

## اكتشاف اضطرابات جودة الطاقة الكهربائية في شبكات التوزيع الكهربائية باستخدام تحويل الموجة المتقطع

د. فيصل شعبان\*

د. عصام حسامو\*\*

جعفر عبدالله\*\*\*

(تاريخ الإيداع 8 / 7 / 2020. قُبِلَ للنشر في 1 / 10 / 2020)

### □ ملخص □

لقد باتت لعملية مراقبة جودة الطاقة الكهربائية باستخدام الحواسيب الرقمية أهمية قصوى، لأنها تتيح إمكانية تشخيص مختلف الاضطرابات التي تطرأ على الطاقة الكهربائية لدى كل من المنتج والمستهلك على حد سواء، وتساعد بذلك المهندس المختص في إتخاذ القرار وإختيار الحل الأنسب للمشكلة المدروسة، بما يرفع جودة الطاقة الكهربائية ويضمن موافقتها للمعايير المعمول بها. ومن أكثر تقنيات معالجة الإشارة الرقمية فعالية في تقييم وتحليل جودة الطاقة الكهربائية هي تحويل الموجة.

تم في هذا البحث استخدام تحويل الموجة المتقطع لكشف اضطرابات جودة الطاقة الكهربائية في شبكة توزيع معمل الصهر في محافظة اللاذقية، حيث أجريت نمذجة لشبكة المعمل في بيئة MATLAB-Simulink وتطبيق تحويل الموجة المتقطع على الإشارات المستخلصة من النموذج وهي إشارات الجهد للباسبارات الرئيسية المغذية لأحمال المعمل. أظهرت النتائج قدرة تحويل الموجة على إكتشاف حالات الاضطراب بمختلف أنواعها. حيث تم رصد الحالات العابرة وتشوه إشارة الجهد في شبكة المعمل بدقة.

**الكلمات المفتاحية :** اضطرابات جودة الطاقة الكهربائية، شبكات التوزيع الكهربائية، تحويل الموجة المتقطع.

\*أستاذ - قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

\*\*مدرس - قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

\*\*\*طالب ماجستير - قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## Detection of Power Quality Disturbances in Distribution Power Systems Using Discrete Wavelet Transformer

Dr. Faisal shaban<sup>\*</sup>  
Dr. Isam housamo<sup>\*\*</sup>  
Jafar abdallah<sup>\*\*\*</sup>

(Received 8 / 7 / 2020. Accepted 1 / 10 / 2020)

### □ ABSTRACT □

Monitoring of power quality using digital computers has become of major importance, because it enables to diagnose the different disturbances at both the producer and consumer, and helps the engineer for making the right decision and choosing the more suitable solution to the case under study. Thereby improving power quality problems within the permitted standards. One of the most powerful digital signal processing techniques to evaluate and analyze power quality is wavelet transform.

In this paper, discrete wavelet transform was used to detect the power quality disturbances in the distribution network of Metal smelting factory in Lattakia. The mentioned network was modeled in MATLAB-Simulink, then, discrete wavelet transform was applied on the signals extracted from the main bus-bar feeding the factory loads. The results showed the ability of wavelet transform to detect different disturbances. The transients and waveform deformation of voltage signal were monitored accurately.

**Keywords:** Power quality disturbances, Distribution power systems, Discrete wavelet transformer

---

<sup>\*</sup> Professor- Faculty of Mechanical & Electrical Engineering, University of Tishreen, Lattakia, Syria.

<sup>\*\*</sup> Assistant Professor - Faculty of Mechanical & Electrical Engineering, University of Tishreen, Lattakia, Syria.

<sup>\*\*\*</sup> Postgraduate Student (Master)- Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Tishreen University -Lattakia - Syria.

## مقدمة:

تعتبر موثوقية التغذية الكهربائية وجودتها من أهم الشروط التي يتطلبها نجاح الفعاليات الصناعية والتجارية والخدمية، فمع تنوع الأجهزة المستهلكة للطاقة المغذاة من شبكات كهربائية واسعة، تحدث إضطرابات في الطاقة الكهربائية، ينتج عن تلك الإضطرابات إختلال عمليات التشغيل للتجهيزات أو إنقطاع التغذية أو تلف بعض التجهيزات، و تعرف تلك الأحمال والتجهيزات بالأجهزة الباعثة للإضطرابات.

لذلك حظيت جودة الطاقة الكهربائية ومازالت تحظى بإهتمام متزايد من قبل الباحثين لتحقيق أداء أفضل للمعدات و الأجهزة لدى المستهلكين. للأسباب السابقة كان من الضروري عرض ومراقبة شكل موجة الجهد والتيار وجعلها إشارة رقمية لكي يتسنى لنا الكشف والتحليل والتخمين وتصنيف الإضطرابات الحاصلة في نظام القدرة الكهربائية من جهة، و سبر الحلول الممكنة للحد من تلك الإضطرابات قدر ما أمكن من جهة أخرى، بما يرفع من سوية جودة الطاقة الكهربائية وموافقته للمعايير المعمول بها.

يتم تركيب أجهزة عرض ومراقبة جودة القدرة الكهربائية في المحطات الثانوية وعند مواقع المستهلكين (الصناعيين، أو التجاريين) [1]، وفي هذه الحالة سوف يتم إعطاء معلومات مهمة عن الإضطرابات التي تحدث على جودة القدرة الكهربائية الى المهندس المختص لإستخدامها بإتخاذ القرار المتعلق بإختيار الحل الأنسب للحالة المدروسة. ومن أهم الطرق المستخدمة وأكثر تقنيات معالجة الإشارة الرقمية فعالية في تقييم وتحليل جودة القدرة الكهربائية هي تحويل الموجة [2].

## دراسة مرجعية:

يبدأ تحليل الإشارات الكهربائية بمعالجتها بإستخدام إحدى تقنيات معالجة الإشارة التالية :

- تحليل بالمجال الزمني باستخدام الطرق الرياضية (Mathematical morphology) .
- تحويل فورييه (DFT, FFT, STFT) .
- تحويل غايبور (GT) .
- تحويل الموجة (WT) WAVELET TRANSFORM .
- تحويل هيلبرت (HT) .
- تحويل (ST) slantlet transform .

وذلك لإستخراج السمات والصفات المميزة للإشارة وبالتالي إكتشاف وتحديد الإضطرابات كافة.

