مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية_ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (4) العدد (8) 2020
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies- Engineering Sciences Series Vol. (4) No. (8) 2020

# دراسة تأثير ارتفاع نواقل شبكات التوتر العالي على الممانعة المميزة والسعة التمريرية لشبكة نقل 230kV

**د. فيصل شعبان***

**د. نسمت أبو طبق ****

**م. احمد علي*****

**(تاريخ الإيداع 27 /7 / 2020 . قُبل للنشر 28 / 10 / 2020)**

## الملخّص

تعتبر السعة التمريريةمن أهم القيم المميزة للشبكة الكهربائية، وتمثل قدرة الشبكة الكهربائية على نقل كم أكبر منالاستطاعة الفعلية ضمن الشروط الفنية المطلوبة، تتعلق السعة التمريرية بالممانعة المميزة لهذه الشبكة، والتيتمثلنسبة موجة التوتر إلى موجة التيار تسيران بسرعة الضوء، وتأخذ قيم تقريبه أثناء دراسة وتصميم الشبكات الكهربائية، إن تغير الممانعة المميزة يمكن أن يؤدي الى تغيرات في هبوط التوتر، والسعةالتمريرية للشبكة الكهربائية، ونشوء انعكاسلأمواج الجهد والتيار المسافرة وما لها من آثار في زيادة توترات العقد ونشوء الأعطال الكهربائية.

سنقوم في هذا البحث بدراسة سريان الاستطاعة الكهربائية مع مراعاة عدم ثبات قيمة الممانعة المميزة، والبحث عن حلول لتخفيض قيمتها والحد من تغيراتها على طول الشبكة الكهربائية، وذلك عن طريق ربط تغيرات الممانعة المميزةبارتفاع الأطوار عن سطح الأرض، ودراسة تأثير التباين الحاصل في قيمتها عند امتداد الشبكة فوق مناطق تضاريسية متباينة الارتفاع، بغية تحسين السعة التمريرية للشبكة، والحد من الضياعات الكهربائية، والأمواج المسافرة، والأعطال التي يمكن أن تنشأ في شبكة نقل الطاقة الكهربائية.

أظهرت النتائج التي حصلنا عليها بتطبيق هذه الدراسة على شبكة نقل التوتر العالي 230kVفوق مجرى النهر الكبير الشمالي بين بانياس اللاذقية، أن عمق مجرى النهر البالغ 5[m] أدى الى زيادة الممانعة المميزة لنواقل شبكة التوتر العالي الممدودة فوقه بنسبة 3.9%، ونقص في السعة التمريرية للشبكة بنسبة 4.94%.

**الكلمات المفتاحية:** الشبكة الكهربائية، خطوط نقل الطاقة الكهربائية، الممانعة المميزة، أبراج التوتر العالي، الاستطاعة الكهربائية، الحد الحراري للنواقل، الأمواج المسافرة.

* استاذ دكتور، هندسة الطاقة الكهربائية، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.
** مدرس دكتور، هندسة الطاقة الكهربائية، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.
*** طالب دكتوراه، هندسة الطاقة الكهربائية، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية_ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (4) العدد (8) 2020
**Tartous University Journal** for Research and Scientific Studies- Engineering Sciences Series Vol. (4) No. (8) 2020

# Study the effect of hightconductorsfor high voltage network on the characteristic impedance and power flow of a 230kV transmission network

**Dr. Faisal Shaban***
**Dr. Nsmat Abo Tabak****
**Eng.Ahmad Ali*****

**(Received 27 / 7 / 2020 . Accepted 28 / 10 / 2020 )**

**Abstract**

The pass-through capacitance is considered one of the most important values characteristic of the electrical network, and it represents the electrical network's ability to transmit a greater amount of its actual capacity within the required technical conditions. Study and design of electrical networks. The change of the characteristic impedance can lead to changes in the voltage drop, the passive capacitance of the electrical network, and the emergence of a reflection of the traveling voltage and current waves and their effects on increasing the tension of the nodes and the emergence of electrical faults.

In this paper, we will study the flow of electrical power, taking into account the instability of the characteristic impedance value, and search for solutions to reduce its value and limit its changes along the electrical network, by linking the impedance changes characteristic to the height of the phases from the surface of the earth, and studying the effect of the variation in its value upon extension The network is over terrain areas of varying altitude, in order to improve the pass-through capacity of the network, and to reduce electrical losses, traveling waves, and faults that may arise in the electric power transmission network.

The results obtained by applying this study to the 230kV high-voltage transmission network over the course of the great northern river between BaniyasLattakia showed that the depth of the riverbed of 5 [m] led to an increase in the characteristic impedance of the high tension network carriers stretched above it by 3.9%, and a decrease in the capacitance Pass-through to the network by 4.94%.

**Key words :** Electrical network, Electric power transmission lines, Characteristic impedance, High voltage towers, Electric power, Thermal conductors limit, Traveling waves.

*Associate Professor, Electrical Power Department, Faculty Mechanical & Electrical Engineering،Tishreen University, Lattakia, Syria.
**Assistant Professor, Electrical Power Department, Faculty Mechanical & Electrical Engineering،Tishreen University, Lattakia, Syria.
**PhD student, Electrical Power Department, Faculty Mechanical & Electrical Engineering،Tishreen University, Lattakia, Syria.

## مقدمة :

لكل شبكة كهربائية قدرة تمريرية تعبرعن قدرة هذه الشبكة على نقل اكبر منالاستطاعة الكهربائيةالفعلية ضمن شروطها الفنية. ومع تطور المجتمعات السكانية والصناعية والنمو المتزايد في استهلاك الطاقة الكهربائية أصبح لا بد من نقل كم أكبر من الاستطاعة الكهربائية من مناطق التوليد ومراكز التحويل الى المستهلكين. عند بلوغ هذه الشبكات حدودها الحرارية لا بد من التفكير بتأمين شبكات نقل جديدة، حيث يعتبر بناء شبكة جديدة من التحديات الاقتصادية والبيئية الكبيرة، إذ لا بد من أبراج توتر عالي، خطوط نقل، مراكز تحويل، حمايات، واستملاك أراضي لمد الشبكة الكهربائية فوقها.

ومن هنا تأتي أهمية التفكير بإجراء تعديل ما على الشبكة الكهربائية الحالية، بحيث نعمل على جعل هذه الشبكة تقوم بنقل كم أكبر من الاستطاعة الكهربائية دون المساس بالمواصفات الفنية لجودة ونوعية الطاقة المقدمة.

وبما أن السعة التمريرية للشبكة الكهربائية تتناسب عكساً مع الممانعة المميزة لخط نقل القدرة الكهربائية، فإن العمل على تخفيض قيمة هذه الممانعة يؤدي الى زيادة السعة التمريرية للشبكة ضمن حدود حرارية جديدة تسمح برفع عتبة الاستطاعة التي يمكن نقلها من خلال نفس الشبكة، ودون الحاجة لبناء شبكات جديدة مكلفة.

