

استخدام تقنية تحويل الموجة في كشف وتصنيف اضطرابات جودة القدرة الكهربائية

وائل هاشم حمدون

أ.د. باسل محمد سعيد

جامعة الموصل / كلية الهندسة / قسم الهندسة الكهربائية

الخلاصة

لأجل دراسة جودة القدرة الكهربائية يقدم هذا البحث طريقة تحويل الموجة (Wavelet Transform) وتحويل فورير (Fourier Transform) والمقارنة بينهما والتركيز على تحويل الموجة وتحليل الإشارة متعدد التفاصيل (Multiresolution Analysis Wavelet Transform) في تحليل أشكال موجات فولتيات القدرة الكهربائية وبالاعتماد على الحاسبة الرقمية لكشف وتحديد موقع اضطرابات جودة القدرة بالاعتماد على الانحراف المعياري (Standard Deviation) كمعيار لتصنيف هذه الاضطرابات حيث أعطت النتائج تطابق وبالتالي يمكن الاعتماد على هذه الطريقة لتشخيص وتحديد نوع الاضطراب الحاصل لجودة القدرة الكهربائية.

Using Wavelet Transform Technique to Detect and Classify Power Quality Disturbances

Prof. Dr. Basil M. Saied

Wael H. Hamdoon

University of Mosul / College of Engineering

Electrical Engineering Department

Abstract

In order to study and investigate the power quality problems, this research presents the methods of wavelet transform and fourier transform with comparison between them, and consitrate on multiresolution analysis wavelet transform to analyse the waveform of electric power quality after inter, and monitor it on the display of personal computer to detect and localize power quality disturbances. Standard Deviation is

taken as a criteria to classify this disturbances. This method provides more easy and accurate idea about power quality and its disturbances

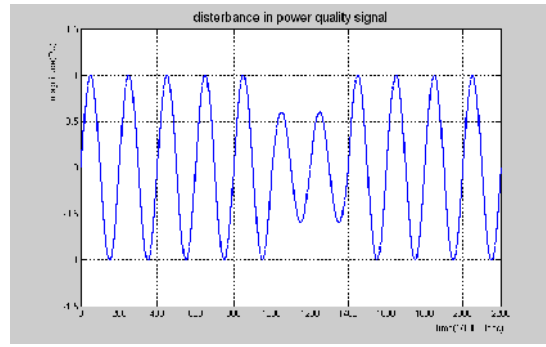
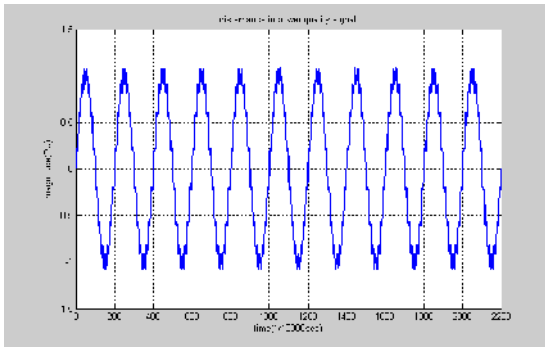
قبل في 2007/3/8

أستلم في 2006/9/5

١ - المقدمة :

في أية منظومة كهربائية فإن المتطلبات الرئيسية للمستهلك سواء كان مستهلك تجاري أو صناعي من مجهز القدرة هي ثبات قيمة الفولتية وقيمة التردد بالإضافة إلى كون شكل موجة القدرة الكهربائية جيبيية خالصة لكن وبسبب الأحمال الكهربائية المتنوعة كدوائر السيطرة على المحركات ومجسات القدرة ودوائر الكترولونات القدرة بصورة عامة إضافة إلى دوائر الفتح والغلق للأحمال الكبيرة وتعرض خطوط نقل القدرة الكهربائية للصواعق ودوائر القصر وغيرها فإن موجة القدرة الكهربائية ستتعرض إلى اضطرابات Disturbances مثل التشوهات Distortions Interruptions أو الأحداث العابرة Transient Events.

(1) يوضح نموذج لموجات جودة قدرة كهربائية مضطربة.



()

()

شكل (1) نموذج لموجات جودة قدرة كهربائية مضطربة.

أ- انخفاض في القيمة . ب- تشوه شكل الموجة .

إن الاضطرابات أعلاه قد تسبب قطع التجهيز أو فشل في تقديم المتطلبات الرئيسية للمستهلك وإعطاء إشارة خاطئة إلى دوائر الحماية بحدوث خطأ مما قد يسبب فصل قاطع الدورة وقد تؤدي الاضطرابات إلى حدوث أضرار بأحمال المستهلكين ، كذلك التأثير السلبي على كثير من الأحمال وخاصة الأحمال الحساسة منها إضافة إلى أنظمة الفولتية والنقل .

لأسباب السابقة كان من الضروري الحاجة إلى عرض شكل موجة القدرة الكهربائية Electrical Power Waveform Monitoring Detect والتحليل Analysis والتخمين Estimation والتصنيف Classification للاضطرابات الحاصلة في خط مجهز القدرة.

لقد أصبح عرض جودة القدرة باستخدام الحاسبة الرقمية ضروري للوقوف على نوعية القدرة الكهربائية لكل من المنتج والمستهلك للطاقة وبالتالي معالجة المشاكل التي تطرأ على جودة القدرة وضمن المعايير المسموح بها. لقد أصبح عرض جودة القدرة الكهربائية من الأمور المكتملة لأنظمة توزيع القدرة.

ومن أهم الفوائد المستخلصة لعرض جودة القدرة :

- . فهم جودة القدرة ووثوقيتها.
 - . تحسين نظام جودة القدرة وتفضيله.
 - . تصنيف وتحديد المشاكل التي تحدث على جودة القدرة.
- حيث يتم تركيب أجهزة عرض جودة القدرة في المحطات الثانوية لمجهز القدرة وبعض مواقع المستهلكين [1].