في المرجع [3] تم دراسة بعض إضطرابات جودة الطاقة الكهربائية على شبكة معيارية ( IEEE 9node ) ونمذجتها، وهي إرتعاش وإنخفاض الجهد، وتذبذب عابر، والتوافقيات حيث تم إكتشافها وتصنيفها بمنهجية تحليل المميزات بالمجال الزمني TDCA القائمة على حساب القيمة الفعالة RMS للإشارات المضطربة، تعتبر الطريقة المذكورة فعالة للحصول على المعلومات الزمنية بدقة لكنها تفتقد للمعلومات الترددية.

في المرجع [4] قام باحثون بدراسة إضطراب إشارة الجهد بإستخدام تحويل فورييه FT مع إحدى تقنيات الذكاء الصناعي وهي آلة شعاع الدعم (SVM). حيث تم تطبيق تحويل فورييه المتقطع DFT وتحويل فورييه السريع FFT لكشف إشارة الجهد المضطربة وإعطاء النتائج لتقنية آلة شعاع الدعم لتصنيفها، من ميزات ما أنها تعطي دقة من أجل الإشارات الدورية والثابتة (المستقرة)، ومن عيوبها أنها غير ملائمة للإشارات غير الدورية (متغيرة التردد) وغير المستقرة. في المرجع [5] تم تطبيق تحويل فورييه السريع وقصير الأمد (STFT) على إشارات مضطربة مختلفة. لقد أبدوا كفاءة متفاوتة لإكتشاف مختلف أصناف الاضطرابات. حيث تم إختيار نافذة وتحريكها على طول محور الزمن وإيجاد تحويل

فورييه لجزء من الإشارة بمقدار النافذة لكشف الاضطرابات في هذا الجزء. وكانت الصعوبة في اختيار طول هذه النافذة للاضطرابات المتعددة، حيث أن زمن بعض الاضطرابات يكون أكبر من زمن هذه النافذة المختارة أو أقل. قام باحثون في المرجع [6] باستخدام تحويل غايبور (GT) الذي هو حالة خاصة من تحويل فورييه قصير الأمد كأداة قياس لتحليل المجالات العابرة القصيرة. تعتمد خوارزمية تحليل الإشارة على تابع النافذة غاوص لمراقبة وتحليل الاشارات العابرة والتغيرات التي تحدث في شكل الإشارة (التشوهات). تميز هذا التحويل بدقة وكفاءة في مراقبة ورصد تغييرات تردد الإشارة. لكنه غير مناسب عند وجود عدة ترددات في الإشارة ومما يحد من كفاءته صعوبة اختيار طول النافذة المناسبة للتحليل. حيث أن النافذة المستخدمة ثابتة طوال مرورها على الإشارة، لذلك سيكون التطبيق مناسباً إما لتحليل الترددات العالية في الإشارة باستخدام طول نافذة صغير أو لتحليل الترددات المنخفضة باستخدام نافذة بطول كبير، لكن لا يمكن الجمع بين الخاصيتين معاً. في المراجع [7,8] قام باحثون باستخدام مرشح هيلبرت للحصول على المنحني الترددي للإشارة (غلاف الموجة) والذي يعبر عن تردد تغير مطال المركبة الأساسية. حيث تم تطبيقه على إشارات مضطربة مختلفة وأعطت كفاءة متفاوتة لاكتشاف مختلف أصناف الاضطرابات، حيث تتخضع الدقة عند وجود توافقيات أو حالة عابرة مع إنحدار أو إنتفاخ للجهد(تغير بمطال الإشارة لفترة زمنية صغيرة)، قام باحثون في المراجع [9,10] بتصميم خوارزمية فعالة وبسيطة لاكتشاف وتصنيف الاضطرابات في ظل وجود ضجيج في الإشارة تعتمد على تحويل ST لإستخراج الصفات المميزة للإشارة وعلى المنطق الضبابي لتصنيف الاضطرابات. حيث أعطت دقة عالية في التحليل بالمجالين الزمني والترددي بمختلف الترددات الصغيرة والعالية لكنها تكلف عبئاً حسابياً كبيراً لتنفيذها. وفي المرجع [11] تم استخدام تحويل الموجة  $WT$  وتحليل الإشارة متعددة التفاصيل في الكشف عن اضطرابات جودة الطاقة الكهربائية حيث تم استخدام القيمة العظمى للانحراف المعياري لكشف وتصنيف هذه الاضطرابات، طبق في المرجع [12] تحويل الموجة لكشف وتصنيف الاضطرابات ذات المدة القصيرة كإنحدار وإنتفاخ الجهد والحالات العابرة. حيث تميز بدقة نتائجه، وسرعته في كشف وتصنيف الاضطرابات. أجري في المرجع [13] مقارنة بين تحويل فورييه وتحويل الموجة على اضطرابات عابرة وإشارات غير دورية وغير حبيبية (إشارات مشوهة)، وتوصل الباحثون الى النتائج التالية:

- ✓ FFT: أعطى كفاءة عالية لاكتشاف وتحليل التوافقيات بكفاءة تبلغ 100% لكنها غير قادرة على تحليل الإشارات غير الدورية حيث بلغت كفاءته 89%.
- ✓ STFT: أعطى نتائج جيدة للإشارات غير الدورية والاضطرابات العابرة باستخدام طول نافذة صغير.
- ✓ Wavelet Transform: مناسب للإشارات الدورية بكفاءة 99.3% للكشف عن التوافقيات، ومناسبة للإشارات غير الدورية بكفاءة 98.67% وقد تميزت بسرعة كبيرة في اكتشاف الاضطرابات العابرة.

#### خلاصة الدراسة المرجعية:

تم دراسة عديد من اضطرابات جودة الطاقة الكهربائية بتقنيات معالجة إشارة مختلفة وبكل المجالات الزمنية والترددية لإستخلاص السمات والصفات المميزة لها لكشف وتصنيف لهذه تلك الاضطرابات، وكان لكل منها مزايا ومساوئ. يعد تحويل الموجة أداة جديدة نسبياً لمعالجة وتحليل الاشارات في المجالين الترددي والزمني، الأمر الذي يعد بدوره علامة فارقة تميزه عن غيره من تقنيات معالجة الاشارة. ولقد أثبتت فعالية كبيرة في مجال تحليل الإشارة المتعددة المستويات،

تجلت بالدقة في استخلاص الصفات المميزة البارزة في الإشارات العابرة، كما يعد تحويل الموجة مرشحاً قوياً للإشارات متعدد المستويات ولديه القدرة على اكتشاف الإضطرابات الصغيرة جداً في الإشارة.

