

دراسة اداء العوازل الزجاجية لخطوط (132KV,33KV) تحت تأثير التلوث المصطنع

م.م. وارد صايل وارد

هندسة كهربائية/ المعهد التقني / الشرطة

الخلاصة

ازدادت في الآونة الأخيرة وبشكل مضطرب ظاهرة تهشم العوازل الزجاجية المستوردة مؤخراً للعمل في أنظمة النقل والتوزيع العراقية (132KV,33KV)، مما رفع الحاجة إلى دراسة أداء هذه العوازل تحت تأثير التلوث المصطنع (Artificial Contamination) من خلال محاكاة الظروف المناخية السائدة. تم في هذا البحث دراسة أداء نوعين من العوازل الزجاجية المستوردة مؤخراً، الأول مستخدم في أنظمة النقل (132KV) والثاني مستخدم في أنظمة التوزيع (33KV)، حيث تم احتساب كمية كلوريد الصوديوم المكافئة لعدة مستويات من كثافة مكافئ الترسب الملحي (ESDD) في المختبر الكيماوي التابع لمحطة كهرباء الناصرية الحرارية، ليتم بعدها تلويث أسطح العوازل (132KV,33KV) المنتخبة للفحص بالتلوث المصطنع بكميتين من الرمل الغريني (Sandy Loam) (25g, 50g) مع إضافة كمية كلوريد الصوديوم المحتسبة مسبقاً والمقابلة لمستوى مكافئ الترسب الملحي و لعدة مستويات من التلويث (الخفيف، المتوسط، العالي). لقد تم دراسة أداء العوازل الزجاجية المنتخبة للفحص تحت تأثير التلوث المصطنع في مختبر الضغط العالي التابع للمعهد التقني الشرطة، حيث أظهرت النتائج انحداراً خطيراً في قيمة فولتية الومضة العابرة (Flashover Voltage) عند التلوث المصطنع المعتدل والعالي وأداء جيد نسبياً عند التلوث المصطنع الخفيف، كما أظهرت أيضاً عدم مطابقة قيمة فولتية الومضة العابرة للعوازل الجديدة (النظيفة) مع مواصفات الشركة المصنعة للعوازل، أوصى البحث بعدة توصيات ضرورية للعمل بها بهدف تقادي مخاطر تكرار ظاهرة تهشم العوازل الزجاجية. كلمات رئيسية : الضغط العالي، التلوث المصطنع، العوازل الزجاجية، فولتية الومضة العابرة.

STUDY THE PERFORMANCE OF GLASS INSULATORS FOR (132KV, 33KV) LINES UNDER THE INFLUENCE OF ARTIFICIAL CONTAMINATION

Assist Lecturer. Warid Sayel Warid
Technical Institute Shatra

Abstract

The phenomenon of broken glass insulators which imported recently and currently being used to work in Iraqi transmission and distribution (132KV, 33KV) lines have greatly increased in recent years, which raised the need to examine the performance of these insulators under the influence of artificial contamination by simulating the climatic prevailing in the country. In this paper we have study the performance of two types of glass insulator which recently imported, the first works in (132KV) transmission systems and the second works in (33KV) distribution system, we have calculated the a mount of sodium chloride equivalent to several levels of salt deposit density in the chemical laboratory of the Nasiriyah thermal power plant station, then we have contamination surfaces of elected insulators to examine with two a mount of sandy loam (25g, 50g) with addition of calculated a mount of sodium chloride equivalent to several levels of equivalent salt deposit density and for several levels of pollution (light, moderate and high). We have studied the performance of glass insulator elected for examination under the influence of artificial pollution in the high voltage laboratory of shatra technical institute, the calculated result show a serious decline in the value of flashover voltage at moderate and high artificial contamination and relatively good performance at light artificial contamination and also show non-conformity the value of flashover voltage for clean (new) insulator with the specification of the manufacturer of insulator. The study recommended a number of recommendations which are necessary to work with to a void the risk of recurrence of the phenomenon of broken glass insulator.

المقدمة

ان تاريخ استخدام العوازل الزجاجية بدأ بشكل متزامن مع تطور شبكات التلغراف منذ العام ١٨٠٠ م والذي سبق استخدامها في انظمة نقل الطاقة الكهربائية، حيث شهد العام ١٨٥٨ م انتاج اول عازل زجاجي مسماري نوع (Pin –Type) وصولاً للعام ١٩١٠ م الذي اصبحت فيه العوازل الزجاجية نوع (Cap and Pin) ذات تصاميم هندسية مشابه بشكل كبير للعوازل المستخدمة حالياً [٤،٥].

تمتلك العوازل الزجاجية خواص عزل جيدة لكنها تصبح ذات اداء ضعيف متمثلاً بانخفاض قيمة فولتية الومضة العابرة وسهولة التشقق والتشقق (Fractured) عند تعرضها للتلوث (Pollution) مما شجع العلماء لانتاج مواد جديدة للعزل ذات اداء افضل من العوازل الزجاجية، حيث شهد العام ١٩٦٠ م استخدام العوازل البوليمرية (Polymeric Insulator) في انظمة الطاقة لتنتشر بشكل تجاري واسع منذ العام ١٩٩٠ م، ان النمو الهائل في استخدام هذه العوازل جاء بسبب محاسنها مقارنة مع العوازل التقليدية (الزجاج والبورسلين)

والمتمضمن (خفة الوزن، شدة ميكانيكية عالية، مقاومة عالية، اداء جيد تحت ظروف التلوث العالي الجاف والرطب، فولتية ومضة عابرة عالية) [٥،٩].

تعتمد وثوقية انظمة القدرة بشكل كبير على الظروف البيئية والمناخية (Environmental and Weather Conditions) التي تسبب الومضة العابرة في العوازل الملوثة والتي تقود الى خروج مفاجئ للنظام المستخدم [Ahmad and Hussein, (2008)]، لذا اصبح من الضروري وضع الية لمحاكاة ظروف التلوث المحيطة بالعوازل بهدف دراسة اداءها عند التصنيع وقبل دخولها للخدمة او عند استخدامها في مناطق ذات ظروف مناخية خاصة مثل (الملوحة العالية، العواصف الرملية المتكررة، الرطوبة النسبية العالية، درجات الحرارة المرتفعة، معدلات الامطار العالية، الضباب الكثيف)، لقد سميت هذه الالية بالتلوث المصطنع (Artificial Contamination) وهي مستخدمة حاليا لفحص اداء التلوث المصطنع لجميع انواع العوازل المستخدمة عالميا.

الدراسات السابقة

لقد قام العديد من الباحثين باجراء العديد من الدراسات حول الية التلوث للعوازل بانواعها المختلفة، حيث استخدم الباحثون [Ahmad and Hussein, (2008)] تقنية الشبكات العصبية الاصطناعية (Artificial Neural Networks) لتطوير دالة لاحتساب العلاقة بدقة بين معدل (ESDD) ومجموعة من العوامل المناخية وهي (درجة الحرارة، الرطوبة، الضغط الجوي، معدل سقوط الامطار، سرعة الرياح) وللعوازل الملوثة العاملة بالقرب من المناطق الساحلية، كما قام الباحثون [Bologna and Britten, (2000)] باجراء برنامج بحثي يستهدف تقليل عدد حالات الومضة العابرة التي تحدث بسبب تركيب من التلوث والترطيب الخفيف، تم اجراء بعض القياسات الميدانية باستخدام جهاز مراقبة التيار التسريبي والمعلومات البيئية

(Leakage Current and Environmental Data Monitoring Equipment) على عوازل احدى خطوط 400KV ولمدة ١٨ شهرا ليتم الاستفادة منها في الفحوصات المختبرية لمحاكاة التلوث اصطناعيا والمتمثل بالتلوث والترطيب الخفيف مع استحصال النتائج المتعلقة بقيمة وشكل موجة التيار التسريبي.

طور الباحثان [Engelbrecht and Hartings, (2003)] طريقة الطبقة الملحية الجافة (DSL) لاجراء فحص التلوث المختبري للعوازل البوليمرية والسيراميكية بهدف محاكاة ظروف التلوث للعوازل المستخدمة في خطوط نقل القدرة القريبة على المناطق الساحلية، ينقسم الفحص الى طورين الاول يتمثل بتسليط ذرات الملح الشبه جافة والثاني بالترطيب بهيئة المطر او الضباب (Steam-Fog Wetting)، كما قارن الباحث [Muhsin, (2007)] اداء مجموعة من العوازل السيراميكية مع مجموعة اخرى من العوازل المركبة، اظهر

البحث افضلية الاداء للعوازل المركبة في حالات التلوث العالية بالظروف الرطبة متمثلاً "بفولتية الصمود الاعلى (Withstand Voltage) مقارنة مع العوازل السيراميكية.

طور الباحثان [Schwardt and Holtzhausen, (2002)] جهاز مرحل التنبيه لتلوث العوازل (Insulator Pollution Monitoring Relay) لقياس التوصيلية السطحية للعوازل الملوثة طبيعياً بهدف احتساب شدة التلوث، تم تحويل التوصيلية السطحية المقاسة لمستوى (ESDD) من خلال استخدام منحني المعايرة (Calibration Curve) الذي تم احتسابه من خلال بعض فحوصات التلوث المصطنع، درس الباحث [Suwarno, (2008)] خواص التيار التسري لمادة السيراميك المستخدمة في العوازل السيراميكية تحت تأثير التلوث المصطنع، حيث تم وضع عدة نماذج لكتل سيراميكية في حجرة للفحص طبقاً للفحوصات القياسية ((IEC 60-1 (1989) و (IEC 507 (fog-test))، حل الباحث قيمة التيار التسري ومحتوى التوافقيات (Harmonic content) بالاضافة الى اجراء فحص بصري على العينات المفحوصة باستخدام كاميرة فيديوية. استحدث الباحثان [Xingliang and Jihe, (2007)] علاقة رياضية تربط بين قيمة فولتية الومضة العابرة للعوازل الملوثة مع مكافئ كثافة الترسيب الملحي (ESDD) ولانواع متعددة من العوازل البوليمرية بأستخدام حجرة مناخ مصطنع متعدد الاستخدامات (Multifunction Artificial Climate Chamber)، كما قام نفس الباحثون [Xingliang and Jihe, (2008)] بمقارنة وتحليل اداء الومضة العابرة لانواع متعددة من العوازل السيراميكية والمركبة المستخدمة في خطوط الضغط الفائق (DC) وباستخدام فحوصات التلوث المصطنع، اظهر البحث افضلية الاداء المضاد للتلوث (Anti-Pollution) للعوازل المركبة مقارنة مع العوازل السيراميكية.

في هذا البحث تم دراسة أداء نوعين من العوازل الزجاجية تحت تأثير التلوث المصطنع وباعتبار الرمل الغريني كملوث سائد، اظهر البحث ضعف في اداء العوازل عند التلوث المصطنع المتوسط والعالي.