يتم عرض وقياس قيم تمثل متغيرات منظومة القدرة (فولتية ، تيار ...) وأخذ التغيرات المهمة للإشارة من خلال معالجة الإشارات الرقمية.

إن عرض جودة القدرة تعطي معلومات مهمة عن الحوادث التي تحدث على جودة القدرة الكهربائية إلى المهندس المختص لاستخدامها في السيطرة واتخاذ القرار المناسب.

ومن أهم التقنيات المستخدمة في معالجة الإشارات الرقمية Digital Signal Processing لتقييم وتحليل جودة القدرة الكهربائية هي تحويل فورير (FT) Fourier Transform وتحويل المويجة (WT) Wavelet Transform [2].

في هذا البحث سنتطرق أولاً لبعض الأعمال السابقة في مجال جودة القدرة الكهربائية باستخدام تحويل المويجة ومقارنتها مع تحويل فورير وعرض وتمثيل للخطوات التي اتبعت لكشف وتصنيف بعض اضطرابات جودة القدرة الكهربائية وبعد ذلك تم تقديم ما أستنتج في هذا . وفي نهاية البحث عرض للمصادر التي اعتمد عليها في هذا البحث.

٢- البحوث السابقة :

استخدام تحويل المويجة في مجال جودة القدرة الكهربائية نهاية التسعينات من القرن العشرين لقصور استخدام تحويل فورير في تحديد موقع وزمن حصول الاضطرابات لمويجة جودة القدرة حيث أن استخدام تحويل فورير السريع ذو النافذة Windowed Fast Fourier Transform. لم يكن الحل المناسب والعملي لهذه المشكلة ، حيث قام الباحث G. T. Heydt (1999) [3] باستخدام هذا النوع من التحليل باختيار نافذة وتحريكها على طول محور الزمن وإيجاد تحويل فورير لجزء من الإشارة بمقدار النافذة لكشف الاضطرابات في هذا الجزء وكانت الصعوبة في اختيار زمن هذه النافذة للاضطرابات المتعددة ، حيث أن زمن بعض الاضطرابات يكون أكبر من زمن النافذة المختارة أو أقل ، فالصعوبة كانت في اختيار زمن النافذة. وقد قام (1998) P. Daponte L-Angrisani [4] باستعمال تحويل المويجة لتحليل الجودة لأنظمة القدرة الكهربائية حيث ركزا على استخدام تحويل المويجة المتصل (Continuous WT) وخصائص حدود معامل عليا (Modulus Maxima) له في كشف وتحديد موقع اضطرابات القدرة الكهربائية. كما استخدم الباحث (1999) A. M. Gaouda وفريقه [5] تحويل المويجة وتحليل الإشارة متعدد التفاصيل في حوادث جودة القدرة الكهربائية واستخدم

القيمة العظمى للانحراف المعياري (Max. Standard Deviation.) لكشف وتصنيف هذه

كما أثبت الباحثان (2002) Ronnie Belmans Johan Driesen [6] كل من تحويل فورير وتحويل المويجة يعطي نفس النتائج في الحالات المستقرة المتكررة Periodic Steady States ولكن تظهر أكثر فاعلية تحويل المويجة في حالات اضطرابات القدرة العابرة الغير متكررة (Non Periodic) والتي لها خاصية تحديد الموقع الزمني لهذا الاضطراب. وقد تم تطبيق ذلك على حساب قيمة القدرة الفاعلة والمتفاعلة لموجات القدرة باستخدام تحويل فورير وتحويل المويجة المعقد (Complex WT).

واستخدم الباحث (2004) Mohammad S. Azam [2] جداول خاصة للعلاقة بين السبب والتأثير Cause-Effect Relationship لكشف حوادث جودة القدرة الكهربائية بعد تحليل وتكييف وإدخال إشارات جودة القدرة إلى الحاسبة الرقمية بتقنيات متعددة منها تحويل فورير السريع FFT وتحويل فورير ذو الزمن القصير STFT وتحويل المويجة المقطع DWT وبعض أنواع المرشحات الرقمية.

٣- التقنيات المستخدمة لتحليل الإشارات (تحويل المويجة وتحويل فورير) :

إن تحويل فورير يقوم بتحويل الإشارة إلى عدة مستويات اعتماداً على ما تحويه هذه الإشارة من ترددات مختلفة وممكن التعبير عن تحويل فورير بشكل آخر على أنه تقنية حسابية لتحويل الإشارة من حيز الزمن إلى حيز التردد. حيث يستخدم الدوال الجيبية كدوال أساسية في تحليل الإشارات وهي مهمة جداً في معرفة ما تحويه الإشارة من ترددات [7].

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt \quad \dots (1)$$

حيث أن $f(t)$ هي الإشارة في حيز الزمن و $F(\omega)$ هي الإشارة في حيز التردد.

ومن الملاحظ أن الإشارة بعد تحليلها بتحويل فورير لا يحدد زمن وقوع الحدث ولهذا يستخدم تحويل فورير في الحالات المستقرة Periodic Steady State ، أو ما يسمى Stationary Signals أما في حالات الإشارات التي تحوي على حالات وقتية عابرة (Transitory) أو ما يسمى Non Stationary Signals فإن تحويل فورير يكون غير مناسب للتحليل.

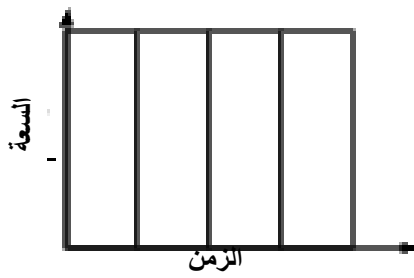
ولمعالجة المشكلة أعلاه قام العالم (Gabar) بتجزئة الإشارة إلى نوافذ Windows. وبعد تحليل الإشارة في كل نافذة على حده ، قام بتحويل الإشارة إلى دالة ذات بعدين (Two Dimension) زمن وتردد وهو ما يسمى بـ Windowed F.T أو تحويل فورير ذو الزمن القصير Short Time FT (STFT). وبهذه الطريقة تم معرفة متى وقع التغيير أو

بالإشارة وما تحويه من ترددات في هذه النافذة. ولكن صعوبة هذه الطريقة كما بُين سابقا هي كيفية اختيار زمن النافذة المناسب لما يحدث في الإشارة من حوادث.