### أهمية البحث وأهدافه:

تتجلى أهمية البحث من خلال تأمين طريقة مناسبة للكشف عن كافة الإضطرابات الواقعة في نظام القدرة الكهربائي. وذلك لأجل سبر كافة الحلول الممكنة للحد من هذه الإضطرابات وآثارها السلبية على الأحمال وعلى النظام الكهربائي لذا يهدف البحث الى إكتشاف إضطرابات جودة الطاقة الكهربائية بالكفاءة المطلوبة باستخدام إحدى تقنيات معالجة الإشارة وهي تحويل الموجة.

### منهجية البحث:

لقد اعتمدنا في بحثنا هذا على منهجية البحث العلمي التحليلي والتجريبي في بيئة إفتراضية، حيث قمنا بنمذجة ومحاكاة إضطرابات جودة الطاقة الكهربائية لنظام قدرة كهربائي في بيئة (Matlab/SimPowerSystem) على الحاسوب الشخصي، ثم صممنا خوارزمية رقمية قائمة على تحويل الموجة المتقطع لكشف الإضطرابات وتصنيفها. حيث قمنا بتطبيق الخوارزمية المصممة على شبكة كهربائية تحتوي إضطرابات عديدة وهي شبكة توزيع كهربائية لمعمل الصهر في محافظة اللاذقية.

### تحويل الموجة:

يعتبر الزمن والتردد من أكثر المتغيرات أهمية وهما الأساس في معالجة الإشارة الرقمية، أغلب الإشارات في الواقع لا يمكن الإلمام بخواصها باستخدام أحد المجالين فقط، حيث غالباً ماتتغير ترددات الإشارة بتغير الزمن، لذلك من المفيد وصف تغير الإشارة في كلا المتغيرين الزمن والتردد.

يتم التحويل من مجال الزمن الى مجال التردد أو مجال زمن-تردد بإستخدام تحويل فورييه، أو تحويل فورييه قصير الأمد، أو تحويل الموجة، والفكرة الرئيسية لجميع تلك التحويلات هي مقارنة الإشارة مع دالة قياسية مصممة مسبقاً. تكون نتيجة تحويل فورييه هي كمية تواجد الإشارة عند تردد معين، ويتم الحصول عليه بفصل مكونات الإشارة المراد تحويلها الى مجموعة دوال التحويل الأساسية ذات الترددات المختلفة، بينما في تحويل فورييه قصير الأمد وتحويل الموجة وعلى خلاف تحويل فورييه إن عملية التحويل تتم فقط لجزء من الإشارة بطول زمن معين، وبذلك فإن ناتج التحويل يتضمن معلومات عن الزمن بالإضافة الى ترددات الإشارة خلال الزمن [14].

### تحويل الموجة المتقطع DWT:

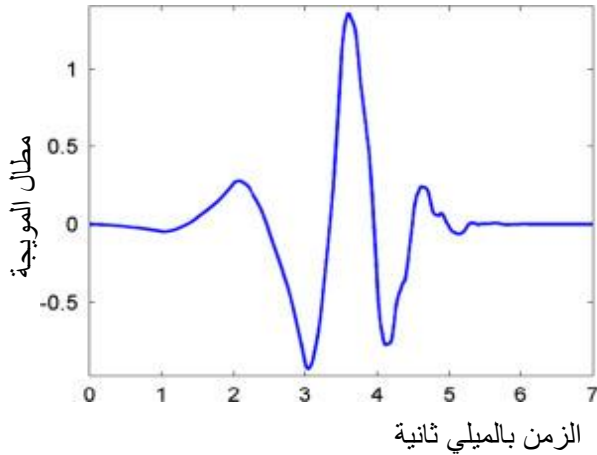
في التحليل المويجي المتقطع يتم تحليل الإشارة الى حزم تردد مختلفة عن طريق تحليل الإشارة الى معلومات مفصلة (Detail) ومعلومات تقريبية (Approximation) [14] وذلك ميبين بالمعادلات التالية:

$$C_i = \sum_m h_0(m - 2k) * x(m). \quad (1)$$

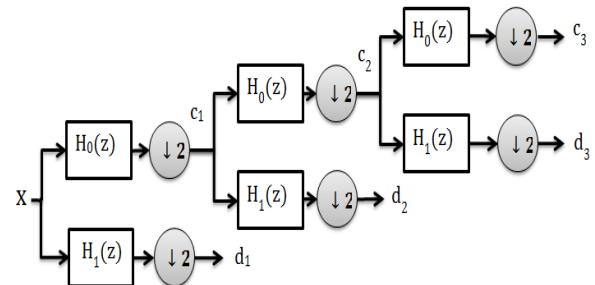
$$D_i = \sum_m h_1(m - 2k) * x(m). \quad (2)$$

$h_0$ : مرشح إمرار منخفض،  $h_1$ : مرشح إمرار عالي،  $x$ : الإشارة التي تم فصلها بواسطة المرشحين،  $C_i$ : خرج المرشح المنخفض (معلومات تقريبية) للمستوى  $z$ ،  $D_i$ : خرج المرشح العالي (معلومات مفصلة) للمستوى  $z$

يشار الى عملية اعادة أخذ العينات لنتاج كل مرشح بالرمز  $\downarrow 2$ ، فبعد هذه العملية يتم تخفيض عدد النواتج الى النصف، ونتيجة لذلك فإن دقة الإشارة تقل بزيادة عدد المراحل. للحصول على خرج مستوى معين يتم في كل مرحلة أخذ مرشح الامرار المنخفض (التقريب) وتمريه خلال مرشحين ذوي إمرار عال ومنخفض حتى نصل الى عدد المستويات المطلوبة في التحليل والشكل (1) يوضح العملية:



الشكل (2) الموجة الأم db4



الشكل (1) التحليل متعدد المستويات

ومن أجل المعالجة الرقمية المتقطعة للإشارات يستخدم تحويل الموجة المنقطع. ولتطبيقه يجب تقطيع الإشارة المدروسة بتردد تقطيع مناسب واختيار نوع الموجة الأم المناسب لنوع تلك الإشارة. يعد اختيار الموجة الأم أمراً ضرورياً لعملية إكتشاف الإضطراب بدقة [15]، في هذا البحث نقوم بإستخدام الموجة الأم db4 للكشف عن كافة إضطرابات جودة الطاقة الكهربائية والشكل (2) يبين شكل الموجة الأم db4.

