جـــامعة قـــاصدي مربـــاح ورقلـــــــة

كـــلية الرياضيات وعلـــوم المـادة

قسم الفيزياء

مذكرة

ماستر أكاديمي

مجال :علوم المادة

فرع: فيزياء

تخصص:فيزياء طاقوية والطاقات المتجددة

من إعداد الطالبتين :سويلم حفيظة ـ مجلد عائشة

بعنوان:

المساهمة في دراسة إنتاج طاقة متجددة بالاعتماد على المواد الكهروضغطية بتوظيف تقنية GMRالمقاومة المغناطيسية العظمى

نوقشت يوم30 /2020/09

أمام لجنة المناقشة المكونة من :

محسن حسين	أستاذ محاضر(أ) بجامعة قاصدي مرباح ورقلة	رئيسا
الزين عبد الله	أستاذ محاضر(أ) بجامعة قاصدي مرباح ورقلة	مناقشا
بن مبروك لزهر	أستاذ محاضر(أ) بجامعة قاصدي مرباح ورقلة	مشرفا

2019/2020

شكر وتقدير

لله الحمد من قبل ومن بعد على إتمام هذا العمل ،حمدا يليق بجلاله وعظيم فضله و إحسانه، إنه هو أهل الثناء والحمد .

وانه لمن دواعي الاعتراف بالجميل بعد اختتام هذه المذكرة ، أن أتوجه بجزيل الشكر وعظيم التقدير وخالص الامتنان إلى أستاذنا الفاضل الدكتور "بن مبروك لزهر"أستاذ التعليم العالي بجامعة ورقلة على اقتراحه موضوع البحث و لقبوله الإشراف عليه ،ولما أفادنا به من مساعدة وتوجيهات ونصائح سديدة ومتابعته البحث إلى آخر مطاف .

ونتقدم بالشكر إلى كل من وقف إلى جانبنا وساعدنا من قريب أو من بعيد لإنجاز هذا العمل ،والى اللجنة المناقشة لقبولهم مناقشة هذا العمل.

الاهداء

بسم الله الرحمان الرحيم والصلاة والسلام على أشرف المرسلين إلى من غمراني بحبهما وحنانهما أمي الحبيبة وأبي العزيز،إلى الشموع المضيئة في حياتي إخوتي الحسن والحسين ياسين عبد الحفيظ وأخواتي أم الخير أحلام وإخلاص، إلى صديقتي وأختي ورفيقتي دربي في هذا العمل مجلد عائشة إلى من رافقتني في مشواري الجامعي صديقتي صباح، إلى كل أصدقائنا الذين رافقونا طيلة مشوارنا الدراسي، إلى كل طلبة وأساتذة قسم الفيزياء إلى كل من قدم لنا يد المساعدة لإنجاز هذا العمل أهدي هذا العمل المتواضع.

حفيظة

الاهداء

الحمد لله الذي أنار لنا درب العلم والمعرفة وأعاننا على أداء هذا العمل المتواضع ووفقنا في إنجازه إلى الينبوع الذي لا يمل العطاء إلى من حاكت سعادتي بخيوط منسوجة من قلبها وأعانتني بالدعوات إلى والدتي العزيزة حفضها الله وأطال في عمرها

إلى من سعى وشقى لأنعم بالراحة والهناء الذي لم يبخل بشئ من أجل دفعي في طريق النجاح الذي علمني أن أرتقي سلم الحياة بحكمة وصبر إلى والدي العزيز حفضه الله وأطال في عمره

إلى من حبهم يجري في عروقي ويلهج بذكراهم فؤادي إلى أخواتي مازية ،وجمعة وإخوتي محمد، مصطفى ، نورالدين.

إلى روحي و رفيقة دربي في هذا العمل وصاحبة القلب الطيب سويلم حفيظة ،إلى من سرنا سويا ونحن نشق الطريق نحو النجاح والإبداع صديقتي عرباوي صباح ، إلى من ساعدوني ووقفوا إلى جانبي مهما تزف الكلمات فلا أستطيع أوفي حقهم أسيا، سمية.

إلى جميع أساتذة قسم الفيزياء ،إلى كل طلبة الفيزياء ثانية ماستر دفعة 2020

عائشة

الفهرس:

فهرس	الصفحة
قائمة الاشكال	
مقدمة عامة	
الفصل الأول:	
I–1مقدمة	1
I–2مفهوم الطاقة المتجددة	1
I–3مميزات الطاقة المتجددة	2
I–4مصادر الطاقة المتجددة	2
I –4 -1الطاقة الشمسية	3
I–4–1-1تحويل الطاقة الشمسية	4
I–4–1-2 استخدامات الطاقة الشمسية	5
I -4–1–3 معيقات الطاقة الشمسية	6
I–4–2طاقة الرياح	6
I–4–2–1مصادر الرياح	7
I-4-2-2 الطاقات الناتجة من الرياح	8
I-4-3الطاقة المائية	8
I-4-4الطاقة النووية	10
I-4-4-1 مجالات استعمال الطاقة النووية	11
I-5مصادر أخرى للطاقة	17
I-5-1 حرارية الجوفية	11
I-5-2الطاقة الحيوية	12
I-5-3 الطاقة الناتجة من المواد الكهرو ضغطية	12

الفصل الثاني	
II-1مقدمة	13
II–I-1الكهرباء الانضغاطية	13
II -I -1-1تعريف	13
II– I -2-1لمحة تاريخية	14
II -I -2التأثير الكهروضغطي	14
II-I –2–1التأثير المباشر	14
II- I -2–2التاثير المعاكس	15
II- I -2-3الجانب الكيميائي للعناصر الكهروضغطية	16
II- I -2-4الجانب المادي للعناصر الكهروضغطية	16
II-I -3آلية عمل الكهرباء الانضغاطية	16
II – I -4المواد الكهروضغطية	17
II- I -4-1أنواع المواد الكهروضغطية	17
II- I -4-1-1الكوارتز	17
II-I-4-1-2البوليمرات	18
II-I-4-1-3السيراميك	18
II-I- 4-1-4المواد المركبة	19
II–I-4-2خصائص المواد الكهروضغطية	19
II– I-5تطبيقات الكهروضغطية	20
II–I -5-1أرضيات مولدة للطاقة	20
II–I -5-2أحذية مولدة للطاقة	20

II -IIعلم النانو وتكنولوجيا النانو	21
II– II-1النانو	21
II– II−-2المواد النانويةNanomaterial	21
II– II -2-1سلوك المواد النانوية	22
II– II - 3تصنيف المواد النانوية وتطبيقاتها	22
II– II -3-1المواد النانوية أحادية البعد	22
II– II -3-2المواد النانوية ثنائية البعد	22
II– II -3-3الموادالنانوية ثلاثية البعد	22
II– II -4خواص المواد النانوية	23
II– II -4-1الخواص الميكانيكية	23
II– II -4-2الخواص الحرارية	24
I– II-4-3 الخواص المغناطيسية	24
II- II- 4-4 الخواص الكهربائية	24
II– II -4-5الخواص الكيميائية	24
II– II -5علم النانو	24
II– II-6 تكنولوجيا النانو"Nanotechnology"	24
II-III-1 اللف الذاتي	26
II-III -1-1تعريف	26
II-III 1-2خلفية علمية	26
II-III- 2اللف المغزلي الإلكتروني(spin)	27
II-III- 2-1اكتشاف الإلكترون	27

II– III -2-2 لمحة تاريخية	28
II– III- 2-3تعريف اللف المغزلي للإلكترون	29
II– III-2-4علم اللف المغزلي الإلكتروني (Spintronics)	29
II– III-5- 2أساسيات علم اللف المغزلي الإلكتروني	30
II–III-2-5-1أصل المغنطة	30
II– III-2-5−2انحفاظ اتجاه اللف المغزلي الإلكتروني	31
II– III-2-5-3انتشار الإلكترونات مرتبط بلفها	31
II -III-2-5-4تراكم اللف المغزلي بالمناطق البينية	32
II-III-2-6ظواهر اللف المغزلي الإلكتروني	32
II -III-2-6-1المقاومة المغناطيسية العظمى (GMR)	32
II-III-2-6-2المقاومة المغناطيسية للنفق(TMR)	35
الفصل الثالث	
III−1مقدمة	36
III−2مكونات التصميم	36
III-2-1مجس كهروضغطي	36
III-2-2خليتين من كروم الحديد	36
III-2-3مرشح سبين الكتروني GMR	36
III-3التصميم التجريبي لإنتاج طاقة كهربائية مستمرة	36
III-4 دراسة أداء التصاميم في إنتاج الطاقة	40
III-4-1 قانون إنتاج الطاقة الخاصة بالمواد الكهروضغطية	40

III-4-2 معطيات الحساب	42
III-5نتائج الدراسة	43
الخاتمة العامة	
المراجع	

الشكل	الصفحة
الشكل(I- 1):كمية الطاقة الواصلة من الشمس وتوزيعها على الكرة الأرضية	4
الشكل(I_2) صورة لخلايا كهروضغطية	5
الشكل (I_3):تجميع للطاقة الشمسية الحرارية	5
الشكل (I_ 4):التصميم الداخلي لتوربين الرياح	7
الشكل(I_5) :محطات توليد الطاقة بالمياه	9
الشكل(I _6):صورة لمحطات الطاقة النووية	11
الشكل (II_1):رسم توضيحي لتأثير الكهروضغطية	15
الشكل (II_2): نمط ثلاثي الأبعاد يوضح البنية الجزيئية للمواد البلورية	17
الشكل (II_ 3):بلورة الكوارتز	18
الشكل(II_4):البوليمرات	18
الشكل (II_5) : بنية السيراميك	19
الشكل(II_6):بنية المواد المركبة	19
الشكل(II-7)تصنيف المواد النانوية من حيث الأبعاد	32

الشكل(II-8)تجربة ستيرن–جيرلاش	28
الشكل(II -9):اللف العلوي واللف السفلي للإلكترون	29
الشكل(II-10):المغنطة في المواد المغناطيسية	30
الشكل(II-11) :اتجاه الحقل المغناطيسي	31
الشكل(II –12):الحالة CPP(AP)	32
الشكل(II_13):الحالة CPP(P)	33
الشكل(II_14) : الحالة CIP(AP)	33
الشكل(II_15): الحالة CIP(P)	34
الشكل(II _16): المقاومة المغناطيسية للنفق TMR	35
الشكل(III_1) : مخطط إنتاج الطاقة الكهربائية في حالة الضغط الأحادي	36
الشكل(III_2)مخطط انتاج الطاقة الكهربائية في حالة الضغط المزودج	36
الشكل(III_3)مخطط إنتاج الطاقة بعد توظيف GMR قبل التأثير الميكانيكي (حالة الضغط الأحادي)	37
الشكل(III_4)مخطط انتاج الطاقة بعد توظيف GMRبعد التأثير الميكانيكي (حالة الضغط الأحادي)	38
الشكل(III_5) مخطط انتاج الطاقة بعد توظيف GMRقبل التأثير الميكانيكي (حالة الضغط المزدوج)	38
الشكل(III_6) مخطط انتاج الطاقة بعد توظيف GMRبعد التأثير الميكانيكي (حالة الضغط المزدوج)	39

الشكل(III_7)مخطط توضيحي للبرنامج	42
الشكل(III_8) منحنى يمثل تغيرات الطاقة المنتجة من المادة الكهروضغطية بدلالة التيار	43
الشكل(III_9) منحنى يمثل تغيرات الربح في الطاقة في وجود GMRوبدون GMR	43
الشكل(III_10) منحنى يمثل تغيرات الضياع في الطاقة في وجود GMRوبدون GMR	44
الشكل(III_11)منحنى يمثل التغيرات في الطاقة بدلالة التيار	45
الشكل(III_12) رسم بياني يوضح تغيرات الطاقة بدلالة الحقل المغناطيسي	46

فهرس الجداول

الجدول	الصفحة
الجدول III–1يوضح بعض خصائص المواد الكهروضغطية	41
الجدول III–2 يوضح القيم المستخدمة في حساب الطاقة	41

مقدمة عامة

يبحث الإنسان دوما عن مصادر جديدة للطاقة لتغطية احتياجاته المتزايدة في تطبيقات الحياة المتطورة ومع الزيادة في نمو المجتمع من حيث عدد سكانه زادت حاجة الأفراد إلى كل وسائل التكنولوجيا التي تسير أمور الحياة اليومية ،وكأي بلد متقدم يتطلب ذلك المزيد من الطاقة ،ولذلك اكتسبت الطاقة في وقتنا الحاضر اهتماما كبيرا من حيث إيجاد مصادر جديدة للطاقة تساند مصادرنا الأساسية من بترول وغاز ،ومن بين مصادر الطاقة التي لقيت اهتماما كبيرا في الآونة الأخيرة هو إنتاج الطاقة باستخدام مواد كهروضغطية التي يمكن الاستفادة منها في عدة تطبيقات ،وخصوصا في مجال الالكترونيات كأجهزة تخزين المعلومات وآلات التحكم وغيرها .

فمن أحد التحديات الحالية في العلوم والتكنولوجيا هو تحسين هذه الأجهزة من حيث القدرة الحاسوبية وتخزين المعلومات ،حيث يتطلب تحسين قوة الأنظمة الالكترونية تصغير العناصر والمكونات هذا التصغير هو الحد الذي تواجهه صناعة المعالجات الدقيقة، حيث يمكن للتقدم العلمي الكبير أن يسمح بتحقيق أجهزة جديدة يمكنها استغلال دوران الإلكترون حول نفسه أو ما يعرف بتكنولوجيا اللف المغزلي الالكتروني التكنولوجيا الحديثة وبهدف انتاج الطاقة بالاعتماد على الطاقات المتجددة قمنا في هذا العمل بتصميم أنظمة إنتاج طاقة متجددة بالاعتماد على المواد الكهروضغطية ،ومن أجل استمرارية وجودة الطاقة الناتجة من الأنظمة قمنا بتوظيف تقنية GMR حيث تعتبر هذه التقنية من إحدى ظواهر اللف المغزلي الالكتروني وهي من العلوم التكنولوجيا الحديثة(تكنولوجيا النانو) .

ومن أجل هذا قسمت المذكرة إلى ثلاثة فصول :

الفصل الأول تناولنا فيه "الطاقة المتجددة" تعريفها ,مصادرها ،واستخداماتها .....

الفصل الثاني تناولنا فيه "المواد الكهروضغطية وتكنولوجيا اللف المغزلي الالكتروني "تكنولو**جيا** النانو"

الفصل الثالث تصميم الأنظمة ،وعرض النتائج ومناقشتها.

الفصل الاول

I-1 المقدمة

إن القلق السائد من تلوث هواء المدن وتسرب النفط ومخاطر ارتفاع حرارة الأرض، ونقص امتداد الطاقة التقليدية في المستقبل يحث على إعادة تفحص بدائل الفحم والنفط والغاز على الرغم من أن مصادر الطاقة الجديدة ليست خالية من التلويث عموما ،يوجد مجال واسع من الخيارات التي يكون ضررها البيئي أقل بكثير.

إن مصادر الطاقة المتجددة هي بشكل أساسي تلك المصادر التي لا تنضب في الطبيعة ،وتتضمن هذه المصادر الأمثلة الواضحة للمحطات الكهرومائية ومحطات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح بالإضافة إلى طاقة باطن الأرض وطاقة التدرج (**Gradient**) درجات حرارة المحيط اللتين يتم اشتقاقهما من الكميات الكبيرة جدا من الطاقة الحرارية المخزنة في قشرة الأرض و المحيطات بالإضافة إلى مصادر أخرى من طاقات المتجددة.

I-2مفهوم الطاقة المتجددة

هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي تجدد أو التي لا يمكن أن تنفذ (الطاقة المستدامة).ومصادر الطاقة المتجددة تختلف جوهريا عن الوقود الأحفوري من البترول والفحم والغاز الطبيعي ،أو الوقود النووي الذي يستخدم في المفاعلات النووية ،ولا تنشأ عن الطاقة المتجددة في العادة مخلفات كثنائي أكسيد الكربون أو الغازات الضارة أو تعمل على زيادة الانحباس الحراري كما يحدث عند احتراق الوقود الأحفوري أو المخلفات الذرية الضارة الناتجة من مفاعلات القوى النووية.