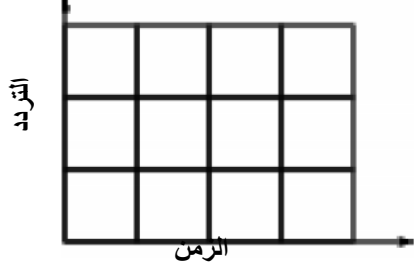
لأسباب أعلاه كان الحل بتحويل الموجة Wavelet Transform حيث أنه يأخذ تغيير واسع
ع إن تحليل الموجة يستخدم نافذة واسعة عندما يراد معلومات دقيقة عن الترددات المنخفضة ونافذة ضيقة عندما يطلب معلومات دقيقة عن الترددات العالية في الإشارة. (2) يوضح التقنيات أعلاه [8].

مع ملاحظة أن تحليل الموجة لا يستعمل حيز الزمن - التردد (Time Frequency) ولكنه يستخدم حيز الزمن - الاتساع (Time Scale) (Scale) يتناسب عكسيا مع التردد (Frequency) وإن من أهم الميزات الرئيسية لتحليل الموجة هي الحصول على تحليل موقعي مع تحديد موقع حدوث التغيير في الإشارة.

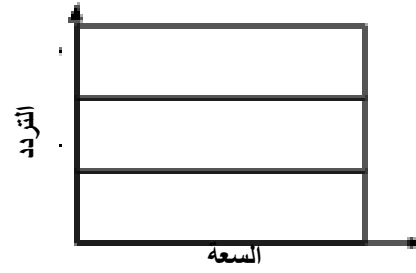
لقد سمي هذا التحليل بتحليل الموجة لكونه يستخدم موجات مختلفة كدوال أساس في



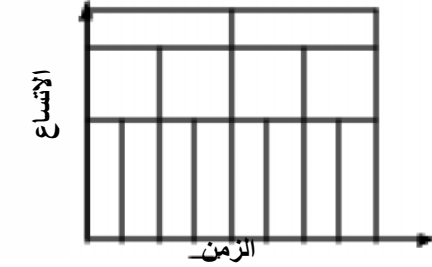
الإشارة في حيز الزمن (شانون)



تحويل فوريير ذو الزمن القصير للإشارة (جابر)



الإشارة في حيز التردد (فوريير)



تحليل الموجة للإشارة

التحليل في المستويات المختلفة.

الشكل رقم (2)

التقنيات المستخدمة لمعالجة الإشارة

إن الموجات الجيبية تكون غير محدودة المدة أي أنها تمتد من $-\infty$ إلى $+\infty$ وذات طبيعة ناعمة التغيير في حين أن الموجة لها مدة محددة يعتمد على مقياس الاتساع (Scale). طبيعة غير جيبية وغير متماثلة وقد تحوي على تغييرات حادة مما يجعلها أكثر ملائمة لهذا النوع من التطبيق - لذا سيتم التركيز على أنواع تحويل الموجة وكما مبين أدناه [7].

٤ - صيغ التحويل الموجي :

٤-١ تحويل الموجة المستمر **Continuous WT** :

يقوم هذا التحويل بتجزئة الإشارة إلى ما لا نهاية من الموجات (الموجة الأم) Position Scale.

$\psi_{a,b}(t)$ تمثل الدالة الأساس للموجة والمعرفة بمتغيرين هما a, b والتي يمكن التعبير عنها رياضياً كما يأتي :

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad \dots (2)$$

حيث أن a يسمى بعامل التعيير أو التوسيع (Scale Factor or Dilation Parameter) في حين b يمثل الموقع الزمني لدالة الموجة.

يعرف تحويل الموجة المستمر على أنه الضرب الداخلي للإشارة $f(t)$ مع الدالة الأساس للموجة (الموجة الأم) :

$$WT(a,b) = \langle f, \psi_{a,b} \rangle = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi^*\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad \dots (3)$$

حيث أن $a, b \in \mathbb{R}$ ($a \neq 0$) ويشير * Complex Conjugate.

\mathbb{R} : تمثل مدى الأعداد الحقيقية.

٤-٢ تحويل الموجة شبه المقطع **Simi-Discrete WT** :

إن تحويل الموجة المستمر يمثل تمثيلاً مستمراً ولأجل تلافي التكرار نجزم المستوى (a,b)

بحيث أن : $b = ka$ $a = 2^j$ $k \in \mathbb{Z}$ $j \in \mathbb{Z}$ تمثل الأعداد الصحيحة لذا فان دالة الموجة الأساس في (2) [9]

$$\psi_{j,k}(t) = \sqrt{2^{-j}} \psi(2^{-j}t - k) \quad \dots$$

(4)

$$f(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} C_{j,k} \psi_{j,k}(t) \quad \dots$$

(5)

وهي ما تسمى بمتسلسلة الموجة حيث أن $C_{j,k}$ تعطى بالمعادلة الآتية :

$$C_{j,k} = \langle f, \psi_{j,k} \rangle \quad \dots$$

(6)

٣-٤ تحويل الموجة المقطع Discrete WT :

أية إشارة ممكن التعبير عنها بأنها مجموعة من معاملات الموجة التي نحصل عليها من تحويل الموجة المقطع. حيث أن تحويل الموجة المقطع يتعامل مع عينات Samples من $f(t)$ كما تكون قواعد التحويل بشكل مقطع أيضاً.

