

## تحسين كفاءة سلاسل التعليق برمجياً دراسة توتر عالي

علي عبده السيد<sup>1\*</sup>

\*. الدكتور، المهندس، أستاذ مساعد في قسم هندسة الطاقة الكهربائية- كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية-

جامعة دمشق. ali.alsayed@damascusuniversity.edu.sy

<https://orcid.org/0000-0003-4577-650X>

### الملخص:

مع تزايد استخدام شبكات التوتر العالي لنقل وتوزيع القدرة الكهربائية ومع تزايد قيم توترات النقل والتوزيع لهذه الشبكات، تزايدت الاجهادات الكهربائية المطبقة على نظم العزل المختلفة المستخدمة في الشبكات.

وتعتبر شدة الحقل العظمى وتوزيع شدة الحقل المعياري الرئيسي في تحديد الاجهاد التي تتعرض له نظم العزل المختلفة. لذا تعتبر معرفة قيمة ومكان شدة الحقل العظمى وتوزيعها في كل من هذه النظم شرطاً أساسياً في تحقيق التصميم الأمثل لعزل هذه النظم والتجهيزات المستخدمة في شبكات التوتر العالي.

وتساهم العديد من الطرق الرياضية والتجريبية والتخطيطية في ايجاد الحقول الكهربائية السائدة في نظام عزل معين ويصعب الحل بهذه الطرق مع ازدياد عدم تجانس هذه الحقول وتعدد اشكال نظم العزل المستخدمة حتى انه قد يستحيل الوصول باستخدام تلك الطرق التقليدية الى حل صحيح ودقيق في العديد من النظم الحديثة ذات الاشكال المعقدة او الحاوية على اكثر من مادة عازلة واحدة.

وتقدم لنا البرمجيات الحديثة الطرق الرقمية الوسيطة المثلى لحساب مثل الحالات ويتم من خلال هذا البحث دراسة الأسس الرياضية الرئيسية المعتمدة في هذه الحسابات، والتوجه لاعتماد برمجيات موثوقة، وتطبيق هذه الحسابات والبرمجيات على نظم وتجهيزات عزل ذات حقل شديد عدم التجانس (سلاسل التعليق) وذلك لتحسين كفاءة هذه السلاسل برمجياً عن طريق تخفيض شدة الحقل العظمى.

**الكلمات المفتاحية:** توتر عالي، حقول كهربائية، سلاسل تعليق.

تاريخ الايداع: 2022/10/11

تاريخ القبول: 2022/12/20



حقوق النشر: جامعة دمشق -  
سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق  
النشر بموجب الترخيص  
CC BY-  
NC-SA 04

# Programmatically Improve the Efficiency of Suspension Strings

## High Voltage Studying

ALI Abdoh ALSAYED \*1

\*1. Dr, Eng, Professor in Electric Power Department - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - University of Damascus.  
ali.alsayed@damascusuniversity.edu.sy

<https://orcid.org/0000-0003-4577-650X>.

### Abstract:

with the increasing use of high-voltage networks for the transmission and distribution of electrical power and with the increasing values of transmission and distribution tensions of these networks, the electrical stresses applied to the various insulation systems used in the networks are increasing.

The maximum field intensity and the distribution of field intensity are the main criterion in determining the stress to which different insulation systems are exposed. Knowing the value and location of the maximum field intensity and its distribution in each of these systems is therefore a prerequisite in achieving the optimal design for the isolation of these systems and equipment used in high-tension networks.

Many mathematical, experimental and planning methods contribute to the creation of the prevailing electrical fields in a particular insulation system and are difficult to solve in these ways with the increasing heterogeneity of these fields and the complexity of the forms of insulation systems used so that it may be impossible to reach using these traditional methods a correct and accurate solution in many modern systems with complex shapes or containing more than one insulating material.

Modern software offers us digital methods the optimal means of calculating such cases and through this research the main mathematical foundations adopted in these calculations are studied, and the tendency to adopt reliable software, and the application of these calculations and software to systems and isolation equipment with a very heterogeneous field (suspension strings) in order to improve the efficiency of these strings programmatically by reducing the intensity of the maximum field.

**keywords:** High Voltage, Electric Fields, Suspension Chains.

Received:11/10/2022

Accepted:20/12/2022



**Copyright:** Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a

**CC BY- NC-SA**

## المقدمة:

الخ ) يتطلب معرفة توزيع الكمون على هذه الأجسام وبالتالي معرفة مكان شدة الحقل العظمى. تخضع كافة أجزاء الجسم العازل في الحقول المتجانسة إلى الاجهادات الكهربائية نفسها ، أي أن الاستفادة تكون كاملة (  $\eta = 1$  ). بينما في الحقول غير المتجانسة حيث (  $\eta < 1$  ) فإن أجزاء من الجسم تكون مجهددة بشكل كبير مقارنة مع أجزاء أخرى [02].

### 2-العوازل المستخدمة في شبكات التوتر العالي [1]:

يستخدم في خطوط النقل بصورة رئيسية عوازل تعليق مصنوعة من البورسلان او من الزجاج، بينما تستخدم في محطات التوزيع على الغالب عوازل ارتكاز. وبالنسبة للنموذجين كليهما من العوازل توجد تصاميم قابلة للخرق (أي يمكن أن يحدث خرق أو انهيار سطحي)، وتصاميم غير قابلة للخرق (أي لا يمكن أن يحدث إلا انهيار سطحي). ويعتبر نظام العزل قابلاً للخرق، وذلك إذا كانت مسافة الخرق للمادة العازلة ذات المتانة الكهربائية الأعلى (المادة العازلة الصلبة) أصغر بكثير من مسافة الانهيار للمادة ذات المتانة الكهربائية الأصغر (الهواء). وبالنسبة للعوازل غير القابلة للخرق تكون هاتين المسافتين متساويتين تقريباً ومن النظم غير القابلة للخرق نجد العوازل القضيبيية وعوازل الارتكاز.