الهدف من البحث

خلال السنوات القليلة الماضية تم استيراد عدة انواع من العوازل الزجاجية الفرنسية المنشأ والمصنعة من قبل شركة (Sediver) للعمل في انظمة النقل والتوزيع العراقية (33KV, 132KV)، ولقد لوحظ في الاونة الاخيرة ازدياد حالات تهشم هذه العوازل التي بدورها تقلل من وثوقية شبكات النقل والتوزيع المستخدمة في الوقت الذي يعاني فيه البلد من نقص في كمية القدرة الكهربائية المنتجة، حيث تبين الصورة رقم(١) نماذج لعوازل زجاجية مهشمة (33KV, 132KV)، لقد تفاقمت هذه المشكلة في الاونة الاخيرة مع التغيرات المناخية التي يشهدها البلد بالاضافة الى كونه ذو مناخ متعدد متمثلاً "بتزايد العواصف الرملية بسبب مشكلة التصحر وارتفاع نسب الرطوبة والملوحة في التربة والامطار الخفيفة، ولأجل الوقوف على اداء هذه العوازل تحت ظروف التلوث

السائدة في البلد نمت الحاجة لدراسة اداء العوازل الزجاجية تحت تأثير التلوث المصطنع بهدف محاكاة التلوث ولمعدلات مختلفة (الخفيف، المتوسط، العالي).

تم في هذا البحث انتخاب نوعين من العوازل الزجاجية لدراسة اداءهما تحت تأثير التلوث المصطنع، الاول (Sediver Moo, U100 FN20) مستخدم في انظمة النقل (132KV) حيث تظهر الصورة رقم (٢) العازل الزجاجي (132KV) المنتخب لعملية الفحص بالتلوث المصطنع، اما الثاني (Sediver F70/146 U70BL) فهو مستخدم في انظمة التوزيع (33KV) حيث تظهر الصورة رقم (٣) العازل الزجاجي (33KV) المنتخب لعملية الفحص بالتلوث المصطنع، اما الجدول رقم (١) فيبين المواصفات الخاصة بالأبعاد والخواص الميكانيكية والكهربائية للعوازل الزجاجية (132KV, 33KV) المنتخبة للفحص بالتلوث المصطنع والمأخوذة من قبل مواصفات العوازل للشركة المصنعة (Sediver) [٧].

طريقة إجراء البحث

ايجاد كمية كلوريد الصوديوم المكافئة لمستوى مكافئ ترسب ملحي معين

يستهدف الجزء الاول من البحث ايجاد كمية كلوريد الصوديوم اللازمة للحصول على مستويات متعددة من مكافئ كثافة الترسب الملحي (ESDD) ليتم الاستفادة منها في الجزء الثاني لاضافتها مع الرمل الغريني (Sandy Loam) للحصول على معدلات التلوث المطلوب تطبيقها على العوازل المنتخبة للفحص. تبين المعادلة رقم (١) والموضحة ادناه المعادلة الخاصة بمكافئ كثافة الترسب الملحي (ESDD) والمستخدم عالميا بشكل واسع كمؤشر على مدى تغلغل التلوث على اسطح العوازل السيراميكية بنوعها (الزجاجية والبورسلينية) [Kuffel and Zaengl, (2002)].

$$ESDD = (5.7 * \sigma_{20})^{1.03} * V_0 / AR \quad (\text{mg} / \text{cm}^2) \dots\dots\dots(1)$$

حيث ان:-

σ_{20} : التوصيلية المقاسة عند درجة حرارة (20 °C) [S/m].

V_0 : حجم المحلول (الماء المقطر) مقاس بوحدة (m³).

AR : المساحة السطحية لجزء العازل المأخوذ منه العينه مقاس بوحدة (m²).

ولاجل ايجاد كمية كلوريد الصوديوم المكافئة لمستوى مكافئ كثافة ترسب ملحي معين اجرينا مجموعة من الخطوات الرياضية على المعادلة رقم (١) بهدف ايجاد قيمة التوصيلية (σ_{20}) والتي من خلالها يمكن ايجاد كمية كلوريد الصوديوم مختبريا".

$$1- \text{نفرض ان } Y=V_0/AR \text{ و } X=(5.7 * \sigma_{r0})^{1.03}$$

٢- تصبح المعادلة رقم (١) بالشكل الاتي

$$ESDD= X . Y \dots\dots\dots (2)$$

٣- وبعد تعويض قيمة ESDD المستهدفة وحجم المحلول والمساحة السطحية في المعادلة (٢) نوجد (X) لنحصل على المعادلة الاتية:-

$$X=ESDD/ Y \dots\dots\dots (3)$$

٤- اصبحت قيمة X معروفة حسب المعادلة $X=(5.7 * \sigma_{r0})^{1.03}$ والمجهول هو قيمة (σ_{r0}) نأخذ اللوغارتم الطبيعي لطرفي المعادلة اعلاه لتصبح بالشكل الاتي:-

$$\ln X = 1.03(\ln 5.7 \sigma_{r0}) \dots\dots\dots (4)$$

٥- نفرض ان $Z = \ln x$ و $t = Z / 1.03$ لتصبح المعادلة (4) بالشكل الاتي :-

$$t = \ln 5.7 \sigma_{r0} \dots\dots\dots(5)$$

٦- نأخذ الاس الطبيعي لطرفي المعادلة (5) لتصبح بالشكل الاتي :-

$$e^{\ln 5.7 \sigma_{r0}} = e^t = K \dots\dots\dots(6)$$

$$K= 5.7 \sigma_{r0} \dots\dots\dots(7)$$

٧- ومن المعادلة رقم (7) يمكن ان نوجد قيمة التوصيلية (σ_{r0}) وبالشكل الاتي:-

$$\sigma_{r0} = K / 5.7 \dots\dots\dots (8)$$

لقد تم ايجاد قيم كلوريد الصوديوم المطلوبة في المختبر الكيماوي التابع لمحطة كهرباء الناصرية الحرارية، حيث تم استخدام الجهاز (WTW(Cond 720) لقياس التوصيلية وفيما يلي الخطوات العملية التي تم اجراؤها في المختبر الكيماوي:-

١- وزن كمية من ملح كلوريد الصوديوم بأستخدام جهاز عالي الدقة، مع الاخذ بنظر الاعتبار وزن الاناء المستخدم لاحتواء كمية الملح المستخدم وهو (10.17 g).

٢- احتساب قيمة التوصيلية (σ_{r0}) من خلال المعادلة رقم (8) للعوازل (132KV,33KV) المنتخبة للفحص والمساحة السطحية العلوية والكلية لكل عازل ولمستويات متعددة من التلوث (ESDD) (الخفيف، المتوسط، العالي).

٣- قياس درجة حرارة المحلول (الماء المقطر) (θ) باستخدام جهاز قياس التوصيلية ليتم بعدها احتساب قيمة التوصيلية (σ_{θ}) رياضياً وعند درجة الحرارة (θ) ومن خلال المعادلة الاتية [Kuffel and Zaengl, (2002)] :-

$$\sigma_{\theta} = \sigma_{r0} / (1-b(\theta -20)) \dots\dots\dots(9)$$

٤- اضافة ملح كلوريد الصوديوم بشكل تدريجي لدورق ماء مقطر بحجم (١ لتر) وقياس التوصيلية على الجهاز ((WTW(Cond 720) حتى الحصول على قيمة التوصيلية المحتسبة رياضيا" في المعادلة رقم (٩) ، حيث تبين الصورة رقم(٤) عملية اضافة ملح كلوريد الصوديوم لدورق الماء المقطر (١ لتر)، اما الصورة رقم (٥) فتبين عملية تسجيل القيم المستحصلة للتوصيلية (σ_{θ})، اما الصورة رقم (٦) فتبين بعض قراءات قياس التوصيلية المقاسة (σ_{θ}) عند درجة حرارة المحلول (θ) .

٥- احتساب كمية كلوريد الصوديوم التي تم اضافتها لدورق الماء المقطر (١ لتر) والتي حصلنا من خلالها على التوصيلية (σ_{θ}) المطلوبة ومن خلال قراءة وزن ملح كلوريد الصوديوم المتبقي في جهاز الوزن وطرحها من الوزن الكلي.

أيجاد قيمة فولتية الومضة العابرة تحت تأثير التلوث المصطنع

بعد ان تم ايجاد كمية كلوريد اللازمة للحصول على معدلات تلوث (الخفيف، المتوسط، العالي) من مكافئ كثافة الترسب الملحي(ESDD) في الجزء الاول من البحث، تم نقل مجموعة من العوازل الزجاجية الجديدة المنتخبة للفحص (33KV, 132KV) الى مختبر الضغط العالي التابع للمعهد التقني الشطرة بهدف تطبيق معدلات مختلفة من التلوث المصطنع متمثلاً " بخلط كمية كلوريد الصوديوم المستحصلة مسبقا والمقابلة لمعدل (ESDD) معين مع كميتين من الرمل الغريني (Sandy Loam) (25g, 50g) وللمساحة السطحية العلوية والكلية للعوازل (33KV, 132KV) المنتخبة للفحص تحت تأثير التلوث المصطنع، وفيما يلي شرح للخطوات العملية التي تم اجراؤها :-

١- وزن كميات كلوريد الصوديوم المحتسبة في الجزء الاول من البحث بأستخدام جهاز للوزن عالي الدقة حيث تبين الصورة رقم(٧) عملية وزن بعض كميات كلوريد الصوديوم المحتسبة.

٢- وزن عدة عينات من الرمل الغريني بوزن (25g, 50g) والمستخدم في عملية التلوث المصطنع.

٣- خلط كميات كلوريد الصوديوم المحتسبة مع عينات الرمل الغريني (25g, 50g) بأستخدام اناء خاص وكمية من الماء المقطر (100 ml) عند استخدام رمل غريني بوزن (25g) و(200 ml) عند استخدام رمل غريني بوزن (50g)، حيث تبين الصورة رقم (٨) عملية خلط وتطبيق مزيج التلوث المصطنع (ملح كلوريد الصوديوم والرمل الغريني) على العوازل المنتخبة للفحص.

٤- تم بعدها ربط دائرة الضغط العالي لقياس قيمة فولتية الومضة العابرة (Flashover Voltage) للعوازل الزجاجية الجديدة (33KV, 132KV) المنتخبة للفحص ومن ثم قياس قيم فولتية الومضة العابرة عند تطبيق التلوث المصطنع بمختلف معدلاته على اسطح العوازل العلوية مرة والكلية مرة اخرى، حيث تبين الصورة رقم (٩) دائرة مختبر الضغط العالي المستخدمة لفحص العوازل الزجاجية والتي تتألف من محولة ضغط عالي (220V / 120KV) ومقاومة لتحديد التيار بقيمة (10 Mohm) ومتسعة للقياس (100 PF) تربط على

التوازي، كما تتضمن الدائرة لوحة للسيطرة لقراءة النتائج وتبسيط الفولتية، اما الصورة رقم (١٠) فتبين احدى حالات الومضة العابرة للعازل الزجاجي (132KV) تحت تأثير التلوث المصطنع.

