البعث.

Studying The Effect of Changing Parameters (Temperature- Mixing Time- Washing Times) on the Yield and Heating Value of Biodiesel Resulting from Used Frying Oils

① Essam ALMANSOUR

② Ali Assi

Abstract:

A set of lab experiments were applied for producing biodiesel from waste and used oil. The produced biodiesel can be similar to fuel diesel starting with useless and waste oil without affecting negatively nutrients which are available for human consumption, moreover a set of process were used such as : (distilling and filtration) process , (heating value and cetan number) measuring. In our research the high yield obtained from sunflower was 91.2% and from seed cotton oil was 95%.

The results showed that yield and high heating value for biodiesel from waste oil are less than biodiesel from used oil, besides using waste oil for producing biodiesel can cause additional economic burdens comparing to biodiesel from used oil.

Keywords : biodiesel,(used &waste)oil , yield , reacting temperature , mixing time, washing times

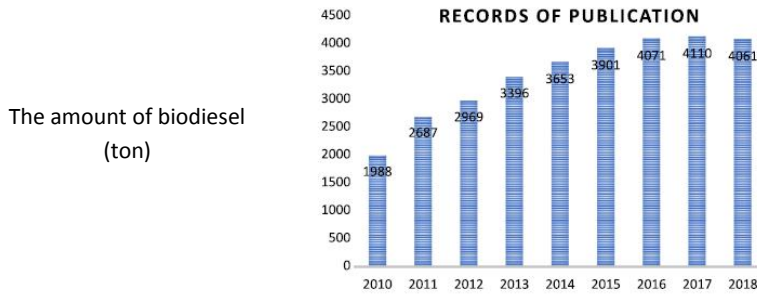
① Professor in the Department of Mechanical Power - Faculty of Mechanical Engineering –Al-Baath University.

②Master's student in the Department of Mechanical Power Engineering -Faculty of Mechanical Engineering- Al-Baath University.

مقدمة:

يوم بعد يوم يزداد استهلاك الطاقة ويزداد استهلاك النفط كمصدر للطاقة ومكون أساسي للعديد من الصناعات و تدل المؤشرات على قرب نفاذه وعدم استقرار أسعاره لذلك كان من المهم البحث عن طاقة متجددة تكون بديلة لخفض استهلاك النفط والتقليل من الآثار البيئية السلبية الناتجة عنه حيث يعتبر الديزل الحيوي أحد أهم البدائل المقترحة عن الديزل الأحفوري لكونه مشابه إلى حد كبير في تركيبه له ، إضافة لخلوه من الملوثات مثل الكبريت.

1- الديزل الحيوي: لإنتاج هذا النوع من الوقود الحيوي، تعالج الزيوت النباتية في شروط مناسبة لينتج لدينا ديزل حيوي مشابه في تركيبه للديزل الأحفوري ويدعى اختصاراً B100 كما يستخدم ممزوجاً مع الديزل الأحفوري بنسب مختلفة وذلك لتحسين مواصفاته فعند مزجه بنسبة % 5 يدعى B5 وعند مزجه بنسبة % 20 يدعى B20. وقد وضعت العديد من الدول تشريعات وقوانين لإنتاجه واستخدامه ونقله كونه منتجاً هاماً لحماية البيئة وتوفير استهلاك وقود الديزل[1]



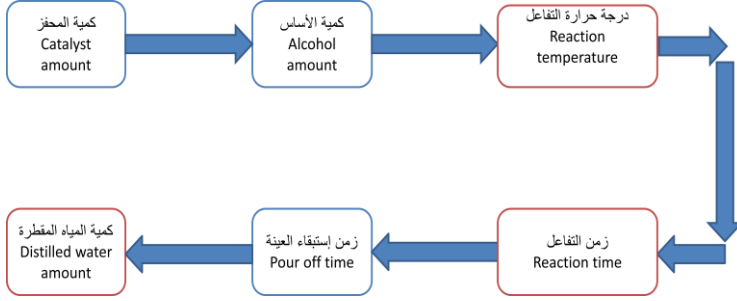
Research publication records on biofuel production and application from 2010 to 2018.

الشكل (1) يبين القيم المسجلة لإنتاج البيوديزل في العالم من عام 2010 إلى عام

[2] 2018

1-1 العوامل الرئيسية المشاركة في الحصول على منتج الديزل الحيوي:

تم تنفيذ التجارب المخبرية اعتماداً على المراحل الموضحة في الشكل :



الشكل (2) يبين العوامل الرئيسية المساهمة في الحصول على الديزل الحيوي

حيث تم اعتماد العوامل (كمية المحفز، كمية الكحول، زمن استبقاء العينة) كقيم ثابتة مأخوذة من الدراسات المرجعية المعتمدة وتم أخذ العوامل (درجة حرارة التفاعل، زمن المزج، عدد مرات الغسل) كمتغيرات ليتم دراسة تأثيرها على محتوى الديزل الحيوي الناتج.

2- هدف البحث وأهميته:

1-2 هدف البحث:

اجراء دراسة تجريبية لتأثير كل عامل من العوامل التالية (درجة الحرارة _ زمن المزج _ مرات الغسل) على انتاج الديزل الحيوي من زيوت القلي المستعملة من أجل الحصول على أفضل إنتاجية (مقاسة كنسبة مئوية) .

2-2 أهمية البحث:

تكمّن أهمية البحث في امكانية التوصل لإنتاج وقود سائل حيوي مشابه للديزل انطلاقاً من زيوت مستهلكة غير مفيدة دون أن يمس ذلك بالمواد الغذائية المعدة للإستهلاك البشري (زيوت القلي الخام).

3- مواد وطرائق البحث:

في بحثنا سيتم اعتماد العوامل التالية :

1. نوع المحفز المستخدم بالنسبة لزيت عباد الشمس هو NaOH [12] علماً أنه أفضل من الناحية الاقتصادية مقارنة مع المحفزات الأخرى.
2. نوع المحفز المستخدم بالنسبة لزيت بذر القطن هو KOH [8]
3. نسبة المحفز المستخدم %1.2 بالنسبة لزيت عباد الشمس [6] و %0.6 بالنسبة لزيت بذر القطن [8]
4. نوع الكحول المستخدم هو الميثانول كونه أفضل من الناحية الاقتصادية
5. كمية الكحول هي (1:6) بالنسبة لزيت عباد الشمس المستهلك [2] و (1:12) بالنسبة لزيت القطن المستهلك [9]

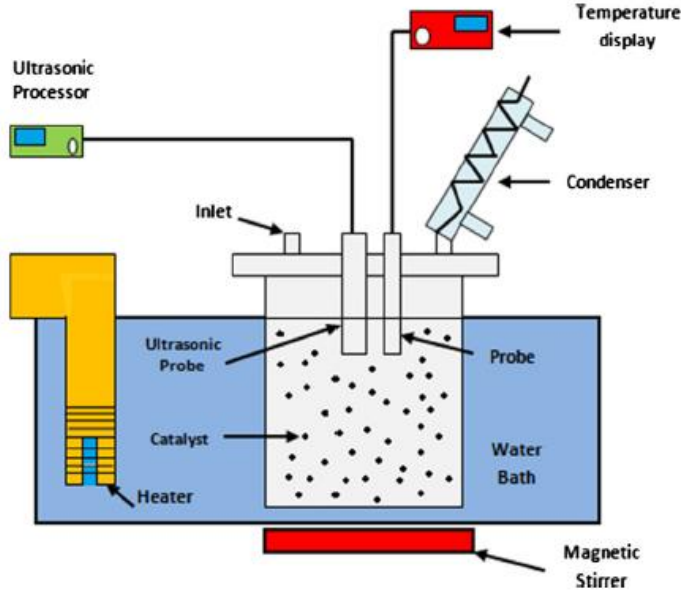
4- إنتاج الديزل الحيوي من زيوت القلي:

من الممكن انتاج الديزل الحيوي من الزيوت وعلى وجه الخصوص من زيوت القلي المستعملة حيث أن طريقة انتاج الديزل الحيوي من هذه الزيوت تعتبر سهلة وغير معقدة كونها تعتمد بشكل أساسي على إضافات من مواد محفزة ومواد كحولية إلى زيت القلي المستعمل أو المستهلك [6]

في بحثنا سوف نقوم بإجراء التجارب المخبرية لإنتاج الديزل الحيوي من زيوت القلي في حالتين : زيوت القلي المستعملة وزيوت القلي المستهلكة، نقصد بالمستعملة أي الزيوت التي تم استخدامها لعدة مرات في عمليات القلي بما يتوافق مع الشروط الصحية لإستعمال زيوت القلي (أي تكون مستخدمة لمرة واحدة على الأقل)، أما المستهلكة فيقصد بها الزيوت التي تم استخدامها لمرات أكثر كما هو الحال في المطاعم ومحلات قلي المواد الغذائية (أي تكون مستخدمة لعدد كبير من المرات إلى درجة لم تعد فيها صالحة للإستخدام).

1-4 مستلزمات العملية:

1- جهاز تسخين ذو شاشة رقمية تظهر درجة الحرارة المعاييرة كما هو موضح بالشكل (3) الذي يوضح أجزاءه الرئيسية:



الشكل (3) يبين جهاز التسخين والمزج لتحضير العينة المخبرية

2-جهاز تحريك للعينة يعمل بالتحريض المغناطيسي

3-حوجة قياس

4-ميزان رقمي لقياس وزن المواد الموضوعة

5-قمع فصل

وللبداء بإجراء التجارب المخبرية لإنتاج الديزل الحيوي فلا بد من توفر المواد الأساسية للعملية وهي:

1. زيت القلي المستعمل أو المستهلك

2. محلول الميتانول

3. المحفز وهو ماءات الصوديوم NaOH أو ماءات البوتاسيوم KOH

4. مياه مقطرة

2-4 اختيار الكحول المناسب:

تؤخذ بعين الاعتبار عند اختيار الكحول عدة خواص وهي: كلفته، الكمية المطلوبة للتفاعل، سهولة استرجاعه وتدويره، تأثيره على الوقود، وآثاره الجانبية.

يعتبر الميثانول أسهل استرجاعاً من الإيثانول، ويتميز بصغر وزنه الذي يجعله أكثر قدرة تفاعلية، كما أن الإيثانول ذو كلفة عالية، وبالتالي فإن هذه العوامل تجعل من الميثانول المحلول الكحولي المفضل لإنتاج الديزل الحيوي على الرغم أنه أكثر سمية من الإيثانول [6].

3-4 اختيار الوسائط القلوية المستخدمة (المحفزات):

تعتبر المحفزات القلوية (NaOH, KOH) الأكثر استخداماً في إنتاج الديزل الحيوي وتستخدم على نطاق واسع حول العالم لرخص ثمنها ومردودها العالي [6].

4-4 خطوات التجربة:

بعد تجهيز كامل مستلزمات العملية يتم البدء بإجراء التجربة على الشكل التالي:

1. نضع زيت القلي المستعمل ضمن حوالة مخبرية زجاجية بكمية

[7] 250(ml)

2. نقيس درجة حرارة الزيت وذلك لمعرفة كمية الحرارة التي يحتاجها للوصول

للدرجة المطلوبة

3. نبدأ بعملية تحريك الزيت بواسطة الجهاز الذي يعمل على التحريض

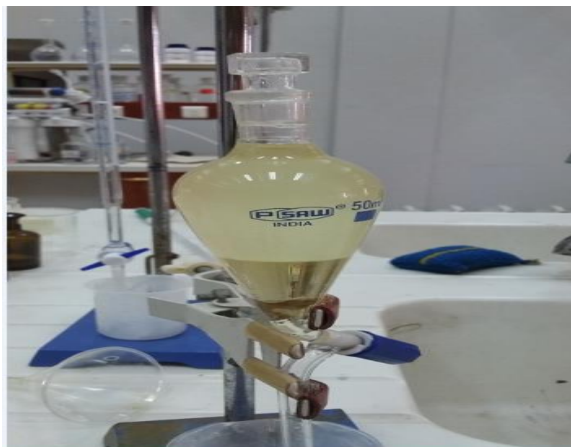
المغناطيسي

4. نقوم بتحضير مزيج من (المحلول الكحولي مع المحفز) وذلك بعملية تحريك يتم فيها اذابة حبيبات المحفز مع المحلول الكحولي كما في الشكل التالي:



الشكل (4) يبين المزيج (ميتانول + محفز)

5. عندما يصل الزيت لدرجة الحرارة المطلوبة نسكب المزيج السابق فوق الزيت تدريجياً وببطء
6. بعد ذلك نقوم بتغطية فوهة الحوجلة بورق السلوفان حتى لا يتطاير المحلول الكحولي
7. بعد ذلك ننتظر لمدة 45 دقيقة (زمن المزج)
8. بعد انتهاء تلك المدة نسكب العينة ضمن قمع فصل ونغلقه بإحكام وننتظر 24 ساعة ريثما ينفصل الغليسروول عن الديزل الحيوي الناتج [11]



الشكل (5) يبين العينة بعد 24 ساعة من تحضيرها من الديزل الحيوي الناتج عن زيت عباد الشمس المستعمل

9. بعد ذلك نقوم بعملية الغسل وهي إضافة كمية من المياه المقطرة حتى يتم فصل كامل الغليسول عن الديزل الحيوي.

10. بعد عملية الغسل يتم تجهيز الديزل الحيوي لقياس قيمته الحرارية عن طريق إزالة بقايا الكحول والمياه المقطرة.

بعد أن تم تجهيز كامل المعدات اللازمة لإنتاج الديزل الحيوي تم البدء بتطبيق جهاز الاختبار بشكل عملي حيث يتكون الجهاز وكما هو موضح بالشكل رقم (6) من جهاز ذو شاشة رقمية توضع فوقه العينة المختبرة والتي هي عبارة عن مزيج من (زيت القلي، محلول الميثانول، المحفز) حيث يتم ضبط سرعة المزج المطلوبة عن طريقه ، وبسبب عدم إمكانية ضبط درجة حرارة التفاعل بواسطة هذا الجهاز لوحده و لأجل تثبيت درجة حرارة التفاعل طوال فترة التفاعل فقد قمنا بإضافة جهاز آخر يتألف من حساس يتم غمره في العينة المختبرة و شاشة رقمية تظهر من خلالها درجة حرارة التفاعل مع وجود سماحية تقدر ب $\pm 0,3$ من الدرجة عند ضبط الجهاز على درجة الحرارة المطلوبة.



الشكل (6) يبين كامل أجزاء التجربة في المختبر

5- الحصول على الإنتاجية:

بعد التخلص من الغسول باستخدام المياه المقطرة يتم تفريغ الديزل الحيوي الناتج ضمن حوجة ليتم قياس وزنه ومن معادلة الإنتاجية نحسب قيمة الإنتاجية مقدرة كنسبة مئوية :

$$\text{Yield} = \frac{\text{amount of biodiesel produced}}{\text{amount of oil}} \times 100$$

[4]

6- إيجاد القيمة الحرارية للديزل الحيوي : لابد من إجراء تنقية للديزل الحيوي

الناتج من قطرات المياه المقطر عن طريق جهاز طرد مركزي وإدخاله إلى جهاز تقطير قبل إدخاله لجهاز القنبلة الحرارية وذلك لقياس قيمة الحرارة.

6-1 جهاز الطرد المركزي:

تم إزالة قطرات المياه المقطر المتواجدة في الديزل الحيوي الناتج بشكل كامل
باتتبع الخطوات التالية:

1. تمت عملية التصفية بتسخين الديزل الحيوي الناتج إلى درجة حرارة 40
درجة مئوية

2. تم تشغيل جهاز الطرد المركزي بسرعة دوران 1500 rpm ولمدة 10
دقائق



الشكل (7) يوضح وضع العينة (الديزل الحيوي الناتج) ضمن جهاز الطرد المركزي

6-2 عملية التقطير لفصل بقايا الكحول الناتج:

الفائدة الأساسية من عملية التقطير هو فصل بقايا الكحول المتواجدة في عينة الديزل
الحيوي المنتجة حيث تم رفع درجة الحرارة إلى 360 درجة مئوية ليتم تجميع الديزل
الحيوي الخالي من بقايا الكحول بعد ذلك ضمن حوالة بلورية كما هو مبين بالشكل
التالي:



الشكل (8) يوضح جهاز التقطير

3-6 الجهاز المستخدم (القتيلة الحرارية):

- توزن العينة والتي هي عبارة الديزل الحيوي الناتج في بوتقة الإحتراق ثم تغلق في غطاء حجرة الانفجار
- يتم امرار الأكسجين والتعرض للهب ضعيف لبدء الإحتراق
- تحسب كمية الحرارة التي أدت إلى رفع درجة حرارة المسعر درجة مئوية واحدة بالنسبة لوزن العينة.



الشكل (9) يوضح جهاز القنبلة الحرارية

تسجيل النتائج ومناقشتها:

سيتم العمل على إنتاج الديزل الحيوي والوصول إلى قيم الإنتاجية عند قيم مختلفة لدرجة حرارة التفاعل وزمن المزج إضافة لقياس القيمة الحرارية ورقم السيتان وذلك لكل من :

- 1- زيت عباد الشمس المستعمل
- 2- زيت عباد الشمس المستهلك
- 3- زيت بذر القطن المستعمل
- 4- زيت بذر القطن المستهلك

والجدول التالي يوضح الخصائص الفيزيائية لكلا النوعين من الزيت (زيت عباد الشمس، زيت بذر القطن)[13,14,15]

| نوع الزيت المستخدم | الكثافة النسبية (Destiny) [g/cm ³] | اللزوجة الحركية (Kinematic Viscosity) [mm ² /s] |
|--------------------|--|--|
| زيت عباد الشمس | 0.918 | 29.4 - 40.2 |
| زيت بذر القطن | 0.917 - 0.933 | 29.22 |

جدول (1) يبين الخصائص الفيزيائية لزيت عباد الشمس وزيت بذر القطن

حيث سيتم توضيح نتائج التجارب المخبرية ضمن جداول ومخططات ثلاثية الأبعاد توضح مناطق الذروة للإنتاجية.

7- إنتاج الديزل الحيوي من زيت عباد الشمس المستعمل:

7-1 تأثير زمن المزج ودرجة حرارة التفاعل على الإنتاجية :

تم إجراء التجارب لإنتاج الديزل الحيوي من زيت عباد الشمس المستعمل باعتبار نسبة المحلول الكحولي إلى كمية زيت القلي وسرعة المزج ونسبة تركيز المحفز حسب الدراسة

المرجعية [2] كمايلي : نسبة الميثانول إلى الكمية الكلية للزيت 1:6 وسرعة مزج 300 rpm دقيقة وبنسبة تركيز 1.2% للمحفز NaOH.

حيث تم تسجيل النتائج المخبرية للتجارب في الجدول التالي:

| درجات الحرارة (C°) | | | | | | | | | | | | الزمن (minute) |
|--------------------|------|-------|------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| 61 | 60 | 59 | 58 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | |
| الإنتاجية % | | | | | | | | | | | | |
| 70 | 70 | 69.88 | 67 | 66.5 | 61 | 53.2 | 50 | 47.6 | 44.2 | 42 | 38.5 | 30 |
| 86.7 | 85 | 80.2 | 77 | 74.9 | 70.8 | 64.2 | 57 | 55.3 | 50.5 | 42 | 40.4 | 40 |
| 80 | 87 | 87.5 | 90 | 85 | 81.125 | 72.5 | 71.75 | 66.87 | 65.5 | 57.37 | 49.75 | 45 |
| 75 | 82 | 88 | 91.2 | 87.9 | 82.5 | 74.2 | 72.5 | 67 | 67 | 58.2 | 50.1 | 50 |
| 86 | 86.2 | 84.37 | 83.5 | 83.12 | 81.12 | 67.03 | 62.65 | 62.18 | 57.34 | 55.31 | 49.21 | 60 |

جدول (2) يبين قيم الإنتاجية عند مستويات مختلفة لدرجة حرارة التفاعل وزمن المزج

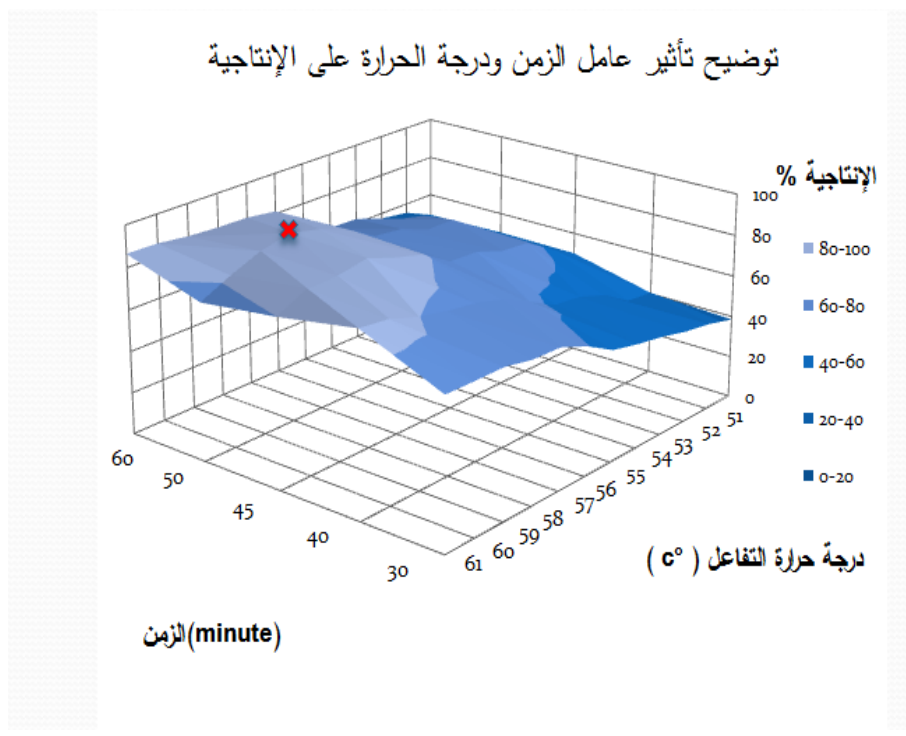
لليزل الحيوي الناتج عن زيت عباد الشمس المستعمل

حيث يوضح الجدول (2) قيم درجات حرارة التفاعل وزمن المزج المعمول بها وتأثيرها على قيم الإنتاجية حيث وصلت ذروة الإنتاجية إلى النسبة 90% عند الزمن 45 دقيقة ودرجة حرارة التفاعل 58 درجة مئوية.

بعد اضافة زمني المزج (40,50) دقيقة للإختبارات التجريبية وذلك في إطار البحث الدقيق عن نقطة الذروة للإنتاجية في بحثنا، أظهرت النتائج أن ذروة الإنتاجية عند درجة

الحرارة 58 وزمن مزج 50 دقيقة هي 91.2% وهذه النسبة تعتبر أفضل نسبة تحول تم الحصول عليها من كامل مستويات درجة الحرارة والزمن التي تم العمل عندها في اختبارات تحويل زيت عباد الشمس المستعمل إلى ديزل حيوي.

حيث تم دمج المخططين (مخطط تأثير زمن المزج ومخطط تأثير درجة حرارة التفاعل على الإنتاجية) ضمن مخطط واحد حيث يعبر المنحني السطحي عن قيم الإنتاجية ومدى تأثرها بتغير قيم درجة حرارة التفاعل وزمن المزج للديزل الحيوي الناتج عن زيت عباد الشمس المستعمل كما هو موضح بالشكل التالي:



الشكل (10) يبين تدرج قيم الإنتاجية للديزل الحيوي الناتج عن زيت عباد الشمس المستعمل عند قيم مختلفة لزمن المزج ودرجة حرارة التفاعل

7-2 أثر عدد مرات الغسل على محتوى الديزل الحيوي:

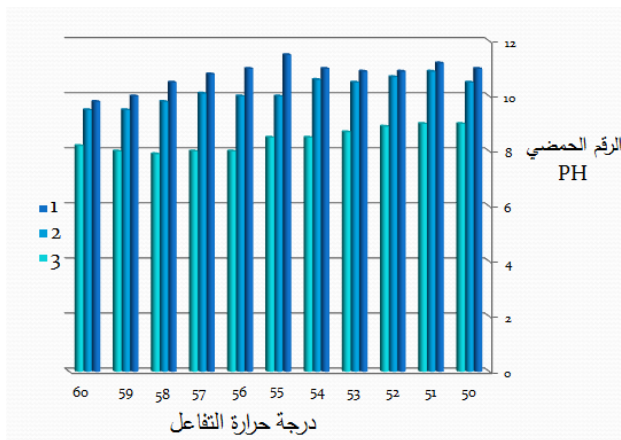
يقصد بعدد مرات الغسل بأنها عبارة عن اضافة مياه مقطرة إلى العينة المنتجة بنسبة 11.38% من الكمية الكلية للمزيج حيث يتم معرفة أثر عدد مرات الغسل على جودة الديزل الحيوي الناتج من خلال قياس تغيرات الرقم الحمضي PH. [5]

تتم عملية قياس الرقم الحمضي من خلال جهاز خاص مزود بحساس يتم غمره حتى يصل إلى الطبقة السفلى من عينة الديزل الحيوي المنتجة حيث تتواجد طبقة الغليسروال المراد إزالتها فبعد أن يتم اضافة الكمية الأولية للمياه المقطرة تنخفض قيمة الرقم الحمضي على شاشة الجهاز ليتم تكرار العملية حتى يتم التخلص من كامل الغليسروال الموجود فتقترب قيمة الرقم الحمضي للطبقة السفلى من قيمة الرقم الحمضي للمياه المقطرة.



