



تصميم مضببة زراعية الكترونية ذاتية التحكم عن بعد وتقييم ادائها مختبريا

فهد شياح العيد¹ ، أ.م.د. ماجد حازم الحيدري²

المستخلص

تستخدم معدات التضييب في العديد من العمليات الزراعية ولاسيما في مكافحة الآفات الزراعية التي تهاجم المزروعات. اذ تقوم هذه المعدات بتحويل حالة المبيدات الزراعية من الحالة السائلة إلى هيئة ضباب متناهي في الحجم يمكن معالته على المحاصيل المزروعة بطريقة منتظمة ومتساوية تقريبا وبصورة فعالة. تسهم هذه المعدات بصورة رئيسية في حماية المحاصيل من الآفات والأمراض التي تتعرض لها، كما وتساعد في زيادة إنتاجية المحاصيل. يعتبر نقص المياه في بعض المناطق التي تعاني من شحة المياه خصوصا الصحراوية منها أو المناطق النائية تحديًا كبيرًا في مكافحة الآفات الزراعية. فضلا عن ذلك، قد يواجه القائمون في مكافحة الآفات الزراعية بعض المشاكل الصحية نتيجة استخدام آلات الضباب. لذا هدفت الدراسة الحالية الى البحث عن تقنية جديدة في التضييب يمكن اجرائها حقليا في البيوت المحمية او صوامع الحبوب وبطريقة الكترونية عن طريق ربطها في الهاتف المحمول والتحكم بها عن بعد في عملية التشغيل والاعداد والمراقبة. اختبرت المضببة مختبريا تحت ظروف تشغيلية مختلفة تضمنت ثلاثة سرع هواء مختلفة (2 و 3 و 4.9) م/ثا وثلاثة وحدات مختلفة مسؤولة عن انتاج الضباب تعمل بالموجات فوق الصوتية (وحدة واحدة وخمس وحدات وعشرة وحدات) و نوعين مختلفين من المياه (مياه مقطرة ومياه الاسالة). حلت نتائج الدراسة باستخدام التصميم العشوائي الكامل (CRD). اظهرت نتائج الدراسة الاولية كفاءة المضببة المصممة في عملية التضييب السريع للمكان المعامل، وسرعة انتشار الجسيمات المتناهية في الحجم في سرعة الوصول الى جميع الاماكن بالمحاور الطولية والعرضية. كما وبينت النتائج الى وجود الفروقات المعنوية بين المعاملات المدروسة، اذ تفوقت سرعة الهواء 2 م/ثا والتي لم تختلف معنويا عن السرعة 3 م/ثا والوحدة المكونة من عشر وحدات واستخدام الماء المقطر في تصريف المضببة 2 لتر/ساعة على بقية المعاملات الاخرى فضلا عن التجانس في توزيع المحلول وسرعة عملية التضييب. يوصى باستخدام هذا النوع من المضببات الحديثة في الزراعة المسيطر عليها او الاماكن المغلقة لما لها من محاسن في حماية المشغلين من انبعاثات المبيدات وتقليل الضرر البيئي الناجم من كثرة استخدام المبيدات باستخدام المعدات التقليدية الاخرى فضلا عن الجدوى الاقتصادية من استخدامها في تقليل من كمية المبيدات والمحاليل المطبقة لوحدة المساحة.

الكلمات المفتاحية : الات التضييب، الظروف التشغيلية، الموجات فوق الصوتية، الجسيمات المتناهية

Affiliation of Authors

^{1,2} Univ. of Basrah, College of Agriculture, Iraq, Basrah, 61001¹ pgs.fahad.shyaa@uobasrah.edu.iq² majid.reshaq@uobasrah.edu.iq² Corresponding Author

Paper Info.

Published: June 2024

Design an Agricultural Fogger with Electronic Remote-Controlled and its Evaluation in Indoor Conditions

Fahad Sh. Aleid¹ , Assistant Prof. Majid H. Alheidary²

Abstract

The agricultural fogger equipment is used in many agricultural processes, especially in the pests that attack crops. This equipment transforms the form of solutions from a liquid form into a nanoparticle mist that can be treated on cultivated crops in a uniform and effective way. This type of equipment contributes to protecting the crops from pests and diseases and also helps in increasing crop productivity. Insufficient water in some fields, especially in the desert is a major challenge in combating the pests. In addition, those involved in agricultural pest control may face some health problems as a result of using fog machines. Therefore, the current study aims to design a new agricultural fogger that can be performed in greenhouses or stores. This machine is electronically by connecting it to a mobile phone in the process of operation, preparation, and monitoring. The new design of the fogger was investigated in the laboratory under different operating conditions, which included three different air carrier speeds (2, 3, and 4.9) m/s, three different units responsible for producing the fog

using ultrasonic mode (one unit, five units, and ten units), and two different types of water (distilled and tap water). A completely randomized design (CRD) was used to analyze data. The preliminary results showed the efficiency of the designed fogger in the fogging process and the quick speed of diffusion in reaching all places along the two axes. The findings also appeared that there were significant differences between the studied parameters, as the air carrier speed of 2 m/s, which did not significantly difference from the air carrier speed of 3 m/s, the ten units, and the use of distilled water in the fogging discharge (2 l/hr) in compared to other parameters. As well as the homogeneity in solution distribution and speed of the fogging process. It is recommended to use this type of a modern fogger in the agriculture processes or indoors because of their advantages in protecting from pesticide emissions and reducing environmental impact resulting from the use of pesticides using other traditional equipment, as well as the economic feasibility of using in reducing the amount of pesticides and solutions applied per unit area.

Keywords: Fogging machines, operating conditions, ultrasonic, nanoparticles

المقدمة:

كما، وتمثل أيضاً حلاً مبتكراً للمناطق النائية التي تعاني من نقص أو شحة الموارد الطبيعية فيها كالماء كونها ذات استهلاك قليل جداً من الماء [4]. اسهم التطور التكنولوجي في هذا المجال الى تقليل حجمها بشكل كبير مقارنةً بسابقتها التقليدية من المضببات. علاوة على ذلك، فهي تمتلك القدرة على العمل بفعالية استثنائية قادرة على تحقيق اهدافها المطلوبة مما يسمح باستخدامها في مجالات متنوعة. ومنها استخدام مبدأ اجهزة الاستشعار الدقيقة التي يمكن الحصول عليها في كل من الأسواق العالمية والمحلية [5].

عند العمل الحقل، يتأثر أداء المضببات الزراعية بمجموعة من العوامل الأساسية، وبالنتيجة فإن كفاءة أداء تلك المضببات يعتمد على تلك العوامل المتداخلة والمؤثرة عليها. سرعة الهواء المساعد على نقل تلك الجسيمات الدقيقة الناتجة من آلة التضييب وطبيعة النظام المتبع في التضييب فضلاً عن خصائص الماء المستخدم في تخفيف المبيد المستخدم للتضييب من العوامل الرئيسية التي تحدد فعالية المضببة المستخدمة في العملية الزراعية. ونظراً لأهمية هذا النوع من الآلات وقلة أو عدم استخدام المضببات الزراعية في الحقول العراقية اجري هذا البحث من اجل دراسة تصميم نموذج لمضببة زراعية يمكن التحكم بها عن بعد عن طريق الهاتف المحمول وتقييم ادائها مختبرياً .

مواد وطرق العمل :

نُفذت تجربة مختبرية في مختبر معدات وقاية النبات العائد لقسم المكنان والآلات الزراعية في جامعة البصرة لدراسة تأثير عدد وحدات مكونة للضباب وسرع هواء مساعدة مختلفة وتقييم ادائها

