

دراسة تحليلية لاضطرابات جودة الطاقة في شبكة توزيع كهربائية محلية (خط المشتى)

د. محمد ملحم*

راما ابراهيم**

(تاريخ الإيداع 9/ 9/ 2021 . قُبِلَ للنشر في 10/ 11/ 2021)

□ ملخص □

أدت التطورات في الشبكات الكهربائية والتنوع الكبير في الأحمال بين الصغيرة والكبيرة إلى ظهور العديد من الاضطرابات التي تسبب خلل في التوزيع المتوازن للطاقة بين مستخدمي الشبكة، ولذلك فإن المراقبة المستمرة لاضطرابات جودة الطاقة في نظام توزيع الطاقة الكهربائية أصبح مسألة مهمة جدا. حيث يساعدنا تحليل جودة الطاقة (PQ) في تحسين وصيانة نظام الطاقة ومعرفة مدى تحقيق محددات الشبكة الكهربائية لمعايير الجودة المنصوص عليها في المواصفات العالمية القياسية.

في هذا البحث تم إنشاء نموذج لشبكة توزيع كهربائية محلية (خط المشتى)، وتطوير نماذج محاكاة واستخدامها لمحاكاة مجموعة واسعة من الاضطرابات التي تحدث في الشبكة الكهربائية، لدراسة كيف تؤثر هذه الاضطرابات على شكل الإشارة الكهربائية وعلى الجهد أو التيار والتردد.

الكلمات المفتاحية: اضطرابات، جودة الطاقة، PQ، الشبكات الكهربائية

*مدرس - قسم النظم الحاسوبية والالكترونية - كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات - جامعة طرطوس - سورية.

** طالبة دراسات عليا (ماجستير) - قسم النظم الحاسوبية والالكترونية - كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات - جامعة طرطوس - سورية.

Analytical study of power quality disturbances in a local electrical distribution network (Mushta line)

Dr.Mohammad Mlhem*
Rama Ibrahim**

(Received 9 / 9/ 2021 . Accepted 10 / 11 / 2021)

□ ABSTRACT □

Developments in electrical networks and the great diversity of loads between small and large have led to the emergence of many disturbances that cause an imbalance in the balanced distribution of energy among the users of the network, so the continuous monitoring of energy quality disturbances in the electrical power distribution system has become a very important issue. Whereas, the analysis of power quality (PQ) helps us in improving and maintaining the power system and knowing the extent to which the parameters of the electrical network meet the quality standards stipulated in international standards. In this paper, a model of a local electrical distribution network (Mashta Line) was created, and simulation models were developed and used to simulate a wide range of disturbances that occur in the electrical network, to study how these disturbances affect the shape of the electrical signal and the voltage or current and frequency.

Key Words: disturbance, Power Quality, PQ, electrical network.

*Assistant Professor in computing and electronic system Engineering Department, Information and Communication Technology Engineering, Tartous University, Syria.

**Master Student at computing and electronic system Engineering Department, Information and Communication Technology Engineering, Tartous University, Syria.

1- مقدمة:

تؤمن شبكة الطاقة الكهربائية الطاقة الكهربية للمستخدمين ويتم ذلك من خلال استقرار الجهد والتيار، لذلك يجب مراقبة انحرافات هذه البارامترات عن قيمها، حيث أن أي اضطراب في مستويات الجهد أو التيار يؤثر على المنظومة الكهربية بأكملها لذلك هناك حاجة كبيرة لضمان استقرار الشبكة الكهربية [1].

في نظام الطاقة الكهربية غالباً ما تؤدي أنواع مختلفة من الأخطاء والتشغيل الديناميكي لمعدات الطاقة والاستغلال المعزز للأحمال غير الخطية إلى اضطرابات جودة الطاقة الذي هو مزيج من جودة الجهد وجودة التيار [2]، لكن في الغالب نهتم بجودة الجهد لأن نظام تغذية الطاقة يمكنه التحكم فقط بجودة الجهد لأن جودة التيار تعتمد على التيار الذي يستجره الحمل [3].

تظهر الاضطرابات في الشبكة الكهربية عندما يكون هناك تغير كبير في جهد التغذية أو التردد نتيجة الأخطاء المختلفة والأحمال غير الخطية والمحولات. تسبب هذه الاضطرابات خسائر مالية فادحة لمراقف الكهرباء خاصة العملاء الصناعيين، لأنها قد تسبب أثاراً ضارة للأحمال المتأثرة مثل الأعطال وعدم الاستقرار وقصر عمرها [4] لذلك من المهم اكتشاف اضطرابات جودة الطاقة وتصنيفها من أجل زيادة جودة الطاقة في الشبكة.

2- أهمية البحث وأهدافه:

سنقوم في هذا البحث بإنشاء نموذج لشبكة توزيع كهربية محلية (خط المشتى) منطقة صافيتا وتطوير نماذج محاكاة واستخدامها لمحاكاة مجموعة واسعة من الاضطرابات التي تحدث في الشبكة الكهربية وملاحظة كيف تشوه هذه الاضطرابات شكل الموجة الجيبية للشبكة، ومن خلال هذه الدراسة سنتمكن من معرفة كيفية انتشار اضطرابات جودة الطاقة من المصدر وعبر شبكة نظام الطاقة بأكملها، وبالتالي إمكانية معالجة الأسباب الكامنة وراء هذه الاضطرابات لتحقيق استقرار وموثوقية في الشبكة الكهربية المحلية.

3- طرائق البحث ومواده:

3-1- اضطرابات جودة الطاقة:

سنقدم في هذه الفقرة مجموعة من الاضطرابات التي تحدث في الشبكات الكهربية وتؤثر على موثوقيتها وتصنف هذه الاضطرابات إلى [5]:

- اضطرابات الجهد: مثل انخفاض الجهد وارتفاع الجهد التي ترتبط بأخطاء قصر الدارة في نظام الطاقة.
- اضطرابات تغيير التردد: مثل التوافقيات (Harmonic) الناتجة عن الأحمال غير الخطية مثل المقومات والمحولات.
- الاضطرابات العابرة: مثل الحالات العابرة (Transient state) الناتجة عن تنشيط المكثف، وتنشيط المحولة، الصواعق.
- الوميض (Flicker): وهو ناتج عن تقلب الجهد في بعض الأحمال مثل فرن القوس الكهربائي.

3-1-1- النماذج الرياضية لاضطرابات جودة الطاقة:

انخفاض الجهد:

هو انخفاض مؤقت في مستوى الجهد تبلغ مدته النموذجية من نصف دورة إلى دقيقة وهو غير ثابت ويمكن أن يحدث من وقت لآخر خلال اليوم.

السبب الرئيسي له هو أعطال في خط النقل أو شبكة التوزيع أو توصيل أحمال كبيرة وتشغيل المحركات الضخمة

النموذج الرياضي لانخفاض الجهد يعطى بالمعادلة [6]:

$$V_A = [1 - s(u_1 - u_2)] \sin(2\pi f_1 t + \theta_A) \quad (1)$$

حيث: S: هو مقدار الانخفاض، u_1, u_2 : تابع الخطوة، f_1 : التردد الأساسي، θ_A : زاوية الطور.

ارتفاع الجهد:

هو تضخم مؤقت في الجهد وعادة تكون مدتها أقل من بضع ثوان، السبب الرئيسي له بدء أو إيقاف أحمال

كبيرة ضمن الشبكة وهذا الاضطراب ممكن أن يسبب تلف المعدات الحساسة إذا كانت قيم الجهد عالية جدا،

النموذج الرياضي لارتفاع الجهد هو نفسه النموذج السابق حيث يتم ضبط S (مقدار الانخفاض) إلى 1 [6].

الحالة العابرة:

هو تقلب قصير جدا في قيمة الجهد (أقل من 0.5 دورة) وهو حدث غير ثابت يمكن أن يحدث في أي

وقت الأسباب الرئيسية له البرق، تبديل الأحداث وقد تتسبب بتلف المعدات بحسب شدتها، النموذج الرياضي للعبور

الناتج عن تبديل الأحداث يعطى بالمعادلة [6]:

$$V_A = \sin(2\pi f_1 t + \theta_A) + [u_1 \cdot t_m \sin(2\pi f_{osc} t_1) \cdot e^{-pt_1}] \quad (2)$$

النموذج الرياضي للعبور الناتج عن البرق يعطى بالمعادلة [6]:

$$V_A = \sin(2\pi f_1 t + \theta_A) + [u_1 (t_m \cdot e^{-pt_1})] \quad (3)$$

حيث: t_1 : زمن بدء العبور، t_m : مقدار العبور، f_{osc} : تردد التذبذب العابر، p: معدل استقرار العبور.

التوافقيات:

خلال هذا الحدث تأخذ موجات الجهد والتردد أشكال غير جيبية حيث يتوافق شكل الموجة مع مجموع

موجات جيبية مختلفة ذات طويلة وطور مختلفين ولها ترددات مضاعفة لتردد النظام، تنتج بشكل رئيسي عن

الأحمال غير الخطية مثل المقومات والمحولات، ويسبب هذا الاضطراب حمل زائد في الأنظمة ثلاثية الطور

وارتفاع درجة حرارة الكابلات والمعدات وفقدان الكفاءة في الآلات الكهربائية، النموذج الرياضي للتوافقيات يعطى

بالمعادلة [6]:

$$V_A = \sin(2\pi f_1 t + \theta_A) + [\sum h_n \sin(2\pi f_n t + \theta_n)] \quad 1 < n \quad (4)$$

حيث: h_n : الطويلة عند العينة n، f_n : التردد عند العينة n.