وتنتج الطاقة المتجددة من الرياح والشمس والمياه ،كما يمكن إنتاجها من حركة الأمواج والمد والجزر أو من حرارة الأرض الباطنية .حاليا أكثر إنتاج للطاقة المتجددة ينتج في محطات القوى الكهرومائية بواسطة السدود العظيمة أينما وجدت الأماكن المناسبة لبنائها على الأنهار ومساقط المياه ،لكن وسائل إنتاج الكهرباء باستخدام مصادر الطاقة المتجددة أصبح مألوفا في الآونة الأخيرة.[1]

I- 3 مميزات الطاقة المتجددة

هناك مجموعة من الميزات التي تتمتع بها الطاقة المتجددة، وتجعلها مصدرا مميزا للطاقة ،وأهمها:

- تلعب دورا هاما في حياة الإنسان وتساهم في تلبية نسبة عالية من متطلباته .
- تعتبر الطاقة المتجددة صديقة للبيئة ونظيفة ،وتحافظ على الصحة العامة .
- تتواجد بشكل دائم ،وتكون قابلة للتجدد مرة أخرى.
- تستخدم تقنيات غير معقدة ويمكن تصنيعها محليا في الدول النامية.
- لا تحدث أي ضوضاء، أو تترك أي مخلفات ضارة تسبب تلوث البيئة.
- تحقق تطورا بيئيا، واجتماعيا، وصناعيا، وزراعيا على طول البلاد وعرضها.
- تساعد على خلق فرص عمل جديدة .
- تمتاز بأنها طاقة اقتصادية جدا ،وذات عائد اقتصادي جديد.
- مصدر محلي لا ينتقل ،ويتلاءم مع واقع تنمية المناطق النائية و الريفية واحتياجاتها.
- تخلي المزروعات من الملوثات الكيميائية ،وبالتالي ترفع الإنتاجية الزراعية .
- تتواجد الطاقة المتجددة بشكل جيد في كافة أنحاء العالم .
- ضمان استمرار توافرها بسعر مناسب و انتظامه.[2]

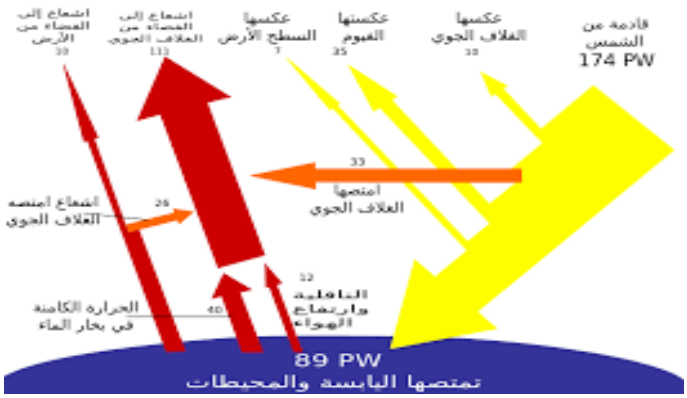
I-4مصادر الطاقة المتجددة

تأتي الطاقة المتجددة من عدة مصادر ،ولها أنواع مختلفة ،تتميز مصادر الطاقة المتجددة بأنها قابلة للتجدد و بأن استعمالها لم ينتشر بعد على نطاق تجاري واسع ،وتختلف هذه المصادر فيما بينها من حيث درجة التقدم الفني ومن حيث جدولها الاقتصادية ويمكن تقسيمها إلى عدة تصنيفات وهي:

I- 4-1 الطاقة الشمسية

الطاقة الشمسية هي أقدم مصادر الطاقة وقد استخدم الناس ضوء الشمس وحرارتها مند ألاف السنين، يبحث الإنسان دوما عن مصادر جديدة للطاقة لتغطية احتياجاته المتزايدة في تطبيقات الحياة المتطورة ،ويعيب الكثير من مصادر الطاقة نضوبها وتكلفة استغلالها المرتفعة و التأثير السلبي لاستخدامها على البيئة، وقد تنبه الإنسان في العصر الحديث إلى إمكانية الاستفادة من حرارة أشعة الشمس التي تتصف بأنها طاقة متجددة ودائمة لا تنضب وأدرك جليا الخطر الكبير يسببه استخدام مصادر الطاقة الأخرى الشائعة و خاصة النفط و الغاز الطبيعي في تلوث البيئة وتدميرها مما يجعل الطاقة الشمسية الخيار الأفضل ولهذا أصبحت الطاقة الشمسية في عصرنا الحالي تستخدم بشكل رئيسي وفعال . الطاقة الشمسية هي من أهم أنواع الطاقة التي يمكن للإنسان استغلالها،فهي طاقة دائمة ومتجددة ونظيفة ،تشع الشمس يوميا بمقدار ثابت ،بحيث أنها لا تنفد إلا عند فناء العالم، فالشمس كرة متوهجة من الغازات يبلغ قطرها 1.39مليون كيلو متر ،وتبلغ درجة حرارتها عند السطح حو الي5762 درجة مطلقة ،وتستمد الشمس هذه الطاقة العظيمة من تفاعلاتها الاندماج النووي الذي يحدث بين أنوية ذرات الهيدروجين والتي تتحول في النهاية إلى ذرات هليوم .

تنزل طاقة الشمس على هيئة إشعاعات كهرومغناطيسية ، حيث يكون حوالي 47%منها أشعة مرئية ،ونحو 45%منها أشعة تحت الحمراء ،ونحو 8%منها أشعة فوق البنفسجية وتنبعث طاقة الشمس بمعدل ثابت تقريبا يسمى بالثابت الشمسي ويقدر بنحو $1.35kw/m^2$ ،ولا يصل من هذه الطاقة إلى الأرض إلا نحو 70%، منها و ينعكس الباقي وهو 30%إلى الفضاء مرة أخرى على هيئة موجات وإشعاعات.[4،3]



الشكل I-1: كمية الطاقة الواصلة من الشمس وتوزيعها على الكرة الأرضية

I-4-1-1تحويل الطاقة الشمسية :

يمكن تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية وطاقة حرارية من خلال آليتي التحويل الكهروضوئية والتحويل الحراري للطاقة الشمسية ،يقصد بالتحويل الكهربائي تحويل الإشعاع الشمسي أو الضوئي مباشرة إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الكهروضوئية.

_التحويل الكهروضوئي: كما هو معلوم هناك بعض المواد التي تقوم بعملية التحويل الكهروضوئية تدعى أشباه الموصلات كالسيليسيوم والجرمانيوم وغيرها. وقد تم اكتشاف هذه الظاهرة من قبل علماء الفيزياء في أواخر القرن التاسع عشر الميلادي حيث وجدوا أن الضوء يستطيع تحرير الالكترونات من بعض المعادن كما عرفوا أن الضوء الأزرق له قدرة أكبر من الضوء الأصفر على تحرير الإلكترونات.يمكن تثبيت الخلايا الشمسية على أسطح المباني لإنتاج الكهرباء وتقدر كفاءتها بحوالي 20% أما الباقي فيمكن الاستفادة منه في توفير الحرارة للتدفئة وتسخين المياه ،كما تستخدم الخلايا الشمسية في تشغيل نظام الاتصالات المختلفة وفي إنارة الطرق وفي ضخ المياه وغيرها .

الشكل I-2: صورة لخلايا كهروضوئية

_التحويل الحراري:التحويل الحراري للطاقة الشمسية يعتمد على تحويل الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية عن طريق المجمعات الشمسية والمواد الحرارية .يستفاد من هذه الحرارة في التدفئة والتبريد وتسخين المياه وتوليد الكهرباء.[5]

الشكلI-3:تجميع للطاقة الشمسية الحرارية

I-4-1-2 استخدامات الطاقة الشمسية .

–**التدفئة**:هي ضخ الحرارة المكتسبة في المجمعات إلى داخل الحيز المادي ،حيث يمكن تدفئة البنايات باستخدام الهواء أو الماء، عند التدفئة بالهواء في المجمعات الشمسية ثم يدفع إلى داخل البناية.

أما بالنسبة للتدفئة بالطاقة الشمسية التي تستعمل الماء فإنها تتضمن مبادلات حرارية لنقل الحرارة من الماء القادم من المجمع الشمسي إلى الهواء المدفوع إلى الحيز.

-**التبريد الشمسي:**هو ضخ الحرارة من داخل حيز معين إلى الخارج وهي نقيض لعملية التدفئة ,و من أجل تحقيق هذا يجب استخدام أداة ميكانيكية تقوم بضخ الحرارة إلى الخارج وهي عملية دفع الهواء البارد إلى داخل الحيز مما يؤدي إلى نقل الحرارة إلى الخارج مباشرة.

-**تجفيف المحاصيل:**يستخدم لتخليص المحاصيل من السوائل الموجودة فيها وذلك لمنعها من التلف وجعلها صالحة للتخزين لمدة أطول .

-**تحلية المياه:**إن أزمة المياه الناشئة في العالم تدفعنا للبحث عن طرق جديدة للحصول على مياه تتلاءم مع متطلبات الحياة، وذلك لزيادة عدد السكان وتوسع القدرات الإنتاجية في المجالات الصناعية والزراعية. حيث تكون تحلية مياه البحر انسب الوسائل لتحقيق المتطلبات المتزايدة.إن أكثر الطرق شيوعا لتحلية المياه بالطاقة الشمسية هي طريقة المقطر الشمسي حيث يستخدم الطاقة الشمسية في تبخير الماء.[6]

I-4-1-3 معيقات الطاقة الشمسية :

- قليلة الكثافة لوحدة السطح (المساحة)بالمقارنة بأنواع الطاقة التقليدية .
- عدم استمرارها خلال اليوم مما يؤدي إلى مشاكل عملية في استخدامها.
- صعوبة تخزين الطاقة بتكلفة اقتصادية منخفضة.
- تعتبر الخلايا الشمسية حساسة جدا وقابلة للكسر من أقل تأثير من الحيوانات أو الأشجار.
- تحتاج إلى حيز كبير لوضع وحدات عديدة.[7]

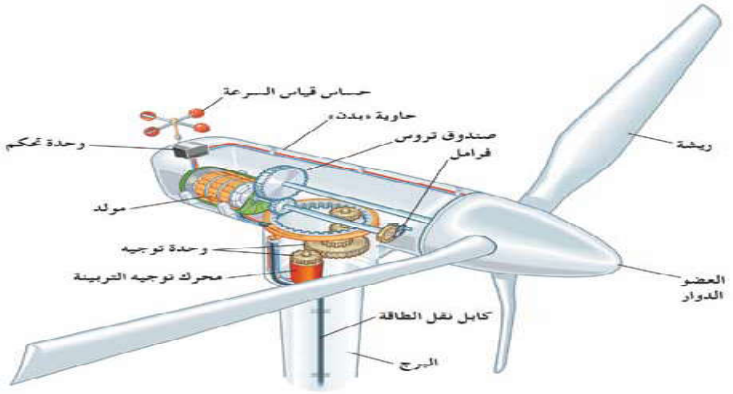
I-4-2 طاقة الرياح :

تعتبر طاقة الرياح أحد مظاهر الطاقة الشمسية،فالشمس ترتفع درجة حرارة طبقات الفضاء بحيث تختلف درجة حرارة كل طبقة على أخرى ذلك على حسب الارتفاع والزاوية التي تسقط بها الأشعة الشمسية،

فينتقل الهواء البارد ليحل الهواء الساخن وكذلك يرتفع الهواء الساخن بدوره إلى أعلى ليحل مكانه الهواء البارد،هذه التحركات هي التي تسبب الرياح تختلف من موضع إلى أخر ومن فصل إلى فصل. [8]

إن استخدام الإنسان لطاقة الرياح ليس بالأمر الجديد، فقد فرضت الظروف الماضية التي عاش فيها ضرورة أن يلجأ إلى استخدام مصادر الطاقة المتوفرة في الطبيعة و إخضاعها لتلبية احتياجاته ضمن ظروف ومستويات التكنولوجيا السائدة في مختلف العصور. فكان للرياح دور مهم وفعال ،حيث استخدمت في إدارة طواحين الهواء وتسيير السفن الشراعية عبر البحار و المحيطات والري وبعض التطبيقات الأخرى ،ولكن تم الاستغناء عنها بعد اكتشاف الوقود الأحفوري ،وبعد المشاكل البيئية وارتفاع أسعار النفط زاد الاهتمام بطاقة الرياح وتطويرها. [9]

طاقة الرياح هي الطاقة المتولدة من تحريك ألواح كبيرة مثبتة بأماكن مرتفعة بفعل الهواء ،ويتم إنتاج الطاقة الكهربائية من الرياح بواسطة محركات (أو توربينات) ذات ثلاثة أذرع دوارة تحمل على عمود تعمل على تحويل الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية ،فعندما تمر الرياح على الأذرع تخلق دفعة هواء ديناميكية تسبب في دورانها ،وهذا الدوران يشغل التوربينات فتنتج طاقة كهربائية.[10]



الشكل I–4:التصميم الداخلي لتوربينة الرياح

I-4-2-1 مصادر الرياح:يتم استغلال الرياح ومناطق حركتها على الكرة الأرضية واتجاهاتها في عملية نصب مراوح توليد الطاقة الكهربائية ،حيث يتم الاعتماد على خرائط الرياح العالمية وتحديد أماكنها ومن أهم مصادر الرياح حسب المواقع والظواهر الجغرافية الطبيعية:

-**نسيم البر والبحر** :بسبب اختلاف درجات الحرارة بين اليابسة والمسطحات المائية مثل البحار والمحيطات والتي تولد اختلاف في الضغط الجوي والذي يولد رياح تنتقل من البحر إلى اليابسة نهارا تسمى نسيم البحر ، وبالعكس ليلا وتسمى نسيم البر ويتم الاستفادة منها بنصب مراوح التوليد على شواطئ البحار و المحيطات للاستفادة من هذه الرياح.

-**نسيم الجبل والوادي** :يتم نصب مراوح توليد كبيرة على أطراف الجبال والحدود الداخلة مع الواديان الكبيرة للاستفادة من هذه الرياح المتولدة من اختلاف الضغط بين الجبال والوديان.[9]

I-4-2-2الطاقات الناتجة من الرياح:

_**الطاقة الميكانيكية**:تستعمل المحركات الرياح الميكانيكية في أغلب الأحيان في ضخ الماء، تجر المروحية المكبس الذي يؤدي إلى صعود الماء من باطن الأرض ،إن هذه التقنية مناسبة تماما لتلبية الاحتياجات من الماء من طرف القرى المعزولة.

_ **الطاقة الكهربائية**:وتعتمد كمية الطاقة المنتجة من توربين الرياح على سرعة الرياح وقطر الذراع، لذلك توضع التوربينات التي تستخدم لتشغيل المصانع فوق أبراج لأن سرعة الرياح تتزايد مع الارتفاع عن سطح الأرض،ويتم وضع تلك التوربينات بأعداد كبيرة على مساحات واسعة من الأرض لإنتاج كمية أكبر من الكهرباء.[10]

I-4-3الطاقة المائية:

الماء من أعظم نعم الله عز وجل على خلقه، فالماء ضروري للحياة لا غني للإنسان والكائنات الأخرى عنه.يعود تاريخ الاعتماد على المياه كمصدر ما قبل اكتشاف الطاقة البخارية في القرن الثامن عشر حتى ذلك الوقت، كان الإنسان يستخدم مصادر المائية ذات تقنية معروفة مند عقود طويلة، استغل الإنسان مياه الأنهار و المحيطات في نشاطاته اليومية لإدارة مطاحن الدقيق وآلات النسيج والري وغيرها.أما حاليا وبعد أن دخل الإنسان عصر الكهرباء ،بدأ استعمال المياه لتوليد الطاقة الكهربائية بحيث تقام محطات توليد الطاقة على مساقط الأنهار، وتبنى السدود والبحيرات الاصطناعية لتوفير كميات كبيرة من المياه تضمن تشغيل هذه المحطات بصورة دائمة. لقد تركز الجهود الحالية في مجال استغلال حركة المد والجز على استغلال هذه الحركة للإنتاج الكهرباء، وتقوم الفكرة على أن منسوب المياه يرتفع وقت المد وينخفض وقت الجزر ،وفارق في المياه يشكل مصدر كبيرا للطاقة خاصة إذا كان ملايين الأمتار المكعبة من الماء تتعرض لهذه الحركة.