الشكل (11) يبين جهاز قياس الرقم الحمضي

ملاحظة: يعتمد عدد مرات الغسل بشكل أساسي على كمية الغسول المتبقية ضمن قمع الفصل حيث يتم قياس الرقم الحمضي PH بعد الإنتهاء تماماً من عملية الغسل.



الشكل (12) يوضح تأثير عدد مرات الغسل على الرقم الحمضي PH

نلاحظ من الشكل (12) بأن أفضل عدد لمرات الغسل هو 3 مرات حيث تم تسجيل أقل قيمة للرقم الحمضي 7.9 عند درجة حرارة التفاعل 58 درجة مئوية للديزل الحيوي الناتج عن زيت عباد الشمس المستعمل.

8- إنتاج الديزل الحيوي من زيت بذر القطن المستعمل:

1-8 تأثير زمن المزج ودرجة حرارة التفاعل على الإنتاجية :

تم إجراء التجارب لإنتاج الديزل الحيوي من زيت بذر القطن المستعمل باعتبار نسبة المحلول الكحولي إلى كمية زيت القلي وسرعة المزج ونسبة تركيز المحفز حسب الدراسة المرجعية [8] كمايلي : نسبة الميثانول إلى الكمية الكلية للزيت 1:12 وسرعة مزج 300 rpm دقيقة وبنسبة تركيز 0.6% للمحفز KOH.

حيث تم تسجيل النتائج المخبرية للتجارب في الجدول التالي:

| درجات الحرارة (c°) | | | | | | | | الزمن (Minute) |
|--------------------|-------|-------|------|-------|-------|--------|-------|-------------------|
| 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | |
| الإنتاجية % | | | | | | | | |
| 74.82 | 71.12 | 66.18 | 66.4 | 62.68 | 59.1 | 52.38 | 46.62 | 30 |
| 87 | 88.9 | 85.22 | 82.5 | 78.35 | 73.75 | 65.475 | 58.2 | 45 |
| 79 | 79 | 78.5 | 75 | 75 | 71.3 | 60.4 | 57.1 | 55 |
| 92 | 94.8 | 95 | 86.5 | 84 | 75 | 71.2 | 70.8 | 60 |
| 80 | 90 | 80.2 | 78 | 73.4 | 69 | 69 | 68.1 | 65 |

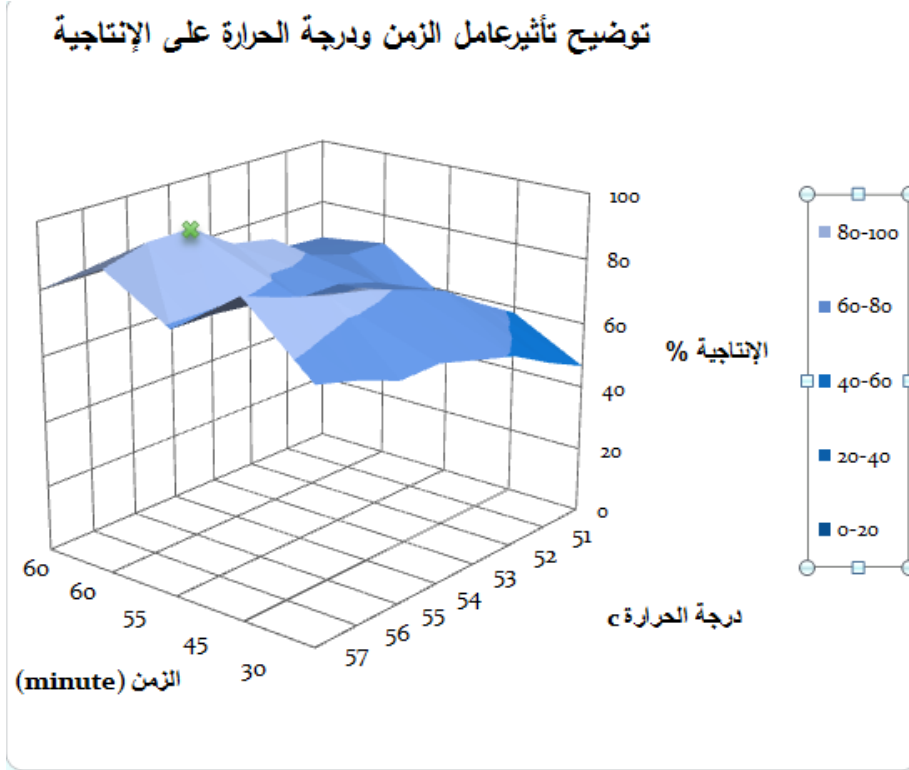
جدول (3) يبين قيم الإنتاجية عند مستويات مختلفة لدرجة حرارة التفاعل وزمن المزج للديزل الحيوي الناتج عن زيت بذر القطن المستعمل

يوضح الجدول (3) قيم درجات حرارة التفاعل وزمن المزج المعمول بها وتأثيرها على قيم الإنتاجية حيث وصلت ذروة الإنتاجية إلى النسبة 95% عند الزمن 60 دقيقة ودرجة حرارة التفاعل 55 درجة مئوية

بعد اضافة زمني المزج (65,55) دقيقة للإختبارات التجريبية وذلك في إطار البحث الدقيق عن نقطة الذروة للإنتاجية في بحثنا، أظهرت النتائج أن ذروة الإنتاجية لم تتغير وبقيت عند الزمن 60 دقيقة ودرجة الحرارة 55 درجة مئوية وهذه النسبة تعتبر أفضل نسبة تحول تم الحصول عليها من كامل مستويات درجة الحرارة والزمن التي تم العمل عندها في اختبارات تحويل زيت بذر القطن المستعمل إلى ديزل حيوي .

حيث تم دمج المخططين (مخطط تأثير زمن المزج ومخطط تأثير درجة حرارة التفاعل على الإنتاجية) ضمن مخطط واحد حيث يعبر المنحني السطحي عن قيم الإنتاجية

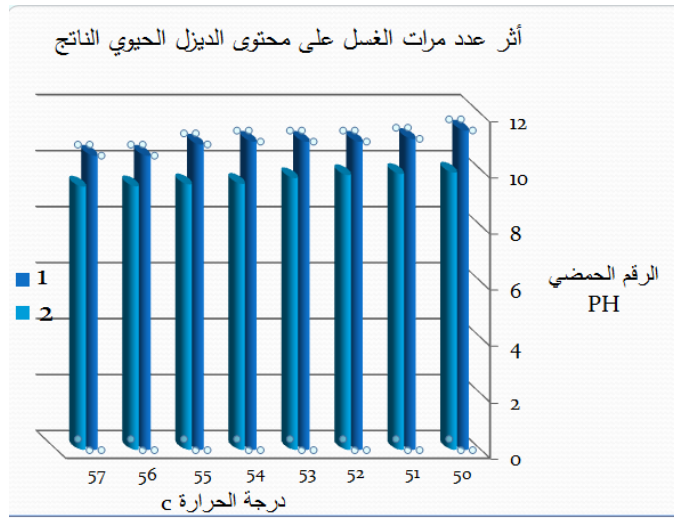
ومدى تأثرها بتغير قيم درجة حرارة التفاعل وزمن المزج للديزل الحيوي الناتج عن زيت بذر القطن المستعمل كما هو موضح بالشكل التالي:



الشكل (13) يبين تدرج قيم الإنتاجية للديزل الحيوي الناتج عن زيت بذر القطن المستعمل عند قيم مختلفة للزمن ودرجة الحرارة

8-2 أثر عدد مرات الغسل على محتوى الديزل الحيوي:

من خلال التجارب لتحويل زيت بذر القطن لديزل حيوي تم أخذ القياسات ومراقبة تغير الرقم الحمضي مع تغير عدد مرات الغسل. نلاحظ من الشكل (14) بأن عدد مرات الغسل الأمثل لتجربتنا هذه هو مرتين و عند زيادة عدد مرات الغسل من مرة واحدة إلى مرتين أدى إلى انخفاض قيمة الرقم الحمضي PH ووصلت أدنى قيمة له إلى 9.4 عند درجة حرارة 57 درجة مئوية .



الشكل (14) يوضح تأثير عدد مرات الغسل على الرقم الحمضي PH

9- مناقشة نتائج إنتاج الديزل الحيوي من زيت عباد الشمس وزيت بذر القطن

المستعمل:

إن لزمن المزج ودرجة حرارة التفاعل أثر كبير على الإنتاجية لكن تأثير درجة الحرارة يأتي بالدرجة الأولى حسب الدراسات المرجعية ، ففي بحثنا تم تحضير المزيج (زيت القلي، محلول الميثانول، المحفز) و إجراء التجارب على عدة مستويات لدرجة الحرارة من الدرجة 50 إلى الدرجة 60 على التوالي بزمن مزج مقداره 45 دقيقة حيث تم اختيار درجة الحرارة 50 كدرجة ابتدائية للاختبار استناداً للدراسة المرجعية [4] والتي تم فيها دراسة مجموعة من الزيوت النباتية ومن بينها زيت عباد الشمس المستعمل بدرجة حرارة بدائية للتفاعل 50 درجة مئوية وكما اتضح لدينا فإن زيادة درجة حرارة التفاعل أدت لزيادة في نسبة تحول المزيج (زيت القلي ، الكحول ، المحفز) إلى ديزل حيوي والجدول التالي يوضح نتائج قيم الإنتاجية لمجموعة من التجارب المخبرية على زيت عباد الشمس المستعمل عند الزمن 45 دقيقة ودرجات حرارة للتفاعل ما بين (50 إلى 60) درجة مئوية:

| الإنتاجية % | وزن العينة (g) | درجة حرارة التفاعل (C°) |
|-------------|----------------|-------------------------|
| 49.21 | 39.66 | 51 |
| 55.31 | 44.39 | 52 |
| 57.34 | 45.87 | 53 |
| 62.18 | 45.87 | 54 |
| 63.65 | 51.14 | 55 |
| 67.03 | 53.43 | 56 |
| 81.2 | 65.12 | 57 |
| 83.125 | 67.37 | 58 |
| 83.5 | 69.57 | 59 |
| 84.37 | 70.17 | 60 |

جدول (4) يبين تأثير درجات حرارة التفاعل على الإنتاجية

ويوضح الجدول (4) مقارنة لنتائج اختبار إنتاج الديزل الحيوي من زيت عباد الشمس وزيت بذر القطن المستعمل من حيث الإنتاجية العظمى والقيمة الحرارية ورقم السيتان وكذلك تسجيل قيم البارامترات (درجة حرارة التفاعل ، زمن المزج، عدد مرات الغسل) التي تم أخذ قيم الإنتاجية العظمى عندها.

دراسة أثر تغيير العوامل (درجة الحرارة – زمن المزج - مرات الغسل) على الإنتاجية والقيمة الحرارية للديزل الحيوي الناتج عن زيوت القلي المستعملة

| العوامل المؤثرة على المحتوى من حيث الجودة | | العوامل المؤثرة على المحتوى من حيث الكمية | | | | تقييم أثر البارمترات (درجة حرارة التفاعل - زمن المزج - عدد | |
|---|---------------------------------|---|--------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---|------------|
| رقم السيتان | القيمة الحرارية العليا Kj/kg | الإنتاجية العظمى % | العدد الأمثل لمرات الغسل | الزمن الأمثل للمزج minutes | درجة حرارة التفاعل المثلى Celsius | تقييم أثر البارمترات (درجة حرارة التفاعل - زمن المزج - عدد مرات الغسل) لإنتاج الديزل الحيوي من زيوت القلي المستعملة | |
| | | | | | | نوع الزيت | عباد الشمس |
| 48 | 43960 | 91.2 | 3 | 50 | 58 | عباد الشمس | نوع الزيت |
| 54 | 41325 | 95 | 2 | 60 | 55 | بذر القطن | نوع الزيت |

جدول (5) يبين نتائج التجارب المخبرية التي حصلنا عليها لإنتاج الديزل الحيوي من زيوت عباد الشمس وبذر القطن المستعملة

انطلاقاً من النتائج التي حصلنا عليها لإنتاج الديزل الحيوي من زيت عباد الشمس وزيت بذر القطن المستعمل فإننا نلاحظ وكما هو مبين بالجدول (5) بأن عملية إنتاج الديزل الحيوي من زيت بذر القطن أوفر اقتصادياً من إنتاجه من زيت عباد الشمس وذلك لأن الإنتاج من زيت بذر القطن تم عند درجات حرارة أقل وبعدها مرات للغسل أقل وإنتاجية أعلى من الديزل الناتج عن زيت عباد الشمس وإذا نظرنا إلى كل من القيمة الحرارية والرقم الحمضي PH لكلا النوعين فإننا نلاحظ أن الديزل الحيوي الناتج عن زيت عباد الشمس أعلى جودة من الديزل الناتج عن زيت بذر القطن لأن القيمة الحرارية له أعلى والرقم الحمضي PH أقل.

10- إنتاج الديزل الحيوي من زيت عباد الشمس المستهلك:

10-1 تأثير زمن المزج ودرجة حرارة التفاعل على الإنتاجية :

تم إجراء التجارب لإنتاج الديزل الحيوي من زيت عباد الشمس المستهلك باعتبار نسبة المحلول الكحولي إلى كمية زيت القلي وسرعة المزج ونسبة تركيز المحفز حسب الدراسة

المرجعية [7] كما يلي : نسبة الميثانول إلى الكمية الكلية للزيت 1:6 وسرعة مزج 300 rpm دقيقة وبنسبة تركيز 1.2% للمحفز NaOH.

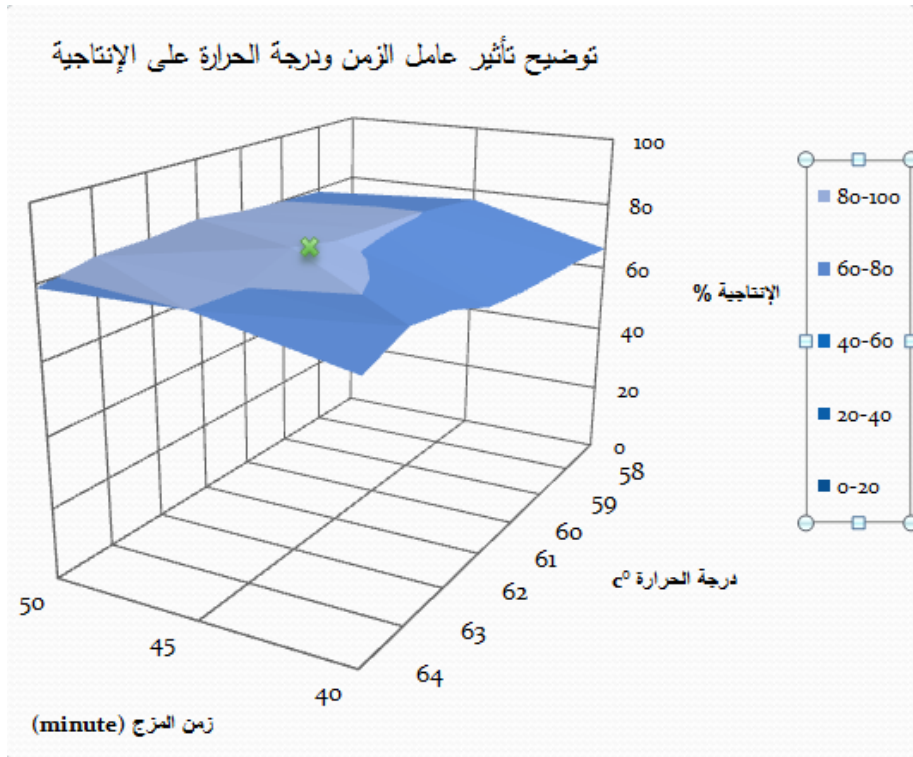
حيث تم تسجيل النتائج المخبرية للتجارب في الجدول التالي:

| درجات الحرارة (C°) | | | | | | | | الزمن (minute) |
|--------------------|------|----|----|------|------|------|------|----------------|
| 64 | 63 | 62 | 61 | 60 | 59 | 58 | 57 | |
| الإنتاجية % | | | | | | | | |
| 72 | 77 | 79 | 70 | 68.5 | 68 | 67.5 | 66 | 40 |
| 80 | 82.5 | 85 | 82 | 81 | 80.5 | 79 | 77 | 45 |
| 79 | 82 | 82 | 83 | 81 | 82 | 80.6 | 79.5 | 50 |

جدول (6) يبين قيم الإنتاجية للديزل الحيوي الناتج عن زيت عباد الشمس المستهلك

يوضح الجدول (6) قيم درجات حرارة التفاعل وزمن المزج المعمول بها وتأثيرها على قيم الإنتاجية حيث وصلت ذروة الإنتاجية إلى النسبة 85% عند الزمن 45 دقيقة ودرجة حرارة التفاعل 62 درجة مئوية.

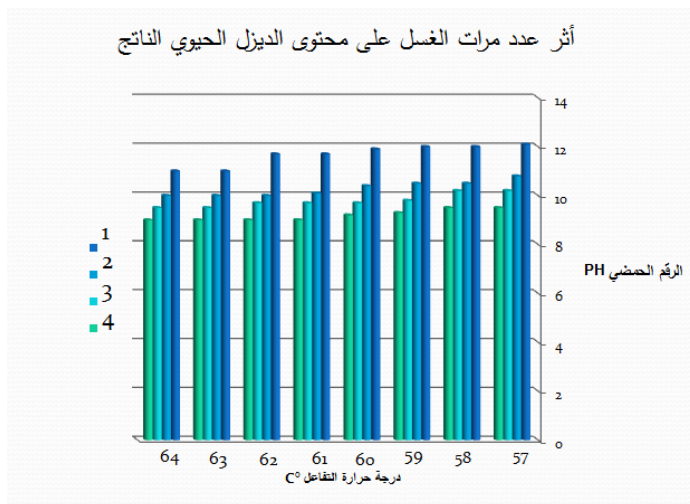
تم دمج المخططين (مخطط تأثير زمن المزج ومخطط تأثير درجة حرارة التفاعل على الإنتاجية) ضمن مخطط واحد حيث يعبر المنحني السطحي عن قيم الإنتاجية ومدى تأثيرها بتغير قيم درجة حرارة التفاعل وزمن المزج للديزل الحيوي الناتج عن عباد الشمس المستهلك كما هو موضح بالشكل التالي:



الشكل (15) يبين تدرج قيم الإنتاجية للديزل الحيوي الناتج عن زيت عباد الشمس المستهلك عند قيم مختلفة للزمن ودرجة الحرارة

10-2 أثر عدد مرات الغسل :

تم دراسة أثر عدد مرات الغسل على الرقم الحمضي PH حيث تم التوصل إلى أن العدد الأمثل لمرات الغسل هو 4 مرات للغسل حيث سجلت أخفض قيمة للرقم الحمضي 9 عند درجة حرارة 64 درجة مئوية كما هو مبين بالشكل التالي:



الشكل (16) يوضح تأثير عدد مرات الغسل على الرقم الحمضي PH

11- إنتاج الديزل الحيوي من زيت بذر القطن المستهلك:

11-1 تأثير زمن المزج ودرجة حرارة التفاعل على الإنتاجية :

تم إجراء التجارب لإنتاج الديزل الحيوي من زيت عباد الشمس المستعمل باعتبار نسبة المحلول الكحولي إلى كمية زيت القلي وسرعة المزج ونسبة تركيز المحفز حسب الدراسة المرجعية [9] كمايلي : نسبة الميثانول إلى الكمية الكلية للزيت 1:12 وسرعة مزج 300 rpm دقيقة وبنسبة تركيز 0.6% للمحفز KOH.

حيث تم تسجيل النتائج المخبرية للتجارب في الجدول التالي:

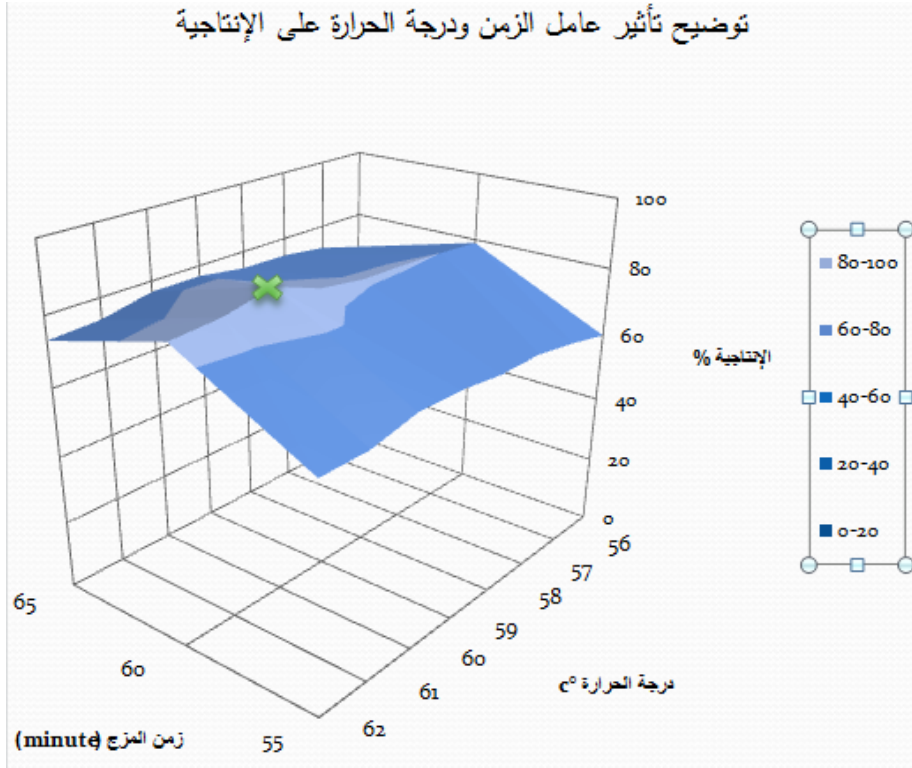
دراسة أثر تغيير العوامل (درجة الحرارة – زمن المزج - مرات الغسل) على الإنتاجية والقيمة الحرارية للديزل الحيوي الناتج عن زيوت القلي المستعملة

| درجات الحرارة (c°) | | | | | | | | الزمن (Minute) |
|--------------------|----|----|------|----|------|------|----|-------------------|
| 62 | 61 | 60 | 59 | 58 | 57 | 56 | 55 | |
| الإنتاجية % | | | | | | | | |
| 64 | 64 | 67 | 66.7 | 65 | 65 | 62.8 | 60 | 55 |
| 84 | 85 | 88 | 83 | 81 | 80.7 | 80 | 79 | 60 |
| 73.2 | 74 | 77 | 77 | 75 | 74.7 | 73 | 69 | 65 |

جدول (7) يبين قيم الإنتاجية للديزل الحيوي الناتج عن زيت بذر القطن المستهلك

يوضح الجدول (7) قيم درجات حرارة التفاعل وزمن المزج المعمول بها وتأثيرها على قيم الإنتاجية حيث وصلت ذروة الإنتاجية إلى النسبة %88 عند الزمن 60 دقيقة ودرجة حرارة التفاعل 60 درجة مئوية.

