



دراسة المتغيرات الكهربائية لمحطة كهروضوئية لإنتاج الطاقة الكهربائية

لمى يونس جديد^{1*}، صبا فرحة²

¹الشركة العامة لكهرباء محافظة طرطوس، طرطوس، سوريا، lama.jdead@gmail.com

²كلية الهندسة التقنية، جامعة طرطوس، طرطوس، سوريا

الباحث الممثل: لمى يونس جديد، lama.jdead@gmail.com, muhamadmayyous@gmail.com

نشر في: 30 ايلول 2022

الخلاصة - يقدم هذا البحث دراسة تأثير ربط محطة كهروضوئية باستطاعة 5ميغا وات على الشبكة العامة في ريف طرطوس حيث أن قياس وتحليل المتغيرات الكهربائية يعطينا فكرة واضحة عن كفاءة الربط مع الشبكة العامة وهذه المتغيرات هي الجهد (V)- التيار (A) - الاستطاعة الفعالة (KW)-الاستطاعة الرديدة (KVAR)-عامل الاستطاعة (P.F) -التوافقيات الكلية في الجهد % - التوافقيات الكلية في التيار % - التوافقيات المنفصلة في كل من موجتي التيار والجهد % باستخدام جهاز قياس وتحليل المتغيرات الكهربائية PowrAnalyzer على خط الشبكة العامة من جهة 20kv. وجد الباحثون أن توافقيات التوتر والتيار والتوافقيات المنفصلة ضمن الحدود القياسية التي ينص عليها كود توزيع الكهرباء لعام 2016 والذي يحدد جودة الطاقة المنتجة من المشاريع والأنظمة الكهروضوئية والقيم العظمى للتوافقيات الناجمة عن المشروع أو النظام الكهروضوئي وفق IEEE 519-1992, من خلال المنحنيات البيانية التي أظهرها جهاز القياس Power Analyzer

الكلمات الرئيسية - "الألواح الشمسية"، "تحليل المتغيرات الكهربائية"، "التوافقيات".

1. المقدمة

حيث يمكن أن تتوقف حلقات التحكم بالتيار عن العمل عند مستويات منخفضة من الطاقة

لهذه التوافقيات أثار سلبية على الشبكة نذكر منها:

1 -وجود التوافقيات في الشبكة يؤدي لتحميل خط الحيايدي في نظام ثلاثي الطور رباعي النواقل بأضعاف التيار الطبيعي [4].

2- تسبب كل ما يسببه زيادة التيار من تسخين الكابلات [5] [6]

3- زيادة الضياعات وتشغيل خاطئ للحميات [7] [8].

وقد أصدرت الدولة مجموعة من القوانين والقرارات الناظمة لهذا

النوع من الاستثمارات وأهمها كود التوزيع الكهرباء لعام 2016

وقانون الكهرباء رقم /32/ والقرار /961/ لعام 2012 والذي يحدد

جودة الطاقة المنتجة من المشاريع والأنظمة الكهروضوئية

والقيم العظمى للتوافقيات الناجمة عن المشروع أو النظام

الكهروضوئي وفق IEEE 519-1992 حيث أن المستوى

الأعظمى للتوافقيات في حالات التشغيل الطبيعية يجب أن

لا تتجاوز قيم التوافقيات المسموحة كما في الجدول رقم (1).

تتجه الأنظار في الآونة الأخيرة إلى استثمار الطاقة الكهروضوئية في محطات كهروضوئية باستطاعات كبيرة لإنتاج الطاقة الكهربائية وضخها إلى الشبكة العامة، حيث تعد كلفة إنشاء هذا النوع من المحطات أقل بشكل ملحوظ من كلفة إنشاء محطات التوليد التقليدية (بخارية - غازية) بالإضافة إلى سهولة تركيبها وبساطة مكوناتها وعدم الحاجة إلى صيانة، ولا ننسى أن هذه المحطات تعد صديقة للبيئة حيث لا ينطلق منها أي نوع من الغازات الدفينة مقارنة بالمحطات التقليدية والتي تعد ملوث كبير بسبب الغازات التي تراق عملية إنتاج الطاقة الكهربائية [1] [2].