يمكن تصنيف العوازل بحسب مكان استخدامها إلى :

- عوازل داخلية.

- عوازل خارجية.

إن العوازل الخارجية تكون معرضة للأمطار والأوساخ ، لذا وحتى نتفادى نشوء طبقة مبللة على امتداد سطح العازل أثناء حدوث الأمطار فإنه يجب العمل على تصميم سطح العازل بحيث تنزلق قطرات الماء عنه (إنشاء مناطق جافة على سطح العازل). ويتم تحقيق ذلك بواسطة المظلات، ونتيجة لذلك فإن الانهيار السطحي سوف يتم جزئياً عبر

تضمن التوترات العالية تأمين نقل القدرة الكهربائية المتزايدة بمفاقد ضئيلة. ويستخدم لهذا الغرض بصورة رئيسية توترات عالية بترددات 50Hz أو 60Hz. وكوسيلة للعزل في المنشآت المكشوفة الخارجية وفي خطوط النقل يستخدم الهواء مع مواد عازلة صلبة. وبما أن المتانة الكهربائية للهواء هي أقل بكثير من متانة المواد العازلة الصلبة المستخدمة، لذا فإن الهواء يتعرض لإجهاد العزل الكهربائي الرئيسي، بينما يقوم الجسم الصلب من العازل بتحمل الاجهادات الميكانيكية بصورة رئيسية. وللحفاظ على عازلة عدة مزايا أهمها أنه يترمم ذاتياً، وهو متوفر دوماً، ولا يكلف شيئاً. لكن بما أن توترات النقل عالية نسبياً، والمتانة الكهربائية للهواء بالمقابل منخفضة نسبياً ( في حدود  $\hat{E}d \approx 25 \dots 30 kV/cm$  )، لذا لا يمكن الاستفادة إلا من نظم عزل ذات حقول شديدة عدم التجانس. وهذا يعني أيضاً ضرورة تأمين، مسافات عزل كبيرة جداً، ويفسر بالتالي سبب احتياج المنشآت الكهربائية المكشوفة وخطوط النقل الهوائية إلى مساحات كبيرة. وينتج التطور الحالي إلى استخدام النظم ذات الحقول ضعيفة عدم التجانس، حيث نتمكن من تخفيض مسافة العزل إلى عُشر قيمتها تقريباً [01].

القيمة المميزة التي تحدد الإجهاد الكهربائي للعوازل المختلفة هي شدة الحقل الكهربائي. لذا فإن معرفة قيمة ومكان وجود شدة الحقل العظمى وتغيرها في المجال المحيط بهذه المنطقة يعتبر شرطاً أساسياً لإيجاد التصميم الأفضل للعناصر والتجهيزات المستخدمة في مجال التوتر العالي. وهنا نلاحظ توفر العديد من الطرائق التجريبية والرياضية التي تساهم في إيجاد الحقول الكهربائية السائدة في نظام عزل ما. التصميم الأمثل لأبعاد الأجسام العازلة في تجهيزات التوتر العالي ( عوازل التعليق، عوازل العبور ، عوازل الارتكاز ...

تحسين كفاءة سلاسل التعليق برمجياً....

السيد

**وظيفة ميكانيكية :** تثبيت النواقل الكهربائية على الأعمدة أو الأبراج في جميع الظروف الجوية المتوقعة بحيث تتحمل مختلف القوى الميكانيكية المؤثرة عليها.

## 2-1- المتطلبات الرئيسية للعوازل:

(1) المتانة الميكانيكية لتحمل أكبر الإجهادات المتوقعة.

(2) جودة العزل تحت أسوأ الظروف.

(3) خالية تماماً من الشوائب والشروخ و غير مسامية.

(4) لا تتأثر بتغير درجة الحرارة المحيطة.

(5) مقاوم للانهايار الداخلي و الانهايار السطحي.

تتكون العوازل المستخدمة في خطوط النقل من عدة مظلات (صحنون Disc Insulators) يتوقف نوعها وقوتها على الغاية المستخدمة من أجلها، وكذلك على موضعها من البرج المستخدم.

## 2-2- أنواع العوازل [2] :

أولاً: من حيث المادة العازلة وهي ثلاثة:

### أ- عوازل البورسلين Porcelain insulators:

ويتمتع بعازلية كهربائية مرتفعة إذا كان متجانساً ونقياً ومعالجاً بصورة جيدة، وخالياً من أي مسامات مهما صغرت. وتصنع عوازل البورسلين من سيليكات الألومنيوم و يخلط مع مادة الكاولين البلاستيكيه ومادة الكوارتز ويسخن الخليط لدرجة لدرجة الحرارة المناسبة لكي يحدث توازن بين القوة الميكانيكية المطلوبة و مسامية المادة والتي تؤثر علي شدة العزل الكهربى.

وتبلغ متانة البورسلين من 10kv/mm الى 40KV/mm ويصنع من البورسلين نوعين العوازل Cap&pin و Long rod على السواء. ويبين الشكل (1) عوازل مصنوعة من البورسلين.

الهواء وجزئياً على طول سطح العازل (الوجه السطحي المبلل للمظلات). أما في حالة الجفاف فإن الانهايار يتم على طول أقصر مسافة من مسرى التوتر العالي للمسرى الأرضي (مسافة الخيط). ويمكن أن تنشأ طبقة شوائب رطبة على امتداد سطح العوازل الخارجية وكذلك في العوازل الداخلية، وقد يتسبب ذلك في حدوث الانهايار السطحي الزاحف على طول سطح العازل.

إن تصميم العوازل وحوامل العوازل والأجزاء المعدنية يجب أن يحقق شرط عدم حدوث أية انفراغات جزئية على هذه العوازل عند تطبيق توتر التشغيل ( وذلك إن كان سطح العازل نظيفاً أمتسحاً ) وذلك حتى تبقى مفايد القدرة صغيرة قدر الإمكان. وبالمقابل فإنه أثناء إجراء الاختبارات على العوازل لمعرفة قدرة عزلها فإنه يسمح بحدوث إنفراغات جزئية مستقرة على شكل ستريرم.