تم دمج المخططين (مخطط تأثير زمن المزج ومخطط تأثير درجة حرارة التفاعل على الإنتاجية) ضمن مخطط واحد حيث يعبر المنحني السطحي عن قيم الإنتاجية ومدى تأثيرها بتغيير قيم درجة حرارة التفاعل وزمن المزج للديزل الحيوي الناتج عن بذر القطن المستهلك كما هو موضح بالشكل التالي:

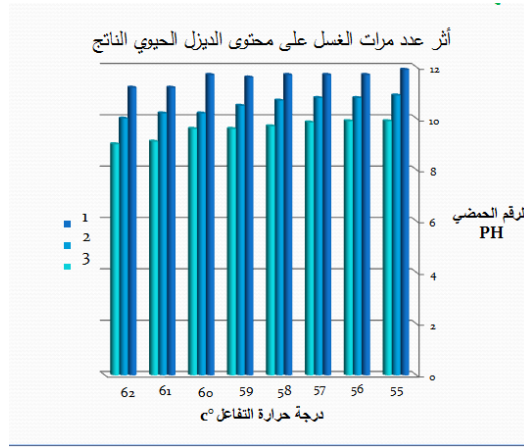


الشكل (17) يبين تدرج قيم الإنتاجية للديزل الحيوي الناتج عن زيت بذر القطن المستهلك عند قيم مختلفة للزمن ودرجة الحرارة

11-2 أثر عدد مرات الغسل :

تم دراسة أثر عدد مرات الغسل على الرقم الحمضي PH حيث تم التوصل إلى أن العدد الأمثل لمرات الغسل هو 3 مرات حيث سجلت أخفض قيمة للرقم الحمضي 9 عند درجة الحرارة 62 درجة مئوية للغسل كما هو مبين بالشكل التالي:

دراسة أثر تغيير العوامل (درجة الحرارة – زمن المزج – مرات الغسل) على الإنتاجية والقيمة الحرارية للديزل الحيوي الناتج عن زيوت القلي المستعملة



الشكل (18) يوضح تأثير عدد مرات الغسل على الرقم الحمضي PH

12- مناقشة نتائج إنتاج الديزل الحيوي من زيت عباد الشمس وزيت بذر القطن

المستهلك:

| العوامل المؤثرة على المحتوى من حيث المحتوى | | العوامل المؤثرة على المحتوى من حيث الكمية | | | | تقييم أثر البارمترات (درجة حرارة التفاعل – زمن المزج – عدد مرات الغسل) لإنتاج الديزل الحيوي من زيوت القلي المستهلكة | |
|--|-------------|---|--------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---|-----------|
| القيمة الحرارية العليا KJ/kg | رقم السيتان | الإنتاجية العظمى % | العدد الأمثل لمرات الغسل | الزمن الأمثل للمزج minute | درجة حرارة التفاعل المثلى celsius | عباد الشمس | نوع الزيت |
| 39750 | 45 | 85 | 4 | 45 | 62 | عباد الشمس | نوع الزيت |
| 36620 | 48 | 88 | 3 | 60 | 60 | بذر القطن | |

جدول (8) يبين نتائج التجارب المخبرية التي حصلنا عليها لإنتاج الديزل الحيوي من زيوت عباد الشمس وبذر القطن المستهلكة

نلاحظ من الجدول (8) بأن إنتاجية الديزل الحيوي من زيت بذور القطن المستهلكة حافظت على إرتفاعها بالنسبة لإنتاج الديزل الحيوي من زيوت عباد الشمس حيث قدرت هذه الزيادة بمقدار 3% في حين سجلت القيمة الحرارية للديزل الحيوي الناتج عن زيت عباد الشمس قيمة أعلى منها للديزل الحيوي الناتج عن زيت بذور القطن وبالمجمل فإن الديزل الحيوي الناتج عن زيت بذور القطن المستهلكة أقل جودة لكنه أعلى بقيمة الإنتاجية مقارنة بالديزل الحيوي الناتج عن زيت عباد الشمس المستهلك.

13- الإستنتاجات والتوصيات:

لم يتم التطرق في الدراسات المرجعية المعتمدة في بحثنا إلى عملية المقارنة بين الديزل الحيوي الناتج من زيوت القلي المستعملة والديزل الحيوي الناتج من زيوت القلي المستهلكة لذلك قمنا بهذه المقارنة نظراً لأهميتها ونذكر منها مايلي:

1. إن الديزل الحيوي الناتج عن الزيت المستهلك يتطلب درجات حرارة للتفاعل أعلى منه للزيت المستعمل وسنذكر درجة حرارة التفاعل التي أعطت أعلى إنتاجية في بحثنا لكل نوع من الزيوت:

- درجة حرارة التفاعل لزيت عباد الشمس المستعمل: 58 درجة مئوية
- درجة حرارة التفاعل لزيت بذور القطن المستعمل: 55 درجة مئوية
- درجة حرارة التفاعل لزيت عباد الشمس المستهلك: 62 درجة مئوية
- درجة حرارة التفاعل لزيت بذور القطن المستهلك: 60 درجة مئوية

2. لاحظنا أن إنتاجية الديزل الحيوي من الزيت المستهلك منخفضة عنها في الزيت المستعمل ونذكر أعلى قيم للإنتاجية لكل نوع من الزيوت في بحثنا:

- ذروة الإنتاجية للديزل الحيوي الناتج عن زيت عباد الشمس المستعمل: 91.2%
- ذروة الإنتاجية للديزل الحيوي الناتج عن زيت بذور القطن المستعمل: 95%
- ذروة الإنتاجية للديزل الحيوي الناتج عن زيت عباد الشمس المستهلك: 85%

- ذروة الإنتاجية للديزل الحيوي الناتج عن زيت بذر القطن المستهلك: 88%
- 3. لاحظنا أيضاً أن القيمة الحرارية للديزل الحيوي الناتج عن الزيت المستهلك منخفضة عنها بالنسبة للزيت المستعمل وفيما يلي القيم الحرارية لكل نوع من الزيوت المستخدمة في بحثنا:
 - للديزل الحيوي الناتج عن زيت عباد الشمس المستعمل: 43960 [Kj/Kg]
 - للديزل الحيوي الناتج عن زيت بذر القطن المستعمل: 41325 [Kj/Kg]
 - للديزل الحيوي الناتج عن زيت عباد الشمس المستهلك: 39750 [Kj/Kg]
 - للديزل الحيوي الناتج عن زيت بذر القطن المستهلك: 36620 [Kj/Kg]
- 4. القيمة الحرارية المقاسة للديزل الأحفوري [Kj/Kg] 45000 أما القيم الحرارية للديزل الحيوي الناتج عن كل من زيت عباد الشمس وزيت بذر القطن في بحثنا فهي ضمن المجال المقبول وفقاً للدراسات المرجعية.
- 5. رقم السيتان للديزل الحيوي الناتج عن الزيوت المستهلكة والزيوت المستعملة:
 - للديزل الحيوي الناتج عن زيت عباد الشمس المستعمل: 48
 - للديزل الحيوي الناتج عن زيت بذر القطن المستعمل: 54
 - للديزل الحيوي الناتج عن زيت عباد الشمس المستهلك: 45
 - للديزل الحيوي الناتج عن زيت بذر القطن المستهلك: 48
- 6. رقم السيتان المقاس للديزل الأحفوري 65 أما رقم السيتان للديزل الحيوي الناتج عن كل من زيت عباد الشمس وزيت بذر القطن في بحثنا فهي متوافقة مع الأرقام التي توصلت إليها الدراسات المرجعية.
- 7. قبل البدء بإنتاج الديزل الحيوي من الزيت المستهلك يتطلب تنقية الزيت بشكل دقيق لضمان عدم وجود مواد غير مرغوب بها أثناء التجربة.
- 8. نتيجة لما ذكر أعلاه فإن إنتاج الديزل الحيوي من الزيت المستهلك يشكل أعباء اقتصادية إضافية إذا ما قورن بإنتاج الديزل الحيوي من الزيت المستعمل.

المراجع (References) :

- [1].GOGA.G, Lakhwinder. S, S.Rupinderpreet, 2012, **"Performance Evaluation of Biodiesel from Waste Cooking Oil"** , International Conference on Mechanical , Automobile and Biodiesel Engineering Dubai (UAE)
- [2]. OTADIA.M, SHAHRAKI.A, GOHARROKHI. M, BANDARSHCHIAN.F, **"Reduction of Free Fatty Acids of Waste Oil by Acid Catalyzed Esterification"** , Procedia Engineering 18(2011)168-174
- [3].NARULA.V, KHAN.F, NEGI.A, KARLA.K, THAKUR.A, JAI.,S 2017, "**Low Temperature Optimization of Biodiesel Production from Algal oil using CaO and CaO/Al₂O₃ as catalyst by the application of Response Surface Methodology**" College of Engineering Roorkee, Roorkee, India
- [4].SANA. S, IQBAL.J, ULLAH.I, BHATTAI.H, NOUREN.S, UR-REHMAN.H, NISAR.J, IQBAL.M, **"Biodiesel production from waste cooking oil: An efficient technique to convert waste into biodiesel"** Sustainable Cities and Society,41(2018) 220-226

- [5]. DORADO.P, BALLWESTEROS.E, MITTEIBACH.M, LOPEZ.F, "Kinetic Parameters Affecting the Alkali-Catalyzed Transesterification Process of Used Olive Oil" Energy & Fuels 2004, 18, 1457–1462
- [6]. KIAKALAEH.A, AMIN.N, MAZAHERI.H, "A review on novel processes of biodiesel production from waste cooking oil", Applied Energy 104 (2013) 683–710
- [7]. Nour Sh. El-Gendy, Samiha F. Deriase, A. Hamdy, Renee I. Abdallah , "Statistical optimization of biodiesel production from sunflower waste cooking oil using basic heterogeneous biocatalyst prepared from eggshells" , Egyptian Journal of Petroleum (2015) 24, 37–48
- [8]. ONUKWULI.D, L.EMEMBOLU, UDE.C, ALIOZO.S, MENKITI.M, "Optimization of biodiesel production from refined cotton seed oil and its characterization", Egyptian Journal of Petroleum (2017) 26, 103–110
- [9]. *SiINHA.D, S. Murugavelh*, "Biodiesel production from waste cottonseed oil using low cost catalyst:

- Engineperformance and emission characteristics** ,
Perspectives in Science (2016) 8, 237—240
- [10]. M. CLARK.W , MEDEIROS.N, BOYD.D, SNELL.J,
**"Biodiesel transesterification kinetics monitored by
pH measurement"**, ,Bioresource Technology xxx
(2013) xxx—xxx
- [11]. RAVELO.V, RODRIGUEZ.J, "**Biodiesel
production as a solution to waste cooking oil (WCO)
disposal. Will any type of WCO do for a
transesterification process? A quality assessment**",
Journal of Environmental Management 228 (2018) 117–
129
- [12]. ANASTOPOULOS.G,ZANNIKOU.Y,STOURNAS.S,
**"Transesterification of Vegetable Oils with Ethanol
and Characterization of the Key Fuel Properties of
Ethyl Esters"** *Energies* (2009) , 2, 362–376
- [13]. "**Cottonseed oil**". *Transport Information Service,
Gesamtverband der Deutschen
Versicherungswirtschaft e.V.* Retrieved 6 August 2012.

- [14]. Irina NITA, Anisoara NEAGU, Sibel GEACAI, Anca DUMITRU and Anca STERPU: "**Study of the behavior of some vegetable oils during the thermal treatment,**" Technology and Chemical Engineering Department, Ovidius University, bd. Mamaia 124, Constanta, 900527
- [15]. *Esteban B, Riba J-R, Baquero G, Rius A, Puig R (2012). "**Temperature dependence of density and viscosity of vegetable oils**" (Biomass and Bioenergy. 42: 164-71*

مراقبة وتحليل البيانات في شبكات التواصل الاجتماعي لتقييم الصحة العامة

المهندسة فرح محمد خير النيفاوي¹

إشراف الدكتور مهند رجب²

المخلص

مع تزايد استخدام شبكات التواصل الاجتماعي وتطور تطبيقاتها أصبح هناك كم هائل من البيانات التي يقوم المستخدمون بنشرها ومشاركتها يومياً، ونشأت عدة دراسات لمعالجة هذه البيانات واستخراج المعلومات المفيدة منها أو الرأي العام للمستخدمين. إحدى أهم المواضيع التي يقوم الناس بطرحها هي الصحة العامة والأمراض المنتشرة، لذا قمنا بتسليط الضوء عليها وخصوصاً في فترة انتشار فيروس كورونا لمعرفة توجه وآراء الناس. نقوم في هذه الدراسة بجمع البيانات المتعلقة بفيروس كورونا من منصة تويتر (Twitter) وتطبيق عمليات المعالجة عليها ومن ثم اختبار عدة خوارزميات تصنيف ومعرفة الأفضل، بالإضافة لاختبار فكرة نمذجة الموضوع (Topic Modeling) لمعرفة أكثر المواضيع انتشاراً خلال هذه الفترة.

بينت النتائج التي توصلت إليها الدراسة أن خوارزمية الانحدار اللوجستي (Logistic Regression) هي الأكثر دقةً من بين الخوارزميات المختبرة، وأن انتشار الفيروس وأعداد الوفيات وطرق الوقاية والتوصيات الأخرى هي أكثر المواضيع التي يتداولها الناس.

الكلمات المفتاحية: تعلم آلي - تحليل مشاعر - نمذجة المواضيع - الصحة العامة - فيروس كورونا

¹ طالبة ماجستير - قسم هندسة البرمجيات - كلية الهندسة المعلوماتية - جامعة البعث - حمص - سوريا

² أستاذ دكتور - قسم هندسة البرمجيات - كلية الهندسة المعلوماتية - جامعة البعث - حمص - سوريا

Monitoring and Analyzing social media networks data for evaluating public health

Eng. Farah Al-Nefawi

Dr. Mohannad Ragab

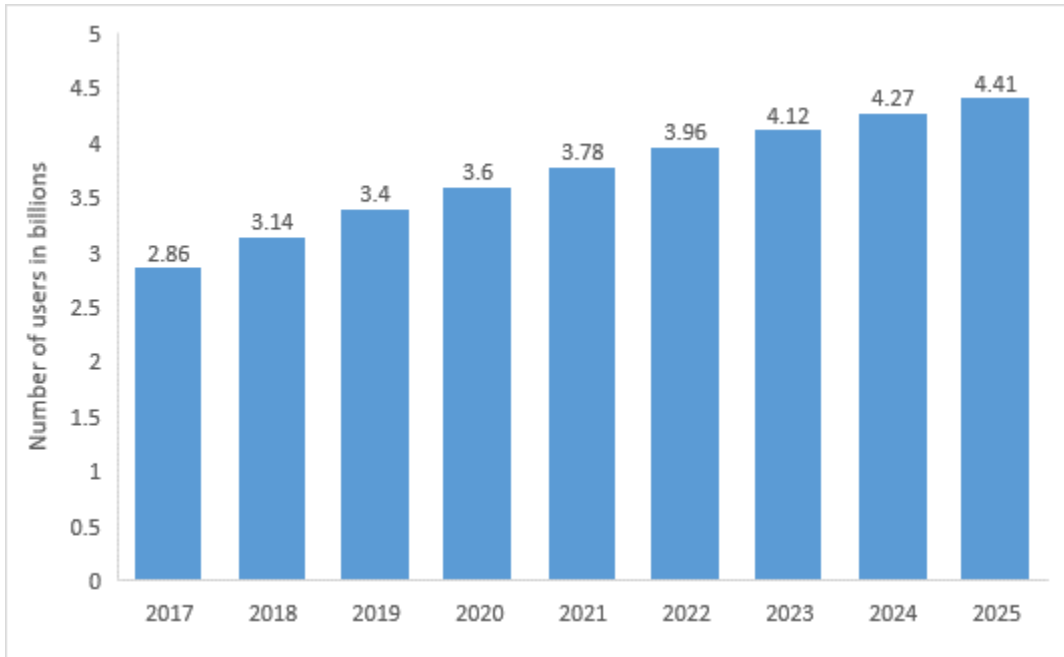
Abstract

With the increasing use of social media networks and the development of such applications, there is a huge amount of data that users publish and share daily, and several studies have emerged to process this data and extract useful information from it and the general opinion of users. One of the most important topics that people raise is public health and common diseases, so we shed the light on it, especially during the period of the spread of the Corona virus. In this study, we collect data related to the Corona virus from the Twitter platform and apply processing operations on it, and then we test several classification algorithms and find out the best of them, in addition to testing the idea of topic modeling to find out the most popular topics during this period. The results of this study showed that logistic regression algorithm is the most accurate among the tested algorithms, and that the spread of the virus, number of deaths, methods of prevention and other recommendations are the most discussed topics by people.

Keywords: Machine Learning – Sentiment Analysis – Topic Modeling – Public Health – Corona Virus.

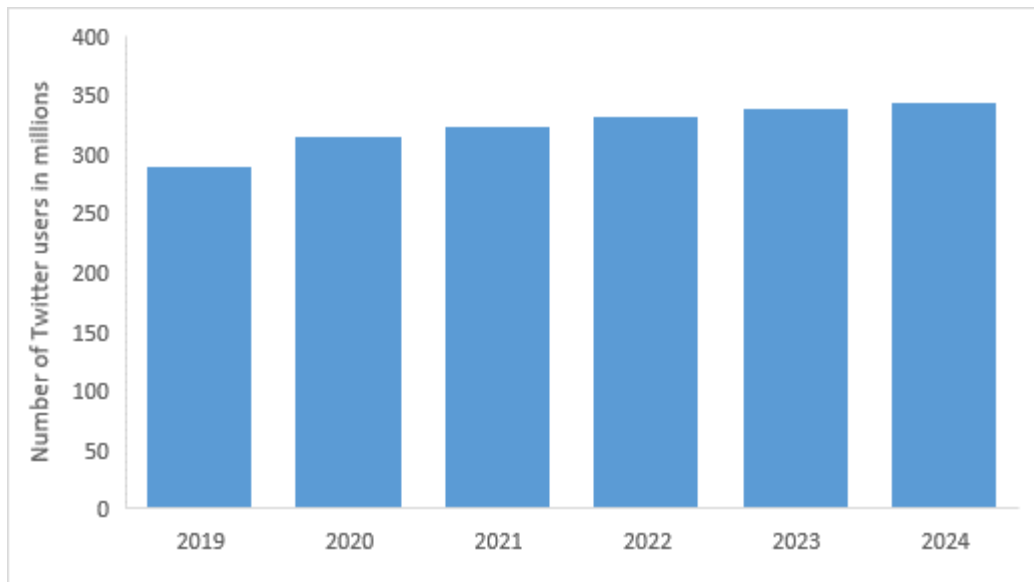
1. مقدمة:

ما زال تطور تطبيقات وشبكات التواصل الاجتماعي مستمراً وسريعاً، وزاد معه عدد المستخدمين لهذه التطبيقات بتعدد استخداماتها بشكل كبير، فمنهم من يبحث عن أصدقاء أو أخبار أو يريد الإدلاء بآرائه في أحدث المواضيع أو بغرض التسلية وغيرها الكثير، ومن المتوقع وصول عدد مستخدمي شبكات التواصل الاجتماعي إلى 4.41 بليون مستخدم في سنة 2025 بعدد يتجاوز نصف سكان العالم (كما هو موضح في الشكل 1) [1] بينما وصل عدد مستخدمي الانترنت بشكل عام إلى 4.9 بليون مستخدم بنسبة 63% من إجمالي سكان العالم [3]. وإن أردنا تخصيص الحديث عن منصة معينة لطرح الآراء فستكون منصة تويتر التي تشهد زيادة في أعداد المستخدمين كمثيلاتها من منصات التواصل الاجتماعي (كما هو موضح في الشكل 2) والنسبة الأكبر من هؤلاء المستخدمين تتراوح أعمارهم بين 25-49 أي فئة البالغين [1] ، من ناحية أخرى فإن آسيا تحوي النسبة الأكبر من المستخدمين 53.4% تليها أوروبا بينما كانت نسبة المستخدمين في الشرق الأوسط 3.9% من إجمالي المستخدمين حول العالم [2] وهذا ما يوضح الكم الكبير من البيانات باللغة الإنجليزية كما سنرى لاحقاً.



الشكل 1- عدد مستخدمي شبكات التواصل الاجتماعي حول العالم بين 2017-2025 مقدراً بالبلاتين

[1]



الشكل 2- عدد مستخدمي منصة تويتر حول العالم بين 2019-2024 مقدراً بالملايين [1]

مع مرور الزمن فإن كم البيانات المنشورة على مواقع التواصل الاجتماعي يزداد ويتراكم يوماً بعد يوم على اختلاف أشكالها من صور وفيديو وملفات صوتية ومعلومات نصية وغيرها في مختلف المجالات العلمية والسياسية والصحية والاجتماعية، وهذا يشكل بيئة خصبة ومناسبة لمختصي علوم البيانات لتجميع هذه البيانات ومعالجتها واستخراج المعلومات المفيدة منها، فكما ذكرنا بأن المستخدمين ينشرون آراءهم ومشاعرهم وتفاصيل حياتهم وبعض المعلومات التي تخصهم مثل المعلومات الصحية كالصداع أو التعب أو الزكام ... الخ. غالباً ما تكون مراقبة الصحة العامة التقليدية مقيدة بالوقت المطلوب لجمع البيانات، وبالاستفادة من البيانات المتواجدة على شبكات التواصل الاجتماعي وتحليلها يمكن الحصول على معلومات هامة تخص الوضع الصحي العام وتساعد على اتخاذ الإجراءات المناسبة في الأوقات المناسبة ليس فقط لاحتواء انتشار الأمراض المعدية ولكن أيضاً لتجنب المخاوف العامة والذعر.

2. أهمية وأهداف البحث:

تتجلى أهمية هذا البحث بالحاجة إلى تقليل الوقت اللازم لجمع المعلومات الصحية وتحليلها بالاستفادة من المعلومات المتوفرة على وسائل التواصل الاجتماعي حيث إن التقارير الطبية التي تستخدم الوسائط الإلكترونية تحل الآن محل تلك الوسائط الورقية وهذا عملي للمساعدة في اتخاذ قرارات طبية دقيقة وفي الوقت المناسب، بالإضافة إلى تحديد الأمراض الشائعة حالياً ومحاولة إيجاد حلول لها عن طريق معرفة أوقات ظهور هذه الأمراض وأوقات انحسارها للسيطرة عليها. ونقوم بتسليط الضوء على ذلك من خلال الأهداف الفرعية التالية:

- جمع مختلف البيانات الصحية من شبكات التواصل الاجتماعي (في بحثنا جمعنا البيانات من منصة تويتر).
- تطبيق خطوات تحليل المشاعر (Sentiment Analyze) على البيانات وتصنيفها إلى إيجابية أو سلبية.
- تحليل البيانات باستخدام خوارزميات تعلم الآلة بعد تدريبها بالطريقة المناسبة وتحديد الأفضل بينها.
- الاستفادة من المعلومات الناتجة لاستخلاص المواضيع الأكثر انتشاراً باللغتين العربية والإنكليزية.

3. الدراسات المرجعية:

تنوعت الدراسات وطرق المعالجة المستخدمة في هذا المجال القائمة على تعلم الآلة (Machine Learning) الذي أثبت فعاليته في التعامل مع البيانات الضخمة (Big Data) واستخراج المعلومات منها، أغلب هذه الدراسات كانت على بيانات باللغة الإنكليزية [8],[7],[6],[4] وبعضها الآخر استخدم تغريدات بعدة لغات للدراسة [5] بالإضافة لدراسات أخرى استخدمت تغريدات باللغة العربية.

استخدم باحثون من جامعة كارولينا الشمالية الأمريكية بيانات تويتر وطبقوا عليها طريقة التجميع Word Embedding Clustering بتمثيل التغريدة عن طريق عدد من المتجهات وتجميعها في عناقيد (Clusters) من الكلمات المتقاربة، وبناءً على مقاييس تشابه هذه العناقيد فإنه يتم تصنيف التغريدة إن كانت متعلقة بالموضوع المدروس أم لا (الانفلونزا مثلاً) [4] ، هذه الطريقة غير خاضعة للإشراف ولا تحتاج لبيانات مشروحة أو مصنفة مسبقاً، كما هو الحال في الطريقة التي اتبعتها باحثون من جامعة نارا اليابانية

للعلوم والتكنولوجيا التي تعمل على تصنيف التغريدات بكل من اللغات الإنكليزية واليابانية والصينية، بحيث كل تغريدة توصف بأنها إيجابية أو سلبية في كل من الأعراض (البرد والسعال والإسهال والحمى وحمى القش والصداع والإنفلونزا وسيلان الأنف) فتصنف التغريدة بتبعيتها لمرض ما حسب الأعراض الإيجابية التابعة لها مع بعض الاستثناءات مثل الصداع الناتج عن الشرب وغيرها.

يتم تصنيف التغريدة على أنها إيجابية إذا اتبعت المبادئ الأساسية الثلاثة: الحقيقة أو الواقعية (يجب أن يكون المستخدم أو أحد القريبين له متأثرين بشكل مباشر بالمرض أو يملكون أعراضه)، الوقت (يجب أن تكون المعلومات حديثة خلال 24 ساعة من وقت الدراسة و الباقي سيتم استثنائه من الدراسة) ، المكان (إما أن تكون التغريدة تتحدث عن نفس المستخدم الذي كتبها أو أحد الأشخاص المحيطين به). من قيود هذه الدراسة أنها تعمل على pseudotweets وهي لا تحوي على ميزات الرد وإعادة التغريد (retweet) والهاشتاج وعناوين URL، بالإضافة إلى أن عملية ترجمة التغريدات قد تؤدي إلى تحيز النتائج[5].

بينما قام باحثون من جامعة بورتو ريكو ببناء نظام المراقبة الصحية على تويتر THS الذي يوفر خدمات الحصول المباشر على التغريدات أو البيانات من دفق تويتر، تصنيف التغريدة لحالة أو أكثر من الحالات الطبية، تخزين البيانات (التغريدة، الفئة التي تم تعيينها من قبل المصنف، البيانات الوصفية للأمراض) في مستودع للبيانات الضخمة للوصول والتحليل على المدى الطويل. تم إنشاء نظام THS على نظام Hadoop لتخزين البيانات الضخمة، ومكتبات Keras, Tensorflow, scikit-learn لمعالجتها. يصنف هذا المشروع كل تغريدة في واحدة من ثلاث فئات: 0 - لا يخص حالة طبية، 1 - يتعلق بحالة طبية، 2 - غامض[6].

في حين أن باحثي جامعتي نيوجيرسي وكولومبيا ركزوا في دراستهم على تصنيف المشاعر في منصة تويتر لقياس درجة القلق للمستخدمين DOC، بحيث يمكن مساعدة مسؤولي الصحة العامة على تحديد مدى التقدم وذروة اهتمام المستخدمين بشأن مرض في المكان والزمان من أجل اتخاذ الإجراءات الوقائية المناسبة. تم تنفيذ النماذج الأولية لهذا البحث بأربعة أمراض (الليستريا والحصبة والسل وأنفلونزا الخنازير).