تمثلالممانعة المميزة نسبة موجة التوتر إلى موجة التيار تسيران بسرعة مساوية لسرعة الضوء. وتأخذ قيمة ثابتة مساوية لـ 400 أوم للخطوط الهوائية و320 أوم للأطوار المتشعبة ( ناقلين أو أكثر في الطور الواحد).[1]

هذه الطريقة في تحديد قيمة الممانعة المميزة تقريبية وتفتقد الدقة، ولا ترتبط بتباين ارتفاع نواقل شبكات التوتر العالي، لهذا في دراستنا سنحدد تأثير هذا التباين في ارتفاع نواقل شبكات التوتر العاليعلى قيمة ممانعتها المميزة، وسعتها التمريرية.

قام العديد من الباحثينبدراسة أثر الممانعة المميزةعلى السعة التمريرية للشبكة الكهربائية.

حيث وجدRawa[2] أن زيادة الممانعة المميزة تؤثر على جهد الاستقبال. وتقلل من تنظيم الجهد الكهربائي،وتؤدي إلى تقليل كفاءة خط النقل بشكل خطي. أماEric[3]فوجد أن الممانعة المميزة تنخفض كلما زاد التردد ضمن حدود أقل من 15% عند ترددات عالية أثناء تعرض الشبكة الكهربائية لتباين في التردد.درس الدكتورRakhesh[4]الممانعة المميزة على طول خط النقل،ووضع قوانين تحدد العلاقة التي تدخل بها الممانعة المميزة كتابع في بارامترات خط النقل.درسFatiha[5]الشبكة الكهربائية من التوليد إلى الاستهلاك محدداً أثر قيمة الممانعة المميزة على هبوطات الجهد والاستطاعة. وخلصت دراسته بأخذ عدة نواقل ضمن الطور الواحد، وتعاقب الأطوار فيما بينها. بالإضافة إلى وضع خوارزمية حسابية تحدد تغيرات هبوطات الجهد والاستطاعة تبعاً للممانعة المميزة.قامKnockaert[6] بإجراء تبسيط كبير في حسابات الممانعة المميزة، عن طريق إجراء اختصار في المصفوفة المعبرة عنها لخط نقل يحوي العديد من النواقل. خلص بحثة إلى معادلة مختصرة سهلة الاستخدام وذلك بهدف تقليل الوقت والجهد في حساب المصفوفة المعبرة عن الممانعة. درسGawlik[7]تأثير مفاعلة خط النقل على الشبكة الكهربائية باستخدام تقنيات أجهزة FACTS وخلصت دراسته إلى تحسن ملحوظ في بارامترات ومميزات الشبكة عبر التحكم والاختيار المناسب لأجهزة FACTS. قامLee[8] بأجراء دراسة تناولت إضافة أجهزة التعويض التفرعيةSTATCOM وتأثير ذلك على الشبكة، حيث أسهمت المكثفات التفرعية

في تعويض الممانعة المميزة لشبكة النقل وأدت في النهاية إلى تحسين مواصفات الشبكة وموثوقيتها. درس [9]Dhruvilأثر إضافة المعوضات التسلسلية المتحكم بهما، أدى ذلك إلى التحكم بكل من السعة الكلية لخط النقل والمفاعلة الكلية له وبالتالي الحصول بارامترات أفضل في الشبكة.قام[10]Fatma بدراسة أثر وضع ملف تفرعي متحكم به إضافة إلى مكثف كما في الشكل، وأظهرت نتائجه كما في الشكل أثر تعديل الممانعة الواضح بـ XSVC على قيمة كل من الجهد والتيار واستقرارهما.قام [11]Gaigowal بدراسة أثر إضافة معوضات تسلسلية متعددة على التسلل مع خط النقل، حيث أظهرت النتائج التي حصل عليها على نظام نقل IEEE−14 تحسن واضح في تابع النقل الذي خلص إليه تبعاً للضياع في خط النقل. أضاف[12]Fischer تعويض لمفاعلة خط النقل، حيث اعتمد على ادخل مكثفات على التفرع وبالطريقة المثلثية بينما قام بإدخال ملفات تفرعيةبالأسلوب نجمي، وكانت نتائج دراسته تحسن واضح في بارامترات الشبكة ومنها ثبات الممانعة العامة لخط النقل. استخدم[13]Rolfطريقة إضافة المكثفات على التسلسل مع خط النقل، أدى ذلك إلى انخفاض الممانعة الكلية لخط النقل، ونتيجة التحكم الدائم في قيمة هذه المكثفات ينتج استقرار وثبات لقيمة الممانعة على طول خط النقل. استخدم شعبان وشاهين[14]المعوض التسلسلي المتواقت الساكن SSSC في نظام نقل الطاقة الكهربائية، ودرس تأثيره على نظام القدرة، حيث يعتبر الـ SSSC جهاز مؤلف من قالبة مربوطة على التفرع مع مكثف ومتصل على التسلسل مع خط النقل، يمكن اعتبار SSSC ممانعة خطية متحكم بها بشكل فعال، أو كمنبع جهد تسلسلي يتم التحكم بمطاله وزاويته، أجرى الباحث دراسته على نظام IEEE−14في اختبار الحالة المستقرة، وعند حدوث الأعطال. وخلصت نتائج بحثه أن التعويض التسلسلي المتحكم به يقلل من ممانعة شبكة النقل، ويعمل على جعله ثابتة في حال الاختلاف الناتج عن أي مصدر آخر، وبذلك وصل إلى سريان للاستطاعة متحكم به.

**من خلال الدراسة المرجعية السابقة** تبين أنها لم تلحظ اثر وجود تباين في ارتفاع خطوط النقل عن الأرض على عدم تجانس قيمة الممانعة المميزة على طول الخط، وعلاقة ذلك بالاستطاعة التمريرية للشبكة الكهربائية.

قمنا في هذا البحث بدراسة امكانية تحسين السعة التمريرية للشبكة الكهربائية عن طريق التحكمبقيمة الممانعة المميزة لخط النقل، وتحديداً بإرتفاع نواقل شبكات التوتر العالي عن سطح الأرض. كما ناقشنا أثر تغيرات قيمةالممانعة المميزةتبعاًلتضاريس الأرض وأثر ذلك على نشوء الأمواج المسافرة وما لها من آثار سلبية على الشبكة الكهربائية.

استخدمنا لهذه الغاية نمذجة حاسوبية في بيئة MATLAB، تم إعدادهما خصيصاً لهذه الغاية، نقوم من خلاله بحساب الممانعة المميزة مع الأخذ بالاعتبار كافة العوامل المؤثرة وذلك من أجل عدة سويات للتوتر العالي، ثم استخدام النتائج التي حصلنا عليها لإجراء عملية الربط بين الممانعة المميزة وكل من السعة التمريرية للشبكة الكهربائية، وارتفاع النواقل عن سطح الأرض.

## أهمية البحث :

**أولا: من الناحية العلمية:**تأتي أهمية هذا البحث من الناحية العلمية كونه يدرس علاقة ارتفاع نواقل أطوار شبكة التوتر العالي علىالممانعة المميزة للشبكة، وتأثير ذلك على قيمة الاستطاعة المنقولة و معالجة مشاكل تؤثر في موثوقية نظام الطاقة، وتوجد حلاً بديلاً لبناء شبكات جديدة أو تحويل مسار شبكة قائمة عند هذه الحالات.