توترات الشبكة الكهربائية السورية هي:

$$U_B = 400kV, 230kV, 66kV, 20kV$$

فإنه يتم تصميم مسافات العزل الهوائية بالاستعانة بنظرية الستريرم أي بتدرج  $5kV/cm$ . أما بالنسبة للتوترات العالية جداً المستخدمة في بعض دول العالم الصناعية حالياً (  $750kV$  ) أو ( $1100kV$ )، فإنه يحدث فيها قبل الخرق انفراغات ليدر بحيث أن التصميم في هذه الحالة يتم بالاعتماد على وجود ميل أصغر بكثير والذي يقع في حدود  $1kV/cm$  وهذا يعني ضرورة تأمين مسافات عزل كبيرة جداً، كاستخدام سلاسل عزل طويلة.

تعد العوازل أحد العناصر الرئيسية التي تؤخذ بالأهمية عند دراسة انشاء خط نقل كهربائي، وخاصة كلما زادت توتر النقل لازدياد تكاليف العزل وحجم الأبراج.

وللعوازل وظيفتان أساسيتان وهما:

**وظيفة كهربائية:** وهي تأمين العزل الكهربائي الكامل بين النواقل الكهربائية والأبراج أو الأعمدة الحاملة لها.

السيد



الشكل (2) عوازل مصنوعة من الزجاج

### ث-العوازل المطاطية Rubber insulators :

تصنع هذه العوازل من البلاستيك المقوى والمطاط (البوليمر) وتتميز هذه العوازل بخفة وزنها وعدم بالعوازل الأخرى. يمتاز بخفة وزنه الكبيره مقارنة بالعوازل الأخرى (30/1) من وزن عازل البورسلين كما يمتاز بسهولة تركيبه على الأبراج إلا أن أسعارها لا زالت أعلى من أسعار العوازل الزجاجية أوالمصنوعة من البورسلان ويصنع منه عوازل من نوع

فقط Long rod

والشكل (3) عوازل مصنوعة من المطاط



الشكل (3) عوازل مصنوعة من المطاط

هناك ثلاثة أنواع من العوازل التي تستخدم في شبكات التوتر

العالي وهي:

تحسين كفاءة سلاسل التعليق برمجيا....



الشكل (1) عوازل مصنوعة من البورسلين

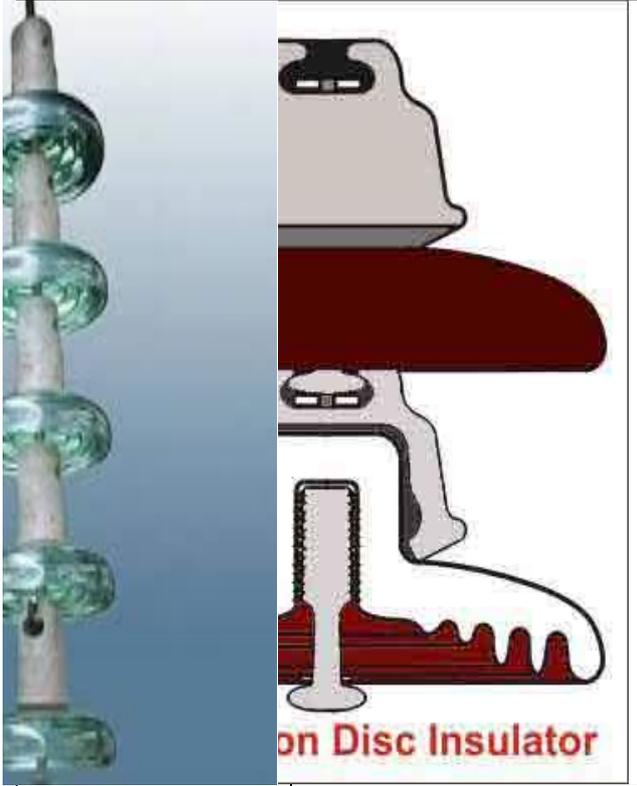
### ب-العوازل الزجاجية Glass insulators :

ويتم تصنيع الزجاج من السليكون وتبلغ متانته من 10kv/mm الى 40KV/mm وله قوة ضغط ميكانيكي عاليه مقارنة بالبورسلين ويمتاز بأنه شفاف مما يجعل رؤية اي شوائب أو فقاعات غازيه أو شروخ ممكنه بالعين المجردة ويعد شفافا بالنسبة للإشعاعات الحرارية، ولذلك لا يسخن كثيرا بتعرضه لأشعة الشمس، ويكمن عيبه الرئيسي في سهولة تكاثف الرطوبة على سطحه، وهذا يقلل إمكانية استخدامه في المناطق الرطبة ، وله ميزة عملية تكمن في انه إذا تعرض لصدمات ميكانيكية كرمي الحجارة عليه، يكسر بالكامل فيسهل اكتشاف موقع العطل في خط النق، بينما يتشقق عازل البورسلان فقط في الحالات المشابهة، وبالتالي يصعب اكتشافه بالنظر إليه من سطح الأرض، ويصنع من الزجاج عوازل Cap&pin فقط. والشكل (2) عوازل مصنوعة من الزجاج.

السيد

للاغاية. وللتغلب على هذه الصعوبات تم استخدام عوازل التعليق التي هي مصنوعة من نفس المواد التي صنع منها عازل الدبوس.

في عازل التعليق يتم توصيل عدد من المظلات على شكل سلسلة ويبين الشكل (5) عازل تعليق مستخدم في شبكات التوتر العالي 20kv.



الشكل (5) عازل تعليق مستخدم في شبكات التوتر العالي

مزايا عوازل التعليق :

- ✓ يتم تصميم كل مظلة (قرص) تعليق لتتحمل توتر قدره 11kv وباستخدام عدد مختلف من المظلات ، يمكن جعل سلسلة التعليق مناسبة لأي شبكة.
- ✓ اذا انهارت أي مظلة أو تحطمت لاي سبب يمكن بكل سهولة تبديلها.