الوميض:

هو اختلافات منتظمة في جهد التغذية أو سلسلة من التغيرات العشوائية للجهد والتي لا يتجاوز حجمها 0.9

إلى 1.1 pu وهو نتيجة غير مرغوب فيها لتقلب الجهد في بعض الأحمال ويعتبر فرن القوس الكهربائي السبب

الأكثر شيوعا لتقلبات الجهد في أنظمة نقل وتوزيع الطاقة، النموذج الرياضي للوميض يعطى بالمعادلة [6]:

$$V_A = [1 + f_m \sin(2\pi f_f t + \theta_f)] \sin(2\pi f_1 t + \theta_A) \quad (5)$$

حيث: f_f : تردد الوميض، f_m : طويلة الوميض

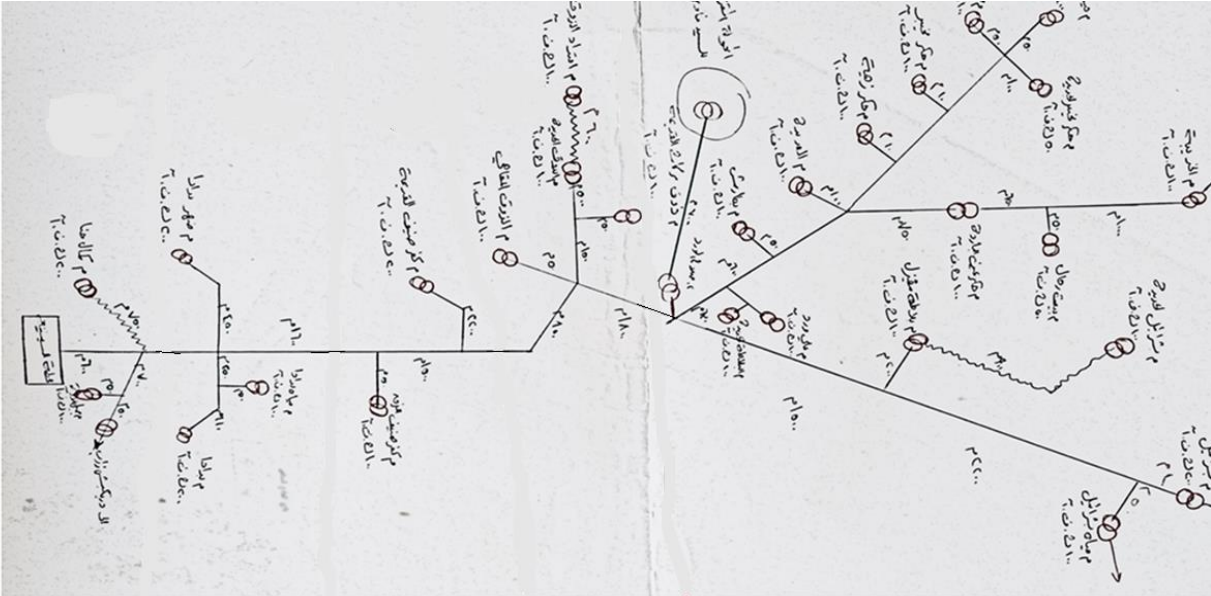
4- الدراسة العملية:

1-4- توصيف الشبكة المدروسة:

يتم تغذية محطة السييسنية من 3 محطات 230/66kv (سمريان - باروكة - المشتى)، في هذه الدراسة تم اختيار شبكة توزيع خط المشتى التي يتم تغذيتها من محطة السييسنية 66/20kv وتتكون هذه الشبكة من 31 مركز تحويل (20/0.4kv) باستطاعات مختلفة تتراوح بين 25KVA → 400KVA.

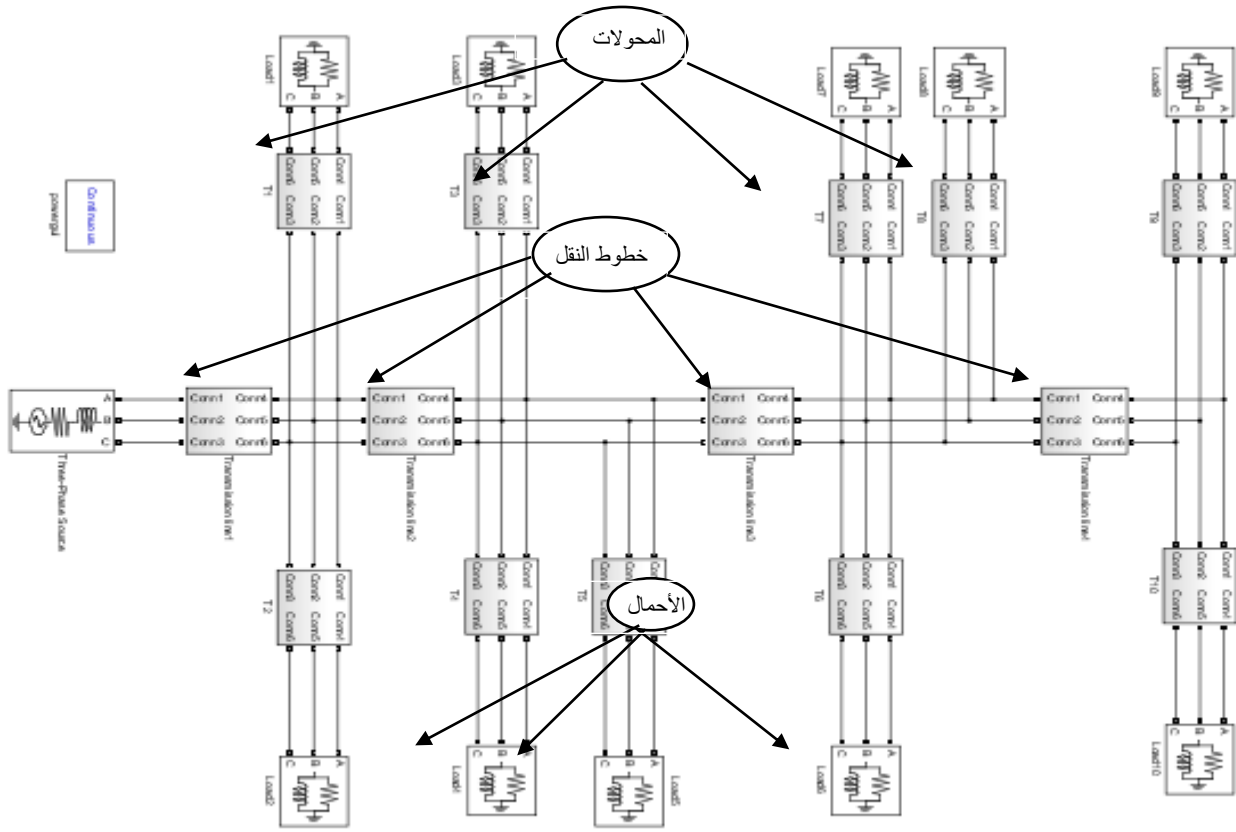
تستخدم في شبكة 20KV كابلات من الألمنيوم ذات مقطع موحد 185mm^2 مع وجود نوعين من الربط: حلقي وشعاعي، تحوي هذه الشبكة على مجموعة من القواطع الغازية والتي من خلالها يتم التحكم بمسار التغذية في خطوط التوزيع 20kv وذلك للمحافظة على موثوقية التغذية في حالات الصيانة والأعطال [8].

ويظهر الشكل (1) شبكة التوزيع الكهربائية لخط المشتى:



الشكل (1) شبكة التوزيع الكهربائية لخط المشتى

سنقوم بتصميم جزء من هذه الشبكة على الماتلاب كما هو مبين بالشكل (2):



الشكل (2) تصميم شبكة التوزيع الكهربائية لخط المشتى على الماتلاب

4-2- تطبيق اضطرابات جودة الطاقة على الشبكة المدروسة:

مع تقدم التقنيات أصبحت محاكاة اضطراب جودة الطاقة ممكنة مما يسمح للباحث بنمذجة ومحاكاة نظام طاقة معين لتتبع وفهم السبب الجذري لاضطراب جودة الطاقة ويوفر نظرة لكيفية انتشار الاضطرابات عبر شبكة نظام الطاقة بأكمله [7].

نقدم في هذه الفقرة مجموعة شاملة من نماذج Matlab/Simulink لمحاكاة مختلف اضطرابات جودة

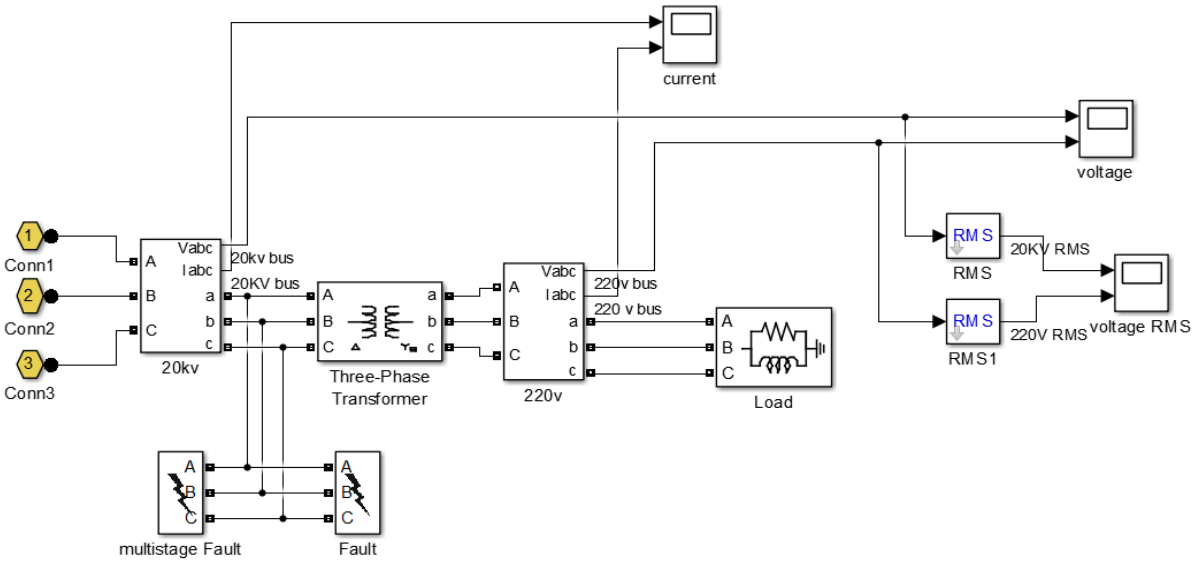
الطاقة، وتشمل هذه النماذج:

- نموذج خطأ خط التوزيع
- نموذج بدء محرك تحريضي
- نموذج تنشيط محولة
- نموذج فرن القوس الكهربائي
- نموذج تنشيط المكثف
- نموذج البرق
- نموذج حمل غير خطي ثلاثي الطور

1- نموذج خطأ الخط:

يعبر هذا النموذج عن حدوث تماس أو قصر في خط النقل، فمثلا عند حدوث تماس في الناقل الذي يغذي محولة ضهر بادا نلاحظ انخفاض الجهد في الطور الذي حدث فيه الخطأ ويتم تمثيل هذا الخطأ في النموذج الموضح في الشكل (3)، وهو قادر على محاكاة الأخطاء المختلفة لخط النقل بما في ذلك:

