شرح إختبارات الكابلات (إختبار العزل - الإستمرارية - الجهد العالي - VLF) بالتفصيل

أنواع إختبارات الكابلات الكهربية

على الرغم من أن معظم الاختبارات الخاصة بالكابلات تتم في المصنع إلا أنه يجب إجراء بعض الاختبارات عند استلام و بعد التركيب و من أهم هذه الاختبارات :

إختبار قياس قوة أو مقاومة العزل للكابل Insulation Resistance Test (IR)

- العزل هو المادة الحاميه للموصل لمنع تلامس الاسلاك الحامله للكهرباء مع بعض أو مع سلك التعادل أو الاجسام المعدنية للأجهزة وهذا العزل له مقاومه
- فى هذا الإختبار تقاس مقاومة العزل بين كل فاز phase على حده وبين الغلاف المعدني للكابل
- ويستخدم هذا الاختبار لتحديد مقاومة العطل وبالتالى تحديد الجهاز المناسب استخدامه لقياس مسافة العطلأ
- ويجب تفريغ الشحنة على الكابلات بعد إجراء الاختبار لأن مكثفات الكابل تظل مشحونة بجهد الاختبار (تذكر أن الميجر له جهد (DC) ومن ثم هناك خطر على العاملين أن لمس أحدهم الكابل وهو مشحون ، ولذا نقوم بتفريغ هذه الشحنات بتوصيل الكابل بالأرض.

جهد الإختبار المناسب لقياس مقاومة العزل للكابل

وتنص الشروط والموصفات ان تكون مقاومة العزل بين الموصل مع موصل آخر أو مع الجسم لا تقل عن قيمة معينة وفقا للاستخدام وللعلم لكل عازل جهد مناسب حسب المواصفات والجدول الآتي يوضح جهد الإختبار المناسب لكل كابل وفقا إلي جهد التشغيل له

نوع الجهد	قيمة الجهد	جهد الاختبار بالميجر
جهد منخفض	أقل من 600 فولت	500 فولت DC
جهد منخفض	أقل من 1 ك.ف	1000 فولت DC
جهد متوسط	أكبر من 1 ك.ف حتى 33 ك.ف	5000 فولت DC
جهد عالي	أكبر من 33 ك.ف	5000 فولت DC

قيم مقاومة العزل المقبولة لكابلات الجهد المتوسط والمنخفض

ولتحديد جودة الكابل من ضعفه يجب ملاحظة الآتي :

- إذا كانت قراءه جهاز الميجر أقل من قيمة جهد التشغيل يكون الكابل ضعيف
- وإذا كانت قراءه الميجر اكبر من قيمة جهد التشغيل يكون كابل جيد

ويجب الاخذ في الاعتبار إذا كان الكابل جديد أي من المصنع أو كابل مستخدم فان القيم تتفاوت وتقريبا يكون المقياس كالأتي

- مقاومة العزل للكابلات الجديدة أكبر من أو تساوي 2 جيجا أوم
- مقاومة العزل للكابلات القديمة أكبر من أو تساوى 50 ميجا أوم

قيم مقاومة العزل المقبولة لكابلات الجهد المتوسط

يوضح الجدول التالي الحد الأدني لقيم مقاومة العزل المناسبة Insulation Resistance (IR) لكابلات الجهد المتوسط عند جهود تشغيل مختلفة :

جهد التشغيل	جهد الاختبار (كابل قديم)	جهد الاختبار (كابل جديد)	أقل قيمة لمقاومة العزل
حتى 1 ك.ف	500 V DC for 1 minute	1 KV DC for 1 minute	50 MΩ
11 ك.ف	1 KV DC for 1 minute	2.5 KV DC for 1 minute	200 MΩ
33 ك.ف	2.5 KV DC for 1 minute	5 KV DC for 1 minute	500 MΩ
66 ك.ف	5 KV DC for 1 minute	5 KV DC for 1 minute	500 MΩ

