JOURNAL OF ENGINEERING RESEARCH AND APPLIED SCIENCES (JERAS)
11th Edition –2023, (Hoon – Libya), **ISSN 2414-6515**

التغلب على التحديات المستقبلية لشبكات القوى الكهربائية الليبية باستخدام كابلات التوصيل الفائق عالي الحرارة (HTS Cables)

مصطفي علي الشريف[1]
جامعة مصراته كلية الهندسة
قسم الهندسة الكهربائية. مصراته، ليبيا.
m.a.m.elsherif@gmail.com

الصديق امحمد الزواوي[2]
جامعة مصراتة، كلية الهندسة
قسم الهندسة الكهربائية. مصراتة، ليبيا.
Alseddig.Elzowawi@eng.misuratau.edu.ly

حمودة محمد قنيفيذ[3]
كلية التقنية الهندسية، هون
قسم الهندسة الكهربائية. هون، ليبيا.
Gnefeed@gmail.com

الملخص

في هذه الورقة تم دراسة مشاكل وعوامل زيادة هبوط الجهد في حالة دراسية لشبكة دون النقل الكهربائية **66kV** لأحدى مناطق الوسط الليبي ، حيث تمت محاكاة و نمذجة الشبكة بأحمالها الحالية والمستقبلية ولفترة 4 سنوات قادمة بهدف دراسة كيفية التقليل من مفاقيد القدرة المتدفقة والتغير في مستويات الجهود عند القضبان بالشبكة وإيجاد الحلول للحفاظ على جهود القضبان في مستوى 5% ± من الجهد الاسمي عن طريق استخدام كوابل التوصيل الفائق **HTS** . وقد تم التطرق إلي تاثير استبدال كوابل التوصيل الفائق **HTS** بدلا من خطوط النقل التقليدية وذلك للتقليل من مفاقيد القدرة المتدفقة عبر الشبكة وأيضا للحفاظ على مستويات الجهد ضمن الحدود المسموح بها والطرق المثلى لوضعها بالشبكة وذلك للحفاظ علي استقراريتها من الانهيار. وبالتالي اظهرت النتائج تحسن ملحوظ في مستويات الجهد بالشبكة بنسبة **11.9%** وانخفاض مفاقيد القدرة المتدفقة بنسبة **26%** وذلك عند استبدال بعض من خطوط النقل التقليدية بكوابل التوصيل الفائق **HTS** بطول **44km**، ومن ثم دراسة نمط سلوك هذه الشبكة من حيث استقرارية الجهد ومفاقيد القدرة عن طريق استخدام برنامج محاكاة سريان القدرة **(NEPLAN 5.5.5)** .

الكلمات المفتاحية: بوط الجهود، زيادة الأحمال، شبكة دون النقل الكهربائية **66kV** ، كوابل التوصيل الفائق **HTS** و مفاقيد القدرة الكهربائية.

1. المقدمة

زيادة الأحمال الكهربائية في شبكات نقل وتوزيع القدرة الكهربائية بليبيا بمعدل 6- 8% لكل سنة من الأحمال الحالية يسبب زيادة في مشاكل استقراريه الشبكة والذي يؤدي حتما إلى زيادة في مستوى هبوط الجهد في شبكات توزيع القدرة الكهربائية وأيضا زيادة مفاقيد القدرة المتدفقة عبر الشبكة والتي قد تؤدي إلى انهيار منظومة القدرة الكهربائية [1].ومن المؤكد أن الطلب على الطاقة في البلدان المتقدمة ، وخاصة في المدن الكبيرة ، سيزداد ، ليس فقط بسبب النمو السكاني ولكن أيضًا بسبب التحضر الذي يستلزم متطلبات جديدة مثل السيارات الكهربائية والمضخات الحرارية وتحسين مستويات المعيشة[1]. يثير النمو المستمر للطلب على الطاقة في المناطق الحضرية المكتظة بالسكان ، تساؤلات حول كيفية توفير المزيد من الطاقة وتقليل المفاقيد وانخفاض الجهد في هذه المناطق الحرجة، وبالتالي هناك اهتمام متزايد بدمج المزيد من DGs في شبكات التوزيع لتلبية الطلب المستقبلي المتوقع [2].إن دمج التوليد الموزع DGs في شبكات التوزيع له العديد من المزايا مثل دعم التوليد ، وتقليل مفاقيد القدرة وتحسين استقرارية الجهد[3]،[4]. ومع ذلك ، فإن تشغيل العديد من DGs في هذه الشبكات يزيد من المشكلات المرتبطة بالاستقرار وإدارة الطاقة وتنظيم الجهد [5]. حاليًا ، هناك العديد من التقنيات المطبقة في شبكات التوزيع والتي تهدف إلى تقليل انحرافات الجهد ومفاقيد القدرة مثل تقاسم التحكم في الطاقة الغير فعالة بين DGs ، والتحكم في معامل القدرة وتثبيت المكثفات في الشبكة والتحكم في مغير المآخذ للمحولات ، [6]. ومع ذلك ، فإن اعتماد هذه التقنيات غالبًا ما يؤدي إلى زيادة رأس المال والتكاليف التشغيلية للنظام. علاوة على ذلك ، تتطلب مستويات الجهد العالي مساحة أكبر وغالبًا ما تكون تكلفتها مرتفعة في المناطق الحضرية. لذلك ، فإن الحاجة إلى نقل قدر كبير من الطاقة عند مستويات الجهد المنخفض ضرورية في المناطق التي تكون فيها المساحة محدودة للغاية. بالإضافة إلى ذلك ، تعد زيادة توصيل الطاقة إلى المناطق الحضرية مهمة صعبة عند التفكير في تقنيات أنظمة الطاقة التقليدية مثل الموصلات والمحولات ، خاصة إذا لم تكن هناك مساحة متاحة لتركيب كابلات

قُبلت للنشر على موقع الكلية بتاريخ 27 - يوليو 2023
Accepted for publishing on 27th July 2023