تعتمد كمية الطاقة الكامنة في محطات التوليد المائية على حجم كمية الماء وعلى مسافة سقوط الماء، فكلما ارتفعت قيمة أي من العاملين المذكورين ارتفعت قيمة طاقة الكامنة في المحطة ،تعمل محطات الطاقة المائية بكفاءة عالية تصل 80-90%.[12،11]

الشكل I-5:محطات توليد الطاقة بالمياه

يمكن الحصول على الطاقة المائية من كل المحيطات والمياه الداخلية وهذه الطاقة تنقسم إلى ثلاث فصائل هي:

_الكهرومائية : فالمياه المتبخرة بفعل الشمس تتكاثف لتسقط مطرا تتكون منه الأنهار ،وتستغل مياه الأنهار في توليد الطاقة الميكانيكية والكهربائية .ترجع أهمية هذه المصادر ليس لأنها طاقة نظيفة وطاقة متجددة باستمرار فحسب بل لأنها تمثل جزءا متكاملا من أفضل استخدامات المصادر المائية.

_طاقة التدرج الحرارية لمياه المحيطات :هي الحرارة الناتجة من الفارق في درجات الحرارة بين طبقات مياه المحيط والتي يطلق عليها طاقة التدرج الحراري للمحيطات .

_طاقة المد والجزر والأمواج: تنتج ظاهرة المد و الجزر عن تجاذب المتبادل بين الأرض وبين كل من الشمس والقمر،والسبب الرئيسي لهذه الظاهرة هو الجاذبية الناتجة من كتلة القمر على سطح الأرض الموجهة لها فتتأثر المياه بهذا التجاذب لأنها جسم مائع وسهل الحركة، وتؤثر الشمس أيضا على سطح المياه ،ولكن تأثيرها أقل بكثير من تأثير القمر، وذلك لقرب القمر من الأرض أكثر من الشمس.[4]

I-4-4الطاقة النووية: تقوم فكرة استخلاص الطاقة من الانشطار النووي على أن بعض العناصر تنشطر نواتجها حين يصدمها نيترون وينتج عن الانشطار ظهور مواد جديدة وإشعاعات وتحول جزء من المادة إلى طاقة حرارية إضافة إلى نيترونات أخرى تقوم بدورها بالاصطدام مع ذرات أخرى ،وهكذا ينشأ عن هذه العملية تفاعل متسلسل لا ينتهي إلا بتحويل كل المادة القابلة للانشطار إلى مواد جديدة وإطلاق كمية كبيرة من الطاقة. تعمل محطات الطاقة النووية المستعملة حاليا على ما يعرف بالانشطار النووي وهو نفس فكرة القنبلة الذرية.

إن المادة المستعملة في عمليات الانشطار النووي هي اليورانيوم والذي يوجد بكميات قليلة في الطبيعة ،فحين يصدم نيترون نواة عنصر اليورانيوم ،فإن نواته تنقسم إلى قسمين متساويين تقريبا وينتج أيضا

تحرير نيترونين يقومان بدورهما بالاصطدام مع نوى أخرى لليورانيوم ، ويتوافق مع هذه العملية تحول جزء من مادة النواة إلى كميات هائلة من الطاقة الحرارية فإذا استمر هذا التفاعل بدون ضوابط فقد يتحول التفاعل إلى قنبلة نووية ذرية ،و أما إذا ضبط التفاعل بحيث يحصل بمعدلات معينة وجرى في ذات الوقت نقل حرارة التفاعل باستعمال السوائل والغازات المبردة فإن بالإمكان استعمال المفاعل للأغراض السلمية.[12]

الشكلI-6:صورة لمحطات الطاقة النووية

I-4-4-1مجالات استعمال الطاقة النووية :

بدأ تطوير الاستعمالات السلمية للطاقة النووية مند عام 1945م,فالطاقة التي تطلقها النواة تولد كميات كبيرة من الحرارة ،ويمكن استخدام هذه الحرارة لتوليد البخار الذي يمكن استعماله لإنتاج الكهرباء. اخترع المهندسين أجهزة تسمى المفاعلات النووية وذلك من أجل إنتاج الطاقة النووية والتحكم فيها، وأهم استعمال سلمي للطاقة النووية هو إنتاج الطاقة الكهرومائية .[12]

I-5مصادر أخرى للطاقة:

I-5-1الحرارية الجوفية:

يقصد بالطاقة الحرارية الجوفية الحرارة المخزنة تحت سطح الأرض وهي تتزايد مع زيادة العمق وتخرج من جوف الأرض عن طريق الاتصال والنقل الحراري والينابيع الساخنة والبراكين الثائرة ويمكن استغلالها بالطرق الفنية المتوفرة بصورة اقتصادية ويتجسد هذا النوع من الحرارة في الماء الساخن والبخار الرطب والجاف والصخور الساخنة والحرارة المضغوطة في باطن الأرض وأفضلها البخار الجاف لقدرته الحرارية المرتفعة وعدم تسببه في تآكل المعدات.[10]

I-5-2الطاقة الحيوية:

يقصد بالكتلة الإحيائية ما يتم تجميعه من مخلفات مثل الأشجار الميتة وفروع الأشجار ومخلفات المحاصيل وقطع الخشب، وغيرها من المخلفات الأخرى. يمكن الاستفادة من المخلفات من خلال إجراءات إعادة التدوير أو إعادة الاستخدام كالزجاج والبلاستيك وأيضا يمكن تحويل الكائنات العضوية إلى وقود حيث تحول مباشرة إلى طاقة حرارية عن طريق الاحتراق أو إلى طاقة حركية (ميكانيكية).[11]

I-5-3الطاقة الناتجة من المواد الكهرو ضغطية:

هي طاقة ناتجة من خلال الضغط على المواد الكهروضغطية وبالأخص البلورات وبعض أنواع السيراميك حيث تمتلك هذه المواد قدرة على توليد فرق في الجهد الكهربائي عندما تتعرض للإجهاد الميكانيكي، فهي تعمل في اتجاهين الأول هو تحويل مولدها للجهد الميكانيكي إلى طاقة كهربائية والثاني هو تحويل الجهد الكهربائي إلى الطاقة الميكانيكية ومن بين هذه المواد : الكوارتز، البوليميرات ،السيراميك ،المواد المركبة.

الفصل الثاني

II-مقدمة

بسبب تزايد الرغبة إلى الإلكترونيات المحمولة و المجسمات اللاسلكية ، تزايدت الرغبة في توليد هذه الأجهزة للكهرباء لتشغيل نفسها ،بالرغم من كون البطارية أحد الحلول لهذه المشكلة ،لكن لا يمكن الاعتماد عليها بسبب عمرها القصير،لذلك الكهرباء الانضغاطية هي أحد الحلول المقترحة فهي تعمل في اتجاهين :الأول هو تحويل مولدها للجهد الميكانيكي إلى طاقة كهربائية والثاني هو تحويل الجهد الكهربائي إلى الطاقة الميكانيكية ومن أجل زيادة واستمرارية التيار الكهربائي الناتج وطرق تخزينه للاستفادة منه بشكل دائم ،لجأنا إلى استخدام تكنولوجيا اللف المغزلي الإلكتروني (تقنية النانو) مع المواد الكهرو ضغطية من أجل تحسين الطاقة المنتجة من طرف هذه المواد.

II-I-1 الكهرباء الانضغاطية

II -I-1-1 تعريف: ظاهرة الكهرباء الانضغاطية والتي تعرف باسم " **piézoélectricité**" هي ظاهرة فيزيائية طبيعية تظهرها بعض المواد وبالأخص البلورات وبعض أنواع السيراميك حيث تمتلك هذه المواد قدرة على توليد فرق جهد كهربائي عندما تتعرض للإجهاد الميكانيكي.حيث أنه إذا ما تم الضغط على سطح المادة بقوة فإن انفصال الشحنات الكهربائية يحدث عبر الشبكة البلورية للمادة ،ونتيجة للانفصال في الشحنات ينتج على طرفي المادة فرق في الجهد الكهربائي ،وبالتالي تنتج الكهرباء الانضغاطية من قدرة بعض المواد الصلبة مثل الكريستال والسيراميك والكوارتز على توليد جهد كهربائي (فولتيه) عند ضغطها أو إخضاعها للإجهاد الميكانيكي ،وتصل الفولتية المتحررة من سنتمتر مكعب واحد من تلك المواد إلى عدة آلاف من الفولتات مع شدة تيار متواضعة ،كما في حالة شرارة الولاعة .

ومصطلح الكهرباء الانضغاطية جاء من تعريب كلمة "بيزو" وهي كلمة يونانية "بيزين" والتي تعني الضغط ومن هنا كانت التسمية تعكس طبيعة الظاهرة نفسها حيث أن الكهرباء تنتج بالضغط على المادة.

استكشفت هذه الظاهرة في العام 1880 بواسطة الأخوين بيير كوري ، وبول جاك كوري ،وذلك من خلال عملهما وخبرتهما في الكهرباء الحرارية (توليد الكهرباء بواسطة التسخين) وعلاقة ذلك بالتركيب البلوري حيث توقعا أن يكون للضغط أيضا تأثير توليد للكهرباء.[1]

I-II -1-2 لمحة تاريخية

تم اكتشاف الخاصية الكهروضغطية في باريس في عام 1880من قبل الأخوين بيير وجاك كوري وقد، أظهرت هذه الأخيرة أن الكوارتز ،التوباز ،التورمالين،نيوبات الليثيوم،قصب السكر وبلورات ملح روشيل تولد الاستقطاب الكهربائي تحت الضغط الميكانيكي .هذا هو أول اكتشاف لتأثير الكهروضغطية وتعرف باسم تأثير كهروضغطية المباشر.

اجتذب هذا على الفور انتباه العالم الفرنسي غابريل ليبمان،من جانبه أظهر في العام التالي أن هذه الظاهرة كانت قابلة للانعكاس واستنتجت رياضيا من المبدأ الأساسي للديناميكا الحرارية لنظرية البلورات الكهروإجهادية ،وبالتالي إذا تم تطبيق الإشارات الكهربائية على بلورة كهرضغطية ،فإن الأخيرة توسع وتضغط في اتجاه معين .وبالتالي أكد الأخوين كوري على الفور وجود تأثير كهروضغطية عكسي وقدموا دليلا على الانعكاس الكامل للتشوه الكهربائي الميكانيكي في البلورات الكهروإجهادية.[14]

I-II -2 التأثير الكهروضغطي

I-II−2−1 التأثير المباشر:يتميز التأثير الكهروضغطي المباشر بظهور أو تعديل استقطاب المادة تحت ضغط الإجهاد الميكانيكي .في نهاية توصيف المواد العازلة ،يعبر غالبا عن الإزاحة الكهربائية للشحنات في الوضع الخطي في المتجه **i** بالعلاقة التالية :

$$\boldsymbol{Di = diy + \varepsilon ik \times Ei} \qquad \textbf{(1-I)}$$

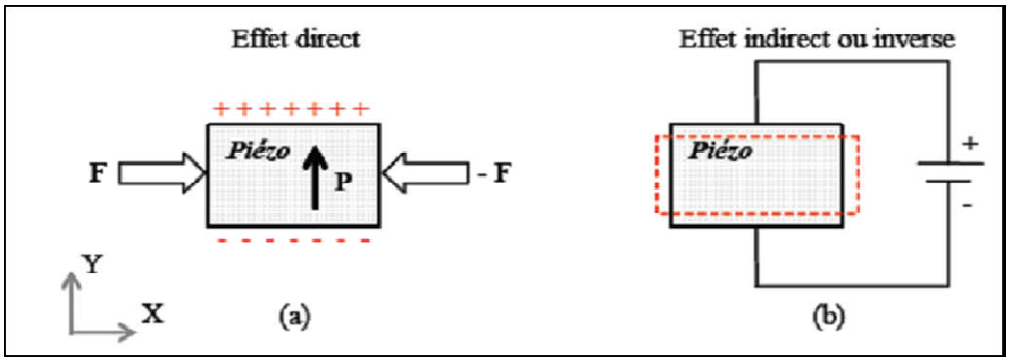
(حيثε يمثل السماحية العازلة، **(k،d)** قيم معاملات كهروضغطية، **T**مؤثر ميكانيكي، **E**المجال الكهربائي).[14]

II-I-2-2 التاثيرالمعاكس:يقابل التأثير الكهروضغطي العكسي التشوه الميكانيكي **S** للعينة الكهروضغطية تحت تأثير مجال كهربائي مطبق،و الذي يتم التعبير عنه في النظام الخطي كدالة للإجهاد الميكانيكي والحقل الكهربائي في المتجه **i** بالعلاقة التالية:

$$Sy = Sy\mu \times T\mu + diy \times Ei \qquad (2\text{-I})$$

(حيث **S** يمثل تشوه مرن نسبي ، **E**مجال كهربائي ،**T**الإجهاد الميكانيكي ، و **μ،Y** هي المؤثرات الميكانيكية).[14]

يمكن الحصول على المعادلات السابقة بالاشتقاق النظري باستخدم نظرية الديناميكا الحرارية إذا اعتبرنا الكهرواجهادية كنظام ديناميكي حراري فإن معاملات الحرارة للنظام لها علاقة مع الميكانيك ومعاملات الكهرباء الانضغاطية للنظام،حيث تحدد هذه المعادلات اقتران بين الإجهاد الميكانيكي والمجال الكهربائي ،و تجعل من الممكن ربط الأجزاء الكهربائية والميكانيكية للمواد الكهرواجهادية.



الشكلII-1:رسم توضيحي لتأثير الكهروضغطية.

II-I-2-3الجانب الكيميائي للعناصر الكهروضغطية :معظم البلورات تتكون من الكاتيونات (الأيونات الموجبة الشحنة) والأنيونات (الأيونات سالبة الشحنة) وعندما تتعرض للإجهاد الميكانيكي تولد تيارا بسبب الإجهاد الميكانيكي ،فعند تشوه مواضع الأيونات تتشوه السحابة الكهربائية ، وبالتالي يتشكل جزآن في هذه البلورة ، أحدهما يحتوي على غالبية الشحنات السالبة و الآخر بشحنات أكثر إيجابية لذلك يتم تشكيل فرق في الجهد الكهربائي .[14]

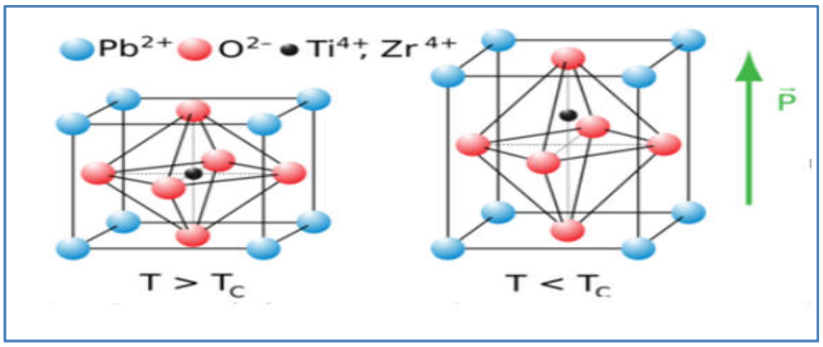
II-I-2-4الجانب المادي للعناصر الكهروضغطية: لقد أظهر بيرسكيل أن هناك علاقة متناسبة بين الضغط المطبق على البلورة والجهد المنتج الذي يمكن استنتاجه من العلاقات المميزة للكهروضغطية ،هذه العلاقات صالحة في الوضع الخطي (تقتصر على الضغوط والتوترات الضعيفة) .[14]

II-I-3 آلية عمل الكهرباء الانضغاطية

يتم تحويل الطاقة الميكانيكية أو الجهد الميكانيكي المطبق على المواد الكهروضغطية إلى جهد كهربائي ، ويتم ذلك من خلال تحويل الجهد المطبق على هذه المواد إلى شحنات كهربائية بفضل الخاصية الكهروضغطية التي تتميز بها ،حيث في بلورة المادة الكهروضغطية تكون الشحنات السالبة والموجبة مفصولة ، ولكن موزعة بانتظام بشكل متناظر ،بحيث تكون الشبكة البلورية متعادلة كهربائيا بشكل عام.