قيم مقاومة العزل المقبولة لكابلات الجهد المنخفض

يوضح الجدول التالي الحد الأدني لقيم مقاومة العزل المناسبة Insulation Resistance (IR) لكابلات الجهد المنخفض عند جهود تشغيل مختلفة :

قيمة الجهد	جهد الاختبار	أقل قيمة لمقاومة العزل
Extra Low Voltage	250V DC	0.25 MΩ
حتى 500 فولت	500 V DC	0.5 MΩ
أكبر من 500 فولت حتى 1 ك.ف	1000 V DC	1.0 MΩ

قيم مقاومة العزل المقبولة لكابلات الجهد المنخفض

قيم مقاومة العزل المقبولة لكابلات الكنترول

كابلات التحكم تختبر بميجر 500 فولت ومقاومة العزل تكون أكبر من 10 ميجا أوم مقبولة

خطوات إختبار مقاومة العزل للكابلات Insulation Resistance Test

يتم قياس مقاومة العازل وسعته باستخدام أجهزة وطرق القياس العادية وأهمها جهاز الميجر Megger ويمكن إجراء هذا الاختبار بسهولة لقياس المقاومة بين كل موصل والغلاف وبين كل موصل والأرض وبين كل موصلين ويمكن إجراء هذا القياس بعد التركيب ثم بعد التشغيل على فترات دورية

في حالة استخدام ميجر ذو جهد متغير

جهد الاختبار = (2 * جهد التشغيل بالفولت) + 1000

- في حالة استخدام ميجر ذو جهد مستمر

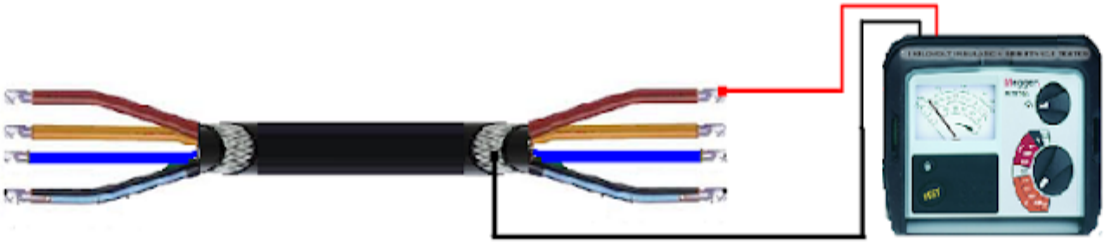
جهد الاختبار = 2 * جهد التشغيل بالفولت

خطوات اختبار قياس مقاومة العزل للكابل (توصيل وتشغيل الميجر)

- يتم عزل الكابل المراد إختباره من الجهتين
- يتم ضبط جهاز الميجر Megger علي جهد التشغيل المناسب للكابل تحت الاختبار (طبقا للجداول السابقة)
- يتم التأكد من معايرة جهاز الاختبار عن طريق ملامسة أطرف الاختبار مع بعض فيجب إن يعطي الجهاز مقاومة مقدارها صفر وإذا لم يعطي ذلك يكون الجهاز محتاج إلي معياره
- قياس مقاومة العزل بين أطراف الكابل مع سلك التسليح كالأتي :

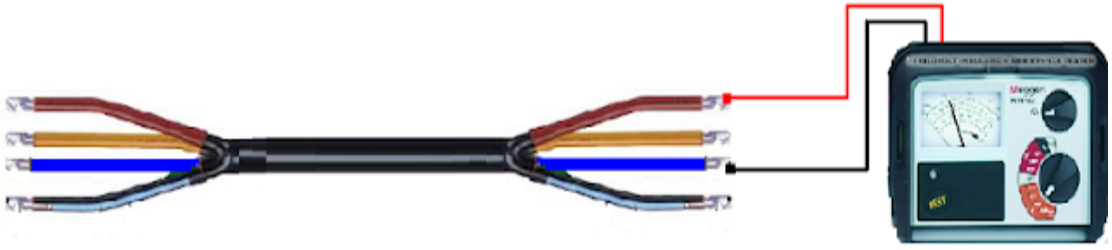
- يتم توصيل طرف الاختبار بجهاز الميجر (الطرف الموجب) بأحد الفازات وليكن الفازة R وتوصيل الطرف الأخر للميجر(الطرف السالب) بسلك التسليح للكابل (فى حالة