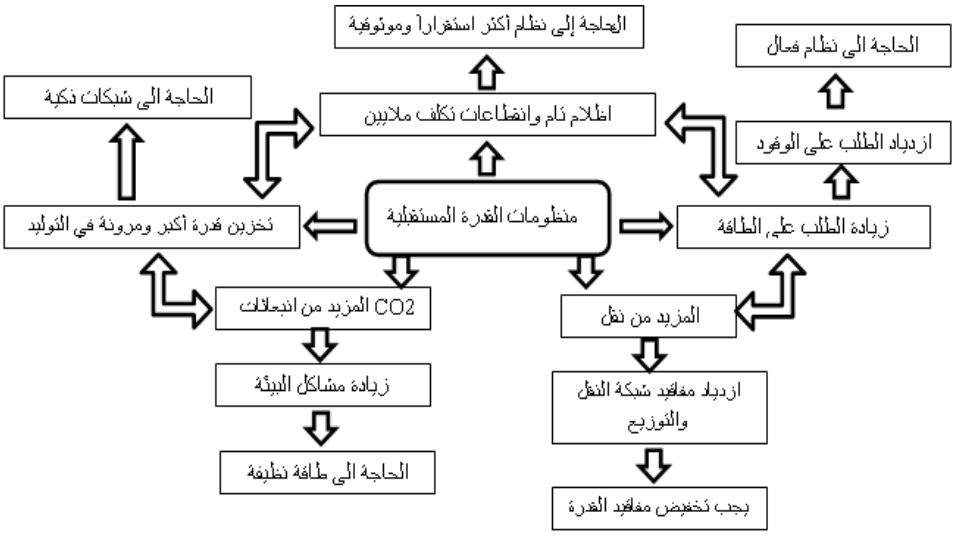
ومحولات جديدة. علاوة على ذلك ، فإن نقل الطاقة بمستويات جهد مختلفة في شبكات التوزيع التقليدية يؤثر على قيمة التيار الذي يتدفق عبر مكونات الشبكة مثل الكابلات والخطوط الهوائية والمحولات. لذلك تزداد خسائر الطاقة (I^2R)، ان نقل الطاقة عند مستويات الجهد العالي يزيد من تكلفة عزل الكابلات وزيادة عدد المحطات الفرعية. ومن ناحية أخرى ، فإن خفض الجهد له تأثير عكسي على فقد الطاقة وتكاليفها [2]. وبالتالي، فقد اجريت العديد من الدراسات في استخدام التصاميم الجديدة لشبكات التوزيع التقليدية. تهدف هذه التصاميم إلى تقليل تكلفة تركيب المحطات الفرعية ومفاقيد القدرة عن طريق تقليل بعض مستويات الجهد في الشبكات [2].وهذا لا يتم بسهولة في شبكات التوزيع حيث يتم استخدام المعدات التقليدية عند مستويات جهد منخفضة ، لأن التيار العالي الناتج سيؤدي بالتأكيد إلى مفاقيد قدرة أكبر. منذ ظهور تقنيات ومواد الموصلية الفائقة (superconductor materials) و التي توفر مقاومة صفرية للتيار المتردد والمستمر بمجرد تبريدها إلى درجة غليان النيتروجين السائل (77 كلفن) ، فإن الاهتمام باستخدام مواد فائقة التوصيل عالية الحرارة (HTS) لتصنيع كابلات ومحولات القدرة الكهربائية ينمو بشكل متسارع، وما يميز هذه المواد أنها تحد بشكل كبير من المفاقيد في شبكات القدرة الكهربائية وكذلك قدرتها على حمل قدرة تصل الى 10 أضعاف الكمية التي تحملها الكابلات والمحولات التقليدية عند مستوى الجهد المنخفض[7]. ولذلك ، يمكن الحد من مشاكل ازدحام الشبكة في المناطق الحضرية باستخدام كابلات HTS. تتوفر حاليا شرائح HTS للاستخدام في ملفات المحولات ، والتي يمكن أن توفر العديد من الفوائد مقارنة بالمحولات التقليدية ، بما في ذلك كثافة تيار أعلى ، وخسائر تشغيل أقل ، ومقاومة أقل للتيار ، وتنظيم أفضل للجهد [8].

سوف يتم في هذه الورقة التحقيق في الفوائد المحتملة الناشئة عن دمج كابلات التوصيل الفائق عالية الحرارة HTS في شبكة توزيع القدرة الكهربائية عند الجهد المتوسط 66kV لمعالجة التحديات التي سوف تواجهها الشبكة والمتمثلة في مفاقيد القدرة المرسلة ومشاكل تنظيم الجهد وذلك لتغطية النمو المتزايد للأحمال في الشبكة الليبية مستقبلا.

1. التغلب على التحديات التي تواجهها منظومة نقل وتوزيع القدرة المستقبلية

يمكن أن تكون تقنيات HTS هي الحل للمشاكل الجوهرية في التخطيط والتشغيل والتحليل في منظومة نقل القدرة الكهربائية. وبالإمكان استبدال كل مكون في منظومة القدرة الكهربائية بمكون مشابه مصنوع من مواد التوصيل الفائق HTS ذات خصائص أفضل. يوضح الشكل (1) المشاكل التي تواجه منظومة نقل القدرة المستقبلية. من المهم جدا في البداية التعريف بالتحديات التي سوف تواجهها منظومات النقل والتوزيع المستقبلية والتى سوف تضيف مهام أخرى لمهندسي القدرة الكهربائية والتى موضحة في شكل (1) [9] .

يعتقد الباحثون والمهندسون أن كوابل HTS ومحولات القدرة الكهربائية HTS يمكنها معالجة التحديات المرتبطة بالمحولات التقليدية والكابلات التقليدية وهي التقليل من مفاقيد القدرة والتحكم في استقرارية الجهد بالشبكات الكهربائية وخاصةً في المدن الكبيرة والبيئات الحضرية.



شكل1 التحديات التي تواجه منظومة القدرة المستقبلية

قُبلت للنشر على موقع الكلية بتاريخ 27 - يوليو 2023
Accepted for publishing on 27th July 2023

بالإضافة إلى ذلك ، لديها القدرة على حمل 10 أضعاف كمية القدرة التي تحملها الكابلات والمحولات التقليدية عند مستوى الجهد المنخفض باستخدام أحجام مضغوطة أكثر من الكابلات النحاسية التقليدية والمحولات التقليدية ، مما يؤدي إلى خفض تكلفة تركيب محطات فرعية جديدة لتلبية الطلب المستقبلي في مثل هذه المناطق. يوضح الجدول (1) تحديات شبكات التوزيع التقليدية وكيف يمكن لتقنيات التوصيل الفائق HTS التغلب على هذه التحديات[8].

