تقليل التلوث السمعي الصادر من المولدات الكهربائية الصغيرة

م.د. حسين صادق سلطان	م.د. عمار علي عجيمي	م.د. ظافر مانع حاجم
كلية الهندسة	كلية الهندسة	الكلية التقنية/ نجف
جامعة البصرة	جامعة البصرة	هيئة التعليم التقني

الخلاصة:

تعتبر الضوضاء من المشاكل الكبيرة التي تعاني منها المدن المزدحمة. يهدف البحث الى تقليل او تخميد الضوضاء الصادرة من المولدات الكهربائية الصغيرة وذلك بعزلها بمواد متوفرة ذات كلفة منخفضة.حيث تم في هذه الدراسة عزل مولد كهربائي صغير باستخدام ثلاثة مواد عازلة, ثم قياس شدة الصوت للموجة الصوتية الصادرة نتيجة عمل المولد قبل وبعد العزل واختيار المادة المثلى للعزل. اقتصرت الدراسة على استخدام ثلاثة مواد عازلة محلية متوفرة بشكل واسع وهي(الفايبر, كارتون طبقات البيض,الاسفنج). حيث بينت الدراسة ان عازلية الاسفنج هي الافضل والسبب هو ان الاسفنج يحتوي على الكثير من الفجوات الصغيرة التي تسبب ممانعة عالية لنقل الطاقة الصوتية.

REDUCE NOISE POLLUTION OF SMALL GENERATORS

Dr. Hussein Sadeq Sultan	**Dr. Ammar Ali Ojimi**	**Dr. Dhafeer Manee Hachim**
Engineering College	**Engineering College**	**Technical College of Najaf**
University of Basrah	**University of Basrah**	**Foundation of Technical Education**

Abstract:

Noise pollution represents one of the greatest problems in the large cities. In this study the noise caused by the working of small electric generators was reduced by insulating the generators by using some available and cheaper materials. The noise generated was measured before and after the insulation of the generators for each of the three materials used in this study. The study was limited to the use of three local dielectric materials widely available is (Fiber, egg cartons layers, sponge). This showed that the sponge is the best insulation and the reason is that the sponge contains a lot of small gaps that cause high resistance to the transfer of acoustic energy.

1.1. المقدمة

تعتبر الضوضاء من المواضيع المهمة التي استقطبت اهتمام المهندسين والباحثين في المجال العملي وذلك للسيطرة عليها والحد من تأثيراتها السلبية على الحياة. ومن الادبيات التي درست التلوث الضوضائي قام الباحث **عصام عيسى عمران وأخرون [1]** بتحليل مستوى الضغط الصوتي المنبعث من المكائن الانتاجية واثره في التلوث الضوضائي داخل معمل الاكياس البلاستيكية التابع لشركة الفرات العامة للصناعات الكيمياوية, اظهرت النتائج ان مستوى الضوضاء في اغلب مواقع العمل تجاوز الحدود المسموحة, كذلك اشار البحث الى اساليب معالجة التلوث الضوضائي ومنها استعمال المساند المطاطية حيث قللت من التلوث بنسبة 33,5 %. اما الباحثان **سحر سعيد قاسم و علي زوزان علي [2]** قامو بدراسة تأثير التلوث الضوضائي للمولدات الاهلية في الجانب الايمن من مدينة الموصل, من النتائج التي تم التوصل اليها ان مسافة التلوث بالضوضاء تقدر من 50م الى 250 م وان المولدات الكهربائية تعتبر من مصادر التلوث البيئي الكبرى في القطر. من جانب اخر قام الباحث **عبد الرحمن مردان واخرون [3]** بدراسة التلوث الضوضائي في مدينة الزبير وقياس مستويات الضوضاء الناجمة منها, ومقارنتها مع الحدود المسموح بها دولياً. حيث اعتمد اسلوب البحث بأجراء قياسات ميدانية للاهم مصادر الضوضاء في مدينة الزبير, وقد استخدم لهذا الغرض جهاز قياس مستوى الضوضاء بوحدة قياس الديسيبيل وقد بينت هذه الدراسة ان الضوضاء الناتجة عن الاجهزة المنزلية ومولدات الكهرباء المنزلية احتلت المرتبة الاولى في تأثيرها على السكان بنسبة 40,5 % وقد سجلت اعلى المستويات في مولدات البنزين الصغيرة التي تستخدم في المنازل حيث تتراوح شدة ضغط الصوت مابين (44–51) ديسبيل داخل المنزل. ومن الادبيات التي تناولت موضوع التلوث الضوضائي الباحث **حسين شاكر البحراني [4]** تضمنت دراسة الضوضاء المختلفة التي يتعرض لها الانسان في مدينتي النجف والكوفة, من خلال استبيان وزع في المدينتين. حيث اوضحت نتيجة الاستبيان بأن المواطن في هاتين المدينتين يعاني من ستة مصادر تسبب الضوضاء, اهم هذه المصادر كانت الضوضاء الناتجة من صوت المولدات حيث بلغت النسبة 52% من المواطنين بألاضافة الى المصادر الاخرى, حيث بينت هذه الدراسة ان شدة ضغط الصوت الناتج من المولدات الكهربائية تتراوح بين (70–92) ديسيبل اعتماداً على حجم ونوع المولدة وطريقة تشغيلها.

ففي الوقت الحاضر وبعد تدهور التيار الكهربائي فلا نجد بيت او منطقة صناعية وتجارية تخلو من المولدات الكهربائية وهي غالبا ما تولد ضوضاء لها تأثيرها على البيئة والصحة مثل الغضب والتوتر والأرق وارتفاع ضغط الدم والتعرض له لفترة طويلة قد يؤدي الى اعاقة السمع مما جعلنا نهتم باختيار هذا الموضوع في دراستنا الحالية وتشخيص مستويات الضجيج وامكانية ايجاد حلول محلية لهذه الظاهرة . لذالك فان الهدف من هذه الدراسة هو تقليل او تخميد الضوضاء الصادرة من المولدات الكهربائية الصغيرة وذلك بعزلها بمواد متوفرة ذات كلفة منخفضة.

1. 2. الضوضاء (التلوث السمعي)

التلوث الضوضائي هو خليط متنافر من الأصوات ذات استمرارية غير مرغوب فيها، وتحدث عادة بسبب التقدم الصناعي، يرتبط التلوث السمعي أو الضوضائي ارتباطاً وثيقاً في الأماكن المتقدمة وخاصة الأماكن الصناعية. وتقاس عادةً بمقاييس مستوى الصوت، والديسيبل هي الوحدة المعروفة عالمياً لقياس الصوت وشدة الضوضاء.[5]

1. انواع التلوث السمعي

- تلوث مزمن: هو تعرض دائم ومستمر لمصدر الضوضاء وقد يحدث ضعف مستديم في السمع.
- تلوث مؤقت ذو أضرار فسيولوجية: وهو تعرض لفترات محدودة لمصدر أو مصادر الضوضاء ومثال ذلك التعرض للمفرقعات، ويؤدي إلى إصابة الأذن الوسطى وقد تحدث تلف داخلي.
- تلوث مؤقت دون ضرر: تعرض لفترة محدودة لمصدر ضوضاء، كضجيج الشوارع والأماكن المزدحمة أو الورش، ويؤدي إلى ضعف مؤقت في السمع يعود لحالته الطبيعية بعد فترة بسيطة.[6]

2. الاثار المترتبة على التلوث السمعي

لا توجد وسيلة دقيقة لتعيين نوع العلاقة بين الضوضاء والآثار الناتجة عنه، لأن هذه الآثار تختلف من شخص لآخر، وهي تعتمد على عدة عوامل، منها:

- شدة الصوت ودرجته، ويتناسب التأثير وشدة الخطورة طردياً مع فترة التعرض.
- حدة الصوت، الأصوات الحادة أكثر تأثيراً من الغليظة.
- المسافة من مصدر الصوت، كلما قلت المسافة زاد التأثير.
- فجائية الصوت، فالصوت المفاجئ أكثر تأثيراُ من الضجة المستمرة.

نوع العمل الذي يزاوله الإنسان أثناء تعرضه للضوضاء، مثل الأعمال التي تحتاج لتركيز شديد غير الأعمال العادية.