**ثانيا: من الناحية الاقتصادية:**تأتي أهمية هذا البحث من الناحية الاقتصادية كونه يؤدي إلى زيادة السعة التمريرية لخطوط النقل الكهربائية من خلال معالجة تباين الممانعة المميزة على طول خط النقل.

**ثالثا: من الناحية البيئية:**إن تباين الممانعة المميزة يؤدي الى تشكل الأمواج المسافرة للجهد والتيار، ممّا يؤدي الى أعطال وحالات قصر ونشوب حرائق خاصة اذا كان خط النقل ممدود في المناطق الحراجية.

## أهداف البحث :

- نمذجة شبكة نقل الطاقة الكهربائية [KV]230 المدروسة في بيئة MATLABوعلاقاتها الرياضية بما يسمح بحساب كافة بارامترات الشبكة وتأثيراتها.
- دراسة تأثير ارتفاع النواقل (تضاريس الأرض) على قيم الممانعة المميزة والسعة التمريرية للشبكة المهربائية.
- الحد من تغيرات قيم الممانعة المميزة للشبكة المدروسة.
- ربط التغيرات الناجمة عن تغيرات الممانعة المميزة بدلالة ارتفاع النواقل عن سطح الارض، بالسعة التمريرية للشبكة.

## فرضيات البحث :

- كيف يمكن خفض تغيرات الممانعة المميزة على طول خط النقل.؟
- كيف يمكن أن نربط بين تضاريس الأرض والسعة التمريرية لخطوط النقل؟
- كيف يمكن من خلال هذه الدراسة الحد من تباين قيم الممانعة المميزة والسعة التمريرية للشبكة، عند وجود تباين في ارتفاع نواقل شبكات التوتر العالي عن سطح الارض؟

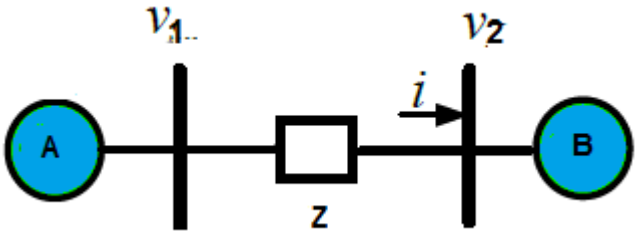
## منهجية البحث

تم اعتماد المنهج الوصفي التحليلي التجريبي.

## طرائق البحث وموارده

### 1- السعة التمريرية للشبكة الكهربائية

تعطى علاقة الاستطاعة الكهربائية الفعلية المنقولة بواسطة الشبكة الكهربائية من المنطقة A الى المنطقة B بالعلاقة.[15]




**الشكل(1): تمثيل نظام نقل القدرة الكهربائية من منطقة الى أخرى**

$$S = V.I^* = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (1)$$

$$P = \frac{V_1.V_2}{Z}.\sin\delta_O \quad (2)$$

$$Q = \frac{V_1.V_2.\cos\delta_0 - V_2^2}{Z} \quad (3)$$

حيث أن:

P: الاستطاعة الفعلية المنقولة عبر الشبكة الكهربائية وتقدر بالميغا واط MW.

Q: الاستطاعة الردية المنقولة عبر الشبكة الكهربائية وتقدر بالميغا فولت آمبير ردي MVAR.

S: الاستطاعة الظاهرية وتقدر بالميغا فولت آمبير MVA.

$V_1$: جهد الارسال وهو الجهد في بداية خط النقل ويقدر بالكيلوفولت kV.

$V_2$: جهد الاستقبال وهو الجهد في نهاية خط النقل ويقدر بالكيلوفولت kV.

Z: ممانعة خط النقل وتقدر بالاوم Ω.

$\delta_o$: الزاوية بين جهد الارسال وجهد الاستقبال.

ان نقل الاستطاعة الردية Qالموضحة بالعلاقة (3) في الخطوط الكهربائية من المنطقة A الى المنطقة B يزيد من قيمة الاستطاعة الظاهرية الموضحة في العلاقة (1)، عندئذ تزداد مشغولية خطوط النقل وتنشأ نفقات اضافية لتوليد الاستطاعة.

بما أن الاستطاعة الشحنية لخط النقل لا تتعلق بالحمولة، في حين ترتبط الاستطاعة الردية المستهلكة بحمولة خط النقل لذلك نلجأ الى العمل عند نظام الاستطاعة الطبيعية بحيث تكون الاستطاعة الردية المستهلكة مساوية للاستطاعة الشحنية التي تولدها الخطوط الكهربائية، بحيث تعوضان بعضهما البعض وتصبح الاستطاعة المرسلة بالكامل استطاعة فعلية.

عند هذا النظام يصبح الجهد في بداية خط النقل يساوي تقريباً الجهد في نهايته، والزاوية بين كل من الجهدين مساوية الى $90^o$ أي:

$$P = \frac{V_1.V_2}{Z}.\sin\delta_O = \frac{V_n^2}{Z_B} \quad (4)$$

$Z_B$: الممانعة المميزة لخط النقل Ω.

$V_n$: التوتر الاسمي للشبكة الكهربائية KV.

من العلاقة (4) نستنتج أنه بإمكاننا زيادة الاستطاعة الفعلية المنقولة عبر شبكة النقل من خلال تخفيض قيمة الممانعة المميزة.

### 2- الممانعة المميزة لخطوط نقل الطاقة الكهربائية

تصنف خطوط نقل الطاقة الكهربائية بناءً على أطوالها الى ثلاثة زمر، خطوط نقل قصيرة أقل من 80km، متوسطة تتراوح بين km(160-80)، وخطوط النقل الطويلة التي يزيد طولها عن 160km. وتصنف بالنسبة لعدد النواقل الى خطوط النقل ذات الطور الواحد حيث يتألف كل طور من ناقل واحد، وخطوط نقل ذات الأطوار المشطورة حيث عدد نواقل الأطوار أكبر من الواحد.

تعطى الممانعة المميزة بالنسبة لخطوط النقل غير المشطورة بإهمال تأثير المقاومة الأولية لصغرها بالعلاقة:[2]

$$Z_B = \sqrt{\frac{L}{C}} \qquad (5)$$

أما لخطوط النقل ذات الأطوار المشطورة حيث عدد نواقل الطور الواحد n>1 تحدد الممانعة المميزة من العلاقة:[16]

$$Z_B = 60\{\ln x.(\ln x.\sqrt[3]{\frac{h_2}{h1}}) - \frac{1}{3}\ln\left[1+0.5\left(\frac{h_2}{h1}-1\right)+\left(D_2/4h_1\right)^2\right]..\sqrt[x]{\left(1+\left(\frac{D_2}{2h_2}\right)^2\right)^2}\} \quad (6)$$

حيث أن x عنصر بدون واحدة يعطى بالعلاقة:

$$x = \frac{D_1}{r_{P2}\times D_2}\sqrt[3]{\frac{D_2\times r_{P2}\times\gamma_2}{D_1\times r_{P1}\times\gamma_1}} \quad (7)$$

$$\gamma_1 = \frac{1}{1+\frac{y_1^1}{1!}+\frac{y_1^2}{2!}+\frac{y_1^3}{3!}+\ldots} \qquad (8)$$

$$\gamma_2 = \frac{1}{1+\frac{y_2^1}{1!}+\frac{y_2^2}{2!}+\frac{y_2^3}{3!}+\ldots} \quad (9)$$

$$y_1 = \frac{1}{n}\ln\frac{d_1}{2nr\times\sin\frac{\pi}{n}} \qquad (10)$$

$$y_2 = \frac{1}{n}\ln\frac{d_2}{2nr\times\sin\frac{\pi}{n}} \qquad (11)$$

حيث أن :

$D_1$:المسافة الفاصلة بين الطور الوسطي والأطوار المتجاورة.