لو كان لدينا إشارة $f(t)$ ينتمي إلى فضاء العينة $L^2(\mathbb{R})$ فإنه ممكن التعبير عنها بدلالة دالتي الموجة Wavelet Function $\psi(t)$ والتوسيع Scaling Function $\phi(t)$ كما يأتي :

$$f(t) = \sum_k C_{j_0}(k) \phi(t-k) + \sum_k \sum_j d_j(k) 2^{-j/2} \psi(2^{-j}t - k) \dots (7)$$

$$f(t) = \sum_k C_{j_0}(k) 2^{-j_0/2} \phi(2^{-j_0}t - k) + \sum_k \sum_{j=j_0}^{J-1} d_j(k) 2^{-j/2} \psi(2^{-j}t - k) \quad \dots (8)$$

حيث أن C_{j_0} معامل التوسيع (Scaling Coefficient) .

d_j معامل الموجة (التفصيل) (Detail) . j

حيث أن $j = 1, 2, 3, \dots$ يمثل مختلف مديات التردد للموجة من التردد الأعلى إلى الأقل

k هو معامل الانتقا Translation Coefficient .

j_0 ممكن أن تكون أي قيمة حقيقية.

يمكن كتابة الدوال الأساس بالشكل الآتي :

$$\phi_{j,k} = 2^{-j/2} \phi(2^{-j} n - k) \quad \dots$$

(9)

$$\psi_{j,k} = 2^{-j/2} \psi(2^{-j} n - k) \quad \dots$$

(10)

يعتبر تحويل الموجة المقطع DWT النوع المناسب من أنواع تحويل الموجة القابل للتطبيق على الحاسبة الرقمية حيث أنه يتعامل مع قيم مقطعة ولا يحوي على عمليات تكامل أو اشتقاق بل عبارة عن عمليات جمع وضرب كما أن هذا النوع يلائم بشكل كبير التطبيقات الهندسية والنتائج العملية المتعاملة مع القيم المقطعة وليس الدوال الأصلية المستمرة [10].

٥- التحليل متعدد التفاصيل (MRA) Multiresolution Analysis :

وهو نوع من تحويل الموجة المقطع حيث أنه في التحليل متعدد التفاصيل فإن دوال الموجة ودوال التوسيع يستخدم لبناء منظومة لتحليل وتركيب الإشارة بمستويات تفصيلية. إن دالة الموجة (ψ) ستولد جزء التفصيل Detail للإشارة المحللة أما دالة التوسيع (ϕ) سوف تولد جزء التقريب Approximate للإشارة المحللة. ويمكن التعبير عن ذلك رياضياً وكما يأتي [11] :

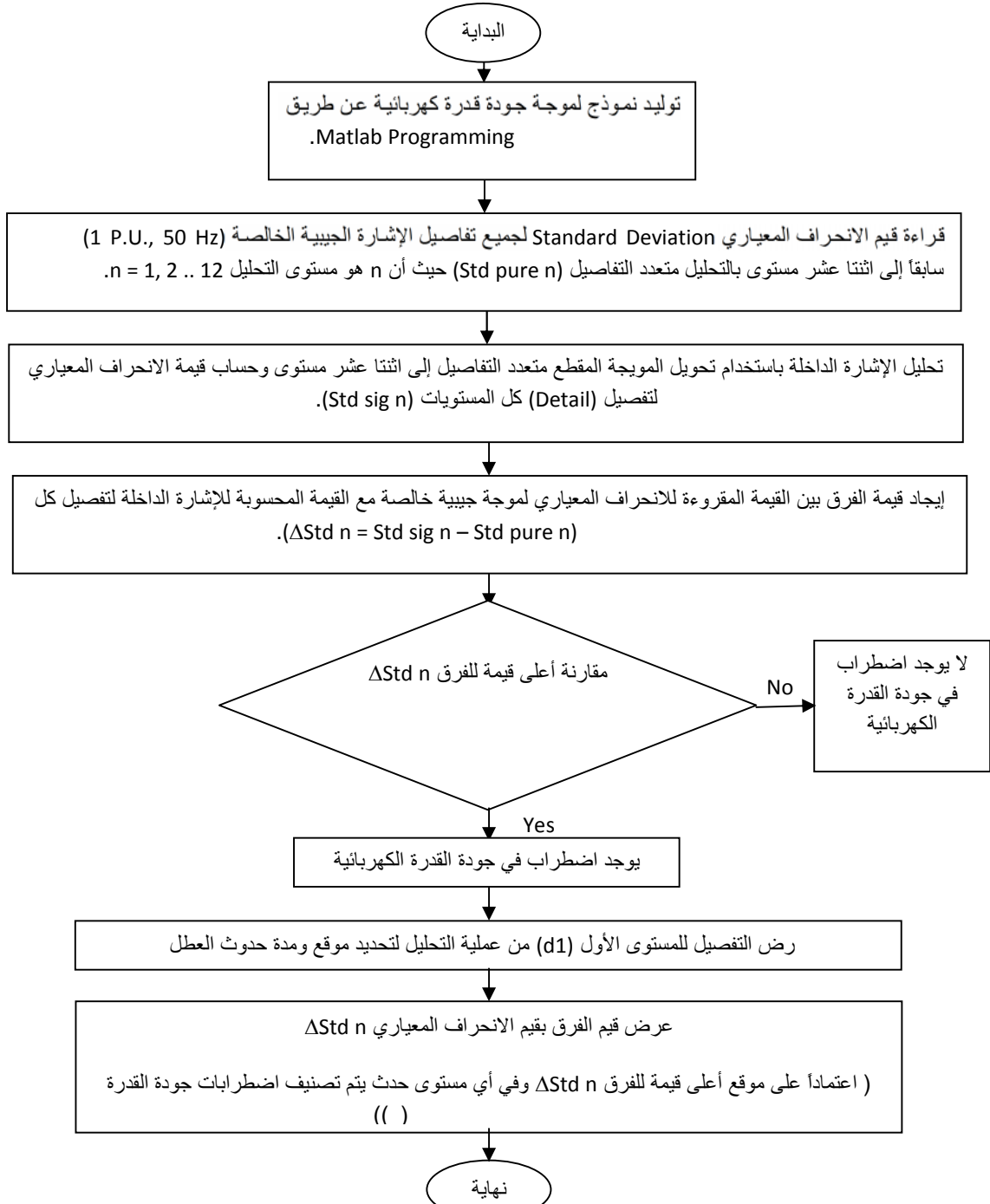
$$f(t) = \sum_k C_{j_0}(k) \phi(t-k) + \sum_k \sum_{j=j_0}^{J-1} d_j(k) 2^{-j/2} \psi(2^{-j} t - k) \quad \dots (11)$$