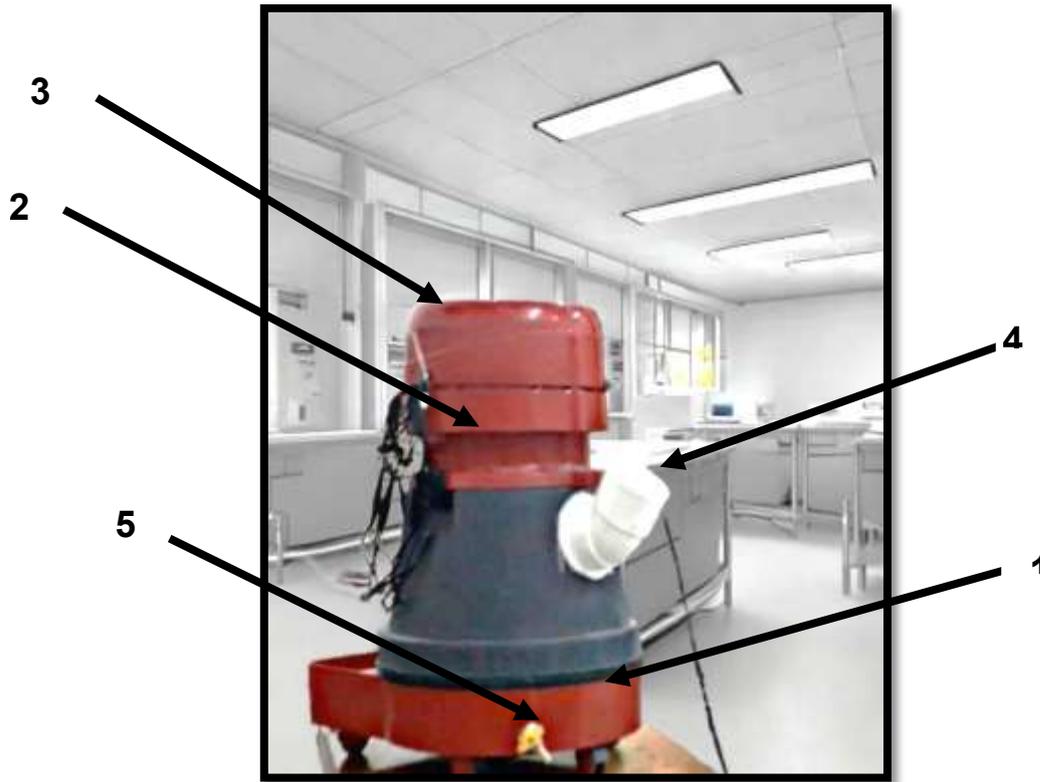
تعد المضببات الزراعية واحدة من اهم التقنيات الحديثة التي تم استخدامها في تطبيقات الانتاج الزراعي بجوانبه المتنوعة. يمكن الهدف الأساسي من استخدامها في تهيئة الظروف الملائمة لتلك الحقول وتعزيز الإنتاجية للمحاصيل الزراعية خصوصاً تلك التي تكون مزروعة في الأماكن المسيطر عليها. فضلاً عن استخدامها في حماية المنتجات الزراعية بعد الحصاد في المخازن المخصصة لها من اجل القضاء على الآفات التي تهاجم تلك المنتجات المخزنية والحد من انتشارها. يسهم اللجوء الى المضببات الزراعية بشكل خاص في تحسين الاستخدام الامثل والفعال للأسمدة والمبيدات والمياه والطاقة [1]. هناك مجموعة واسعة من التقنيات المتبعة في اجهزة التضييب، حيث يمكن تهيئتها بصورة صحيحة لتنفيذ العديد من الوظائف كاستخدامها في تطبيق المبيدات الحشرية أو المحاليل الورقية لتحقيق كفاءة عالية وحسب الهدف من الاستخدام [2]. إن ما يميز المضببات الزراعية أيضاً هو إمكانية تطبيقها واستخدامها مع مدى واسع من النباتات، والخضروات، والفواكه، والأعشاب مما يجعلها قادرة على تهيئة وتوفير بيئة مثالية للنمو أو مكافحة الشكل التقليدي للمضببات الزراعية اشتملت على العديد من المكونات الأولية فضلاً عن المكونات الثانوية المرتبطة بها مما يجعلها تمتلك احجام كبيرة والتي يمكن أن تتجاوز الحدود المكانية لمنطقة العمل. كما يمكن للغطاء النباتي من إعاقه حركة المضببة من مكان الى اخر فضلاً عن صعوبة تخزينها بعد اكمال عملية التضييب الحقلية [3]. لذلك، فإن استخدام تلك المضببات الحديثة في الزراعة يجعلها تمتلك حلاً مثالياً في مواجهة التحديات التي تواجه العديد من الحقول وتلبي الطلب المتزايد على المواد الغذائية.

الصددمات والظروف الجوية المتغيرة. وكذلك استخدام مواد بلاستيكية خاصة تتحمل تفاعل المبيدات الكيميائية دون أن تتأثر بها، مما يضمن الحفاظ على جودة المبيدات وفعاليتها على المدى الطويل . بالإضافة إلى ذلك، تم تصميم الخزان بحيث يكون سهل التعامل معه وتعبئته وتفريغه. وقد تم عمل فتحة كبيرة في الخزان لخروج الضباب من خلالها بانسيابية ، بالإضافة الى تسهيل عملية التعبئة . وكذلك توفير صنوبر في أسفل الخزان لتفريغ المبيد المتبقي بعد الانتهاء من استخدام الآلة ، وهذا يعزز سهولة التنظيف ويساعد في المحافظة على نظافة الجهاز والحفاظ على كفاءته.

المختبري. استخدمت المضببة المصممة في قسم المكائن والالات الزراعية لتحويل السائل الموجود داخل الخزان الى ضباب ناعم ودقيق. يعتمد عمل هذا النوع من المضببات المصممة على تقنية الموجات فوق الصوتية والتحكم الالكتروني عن بعد.

يتكون نموذج الآلة المصممة من جزئين رئيسيين هما :-

أ- الجزء الأول (هيكل الآلة): تحتوي المضببة المصممة وكما موضح بالشكل (1) على خزان (سعته الكلية من المحلول 3 لتر). اذ تم تصميم الخزان ليكون متيناً ومقاوماً للتأثيرات الخارجية مثل



الشكل (1): يوضح مكونات هيكل الآلة المضببة

1. خزان المبيد 2. غطاء خزان المبيد 3. مكان تثبيت المروحة في غطاء الخزان 4. فتحة أنبوب خروج الضباب وإضافة المبيد 5. صنوبر تفريغ المبيد الفائض عن الحاجة

ونقله خارج جسم المضببة مما يسهل توزيعه بشكل متساوٍ وسريع في المكان المستهدف من عملية التضييب. عند استخدام المبيدات الزراعية، يتم قياس وتخفيف المبيد بشكل صحيح وفقاً للتعليمات الموضحة في العبوة وفقاً للمستوى المطلوب الذي يغطي الوحدات المسؤولة عن إنتاج الضباب والذي لا يتجاوز 3 سم

تم وضع المحلول داخل الخزان بعد نصبت الوحدات المضببة وكما موضح في الشكل (2)، بحيث تلامس مستوى المحلول والتي تعمل على تحويل المحلول من الحالة السائلة الى حالة الضباب. زودت المضببة بمروحة هواء (سرعتها القصوى 4.9 م/ثا) على غطاء الخزان تعمل على سحب الضباب المتكون من الوحدات المضببة



الشكل (2): يوضح تنصيب الوحدات المضببة داخل الخزان

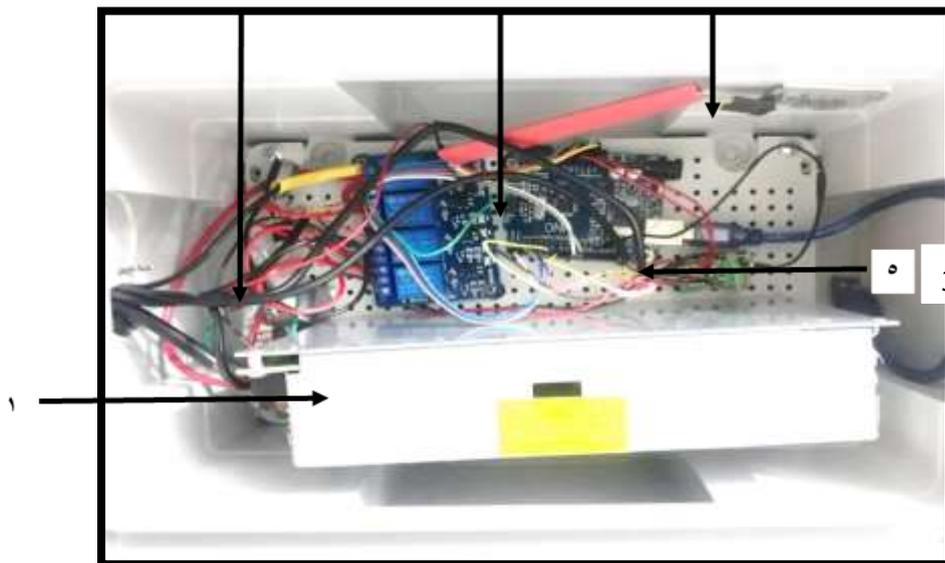
ذلك، وجود وحدة البلوتوث التي تمكّن الآلة من التواصل مع أجهزة أخرى مثل الحواسيب الشخصية أو الهواتف الذكية، وايضاً جهازي استشعار لقياس نسبة الرطوبة ودرجة الحرارة في المنطقة المستهدفة. ان لوجود هذه المكونات على المضببة المصممة يساعدها في العمل بصورة صحيحة وبكفاءة عالية مع توفير التحكم الأمثل في عملية انتشار المحلول او المبيد المستخدم والحفاظ على شروط السلامة الصحية للقائمين بمجال التطبيق في المكان المستهدف.

