المجلة الدولية للهندسة وتقنية المعلومات
journal homepage:www.ijeit.misuratau.edu.ly

نمذجة و محاكاة شبكة التوزيع في مجمع الحديد والصلب بمصراتة باستخدام برنامج النيبلان

د.الصديق امحمد الزواوي
قسم الهندسة الكهربائية والالكترونية
كلية الهندسة- جامعة مصراته
Assdig_z@yahoo.com

م.محمد رمضان العود
قسم الهندسة الكهروميكانية
كلية التقنية الصناعية- مصراته
Mohammedraloud@gmail.com

د.مصطفى علي الشريف
قسم الهندسة الكهربائية والالكترونية
كلية الهندسة- جامعة مصراته
m.a.m.elsherif@gmail.com

الملخص— **يعتبر مجمع الحديد والصلب من أهم الشركات الوطنية على المستوى المحلي والاقليمي في مجال التعدين، ويحتوي على العديد من المصانع التي تقوم بإنتاج الحديد بأشكال مختلفة، ويضم أيضا العديد من المصانع والوحدات المساعدة لأنتاج الحديد. ونظرا لأن المجمع يحتوي على الكثير من الأحمال الغير خطية والأحمال ذات الطابع الحثي، وهذه الأحمال تستهلك قدرات ضخمة، فكان من المهم دراسة واختبار شبكة التوزيع المسؤولة عن تغذيه كل هذه الأحمال وتقييم أدائها من حيث هبوط الجهد والقدرات والمفاقيد ومعامل القدرة. عليه، فقد تم في هذه الورقة نمذجة ومحاكاة شبكة التوزيع الداخلية للمجمع بكل أجزائها باستخدام برنامج النيبلان (Neaplan)، حيث تمت دراسة معاملات الشبكة عن طريق محاكاة نموذج الشبكة بإجراء حسابات سريان القدرة للشبكة، وذلك بأحمال حقيقية خلال سنة 2021، وقد وجدت الدراسة أن اداء الشبكة يعتبر مرضي الى حد ما، و لكن هناك بعض القضبان تعاني من هبوط معامل القدرة، حيث يجب أن يتم الانتباه له وتصحيحه، وأخذه في الاعتبار عند التخطيط لأي أحمال مستقبلية، أو عند التوسع في إنشاء مصانع أو وحدات إضافية في المجمع.**

الكلمات المفتاحية— **نمذجة و محاكاة، هبوط الجهد، معامل القدرة، مفاقيد القدرة.**

1. المقدمة

تشكل مشكلة تدفق القدرة نموذجا للعلاقة غير الخطية بين حقن القدرة في القضبان، ومتطلبات القدرة، وجهود القضبان وزواياها، مع توفر ثوابت الشبكة، ومعاملات الدوائر[1]. يؤدي زيادة الطلب على القدرة إلى زيادة مشاكل هبوط الجهد في شبكات توزيع القدرة الكهربائية [2]. حيث أصبح التحكم في القدرة غير الفعالة مهما جدا في تشغيل نظام القدرة؛ بسبب حدوث مشاكل انهيار الجهد الناتج عن عدم كفاية احتياطي القدرة غير الفعالة بالشبكة [3]. بناءعليه يتم إجراء تحليل سريان القدرة للحصول على جميع معاملات النظام الكهربائي مثل: مقدار الجهد، زاوية الطور، معامل القدرة، القدرة الفعالة، القدرة غير الفعالة، وغيرها، وهذه المعاملات مفيدة في التنبؤ بمقدار القدرة التي يتم استهلاكها في نظام التوزيع، وأيضا مقدار القدرة المفقودة، و مقدار التيارات في الخطوط [4].

إن مجمع الحديد والصلب بليبيا يمتلك عددا كبيرا من الأحمال الكهربائية المختلفة: وهي عبارة عن الأفران الكهربائية، خطوط الدرفلة المختلفة، مصانع الاختزال و الجلفنة وغيرها من الأحمال في بقية الوحدات المساعدة والتي لها قدرات عالية، واستهلاك كبير للقدرة، حيث تصل القدرة الكلية لأحمال المجمع إلى حوالي (325MW) [5]. هذه الأحمال الضخمة لها طبيعة عمل خاصة من حيث التشغيل، والفصل؛ مما يسبب الأثر الكبير على شبكة التوزيع الكهربائية داخل المجمع من حيث تغير الجهد، وانخفاض معامل القدرة، وتغير مقدار القدرة الفعالة، وغير الفعالة المتدفقة في شبكة التوزيع الكهربائية، خاصة عند وجود بعض القصور في محطات التعويض بالمجمع. وللتغلب على مشاكل هبوط الجهد، ومعامل القدرة في شبكة التوزيع ؛ فإن المجمع يقوم باستخدام مغير الخطوة بمحولات القدرة، ومحطات التعويض.

استلمت الورقة بالكامل في 17 يونيو 2023 وروجعت في 14 يوليو 2023
وقبلت للنشر في 15 سبتمبر 2023

ونشرت ومتاحة على الشبكة العنكبوتية في 30 سبتمبر 2023.

في هذه الورقة تمت دراسة هبوط الجهد ومعامل القدرة والمفاقيد لشبكة التوزيع الكهربائية بمجمع الحديد والصلب باستخدام برنامج النيبلان (NEPLAN)، و يجدر الاشارة الى ان النسخة المستخدمة من هذا البرنامج في هذا البحث هي نفس النسخة المستخدمة من قبل الشركة العامة للكهرباء. حيث تم بناء و نمذجة شبكة التوزيع الداخلية للمجمع بهذا البرنامج، وإدخال البيانات الحقيقية المتحصل عليها من المجمع، ومحاكاة هذه الشبكة في أشهر مختلفة من سنة 2021، حيث تم الحصول على العديد من النتائج لتقييم أدائها و لتحديد التحديات التي تواجهها الشبكة، و ذلك للتغلب عليها و تصحيح تشغيل الشبكة، و زيادة موثوقية الشبكة فيما إذا تم التخطيط لزيادة الأحمال في المستقبل لتصنيع منتجات جديدة، او لتغطية احتياجات السوق المحلي و العالمي المتزايد على الصلب و منتجاته.