### 1- استخراج المميزات (Feature extraction) :

لنتمكن من التمييز بين الإشارة الكهربائية النقية وبين الإشارات المضطربة لا بد من تحويل الخصائص المميزة للإشارات المستخلصة منهما بوساطة تحويل الموجة الى كميات قابلة للقياس، وللقيام بذلك تستخدم عدة توابع كتابع طاقة الطيف للمعاملات التفصيلية، والانحراف المعياري، في هذا البحث اخترنا طاقة الطيف لإستخراج المميزات. طاقة الطيف: يعتمد حساب طاقة الطيف للإشارة على حساب مجموع طاقة الطيف للمعاملات التفصيلية (Dij) وطاقة الطيف للمعاملات التقريبية (Cij) [16] كما هو مبين بالعلاقات التالية:

$$W_i = \sum_{j=1}^N (|C_{ij}|^2, |D_{ij}|^2) \quad i=1,2,3,\dots \quad (3)$$

$$W_{di} = \sum_{j=1}^N |D_{ij}|^2 \quad (4)$$

$$W_{ci} = \sum_{j=1}^N |C_{ij}|^2 \quad (5)$$

حيث يتم حساب طاقة الطيف للإشارة النقية (التفاصيل)  $W(i-a)$ ، وطاقة الطيف للإشارة المضطربة (التفاصيل)

$$W = W(i-a) - W(i-d)$$

**التطبيق العملي:** الشبكة المختارة هي عبارة عن شبكة توزيع طاقة كهربائية لمعمل الصهر المتواجد بمؤسسة الصناعات التناقية في محافظة اللاذقية، تحتوي الشبكة على أحمال مختلفة خطية ولا خطية باستطاعات مختلفة مغذاة من محول توزيع 20KV/380V، ذي توصيل مثلثي نجمي مؤرض إستطاعته 1000kVA، يغذي ذلك المحول بأسبار

رئيسي يوصل التغذية الكهربائية إلى لوحات فرعية لتغذية أحمال المعمل، يربط على الباسبار الرئيسي مكثفات تحسين عامل إستطاعة ذات إستطاعة 350 kVar. الأحمال المغذاة من المحول عبر الباسبار الرئيسي هي:

- DB-O1 صالة رقم 1 تحتوي على مراجل ومخارط بإستطاعة 138kW.
- DB-N3 صالة رقم 2 تحتوي أفران حرارية بإستطاعة 226 kW.
- MCC-O2 محركات وضواغط إستطاعتها 6.4kW .
- MCC-O1 محركات وضواغط إستطاعتها 17.5kW.
- MCC-O3 محركات تحريضية إستطاعتها 15kW.
- فرن تحريضي إستطاعته 100 kW.
- LPO/N-M-1 مخابر بإستطاعة 138kW.
- مأخذ لمكاتب ومستودعات إستطاعتها 10kW.

يوضح الشكل (3) مخطط توزيع طاقة كهربائية لمعمل الصهر المتواجد بمؤسسة الصناعات التقانية في محافظة اللاذقية، ولصغر المسافات بين الباسبارات الرئيسية والأحمال تم اهمال تأثير ممانعة الكابلات في نموذج المخطط، والشكل (4) يبين نمذجة المخطط ضمن بيئة MATLAB-Simulink، وذلك لمحاكاة العمليات الكهربائية التي تحدث في المعمل من أجل استخلاص اشارات الجهد من الباسبارات الرئيسية لدراستها وتحليلها، و تطبيق تحويل الموجة عليها، ثم إكتشاف الإضطرابات الطارئة عليها. ويتم ذلك بالاعتماد على خوارزمية الكشف عن الإضطراب كما هو مبين بالشكل (5) ووفق الخطوات التالية:

#### الخطوة الأولى:

نأخذ إشارة جهد لموجة نقية (موجة الجهد للشبكة قبل توصيل الأحمال بالشبكة ) ونطبق عليها تحويل الموجة المتقطع، ثم نحسب طاقة الطيف للمستويات 12، حيث تردد التقطيع 1000kHz، حيث تم إختيار الموجة db4 كموجة أم، والمجال الترددي لكل مستوى موضح بالجدول رقم (1) :

الجدول رقم (1) مدى التردد لمستويات التحليل الإثنا عشر عند تردد تقطيع 1000kHz

المستوى الأول	500-250kHz	المستوى الثاني	250-125 kHz
المستوى الثالث <td>125-60 kHz</td> <td>المستوى الرابع <td>60-30 kHz</td> </td>	125-60 kHz	المستوى الرابع <td>60-30 kHz</td>	60-30 kHz
المستوى الخامس <td>30-15 kHz</td> <td>المستوى السادس <td>15-7 kHz</td> </td>	30-15 kHz	المستوى السادس <td>15-7 kHz</td>	15-7 kHz
المستوى السابع <td>7-3 kHz</td> <td>المستوى الثامن <td>3-1.5 kHz</td> </td>	7-3 kHz	المستوى الثامن <td>3-1.5 kHz</td>	3-1.5 kHz
المستوى التاسع <td>1500-750Hz</td> <td>المستوى العاشر <td>750-350Hz</td> </td>	1500-750Hz	المستوى العاشر <td>750-350Hz</td>	750-350Hz
المستوى الحادي عشر <td>350-175Hz</td> <td>المستوى الثاني عشر <td>175-80Hz</td> </td>	350-175Hz	المستوى الثاني عشر <td>175-80Hz</td>	175-80Hz

نحسب طاقة الطيف للموجة النقية ( إشارة مرجعية للكشف):

$$W_c = 99.4926 \text{ (طاقة الطيف للتقريبات)}$$

$$W_d = 0.0000 \quad 0.0000 \quad 0.0000 \quad 0.0000 \quad 0.0000 \quad 0.0000 \quad 0.0000$$