2. الدراسات السابقة

لا بد عند ربط خرج المحطة الكهروضوئية مع الشبكة العامة من دراسة المتغيرات الكهربائية لهذه المحطة وخاصة التوافقيات

(التوافقيات الكلية في الجهد % - التوافقيات الكلية في التيار % - التوافقيات المنفصلة في كل من موجتي التيار والجهد حيث يؤدي تزايد توصيل المحطات الشمسية مع الشبكات الكهربائية إلى تزايد القلق حول مشكلة التوافقيات الناتجة عن التوصيل عبر المبدلات الإلكترونية، والتي تتعلق بالاستطاعة الناتجة عن هذه المحطات وتقوم المبدلات الإلكترونية بالحصول على الاستطاعة العظمى من الألواح الشمسية وتحولها من DC إلى AC، وهي لا تعمل تحت شروط التشغيل المرافقة

لها من المصنع Data Sheet كون مصدر الطاقة متغير باستمرار [1] حيث تسبب هذه المبدلات التوافقيات التي تنشأه إشارتي الجهد والتيار [3]

وتؤثر على كفاءة الشبكة الكهربائية عندما تكون الطاقة المولدة من

الألواح أقل من 20% من الطاقة المقدره (صباحاً ومساءً)

961, كما هو موضح في الجدول (2) وتوضح الأشكال التغيير في المتغيرات الكهربائية مع الزمن.

جدول 2: حدود القياس المسموح بها

حدود القياس	المتغيرات الكهربائية
100	الجهد (V)
62-46	التيار (A)
2.05 – 1.45	الاستطاعة الفعالة الكلية (KW) (عامل الاستطاعة (P.F)
0.9	F)
0.8 – 0	التوافقية الكلية في الجهد %
1.5– 0.5	التوافقية الكلية في التيار %
صفر	التوافقية الثالثة في الجهد %
0.8 – 0.6	التوافقية الخامسة في الجهد %
صفر	التوافقية السابعة في الجهد %
صفر	التوافقية التاسعة في الجهد %
صفر – 0.3	التوافقية الثالثة في التيار %
صفر – 1.1	التوافقية الخامسة في التيار %
صفر – 0.9	التوافقية السابعة في التيار %
صفر	التوافقية التاسعة في التيار %

جدول 1: قيم التوافقيات المسموحة.

توتر نقطة الربط	المجموع الإجمالي للتوافقيات	التوافقية الواحدة
400 /230 فولت	%5	%3
20 كيلو فولت	%4	%2.5

أن قياس وتحليل المتغيرات الكهربائية يعطينا فكرة واضحة عن كفاءة الربط مع الشبكة العامة في المحطة قيد الدراسة وهذه المتغيرات هي (الجهد (V) - التيار (A) - الاستطاعة الفعالة (KW) - الاستطاعة الرديئة (KVAR) - عامل الاستطاعة (P.F) - التوافقيات الكلية في الجهد % - التوافقيات الكلية في التيار % - التوافقيات المنفصلة في كل من موجتي التيار والجهد %)

3. منهجية البحث

تم الاعتماد على جهاز محلل الشبكة الكهربائية المتواجد في الشركة العامة لكهرباء طرطوس. هذه الدراسة تمت في محطة كهروضوئية باستطاعة 5 ميغاوات في منطقة سمريان في محافظة طرطوس في سوريا، حيث تم ربط المحطة مع خط الطاقة الشمسية (جهد متوسط 20 كيلو فولت من محطة تحويل سمريان 20/66KV، والانفرتيرات موصولة من خلال 5 محولات استطاعة كل منها 1000 كيلو فولت أمبير، توتر 20 كيلو فولت /400 فولت.