ب- الجزء الثاني (صندوق التحكم): تعد المكونات الأخرى الموجودة في الجزء الثاني وكما موضح في الشكل (3) من هذه المضببة ذات أهمية كبيرة لتحقيق الأداء المثالي في العمل. ومن ابرز مكونات هذا الجزء مزود الطاقة الرئيسي Power supply الذي يعمل على توفير الطاقة اللازمة لتشغيل المضببة بشكل صحيح. فضلا عن وحدة المعالجة Arduino التي تُستخدم في التحكم وإدارة عمليات الجهاز كوحدة معالجة وتحكم رئيسية. وكذلك منظمات الجهد التي تُستخدم لضمان توفير تيار كهربائي ثابت للمكونات الإلكترونية والحفاظ على استقرارها. علاوة على

4

2

5



الشكل (3): يوضح الأجزاء الرئيسية لمكونات منظومة التحكم

1. مزود الطاقة 2. الاردوينو 3 و4. منظمات الجهد 5. البلوتوث

وعندما تصل الموجات فوق الصوتية إلى المنطقة ذات الضغط المنخفض، فإنها تقوم بتمدد السائل مما يؤدي إلى خفض حرارته وضغطه بشكل مفاجئ ومؤقت وهذا يساعد على تشكل فقاعات صغيرة في السائل. ترتفع هذه الفقاعات إلى السطح ويتم تفرغها كغاز [7] [8]. تحتوي كل مضببة على جهاز استشعار السائل، بحيث يغطي السائل المضببة بشكل تام، وان لا يتجاوز ارتفاعه فوق المضببات عن الحد الامثل لضمان أداء عملها بشكل جيد. يتوقف عملها عند انخفاض السائل دون المستوى المطلوب بفعل حساس الاستشعار للمحافظة عليها. استخدمت 10 وحدات من المضببات وكما موضح في الشكل (4-b) وتثبتت بصفيين على قطعة من البلاستيك ووضعت في قاع خزان المبيد، وربطت على التوازي وبجهد قدره 24 فولت .

❖ وحدات التضبيب التي تعمل بالموجات فوق الصوتية ومبدأ عملها:

تتكون وحدة المضببة الواحدة من شريحة مكونة من الكوارتز ونابض حلزوني، موضوع أسفل الشريحة. يتم تحفيز الشريحة بواسطة تيار كهربائي عالي التردد مما يؤدي إلى تحريض التذبذب الميكانيكي في الشريحة. نتيجة لذلك، يتم إنشاء موجة فوق صوتية، مما يتسبب في خضوع السائل لتغيير الطور إلى الحالة الغازية. يؤدي انتشار الموجات فوق الصوتية داخل وسط السائل إلى تكوين مناطق تتميز بالضغط العالي والضغط المنخفض [6]. وعندما تصل الموجات فوق الصوتية إلى منطقة عالية الضغط، فإنها تقوم بضغط السائل مما يؤدي إلى زيادة حرارته وضغطه بشكل مفاجئ ومؤقت مما يساعد في ذلك على تحويله على شكل بخار سائل.



الشكل (4): طريقة تثبيت المضببات التي تعمل بالموجات فوق الصوتية

(a) وحدة واحدة (b) عشر وحدات

المستهدف ، وبالتالي يمكن تقليل كمية المبيد الحشري المستخدم وتحسين فعاليته في القضاء على الآفات المهاجمة التي تتعرض لها المحاصيل او الحبوب المخزنة. تكون هذه المروحة مثبتة في الاعلى بداخل غطاء الخزان الحاوي على المحلول وبشكل عمودي على وحدات انتاج الضباب كما موضح في الشكل (5).

❖ مروحة دفع الضباب المتولد :

جهزت المضببة المصممة بمروحة هواء (كما في الشكل 5)، وضعت بصورة مباشرة على غطاء الخزان لتوليد الهواء القادر على اخراج الضباب المتكون في وحدات التضبيب خارج جسم المضببة مما يسهل توزيعه بشكل متساوٍ وسريع على المكان

المروحة



الشكل (5): يوضح مروحة اخراج الضباب

امكانية استخدام هذا الانبوب في ملء خزان المضببة بالمبيد او المحلول.

❖ مزود الطاقة الرئيسي Power supply :

يعتبر مزود الطاقة (Power Supply) ، كما موضح في الشكل (6) من الوحدات الرئيسية المهمة في اداء المضببة المصنعة كونه جهازًا مسؤولًا عن توفير الطاقة اللازمة لتشغيل الأجهزة الإلكترونية الأخرى. مبدأ عمل مزود الطاقة عن طريق تحويل التيار الكهربائي القادم من مصدر الطاقة الرئيسي (مثل القابس الكهربائي في الحائط) إلى الفولتية المطلوبة لتشغيل الجهاز بأمان، والتي كانت 24 فولت [9].



الشكل (6): يوضح مزود الطاقة الرئيسي

وأجهزة الاستشعار والأجهزة الذكية. يتميز Uno بسهولة استخدامه وتوافقه مع مجموعة واسعة من المكونات الإلكترونية والموصلات والحساسات. كما يتميز بمجموعة كبيرة من المنافذ الرقمية والتناظرية التي يمكن استخدامها لتوصيل مكونات إضافية وبرمجتها بسهولة باستخدام لغة البرمجة Arduino المبنية على C++ (OZDEMİRÇİ, 2020). وتستخدم كوحدة تحكم رئيسية في هذه الدائرة. تم برمجتها لتحويل إشارات التحكم إلى إشارات قابلة للفهم من قبل الآلة.



الشكل (7): يوضح وحدة المعالجة Arduino Uno

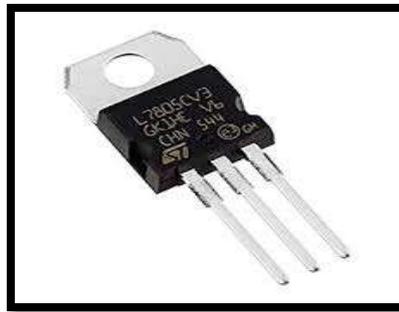
يمكن للمروحة العمل بثلاث سرع هواء مختلفة (2 ، 3 ، 4.9) م \ ثا . تعمل المروحة بأقصى جهد 24 فولت، وتكون متغيرة الفولتية حسب السرعة المطلوبة. ويترك مجال لتجمع الضباب المتكون ودفعه الى خارج جسم المضببة، يفضل توفير مسافة كافية ما بين مستوى المحلول او المبيد الموجود داخل الخزان الذي يغمر الوحدات المضببة في الخزان وبين المروحة المثبتة في غطاء الخزان من (15 - 20) سم . استخدم أنبوب بحجم 3 انج على جسم المضببة لغرض خروج الضباب المتكون من الوحدات المضببة وبزاوية ميل قصوى 45 درجة مما تسهم في تسهيل انسيابية خروج الضباب بشكل افضل وفعال. فضلا عن ذلك

❖ وحدة المعالجة Arduino Uno :

ان وحدة المعالجة Arduino Uno كما موضح في الشكل (7) واحدة من أكثر اللوحات الإلكترونية شيوعًا وشهرةً في عالم الإلكترونيات. يعتبر Uno وحدة تحكم مبرمجة (Microcontroller Board)، مصممة بواسطة شركة Arduino . يستخدم Uno لبناء وتطوير العديد من المشاريع الإلكترونية المختلفة مثل الروبوتات وأنظمة التتبع

❖ منظمات الجهد Voltage regulators

تعتبر منظمات الجهد كما موضح في الشكل (8) ضرورية في أداء هذا النوع من المضيبات الذكية لضمان إمداد تيار كهربائي ثابت ومستقر للمكونات الإلكترونية الأخرى، وحمايتها من التلف أو الفشل الناتج عن الاختلافات في توزيع الطاقة. إنها تلعب دوراً مهماً في شبكات توزيع الطاقة خاصة مع التكامل المتزايد لوحدات التوليد اللامركزية والأحمال. تُستخدم محولات الطاقة الإلكترونية بشكل شائع لربط هذه المصادر والأحمال بالشبكة الرئيسية [10]. تعد النمذجة والتوصيف الدقيق لمنظمات الجهد مثل VRMs ذات الوضع الحالي ضرورية للتنبؤ باستجابات الحمل العابر وتحليل سلوك شبكة توزيع الطاقة [11]. لقد ثبت مؤخرًا أن منظمات الجهد المدعومة بالإلكترونيات الطاقة (PEVRs) تخفف بشكل فعال من آثار الخلايا الكهروضوئية الشمسية عالية الاحتراق (PV) على أنظمة التوزيع مما يقلل من تباين الجهد المفرط وعمليات النقر [12]. يمكن تطبيق مخططات التحكم غير الخطية القوية القائمة على التحكم في الوضع المنزلق على تنظيم الجهد في شبكات التوزيع الكهربائي مما يتيح لها تعويض الجهد والخدمات المساعدة من أنظمة التوليد الموزعة [13]. يمكن أن توفر منظمات الجهد للأنظمة التي تعمل بالبطارية مميزات مفيدة كتقليل احتمالية حدوث تلف في دائرة تعمل بالطاقة بسبب جهد الإدخال العالي



الشكل (8): يوضح نوع من منظمات الجهد

وإطالة مدة تشغيل مصدر الطاقة مثل البطارية القابلة لإعادة الشحن [14].