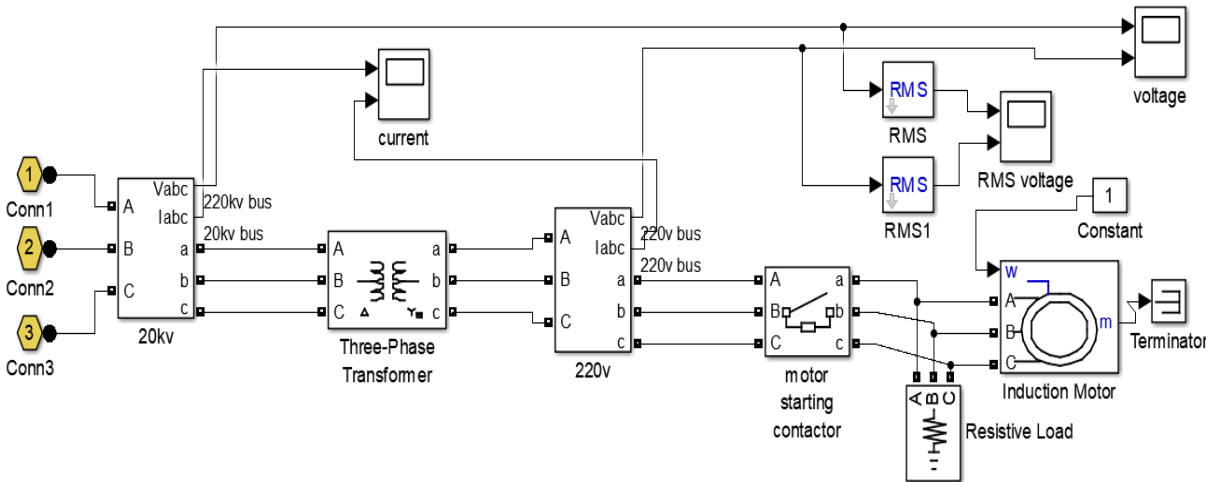
- ❖ قصر بين طور واحد والأرضي
- ❖ قصر بين طورين والأرضي
- ❖ قصر بين طورين
- ❖ قصر ثلاثي الطور
- ❖ الأخطاء متعددة المراحل



الشكل (3) نموذج خطأ الخط

2- نموذج بدء محرك تحريضي:

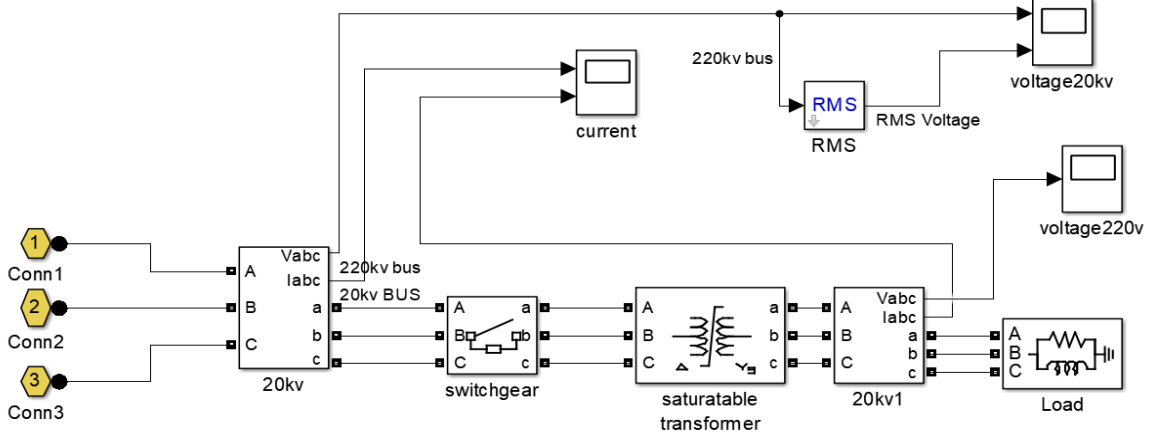
يعبر هذا النموذج عن تشغيل محركات صناعية أو مصانع فمثلا عند دخول محرك تحريضي صناعي عالي الطاقة إلى الشبكة عند محولة صلاح الورد التي استطاعتها 25KVA نلاحظ انخفاض وتذبذب في الجهد، ويتم تمثيل هذا الاضطراب في النموذج الموضح في الشكل (4).



الشكل (4) نموذج بدء محرك تحريضي

3- نموذج تنشيط المحولة:

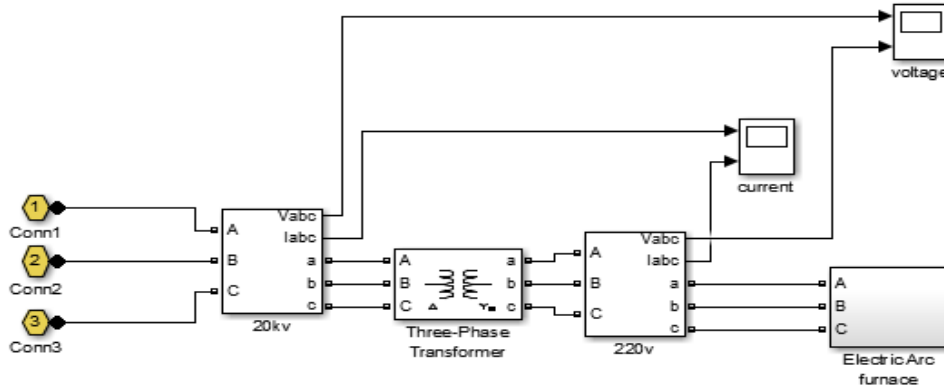
يعبر هذا النموذج عن دخول الأحمال التي تحوي محولات صناعية إلى الشبكة حيث نلاحظ أنه عند تشغيل محطات ضخ المياه أو الأفران العالية عند محولة مياه بدادا مثلا والتي استطاعتها 100KVA سيحدث انخفاض للجهد الناتج ويتم تمثيل هذا الاضطراب في النموذج الموضح في الشكل (5).



الشكل (5) نموذج تنشيط المحولة

4- نموذج فرن القوس الكهربائي:

يستخدم فرن القوس الكهربائي لصهر الحديد الخردة بغرض إعادة تدويره ويعد من أهم التطبيقات المعتمدة على المحولات الصناعية، وعند دخول هذا الحمل إلى شبكة التوزيع عند محولة بطارش مثلا والتي استطاعتها 100KVA سنلاحظ ظهور توافقيات واضطراب الوميض ويتم تمثيل هذا الاضطراب في النموذج الموضح في الشكل (6).



الشكل (6) نموذج فرن القوس الكهربائي

يستخدم نموذج فرن القوس الكهربائي نموذج قطعي معرف بالمعادلة (6):

$$v(i) = (Vat + \frac{C}{D+|i|}) \text{sign}(i) \quad (6)$$

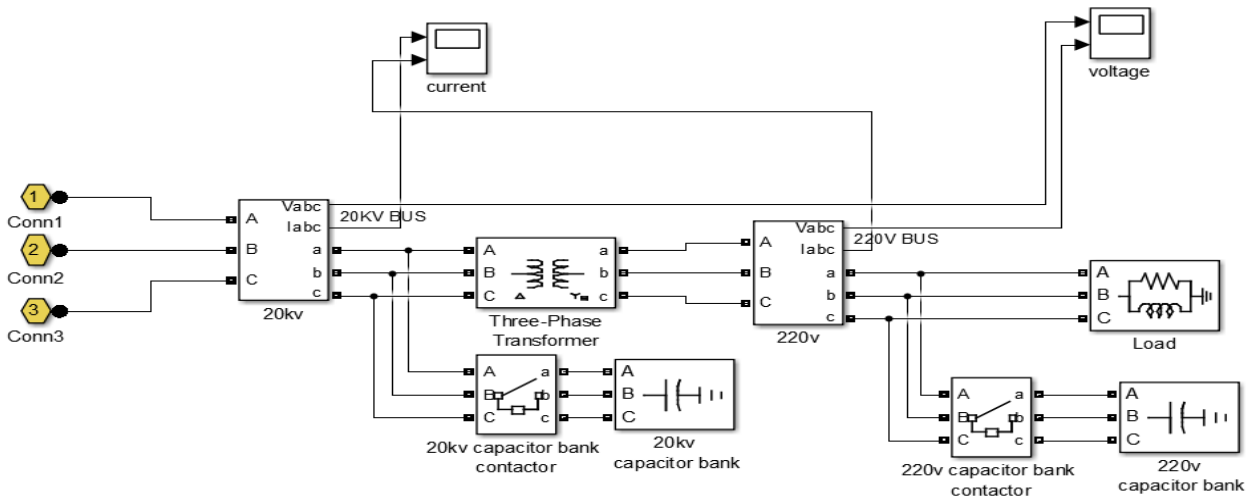
حيث: Vat : جهد عتبة القوس ، i : تيار الطور ، C : طاقة القوس ، D : تيار القوس
يتم تحديد تأثير الوميض من خلال عتبة الجهد الموضحة بالمعادلة (7):

$$Vat(t) = Vato[1 + m \sin(ft)] \quad (7)$$

حيث: V_{ato} : الجهد المرجعي الأساسي عندما لا يكون هناك نشاط للقوس، m : مؤشر التعديل، f : تردد الوميض

5- نموذج تنشيط المكثف:

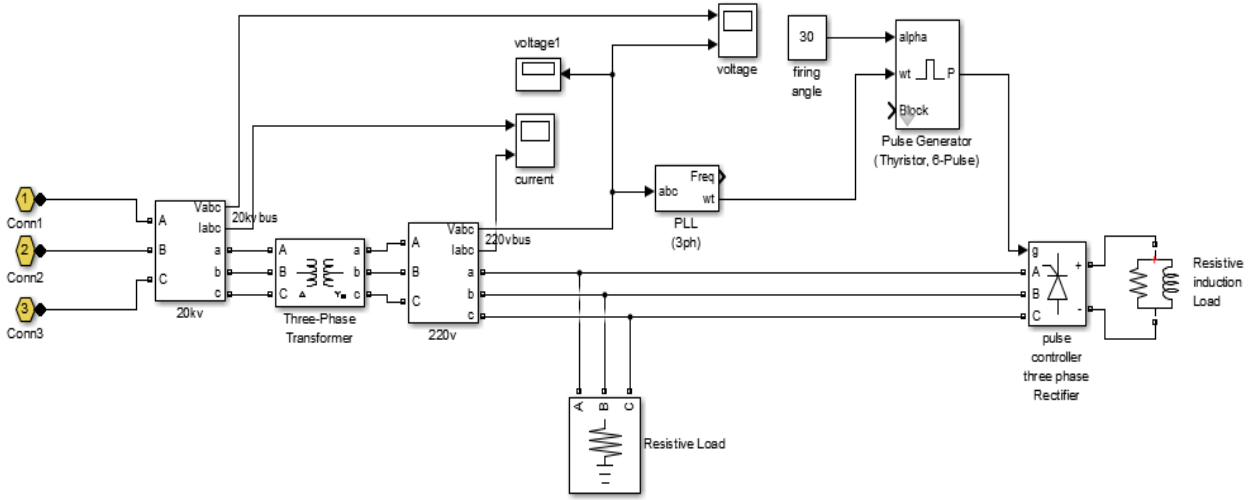
في شبكات التوزيع الكهربائية تستخدم المكثفات لتصحيح معامل الطاقة وغالبا ما تدخل هذه المكثفات إلى الشبكة كحمولة كهربائية ثلاثية الطور، قد تحتوي أحمال المحرك على مكثفات لتصحيح معامل الطاقة أو يمكن تركيب مجموعات أكبر من المكثفات في مركز تحميل داخل مبنى أو في مراكز التحويل الفرعية، عند دخول هذه المكثفات إلى الشبكة عند محولة بيت رحال والتي استطاعتها 50KVA ، سنلاحظ ظهور تذبذب للجهد العابر وعادة تكون المكثف ضمن مراكز التحويل سعتها أكبر وفي هذا النموذج تم اختيارها 100KVAR بينما المكثفات الموجودة في المباني أو الأحمال تكون أصغر مثلا 40KVAR ، ويتم تمثيل هذا الاضطراب في النموذج الموضح في الشكل (7) .



الشكل (7) نموذج تنشيط المكثف

6- نموذج الحمل غير الخطي ثلاثي الطور:

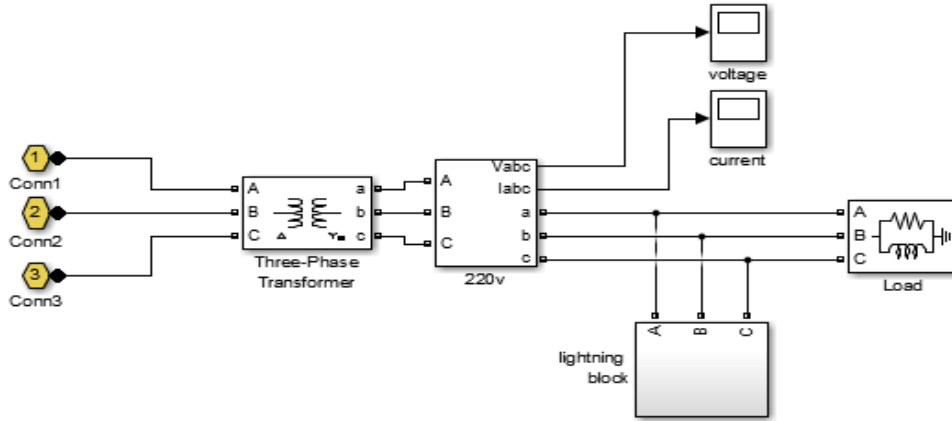
تقوم الأحمال غير الخطية عموما بتوليد توافقيات، وتكون في هذه الأحمال شكل موجة التيار غير موافقة لشكل موجة الجهد، ومن الأمثلة على هذه الأحمال: المعدات الصناعية (آلات اللحام، أفران القوس، المقومات)، المعدات المكتبية (أجهزة الكمبيوتر، آلات النسخ وأجهزة الفاكس)، الأجهزة المنزلية (أجهزة التلفزيون، أفران الميكرويف، الإضاءة الفلورية)، عند دخول مقوم ثلاثي الطور يتحكم به 6 نبضات إلى الشبكة عند محولة حكر عين الباردة والتي استطاعتها 100KVA نلاحظ ظهور notches وتوافقيات، ويتم تمثيل هذا الاضطراب في النموذج الموضح في الشكل (8).



الشكل (8) نموذج الحمل غير الخطي ثلاثي الطور

7- نموذج البرق:

تحمل الصواعق البرقية طاقة كهربائية كبيرة جدا ويؤدي تفريغ البرق بالقرب من خطوط النقل الكهربائية إلى خسائر مادية أو قد تتسبب بأعطال في خط النقل، نلاحظ أن تفريغ البرق عند محولة بشرائيل التي استطاعتها 200KVA ينتج عنه اندفاع عابر ويتم تمثيل هذا الاضطراب في النموذج الموضح في الشكل (9).



الشكل (9) نموذج البرق

يتم حساب نبضة البرق التي يتم تغذيتها إلى مدخل منبع الجهد المتحكم به باستخدام المعادلة (8):

$$v(t) = Ae^{-\alpha(t-t_1)}u(t - t_1) \quad (8)$$

حيث: A: طولية النبضة ، α : عامل التخميد ، t_1 : الزمن الذي يبدأ فيه الاندفاع ، t: تابع الزمن ، U: تابع خطوة ارتفاع الاندفاع.

الخصائص القياسية لنبضة البرق هي $1.2 \times 50 \mu s$ حيث ترتفع النبضة إلى الذروة $1.2 \mu s$ وتنخفض إلى

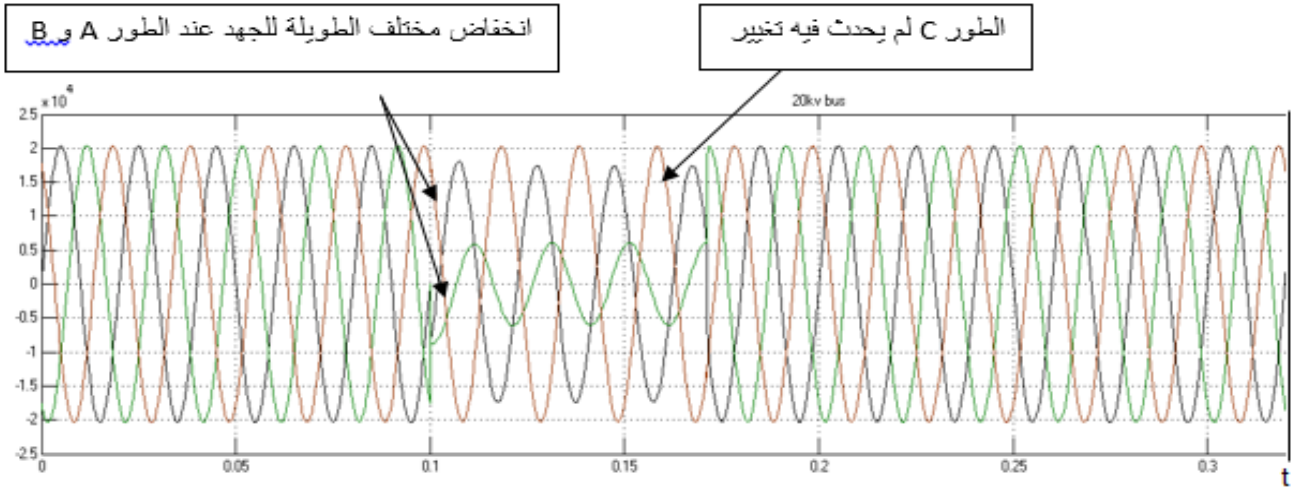
50% عند $50 \mu s$.

5- النتائج والمناقشة:

نستعرض في هذه الفقرة النتائج التي حصلنا عليها نتيجة تطبيق النماذج السابقة على الشبكة المدروسة وسناقش نتائج المحاكاة.

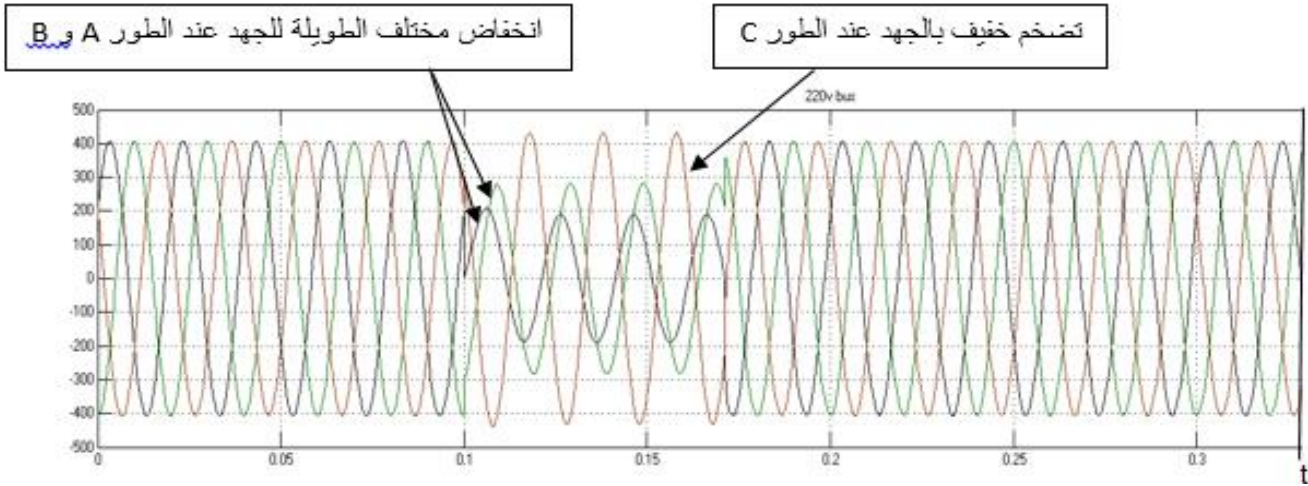
1- نموذج خطأ الخط:

يوضح الشكل (10) انخفاض الجهد الناتج عن خطأ (تماس) يحدث بين طورين (الطور A والطور B) عند خط التغذية 20kv الذي يغذي محولة ضهر بدادا في الفترة الزمنية بين 0.168 → 0.1، حيث يمكن ملاحظة أن الناقل 20kv يعاني من انخفاضين في الجهد عند الطور A و الطور B مع اختلاف في طويلة الانخفاض ويرجع ذلك إلى مقاومة الخط العالية 8Ω بين الخطين.