يشكل كل من هذه الأطراف ثنائي أقطاب كهربائي ، وعادة تميل ثنائيات الأقطاب القريبة من بعضها البعض إلى أن تكون متسقة في مناطق تدعى "مجالات فيس" تكون هذه المجالات عادة موجهة عشوائيا ،ولكن يمكن أن تكون متسقة خلال الاستقطاب ،يختلف هذا عن عملية الاستقطاب المغناطيسي.

عند تطبيق جهد ميكانيكي يتشوه التموضع المتناظر للشحنات وتظهر شحنات إيجابية وسلبية على الوجوه المقابلة للبلورة ،وهذا الفرق في الشحنات أو الجهد يعني أن البلورة المضغوطة يمكن أن تجر تيارا خلال دارة مثل البطارية. [15]



الشكلII –2:نمط ثلاثي الأبعاد يوضح البنية الجزيئية للمواد البلورية

II-I-4 المواد الكهروضغطية

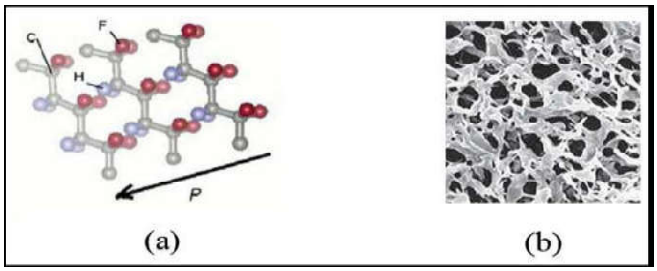
II-I-4-1 أنواع المواد الكهروضغطية

تسمح لنا دراسة المواد الكهروضغطية بالمساهمة بشكل أفضل في تحسين الهياكل التي نريد التحكم فيها ،سواء في شكل أو أنماط الاهتزاز .هذه المواد تشكل على سبيل المثال قلب أجهزة التصوير بالموجات فوق الصوتية .توجد في أنواع مختلفة من بينها ثلاثة أنواع:البلورات من أشهرها (الكوارتز) ،البوليمرات،و السيراميك . .[14]

II-I-4-1-1الكوارتز :يعتبر الكوارتز من أهم المواد الكهروضغطية الطبيعية،ويتميز بمقاومة صوتية عالية نسبيا ، ومعامل اقتران منخفض جدا عن البلورات الأخرى مثل الليثيوم **(LiNbO3)**،و نترات الليثيوم **(LiTaO3)** ،ويفسر ارتفاع تكلفة وهشاشة هذه البلورات هو سبب وجودها في المنتجات الحالية قليل جدا .ومع ذلك يتم استخدامها في المختبر في أجهزة عالية الدقة ،(للغاية أسباب تقنية).[14]

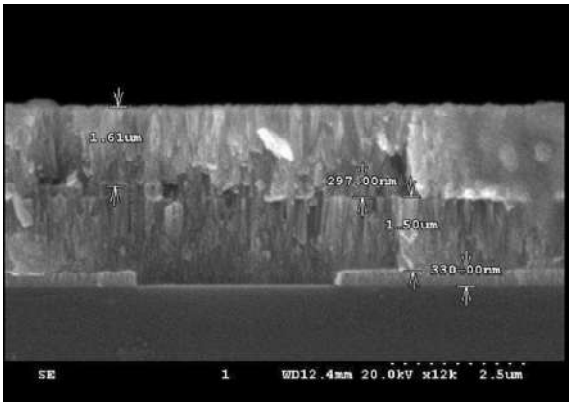
الشكلII –3:بلورة الكوارتز

II-I-4-1-2البوليمرات:هي من المواد الكهروضغطية الاصطناعية تتميز هذه المواد بمقاومة صوتية منخفضة، تستخدم أساسا في الأجهزة عالية التردد ويمكن العثور عليها في محولات الطاقة للموجات فوق الصوتية للعيون أو الجلد أو داخل الأوعية .كما أنها تفسح المجال لتصغير المجسمات . [14]



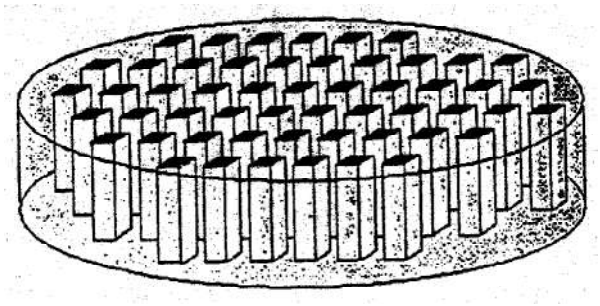
الشكلII –4:البوليمرات

II-I-4-1-3السيراميك:يعتبر السيراميك من المواد الكهروضغطية الاصطناعية ،وهو من أكثر المواد ملائمة للاستخدام في وقتنا الحالي ،ويستخدم في تصنيع المواد المركبة ،ويتميز بمقاومة صوتية عالية ،وهي مواد قابلة للتحويل وسهلة التحويل .ومن بين أنواع السيراميك الأكثر استخداما هي **PZT** (الرصاص ،الزركونات ،تيتانات).[14]



الشكلII-5 :بنية السيراميك

II-I-4-1-4المواد المركبة:هي مواد كهروضغطية اصطناعية ظهرت هذه المواد في أوائل الثمانينيات من القرن الماضي ،وتم تطويرها لأول مرة لتطبيقات السونار ،وتمثل تقدما كبيرا في مجال مواد البيزوالكتريك وهي عبارة عن مركب من مواد أساسية من البوليمرات متضمنة في ألواح أو قضبان أو مواد كهروضغطية مسحوقة ، وتستخدم في الصوتيات تحت الماء ،الالكترونيات ومجال الطب. [14]



الشكلII-6:بنية المواد المركبة

II-I-4-2 خصائص المواد الكهروضغطية

تتشكل بعض البلورات لتكتسب خاصيات عدة ، فمنها النواقل وأشباه النواقل والعازلة حراريا ومنها ما يكتسب خاصية تحويل الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية والعكس، حيث تكون الذرات الحاملة للشحن الموجبة والسالبة في حالة توازن كهربائي مشكلة فيما بينها روابط كيميائية ،هذا التوازن يختل إذا حدث

تشوه مادي بفعل ضغط على مستوى الكريستال مما يغير المسافات النسبية بين هذه الذرات +/− فينشئ فرق كمون بفعل هذا الانتقال مما يمكننا من الاستفادة منه في توليد تيار كهربائي .[15]

هناك العديد من المواد الكهروضغطية ،فمنها الطبيعية ومنها المصنعة مخبريا ، نذكر الطبيعية منها وهي الكوارتز الياقوت الأصفر والمينا وحتى العظام والحرير بها هذه الخاصية لكنها تتفاوت فيما بينها من ناحية الكفاءة.

II-I-5 تطبيقات الكهروضغطية

II-I-5-1 أرضيات مولدة للطاقة

بما أن الجهد الميكانيكي الذي يسبب تغير في شكل مواد معينة ينتج الكهرباء الانضغاطية ،تعد الأرضيات المولدة للطاقة من أهم تطبيقات هذه الكهرباء والتي تستخدم خطوات المارين كمصدر للحمل الميكانيكي اللازم .

فهذه التقنية بشكل أساسي هي عبارة عن نظام أرضيات قابل للتعديل ومتعدد المهام ،مزود بجهاز بث لاسلكي مما يسمح بالتقاط البيانات من كل بلاطة ،إضافة إلى مولدات تقوم باستخلاص الطاقة الحركية من حركة المشي ،فعندما يمشي الناس فوق هذه الأرضية يسبب الضغط الناتج إزاحة المولدات عموديا من مكانها الأساسي ،ويؤدي إلى توليد طاقة حركية عبر التحريض الكهرطيسي ،ويمكن لهذه الطاقة أن تستخدم للإضاءة أو أي شيء آخر.[1]

II-I-5-2 أحذية مولدة للطاقة

وتكون عن طريق استخدام الشرائح البيزو إلكترونية وتثبيتها بالأحذية ،يمكن توليد طاقة كهربائية ليتم استغلالها بطرق عدة ،فمثلا يمكن شحن الهواتف النقالة بهذه الطاقة أو تشغيل الساعات الذكية بها أو

أجهزة تحديد الموقع ،فمثل هذه الأجهزة الذكية تمدها البطاريات الكهروكيميائية بالطاقة والتي تكون محدودة بإضافة إلى كون هذه البطاريات ملوثة للبيئة.[1]

II-II علم النانو وتكنولوجيا النانو

1-II-II النانو

كلمة النانو هي بادئة منحوتة من اللغة اليونانية القديمة وتعني قزم(**Nanos**)،وفي مجال العلوم يعني النانو جزءا من مليار (جزء من ألف مليون) فمثلا نانو ثانية (وحدة لقياس الزمن) تعني واحد من مليار من الثانية الواحدة ،وبالمثل يستخدم النانو كوحدة لقياس الأشياء الصغيرة جدا التي لا ترى إلا تحت المجهر (ميكروسكوب) الإلكتروني .وتستخدم هذه الوحدة للتعبير عن أبعاد أقطار ومقاييس ذرات وجزيئات المواد المركبة والجسيمات المجهرية مثل البكتيريا والفيروسات ،والنانومتر الواحد يساوي جزءا من ألف مليون (مليار) جزء من المتر وبتعبير آخر فإن المتر الواحد يحتوي على مليار جزء من النانومتر وللمقارنة فإن النانومتر الواحد يعادل قياس طول صف مكون من 13 ذرة من ذرات غاز الهيدروجين إذا ما تخيلنا أنها وضعت متراصة بعضها بجوار البعض .[16]

2-–II -II المواد النانويةNanomatériau

تعرف المواد النانوية بأنها تلك الفئة المتميزة من المواد المتقدمة التي يمكنا إنتاجها بحيث تتراوح مقاييس أبعادها أو أبعاد حبيباتها الداخلية بين1 نانومتر و100 نانومتر،وقد أدى صغر أحجام تلك المواد و مقاييس تلك المواد إلى أن تسلك سلوكا مغايرا للمواد التقليدية كبيرة الحجم التي تزيد أبعادها على 100 نانومتر،وتعد المواد النانوية هي مواد البناء للقرن الحادي والعشرين ولبناته الأساسية والركن المهم من أركان تكنولوجيا القرن الحادي والعشرين (تكنولوجيا النانو تكنولوجيا الحيوية ،تكنولوجيا المعلومات والاتصالات) والتي تعتبر معيارا لتقدم وحضارة الأمم ومؤشر لنهضتها .هذا وتتنوع المواد النانوية من

ناحية المصدر ،حيث تختلف نسبها ،كأن تكون مواد عضوية أو غير عضوية أو مواد طبيعية أو مخلقة.[17،16]

II-II-2-1 سلوك المواد النانوية

تتصرف الأجسام في المقياس النانو تصرفا مختلفا تماما عن تصرفها في المقاييس الأكبر ،فالذهب في المقياس الكبير على سبيل المثال موصل جيد للحرارة ، والكهرباء ،ولكنه غير موصل للضوء ،في حين أن جسيمات الذهب النانوية المبنية بناءا مناسبا تمتص الضوء ، وبإمكانها تحويل ذلك الضوء إلى حرارة كافية تجعلها تعمل كمشرط حراري مصغر ،يمكن عبره قتل الخلايا غير المرغوب فيها في جسم الإنسان ،مثل الخلايا السرطانية . [18]

II- II-3 تصنيف المواد النانوية وتطبيقاتها

II-II-3-1 المواد النانوية أحادية البعد

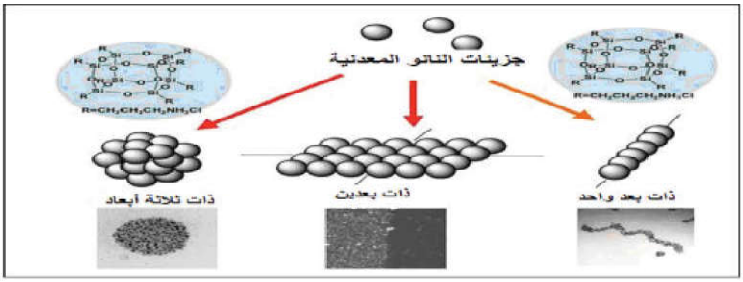
هي مجمل المواد التي لها طول فقط،لذلك سميت بهذا الاسم ،وتكون على شكل رقائق سمكها لا يتعدى100 نانومتر وتستخدم لطلاء المواد القديمة من أجل تحسين خواصها . [19]

II- II-3-2 المواد النانوية ثنائية البعد

هي المواد التي لها طولا وعرضا يقل كل منهما عن 100 نانومتر ،كالأسلاك والأنابيب النانوية وكذلك الألياف النانوية ،تستخدم هذه المواد في تصنيع مكونات الخلايا الشمسية والشرائح الالكترونية وأجهزة الاستشعار والأجهزة الالكترونية الحديثة. [19]

II-II-3-3 المواد النانوية ثلاثية البعد

هي المواد التي لها طولا وعرضا وارتفاعا لا يتعدى كل منهما 100 نانومتر،ومن أمثلتها الحبيبات ومساحيق المعادن ،كالذهب الذي استخدمت حبيباته في القضاء على الأورام السرطانية ،وتحديد الحمض النووي للفيروسات حتى يسهل القضاء عليها ،أما أكاسيد المعادن مثل أكاسيد الألمنيوم والحديد والتيتانيوم وغيرها ،فأنها تعتبر أكثر المواد النانوية إنتاجا ،نظرا لتعدد استخداماتها في قطاعات الإلكترونيات والأدوية والمعدات الطبية والأجهزة البصرية.[19]



الشكلII –7:تصنيف المواد النانوية من حيث الأبعاد

II-II–4 خواص المواد النانوية

II-II-4-1 الخواص الميكانيكية

تكتسب المواد النانوية خواص ميكانيكية مميزة ،وذلك بزيادة صلابة المواد الفلزية وسبائكها وكذلك زيادة مقاومتها لمواجهة اجهادات الأحمال المختلفة الواقعة عليها وذلك من خلال تصغير مقاييس حبيبات المادة والتحكم في ترتيب ذراتها.كما تكتسب المواد السيراميك متانة لا تمتلكها المواد السيراميك العادية المعروفة بهشاشتها ،هذه الخواص التي تكتسبها المواد على المستوى النانو جعلت لها استخدامات عديدة أهمها في مجال حفر آبار البترول والمياه ،وذلك باستخدام مواد شديدة الصلابة والمتانة للحفر على مواد

نانوية مثلا كربيد التيتانيوم وكربيد التخستين لأدوات الحفر والقطع بدلا من استخدام الماس المكلف.[20،17]

II-II-4-2 الخواص الحرارية

عندما يتم تصغير أبعاد حبيبات المادة تتأثر قيم درجات انصهار المادة فعلى سبيل المثال فإن درجة انصهار الذهب 1064 درجة مئوية في حجمه العادي ،وإذا قمنا بإنقاص أقطار حبيبات الذهب فإن درجة الانصهار تنقص حوالي 500 درجة مئوية. [20،17]

II-II-4-3 الخواص المغناطيسية

إن قوة المغناطيس تعتمد اعتمادا كليا على مقياس أبعاد حبيبات المادة المصنوع منها المغناطيس ،فكلما نقص حجم الجسيمات النانوية وتزايدت مساحة أسطحها الخارجية مع تزايد وجود الذرات على تلك الأسطح كلما زادت قوة المغناطيس وشدته.[22،21]

II-II-4-4 الخواص الكهربائية

يعتبر صغر حجم الحبيبات النانوية مؤثرا إيجابيا على خواصها الكهربائية ،حيث تزداد قدرة المواد على توصيل التيار الكهربائي .كما أن هناك مواد عازلة في حجمها العادي لكنها أصبحت مواد ذات قدرة على التوصيل الكهربائي في حجمها النانوي ،ونفس الشيء بالنسبة لأشباه الموصلات حيث أنها تصبح موصلة في حجمها النانوي. [20،17]