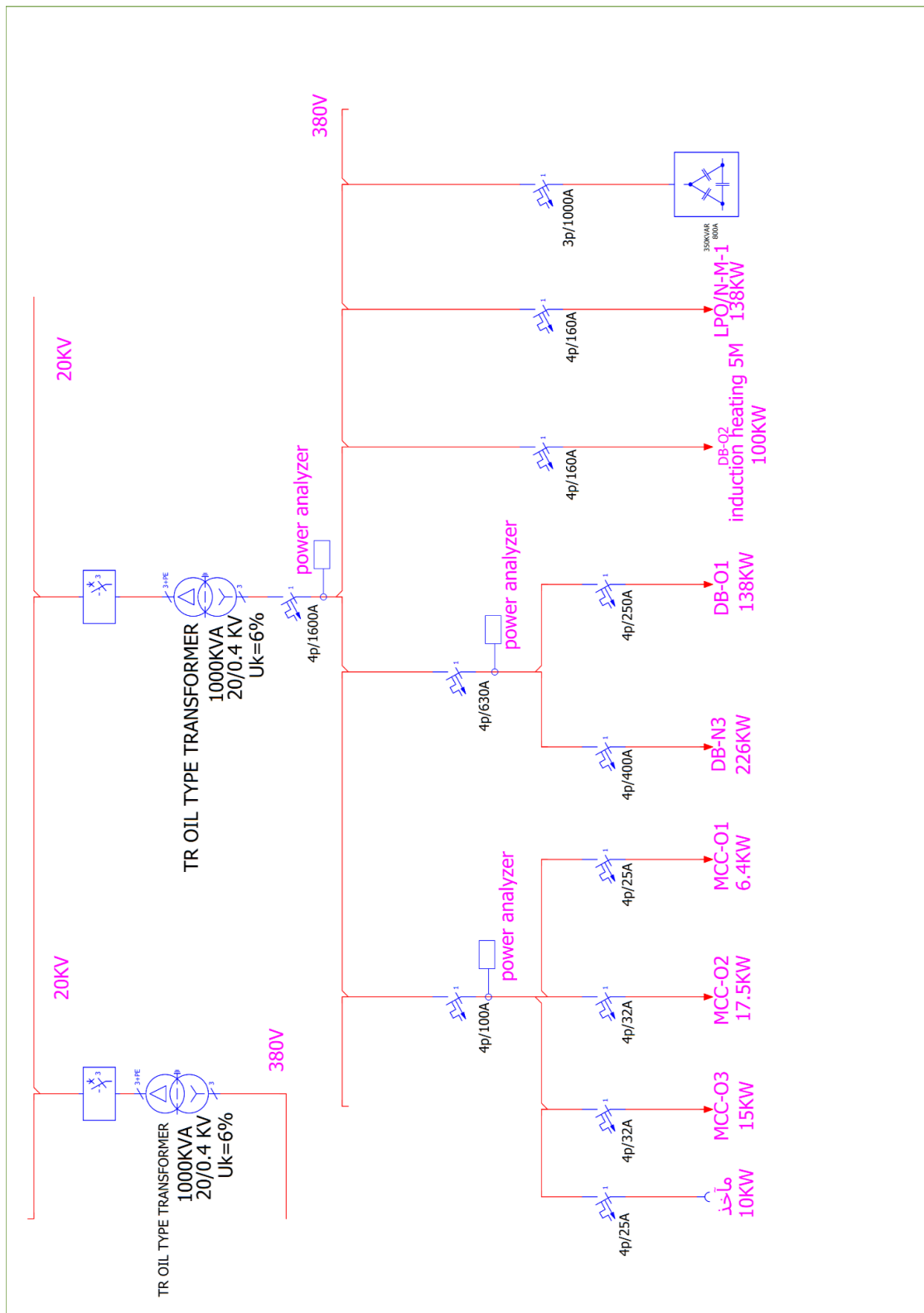
$$0.0001 \quad 0.0002 \quad 0.0026 \quad 0.0175 \quad 0.4686$$

$$W_d \text{ max pure} = 0.4686$$

لإيجاد قيمة عتبة المقارنة نقوم بطرح أكبر قيمة لطاقة الطيف للإشارة المسموح بها من أكبر قيمة لطاقة الطيف لموجة

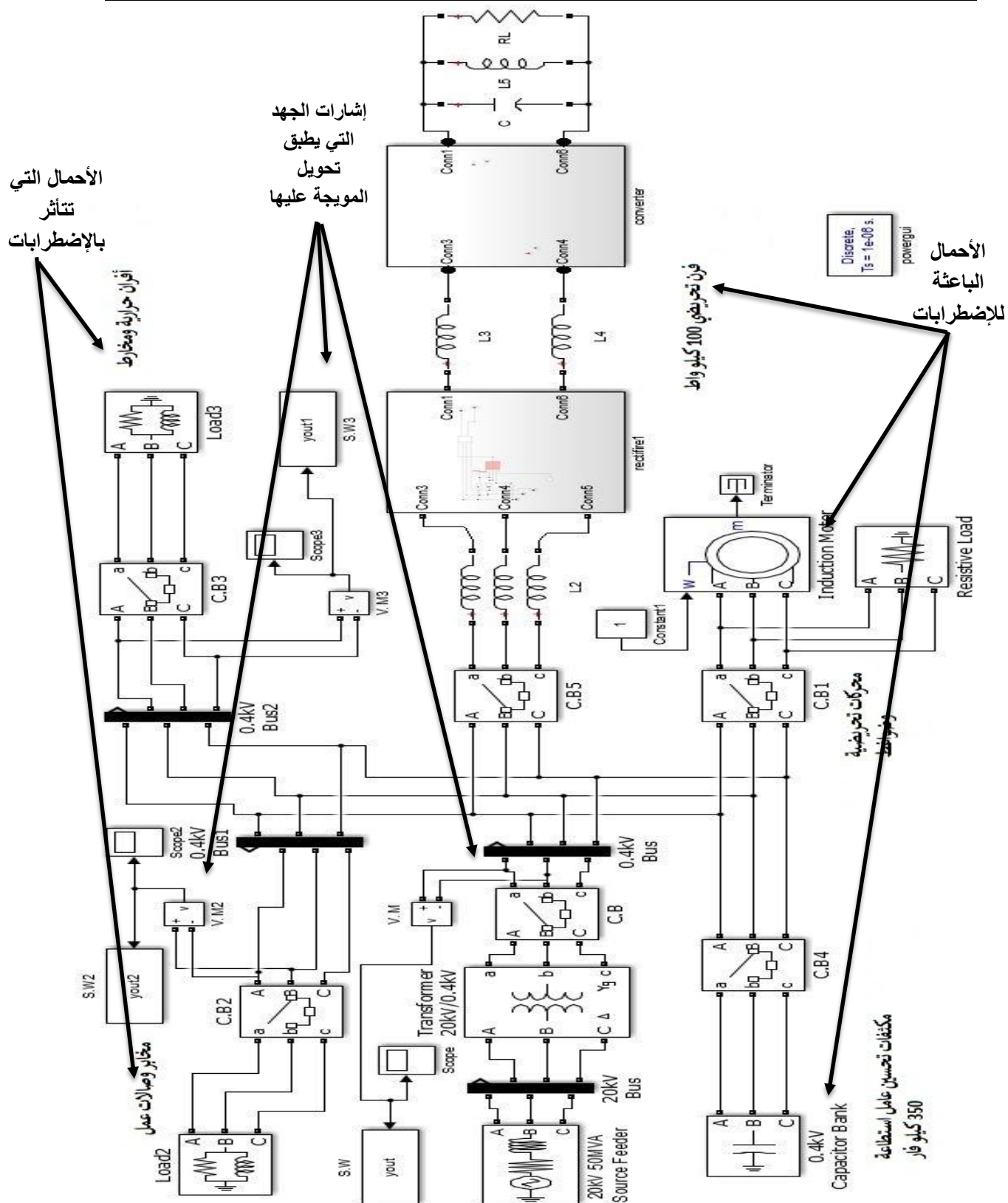
نقية، والتي هي نفسها الإشارة المسموح بها، فقيمة العتبة في حالتنا هذه :