لقد تم الاخذ بنظر الاعتبار عند استعراض النتائج لاحقا اضافة قيمة المحتوى الملحي للرمال الغريني (25g, 50g) المستخدمة بالتلوث المصطنع والمساحة السطحية العلوية والكلية للعوازل الزجاجية (132KV, 33KV) المنتخبة للفحص مع كميات كلوريد الصوديوم المستحصلة في الجزء الاول من البحث، حيث تم ايجاد قيمة (ESDD) للرمال الغريني (25g, 50g) والمساحتين السطحية العلوية والكلية للعوازل باستخدام المعادلة رقم (١) بعد قياس التوصيلية (σ_0) عند درجة حرارة المحلول، حيث يبين الجدول رقم (6,7) وزن الرمل الغريني والتوصيلية المحتسبة وكمية ESDD ووزن كلوريد الصوديوم الكلية للمساحة السطحية العلوية والكلية للعوازل (132KV, 33KV) المنتخبة للفحص تحت تأثير التلوث المصطنع.

النتائج والمناقشة

الجدول رقم (٢) يبين قيم ESDD المستهدفة والتوصيلية المحتسبة والمقاسة عند درجة حرارة (θ) وكمية كلوريد الصوديوم المستحصلة للمساحة السطحية العلوية للعازل (132KV)، اما **الجدول رقم (٣)** فيبين نفس القيم للمساحة السطحية الكلية للعازل (132KV)، اما **الجدول رقم (٤)** يبين قيم ESDD المستهدفة والتوصيلية المحتسبة والمقاسة عند درجة حرارة (θ) وكمية كلوريد الصوديوم المستحصلة للمساحة السطحية العلوية للعازل (33KV)، اما **الجدول رقم (5)** فيبين نفس القيم للمساحة السطحية الكلية للعازل (33KV).

لقد تراوحت قيم (ESDD) المستهدفة في هذا البحث من ($0.1 \text{ mg} / \text{cm}^2$) الى ($0.6 \text{ mg} / \text{cm}^2$) حيث تصنف القيم ($0.1 \text{ mg} / \text{cm}^2 - 0.2 \text{ mg} / \text{cm}^2$) ضمن التلوث الخفيف وقيم ESDD الاعلى من ($0.2 \text{ mg} / \text{cm}^2$) ضمن التلوث المعتدل وقيم ESDD المساوية ($0.6 \text{ mg} / \text{cm}^2$) ضمن التلوث العالي وكما هو مبين في المصدر [Kuffel and Zaengl, (2002)].

الشكل رقم (١) يبين علاقة قيم ESDD المستهدفة مع التوصيلية المقاسة (σ_0) للمساحة السطحية العلوية للعازل الزجاجي (132KV) المنتخبة للفحص بالتلوث المصطنع، ومن الشكل نلاحظ ارتفاع قيمة التوصيلية بشكل شبه خطي مع زيادة قيمة ESDD حيث تراوح الفرق ما بين قيم التوصيلية المتعاقبة من (14.11 ms/cm) الى (14.959 ms/cm)، اما **الشكل رقم (٢)** فيبين علاقة قيم ESDD المستهدفة مع كمية كلوريد الصوديوم المستحصلة للمساحة السطحية العلوية للعازل الزجاجي (132KV)، ومن الشكل نلاحظ ارتفاع قيمة كلوريد الصوديوم مع زيادة قيمة ESDD وبشكل شبه خطي ايضا حيث تراوح الفرق بين قيم كلوريد الصوديوم المتعاقبة من (9.51g) لغاية (11.21g) ومن الملاحظ ازدياد الفرق كلما ازاد معدل ESDD

المستهدف، الشكل رقم (٣) يبين علاقة قيم ESDD المستهدفة مع التوصيلية المقاسة (σ_0) للمساحة السطحية الكلية للعازل الزجاجي (132KV) المنتخب للفحص بالتلوث المصطنع، ومن الشكل نلاحظ ارتفاع قيمة التوصيلية المقاسة بشكل شبه خطي لغاية معدل ($ESDD=0.5 \text{ mg / cm}^2$) للتحوّل بعدها العلاقة الى علاقة غير خطية اما الفرق بين قيم التوصيلية المتعاقبة فقد تراوح ما بين (38.1 ms/cm) الى (57.02 ms/cm)، اما الشكل رقم (٤) فيبين علاقة قيم ESDD المستهدفة مع كمية كلوريد الصوديوم المستحصلة للمساحة السطحية الكلية للعازل الزجاجي (132KV) المنتخب للفحص، ومن الشكل نلاحظ ارتفاع قيمة كلوريد الصوديوم المستحصلة للمساحة السطحية الكلية للعازل بشكل كبير مقارنة مع قيم كلوريد الصوديوم المستحصلة للمساحة السطحية العلوية للعازل و الموضحة مسبقا في الشكل (٢).

يبين الشكل رقم (٥) علاقة قيم ESDD المستهدفة مع التوصيلية المقاسة (σ_0) للمساحة السطحية العلوية للعازل الزجاجي (33KV) المنتخب للفحص بالتلوث المصطنع، ومن الشكل نلاحظ وجود علاقة شبه خطية حيث تراوح الفرق ما بين قيم التوصيلية المتعاقبة من (7.967 ms/cm) الى (9.842 ms/cm)، اما الشكل رقم (٦) فيبين علاقة قيم ESDD المستهدفة مع كمية كلوريد الصوديوم المستحصلة للمساحة السطحية العلوية للعازل الزجاجي (33KV)، ومن الشكل نلاحظ وجود علاقة شبه خطية بين المتغيرات حيث تراوح الفرق بين قيم كلوريد الصوديوم المتعاقبة من (5.4 g) لغاية (6.569 g)، اما الشكل رقم (٧) يبين علاقة قيم ESDD المستهدفة مع التوصيلية المقاسة (σ_0) للمساحة السطحية الكلية للعازل الزجاجي (33KV) المنتخب للفحص بالتلوث المصطنع، ومنه نلاحظ ايضا وجود علاقة شبه خطية بين المتغيرات حيث تراوح الفرق ما بين قيم التوصيلية المتعاقبة من (17.11 ms/cm) الى (17.95 ms/cm)، اما الشكل رقم (٨) فيبين علاقة قيم ESDD المستهدفة مع كمية كلوريد الصوديوم المستحصلة للمساحة السطحية الكلية للعازل الزجاجي (33KV)، ومن الشكل نلاحظ ارتفاع قيمة كلوريد الصوديوم المستحصلة بشكل كبير مع زيادة ESDD المستهدفة.

من خلال النتائج المستحصلة لقيم كلوريد الصوديوم المستحصلة والتي تم استخدامها في الجزء الثاني من البحث وجدنا انها نتائج منطقية وواقعية، حيث ان قيم كلوريد الصوديوم المستحصلة للمساحة السطحية العلوية والكلية للعوازل (132KV,33KV) جاءت بشكل متسلسل مع زيادة قيم ESDD المستهدفة، وكذلك عندما نقارن النتائج للمساحة السطحية العلوية مع المساحة السطحية الكلية للعازل نفسه سواء كان (33KV) او (132KV) نجد ان الكمية المستحصلة للمساحة السطحية الكلية هي اعلى بكثير من المساحة السطحية العلوية للعازل وهو شئ متوقع، اما عندما نقارن النتائج لقيم كلوريد الصوديوم المستحصلة للعازلين (132KV,33KV) نجد ان كمية كلوريد الصوديوم المستحصلة والمطلوبة لاحداث معدل ESDD معين كانت في العازل (132KV) اعلى من كمية كلوريد الصوديوم المطلوبة لاحداث نفس معدل ESDD في العازل (33KV).

الشكل رقم (٩) يبين علاقة كمية كلوريد الصوديوم المحتسبة مع فولتية الومضة العابرة والمساحة السطحية العلوية للعازل الزجاجي (132KV) عند استخدام كمية رمل غريني (25g)، ومن الشكل نلاحظ حدوث الومضة العابرة للعازل الجديد (بدون تلوث مصطنع) عند (97KV) وهي غير مطابقة لبيانات الشركة المصنعة (100KV) وكما نلاحظ ايضا وجود علاقة غير خطية ما بين كمية كلوريد الصوديوم المستحصلة وفولتية الومضة العابرة بالاضافة الى انخفاض قيمة فولتية الومضة العابرة بشكل كبير لتصل نسبة الانخفاض (65.97%)، اما الشكل رقم (١٠) فيبين نفس العلاقة في الشكل رقم (٩) ما عدا عندما نستخدم (50g) من الرمل الغريني ومن الشكل نلاحظ انخفاض قيمة فولتية الومضة العابرة الى (46KV) أي بنسبة انخفاض (52.57%) وهي اقل من النسبة السابقة (65.97%) وذلك لان تركيز ملح كلوريد الصوديوم عند استخدام (25g) من الرمل الغريني اعلى عندما نستخدمه مع (50g) من الرمل الغريني، اما الشكل رقم (١١) فيبين نفس العلاقة للمساحة السطحية الكلية للعازل الزجاجي (132KV) وعند استخدام كمية رمل غريني بوزن (25g) ومن الشكل نلاحظ انخفاض قيمة فولتية الومضة العابرة الى (25KV) أي بنسبة انخفاض (74.226%)، اما الشكل رقم (١٢) فيبين نفس العلاقة للمساحة السطحية الكلية للعازل الزجاجي (132KV) وعند استخدام كمية رمل غريني بوزن (50g) ومن الشكل نلاحظ انخفاض قيمة فولتية الومضة العابرة الى (32KV) أي بنسبة انخفاض (67%)، وعند مقارنة النتائج في الأشكال (9, 10, 11, 12) لاحظنا ان الانخفاض الحاصل في قيمة فولتية الومضة العابرة للمساحة السطحية الكلية للعازل اكثر من الانخفاض الحاصل في قيمة فولتية الومضة العابرة للمساحة السطحية العلوية للعازل المنتخب للفحص وهذا يعود الى كبر كمية الاملاح المستخدمة للحصول على معدل التلوث (ESDD) للمساحة السطحية الكلية مقارنة مع المساحة السطحية العلوية للعازل، اما الشكل رقم (١٣) فيبين علاقة كمية كلوريد الصوديوم المحتسبة مع فولتية الومضة العابرة والمساحة السطحية العلوية للعازل الزجاجي (33KV) عند استخدام كمية رمل غريني (25g)، ومن الشكل نلاحظ حدوث الومضة العابرة للعازل الجديد (بدون تلوث مصطنع) عند (66KV) وهي غير مطابقة لبيانات الشركة المصنعة (70KV)، ومن الشكل نلاحظ انخفاض قيمة فولتية الومضة العابرة الى (14KV) أي بنسبة انخفاض (78.78%)، اما الشكل رقم (١٤) فيبين نفس العلاقة للمساحة السطحية العلوية للعازل الزجاجي (33KV) وعند استخدام كمية رمل غريني بوزن (50g) ومن الشكل نلاحظ انخفاض قيمة فولتية الومضة العابرة الى (20KV) أي بنسبة انخفاض (69.69%) وهي اقل من النسبة السابقة بسبب وجود كثافة ملحية اعلى عند استخدام رمل غريني بوزن (25g)، اما الشكل رقم (١٥) فيبين نفس العلاقة للمساحة السطحية الكلية للعازل الزجاجي (33KV) وعند استخدام كمية رمل غريني بوزن (25g) ومن الشكل نلاحظ انخفاض قيمة فولتية الومضة العابرة بشكل خطير جدا الى (7KV) أي بنسبة انخفاض (89.39%)، اما الشكل رقم (١٦) فيبين نفس العلاقة للمساحة السطحية الكلية للعازل الزجاجي (33KV) وعند استخدام كمية رمل غريني بوزن (50g) ومن الشكل نلاحظ انخفاض قيمة فولتية

الومضة العابرة الى (12KV) أي بنسبة انخفاض (81.81%)، وعند مقارنة نسبة الانخفاض في الاشكال (13, 14, 15, 16) نجد ان نسبة الانخفاض في قيمة فولتية الومضة العابرة عند استخدام المساحة السطحية الكلية كانت ايضا اعلى عندما نقارنها مع المساحة السطحية العلوية، ومن خلال النتائج المستحصلة للعوازل المنتخبة نلاحظ ازدياد انحدار فولتية الومضة العابرة بشكل كبير مع زيادة كمية (ESDD) المطبقة على سطح العازل فعلى سبيل المثال وكما هو واضح في الشكل رقم (٩) كان الفرق ما بين فولتية الومضة العابرة للعازل النظيف وفولتية الومضة العابرة عند معدل تلويث (ESDD= 0.1 mg/cm²) هو (4KV) ليصل الفرق في قيمة فولتية الومضة العابرة ما بين معدل تلويث (ESDD=0.5 mg / cm²) و (ESDD=0.6 mg / cm²) الى (19KV) وهذا الامر كان واضحا على جميع النتائج المستعرضة.