1. 3. ضوضاء محركات الاحتراق الداخلي

أن محركات الاحتراق الداخلي ذات تطبيقات كثيرة في الحياة العملية مثل وسائط النقل ومولدات التيار الكهربائي و....الخ ,وهي وسائل استخدمت لراحة الإنسان حيث بدأت الدراسات المكثفة لتحسين أدائها جنبا الى جنب لمراعاة تقليل الضوضاء الناتج عن احتراق الوقود المستعمل لتشغيلها حيث فكر المهندسين في أيجاد محركات ذات كفاءة عالية وبدون ضوضاء و يمكن تصنيف ضوضاء المحركات الى : [8]

1. ضوضاء الديناميكا الهوائية

تتضمن ضوضاء الغاز الخارج والهواء الداخل بالإضافة الى الضوضاء المتولدة بواسطة مراوح التبريد والمراوح الإضافية وجريان الهواء بصورة عامة.[9]

2. ضوضاء الاحتراق

تشير الى الضوضاء المنبعثة من اهتزاز سطوح تركيب المحرك وأجزاء المحرك نتيجة الطاقة العالية المتولدة من احتراق الوقود والتي تشكل معظم الضوضاء الصادرة من المولد.[8]

3. ضوضاء اخرى

تتمثل بمعظم الضوضاء الاخرى المتولدة مثل خروج غازات العادم والضوضاء الصادر عن الوحدات الثانوية لتوليد الطاقة الكهربائية.

1. 4. المواد الصوتية

المواد الصوتية هي تلك المواد التي يكون لها القدرة على تخفيف حدة الصوت تبعا لتركيبها او لسلوكها الفيزيائي او لكليهما , حيث تستخدم هذه المواد من اجل العزل الصوتي او تقليل الضوضاء او حتى تنقية الاصوات مثل استوديوهات التسجيل الصوتي .

وتصنف المواد الصوتية حسب طبيعتها الى :

1. المواد الماصة للصوت

تعتبر من اهم المواد في عزل الصوت ,حيث تعتمد على طبيعة الصوت بانه طاقة موجية وبالتالي لتركيب هذه المواد القدرة على امتصاص طاقة الموجة الصوتية.

حيث يكون المقياس الذي يصف هذه المواد هو معامل الامتصاص والذي يعتمد على زاوية سقوط الموجة الصوتية والتردد وتتراوح قيمته من صفر الى واحد مثل الصوف الزجاجي الصوف الصخري ....الخ.[10]

2. المواد الحاجزة للصوت

الصفة التي تتميز بها هذه المواد كثافة الكتله السطحية والتخميد العالي الداخلي الذي تمتلكه الليونة مثل صفائح الرصاص . مقياس هذا النوع من المواد هو النفوذية .[12]

3. المواد المشتتة للصوت

تعتمد على قابليتها على تشتيت طاقة الموجة الصوتية وذلك من خلال الانعكاسات الصوتية المتشتتة باتجهات متعددة وضياع طاقة الموجة الصوتية.

1. 5. الفقدان الصوتي

عندما تسقط الموجة الصوتية الصادرة من المصدر على احد الجدران او القواطع سوف ينعكس جزء منها والجزء الاخر يمتص من قبل مادة الجدار والجزء الاخير من الطاقة الصوتية ينفذ خلال الجدار.

العزل الصوتي هو قابلية القطعة على مقاومة اخذ الطاقة الصوتية وتحويلها الى طاقة اهتزازية والتفسير الفيزيائي و الميكانيكي لهذه الظاهرة هو ان الموجات الصوتية عندما تقابل السطح فان جزيئات الهواء تصدم السطح وتجد من السهولة ان تمدد وتحرك هذا السطح فان العزل الصوتي يعني الممانعة التي تبديها المادة للتحرك تحت تاثير الضغط الصوتي .

بينما تعرف النفوذية بانها النسبة بين شدة الصوت النافذ من المادة الى شدة الصوت الساقط عليها . وتعتمد على سمك المادة ومدى الترددات وزاوية سقوط الصوت على الحاجز.[12]

وفيما يلي بعض المواد المحلية التي يمكن ان تستخدم كعازل للصوت مبينة في الجدول (1-1) [19]

جدول (1-1) المواد العازلة للصوت

المادة	السمك (mm)	الفقدان الصوتي (dB)
زجاج محلي	6	28
فايبر كلاس	40	26
ليف النخيل	50	25.7
بلاستك شفاف	12	25.7
خشب مضغوط (ماليزي)	12	25.1
كارتون محلي	3	10.6

2. 1. التجربة وطرق القياس

بعدما تعرضنا في الجزء الاول الى اضرار الضوضاء وتاثيرها السلبي فكان لابد من التفكير بطريقة تمكننا من تقليل الضوضاء, فعمدنا الى استخدام مواد عازلة للصوت وذات كلفة قليلة ومتوفرة بشكل واسع, ثم قمنا باجراء بعض العمليات الصناعية البسيطة عليها لتكون على شكل صندوق عازل للصوت يتضمن نظام تبريد هوائي للسيطرة على درجة حرارة محيط المولدة التي ستوضع بداخله. تم اخذ القراءت في يوم 2012/3/13 حيث كانت درجة الحرارة لذالك اليوم (17-33) درجة سيليزية.

2. 2. اجزاء المنظومة

1- هيكل حديدي : يتكون من حديد زاوية على شكل متوازي المستطيلات وبإبعاد (50سم*50 سم* 45 سم) لغرض تثبيت المادة العازلة عليه انظر الشكل (1-2).

2- المادة العازلة : تم استخدام ثلاث مواد عازلة (الاسفنج , كارتون طبقات البيض و الفايبر) انظر الشكل (1-3).

3- مروحة التبريد : تم تثبيت مفرغة هواء في السطح العلوي لصندوق العزل تقوم بسحب الهواء من الخارج عن طريق ثقوب جانبية لغرض تبريد المولد أثناء العمل انظر الشكل (1-4).

4- مواصفات المولد الكهربائي المستخدم في البحث مبينة في الجدول (1-2)

جدول (1-2) مواصفات المولد

المنشاء	صيني (مدينة فيوجين)
العلامة التجارية	TIGER
الموديل	TG950
الون	احمر
القدرة	500 واط
المحرك	محرك ثنائي الشوط – مكبس واحد
نوع الوقود	بنزين
سعة خزان الوقود	4,2 لتر
الابعاد (الطول*العرض*الارتفاع)	380 ملم * 320 ملم * 330 ملم

2. 3. منظومة القياس

1. جهاز تسجيل الصوت

اعتمد لاقطة بمواصفات ((2 channel,16 bit,44100Hz (CD quality)

وتسجيل الصوت بمواصفات (mp3-MPWG Layer 3)

2. برنامج تحليل الصوت

برنامج COOL PRO وهو برنامج حسابي جاهز ومتطور يعتبر كمسجل يقوم بتسجيل الصوت الداخل من خلال اللاقطة وبطاقة الصوت ويقوم بتحليله إلى مستوى ضغط الصوت مع التردد حيث في البداية يحسب متوسط ضغط الصوت مع الزمن ثم يقوم بالتحويل السريع لفورير ليحول المدى الزمني الى مدى التردد .

هذا البرنامج فيه عدة اختيارات لعدد النقاط في الثانية الواحدة ومدى التردد ومدى مستوى ضغط الصوت . تم اختيار (8000) نقطة في الثانية الواحدة وذلك لزيادة الدقة ، ومدى التردد من KHZ (4-0) وذلك لان اكثر ما تتحسسه الاذن البشرية يقع بين KHZ (4 - 1) ،وتم اختيار مدى مستوى ضغط الصوت بين dB (110-0) وذلك لان الضوضاء غالبا ما تكون بين dB (110-70) كما تم اختيار (16 bit) والتي تدخل في الدقة حيث يتحسس عندها البرنامج (19.6 mv/step) .

2. 4. الموازنة بين عزل الصوت وارتفاع درجة حرارة المولد

أن عملية تقليل الضوضاء باستخدام مواد عازلة للصوت يؤدي إلى زيادة درجة الحرارة داخل الحيز المعزول بمرور الزمن مما يسبب تأثير سلبي وخطير على المولد لذلك يجب استخدام نظام تبريد مناسب لهذه الحالة.

1. نظام التبريد

سوف نستخدم نظام التبريد الهوائي ، وذلك باستخدام مفرغة الهواء تناسب حجم العزل ، وتربط على السطح العلوي من الصندوق العازل للصوت وتسحب الهواء الساخن من داخل الحيز المعزول ، وتطرحه خارجاً وتستمد طاقتها الحركية من طاقة المولد الكهربائية ذاته ولكن تفريغ الهواء من الحيز المعزول يتطلب ان يحل هواء بارد نسبياً محل الهواء الساخن المفرغ ، لذلك سوف نقوم بعمل عدة ثقوب دائرية صغيرة او فتحات مستطيلة صغيرة على السطوح الجانبية من صندوق العزل ليتم نفاذ الهواء الخارجي الى داخل الحيز المعزول حسب مبدأ فرق الضغط (ينتقل الهواء من مناطق التركيز العالي الى مناطق التركيز الواطئ).