تعمل هذه الأجهزة الموضحة بالشكل (8) على ضبط الجهد الكهربائي داخل الدائرة وتحافظ على قيمة محددة ثابتة حتى في حالة تغير جهد الامداد او التغيرات في مقاومة الحمل. ان هذا النوع من المضيبات الحديثة التي تعمل بالموجات فوق الصوتية تحتوي على ثلاثة انواع من منظمات للجهد :

المنظم الأول للجهد : يقدم تغذية بقيمة (5) فولت ويستخدم لتغذية البلوتوث والحساسات الرقمية التي تحتاج إلى قدرة كهربائية منخفضة وثابتة للعمل بكفاءة.

المنظم الثاني للجهد : يقدم تغذية بقيمة (10) فولت ويستخدم لتغذية الأردوينو، وهو نوع من الأجهزة الإلكترونية التي تتحكم في عملية التضييب وتنظيمها، وتقدم قدرة كهربائية مرتفعة لضمان أداء موثوق وسلس للعملية.

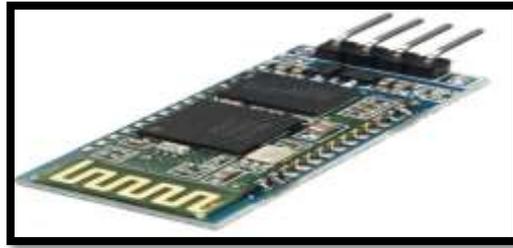
أما المنظم الثالث للجهد : فيوفر جهداً متغيراً خاصاً لتغذية المروحة. يستخدم هذا الجهد المتغير لضبط سرعة المروحة وبالتالي التحكم في كمية الهواء المستخدمة في عملية التضييب.

تعتبر هذه المنظمات الثلاثة جزءاً هاماً في المضيبات التي تعتمد في مبدأ عملها على الموجات فوق الصوتية لضمان توافق وكفاءة تشغيل الجهاز وتلبية متطلبات الطاقة اللازمة لكل جزء على حدة.

❖ وحدة البلوتوث :

[15]. تم استخدام وحدة البلوتوث HC-06 كما موضح في الشكل (9) وهي تعمل كوحدة استقبال وإرسال للبيانات عبر البلوتوث. حيث تأتي وحدة البلوتوث HC-06 في حجم صغير، وتعمل بمدى يتراوح بين 10 إلى 30 مترًا عندما لا يوجد عوائق بين الأجهزة المرتبطة. تعمل الوحدة على جهد تشغيل يتراوح بين 3.3 إلى 5 فولت، مما يجعلها متوافقة مع مجموعة واسعة من أجهزة التحكم مثل إعداد وتشغيل الوحدة، وسرعة الاتصال، وإمكانية تغيير اسم الوحدة، وتعيين رمز PIN ، تعتبر HC-06 وحدة اقتصادية وسهلة الاستخدام [16].

تم اختراع تقنية Bluetooth من قبل شركة الاتصالات Ericsson في عام 1994 وهي تقنية قصيرة المدى تستخدم موجات راديو UHF في نطاق ISM من 2.4 إلى 2.485 كيكاهرتز. تتم إدارتها بواسطة Bluetooth Special Interest Group (SIG) ولديها معدل بيانات إجمالي أقل من 1 ميكايت/ثانية، وقد انتشرت تقنية Bluetooth في جميع أنحاء العالم وتستخدم في تطبيقات مختلفة مثل تتبع جهات الاتصال



الشكل (9): يوضح وحدة البلوتوث HC-06

رقمية تعبر عن الرطوبة النسبية بناءً على الفرق في التوصيل الكابستيف بين الجزء المعدني في الحساس والبيئة المحيطة [18]. يمكن استخدام حساس DHT22 في مجموعة متنوعة من التطبيقات مثل أجهزة التحكم في المناخ والأجهزة الذكية ومحطات الطقس والمشاريع الإلكترونية الأخرى التي تتطلب رصدًا دقيقًا للرطوبة ودرجة الحرارة. يتميز DHT22 بقدرته على قياس درجة الحرارة مع دقة $0.5 \pm$ درجة مئوية ورطوبة الهواء مع دقة $\pm 2-5\%$ [19]. وقد تم استخدام جهازي استشعار من هذا النوع لقراءة درجة الحرارة والرطوبة النسبية في المحيط.

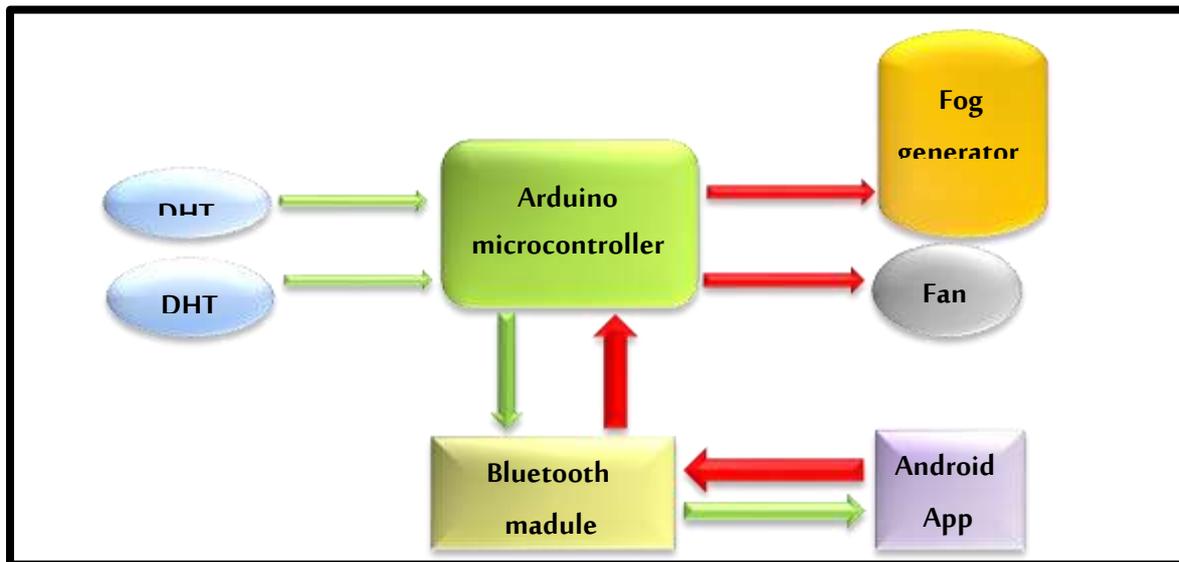
❖ هاز استشعار الرطوبة ودرجة الحرارة DHT22 :

مستشعر DHT22 كما موضح في الشكل (10) هو عبارة عن حساس للرطوبة ودرجة الحرارة يستخدم في تطبيقات متعددة. يتميز هذا النوع من المستشعرات بدقته وسهولة استخدامه وتوفره بتكلفة منخفضة. يعمل الحساس لغرض قياس الرطوبة النسبية في الجو ودرجة الحرارة المحيطة وإخراج قيم رقمية تعبر عن هذه القراءات [17]. يتكون حساس DHT22 من جهاز استشعار DHT22 ودائرة تحسس ودائرة لتحويل الإشارة الرقمية. يتم استخدام مستشعر DHT22 لقياس الرطوبة النسبية باستخدام تقنية الاستشعار الكابستيف. يتم تحويل إشارة الرطوبة المكتشفة إلى قيم



الشكل (10): يوضح مستشعر الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة المحيط

❖ تكامل الأجزاء والبرمجة :



الشكل (11): يوضح المخطط الكتلي للمشروع

وصورية توضح هذه القراءات . بالاعتماد على البيانات المقدمة من مستشعرات درجة الحرارة والرطوبة.