تحسين كفاءة سلاسل التعليق برمجيا....

عازل دبوس وعازل تعليق وعازل شد حيث تستخدم عوازل الدبوس والتعليق الشد في شبكات التوتر المتوسط والعالي. في حين تستخدم عازلة لبقاء وتكبير في شبكات التوتر المنخفض.

### ت-العازل الدبوس Pin Insulator

وهو أقدم أنواع العوازل المستخدمة، ولا تزال شائعة الاستخدام في شبكات التوتر العالي حتى 33kv. يمكن أن يكون عازل الدبوس مؤلف من مظلة واحدة في شبكات 11kv أو مظلتين كما في شبكات 20 كيلو فولت أو أكثر وذلك حسب توتر الشبكة.

ويصنع عازل الدبوس عادة من البورسلين أو الزجاج بشكل صحيح. ويصمم بحيث يتحمل كافة الظروف الجوية كالمطر والتلوث والضباب والرياح.... ويبين الشكل (4) عازل دبوس مستخدم في شبكة 33kv.

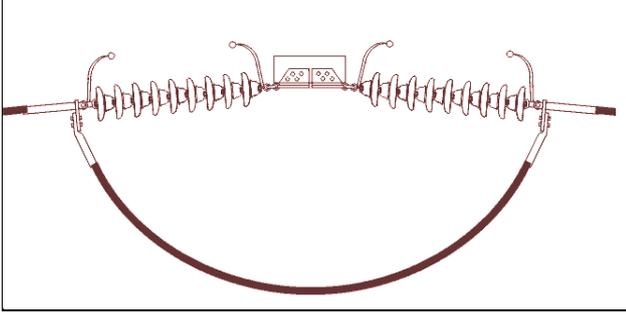


الشكل (4) عازل دبوس مستخدم في شبكة 33kv.

### ج-عوازل التعليق Insulators Suspension

يستخدم في شبكات التوتر العالي 66kv فما فوق ولا تستخدم عوازل الدبوس لأنها غير اقتصادية لأن حجم ووزن العازل يصبح كبير ويصبح استبدال العازل مهمة صعبة

السيد



الشكل (7) عازل شد في شبكة 132kv

### 2-3- الأعطال التي تتعرض لها العوازل وهي:

- ✓ التكرس وذلك نتيجة تعرضها للعوامل الجوية مثل (الصواعق) أو نتيجة تعرضها للعبث البشري.
- ✓ نتيجة صدأ وتشقق القطع المعدنية المكونة لسلسلة العوازل نتيجة (للعوامل الجوية والتلوث).
- ✓ انهيار العازلية يكون ذلك نتيجة تلوث (تراكم مواد التلوث العالقة في الجو على سطح العازل) العوازل سواء من العوامل الجوية أو قربها من المصانع التي تخرج مخلفات تؤثر على سلاسل العوازل ( كالإسمنت، البوتاس، الخ، أو تعرضها للعوامل الجوية كالصواعق المفاجئة، أو نتيجة لوجود تيارات تسريبه Leakage Current.

### 3- طرق حساب الحقول الكهربائية: [02]

يتصف الحقل الكهربائي بالتعقيد لذلك يتم حسابه ضمن مفهوم "الحل الهندسي" والمقصود بالحل الهندسي هنا هو أن تكون دقة النتائج والمجهود المبذول للتوصل إلى هذه النتائج متناسبة مع أهمية المسألة المطروحة

وبصورة عامة فإن حساب الحقول يعني التوصل إلى حساب E أو D أو  $\phi$  كتوابع للإحداثيات المستخدمة.

وأهم الطرق المستخدمة في إيجاد الحقول الكهربائية هي:

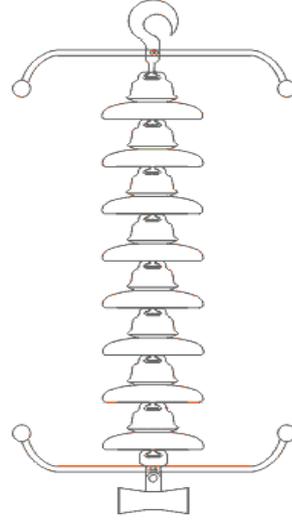
- الطريقة التجريبية. - الطريقة التخطيطية. - الطريقة الحسابية. - الطريقة العددية.

### 3-1- الطرق العددية:

يمكن استخدامها في الحالات التي لا يمكن فيها التوصل إلى حل مغلق لمعادلة لابلاس، وتحدد الطرق العددية بسعة

تحسين كفاءة سلاسل التعليق برمجيا....

- ✓ الاجهادات الميكانيكية على عازل التعليق هو أقل منها على عوازل الدبوس.
- ✓ يمكن استخدام قرون التفريغ (حلقات التعليق) بسهولة على هذه العوازل. ويبين الشكل (6) سلسلة تعليق مركب عليها قرون تفريغ.



الشكل (6) سلسلة تعليق مركب عليها قرون تفريغ.

### مسائى عوازل التعليق

- ✓ سلسلة التعليق أكثر تكلفة من عازل الدبوس غيره من العوازل
- ✓ ارتفاع سلاسل التعليق عادة أكبر من غيرها.
- ✓ ان سعة التآرجح للنواقل في سلاسل التعليق أكبر لذلك يجب توفير المزيد من التباعد بين النواقل.

### ح-عوازل الشد Insulators Strain

- ✓ تستخدم عوازل الشد على أبراج الشد مثل أبراج البداية والنهائية والزواوية والمقطع وتكون قوية بحيث تتحمل قوة شد الناقل نفسه إذ تتحمل قوى شد 3500 كغم للقرص الواحد.

ويبين الشكل (7) عازل شد في شبكة 132kv

تحسين كفاءة سلاسل التعليق برمجياً....