2. نمذجة شبكة توزيع القدرة الكهربائية لمجمع الحديد والصلب بمصراتة

إن شبكة التوزيع القدرة الكهربائية هي المسؤولة عن توزيع القدرة الكهربائية المولدة من محطات القدرة الكهربائية إلى المستهلكين، ويجب أن تحافظ هذه الشبكة على مستوى جهود قضبانها عند مستوى معين (±5%)، وتضمن استقرار معامل القدرة عند قيمة لا تقل على (0.8 متأخر) تحت ظروف التشغيل المختلفة. ومحطات التعويض تلعب دورا أساسيا ومهما في الحفاظ على الجهد من الهبوط، وتقوم ايضا بإيجاد احتياطي مناسب من القدرة الغير فعالة للتعامل مع اي انخفاض لمعامل القدرة، وللتقليل من تيارات الخطوط وبالتالي من المفاقيد في الشبكة [6]. حيث ترتبط مفاقيد القدرة ارتباطا وثيقا مع هبوط الجهد على قبضان التوصيل، وعليه فإن أداء الشبكة وكفاءتها تعتمد بشكل كبير على مراقبة الجهد ومعامل القدرة في الشبكة والسعي الدائم لتصحيح وتعويض أي هبوط في أي منهما [7].

يعتبر بناء شبكة التوزيع لمجمع الحديد والصلب باستخدام برنامج النيبلان أحد أهم أهداف هذه الورقة، لأنه لم يسبق أن تم نمذجة هذه الشبكة الكبيرة بأحمالها الضخمة بواسطة برنامج للمحاكاة، حتى من قبل موظفي المجمع، رغم العدد الكبير من الأبحاث التي أجريت على مجمع الحديد والصلب في عدة مجالات. فنمذجة الشبكة بواسطة برنامج محاكاة يسهل عملية إجراء العديد من الحسابات وأهمها عملية حسابات سريان القدرة للشبكة كما سيتم في هذا البحث، واستخدام ذلك في دراسة تأثير ظروف التشغيل المختلفة وتغير الأحمال على معاملات الشبكة من جهود وقدرات ومعامل قدرة وغيرها. تم بناء شبكة التوزيع الداخلي للمجمع عن طريق اتباع الخرائط الكهربائية للشبكة.

وجميع البيانات المدخلة في أجزاء شبكة التوزيع من كوابل، محولات، محطات تعويض، جهود، وأحمال تم الحصول عليها من مجمع الحديد والصلب، حيث تم جمع هذا العدد الضخم من البيانات عن كل جزء من الشبكة من ارشيف المجمع ومن خلال الزيارات الميدانية للمجمع. تتكون شبكة التوزيع كما هي موضحة في الشكل (1) من محطة رئيسية (220/30KV) تعرف بالمحطة الرئيسية لاستقبال وتوزيع القدرة (MAIN RECEIVING STEPDOWN SUBSTATION)

(MRSS)، وهي المحطة التي تتغذى من القضيب الرئيسي الموجود في محطة التوليد بالمجمع (PDP)، والذي يتصل بوحدات التوليد من جهة والشبكة العامة من جهة اخرى. يتم في محطة (MRSS) خفض الجهد إلى (30kV) عن طريق 6 محولات قدرة رئيسية سعة كل محول (100MVA)؛ ما عدا المحول رقم 6 فإن سعته (130MVA).
ونظرا لاختلاف طبيعة الأحمال عن بعضها فقد تم تقسيم قضبان التغذية (30MVA) إلى قسمين بحيث لا يمكن ربط القضيبين مع بعضهما: القسم الأول يسمى بالمغذي غير النقي (Dirty Bus Bar)؛ وذلك لوجود توافقيات عالية تنتج من الأحمال المتصلة به. هذا القضيب يغذي أفران القوس الكهربائي (Arc Furnaces) (مصنعي الصلب 1 و2) والبالغ عددها 6 أفران، سعة كل فرن تتراوح من (45MVA إلى 54MVA)، وكذلك يغذي محطة التعويض الرئيسية الخاصة بالأفران.
القسم الثاني يسمى بالمغذي النقي (Clean Bus Bar)، وهو مخصص لتغذية الأحمال الاعتيادية، وهي بقية أحمال المصانع الاخرى كمصنعي الدرفلة على الساخن والبارد، وغيرها من أحمال الوحدات المساعدة، هذه الأحمال تتغذى عن طريق أربع محطات فرعية (LOAD BLOCK SUBSTATION) (LBSS) وهي على النحو التالي[5]:

ا. المحطة الفرعية رقم 1 (LBSS 1)

تتغذى المحطة الفرعية رقم 1 من المحطة الرئيسية (MRSS) بعدد 2 مغذيات بجهد (30kV)، ويتم خفض الجهد بالمحطة إلى (10kV) عن طريق عدد 3 محولات قدرة كهربائية سعة (31.5MVA) لكل محول، وتقوم بتغذية: مصنع الاختزال المباشر، المختبر المركزي، المكاتب الهندسية، محطة معالجة مياه المجاري، السير الناقل للمواد الخام من الميناء [5].