❖ واجهة التطبيق في الهاتف النقال لتشغيل الآلة :

يتضح من الشكل (12) واجهة تطبيق المضببة الذكية التي يمكن التحكم بها من خلال الهاتف النقال ، والتي تحتوي على تصميم مرئي يمكن للمستخدم التفاعل معه للتحكم في خصائص المضببة ، وزمن تشغيل وحداتها ، وسرعة المروحة ، وقراءة جهازي الاستشعار لدرجة الحرارة والرطوبة النسبية في المحيط. يوضح الجزء العلوي من الواجهة، ان هناك تصميم لخمس أزرار مخصصة في اجراء عملية الاختيار ، من بينها لتشغيل المضببات لفترة زمنية محددة، وتشمل هذه الأزرار: 5 دقائق، 15 دقيقة، 30 دقيقة، 45 دقيقة و60 دقيقة. حيث يتم تنفيذ العد التنازلي للمضببات للحفاظ على التوقيت المحدد. اما في القسم السفلي من الواجهة التي صممت و بثلاثة أزرار للتحكم في المروحة ، وبثلاث سرعات مختلفة لتحقيق التيار الهوائي المناسب. تتضمن هذه السرعات: 2 ، 3 و4.9 م/ثا. يمكن للمستخدم تحديد السرعة المناسبة للمروحة وفقاً لطبيعة المكان المراد معاملته ، وطبيعة تواجد الافة ، والظروف الجوية المحيطة بالمكان المعامل. وفيما يتعلق بجهاز الاستشعار لدرجة الحرارة والرطوبة النسبية، فإن وجود هذه المعلومات يتم عرضها بواسطة رسمين مرئيين على الواجهة. يعرض الرسم الأول درجة الحرارة المحيطة والرسم الثاني يعرض الرطوبة النسبية. فضلا عن ذلك، تُعرض قراءات رقمية لكل من درجة الحرارة والرطوبة النسبية لمساعدة المستخدم في معرفة القيم الدقيقة أثناء عملية التطبيق.

باستخدام هذه الواجهة المستخدمة في تطبيق الهاتف النقال، يمكن للمستخدم التحكم بسهولة وفعالية في المضببات والمروحة، ومراقبة درجة الحرارة والرطوبة النسبية في المحيط. يوفر هذا التصميم رؤية شاملة لجميع العوامل ذات الصلة لتحسين الراحة وإدارة استهلاك الطاقة في المكان المستخدم فيه هذا التطبيق.

في تقنية التضبيب بالموجات فوق الصوتية، تم استخدام وحدة Arduino Uno كوحدة معالجة لتلقي الأوامر من الهاتف النقال وتفيذها على آلة الضباب كما موضح في الشكل (11) ، حيث اتاح استخدام تكنولوجيا البلوتوث الذي تم ربطه مع وحدة المعالجة ، التواصل مع التطبيق المثبت على الهاتف النقال واستلام الأوامر. ونفذ ذلك من خلال برمجة وحدة المعالجة باستخدام لغة C++ البرمجية ، وتحميل تعليمات البرمجة المناسبة التي مكنت استلام الأوامر من الهاتف النقال والتحكم في آلة الضباب . وكذلك تم برمجة التطبيق على الهاتف النقال أيضاً لإرسال الأوامر إلى وحدة المعالجة باستخدام واجهة المستخدم الرسومية (GUI) (Graphical User Interface) وهي الطريقة التي يتفاعل بها المستخدم مع التطبيق على الهاتف النقال عن طريق استخدام الرسومات والرموز والأزرار. تهدف واجهة المستخدم الرسومية إلى تسهيل استخدام البرنامج وتحسين تجربة المستخدم عن طريق توفير واجهة بديهية وسهلة الاستخدام تعتمد على الصور والرسومات على التطبيق. اذ عند التفاعل مع التطبيق المثبت على الهاتف النقال، توفر وحدة المعالجة المركزية (MCU) (Microcontroller Unit) وهي نظام مدمج يتكون من وحدة المعالجة المركزية والذاكرة والمداخل والمخارج، التي تم برمجتها لتنفيذ إجراءات محددة على آلة الضباب. ان وحدة المعالجة وتطبيق الهاتف النقال يعملان معاً لتحقيق التحكم في عملية التضبيب بالموجات فوق الصوتية بطريقة مرنة وقابلة للتعديل وفقاً لاحتياجات المستخدم ، مثل تغيير الوقت المستغرق للتضبيب او تغيير سرعة المروحة في دفع الضباب لإتمام عملية المكافحة. بالإضافة الى ذلك تم استخدام جهازي استشعار لدرجة الحرارة والرطوبة في آلة الضباب بالموجات فوق الصوتية، وقد اصبح بإمكان المستخدم المراقبة والتحكم في العملية بشكل أفضل. حيث تم توصيل مستشعرات درجة الحرارة والرطوبة بوحدة المعالجة، وتعمل هذه المستشعرات على قياس الرطوبة النسبية في المكان المستهدف ودرجة الحرارة المحيطة وإخراج قيم رقمية



الشكل (12): يوضح واجهة التطبيق عند عمل المضببة المصممة

اوضحت نتائج التحليل الاحصائي في الجدول (1) ان العوامل الثلاثة عدد المضببات N ونوع الماء W وسرعة المروحة V كل على حدة كان لهم تأثير معنوي عند مستوى معنوية ($p < 0.01$). اما بالنسبة الى تأثير التداخلات الثنائية، نلاحظ ان هنالك فقط تأثير معنوي للتداخل بين عاملي عدد المضببات وسرعة المروحة عند مستوى معنوية ($p < 0.05$)، اما بالنسبة الى التداخل الثلاثي بين العوامل فقد كان هنالك تأثير معنوي واضح عند مستوى معنوية ($p < 0.01$).

❖ التحليل الاحصائي:

حللت بيانات التجربة احصائيا باستخدام التصميم العشوائي الكامل بأسلوب التجارب العاملية وباستخدام برنامج Genstat . وللمقارنة ما بين المعاملات التي درست، حسب اقل فرق معنوي عند مستوى احتمالي 0.01 لمعرفة المعنوية ما بين المعاملات المدروسة.

❖ النتائج والمناقشة:

تأثير عدد المضببات المكونة للمضببة ونوع الماء المستخدم وسرعة المروحة

جدول (1): يبين تحليل التباين ANOVA لتحديد وجود التأثيرات للعوامل .

Analysis of variance					
Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
N	2	21.6331259	10.8165630	21633.13	<.001 **
W	1	0.0124519	0.0124519	24.90	<.001**
V	2	0.0380704	0.0190352	38.07	<.001**
N.W	2	0.0007704	0.0003852	0.77	0.470
N.V	4	0.0068741	0.0017185	3.44	0.018*
W.V	2	0.0025148	0.0012574	2.51	0.095
N.W.V	4	0.0146963	0.0036741	7.35	<.001**
Residual		36	0.0180000	0.0005000	
Total			53	21.7265037	

**لها تأثير معنوي عند مستوى معنوية (0.01)

*لها تأثير معنوي عند مستوى معنوية (0.05)

جدول (2) : يبين قيم المتوسطات

Tables of means			
Grand mean 1.2041			
N	1	2	3
	0.4100	1.2433	1.9589
W	1	2	
	1.2193	1.1889	
V	1	2	3
	1.2306	1.2139	1.1678

N	W	1	2				
1		0.4267	0.3933				
2		1.2533	1.2333				
3		1.9778	1.9400				
N	V	1	2	3			
1		0.4217	0.4217	0.3867			
2		1.2667	1.2500	1.2133			
3		2.0033	1.9700	1.9033			
W	V	1	2	3			
1		1.2500	1.2344	1.1733			
2		1.2111	1.1933	1.1622			
	W	1	2				
N	V	1	2	3	1	2	3
1		0.4367	0.4367	0.4067	0.4067	0.4067	0.3667
2		1.2733	1.2533	1.2333	1.2600	1.2467	1.1933
3		2.0400	2.0133	1.8800	1.9667	1.9267	1.9267

جدول (3) : يبين قيم اختبار اقل فرق معنوي LSD

Least significant differences of means (LSD) (5% level)				
Table	N	W	V	N
				W
rep.	18	27	18	9
d.f.	36	36	36	36
l.s.d.	0.01512	0.01234	0.01512	0.02138
Table	N	W	N	
	V	V	W	V
rep.	6	9	3	
d.f.	36	36	36	
l.s.d.	0.02618	0.02138	0.03703	

1- العامل الاول عدد المضبببات N .