التخزين للحاسبات الالكترونية المستخدمة وتعتمد على

علاقات التناظر في الحقل، وتشمل طريقتين:

1- طريقة جمع الشحنات المكافئة

2- طريقة الفروق المحددة

وتعتمد طريقة الفروق المحددة على لإيجاد حل تجريبي

لمعادلة لابلاس للتوصل إلى تحديد التوزيع الحقيقي للحقل

الكهربي السائد بين المساري، وذلك بتقريب معادلة لابلاس

بمعادلة فروق.

ويمكن تلخيص مراحل الحل كالتالي:

1- يتم تجزئة مجال الحقل المدروس إلى عناصر حدية

صغيرة جداً أي إلى وحدات عنصرية لها نفس الخواص

على شكل مثلثات أو مربعات أو مسدسات.....، وذلك

حسب ملاءمتها لشكل المساري وأبعاد الحقل، أي أن

منطقة الحقل المدروس تغطي بشبكة كثيفة جداً من

النقاط التي تبعد عن بعضها أبعاداً صغيرة جداً.

2- يتم تحديد نقاط الشبكة المغطية للحقل.

3- تعطى هذه النقاط كمونات محددة معطاة أو اختيارية.

4- يتم إيجاد الكمون  $\varphi$  لكل نقطة من نقط الحقل وذلك

بالإستعانة بمعادلة لابلاس بعد تحويلها إلى معادلة

فروق، حيث تسمح بحساب كمون كل نقطة من كمون

النقاط المجاورة لها.

ويتم تكرار عملية الحساب حتى الوصول إلى دقة معينة

0.5% بين عمليتين حسابيتين متتاليتين

تستخدم هذه الطريقة في:

• الأنظمة المغلقة المعروف كمون مساريها.

• النظم المتعددة المواد العازلة.

• وجود زوايا أو أطراف حادة.

• وجود شحنات فراغية في مكان الحقل.

• عند وجود حقل متناظر محورياً أو حقل بمتحولين.

السيد

### 3-2- حساب الحقول الكهربائية لسلاسل التعليق

برمجياً: [3]

تقوم البرمجيات بحساب توزيع الحقل الكهربائي للنظم

المدروسة وفق طريقة الفروقات المحددة، في مستوي ثنائي

الأبعاد ("ويشمل الحقول المتناظرة دورانيا") ويشمل ثلاثة

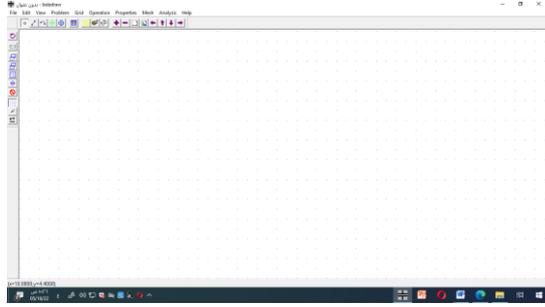
أقسام:

1- القسم التقاعلي: حيث يحتوي البرنامج على واجهة لرسم

التصميم الهندسي للنظام المراد دراسته وإدخال الشروط

الحدية وخواص مواد العزل المستخدمة.

ويبين الشكل (8) الواجهة الرئيسية لهذا البرنامج



الشكل (8) الواجهة الرئيسية لهذا البرنامج

2- تقسيم منطقة الحل إلى شبكة حاوية على عدد كبير من

المثلثات وبحسب الدقة المطلوبة.

3- إيجاد الحلول للمشكلة المطروحة.

حيث يأخذ كل حل مجموعة من ملفات البيانات التي تصف

المسألة ويحل المعادلة التفاضلية الجزئية ذات الصلة

للحصول على القيم المطلوبة خلال مجال الحل.

هناك عدة برامج تقوم بحساب الحقول الكهربائية وهنا

سنستخدم برنامج Beladraw والذي يبين ملائمته لأهداف

هذه الدراسة.

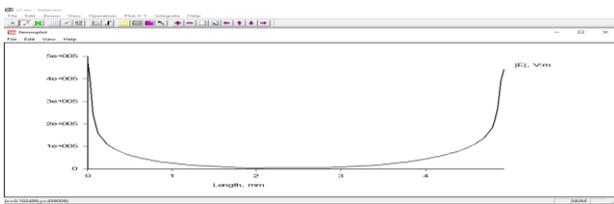
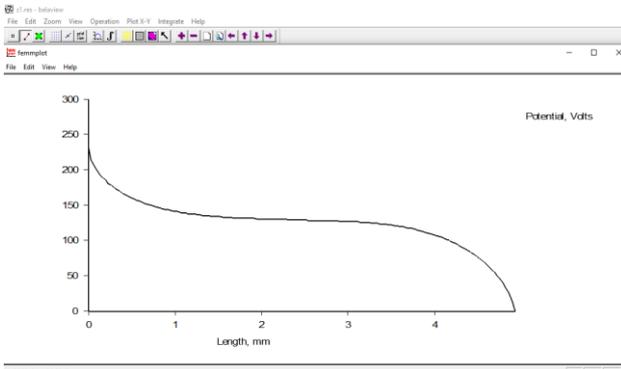
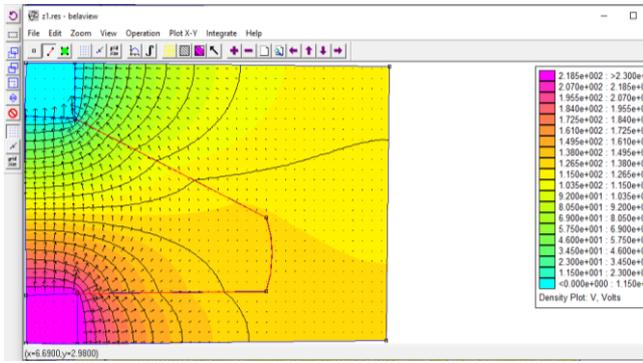
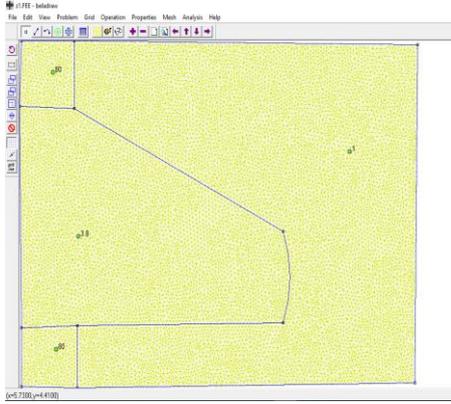
4- الجزء العملي

