بحث السيجريه رقم A3- 216

" اداء الاخماد للجهود الزائدة السريعة جدا باستخدام الحلقات المغناطيسيه في المحطات المعزولة بالغاز جهد 800 ك .ف"

بحث مقدم من هاي سونج الكوريه

"ترجمة م/مجدي محمد بسيوني"

"مراجعه م/ ضياء الدين العروسي"

لجنة معدات الجهد العالي A3

1

1

ملخص

-تحدث الجهود الزائده السريعة جدا في الأنظمه المعزوله بالغاز حَتمًا عند تشغيل سكينه الفصل حيث تصل الجهود الزائدة السريعة جدا إلي 3P.Uأثناء تحرك تلك الموجات خلال الانظمه المعزوله بالغاز وتسبب مشاكل للعزل داخل أو خارج الأنظمه المعزوله بالغازحيث تؤدي داخل الانظمه الي انهيار العزل بين الموصل والحاويه أو حدوث شرارة خارج الحاوية كما تؤثر علي عزل ملفات المحولات والممانعات المتصله مع الانظمه المعزوله من الخارج.

-وقد استغرق اجراء هذا البحث مدة زمنية طويله للوصول الي تقييم لطرق خفض الجهود الزائده السريعه جدا حيث اشتملت طرق الحد من الجهود الزائدة السريعه جدا علي استخدام مقاومات التوازي مع السكينه ,مرنانات الترددات اللاسلكية ,الحلقات المغناطيسيه ,مانعات صواعق وعمل فتحات حلزونيه علي الموصلات المركزيه وقد اوضحت النتائج النظريه ان مقاومات التوازي ذات اداء أفضل ولكنها مكلفة جدا وتؤدي الي تصميم معقد للسكينه اما مرنانات الترددات اللاسلكيه فتقوم بتغيير تردد الرنين ولكنها تتعرض لمشكله هى انهيار العزل بين المرنانات والموصل وفيما يخص الحلقات المغناطيسيه تعتبر غير مكلفه ويمكن تركيبها حول الموصلات المركزيه ويمكن تصنيع الحلقات من مواد حديديه أومن موادغير متبلورة أومن مواد نانونية وتعتبر المواد النانويه هي الانسب للحد من الجهود الزائده السريعه بسبب كبر معاوقتها عند التردد العالي و المفاقيد الطفيفة عند تردد القوي

-كما تم في هدا البحث انشاء نظام لاختبار الجهود الزائده السريعه جدا بهدف التحقق من أداء الحلقه النانويه في الحد من الجهود الزائده السريعه جدا وقد أجرى الاختبار لدراسة تأثيركل من فقد الإدخال وعدد الحلقات النانونية وجهد الدخل المطبق اثناء الاختبار وقد اوضحت نتائج الاختبارتحسن اداء الإخماد للجهود الزائده السريعه جدا مع زياده كل من فقد الادخال و عدد الحلقات وخفض جهد الدخل المطبق.

2

2

1- مقدمه

- كلما زاد الجهد تزداد مشاكل العزل بسبب الجهود الزائده السريعة جدا الناشئة في مهمات المحطات المعزوله بالغازنتيجه لتشغيل سكاكين الفصل حيث تنتشر موجات الجهود الزائدة السريعة جدا داخل المهمات المعزولة بالغاز(GIS) خلال زمن قصير جدا يقدر بالنانوثانيه وبقيمة تصل الي 3P.U وقد يكون لتلك الموجات تاثير داخل المهمات المعزوله بالغازوتنتشر خارجها لتسبب مشاكل في عزل المهمات المتصلة معها من الخارج مثل المحولات والممانعات

- وهناك 3 مشاكل رئيسيه تحدث داخل المهمات المعزولة بالغاز نتيجه للجهود الزائدة السريعة جدا :

1) عند حدوث انتشارلموجات الجهود الزائده السريعه جدا الي الارض يزداد جهد الحاوية (Enclosure) نتيجه لمعامل الارتداد(-1) وهو ما يؤدي الي حدوث شراره بين الحاويات فى المهمات المعزولة بالغاز.

2) بعد ذلك يحدث انتشار لموجات الجهود الزائدة عرضيا خلال الموصل المركزى فى الجزء المعزول مما يرفع الجهد ويمكن أن يحدث انهيار للعزل بين الموصل والحاوية.

3) أخيرا عند فتح السكينه تتبقي شحنات مختزنه بجهد يصل الي 1P.U في بعض اجزاء الموصل المعزولة وعندما تظل تلك الشحنات باقيه لفتره طويلة سيؤدي ذلك الي وجودها علي العازلات التي تحمل الموصل (Spacer) وعند اعاده قفل السكينه يحدث انهيار للعازلات الحامله للموصل (Spacers).

3

3

-اما خارج المهمات المعزولة بالغاز فان الجهود الزائدة السريعة جدا تؤدي الي انهيار عزل ملفات المحولات والممانعات المتصلة معها بسبب تعرضها المستمر لتكرار حدوث تلك الجهود نتيجة للرنين او نتيجة خفض شدة العزل للعزل الورقى الخاص بالملفات .

وللحد من مستويات الجهود الزائده السريعة جدا يمكن استخدام مقاومات الإخماد ومرنانات الترددات اللاسلكيه(RF Resonators) و مانعات الصواعق وتعتبر الحلقات المعناطيسيه التي يتم تركيبها حول الموصل وبصفه خاصة الحلقات التي يتم تصنيعها بتقنية النانو هي الطريقة الاكثر فاعليه في إخماد الجهود الزائدة السريعة جدا و الأقل تكلفه ولها معاوقه اكبر عند الترددات العالية ومفاقيد طفيفة عند تردد الشبكه ومن الضروري عمل اختبار للتحقق من اداء الإخماد لموجات الجهود الزائده السريعة جدا باستخدام الحلقات المصنعة بتقنية النانو وعدم الاعتماد علي البيانات الواردة من المصنع.

-ويقدم هدا البحث نظام اختبار تم إنشاؤه للتحقق من اداء الحلقات المصنعة بتقنية النانو في إخماد الجهود الزائده السريعة جدا

4

4

2- نظام اختبار الجهود الزائدة السريعة جدا VFTO

2-1) إعداد نظام الاختبار

يتكون نظام الاختبار من عازلات اختراق (Bushings) وحاويه و ثغره هوائيه لإحداث شراره (Spark gap) و حساسات سعويه لقياس الجهد (CVSوحلقة مصنعة بتقنية النانو حيث يتم توليد جهود زائده سريعة جدا من خلال إحداث انهيار لعزل ثغرة هوائية عن طريق التغذية بجهد دفعي يقدر بمئات الكيلوفولت من مولد دفعي يتم تركيبه علي عازلات الاختراق الخاصه بالحاويه المعزوله بالغاز.

ويتم تحديد القيمه العظمي للجهود الزائدة السريعة جدا ومعدل الزيادة في تلك الجهود من خلال طول الثغرة الهوائيه وضغط غازسادس فلوريد الكبريت (SF6) داخل الحاويه و زمن الوصول الي القيمه القصوى (Tr) من خلال العلاقه الاتيه:

$$t_r = 13.3K_T / (\Delta u/s) \quad (1)$$

حيث t_r هي زمن الوصول الي القيمه القصوى
K_T ثابت توبلرللشراره (Toepler's spark constant)

5

5

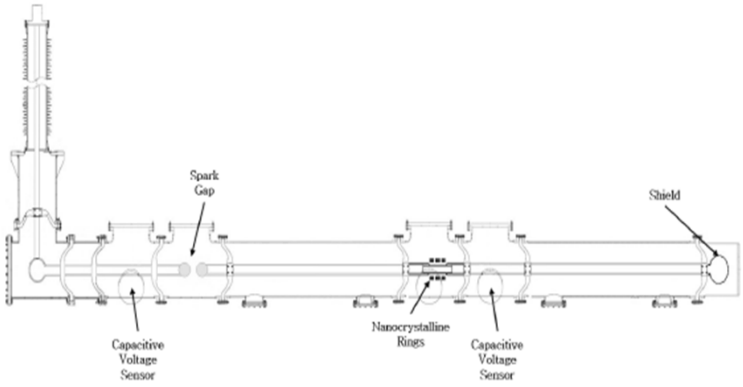

Figure 1. VFTO test system

والشكل رقم (1) يوضح نظام اختبار الجهود الزائده السريعة جدا بطول 14 متر حيث تم تركيب الحلقات المصنعة بتقنية النانو في غرفه بوصله (T) كما هو موضح بالشكل لصعوبه فك النظام المعزول بالغاز لتركيب تلك الحلقات ولذلك تم تصميم موصلات منزلقة بما يسمح بتركيب تلك الحلقات المصنعة بتقنية النانو بسهوله على الموصلات من خلال غرفه وصله T . كما تم تركيب عدد (2) حساس سعوي لقياس الجهد (CVS) جهة مصدر الجهد وجهة الحمل لقياس كل من جهد الدخل المطبق وقياس مستوى الجهود الزائدة السريعه جدا الناشئة

6

6

2-2) تصميم حساس سعوي لقياس الجهد

لقياس الجهود الزائدة السريعه جدا حتى (3P.u) تم تصميم حساس سعوي لقياس الجهد (CVS) ذو نطاق عريض لقياس القيم العظمي للجهد والتردد ولذلك تم عمل نموذج باستخدام برنامج (EMTP) لحساب القيم المتوقعه للجهد والتردد للجهود الزائدة السريعه جدا عند نقط القياس حيث تم تمثيل قطاع القضبان المعزول بالغاز تقريبا بهيكل اسطوانى متحد المحور اما بافى بيانات مكونات نظام الاختبار من عازلات اختراق و عازلات حمل الموصل والثغرة الهوائيه تم تحديدها طبقا للقواعد الارشاديه الواردة في IEEE على النحو المشار اليه بجدول رقم (1)

Table 1. IEEE guidelines

Component	Equivalent model	Modelling
Spacer	Capacitance	C > 20 pF
Bushing	Surge impedance & capacitance	Zs ≈250 Ω, C > 10 pF
Spark Gap	Time varying resistance & resistance	r = r(t), R < 10 Ω

7

7

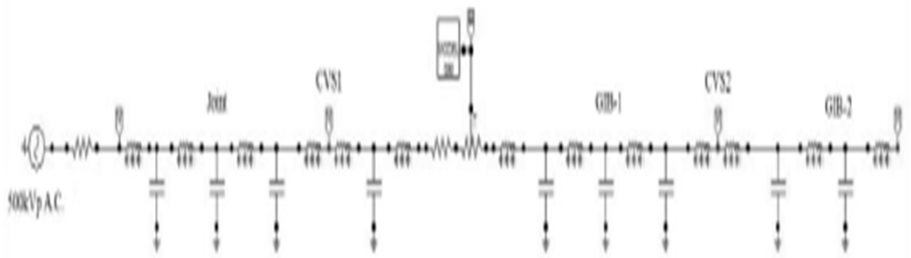

Figure 2. VFTO test system modelled by EMTP

ويوضح شكل رقم (2) مكونات موديل نظام اختبار الجهود الزائدة السريعه حيث تم تمثيل قطاع القضبان المعزوله بالغاز بخط نقل وتم تمثيل الثغرة الهوائيه بمقاومه شرارة (arc resistance) مع مفتاح مثالى (ideal switch)

8

8

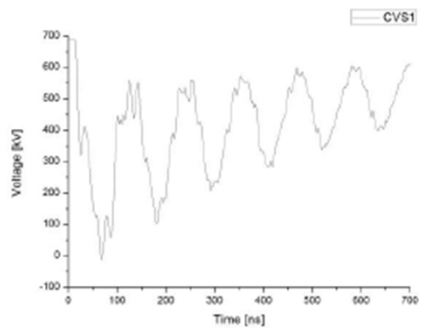

Figure 3. result of analysis by EMTP at CVS1 position

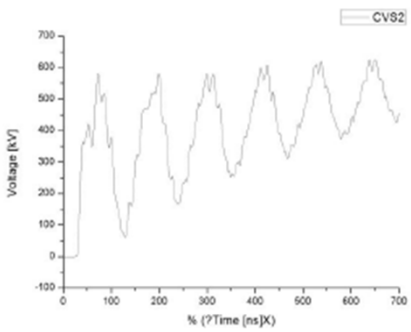

Figure 4. result of analysis by EMTP at CVS2 position

- كما يوضح شكل (3) ,(4) نتائج حساب قيم الجهود الزائدة السريعه جدا باستخدام برنامج EMTP جهه المصدر عند cvs1 وجهه الحمل عند CVS2على الترتيب وكانت القيمه العظمى للجهود الزائدة السريعه المقاسه فى حدود 1P.Uلعدم تاثرها بالارتداد وبالتالى فان حساسات قياس الجهد مطلوب تصميمها لقياس جهود حتى 1P.Uوبما ان طول نظام الاختبار حوالى 14متر وله نهايه مفتوحه فان التردد الاساسي المتوقع للجهود الزائدة السريعه حوالى 11ميجا هرتز .

9

9

2-3) الحلقات المغناطيسيه

- تتميز الحلقات المغناطيسيه بقدرتها على إخماد الجهود الزائدة السريعة جدا بدون إدخال تغيير على تصميم سكينه الفصل (DS) ويمكن تصنيعها من مواد حديديه او غير متبلورة أو بتقنية النانو .
- تعتبر المواد المصنعة بتقنية النانو هى الاكثر إستخداما لكبر معاوقاتها فى الترددات العاليه وانخفاض مفاقيدها عند تردد الشبكه (50هيرتز) مقارنة بالمواد الاخرى حيث تستطيع الحلقات المصنعة بتقنية النانو تحقيق خفض قد يصل الى 20% من القيمه القصوى للجهود الزائدة السريعه جدا . ومن أجل خفض الجهود الزائدة السريعة جدا يجب ان تكون معاوقة الحلقات المصنعة بتقنية النانو كبيرة فى نطاق تردد هذة الموجات .حيث تكون هذة المعاوقة مركبة من مقاومة و محاثة .و فى منطقة الجهد العالى والتردد العالى الخاص بالجهود الزائدة السريعة جدا تشارك مركبة المحاثة بالكاد فى المعاوقة لان الجزء الحقيقى من النفاذية المركبة للحلقات المصنعة بتقنية النانو يقترب من نفاذية الفراغ أما مركبه المقاومه فنتيجة فقد القلب فهى تشغل أغلب المعاوقة ولذلك عند الاختيار الأنسب للحلقات المصنعة بتقنية النانو فان ذلك يتطلب الأخذ فى الاعتبار فقد الإدخال (insertion loss) الخاص بالحلقات المصنعة بتقنية النانو.

10

10

ويعرض هذا البحث 3 انواع من الحلقات المصنوعة بتقنية النانو تم اختيارها طبقا لقيم فقد الإدخال عند التردد 11 ميجا هرتز والجدول رقم (2) يوضح خصائص وأبعاد كل نوع

Table 2. specification of nanocrystalline rings

Model	Relative permeability	Insertion loss [dB]	Dimensions (OD X ID X Thickness [mm])
A	17,200	11.5(@11MHz)	166.9 X 123.9 X 30.5
B	26,700	10.8(@11MHz)	165 X 125 X 28.5
C	36,000	9.4(@11MHz)	165 X 125 X 28.5

بالرغم من انخفاض النفاذية النسبية من المتوقع أن تكون الحلقات من النوع (A) الافضل أداء" فى خفض الجهود الزائدة السريعة جدا نتيجه لارتفاع فقد الإدخال عند التردد 11 ميجا هرتز مع ملاحظه انها الأكبر فى الابعاد نتيجه لزيادة المادة العازلة المحيطة بالحلقات المصنعة بتقنية النانو بينما الأبعاد الفعالة لجميع الحلقات متساوية.

11

11

3 - نتائج إختبار الجهود الزائدة السريعه جدا

3-1) طريقه الإختبار

يمكن تقييم أداء الإخماد للجهود الزائدة السريعة جدا بواسطة الحلقات المصنعة بتقنية النانو من خلال مقارنه نتائج اختبار مرجعى مع نتائج اختبار الإخماد حيث يكون الاختبار المرجعى هو قياس مستوى الجهود الزائدة السريعة جدا بدون الحلقات المصنعة بتقنية النانو بينما يكون اختبارالإخماد هو قياس مستوي الجهود الزائده السريعة جدا مع تركيب الحلقات المصنعة بتقنية النانو وبذلك يكون تسلسل خطوات الإختبار كالأتي:

1- إعداد نظام لإختبار الجهود الزائده السريعة جدا
2- تطبيق موجه جهد دفعي تؤدي الي انهيار الثغرة الهوائيه
3- قياس مستوي الجهود الزائده السريعة جدا فى الاختبار المرجعي باستخدام حساسات سعويه لقياس الجهد (CVS)
4- تركيب الحلقات المصنعة بتقنية النانو
5- تطبيق موجة جهد دفعي تؤدي الي انهيار الثغره الهوائيه
6- قياس مستوي الجهود الزائده السريعة جدا مع وجود الحلقات المصنعة بتقنية النانو باستخدام حساسات سعويه لقياس الجهد (CVS)
7- تقييم اداء الإخماد للجهود الزائده السريعة جدا مع وجود الحلقات المصنعة بتقنية النانو بمقارنه نتائج الخطوه 3 مع الخطوه 6

12

12

Table 3. test condition according to nanocrystalline type, applied voltage and number of rings

No.	Applied voltage	Test type	Ring type	Relative permeability	No. of rings
1	220kV	Reference	-	-	-
2		Mitigation	A	17200	5
3			C	36000	5
4	690kV	Reference	-	-	-
5		Mitigation	A	17200	5
6			B	26700	5
7			C	36000	5
8			A+B+C	17200~36000	17

وقد تم في هدا البحث تكرار اجراء الاختبار تبعا لعدد الحلقات ومستوي الجهد المطبق وقيمه (the insertion loss) والجدول رقم(3) يوضح جميع حالات الاختبار وعددها 8 حيث يمكن **اولا** ومن خلال مقارنه نتائج الاختبارات ارقام 1,2 ,3 مع نتائج الاختبارات 4و 5, 6 تقييم مستوي اداء الحلقات التاتوكريستلين في خمد الجهود الزائدة السريعه اعتمادا علي مستوي الجهد المطبق كما يمكن **ثانيا** ومن خلال مقارنه الاختبارات ارقام 4, 5, 6, 7 تحديد مستوي اداء الحلقات في خمد الجهود الزائدة السريعه اعتمادا علي insertion loss كما امكن **ثالثا** ومن خلال الاختبارات ارقام 5و 8 تحديد مستوي اداء الحلقات في خمد الجهود الزائدة السريعه اعتمادا علي عدد الحلقات

13

13

3-2) نتائج إختبار الإخماد طبقا لجهد الدخل المطبق

يوضح شكل(5, 6) نتائج الاختبارات في حالة تطبيق جهد اختبار 220ك.ف, 690 ك.ف علي التوالي ومنها يتضح انه عند الجهد 220ك.ف تصل نسبة الخمد الي 14% في حالة استخدام حلقات من النوع Aوتصل الي 8% في حالة استخدام حلقات من النوع Cبينما عند الجهد 690 ك.ف تقل نسبة الخمد الي 9% و6% في حالة استخدام حلقات من النوع A والنوع Cعلي الترتيب ومنها يتضح انخفاض معدل الخمد بارتفاع جهد الاختبار نتيجه لحدوث التشبع لحلقات النانوكريستلين

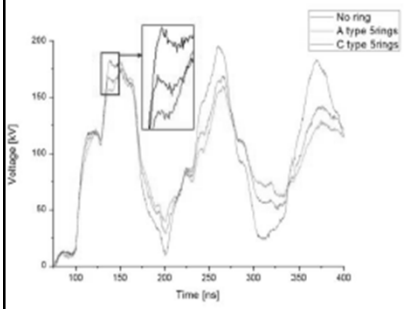

Figure 5. VFTO test result at 220kV

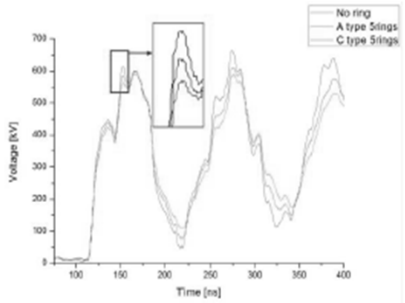

Figure 6. VFTO test result at 690kV

14

14

كما يوضح شكل (5),(6) ان القيمة العظمي الثانية لموجات الجهود الزائدة السريعه جدا تبدو مماثلة للقيمة العظمي للجهود الزائدة السريعة جدا بدون استخدام حلقات الإخماد وهذا يمكن تفسيره من خلال شكل (7).

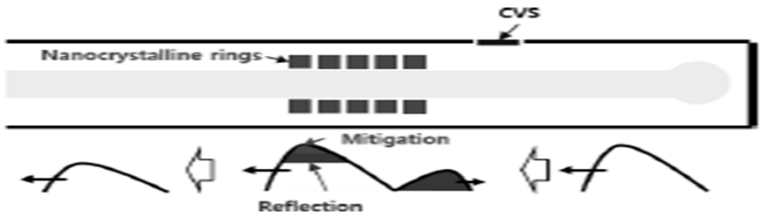

Figure 7. VFTO mitigation mechanism

حيث يوضح شكل (7) انه عند تواجه الموصل والحلقات فان الإنخفاض والإرتداد يحدث في نفس الوقت لموجات الجهود الزائدة السريعة جدا ولذلك فإن القيمة العظمي الثانية تتكون من الموجه الأصلية والموجة المرتدة من النهاية المفتوحة للنظام والموجه الناتجة من الحلقات. واذا كانت معاوقة الحلقة صغيرة جداً مقارنة بمعاوقة قطاع القضبان المعزولة بالغاز الذي يتم اختباره فإن كل من معامل الارتداد ومعدل الإخماد يكون صغيرا ومتساوي في القيمه ومختلف في الإشاره وبذلك فأن تأثير الإرتداد غالبا ما يلاشي تأثير الإخماد.

15

15

3-3) نتائج إختبار الإخماد طبقا لفقد الإدخال

يوضح شكل (8) نتائج الاختبار طبقا لفقد الإدخال للحلقات المصنعة بتقنية النانو عند الجهد690 ك.ف حيث تنخفض القيمة العظمي بنسبة 6%و 7%و 9% في حالة الحلقات A, B, C علي الترتيب وتختفي موجات الجهود الزائدة السريعة جدا بعد 6 ,7, 8 دوره فى حالة الحلقات A, B, C على الترتيب.

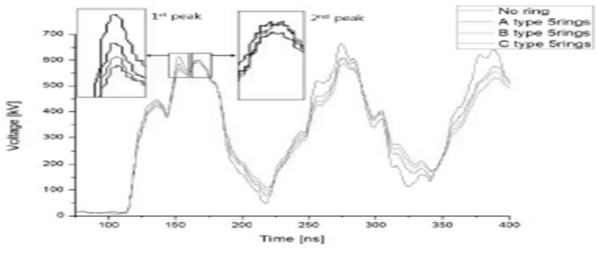

Figure 8.result of VFTO test at 690kV

كما يوضح الشكل (8) ان القيمة العظمي الثانيه لموجات الجهود الزائده السريعة جدا تبدو مماثله للقيمة العظمي بدون استخدام حلقات الإخماد وهذا ما سبق تفسيره من خلال شكل (7)

16

16

4-3) نتائج خمد الجهود الزائدة السريعه طبقا لعدد حلقات النانوكريستلين:

- يوضح الشكل(9) نتائج الاختبار باستخدام عدد(17) حلقه تجمع جميع الانواع A, B, Cمعاً حيث تم اجراء الاختبار عند جهد690 ك.ف حيث انخفضت القيمه العظمي الاولي الي 17% والقيم العظمي التاليه تختفي بعد 3دورات فقط ويمكن زيادة اداء الخمد بأستخدام المزيد من الحلقات ولكن هدا يتطلب مساحه اكبر لوضع الحلقات

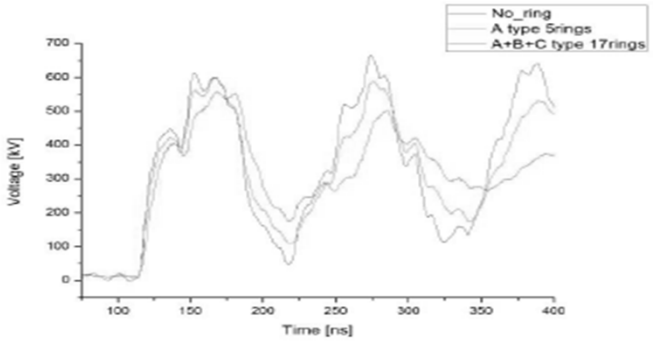

Figure 7. result of VFTO test at 690kV applied voltage with 17 rings

17

17

4) النتائج والمناقشه

أوضح هذا البحث تجريبياً ان أداء إخماد الجهود الزائدة السريعه جدا بواسطة الحلقات المصنعة بتقنية النانو يقيم طبقاً لعدد ونوع الحلقات وجهد الدخل المطبق ويوضح جدول (4) الأداء الشامل لإخماد الجهود الزائدة السريعة جدا طبقاً لظروف الاختبار حيث يتبين ان اداء الإخماد يزداد بزيادة فقد الادخال للمادة المصنعة بتقنية النانو ومن ناحيه أخري فإن اداء الإخماد ينخفض مع زيادة جهد الدخل المطبق عند ثبات عدد الحلقات بسبب دخول الحلقات فى حالة التشبع ومع تركيب 17 حلقة فأن القيمه القصوى للجهود الزائدة السريعه جدا تنخفض بحوالي 17%

وعلي الرغم من إمكانية خفض الجهود الزائدة السريعة جدا بأستخدام الحلقات المصنعة بتقنية النانو فإن القيمه العظمي للجهد قرب الحلقات تزداد لحظياً نتيجه لتأثير الإرتداد للجهود الزائدة السريعه جدا ولذلك فأنه من الضروري إجراء دراسه لأخذ هذا التأثيرفي الاعتبار واختيار الوضع الامثل للحلقات .

18

18

Table 4. VFTO mitigation performance according to nanocrystalline type, applied voltage and number of rings

Applied voltage	Test type	Ring type	No. of rings	Mitigation performance of VFTO peak
220kV	Reference	-	-	-
	Mitigation	A	5	14.22%
		C	5	8.08%
690kV	Reference	-	-	-
	Mitigation	A	5	8.61%
		B	5	7.00%
		C	5	5.67%
		A+B+C	17	17.10%

19

19

20