II-II-4-5 الخواص الكيميائية

إن الزيادة الكبيرة في مساحة السطح بالنسبة للحجم في المواد النانوية وكذلك وجود عدد كبير من الذرات على الأسطح الخارجية أكسبها نشاط كيميائي كبير ،حيث أصبحت هذه المواد تستخدم كمواد محفزة تسمى**nano catalysts** مكونة من حبيبات دقيقة 100 نانومتر لقطر الحبيبة الواحدة.[20،17]

II-II-5 علم النانو

علم النانو يقصد به ذلك العلم الذي يعتني بدراسة وتوصيف مواد النانو وتعيين خواصها وخصالها الكيميائية والفيزيائية والميكانيكية عند مقياس النانو متر مع دراسة الظواهر المرتبطة الناشئة عن تصغير أحجامها وغني عن البيان أن تصغير أحجام ومقاييس المواد إلى مستوى النانو متر ليس هدفا بحد ذاته بل هو فلسفة علمية راقية وانقلاب نوعي وعلمي على كلاسيكيات وثوابت النظريات الفيزيائية والكيميائية يهدف إلى إنتاج فئة جديد من المواد تعرف باسم المواد النانوية لتتناسب خواصها المتميزة مع متطلبات التكنولوجيا المتقدمة للغرض التطبيقي المراد .وانطلاقا من هذا المفهوم فان تطبيقات تكنولوجيا النانو لا تقتصر على فرع واحد بعينه من أفرع العلوم أو الهندسة أو الطب ، بل تمتد تطبيقاتها لتشمل جميع الفروع والتطبيقات .[23،16]

II-II-6 "تكنولوجيا النانو"Nanotechnologie"

هي التقنية التي تتعامل مع الذرات والجزيئات المنفردة والمكونة للمواد وذلك باستخدام أدوات دقيقة لبناء وتشغيل مجموعة أصغر من المواد مع تكرار عملية البناء والتشغيل لمجموعات أصغر من المواد أكثر من مرة وصولا إلى الحجم المطلوب أو هي التقنية التي تهتم بتصميم وتصنيع مواد وآلات عند مقياس

النانو متر، أو أنها مجموعة من الأدوات والتقنيات والتطبيقات التي تتعلق بتصنيع بنية معينة ،وتركيبها باستخدام مقاييس متناهية في الصغر .

بشكل عام تهدف هذه التقنية على تطبيق علم النانو بغرض ابتكار وإنتاج وسائل وتقنيات ومخترعات ومنتجات مفيدة تمتاز بحجمها المتناهي في الصغر،فضلا عن تكلفتها الاقتصادية التي لا تتعدى المادة الخام والطاقة المستخدمة في عملية تصنيع هذه الوسائل والمنتجات. [23]

II-III-1 اللف الذاتي

II-III-1-1 تعريف:عندما تتحرك جسيمات أولية محددة ضمن حقل مغناطيسي فإنها تنحرف بطريقة تدل بأن لها خصائص المغانط الصغيرة ،ووفقا لقوانين الفيزياء الكلاسيكية يكون للأجسام الدوارة حول نفسها ،أي تملك لفا ذاتيا ، خصائص مغناطيسية تتشابه مع تلك التي لدى الجسيمات الأولية ،ولأن الفيزيائيين يعشقون التشبيه، فقد اعتبروا أن للجسيمات الأولية لفا ذاتيا "**spin**" .لكن هذا التشبيه يفتقد لدقة ،كما أنه يستدعي تصورا مغلوطا للإلكترون على أنه جسيم صغير يدور حول نفسه ،لذا أن نرضى بقول الحقائق المرصودة بأن الإلكترون ينحرف ببساطة لدى تعرضه لحقل مغناطيسي ، ولو أن أحدا أصر على تشبيهه بالجسيم الدوار ،فستبرز مجموعة من التناقضات ، منها أن الإلكترون خلافا لكرة صغيرة مقذوفة مثلا لا يغير اتجاه دورانه أبدا وليس لدورانه أساسا إلا اتجاهين فقط .كذلك فإن فكرة أن الإلكترون والبروتون هما "جسيمان" صلبان يمكنهما "الدوران " في الفراغ لا يمكن أن تصمد إذا ما أخذنا بالحسبان ما نعرفه من قواعد ميكانيكا الكم .ومع ذلك بقي مصطلح "اللف الذاتي " مستخدما.[24]

II-III-1-2 خلفية علمية

يمثل "اللف الذاتي " العزم الزاوي الكلي ،أو العزم الزاوي الداخلي للجسم .يشبه "اللف الذاتي " للجسيمات الأولية "اللف الذاتي" للأجسام الكبيرة فمثلا عزم اللف الذاتي لكوكب ما هو مجموع قيم العزوم اللف الذاتي والعزوم المدارية لجميع جسيماته الأولية والبروتونات التي تتكون من الكواركات .

يأخذ العزم الزاوي في الفيزياء الكلاسيكية قيما ضمن مجال مستمر في حين يأخذ في الميكانيكا الكمومية قيما منفصلة ،هي مضاعفات ثابت بلانك مقسوما على أربعة أضعاف العددπ .

اقترح نيلز بور في العام 1913 أن يكون العزم الزاوي مكمما ،واستفاد من هذه الفكرة في تفسير طيف الهيدروجين .وفقا لفهمنا الحالي ،فإن الجسيمات الأولية هي :الكواركات و اللبتونات كالإلكترونات مثلا والبوزونات كالفوتونات مثلا لها لفا ذاتيا.

استخدم "اللف الذاتي" نموذجا لغيره من المفاهيم الأكثر تجريدا والتي ظهرت باعتبارها خصائص رياضية للعزم الزاوي دون أن يكون لها تشبيه تقليدي بسيط فعلى سبيل المثال ،يستخدم "اللف الذاتي النظائري"**spin isotopique**"في الفيزياء النووية للدلالة على إحدى حالتي النيكليون ،أي البروتون والنيترون .و بالمثل فإن الكواركات تقترن على شكل أزواج ذات لف ذاتي نظائري ،فيكون لدينا كوارك علوي **up** وكوارك سفلي **down** وهما الكواركان اللذين يشكلان المادة العادية .إن فكرة التناظر الدوراني للقوانين الفيزيائية وعدم تغيرها عند النظر للجملة من زاوية مختلفة تم تعميمها لتتضمن تناظرات دورانية في أبعاد مختلفة عن الأبعاد المكانية والزمنية المألوفة لدينا في حياتنا اليومية.[24]

II-III-2 اللف المغزلي الإلكتروني (spin)

II-III-2-1 اكتشاف الإلكترون

يعتبر الإلكترون من الجسيمات الأولية والتي تتضمنها المادة ورغم خفته وصغر حجمه إلا أن نشاطه مكن من اكتشافه قبل غيره من مكونات الذرة البروتونات والنيترونات .بل حتى قبل الذرة نفسها التي بقى العلماء يتخبطون لقرون من أجل وضع نموذج صحيح لها .

والإلكترون تفطن بوجوده العالم الايرلندي"جورجستوني"خلال أبحاثه عام 1891لكن دون إثبات ،وفي عام 1894 أطلق على هذه الدقائق اسم "إلكترون " .

تمكن البريطاني جوزيف "طومسون" عام 1897 من الاكتشاف النهائي للإلكترون وبعدها وضع الدنماركي "نيلز بور" عام1913 النموذج النهائي للذرة .[25]

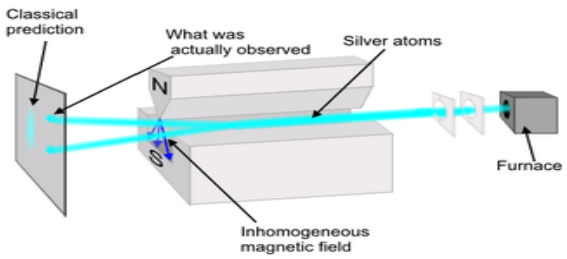
II-III-2-2 لمحة تاريخية

تم اكتشاف وجود اللف الذاتي للإلكترون من خلال تجربة ستيرن –جيرلاش عام 1922 وذلك نسبتا للباحثين الالمانيين اوتوستيرن والترجير لاش بفرانك فورت حيث تمت التجربة باستخدام ذرة الفضة ،ولاحظا انحراف حزمة الذرات إلى قسمين نتيجتا لوجود لف ذاتي للذرة .وتوصلت الأبحاث إلى غاية عام 1925 أين تم اكتشاف اللف الذاتي للإلكترون.

ويعبر عن اللف الذاتي للإلكترون بالعدد الكمي المغزلي ،وهو من الأعداد الكمومية الأربعة المتعلقة بمعادلة شرودينغر الموجية (والتي وضعها العالم النمساوي أرفين شرودينغر عام 1926) والتي تحدد احتمالات تواجد الإلكترون بالذرة . [25]

فالأعداد الكمومية الأربعة هي:

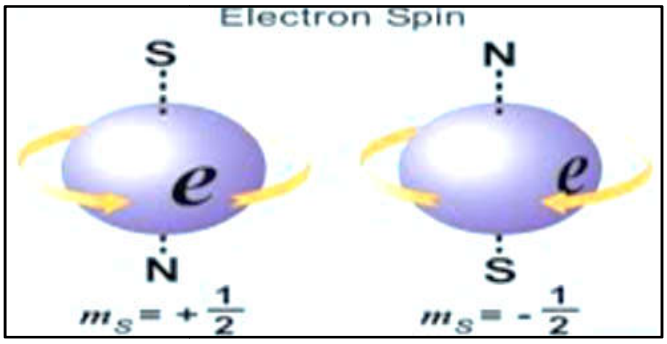
- العدد الكمي الرئيسي **n**
- العدد الكمي المداري**l**
- العدد الكمي المغناطيسي **m**
- العدد الكمي المغزلي**S**



الشكلII-8: تجربة (ستيرن –جيرلاش)

II-III-2-3 تعريف اللف المغزلي للإلكترون

من المعروف أن للإلكترون شحنة سالبة وقد اتضح أن دوران الإلكترون حول نفسه يولد عزما مغناطيسيا يمكن أن يأخذ أحد القيمتين**S=+1/2،−1/2**)وذلك حسب اتجاه الحقل المغناطيسي . كما يصطلح على دوران الإلكترون حول نفسه في عكس اتجاه عقارب الساعة بالإلكترون ذو اللف العلوي(**up spin**) ،أما دورانه في اتجاه عقارب الساعة فيصطلح عليه بالإلكترون ذو اللف السفلي (**down spin**). [25]



الشكلII-9:اللف العلوي واللف السفلي للإلكترون

II-III-2-4 علم اللف المغزلي الإلكتروني(Spintronic)

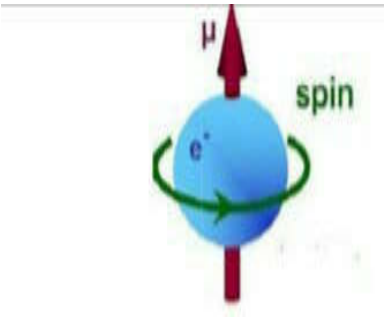
سابقا وفي دراسات علوم المواد والإلكترونيات كان التعامل مع الإلكترون دون الأخذ بعين الاعتبار لفه المغزلي ،أو بعبارة أخرى تم إهماله .لكن صحيح أن هذا الإهمال مكن من التقدم في العلوم و التكنولوجيا لكنه كلف غاليا كمثال بسيط ففي عام 1955 كنا نخزن بالأقراص الصلبة حوالي **bits/cm²** 500أما حاليا فإننا نخزن أكثر من **bits/cm²** 10^{10}.وكل هذا بفضل علم اللف المغزلي الإلكتروني ،ويعتبر هذا العلم من مواضيع البحث الحديثة و بدأ تناوله في نهاية الثمانيات ، وكان أول من وضع على السكة هذا العلم هو الباحث "ألبرت فارت " بجامعة اورساى بفرنسا سنة 1988 وذلك باكتشافه للمقاومة لمغناطيسية العظمى**GMR** والتي اشتهرت باسم(**magnètorèsistancegèant**)وقبل الدخول في تفاصيل هذا الاكتشاف وغيره من التطبيقات نستعرض أساسيات هذا العلم . [25]

II-III-2-5 أساسيات علم اللف المغزلي الإلكتروني

عندما نتكلم عن التيار الكهربائي في المادة فيجب أن نحدد نوع التيار الكهربائي الناتج ، هل هو التيار الكهربائي الناتج عن حركة الإلكترونات ذات اللف المغزلي العلوي ،أم التيار الناتج عن حركة الإلكترونات ذات اللف المغزلي السفلي ،لذا يطرح التساؤل التالي :هل عدد الإلكترونات ذات اللف العلوي بالمادة تتساوى مع عدد الإلكترونات ذات اللف السفلي ومن هنا ندخل إلى الأساسيات .

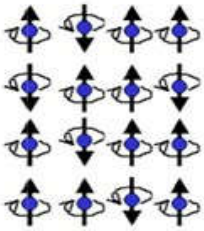
II-III-2-5-1 أصل المغنطة

يرجع أصل المغنطة في المواد المغناطيسية (**ferromagnètique**) إلى اللف المغزلي للالكترونات.حيث جراء دوران الالكترونات حول نفسها ونظرا لشحنتها السالبة فإنها تولد حقلا مغناطيسيا.



الشكلII-10:المغنطة في المواد المغناطيسية

و بالتالي فان الإلكترون يعتبر في حد ذاته مغناطيسا ،واتجاه هذا الحقل المغناطيسي يكون إما إلى الأعلى أو إلى الأسفل حسب اتجاه اللف المغزلي.وهذا يعني انه عند التقاء إلكترونين مختلفين في اللف فان حقلاهما المغناطيسيان يتنافيان. [25]



الشكل II–11: اتجاه الحقل المغناطيسي

ومنه نصل إلى هذه الحقيقة وهي إن المواد الممغنطة فيها عدد الالكترونات ذات اللف المغزلي العلوي غير متساوية مع عدد الالكترونات ذات اللف المغزلي السفلي .

وفي المقابل المواد غير الممغنطة (سواء كانت معدنية،نصف ناقلة ،أو عازلة) تكون عدد الإلكترونات ذات اللف المغزلي العلوي متساوية مع عدد الالكترونات اللف المغزلي السفلي. [25]

II-III-2-5-2 انحفاظ اتجاه اللف المغزلي الإلكتروني

خلال انتشار الالكترونات بالمعادن وبالرغم من وجود العيوب البلورية (الشوائب ،الفراغات،الانزلاقات ....)إلا أننا نهمل أي انقلاب في اتجاهات اللف المغزلي للإلكترونات ،كما يؤدي هذا الانتشار إلى توليد تيارين كهربائيين على التوازي .وينسب هذا التقريب إلى الباحث "موت".[25]

II-III-2-5-3 انتشار الإلكترونات مرتبط بلفها

نظرا لاختلاف عدد الإلكترونات ذات اللف العلوي عن عدد الإلكترونات ذات اللف السفلي يتشكل حقل مغناطيسي محلي وذلك بالمواد الممغنطة (كالحديد،الكوبالت،النيكل.....) وبالتالي فإن انتشار الإلكترونات في هذه المواد سيكون حسب لفها الغزلي أي هل هو موازي تماما (**parallèle**)للحقل المغناطيسي المحلي بالمادة أم موازي عكسا (**antiparallèle**). [25]

II-III-2-5-4 تراكم اللف المغزلي بالمناطق البينية

أثناء مرور حزمة من الإلكترونات (تيار كهربائي) من مادة ممغنطة إلى مادة غير ممغنطة فإنها تتشكل منطقة بينية عازلة تتراكم بها الإلكترونات .حصيلة الإلكترونات ذات اللف العلوي والسفلي في هذه المنطقة ليست بقدر الاختلاف كالمادة الممغنطة ولا هي متساوية كالمادة غير الممغنطة. [25]

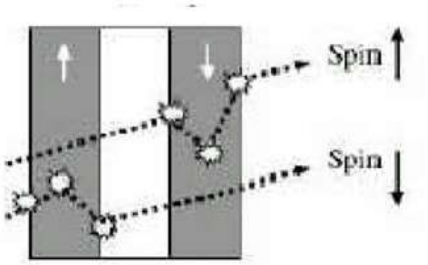
II-III-2-6 ظواهر اللف المغزلي الإلكتروني

II-III-2-6-1 المقاومة المغناطيسية العظمى GMR- (MagnètorèsistanceGèant)

تم تنفيذ التركيب التجريبي لهذه الظاهرة عام1988 كما ذكرنا سابقا ،واستخدمت طبقات متراصة بالتناوب من الحديد والكروم ,حيث تم استخدام حوالي 50 طبقة ثنائية.