الاستنتاجات

أ- عدم مطابقة قيم فولتية الومضة العابرة للعوازل الجديدة (الغير ملوثة) مع مواصفات الشركة المصنعة للعوازل الزجاجية (132KV, 33KV).

ب- وجود انحدار كبير في قيمة فولتية الومضة العابرة للعوازل الزجاجية (132KV, 33KV) عند التلوث المصطنع المعتدل والعالي واداء جيد نسبيا عند التلوث المصطنع الخفيف.

ج- لقد كان اداء العوازل الزجاجية (132KV) افضل من العوازل الزجاجية (33KV) وهذا واضح من نسب الانخفاض في قيم فولتية الومضة العابرة التي كانت للعوازل (132KV) اقل من العوازل (33KV) نسبة لقيم فولتية الومضة العابرة للعازل الجديد (الغير ملوث).

د- ان الانخفاض الكبير الحاصل في قيم فولتية الومضة العابرة عند التلوث المصطنع يفسر حالات تهشم العوازل الزجاجية.

التوصيات

نظرا لتكرار حالات تهشم العوازل الزجاجية ومن خلال النتائج المستحصلة يوصي البحث بمايلي:-
أ- اجراء فحص مختبري دقيق على العوازل الزجاجية تحت تأثير التلوث المصطنع عند التعاقد لشراء كميات منها في المستقبل بهدف دراسة اداءها تحت الظروف السائدة في البلد.

ب- إجراء فحوصات تتضمن الاخذ بنظر الاعتبار بعض العوامل المناخية مثل الرطوبة النسبية والضباب والندى من خلال استخدام حجرة خاصة بالضباب (Fog Chamber).

ج- استخدام العوازل الزجاجية ذات المسار التسريبي (Creepage Distance) الكبير خصوصا " عند الخطوط القريبة من الساحل واستخدام موسعات المسار التسريبي (Creepage Distance Extenders) للعوازل الزجاجية المستخدمة في مناطق تعاني من ظروف بيئية قاسية.

د- زيادة عدد مرات الغسل الدوري للعوازل الزجاجية بهدف منع تراكم التلوث ذو المحتوى الملحي.

المصادر

- 1) Ahmad S. and Hussein A. " Artificial Neural Network for Contamination Severity Assessment of High Voltage Insulators Under Various Meteorological Conditions", Aupec, Perth, 23-26 September, 2008.
- 2) Bologna F. and Britten A. " Light Pollution and Light Wetting on Ceramic (Glass) Insulators as A cause of Unknown Flashovers on Transmission Lines", Eskom Research Report RES/RR/99/00141, 2000.
- 3) Engelbrecht C. and Hartings R. " The Dry-Salt Layer Method, A Laboratory Pollution Test Method for Marine Pollution its Repeatability and A Comparison of Field and Laboratory Result" XIIIth, International, Symposium on High Voltage Engineering, Rotterdam, Netherlands, PP. 210-216, 2003.
- 4) Kuffel E. and Zaengl W. " High Voltage Engineering Fundamentals", Second Edition,
- 5) Published by Butterworth- Heinemann, 2002.
- 6) Muhsin T. " The Comparison of Ceramic and Non-Ceramic Insulators", Journal of New World Sciences Academy, Vol. 2, No. 2, 2007.
- 7) Schwardt W. and Holtzhausen J. " Determination of A Calibration Curve for An Insulator Pollution Monitoring Relay", SAUPEC, Vanderbijlpark, January 2002.
- 8) Sediver Glass Insulator Catalogue, Commercial and Marketing Company, France.
- 9) Suwarno J. " Study on Leakage Current Waveforms and Flashover of Ceramic for Outdoor Insulators Under Artificially- Simulated Pollution", 7th Wseas International Conference on Application of Electrical Engineering, Trondheim, Norway, July 2-4, 2008.

- 10) Xingliang J. and Jihe Y. " Study on AC Artificial Contaminated Flashover Performance of Various Types of Insulator", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 22, No. 4, 2007.
- 11) Xingliang J. and Jihe Y. " Comparison of DC Pollution Flashover Performance of Various Types of Porcelain, Glass and Composite Insulators", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 23, No. 2, 2008.

الجدول رقم (١) يبين المواصفات الخاصة بالابعاد والخواص الميكانيكية والكهربائية للعوازل الزجاجية (132KV,33KV) المنتخبة للفحص بالتلوث المصطنع

عازل (33KV) نوع [Sediver F70/146] (U70BL)	عازل (132KV) نوع [Sediver MOO FN20] (U100)	المواصفات
٢٥٥	٢٨٠	قطر الحلقة (D) (mm)
١٤٦	١٤٦	ارتفاع التكوين (H) (mm)
٣٢٠	٤٤٥	المسار التسريبي (L) (mm)
٧٠	١٠٠	الشدة الميكانيكية (KN)
٧٠	١٠٠	فولتية الومضة العابرة بالظروف الجافة (KV)
١١٠	١٣٠	فولتية الانهيار (KV)

الجدول رقم (٢) يبين قيم ESDD المستهدفة والتوصيلية المحسوبة والمقاسة عند درجة حرارة (θ) وكمية كلوريد الصوديوم المستحصلة للمساحة السطحية العلوية لعازل (132Kv)

NaCl [g]	التوصيلية المقاسة (σ _θ) عند درجة حرارة (θ) [mS/cm]	التوصيلية المقاسة (σ _θ) عند درجة حرارة (θ) [S/m]	التوصيلية المحسوبة (σ _θ) عند درجة حرارة (θ) [S/m]	درجة الحرارة (θ) [C°]	التوصيلية عند (σ _{٢٠}) درجة حرارة (٢٠ C°) [mS/cm]	التوصيلية عند (σ _{٢٠}) درجة حرارة (٢٠ C°) [S/m]	كمية ESDD المستهدفة [mg/cm ²]
٨.٥٦	١٥.٦٤	١.٥٦٤	١.٥٦٤	21.2	١٥.٢٦٨	1.5268	0.1
١٨.٠٧	٣٠.٦٥٧	٣.٠٦٥٧	٣.٠٦٥٧	21.2	٢٩.٩٢٦	٢.٩٩٢٦	0.2
٢٧.٩٨	٤٤.٧١	٤.٤٧١	٤.٤٧١	٢٠.٤	٤٤.٣٦	٤.٤٣٦	0.3
٣٧.٧٣	٥٩	٥.٩	٥.٩	٢٠.٣	٥٨.٦٥٧	٥.٨٦٥٧	0.4
٤٨.٤٤	٧٣.٢٨	٧.٣٢٨	٧.٣٢٨	٢٠.٣	٧٢.٨٤٦	٧.٢٨٤٦	0.5
٥٩.٦٥	٨٧.٤٧	٨.٧٤٧	٨.٧٤٧	٢٠.٣	٨٦.٩٥٣	٨.٦٩٥٣	0.6

الجدول رقم (٣) يبين قيم ESDD المستهدفة والتوصيلية المحسوبة والمقاسة عند درجة حرارة (θ) وكمية كلوريد الصوديوم المستحصلة للمساحة السطحية الكلية لعازل (132Kv)

NaCl [g]	التوصيلية المقاسة (σ _θ) عند درجة حرارة (θ) [mS/cm]	التوصيلية المقاسة (σ _θ) عند درجة حرارة (θ) [S/m]	التوصيلية المحسوبة (σ _θ) عند درجة حرارة (θ) [S/m]	درجة الحرارة (θ) [C°]	التوصيلية عند (σ _{٢٠}) درجة حرارة (٢٠ C°) [mS/cm]	التوصيلية عند (σ _{٢٠}) درجة حرارة (٢٠ C°) [S/m]	كمية ESDD المستهدفة [mg/cm ²]
٢٥.٢	٤١.٣٥٨	٤.١٣٥٨	٤.١٣٥٨	20.4	٤١.٠٣	٤.١٠٣	0.1
٥٤.٣٨	٨٠.٩	٨.٠٩	٨.٠٩	٢٠.٣	٨٠.٤٢	٨.٠٤٢	0.2
٨٨.١٣	١١٩.٩	١١.٩٩	١١.٩٩	٢٠.٣	١١٩.٢١	١١.٩٢١	0.3
١١٧.٧٥	١٥٨	١٥.٨	١٥.٨	٢٠.٢	١٥٧.٦٢	١٥.٧٦٢	0.4
١٤١.٧	١٩٦.٤٨	١٩.٦٤٨	١٩.٦٤٨	٢٠.٢	١٩٥.٧	١٩.٥٧	0.5
١٨٧.١	٢٥٣.٥	٢٥.٣٥	٢٥.٣٥	٢٠.٢	٢٥٢.٥٤	٢٥.٢٥٤	0.6

الجدول رقم (٤) يبين قيم ESDD المستهدفة والتوصيلية المحسوبة والمقاسة عند درجة حرارة (٥) وكمية كلوريد الصوديوم المستحصلة للمساحة السطحية العلوية لعازل (33Kv)