$r_{P,d}$ : نصف قطروخطوة انشطار الطور، حيث أن خطوة انشطار الطورتعبر عن المسافة الفاصلة بين ناقلين في الطور المشطور.

n : عدد النواقل في الطور المشطور.

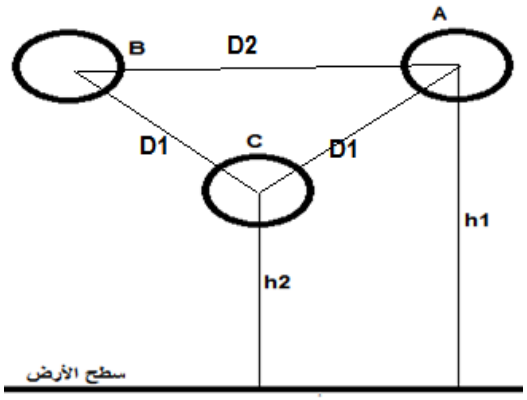
h : ارتفاع الناقل عن سطح الأرض .

γ: ثابت انتشار الموجة الكهراطيسية.

من العلاقة (6) يتضح ارتباط الممانعة المميزة بكل من $h_1, h_2$ ،وهو ارتفاع الأطوار عن سطح الأرض قيد البحث، حيث يمكن لتوضح الأطوار أن يلعب دوراً كبيراً في تحديد قيمة الممانعة المميزة، ويوجد لدينا حالتان.

**أولاً: الأطوار تتوضع على رؤوس مثلث**

كما هو مبين في الشكل(2) حيث يتوضع طورين على الارتفاع $h_1$والطور المتبقي على ارتفاع $h_2$عن سطح الأرض.

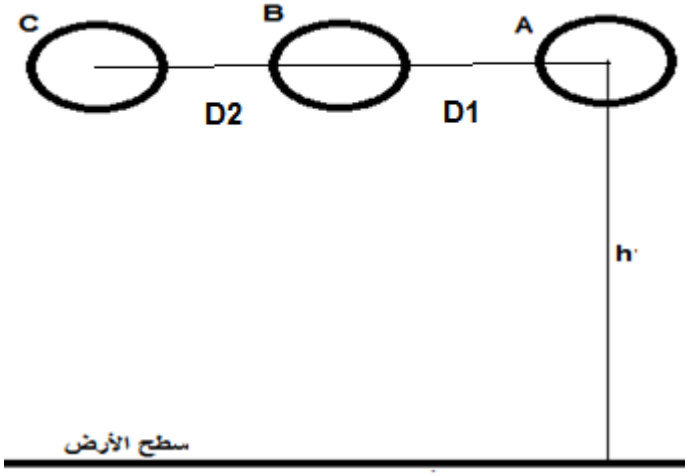



**الشكل(2): توضع أطوار الشبكة على رؤوس مثلث**

في مثل هذا التوضع تحسب الممانعة المميزة لخط النقل من العلاقات (6) الى (11)

**ثانياً: توضع الأطوار بشكل أفقي**

يبين الشكل(3) كيفية توضع اطوار النواقل بشكل أفقي على ارتفاع واحد من سطح الأرض




**الشكل(3): توضع أطوار النواقل بشكل أفقي**

لأجل النواقل المتوضعة على شكل أفقي عندها يكون :[17]

$$h_1 = h_2$$

$$D_2 = 2D_1$$

$$r_{eq1} = r_{eq2} \qquad (12)$$

$$r_{eq} = \left(n \times r_o \times r_P\right)^{1/n} = \frac{r_P}{\left(r_P / n \times r_o\right)^{1/n}}$$

$$d = 2r_P \times \sin\frac{\pi}{2}$$

ومن أجل الخطوط الكهربائية التي يمكن تقريب نواقل الأطوار المختلفة من بعضها البعض إلى أقل حد ممكن يسمح به الانفراغالكوروني والضجيج الراديوي في فتحة التثبيت أو على الأبراج الحاملة، تعطى بالعلاقة:[17]

$$Z_B = 60.\frac{U_{ph}}{nr_o.E_d.K_u} \qquad (13)$$

$E_d$ : شدة الحقل الكهربائي المسموح به على سطح الناقل (kV/Cm).

$K_u$: ثابت استخدام سطح الناقل.

$U_{ph}$: التوتر الطوري(kV).

$r_o$: نصف قطر الناقل (Cm).

مع الأخذ بالاعتبار كافة شروط توضع النواقل، وأنواعها وشروط تعلقها أكبر خطوة انشطار، تعطى الممانعة المميزة تبعاً للبارمتر x من العلاقة النهائية المنبثقة من التصاميم النهائية للخطوط الهوائية كمايلي:[17]

$$\Delta Z_B = Z_B(x) - Z_{Bo}(x_o) \approx 60.\ln\theta \quad (14)$$

حيث تحسب $\theta, x$ من العلاقات التالية:[17]

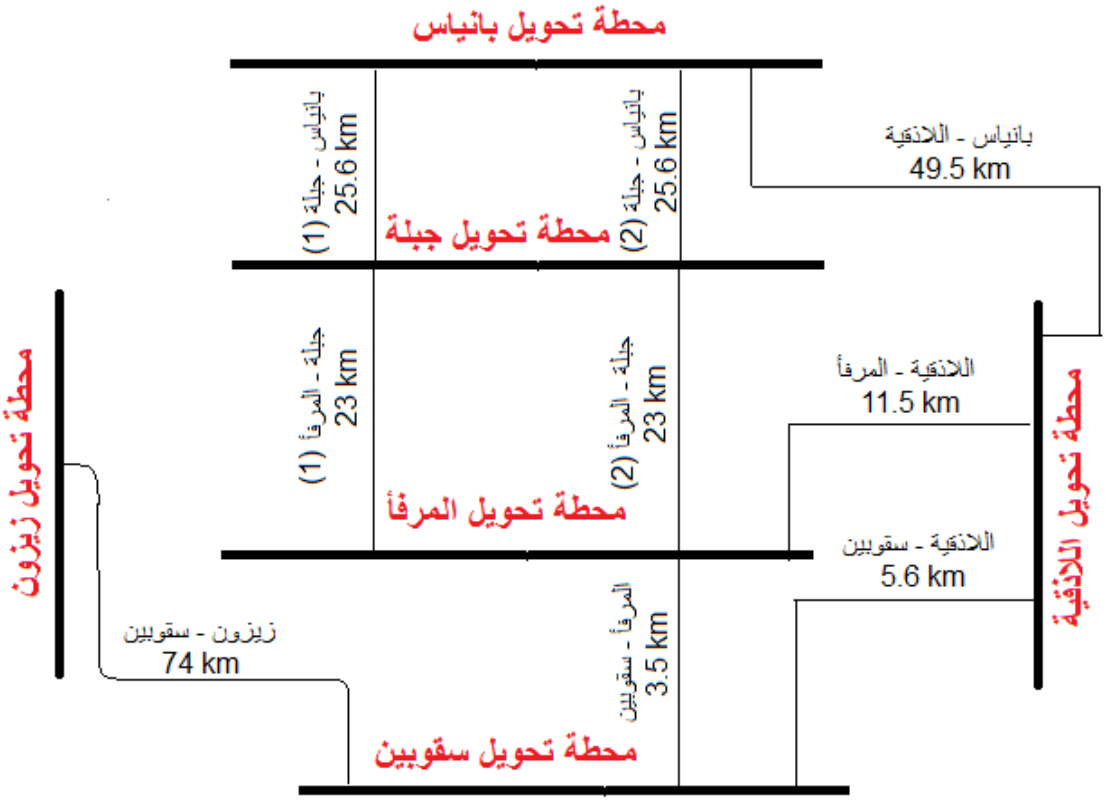
$$\theta = \frac{D_1.d_1.\gamma_1.\sin\frac{\pi}{n}}{D_O.d_2.\gamma_2.\sin\frac{\pi}{n_o}} \cdot \sqrt[3]{\frac{D_2.d_2.\gamma_2}{D_1.d_1.\gamma_1}} \quad (15)$$

