

Les manchons SlipOver – des jonctions préfabriquées pour câbles moyenne tension en polyéthylène réticulé

Les manchons SlipOver sont des garnitures préfabriquées servant à la jonction de câbles moyenne tension en polyéthylène réticulé de 12 à 24 kV. Ils sont fabriqués par un procédé spécial et ont été développés afin de pouvoir réaliser les jonctions de câbles plus efficacement et plus rapidement. Les manchons SlipOver protègent les points de liaison sûrement contre l'humidité, ainsi que contre les sollicitations mécaniques et chimiques. Ils garantissent une qualité élevée des jonctions.

Depuis les câbles avec une isolation en papier imprégné à l'huile jusqu'aux câbles modernes d'aujourd'hui en polyéthylène réticulé (VPE ou XLPE), les points de jonction ont toujours posé des problèmes de longue haleine.

Actuellement, la technique des bandes à autosoudage représente le meilleur procédé d'isolation. Lorsque les bandes sont enroulées autour du point de jonction avec un fort allongement, elles adhèrent mutuellement et sur leur support. Après un certain temps, la bande se transforme en un corps homogène.

Un bon comportement de service implique l'absence d'inclusions d'air dans le système d'isolation. A cet effet, on enroule normalement une forte bande de pression sur l'endroit de la jonction, afin d'expulser des bulles d'air éventuelles. Pour des câbles de 24 kV, on enroule une isolation d'une épaisseur totale d'environ 10 mm.

Avant l'enrubannage avec de la bande à autosoudage, on doit peler l'isolation du câble en biseau, afin d'obtenir une grande surface de contact entre celle-ci et le ruban d'isolation. Une jonction de câble

à bande d'isolation pose donc des exigences non négligeables à la dextérité de l'exécutant.

Le manchon SlipOver – la jonction de câbles la plus rapide du monde

Le manchon SlipOver est formé de trois couches de caoutchouc qui forment une cavité. Celle-ci permet de loger toutes les douilles de jonction existantes, indépendamment du type et du système de pressage. Tout à l'extérieur, on trouve une couche en caoutchouc conducteur. Entre les deux couches conductrices, on a une couche isolante en caoutchouc d'éthylène-propylène-diène (EPDM).

Lars Palmqvist

Leif Hedman

Sören Sandström

ABB Kabeldon AB

Le manchon peut être dilaté, afin que le même corps de manchon puisse être utilisé pour plusieurs grandeurs de câbles. A l'aide d'un outil simple, on introduit une douille d'écartement dans les deux extrémités du manchon. La partie médiane est déjà dilatée et ne doit plus être agrandie.

Lorsque les conducteurs sont reliés et que la couche conductrice des deux câbles est enlevée, le monteur glisse le manchon dans la position correcte et extrait les douilles d'écartement en les tournant simplement. A ce moment, le corps du manchon se rétrécit et se presse étroitement contre le câble **1**. Pour ce travail, un monteur exercé n'a effectivement besoin que de 4 secondes, si bien que le SlipOver peut de bon droit être qualifié de jonction de câbles «la plus rapide du monde».

La cavité au milieu du corps du manchon forme un espace sans champ, c'est-à-dire une cage de Faraday. Aucune exigence spéciale ne doit donc être posée à la conception de la douille de jonction. Pour assurer que la couche conductrice intérieure – la cage de Faraday – se trouve effectivement au potentiel du conducteur, un ressort de contact est prévu à l'intérieur du manchon. Celui-ci fournit automatiquement une liaison galvanique entre la douille de jonction et la couche conductrice du câble.

Les manchons SlipOver sont livrables pour des câbles moyenne tension en polyéthylène réticulé de 12 à 24 kV, avec des sections de conducteurs de 50 à 630 mm². Chaque grandeur convient à plusieurs sections de câble, ce qui simplifie la gestion des stocks.

Les niveaux de tension ont été choisis de telle manière que les exigences usuelles des Etats-Unis selon IEEE 404 pour des tensions de service de 15 et 25 kV puissent être respectées.