3.1 وصف المحطة الكهروضوئية:

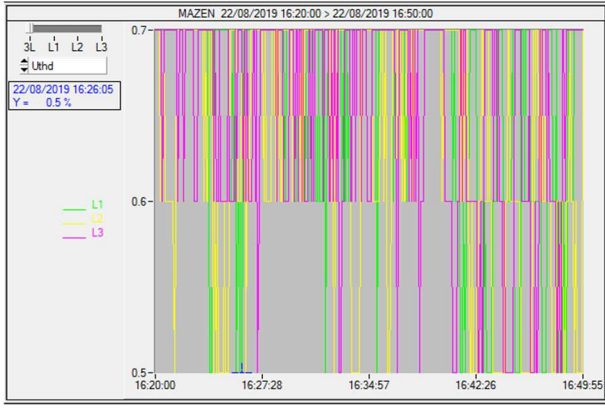
قبل إجراء دراسة المتغيرات الكهربائية في المحطة لابد من وصفها وتحديد التجهيزات الموجودة. حيث تتألف المحطة من 4 محطات منفصلة (محطة بسعة 2 ميغاوات و ثلاثة محطات سعة كل منها 1 ميغاوات)، والشكل (1) يبين موقع المحطة. المحطة الأولى بسعة 2 ميغاوات تتألف من 6060 لوح استطاعة كل منها 330W نوع متعدد البلورات (Polycrystalline) و 32 أنفرتر باستطاعة 60 KW، والمحطات الباقية يتألف كل منها من 3030 لوح شمسي استطاعة كل لوح 330 W نوع أحادي البلورة (Monocrystalline)، و16 أنفرتر استطاعة كل منها 60 KW. ويوجد 5 محولات استطاعة كل منها 1000 KVA لرفع الجهد من 0.4 KV إلى 20 KV لأن مستوى التوتر المناسب لربط الطاقة المولدة هو 20 KV.



الشكل 1: المحطة الكهروضوئية قيد الدراسة

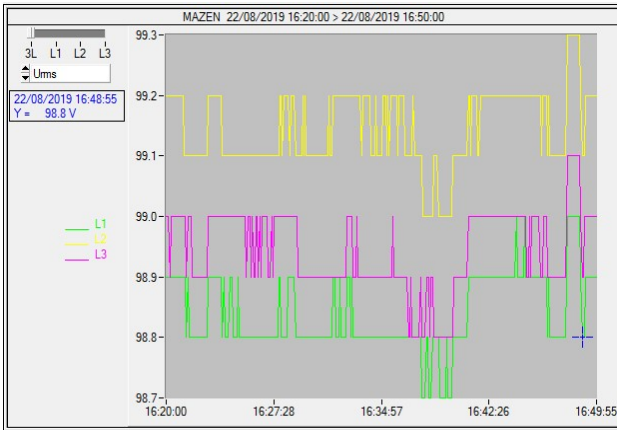
4. القياسات الكهربائية:

تم قياس المتغيرات الكهربائية للمحطة باستخدام جهاز قياس وتحليل المتغيرات الكهربائية (Power Analyzer Energy)، حيث تم تركيب الجهاز على خط توتر متوسط 20KV (خط الطاقة الشمسية) في محطة تحويل سمريان في 28/8/2019 لمدة نصف ساعة بمعدل قياس كل 30 ثانية الساعة الرابعة عصرًا حيث تم تخفيض الجهد بنسبة 20000/200 بنسبة 300/5، ويوضح الشكل (2) مخطط المحطة ومكان توضع جهاز القياس. ومن خلال نتائج القياسات نلاحظ أن التوافقية الكلية في الجهد والتيار والتوافقيات المنفصلة لكل منهما ضمن الحدود القياسية التي حددها القرار رقم