ب. المحطة الفرعية رقم 2 (LBSS 2)

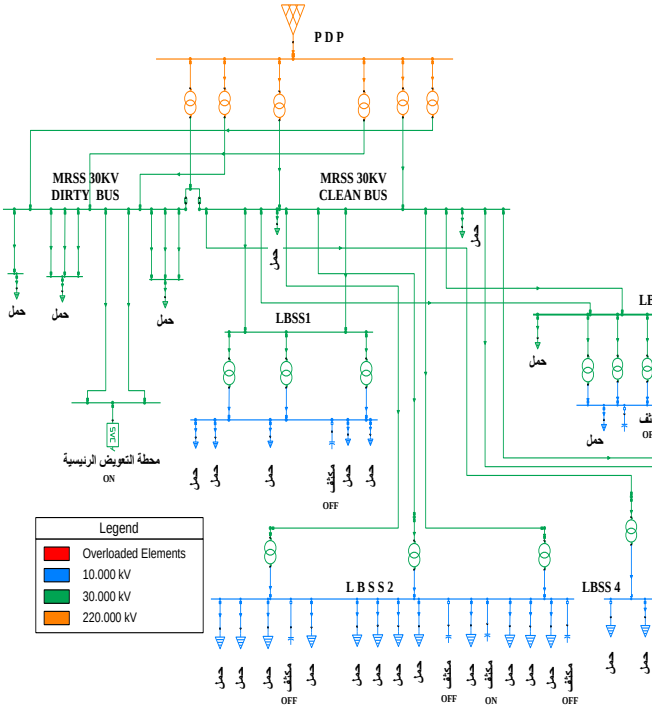
تتغذي المحطة الفرعية رقم 2 من المحطة الرئيسية (MRSS) بعدد 3 مغذيات بجهد (30kV)، ويتم خفض الجهد بالمحطة إلى (10kV) عن طريق عدد 3 محولات قدرة كهربائية سعة كل محول (31.5MVA)، وتقوم بتغذية: الوحدات المساعدة لمصنع الصلب رقم1، والوحدات المساعدة لمصنع الصلب رقم 2، مصنع درفلة القضبان والأسياخ، مصنع درفلة القطاعات الخفيفة والمتوسطة، مصنع الأكسجين والهواء المضغوط، الورشة المركزية، مركز التدريب، محطة تصريف مياه الأمطار، المخيمات السكنية، محطة كهرباء التشييد، المطعم الرئيسي، مشروع الخط المزدوج [5].

ج. المحطة الفرعية رقم 3 (LBSS 3)

تتغذي المحطة الفرعية رقم 3 من المحطة الرئيسية (MRSS) بعدد 2 مغذيات بجهد (30kV)، ويتم تغذية بعض خطوط الإنتاج بجهد (30kV) مباشرة مثل: قوائم الدرفلة الخشنة، وقوائم الدرفلة النهائية عن طريق قضيب التوزيع، كما تم ربط معدات التعويض على نفس القضيب، ويتم خفض الجهد إلى (10kV) بواسطة عدد 3 محولات سعة كل محول (31.5MVA)، والتي تقوم بتغذية باقي المعدات بمصنع الدرفلة على الساخن، وكذلك مصنع الدرفلة على البارد [5].

د. المحطة الفرعية رقم 4 (LBSS 4)

تتغذي المحطة الفرعية رقم 4 من المحطة الرئيسية (MRSS) بعدد 3 مغذيات بجهد (30kV)، ويتم خفض الجهد بالمحطة إلى (10kV) عن طريق عدد 3 محولات قدرة كهربائية سعة كل محول (31.5MVA)، وتقوم بتغذية: مصنع الدرفلة الطولية الجديد، مصنع الأكسجين الجديد[5].

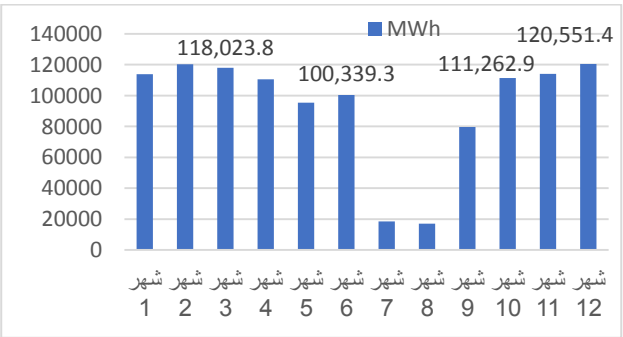


الشكل (1) شبكة التوزيع لمجمع الحديد والصلب بمصراتة

الجدير بالذكر أن برنامج النيبلان يطلب ادخال بيانات محددة لكل مكون من مكونات الشبكة، فمثلا المحولات، فانه يطلب مقننات القدرة و الجهود و نوع التوصيلة و معلومات مغير الخطوة. حيث تكون كل هذه المعلومات متوفرة في بيانات كل محول. اما بالنسبة للمصانع و الوحدات المساعدة فقد تم تمثيلها على شكل احمال عند الجهود (10kV). هكذا تم تمثيل و ادخال بيانات عناصر الشبكة في البرنامج كما في الشكل السابق.

3. الأحمال على شبكة التوزيع القدرة الكهربائية للمجمع لعام 2021م

إن الأحمال الكهربائية التي تتغذى من شبكة التوزيع ليست ثابتة المقدار بل تتغير على مدار اليوم، وخلال أشهر السنة، حيث تم ملاحظة أن مصانع مجمع الحديد والصلب ليس بينها تنسيق وثيق من حيث التشغيل والفصل، ولذلك فإن الأحمال تتغير باستمرار و بشكل كبير جدا، وتعتمد التغيرات في الأحمال على عدة عوامل منها: نوع، و عدد، و حجم المعدات والآلات الكهربائية المستخدمة، وكذلك عدد ساعات تشغيلها[6,2]. والشكل (2) يوضح أحمال المجمع الشهرية خلال سنة 2021م. حيث يمكن ملاحظة أن أعلى حمل كان في شهر ديسمبر، بينما أقل حمل كان في شهري يوليو وأغسطس، وذلك لخروج المجمع في صيانة سنوية. وبالنظر إجمالا في كل الشهور، يمكن مشاهدة ان الاشهر التي ترتفع فيها حرارة الجو ابتداء من شهر مايو إلى شهر سبتمبر كانت الاقل تحميلا من باقي الاشهر، بينما أشهر الشتاء التي يكون فيها الجو باردا كانت الاكثر تحميلا وإنتاجية في المجمع.