تمر هذه العملية بمرحلتين: الأولى هي التمييز بين التغريدات الشخصية والأخبار (غير الشخصية) والثانية يتم فيها تطبيق تحليل المشاعر على التغريدات الشخصية لتحديد التغريدات السلبية الشخصية، من التغريدات المحايدة (غير السلبية).

بالإضافة لتوفر واجهة للمستخدم تعرض بعض الخرائط: Static map لموقع كل تغريدة على حدى، Distribution map الترددات المطلقة والنسبية للتغريدات لكل ولاية أمريكية، Filter map لمراقبة انتشار أوبئة معينة، Concern map لعرض شدة القلق العام و Concern Timeline Chart لتتبع التغييرات في درجة القلق DOC خلال فترة زمنية معينة.

المصنفات المستخدمة في هذا البحث هم (Multinomial Naïve bayes)، (SVM، Naïve bayes) وكانت أفضل النتائج في صالح Multinomial Naïve Bayes [7].

هذا بالنسبة لبعض الدراسات المتعلقة بالصحة العامة بشكل عام، وقد انتشرت العديد من الدراسات التي تركز على محور بحثنا وهو فيروس كورونا بشكل خاص، سنوجز بعضها الآن.

تهدف الدراسة التي نشرها باحثون من جامعة حمد بن خليفة عام 2020 إلى تحديد الموضوعات الرئيسية التي نشرها مستخدمو تويتر فيما يتعلق بجائحة COVID-19، تم

استخدام مجموعة من مصطلحات البحث المحددة مسبقاً مثل "COVID-19" ("corona"، لاستخراج النص والبيانات الوصفية لتغريدات اللغة الإنجليزية من تاريخ 2 فبراير 2020 إلى 15 مارس 2020.

من بين ما يقرب من 2.8 مليون تغريدة مشمولة، استوفت 167.073 تغريدة فريدة معايير التضمين والتي تشمل بعض خطوات المعالجة المسبقة التي سيتم ذكرها لاحقاً في الفقرة 2.4، و حددت 12 موضوعاً تم تجميعها في أربعة مواضيع رئيسية: أصل الفيروس، مصدره (تناول اللحوم، تطوير بيولوجي)، تأثيره على الناس والبلدان والاقتصاد (الوفيات، الخوف و القلق، إيقاف السفر، الخسائر الاقتصادية، الشراء الجشع أو المرضي، زيادة العنصرية)، وطرق التخفيف من خطر العدوى (لبس الكمامة، الحجر الصحي). كان الشعور (Sentiment) إيجابياً لـ 10 مواضيع وسلبياً لموضوعين هما (الوفيات التي يسببها COVID-19 وزيادة العنصرية) [8].

في حين أن الدراسة [12] المشتركة بين جامعتي الملك سعود السعودية ولانكاستر (Lancaster) البريطانية طبقت عدة طرق أو مراحل لتحليل تغريدات تويتر المنشورة باللغة العربية من أجل دعم منظمات الصحة العامة هي:

- تحليل المواضيع المطروحة من قبل الناس خلال COVID19
- ملاحظة وإيجاد الشائعات المتعلقة ب COVID19
- التنبؤ بنمط ومصدر التغريدة عن COVID19

و هذا طبعاً بعد تطبيق خطوات المعالجة المسبقة على البيانات، حيث بعد تجميع التغريدات في عناقيد (Clusters) وتحليلها تم الحصول على خمسة مواضيع هي (إحصائيات المرض (disease statistics)، أماكن انتشار المرض disease

(locations)، أدعية (prayers)، نصائح لتجنب الإصابة (Advise for prevention)، دعايات ((advertising)).

أما خطوة اكتشاف الشائعات فكانت بإعطاء تصنيفات (labels) لمجموعة من البيانات ومن ثم استخدامها لتدريب خوارزميات تعلم الآلة LR,SVM,NB و كان أفضلها LR، و الخطوة الأخيرة فكان التوقع بمصدر التغريدات على أنها أكاديمية، حكومية، من خبراء الصحة، إعلامية أو من عامة الناس وكانت غالب البيانات الخاطئة تصاغ بطريقة خبراء الصحة أو الأكاديمية.

وبازدياد انتشار المعلومات الخاطئة مع انتشار وسائل التواصل الاجتماعي والذي من شأنه التأثير على المجتمع وطريقة تعامل الناس من الخوف وغيره، مثل انتشار المعلومات الخاطئة عن لقاحات الأطفال الذي جعل الأهالي ترفض تحصين أبنائهم باللقاحات المطلوبة مما سبب ازدياد نسب الوفيات، هذا ما ركزت عليه الدراسة [9] من جامعة الملك سعود السعودية حيث تم دمج 6 خوارزميات تعلم آلة واستخدام النموذج الأفضل بعد تطبيق خطوات المعالجة المسبقة للبيانات وحذف التغريدات الغير مرتبطة بالموضوع ومن ثم تطبيق human annotation أو التصنيف اليدوي للتغريدات، كانت الخوارزميات المستخدمة KNN , NB, BN , SVM , Rf , C4.5، وتم تجميع الخوارزميات الأدق لتشكيل نموذج جديد للاختبار و كان أفضلها SVM+RF.

أما الدراسة التي نشرها باحثو جامعة Jawaharlal Nehru الصينية [10] فهي تشرح تسلسل خطوات التعامل مع البيانات لاستخراج المعلومات المفيدة منها. بدايةً كانت مجموعة البيانات (dataset) عبارة عن tweets ids فقط تبعاً لسياسة تويتر وبالتالي التغريدات بحاجة لاستخراج (hydrate)، بعد ذلك تم تطبيق بعض خطوات التنظيف أو المعالجة المسبقة للبيانات ثم تطبيق تحليل المشاعر (sentiment analyze) (وهو ما

يشابه العمل الذي قمنا به في التطبيق العملي الخاص بدراستنا)، يليها الحصول على المعلومات المكانية من التغريدات و تشكيل ثنائية (هاشتاغ ، دولة) ثم دمج المعلومات السابقة للحصول على خريطة المشاعر (sentiment map) وعرض المعلومات على خريطة لتوضيح الاهتمام بموضوع COVID-19 (أماكن نشر التغريدات لكل منطقة على حدى باستخدام العناقيد (clusters)) الذي من شأنه المساعدة في فهم نقاط الضعف وفجوات المعرفة عند السكان، مراقبة مناطق الانتشار وملاحظة احتياجات السكان.

وفي دراسة مشتركة بين جامعة الملك فيصل السعودية وجامعة القاهرة المصرية وجامعة أستراليا التقنية التشيكية وجامعتي مانكوندو (Mankundu) وبنغالوري (Bangalore) الهنديتين [11]، تم استخدام التعلم العميق لتحليل مشاعر التغريدات المتعلقة بفيروس كورونا، وبعد تجميع البيانات وتطبيق خطوات المعالجة المسبقة عليها تم تصنيف التغريدات لإيجابية وسلبية وحيادية باستخدام طريقتي Text Blob [16] و AFINN والمقارنة بينهما حيث كانت طريقة AFINN ترجح كفة التغريدات السلبية دائماً، و من ثم تم تطبيق خوارزميات التصنيف على الميزات المستخرجة تبعاً لنموذجي Bag-Of-Words و Doc-2-Vec وتم تدريب النماذج وحساب الدقة ومقارنتها وكانت الدقة الأكبر من نصيب خوارزمية LR المطبقة على ميزات Bag-Of-Words.

4. مواد و طرائق البحث:

استنتجنا من الدراسة المرجعية السابقة أن هناك عدداً من المراحل الواجب المرور بها في مسألة تصنيف البيانات الصحية تتلخص بتهيئة البيانات وتنظيفها واستخراج الميزات وتدريب خوارزميات تعلم الآلة واختبارها.

1.4 توصيف بيانات البحث:

قمنا في هذا البحث باستخراج البيانات من منصة تويتر عن طريق برنامج Hydrator، حيث بعد تسجيل الدخول عليه بحساب تويتر موثق كمطور برامج قمنا بإعطائه ملفات تحوي أرقام التغريدات التي تتعلق بالحوارات الدائرة حول موضوع كورونا وهو يقوم باستخراجها من منصة تويتر ومن ثم نقوم بحفظها بصيغة CSV. ملفات أرقام التغريدات التي سبق ذكرها قام مجموعة من الأشخاص من جامعة كاليفورنيا بجمعها من منصة تويتر [13] وذلك تبعاً لكلمات مفتاحية مثل (quarantine outbreak ,COVID-19,Wuhan), وغيرها، و هي متاحة للاطلاع عليها واستخدامها.

قمنا بتحميلها من موقع GitHub [14] الذي يوفر ملف خاص بكل ساعة من كل يوم منذ بدء انتشار الفيروس، ونظراً لضخامة البيانات المتوفرة قمنا بالاكتماء بملف الساعة الحادية عشرة مساءً كل خمسة أيام (على سبيل المثال، ملف بتاريخ 2/10 ثم ملف بتاريخ 2/15) وتم دمجهم بعد حذف الأعمدة غير الضرورية وتجدر الإشارة إلى أنه تم اعتماد فترتين من انتشار الفيروس وسحب البيانات على أساسها، فترة بداية انتشار فيروس كورونا (الأشهر 1 و2 و3 من عام 2020) وفترة ذروة الانتشار والإغلاق العام (الأشهر 7 و8 من عام 2020) و بهذا فقد تعاملنا مع مجموعتي بيانات منفصلتين كل على حدى من أجل المقارنة.

يملك كل عنصر بيانات في كل من هاتين المجموعتين عدداً من الميزات مثل اسم المستخدم، توصيف المستخدم، صورته الشخصية، عدد المتابعين، تاريخ نشر التغريدة، اللغة، مصدر التغريدة، نص التغريدة، موقع المستخدم، عدد مرات إعادة نشر التغريدة، إلخ.... إلخ. قمنا باختيار الميزات التي ستفيدنا في تحليل البيانات ومنها تاريخ نشر التغريدة، اللغة، مصدر التغريدة، نص التغريدة، موقع المستخدم، عدد مرات إعادة نشر التغريدة.

جدول 1- توصيف البيانات المستخدمة في الدراسة

| التصنيف الحيادي | التصنيف السلبى | التصنيف الإيجابى | عدد التغريدات باللغة العربية | عدد التغريدات باللغة الانكليزية | العدد الإجمالى للتغريدات | |
|--------------------|-------------------|---------------------|---------------------------------------|--|--------------------------------|-------------------------------------|
| 48.04 % | 25.80 % | 26.16 % | 740 | 354251 | 502902 | مجموعة بيانات الأشهر 1و2و3 |
| | | | 926 | 952051 | 1468798 | مجموعة بيانات الأشهر 7و8 |

2.4 المعالجة المسبقة للبيانات : Data Pre-Processing

تم تطبيق عدد من خطوات المعالجة المسبقة على البيانات قبل البدء بعملية تحليل المشاعر وتدريب الخوارزميات، بدءاً بتغيير أنماط الميزات التي تهتمنا في المعالجة على سبيل المثال تغيير نمط الميزة language من object إلى category، وكذلك الميزة created_at من object إلى datetime، والاختصار على التاريخ فقط دون الوسمة الزمنية، وهذه الخطوات هي:

- **الفلتر (Filtering)** : يقصد بالفلتر إزالة كل الرموز الخاصة من نص التغريدة والإبقاء على الحروف فقط، وهي بالترتيب:
 - إزالة الإشارة للأصدقاء أو mentions أو @user من نص التغريدة.
 - إزالة الروابط أو URLs من نص التغريدة.

-إزالة علامات الترقيم والأرقام والمحارف الخاصة من نص التغريدة، مثل النقطتان الرأسيتان والفاصلة والأرقام، يقابلها إزالة التشكيل والتتوين وعلامات الترقيم والشدات والتطويل من تغريدات اللغة العربية.

-إزالة كلمات التوقف مثل "and" , "be" , "a" , "to" , "off" وغيرها بالنسبة للغة الإنكليزية و " على" ، " من" ، " إلى" ، " و" ، " أو" وغيرها بالنسبة للغة العربية. تكمن الحكمة من إزالة هذه الكلمة كونها كلمات خالية من المعلومات الدلالية التي قد تساعد في عملية التصنيف، فضلاً عن كونها تتكرر بشكل كبير ضمن النصوص ما يعني أنها سوف تكون ذات أثر على المصنف الناتج.

▪ **التقطيع (Tokenization) :** تهدف هذه الخطوة إلى تقسيم النصوص الناتجة

في مجموعة البيانات إلى وحدات لفظية بناءً على الفراغات بينها.

▪ **التجذيع (Stemming) :** يقصد بالتجذيع رد الكلمات إلى أصولها ما أمكن

حيث تزال تصريفات الأفعال وضمائر الملكية ويتم تحويل الجمع إلى مفرد، كما يتم تحويل الأحرف الكبيرة (Uppercase) إلى صغيرة (Lowercase).

كمثال في نهاية الخطوات: تحولت making إلى make و symptoms إلى symptom و United States إلى unit state ... إلخ.

3.4 تحليل المشاعر : Sentiment Analysis

تحليل المشاعر هو مجال جزئي من معالجة اللغات الطبيعية والذي يركز على تصنيف المشاعر تبعاً للنصوص. إن البيانات التي تم استخراجها من منصة تويتر لا تحوي على ميزة أو عمود المشاعر، لذا قمنا بإضافتها لمجموعة البيانات المستخدمة وهناك عدة خوارزميات متاحة لإنجاز هذه المهمة مثل:

▪ AFINN Sentiment Lexicon :

مكتبة توفر قائمة بالمصطلحات الإنكليزية المصنفة يدوياً، تتراوح قيم تصنيفاتها بين [-5,5] بحيث -5 تدل على المشاعر السلبية بينما 5 تدل على المشاعر الإيجابية.

▪ Flair :

نموذج مدرّب مسبقاً معتمد على التضمين يتم فيه تمثيل الكلمات في متجه ليحدد معناها حسب السياق.

▪ Vader Sentiment Lexicon :

مكتبة تستخدم مزيج من الكلمات المصنفة تبعاً لمعناها الدلالي في سياق الكلام من أجل تصنيف المشاعر، وهي تستخدم قيمة compound أو الرصيد التجميعي للاستدلال من خلاله عن مدى سلبية أو إيجابية النص.

▪ TextBlob :

مكتبة مفتوحة المصدر مدعومة من قبل NLTK توفر ميزات إيجاد الجمل الاسمية وتحليل المشاعر والتصنيف والترجمة، تعتمد مبدأ rule-based sentiment analyzer، تقوم بحساب القطبية [-1,1] (polarity) و قيم أخرى مثل الذاتية [0,1] (subjectivity) و الكثافة (intensity) تحسب هذه القيم لكل كلمة على حدى بطريقة المتوسط وتعمم على كل النص [16].

عند وجود نفي في النص يتم ضرب القطبية (polarity) ب -0.5 بحيث القطبية قيمة تتراوح بين -1 و 1 ، القيمة -1 تدل على المشاعر السلبية (negative) والقيمة 1 تدل على المشاعر الإيجابية (positive) بينما الصفر فهي تدل على المشاعر المحايدة (neutral).

Flair أفضل من ناحية الدقة مقارنة ب TextBlob ولكنه يحتاج إلى وقت أكثر بـ 100 مرة تقريباً من TextBlob ولهذا السبب تم الاعتماد على مكتبة TextBlob لحساب تصنيفات المشاعر ضمن هذه الدراسة.

4.4 استخراج الميزات Feature Extraction :

تقوم هذه الدراسة باستخراج الميزات من مجموعة البيانات لاستخدامها في عملية التدريب باستخدام طريقة CountVectorizer التي تقوم على حساب تكرار المصطلحات الفريدة ضمن مجموعة البيانات المستخدمة مع استثناء كلمات التوقف باللغة الإنكليزية بعد تقسيمها اعتماداً على المسافات الفارغة وإشارات الترقيم وغيرها، حيث نحصل على مصفوفة document-term matrix أعمدها هي المصطلحات الفريدة في مجموعة البيانات مرتبة بشكل أبجدي، وصفوفها عبارة عن تغريدات مجموعة البيانات وتحتوي كل خانة على عدد مرات تكرار كل مصطلح ضمن التغريدة الموافقة، حتى يتم استخدامها في تدريب خوارزميات التصنيف الآلي (Automatic classification) والتي تحتاج أن تكون بيانات التدريب ممثلة على شكل قيم عددية.

قمنا باستخدام مكتبة sklearn.feature_extraction [15] لاستخراج الميزات من التغريدات المستخدمة ضمن هذه الدراسة.

5.4 بناء النموذج التنبؤي Predictive Model Construction :

قمنا باستخدام أسلوب التعلم الآلي بإشراف Supervised Machine Learning
()

لبناء النموذج التنبؤي في تجربتنا هذه والذي يمكن استخدامه لاكتشاف المشاعر ضمن التعليقات المتعلقة بالصحة على شبكات التواصل الاجتماعي.

تم بناء النموذج التنبؤي من خوارزميات التعلم الآلي باستخدام مكتبة sklearn [15] بلغة بايثون البرمجية.

6.4 تقييم النموذج التنبؤي Predictive Model Evaluation :

قمنا بتقسيم مجموعة البيانات الأولى (الأشهر 1،2،3) إلى 80 % للتدريب و 20 %

لاختبار المصنف. كما طبقنا آلية k-fold cross validation بهدف تقييم المصنفات الناتجة والتحقق من مدى صحة تصنيفها وذلك عن طريق مقارنة مقياس الدقة (Accuracy).

7.4 نمذجة المواضيع Topic Modeling :

عبارة عن تقنية غير خاضعة للإشراف (unsupervised technique) تابعة لمكتبة sklearn [15] تقوم بتحليل كميات ضخمة من البيانات النصية عن طريق تجميع النصوص في مجموعات clusters تبعاً للصفات والميزات المشتركة بينها دون ربطها بأي عنوان أو label، بل يتم إناطة هذه المهمة للمستخدم أو المبرمج الذي يقوم

بإعطاء العناوين والمواضيع المناسبة لهذه المجموعات clusters تبعاً لأوجه التشابه بينها.

تم تطبيق خوارزمية (LDA (Latent Dirichlet Allocation [17] التي تقوم على افتراضين أساسيين هما:

- النصوص التي تحوي كلمات متطابقة غالباً تحمل نفس العنوان.
- النصوص التي تحوي مجموعات من الكلمات التي تتكرر سوياً غالباً تحمل نفس العنوان.

كمثال المواضيع الاقتصادية ومواضيع الأعمال تحوي كلمات من مثل "economy", "profit", "the stock market", "loss" وهذه الكلمات إن تكررت سوياً في عدة نصوص أو ملفات فإن هذه النصوص ربما تتبع لنفس الفئة أو الموضوع.

5. النتائج و مناقشتها:

1.5 إعداد التجربة:

بعد تطبيق خطوات المعالجة المسبقة المذكورة في الفقرة 2.4 على مجموعة البيانات المستخدمة، تم تطبيق إحدى خوارزميات تحليل المشاعر (sentiment analyze) وهي TextBlob [16] على البيانات لتصنيفها إلى (إيجابية ، سلبية ، حيادية) وكانت النسب كالتالي:

جدول 2- نسب تصنيف المشاعر في البيانات

| النسبة | الإجمالي | تصنيفات المشاعر |
|--------|----------|------------------|
| 48.04 | 241588 | حيادية neutral |
| 26.16 | 131556 | إيجابية positive |
| 25.80 | 129758 | سلبية negative |

قمنا بتدريب خوارزميات تعلم الآلة المختلفة والحصول على نتائجها للمقارنة ومعرفة الخوارزمية الأنسب.

وقد أشارت بعض المراجع أن عدم توازن بيانات التدريب (كما في الجدول -2-) من الممكن أن يسبب تحيز المصنفات لبيانات التدريب، ولذلك فقد تم تطبيق نفس الخوارزميات ولكن بطريقة تقسيم مختلفة للبيانات وهي k-fold cross validation حتى نحصل على مرور كامل للبيانات على كل من قسيمي التدريب والاختبار وبذلك نكون قد نفينا الفرض سابق الذكر ولمعرفة مدى دقة تصنيف الخوارزميات بالتقسيم السابق.

قمنا بعدها بتطبيق فكرة Topic Modeling لمعرفة أكثر المواضيع التي يتم التداول بها في التغريدات وذلك لكل من مجموعتي البيانات بقسميها العربي والإنكليزي.

2.5 النتائج:

يوضح الجدول 3 نتائج تطبيق خوارزميات تعلم الآلة على مجموعة بيانات بداية انتشار الفيروس بطريقة التقسيم train-test split :

جدول 3- نتائج خوارزميات تعلم الآلة بتقسيم train-test split

| Accuracy | الخوارزمية |
|----------|---------------------|
| 0.973902 | Logistic Regression |
| 0.959903 | Random Forest |
| 0.954644 | CatBoost |
| 0.913771 | XGBoost |
| 0.763226 | Naïve Bayes |

وهو يوضح تقارب نتائج تنفيذ الخوارزميات بفوارق 0.01 أو أكثر قليلاً عدا خوارزمية Naïve Bayes التي حققت دقة 0.76 وهي بذلك أقل من باقي الخوارزميات بما يقارب 20% ، بينما كانت خوارزمية logistic Regression هي الأعلى في الدقة 0.97 وهذا ما يتوافق مع الدراسة [11].

وإن أردنا المقارنة مع نتائج تطبيق الخوارزميات مع آلية k-fold cross validation فتكون النتائج كما في الجدول 4 الذي يحوي على دقة الخوارزميات المستخدمة بهذه الطريقة من تقسيم البيانات:

جدول 4- نتائج خوارزميات تعلم الآلة مع آلية k-fold cross validation

| الخوارزمية | Accuracy |
|---------------------|----------|
| Logistic Regression | 0.974311 |
| Random Forest | 0.960531 |
| CatBoost | 0.950523 |
| XGBoost | 0.913124 |
| Naïve Bayes | 0.761679 |

كما في الجدول السابق فإن خوارزمية Naïve Bayes تتخضع دقتها بنسبة 20% عن باقي الخوارزميات، وهي وبقيّة الخوارزميات اختلفت دقتها عن طريقة التقسيم الاعتيادية (80% تدريب و 20% اختبار) بنسبة ضئيلة جداً 0.001 أو أكثر قليلاً مما يوضح أن عدم تساوي أعداد التغريدات المصنفة إلى إيجابية وسلبية وحيادية في حالتنا هذه لا يؤثر بشكل ملحوظ على دقة تصنيف الخوارزميات.

بالانتقال إلى الفكرة الثانية التي تم إنجازها وهي Topic Modeling أو استخراج أكثر المواضيع انتشاراً في تغريدات المستخدمين حول موضوع كورونا، حصلنا على النتائج الموضحة تالياً في الجدول 5:

جدول 5- مواضيع فترة بداية الانتشار باللغة الإنكليزية

| | |
|-------------|--|
| الموضوع -1- | بداية انتشار الفيروس في ووهان في الصين |
| الموضوع -2- | الأعراض والتقارير الصحية |
| الموضوع -3- | الإصابات والوفيات |
| الموضوع -4- | نصائح بالتزام المنزل |

يوضح الجدول أهم المواضيع التي تم التحدث عنها في الأشهر 1 و 2 و 3 من سنة 2020 أي فترة بداية انتشار فيروس كورونا، كمثال عنها التغريدة التالية في الجدول 6 التي صنفت بأنها تتحدث عن الأعراض والتقارير الصحية وكذلك صنفت على أنها سلبية تبعاً لتصنيف مكتبة TextBlob [16]

جدول 6- تغريدة مصنفة على تبعيتها لموضوع الأعراض والتقارير الصحية

| التغريدة الأصلية | التغريدة بعد المعالجة | تصنيف المشاعر |
|---|---|---------------|
| RT @ScienceAlert: Here Are The Symptoms of The Wuhan Coronavirus, According to a New CDC Warning https://t.co/ZMIBZTkJcq | here are the symptom the wuhan coronaviru accord new cdc warn | negative |

بينما التغريدة التالية في الجدول 7 صنفت بأنها تتبع للموضوع الرابع الذي يحوي نصائح بالتزام المنزل وهي إيجابية:

جدول 7- تغريدة مصنفة على تبعيتها لموضوع النصائح بالتزام المنزل

| التغريدة الأصلية | التغريدة بعد المعالجة | تصنيف المشاعر |
|--|--|---------------|
| RT @JackGrealish: Stay Home. Protect the NHS. Save Lives. #StayHomeSaveLives @NHSuk https://t.co/AIN4AzwNcR | stay home protect the nh save live #stayhomesavel | Positive |

هذا بالنسبة لمواضيع تغريدات اللغة الإنكليزية، أما مواضيع تغريدات اللغة العربية فهي موضحة بالجدول التالي رقم 8:

جدول 8- مواضيع فترة بداية الانتشار باللغة العربية

| | |
|-------------|---|
| الموضوع -1- | الإجراءات الحكومية بسبب انتشار الفيروس |
| الموضوع -2- | إعلان منظمة الصحة العالمية عن ظهور فيروس كورونا المستجد |
| الموضوع -3- | التباعد لتفادي العدوى |

أيضاً نرفق مثال عن تغريدة متعلقة بإعلان منظمة الصحة العالمية ومصنفة على الموضوع الثاني وهي تغريدة حيادية كما في الجدول 9:

جدول 9- تغريدة مصنفة على تبعيتها لموضوع إعلان منظمة الصحة العالمية

| التغريدة الأصلية | التغريدة بعد المعالجة | تصنيف المشاعر |
|---|---|---------------|
| منظمة RT @ALNEMERK: الصحة العالمية تعلن قبل ساعة انتشار فيروس كورونا... | منظمة الصحة العالمية تعلن ساعة انتشار فيروس كورونا... | neutral |

مواضيع تغريدات فترة ذروة الانتشار في الأشهر 7 و 8 من سنة 2020 باللغة الإنكليزية موضحة بالجدول رقم 10:

جدول 10- مواضيع فترة ذروة الانتشار باللغة الإنكليزية

| | |
|-------------|-----------------------------------|
| الموضوع -1- | تخفيف التواصل الاجتماعي |
| الموضوع -2- | إجراءات السلامة ولبس الكمامة |
| الموضوع -3- | تقارير الوفيات والحالات الإيجابية |

جدول 11- تغريدة مصنفة على تبعيتها لموضوع إجراءات السلامة

| التغريدة الأصلية | التغريدة بعد المعالجة |
|--|--|
| It's just a piece of fabric, people..but it can help others. #WearAMask https://t.co/RZyrm4jqgS | just piec fabric peopl but can help other #wearamask |

التغريدة السابقة في الجدول 11 تابعة للموضوع الثاني وتحتوي نصائح بارتداء الكمامة للوقاية من العدوى، بينما التغريدتان في الجدول 12 مصنفتان تبعاً للموضوع الثالث فالتغريدة الأولى تتكلم عن أعداد الإصابات أو الحالات الإيجابية أما الثانية فتتكلم عن أعداد الوفيات.