$$x = \theta.x_o \quad (16)$$

$$x = \frac{2.D_1.\sin\frac{\pi}{n}}{d_2 \times \gamma_2} \sqrt[3]{\frac{D_2 \times d_2 \times \gamma_2}{D_1 \times d_1 \times \gamma_1}} \quad (17)$$

**3- الشبكة المدروسة (منطقة البحث)**

تم إجراء الدراسة على شبكة نقل التوتر العالي [KV]230 من بانياس الى اللاذقية، حيث تتألف الشبكة من 6 باسبارات و9 خطوط نقل كما هو مبين في الشكل (4).




**الشكل(4): شبكة نقل التوتر العالي 230kV من بانياس الى اللاذقية**

**4- أبراج التوتر العالي المستخدمة**

**1- أبراج الدارة الواحدة**

بارامترات أبراج التوتر العالي المستخدمة في شبكة 230 kV في اللاذقية، سواء أبراج الاستقامة، أو أبراج الاستناد، حيث أن:

- نوع النواقل AC450/50
- ارتفاع الطور الأول (السفلي) عن الأرض 28 m
- المسافة بين الطور a والطور b هي 10 m
- المسافة بين الطورين a, c هي 6.5 m
- المسافة بين الطورين b, c هي $L[bc]=\sqrt{10^2 + 6.5^2}=11.93m$
- طول العازل 1.8 m

**2- أبراج الدارة المزدوجة.**

يبين الشكل (6) أحد أبراج الدارة المزدوجة بالقرب من جسر المزيرعة على أوتوستراد اللاذقية بانياس حيث أن:

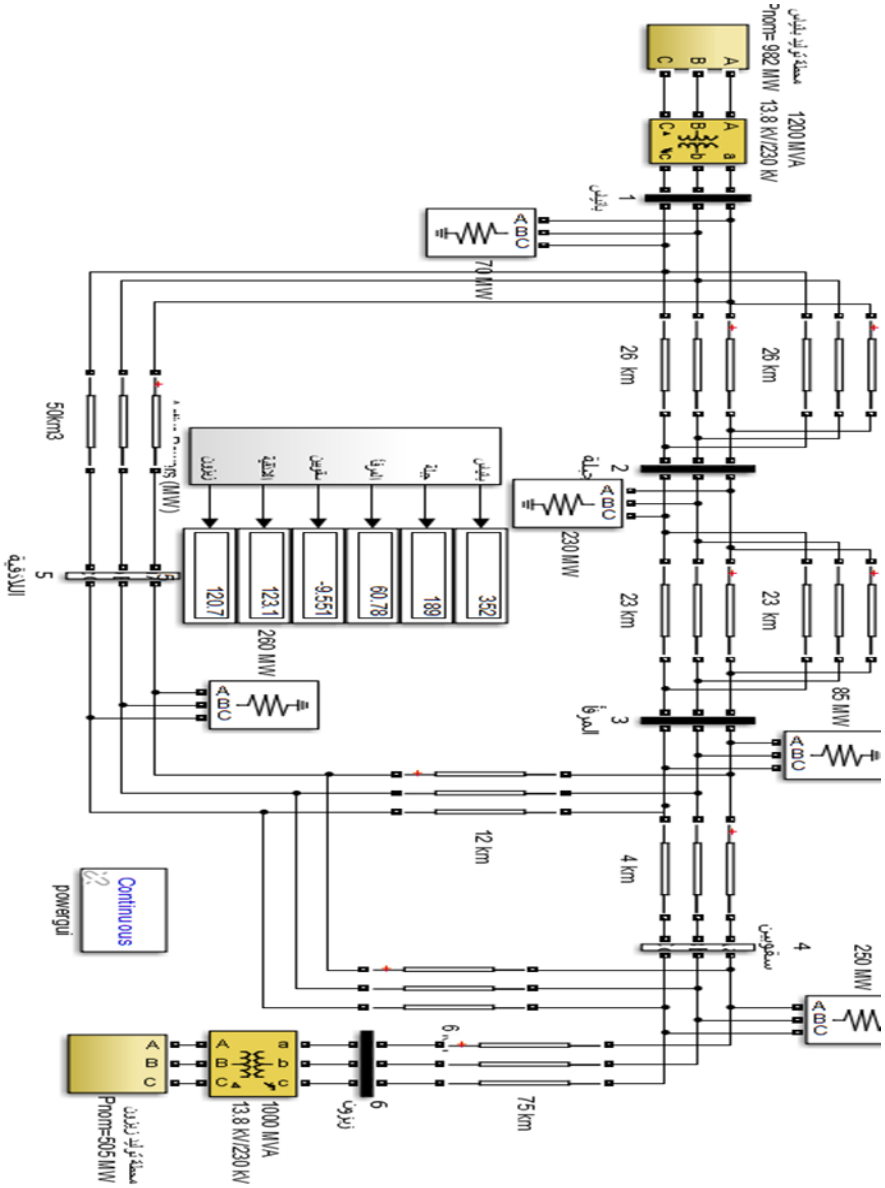
- مقاطع النواقل المستخدمة 450/50 ألمنيوم–فولاذ.
- ارتفاع الطور الأول (الأسفل) عن سطح الأرض 28m