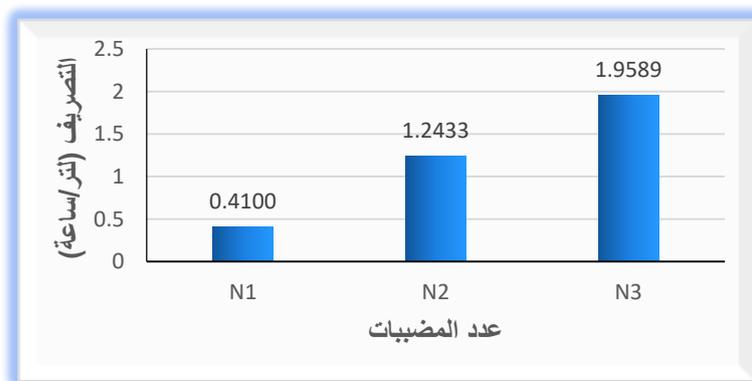
نلاحظ من قيم المتوسطات لعامل عدد المضبببات N والموضح بالشكل (13) بعد ترتيبها بشكل تنازلي وبالمقارنة مع قيمة LSD والمساوية الى (0.015) نستنتج ان الفرق بين N3 و N2 والمساوي الى (0.715) كان اعلى من قيمة LSD المناظرة وذلك يشير الى ان عدد المضبببات N3 والمتمثل ب 10 مضبببات هو

من خلال الجدولين اعلاه (2) و (3) والمتمثلين بكل من قيم المتوسطات وقيم اختبار اقل فرق معنوي LSD تم تحديد كفاءة المستويات للعوامل وبكل الحالات المنفردة وفي حالة التفاعلات.

N	N1	N2	≠	N3
Mean	0.4100	1.2433		1.9589

الافضل ، لان اعلى تصريف تم الحصول عليه عند N3 ، وبالتالي الحصول على انتاج اكبر كمية من الضباب لاجراء عملية المكافحة بكفاءة عالية .

N1 : مضببة واحدة N2 : خمسة مضببات N3 : عشرة مضببات



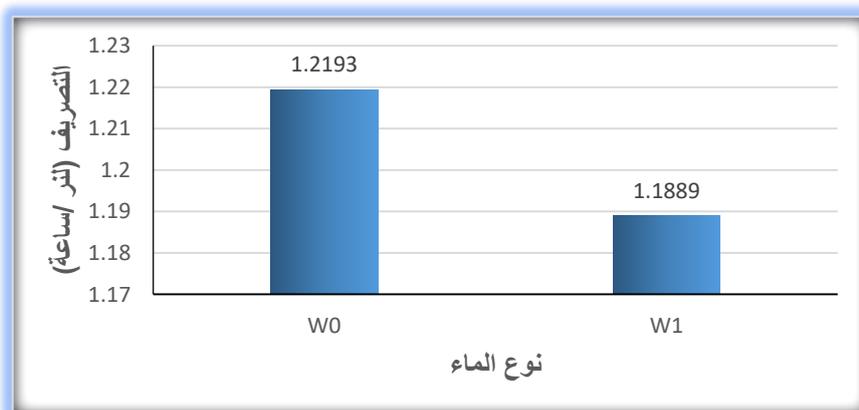
الشكل (13): يوضح العلاقة بين عدد المضببات الفاعلة في المضببة في معدل التصريف بوحدة الزمن

لانه ماء نقي وخالي من الشوائب والاملاح مقارنة بماء الاسالة W1 والذي من الممكن احتوائه على نسب معينة من الشوائب والاملاح .

W	W1	≠	W0
Mean	1.1889		1.2193
	W1 : ماء الاسالة		W0 : ماء مقطر

2- العامل الثاني نوع الماء W .

نلاحظ من قيم المتوسطات لعامل نوع الماء الموضح بالشكل (14) بعد ترتيبها بشكل تنازلي وبالمقارنة مع قيمة LSD والمساوية الى (0.012) نستنتج ان الفرق بين المستويين والمساوي الى (0.030) كان اعلى من قيمة LSD المناظرة وذلك يشير الى ان نوع المياه W0 والمتمثل بالماء المقطر هو الافضل ،



الشكل (14): يوضح تأثير نوعية المياه المستخدمة في التضبيب في مقدار التصريف بوحدة الزمن

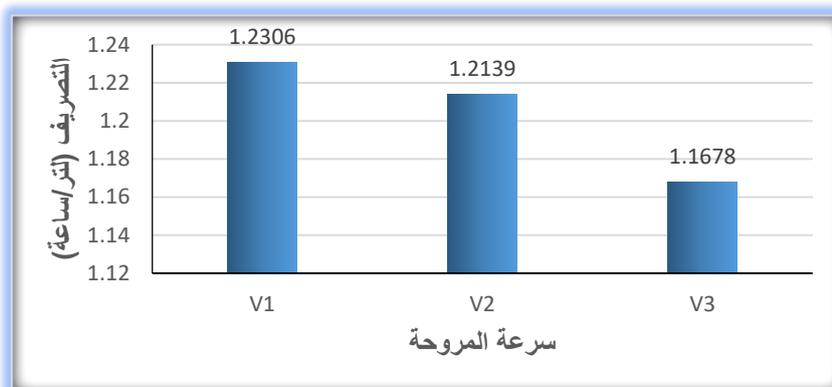
المروحة V1 والمساوية الى 2 مآثا هي الافضل ، وذلك لان سرعة المروحة V1 تولد تيار هوائي قليل يقوم بدفع الضباب الى خارج الالة ، ولايؤثر على عملية التضبيب . اما في سرعة المروحة V2 والمساوية الى 3 مآثا فإنها تقوم بتوليد تيار هوائي

3- العامل الثالث سرعة المروحة V .

نلاحظ من قيم المتوسطات لعامل سرعة المروحة الموضح بالشكل (15) بعد ترتيبها بشكل تنازلي وبالمقارنة مع قيمة L.S.D والمساوية الى (0.015) نستنتج ان الفرق بين V1 و V2 كان اعلى من قيمة L.S.D المناظرة وذلك يشير الى ان سرعة

V	V3	V2	≠	V1
Mean	1.1678	1.2139		1.2306
V1 : السرعة الأولى 2 مآثا				
V2 : السرعة الثانية 3 مآثا				
V3 : السرعة الثالثة 4.9 مآثا				

عالي يؤدي الى تكاثف جزء من الضباب . وبالتالي الحصول على
تصريف اقل مما هو عليه في السرعة V1 .



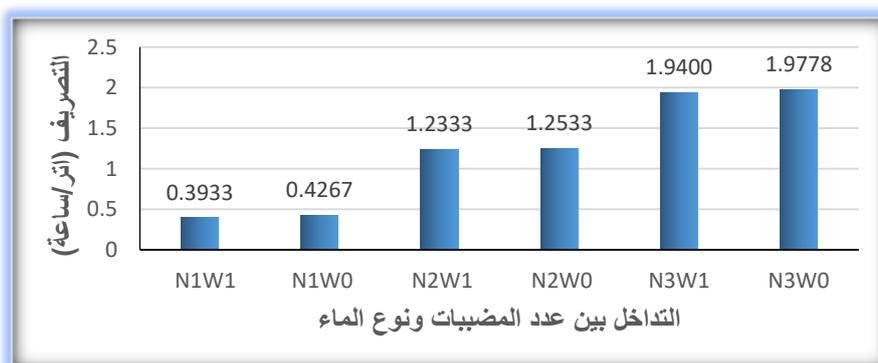
الشكل (15): يوضح تأثير سرعة المروحة المثبتة على المضببة في مقدار التصريف بوحدة الزمن

المضببات 10 ونوع الماء W0 والمتمثل بالماء المقطر كان هو
افضل شئ ، نتيجة للحصول على اعلى تصريف عند N3
بالإضافة الى خلو نوع الماء W0 من الشوائب والأملاح ،
وبالنسبة لباقي التداخلات تتراوح الكفاءة حسب قيم المتوسطات
ادناه.

4- التداخل بين العاملين عدد المضببات ونوع الماء .

