جامعة البعث

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

هندسة الطاقة الكهربائية -السنة الرابعة

التوتر العالي 2 -الفصل الثاني للعام الدراسي 2023-2024

الاسم: [redacted]

الرقم: [redacted]

المدة: ساعتان

العلامة: 80 درجة

---

**السؤال الأول : (30 درجة)**

اشرح مع الرسم كيفية تفريغ الكورونا في التوتر العالي المتردد

**السؤال الثاني :(30 درجة)**

اشرح مع الرسم كيف يتم توليد التوتر العالي المتردد باستخدام دارة الرنين مع ذكر ثلاثة ميزات لاستخدام هذه الطريقة

**السؤال الثالث :(20 درجة)**

اشرح مع الرسم عن قياسات ثغرات الشرارة الكروية وماهي العوامل المؤثرة على الشرارة السطحية للثغرات الكروية

انتهت الأسئلة مع التمنيات بالتوفيق والنجاح

مدرس المادة: د. فيصل خليفه

جامعة البعث

كلية الهندسة الميكاتيكية والكهربائية

هندسة الطاقة الكهربائية -السنة الرابعة

التوتر العالي 2 -الفصل الثاني للعام الدراسي 2023-2024

**سلم التصحيح**

العلامة: 80 درجة

---

**السؤال الأول : (30 درجة)**

اشرح مع الرسم كيفية تفريغ الكورونا في التوتر العالي المتردد.

**تفريغ الكورونا في التوتر المتناوب:**

تفريغ الكورونا في التوتر المتناوب يشتعل عند وصول التوتر الابتدائي ويساوي توتر اشتعال التفريغ $Us=Uk$ خلال زمن $t_1$ حول الناقل لتشكل منطقة تأين وتدعى غطاء أو حلقة الكورونا.

الشحنات الموجبة تنتقل إلى الوسط الخارجي المحيط وتشكل شحنة حجمية خارجية. مرحلة التفريغ تستمر حتى يصل التوتر إلى عتبة Umax خلال زمن $t_2$ .

شدة المجال على الخط يبقى ثابتاً و يساوي Ek بسبب تأثير الشحنة الحجمية, ثم يبدأ التوتر بالانخفاض.

بشكلٍ متزامن يبدأ بالانخفاض $E_L$ والذي يؤدي إلى انطفاء التفريغ. ولكن بعد $(t_2)$ في المجال المحيط بالناقل تبقى الشحنة الحجمية موجبة , التي لم يتم استبعادها بعد عن الناقل. (10 درجة)

المسافة التي تنتشر عليها الشحنة الحجمية وتتعلق بتوتر الناقل وهي بحدود 40-100 cm. فرق الكمون بين الشحنة الحجمية والناقل تزداد بمقدار انخفاض شدة المجال على الناقل قبل الزمن $t_3$. حتى قبل الوصول إلى الزمن $t_3$ الكمون بين الناقل والشحنة الحجمية بشكلٍ نسبي تكتسب قيمة سلبية (تحديداً أثناء $t_3$) وأثناء $t_4$ كما في الشكل أدناه عندما يبلغ التوتر $U_0$ والتي أصغر بكثير من $U_K$ عندها التوتر السلبي يشتعل. خال هذا تبدأ الجزيئات التحرك بشكلٍ سلبي من الناقل إلى المنطقة الخارجية.

الجزيئات المشحونة تتحرك بالاتجاه الموجب من الشحنة الحجمية الخارجية. يحدث استرخاء للجزيئات المشحونة حتى تعويض الشحنة الحجمية الخارجية $(t_5)$. من ثم تتجمع الشحنة السالبة في المنطقة الخارجية $(t_6)$. كل هذا يحدث خلال $t_4$-$t_6$. في لحظة $t_6$ (بداية انخفاض الجهد) التفريغ السلبي سينطفئ.