NaCl [g]	التوصيلية المقاسة (σ_{θ}) عند درجة حرارة (٥) [mS/cm]	التوصيلية المقاسة (σ_{θ}) عند درجة حرارة (٥) [S/m]	التوصيلية المحسوبة (σ_{θ}) عند درجة حرارة (٥) [S/m]	درجة الحرارة (٥) [C°]	التوصيلية عند (σ_{20}) درجة حرارة (٢٠ C°) [mS/cm]	التوصيلية عند (σ_{20}) درجة حرارة (٢٠ C°) [S/m]	كمية ESDD المستهدفة [mg/cm ²]
٥.٩٢١	١٠.٢٦٧	١.٠٢٦٧	١.٠٢٦٧	20.7	10.124	1.0124	0.1
١١.٣٧	١٩.٨٧	١.٩٨٧	١.٩٨٧	٢٠.٦	١٩.٨٤	١.٩٨٤	0.2
١٧.٦٧	٢٩.٧١٢	٢.٩٧١٢	٢.٩٧١٢	٢٠.٥	٢٩.٤١٧	٢.٩٤١٧	0.3
٢٣.٦٩١	٣٩.٢٠٣	٣.٩٢٠٣	٣.٩٢٠٣	٢٠.٤	٣٨.٨٩	٣.٨٨٩	0.4
٢٩.١٠١	٤٧.١٧	٤.٧١٧	٤.٧١٧	٢٠.٣	٤٦.٨٩	٤.٦٨٩	0.5
٣٥.٦٧	٥٦.٢	٥.٦٢	٥.٦٢	٢٠.٢	٥٥.٩٨	٥.٥٩٨	0.6

الجدول رقم (٥) يبين قيم ESDD المستهدفة والتوصيلية المحسوبة والمقاسة عند درجة حرارة (٥) وكمية كلوريد الصوديوم المستحصلة للمساحة السطحية الكلية لعازل (33Kv)

NaCl [g]	التوصيلية المقاسة (σ_{θ}) عند درجة حرارة (٥) [mS/cm]	التوصيلية المقاسة (σ_{θ}) عند درجة حرارة (٥) [S/m]	التوصيلية المحسوبة (σ_{θ}) عند درجة حرارة (٥) [S/m]	درجة الحرارة (٥) [C°]	التوصيلية عند (σ_{20}) درجة حرارة (٢٠ C°) [mS/cm]	التوصيلية عند (σ_{20}) درجة حرارة (٢٠ C°) [S/m]	كمية ESDD المستهدفة [mg/cm ²]
١٠.٧٣	١٨.٨٥٦	١.٨٨٥٦	١.٨٨٥٦	20.6	١٨.٥٩٤	١.٨٥٩٤	0.1
٢٢.٢١	٣٦.٨	٣.٦٨	٣.٦٨	٢٠.٤	٣٦.٤٤	٣.٦٤٤	0.2
٣٤.٣٥	٥٤.٤٣	٥.٤٤٣	٥.٤٤٣	٢٠.٤	٥٤	٥.٤	0.3
٤٧.٤١	٧١.٨٦	٧.١٨٦	٧.١٨٦	٢٠.٣	٧١.٤٣	٧.١٤٣	0.4
٦١.١٦	٨٩.٢٤٥	٨.٩٢٤٥	٨.٩٢٤٥	٢٠.٣	٨٨.٧١٣	٨.٨٧١٣	0.5
٧٥.٩٣	١٠٦.٣١	١٠.٦٣١	١٠.٦٣١	٢٠.٢	١٠٥.٨٩	١٠.٥٨٩	0.6

الجدول رقم (٦) يبين وزن الرمل الغريني والتوصيلية المحتسبة وكمية ESDD الكلية ووزن NaCl الكلي للمساحة السطحية العلوية لعوازل (132Kv,33Kv) المنتخبة للفحص

الكلية NaCl [g]	كمية ESDD الكلية [mg/cm ²]	التوصيلية عند (٢٠ °C) درجة حرارة [S/m]	درجة الحرارة (θ) [C°]	التوصيلية المحتسبة (σ _θ) عند درجة حرارة (θ) [S/m]	المساحة السطحية العلوية للعازل [cm ²]	وزن الرمل الغريني [g]	نظام الفولتية للعازل المنتخب للفحص [KV]
٠.٠٠٧٨٧	٠.٠٠٨٤٨١٣	٠.١٣٩١٤٤	٢١.٢	0.1397	٩٢٨.٦٥٥	٢٥	132
٠.٠١٦٥٨	٠.٠١٧٨٥٨	٠.٢٨٦٧	٢١.١	٠.٢٨٧٣	٩٢٨.٦٥٥	٥٠	132
٠.٠٠٧٧	٠.٠١٢٧٧	0.13735	٢١.٢	٠.١٣٧٩	608.535	٢٥	33
٠.٠١٦٧٥٨	٠.٠٢٧٥٣	٠.٢٨٩٦٢	٢١.١	٠.٢٩٠٢	608.535	٥٠	33

الجدول رقم (٧) يبين وزن الرمل الغريني والتوصيلية المحتسبة وكمية ESDD الكلية ووزن NaCl الكلي للمساحة السطحية الكلية لعوازل (132Kv,33Kv) المنتخبة للفحص

الكلية NaCl [g]	كمية ESDD الكلية [mg/cm ²]	التوصيلية عند (٢٠ °C) درجة حرارة [S/m]	درجة الحرارة (θ) [C°]	التوصيلية المحتسبة (σ _θ) عند درجة حرارة (θ) [S/m]	المساحة السطحية الكلية للعازل [cm ²]	وزن الرمل الغريني [g]	نظام الفولتية للعازل المنتخب [KV]
٠.٠٠٧٧٩	٠.٠٠٣٠٣٥٣	٠.١٣٧٨	٢١.١	0.1381	2569	٢٥	132
٠.٠١٦٨٩٨٨	٠.٠٠٦٥٧٨	٠.٢٩٢	٢١.٢	٠.٢٩٣٢	2569	٥٠	132
٠.٠٠٧٧٤	٠.٠٠٦٨	0.13692	٢١.١	٠.١٣٧٢	١١٣٧	٢٥	33
٠.٠١٧١٩١٤	٠.٠١٥١٢	٠.٢٩٧٢	٢١.١	٠.٢٩٧٨	١١٣٧	٥٠	33



صورة رقم (١) تبين نماذج لعوازل زجاجية مهشمة (132KV, 33KV)



صورة رقم (٢) تبين العازل الزجاجي (132KV) المنتخب للفحص صورة رقم (٣) تبين العازل الزجاجي (33KV) المنتخب للفحص



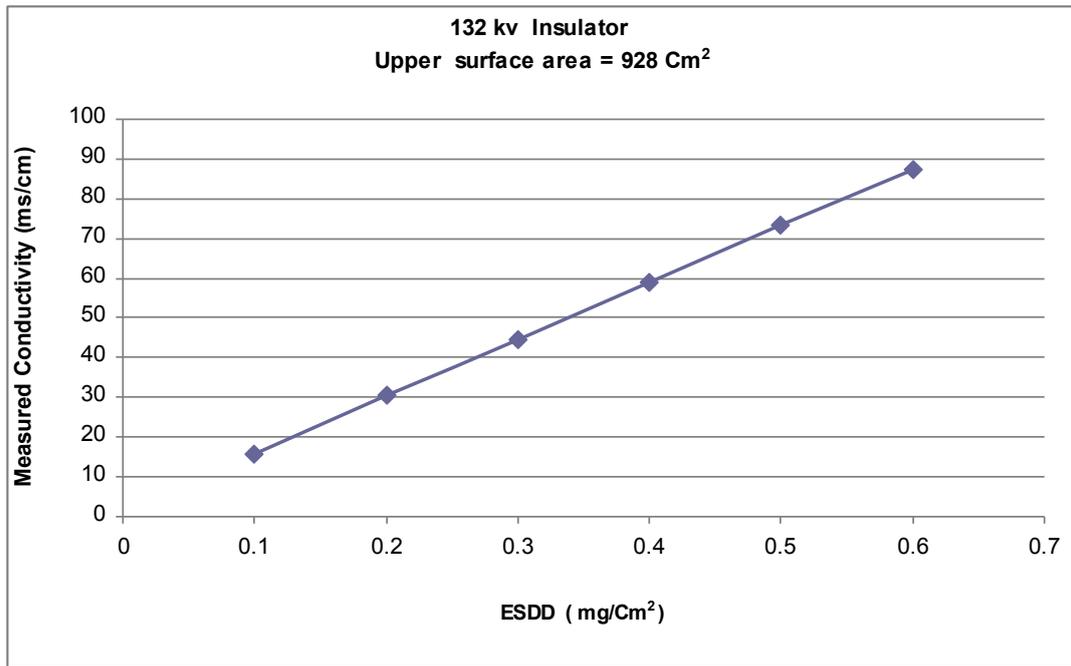
صورة رقم (٤) تبين عملية اضافة ملح كلوريد الصوديوم لدورق ماء مقطر (١ لتر)



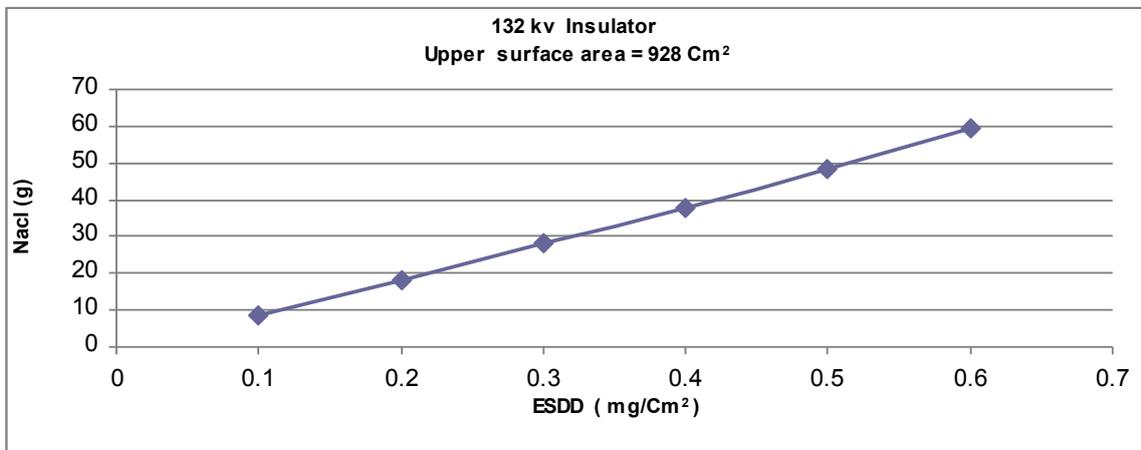
صورة رقم (٥) تبين عملية تسجيل القيم المستحصلة للتوصيلية المقاسة (σ_0)