**الشكل (6): أبراج التوتر العالي ذات الدارة المزدوجة**

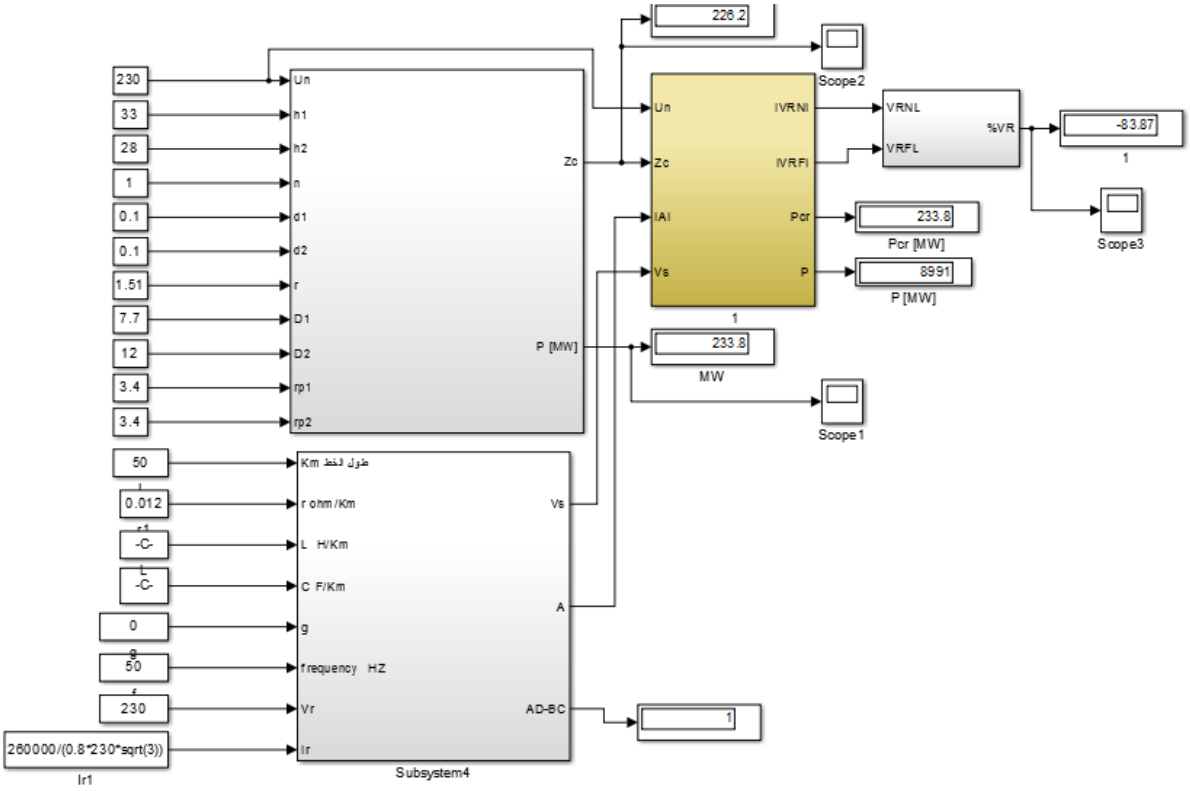
### نمذجة الشبكة

تم اجراء نمذجة حاسوبية للشبكة السابقة على في بيئة MATLAB/SIMULINKكما هو مبين في الشكلين (a–7)، و(b–7)، حيث يبين الشكل (a–7) نموذج شبكة التوتر العالي [kV]230 بين المحطة الحرارية في بانياس، واللاذقية، بينما يبين الشكل (b–7) النمذجة الرياضية لبارامترات الشبكة الكهربائية والتي تم ذكرها في متن هذا البحث العلاقات(1–17).

سنعتبر أن الممانعة المميزة متغيرة وفق ارتفاع النواقل عن سطح الأرض. ونقوم باختبار السعة التمريرية للشبكة عند تغير الممانعة المميزة الناجم عن تضاريس الأرض، واقتراح الحلول حول ذلك.




الشكل(a–7): نموذج شبكة التوتر العالي 230KV من بانياس الى اللاذقية



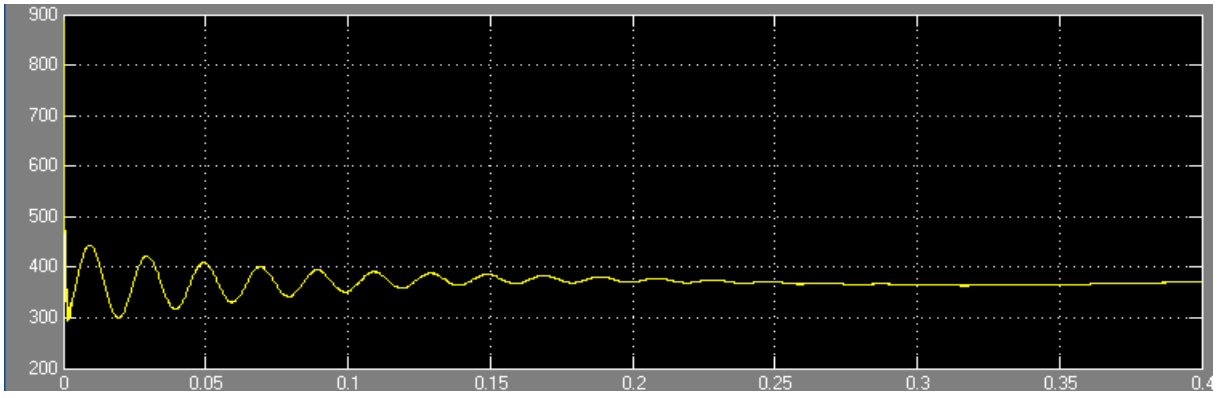

**الشكل(b–7): نموذج حساب بارامترات الشبكة**

## النتائج والمناقشة

إن الارتفاع الأعظمي للنواقل عن سطح الأرض في شبكة الـ [KV]230 من بانياس الى اللاذقية في حال كانت الأرض كلها مستوية خالية من الوديان والمنحدرات بالنسبة للشبكة المدروسة هو [m]28، وبالأخذ بالاعتبار سهم التدلي [m]8–5.

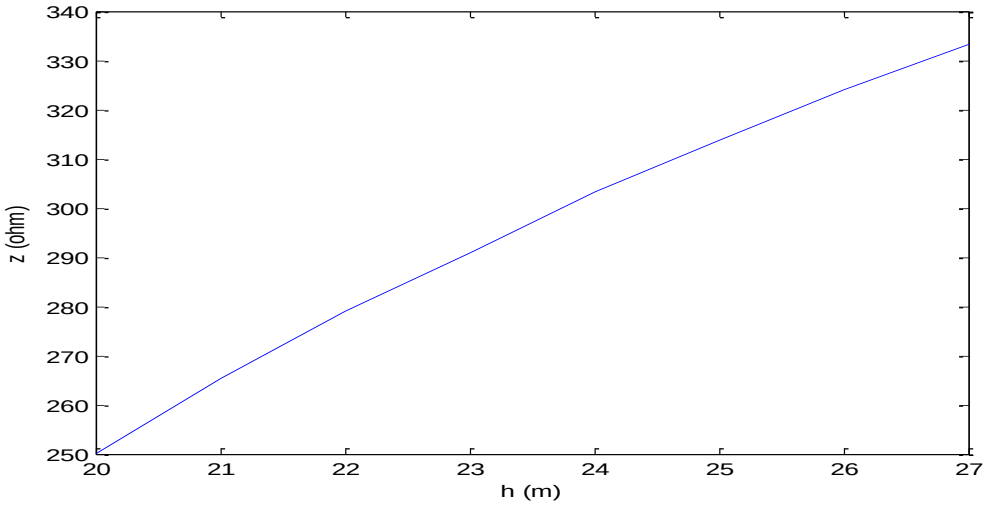
تم ادخال كافة بيانات الشبكة المدروسة،وانطلاقاً من العلاقات السابقة وحساب تغيرات كل من الممانعة المميزة والسعة التمريرية للشبكة المدروسة تبعاً لارتفاع أطوارها عن سطح الأرض.