جدول 1: التحديات والحلول لشبكات التوزيع باستخدام تقنيات الموصلات الفائقة .

التحديات	شبكة التوزيع التقليدية	شبكة التوزيع مع الموصلات الفائقة
إيصال المزيد من الطاقة إلى المناطق الحضرية	لا توجد مساحة متاحة لإدخال المزيد من الكابلات والمحولات من أجل تلبية هذا النمو في الطلب في المناطق الحضرية.	يمكن لكابلات HTS نقل المزيد من الطاقة حتى10 مرات.
دمج المزيد من DGs في شبكات التوزيع لتلبية الطلب في المستقبل	سيؤدي ذلك إلى حدوث مشاكل في تنظيم الجهد ومشاكل الاستقرارية في الشبكة.	يمكن توصيل المزيد من DGs دون التسبب في أي مشاكل في منظم الجهد واستقرارية الشبكة.
توصيل قدر كبير من الطاقة عند مستوى جهد منخفض	يؤدي إلى زيادة فقدان القدرة في شبكات التوزيع.	يمكن توصيل قدر كبير من الطاقة عند مستوى جهد منخفض مع خسائر منخفضة جداً في شبكة التوزيع.
تخفيض تكلفة رأس المال لشبكة التوزيع	من الصعب تقليل تكلفة رأس المال في الشبكة حيث يلزم توصيل الطاقة بمستويات مختلفة من جهد الشبكة من حيث تقليل فقد الطاقة وتكلفة الأجهزة في نفس الوقت.	يمكن تخفيض تكلفة رأس المال للشبكات حيث يمكن توفير كمية كبيرة من الطاقة عند مستوى جهد شبكة واحد منخفض مما يؤدي إلى خفض تكلفة مستويات شبكة الجهد المتوسط.

3. محاكاة شبكة دون النقل 66kV

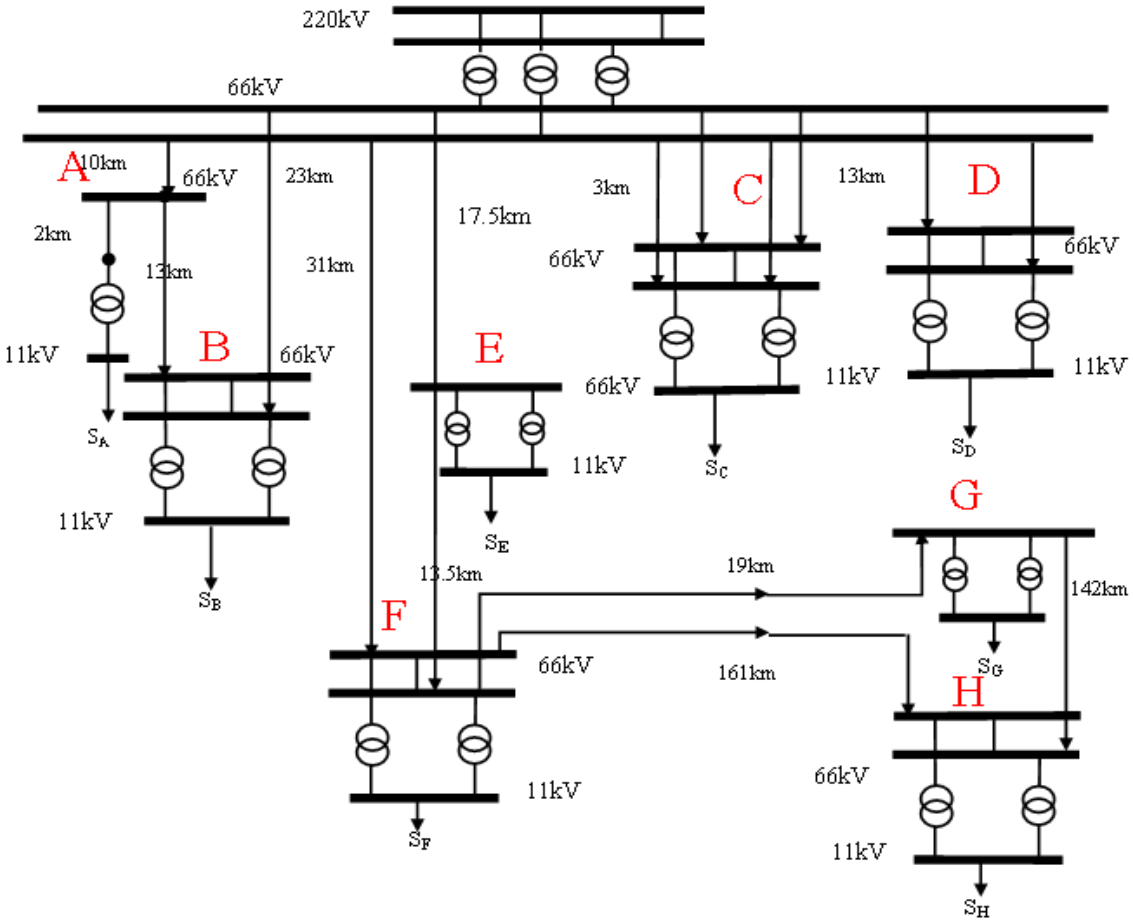
للتعرف على أداء وسلوكيات الشبكات الكهربائية من المهم دراسة الحالة السكونية للشبكة (Steady state analysis) و ذلك في كافة مراحل التخطيط والتشغيل وتلعب هذه الدراسات دوراً هاماً في تحديد المعايير التي يجب اتباعها لتحسين أمان وجودة واعتمادية امدادات القدرة الكهربائية. سيتم محاكاة وتقييم أداء شبكة دون النقل 66kV بإحدى مناطق الوسط الليبي وذلك عن طريق دراسات سريان الحمل للأحمال الحالية لسنة الأساس 2022م ولأربعة سنوات قادمة وذلك لغرض التعرف على نمط سلوك الشبكة من حيث استقرارية الجهد والمفاقيد الكلية باستخدام برنامج محاكاة سريان القدرة (NEPLAN 5.5.5). الشكل 2 يبين المخطط المفرد لشبكة دون النقل 66kV بإحدى مناطق الوسط الليبي وتحتوي على ثمانية محطات تحويل كما هو موضح بالشكل 2.