كابلات الجهد المنخفض) كما بالصورة أو بالشريط النحاسي للكابل (فى حالة كابلات الجهد المنخفض) ثم الضغط علي زر التشغيل وانتظار دقيقة ثم قراءة ما يسجله الجهاز فيكون هو قيمة مقاومة العزل ثم نكرر ذلك مع كل فازة من فازات الكابل وأيضا طرف الأرضي



- قياس مقاومة العزل بين أطراف الكابل مع بعضها البعض كالأتي :

- يتم توصيل طرف الميجر بأحد فازات الكابل ثم توصيل الطرف الأخر للميجر بفازة أخرى ثم الضغط علي زر التشغيل وإنتظار دقيقة ثم قراءة ما يسجله الجهاز فيكون هو قيمة مقاومة العزل ثم نكرر ذلك مع كل فازة من فازات الكابل



ثم يتم تكرار الخطوة السابقه ولكن في هذة الحالة يتم قياس كل فازه مع الفازات الأخرى

حيث يتم قياس الفازة R مع كل من (B-Y-N)

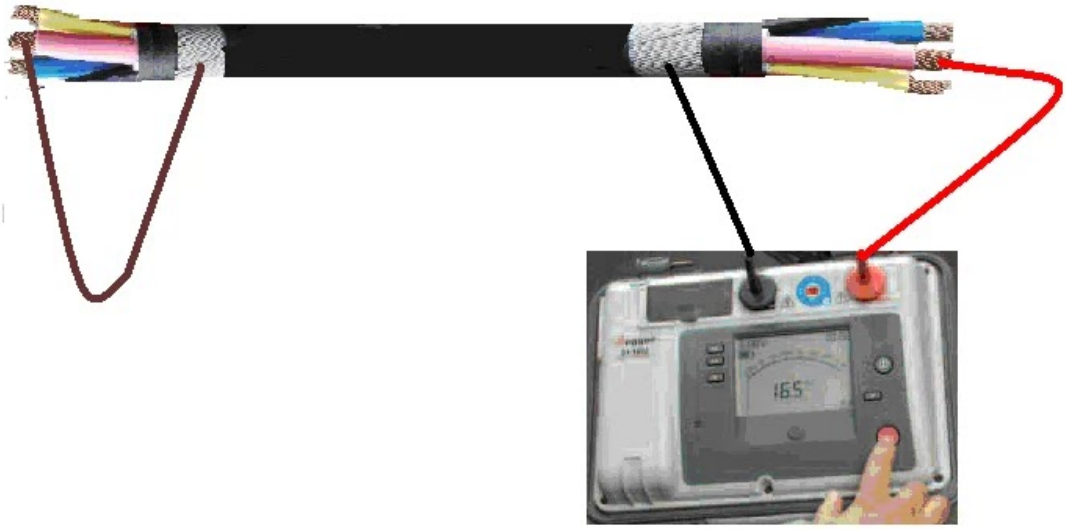
وقياس الفازة Y مع كل من (R-B-N)

وقياس الفازة B مع كل من (R-Y-N)

إختبار الإستمرارية للكابل Continuity Test

خطوات اختبار الإستمرارية للكابل (بإستخدام الميجر)

- من خلال الطرف الأول للكابل وبإستخدام سلكة أو رود الإختبار يتم توصيل الفازة R بسلك الشيلد أو التسليح (أي عمل قصر short بينهما)
- من خلال الطرف الآخر للكابل يتم توصيل أحد أطراف الميجر (الطرف الموجب) بالفازة R وتوصيل الطرف الآخر للميجر (الطرف السالب) بسلك الشيلد أو التسليح
- ثم ضبط جهاز الميجر على جهد مناسب (حسب الجداول السابقة) ثم ضغط زر التشغيل فيتم قراءه قيمة صغيرة على الشاشة تقريبا بالكيلو أوم (تتراوح من 0 إلى 20 كيلو أوم) فتدل على الاستمراريه أي ان تلك الفازة ليس بها أي قطع أما إذا كانت القراءة قيمة عالية مثلا بالجيجا أوم فيدل ذلك على وجود قطع بالكابل أي Open Circuit