يهدف هذا الجزء الى تبيان كيفية تحسين كفاءة سلاسل

التعليق برمجياً وذلك عن طريق عدة إجراءات هندسية

تصميمية على العازل بهدف تخفيض شدة الحقل العظمى

## السيد



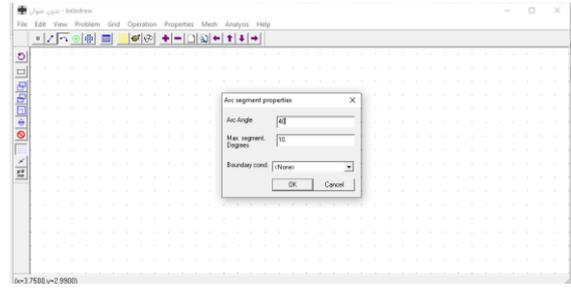
الشكل (9) الرسم الهندسي وشبكة المثلثات وتوزيع الحقل والكمون للعازل

تحسين كفاءة سلاسل التعليق برمجياً... .

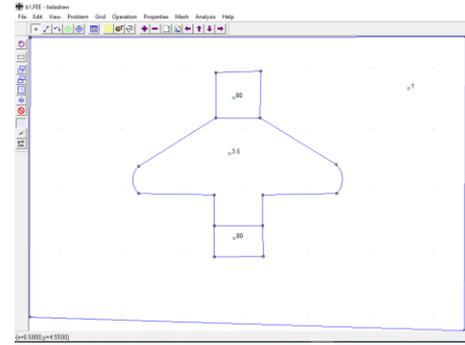
التي تبدأ عندها الانفرغات الجزئية بالظهور وبالتالي انهيار العازل حيث تم اختيار سلسلة تعليق مرجعية وذلك عن طريق الرسم بعدها تم تطبيق برنامج الحساب عليها لمعرفة شكل وقيمة شدة الحقل العظمى بعدها بدأنا بتطبيق الإجراءات الهندسية عليها وذلك لتبيان كيف يمكن تخفيض شدة الحقل العظمى المطبقة وبالتالي رفع توتر الانهيار.

4-1: الاجراء الأول: سلسلة تعليق مرجعية بزواوية ميل المظلة 40 درجة

في هذه الحالة تم رسم عازل لسلسلة تعليق مؤلفة من مظلة واحدة حيث يصنع القسم الدائري من المظلة مع المحور الأفقي زاوية قدرها 40 درجة.



ويبين الشكل (9) الرسم الهندسي وشبكة المثلثات وتوزيع الحقل والكمون للعازل في الاجراء الأول



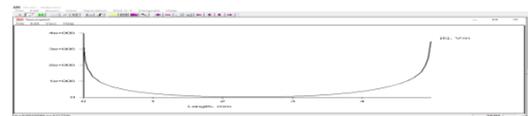
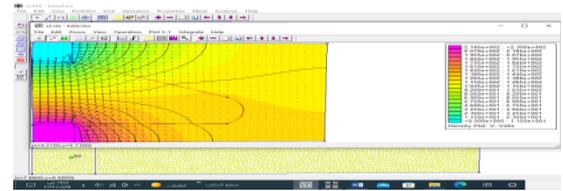
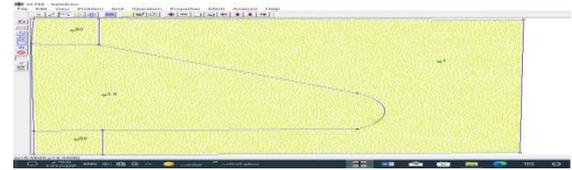
تحسين كفاءة سلاسل التعليق برمجيا... .

نلاحظ من هذه الاشكال بأن الحقل هنا هو حقل شديد عدم التجانس وهو يمثل حالة نظام ابرة مقابل ابرة حيث كانت قيمة الحقل العظمى في هذه الحالة هي 470 kv/m

2-4: الاجراء الثاني: سلسلة تعليق بزواوية ميل المظلة 80 درجة

في هذه الحالة تم رسم عازل لسلسلة تعليق مؤلفة من مظلة واحدة حيث يصنع القسم الدائري من المظلة مع المحور الاقضي زواوية وقدرها 80 درجة.

ويبين الشكل (10) الرسم الهندسي وشبكة المثلاث وتوزع الحقل والكمون للعازل في الاجراء الثاني



الشكل (10) الرسم الهندسي وشبكة المثلاث وتوزع الحقل والكمون للعازل

نلاحظ من هذه الاشكال بأن الحقل هنا هو حقل شديد عدم التجانس وهو يمثل حالة نظام ابرة مقابل ابرة حيث كانت قيمة الحقل العظمى في هذه الحالة هي 332 kv/m