نلاحظ من مقارنة الفروق بين المتوسطات الموضحة
بالشكل (16) للتفاعل بين العاملين مع قيمة L.S.D والمساوية الى
(0.021) نجد ان التداخل عندما تكون N3 والمتمثلة بعدد

NW	N1W1	N1W0	N2W1	N2W0	N3W1	≠	N3W0
Mean	0.3933	0.4267	1.2333	1.2533	1.9400		1.9778



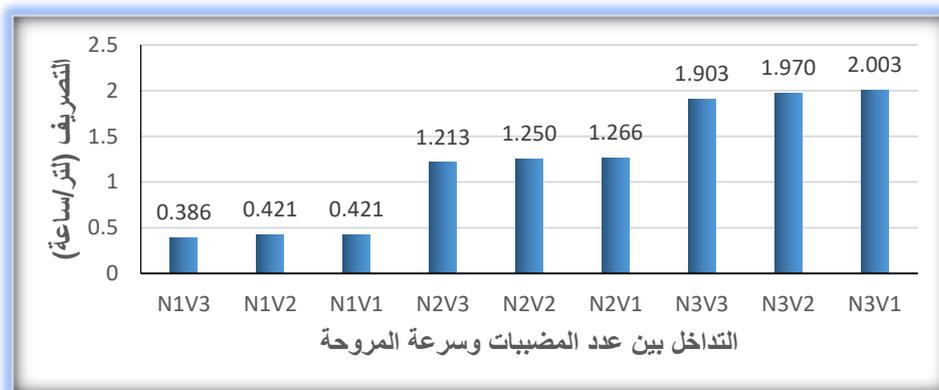
الشكل (16): يوضح التداخل بين عدد المضببات العاملة في المضببة ونوعية المياه المستخدمة في التصبيب على معدل التصريف
بوحدة الزمن

المضببات 10 وسرعة المروحة V1 والمتمثلة بـ 2 مآثا كان هو
افضل شئ ، نتيجة للحصول على اعلى تصريف عند N3
بالإضافة الى قلة تيار الهواء في سرعة المروحة V1 وعدم تأثيره

5- التداخل بين العاملين عدد المضببات وسرعة المروحة .

نلاحظ من مقارنة الفروق بين المتوسطات الموضحة
بالشكل (17) للتفاعل بين العاملين مع قيمة LSD والمساوية الى
(0.02618) نجد ان التداخل عندما تكون N3 والمتمثلة بعدد

	حسب قيم المتوسطات ادناه.			على عمل المضيبات ، وبالنسبة لباقي التداخلات تتراوح الكفاءة					
NV	N1V3	N1V2	N1V1	N2V3	N2V2	N2V1	N3V3	N3V2	≠ N3V1
Mean	0.386	0.421	0.421	1.213	1.250	1.266	1.903	1.970	2.003



الشكل (17): يوضح التداخل الثنائي بين عدد المضيبات العاملة في المضيبة وسرعة المروحة في كمية التصريف بوحدة الزمن

الافضل من بين التداخلات وذلك لان قيم الفروق اعلى من قيمة LSD. نتيجة الى ان نوع الماء W0 خالي من الشوائب والاملاح ، وسرعة المروحة V1 تولد تيار هواء قليل لا يؤثر على عمل المضيبات. اما سرعة المروحة V2 التي تولد تيار اعلى فكان لها تأثير بسيط جداً على عمل المضيبات أدى الى تكاثف جزء قليل من الضباب .

WV	W1V3	W0V3	W1V2	W1V1	≠ W0V2	= W0V1
Mean	1.1622	1.1733	1.1933	1.2111	1.2344	1.2500



الشكل (18): يوضح التداخل الثنائي بين نوعية المياه وسرعة المروحة في معدل التصريف بوحدة الزمن

ترتيبها بشكل تنازلي وبالمقارنة مع قيمة L.S.D المساوية الى N3W0V1) نستنتج ان التداخلات الثلاثية بين (0.037) والمتمثلة باستعمال عدد المضيبات 10 مع نوع الماء المقطر وسرعة المروحة 2 مآثا كانت الافضل وبالتساوي بالأفضلية مع

6- التداخل بين نوع الماء وسرعة المروحة .

نلاحظ من مقارنة الفروق بين المتوسطات الموضحة بالشكل (18) للتفاعل بين العاملين مع قيمة L.S.D والمساوية الى (0.021) نجد ان التداخل بين W0V1 والمتمثل باستعمال الماء المقطر مع سرعة المروحة 2 مآثا ، وايضا التداخل بين W0V2 والمتمثل باستعمال الماء المقطر مع سرعة المروحة 3 مآثا كانوا

7- التداخل الثلاثي بين العوامل عدد المضيبات ونوع الماء وسرعة المروحة .

نلاحظ من مقارنة الفروقات بين المتوسطات الموضحة بالشكل (19) للتداخل بين العوامل الثلاثة مع بعض وذلك بعد

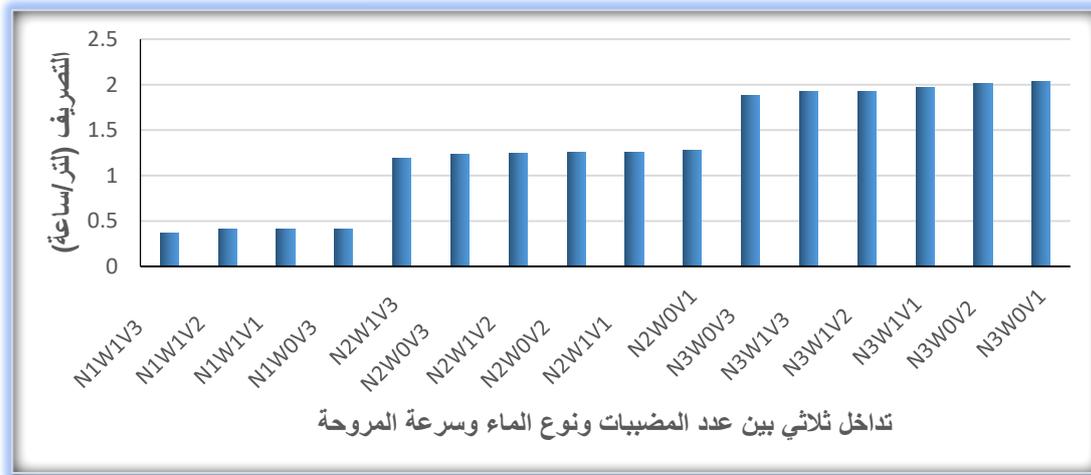
الشوائب والاملاح ، وسرعة المروحة V1 تولد تيار هواء قليل لايؤثر على عمل المضببات. اما سرعة المروحة V2 التي تولد تيار اعلى فكان لها تاثير بسيط جداً على عمل المضببات أدى الى تكاتف جزء قليل من الضباب .

التداخل N3W0V2 والمتمثلة باستعمال عدد المضببات 10 مع نوع الماء المقطر وسرعة المروحة 3 م/ثا، وذلك لان فروق المتوسطات كانت اعلى من قيمة LSD . نتيجة للحصول على اعلى تصريف عند N3 ، واستعمال نوع الماء W0 الخالي من

NWV/	N1W1V3	N1W1V2	N1W1V1	N1W0V3	N2W1V3
	0.3667	0.4067	0.4067	0.4067	1.1933

N2W0V3	N2W1V2	N2W0V2	N2W1V1	N2W0V1
1.2333	1.2467	1.2533	1.2600	1.2733

N3W0V3	N3W1V3	N3W1V2	N3W1V1	N3W0V2	N3W0V1
1.8800	1.9267	1.9267	1.9667	2.0133	2.0400



الشكل (19): يوضح التداخل الثلاثي بين عدد المضببات العاملة في المضببة ونوعية المياه المستخدمة وسرعة المروحة في معدل التصريف بوحدة الزمن

الاستنتاجات

بشكل كبير. هذا يعني أنه يمكن توفير المال عن طريق تقليل

التكاليف المرتبطة بشراء المبيد.

2. زيادة الكفاءة: تقنية الموجات فوق الصوتية تسمح بتوزيع

المبيد بشكل متساوي وفعال في الهواء، مما يؤدي إلى زيادة

كفاءة استخدام المبيد وتحسين نتائج مكافحة. هذا يعني أنه

يمكن تحقيق توفير في الوقت والجهد المستخدمين في عملية

المكافحة.