إختبار الإستمرارية للكابل Continuity Test

ثم يتم تكرار الخطوات السابقة مع باقي الفازات ومراجعة القيم الناتجة

اختبار الجهد العالي للكابلات

و يفضل اجراء ذلك الاختبار علي كابلات الجهد العالي والمتوسط ولا يتم اجراء ذلك الاختبار علي كابلات الجهد المنخفض الا في اضيق الحدود حيث يتم تسليط جهد كهربي

على احد اوجة الكابل ثم رفع هذا الجهد حتى أربعة أمثال جهد العزل المقنن لفترة زمنية تتراوح ما بين 15 الي 30 دقيقة كابل فاذا صمد الكابل ولم ينهار العزل دل ذلك علي جودة الكابل اما لو حدث تسرب للتيار فيدل ذلك علي وجود ضعف بعزل الكابل

الغرض من إختبار الجهد العالي للكابل

- تأكد من جودة الكابل لتحمله جهد وتيار التشغيل لفتره طويلة وللتاكد أيضا من جودة الوصلات (joints) التي تربط الكابلات ببعضها
- التاكد من عدم وجود اي تسرب لتيار من وجة الي الاخر وبالاخص عند عمل اكثر من وصلة بمسار الكابل
- يعتمد ذلك الاختبار على تسليط جهد عالي على الكابل لاظهار أي عيوب صناعيه مثلا تفريغات هوائيه أو ضعف وصلات أو شرخ بالعزل فيؤدي ذلك إلي إنهيار المكان وظهور عطل

طرق إختبار الجهد العالي للكابل

يتم إجراء إختبار الجهد العالي للكابل بإستخدام أحد الطرق أو الإختبارات التالية :

1) إختبار الجهد العالي للكابل بإستخدام الجهد المستمر DC Hipot TEST

2) إختبار الجهد العالي للكابل بإستخدام الجهد المتغير AC Hipot TEST

3) إختبار الجهد العالي ذو التردد المنخفض VLF Hipot TEST

1) إختبار الجهد العالي للكابل بإستخدام الجهد المستمر DC Hipot TEST

> **جهد الإختبار المناسب**
>
> لاختيار الجهد المناسب لإختبار الجهد العالي للكابل نتبع الآتي :
>
> 1) معرفة الجهد المستخدم (فاز – فاز)
>
> 2) تطبيق القاعدة التالية لحساب الجهد المناسب