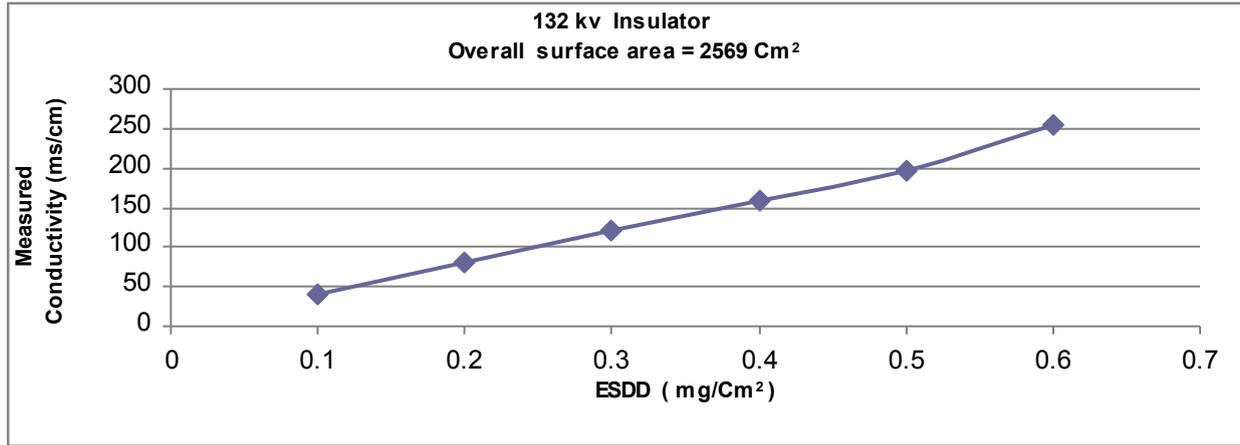
صورة رقم (٦) تبين بعض قراءات قياس التوصيلية المقاسة (σ_0) عند درجة حرارة المحلول (٥)



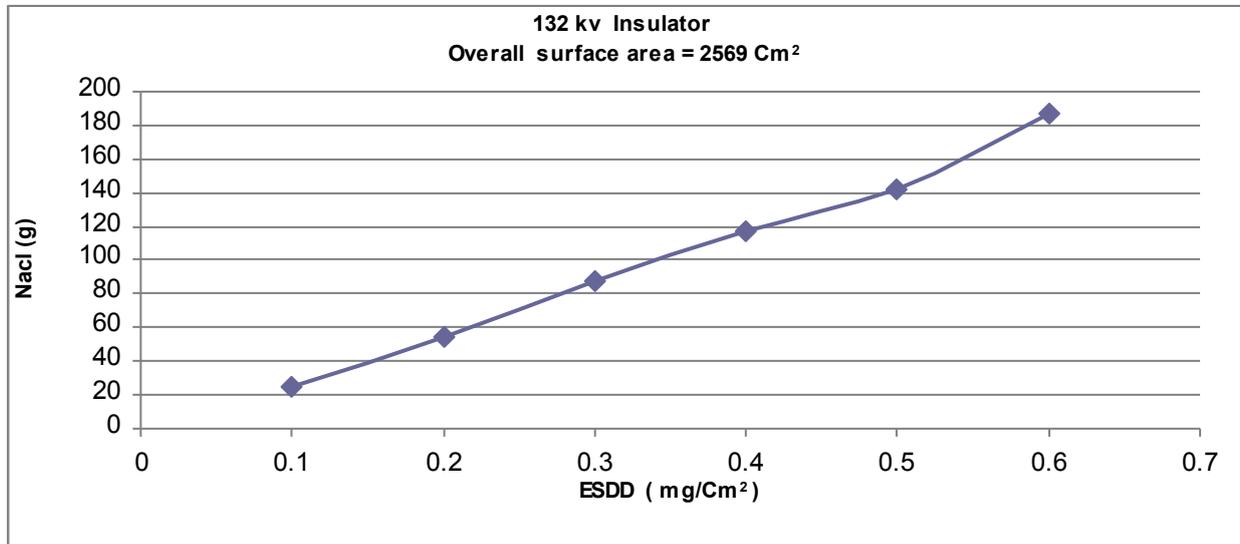
الشكل رقم (١) يبين علاقة قيم (ESDD) المستهدفة مع التوصيلية المقاسة (σ_0) للمساحة السطحية العلوية للعازل الزجاجي (132KV) المنتخب للفحص بالتلوث المصطنع



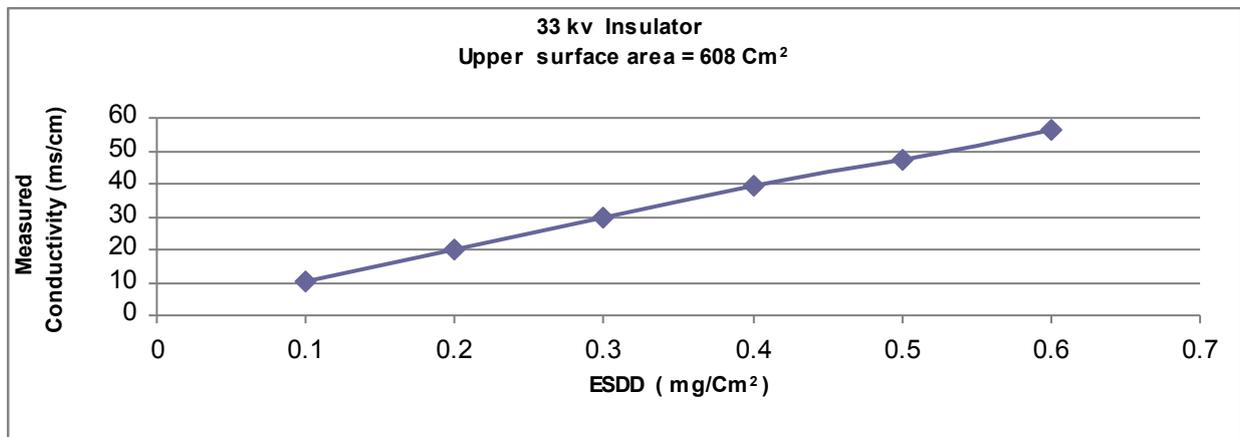
الشكل رقم (٢) يبين علاقة قيم (ESDD) المستهدفة مع كمية كلوريد الصوديوم المستحصلة للمساحة السطحية العلوية للعازل الزجاجي (132KV) المنتخب للفحص بالتلوث المصطنع



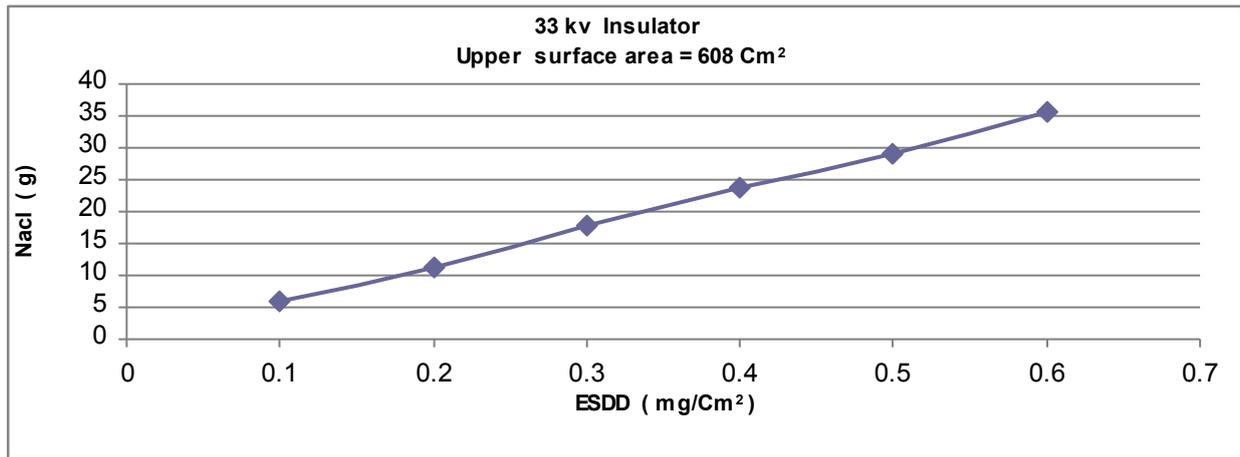
الشكل رقم (٣) يبين علاقة قيم (ESDD) المستهدفة مع التوصيلية المقاسة (σ_{θ}) للمساحة السطحية الكلية للعازل الزجاجي (132KV) المنتخب للفحص بالتلوث المصطنع



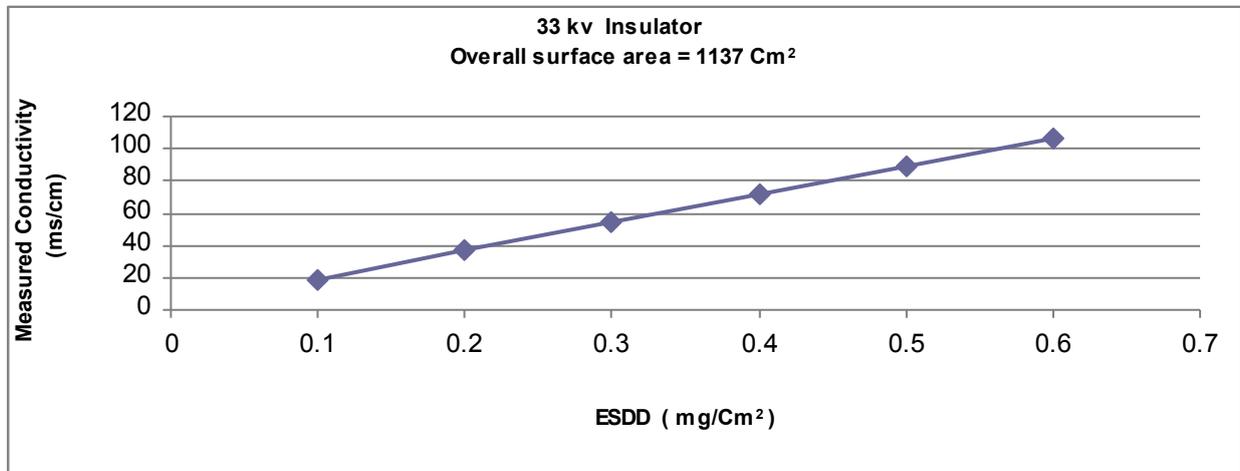
الشكل رقم (٤) يبين علاقة قيم (ESDD) المستهدفة مع كمية كلوريد الصوديوم المستحصلة للمساحة السطحية الكلية للعازل الزجاجي (132KV) المنتخب للفحص بالتلوث المصطنع



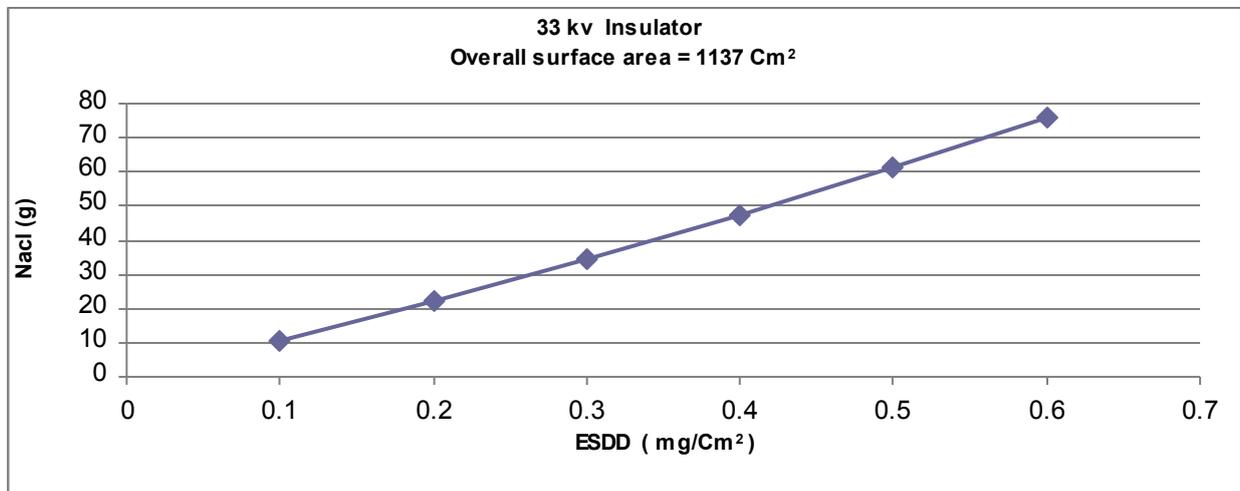
الشكل رقم (٥) يبين علاقة قيم (ESDD) المستهدفة مع التوصيلية المقاسة (σ_{θ}) للمساحة السطحية العلوية للعازل الزجاجي (33KV) المنتخب للفحص بالتلوث المصطنع