2. المشاكل التي ترافق عملية التبريد

1- أن فتحة المفرغة تسبب خروج قدر من الضوضاء إلى خارج الحيز المعزول بصورة مباشرة .

2- أن فتحات التهوية الجانبية المستطيلة الشكل تسبب خروج الضوضاء من جوانب العازل .

للتغلب على هذه المشاكل او تقليلها تم القيام ببعض الإجراءات التصميمية اللازمة :

1- نضع طبقة من العازل تحت الطبقة العليا الحاوية على المفرغة وبأبعاد اقل منها ب 5 سم من كل جانب والمسافة بين هاتين الطبقتين هي 10سم مما يؤدي إلى كسر الموجة الصوتية وأضعاف طاقتها دون تأثير على عملية خروج الهواء الساخن.

2- نقوم بعمل حافة مستطيلة مائلة بزاوية 45 تحيط بفتحة التهوية المستطيلة من جانبيها العلوي او نقوم بتقليل سمك الفتحة المستطيلة أو قطر الثقوب الدائرية لنفس السبب أعلاه النقطة رقم1 انظر الشكل (1-5).

3. حساب الاداء الحراري

يحسب الأداء الحراري لمنظومة التبريد عن طريق اخذ عدة قراءات لدرجة حرارة الهواء داخل صندوق العزل اثناء عمل المولد بواسطة المتحسس الحراري لمدة تتراوح من 15-30 دقيقة , حيث تم رسم علاقة تصف تغير درجة الحرارة الهواء الخارجي مع الزمن انظر الشكل (1-6). كذالك تم رسم تغير درجة حرارة المحرك مع الزمن عند استخدام العازل وبدون العازل كما في الشكل (1-7).

3. 1. النتائج والمناقشة

هذا الفقرة توضح النتائج العملية للضوضاء الصادرة من مولد نوع (tiger) ومقدار العزل الحاصل بعد وضع صندوق العزل ومناقشة التغير بالدرجات الحرارية قبل وبعد العزل (الكفائة الحرارية) .

النتائج ممثلة بشكل منحنيات بين(التردد frequency) و (ضغط الموجة الصوتية بالديسيبل db) ومقارنة النتائج قبل وبعد العزل إضافة الى حساب معدل العزل لكل مادة. الجدول (1-2) يوضح النتائج العملية لمتوسط ضغط الموجة الصوتية (بالديسيبل) الصادرة من المولد.

جدول (1–2) النتائج العملية لمتوسط ضغط الموجة الصوتية (بالديسيبل) الصادرة من المولد

المادة	بدون حمل		معدل العزل (ديسيبل)	مع حمل		معدل العزل (ديسيبل)
	قبل العزل (ديسيبل)	بعد العزل (ديسيبل)		قبل العزل (ديسيبل)	بعد العزل (ديسيبل)	
الاسفنج	57.0199	31.7681	25.25	52.7967	31.4973	21.299
الفايبر	57.0199	51.4049	5.615	52.7967	36.8336	15.96
كارتون طبقات البيض	57.0199	35.8033	21.217	52.7967	35.5535	17.243

تم تسجيل الموجة الصوتية الصادرة من المولد لفترة زمنية مقدارها (60 ثانية) لكل مادة عازلة ولكل حالة من الحالات التالية:

1- بدون عزل وبدون حمل

2- بدون عزل مع الحمل

3- مع العزل بدون حمل

4- مع العزل مع الحمل

بعد ذلك تم رسم تغير ضغط الموجة الصوتية الصادرة من المولد مع التردد للفترة من (30–0) ثانية ثم من (60–30)ثانية. من ملاحظة النتائج الموضحة في الجدول والمخططات من شكل (1–8) الى شكل (1–19), يمكن القول ان هذه الطريقة مجدية حيث ان ضغط الموجة الصوتية الصادرة من المولد (الضوضاء) قد انخفض بشكل ملحوظ خصوصا بالنسبة للاسفنج وكارتون طبقات البيض. من الملاحظ ان عازلية الاسفنج هي الافضل والسبب هو ان الاسفنج يحتوي على الكثير من الفجوات الصغيرة التي تسبب ممانعة عالية لنقل الطاقة الصوتية. ان عازلية كارتون طبقات البيض هي افضل من الفايبر والسبب يعود الى ان سطح كارتون طبقات البيض غير من منتظم مما يسبب انعكاسات في الموجة الصوتية وبالتالي فقدانها قدر كبير من طاقتها. ان عازلية الفايبر هي الاضعف والسبب هو ان سطح الفايبر منتظم ولايحتوي على تجاويف وبالتالي فان الموجة الصوتية سوف لن تمر خلال مسار حرج يفقدها كثيرا من طاقتها. ان استخدام نظام التبريد الهوائي كان فعالا, حيث ان درجة حرارة الهواء داخل صندوق العزل كانت تستقر تقريبا عند قيمة تتراوح بين (50–40)درجة حرارية سيليزية.

4. 1. الاستنتاجات:

1- يمكن بواسطة منظومة الحاسوب الالي قياس الضوضاء الصادر من المولدات الكهربائية بصورة خاصة ومحركات الاحتراق الداخلي او اي مصدر صوت بصورة عامة وبنجاح بواسطة المكونات الصلبة للحاسب والبرمجيات.

2- يمكن استخدام مواد محلية متوفرة بشكل واسع مثل الصوف الزجاجي والاسفنج والكارتون (طبقات البيض , كارتون حفظ الاجبان) بسبب قلة الكلفة وامكنياتها في التخميد والتي بواسطتها يمكن تقليل الضوضاء الصادر من المولد الكهربائي.

3- يمكن استخدام مواد ذات طبيعة فيزيائية مشابهة للصوف الزجاجي مثل ليف النخيل (بمعدل فقدان صوتي 25.7) ومشمع (بمعدل فقدان صوتي 20.2)

4- الضوضاء تعتمد على عدة متغيرات مثل البعد عن المصدر , الحمل , السرعة وتزداد الضوضاء اعتماداً على تغير هذه المتغيرات.

5- من الملاحظ ان عازلية الاسفنج هي الافضل والسبب هو ان الاسفنج يحتوي على الكثير من الفجوات الصغيرة التي تسبب ممانعة عالية لنقل الطاقة الصوتية.

5. 1. المصادر:

1- عصام عيسى عمران, سعاد محمد, عباس عبد الحسين. "تحليل منسوب الضغط الصوتي المنبعث من المكائن الانتاجية واثره في التلوث الصناعي", مجلة التقني, المجلد الواحد والعشرون, العدد 1 , 2008

2- سحر سعيد قاسم الطائي و علي زوزان علي صالح, "دراسة تأثير التلوث الضوضائي للمولدات الاهلية في الجانب الايمن من مدينة الموصل باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS)", مجلة جامعة تكريت للعلوم, المجلد 19, العدد 18,اب 2012.

3- عبد الرحمن جري مردان و طارق جمعة علي و اسامة حميد مجيد,"مستويات التلوث الضوضائي في مدينة الزبير والاثار الناجمة عنه لعام 2007 دراسة جغرافية" مجلة ابحاث ميسان, المجلد الرابع, العدد الثامن, 2008.

4- حسين شاكر محمود البحراني, "دراسة حقلية عن اهم مصادر التلوث الضوضائي في الاحياء السكنية لمدينتي النجف والكوفة", مجلة القادسية للعلوم الهندسية, المجلد 2, العدد 4, 2009.

5-Simth, B. J, "Acoustic and Noise Control " 2nd edition , Ch.1, 1995.

6-Harris , "Hand Book of Noise Control", 2nd edition, McGraw-Hill Book Co., 1971.

7-Hassall J.R. & Zaveri K. , "Acoustic Noise Measurements", Bruel & Kjaer, Denmark, 1979.

8-Donalde & Baxa, "Noise Control in Internal Combustion Engines", John Wiley& Sons Co.,Ch.1 , 1982.

9-Trade & Techn, "Hand Book of Noise Vibration Control", Section 2a, 1979.

10-Bell & Lewis H.,"Industrial Noise Control", Fundamental and application, Marcel Dekker, INC NY, 1982.

11-Kabele D.F. & Anderkay G.A., "Techniques for Quietinhed", Automotive Engineering, Vol.83, No.9, September, 1975.

12- Jhon , "Time Saver Standards for Architectural", McGraw-Hill Book Co., 1982.

13-Ashrae Hand Book Fundamental, 1st edition, 1989.

14- د.شفيق يونس , " الضجيج والبيئة", المهندس الاردني, العدد 59, شباط / فبراير, 1996.

15- عبد الكريم عباس خضير قاسم, "دراسة تاثير خاصية الحجب الهوائي على الضوضاء المنبعثة من نفاث حر", رسالة ماجستير, الجامعة التكنولوجيا, بغداد, 1996 .