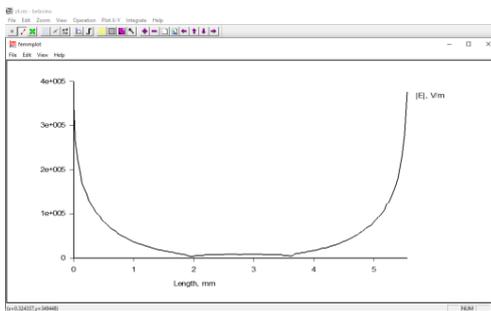
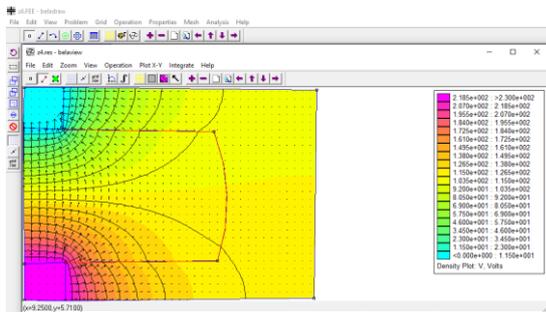
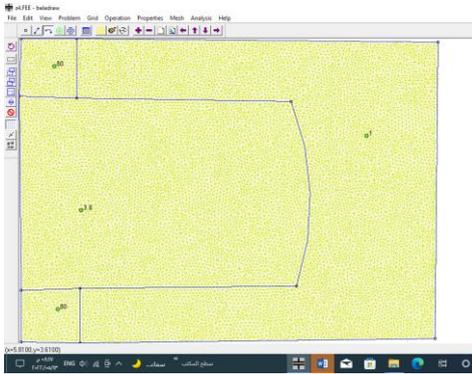
التعليق: نلاحظ من الشكلين السابقين أنه بزيادة زاوية انحناء المظلة من 40 درجة الى 80 درجة قد انخفضت شدة الحقل العظمى من 4.7kV/cm الى 3.32Kv/cm وبالتالي يكون قد ارتفع توتر الانهيار للعازل.

السيد

3-4: الاجراء الثالث: سلسلة تعليق بدون زاوية مظلة مع المحور الاقضي.

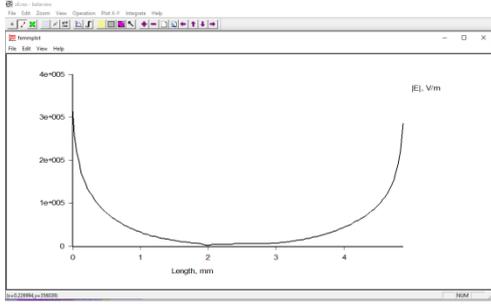
في هذه الحالة تم رسم عازل لسلسلة تعليق مؤلفة من مظلة واحدة حيث تم الغاء الزاوية بين سطح العازل والمحور الاقضي العلوي.

ويبين الشكل (11) الرسم الهندسي وشبكة المثلاث وتوزع الحقل والكمون للعازل في الاجراء الثالث



الشكل (11) الرسم الهندسي وشبكة المثلاث وتوزع الحقل والكمون للعازل

السيد

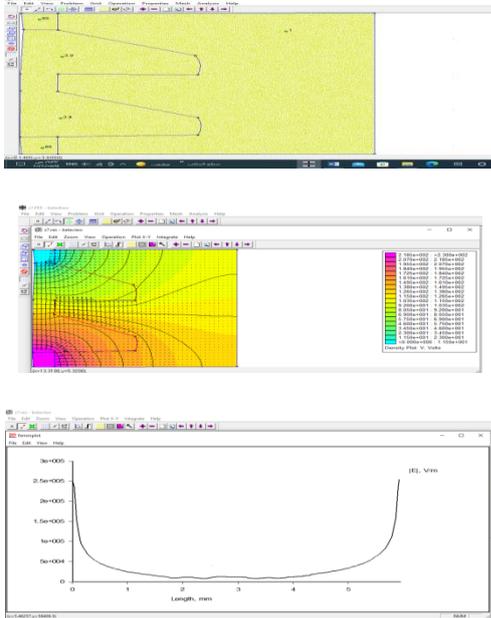


الشكل (12) الرسم الهندسي وشبكة المثلاث وتوزع الحقل والكمون للعازل  
نلاحظ من هذه الاشكال بأن الحقل هنا هو حقل شديد عدم  
التجانس وهو يمثل حالة نظام ابرة مقابل ابرة حيث كانت  
قيمة الحقل العظمى في هذه الحالة هي 323 kv/m.

#### 4-5- الاجراء الخامس: سلسلة تعليق بمظلتين

في هذه الحالة تم رسم عازل لسلسلة تعليق مؤلفة من  
مظلتين (زيادة عدد المظلات) حيث يصنع القسم الدائري من  
المظلة مع المحور الافقي زاوية وقدرها 40 درجة.

ويبين الشكل (13) الرسم الهندسي وشبكة المثلاث وتوزع  
الحقل والكمون للعازل في الاجراء الخامس.



الشكل (13) الرسم الهندسي وشبكة المثلاث وتوزع الحقل والكمون للعازل  
نلاحظ من هذه الاشكال بأن الحقل هنا هو حقل شديد عدم  
التجانس وهو يمثل حالة نظام ابرة مقابل ابرة حيث كانت  
قيمة الحقل العظمى في هذه الحالة هي 250 kv/m.

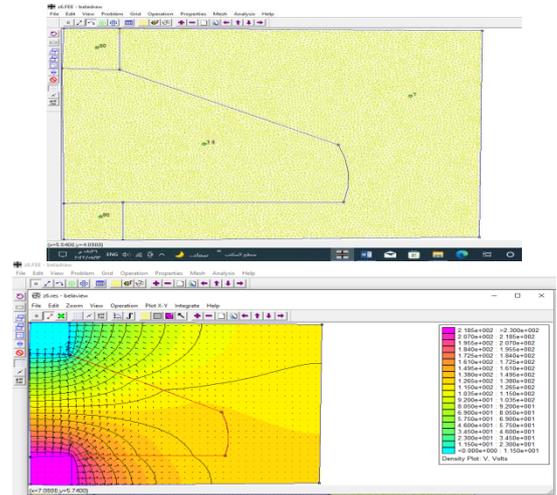
تحسين كفاءة سلاسل التعليق برمجياً...