4. تأثير كوابل HTS على مستويات الجهد ومفاقيد شبكة دون النقل الكهربائية 66kV عند الاحمال الحالية والمستقبلية

- **أولا مقارنة التغير في مستويات الجهد للشبكة عند تغير الاحمال:**

زيادة الأحمال الكهربائية في شبكات نقل وتوزيع القدرة الكهربائية بليبيا بمعدل 6- 8% لكل سنة من الأحمال الحالية يسبب زيادة في مشاكل عدم الاستقرار في الشبكة العامة للقدرة الكهربائية بليبيا والذي يؤدي حتما إلى زيادة في مستوى هبوط الجهد في شبكات التوزيع وزيادة المفاقيد في القدرة المتدفقة بها والتي قد تؤدي إلى انهيار في شبكة نظام القدرة الكهربائية [1].ولذلك سيتم دراسة استقرارية الجهد لشبكة دون النقل 66kV بإحدى مناطق الوسط الليبي عند الاحمال الحالية وهي تقدر بحوالي 63.13MW والأحمال المستقبلية لأربعة سنوات مقبلة والتى تقدر بحوالي 85.88MW وتم اعتبار أن سنة 2022م هي سنة الأساس ، وسيتم فيما يلي استعراض نتائج حالات الدراسة وذلك لتقييم أداء الشبكة من حيث الجهود عند القضبان والمفاقيد الكلية لشبكة دون النقل التقليديةkV66 وأيضا عند استخدام كابلات HTS بالشبكة .الجدول (2) يوضح تطور الطلب على الحمل خلال السنوات الاربعة المقبلة وذلك عند معامل قدرة 0.85 متأخر. الجدول (3) يوضح نتائج دراسة سريان الحمل خلال السنة الحالية 2022م من حيث الجهود على قضبان الشبكة. حيث اتضح من النتائج أن الجهود عند القضبان لم تتجاوز ±5% من الجهد الاسمي 66kV ماعدا الجهد عند القضيب H حيث انخفض الجهد الى 94.62 أي بنسبة 5.38% و التي تمثل انخفاض بسيط من النسبة المسموح بها.

قُبلت للنشر على موقع الكلية بتاريخ 27 - يوليو 2023
Accepted for publishing on 27th July 2023



شكل 2 المخطط المفرد لشبكة دون النقل الكهربائية 66kV لسنة 2022

جدول 2: زيادة الاحمال لشبكة دون النقل الكهربائية 66kV عند الاحمال الحالية 2022 والمستقبلية 2026

L_H MW	L_G MW	L_F MW	L_E MW	L_D MW	L_C MW	L_B MW	L_A MW	السنة
7.00	7.50	13.00	3.00	5.00	10.00	11.58	6.06	**2022**
7.56	8.10	14.04	3.24	5.40	10.80	12.51	6.54	**2023**
8.16	8.75	15.16	3.50	5.83	11.66	13.51	7.07	**2024**
8.82	9.45	16.38	3.78	6.30	12.60	14.59	7.63	**2025**
9.52	10.20	17.69	4.08	6.80	13.60	15.75	8.24	**2026**

قُبلت للنشر على موقع الكلية بتاريخ 27 - يوليو 2023
Accepted for publishing on 27th July 2023

جدول 3: نتائج دراسة سريان الحمل خلال السنة الحالية 2022 م لشبكة دون النقل 66kV

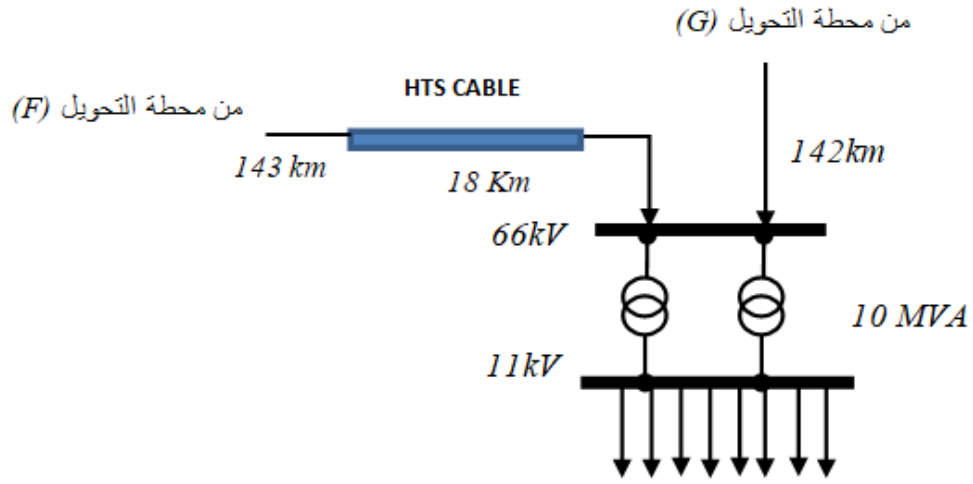
Bus Name	Vbuss (kV)	% Vbase	PLoad (MW)	QLoad (MVar)
A	68.00	08103.	6.06	2.20
B	67.70	102.58	11.58	4.20
C	68.50	103.77	10.00	3.90
D	68.40	103.62	5.00	1.81
E	66.97	101.47	3.00	2.00
F	65.97	99.95	13.00	5.73
G	64.86	98.27	7.50	4.17
H	62.45	94.62	7.00	3.08

في سنة 2022م ولحمولة 63.14MW أظهرت نتائج محاكاة سريان القدرة لشبكة دون النقل 66kV انخفاض الجهد على القضيب H بنسبة أكبر من 5%- من الجهد الاسمي ليصل الانخفاض الى 94.62% أي 62.45kV .ولمعالجة هذا الهبوط في الجهد تم استبدال جزء من خط النقل الرابط بين المحطة H والمحطة F وبطول 18km بكابل HTS كما هو موضح بالشكل (3) .وبعد المحاكاة أظهرت النتائج تحسن ملحوظ للجهد على القضيب H لتصل نسبته الى 99.41% من الجهد الأسمي إي ليصل الى 65.61kV وهذه النتيجة مقبولة جدا بالنظر الى طول الخط الرابط بين المحطة H والمحطة F حيث يصل طول الخط الى 161kmمع اخد في عين الاعتبار بان أقصى طول لكابل التوصيل الفائق 6km لذلك نحتاج الى ثلاث كوابل بطول 6km مرتبطة مع بعضها عن طريق ثلاث قضبان لتصل الى طول 18km [10]. ومن الجدير بالذكر أن مفاقيد القدرة الفعالة بعد استبدال خطوط النقل التقليدية بكوابل HTS تتضمن القدرة المفقودة لتبريد كابل HTS عند درجة غليان النيتروجين السائل (77 كلفن) وهي تمثل 5kW/km من طول كابل HTS [10]. الجدول (4) يوضح نتائج دراسة سريان الحمل خلال السنة الحالية 2022 م لشبكة دون النقل 66kV عند استخدام كوابل HTS.