Elaboration du système d'isolation en quelques minutes

Lors de la jonction de câbles, par exemple lors de réparation à la suite de ruptures, quelques séquences de travail restent toujours identiques, indépendamment du type de manchon utilisé. Lors de la comparaison d'une jonction par bande à autosoudage et d'un manchon SlipOver, le travail de préparation des câbles et la liaison des conducteurs sont toujours les mêmes.



Montage d'un manchon SlipOver. Lorsque les conducteurs sont reliés et que la couche conductrice du câble est enlevée, le monteur glisse le manchon au bon endroit et extrait en un tour de main la douille d'écartement. Le corps du manchon s'affaisse sur lui-même et se serre étroitement contre le câble.

1

Par contre, la constitution du système d'isolation par la méthode des bandes à autosoudage requiert 30 à 40 min, mais seulement 4 à 5 min pour le SlipOver.

Le SlipOver présente en outre deux avantages importants:

- Le risque de défauts de montage est plus bas.
- L'essai de tension est déjà effectué en usine.

Exigences élevées au matériau

Le SlipOver est une jonction de câbles qui convient à tous les câbles avec jonction par pressage des conducteurs. La polyvalence pose des exigences élevées au matériau. Il doit en effet être mou et souple, et les trois couches de caoutchouc doivent présenter de bonnes propriétés mécaniques et électriques. Pour répondre à cet impératif, on utilise un caoutchouc d'éthylène-propylène-diène (EPDM) pour les manchons SlipOver. Le caoutchouc EPDM fait partie des élastomères de la famille des polyoléfines.

Par la modification du type d'élastomère, ainsi que des quantités et des types d'adjuvants, on peut fabriquer des caoutchoucs EPDM avec des propriétés très différentes. L'élastomère confère pourtant toujours les propriétés suivantes au caoutchouc EPDM:

- Excellent comportement électrique, par ex. rigidité diélectrique élevée, constante diélectrique et facteur de perte bas
- Bonnes propriétés thermiques: le matériau supporte des températures permanentes de 130 °C
- Excellente résistance contre l'oxydation et l'ozone
- Très bonne résistance contre les agents chimiques, en particulier les acides, les alcalis, les huiles et solvants polaires
- Résistance élevée contre les rayons UV, lorsque la masse composite contient une protection appropriée contre les rayons UV
- Bonnes propriétés mécaniques avec les adjuvants appropriés dans la masse
- Résistance limitée contre les huiles et les solvants non polaires

Les trois couches du manchon SlipOver sont toutes en caoutchouc EPDM. Etant donné qu'elles ont des fonctions distinctes et que les exigences posées à leur mise en œuvre sont différentes, leurs formulations diffèrent considérablement. Une exigence commune importante est leur adhérence mutuelle extraordinaire.

Couche intérieure

La couche intérieure doit former une cage de Faraday, dont la mission consiste à répartir le champ électrique de manière avantageuse dans la couche d'isolation. Cela signifie que la conductibilité électrique doit avoir un ordre de grandeur de 1 S/m. La répartition du champ électrique est illustrée par **2**.

Couche d'isolation

La couche d'isolation qui se trouve entre les deux couches conductrices doit maîtriser les sollicitations électriques pendant une durée prolongée (20–30 ans). Cela requiert de bonnes propriétés électriques, telles que:

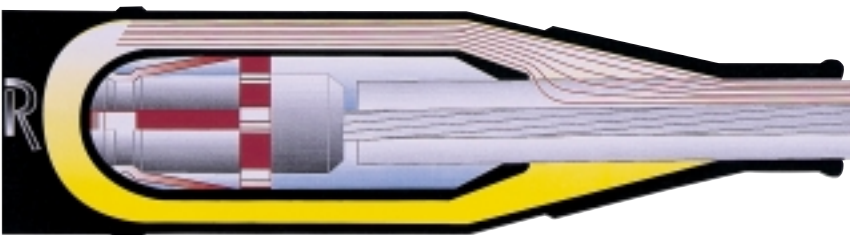
- Rigidité diélectrique ≥ 50 kV/mm
- Facteur de perte $\tan \delta \leq 0,005$
- Résistance spécifique $\geq 10^{15}$ Ω cm

Afin de maintenir les sollicitations électriques locales à un niveau bas, la grandeur des particules des matières de charge et les impuretés éventuelles doivent être très petites, si possible en dessous de 50 μ m.