الشكل رقم (٦) يبين علاقة قيم (ESDD) المستهدفة مع كمية كلوريد الصوديوم المستحصلة للمساحة السطحية العلوية للعازل الزجاجي (33KV) المنتخب للفحص بالتلوث المصطنع



الشكل رقم (٧) يبين علاقة قيم (ESDD) المستهدفة مع التوصيلية المقاسة (σ_{θ}) للمساحة السطحية الكلية للعازل الزجاجي (33KV) المنتخب للفحص بالتلوث المصطنع



الشكل رقم (٨) يبين علاقة قيم (ESDD) المستهدفة مع كمية كلوريد الصوديوم المستحصلة للمساحة السطحية الكلية للعازل الزجاجي (33KV) المنتخب للفحص بالتلوث المصطنع



صورة رقم (7) تبين عملية وزن بعض كميات كلوريد الصوديوم المحتسبة



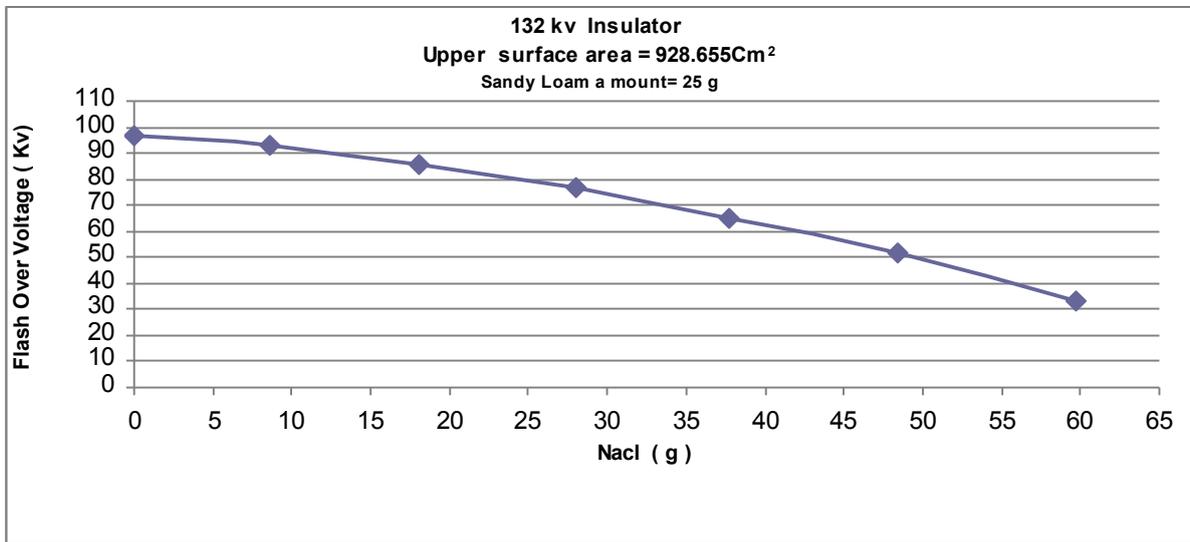
صورة رقم (٨) تبين عملية خلط وتطبيق مزيج التلوث المصطنع على العوازل المنتخبة للفحص



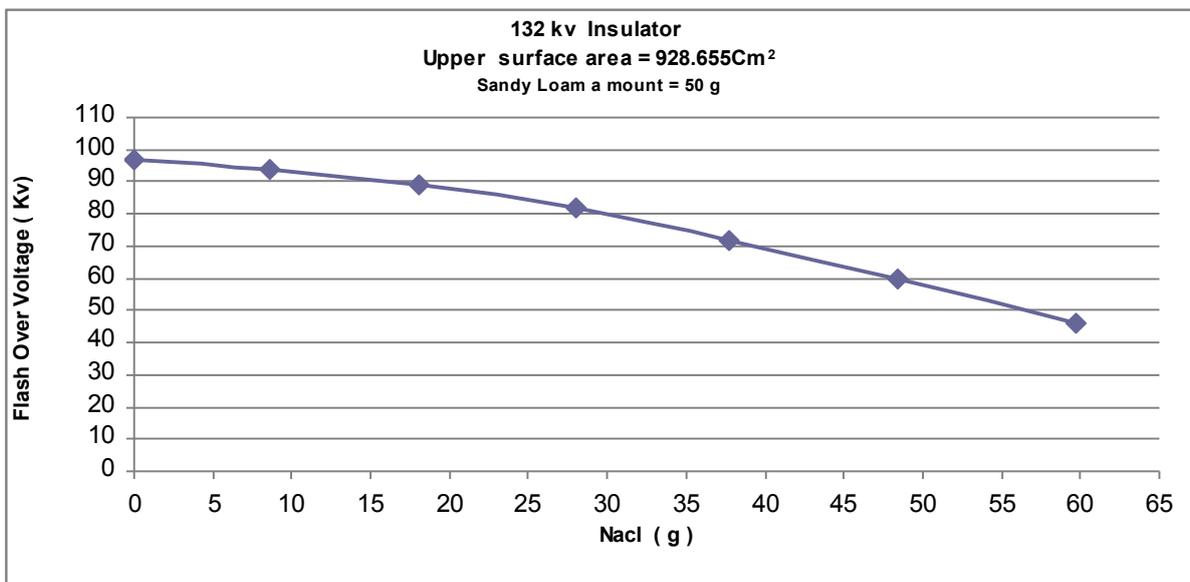
صورة رقم (٩) تبين دائرة الضغط العالي المستخدمة لفحص العوازل الزجاجية



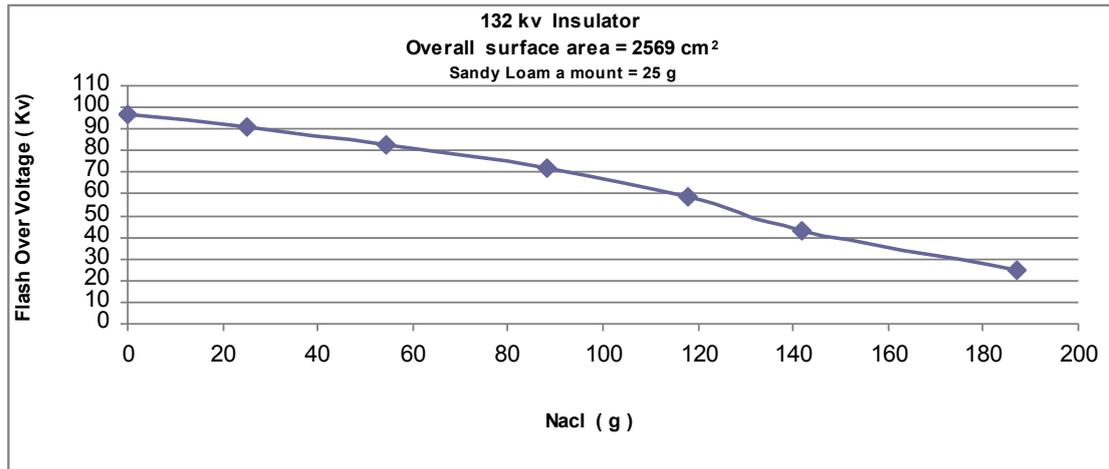
صورة رقم (١٠) تظهر احدى حالات الومضة العابرة لعازل زجاجي (132KV) تحت تأثير التلوث المصطنع



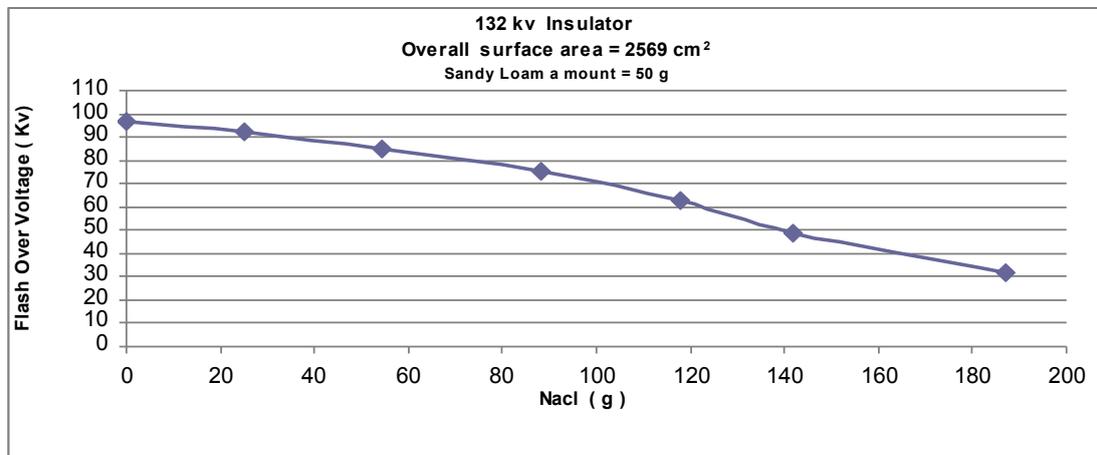
الشكل رقم (٩) يبين علاقة كمية كلوريد الصوديوم المحتسبة مع فولتية الومضة العابرة والمساحة السطحية العلوية للعازل الزجاجي (132KV) عند استخدام كمية رمل غريني (25 g)