ومن أهم الخصائص للتحليل متعدد التفاصيل هي خاصية تحديد الموقع Localization لزم من حدوث أية حالة عابرة في الإشارة المحللة وهو ما سنلاحظه في الفقرة اللاحقة أما الخاصية الأخرى فإن تجزئة الإشارة إلى عدة مستويات (Levels) بالتالي فإن الطاقة للإشارة سوف تنتزع على هذه المستويات وبمديات تردد محددة ومن معرفة مقدار الطاقة للإشارة ومقارنته مع إشارة خالصة فإننا نستطيع حساب ما تحويه الإشارة من ترددات وكذلك لتصنيف أحداث هذه

٦- نتائج الفحص :

المخطط الانسيابي في الشكل (3) يمثل الخطوات التي اتبعت في كشف وتحديد موقع وتصنيف اضطرابات جودة القدرة.

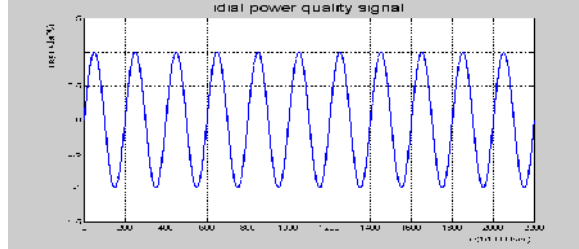
: (MATLAB)



الشكل (3) المخطط التوضيحي لتصنيف وتحديد زمن وقوع الاضطرابات التي قد تحصل لمصدر الفولتية

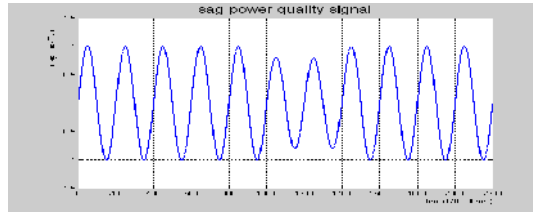
٦-١ توليد نماذج لإشارات موجات جودة القدرة الكهربائية المضطربة وكما يأتي :

1. موجة جيبية خالصة لجودة القدرة الكهربائية الخالية من الاضطرابات وذات قيمة
(1 P.U) Amplitude (50 Hz). (4).



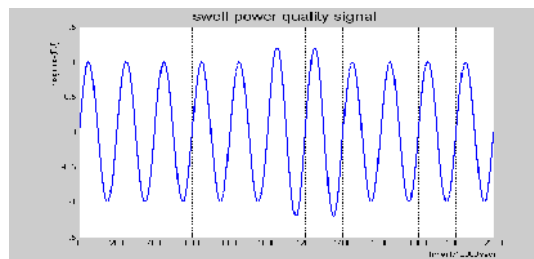
شكل (4) نموذج لموجة جيبية خالصة لجودة القدرة الكهربائية

3. موجة ناتجة عن انخفاض قيمة الفولتية Voltage Sag. وهو ما ينتج عند دخول حمل كبير على منظومة القدرة الكهربائية أو في حالة المحركات الكبيرة أو في حالات الأعطال التي تصيب خطوط نقل القدرة كما موضح بالشكل (5).



شكل (5) نموذج لموجة ناتجة عن انخفاض قيمة الفولتية

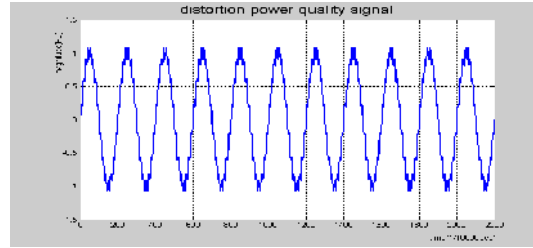
3. موجة ناتجة عن ارتفاع قيمة الفولتية Voltage Swell. وهو ما قد ينتج عند خروج حمل كبير من منظومة القدرة الكهربائية وفي حالات الأعطال التي تصيب خطوط نقل القدرة (6).



شكل (6) نموذج لموجة ناتجة عن ارتفاع قيمة

4. تشوه شكل موجة القدرة الكهربائية Voltage Distortion :

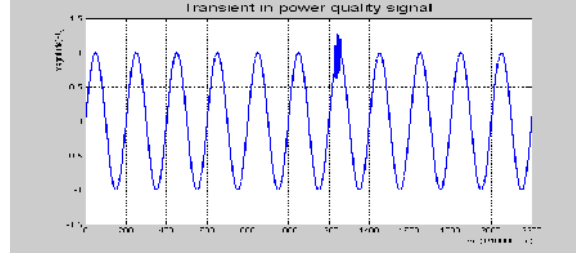
وهو ما قد ينتج عند استخدام دوائر الكترونيايات القدرة Power Electron في دوائر التقويم Rectifiers ودوائر المغيرات Invertors ودوائر السيطرة الأخرى كما موضح بالشكل (7).