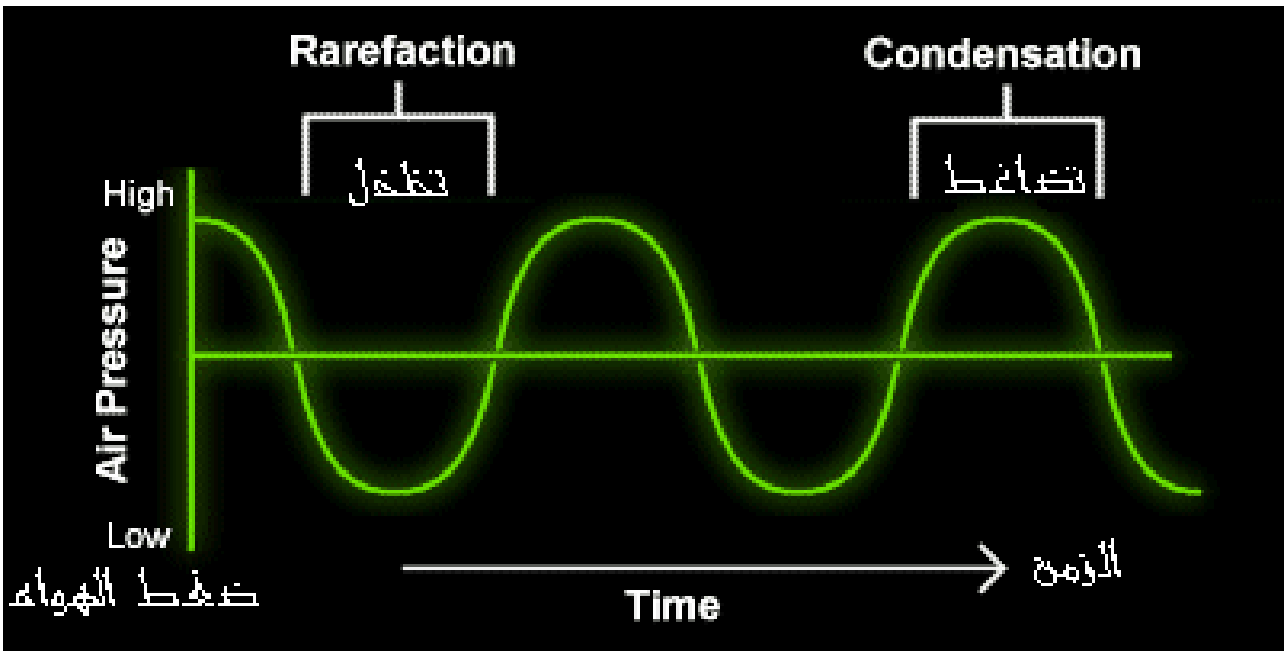
16- فوزي عبد الزهرة جواد, "قياس وتحليل الضوضاء المنبعثة من المركبات المنفردة", رسالة ماجستير, الجامعة التكنولوجيا, بغداد, 1983 .

17- نوفل محمد علي , "تاثير المسافة الجانبية لمنفث مزدوج على مستوى الضغط الصوتي", رسالة ماجستير, الجامعة التكنولوجيا, بغداد, 1995

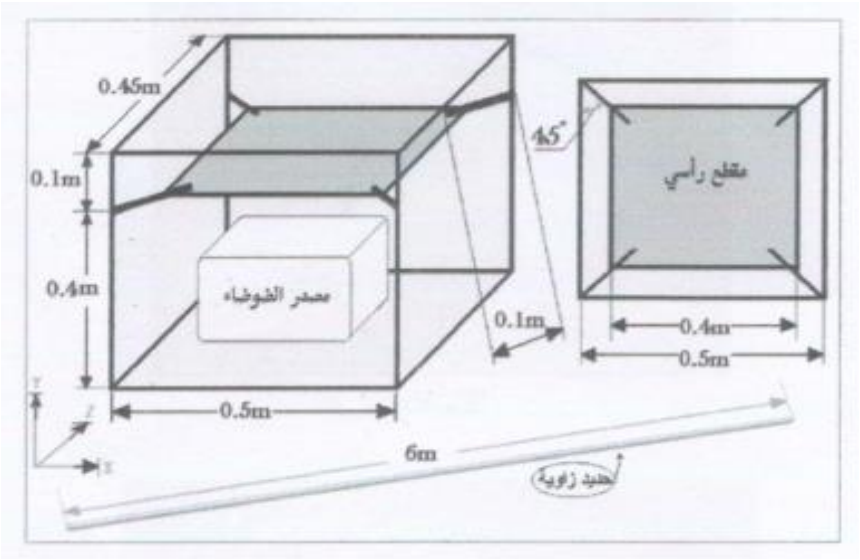
18- حنان محمد احمد, "ضوضاء المصادر الخارجية في الابنية السكنية", رسالة ماجستير, جامعة بغداد, 1989.

19- أبتسام مهدي الانباري, "تطوير وتنفيذ منظومة لقياس الفقدان الصوتي لمواد العزل الصوتي من خلال منهاج تدريبي", رسالة ماجستير, الجامعة التكنولوجيا, بغداد, 1999.

20- محمد جاسم عاشور, "دراسة وتطوير وسائل عزل المولدات الكهربائية وتقليل الضجيج الصادر منها باستخدام القصب المضغوط المحلي", رسالة دبلوم عالي, جامعة البصرة, 2002.