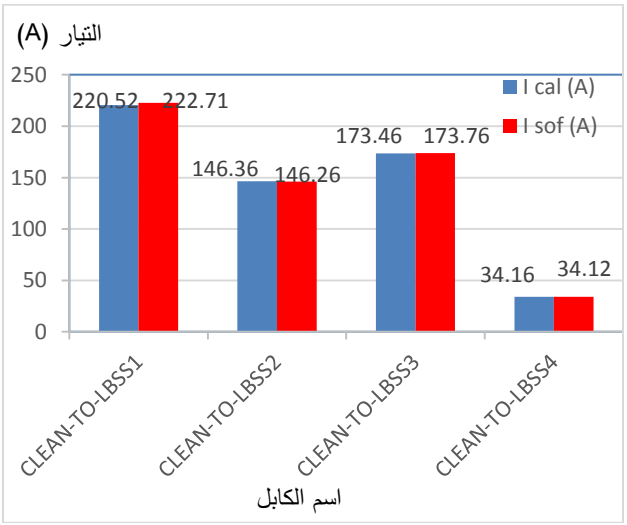


الشكل (2) أحمال المجمع خلال عام 2021 م

4. محاكاة شبكة التوزيع الكهربائية للمجمع

بعد أن تم بناء نموذج شبكة التوزيع لمجمع الحديد والصلب باستخدام برنامج النيبلان، وإدخال البيانات الحقيقية لأجزاء الشبكة، تمت محاكاة الشبكة عند عدة أشهر مختلفة من سنة 2021، حيث تمت دراسة التغيرات في مستوى الجهد، ومعامل القدرة، وحساب المفاقيد في عدد أربعة أشهر من هذه السنة، و قد تم اختيار شهر من كل فصل كما موضح في شكل (2)، وهي: مارس، يونيو، اكتوبر، ديسمبر، بحيث حصل أعلى تحميل للمصنع في هذه الشهور من كل فصل مناخي، ما عدا شهر أكتوبر فقد تم اختياره لأن شهر نوفمبر الذي حدث به أعلى استهلاك في فصل الخريف جاء بعده شهر ديسمبر الذي حدث فيه أعلى استهلاك بفصل الشتاء. تمت محاكاة الشبكة كما يحدث في ارض الواقع من حيث إيقاف الأجزاء المتوقفة في المجمع.

محطات التعويض والمكثفات الموجودة داخل المجمع كلها لا تعمل؛ ماعدا محطة التعويض الرئيسية الخاصة بالأفران المربوطة على القضيب (Dirty Bus Bar) فإنها تعمل، وكذلك المكثف الخاص بمصنع الصلب (2) المربوط على القضيب LBSS2 فإنه يعمل أيضا. وتشغيل مغير الخطوة في محولات القدرة. وبعد إدخال البيانات وإجراء المحاكاة، تم التحقق من صحة نتائج محاكاة الشبكة ببرنامج النيبلان عن طريق مقارنة نتائج المحاكاة مع النتائج المتحصل عليها عن طريق اجراء الحسابات، الشكل (3) يوضح مثالا على هذه المقارنة. يشير اللون الأزرق الى نتائج حسابات التيارات المارة الى الاحمال من القضيب (clean bus)، بينما اللون الاحمر يشير الى نتائج المحاكاة، و من خلال هذه المقارنة يمكن ملاحظة ان النتائج متقاربة جدا، عليه فانه يمكن الحكم على نتائج المحاكاة انها صحيحة و موثوقة.



الشكل (3) يوضح مقارنة بين قيمة التيارات المحسوبة وقيمة التيارات المتحصل عليها من برنامج النيبلان

أ. تشغيل المجمع لشهر مارس-2021م

شهر مارس هو أول أشهر فصل الربيع، وقد حصل فيه أعلى مجموع أحمال في هذا الفصل مقارنة بشهري أبريل ومايو. بعد إدخال بيانات الأحمال لشهر مارس، تمت محاكاة الشبكة والحصول على العديد من النتائج كما في الجداول التالية، الجدول (1) يوضح جهود القضبان (30KV) لشبكة التوزيع، حيث يمكن ملاحظة أن جهود جميع القضبان كانت ضمن الحدود المسموح بها (±5%)، بينما الجهد على القضيب (VAR LBSS 3 (30)) يساوي صفر؛ لأن القضيب و محطة التعويض المتصلة بهذا القضيب غير متصلان بالشبكة. وكذلك يمكن ملاحظة أن معامل القدرة على هذا القضيب كان سيئا جدا، بقيمة 0.69 متأخر؛ وذلك بسببين أولهما وجود الأحمال الحثية الكبيرة المتصلة به، وهي مصنع الدرفلة على الساخن، ومصنع الدرفلة على البارد، والسبب الثاني لأن محطة التعويض لا تعمل (غير متصلة بالشبكة لاسباب فنية). وجدير بالذكر أن القضيبين ((VAR DIRTY (30)) و (VAR LBSS 3 (30)) خاصين بمحطتي تعويض؛ ولهذا لا يوجد لهما معامل قدرة.