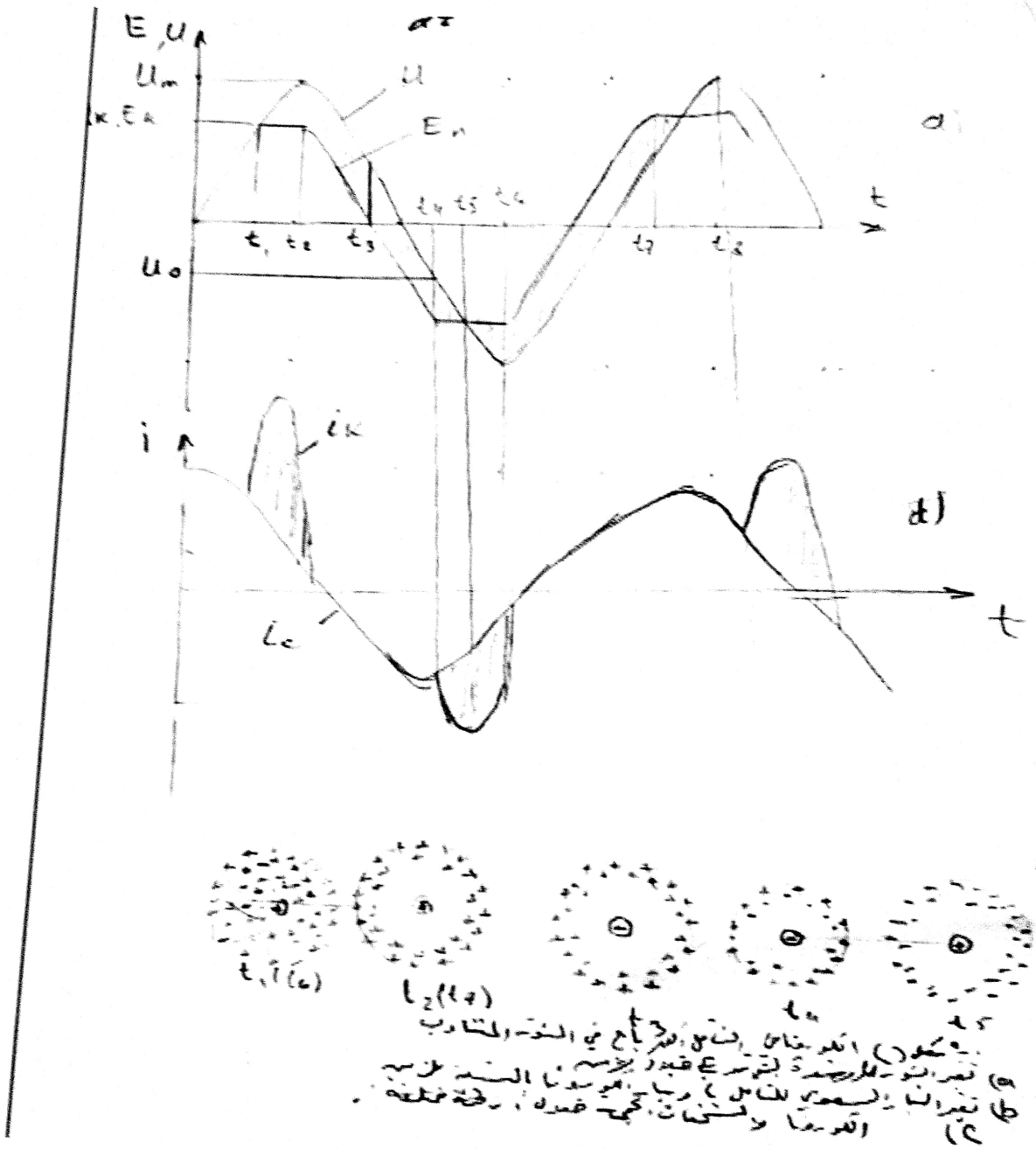
فيما بعد كل هذه المراحل تتكرر واشتعال الكورنا على كلا طرفي القطبين تحدث أثناء $U_0$. بين الناقل و الأرض هناك مكثفة (سعة C) التي تشحن وتفرغ بتردد التيار المتناوب. بين الأرض والناقل يوجد تيار تسريب سعوي $i_c$ .

$$i_c = C*(du/dt)$$

نشوء التفريغ للكورونا في اللحظة $t_1$ يؤدي إلى ظهور تيار الكورونا ik والذي ينقسم إلى تيار سعوي للخط ويتحول إلى تيار جيبي مشوه.

فترة امتداد ذروة التيار للكورونا تساوي فترة زمن الاشتعال,أي حتى الزمن $(t_2)$ أو$(t_7, t_4-t_6)$.

في حالة التيار التوتر المتناوب حدوث الكورونا على الناقل أكثر شدة منها في حالة التوتر المستمر وخلال نفس الظروف ضياع القدرة على الكورونا أكبر بشكل ملحوظ. (10 درجة)




(10 درجة)

**السؤال الثاني :(30 درجة)**

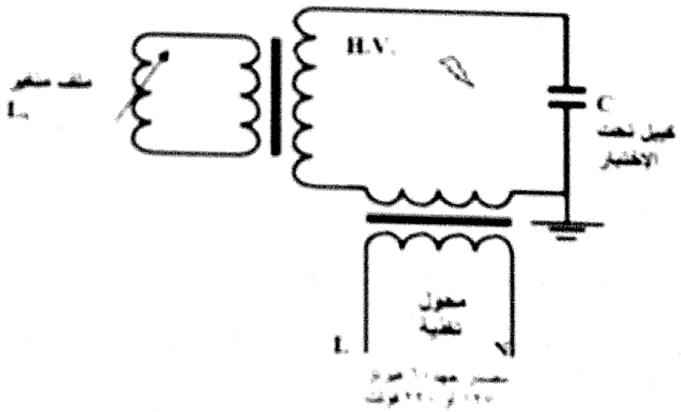
اشرح مع الرسم كيف يتم توليد التوتر العالي المتردد باستخدام دارة الرنين مع ذكر ثلاثة ميزات لاستخدام هذه الطريقة.