جدول 4: نتائج دراسة سريان الحمل خلال السنة الحالية 2022م لشبكة دون النقل 66kV

Bus Name	Vbuss التقليدي (kV)	Vbuss (kV) HTS	% التقليدي Vbase	% Vbase HTS
A	68.04	68.28	103.08	103.45
B	67.70	67.97	102.58	102.98
C	68.50	68.75	103.77	104.17
D	68.40	68.65	103.62	104.01
E	66.97	67.50	101.47	102.27
F	65.97	66.70	99.95	101.06
G	64.86	65.89	98.27	99.83
H	62.45	65.61	94.62	99.41

قُبلت للنشر على موقع الكلية بتاريخ 27 - يوليو 2023
Accepted for publishing on 27th July 2023



شكل 3 المخطط المفرد لمحطة التحويل 66/11 kV عند القضيب H لسنة 2022 بعد استخدام كابل HTS

وفي سنة 2026م من المتوقع زيادة الطلب الى 85.88MW على الحمولة لشبكة دون النقل 66kV ونتائج مسألة سريان الحمل تظهر زيادة في انخفاض الجهد على القضيب G وكذلك على القضيب H ليصل الى 94.30% و 88.57% على التوالي لينخفض الجهد الى 62.24kV و 58.44kV كما هو موضح بالجدول (5).

جدول 5: نتائج دراسة سريان الحمل خلال السنة المستقبلية 2026 م لشبكة دون النقل 66kV

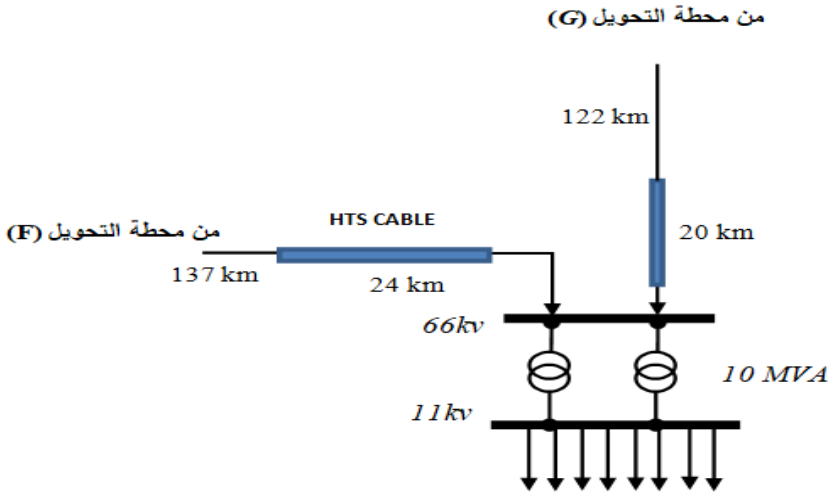
Bus Name	Vbuss (kV)	% Vbase	PLoad (MW)	QLoad (MVar)
A	66.99	101.50	8.24	5.11
B	66.49	100.74	15.75	9.76
C	67.56	102.36	13.60	8.43
D	67.41	102.14	6.80	4.22
E	65.36	99.02	4.08	2.53
F	63.91	96.83	17.69	10.96
G	62.24	94.30	10.20	6.32
H	58.44	88.57	9.52	5.9

وللتغلب على هذا التحدي المتمثل في هبوط الجهد دون المستوي ±5% والذي حدث في القضيب G وكذلك على القضيب H للشبكة ، تم استبدال جزء من خط النقل الرابط بين المحطة H والمحطة F بطول 24km بكابل HTS وكذلك استبدال خط النقل الرابط بين المحطة H والمحطة G بكابل HTS وبطول 20km كما هو موضح بالشكل (4). وبعد المحاكاة أظهرت النتائج تحسن ملحوظ للجهد على القضيب H لتصل نسبته الى 100.49% من الجهد الإسمي أي ليصل الى 66.33kV وكذلك زيادة للجهد على القضيب G ليصل الى 98.38% أي 96.93kV وهذه النتيجة مقبولة جدا بالنظر الى طول الخط الرابط بين المحطة H والمحطة F حيث يصل طول الخط الى 161km . مع ملاحظة أن أقصى طول لكابل التوصيل الفائق 6km لذلك نحتاج الى ثمان كوابل طول كل واحد منها 6km مرتبطة مع بعضها عن طريق ثمانية قضبان لتصل الى طول 44km . الجدول (6) يوضح نتائج دراسة سريان الحمل خلال سنة 2026 م لشبكة دون النقل 66kV عند استخدام كوابل HTS بطول 44km . نلاحظ من الجدول تحسن مستويات الجهد على جميع قضبان المنظومة والتأثير الأكثر وضوحا يظهر في القضيب H والقضيب G باعتبارهما على مسافة قريبة من كابل التوصيل الفائق HTS.