الشكل (10) انخفاض الجهد الناتج عن خطأ بين طورين عند الناقل 20kv

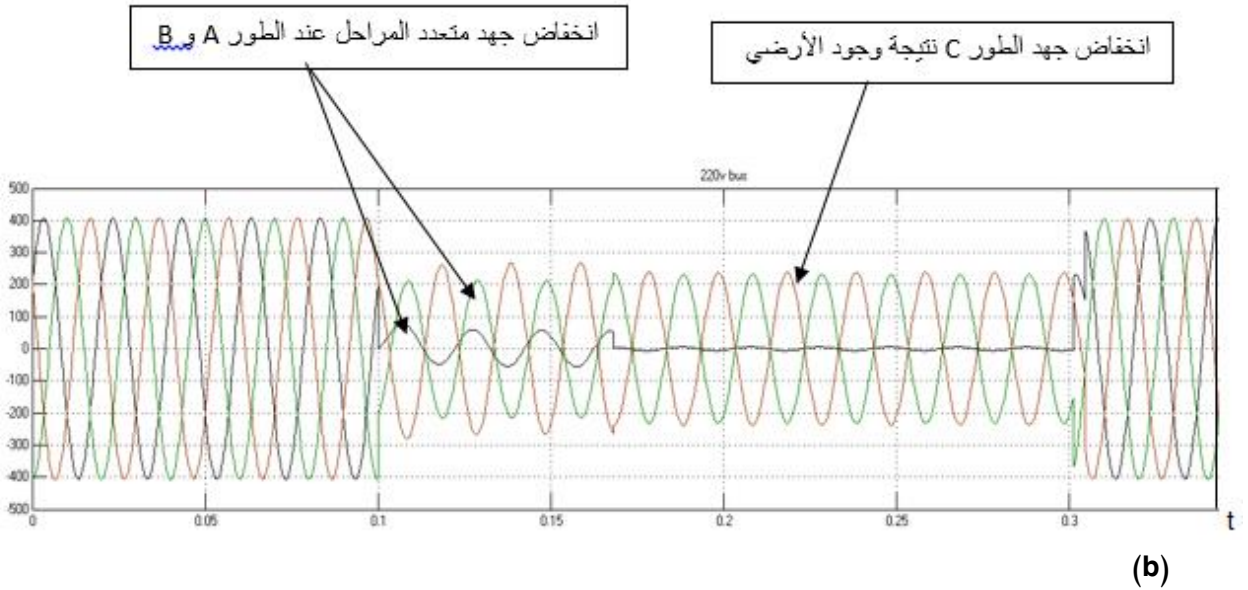
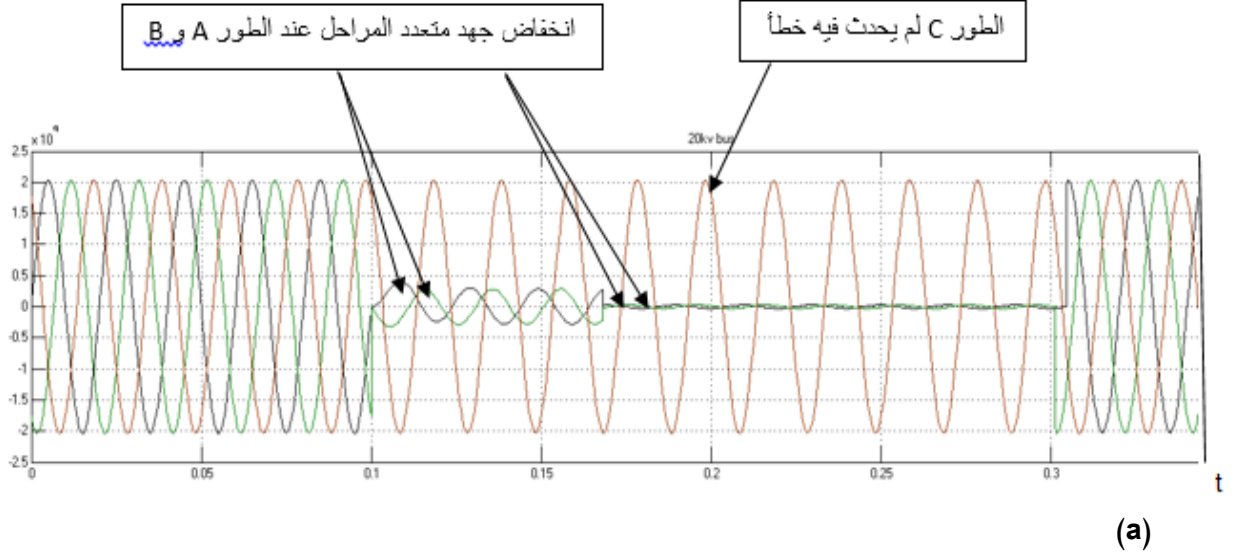
عندما ينتشر انخفاض الجهد عبر محولة ضهر بدادا إلى الحمل نلاحظ أن الطور C الذي لم يحدث فيه خطأ يعاني من تضخم خفيف في الجهد بسبب غياب نقطة الأرضي ومقاومة الخط العالية كما هو مبين بالشكل (11).



الشكل (11) انخفاض الجهد الناتج عن خطأ بين طورين عند الناقل 220v

نموذج خطأ الخط قادر أيضا على محاكاة الأخطاء متعددة المراحل التي يمكن أن تحدث في خط النقل ويتم تعريفها على أنها أخطاء متعددة تحدث بشكل متتالي خلال فترة زمنية قصيرة ويتم النقاطها داخل سجل واحد كحدث واحد.

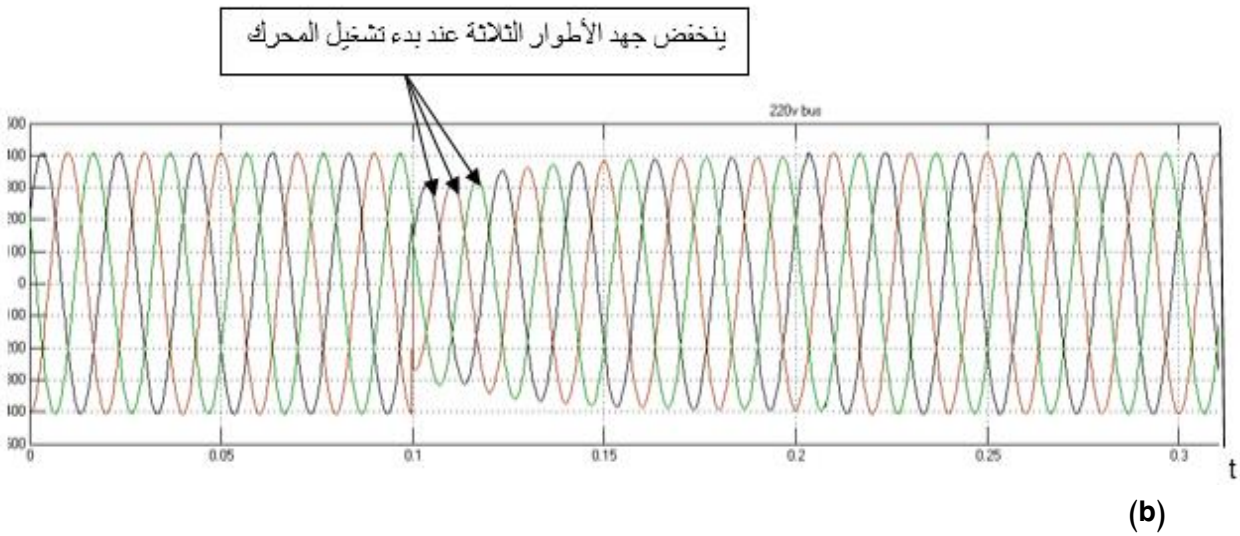
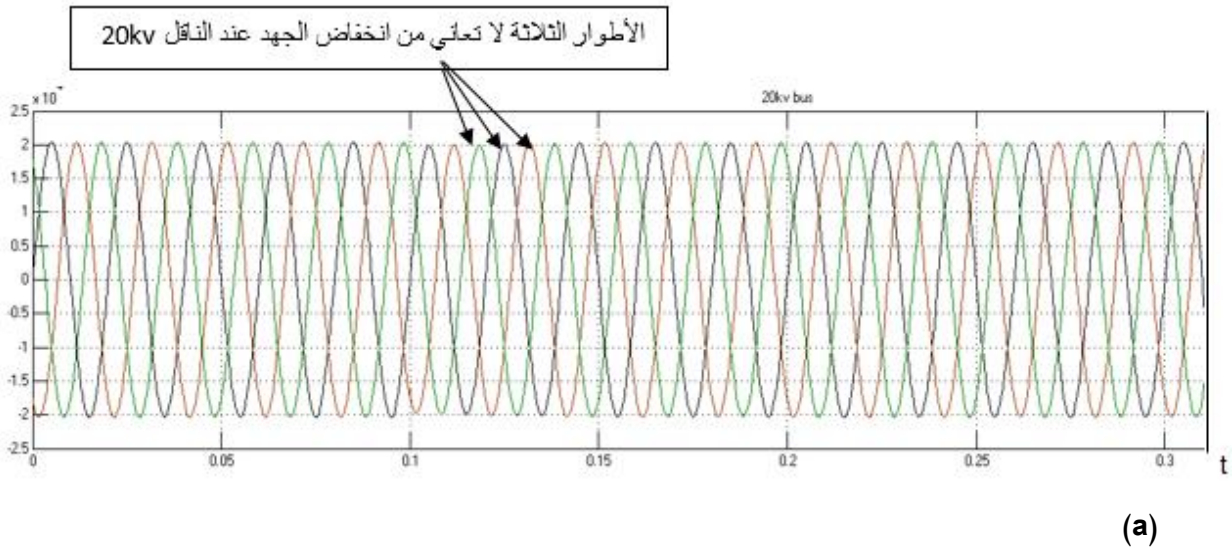
يوضح الشكل (12) شكل موجة انخفاض الجهد متعدد المراحل الناتج عن خطأ يحدث بين طورين والأرضي عند محولة ضهر بدادا حيث تؤدي التغيرات في مقاومة الخطأ أثناء حدوث خطأ إلى حدوث انخفاض جهد متعدد المراحل.