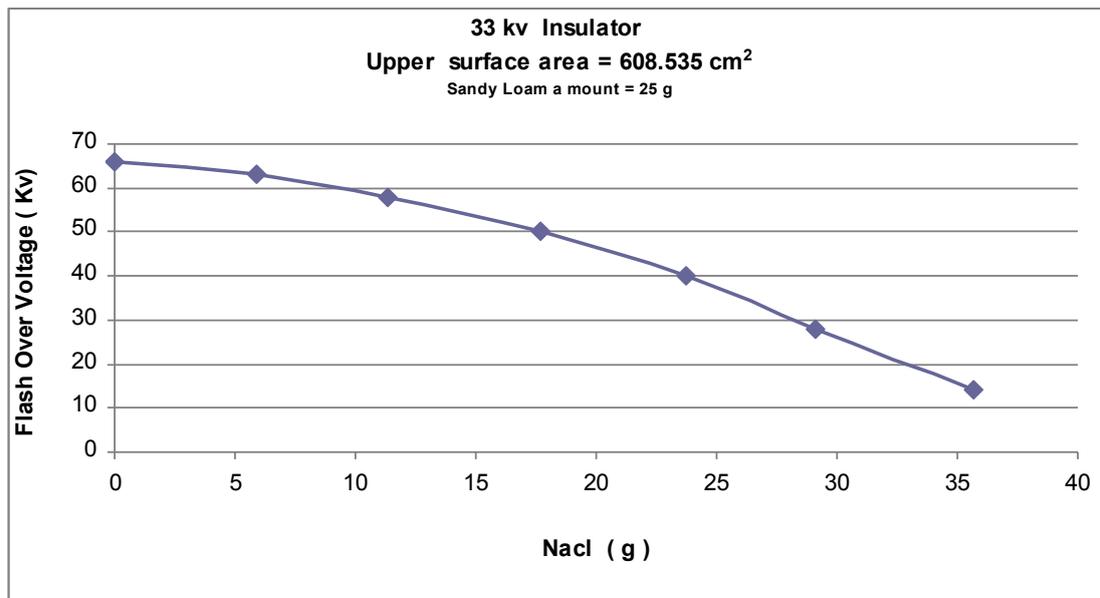
الشكل رقم (10) يبين علاقة كمية كلوريد الصوديوم المحتسبة مع فولتية الومضة العابرة والمساحة السطحية العلوية للعازل الزجاجي (132KV) عند استخدام كمية رمل غريني (50 g)



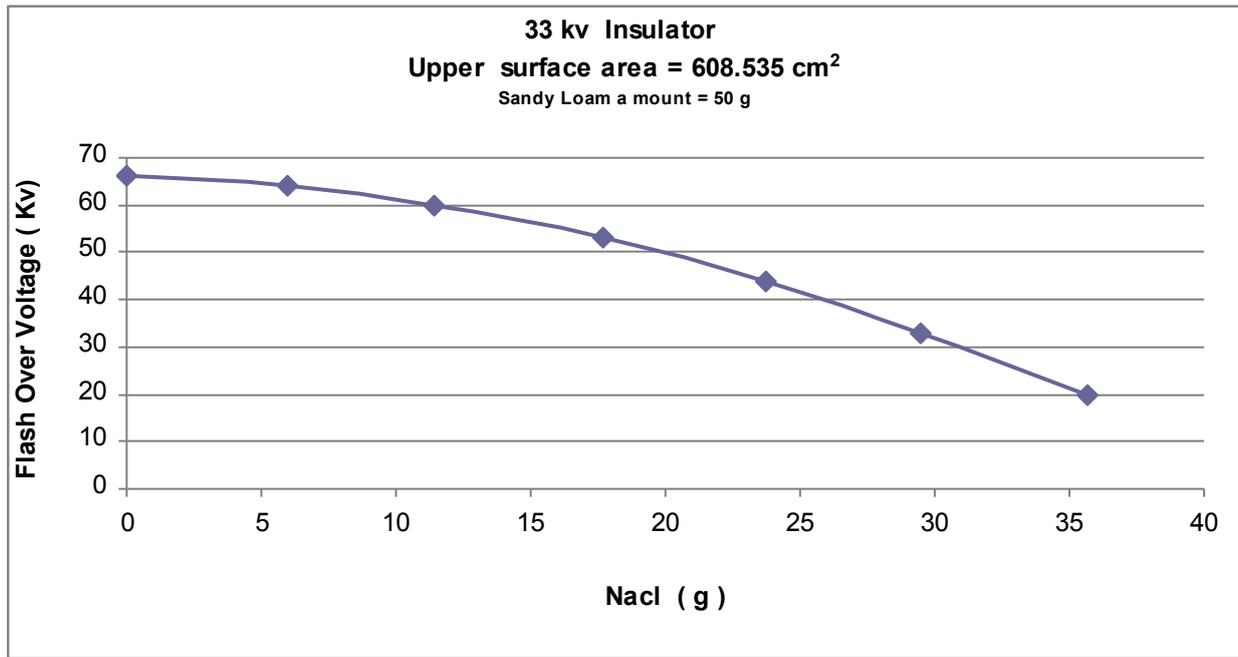
الشكل رقم (١١) يبين علاقة كمية كلوريد الصوديوم المحتسبة مع فولتية الومضة العابرة والمساحة السطحية الكلية للعازل الزجاجي (132KV) عند استخدام كمية رمل غريني (25 g)



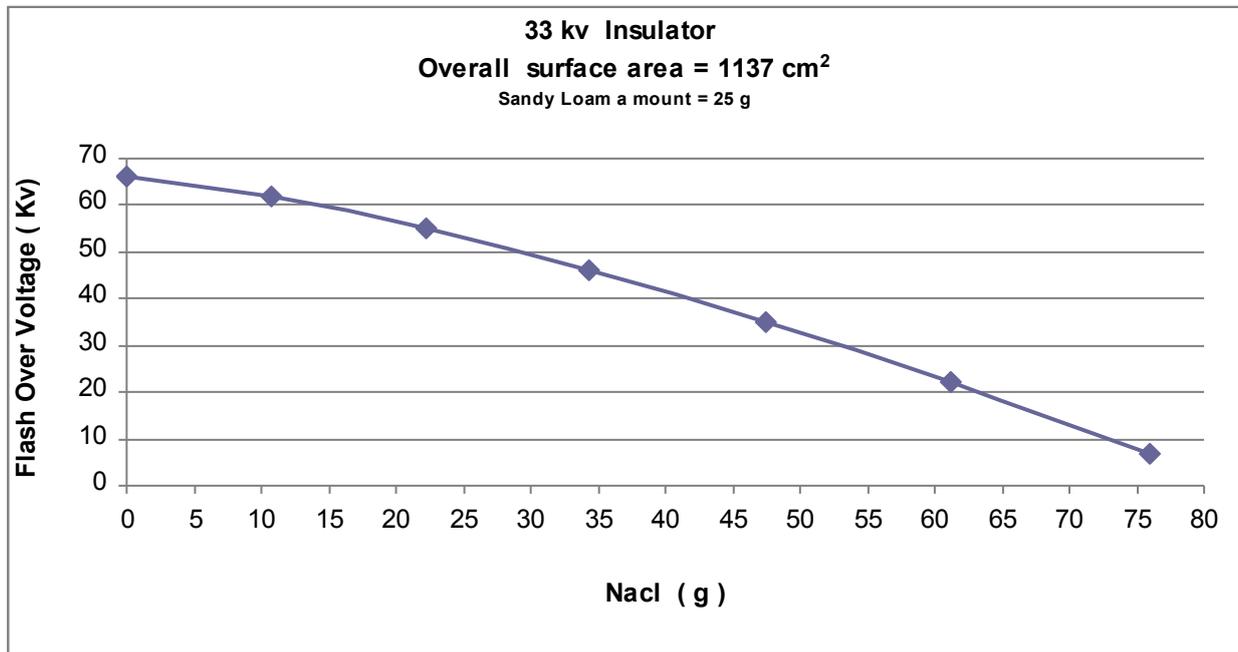
الشكل رقم (١٢) يبين علاقة كمية كلوريد الصوديوم المحتسبة مع فولتية الومضة العابرة والمساحة السطحية الكلية للعازل الزجاجي (132KV) عند استخدام كمية رمل غريني (50 g)



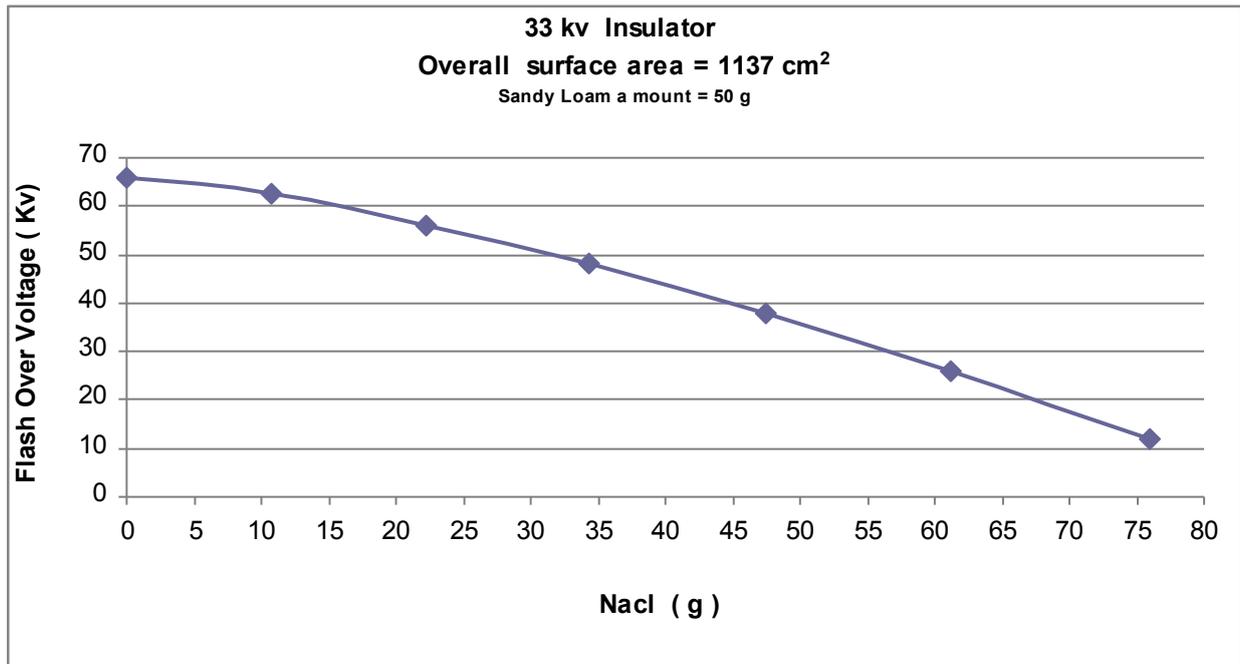
الشكل رقم (١٣) يبين علاقة كمية كلوريد الصوديوم المحتسبة مع فولتية الومضة العابرة والمساحة السطحية العلوية للعازل الزجاجي (33KV) عند استخدام كمية رمل غريني (25 g)



الشكل رقم (14) يبين علاقة كمية كلوريد الصوديوم المحتسبة مع فولتية الومضة العابرة والمساحة السطحية العلوية للعازل الزجاجي (33KV) عند استخدام كمية رمل غريني (50 g)



الشكل رقم (15) يبين علاقة كمية كلوريد الصوديوم المحتسبة مع فولتية الومضة العابرة والمساحة السطحية الكلية للعازل الزجاجي (33KV) عند استخدام كمية رمل غريني (25 g)



الشكل رقم (١٦) يبين علاقة كمية كلوريد الصوديوم المحتسبة مع فولتية الومضة العابرة والمساحة السطحية الكلية للعازل الزجاجي (33KV) عند استخدام كمية رمل غريني (50 g)