يبين الشكل(8) ادخال بيانات شبكة نقل التوتر العالي 230KV من بانياس الى اللاذقية، حيث يظهر ثبات الاستطاعة الفعلية عند اعتبار الارض أفقية مستوية دون وجود أي تضاريس تؤثر على ارتفاع النواقل عن الأرض.

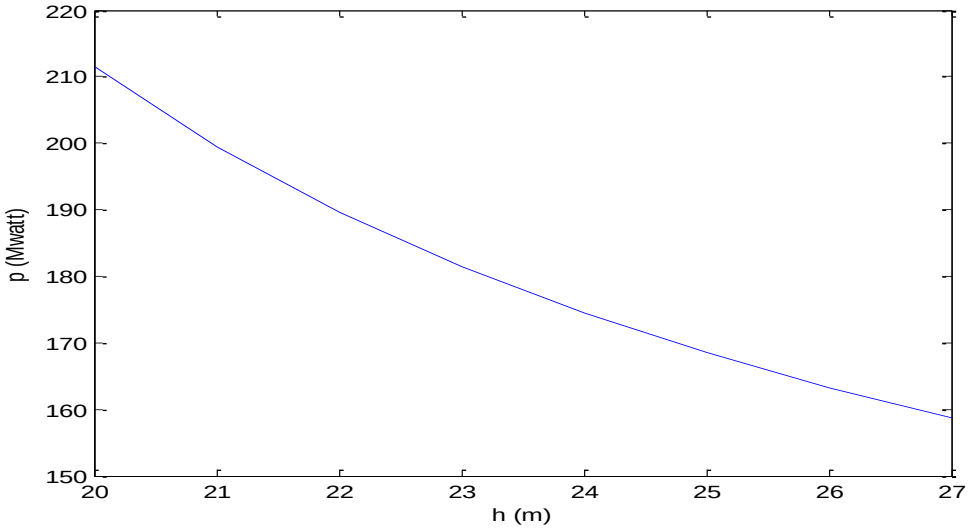



**الشكل(8): نتائج سريان الاستطاعة دون الأخذ بالاعتبار ارتفاع النواقل عن الارض**

يبين الشكل(9) نتائج تأثير ارتفاع النواقل عن سطح الارض على الممانعة المميزة للشبكة. حيث ترتفع قيمة الممانعة المميزة كلما ازداد ارتفاع النواقل عن سطح الأرض، ارتفاع النواقل يمكن أن يكون سببه طبيعة الأرض التي تمتد فوقها الشبكة، مثل وجود وادي او منحدر او مجرى نهر.




**الشكل(9): تأثير ارتفاع الشبكة الكهربائية عن الأرض على الممانعة المميزة للشبكة**



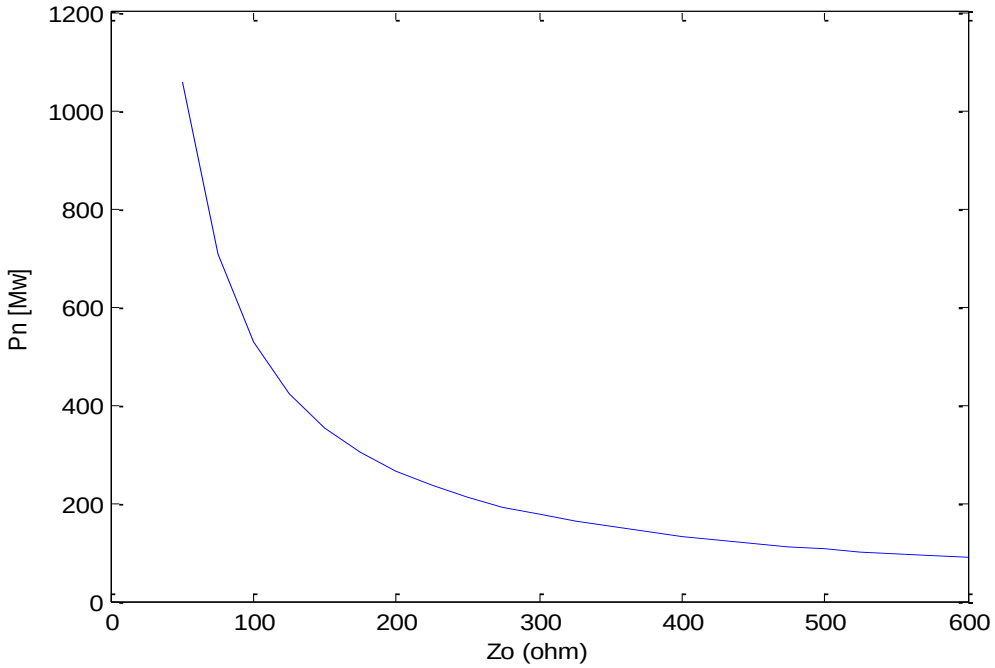

**الشكل(10): تأثير ارتفاع الشبكة الكهربائية عن الأرض على السعة التمريرية للشبكة**

الشكل(10) يبين العلاقة بين ارتفاع الشبكة عن سطح الارض والسعة التمريرية للشبكة، حيث يتضح انه كلما ارتفعت الشبكة عن سطح الأرض تزداد الممانعة المميزة، وتنخفض السعة التمريرية للشبكة.

يبين الشكل(11) أن السعة التمريرية للشبكة الكهربائية ترتفع كلما انخفضت الممانعة المميزة، حيث ترتفع القدرة التمريرية للشبكة على أحد خطوط نقل الطاقة بين بانياس واللاذقية على الباسبار B2 (جبلة) من 158MW الى 163.5MW عند زيادة سهم التدلي 1m أي بانقاص ارتفاع النواقل h من 27m الى 26m، وهذا ما نسبته زيادة في السعة التمريرية قدره 3.48%.

من الشكل(9)، الشكل(10)، والشكل(11) نلاحظ عدم ثبات الممانعة المميزة، وتأثرها بارتفاع النواقل عن سطح الأرض، ونظراً لأن ارتفاع النواقل عن سطح الأرض غير ثابت ويتعلق بتضاريس الأرض الممتدة فوقها الشبكة، فسيؤدي وجود مجاري أنهار ووديان ومنحدرات الى ازدياد ارتفاع الشبكة، أي تغيرات في الممانعة

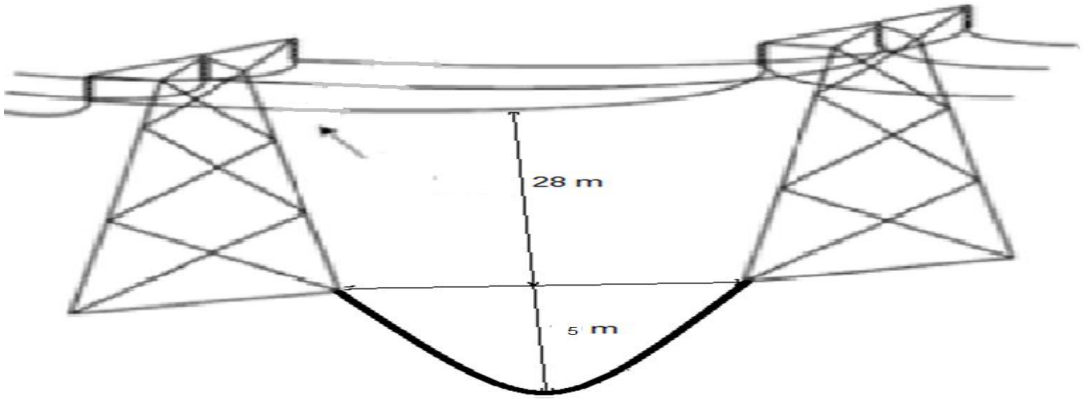
المميزة فوق المنحدرات عمّا كانت عليه قبل وبعد هذه المنحدرات، وهذا يؤدي الى اختلاف في السعة الكهربائية المتشكلة بين النواقل والارض ونشوء توترات وتيارات على شكل أمواج مسافرة تسبب ارتفاع في التوتر وحدوث الاعطال الكهربائية.