جدول 12- تغريدتان مصنفتان على تبعيتهما لموضوع تقارير الوفيات والحالات الإيجابية

| التغريدة الأصلية | التغريدة بعد المعالجة |
|--|---|
| RT @JulianCastro: Texas now has more daily coronavirus cases than Italy when it was a global epicenter of the pandemic. | texa now ha more daili coronaviru case than Italy... |
| RT @GraWitMik: @RichardBurgon UK, USA, Brazil set to be have largest Covid-19 deaths per % of population of all western democracies. | usa brazil set have largest covid death per population... |

جدول 13- مواضيع فترة ذروة الانتشار باللغة العربية

| | |
|--|-------------|
| إجراءات المدارس البديلة (التعلم عن بعد) | الموضوع -1- |
| المستجدات والتقارير الصحفية | الموضوع -2- |
| الإجراءات المتداولة للسيطرة على الانتشار (الإغلاق العام) | الموضوع -3- |
| إجمالي الإصابات والوفيات | الموضوع -4- |

الجدول السابق رقم 13 يتضمن مواضيع تغريدات فترة ذروة الانتشار باللغة العربية كما هو موضح، وكما سبق نرفق أمثلة توضح هذه المواضيع:

| التغريدة الأصلية | التغريدة بعد المعالجة |
|---|--|
| RT @aletihadae: في ظل جائحة ... "#كورونا" .. إجراء | #كورونا إجراء لضمان مدرسي #تصدر المشهد #تلتزم ... |
| التسجيل nالم جنى #Coronavirus م...nفي منصة مدرستي | التسجيل منصة مدرستي توكلنا المنصة واتساب |

جدول 14- تغريدتان مصنفتان على تبعيتهما لموضوع التعلم عن بعد

التغريدتان السابقتان في الجدول 14 تتحدثان عن إجراءات التعليم عن بعد التي تم الاعتماد عليها في فترة انتشار الفيروس، بينما التغريدة التالية في الجدول 15 تتحدث عن إجراءات السيطرة على الانتشار والإغلاق العام.

جدول 15- تغريدة مصنفة على تبعيتها لموضوع الإغلاق العام

| التغريدة الأصلية | التغريدة بعد المعالجة |
|---|--|
| RT @MunaElMasriya: كاليفورنيا قفلت البارات والاكل المطاعم لأكثر... | كاليفورنيا قفلت البارات والاكل المطاعم لأكثر... |

6. الاستنتاجات و التوصيات:

في الوقت الراهن و كما هو ملاحظ زاد انتشار الأمراض وحتى ظهور أمراض جديدة وهذا ما يشكل جل اهتمام سكان الكوكب، ومنه ينتج كميات ضخمة من المعلومات الصحية على وسائل التواصل الاجتماعي فلا بد من الاستفادة منها وتحليلها لتدارك الموقف ومحاولة السيطرة على انتشار الأمراض ومعرفة أعراضها وغيرها بشكل أسرع من الحصول على المعلومات بشكل ميداني بأضعاف المرات.

تم التمكن من تحليل المشاعر الكامنة وراء تغريدات مستخدمي منصة تويتر المتعلقة بفيروس كورونا وتدريب عدة خوارزميات على هذه البيانات وتصنيفاتها وكانت ذات دقة جيدة تفوق 90% في غالبيتها وهذا بعد المعالجة المسبقة للبيانات.

انتهاءً باكتشاف أكثر المواضيع انتشاراً خلال فترة ظهور فيروس كورونا وانتشاره والتي تتحدث عن أعداد الإصابات والوفيات وطرق الوقاية والإغلاق العام وغيرها، وهذا ما يمكن استخدامه لاتخاذ الإجراءات الصحية وحتى الحكومية المناسبة لمحاولة دحر الأمراض ومنع الذعر لدى السكان.

بناءً على النتائج السابقة، يمكننا أن نقدم بعض التوصيات ومنها:

- استخدام مجموعات بيانات من شبكات تواصل أخرى لتشكيل رؤية شاملة لآراء الناس واهتماماتهم.
- استخدام مجموعات بيانات تتعلق بالصحة بشكل عام وليست مخصصة بمرض معين ما يسمح بدراسة طيف أكبر من الأمراض بشكل عام.
- استخدام التعلم العميق والشبكات العصبونية التي بإمكانها التفوق على الخوارزميات التقليدية في التصنيف.

المراجع

- [1] “Internet | Statista.” [Online]. Available: <https://www.statista.com/markets/424/internet/>.
- [2] “Internet World Stats – Usage and Population Statistics.” [Online]. Available: <https://www.internetworldstats.com/>.
- [3] “Statistics.” [Online]. Available: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx>.
- [4] Dai. X, Bikdash. M, Meyer. B, 2017–From Social Media to Public Health Surveillance: Word Embedding based Clustering Method for Twitter Classification, in SoutheastCon 2017, pp. 1–7.
- [5] Wakamiya. S, Morita. M, Kano. Y, Ohkuma. T, Aramaki. E, 2019–Tweet Classification Toward Twitter–Based Disease Surveillance: New Data, Methods, and Evaluations, in Journal of Medical Internet Research, Vol. 21, Iss. 2, pp e12783.
- [6] Rodríguez–Martínez. M, Garzón–Alfonso. C, 2018–Twitter Health Surveillance (THS) System, in 2018 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), pp 1647–1654.

[7] Ji. X, Chun. S, Geller. J, 2013–Monitoring Public Health Concerns Using Twitter Sentiment Classifications, in 2013 IEEE International Conference on Healthcare Informatics (ICHI), pp 335–344.

[8] Abd–Alrazaq. A, Alhuwail. D, Househ. M, Hamdi. M, Shah. Z, 2020–Top Concerns of Tweeters During the COVID–19 Pandemic: Infoveillance Study, in Journal of Medical Internet Research, Vol. 22, Iss. 4, pp e19016.

[9] Al–Rakhami. M, Al–Amri. A, 2020–Lies Kill, Facts Save: Detecting COVID–19 Misinformation in Twitter, in IEEE Access, Vol. 8, pp 155961–155970.

[10] Lamsal. R, 2021–Design and analysis of a large–scale COVID–19 tweets dataset, in Applied Intelligence, Vol. 51, Iss. 5, pp 2790–2804.

[11] Chakraborty. K, Bhatia. S, Bhattacharyya. S, Platos. J, Bag. R, Hassanien. A, 2020–Sentiment Analysis of COVID–19 tweets by Deep Learning Classifiers—A study to show how popularity is affecting accuracy in social media, in Applied Soft Computing, Vol. 97, pp 106754.

[12] Alsudias. L, Rayson. P, 2020– COVID–19 and Arabic Twitter: How can Arab World Governments and Public Health Organizations Learn from Social Media?, pp 9.

[13] Chen. E, Lerman. K, Ferrara. E, 2020–Tracking Social Media Discourse About the COVID–19 Pandemic : Development of a Public Coronavirus Twitter Data Set, in JMIR Public Health and Surveillance, Vol. 6, Iss. 2, pp e19273.

[14] github – COVID–19–TweetIDs [Online]. Available:
<https://github.com/echen102/COVID-19-TweetIDs>

[15] "scikit–learn: Machine Learning in Python" [Online]. Available:
<https://scikit-learn.org/>

[16] "TextBlob: Simplified Text Processing" [Online]. Available:
<https://textblob.readthedocs.io/en/dev/>

[17] "sklearn.decomposition.LatentDirichletAllocation" [Online]. Available: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.decomposition.LatentDirichletAllocation.html>

دراسة تجريبية لتحديد النسب المثلى لخلط الزيوت العازلة المعدنية في محولات القدرة الكهربائية

م. مثى الجاسم¹ د.م. علي السيد²

ملخص البحث:

إن مزج أنواع مختلفة من الزيوت المعدنية العازلة له تأثير على خصائص الزيوت المعدنية. في دراستنا هذه الهدف الرئيسي هو تحديد النسب المثلى لعملية خلط الزيوت العازلة، حيث قمنا بقياس قيم كل من الرطوبة و اللزوجة و الكثافة والحموضة و توتر الإنهيار لأربعة أنواع مختلفة المصادر والمواصفات من زيوت المحولات حسب المواصفات القياسية العالمية باستخدام التجهيزات المخبرية الخاصة بذلك. و قد تم اختيار النسبة % 50 زيت معدني مضاف مع % 50 من الزيت المعدني داخل المحول كنسبة مثلى لمزج الزيوت المعدنية العازلة في المحولات في حال كان توتر الإنهيار للزيت المراد إضافته أعلى من توتر الإنهيار للزيت ضمن خزان المحول و النسبة % 50 زيت معدني مضاف مع % 95 من الزيت المعدني داخل خزان المحول كنسبة مثلى في حال كان توتر الإنهيار للزيت المراد إضافته أقل من توتر الإنهيار للزيت ضمن خزان المحول.

الكلمات المفتاحية:

توتر الإنهيار، الجهد العالي، الزيوت المعدنية، المحولات الزيتية.

¹ طالب دراسات عليا في جامعة دمشق، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، قسم هندسة الطاقة الكهربائية.

² جامعة دمشق، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، قسم هندسة الطاقة الكهربائية.

Abstract:

Mixing different types of insulating mineral oil has an effect on their properties. In this study the main aim is to determine the optimum ratio of the mixing mineral oil, we measured the moisture, viscosity, density, acidity and breakdown voltage, for four different types of mineral transformer oil, accordance to the international standard using the equipments laboratory.

The result of 50% added mineral oil with 50% mineral oil inside the tank of the transformer has been selected as the optimum mixing ratio for the case if the added oil has a high breakdown voltage value with the value of breakdown voltage oil inside the tank of transformer.

The result of 5% added mineral oil with 95% mineral oil inside the tank of the transformer has been selected as the optimum mixing ratio for the case if the added oil has a less breakdown voltage value with the value of breakdown voltage oil inside the tank of transformer.

Key words:

Breakdown voltage, High voltage, Mineral oil, Transforms oil.

1- مقدمة:

تلعب محولات القدرة الكهربائية دورا هاما في نقل وتوزيع القدرة الكهربائية. و هي بحاجة لمراقبة دورية و ذلك لمنع أي إمكانية لحدوث أعطال داخل محولات القدرة الكهربائية. في ظل غياب تشخيص العازلية فإن العديد من المحولات تفشل بالوصول إلى مرحلة التصميم التقني.

حيث إن الفشل في أغلب المحولات يكلف مبالغا مالية إما للإصلاح أو للاستبدال إن زيت المحولات في محولات الجهد العالي هو واحد من أكثر المواد العازلة السائلة شيوعا المستخدمة في العزل، والزيوت في معدات الجهد العالي تتدهور بسبب مجموعة من العمليات مثل التقادم الحراري و الأوقاس الكهربائية و الأكسدة خلال فترات العمل الطويلة تحت الخدمة.

بعيدا" عن عمليات التقادم المذكورة بالأعلى، الإفرغ الجزئي هو أيضا مسؤول عن عمليات انهيار العازلية [1]،[2] و خصائص الزيوت العازلة في محولات القدرة تكون قد تنهار وفقا للغازات المنطلقة مثل الهيدروجين (H_2) و النتروجين (N_2) و الأوكسجين (O_2) و أول أحادي الكربون (CO) وثاني أكسيد الكربون (CO_2) و الميثانول (CH_4) و الأستيلين (C_2H_2) و الأيثلين (C_2H_4) و الإيثانون (C_2H_6) المنتجة خلال عمليات التقادم [3]،[4].

مراقبة حالة المحولات هي تلك العملية التي يتم من خلالها إدارة و مراقبة البيانات المرتبطة بخصائص المحول و التي يتم عن طريقها كشف أعطال المحول و اتخاذ احتياطات الحماية والوقاية و ذلك عن طريق المراقبة المنتظمة للقيم المتوقعة لبارامترات المحول. يعتبر المحول هو الأكثر أهمية في أنظمة الطاقة الكهربائية وقد يتسبب تعطله في مخاطر للبيئة والأشخاص والطاقة.

توقف و تعطل المحول يكون بسبب جهد انهيار العازل و التشوه في اللف و التي تحصل بسبب عدم الاستقرار الكهربائي أو ضعف العازلية، و البرق، و عدم الصيانة و ضعف الترابط، التحميل الزائد، المعدن الداخلي..... الخ [5].

إن أهم جوانب مراقبة حالة المحولات هي:

1- النمذجة الحرارية

2- تحليل الغازات المنحلة

3- تردد الاستجابة للتحليل

4- تحليل التفريغ الجزئي

فحص عازلية الزيت هو من أكثر الفحوص الشائعة أهمية المستخدمة لتقييم أداء المحول و هو في الخدمة. و إن الأعطال الحرارية والكهربائية تؤدي الى إنهيار عازلية الزيت. إن أكثر أنواع السوائل شيوعا المستخدمة في محولات الطاقة هي الزيوت المعدنية [6]. تستخرج الكميات الأساسية من الزيوت العازلة من النفط وبحسب منشأه ونوعيته، تتحدد خواص الزيت الناتج ونسب مركباته أما عملية الاستخلاص فتتم كما يلي:

يتم في البداية تخليص النفط الخام من الشوائب الخشنة و الرمال و الماء، ثم يتم تقطيره بعناية فائقة ونحصل على مواد متعددة مثل: أثير البترول، البنزين، زيت الكاز زيوت تشحيم أو زيوت عزل ويجب تنقية الزيت الناتج عن عملية التقطير هذه في مصافي بترولية خاصة حيث يتم تخليص الفحوم الهيدروجينية من المركبات الحاوية على الأوكسجين وغيرها من المواد الشائبة.

زيوت المحولات تتكون بشكل أساسي من الهيدروكربونات المشبعة والتي تعرف بالبارفينات والتي صيغتها الجزيئية C_nH_{2n+2} حيث يتراوح مجال ال n بين ال 20 وال 40 وإنها تتضمن أيضا مواد عازلة سيللوزية والتي هي خلاصة البولييمرات والتي صيغتها الجزيئية $[C_{12}H_{14}O_4(OH)_6]_n$ حيث تتفاوت قيمة ال n بين ال 300 وال 750. بشكل عام هناك نوعان لزيوت المحولات زيوت محولات بارافينية وزيوت محولات نافيثينية. في بلداننا عموما الزيوت البارافينية هي المستخدمة، و الفرق بين هذان النوعان هو أن الزيوت النافيثينية قابلة للأكسدة أكثر من غيرها.

2-هدف البحث:

إن العمل على تطوير عازلية التجهيزات المستخدمة في الشبكات الكهربائية يعتبر من أهم القضايا التي يجب التركيز عليها لما تلعبه العازلية من دور هام في موثوقية عمل الشبكات الكهربائية و هناك اهتمام عالمي كبير بهذا النوع من الأبحاث الموجهة لتحسين أداء محولات القدرة والتجهيزات الكهربائية من خلال تحسين المواصفات الفنية للزيوت العازلة المستخدمة في تلك المحولات والتجهيزات الكهربائية الأخرى.

من هذا المنطلق يهدف هذا البحث الى تحديد النسب المثلى الواجب إضافتها عند حدوث نقص في نسبة الزيوت العازلة داخل محولات القدرة الكهربائية بما يحقق لنا أفضل عازلية لتجنب حدوث أعطال داخل المحول ناتجة عن انهيار عازلية الزيت المستخدم فيها.

3-مواد وطرق البحث:

إن المنهج المتبع في هذا البحث هو منهج تجريبي تحليلي وصفي يعتمد على إجراء التجارب و القياسات المخبرية و مقارنتها بالقيم المرجعية المعتمدة عالمياً، حيث تمت هذه الدراسة في كلا من:

- مخبر المحولات في الشركة العامة لكهرباء محافظة دمشق - وزارة الكهرباء.

- مخبر الكيمياء الفيزيائية و اللاعضوية للدراسات العليا - كلية العلوم بجامعة دمشق.

تمت دراسة خواص أربعة عينات من الزيوت العازلة المعدنية من مصادر مختلفة مبينة في الشكل (1) كما يلي:

A- زيت محولات هندي (M&M) المصدر توتر انهياره 32kV من مستودعات شركة الكهرباء في مدينة دمشق.

B- زيت محولات فرنسي (LG) المصدر توتر انهياره 60kV من محولة توزيع -0.4 20kV موجودة في باب شرقي بمدينة دمشق.

C- زيت محولات ألماني المصدر (DIALA B) توتر انهياره 55kV من محولة توزيع 0.4-20kV موجودة في باب شرقي بمدينة دمشق.

D- زيت محولات معدني لبناني المصدر (METALIC) توتر انهياره 35kV من مستودعات شركة الكهرباء في مدينة دمشق.



الشكل (1) مجموعة العينات المدروسة

قياس عامل الرطوبة:

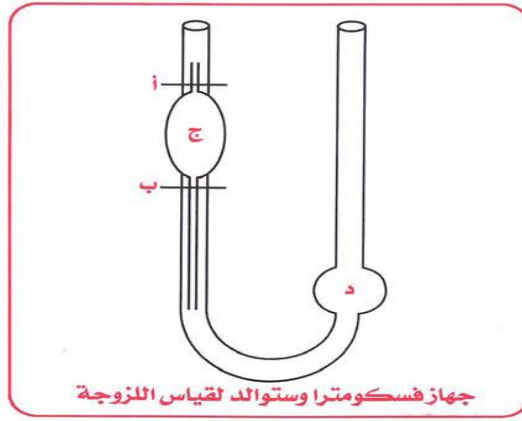
بفحص المحتوى المائي للعينات المدروسة قبل وبعد المزج والتي ترتبط ارتباطا وثيقا بشروط التخزين والأدوات المستخدمة لحفظ عينات العازل الزيتي خلال فترة إجراء التجارب، حيث تتم هذه التجربة باستخدام بيشر وفرن تجفيف وميزان الكتروني الشكل (2)



الشكل(2) فرن تجفيف و ميزان الكتروني

قياس اللزوجة:

تعتبر اللزوجة ذات تأثيراً هاماً على خصائص الانتقال الحراري للزيت بحيث تخفض اللزوجة العالية من فعالية تبريد الزيت كما تؤثر اللزوجة العالية أيضاً على الأجزاء المتحركة في التجهيزات الكهربائية مثل القواطع الآلية والقواطع ومبدل الوضعيات في المحولات والمفاعلات والمنظمات. تعد اللزوجة عاملاً هاماً في تحديد ظروف عملية تجهيز الزيت تتم هذه التجربة باستخدام مقياس (أستوالد) المبين في الشكل (3).



الشكل (3) مقياس استوالد اللزوجة المستخدم

قياس الكثافة:

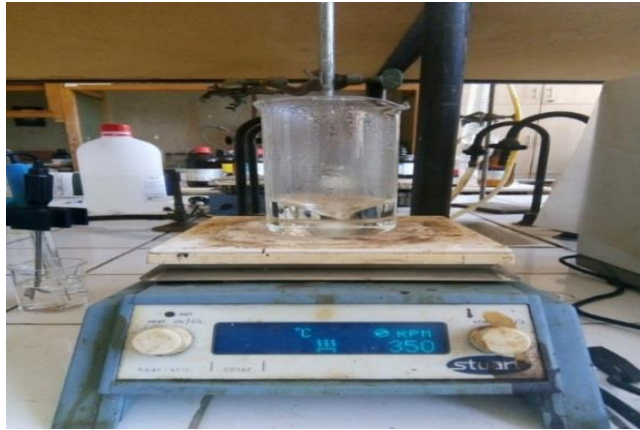
تعتبر الكثافة من أهم العوامل التي تساعد على حساب وزن الكميات وكذلك تعطي فكرة عن قبول الزيت للترسيب. في تجربة الكثافة سنستخدم دورق عياري لقياس كثافة السوائل العازلة بحجم V . كما هو مبين بالشكل (4) حيث يتم وزن الدورق بدقة $M1$ يملأ الدورق بالسائل العازل حتى نقطة محددة منه بدقة $M2$ ثم يتم حساب وزن السائل من فرق الوزنين ثم نقوم بقسمة هذا الفرق على حجم الدورق المحدد $5ml$ الناتج يكون معبراً عن الكتلة الحجمية أو كثافة السائل العازل المدروس.



الشكل (4) بيشر ودورق عياري

قياس الحموضة:

يجب أخذ وزن محدد من الزيت المراد فحص قرينة الحموضة له و يجب أن نقوم بإضافة 10 مل من هيدروكسيد البوتاسيوم ذو النظامية 0.01 ونحرك المزيج لمدة خمس دقائق عن طريق جهاز تحريك مبين بالشكل (5) بعد ذلك يجب معايرة المزيج بحمض كلور الماء.



الشكل (5) جهاز تحريك للمزج

قياس توتر الانهيار:

في هذا الإختبار يتم فحص قدرة تحمل الزيت للجهود العالية بإستخدام جهاز خاص لقياس توتر الإنهيار مبين بالشكل (6).



الشكل (6) جهاز الكتروني لقياس توتر الانهيار

4- النتائج ومناقشتها:

يوضح الجدول (1) نتائج الاختبارات الفيزيائية والكيميائية والكهربائية على العينات المدروسة قبل عمليات المزج المخبرية.

الجدول (1) نتائج اختبارات العينات المدروسة قبل المزج

| العينات المدروسة | الرطوبة Mg/Kg | اللزوجة mm ² /sec | الكثافة mg/ml | الحموضة mg KOH/g | توتر الانهيار Kv |
|------------------|------------------|---------------------------------|------------------|---------------------|---------------------|
| A | 13 | 8.49 | 0.812 | 0.0076 | 32 |
| B | 10 | 8.23 | 0.836 | 0.0061 | 60 |
| C | 11 | 8.36 | 0.846 | 0.0087 | 55 |
| D | 12 | 8.53 | 0.822 | 0.0092 | 35 |

يوضح الجدول (2) نتائج الاختبارات الكيميائية والفيزيائية والكهربائية على العينات بعد مزج العينة الأولى مع الثانية، بنسب مختلفة مبينة في الجدول اللاحق.

كما يوضح الجدول (3) نتائج الاختبارات الكيميائية والفيزيائية والكهربائية على العينات بعد مزج العينة الثالثة مع الرابعة، بنسب مختلفة مبينة في الجدول اللاحق.