شكل (7) نموذج لموجة فولتية مشوهة

5. تعرض موجة القدرة الكهربائية للحوادث العابرة Transient Events :

وهو ما قد يحدث عند عمليات الفتح والغلق Switching . (8)



شكل (8) نموذج لموجة فولتية متعرضة الى حالة عابرة

- تم تحليل الموجات أعلاه بواسطة تحويل المويجة المقطع متعدد التفاصيل واستخدام [Daubechies 4] db4 كدالة الأساس للتحليل إلى اثنتا عشر مستوى (12 Levels) وإيجاد قيمة الانحراف المعياري لتفصيل Detail . وبتخاذ قيم الانحراف المعياري للموجة الجيبية الخالصة كمرجع عندئذ يتم أخذ الفرق لهذه القيم مع القيم المحسوبة للموجات المضطربة. وعند مقارنة أعلى قيمة للفرق مع عتبة Threshold . حيث يتم تحديد هذه العتبة من القيم والحدود المسموح بها للتغيرات في الإشارة المحللة اعتماداً على القيم القياسية المعتمدة عالمياً لجودة القدرة الكهربائية. وكمثال على ذلك فإن انخفاض قيمة الفولتية لحد (90%) من قيمتها المقننة ولعدة دورات كهربائية تعتبر قيمة مقبولة ولكن انخفاضها أكثر من ذلك تكون الحالة غير مقبولة فمن هذه القيمة يمكن حساب مقدار الفرق بالانحراف المعياري لهذه الحالة واعتبارها قيمة مقبولة [12]. فإن كان الفرق أقل من هذه العتبة فإن الموجة المحللة هي موجة خالية من الاضطرابات أو مقبولة وإن كانت أعلى فسيكشف أن هنالك اضطرابات في الموجة المحللة (للحالة السابقة يكون التصنيف انخفاض في قيمة الفولتية (Sag)) وعند ذلك سوف يتم عرض التفصيل Detail لمستوى التحليل الأول وذلك لمعرفة موقع حدوث الاضطراب ومدته ولأجل التصنيف، Classification يتم مقارنة ما تم الحصول عليه من قيم الفرق في الانحراف المعياري لتفصيل كل مستوى، حيث أن كل مستوى يمثل حزمة من الترددات اعتماداً على تردد العينة (Sampling Frequency) . يبين الجدول (1) المديات المستخدمة في هذا البحث ولتردد عينة (10 KHz):

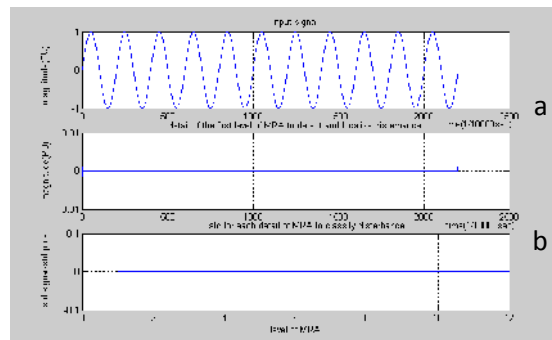
جدول رقم (1) مديات التردد لمستويات التحليل لتردد عينة 10 KHz

مستويات	مدى التردد Frequency Band (Hz)	المستويات	مدى التردد Frequency Band (Hz)
مستوى التحليل الثاني	2500←1250	مستوى التحليل الأول	5000 ←2500
مستوى التحليل الرابع	625←312	مستوى التحليل الثالث	1250←625
مستوى التحليل السادس	156←78	مستوى التحليل الخامس	312←156
مستوى التحليل الثامن	39←20	مستوى التحليل السابع	78←39
مستوى التحليل العاشر	10←5	مستوى التحليل التاسع	20←10
مستوى التحليل الثاني	2←1	مستوى التحليل الحادي	5←2

فعندما يكون الفرق لقيمة الانحراف المعياري لتفصيل مستوى محدد أكبر من قيمة العتبة فإن ذلك يعني احتواء الموجة المحللة على ضوضاء Noise بتردد ضمن مدى تر المستوى من التحليل.

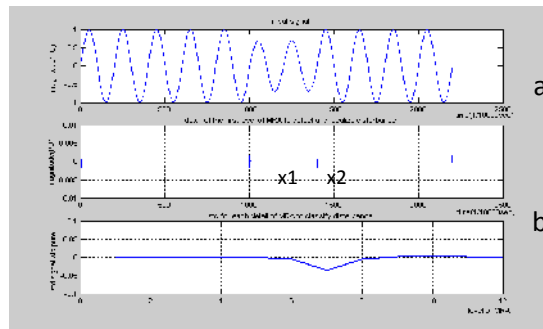
ولمستوى التحليل السابع والذي يكون مدى التردد فيه (78←39) هرتز وهو الذي يقع ضمنه تردد نظام القدرة (50 Hz) فمن هذا المستوى ومن مقدار الفرق للانحراف المعياري عند الموجة الجيبية الخالصة يتم تصنيف فيما إذا كانت موجة جودة القدرة فيها ارتفاع في القيمة عن الموجة الجيبية الخالصة وكما نلاحظه في الأشكال التالية (حيث ان {a} يمثل عرض لشكل موجة القدرة و {b} يمثل التفصيل [detail] للمستوى الأول لتحليل موجة الإدخال بتحويل الموجة متعددة التفاصيل باستخدام [Daubechies 4] {c} يمثل مقدار الفرق بقيم الانحراف المعياري لتفصيل كل من مستويات تحليل موجة الإدخال الاثنى عشرة من قيمها لموجة جيبية خالصة) .

1. (9) يمثل التحليل لموجة جيبية خالصة يلاحظ عدم وجود كشف لأية حالة اضطراب (b) (c).



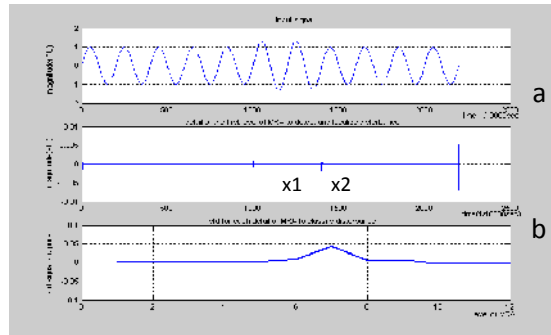
الشكل رقم (9) التحليل لموجة قدرة كهربائية خالية من الاضطرابات.