**(٢-٢-١) توليد الجهود العالية المترددة باستخدام دوائر الرنين** (Resonant Circuit)

عادةً ما تحفز التوافيق (Harmonics) الناشئة عن المصدر الرئيسي للجهد وتيارات المغنطة في المحولات الاهتزازات الطبيعية عند ترددات مختلفة مما يؤدي إلى تشوهات وتضخيم لقيمة جهد الخرج في الجهة الثانوية من المحول الذي يغذي حملاً حثياً، وذلك عن طريق رنين التوالي Series Resonance. الرنين المفاجئ الذي يحدث عن تردد القدرة ( عادةً ما يكون ٦٠ هرتز) ينتج عنه انفجارات أثناء اختبار كيبلات الجهد العالي وقد أمكن استخدام هذه الظاهرة السيئة بالنسبة لنظام القدرة إيجابياً في توليد جهد عالٍ متردد خالٍ من الرنين عند التوافيق الأخرى. الشكل (١٥) يبين لنا دائرة مبسطة لرنين التوالي حيث يتضح فيها بأن العنصر المراد اختباره هو عنصر سعوي وعادةً ما يكون كيبلاً أو حلبة عازلة

وحيث إن الرنين المطلوب إحداثه يجب أن يكون عند التردد الطبيعي Natural Frequency (f) والذي يحدث عندما تتساوى الممانعة الحثية Inductive Reactance ($X_L$) مع الممانعة السعوية Capacitive Reactance ($X_C$). لذلك يمكن الحصول على رنين بمهايرة الملف المتغير ليحدث لنا ممانعة $X_L$ تتساوى مع ممانعة الكيبل المراد اختباره $X_C$ عند تردد المصدر ٦٠ هيرتز والذي سيكون في هذه الحالة هو التردد الطبيعي f.

**(10 درجة)**




شكل (١٥) توليد الجهد العالي المتردد باستخدام دائرة رنين

**(10 درجة)**

يمكن اشتقاق معادلة التردد الطبيعي الذي يحدث عنده الرنين كالتالي:

يحدث الرنين عندما تتساوى الممانعة الحثية Inductive Reactance ($X_L$) مع الممانعة السعوية Capacitive Reactance ($X_C$) . أي أن $X_L = X_C$ وبالتعويض عن قيم الممانعات تصبح العلاقة كالتالي:

$$\omega L = ١/(\omega C)$$

$$\therefore ٢\pi f_o L = ١/(٢\pi f_o C)$$

حيث تصبح علاقة التردد الطبيعي كالتالي:

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad (١.١)$$

من مميزات استخدام دوائر الرنين لتوليد الجهد العالي المتردد ما يلي:

- تحسين شكل موجة الجهد العالي المتردد وذلك بالتخلص من الرنين غير المرغوب فيه عند ترددات غير تردد المصدر وتوهين التوافيق المصاحبة لجهد المصدر والناتجة أيضاً عن دوائر المغنطة في محول الجهد العالي. وسينعكس ذلك إيجابياً على دقة قياس الجهد المتولد بهذه الطريقة خاصةً عند استعمال قنطرة شيرينق Schering Bridge لقياس التفريغات الجزئية Partial Discharges. كما تتراوح قيمة الجهد المتولد بهذه الطريقة ما بين ١٠ إلى ٢٠ ضعف القيمة العظمى للموجة الأساسية للجهد Fundamental Voltage Amplitude.
- إن القدرة المطلوبة من المصدر لتوليد جهد عالٍ متردد بهذه الطريقة أقل من السعة الظاهرية KVA في الدائرة الرئيسية. وتمثل حوالي ٥٪ من السعة الأساسية KVA عند معامل قدرة يساوي واحد.
- عندما يحدث انهيار كهربائي لعينة تحت الاختبار مثل الكبلات، فإن أطراف الدائرة الكهربائية لا يحدث لها قصر. ولكن بدلاً من ذلك تفقد الموالفة بين الممانعة الحثية والسعوية حيث يتلاشى الرنين عند التردد الطبيعي والذي هو في هذه الحالة تردد المصدر وبالتالي يهبط الجهد إلى القيمة المنخفضة له والتي كانت قبل الموالفة. مما يوفر حماية لدائرة الاختبار من الإجهادات التي تنشأ عند حدوث قصر وانخفاض الجهد بين أقطاب الاختبار إلى الصفر فجأة.
- حازت هذه الطريقة على موافقة جماعية من مصنعي الكبلات وأصبحت جزءاً من مواصفات الهيئات الدولية للمقاييس مثل IEC وغيرها، نظراً لأنها آمنة واقتصادية.
- يمكن استخدام هذه الطريقة أيضاً مع المحولات الموصلة على التوالي والمكونة من عدة وحدات لتوليد جهود عالية جداً.