الشكل (12) انخفاض الجهد متعدد المراحل الناتج عن خطأ يحدث بين طورين والأرضي. (a) عند الناقل 20kv، (b) عند الناقل 220v

2- نموذج بدء محرك تحريضي:

يوضح الشكل (13) شكل الموجة اللحظية ثلاثية الطور لانخفاض الجهد الناتج عن تشغيل محرك تحريضي 75KW عند محولة صلاح الورد يبدأ عند 0.1sec ويتم ضبط سرعة المحرك إلى 0.1rad/sec، حيث ينتشر انخفاض الجهد عند الناقل 220v من خلال المحولة إلى الناقل 20kv ويمكن ملاحظة انخفاض الجهد فقط عند الناقل 220v، حيث ينخفض حجم انخفاض الجهد عند الناقل 20kv لأنه ينتشر باتجاه المنبع حيث يصبح غير مهم وغير ملحوظ، ويعتمد حجم الانخفاض في الجهد على طاقة المحرك الحثي حيث أنه كلما زادت طاقة المحرك الحثي كلما زاد مقدار الانخفاض بالجهد.

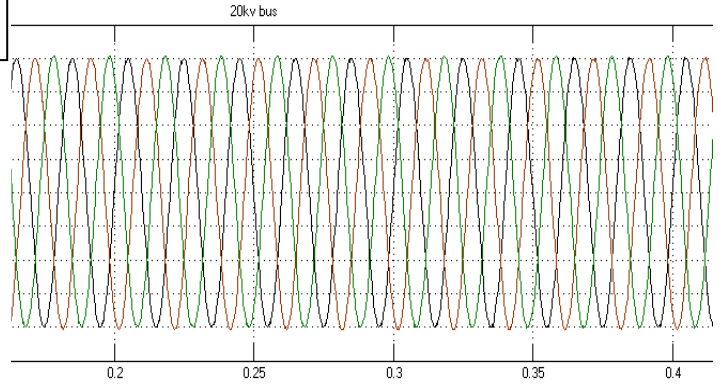


الشكل (13) انخفاض الجهد الناتج عن محرك تحريضي. (a) عند الناقل 20kv، (b) عند الناقل 220v

3- نموذج تنشيط المحول:

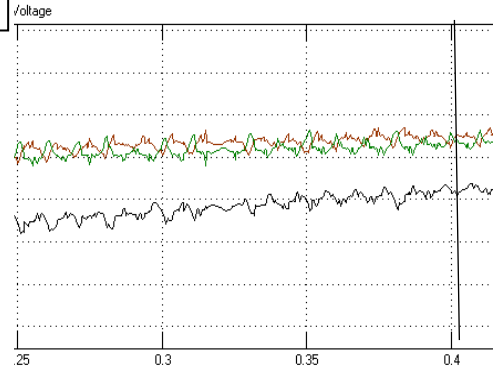
يظهر انخفاض الجهد الناتج عن تشغيل محطة ضخ المياه عند محولة مياه بدادا التي تبدأ عند 0.06sec في الشكل (14)، حيث نلاحظ أن الأطوار الثلاثة تعاني من انخفاض في الجهد غير متوازن وترتفع تدريجيا إلى المستوى الاسمي للجهد وعادة ما يستغرق أكثر من 1sec حتى يعود إلى مستواه الاسمي، ويعتمد حجم الانخفاض في الجهد على طاقة منبع التغذية وعلى طاقة المحول أي كلما كانت طاقة المحولة أعلى كلما كان الانخفاض في الجهد أكبر.

الأطوار الثلاثة تعاني من انخفاض طفيف بالجهد عند بدء تنشيط المحول لا يظهر بشكل واضح



(a)

شكل موجة RMS التي توضح انخفاض الجهد للأطوار الثلاثة عند بدء تنشيط المحول

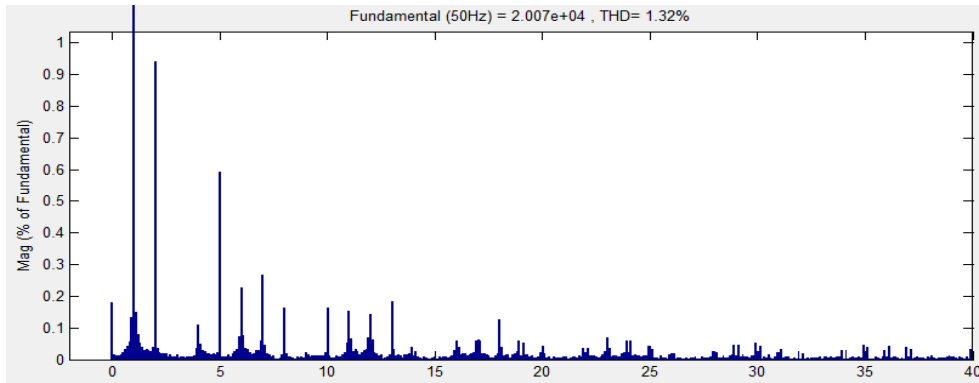


(b)

الشكل (14) (a) انخفاض الجهد الناتج عن تنشيط المحول عند الناقل 20kv ، (b) شكل موجة RMS الناتج عن تنشيط المحول عند الناقل 20kv

إن تنشيط المحولات يؤثر على المحتوى التوافقي حيث يمكننا تحليل ما يصل إلى 40 مرتبة من التوافقيات،

يوضح الشكل (15) ظهور توافقيات فردية عالية للطور A من المرتبة: 3,5,7,13,19.

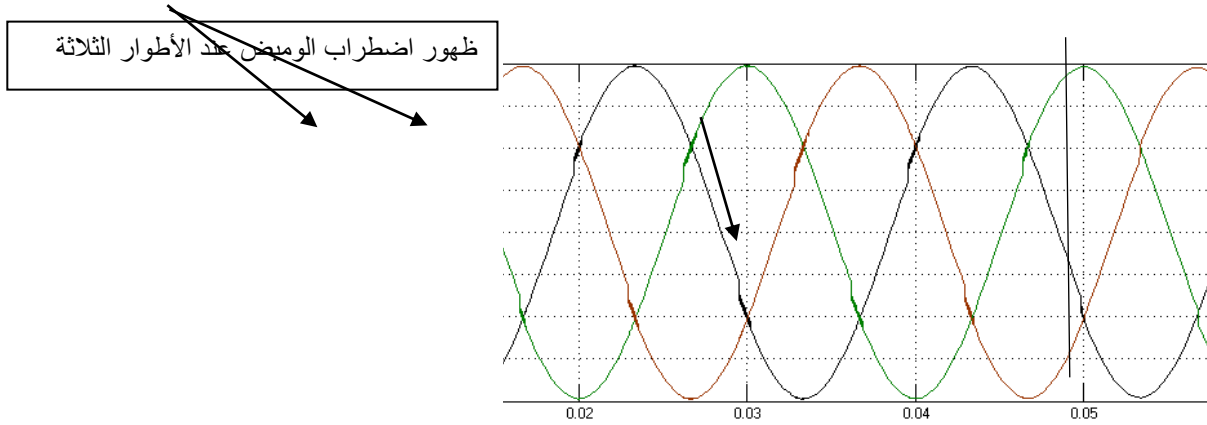


الشكل (15) تحليل التوافقيات عند انخفاض الجهد الناتج عن تنشيط المحول

4- نموذج فرن القوس الكهربائي:

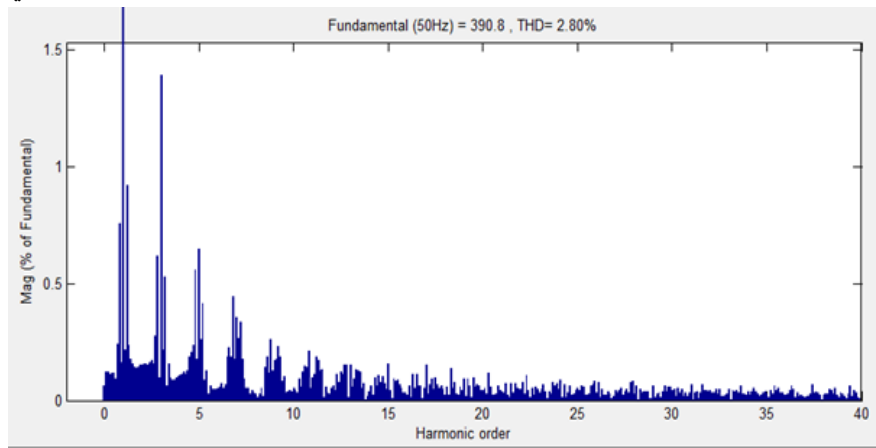
يظهر الشكل (16) شكل الموجة اللحظية عند الناقل 220v الناتجة عن تشغيل ورشة لحام عند محولة

بطارش حيث تكون اضطرابات الوميض واضحة في جميع الأطوار.



الشكل (16) شكل الموجة اللحظية الناتجة عن الوميض عند الناقل 220v

نظرا لأن موجة الوميض تشوه الموجة الجيبية فإنه يقدم تشويها توافقيا، يظهر الشكل (17) أنه عند الناقل 220v تظهر توافقيات فردية لطور A من المرتبة: 3,5,7,9,11,13 وطويلة عالية عند الترتيب التوافقي 3.