نلاحظ من هذه الاشكال بأن الحقل هنا هو حقل شديد عدم  
التجانس وهو يمثل حالة نظام ابرة مقابل ابرة حيث كانت  
قيمة الحقل العظمى في هذه الحالة هي 334 kv/m.  
التعليق: نلاحظ في هذه الحالة أيضاً أنه بإلغاء زاوية  
انحناء المظلة من 40 درجة الى صفر درجة قد انخفضت  
شدة الحقل العظمى الى 3.34Kv/cm وبالتالي يكون قد  
ارتفع توتر الانهيار للعازل وهذه حالة جيدة ولكن بالحياة  
العملية لا يمكن تطبيقها بسبب الظروف الجوية من مطر  
وتلوث وغبار.

#### 4-4- الاجراء الرابع: سلسلة تعليق بقطر اكبر

في هذه الحالة تم رسم عازل لسلسلة تعليق مؤلفة من مظلة  
واحدة حيث يصنع القسم الدائري من المظلة مع المحور  
الافقي زاوية وقدرها 40 درجة ولكن مع تكبير قطر المظلة  
(امتداد المظلة الافقي).

ويبين الشكل (12) الرسم الهندسي وشبكة المثلاث وتوزع  
الحقل والكمون للعازل في الاجراء الرابع.



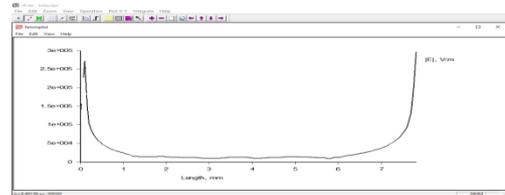
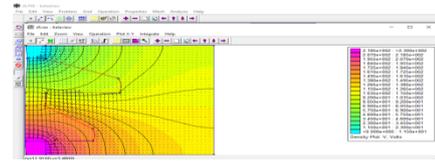
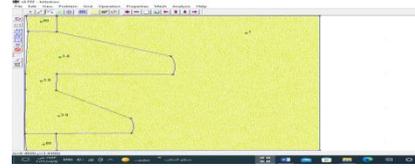
تحسين كفاءة سلاسل التعليق برمجياً....

التعليق: نلاحظ من الشكلين السابقين (13 و12) أنه بزيادة قطر المظلة او بزيادة عدد المظلات بنفس الحجم قد انخفضت شدة الحقل العظمى من 4.7kV/cm الى 2.5Kv/cm وبالتالي يكون قد ارتفع توتر الانهيار للعازل بشكل جيد.

#### 4-6- الاجراء السادس: سلسلة تعليق بمظلتين مختلفين بالحجم.

في هذه الحالة تم رسم عازل لسلسلة تعليق مؤلفة من مظلتين (زيادة عدد المظلات) ولكن بأحجام مختلفة حيث يصنع القسم الدائري من المظلة مع المحور الافقي زاوية وقدرها 40 درجة.

ويبين الشكل (14) الرسم الهندسي وشبكة المثلاث وتوزع الحقل والكمون للعازل في الاجراء السادس.



الشكل (14) الرسم الهندسي وشبكة المثلاث وتوزع الحقل والكمون للعازل

نلاحظ من هذه الاشكال بأن الحقل هنا هو حقل شديد عدم التجانس وهو يمثل حالة نظام ابرة مقابل ابرة حيث كانت قيمة الحقل العظمى في هذه الحالة هي 300 kv/m.

السيد

التعليق: نلاحظ من الشكل السابق (14) أنه بزيادة عدد المظلات ولكن بحجم مختلف قد انخفضت شدة الحقل العظمى من 4.7kV/cm الى 3Kv/cm وبالتالي يكون قد ارتفع توتر الانهيار للعازل بشكل جيد وهذا يفضل في المناطق المعرض الى رياح تحمل غباراً وملوثات.

#### 5- نتائج البحث:

نلاحظ من هذه الدراسة أن جميع الحالات المدروسة قد حسنت من كفاءة سلسلة التعليق (انخفاض شدة الحقل العظمى المطبقة وارتفاع توتر الانهيار) وذلك حسب العلاقة التالية:  $E = Ud/S$  حيث لإنفاص شدة الحقل العظمى  $E$  وه والهدف نزيد من المسافة  $S$  (وذلك اما بتغيير زاوية ميل المظلة او تكبير القطر او زيادة عدد المظلات ) عندها لا بد من ان يرتفع توتر الانهيار.

#### 6- الخاتمة:

بينت نتائج الحسابات المنفذة برمجياً أنه يمكن تحسين كفاءة سلاسل التعليق المستخدمة في شبكات التوتر العالي حيث بينت أنه يمكننا جني فوائد استخدام الحل الرقمي والتي من أبرزها :

كما بينت النتائج تميز هذه الطرق الرقمية البرمجية لحساب توزع الحقل :

- بسرعة انجاز الحسابات
- دقة نتائجها
- صلاحيتها لحساب النظم عالية التعقيد التي تعجز الحسابات الرياضية التقليدية عن حسابها إن كان من حيث تعقّد الشكل وتعدد المواد العازلة
- وتقديمها نتائج الحسابات مع الاشكال والمنحنيات الدقيقة وتساعد هذه الطرق على تحقيق التصميم الأمثل لنظم العزل المختلفة

السيد

تحسين كفاءة سلاسل التعليق برمجيا....

وكشف مناطق الاجهادات الخطرة في هذه النظم واتخاذ  
الوسائل الملائمة لمعالجتها وتحسينها وحل العديد من  
مشكلات تجهيزات التوتر العالي في الشبكات.

**التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق  
وفق رقم التمويل (501100020595)**

## 7-References:

- [3] High Voltage Engineering, Rohan Lucas, Sri Lanka, 2001.
- [4] George G. Karady, Richard G. Farmer – Insulators and Accessories /2012.
- [5] BlaDraw program for calculating electric fields.

- [01] -هندسة التوتر العالي 3، منشورات جامعة دمشق، كتاب جامعي، الدكتور المهندس محمد نضال الريس، الدكتور المهندس محمد حازم صابوني.
- [02] - هندسة التوتر العالي 1، منشورات جامعة دمشق، كتاب جامعي، الدكتور المهندس محمد نضال الريس، الدكتور المهندس محمد حازم صابوني.