قُبلت للنشر على موقع الكلية بتاريخ 27 - يوليو 2023
Accepted for publishing on 27th July 2023

جدول 6: نتائج دراسة سريان الحمل خلال السنة 2026 م لشبكة دون النقل 66kV عند استخدام كوابل HTS

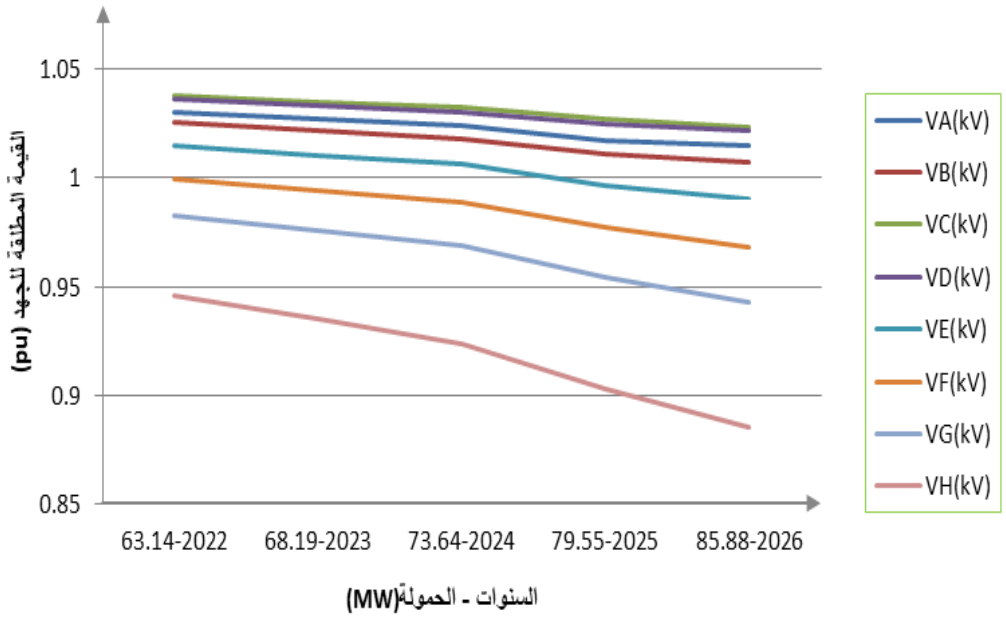
Bus Name	التقليدي V_{buss} (kV)	V_{buss} (kV) HTS	التقليدي % V_{base}	% V_{base} HTS
A	66.99	67.68	101.50	102.55
B	66.49	67.19	100.74	101.80
C	67.56	68.25	102.36	103.40
D	67.41	68.10	102.14	103.19
E	65.36	66.74	99.02	101.13
F	63.91	65.84	96.83	99.75
G	62.24	64.93	94.30	98.38
H	58.44	66.33	88.57	100.49



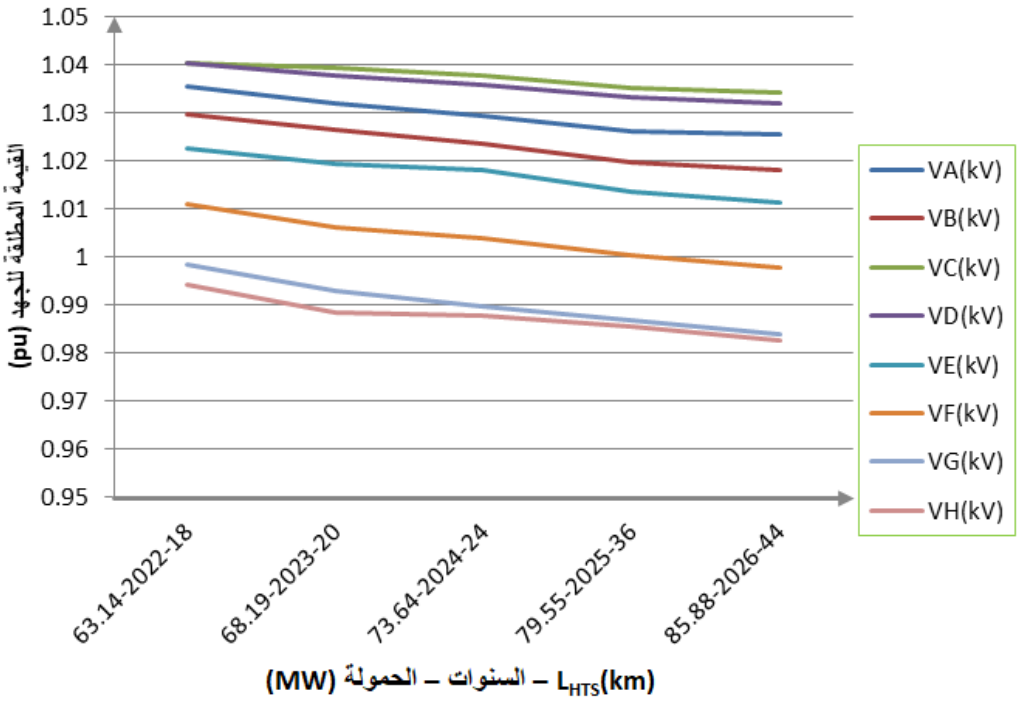
شكل 4 المخطط المفرد لمحطة تحويل (H) 66/11 kV لسنة 2026 بعد استخدام كابل HTS

الشكل (5) يبين ظهور تحديات حقيقية في مشاكل هبوط الجهد وانخفاض ملحوظ بنسبة تصل الى أكثر من ±5% من الجهد الاسمي لشبكة دون النقل 66kV وذلك عند استخدام خطوط النقل التقليدية الموجودة حاليا في الشبكة ،حيث تم دراسة التغير في مستويات الجهود من سنة 2022 الى سنة 2026 لكل قضبان الشبكة. كما يوضح الشكل (6) كيف يمكن التغلب على هذه التحديات المستقبلية والمتمثلة في هبوط مستويات الجهد لشبكة دون النقل 66kV عند زيادة الطلب على الحمل وذلك عن طريق استبدال جزء من خطوط النقل التقليدية بكابلات HTS .