Basic Test Voltage = [2*1.4*(Operating voltage) / 1.732]+ 1 KV

مثال لذلك كابل جهد 33 ك.ف

(2* 1.4 * 33) / 1.732 + 1 = 54

فيكون الجهد المستخدم لعمل أختبار جهد عالى لكبل 33 ك ف هو 54 ك. ف

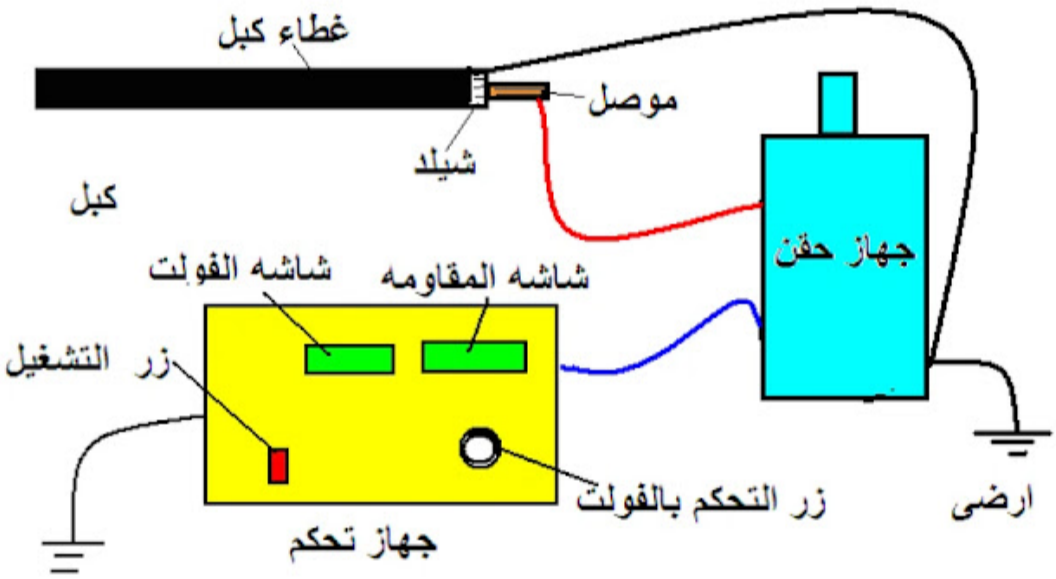
زمن الإختبار المناسب

زمن الإختبار : 1 دقيقة

بعد تحديد الجهد يبدأ الاختبار بإتباع الآتي :

1) وجود ساعه زمنية

2) توصيل الجهاز كما بالشكل مع الكابل



3) عمل تشغيل من جهاز التحكم

4) حدد الفولت واعمل على زيادة الفولت من صفر إلي القيمة المحدده بتنحريك بطى

للموشر وزيادة الجهد فى خلال 30 إلي 60 ثانية وعندما نصل إلي الجهد المحدد يكون بداية زمن الاختبار فيتم قياس المقاومة

5) انتظر دقيقه بعد الوصول للجهد المحدد ويتم قياس المقاومة من جهاز التحكم

6) انتظر 10 دقائق بعد استخدام الجهدد المحدد ويتم قياس المقاومة من جهاز التحكم

7) افصل الجهاز ليتم تفريغ الشحنه ونلاحظ ذلك من خلال الجهد ينقص على شاشة جهازالتحكم

8) ثم اعده الموشر إلي صفر

9) يتم تفريغ الشحنه عن طريق تقريب عصا من الكابل فيتم تفريغ للشحنه مع هبوط للفولت حتى نصل إلي 20 فولت فيتم عمل مسار موازى للأرض للتفريغ الكامل

مميزات استخدام الجهد المستمر

- يستخدم في حالة الكابلات الزيتية وهو فعال جداً في كشف عيوب هذة الكابلات.
- المعدات المطلوبة ذات حجم مقبول وسهلة .
- الطاقة المطلوبة للاختبار صغيرة وملائمة لظروف الموقع

عيوب استخدام الجهد المستمر في الاختبار

- والعيوب الخاصة بإختبار الجهد المستمر هي بقاء الشحنه على الكابل بعد فتره من فصل جهاز الإختبار لذا يفضل عمل قصر على الأطراف بعد انهاء الإختبار وعدم إدخال الكابل الخدمة إلابعد فتره من انهاء الإختبار حتى زوال الشحنات المتراكمه داخل المادة العازله
- لا يوضح بعض الأعطال الخاصة مثل الفراغات داخل الوسط العازل, وهذة المشاكل تؤدي إلي حدوث تفريغٌ جزئي عند تطبيق الجهد المتردد بعد إدخال الكابل للخدمة مما يؤدي إلي انهيار الوسط العازل مع مرور الزمن

2) إختبار الجهد العالي للكابل بإستخدام الجهد المتردد AC Hipot TEST

> جهد الإختبار المناسب

لاختيار الجهد المناسب لإختبار الجهد العالي للكابل نتبع الآتي :

1) معرفة الجهد المستخدم (فاز – فاز)