الجدول (2) نتائج اختبارات مزج العينة A مع العينة B

| النسب المضافة من A إلى B | الرطوبة mg/kg | اللزوجة mm ² /sec | الكثافة mg/ml | الحموضة mg KOH/g | توتر الإنهيار Kv |
|-----------------------------|------------------|---------------------------------|------------------|---------------------|---------------------|
| 95%+5% | 10 | 8.29 | 0.810 | 0.00647 | 59 |
| 90%+10% | 11 | 8.13 | 0.816 | 0.00637 | 58 |
| 85%+15% | 11 | 8.26 | 0.826 | 0.00626 | 56 |
| 80%+20% | 12 | 8.33 | 0.842 | 0.00618 | 55 |
| 75%+25% | 12 | 8.59 | 0.852 | 0.00611 | 53 |
| 70%+30% | 13 | 8.43 | 0.846 | 0.00601 | 52 |
| 50%+50% | 13 | 8.36 | 0.866 | 0.00723 | 46 |

يتبين لدينا من خلال النتائج المبينة أعلاه في الجدول (2) أن قيم كل من الرطوبة والكثافة واللزوجة وتوتر الانهيار بقيت ضمن الحدود المقبولة، مع ملاحظة أن قيمة توتر الانهيار للعينات الجديدة تأثرت سلبا بعد المزج حيث انخفضت عندما قمنا بإضافة زيت آخر من نفس النوع لكن بتوتر انهيار أخفض من توتر انهيار الزيت الموجود في المحولة، إذ أن تلك القيمة كانت تنخفض بشكل تدريجي مع زيادة النسبة المضافة من الزيت ذو توتر انهيار الأخفض مما يوضح لنا الأثر السلبي لهذه الحالة على عازلية الزيت الجديد وأن النسبة 5% من الزيت المضاف إلى 95% من الزيت الموجود داخل المحول هي النسبة المثلى وذلك في حالة إضافة زيت بتوتر انهيار أقل من توتر انهيار الزيت الموجود في خزان المحولة حيث يحافظ توتر الانهيار على القيمة المقبولة ضمن

الحدود المسموحة وفقا للمواصفات القياسية المعتمدة حيث تراوحت أعلى قيمة توتر انهيار للحالات المدروسة المذكورة أعلاه عند نسبة الإضافة المذكورة بين (46-59)kV، أما الحموضة فيتبين لدينا من خلال النتائج أنها حافظت أيضا على قيم مقبولة في هذه الحالة تراوحت بين (0.00647-0.00723) mgKOH/g ومع ذلك كانت قيمتها تبقى ضمن الحدود المقبولة المحددة في المواصفات القياسية المعتمدة، وبالنسبة للزوجة ففي هذه الحالات قد حافظت على قيم تتراوح (8.29-8.36) mm²/sec وهو ما يعد مقبولا قياسا بالقيم المسموح بها وفق المواصفات القياسية المعتمدة.

الجدول (3) نتائج اختبارات مزج العينة C مع العينة D

| النسب المضافة من C إلى D | الرطوبة mg/kg | اللزوجة mm ² /sec | الكثافة mg/ml | الحموضة mg KOH/g | توتر الإختبار Kv |
|--------------------------|---------------|------------------------------|---------------|------------------|------------------|
| 95%+5% | 12 | 8.14 | 0.812 | 0.00875 | 36 |
| 90%+10% | 12 | 8.10 | 0.836 | 0.00863 | 37 |
| 85%+15% | 11 | 8.22 | 0.846 | 0.00859 | 38 |
| 80%+20% | 11 | 8.33 | 0.822 | 0.00841 | 40 |
| 75%+25% | 11 | 8.19 | 0.812 | 0.00836 | 41 |
| 70%+30% | 10 | 8.25 | 0.836 | 0.00829 | 42 |
| 50%+50% | 10 | 8.47 | 0.846 | 0.0091 | 45 |

أما الجدول (3) يبين لنا أيضا أن قيم كل من الرطوبة والكثافة واللزوجة وتوتر الانهيار بقيت ضمن الحدود المقبولة، مع ملاحظة أن قيمة توتر الانهيار للعينات الجديدة تأثرت إيجابا بعد المزج حيث ازدادت تلك القيمة عندما قمنا بإضافة زيت آخر من نفس النوع لكن بتوتر انهيار أعلى من توتر انهيار الزيت الموجود في خزان المحولة. إذ أنها كانت تزداد بشكل تدريجي مع زيادة النسبة المضافة من الزيت ذو توتر الانهيار الأعلى مما يوضح لنا الأثر الإيجابي لهذه الحالة على عازلية الزيت وأن النسبة 50% من الزيت المضاف إلى 50% من الزيت الموجود في المحولة هي الحالة المثالية للمزج والتي تحقق لنا أفضل قيمة توتر انهيار للزيت الجديد حيث يحافظ توتر الانهيار على القيمة المقبولة ضمن الحدود المسموحة وفقا للمواصفات القياسية حيث تراوحت أعلى قيمة توتر انهيار للحالات المدروسة المذكورة أعلاه عند نسبة الإضافة المذكورة بين (36-45) kV ، أما الحموضة فيتبين لدينا من خلال النتائج أنها حافظت أيضا على قيم مقبولة في هذه الحالات تراوحت بين (0.00875-0.0091) mgKOH/g ومع ذلك كانت قيمتها تبقى ضمن الحدود المقبولة المحددة في المواصفات القياسية المعتمدة، وبالنسبة للزوجة ففي هذه الحالات قد حافظت على قيم تتراوح (8.14-8.47) mm²/sec وهو ما يعد مقبولا قياسا بالقيم المسموح بها وفق المواصفات القياسية المعتمدة.

5-الاستنتاجات و التوصيات:

نستطيع القول من خلال نتائج هذا البحث إن عملية مزج الزيوت وفق المواصفات القياسية والتي تحقق لنا مواصفات جيدة للعازلية هي عملية ذات جوانب إيجابية. إن إضافة الزيوت بشركات الكهرباء وفقا لأسس وقواعد علمية وعملية دقيقة تحقق لنا هدفا أساسيا وهو العازلية الجيدة لزيوت المحولات والتي بدورها تجنب المحول الكثير من المشاكل والأعطال الناتجة عن تدهور أو فشل زيت المحولات والتي تكلف الكثير من الأموال أم للإصلاح أو للاستبدال. كما و يمكننا الاستفادة من عينات زيت مستعملة سابقا بمعالجتها

وتحسين خواصها عن طريق إضافة مواد خاصة بهذه العملية بحيث تصبح صالحة للاستعمال ونقوم بإضافتها للزيوت في المحولات وفقا للشروط المعتمدة بدلا من التخلص منها، وذلك بسبب الكلفة الاقتصادية العالية لتبديل زيت المحولات، وبذلك نكون حصلنا على زيت ذو مواصفات جيدة بكلفة اقتصادية أقل.

يوصى بإجراء فحص دقيق للزيت الموجود داخل المحولة والزيت المراد إضافته قبل عملية الإضافة وهي الفحوص الكيميائية والفيزيائية والكهربائية ذلك لتحديد قيم العوامل وفقا للمواصفات القياسية المعتمدة وذلك بأخذ عينة من المحولة والانتباه خلال عملية الإعتيان لأن الخطأ قد يؤدي إلى إعطاء قيم وهمية تؤثر فيما بعد على عازلية الزيت بالنتيجة على عمل المحول مما قد يسبب تعطله وتوقفه عن العمل.

يفضل أن يكون الزيت المراد إضافته بمواصفات أفضل من مواصفات الزيت المراد الإضافة إليه من جميع النواحي وخصوصا قوة العزل الكهربائية بحيث يكون توتر انهياره أعلى من توتر انهيار الزيت المراد الإضافة إليه لتحقيق عازلية جيدة بعد عملية المزج.

ومن الممكن العمل مستقبلا" على ما يلي:

1- إمكانية إنشاء مراكز تحكم وسيطرة في المناطق والمدن و تزويدها بما يلزم من تقنيات حديثة

2- استخدام هذه التقنيات لمراقبة حالة المحولات عن بعد وتحديد المحولات التي تكون بحاجة إلى إضافة زيوت بالتالي تحقيق توفير للجهد وكذلك وفر اقتصادي

3- العمل على تحديد النسب المثلى لقيم العوامل المؤثرة على عازلية الزيت باستخدام الذكاء الصناعي قبل إجراء الفحوصات المخبرية عليه.

6-المراجع

- [1] S. Karmakar, N.K. Roy, P. Kumbhakar, “Detection of partial discharges in high voltage equipment”. J. Electr. Eng. 9(2), pp. 26–31 (2009).
- [2] S. Karmakar, N.K. Roy, P. Kumbhakar, “Monitoring of high voltage power transformer using direct optical partial discharges detection technique”, J. Opt. 38(4), pp. 207–215(2009).
- [3] S. O’Keeffe, C. Fitzpatrick, E. Lewis, “An optical fibre based ultra violet and visible absorption spectroscopy system for ozone concentration monitoring”, J. SensActuat.B Elsevier 125, pp. 372–378 (2007).
- [4] A. Sierota, J. Rungis, “Electrical insulating oils Part-I: characterization and pretreatment of new transformer Oil”, IEEE Electr. Insul. Mag. 11, pp. 8–20 (1995).
- [5] Muhammad Arsad and Syed M. Islam, “Power transformer condition monitoring and assessment for strategic benefits”, Curtin University of Technology, Department of Electrical &Computer, Australia
- [6] T. O. Rouse, “Mineral insulating oil in transformers”, IEEE Electr. Insul. Mag. Vol. 14, No. 3, pp. 6-16(1998)

تحليل وتقييم الطول الموجي المرئي الأمتل للاتصالات

عبر الفضاء الحر

الباحث: م. مضر ديوب

المعهد العالي لبحوث الليزر وتطبيقاته - جامعة دمشق

ملخص البحث

تسمح خواص الضوء الليزري وبصورة خاصة النطاق الطيفي الضيق (دقة كبيرة في الطول الموجي)، والانتشار ضمن حزمة ضيقة له بنقل المعطيات إلى مسافات بعيدة، وبالتالي يلعب اختيار المرسل الليزري دوراً مهماً وأساسياً في تصميم أنظمة اتصالات الفضاء الحر الضوئية وذلك لأنه يحدد طول موجة العمل، كما يحدد عادة نوع التعديل المستخدم، وبالتالي فهو يحدد نوع الكاشف الضوئي وآلية كشف التعديل المستخدمة من قبل المستقبل.

في هذا البحث تم تصميم وتنفيذ منظومة اتصالات مخبرية بثلاثة أطوال موجية ودراسة كفاءة المرسل الليزري وقدرة الليزر على إرسال أكبر [nm] (650,532,405) قدر ممكن من المعلومات لهذه المرسلات ذات الأطوال الموجية المختلفة ومن ثم تحديد المرسل ذو الطول الموجي الأنسب والأكثر استقراراً بناء على النتائج المخبرية والخطوط البيانية.

الكلمات المفتاحية: الاتصالات الليزرية، الأطوال الموجية المرئية، تقنيات التعديل، الفضاء الحر، الكفاءة الكوموية.

Analysis and evaluation of the optimal visible wavelength for communication through free space

Eng. Modar Dayoub

Abstract

The properties of the laser light, in particular, the narrow spectral width (great accuracy in the wavelength), and the propagation within a narrow beam for it to transmit data to long distances, and thus the choice of the laser transmitter plays an important and fundamental role in The design of free-space optical systems because it determines the length of the working wavelength, and also usually determines the type of modification used.

Therefore, it determines the type of photodetector and the modification detection mechanism used by the receiver.

In this research we designed and implemented a laboratory communication system with three wavelengths: (532, 650, 405) [nm] The study of the efficiency of the laser transmitter and the ability of the laser to send as much information as possible to these transmitters of different wavelengths, and then determine the most suitable and stable transmitter based on the laboratory results and the graphs.

Keywords: laser communication, visible wavelengths, modulation techniques, free space, quantum efficiency.

1. مقدمة:

تتمتع الاتصالات الليزرية في الفضاء الحر بالعديد من المزايا التي تجعل منها حلاً لحاجة متزايدة إلى منظومات اتصال سريعة وآمنة، وهي منظومات سهلة وسريعة التركيب والتشغيل، إذ لا تحتاج إلى تمديد خطوط وكابلات، ومن ثم تناسب الوحدات المتحركة والمعسكرات، وهذا يعزز استعمالها في المجالات العسكرية إلى جانب أنها كثيرة الاستعمال في المحطات المتحركة التي يمكنها الاعتماد على بنية ثابتة، مثل الاتصال بين الطائرات والمركبات الهوائية من دون طيار (Unmanned) ومنصات الارتفاع (High-altitude platforms) إضافة إلى استعمالها بين المركبات والمحطات الفضائية مثل السواتل ومسابر الفضاء العميق.

ومن الجدير بالذكر أن ضيق الحزمة الليزرية المنتشرة يوفر الميزتين التاليتين:

1- صعوبة التنصت على خط الاتصال، وهذا يضمن سرية الاتصالات ولاسيما العسكرية منها.

2- الحد من إمكان تداخل قناة الاتصال مع قنوات الاتصال الأخرى سواء أكانت من النوع نفسه أم من نوع مختلف، ومن ثم يغني الحصول على إذن أو تصريح من الجهات المسؤولة عن توزيع الطيف الترددي.

2. الهدف من البحث:

التركيز على انتقاء طول موجة المرسل الليزري المناسب في الاتصالات الليزرية عبر الفضاء الحر والتي تعد من أهم الخطوات في تصميم منظومة الاتصال الضوئي من خلال تصميم وتنفيذ منظومة اتصالات مخبرية بثلاث أطوال موجية ودراسة كفاءة المرسل الليزري وقدرته على إرسال أكبر قدر ممكن المعلومات (نقل المعلومات

بترددات عالية) وبالتالي استخلاص النتائج من هذه الدراسة والاستفادة منها في استثمار المنظومة الليزرية بشكل أفضل في بصريات الفضاء الحر.

حيث تستخدم الاتصالات الضوئية عبر الفضاء الحر حزمة معدلة من الأشعة المرئية أو تحت الحمراء لنقل المعلومات للاتصالات ذات النطاق العريض، ولكن العيب الرئيسي لهذه التقنية أنه من المطلوب دائماً وجود خط نظر واضح بين جهاز الإرسال و محطات الاستقبال، إن أداء وصلات بصريات الفضاء الحر لديه بعض العوائق بسبب ظواهر امتصاص وتشتت الغلاف الجوي حيث إن ظاهرة الضباب والتساقط الكثيف للثلوج من أكثر الظروف الجوية تأثيراً على الاتصالات عبر الفضاء الحر، حيث ينتج نوعية خاصة من التخمد للأموج الضوئية [1]، ويوجد عدة دراسات [2,3,4] تصف العلاقة بين الرؤية والتخميد الضوئي المرتبط بها قد تم نشرها.

كما تناولت الدراسة [5] أسلوب التعديل في الاتصالات باستخدام أطوال موجية مختلفة [nm](405,532,650).

تركز العمل الأساسي في هذا البحث على خلق فهم صحيح حول اختيار الطول الموجي الأمثل الذي يمكن أن يساعد في تصميم أنظمة قد تكون محصنة ضد تدهور الرؤية في الغلاف الجوي.

إن الاعتقاد المتزايد بأن الأطوال الموجية ذات القيمة الأعلى ستوفر موثوقية اتصال [6,7] خلقت الحاجة الضرورية لإعادة النظر مرة أخرى في هذا الاعتقاد خاصة بعد تعارض الآراء بين الباحثين فيما يخص الاستفادة من الطول الموجي الأعلى.

3. دراسة أسلوب التعديل فـي الاتصالات الضوئية عبر الفضاء الحر باستخدام

أطوال موجية مختلفة [nm] (405، 532، 650) [5]:

في هذه الدراسة [5] اعتمد الباحث أسلوب التضمين المبني على الانعكاس استناداً إلى ظاهرة دوبلر كما اهتم بدراسة ظروف التوهين المختلفة للغلاف الجوي للأطوال الموجية المستخدمة، بالإضافة إلى التوهين الناجم عن تباعد شعاع الليزر الكبير للمسافات البعيدة.

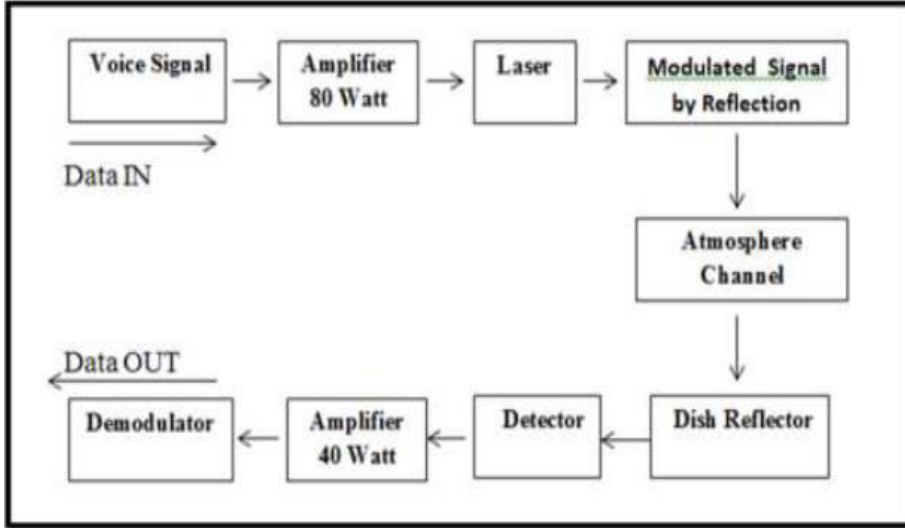
بين الباحث في هذه الدراسة تصميم نظام اتصال ضوئي قصير المدى في الفضاء الحر باستخدام شعاع ليزر ضمن الطيف الكهرومغناطيسي للضوء المرئي [nm](650,532,405) كوسيلة للاتصالات.

حيث تتميز تكنولوجيا الاتصالات ضمن المنطقة المرئية وفق التجهيزات المتاحة بتكلفة منخفضة وكفاءة تعديل عالية [8,9,10]. تم تصميم النظام بين نقطتين بتقنية (ليزر ديود) لمسافة 200 متر. ويمكن توفير مسافة حرة للإرسال اللاسلكي للصوت أو إشارة المعلومات.

1.3. الإعداد التجريبي:

في هذه الدراسة المرجعية [5] قام الباحث باستخدام أطوال موجية مختلفة [nm](650,532,405) لنقل الصوت عن طريق تصميم نظام يعتمد على ظاهرة الانعكاس عبر الغلاف الجوي، حيث يتكون النظام المقترح من ميكروفون ينقل الصوت إلى مكبر الصوت باستطاعة [w] 80 متصل به مكبر صوت في جهاز الإرسال مع مضخم آخر باستطاعة [w] 40 في جهاز الاستقبال عن طريق الوصل الضوئي عبر تقنية نقطة إلى نقطة.

إن المتحدث مسؤول عن تعديل ونقل الصوت عن طريق ظاهرة الانعكاس المعتمدة على ظاهرة دوبلر ويتم ذلك عن طريق لصق مرآة مستوية على السماعة، يوضح الشكل الآتي المخطط الصندوقي العام للنظام :



الشكل (1) المخطط الصندوقي للتجربة [5]

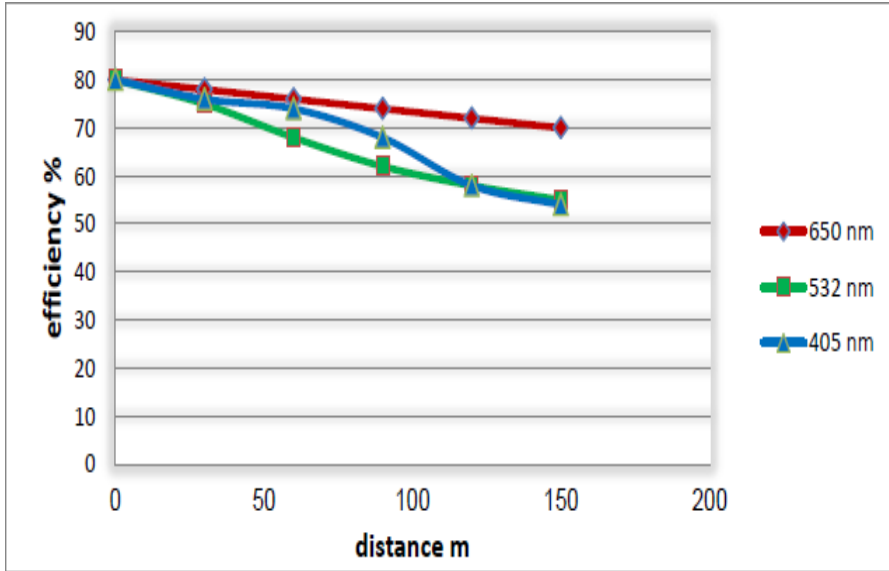
يتم إجراء عملية التعديل باستخدام مكبر صوت عند لصق مرآة مستوية (مسطحة) على مكبر الصوت لتحميل الإشارة الصوتية على شعاع الليزر، فعندما يهتز مكبر الصوت ويخرج الصوت فإن المرآة سوف تهتز بنفس التردد، وعندما يسقط شعاع الليزر على المرآة فإن شعاع الليزر سوف ينعكس بواسطة هذه الترددات عن المرآة بناء على ظاهرة دوبلر.

يسمى هذا النوع من التعديل بالتعديل الترددي، ولتحديد جودة هذا التعديل المستخدم تم قياس كفاءة كل طول موجة لمسافات محددة خلال النهار والليل، ثم قام الباحث بتحليل النتائج التي تم الحصول عليها بمختلف الظروف المناخية، و تجدر الإشارة إلى أن

الباحث قام باستخدام طبق مطلي بالنيكل كروم لجمع وتركيز أشعة الليزر إلى حد ما على الكاشف الضوئي وذلك للتخلص من التخميد الهندسي لانحراف شعاع الليزر الذي يؤثر على أداء نقل الإشارة، كما قام بمقارنة كفاءة كل الأطوال الموجية فيما بينها من أجل تحديد أفضل قيمة لكل منطقة.

في الشكل (2)، تم قياس كفاءة كل طول موجي خلال النهار مع المسافة تحت ظروف جوية محددة (الحرارة 25° ، سرعة الرياح 1 كم/ ساعة، الرطوبة 35%).

نلاحظ من الشكل الكفاءة المميزة للطول الموجي [650 nm] والكفاءة المنخفضة لـ [405 nm] ناتجة عن التبعثر الناتج عن دقائق الغبار في الغلاف الجوي حيث تتأثر الأطوال الموجية الأقصر بالتبعثر أكثر من الأطوال الموجية الطويلة :

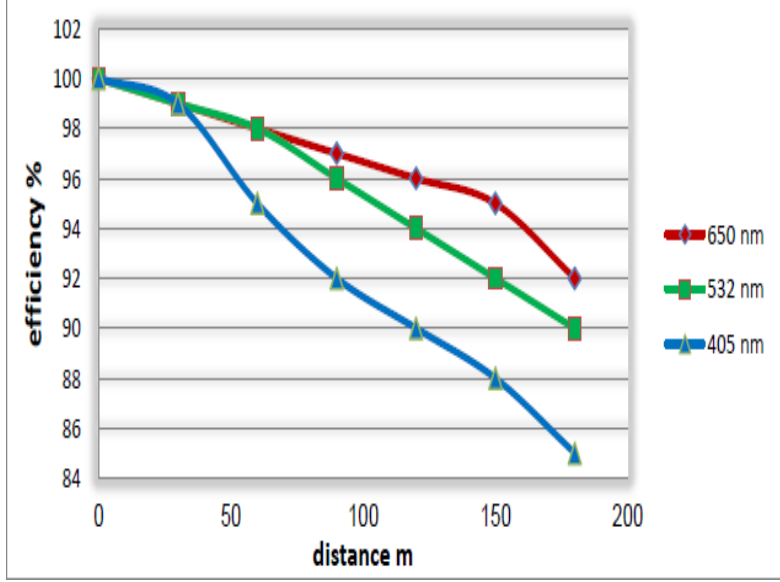


الشكل (2) الكفاءة مقدرة بالنسبة المئوية للأطوال الموجية الثلاث مقابل المسافة في

النهار [5]

في الشكل (3)، تم قياس كفاءة كل طول موجي أثناء الليل تبعاً للمسافة تحت ظروف جوية محددة (الحرارة 20° ، سرعة رياح 13 كم/ ساعة، رطوبة 44%).

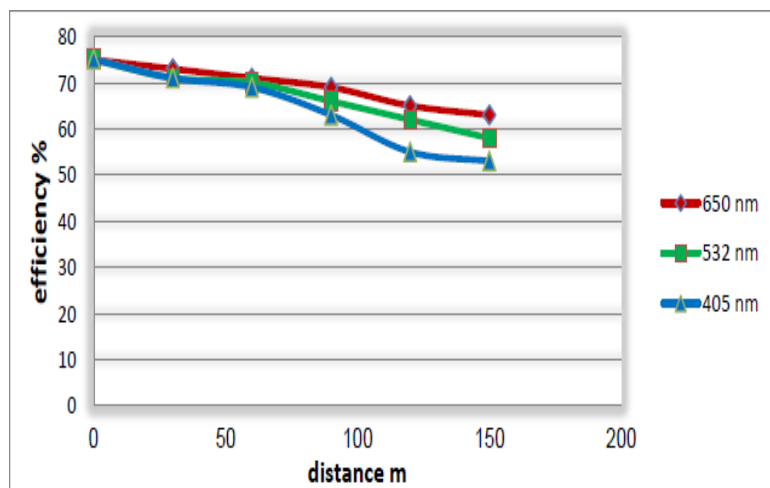
من الشكل نلاحظ الكفاءة المميزة للطول الموجي [nm] 650 ، وانخفاض الكفاءة للأطوال الموجية [nm] (532,405) الناتج عن التبعثر من دقائق الغبار في الغلاف الجوي بالإضافة إلى امتصاص بخار الماء:



الشكل (3) الكفاءة مقدرة بالنسبة المئوية للأطوال الموجية الثلاث مقابل المسافة في الليل

[5]

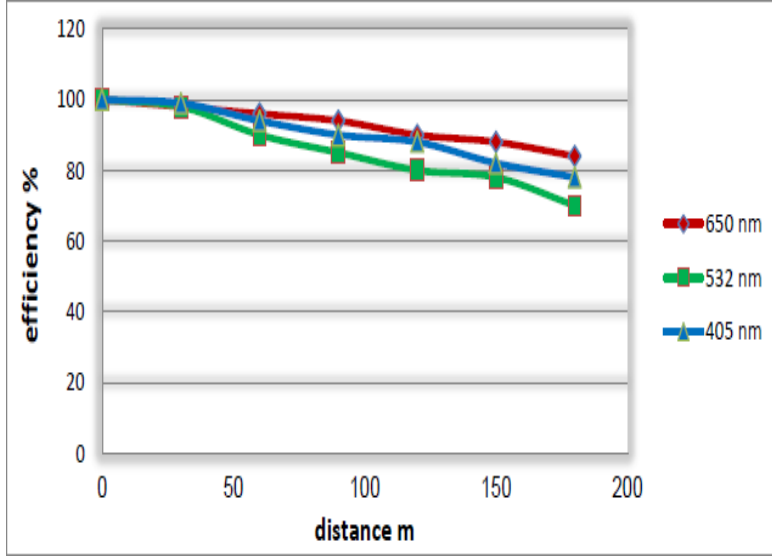
في الشكل (4)، تم قياس كفاءة كل طول موجي خلال النهار من أجل مسافة معينة عند ظروف جوية محددة (الحرارة 30° ، سرعة الرياح 11 كم/ ساعة، الرطوبة 35%) ونلاحظ من هذا الشكل الكفاءة المميزة للطول الموجي [nm] 650.