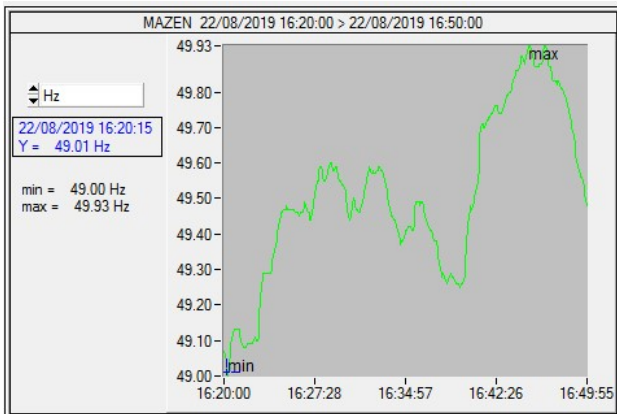
الشكل 3: التوافقية الكلية في الجهد

من الشكل نلاحظ أن التوافقية الكلية للجهد ضمن الحدود القياسية وفق الجدول رقم 2



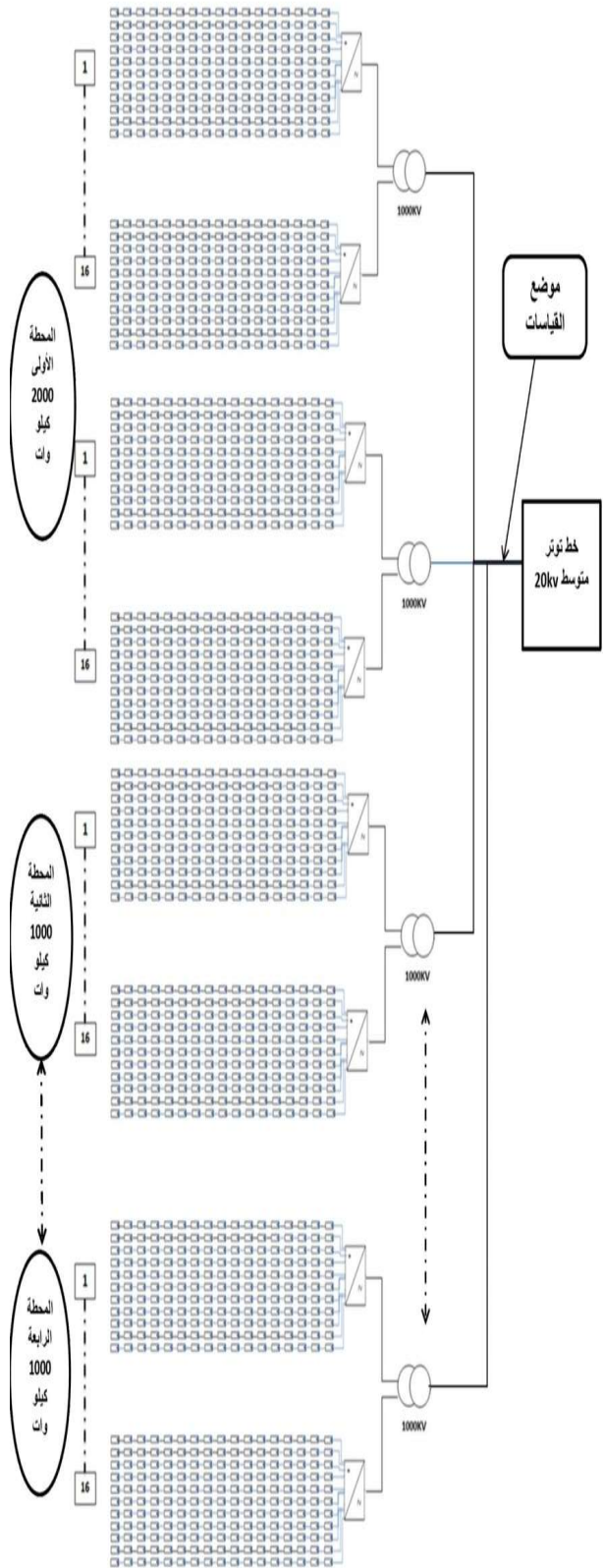
الشكل 4: التغير في الجهد مع الزمن

من الشكل نلاحظ أن التغير في الجهد مع الزمن ضمن الحدود القياسية

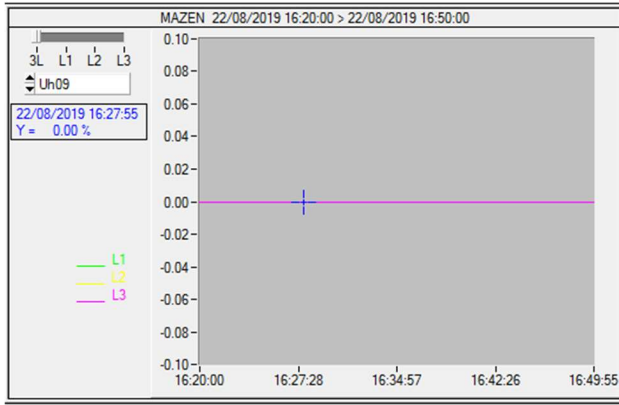


الشكل 5: التغير في التردد مع الزمن

من الشكل نلاحظ أن التغير في التردد مع الزمن لا ينخفض عن 49 Hz ولا يتجاوز قيمة 49.93 Hz