الجدول (1) جهود قضبان (30KV) لشهر مارس

اسم القضيب	جهد القضيب (KV)	النسبة المئوية للجهد (%)	معامل القدرة (P.F)
MRSS CLEAN (30)	30.083	100.28	0.85
MRSS DIRTY (30)	29.999	100	0.93
SMS 1(30)	29.983	99.94	0.84
SMS 2 (30)	29.995	99.98	0.84
LADLE FURNACE (30)	29.993	99.98	0.83
VAR DIRTY (30)	30	100	-
LBSS1 (30)	30.034	100.11	0.96
LBSS3 (30)	30.059	100.2	0.69
VAR LBSS 3 (30)	0	0	-

الجدول (2) يعرض جهود القضبان (10KV) لشبكة التوزيع، ويمكن ملاحظة عدم وجود هبوط في الجهد مجاوز للحد المسموح به، وسبب عدم وجود هبوط في الجهد على القضبان هو أن مغير الخطوة في محولات القدرة يعمل على تثبيت الجهد عند المستوى المطلوب، ومغير الخطوة يعالج مشكلة هبوط الجهد على القضبان، ولكن لا يعالج مشكلة انخفاض معامل القدرة، كما هو واضح من الجدول وجود انخفاض كبير في معامل القدرة على ((LBSS3 (10)).

الجدول (2) جهود القضبان (10KV) لشهر مارس

اسم القضيب	جهد القضيب (KV)	النسبة المئوية للجهد (%)	معامل القدرة (P.F)
LBSS1 (10)	10.026	100.26	0.96
LBSS2 (10)	10.09	100.9	0.80
LBSS3 (10)	10.001	100.01	0.69
LBSS4 (10)	9.989	99.89	0.88

الجدول (3) يوضح ملخص نتائج شبكة التوزيع، حيث يمكن مشاهدة ارتفاع مجموع أحمال القدرة غير الفعالة. ولكن بسبب إنتاج القدرة غير الفعالة من محطة التعويض الرئيسية، حوالي 60% من مجموع أحمال القدرة غير الفعالة، أدى ذلك إلى تقليل القدرة الغير الفعالة الداخلة من الشبكة، وبالتالي فقد تحسن معامل القدرة الكلي للشبكة.

الجدول (3) ملخص نتائج شبكة التوزيع لشهر مارس

الملخص	MW	MVAR
إجمالي القدرة الداخلة	144.778	36.567
القدرة الداخلة من محطات التعويض	-	56.712
مجموع أحمال شبكة التوزيع	144.476	92.002
الفقد في محولات 220/30kV	0.139	5.665
الفقد في محولات 30/10kV	0.113	1.382
الفقد في خطوط النقل	0.05	-5.771
مجموع الفواقد	0.302	1.277
معامل القدرة للشبكة (P.F)	0.969 متأخر	

ولأن خطوط التغذية بالمجمع هي عبارة عن كوابل أرضية، فإن متسعة هذه الكوابل ساهمت أيضا في إنتاج قدرة غير فعالة (5.771MVAR) (ولهذا كانت قيمتها سالبة في الجدول) وضخها بالشبكة.

ب. تشغيل المجمع لشهر يونيو-2021م

يعتبر شهر يونيو هو أول أشهر فصل الصيف، وبالتالي فإنه من المهم معرفة ما إذا كان هناك تغيرات في سلوك الشبكة في هذا الفصل. في هذا

الجزء من المحاكاة، تم إدخال بيانات الاحمال الخاصة بشهر يونيو وإجراء المحاكاة، حيث كانت النتائج كما يلي، من الجدول (4) يمكن ملاحظة أن كل جهود قضبان (30KV) كانت ضمن الحدود المسموح بها كما هو متوقع، لأن مغير الخطوة في محولات القدرة كان يعمل على حسب ما هو معمول به في المجمع حيث ساهم ذلك في الحفاظ على جهود جميع القضبان عند مستويات جيدة. بالمقارنة مع شهر مارس، فإن معامل القدرة للقضيب ((30) LBSS3) انخفض حتى وصل الى (0.68 متأخر).

الجدول (4) جهود القضبان (30KV) لشهر يونيو

اسم القضيب	جهد القضيب (KV)	النسبة المئوية للجهد (%)	معامل القدرة (P.F)
MRSS CLEAN (30)	30.126	100.42	0.83
MRSS DIRTY (30)	30	100	0.94
SMS 1(30)	29.987	99.96	0.84
SMS 2 (30)	29.996	99.99	0.84
LADLE FURNACE (30)	29.994	99.98	0.82
VAR DIRTY (30)	30	100	-
LBSS1 (30)	30.093	100.31	0.94
LBSS3 (30)	30.109	100.36	0.68
VAR LBSS 3 (30)	0	0	-

بالنسبة لجهود (10KV)، فإن جميع الجهود كانت جيدة كما هي موضحة في الجدول (5)، بينما يمكن ملاحظة أن معامل القدرة قد انخفض عن شهر (3) بالنسبة للقضيب ((10) LBSS2). وذلك نتيجة لزيادة التحميل على هذا القضيب في شهر يونيو أكثر من شهر مارس عند النظر في كمية القدرة المستهلكة من الاحمال الموصلة على هذا القضيب.

الجدول (5) جهود القضبان (10KV) لشهر يونيو

اسم القضيب	جهد القضيب (KV)	النسبة المئوية للجهد (%)	معامل القدرة (P.F)
LBSS1 (10)	10.077	100.77	0.95
LBSS2 (10)	10.05	100.5	0.78
LBSS3 (10)	10.019	100.19	0.68
LBSS4 (10)	10.011	100.11	0.86

بالإضافة إلى النتائج السابقة، فإن الجدول (6) يعرض ملخص النتائج لشهر يونيو، حيث كان مجموع أحمال هذا الشهر أقل منه في شهر مارس بحوالي (19.419 MW) و (8.691 MVAR). هذا أدي إلى انخفاض بسيط في المفاقيد في الشبكة. من جهة أخرى، فإن القدرة غير الفعالة المنتجة من محطات التعويض كانت تعادل حوالي 60 % من إجمالي أحمال المجمع غير الفعالة، وهذا ساهم بشكل كبير في المحافظة على معامل القدرة لشبكة المجمع من الهبوط، حيث أن هذه المحطات تنتج الجزء الاكبر من القدرة غير الفعالة المطلوبة للأحمال، بينما الجزء الأقل يتم سحبه من الشبكة العامة، وبالتالي فإن الشبكة العامة لا تواجه مشاكل انخفاض معامل القدرة مع مجمع الحديد والصلب.