الشكل (4) الكفاءة مقدرة بالنسبة المئوية للأطوال الموجية الثلاث مقابل المسافة في

النهار [5]

في الشكل (5)، تم قياس كفاءة كل طول موجي أثناء الليل من أجل مسافة معينة تحت ظروف جوية محددة (الحرارة 38° ، سرعة الرياح 17 كم/ساعة، الرطوبة 30%) نلاحظ من الشكل أن كفاءة كل طول موجي تتأثر بارتفاع درجة الحرارة بالمقارنة مع الشكل (5).



الشكل (5) الكفاءة مقدرة بالنسبة المئوية للأطوال الموجية الثلاث مقابل المسافة في الليل

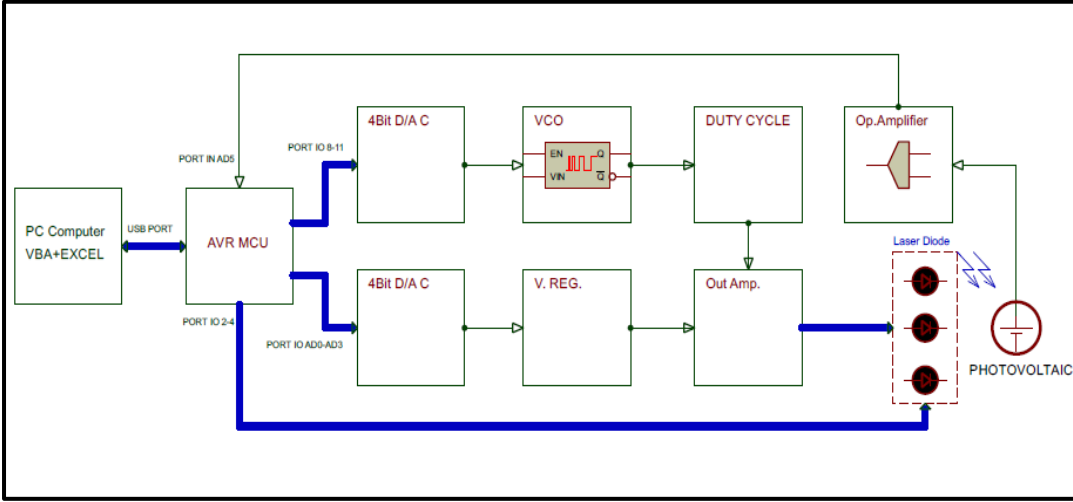
[5]

إن سبب تفوق كفاءة الطول الموجي [405 nm] على كفاءة الطول الموجي 532 [nm] يعود إلى زاوية انفرج الحزمة الصغيرة، كما نلاحظ من الشكل الكفاءة المميزة للطول الموجي [650 nm] لأن الأطوال الموجية الطويلة أقل تأثراً بظواهر التوهين المختلفة في الغلاف الجوي.

توصل الباحث في هذه الدراسة إلى تفوق الطول الموجي [650 nm] تحت ظروف التوهين المختلفة مقارنة مع الأطوال الموجية المختلفة [405, 532] [nm] وذلك لأن الأطوال الموجية الطويلة أقل تأثراً بظواهر التخميد المختلفة.

4. مواد وطرائق البحث:

يوضح الشكل التالي (6) المخطط الصندوقي للبحث الذي يمثل المكونات الأساسية من دارات متكاملة وعناصر إلكترونية ضوئية (laser diode ، photovoltaic cell) والحاسب (VBA EXCEL).



الشكل (6) المخطط الصندوقي لنظام الاتصال الليزري

نلاحظ من المخطط السابق أن المنظومة تتكون بشكل أساسي من دائرة قيادة الليزر و كاشف ضوئي من نوع (silicon photovoltaic cell) يقعان على خط النظر ويتم إرسال أوامر التحكم بالمرسلات الليزرية عن طريق الحاسب إلى المتحكم الدقيق (Atmega 328p) الذي بدوره يتخاطب مع المرسلات الليزرية الثلاث وفي طرف الاستقبال لدينا الخلية الفوتوفولتية (VACTEC7 – 21G72S) التي تقوم باستقبال الإشارة المرسلة من الليزر.

نشير إلى أن النظام الذي تم تصميمه في إطار هذا العمل يمكن اعتباره نظام اتصالات كون أنه يتم تحميل الإشارات الكهربائية على الحزم الليزرية التي تنتشر ضمن الهواء

الجوي ويتم إعادة استقبالها بمساعدة الخلية الكهروضوئية وإعادة تحويلها إلى إشارات كهربائية.

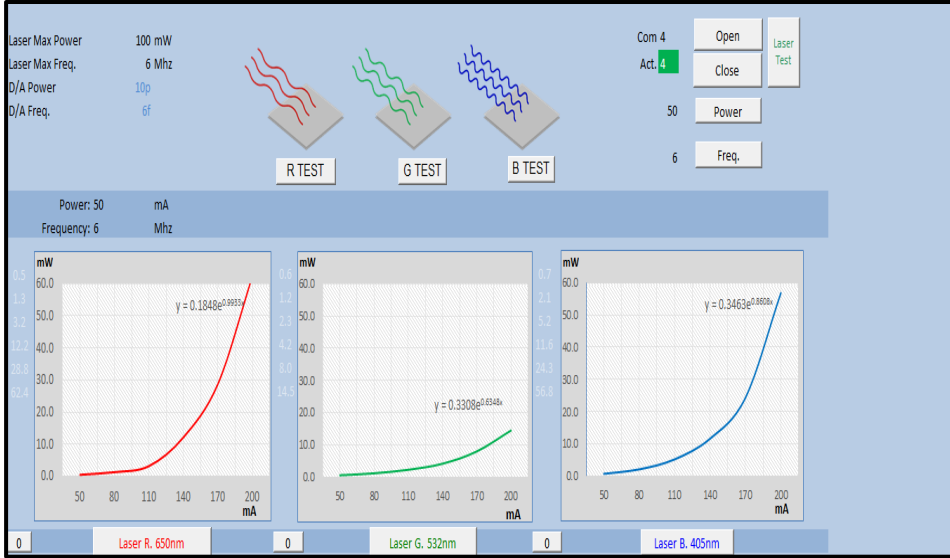
1.4. دارة قيادة الليزر:

يجب الإشارة إلى أنه في هذا البحث تم استخدام ليزرات نصف ناقلة تعمل في مجال الأطوال الموجية المرئية (VLC) والتي هي (Red:650 nm ، Green:532 nm ، Violet:405 nm) وقد تم اختيار الأطوال الموجية المرئية (visible light communication) نظراً لأهمية هذا المجال في الكثير من التطبيقات العملية (أنظمة القيادة والاستشعار عن بعد، تنفيذ وظائف إنارة ذكية جديدة لتعزيز السلامة والراحة) .
تتكون دارة القيادة من قسمين :

1. التحكم بالاستطاعة (استطاعة المرسلات).

2. التحكم بالتردد (تردد المرسلات).

وفي كلا القسمين يتم استخدام لغة البرمجة (Visual Basic Application) داخل تطبيق (EXCEL) من أجل التخاطب بين الحاسب والمتحكم (Atmega 328p) الذي يعتمد على AVR Arduino وإظهار نتائج الاختبار بشكل خطوط بيانية والشكل (7) يوضح الواجهة التخاطبية الرسومية التي تم تصميمها باستخدام لغة البرمجة (Visual Basic Application) داخل تطبيق (EXCEL) والتي من خلالها يتم اختبار الليزرات وتشغيلها وإطفائها كما يتم من خلالها التحكم باستطاعة وتردد المرسلات الليزرية.



الشكل (7) الواجهة التخاطبية الرسومية للتخاطب بين الحاسب والمتحكم الدقيق

(Atmega328p)

1. التحكم بالاستطاعة:

يتم التحكم بالاستطاعة عن طريق البورت (AD0 - AD3) للمتحكم (Atmega 328p) بتغيير الكود الثنائي الرقمي المطبق على المبدل الرقمي التشابهي الموصول على الدارة المتكاملة (ULN 2003A) حيث يتم التحكم بالفولتية المطبقة على المرسلات وبالتالي إمكانية التحكم بتيار القيادة (التشغيل) لهذه المرسلات ومراقبة التغير في استطاعة الخرج.

الجدول (1) يوضح الكود الثنائي الرقمي والقيم المكافئة لها في الجهد، حيث يؤدي تطبيق الكود الثنائي الرقمي (المبين في الجدول) إلى استقطاب انحياز مقاومات المبدل الرقمي - التماثلي المكون من أربع مقاومات موزونة ثنائياً هي (R6,R5,R4,R3) إلى نقطة الصفر عن طريق الدارة المتكاملة (ULN 2003) مما ينتج عنه توليد جهد

خرج (المبين في الجدول) يتناسب مع كل كود رقمي ثنائي من أجل التحكم باستطاعة الليزر (تم تحديد قيم الجهد باستخدام مقياس الآفوميتر).

الجدول (1) الكود الثنائي الرقمي والقيم المكافئة له في الجهد

| Voltage regulator (V) | Binary code (port AD0-AD3) |
|-----------------------|-----------------------------|
| 10.7 | 0000 |
| 10.4 | 0001 |
| 10.2 | 0010 |
| 8.3 | 0011 |
| 7.56 | 0100 |
| 6.89 | 0101 |
| 6.1 | 0110 |
| 5.5 | 0111 |
| 5 | 1000 |
| 4.66 | 1001 |
| 4.4 | 1010 |
| 4.22 | 1011 |
| 4.1 | 1100 |
| 3.92 | 1101 |
| 3.8 | 1110 |
| 3.7 | 1111 |

ملاحظة: في هذه الحالة تم الاستفادة من هذه العناصر الإلكترونية في الدارة المنفذة في تعيين المرسل الليزري ذي الكفاءة الأعلى عند تغيير (التحكم) بتيار القيادة وبالتالي تم تعيين المرسل ذو الكفاءة الأعلى بشكل أدق بالاعتماد على هذه المنظومة و الاستفادة من هذه النتائج في تحديد الليزر الأقل تأثراً بعوامل التخمد والذي سيعطي الاستطاعة الضوئية الأعلى عند زيادة تيار التشغيل ومنه تحديد الطول الموجي الأمثل في هذا البحث.

2. التحكم بالتردد:

يتم التحكم بالتردد عن طريق البورت (IO8 – IO11) للمتحكم (Atmega 328p) بتغيير الكود الثنائي الرقمي المطبق على المبدل الرقمي التماثلي.

الجدول (2) يبين الكود الثنائي الرقمي المتتابع الذي يتم تطبيقه عن طريق مخارج الأرجل الرقمية الخاصة بالمتحكم (Atmega 328A) والتي هي (IO11,IO10,IO9,IO8) على مبدل رقمي - تماثلي بسلم (2R-R) 4bit حيث في هذا المبدل تم استخدام شبكة مقاومات (R),(2R) بدلاً من شبكة المقاومات الموزونة ثنائياً (مقاومات كلها بنفس القيمة) وهي (R15,R14,R13,R12) مع المقاومات (R19,R18,R17,R16) ، وبتطبيق هذا الكود الثنائي الرقمي يتم تكوين إشارة تماثلية في الخرج ليتم التحكم بالتردد جهدياً عن طريق الـ (Voltage Controlled (VCO Oscillator) وبالتالي التحكم بتردد المرسلات الليزرية حسب الحاجة.

الجدول (2) الكود الثنائي الرقمي والقيم المكافئة له في التردد

| Voltage(V) | Frequency(MHz) | Binary code |
|------------|----------------|-------------|
| 0 | 6.0 | 0000 |
| 0.26 | 6.0 | 0001 |
| 0.56 | 6.0 | 0010 |
| 0.83 | 6.0 | 0011 |
| 1.1 | 6.0 | 0100 |
| 1.4 | 5.88 | 0101 |
| 1.7 | 5.76 | 0110 |
| 1.99 | 5.4 | 0111 |
| 2.3 | 4.8 | 1000 |
| 2.64 | 4.2 | 1001 |
| 2.93 | 3.6 | 1010 |
| 3.2 | 3 | 1011 |
| 3.53 | 2.4 | 1100 |
| 3.81 | 1.8 | 1101 |
| 4.1 | 1.2 | 1110 |
| 4.37 | 0.6 | 1111 |

ملاحظة: في هذه الحالة ممكن الاستفادة من العناصر الإلكترونية في تعيين (تحديد) المرسل الليزري الأكثر قدرة على نقل (حمل) الترددات العالية أي قدرة المرسل على نقل أكبر قدر ممكن من المعلومات والذي يعد من أهم المتطلبات في نظم الاتصالات.

3. مرحلة الكشف والتضخيم:

1.3. الكاشف الضوئي المستخدم (Silicon Photovoltaic cell):

في هذا البحث استخدمنا كاشف ضوئي من نوع (Silicon Photovoltaic Cell) وهو /VACTEC 7 – 21G72S/ وله البارامترات المبينة في الجدول الآتي :



الشكل (8) الخلية السيليكونية

الجدول (3) وسطاء الخلية السيليكونية [11]

| Parameter | Value |
|-----------------------|----------------------------|
| Areas | $2 \times 4 \text{ cm}^2$ |
| Open circuit voltage | $U_{OC} = 500 \text{ mV}$ |
| Short circuit current | $I_{sc} = 5 \text{ mA}$ |
| Standard condition | $E_v = 600 \text{ Lx}$ |
| Parallel number | $N_1 = 1$ |
| Series number | $N_2 = 1$ |
| Load resistance | $R_h = 0 \sim 1000 \Omega$ |
| Capacity | $0.2 \mu\text{F}$ |
| Temperature | $T = 295 \text{ K}$ |
| Field of view | $\Psi = 90^\circ$ |
| Distance | $d = 1.0 \text{ m}$ |

تم الاعتماد على هذه الخلية في المقارنة بين المرسلات الثلاثة من أجل الوصول إلى التقييم المخبري المطلوب لاستخدام هذه الليزرات حيث تم وصل هذه الخلية على مضخم عمليات (ICL 7611) ومن ثم من خرج المضخم إلى الـ pin(AD5) للمتحكم وتم قياس فرق الجهد الكهربائي المتغير والذي هو فرق الجهد الناتج من المستشعر (الخلية الكهروضوئية) نتيجة التغير في إحدى خصائص شعاع الليزر، أي تم تحويل التغيرات التي طرأت على الأطوال الموجية الثلاث إلى إشارة كهربائية قابلة للقياس.

2.3. مرحلة التضخيم:

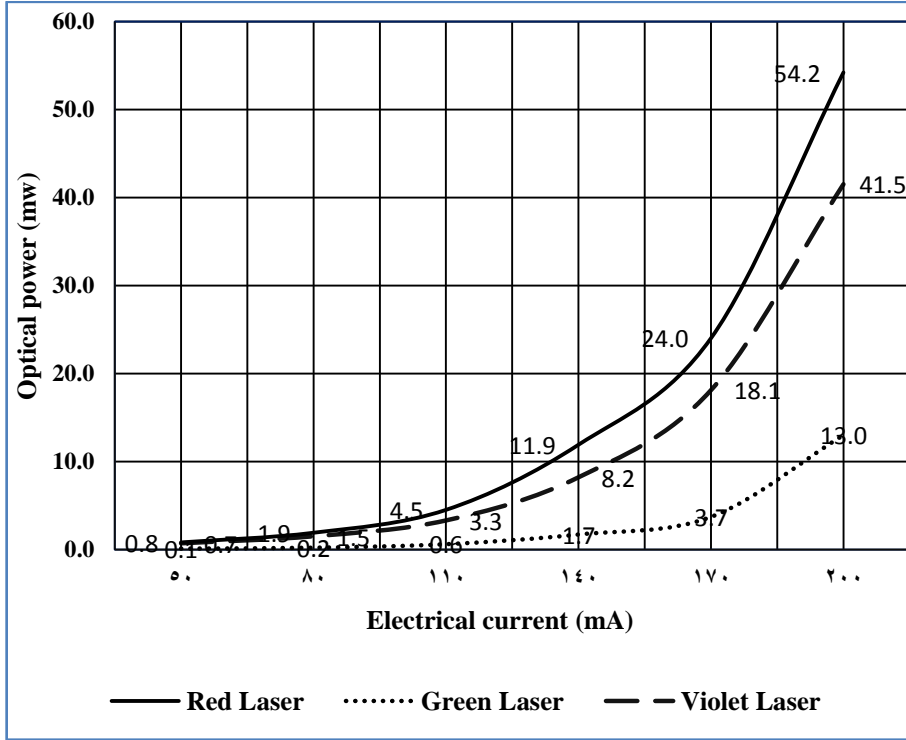
المضخم المستخدم (ICL 7611) يقوم هذا المضخم بتضخيم الجهد ليصل لحد الجهد التماثلي الذي يعمل عنده المتحكم حتى تتوافق مع مدخل (AD5) مدخل المعلومات التماثلية للمتكم ويتراوح هذا الجهد بين 0 و [v] 5 .

4. النتائج والمناقشة:**1.4. الاختبارات العملية والنتائج:**

في هذا البحث تم استخدام لغة البرمجة (VBA(Visual Basic Application) داخل تطبيق (EXCEL) من أجل التخاطب بين الحاسب والمتحكم حيث أن المتحكم (Atmega 328p) يستقبل أمر التشغيل والإطفاء عن طريق الـ (USB) باستخدام خاصية (serial command) ويجب الإشارة إلى أنه يمكن تخصيص الخطوط الرقمية للمتكم كمدخل أو مخارج وذلك حسب الأوامر البرمجية وتعمل هذه الخطوط على جهد أقصاه [v] 5 وكل خط يمكن أن يؤمن سحب للتيار بحدود الـ [mA] 40 وفي بحثنا هذا تم تخصيص الأرجل (الخطوط الرقمية) : (IO2، IO3، IO4) كمخارج لتشغيل الليزرات وخصصت الخطوط الرقمية (IO8، IO9، IO10، IO11) كمخارج للتحكم بتردد المرسلات الليزرية المستخدمة، أما الخطوط (AD0، AD1، AD2، AD3) فقد تم تخصيصها كمخارج للتحكم باستطاعة المرسلات الليزرية، بينما تم تخصيص الخط التماثلي (AD5) لاستقبال الإشارة التماثلية الضوئية القادمة من الخلية الكهروضوئية.

1.1.4. دراسة الكفاءة للمرسلات الليزرية :

في هذه الحالة سيتم مقارنة الكفاءة للمرسلات الثلاثة عند قيمة تردد ثابت (3MHz) بتغيير تيار التشغيل (القيادة) من (50 ~ 200 mA) للمرسلات الليزرية المثبتة على الحامل في التجربة وذلك عند مسافة متر واحد بين المرسل والمستقبل.
تم التوصل إلى النتائج الآتية:



الشكل (9) المخطط البياني لتغيرات الاستطاعة الضوئية بدلالة تيار التشغيل للمرسلات

الثلاثة

ملاحظة : باستخدام الخلية السيليكونية تم قراءة إشارة جهد كهربائي تتناسب قيمته مع

قيمة الاستطاعة

الضوئية للمرسلات الليزرية، وعبر إجراء مجموعة من العمليات والخوارزميات (الشفرة البرمجية) على هذه القيمة تم الحصول على قيمة الاستطاعة الضوئية الفعلية للمرسلات الليزرية وهكذا تم تحديد الاستطاعة الضوئية للمرسلات الثلاثة.

2.1.4. مناقشة النتائج:

يُلاحظ أنه مع زيادة التيار المحقون يُظهر الليزر أولاً انبعثاً تلقائياً يزداد تدريجياً حتى يبدأ في إصدار إشعاع محفز وهو أول عمل الليزر ويشار إلى منحنى الاستطاعة الضوئية الناتجة مقابل تيار الإدخال بالرمز (L.I) وهو من أهم المقاييس المستخدمة لتحديد أداء الديود الليزري، حيث من خلاله يتم تحديد كفاءة الليزر في تحويل الاستطاعة الكهربائية إلى استطاعة ضوئية من خلال ميل المنحنى (L.I) والذي يشار إليه بالتغير في استطاعة الخرج على التغير في التيار.

حيث من المرغوب الوصول إلى الإصدار المحثوث للمرسل الليزري عند أدنى حد ممكن للتيار، أي أنه من المستحسن الحصول على المزيد والمزيد من الاستطاعة الضوئية عند أقل قدر ممكن من التيار.

من الواضح من الخطوط البيانية السابقة أن الديود الليزري الذي يتمتع بمعدل جيد لتحويل الاستطاعة الكهربائية المدخلة إلى استطاعة ضوئية هو الليزر الأحمر ذو الطول الموجي [nm] 650 يليه الليزر البنفسجي [nm] 405 ثم الليزر الأخضر [nm] 532 .

3.4. حساب الكفاءة الكمومية التفاضلية الخارجية للمرسلات الثلاثة (External

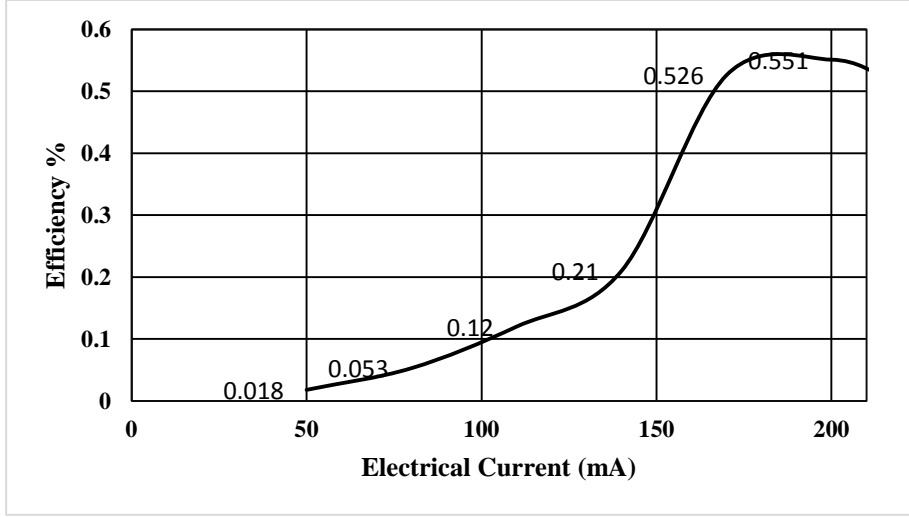
:Differential Quantum Efficiency)

1. المرسل الليزري الأحمر (Red):

الجدول (4) حساب الكفاءة الكمومية لليزر الأحمر

| $P(mw)$ | $I(mA)$ | $\Delta P(mw)$ | $\Delta I(mA)$ | $\Delta P/\Delta I$ | $q \times \lambda/h \times c$ | $\eta = \frac{\Delta P}{\Delta I} \times \frac{q(C) \times \lambda(nm)}{h(J.s) \times c(m/s)}$ |
|---------|---------|----------------|----------------|---------------------|-------------------------------|--|
| 0.8 | 50 | 1.1 | 30 | 0.036 | 0.523 | 0.018 |
| 1.9 | 80 | 3.1 | 30 | 0.103 | 0.523 | 0.053 |
| 5 | 110 | 6.9 | 30 | 0.23 | 0.523 | 0.120 |
| 11.9 | 140 | 12.1 | 30 | 0.403 | 0.523 | 0.210 |
| 24 | 170 | 30.2 | 30 | 1.006 | 0.523 | 0.526 |
| 54.2 | 200 | 15.8 | 15 | 1.053 | 0.523 | 0.551 |
| 70 | 215 | 15 | 15 | 1 | 0.523 | 0.523 |

• قيمة تيار العتبة ($I_{threshold} = 85 \text{ mA}$).