2) تطبيق القاعدة التالية لحساب الجهد المناسب

Basic Test Voltage = 2*(Operating voltage)+ 1 KV

مثال لذلك كابل جهد 33 ك.ف

(2* 33)+ 1 = 67

فيكون الجهد المستخدم لعمل أختبار جهد عالى لكبل 33 ك ف هو

67 ك. ف

زمن الإختبار المناسب

زمن الإختبار : 1 دقيقة

شكل الجهاز المستخدم فى الإختبار

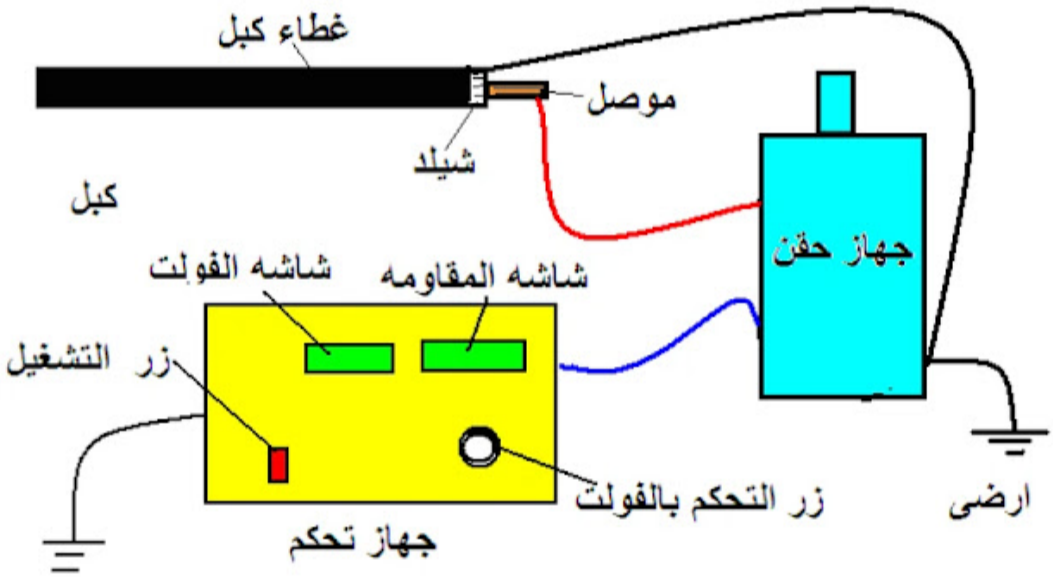
AC HIPOT TESTER

خطوات الإختبار

بعد تحديد الجهد يبدأ الاختبار بإتباع الآتي :

1) وجود ساعه زمنية

2) توصيل الجهاز كما بالشكل مع الكابل



3) عمل تشغيل من جهاز التحكم

4) حدد الفولت واعمل على زيادة الفولت من صفر إلي القيمة المحدده بتنحريك بطى للموشر وزيادة الجهد فى خلال 30 إلي 60 ثانية وعندما نصل إلي الجهد المحدد يكون بداية زمن الاختبار فيتم قياس المقاومة

5) انتظر دقيقه بعد الوصول للجهد المحدد ويتم قياس المقاومة من جهاز التحكم

6) انتظر 10 دقائق بعد استخدام الجهدد المحدد ويتم قياس المقاومة من جهاز التحكم

7) افصل الجهاز ليتم تفريغ الشحنه ونلاحظ ذلك من خلال الجهد ينقص على شاشة جهازالتحكم

8) ثم اعده الموشر إلي صفر

9) يتم تفريغ الشحنه عن طريق تقريب عصا من الكابل فيتم تفريغ للشحنه مع هبوط للفولت حتى نصل إلي 20 فولت فيتم عمل مسار موازى للأرض للتفريغ الكامل

مميزات استخدام الجهد المتغير

- من مميزات هذا الاختبار أنه يماثل الجهد الحقيقي لجهود الشبكة وهو الجهد المترد وبذلك يتم التغلب على مشكله الشحن الفراغية (Space Charge) فهي تكاد ان تكون معدومة ولذا لا توثر على عمر الكابل