$$W_{\text{threshold}} = 0.4686 - 0.4686 = 0$$



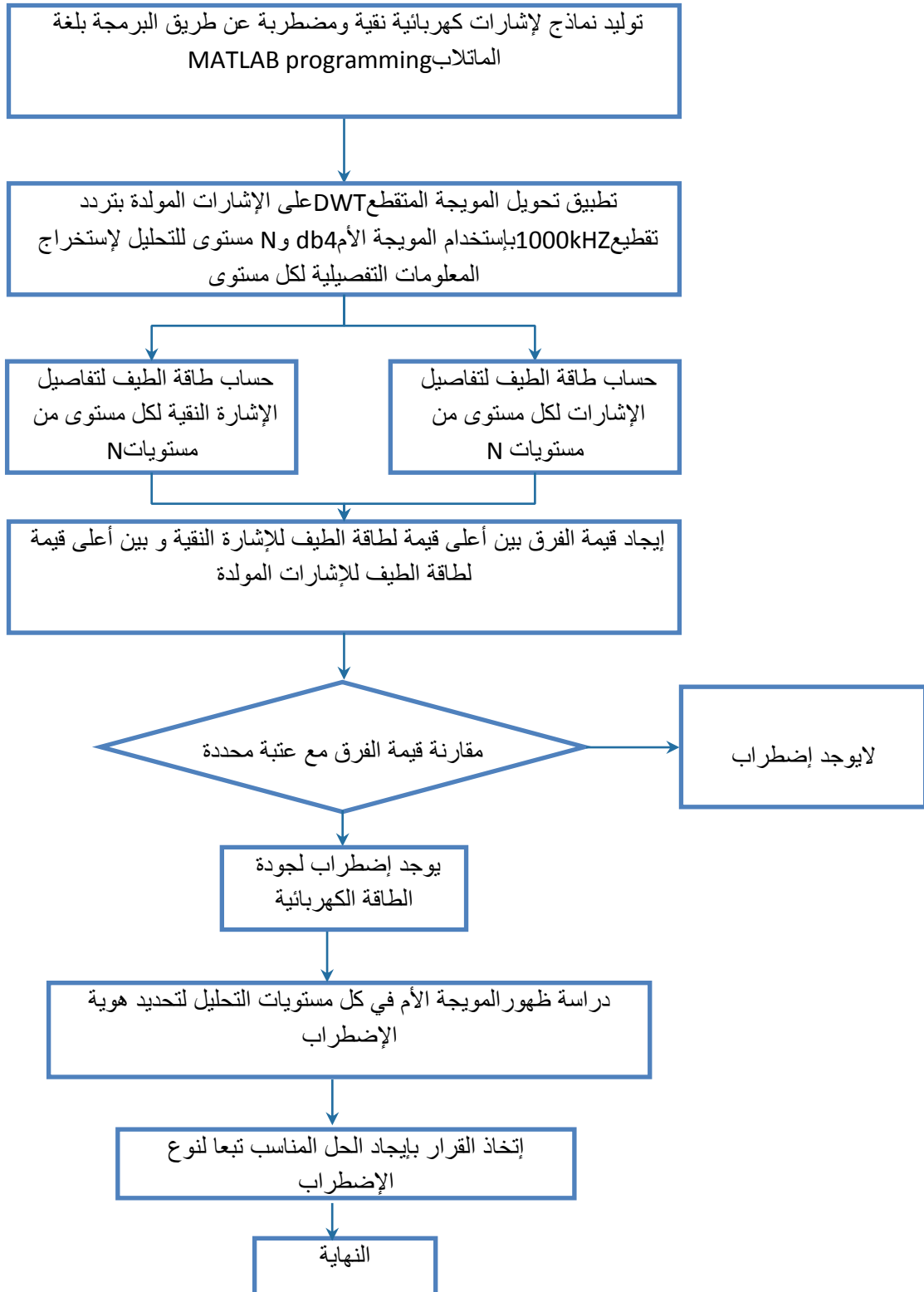
الشكل (3) شبكة توزيع طاقة كهربائية لمعمل الصهر