يمثل الكروم كمادة غير ممغنطة ،أما الحديد فتم مغنطته في كل مرة في اتجاهات مختلفة حسب كل طبقة ووفقا لاتجاهات التيار نجم عن ذلك الحالات التالية :

الحالة1:مغنطة طبقتي الحديد متعاكستين في الاتجاه والتيار مار عموديا –(CPP(AP:

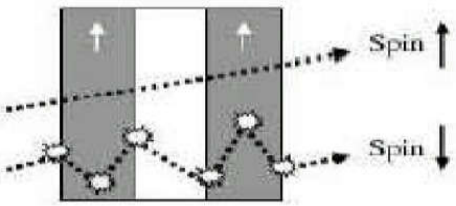


الشكلII–12:الحالة(CPP(AP

في هذه الحالة الإلكترونات ذات اللف العلوي لا تجد أي مقاومة في البداية لكنها تصطدم بمقاومة كبيرة عندما تصل إلى الطبقة الموالية .

بينما الإلكترونات ذات اللف السفلي فإنها تعاني مقاومة شديدة في البداية وإذا فلتت بعض الإلكترونات فإنها ستعبر بسهولة الطبقة الموالية . [25]

الحالة 2:مغنطة طبقتي الحديد في نفس الاتجاه والتيار مار عموديا–(CPP (P

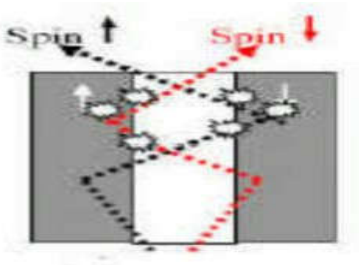


الشكلII –13 الحالة: (CPP (P

في هذه الحالة الإلكترونات ذات اللف العلوي لا تجد أي مقاومة لا في البداية عند عبورها الطبقة الأولى ولا في النهاية عند عبورها الطبقة الثانية .

بينما الإلكترونات ذات اللف السفلي فإنها تعاني مقاومة شديدة في البداية و إذا فلتت بعض الإلكترونات فإنها ستعبر بسهولة الطبقة الموالية. [25]

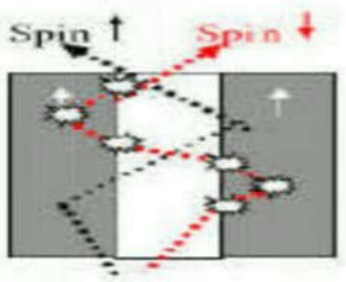
الحالة 3 مغنطة طبقتي الحديد متعاكستين في الاتجاه والتيار مار موازيا –CIP(AP):



الشكلII–14:الحالة CIP (AP)

وهنا تكون حركة الإلكترونات عشوائية في البداية حيث تتخبط في اتجاه حركتها مابين الطبقتين وجراء هذا التخبط فإن جميع الإلكترونات سواء كان لفها علويا أو سفليا تتعرض للمقاومة ،وفي الأخير الإلكترونات التي تمكنت من الوصول إلى آخر المسار فإنها ستخرج من الطبقة التي تمغنطها يتوافق مع لفها المغزلي الذاتي. [25]

الحالة 4:مغنطة طبقتي الحديد في نفس الاتجاه والتيار مار موازيا–CIP(P):



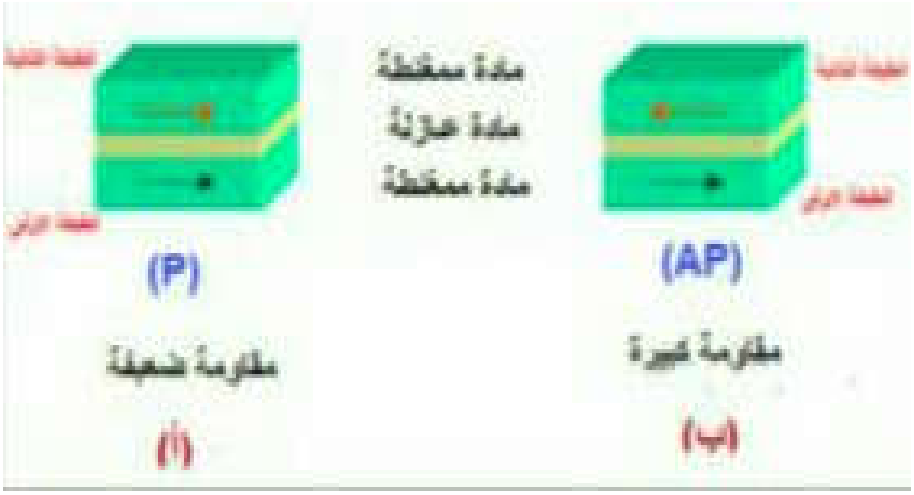
الشكلII–15:الحالةCIP (P)

هنا ونظرا لكون الطبقتين لهما نفس التمغنط فإنه أكيد أحد الإلكترونين سيمر بدون مقاومة ،أما الآخر فأنه سيعاني من الطبقتين وهذا طبعا جراء تضاد لفه المغزلي مع تمغنط الطبقتين . [25]

II-III-2-6-2 المقاومة المغناطيسية للنفقTMR(Magnétorésistance Tunnel)

كما هو موضح في الشكل أسفله ،فباستخدام طبقتين ممغنطتين تتوسطهما طبقة عازلة يمكننا ملاحظة المقاومة المغناطيسية للنفق حيث نثبت اتجاه تمغنط الطبقة الأولى أما الطبقة الثانية فبإمكاننا التحكم في اتجاه تمغنطها نسبتا لتمغنط الطبقة الأولى ،فأما موازي تماما للحقل المغناطيسي المحلي بالطبقة الأولى أو موازي عكسا ،فلما يصل التيار الكهربائي إلى الطبقة الأولى فإن الإلكترونات التي عزم لفها المغزلي في اتجاه مغنطة الطبقة هي التي تمر فقط .وبالتالي تتراكم بالمنطقة العازلة مشكلتا نفقا في انتظار مصيرها :فإذا كانت الطبقة الثانية تمغنطها متوافق مع هذه الإلكترونات المتراكمة فإنها تمر عبر ذات النفق وتكون عندها المقاومة المغناطيسية ضعيفة الحالة ((P))

أما إذا كانت الطبقة الثانية تمغنطها عكس الإلكترونات المتراكمة فإنها لا تمر وبالتالي فلا يوجد تيار وتكون المقاومة المغناطيسية كبيرة الحالة ((AP)) . [25]



الشكلII- 16المقاومة المغناطيسية للنفق TMR

الفصل الثالث

III-1 ممقدمة

سنتطرق في هذا الفصل إلى تصميم أنظمة مختلفة من أجل إنتاج طاقة كهربائية مستمرة يمكن استغلالها في الحياة اليومية ،واعتمدنا في هذا التصميم على توظيف خواص اللف المغزلي الإلكتروني تقنية GMR (المقاومة المغناطيسية العظمى) مع المواد الكهروضغطية . ويعتمد التصميم أساسا على المواد الكهروضغطية التي لها ميزة إنتاج الكهرباء عن طريق الضغط عليها، ومن أجل إثبات صحة التصاميم لإنتاج طاقة مستمرة و ذات جودة عالية، قمنا بحساب الطاقة الضائعة ومقارنتها بالطاقة الكلية الناتجة.

III-2 مكونات التصميم

III-2-1: مجس كهروضغطي: يحتوي على المواد الكهروضغطية PMN-33%PT

III-2-2 خليتين من الكروم والحديد:

تستخدم طبقات متراصة من الحديد والكروم Cr،Fe حيث يمثل الكروم كمادة غير ممغنطة ،أما الحديد فيتم مغنطته في اتجاهات مختلفة حسب كل طبقة .

III -2-3 مرشح السبين الإلكتروني GMR:

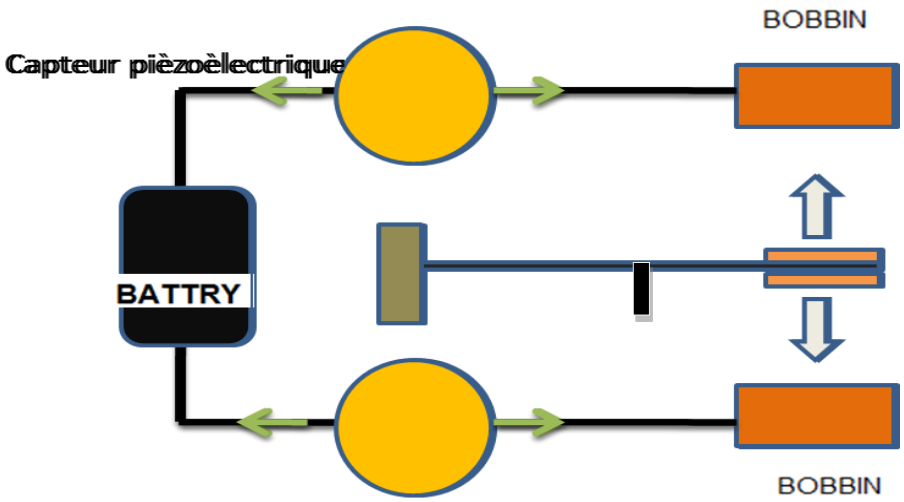
يستخدم المرشح الإلكتروني كدارة كهربائية ،يعمل على فصل السبين السفليspin down ، والسبين العلوي spin up للتيار الكهربائي .

III-3 التصميم التجريبي لإنتاج طاقة كهربائية مستمرة

حالة 1التصميم بالاعتماد على الضغط الأحادي

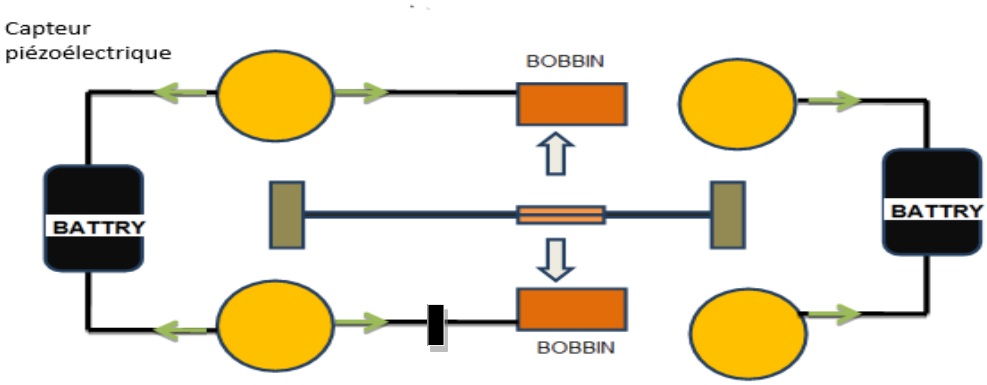
في هذه الحالة يتم أولا تطبيق ضغط ميكانيكي على المادة الكهروضغطية الأولى فيتم إنتاج طاقة كهربائية ،جزء من هذه الطاقة ينتقل عبر أسلاك التوصيل يمر بالوشيعة الاولى فينتج حقلا مغناطيسيا

يؤدي إلى جذب طرف المطرقة فتضغط بدورها على المادة الكهروضغطية الثانية فتنتج طاقة كهربائية يمر جزءا منها في الوشيعة الثانية فينشأ حقل مغناطيسي يجذب الطرف الثاني من المطرقة فيؤثر على المادة الثانية ،وهكذا تستمر عملية إنتاج الطاقة الكهربائية من المادتين الكهروضغطيتية



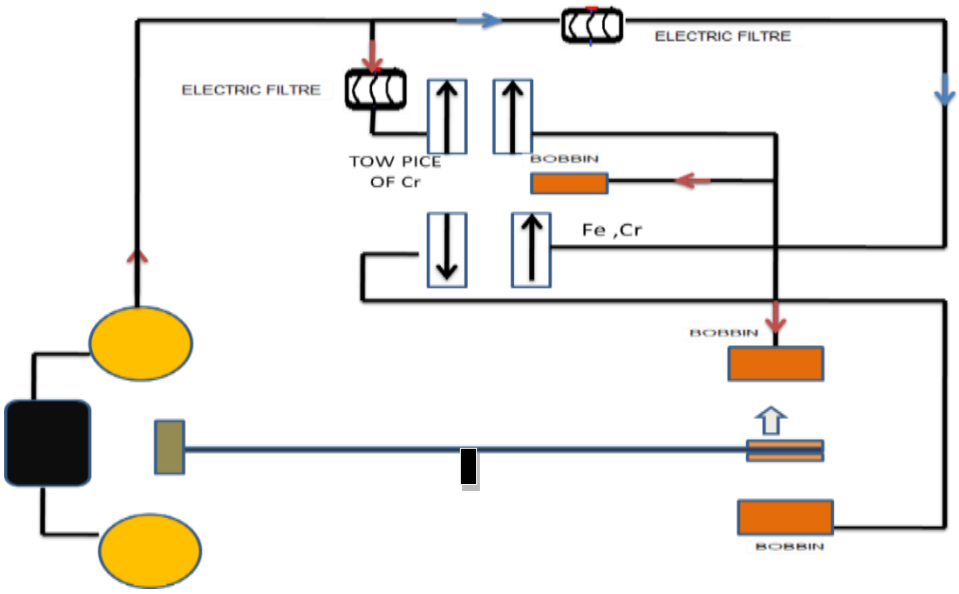
الشكلIII– 1:مخطط إنتاج الطاقة الكهربائية في حالة ضغط أحادي

حالة 2:تصميم بالاعتماد على الضغط المزدوج



الشكلIII–2: مخطط إنتاج الطاقة الكهربائية في حالة ضغط مزدوج

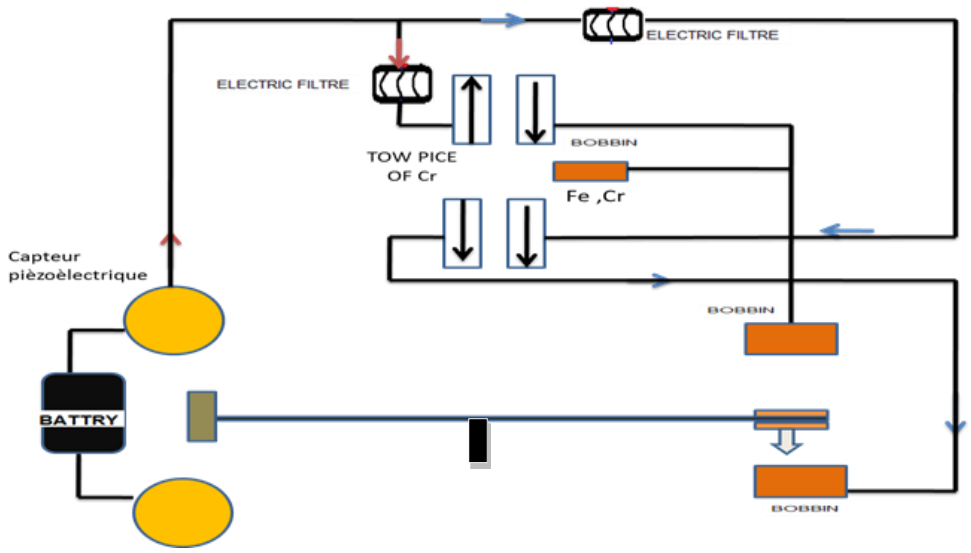
حالة 3التصميم بعد توظيف GMR قبل تطبيق التأثير الميكانيكي (حالة ضغط أحادي)