2. الشكل (10) يمثل التحليل لموجة جودة قدرة كهربائية ناتجة عن انخفاض قيمة الفولتية. يلاحظ من (b) أنه هناك اضطراب في جودة القدرة يبدأ من $x1$ وينتهي بـ $x2$ حيث يتم تحديد مدة الاضطراب من إيجاد الفرق بين $x1$ و $x2$ (c) نلاحظ أن أعلى قيمة للفرق بقيم الانحراف المعياري كان في مستوى التحليل السابع وقيمتها سالبة يعني أن تصنيف هذا الاضطراب هو انخفاض قيمة الفولتية.



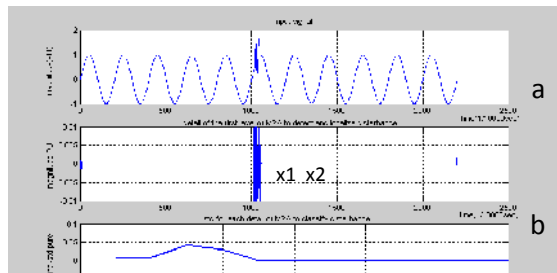
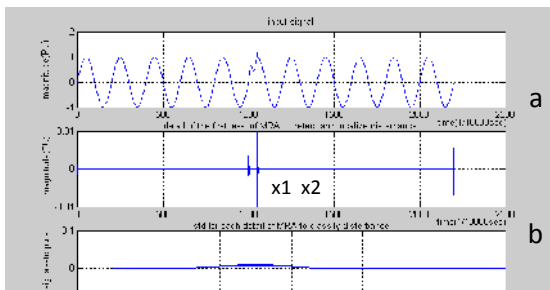
الشكل رقم (10) التحليل لموجة قدرة كهربائية فيها انخفاض في القيمة.

3. (11) يمثل التحليل لموجة جودة قدرة كهربائية ناتجة عن ارتفاع قيمة الفولتية. يلاحظ (b) أنه هناك اضطراب في جودة القدرة يبدأ من x_1 وينتهي بـ x_2 حيث يتم تحديد مدة الاضطراب من إيجاد الفرق بين x_1 و x_2 (c) نلاحظ أن أعلى قيمة للفرق بقيم الانحراف المعياري كان في مستوى التحليل السابع وقيمتها موجبة يعني أن تصنيف هذا الاضطراب هو ارتفاع قيمة الفولتية.

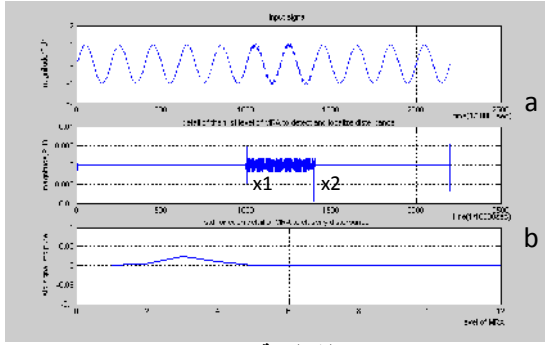


الشكل رقم (11) التحليل لموجة قدرة كهربائية فيها ارتفاع في القيمة.

4. الشكلان (12 13) يمثلان التحليل لموجات جودة قدرة كهربائية ناتجة عن فتح وغلق (Switching). يلاحظ من (b) أنه هناك اضطراب في جودة القدرة يبدأ من x_1 وينتهي بـ x_2 حيث يتم تحديد مدة الاضطراب من إيجاد الفرق بين x_1 و x_2 ويلاحظ من المدة أنها أقل من دورة واحدة ومن الشكل (11-c) نلاحظ أن أعلى قيمة للفرق بقيم الانحراف المعياري كان في مستوى التحليل الثالث يعني أن تصنيف هذا الاضطراب هو فتح وغلق بتردد عالي (High Frequency Switching). نلاحظ أن أعلى قيمة للفرق بقيم الانحراف المعياري كان في مستوى التحليل الخامس يعني أن تصنيف هذا الاضطراب هو (Low Frequency Switching).

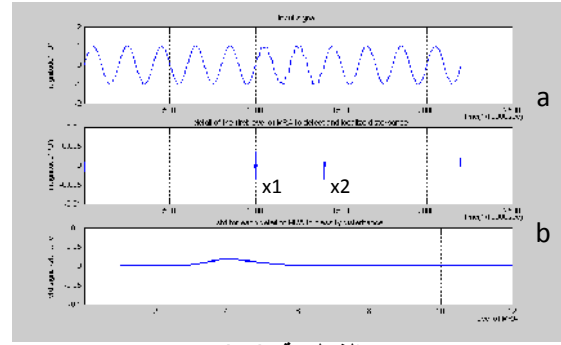


4. (15 14) يمثلان التحليل لموجة جودة قدرة كهربائية تحتوي على ضوضاء (noise). يلاحظ من (b) أنه هناك اضطراب في جودة القدرة يبدأ من x_1 وينتهي بـ x_2 حيث يتم تحديد مدة الاضطراب من إيجاد الفرق بين x_2 و x_1 (c -13) قيمة للفرق بقيم الانحراف المعياري كان في مستوى التحليل الرابع يعني أن تصنيف هذا الاضطراب هو تعرض موجة جودة القدرة إلى ضوضاء بتردد (312→625 Hz). (c -14) نلاحظ أن أعلى قيمة للفرق بقيم الانحراف المعياري كان في مستوى التحليل الثالث يعني أن تصنيف هذا الاضطراب هو تعرض موجة جودة القدرة إلى (625→1250 Hz).