عيوب استخدام الجهد المتغير في الاختبار

- تتمثل العيوب في كبر حجم المعدات المطلوبة لإجراء الاختبار إضافة إلي ان الطاقة المطلوبة للاختبار كبيرة بالاضافه إلي غلاء ثمن الجهاز
- ومن ناحية أخرى معروف انه عند إستخدام جهد متردد على الكابل يتولد تيار سعوى يتناسب طرديا مع التردد المستخدم ويضاف هذا التيار إلي تيار التسرب الخاص بالكابل لوذا يوتم إسوتخدام ملف (توليف) مع الكابل حتى يتم التوصل إلي حالة الرنين Resonance وهذة صعوبه أخرى في إختبار الكابل
- بالإضافه إلي انه يلزم للقضاء على مناطق التشجير المائى water tree بالكابل يلزم ترك جهاز الصلاحيه لمدة ساعه على كل وجه من الكابل أي يلزم 3 ساعات لإختبار صلاحية الكابل

مقارنة بين إختبار الجهد العالي للكابل بإستخدام AC و DC

	AC Hipoit	DC Hipoit
حجم معدات الاختبار	كبيرة	صغيرة
طاقة الاختبار	عالية	منخفضة
التأثير على عمر الكابل	غير مؤثر	مؤثر بشكل كبير
الشحن الفراغية	لا يسبب شحن فراغية	يسبب شحن فراغية
الفعالية	فعال لجميع الكابلات	فعال للكابلات الزيتية
الكشف عن العيوب	يكشف جميع العيوب	يكشف عيوب التأثير الحراري
التشجير	لا يكون تشجير	يكون تشجير
تقارب القيمة مع الجهد الشبكة	مقارب لجهد الشبكة	لا يشابه جهد الشبكة

مقارنة بين إختبار الجهد العالى للكابل بإستخدام AC و DC

.

3) إختبار الترددات المنخفضة جدا VLF Hipot TEST

جهد الإختبار المناسب

يوضح الجدول التالي جهود الإختبار المناسبة عند جهود تشغيلية مختلفة للكابلات طبقا لمواصفة IEEE :

Cable Rating phase to phase (RMS)	Installation Test phase to ground	Acceptance Test phase to ground	Maintenance Test phase to ground
kV rms	kV rms (or peak)	kV rms (or peak)	kV rms (or peak)
5	9 (13)	10 (14)	7 (10)
8	11 (16)	13 (18)	10 (14)
15	18 (25)	20 (28)	16 (22)
25	27 (38)	31 (44)	23 (33)
35	39 (55)	44 (62)	33 (47)

IEEE400.2 VLF Test Voltage Levels for Sinusoidal, Cosine-Rectangular. Voltage Peak values are shown in brackets for Cosine-Rectangular and Squarewave.

جهد الإختبار المناسب فى إختبار VLF

ونجد من الجدول السابق جهود الإختبار المناسبة للكابل فى حالات إختبار مختلفة :

إختبار التركيب Installation Test : وهو إختبار VLF يتم إجراؤه على الكابل بعد تركيبه ولكن قبل تركيب إكسسواراته مثل النهايات وغيرها للتأكد من صلاحية الكابل وعدم تعرضه لأي مشاكل إثناء النقل والتخزين

إختبار القبول Acceptance Test : وهو إختبار VLF يتم إجراؤه على الكابل بعد تركيبه و تركيب إكسسواراته ولكن قبل إطلاق التيار على الكابل ودخوله الخدمة

إختبار الصيانة Maintenance Test : وهو إختبار VLF يتم إجراؤه على الكابل في الخدمة لقياس صلاحية الكابل وخصوصا بعد الأعطال أي فى الحالة الطبيعية لتشغيل الكابل

زمن الإختبار Test Duration

وفقا لمواصفة IEEE يتم تسليط الجهد العالى على الكابل المراد اختباره لمدة تتراوح من 30 إلى 60 دقيقة وفى الغالب يتم إجراء الإختبار لمدة 30 دقيقة بينما في المواصفات الأوروبية تصل مدة الاختبار إلى ساعة

تردد الإختبار Test Frequency

يكون التردد القياسي الذي يتم إجراء الإختبار به هو 0.1 هرتز (0.1HZ)