الشكلIII-3 مخطط إنتاج الطاقة الكهربائية بعد توظيف GMR قبل التأثير الميكانيكي (حالة الضغط الأحادي)

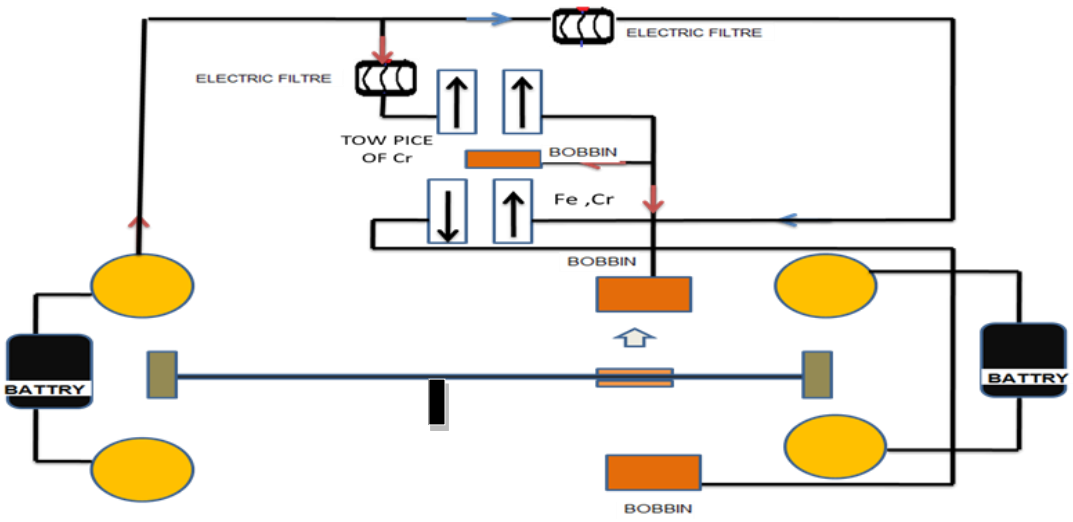
حالة 4التصميم بعد توظيف GMR بعد تطبيق التأثير الميكانيكي(حالة ضغط أحادي)

بعد تطبيق ضغط ميكانيكي على المادة الكهرو ضغطية الأولى فيتم إنتاج طاقة كهربائية، عندما يمر التيار على مرشح إلكتروني رقم (1)الذي يسمح بمرور التيار العلوي spin up،عندما يمر التيار العلوي في الوشيعة(1) ينشأ حقل مغناطيسي يؤثر على طبقة الحديد(1) فيعكس اتجاهها بحيث يمنع مرور التيار وفي نفس الوقت يؤثر على طبقة الحديد رقم (2)مغير اتجاهها يسمح بمرور التيار أما الجزء الاخر من التيار العلوي يؤثر على الوشيعة (2) التي بدورها تجذب الجهة الممغنطة من القضيب وبالتالي يتم الضغط على المادة الكهروضغطية (1) من طرف المطرقة، عندما يتغير اتجاه طبقة الحديد (2)فيمر التيار السفلي متجه نحو الوشيعة (3) فينشأ حقل مغناطيسي الذي يعمل على جذب القضيب فيتم الضغط على المادة الكهروضغطية (2)، وهكذا تستمر عملية انتاج الطاقة.



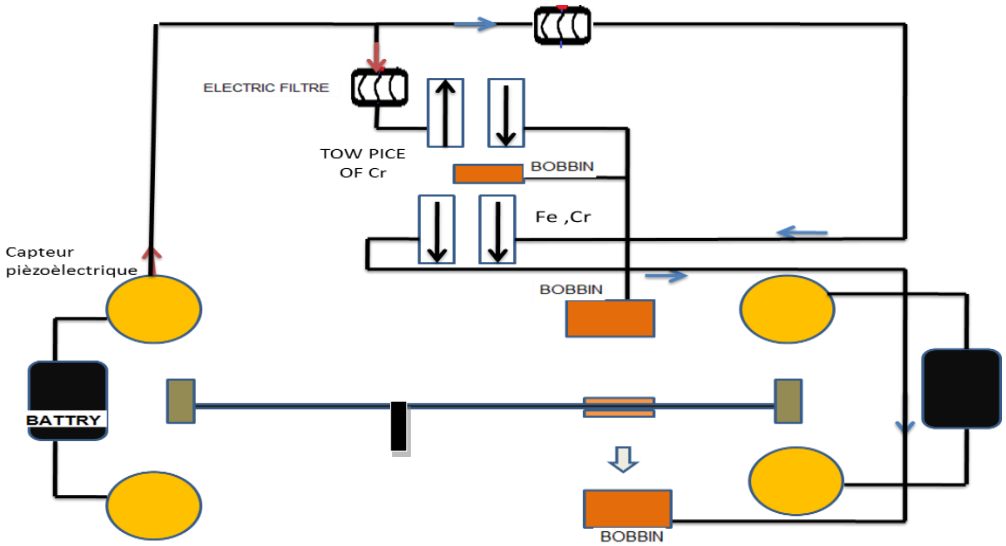
الشكلIII-4 مخطط إنتاج الطاقة الكهربائية بعد توظيف GMR بعد التأثير الميكانيكي(حالة الضغط الأحادي)

حالة 5التصميم بعد توظيف GMR قبل تطبيق الضغط(حالة الضغط مزدوج)



الشكلIII-5 مخطط إنتاج الطاقة الكهربائية بعد توظيف GMR قبل التأثير الميكانيكي(حالة الضغط المزدوج)

حالة 6التصميم بعد توظيف GMR بعد تطبيق الضغط(حالة الضغط مزدوج)



الشكلIII–6 مخطط إنتاج الطاقة الكهربائية بعد توظيف GMR بعد التأثير الميكانيكي(حالة الضغط المزدوج)

III–4 دراسة أداء التصاميم في انتاج الطاقة

III–4 –1قانون انتاج الطاقة الخاصة بالمواد الكهروضغطية

$$U = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}(d \times \delta \times s) \cdot (g \times \delta \times t) \qquad (1-III)$$

$$= \frac{1}{2} d \times g \times \delta^2 \times Volume \qquad [26]$$

- حيث المعامل d يمثل ثابت التيار وحدته C/N

- المعامل g يمثل ثابت الجهد ووحدته Vm/N

-V يمثل حجم المادة الكهروضغطية ويعبر عنه بالعلاقة $V=S\times t$

- حيث s تمثل مساحة سطح المادة m^2 ، t يمثل سمك المادة الكهروضغطية m

- δمرتبطة بقوة الضغط المطبقة ،وبالتالي يمكن أن نعبر عن القوة F من خلال

$$*F = \left(\frac{4\pi r^2}{\mu 0}\right) \times B0\ B \qquad (2-III)$$

- حيث F هي القوة المطبقة ب N

- r المسافة بين الوشيعة والقضيب بـmm

-μ_0 نفاذية الفراغ

-B0هو مغنطة القضيب

-B تمثل شدة الحقل المغناطيسي بوحدة التسلا ،ويعطى بالعلاقة التالية

$$*B = \left(\frac{\mu 0\times N}{L}\right) \times I \qquad (3-III)$$

-حيثN تمثل عدد اللفات

-I شدة التيار الكهربائي بوحدة الامبير

-**L** ذاتية الوشيعة وتعطى بالعلاقة التالية:

$$*\ L = \frac{a^2\times N^2}{18\times a+40\times l} \qquad (4\ -III)$$

-حيثa نصف قطر الملف mm

-l يمثل طول الملف mm

قانون حساب الطاقة الضائعة (المستهلكة من طرف الوشيعة) بوحدة الجول

$$* \; UL = L \times \frac{I^2}{2} \qquad (5\text{- III})$$

يوضح الجدول التالي بعض خصائص ومركبات المواد الكهروضغطية :

الجدول III-1يوضح بعض خصائص المواد *الكهروضغطية* [26]

	$BaTiO_3$	PZT-4	PZT-5A	PZT-5H	PZT-8	PVDF	PMN-33%PT	PZN-6%PT
d31 (10−12 C/N)	78-	123-	-171	-275	-97	-23	-920	1400
d33	149	289	374	593	225	33	2200	2.400
d15		496	584	741	330			
g31 (10−3 Vm/N)	5	11.1-	-11.4	-9.1	-11	216	17.1	24.3
g33	14.5	26.1	24.5	19.7	25.4	330	44	41.7
g15		39.4	38.2	26.8	28.9			
k33	0.48	0.7	0.71	0.75	0.64	0.15	0.93	0.9
Mechanical QM	300	500	75	65	1.000	3-10	69	
Dielectric loss		0.4%		%2	0.4%		0.42%	
Curie temperature (°C)	115	328	365	193	300	100	145	100

III-4 -2 معطيات الحساب

الجدول III-2 يوضح القيم المستعملة في حساب الطاقة

معطيات الحساب	القيمة	الوحدة
ثابت الجهد g33	$44x10^{-3}$	Vm/N
ثابت التيار d33	$2200x10^{-12}$	C/N
البعد r	0.04	M
حجم عنصر كهروضغطيةV	$6x10^{-4}$	m^3
نفاذية الفراغ μ0	$4\pi x10^{-7}$	T/A*m
ذاتية الوشيعة	0.2	mH

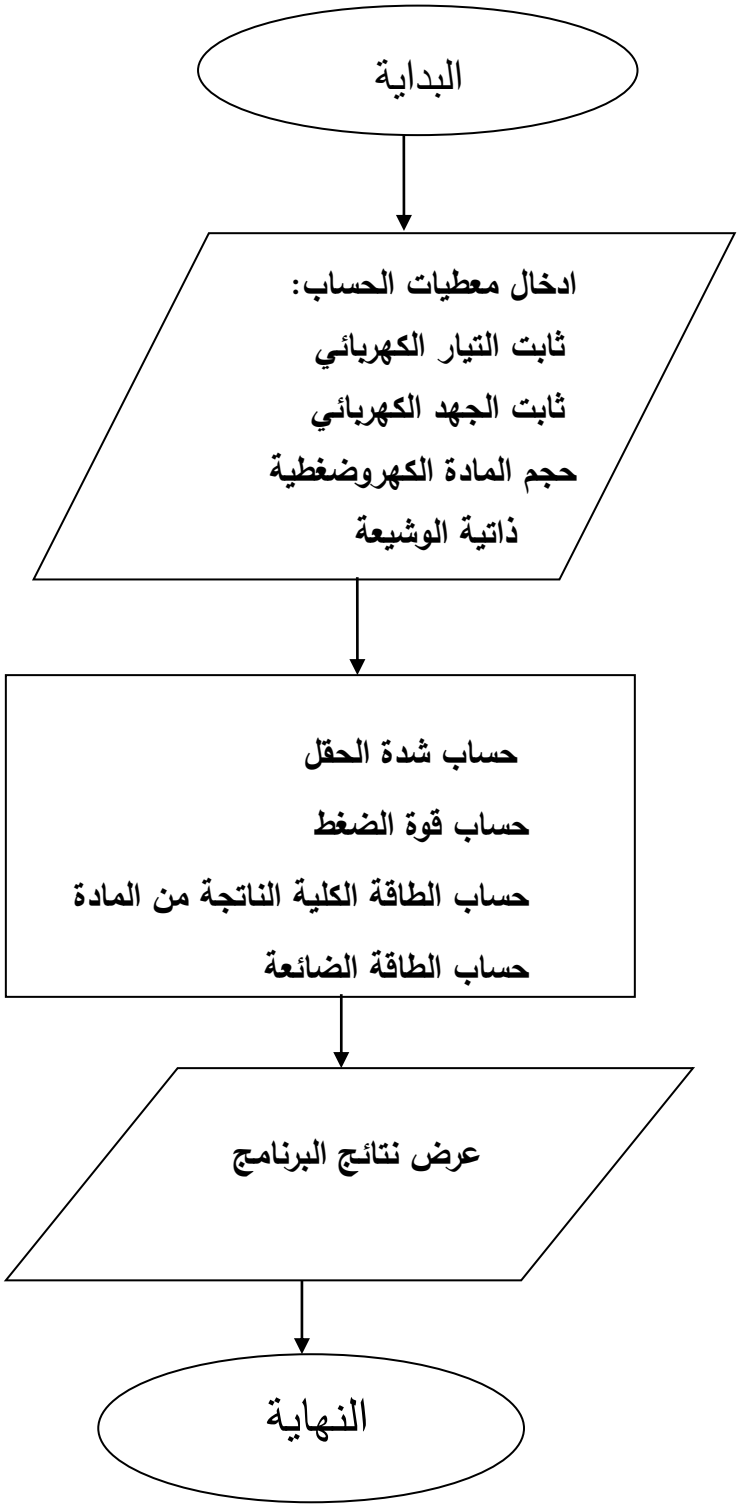
من أجل أن يكون التصميم صغير اخترنا قيمة الذاتية للوشيعة L=0.2mH لأنه كلما زادت قيمة الذاتية الوشيعة يزداد حجمها ، وباستخدام الموقع التالي :

http://www.circuits.dk/calculator-multi-layer-aicore.htm

تحصلنا على القيم التالية الخاصة بأبعاد الوشيعة : a=0.54mm , l=10mm ,N=121

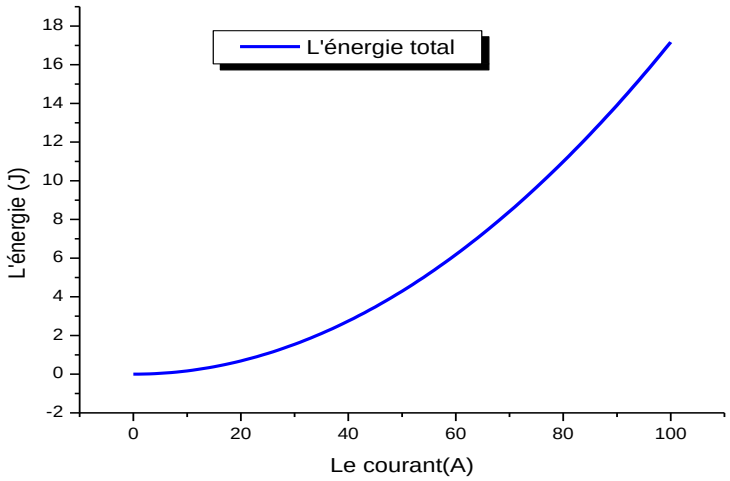
III- 5 نتائج الدراسة

من أجل دراسة فعالية التصاميم في انتاج الطاقة نقوم بتجميع وبرمجة جميع المعادلات اللازمة وكذا ادراج جميع المعطيات باستخدام برنامج بلغة الفورترون الموضح في المخطط التالي:

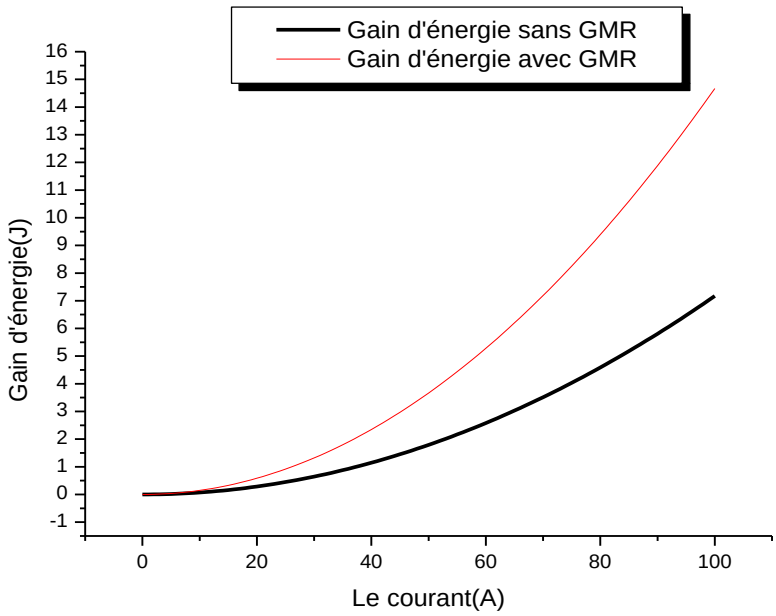


الشكل III.7: مخطط توضيحي للبرنامج

بعد القيام بعمليات الحساب في البرنامج تحصلنا على النتائج الموضحة في المنحنيات التالية تتعلق بالتصميم (1) و (3)ومن أجل المادة PMN-33%PT:

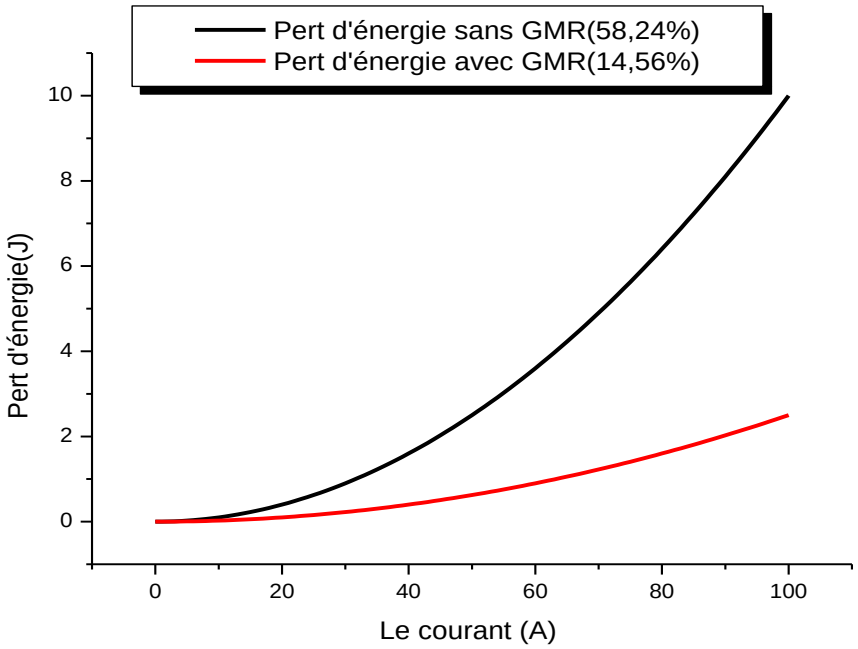


الشكلIII-8 منحنى يمثل تغيرات الطاقة المنتجة من المادة الكهروضغطية بدلالة التيار



الشكلIII-9 منحنى يمثل تغيرات الربح في الطاقة بوجود GMR وبدون GMR

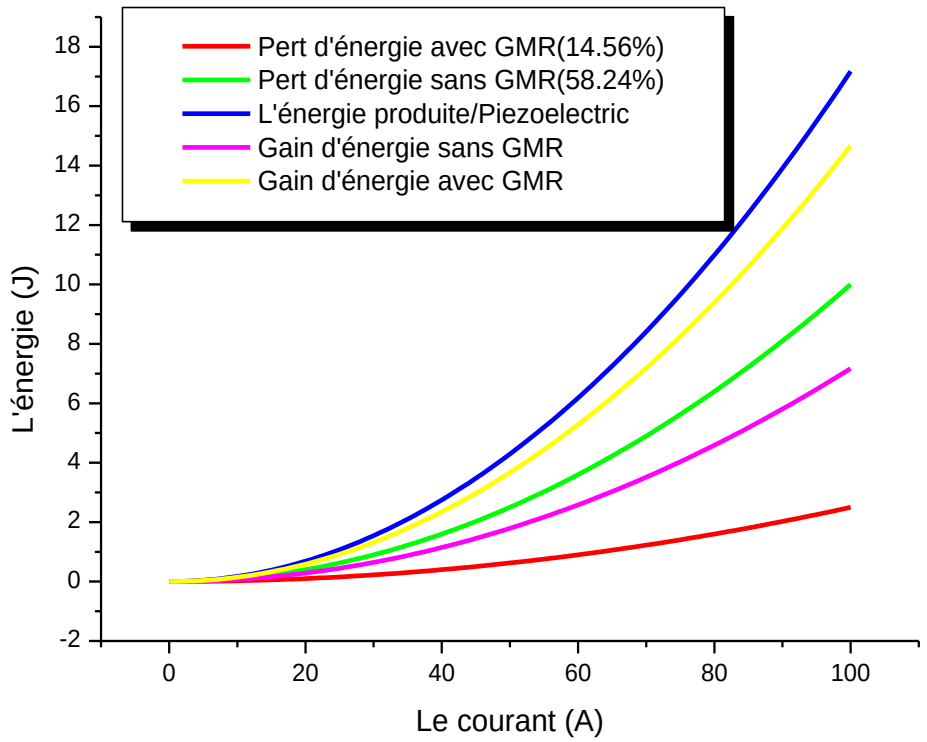
من خلال منحنيي تغيرات الربح في الطاقة بدلالة التيار نلاحظ أن منحنى ربح في الطاقة بدون GMR أعطى قيم أقل بكثير من منحنى الربح في الطاقة بوجود GMR، يرجع سبب ذلك في وجود GMR حيث يسمح بمرور السبين العلوي أو السبين السفلي للتيار. وبالتالي يمر جزء من التيار فقط ليستهلك من طرف الوشيعة ،أي أن التيار المستفاد منه أكثر من التيار المستهلك من طرف الوشيعة. وبالتالي تكون قيمة الربح في الطاقة كبيرة ، أما بدون GMR فإن التيار الكلي الناتج من المادة الكهروضغطية يمر عبر الوشيعة فتستهلك الوشيعة قدر كبير من التيار ،وبالتالي يزيد استهلاك الطاقة و يقل الربح.



الشكلIII-10 منحنى يمثل تغيرات الضياع في الطاقة في وجود GMR وبدون GMR

نلاحظ من خلال منحنى الضياع في الطاقة بوجود GMR أعطت النتائج نسبة قليلة من الضياع في الطاقة (14.56%)، مقارنة بمنحنى فقدان في الطاقة بدون GMR الذي أعطى ضياع في الطاقة بنسبة

(58.24%)، لأن في وجود GMR لا يكون هناك ضياع كبير للتيار المار وهذا لوجود المرشح الالكتروني الذي يسمح بمرور أحد السبينين السفلي أو العلوي لإلكترونات التيار الكهربائي.

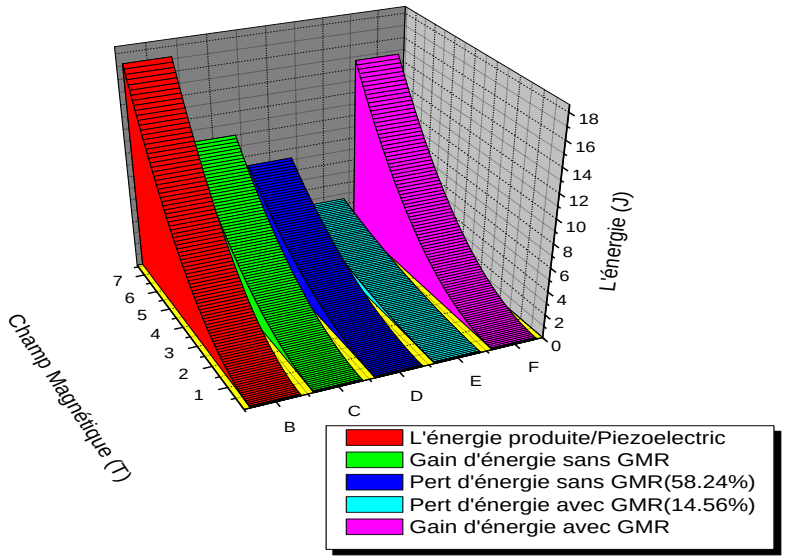


الشكلIII-11 منحنى شامل للتغيرات في الطاقة بدلالة التيار

من خلال مقارنتنا للمنحنيات الضياع والاكتساب في الطاقة الكهربائية بوجود GMRوبدون GMRبمنحنى الطاقة الكلية الناتجة عن المادة الكهروضغطية ،لاحظنا أن منحنى الربح في الطاقة بوجود GMR أعطى نتائج قريبة جدا من منحنى الطاقة الكلية على عكس منحنى الربح في الطاقة بدون GMR ،الذي أعطى نتائج بعيدة جدا بالنسبة للمنحنى الطاقة الكلية المنتجة وبالتالي كانت نسبة الطاقة الضائعة

بدونGMR كبيرة جدا (58.24%). أما في وجود GMR كانت نسبة الضياع في الطاقة قليلة (14.56%)،وهذا يعود إلى دور المرشح الالكتروني في العمل على تحسين قيمة الطاقة الناتجة وتقليل من نسبة الضياع فيها .

لدينا المخطط التالي يوضح تغيرات الطاقة بدلالة الحقل المغناطيسي



الشكل(III_12) رسم بياني يوضح تغيرات الطاقة بدلالة الحقل المغناطيسي

حيث نلاحظ أن مخطط الطاقة المنتجة من المادة الكهروضغطية يتوافق تقريبا مع مخطط الربح في الطاقة بوجود الGMR ،حيث أنه كلما زادت شدة الحقل المغناطيسي زادت قيمة الطاقة المنتجة ،يتوافق هذا المخطط مع تغيرات الطاقة مع التيار.

بهدف إنتاج الطاقة بالاعتماد على الطاقات المتجددة النظيفة قمنا خلال هذه المذكرة بإنجاز تصاميم لإنتاج طاقة كهربائية مستمرة وذات جودة عالية ,حيث اعتمدنا في هذا التصميم على المواد الكهروضغطية التي لها ميزة إنتاج الطاقة بالضغط عليها وقمنا بتوظيف تقنية الGMR(خواص المقاومة المغناطيسية العظمى)مع المواد الكهروضغطية ,وقد تطرقنا من أجل ذلك في الفصل الأول إلى تعريف الطاقة المتجددة وذكر مصادرها وميزاتها كما قمنا خلال الفصل الثاني بالتعريف المواد الكهروضغطية وأنواعها واستخداماتها وتطرقنا إلى كل ما يتعلق بتكنولوجيا اللف المغزلي للإلكتروني (تكنولوجيا النانو).

يعتمد عملنا هذا أساسا على المواد الكهروضغطية حيث قمنا بحساب الربح والضياع في الطاقة بالنسبة للتصاميم عند توظيف تقنية GMR وبدون توظيف تقنية GMR وبعد مناقشة النتائج وجدنا أن هناك ربح كبير في الطاقة بوجود GMR .

كما توصلنا إلى أن خصائص المواد الكهروضغطية لها دور كبير في توليد طاقة عالية .

لذلك يمكننا أن نستنتج أن هناك هامشا واسعا للبحث في هذا المجال حتى نتمكن من إنتاج أجهزة ذات قوى أكثر شدة و أهمية.

المراجع

[1] البحث العلمي ،الكهرباء الانضغاطية ،جامعة قطر،2015

[4]:تكوشت عماد, مذكرة الماجستير, واقع وأفاق الطاقة المتجددة ودورها في التنمية المستدامة في الجزائر2012م.

[5]:د. صالح عبد الرحمن العدل, الطاقة الشمسية ,مجلة العلوم والتقنية1995 م.

[6]: مسعودي الضاوية ,مذكرة ماستر ,تأثير مخروط عاكس على تركيز مركز الشمسي 2011م.

[7]: د. كاميليا يوسف محمد ,مجلة الطاقة الكهروشمسية,هيئة تنمية واستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة اسكندرية –مصر 2016 م.

[8]:د. محمد رأفت إسماعيل رمضان ,الطاقة المتجددة ,دار الشروق القاهرة 1988م.

[9]:د. رائد خصر سلمان المهداوي, الطاقات المتجددة جامعة أنبار 2016م.

[10]:د. شيخي بلال, العيسي علي ,الملتقى الدولي حول التنمية المستدامة وإشكالية تمويل الاستثمارات في الطاقات المتجددة.

[11]: محمد مصطفى محمد الخياط ,مجلة الطاقة –مصادرها –أنوعها –استخدامها,القاهرة 2006م

[12]: أحمد شفيق الخطيب ,يوسف سليمان خير الله ,مجلة القدرة المائية ,مكتبة لبنان الناشرون 2002م.

[13]: زرارة بطاش ,أحمد بخوش ,مذكرة الليسانس ,الطاقات المتجددة كبديل لقطاع ''دراسة حالة بوحدة البحث التطبيقي في مجال الطاقة المتجددة**ARAER**–غرداية – 2013م.

[16] :عصام سرحان ،تكنولوجيا النانو ،أبريل 2013 م

[17] د محمد شريف الإسكندري ، تكنولوجيا النانو من أجل غد أفضل ، مجلة المعرفة أبريل 2010م

[18]أ.د،محمود محمد سليم صالح ،تقنية النانو وعصر علمي جديد ،2015م

[19]: حسن عز الدين بلال ،النانو وتطبيقاته .

[20]: طارق بن طلال المطيري ،الجامعة الاسلامية بماليزيا ،دورة تقنية النانو في الحد من الكوارث 2012م.

[21]:علي يوسف ،النانو تكنولوجي وتطبيقاته في المستقبل ،2014-2015 م.

[22]:د محمد عبد الستار الشيخلي ،حاتم النجدي ،مدخل إلى علم النانوياتوتقناتها ،مدينة الملك عبد العزيز للعلوم و التقنية.المنظمة العربة للترجمة.

[23]: م،د شيماء عبد الستار شحاتة مذكرة أكاديمي تقنية النانو و أثرها على منتج الأثاث مجلة العمارة والفنون ، العدد الرابع عشر.

[24] : محمد ميمن ،محمد الصباغ ،ماهو اللف الذاتيspin

[25] :د، بن مبروك لزهر ،مدخل إلى اللف المغزلي الإلكتروني و تكنولوجبا النانو 2016،جامعة ورقلة.

-المراجع بالغة الفرنسية

[2] :sotor/com//https

[3] : mohremabdelkrim@ yahoof,r

[14] TALLAB Mouna ،THESE"Mesure des constantespiézoélectrique de PZT par des moyensélectriques"، Université Mohamed Boudiaf – M'sila.

[15] **:**https://ar.wikipedia.org/wiki/

[26]:High-Performance PiezoelectricEnergyHarvesters and Their Application.

الملخص

في إطار إنتاج الطاقة اعتمادا على الطاقات المتجددة قمنا خلال هذا العمل بتصميم أنظمة إنتاج الطاقة بالاعتماد على المواد الكهروضغطية مع إدراج تقنية GMR التي تدخل ضمن التكنولوجيا الحديثة (Spintronic)، حيث تمكنا من تصميم نظام فعال يعطى ربح كبير في الطاقة مع المادة الكهروضغطية(PMN-33%PT) حيث كان الضياع في الطاقة (14.56%) مع العلم أن النظام المصمم بدون إدراج تقنية ال GRM أعطى ضياع كبير فى الطاقة بنسبة (58.24%).

Abstract

In the case of energy production based on renewable energy, we have designed energy production system based on piezoelectric materials with the inclusion of GMR technology. The last is considered one of the phenomena of electronic spin and it is a modern technology science. In this work, we were able to design an effective system that gives a large profit in energy with piezoelectric material PMN-33%PT. The energy loss in the system designed with the inclusion of GMR was 14.56% , whereas it gave a large loss of energy 58.24% without the inclusion of GMR.

key words :materials piezoelectric ,Nanotechnology ,spintronics , GMRtechnology,

Résumé :

Dans le cadre de la production d'énergie basée sur les énergies renouvelables ,nous avons au cours de ce travail conçu des systèmes de production d'énergie basés sur des matériaux piézoélectrique avec l'inclusion de la technologie GMR, car cette technologie est l'un des phénomènes de spin électronique et c'est une science technologique moderne ,où nous avons pu concevoir un système efficace qui donne un gros profit énergie avec matériau piézoélectrique PMN-33%PT,où la perte d'énergie était de (14.56%) sachant que le système conçu sans l'inclusion de la technologiqueGMR a donné une grande perte d'énergie (58.24%).

Mots clés: Matériaux piézoélectrique , Nanotechnologie ,spin électronique , la