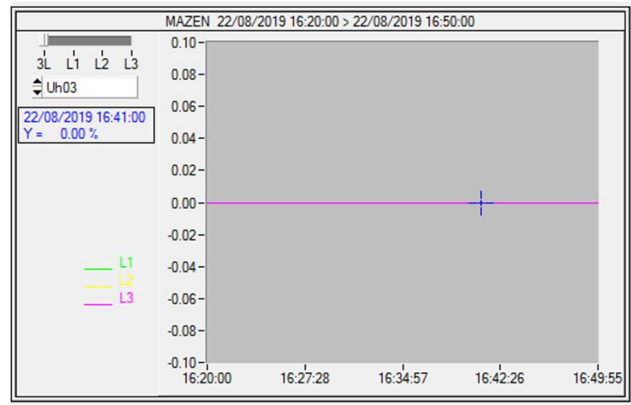


الشكل 2: مخطط المحطة وموضع القياسات



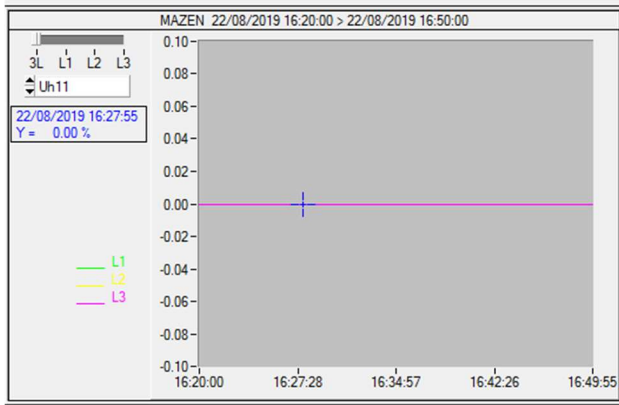
الشكل 9: التوافقية التاسعة في الجهد

من الشكل نلاحظ أن التوافقية التاسعة في الجهد ضمن الحدود القياسية وفق الجدول رقم 2



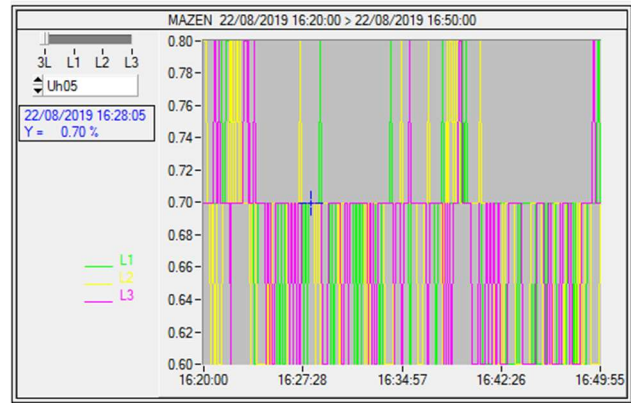
الشكل 6: التوافقية الثالثة في الجهد

من الشكل نلاحظ أن التوافقية الثالثة في الجهد ضمن الحدود القياسية وفق الجدول رقم 2