ومن الممكن في الكابلات الطويلة ذات الاحمال السعوية العالية يمكن تقليل التردد

ليصل حتى HZ 0.01

لماذا تردد 0.1 هرتز ؟

كلما قل التردد الذي يتم إجراء الإختبار به كلما قل التيار المسحوب أثناء الإختبار وبالتالي الطاقة المسحوبة

يقل التيار المسحوب حيث من العلاقة I=V/Xc =2πfCV نجد أنه كلما قل التردد f كلما قل التيار المسحوب I

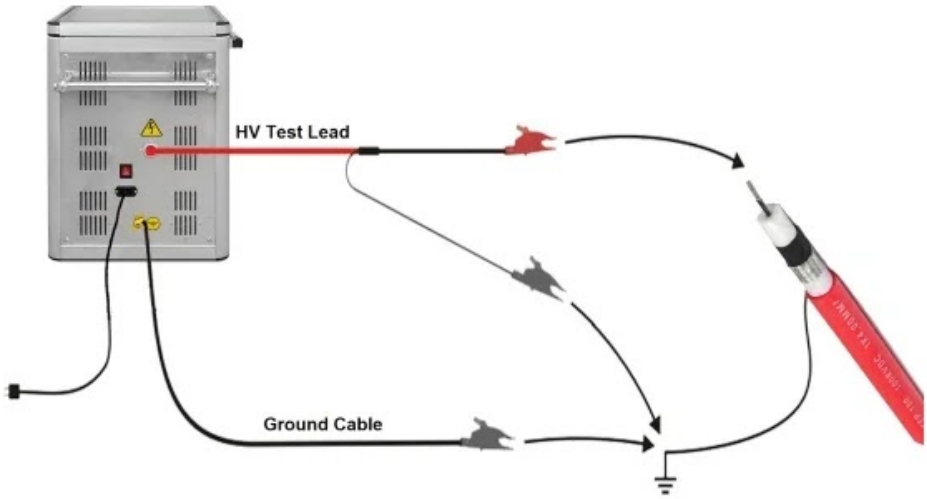
وتقل الطاقة المسحوبة حيث من العلاقة P=(2πfC) V2 فكلما قل التردد قلت الطاقة المسحوبة

شكل الجهاز المستخدم فى الإختبار

خطوات الإختبار

بعد تحديد الجهد يبدأ الاختبار بإتباع الآتي :

توصيل الجهاز كما بالشكل مع الكابل :



توصيل إختبار VLF

- قبل إجراء الإختبار يلزم تأريض جهاز الإختبار بشكل جيد قبل توصيل أية كابلات حيث يتم توصيل كابل الأرضي الخاص بجهاز الإختبار وأيضا سلك الأرضي الخاص بالكابل المراد إختباره (الموصل بشيلد أو تسليح الكابل) بنقطة التأريض (الأرضي الرئيسي)
- ويتم أيضا توصيل الكابل الرئيسي الخاص بجهاز الإختبار بموصل الكابل تحت الإختبار وأيضا توصيل طرف أرضي من الكابل الرئيسي بنقطة التأريض (موصل بشيلد كابل الأختبار)
- يتم تأريض باقى الفازات في حالة الكابلات متعددة القلوب Multi core
- يتم تطبيق الجهد المناسب للكابل حسب الجداول السابقة ولمدة 30 دقيقة
- فى حالة إجتياز الكابل للإختبار بنجاح يتم تقليل الجهد المسلط على الكابل تدريجيا حتي يصل إلى الصفر ثم يتم تفريغ الشحنه من على رأس الكابل وأيضا من على جهاز الإختبار وبعد ذلك يتم تأريض الكابل
- فى حالة فشل الكابل فى إجتياز الإختبار أى إنهيار عزل الكابل سوف يقوم الجهاز تلقائيا بتقليل الجهد المسلط على الكابل إلى الصفر ويتم تفريغ الشحنه من على الكابل وجهاز الإختبار وتأريض الكابل تحت الإختبار