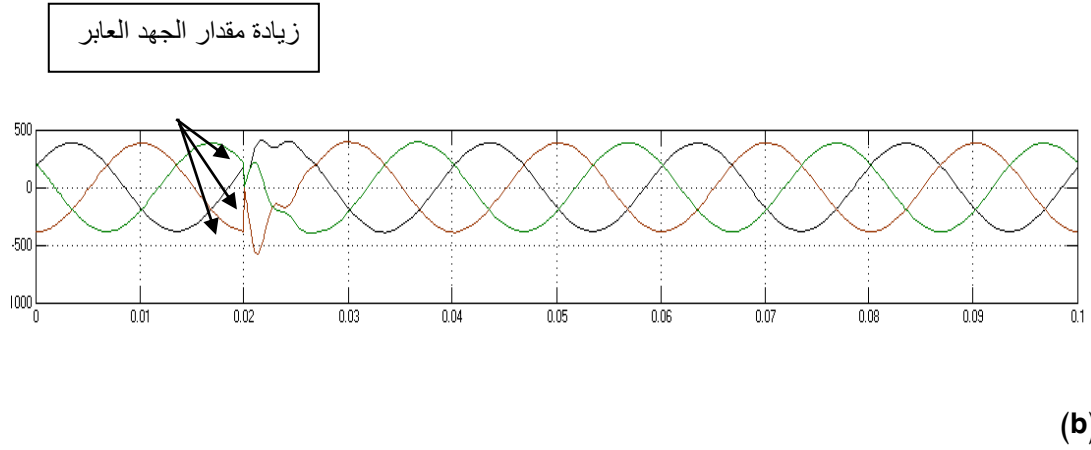
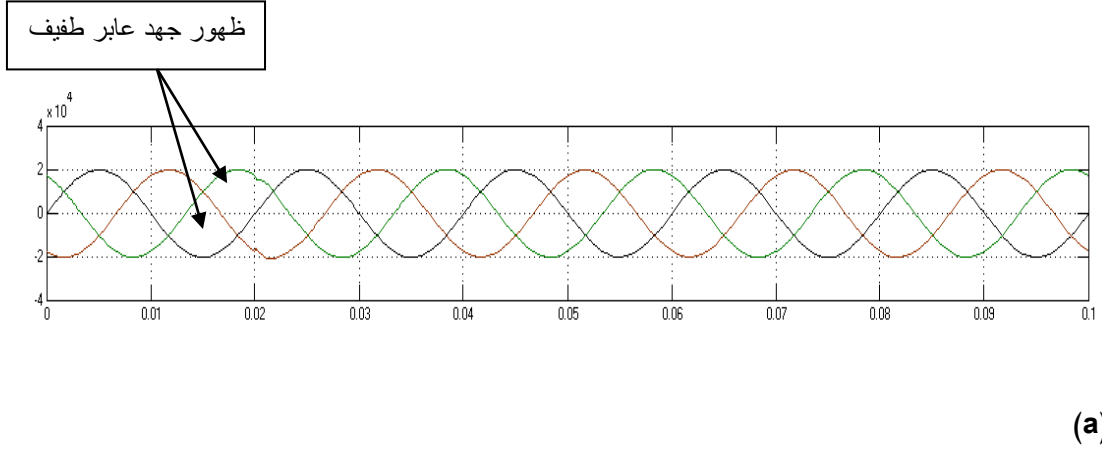


الشكل (17) تحليل التوافقيات الناتجة عن الوميض عند الناقل 220v

5- نموذج تنشيط المكثف:

يوضح الشكل (18) دخول مكثف تحسين معامل الطاقة إلى الشبكة عند مبنى يتم تغذيته من محولة بيت رجال مما يتسبب في جهد عابر عند الناقل 220v و 20kv ويتناقص الجهد العابر بشكل كبير عندما ينتشر باتجاه الناقل 20kv بسبب منبع الجهد القوي.

حجم المكثف يحدد تردد العبور للجهد المتذبذب أي كلما كان المكثف أكبر يكون تردد العبور للجهد أقل، ويستقر تذبذب سرعة العبور اعتمادا على الحمل الحقيقي (real power load) أي كلما كانت مقاومة الحمل أكبر هذا يؤدي إلى عامل تخميد أكبر وبالتالي استقرار أسرع للتذبذب العابر.

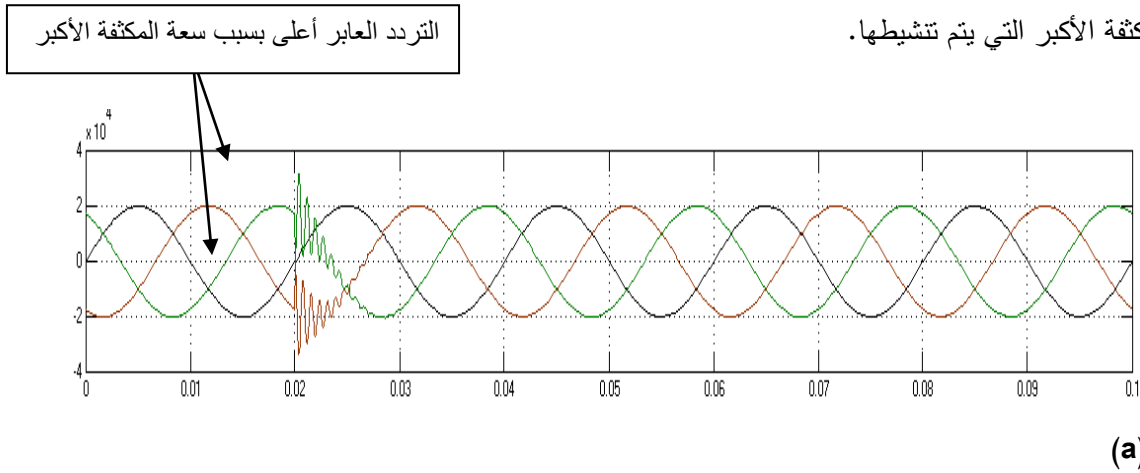


الشكل (18) الموجة اللحظية للجهد عند تنشيط المكثف ضمن مبنى (a) عند الناقل 20kv، (b) عند الناقل 220v

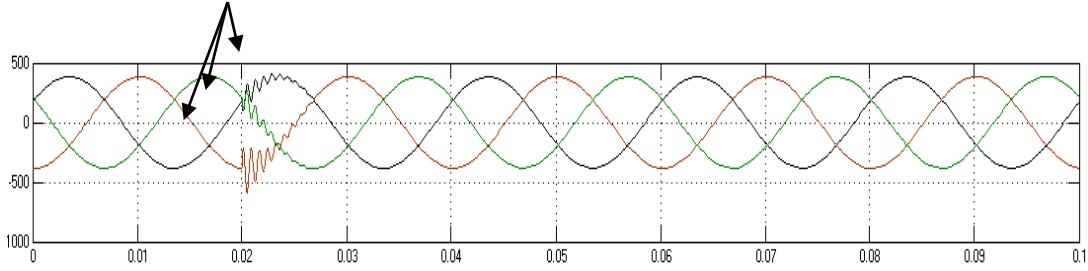
يوضح الشكل (19) تذبذب الجهد العابر عند الناقل 20kv وعند الناقل 220v نتيجة تنشيط المكثف ضمن

مراكز التحويل حيث يمكن أن نرى بوضوح أن التردد العابر أعلى بسبب

سعة المكثفة الأكبر التي يتم تنشيطها.



زيادة التردد العابر عند انتشاره إلى الناقل 220v



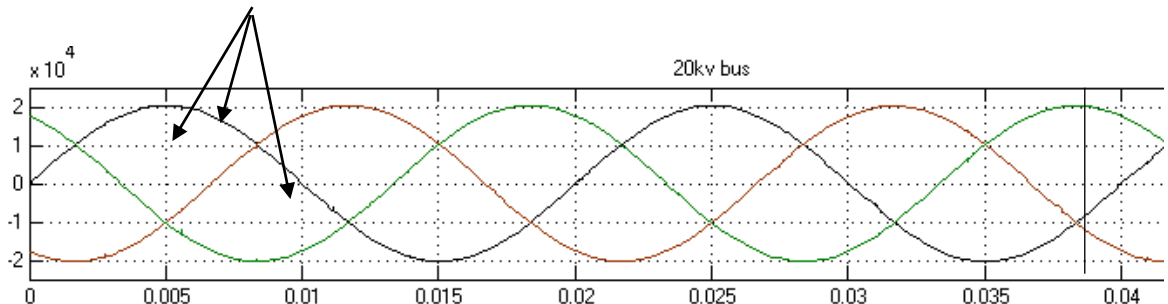
(b)

الشكل (19) الموجة اللحظية للجهد عند تنشيط المكثف ضمن مراكز التحويل (a) عند الناقل 20kv (b) عند الناقل 220v

6- نموذج الحمل غير الخطي ثلاثي الطور:

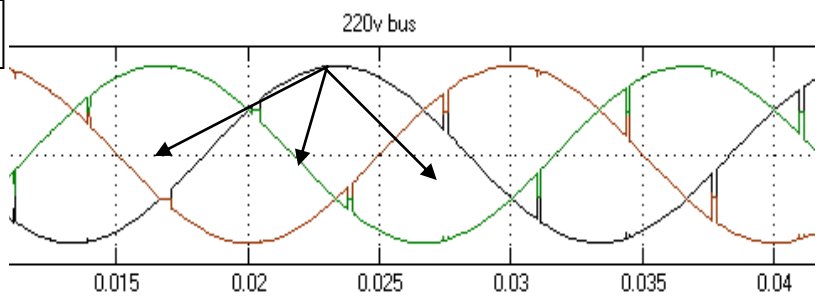
يظهر الشكل (20) notches الناتجة عن تشغيل مقوم ثلاثي الطور يتم تغذيته من محولة حكر عين الباردة حيث نلاحظ أن notches تختفي بشكل كبير بعد انتشارها إلى الناقل 20kv، يعتمد موقع notch وعمقه على زاوية التفعيل للمقوم ثلاثي الطور ويعتمد عرضه على الحمل الحثي أي كلما كان الحمل الحثي أكبر يكون notch أعرض.

غياب ال notches عند انتشارها إلى الناقل 20KV



(a)

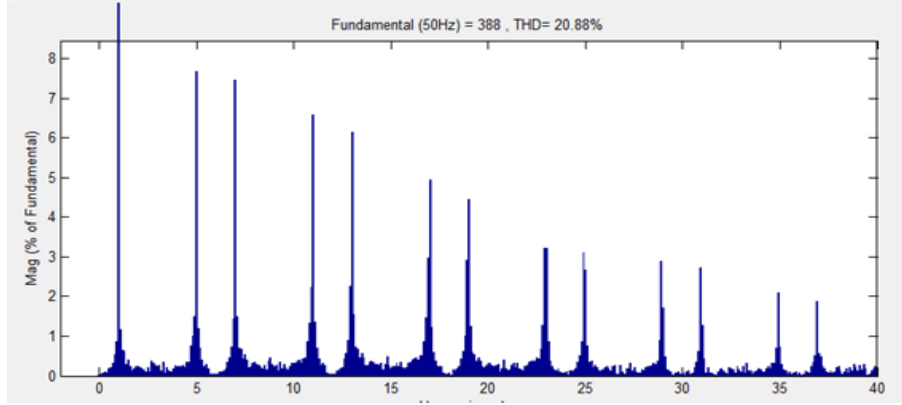
ظهور ال notches عند الأطوار الثلاثة



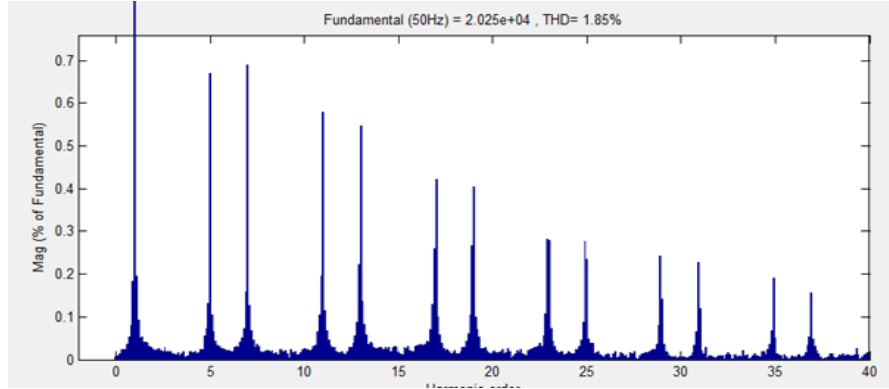
(b)

الشكل (20) notches الناتجة عن المقوم ثلاثي الطور (a) عند الناقل 20kv (b) عند الناقل 220v

نظرا لأن notch يشوه شكل الموجة الجيبية فإنه أيضا يقدم تشويه في التوافقيات حيث يظهر الشكل (21- a) أنه عند الناقل 220v الطور A يحوي توافقيات عالية: 5,7,11,13,17,19,23,25,29,31,35,37. ويمكن أن نرى بأن معظم هذه التوافقيات قد اختفت عند الناقل 20kv الشكل (21-b).