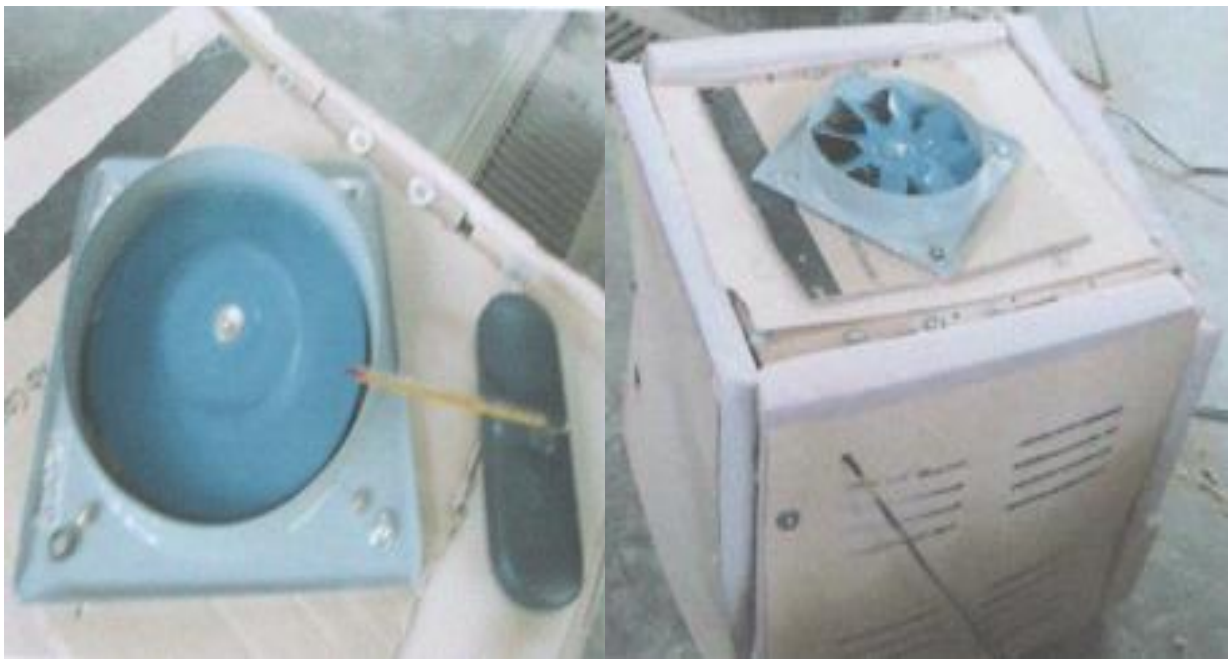


شكل (1–1) يوضح الموجة الصوتية

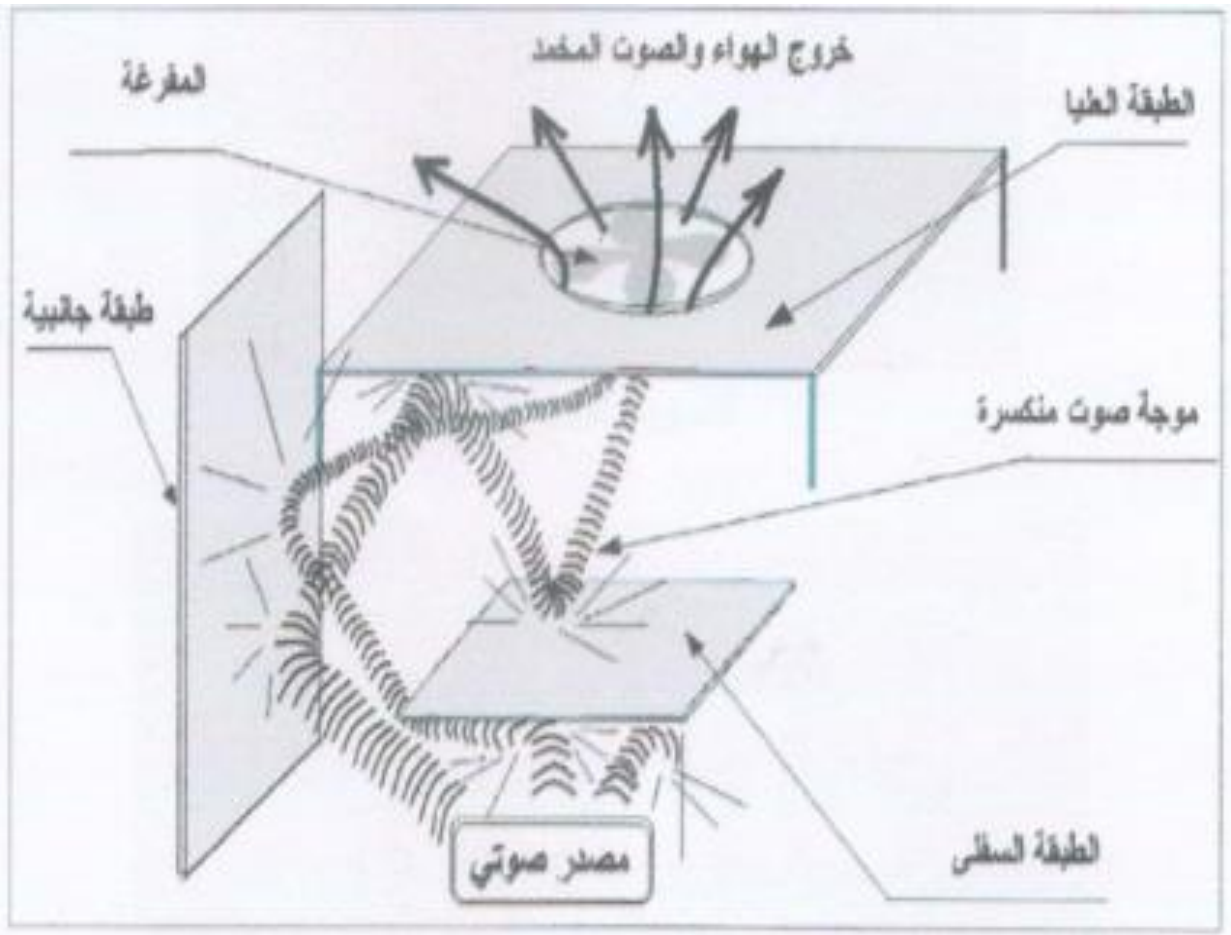


شكل (1–2) رسم توضيحي لجهاز العزل

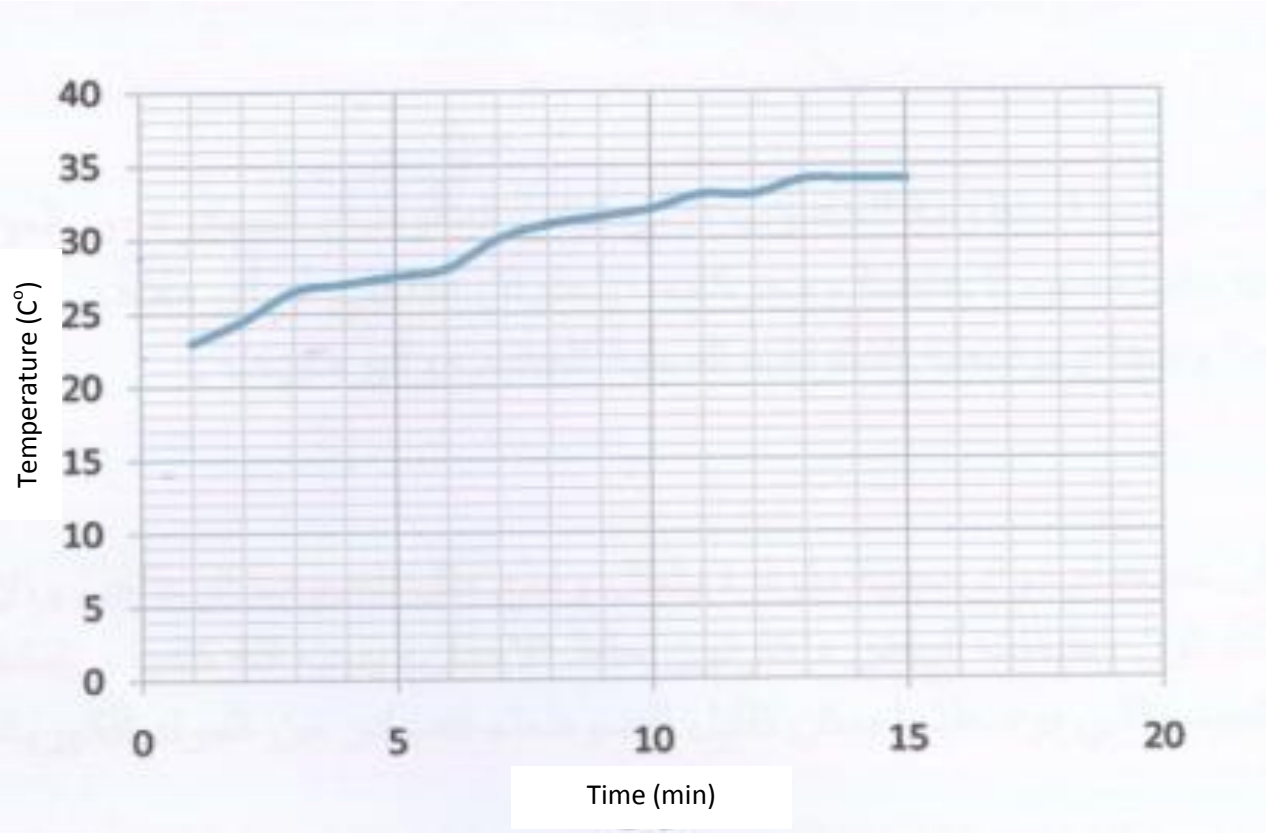
شكل (1–3) مواد العزل المستخدمة



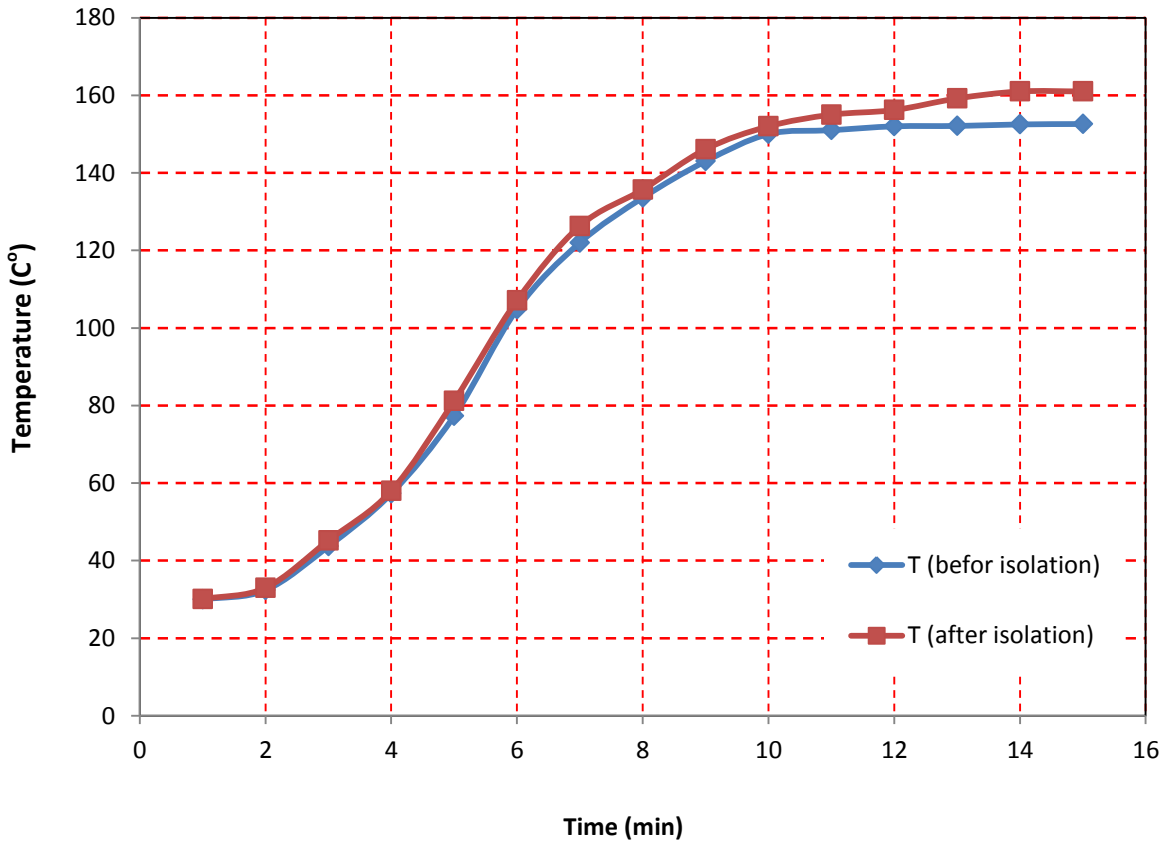
شكل (1-4) تثبيت مروحة التبريد



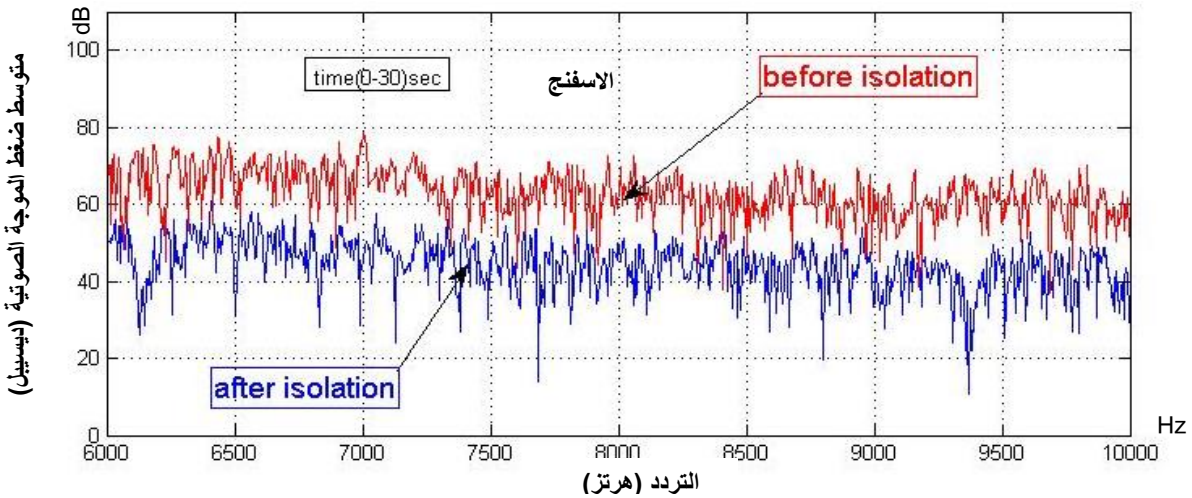
شكل (1-5) كسر الموجة الصوتية