الشكل (10) المخطط البياني لتغيرات الكفاءة الكمومية بدلالة التيار للمرسل الليزري الأحمر

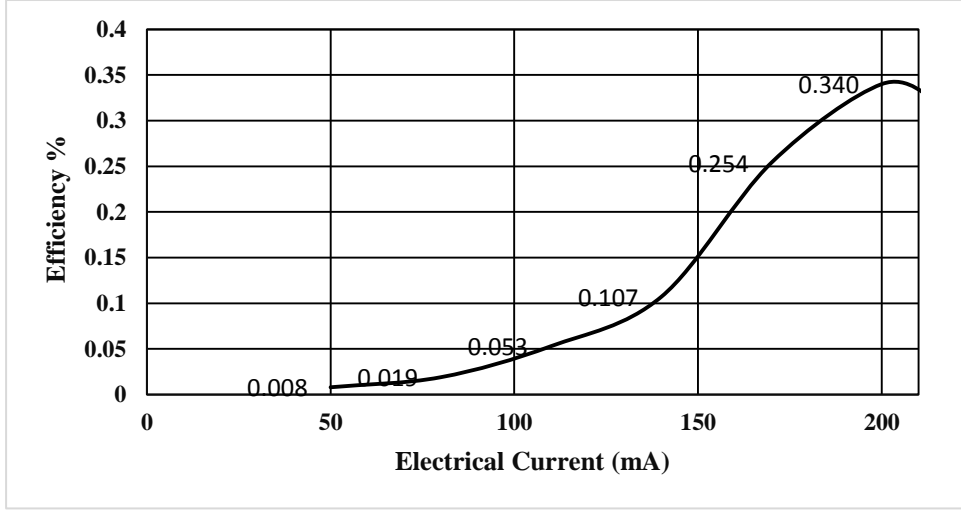
$$(\eta_{max} = 0.551)$$

2. المرسل الليزري البنفسجي (Violet):

الجدول (5) حساب الكفاءة الكمومية لليزر البنفسجي

| $P(\text{mw})$ | $I(\text{mA})$ | $\Delta P(\text{mw})$ | $\Delta I(\text{mA})$ | $\Delta P/\Delta I$ | $q \times \lambda/h \times c$ | $\eta = \frac{\Delta P}{\Delta I} \times \frac{q(C) \times \lambda(\text{nm})}{h(\text{J.s}) \times c(\text{m/s})}$ |
|----------------|----------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------------|---|
| 0.7 | 50 | 0.8 | 30 | 0.026 | 0.326 | 0.008 |
| 1.5 | 80 | 1.8 | 30 | 0.06 | 0.326 | 0.019 |
| 3.3 | 110 | 4.9 | 30 | 0.163 | 0.326 | 0.053 |
| 8.2 | 140 | 9.9 | 30 | 0.33 | 0.326 | 0.107 |
| 18.1 | 170 | 23.4 | 30 | 0.78 | 0.326 | 0.254 |
| 41.5 | 200 | 15.7 | 15 | 1.046 | 0.326 | 0.340 |
| 57.2 | 215 | 14.8 | 15 | 0.986 | 0.326 | 0.321 |

● قيمة تيار العتبة ($I_{threshold} = 100 \text{ mA}$).



الشكل (11) المخطط البياني لتغيرات الكفاءة الكوموية بدلالة التيار للمرسل الليزري البنفسجي

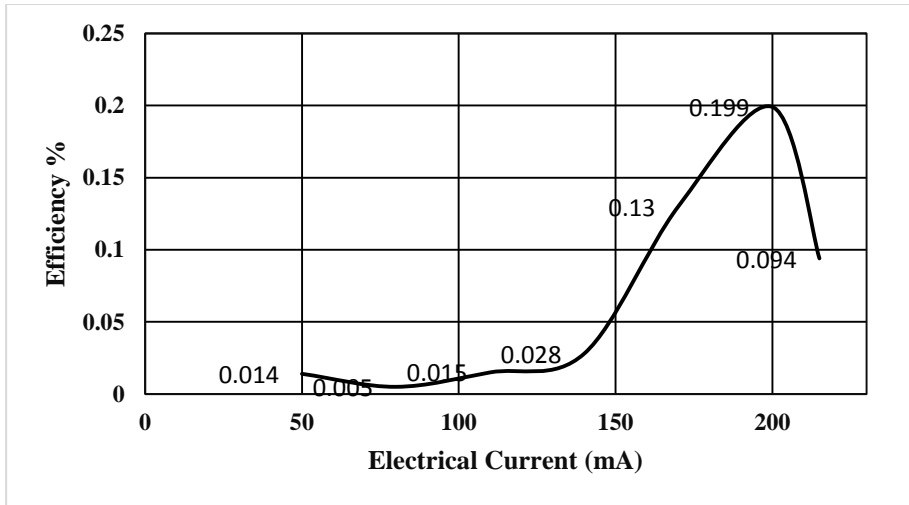
$$(\eta_{max} = 0.340)$$

3. المرسل الليزري الأخضر (Green):

الجدول (6) حساب الكفاءة الكوموية لليزر الأخضر

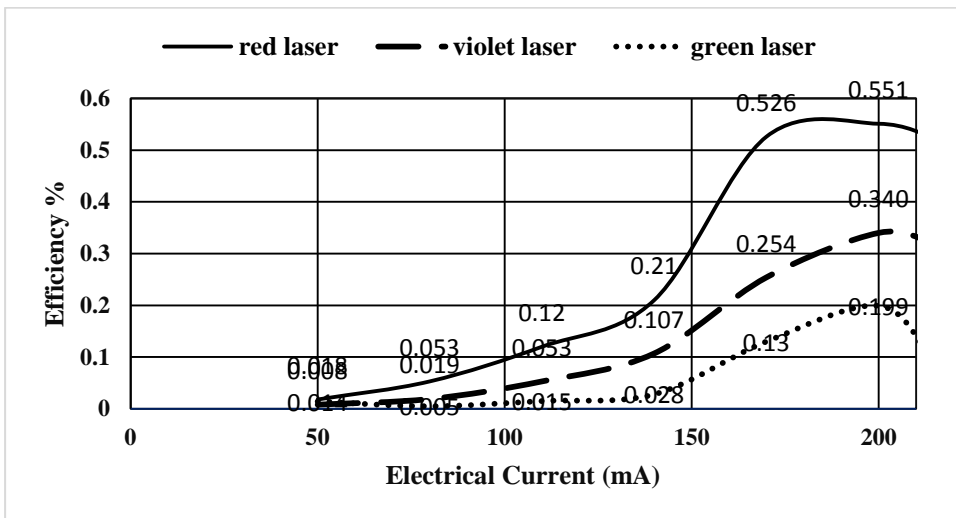
| $P(mw)$ | $I(mA)$ | $\Delta P(mw)$ | $\Delta I(mA)$ | $\Delta P/\Delta I$ | $q \times \lambda/h \times c$ | $\eta = \frac{\Delta P}{\Delta I} \times \frac{q(C) \times \lambda(nm)}{h(J.s) \times c(m/s)}$ |
|---------|---------|----------------|----------------|---------------------|-------------------------------|--|
| 0.1 | 50 | 0.1 | 30 | 0.033 | 0.428 | 0.014 |
| 0.2 | 80 | 0.4 | 30 | 0.013 | 0.428 | 0.005 |
| 0.6 | 110 | 1.1 | 30 | 0.036 | 0.428 | 0.015 |
| 1.7 | 140 | 2 | 30 | 0.066 | 0.428 | 0.028 |
| 3.7 | 170 | 9.3 | 30 | 0.31 | 0.428 | 0.13 |
| 13 | 200 | 7 | 15 | 0.466 | 0.428 | 0.199 |
| 20 | 215 | 5 | 15 | 0.333 | 0.428 | 0.094 |

• قيمة تيار العتبة $(I_{threshold} = 135 \text{ mA})$.



الشكل (12) المخطط البياني لتغيرات الكفاءة الكمومية بدلالة التيار للمرسل الليزري الأخضر

$$(\eta_{max} = 0.199)$$



الشكل (13) المخطط البياني لمقارنة تغيرات الكفاءة الكمومية بدلالة التيار للمرسلات الليزرية الثلاثة

$$(\eta_{red} > \eta_{violet} > \eta_{green})$$

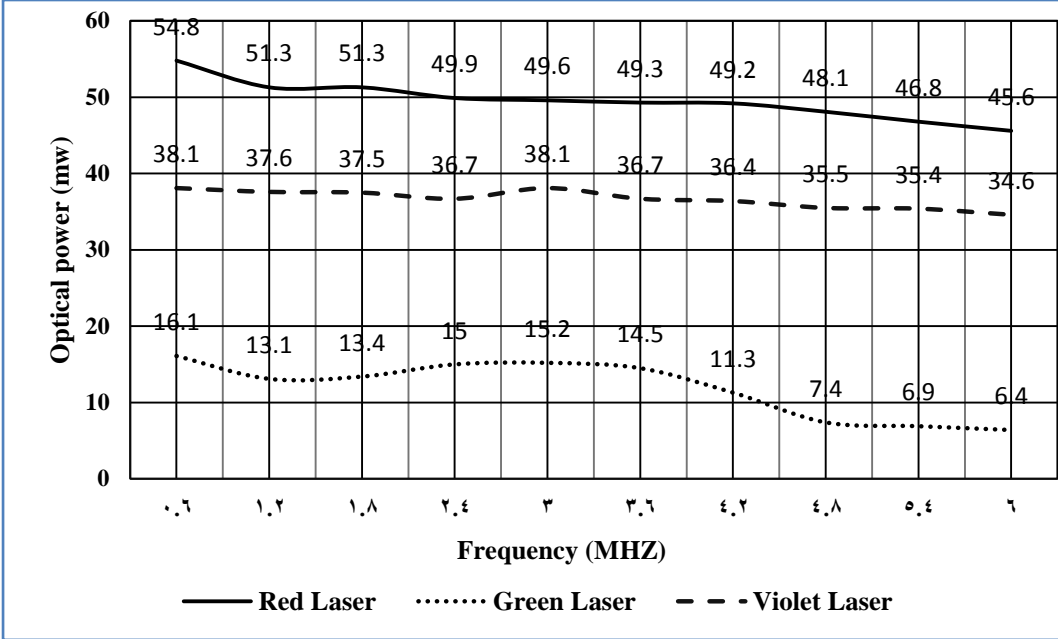
1.3.4. مناقشة النتائج:

نتيجة لهذه الدراسة المنجزة، فإن هذه النتائج تطابق الدراسات السابقة [5] من حيث تحديد المرسل الليزري ذو الكفاءة الكمومية الأعلى وهو يوافق الليزر الأحمر [nm] 650 والكفاءة المنخفضة لـ [nm] (532,4050) وهذا ما تم التوصل إليه في هذا البحث.

مع التنويه إلى الاختلاف في الطريقة المستخدمة في قياس الكفاءة في الدراسة المرجعية [5] حيث اعتمد الباحث على طريقة تعرض الشعاع الليزري لظروف جوية مختلفة خلال أزمنة معينة ولمسافات محددة بينما في هذا البحث تم الاعتماد على أسلوب هندسي تقني بحث بشكل أساسي.

4.4. مقارنة الاستطاعة الضوئية الناتجة مقابل زيادة تردد المرسل الليزري:

في هذه الحالة سيتم مقارنة الاستطاعة الضوئية الناتجة عن المرسلات الثلاث عند قيمة (200 mA) من تيار المرسلات بتغيير تردد الموجة الحاملة (الموجة الليزرية) من (0.6~6 MHZ) وذلك عند مسافة متر واحد بين المرسل والمستقبل.



الشكل (14) المخطط البياني الخاص بمقارنة الاستطاعة الضوئية المستقبلية للمرسلات

الثلاثة مقابل زيادة التردد من (0.6~6 MHz)

في دراسة مرجعية سابقة [12] فإن الظروف المناخية تؤثر على معدل وسرعة نقل البيانات ومن الممكن زيادة سرعة نقل البيانات عن طريق زيادة الاستطاعة المرسله وهذا مطابق للنتائج المستخلصة في هذا البحث حيث أن الليزر الأحمر [nm] 650 هو المرسل ذو الاستطاعة الأعلى وبالتالي هو الأفضل والأكثر استقراراً في حال زيادة التردد (تردد الموجة الحاملة) والأكثر كفاءة في نقل البيانات حيث الاستطاعة الضوئية العظمى لليزر الأحمر ($P_0 = 45.6 \text{ mW}$) والاستطاعة الضوئية العظمى لليزر البنفسجي ($P_0 = 34.6 \text{ mW}$) والاستطاعة الضوئية العظمى لليزر الأخضر ($P_0 = 6.4 \text{ mW}$).

نشير إلى أن الليزر الأخضر المتوفر لدينا والذي استطعنا تأمينه يمتلك استطاعة خرج أقل من تلك التي لليزرين الأحمر والبنفسجي.

5.4. مناقشة النتائج:

يتبين من المنحنيات السابقة أن المرسل الليزري الذي يعطي الاستطاعة العظمى عند التعرض لعوامل تخميد هو الليزر الأحمر ذو الطول الموجي ($\lambda = 650nm$) يليه الليزر البنفسجي ذو الطول الموجي ($\lambda = 405 nm$) ثم الليزر الأخضر ($\lambda = 532 nm$) وبذلك يكون الليزر الأحمر هو المرسل ذو الطول الموجي الأمثل في الاتصالات الضوئية في الفضاء الحر تحت تأثير عوامل التخميد المختلفة في الهواء.

بالاستفادة من الدراسات المرجعية السابقة [12] تم تنظيم جدول فيه قيم تقريبية من أجل المقارنة بين الأطوال الموجية المختلفة الثلاث تحت تأثير العوامل الجوية وفق مايلي:

الجدول (7) التخميد الجوي مقدراً بـ (dB/km) كتابع لعامل الرؤية للأطوال

الموجية (650nm ، 532nm ، 405nm)

| Climate | Visibility (km) | | | Attenuation (dB/km) | | | ND.F.intensity filters | | |
|-----------|-----------------|-------|-------|---------------------|-------|--------|------------------------|-------|-------|
| | 405nm | 532nm | 650nm | 405nm | 532nm | 650nm | 405nm | 532nm | 650nm |
| Clear | 8 | 4 | 8 | 3.23 | 4.18 | 0.7 | 9% | 9% | 9% |
| Haze | 6 | 2 | 7 | 9.5 | 11.86 | 7.77 | 25% | 25% | 25% |
| Thin Fog | 1 | 0.5 | 1.5 | 20.21 | 34.7 | 10.501 | 50% | 50% | 50% |
| Light Fog | 0.8 | 0.2 | 1 | 23.76 | 86.75 | 15.962 | 80% | 80% | 80% |
| Heavy Fog | 0.3 | 0.05 | 0.5 | 57.83 | 347 | 34.7 | 90% | 90% | 90% |

يوضح الجدول السابق تأثير بعض العوامل الجوية على ضوء الليزر كمصدر للإشارة الضوئية في الفضاء الحر؛ تم حساب تأثير هذه العوامل على مقدار التوهين لأشعة الليزر حسبت عند الأطوال الموجية (405 nm ، 532 nm ، 650 nm) حيث تبين أن الظروف المناخية (heavy fog ، light fog ، thin fog ، haze ، clear) تؤثر على تلك الأطوال الموجية وبطرق مختلفة، ومن الممكن تحسين أداء النظام عن طريق زيادة القدرة المرسله وتقليل انفراجية أشعة الليزر.

إن المنحنيات والجدول السابق تبين تطابق نتائج هذا البحث مع نتائج الدراسات السابقة [5] حيث أن الكفاءة المميزة للطول الموجي [nm] 650 والكفاءة المنخفضة لـ [nm] (532,405) ناتجة عن التبعثر الناتج عن دقائق الغبار في الغلاف الجوي حيث تتأثر الأطوال الموجية الأقصر بالتبعثر أكثر من الأطوال الموجية الطويلة وبالتالي الأطوال الموجية الطويلة أقل تأثراً بظواهر التخميد المختلفة.

7. مقارنة النتائج مع الدراسات المرجعية:

في حالة دراسة الكفاءة الكمومية للمرسلات الثلاثة فإن النتائج التي تم التوصل إليها تطابق الدراسات المرجعية السابقة [5] من حيث تحديد المرسل الليزري ذو الكفاءة الكمومية الأعلى وهو يوافق الليزر الأحمر [nm] 650 والكفاءة المنخفضة للمرسلات [nm] (532,405) وهذا تم التوصل إليه في هذا البحث.

مع التنويه إلى الإختلاف في الطريقة المستخدمة في قياس الكفاءة في الدراسة المرجعية السابقة [5] حيث اعتمد الباحث على طريقة تعريض الشعاع الليزري لظروف جوية مختلفة خلال أزمنة معينة في الليل والنهار ولمسافات محددة بينما في هذا البحث تم

الاعتماد على أسلوب هندسي تقني بحث بشكل أساسي وتم إثبات فعالية ونجاعة هذا الأسلوب من خلال النتائج التي تم التوصل إليها. وفي الحالة الثانية (مقارنة الاستطاعة الضوئية مقابل زيادة التردد المرسل الليزري) فإن الظروف المناخية تؤثر على معدل وسرعة نقل البيانات عن طريق زيادة الاستطاعة الضوئية المرسله وفق الدراسة المرجعية [12] وهذا مطابق للنتائج المستخلصة في هذا البحث حيث أن الليزر الأحمر [650 nm] هو المرسل ذو الاستطاعة الأعلى وبالتالي هو الأفضل والأكثر استقراراً في حالة زيادة التردد (تردد الموجة الحاملة) والأكثر كفاءة في نقل البيانات [12].

8. الاستنتاجات والتوصيات:

تتمتع ليزرات أنصاف النواقل بالعديد من المزايا مثل التماسك والطول الموجي الأحادي إمكانية تعديلها مباشرة على ترددات عالية من خلال تعديل تيار القيادة حيث يتم تعديل خرج الديود الليزري بترددات تصل إلى عدة جيجا هرتز في اتصالات البيانات عالية السرعة، وبالتالي يكون مفيداً جداً لأغراض الاتصالات السلكية واللاسلكية ومنه فإن أهم المعاملات التي يجب دراستها وأخذها بعين الاعتبار لليزرات أنصاف النواقل والتي تحدد مدى كفاءتها في الاتصالات عبر الفضاء الحر وبالتالي مقاومتها للظروف الجوية والمناخية المختلفة (التلج، الضباب، الغبار، المطر.....) هو معدل تحويل الاستطاعة الكهربائية المدخلة إلى استطاعة ضوئية والذي يعتبر معياراً أساسياً لعمل الديود الليزري بشكل جيد والمقياس المباشر لقدرة الليزر على القيام بذلك هو منحنى $(\Delta P / \Delta I)$ والذي يشار إليه بمنحنى الانحدار (L.I).

انطلاقاً مما سبق تم إنجاز منظومة اتصال مخبرية في مجال الاتصالات الضوئية المرئية والتي كانت بمثابة جهاز قياس لاختبار أداء المرسلات الليزرية مختلفة الأطوال الموجية حيث تضمن العمل تصميم وتنفيذ الدارات العملية وانقاء الإلكترونيات الضوئية المناسبة مثل الخلية الفوتوفولتية (photovoltaic cell) كعنصر استقبال نظراً لعملها كاشف ومولد طاقة بنفس الوقت في أنظمة الاتصالات الضوئية المرئية، وتم التحكم في البارامترين المدروسين للمرسلات (استطاعة، تردد) من خلال المتحكم (Atmega 328p) وتم إظهار النتائج المخبرية في الحاسب من خلال (visual basic application) المضمنة في (EXCEL)، وجدنا أن عملية تصميم منظومة اتصال ليزري في الفضاء الحر تخضع للعديد من التحديات كان منها اختيار الكاشف الضوئي الملائم للمرسل الليزري وخاصة في حال تعدد المرسلات الليزرية على نفس الحامل حيث يجب أن يحقق الكاشف الضوئي المواصفات المناسبة من حيث المردود وسرعة الاستجابة المطلوبة وتحقيق خط النظر بين المرسل والمستقبل.

كما تم دراسة الوسيط الكفاءة الكمومية التفاضلية الخارجية لليزرات الثلاثة (الأحمر، البنفسجي، الأخضر) وأظهرت النتائج فروقات واضحة بين هذه المرسلات.

يمكن أن يكون هذا البحث وهذه المنظومة المخبرية نواة للقيام بعدة أبحاث علمية أخرى كما يمكن إدخال تعديلات في التصميم الهندسي المخبري لهذه المنظومة والاستفادة منها في إجراء تجارب مخبرية بما يلائم متطلبات الباحث كتضمين الموجة الضوئية بيانات رقمية على عدة أطوال موجية مختلفة والمقارنة بينها أو استخدام عدة كواشف بصرية أخرى لعدة أطوال موجية واستخلاص النتائج والمقارنة بين هذه الكواشف كما يمكن دراسة حساسية الكاشف البصري لعدة أطوال موجية وغيرها من الأبحاث الأخرى.

تتركز التطورات المستقبلية في تطوير تقنية الإضاءة بالليزر في الاتصالات الضوئية حيث تعتمد الاتصالات الضوئية المرئية (Visible Light Communication) اليوم

على تقنية (Li - Fi) Light Fidelity التي تستخدم الضوء المرئي بدلاً من مصابيح (LED) لنقل البيانات في شكل ومضات سريع للغاية. وتختلف هذه الطريقة عن التقنية المستخدمة في نظام نقل البيانات الشهير (Wi - Fi) والذي يعتمد على موجات الراديو، وتقوم فرق البحث العلمي بدراسة أنصاف النواقل المصنوعة من مركب نتريد إنديوم الغاليوم (InGaN) ومركب نيتريد الغاليوم (GaN) في الاتصالات الضوئية المرئية واستطاعوا إثبات أن هذه الطريقة أسرع بـ 20 مرة من تقنية (Li - Fi) حيث يمكن لمصابيح (LED) توليد ضوء أبيض مناسب للإنارة وفي نفس الوقت توفير الكثير من الطاقة مقارنة بالمصابيح التقليدية ولكن باستخدام الليزر فإننا نوفر المزيد من الطاقة فضلاً عن إمكانية إرسال البيانات بشكل أسرع.

المراجع:

- [1]. Hemani Kaushal, Georges Kaddoum, "Free Space Optical Communication: Challenges and Mitigation Techniques," ITM University, Gurgaon, Haryana, India-122017, 2015.
- [2]. Mazin Ali A. Ali, "Analysis of data Rate for Free Space Optical Communications System," Dept .of physics / college of science , AL – Mustansiriyah Univ., Baghdad ,Iraq , 2014.
- [3]. Suha I. Al –nassar, Haraa Raheem Hatem, Jinan N. Shehab, "Design and Implementation of Infrared (IR) Communication System," Diyala Journal of engineering Sciences, vol. 11, NO. 3, September 2018, pages 29-33.
- [4]. N. R. Mohamad, A. A. Wakiran, M. F. Iswandi, A. Salleh, S. A. M. J. Yunus, F. Sallehuddin, N. F. Azmi and S. A. M. Chach, Development of Optical Wireless Audio System using Infrared Light Communication, IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE) ,Vol. 8, Issue 6 (Nov. - Dec. 2013), 65-69. www.iosrjournals.org .
- [5]. Abdullah.A.Abdullah, Jassim.M.Najim, Akram.N.Mohameed., "New Modulation Method in Free Communication Using Different Wavelengths (650 ،532 ،405) nm in the Iraq Weather, " Iraq Journal of science, Vol. 59, No.1A, pp: 233-239, 2018.
- [6]. A. Viswanath, H. Kaushal, V. K. Jain, and S. Kar, "Evaluation of performance of ground to satellite free space optical link under turbulence conditions for different intensity modulation schemes," Proc. SPIE, Free Space Laser Comm. and Atmosph. Prop. (XXVI), vol. 8971, 2014.

- [7]. K. Prabu, S. Bose, and D. S. Kumar, “BPSK based subcarrier intensity modulated free space optical system in combined strong atmospheric turbulence,” *Optics Comm. (Elsevier)*, vol. 305, pp. 185–189, 2013.
- [8]. Huang Z et al., “Hybrid optical wireless network for future SAGO-integrated communication based on FSO/VLC heterogeneous interconnection,” *IEEE Photon. J.* 9pp 1- 10, 2017.
- [9]. Lee I E, Chung G C, Pang W L, Anas S and Cheong M Y, “Design of a hybrid free space optical and visible light communication system for indoor wireless data broadcasting,” faculty of Engineering, Multimedia University, Cyberjaya, Malaysia, *Journal of Physics*, 2020.
- [10]. Mohamad, N.R., Wakiran, A.A., Iswandi, M.F., Salleh, A., Yunus, S.A.M.J., Sallehuddin, F., Azim, N.F. and Chachuli, S.A.M., “Development of Optical Wireless Audio System Using Infrared Light Communications, ” *IOSR-JECE*, vol. 8(6), pp. 65-69, 2013.
- [11]. Xiongbín Chen, ChengyuMin, and Junqing Guo, “Visible light Communication System Using Silicon Photocell for Energy Gathering and Data Receiving”, *Hindawi, International Journal of Optics*, Volume 2017, Article ID 6207123, 5 pages.
- [12]. Ali, M.A.A. and Mohammed, M.A., “Effect of atmospheric attenuation on laser communications for visible and infrared wavelengths”. *Journal of Al-Nahrain University*, Vol.(16)3, september, pp: 133-140, 2013.