الجدول (6) ملخص نتائج شبكة التوزيع لشهر يونيو

الملخص	MW	MVAR
إجمالي القدرة الداخلة	125.304	34.017
القدرة الداخلة من محطات التعويض	-	49.123
مجموع أحمال شبكة التوزيع	125.057	83.311
الفقد في محولات 220/30kV	0.106	4.343
الفقد في محولات 30/10kV	0.108	1.321
الفقد في خطوط النقل	0.033	-5.835
مجموع الفواقد	0.247	-0.171
معامل القدرة للشبكة (P.F)	0.965 متأخر	

ج. تشغيل المجمع لشهر أكتوبر-2021م

شهر أكتوبر هو الشهر الاوسط من بين شهور فصل الخريف، حيث يتوقع في هذا الفصل ان تكون درجات الحرارة مائلة إلى الاعتدال، حيث بلغ إجمالي أحمال المجمع في هذا الشهر حوالي (111262.9 MWh). بإدخال بيانات أحمال المصانع والوحدات المساعدة بنموذج شبكة التوزيع ببرنامج النيبلان تم الحصول على الجداول التالية. يمكن الملاحظة من الجدول (7) أن جميع جهود قضبان (30kV) ضمن الحدود المطلوبة. ويمكن الملاحظة أيضا أن معامل القدرة على القضيب ((30) LBSS3) قد انخفض جدا، وهذا قد يكون بسبب التشغيل الزائد للأحمال الحثية الضخمة على هذا القضيب ولفترات طويلة، ولعدم اشتغال محطة التعويض التي من المفترض ان تعمل على تحسين معامل القدرة على هذا القضيب.

الجدول (8) يعرض جهود القضبان (10KV)، حيث كانت جميع الجهود ممتازة. بينما معامل القدرة على القضيبين ((10) LBSS2) و ((10) LBSS3) لم يتحسن كما في الاشهر السابقة.

على الرغم من أن معامل القدرة كان سيئا على بعض قضبان (10KV)، فإن معامل القدرة الكلي للشبكة كان جيدا كما هو واضح من الجدول (9) الذي يعرض ملخص النتائج لشهر اكتوبر، حيث ساهمت محطتي التعويض العاملتين في المجمع بحوالي (60 %) من إجمالي القدرة غير الفعالة المطلوبة للمجمع. هذا ساهم في الحفاظ على معامل القدرة عند المستوى المطلوب وساهم ايضا في التقليل من المفاقيد، لأنه إذا تم سحب هذه القيمة من القدرة غير الفعالة (54.386 MVAR) من الشبكة العامة فإن التيارات المارة في الكوابل ستزداد وبالتالي فان المفاقيد ستزداد تبعا لذلك، و سيكون معامل القدرة للمجمع سيئ.

الجدول (7) جهود القضبان (30kV) لشهر أكتوبر

اسم القضيب	جهد القضيب (KV)	النسبة المئوية للجهد (%)	معامل القدرة (P.F)
MRSS CLEAN (30)	30.078	100.26	0.82
MRSS DIRTY (30)	29.999	100	0.95
SMS 1(30)	29.986	99.95	0.84
SMS 2 (30)	29.994	99.98	0.84
LADLE FURNACE (30)	29.99	99.97	0.81
VAR DIRTY (30)	30	100	-
LBSS1 (30)	30.012	100.04	0.90
LBSS3 (30)	30.071	100.24	0.63
VAR LBSS 3 (30)	0	0	-

الجدول (8) جهود القضبان (10KV) لشهر أكتوبر

اسم القضيب	جهد القضيب (KV)	النسبة المئوية للجهد (%)	معامل القدرة (P.F)
LBSS1 (10)	9.964	99.64	0.90
LBSS2 (10)	10.011	100.11	0.77
LBSS3 (10)	10.012	100.12	0.63
LBSS4 (10)	9.988	99.88	0.87

الجدول (9) ملخص نتائج شبكة التوزيع لشهر اكتوبر

الملخص	MW	MVAR
إجمالي القدرة الداخلة	135.883	36.75
القدرة الداخلة من محطات التعويض	-	54.386
مجموع أحمال شبكة التوزيع	135.555	89.882
الفقد في محولات 220/30kV	0.159	5.096
الفقد في محولات 30/10kV	0.125	1.94
الفقد في خطوط النقل	0.044	-5.782
مجموع الفواقد	0.328	1.254
معامل القدرة للشبكة (P.F)	0.965 متأخر	

الجدول (12) ملخص نتائج شبكة التوزيع لشهر ديسمبر

الملخص	MW	MVAR
إجمالي القدرة الداخلة	147.268	41.023
القدرة الداخلة من محطات التعويض	-	58.023
مجموع أحمال شبكة التوزيع	146.936	97.084
الفقد في محولات 220/30kV	0.148	6.04
الفقد في محولات 30/10kV	0.139	1.699
الفقد في خطوط النقل	0.045	-5.776
مجموع الفواقد	0.332	1.962
معامل القدرة للشبكة (P.F)	0.963 متأخر	

د. تشغيل المجمع لشهر ديسمبر-2021م

شهر ديسمبر هو أول أشهر فصل الشتاء، وأخر شهر في سنة 2021، حيث حصل فيه أعلى تحميل لشبكة التوزيع بالمجمع من بين أشهر سنة 2021. والجدولين (10) و (11) يعرضان نتائج جهود قضبان (30KV) و (10KV) على التوالي، حيث كانت كل القضبان محافظة على جهدها عند قيم مناسبة. بينما معامل القدرة عند القضيبين (LBSS3 (30)) و ((10) LBSS3) كان سيئا كما هو متوقع لما سبق ذكره.