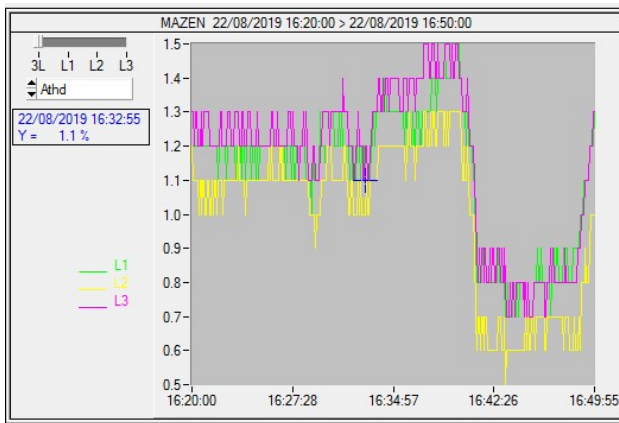
الشكل 10: التوافقية الحادية عشرة في الجهد

من الشكل نلاحظ أن التوافقية الحادية عشرة في الجهد ضمن الحدود القياسية وفق الجدول رقم 2



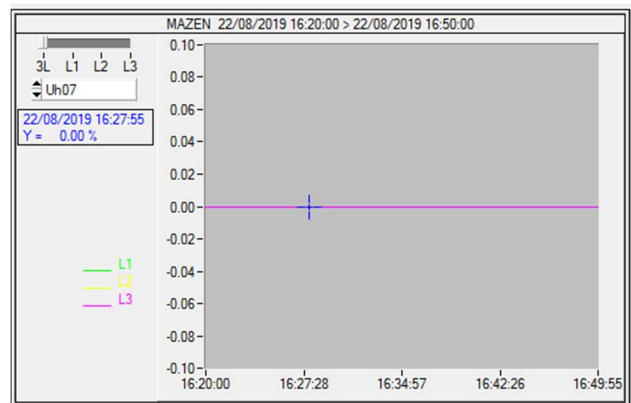
الشكل 7: التوافقية الخامسة في الجهد

من الشكل نلاحظ أن التوافقية الخامسة في الجهد ضمن الحدود القياسية وفق الجدول رقم 2



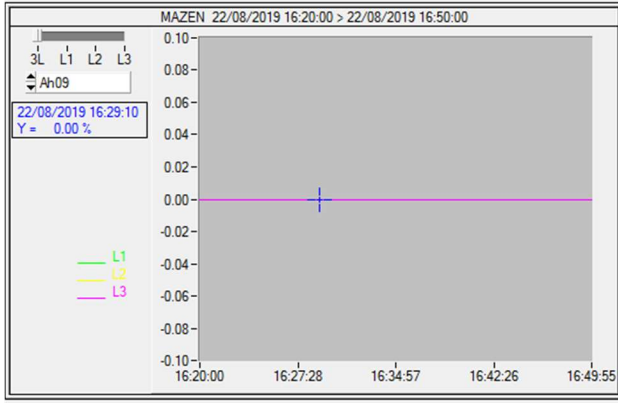
الشكل 11: التوافقية الكلية في التيار

من الشكل نلاحظ أن التوافقية الكلية في التيار ضمن الحدود القياسية وفق الجدول رقم 2