En comparaison de la couche intérieure, la couche d'isolation est plus molle et en outre plus facile à extruder. Les polymères EPDM et les plastifiants sont à vrai dire identiques, mais la quantité de ces derniers

Répartition du champ électrique dans le manchon SlipOver

2



est plus élevée. Des charges sont prétraitées pour faciliter la dispersion et pour empêcher l'absorption d'eau.

Couche extérieure

Comme la couche intérieure, la couche extérieure est constituée d'un caoutchouc conducteur de l'électricité. Elle contient donc également du noir de carbone conducteur. Elle sert de blindage et empêche que des champs électriques atteignent la couche isolante.

Pour ce matériau, l'ouvrabilité est extraordinairement importante, étant donné qu'il doit être extrudé sous forme de couche relativement mince. Aucune force de cisaillement trop importante ne doit agir sous la couche sous-jacente. A cet effet, on a besoin d'une viscosité très basse. Ce matériau contient donc un autre polymère, avec un poids moléculaire beaucoup plus bas et une plus grande quantité de plastifiant.

Adjuvants

Le *noir de carbone* fournit la conductibilité électrique. Il existe en plus de cent types différents. Pour pouvoir fabriquer un matériau conducteur sans trop grande part de noir de carbone, on se sert d'un type qui présente une dimension de particules de quelques nanomètres.

L'adjonction de *plastifiants* modifie le module d'élasticité du caoutchouc et améliore son ouvrabilité. Pour le caoutchouc EPDM, on utilise avec avantage des huiles de paraffine à base d'huiles minérales ou synthétiques. Ces huiles doivent avoir un point d'ébullition élevé et une bonne stabilité chimique, parce que le caoutchouc doit supporter des températures élevées.

Les *charges inorganiques* servent à «allonger» le matériau et à améliorer les propriétés mécaniques et l'ouvrabilité.

Les *agents antioxydants* protègent le polymère contre la décomposition oxydative. Ils sont surtout importants lorsque le produit doit être utilisé à température élevée ou pendant une longue durée (plus de 10 ans).

Les *adjuvants hydrofuges* sont par exemple des silanes qui réagissent avec la surface de particules inorganiques, de manière à prévenir leur absorption d'eau. Des charges de faible absorption d'eau combinées avec des silanes fournissent des

Tableau 1:
Essai électrique pièce par pièce de corps de manchons

Tension de service	kV	12	24
Tension alternative de tenue, 1 min	kV	35	52
Mesure de décharge partielle, max. 2 pC	kV	13	22

caoutchoucs avec des absorptions d'eaux extrêmement basses.

Procédé d'extrusion et postvulcanisation

Jusqu'à ce jour, le procédé d'extrusion servant à la fabrication des manchons SlipOver est unique en son genre. Pour la première fois, on extrude en même temps les trois couches dans une presse à extruder **3**.

Avec l'aide d'un ordinateur, cette machine travaille de manière entièrement automatique. Un opérateur prend soin à ce que suffisamment de matériau soit disponible dans chaque unité d'extrusion.

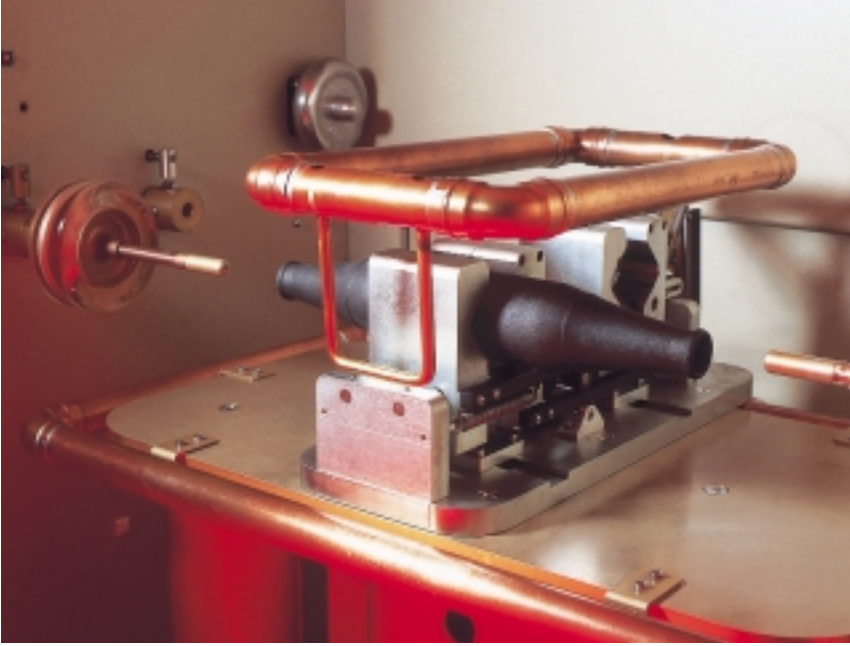
Pour réduire les temps de cycle au minimum, le caoutchouc n'est réticulé qu'à raison de 70–80% dans la machine à extruder. La réticulation définitive s'effectue dans un four de postvulcanisation. Les pièces franchissent ce four sur une voie de roulement.