(a)



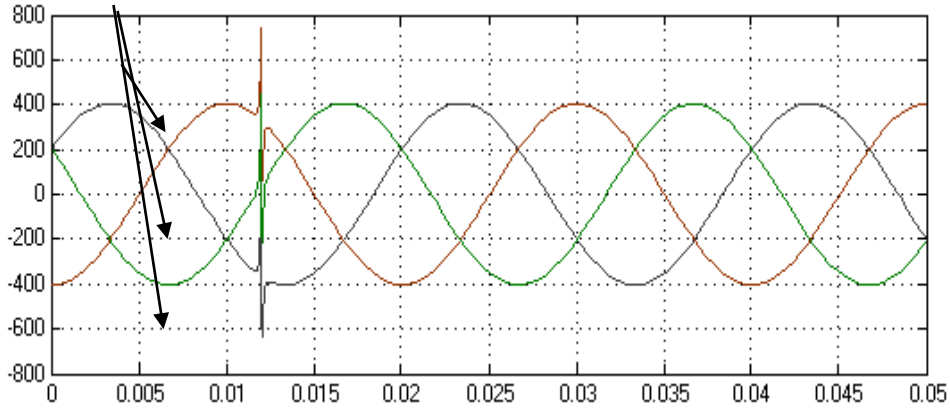
(b)

الشكل (21) تحليل التوافقيات الناتجة عن المقوم ثلاثي الطور (a) عند الناقل 220v، (b) عند الناقل 20kv

7- نموذج البرق:

يوضح الشكل (22) شكل موجة النبضة العابرة التي تم محاكاتها للأطوار الثلاثة عند تفريغ البرق بالقرب من محولة بشرائيل، ونلاحظ أن مقاومة شبكة الربط تحدد مدى قرب تفريغ البرق من خط النقل والذي بدوره يحدد طولية النبضة العابرة الناتجة حيث أن مقاومة شبكة الربط المنخفضة تعني أن البرق قريب من خط النقل.

ظهور نبضة عابرة عند الأطوار الثلاثة



الشكل (22) شكل موجة النبضة العابرة الناتجة عن البرق

تأثير هبوط الجهد على الأحمال المختلفة في شبكة الجهد المنخفض [12]:

❖ التأثير على الأجهزة الإلكترونية:

رغم أن هذه الأجهزة هي أحد أهم المصادر التي تسبب عدم جودة الطاقة، فإنها أيضا أكثر الأجهزة التي تعاني من عدم جودة الطاقة، فحتاج الأجهزة الإلكترونية إلى بيئة كهربائية متحكم فيها أكثر من احتياج أغلب الأحمال الأخرى، فعند حدوث انخفاض في الجهد يتوقف الجهاز عن العمل أو تتشوه البيانات.

❖ التأثير على المحركات:

يؤدي الانخفاض في الجهد على المحرك الحثي إلى:

- انخفاض عزم البدء للمحرك مما قد يؤدي إلى تلف المحركات التي تدير أحمال ميكانيكية ذات قصور ذاتي مرتفع حيث سيسحب المحرك تيار كبير وبالتالي ستحرق ملفات.
- زيادة تيار البدء سيؤدي إلى حدوث انخفاض جهد.
- إذا نجح المحرك بالبدء فستظل لديه مشكلة أثناء التشغيل حيث سترتفع حرارة الملفات بسبب ارتفاع كمية التيار المسحوب.

❖ التأثير على لمبات الإضاءة:

أغلب نظم الإضاءة تكون قادرة على احتمال الانخفاض في الجهد مثل:

- اللمبات المتوهجة: سيؤدي الانخفاض في الجهد إلى انخفاض الإضاءة مثلا عند حدوث انخفاض في الجهد بنسبة 90% ستخف الإضاءة بنسبة 70% وستخف الكفاءة الضوئية بنسبة 80%.
- مصابيح الفلورسنت: تتأثر هذه المصابيح بدرجة أكبر من النوع السابق حيث يتسبب ارتفاع أو انخفاض الجهد في هذا النوع إلى تقصير العمر الافتراضي، وإذا انخفض الجهد بدرجة كبيرة مثلا 70% سينطفئ المصباح ولكنه يعود للعمل مباشرة بعد عودة الجهد لمستواه الطبيعي.

- مصابيح التفرغ شديدة الكثافة: مثل مصابيح الصوديوم والزيئق وهذه المصابيح تتأثر بشدة بتغير الجهد فينطفئ المصباح إذا انخفض الجهد عن 80%، والمشكلة الأكبر أنه إذا تكرر الانقطاع والتوصيل فهذا يؤثر بشدة على العمر الافتراضي للمصباح إضافة إلى أنه يحتاج إلى وقت يصل إلى 10 دقائق كي يبرد بعد كل إطفاء، وهذا يعني أن هذه المصابيح لا تصلح في الأماكن التي تعاني من اهتزاز الجهد.

❖ التأثير على المكثفات:

هناك عدة أسباب لوضع المكثفات بالدارات منها تحسين معامل الطاقة، لكن المشكلة أنه عند انخفاض الجهد إلى 90% من قيمته فإن الطاقة الردية Q المولدة من المكثف ستتناقص إلى 81% وهذه مشكلة كبيرة إذ أننا وضعنا المكثف ليساعدنا في رفع قيمة الجهد فإذا به يتأثر سلباً بانخفاض الجهد.

❖ التأثير على الأجهزة المنزلية:

بعض الأجهزة المنزلية التي لها محركات ثابتة الطاقة تتأثر بشدة بانخفاض الجهد، حيث من المعلوم أن:

$$P = V \cdot I \cdot \cos\theta$$

وبالتالي فإن أي انخفاض بنسبة الجهد سيؤدي إلى ارتفاع في التيار بنفس النسبة والمشكلة أن هذا الارتفاع غالباً يكون كبيراً، فلو فرضنا أن الارتفاع بالتيار كان بنسبة 10% فقط هذا يعني أن القاطع المنزلي لن يشعر بهذه الزيادة في التيار وبالتالي لن يفصل الدارة، في حين سيظل الجهاز يعاني من هذه الزيادة وسترتفع درجة حرارته تدريجياً مع الزمن حتى يصل لمرحلة الاحتراق. ومن هنا جاءت أهمية الحفاظ على الجهد ضمن القيم القياسية المسموح بها.

الاستنتاجات والتوصيات:

- من المهم الحفاظ على جهد وتردد الشبكة الكهربائية ضمن الحدود المسموح بها وذلك للمحافظة على الأحمال الكهربائية ومعدات الشبكة.
- نوصي بدراسة شبكة التوزيع المحلية وتحديد المناطق الضعيفة فيها وتجميع البيانات المتعلقة بالأحمال الحالية والعمل على تصميم متحكم ضبابي type2 لضبط استقرار شبكة التوزيع وذلك من خلال مراقبة بارامترات الشبكة وبالتالي الحفاظ على قيمة ثابتة للجهد والتردد وزيادة قيمة معامل الطاقة .power factor

المراجع:

- [1] SACCOMANNO, F. 2003, *Electric power systems: analysis and control*. Piscataway: IEEE Press, Canada, 744.
- [2] JANIK, P. ; LOBOS, T. 2006, *Automated classification of power-quality disturbances using SVM and RBF networks. IEEE Transactions on Power Delivery, 21(3), 1663-1669.*
- [3] DUGAN, R. C. ; MCGRANAGHAN, M. F. ; BEATY, H. W. 1996, *Electrical power systems quality*. McGraw-Hill New York, 2.
- [4] SUBASI, A. ; YILMAZ, A. S. ; TUFAN, K. 2011, *Detection of generated and measured transient power quality events using Teager Energy Operator. Energy Conversion and Management, 52, 1959-1967.*
- [5] KHOKHAR, S. 2014, *MATLAB/Simulink based modeling and simulation of power quality disturbances. IEEE conference on energy conversion (CENCON), 445-450.*
- [6] RODNEY, T. H. ; RAMACHANDARAMURTHY, V. K. 2010, *Numerical model framework of power quality events. European Journal of Scientific Research, 43(1), 30-47.*
- [7] MCGRANAGHAN, M. F. ; SANTOSO, S. 2007, *Challenges and trends in analyses of electric power quality measurement data. EURASIP Journal on Advances in Signal processing, 1-5.*
- [8] حيدر، تمام، شعبان، فيصل، اسبر، حسام. (2018)، تقييم أداء شبكة التوزيع الكهربائية في مدينة طرطوس. مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (2) العدد (3).
- [9] شعبان، فيصل، خير بك، طارق، اسبر، حسام. (2020)، زيادة القدرة التمريرية في خطوط نقل 230KV باستخدام المعوض التسلسلي المتواقت الساكن (SSSC). مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (4) العدد (7).
- [10] اسبر، سهيل، اسبر، جورج، محمود، علي. (2017)، ربط المبدلات على التفرع والتحكم بتوزيع الحمل في ما بينها. مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (1) العدد (1).
- [11] خطيب، محسن، إبراهيم، ثائر، جديد، ضحى. (2015)، تصميم نظام تحكم خاص بعمل المرشحات الفعالة بهدف تحسين جودة الطاقة الكهربائية ومحاكاته باستخدام الـ MATLAB. مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (5) العدد (35).
- [12] KOTHARI, D. P. ; NAGRATH, I. J. 2003, *Modern power system analysis. Tata McGraw-Hill Education, 555.*