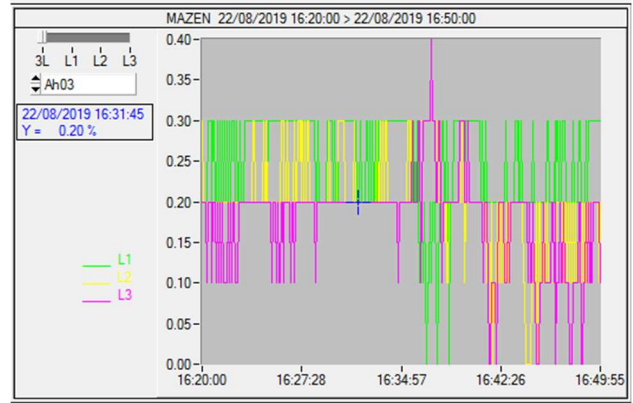
الشكل 8: التوافقية السابعة في الجهد

من الشكل نلاحظ أن التوافقية السابعة في الجهد ضمن الحدود القياسية وفق الجدول رقم 2



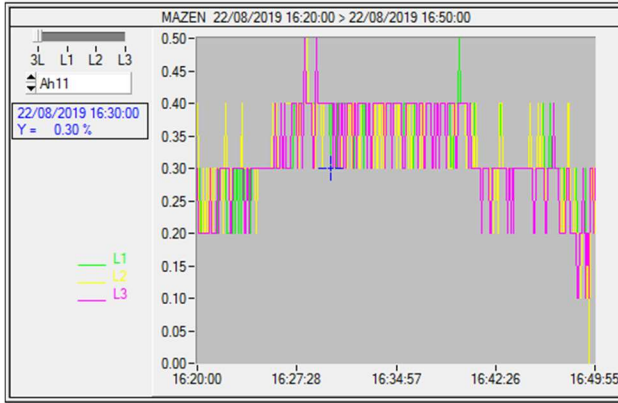
الشكل 15: التوافقية التاسعة في التيار

من الشكل نلاحظ أن التوافقية التاسعة في التيار ضمن الحدود القياسية وفق الجدول رقم 2



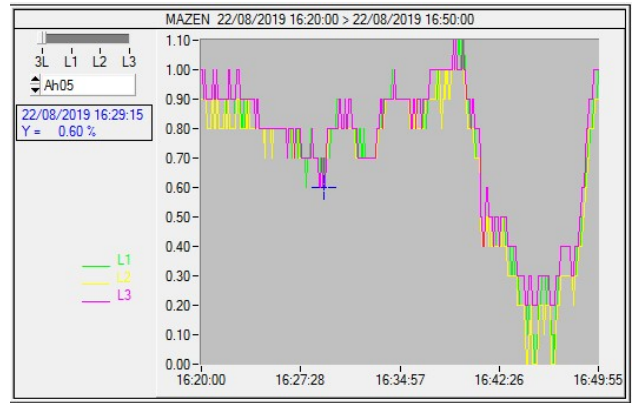
الشكل 12: التوافقية الثالثة في التيار

من الشكل نلاحظ أن التوافقية الثالثة في التيار ضمن الحدود القياسية وفق الجدول رقم 2



الشكل 16: التوافقية الحادية عشرة في التيار

من الشكل نلاحظ أن التوافقية الحادية عشرة في التيار ضمن الحدود القياسية وفق الجدول رقم 2



الشكل 13: التوافقية الخامسة في التيار

من الشكل نلاحظ أن التوافقية الخامسة في التيار ضمن الحدود القياسية وفق الجدول رقم 2