قُبلت للنشر على موقع الكلية بتاريخ 27 - يوليو 2023
Accepted for publishing on 27th July 2023



شكل 5 مستويات الجهود عند القضبان لشبكة دون النقل 66kV قبل استخدام كابلات HTS

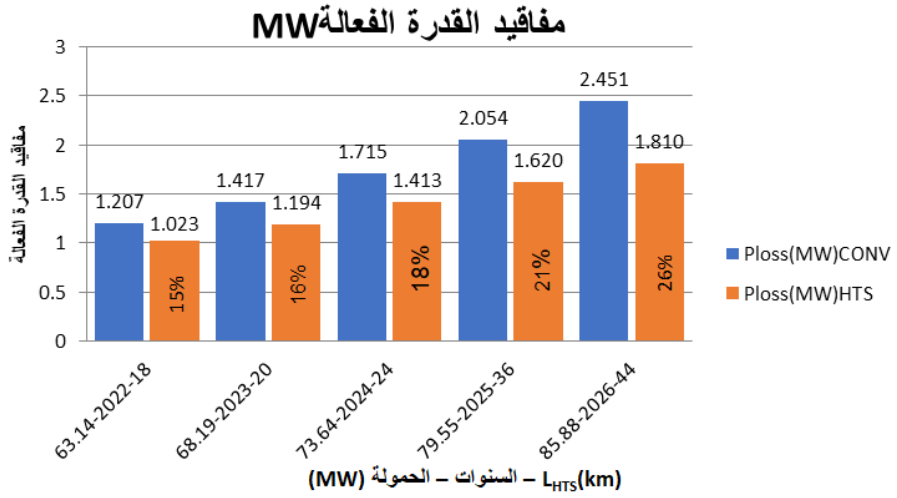


شكل 6 مستويات الجهود عند القضبان لشبكة دون النقل 66kV بعد استخدام كابلات HTS

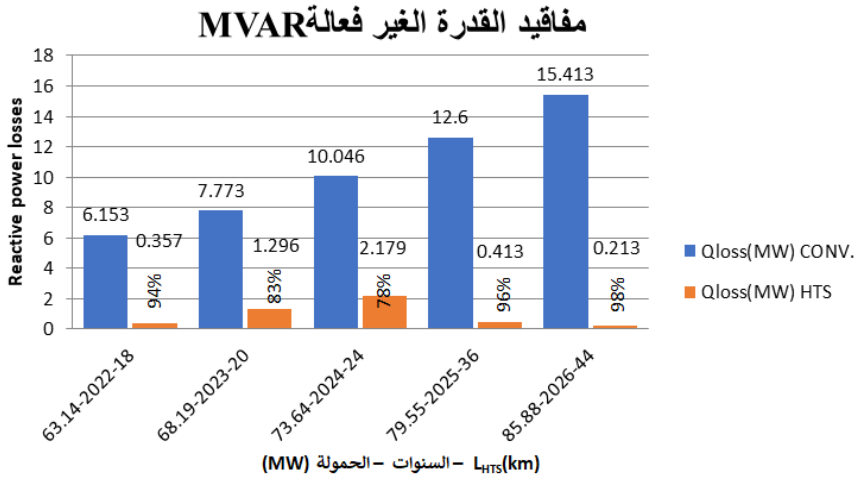
قُبلت للنشر على موقع الكلية بتاريخ 27 - يوليو 2023
Accepted for publishing on 27th July 2023

ثانيا مقارنة مفاقيد القدرة المتدفقة في الشبكة

الشكل 7 يوضح مقارنة مفاقيد القدرة الفعالة قبل وبعد استبدال جزء من خطوط النقل التقليدية بكوابل HTS بشبكة دون النقل 66kV وذلك مقابل الزيادة السنوية في الاحمال من سنة 2022م الى سنة 2026م . وأيضا الشكل 8 يبين مقارنة مفاقيد القدرة الغير فعالة قبل وبعد استبدال جزء من خطوط النقل التقليدية بكوابل HTS بالشبكة عند نفس زيادة الاحمال .وبالتالي اوضحت النتائج انه كلما زاد طول كابل HTS كلما زاد تأثيره على الشبكة من حيث انخفاض مفاقيد القدرة الفعالة والغير فعالة المتدفقة عبر الشبكة ، حيث انخفضت قيمة مفاقيد القدرة الفعالة وغير الفعالة عند استبدال خط النقل بكابل HTS وبطول 18km عند حمولة 63.14MW لسنة 2022م بنسبة 15% و94% على التوالي ،بينما عند استبدال خط النقل بكابل HTS وبطول 44km و ارتفاع الحمولة الى 85.88MW لسنة 2026، انخفضت مفاقيد القدرة الفعالة وغير الفعالة بنسبة 26% و 98% على التوالي من المفاقيد الكلية للشبكة التقليدية.



شكل 7 مفاقيد القدرة الفعالة لشبكة دون النقل 66kV قبل وبعد استخدام كابلات HTS



شكل 8 مفاقيد القدرة غير الفعالة لشبكة دون النقل 66kV قبل وبعد استخدام كابلات HTS

قُبلت للنشر على موقع الكلية بتاريخ 27 - يوليو 2023
Accepted for publishing on 27th July 2023

5. الخلاصة

في هذه الورقة اظهرت النتائج أنه عند الزيادة السنوية للأحمال أن بعض قضبان شبكة دون النقل 66kV سجلت مشاكل في هبوط الجهد (-5%) اقل من الجهد الاسمي وأيضا زيادة في مفاقيد القدرة المتدفقة خصوصا عند الاحمال المستقبلية . وبالتالي تم دراسة امكانية استبدال بعض من خطوط نقل القدرة بكوابل HTS بطول 18km عند حمولة 63.14MW لسنة 2022 ، حيث تحسن جهد القضيب H بنسبة 4.79% مع تحسن الجهد لجميع قضبان المنظومة وانخفاض مفاقيد القدرة الفعالة والقدرة غير الفعالة بنسبة 15% و94% على التوالي، وعند ارتفاع الحمولة الى MW85.88 وذلك في سنة 2026م حدث انخفاض في الجهد في القضيبين G وH عند الحد المسموح به، وعند استبدال كابلات خط النقل بكابل HTS بطول 44km نلاحظ تحسن في مستويات الجهد للقضيبين G وH بنسبة 4% و 11.9% على التوالي و انخفاض مفاقيد القدرة الفعالة وغير الفعالة بنسبة 26% و 98% على التوالي. هذه الدراسة اكدت على ضرورة استخدام تقنيات HTS مثل الكوابل ومحولات القدرة الكهربائية في المدن المزدحمة كالعاصمة طرابلس وذلك لتغطية الطلب المتزايد على الأحمال دون الحاجة الى اضافة معدات جديدة في كل فترة والتي سوف تؤدي الى عدم استقرارية الشبكة وزيادة تكاليف راس المال الكلية للشبكة. حيث أن كابلات HTS لها القدرة على حمل 10 أضعاف ما تحمله الكوابل التقليدية ، مع المحافظة على مستويات الجهد عند الحدود المثلى وكذلك الابقاء على قيم مفاقيد القدرة عند الحدود الدنيا وعند مستويات جهود منخفضة. المزيد من الدراسات يجب ان تكثف لدراسة امكانية تغيير تصميم شبكات نقل وتوزيع القدرة الكهربائية الليبية بهدف تقليل تكلفتها المالية باستخدام تقنيات HTS عن طريق خفض مستويات الجهود المطلوبة لنقل وتوزيع القدرة الكهربائية بهدف استقرار الشبكة وأيضا امكانية إرسال قدرة كهربائية مضاعفة عند مستوى جهد منخفض والتى تؤدي الى تقليل تكاليف محطات التحويل وخطوط نقل وأبراج الشبكة العامة للكهرباء الليبية.