استخدام آلة الضباب التي تعمل بتقنية الموجات فوق الصوتية يمكن أن يكون لها عدة جوانب اقتصادية مهمة. وفيما يلي بعض الجوانب التي يمكن أن تساهم في الجدوى الاقتصادية لاستخدام هذه الآلة :

1. توفير المبيد: يعمل تحويل المبيد إلى ضباب باستخدام تقنية

الموجات فوق الصوتية على تقليل كمية المبيد المستخدمة

3. حماية البيئة: باستخدام كمية أقل من المبيد، يمكن تقليل التأثيرات السلبية على البيئة والحياة البرية. هذا يعني أنه يمكن تقليل التكاليف المرتبطة بمكافحة التلوث واستعادة التوازن البيئي.
4. زيادة الأمان: تقنية الموجات فوق الصوتية تعمل على تحويل المبيد إلى ضباب دقيق يمكن أن يصل إلى الأماكن الصعبة الوصول، مما يزيد من فعالية عملية مكافحة ويحسن الحماية من الآفات. هذا يعني أنه يمكن تقليل التكاليف المرتبطة بالخسائر الزراعية والتلف الناتج عن الآفات.
5. زيادة السلامة: استخدام آلة الضباب بتقنية الموجات فوق الصوتية يمكن أن تساهم في زيادة السلامة للعاملين على تطبيق المبيد. حيث يتم التحكم بالالة إلكترونياً عن بعد، مما يجنب التعرض المباشر للمبيد ويحمي العاملين من أي آثار جانبية سلبية.
- التوصيات**
- ان التحسينات المستقبلية وتطوير التكنولوجيا لآلات الضباب التي تستخدم الموجات فوق الصوتية تشمل عدة جوانب منها :-
1. زيادة الكفاءة: العمل على تحسين كفاءة أجهزة الضباب عن طريق تحسين عملية تحويل السائل إلى بخار وتقليل الطاقة المطلوبة لذلك. قد تشمل التحسينات استخدام مواد أكثر كفاءة وتصاميم هندسية جديدة لزيادة نسبة التحويل.
 2. تقليل الحجم والوزن: العمل على تحقيق تطورات في تقنيات التصنيع والتصميم لتقليل حجم ووزن الأجهزة التي تستخدم تقنية الموجات فوق الصوتية، وهذا يسمح بتطبيقها في مجموعة أوسع من الصناعات والتطبيقات.
 3. زيادة مستويات الأمان: الاهتمام بزيادة مستويات الأمان في تصميم آلات الضباب المستندة إلى الموجات فوق الصوتية. قد يشمل ذلك تطوير أجهزة لمراقبة درجات الحرارة والضغط وتنظيم عملية التضبيب بشكل أكثر دقة وأماناً.
 4. زيادة مجال التطبيق: العمل على تحسين كفاءة وأداء آلات الضباب التي تعمل بالموجات فوق الصوتية لتوسيع مجالات تطبيقها. يمكن استخدام تقنية الموجات فوق الصوتية في تطبيقات مثل التنقية، وتحلية المياه، وتحسين عملية الإنتاج في الصناعات المختلفة.
 5. تطبيقات متعددة: العمل على استكشاف وتطوير تطبيقات جديدة لتقنية الموجات فوق الصوتية في مجالات مختلفة، مثل الطب والطب الحيوي والهندسة الكيميائية والغذائية.
6. تحسين التحكم والتشغيل: العمل على تحسين أنظمة التحكم والتشغيل لآلات الضباب التي تعمل بالموجات فوق الصوتية، مما يتيح ضبط العملية بشكل أكثر دقة وسهولة.
- بالمجمل، يتم التركيز على تحسين كفاءة وأداء أجهزة الضباب التي تعمل بالموجات فوق الصوتية، وتوسيع مجالات تطبيقها وزيادة مستويات الأمان في استخدامها.
- المصادر**
- [1] Sawicka B, Egbuna C. Pests of Agricultural Crops and Control Measures. Nat. Remedies Pest Dis. Weed Control, Elsevier; 2020, p. 1–16. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819304-4.00001-4>.
- [2] Kona-Boun J-J. Anthropogenic suffering of farmed animals: the other side of zoonoses. Anim Sentience 2020;5. <https://doi.org/10.51291/2377-7478.1207>.
- [3] Chen T, Lv L, Wang D, Zhang J, Yang Y, Zhao Z, et al. Revolutionizing Agrifood Systems with Artificial Intelligence: A Survey 2023. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2305.01899>.
- [4] Rakib Uddin M, Suliaman MF. Energy efficient smart indoor fogponics farming system. IOP Conf Ser Earth Environ Sci 2021;673:012012. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/673/1/012012>.
- [5] Chong KP, Zhu S. Innovative technologies in manufacturing, mechanics and smart civil infrastructure. Int J Smart Nano Mater 2018;9:261–78. <https://doi.org/10.1080/19475411.2017.1376359>.
- [6] Xue H, Hu J. A liquid power-ultrasound based green fabrication process for flexible strain

- Trans Electromagn Compat 2022;64:524–35.
<https://doi.org/10.1109/TEMC.2021.3123338>.
- [12] DSouza K, Wang Y, Cakir G, Baran M, Zhao T. Power Electronics Assisted Voltage Regulator: An Effective Solution for Mitigating Voltage Variations Caused by High Penetration PV on a Distribution System. 2021 IEEE 12th Int. Symp. Power Electron. Distrib. Gener. Syst. PEDG, Chicago, IL, USA: IEEE; 2021, p. 1–5.
<https://doi.org/10.1109/PEDG51384.2021.9494246>.
- [13] Ahmed I, Ahmad I, Ahmed S, Adil HMM. Robust nonlinear control of battery electric vehicle charger in grid to vehicle applications. J Energy Storage 2021;42:103039.
<https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103039>.
- [14] Liu W, Placke T, Chau KT. Overview of batteries and battery management for electric vehicles. Energy Rep 2022;8:4058–84.
<https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.03.016>.
- [15] Zeadally S, Siddiqui F, Baig Z. 25 Years of Bluetooth Technology. Future Internet 2019;11:194.
<https://doi.org/10.3390/fi11090194>.
- [16] Zhang Pei, Li Weidong, Wang Jing, Wang Youzhen. Bluetooth-the fastest developing wireless technology. WCC 2000 - ICCT 2000 2000 Int. Conf. Commun. Technol. Proc. Cat No00EX420, vol. 2, Beijing, China: IEEE; 2000, p. 1657–64.
<https://doi.org/10.1109/ICCT.2000.890977>.
- [17] Puspasari F, Satya TP, Oktiawati UY, Fahrurrozi I, Prisyanti H. Analisis Akurasi Sistem sensor DHT22 berbasis Arduino terhadap Thermohyrometer Standar. J Fis Dan Apl 2020;16:40.
sensors at room temperature and normal pressure. Sens Actuators Phys 2021;329:112822.
<https://doi.org/10.1016/j.sna.2021.112822>.
- [7] Feng D, Ferrasse J-H, Soric A, Boutin O. Bubble characterization and gas–liquid interfacial area in two phase gas–liquid system in bubble column at low Reynolds number and high temperature and pressure. Chem Eng Res Des 2019;144:95–106.
<https://doi.org/10.1016/j.cherd.2019.02.001>.
- [8] Larionov AN. Influence of pressure and temperature on the attenuation of ultrasound in the nematic phase of the liquid crystal working medium of technical devices in the vicinity of phase transition point. IOP Conf Ser Earth Environ Sci 2021;659:012078.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/659/1/012078>.
- [9] Effendi K, Junaidi, Suciwati SW. Rancang Bangun Sistem Catu Daya dengan Metode Switching Mode Power Supply (SMPS) Berbasis Arduino Untuk Aplikasi Electrospinner. J Teori Dan Apl Fis 2020;8:25–34.
- [10] Kortenbruck J, Premgamone T, Ortjohann E, Holtschulte D, Schmelter A, Varada SD. Harmonic voltage compensation with power electronic grid regulator based on symmetrical components. 2022 Int. Symp. Power Electron. Electr. Drives Autom. Motion SPEEDAM, Sorrento, Italy: IEEE; 2022, p. 130–6.
<https://doi.org/10.1109/SPEEDAM53979.2022.9842118>.
- [11] Sun J, Yan Y, Wang H, Chen E, Wu K, Fan J. Topology-Based Accurate Modeling of Current-Mode Voltage Regulator Modules for Power Distribution Network Design. IEEE

<https://doi.org/10.12962/j24604682.v16i1.577>

6.

[18] Sihombing YA, Listiari S. Detection of air temperature, humidity and soil pH by using DHT22 and pH sensor based Arduino nano microcontroller, Medan, Indonesia: 2020, p. 100008. <https://doi.org/10.1063/5.0003115>.

[19] Adhiwibowo W, Daru AF, Hirzan AM. Temperature and Humidity Monitoring Using DHT22 Sensor and Cayenne API. J Transform 2020;17:209.

<https://doi.org/10.26623/transformatika.v17i2>.

1820.