Assurance qualité sophistiquée

Le système d'assurance qualité concerne autant le matériau que le procédé. Le dernier contrôle pour s'assurer que les manchons SlipOver présentent la qualité voulue consiste en un essai électrique effectué pièce par pièce, conformément au *tableau 1*.

Procédé d'extrusion avec fabrication simultanée des trois couches du manchon SlipOver **3**





Dispositif d'essai automatisé pour manchons à câbles

4

Le dispositif d'essai est également unique en son genre, vu que l'essai est effectué à sec. L'éprouvette ne doit donc pas être plongée dans de l'huile isolante, comme usuel autrefois. De cette façon, on évite les pertes et les contaminations d'huile en cas de rupture diélectrique éventuelle.

Après la déposition du manchon dans le dispositif d'essai **4**, l'essai est effectué automatiquement et le résultat est enregistré par un ordinateur. L'opérateur sait immédiatement si le manchon est impeccable ou non.

Essai de type

Des propositions pour un essai de type existent actuellement tant de la part de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI) que du Cenelec qui a élaboré une norme européenne. Cette dernière est plus complète et les manchons SlipOver sont donc testés selon cette méthode.

La partie la plus difficile de la norme est l'examen par sollicitation cyclique avec branchement sous tension simultanée. Au total, l'essai dure 1000 heures. Pendant la moitié de ce temps, le manchon doit se trouver sous l'eau.

Précédemment, le KEMA néerlandais avait commencé avec des essais selon une prescription propre plus sévère que celle

du Cenelec. Par exemple, l'essai sous l'eau était effectué avec une pression hydraulique de 2 bar (200 kPa). Par cette méthode, le KEMA veut tester le comportement de service de produits enterrés dans le sol, de manière à éviter des perturbations, également en cas de niveau élevé des eaux souterraines. Le manchon SlipOver a passé brillamment l'essai KEMA et est admis pour l'utilisation dans le réseau câblé néerlandais.

Des examens approfondis ont été et sont encore effectués auprès de la station d'essai propre de l'entreprise, dans la région des îlots rocheux au large de Göteborg. Les manchons de jonction y sont soumis à des tensions élevées dans un sol marécageux.

«Enveloppe en bobine»

De nombreuses méthodes existent pour la régénération d'enveloppes extérieures de câbles.

Depuis de nombreuses années, on utilise avec bon succès des bandes adhésives en PVC et des tuyaux thermorétractables, bien que le travail soit passablement long. Le tuyau rétractable à froid – une nouvelle technique – fournit une bonne propriété mécanique, mais son montage est également compliqué.

L'«enveloppe en bobine» est un produit complémentaire aux manchons SlipOver. Il s'agit d'une toile large de 60 mm en caoutchouc EPDM, avec une couche d'étanchéité adhésive en butyle qui s'applique beaucoup plus rapidement et plus simplement que les bandes adhésives usuelles. L'«enveloppe en bobine» offre une protection tout aussi bonne et tout aussi étanche que l'enveloppe initiale du câble.

Adresse des auteurs

Lars Palmqvist
Leif Hedman
Sören Sandström
ABB Kabeldon AB
Case postale 531
S-441 15 Alingsås/Suède
Téléfax: +46 (0) 322 773 80
e-mail:
soren.sandstrom@sedon.mail.abb.com