---

(10 درجة)

## السؤال الثالث :(20 درجة)

اشرح مع الرسم عن قياسات ثغرات الشرارة الكروية وماهي العوامل المؤثرة على الشرارة السطحية للثغرات الكروية.

**قياسات ثغرات الشرارة الكروية**

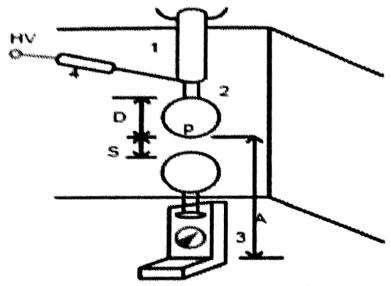
ثغرات الشرارة الكروية يمكن استخدامها:

(أ) في الوضع الرأسي مع تأريض الكرة السفلية.

(ب) في الوضع الأفقي مع توصيل الكرتين بالمصدر أو تأريض إحداهما

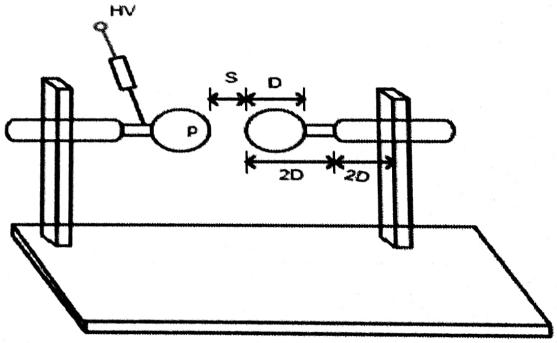
في الوضع الأفقي لابد من وضع الكرتين متماثلتين وعلى نفس البعد عن الأرض الكرتان المستخدمتان لابد أن تكونا متماثلتين في الحجم والشكل. شكلي (٢,١٤a) و (٢,١٤b) يبينان الشكل التخطيطي للوضعين الرأسي والأفقي للكرتين. يطبق الجهد المراد قياسه بين الكرتين وتعطي المسافة بين الكرتين القياس لجهد الشرارة. وتوصل مقاومة توالي بين المصدر والثغرة الكروية للحد من تيار الانهيار (أي التيار الذي يمر عند انهيار الثغرة بين الكرتين) وكذلك للحد من الاهتزازات غير المرغوب بها في جهد المصدر عند حدوث الانهيار (في حالة الجهود الدفعية). قيمة هذه المقاومة تتراوح بين ١٠٠ إلى ١,٠٠٠ كيلوأوم للجهود المترددة والمستمرة وأقل من ٥٠٠ أوم للجهود الدفعية.

(10 درجة)




١ قضيب تعليق عازل
٢ ساق الكرة
٣ تروس تشغيل ومحرك لتغيير مسافة الثغرة
٤ توصيلة جهد عالي
P نقطة الشرارة
D قطر الكرة
S المسافة بين الكرتين
A ارتفاع نقطة الشرارة عن الأرض

شكل (٢,١٤a) الوضع الرأسي لثغرات الشرارة الكروية




شكل (٢,١٤b) الوضع الأفقي لثغرات الشرارة الكروية

في حالة قياس القيمة العظمى للجهد المتردد والجهد المستمر نزيد قيمة الجهد المطبق تدريجيا بانتظام حتى تحدث الشرارة في الثغرة وعادة يأخذ متوسط خمس قراءات لجهد الانهيار وذلك عندما تتفق هذه القراءات في حدود ٣٪±.

العوامل المؤثرة على جهد الشرارة السطحية للثغرات الكروية هي:

أ -الأشياء القريبة المؤرضة.

ب -الظروف البيئية والرطوبة.

ت -الإشعاعات الساقطة على كرات القياس.

ث -قطبية وزمن مقدمة الموجة لموجة الجهد المراد قياسه.

(10 درجة)