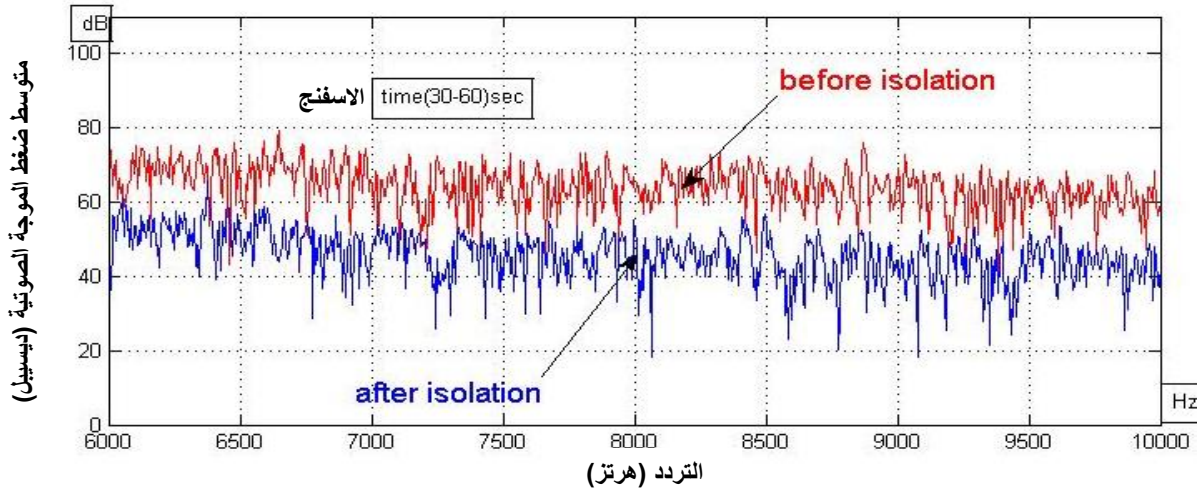
شكل (1–6) يوضح تغير درجة حرارة الهواء الخارج من غرفة العزل مع الزمن



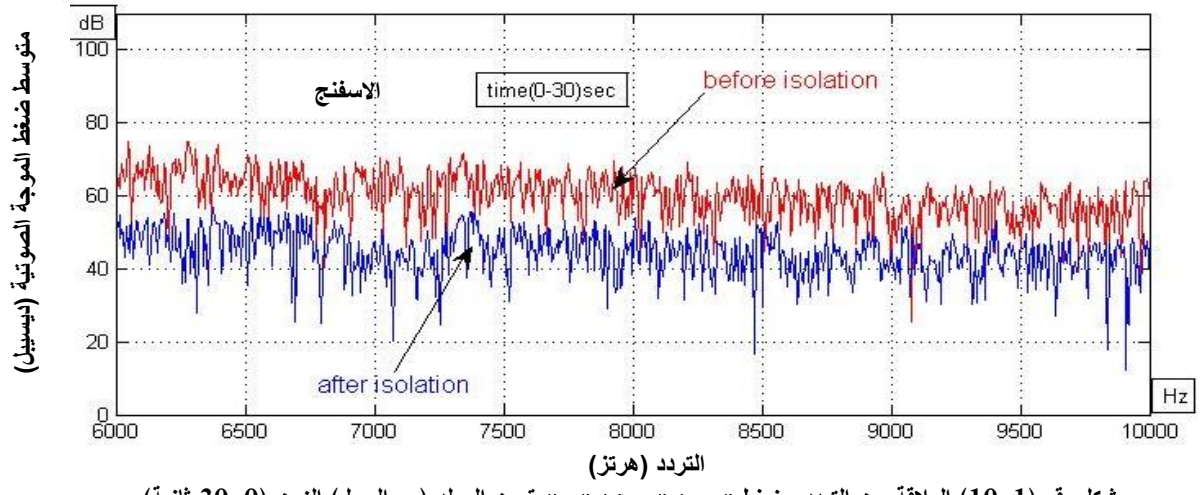
شكل (1–7) تغير درجة حرارة المحرك قبل وبعد العزل



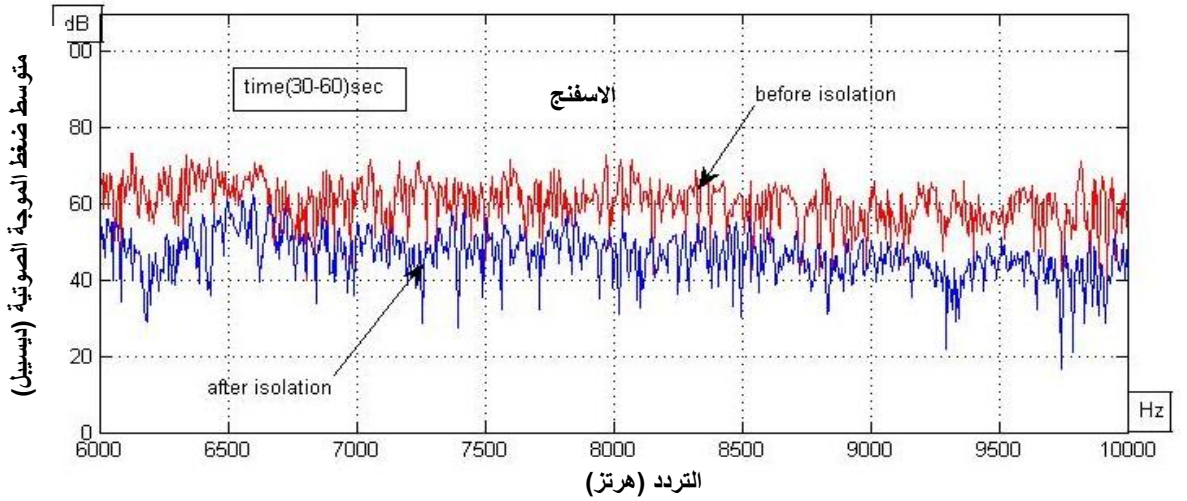
شكل (1–8) العلاقة بين التردد وضغط الموجة الصوتية الصادرة من المولد (بدون حمل) الزمن (0–30 ثانية)