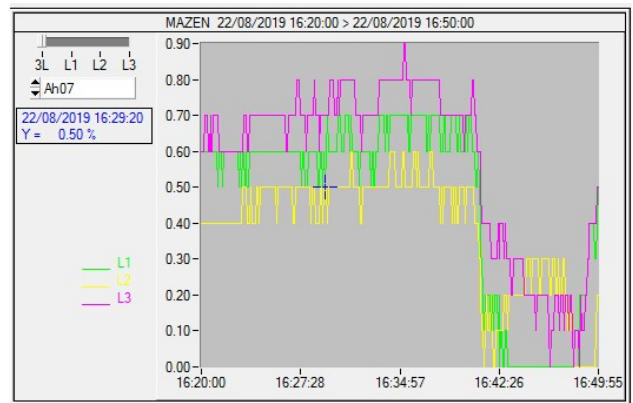
5. الاستنتاجات والتوصيات

5.1 الاستنتاجات

توصلنا إلى دراسة تأثير ربط محطة كهروضوئية باستطاعة 5 ميغاوات على الشبكة العامة، وجدنا ان التوافقيات الكلية لموجة الجهد والتيار والتوافقيات المنفصلة ضمن الحدود القياسية.

5.2 التوصيات

- استخدام انفرترات ذات موجة جيبية نقية (تحوي مرشحات) لمنع حدوث انهيار في الشبكة
- استخدام انفرترات ذات عامل استطاعة مرتفع حتى لا تؤدي إلى ضخ استطاعة ردية بقيمة كبيرة على الشبكة .
-



الشكل 14: التوافقية السابعة في التيار

من الشكل نلاحظ أن التوافقية السابعة في التيار ضمن الحدود القياسية وفق الجدول رقم 2

- [7] Villalva, M.G., Gazoli, J.R., and Filho, E.R., "Comprehensive Approach to Modeling and Simulation of Photovoltaic Array," IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 24, no. 5, pp. 1198-1208
- [8] Y. Lo, J. Lin, T. Wu, "Grid-Connection Technique for a Photovoltaic System with Power Factor Correction Conference Drives Systems. Volume 1, Pg. 522-525. Jan. 2016
- [1] <http://nerc.gov.sy/> كود الطاقة الشمسية ، د. يونس علي الموقع الرسمي للمركز الوطني لبحوث الطاقة
- [2] Bartha, S, D.I. Teodoreanu, I. Farkas, M. Farkas, I. Iseres and C.C. Negreanu, "Solar photovoltaic applications", Editura Electra, Bucuresti, 2006, pp. 30-60.
- [3] Mohamed Zhao, Z., "Grid connected photovoltaic power system technical and potential problems – a review. Renewable and Sustainable Energy", 112–129, 2010,
- [4] R., Ventere J. "Photovoltaic system Engineering" CRC Press 2010. Pp 280-290.
- [5] Shen-hui, and Zuqi Zhen, solar photovoltaic technology, Wu-Nan Books, Republic of China, February 2014
- [6] T. Penick, B. Louk, "Photovoltaic Power Generation," TEI Controls , 2007.

المصادر

Study the electrical parameters of a photovoltaic station to produce electrical energy

lamaYounes jdeed^{*1}, seba farha²

¹ The General Electricity Company of Tartous Governorate, Tartous, Syria, lama.jdeed@gmail.com

² Faculty Of Technology Engineering , Tartous, Tartous, Syria seba_frh62@gmail.com

*Corresponding author: lamaYounesjdeed and email: lama.jdeed@gmail.com *muhamadmayyous@gmail.com

Published online: 30 September 2022

Abstract— This paper presents a study of the effect of connecting a 5 MW photovoltaic station on the public network in the countryside of Tartous, as the measurement and analysis of electrical variables gives us a clear idea of the efficiency of the connection with the public network and these variables are (voltage (V) - current (A) - effective capacity (KW). - KVAR - Power Factor (PF) - Total harmonics in voltage% - Total harmonics in current% - Separate harmonics in both current and voltage waves% using a Power Analyzer (Energy measuring and analyzing device) on the general grid line from 20kv hand. The researchers found that the voltage, current and discrete harmonics are within the standard limits stipulated by the Electricity Distribution Code 2016, which determines the quality of energy produced from photovoltaic projects and systems, and the maximum values of harmonics resulting from the photovoltaic project or system according to IEEE 519-1992, Harmonic Limits, by graphing curves shown by Power Analyzer Energy).

Keywords— solar panels - analysis of electrical variables - harmonics