الشكل (4) نمذجة الشبكة المختارة في بيئة ماتلاب MATLAB/SIMULINK

### خوارزمية العمل للكشف عن الاضطراب :



الشكل (5) مخطط صندوقي لخوارزمية الكشف عن الاضطراب

### الخطوة الثانية:

نأخذ إشارات الجهد من الباسبارات BUS,BUS1,BUS2 ونقوم بتقطيعها بتردد تقطيع 1000kHz، ثم نقوم بتحليل الإشارات باستخدام تحويل الموجة ضمن إثني عشر مستوى للتحليل، ونحسب بعدئذ طاقة الطيف للتقريبات والتفاصيل. طاقة الطيف للتفاصيل للمستويات الإثنتي عشر:

$$W_{\text{dsignal}} =$$

$$\begin{matrix} 0.0000 & 0.0000 & 0.0001 & 0.0001 & 0.0001 & 0.0021 & 0.0053 & 0.0006 & 0.0001 & 0.0001 \\ 0.0030 & 0.2651 & & & & & & & & \end{matrix}$$

$$W_{\text{dmaxsignal}} = 0.2651$$

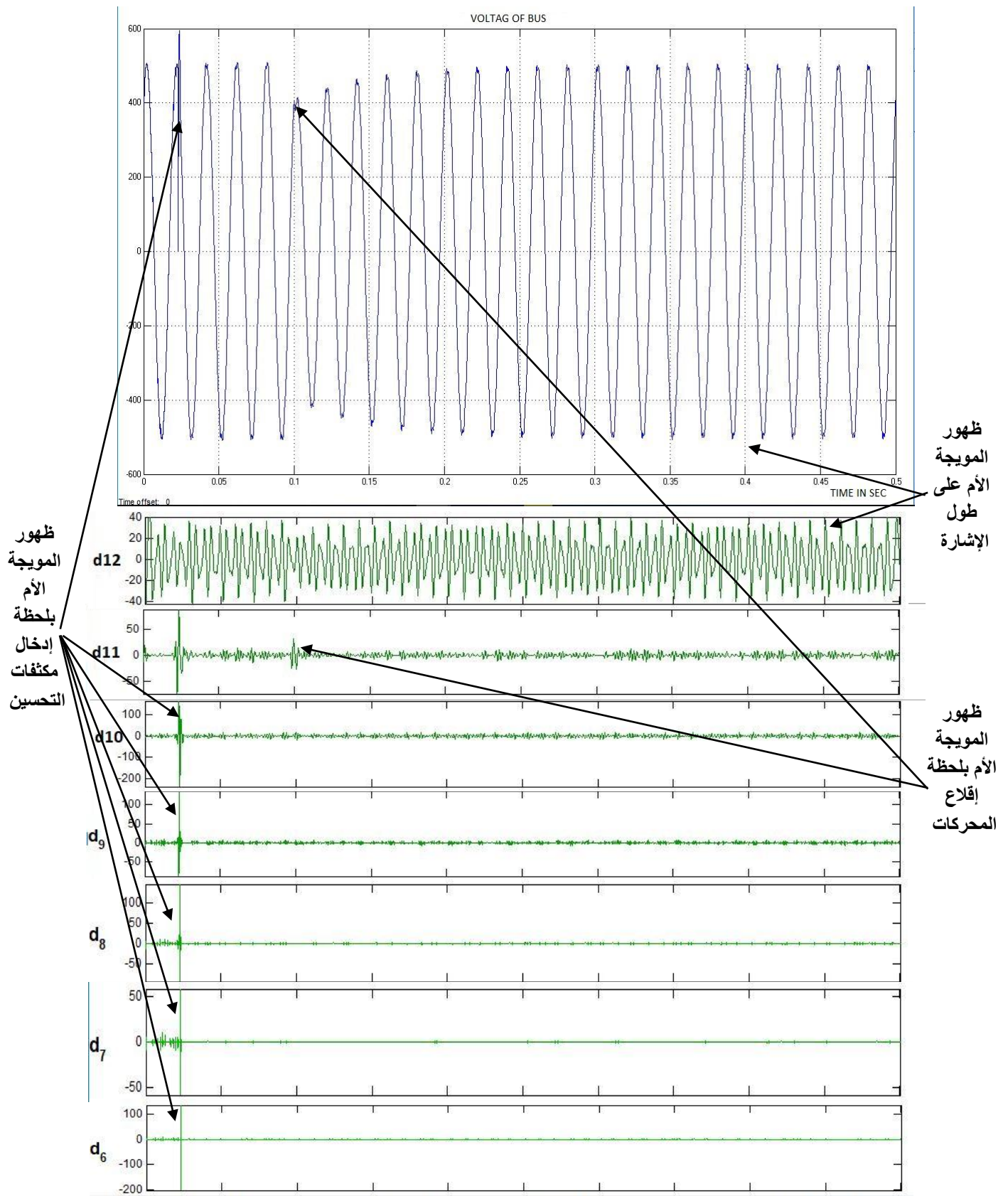
$$W_{\text{d1}} = W_{\text{D max pure}} - W_{\text{dmaxsignal}} = 0.4686 - 0.2651 = 0.2035 \neq W_{\text{threshold}}$$

نلاحظ أن قيمة الفرق لإشارة الجهد للباسبارات BUS,BUS1,BUS2 لاتساوي قيمة العتبة وبالتالي فإنها تحتوي على إضطراب.

### تحليل الإضطراب:

لتحليل الإضطراب الحاصل بموجة الجهد نقوم بدراسة ظهور الموجة الأم في المستويات الإثنتي عشرة ولكل مستوى على حدة، حيث نلاحظ ظهور الموجة الأم على طول الإشارة في المستويات الأربعة الأخيرة d12,d11,d10,d9 كما هو مبين بالشكل(6) وهذا يدل على وجود محتوى توافقي في موجة الجهد وتردها يقع ضمن المجال الترددي للمستويات الأربعة الأخيرة وبملاحظة قيمة طاقة الطيف للمستويات السابقة نجد ان d12 يملك أكبر قيمة للطاقة ويليه بالقيمة d10,d11 ومنه نستنتج أن تردد التوافقيات ذات القيمة الأكبر تقع ضمن المجالات [175-،[80-،[350-،[750-]

يدل ذلك على وجود التوافقية الثالثة والخامسة والسابعة والتوافقيات الزوجية أيضا ضمن إشارة الجهد للباسبارات الثلاثة وهو ما كان متوقعا حيث وجود أحمال لخطية كالفرن التحريضي بالشبكة يسبب حقن توافقيات فيها. وبالتالي أي أحمال حساسة لظهور هذه التوافقيات سوف تتأثر بشكل ملحوظ. كما ونلاحظ أيضا ظهور موجة أم في المستوي الثاني عشر في لحظة زمنية معينة بشكل بارز. ويدل ذلك على وجود تغير لحظي بمطال الإشارة وذلك في فترة إقلاع المحركات التحريضية أي في الزمن 0.1 ثانية، ونظرا ولكون الموجة تقع ضمن مجال ترددي قريب من التردد الأساسي للإشارة فعالة التغير اللحظي للمطال هي حالة إنحدار للجهد ناجم عن عملية إقلاع للمحركات.