الملحق

- Transformers: 20MVA, 66/11kV, Vector Group Dyn11 , Impedance Voltage Z=10% , Tap step 1.25%.
- 15MVA, 66/11kV, Vector Group Dyn11 , Impedance Voltage Z=8% , Tap step 1.25%.
- 10MVA, 66/11kV, Vector Group Dyn11 , Impedance Voltage Z=8% , Tap step 1.25%.
- 500mm^2 copper cable type (NA2XS(FL)2Y 1×500 R/V 36/66 kV) , R=0.068 Ω/km , X=0.102 Ω/km, C=0.0004 nf/km, I_{max}=606A.
- Transmission line Type (Bear326-66 kV), R=0.1224 Ω/km, X=0.3706 Ω/km, C=3.079 nf/km, I_{max}=480A.
- Nexans HTS cable parameters: R=0.0001 Ω/km, X=0.0188 Ω/km, C=200 nf/km.

6. المراجع

[1] مصطفى علي الشريف ، الصديق الزواوي ،... اخرون ،" التحكم في استقرارية الجهد لشبكة توزيع القدرة الكهربائية باستخدام المكثفات التعويضية الساكنة." المجلة الدولية للهندسة وتقنية المعلومات المجلد 8، العدد 1، يونيو 2018.

[2] Reis, C. T., Mehta, S. P., McConnell, B. W., and Jones, R. H., 2001. Development of high temperature superconducting power transformers. Power Engineering Society Winter Meeting, IEEE, vol. 2, pp.432-437.

[3] Thyagarajan, K., Davari, A., Feliachi, A., 2005. Load sharing control in distributed generation system. In System Theory, 2005. SSST'05. Proceedings of the Thirty-Seventh Southeastern Symposium, pp.424-428.

[4] arwali, M.N., Jung, J.W., and Keyhani, A., 2004. Control of distributed generation systems-Part II: Load sharing control. Power Electronics, IEEE Transactions, 19(6), pp.1551-1561.

[5] Merlin, M., Green, T., Mitcheson, P., Trainer, D., Critchley, D., and Crookes, R., 2010. A new hybrid multi-level voltage-source converter with DC fault blocking capability. AC and DC Power Transmission, 2010. ACDC. 9th IET International Conference, pp.1-5.

قُبلت للنشر على موقع الكلية بتاريخ 27 - يوليو 2023
Accepted for publishing on 27th July 2023

Çavuş; (2020), The Impact of Superconducting Cables in Power Transmission Systems- a Case Study in Turkey . Sakarya University Journal of Science, 24(1), 161-171, DOI: 10.16984 /saufenbilder .550854.

[10] M. A. Elsherif, "The Application of Superconducting Technologies in Future Electrical Power Systems", PhD thesis, Durham thesis, Durham University, 2013.Available at Durham E-Theses Online: http://etheses.dur.ac.uk/9394

[6] Smith, R., 2011. UK Future Energy Scenarios:NationalGrid. NationalGrid2011.

[7] Masters, C., 2002. Voltage rise: the big issue when connecting embedded generation to long 11 kV overhead

[8] Jones, H., 2008. Superconductors in the transmission of electricity and networks. Energy Policy, 36(12), pp.4342-4345.

[9] Rıfkı Terzioğlu, Talha Enes Gümüş, Mehmet Ali Yalçın, Türker Fedai

السيرة الذاتية للمؤلفين

حمودة محمد قنيفيذ ولد في مدينة سوكنة- ليبيا، في 10 أكتوبر 1977. حصل على درجة البكالوريوس من كلية الهندسة – هون في عام 2000. وهو طالب دراسات عليا بقسم الهندسة الكهربائية كلية التقنية الهندسية – هون. ومجال بحثه حول كيفية التغلب على التحديات المستقبلية التي تواجهها شبكات التوزيع باستخدام تقنيات التوصيل الفائق HTS.

د. مصطفى علي الشريف ولد في مدينة مصراته – ليبيا ، في 5 شهر سبتمبر1981. تحصل على درجة البكالوريوس في الهندسة الكهربائية والالكترونية من جامعة سرت- ليبيا في سبتمبر 2003. تحصل على ماجستير هندسة من جامعة نوتنجهام ترنت بالمملكة المتحدة عام اكتوبر 2007. تحصل على شهادة الدكتوراه في نظم القدرة الكهربائية بشبكات التوزيع القدرة الكهربائية من جامعة درم بالمملكة المتحدة في نوفمبر 2013. حاليا أستاذ مشارك في قسم الهندسة الكهربائية والالكترونية في جامعة مصراته منذ يناير 2020 ومجال بحثه في التحكم في أنظمة القدرة الكهربائية وأنظمة الطاقة فائقة التوصيل HTS.

د. الصديق امحمد الزواوي، تحصل على بكالوريوس هندسة كهربائية من جامعة مصراته، ليبيا، 2006. تحصل على الماجستير من جامعة نوتنجهام، المملكة المتحدة، 2010. تحصل على الدكتوراه من جامعة كاردف، المملكة المتحدة، 2016. يعمل حاليا كعضو هيئة تدريس في جامعة مصراته منذ عام 2016، ومحاضر في العديد من مؤسسات التعليم العالي في ليبيا.

قُبلت للنشر على موقع الكلية بتاريخ 27 - يوليو 2023
Accepted for publishing on 27th July 2023