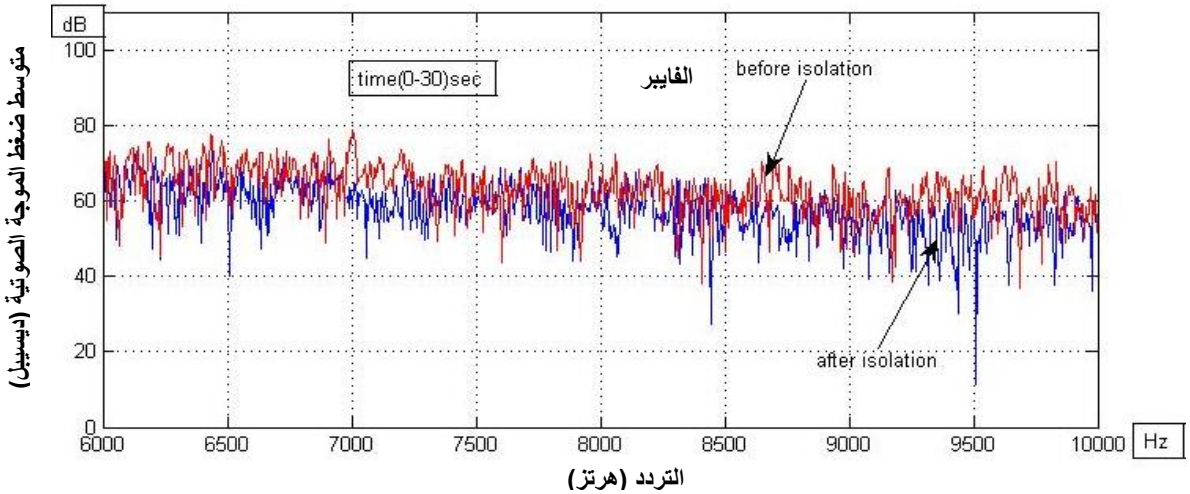
شكل (1–9) العلاقة بين التردد وضغط الموجة الصوتية الصادرة من المولد (بدون حمل) الزمن (30–60 ثانية)



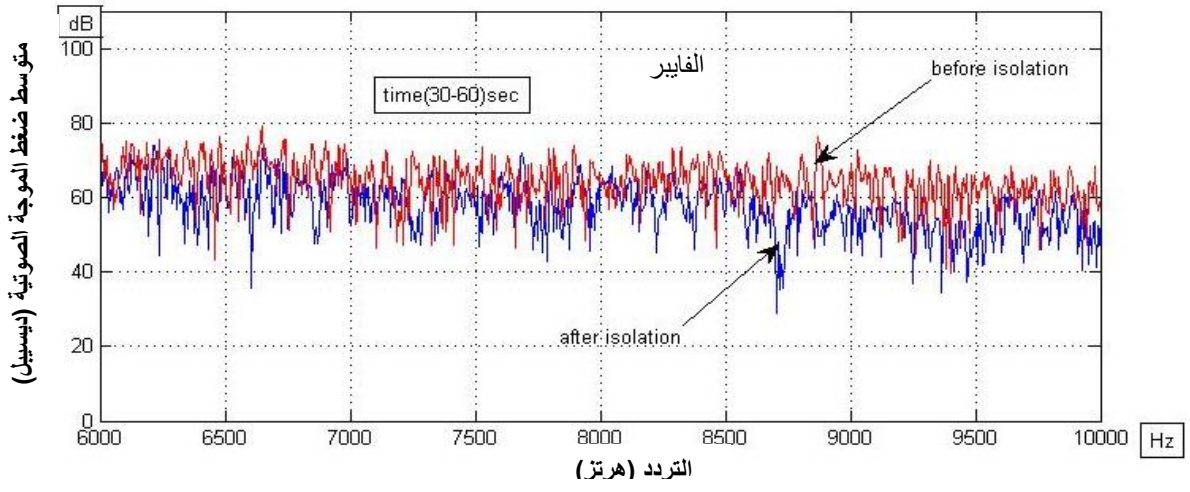
شكل رقم (1–10) العلاقة بين التردد وضغط الموجه الصوتيه الصادرة من المولد (مع الحمل) الزمن (0–30 ثانية)



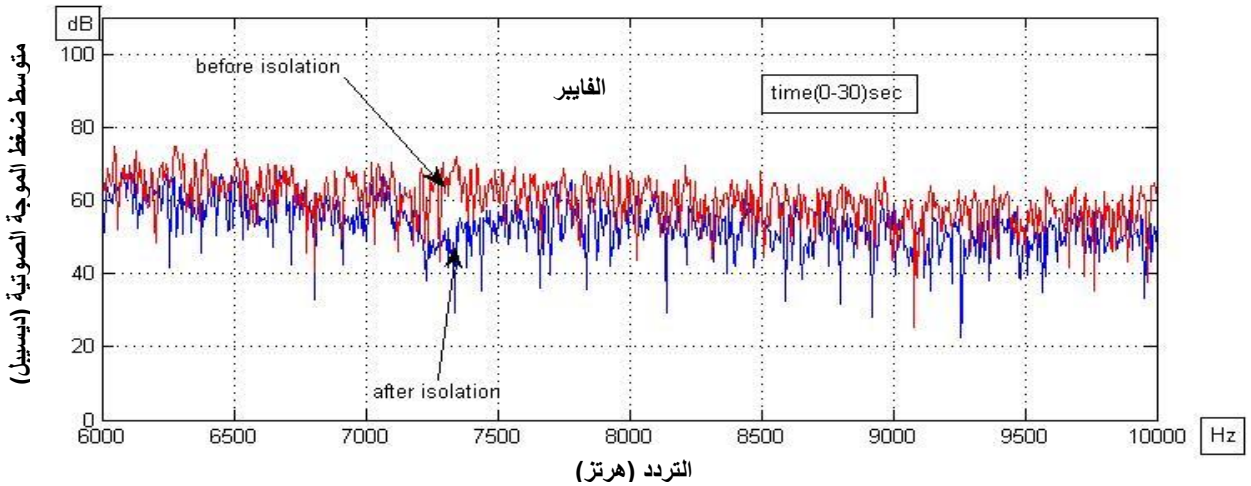
شكل رقم (1-11) العلاقة بين التردد وضغط الموجه الصوتيه الصادرة من المولد (مع الحمل) الزمن (30-60 ثانية)



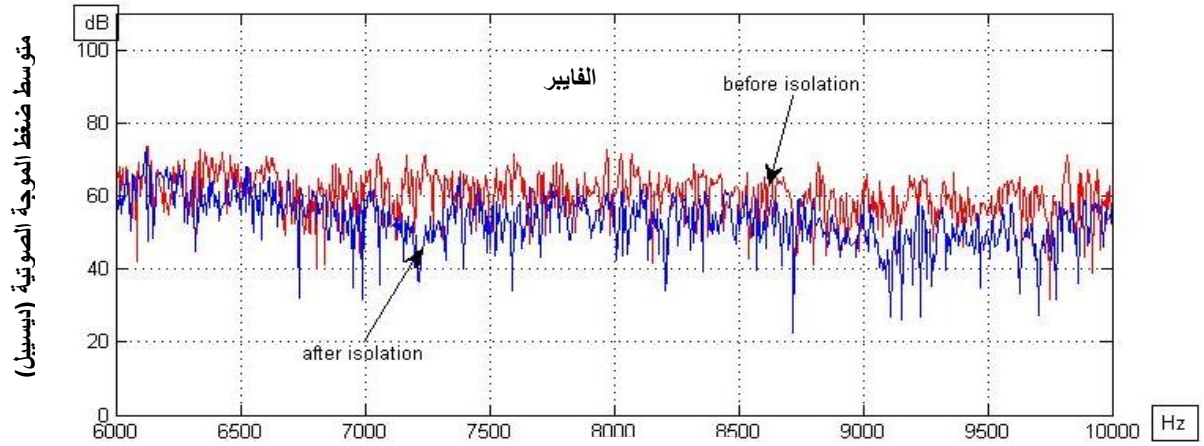
شكل رقم (1-12) العلاقة بين التردد وضغط الموجة الصوتية الصادرة من المولد (بدون حمل) الزمن (0-30 ثانية)