في هذا الشهر اقترب إجمالي أحمال المجمع الفعالة من سقف (150 MW) وهو الاعلى خلال سنة 2021، عليه فإن باقي النتائج كانت الاعلى كذلك، فكمية القدرة غير الفعالة المنتجة من محطتي التعويض بالمجمع كانت الاعلى حيث وصلت الى حوالي (58 MVAR) كما هي موضحة بالجدول (12)، ويمكن ملاحظة أيضا أن أعلى فقد في القدرة الفعالة وغير الفعالة كان خلال هذا الشهر؛ بسبب سحب تيارات أعلى خلال هذا الشهر لتغذية الاحمال. بالرغم من ذلك فقد حافظت الشبكة على معامل قدرتها عند مستوى ممتاز.

الجدول (10) جهود القضبان (30KV) لشهر ديسمبر

اسم القضيب	جهد القضيب (KV)	النسبة المئوية للجهد (%)	معامل القدرة (P.F)
MRSS CLEAN (30)	30.002	100.01	0.83
MRSS DIRTY (30)	29.999	100	0.95
SMS 1(30)	29.986	99.95	0.84
SMS 2 (30)	29.993	99.98	0.84
LADLE FURNACE (30)	29.992	99.97	0.82
VAR DIRTY (30)	30	100	-
LBSS1 (30)	29.956	99.85	0.94
LBSS3 (30)	29.979	99.93	0.67
VAR LBSS 3 (30)	0	0	-

الجدول (11) جهود القضبان (10KV) لشهر ديسمبر

اسم القضيب	جهد القضيب (KV)	النسبة المئوية للجهد (%)	معامل القدرة (P.F)
LBSS1 (10)	10.002	100.02	0.95
LBSS2 (10)	9.993	99.93	0.78
LBSS3 (10)	9.981	99.81	0.67
LBSS4 (10)	9.964	99.64	0.88

5. المناقشة

من خلال النتائج السابقة لشبكة التوزيع في الشهور الاربعة كانت جميع جهود القضبان ضمن الحدود المسموح بها؛ وذلك لسببين الاول لأن مغير الخطوة في محولات القدرة كان يعمل بشكل جيد على الحفاظ على قيمة الجهد على القضبان عند المستوى المطلوب، ومن خلال النظر إلى عدد الخطوات المستخدمة في المحولات لتحافظ على الجهد، فقد كان عددها خطوتين كحد أقصي في بعض المحولات، وهذا يعني أن المحولات تقوم بعمل جيد لتحافظ على الجهد، و من جهة اخرى فقد وجد أن هبوط الجهد على القضبان كان بسيطا في حال عدم تشغيل مغير الخطوة بسبب ان هبوط الجهد في الكوابل كان قليلا، حيث كانت الكوابل المستخدمة ذات أقطار كبيرة وأطوال قصيرة، حيث ان المجمع يستخدام كابلين إلى ثلاث كوابل للتوصيل بين أي قضيبين، وبذلك فإن تيارات الاحمال تنقسم بين هذه الكوابل، وبالتالي فإن التيار المار في كل كابل يكون أقل، حيث وجد أن نسبة تحميل الكوابل لم تتجاوز 20% لكل الكوابل في كل الشهور. بالإضافة إلى ذلك، فإن كل هذه الكوابل تتصل بمحولات قدرة بجانب قضبان تغذية الاحمال خصوصا قضبان (10KV)، وبالتالي فإن كل ذلك ساهم في جعل هبوط الجهد يكون صغيرا على القضبان.

إن أسوأ معامل قدرة للقضبان كان خلال شهر أكتوبر على القضيب (30) LBSS3) و((10) LBSS3) بقيمة 0.63 متأخر، وسبب انخفاض معامل القدرة هو وجود الأحمال الحثية الضخمة على هذا القضيب والتي كانت تعمل لفترات طويلة، وهي مصنع الدرفلة على الساخن، ومصنع الدرفلة على البارد، وكذلك بسبب توقف محطة التعويض الخاصة بهذا القضيب عن العمل.

بالنسبة للقصيب ((10) LBSS2) فقد كان معامل القدرة له في شهر مارس عند 0.8، بينما في باقي الشهور فقد انخفض الي اقل من ذلك قليلا، و ذلك لان قيمة الاحمال المتصلة على هذا القضيب كانت اقل في شهر مارس منها في باقي الشهور وبالتالي أدى ذلك الى انخفاض طفيف في معامل القدرة عليه في شهور يونيو و اكتوبر و ديسمبر.

من جهة أخرى، لم يتم ملاحظة اي هبوط للجهد او انخفاض في معامل القدرة على القضيب ((30) MRSS DIRTY) على الرغم من اتصاله بأكبر و أسوأ الأحمال في المجمع (أفران الصلب)، و ذلك كان بسبب اتصال هذا القضيب بمحطة التعويض الرئيسية التي غطت احتياج الأفران من القدرة غير الفعالة، و بالتالي حافظت على الجهد و معامل القدرة من الانخفاض، حيث أن محطة التعويض الرئيسية تقوم بتوفير الجزء الاكبر من احتياجات المجمع من القدرة الغير فعالة في كل الشهور، مما أدي إلى تحسين معامل القدرة الكلي لشبكة التوزيع للمجمع على الرغم من وجود قضبان ذات معامل قدرة سيئ. بالإضافة لدور التعويض، تقوم المحطة الرئيسية أيضا بترشيح التوافقيات الناتجة من أفران الصلب الموجودة في مصنعي الصلب رقم (1) ورقم (2).