الشكل (6) التفاصيل للمستويات 6,7,8,9,10,11,12

نلاحظ أيضا ظهور الموجة الأم بشكل مميز وقيمة كبيرة في لحظة زمنية معينة بشكل بارز في المستويات  $d10, d9, d8, d7, d6$  وكما هو مبين بالشكل (6)، وهي نفس لحظة إدخال مكثفات تحسين عامل الاستطاعة بالشبكة أي في اللحظة الزمنية 0.02 ثانية، وهذا يدل على وجود حالة عابرة وتردها يقع ضمن المجال الترددي للمستويات السابقة وتحديدًا في المستوى الذي يملك طاقة طيف أكبر، أي المستوي الثامن والسادس، وتردد الحالة العابرة يقع ضمن المجال [3-1.5 kHz]، نستنتج من ذلك أن إشارة الجهد للباسارات الثلاثة تحوي حالة عابرة لحظية بتردد [3-1.5 kHz]، يعني ذلك أن الأحمال التي تتأثر بوجود الحالة العابرة سوف تتضرر. نستنتج مما سبق أن إشارة الجهود للباسارات الثلاثة تحوي إضطرابات وتم الكشف عنه بدقة، والإضطرابات الحاصلة هي محتوى توافقي مع حالة عابرة، وتغير لحظي لمطال الجهد (إنحدار).

ولإزالة الإضطرابات بشبكة معمل الصهر وبالإعتماد على المرجع [17] نقوم بإضافة مرشحات فعالة أو غير فعالة مجال الترشيح يقع ضمن المجال [80-750] لإزالة التوافقيات الفردية والزوجية المحقونة بشبكة المعمل. وإستخدام محولات عزل عند الأحمال الحساسة للحالات العابرة كالأحمال الموجودة في المخابر (تجهيزات الكترونية)، ومحولات الجهد الثابت ولتلافي الأثر السلبي لحالة إنحدار الجهد على أجهزة التحكم بسرعة المحركات التحريضية.

## الاستنتاجات والتوصيات:

### الاستنتاجات:

- 1- أظهرت النتائج قدرة تحويل الموجة المتقطع على إكتشاف حالات الاضطراب بمختلف أنواعها مما ساهم في تشخيصها بدقة وإيجاد الحل المناسب.
- 2- إمكانية معرفة المحتوى التوافقي بالإشارة بسبب خاصية التحليل متعدد التفاصيل لتحويل الموجة التي تقوم بتجزئة الإشارة الى عدة مستويات ترددية.
- 3- عدم فقد الزمن خلال التحليل ساعد ذلك في إكتشاف الحالات العابرة والتغيرات اللحظية بمطال الإشارة المحللة.

### التوصيات:

- 1- إعداد خوارزمية هجينة ( تحويل الموجة + إحدى تقنيات الذكاء الصناعي) من أجل الكشف والتصنيف عن مختلف الإضطرابات التي يمكن أن تحصل بشبكات التوزيع الكهربائية.
- 2- إستخدام المتحكمات الصغيرة لبرمجة خوارزمية الكشف عن الاضطرابات باستخدام تحويل الموجة المتقطع لإختبارها مخبرياً.

### قائمة بالمصطلحات:

FFT	Fast Fourier transform
STFT	Short-time Fourier transform
WT	Wavelet transform
HHT	Hilbert-Huang transform
GT	Gabor transform
ST	slantlet transform
DWT	Discrete-WT
SVM	Support vector machine
TDCA	Tme domain characteristic analysis

## References:

- [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] Hao LIU, Weifeng QU, Changqing SUN, Hongbin LI, *Power Quality Disturbances Classification and Evaluation based on Power System Time Domain Characteristic Analysis*, 2011, 10.5013/IJSSST.a.17.40.16
- [4] Axelberg Peter GV, Gu IYH, Bollen MHJ, *Support vector machine for classification of voltage disturbances*. IEEE Trans Power Deliv 2007, 22(July (3)):1297–303
- [5] Abdel-Galil TK, El-Saadany EF, Youssef AM, Salama MMA, *Disturbance classification using Hidden Markov models and vector quantization*. IEEE Trans Power Deliv 2005, 20(July (3)):2129–35
- [6] Cho S-H, Jang G, Kwon S-H. *Time–frequency analysis of power-quality disturbances via the Gabor–Wigner transform*. IEEE Trans Power Deliv 2010, 25:494
- [7] Shilpa R, Dr. P S Puttaswamy, *Detection and Classification of Short Transients and Interruption using Hilbert Transform*. Global Journal of Researches in Engineering of Electrical and Electronics Engineering, Volume 15, Issue 4, Version 1.0, 2015.
- [8] Shukla Stuti, Mishra S, Singh Bhim. *Empirical-mode decomposition with Hilbert transform for power quality assessment*. IEEE Trans Power Deliv 2009, 24(October (4)):2159–65.
- [9] Chilukuri MV, Dash PK. *Multiresolution S-transform-based fuzzy recognition system for power quality events*. IEEE Trans Power Delivery. 2004, 19(1):323-330.
- [10] Behera HS, Dash PK, Biswal B. *Power quality time series data mining using S-transform and fuzzy expert system*. Appl Soft Comput. 2010, 10(3):945-955.
- [11] 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.
- [12] Dekhandji FZ. *Detection of power quality disturbances using discrete wavelet transform*. In Electrical Engineering Boumerdes. (ICEE-B), 2017 5th International Conference on 2017, (pp. 1-5).
- [13] Jurado, Francisco, Jose R. Saenz. *Comparison between discrete STFT and wavelets for the analysis of power quality events*. Electric Power Systems Research 62.3 (2002): 183-190.
- [14] QIAN/CHEN. *Joint time-frequency analysis. Methods and applications*: Prentice Hall, 1996.
- [15] V. Vega, C. Duarte, G. Ordonez, N. Kagan. *Selecting Wavelet Functions for Detection of Power Quality Disturbances*. IEEE, 2008, 978-1-4244-2218-0/08.
- [16] MATLAB:2014, version 8.3.0.532 (R2014a). Natick, Massachusetts: The MathWorks Inc., Wavelet toolbox 2014.
- [17] Smith JC, Hensley G, Ray L. IEEE recommended practice for monitoring electric power quality. IEEE Std. 1995, 1159-1995