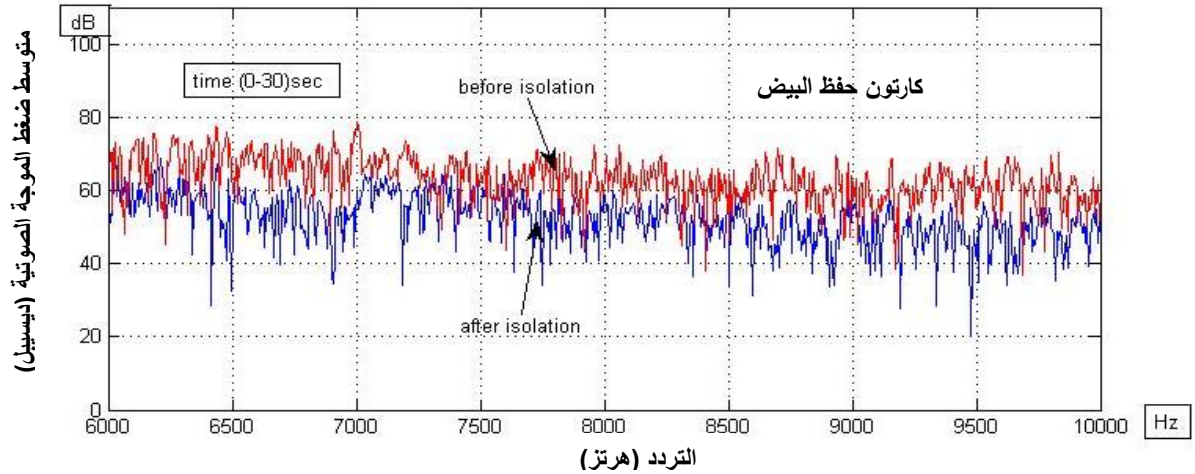
شكل رقم (1-13) العلاقة بين التردد وضغط الموجة الصوتية الصادرة من المولد (بدون حمل) الزمن (30-60 ثانية)



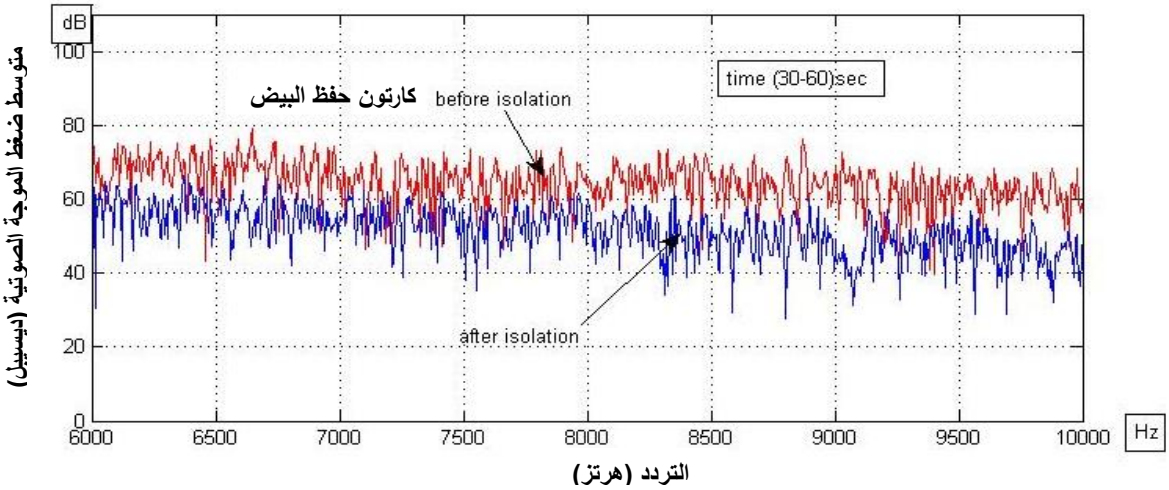
شكل رقم (1–14) العلاقة بين التردد وضغط الموجة الصوتية الصادرة من المولد (مع الحمل) الزمن (0–30 ثانية)



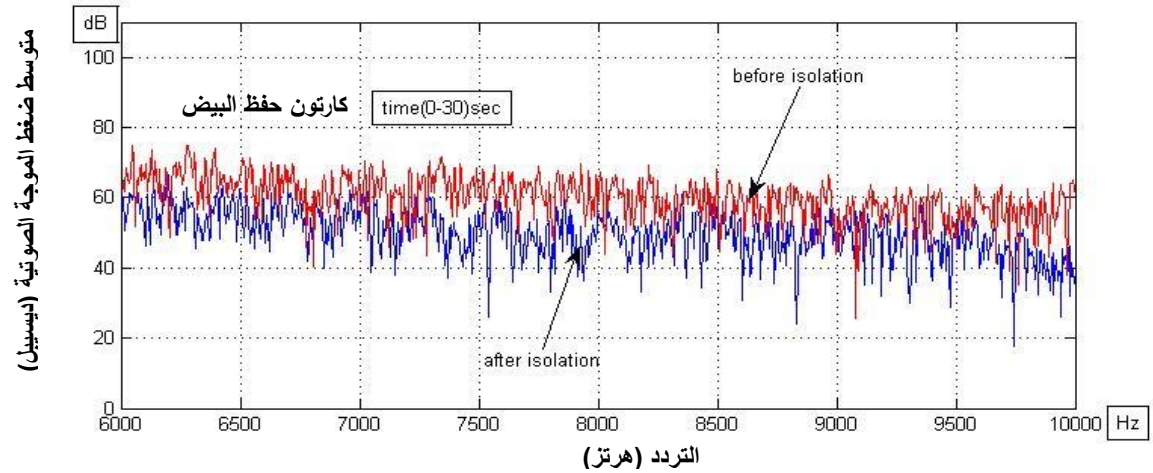
شكل رقم (1–15) العلاقة بين التردد وضغط الموجة الصوتية الصادرة من المولد (مع الحمل) الزمن (30–60 ثانية)



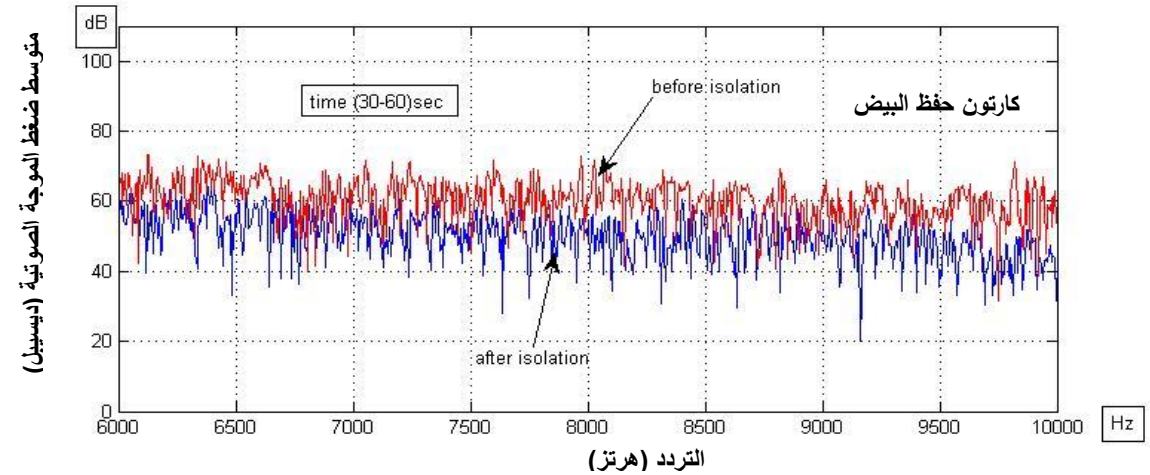
شكل رقم (1–16) العلاقة بين التردد وضغط الموجة الصوتية الصادرة من المولد (بدون حمل) الزمن (0–30 ثانية)



شكل رقم (1–17) العلاقة بين التردد وضغط الموجة الصوتية الصادرة من المولد (بدون حمل) الزمن (30–60 ثانية)



شكل رقم (1–18) العلاقة بين التردد وضغط الموجة الصوتية الصادرة من المولد (مع الحمل) الزمن (0–30 ثانية)



شكل رقم (1–19) العلاقة بين التردد وضغط الموجة الصوتية الصادرة من المولد (مع الحمل) الزمن (30–60 ثانية)