**الشكل(11): تغير السعة التمريرية للشبكة بتغير الممانعة المميزة**

**تطبيق الدراسة على حالة**

تم رصد اختلاف بارتفاع الشبكة الكهربائية عن سطح الأرض أثناء مرورها فوق النهر الكبير الشمالي حيث أدى مرور النواقل فوق مجرى النهر الى ازدياد الارتفاع من 28m الى 33mكما هو موضح بالشكل(12).




**الشكل(12): حدوث فرق في ارتفاع النواقل عن سطح الأرض فوق نهر الكبير الشمالي**

عبر تطبيق نموذج حساب الممانعة المميزة نجد أن زيادة ارتفاع النواقل عن سطح الأرض بسبب امتداد الشبكة فوق مجرى النهر أدى الى انخفاض سريان الاستطاعة في الخط المدروس بنسبة 4.94%، وارتفاع قيمة الممانعة المميزة بنسبة 3.9%، لمعالجة هذا الاختلاف نقوم بزيادة سهم التدلي للنواقل بين هذين البرجين فقط مع مراعاة اضافة عوازل عرضانية لتلافي عمليات التماس التي تنشأ بين النواقل أثناء اهتزازها بفعل الرياح، فنلاحظ ارتفاع قيمة سريان الاستطاعة الى قيمتها السابقة وهذا ما يؤدي الى تجانس قيمة سريان الاستطاعة قبل وبعد الفارق في ارتفاع الشبكة.

## الاستنتاجات والتوصيات

- ✓ قدم البحث نموذجاً عن شبكة النقل المدروسة باستخدام بيئة الـ MATLAB/SIMULINK، تسمح بحساب كافة برامترات الشبكة المدروسة (مع امكانية استخدامها لأي شبكة اخرى).
- ✓ اظهر البحث أن زيادة ارتفاع نواقل شبكات التوتر العالي الناجمة عن وجود الوديان ومجاري الانهار تعمل على زيادة الممانعة المميزة لنواقل شبكات التوتر العالي، وتخفض السعة التمريرية للشبكة فوق التباين الحاصل في الارتفاع.
- ✓ أظهر البحث عند دراسات حالة (مرور شبكة 230kV فوق النهر الكبير الشمالي)، أن نواقل التوتر العالي ازداد ارتفاعها عن سطح الارض من 28[m] الى 33[m]، مسبباً زيادة في الممانعة المميزة للشبكة فوق مجرى النهر فقط، وخفض القدرة التمرية ممَا يؤدي الى جعل هذه المنطقة بين البرجين منبعاً للأمواج المنعكسة.
- ✓ أظهر البحث أن زيادة سهم التدلي مع عوازل عرضانية بين البرجين يؤدي الى ازالة كافة الاثار الناجمة عن وجود هذا التباين في ارتفاع النواقل.
- ✓ نوصي بدراسة أثر زيادة عدد النواقل في الطور الواحد فوق المناطق متباينة الارتفاع، على ثبات قيمة الممانعة المميزة وسريان الاستطاعة، ومقارنتها فنياً واقتصادياً بهذه الطريقة.
- ✓ نوصي بدراسة أثرتركيب أجهزة FACTSأو المكثفات والملفات المتحكم بهافي الشبكة لضبط حالات تباين الممانعة المميزة، وتحسين سعتها التمريرية.

## المراجع

[1]- G.N. Alexandrov, *Modern means of transmitting electrical energy in electrical systems*, Lingrad University Publications, (1987).

[2]- H.Rawa*Characteristic and Surge Impedance Variation Impact on Transmission Line Performance*. Saudi Arabia.IJECE .ISSN: 2088-8708, DOI: 10.11591/ijece.v8i4.pp2602-2607, (2018).

[3]- B.Eric, *Frequency Variation of the Characteristic Impedance*. USA.INFORMIT, (2018).

[4]- R. S. Kshetrimayum . *Transmission line analysis*. Electromagnetic Field Theory, (2013).

[5]- H.LYAZID. *Calcul des paramètres et caractéristiques des lignesélectriquestriphasées*.UniversitéAbderrahmanemira – BEJAÏA, (2014).

[6]- J. Knockaert, *General equations for the characteristic impedance matrix and termination network of multiconductor transmission lines*. IEEE. 978-1-4244-3507-4/09, (2018).

[7]- W.Gawlik, *Analysis of Power Network for Line Reactance Variation to Improve Total Transmission Capacity*. MDPI, (2016).

[8]- C. K. Lee,*Circuit-Level Comparison of STATCOM Technologies*. IEEE. VOL. 18, NO. 4. P1084-1092, (2003).

[9]- D.Joshi, *Power Flow Control Using TCSC under Deregulated Environment*. IJEECS. ISSN 2348-117X. Volume 6, Issue 11, (2017).

[10]- F.Rabea, *Implementation of a Simplified SVC Model into Newton-Raphson Load Flow Algorithm*.IEEE. 978-1-4673-9063-7, (2016).

[11]- M.Renge, *DSSC, Distributed Power Flow Controller*. ELSEVIER.Science Direct. P745- P752, (2017).

[12]- E.Nashawati, *Impacts of Shunt Reactors on Transmission Line Protection*. Oncor Electric Delivery and Schweitzer Engineering Laboratories, Inc. All rights reserved. 20110906 • TP6515-01, (2011).

[13]- R.Gruenbaum, *Series Capacitors for Increased Power Transmission Capability of a 500 kV Grid Intertie*. IEEE, (2017).

[14]- F.Shaban, H.Shaheen, *Studying the Effects of Static Synchronous Series Compensator (SSSC) on the Electrical Power System*. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (33) No. (6), (2011).

[15]- K. Michal, C. Zsolt, B. Lubomir, K. Martin, M. Dusan, *Improvement of transmission capacity by FACTS devices in central east Europe power system*,ScienceDirect, (2016).

[16]- V. Vedin, *Transmission of electric power with alternating current of high capacity*, Minsk University Publications, (1993).

[17]- F. SHaban, A. Hossam AL-deen, Calcul*ation of the characteristic impedance in electric power transmission lines with a belt vector*, Basil Al-Assad Journal of Engineering, Mechanics, Electrical, Electronic and Informatics Sciences, Issue 25, January, (2009).