بالنسبة لقيم الأحمال، كانت أقل قيمة أحمال لشبكة التوزيع خلال شهر يونيو، حيث كانت قيمة القدرة الفعالة (125.057MW)، والقدرة غير الفعالة(83.311MVAR). ومن جهة أخرى كانت أعلى قيمة أحمال لشبكة التوزيع خلال شهر ديسمبر، حيث كانت قيمة القدرة الفعالة (146.936MW)، والقدرة غير الفعالة (97.084MVAR)، وبالتالي فإن المفاقيد في القدرة لشبكة التوزيع كان خلال شهر 12 هي الاعلى.

بينما كان أفضل معامل قدرة لشبكة التوزيع خلال شهر مارس بقيمة 0.969 متأخر.

عليه فإن أعلى حمل في سنة 2021 لم يتجاوز 50 % من اقصى حمل للمجمع و هو (325 MW)، و هذا يفسر النسبة القليلة لتحميل الكوابل، و عدم وجود هبوط جهد كبير في الشبكة. ومن الواضح عند تتبع بيانات مكونات الشبكة أن مقننات القدرة لهذه المكونات كبيرة جدا اي بهامش امان عالي للغاية.

بالإضافة إلى ذلك، تمت ملاحظة أن الاحمال الشهرية للمجمع تعتمد على عدة أشياء من أهمها نوع الاحمال، خروج وحدات انتاجية عن العمل من أجل الصيانة، وفترات تشغيل الاحمال على حسب الورديات العاملة بالمصانع و الاوحدات المساعدة. و بذلك فإن هذا أدى إلى وجود التباين البسيط بين قيم الجهود ومعامل القدرة والمفاقيد خلال الشهور تحت الدراسة كما في الجداول السابقة.

6. الخلاصة

من خلال هذا البحث تم ولأول مرة نمذجة كامل شبكة التوزيع بمجمع الحديد والصلب بقيم حقيقية تمثل كل مكونات هذه الشبكة، حيث ساهم هذا النموذج في إجراء العديد من الحسابات على شبكة المجمع الداخلية من أجل دراسة وتقييم أداء الشبكة. تم أيضا دراسة سريان الحمل للشبكة في أربعة أشهر من سنة 2021، وذلك بإدخال بيانات حقيقية للأحمال في كل شهر. عليه فقد وجد أن جهود قضبان التوصيل بالمجمع لها مستويات جهود مناسبة و ذلك بسبب أن المجمع يعتمد على مغير الخطوة في محولات القدرة للحفاظ على جهود القضبان، بينما تم اهمال دور بعض محطات التعويض التي هي موجودة اصلا في مصانع المجمع (عدم الصيانة والتشغيل). وبالتالي أدى ذلك إلى تدني مستوى معامل القدرة على بعض هذه القضبان. الاعتماد فقط على مغير الخطوة لتصحيح الجهد كان قرارا غير حكيم، لأنه أدى إلى تدهور معامل القدرة على بعض القضبان لإهمال محطات التعويض المتصلة بها.

من جهة اخرى، كان معامل القدرة الكلي للمجمع جيدا في كل الشهور وذلك بسبب القدرة غير الفاعلة المنتجة من محطة التعويض الرئيسية، حيث وجد أن هذه المحطة تقوم بالدور الأكبر في الحفاظ على معامل القدرة للمجمع.

عليه فإن تغير الاحمال بين شهور وفصول السنة لم يكن له تأثير على شبكة المجمع، حيث أن عدد وحجم ونوع الوحدات الانتاجية وفترات تشغيلها هو المؤثر الأساسي على معاملات الشبكة من جهود، تيارات، قدرات، مفاقيد ومعاملات القدرة. وبشكل عام فإن أداء الشبكة يمكن وصفه بأنه جيد، ما عدا معامل القدرة على بعض القضبان حيث يجب الاهتمام بمحطات التعويض من حيث الاصلاح و التجديد والتشغيل. بالإضافة إلى ذلك، فإن مستويات التحميل للخطوط والمحولات كانت منخفضة وبذلك يمكن للمجمع أن يتحمل المزيد من الاحمال والمصانع الجديدة في المستقبل.

7. الشكـــر

يتقدم المؤلفون إلى الشركة الليبية للحديد والصلب وإلى المهندسين العاملين بها بأسمى آيات الشكر والتقدير والامتنان على كل ما قدموه من وقت وجهد في سبيل إنجاز هذا البحث.

المراجع

[1] Badrul H. Chowdhury, "*Load-Flow Analysis in Power Systems*", University of Missouri-Rolla.

[2] M. Elsherif, A BenGhuzzi, A. Baaiu, "*Voltage Stability for a 11kV Libyan Distribution Network to Address Future Requirements*", International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 4, Issue 7, July 2015.

[3] J. Abayateye, A. Sekar," *Determination of Optimal Reactive Power Generation Schedule Using Line Voltage Drop Equations and Genetic Algorithm*", 41st Southeastern Symposium on System Theory University of Tennessee Space Institute Tullahoma, TN, USA, March 15-17, 2009.

[4] W. Aslam, A. Siddique, A. Azhar, A. Almani, "*Numerical Examination of 132 / 11 KV Sub Station through SVC FACTS device for Voltage Enhancement*", 2019 International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies – iCoMET 2019.

[5] أرشيف الشركة الليبية للحديد والصلب بمصراتة الخاص بشبكة التوزيع (TS16).

[6] مصطفى الشريف، إسماعيل البطروخ، حمزة الطويل، الصديق الزواوي، "التحكم في استقرارية الجهد لشبكة توزيع القدرة الكهربائية باستخدام المكثفات التعويضية الساكنة"، المجلة الدولية المحكمة للعلوم الهندسية وتقنية المعلومات المجلد 4، العدد 2، يونيو 2018.

[7] C.K.Wachjoe and H.Zein, "*A Method for Voltage Drop Monitoring on Load Sides in Medium Voltage Feeder*", 7th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT'20) Prague, Czech Republic, June 29 - July 2, 2020.