الشكل رقم (15)

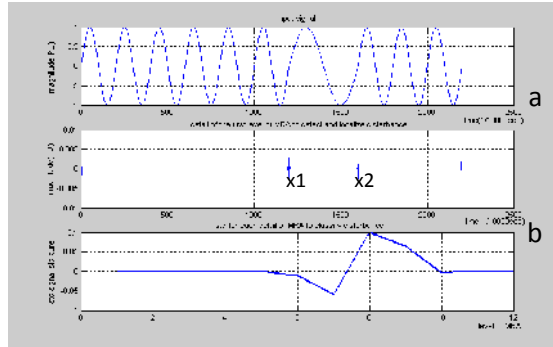
تحليل لموجة قدرة كهربائية تحتوي على ضوضاء بتردد عالي



الشكل رقم (14)

تحليل لموجة قدرة كهربائية تحتوي على ضوضاء بتردد قليل

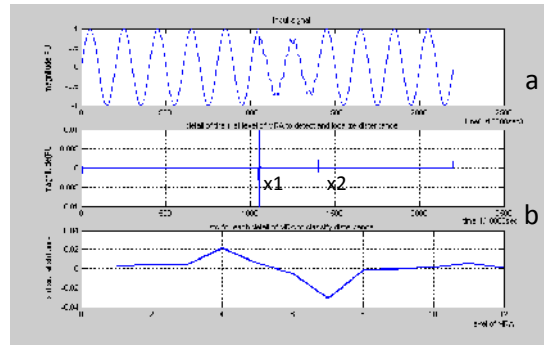
(16) يمثل التحليل لموجة جودة قدرة كهربائية تحتوي على تغير في التردد (Frequency Variation). يلاحظ من (b) أنه هناك اضطراب في جودة القدرة يبدأ $x1$ وينتهي $x2$ حيث يتم تحديد مدة الاضطراب من إيجاد الفرق بين $x2 - x1$ (15 - c) نلاحظ أن أعلى قيمة للفرق بقيم الانحراف المعياري كان في مستوى التحليل الثامن يعني أن تصنيف هذا الاضطراب هو احتواء موجة جودة القدرة (50 Hz).



الشكل رقم (16)

تحليل لموجة قدرة كهربائية تحتوي على تغير بالتردد

6. (17) يمثل التحليل لموجة جودة قدرة كهربائية تحتوي على اضطرابات. يلاحظ من (b) أنه هناك اضطراب في جودة القدرة يبدأ من x_1 وينتهي بـ x_2 حيث يتم تحديد مدة الاضطراب من إيجاد الفرق بين x_2 و x_1 (c-16) نلاحظ أن أعلى قيمة للفرق بقيم الانحراف المعياري كان في مستوى التحليل السابع والرابع يعني أن تصنيف هذا الاضطراب انخفاض في قيمة الفولتية مع احتواء موجة جودة القدرة على ضوضاء بتردد يتراوح بين (312→625Hz) .



الشكل رقم (17)

التحليل لموجة قدرة كهربائية فيها أكثر من اضطراب واحد

لقد تبين من خلال هذا البحث ان تقنية تحويل المويجة هي الأنسب في تحليل أشكال موجات جودة القدرة الكهربائية المتمثلة بشكل موجات الفولتية وذلك لعدم فقد الزمن خلال التحليل مما يساعد في تحديد موقع () بدأ الاضطرابات التي تحدث على جودة القدرة ومدة حدوثها وان قدرة تحويل المويجة متعدد التفاصيل بتجزئة المويجة المحللة الى عدة مستويات يسهل استخدام التحليلات الإحصائية حيث استخدم في هذا البحث الانحراف المعياري كأساس لتصنيف هذه . وكأعمال مستقبلية يمكن استخدام التقنيات الذكية كالشبكات العصبية (Neural Network) والمنطق المضبب (Fuzzy Logic) وبالاعتماد على تقنية تحويل المويجة المستخدمة في هذا البحث لتصنيف وقياس اضطرابات جودة القدرة كقياس الارتفاع عن القيمة الأساسية.

٨- المصادر :

1. Ying-Yi Hong, Cheng-Wei Wang, "Switching Detection / Classification Using Discrete Wavelet Transform and Self-Organizing Mapping Network", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 20, No. 2, April 2005.
2. Mohammad S. Azam, "A Dependency Model-Based Approach for Identifying and Evaluating Power Quality Problems", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 19, No. 3, July 2004.
3. G. T. Heydt, P. S. Fjeld, "Applications of the Windowed FFT to Electric Power Quality Assessment", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 14, No. 4, October 1999.
4. L. Angrisani, P. Daponte, "A Measurement Method Based on the Wavelet Transform for Power Quality Analysis", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 13, No. 4, October 1998.
5. A. M. Gaouda, M. M. A. Salama, "Power Quality Detection and Classification Using Wavelet-Multiresolution Signal Decomposition", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 14, No. 4, October 1999.
6. Johan Driesen and Ronnie Belmans, "Time-Frequency Analysis in Power Measurement Using Complex Wavelets", IEEE Transactions on Power Delivery, 7 Feb. 2002.
7. Michel Misiti Yevs Misiti, "Wavelet Toolbox for Use with MATLAB", User Guide, 1996.
8. Olivier Poisson, "Detection and Measurement of Power Quality Disturbances Using Wavelet Transform", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 15, No. 3, July 2000.

9. لقاء سالم يحيى ، " استخدام تقنيات معالجة الإشارة في تحليل مشكلات المسار المتعدد " ، رسالة ماجستير ، شباط 2002 .
10. فراس محمود مصطفى ، " مرشحات المويجة وتطبيقاتها في إزالة الضوضاء من " ، رسالة ماجستير ، تشرين الأول 1999 .
11. A. M. Gaouda, M. M. A. Salama, "Application of Multiresolution Signal Decomposition for Monitoring Short Duration Variations in Distribution Systems", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 15, No. 2, April 2000.
12. Group on Monitoring Electrical Power Electrical, IEEE Std 1159-1995, "IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality".