

ВТОРО СОВЕТУВАЊЕ НА МАКО-СИГРЕ

Стручен известител:

Дипл.ел. инж. Видановски Драган, Рудник - Суводол

ИЗВЕШТАЈ НА СТРУЧЕН ИЗВЕСТУВАЧ

1. РЕФЕРАТ 21.01: Средно напонски кабли со полупроводен плашт

Во рефератот се претставува конструкција на SN кабел со полупроводен плашт и дополнителна електрична заштита како решение за заштита од последиците при удар на гром. Конструктивно е решен кабелот во фабрика за кабли "Неготино" како тип ХНЕh 91 со кој се постигнува десет пати помала потенцијална разлика екран - проводник во однос на класичната конструкција со еден екран.

Прашања за дискусија:

1. Дали кај нас постои потреба од ваков тип кабли?
2. Дали овој тип на кабли и општо сите подземни кабли што се користат кај нас се испитувани на вакви напонски напрегања и ако се испитувани која овластена лабораторија го прави тоа?
3. Како би се однесуал 6 kV EPN кабел ако се полага на земја (рударски кабел) и има удар на гром во негова близина?

2. РЕФЕРАТ 21.02: Средно напонски полуизолирани AlMgSi-E надземни водови

Во рефератот се обработува техно-економската анализа за примена на полуизолирани AlMgSi-E надземни водови наместо досегашните Al/е голи надземни водови. Во рефератот се изнесени искуствата што ги имаат Шведска, Норвешка и Финска со предлози како би се искористиле полуизолираните AlMgSi-E надземни водови во нашето поднебје.

Прашања за дискусија:

1. Која е оценката на дистрибутерите за ваков вид на водови?
2. Каков е односот на цените на полуизолираните AlMgSi-E надземни водови во однос на Al/е голи надземни водови?

3. РЕФЕРАТ 21.03: Нов концепт за конструкција на среднонапонски кабловски завршници

Рефератот ја разработува проблематиката на конструкција на кабловски завршници за кабли од типот XLPE (полимеризирани полиетиленски кабли) за среден напон. Конструкцијата се прави со комбинација на слој од материјал со висока диелектрична константа и вградена електрода.

Разгледани се неколку типови на завршници и над нив е извршена нумеричка анализа на електричното поле заснована на метода на конечни елементи FEM.

Заради доказ на извршените нумерички анализи кабловските завршници се испитувани во склад со VDE 0287 и IEEE-404 нормите.

Во заклучокот се изнесени кои конструкции на завршници се подобри, во однос на стандардните конструкции и дадена геометрија на истите.

Прашања за дискусија:

1. Во заклучокот на рефератот каде се посочени типовите на конструкции на завршниците I_1 , I_2 и I_2U_{12} се вели дека вградената електрода EE треба да биде заземјена.

Што би се случило со завршницата при појава на несиметрично куса врска или доземен слој (кои изолирани кабловски мрежи) во поглед на пресекот на бакарот на вградената електрода EE и при извоз на потенцијали од постројката пошто EE ќе биде на повисок потенцијал од 0% во однос на фазниот проводник ($100\% = U_{nf}$)?

2. Колкаво време ќе биде потребно за изработка на завршницата и дали има разработени методи за брза монтажа?

4. РЕФЕРАТ 21.04: Резултати од лабораториските испитувања на неткаени траки кои бубрат

Во рефератот се кажани начините за блокирање на продор на вода во среднонапонските енергетски кабли со посебен осврт на користењето на неткаени траки кои бубрат.

Прикажани се сите неопходни лабораториски испитувања на овие траки за проверка на квалитетот на истите пред нивното вградување во кабелот. Исто така прикажан е методот на испитување на водонепропустливост на готов кабел.

Прашања за дискусија:

1. Дали квалитетот на траките кои што ги користите е постојан како што е деклариран од произведувачите?

2. Дали постои метод за испитување на водонепропустливост кај трожилни среднонапонски кабли.

5. РЕФЕРАТ 21.05: Без халогени материјали отпорни на горење во конструкциите на енергетските кабли

Во рефератот се нагласува значењето на енергетски кабли изработени од безхалогени материјали и отпорни на горење. Дадени се некои стандардни арања за квалитет и методи на испитувања и искуства во користењето на овие кабли во западна Европа и САД.

Прашања за дискусија:

1. Дали е во процедура технички пропис по кој би се барало монтажа на кабли со безалогени материали?
2. Колкава би била цената на таков тип на кабел во однос на постоечките?

6. РЕФЕРАТ 21.06: Примена на EPR еластомерите во обложувањето (плаштирањето) на флексибилните енергетски кабли

Во рефератот се разработени каблите со EPR плаштови и дадени се стандардните типови и стандардите за оцена на квалитетот како и рецептурите кои се препорачуваат за плаштитевите.

Во заклучокот се гледа дека кабли кои се плаштирани со EPR еластомер имаат широка примена во зависност по која рецептура се правени.

Прашања за дискусија:

1. Дали EPR еластомерите можат да се рециклираат?

7. РЕФЕРАТ 21.07: Атестирање на електро опрема

Во рефератот се презентирани активности за формирање на "Центар за испитување и атестирање во СРЈ".

Овој центар би ги испитувал сите електрични материјали и производи кои се произведуваат и употребуваат во СРЈ како независен испитен центар и би издавал атести за употреба.

Овој реферат треба да се прифати како една информација што се планира во областа на испитувањата на електричните материјали и производи со издавање на атести во соседната СРЈ.

д-р Александар Димитровски, ЕТФ Скопје
дипл. ел. инж. Јован Димитриев, АД ФК „НЕГОТИНО“ - Неготино

СРЕДНОНАПОНСКИ КАБЛИ СО ПОЛУСПРОВОДЕН ПЛАШТ

КРАТКА СОДРЖИНА

Кај електричните кабли положени во земја со голем отпор, при атмосферски празнења во кабелот или во неговата близина настанува оштетување на кабелот. Во овој текст е претставена конструкцијата на SN кабел со полупроводен плашт и додатна електрична заштита како решение за заштита од последиците при удар на молња.

SUMMARY

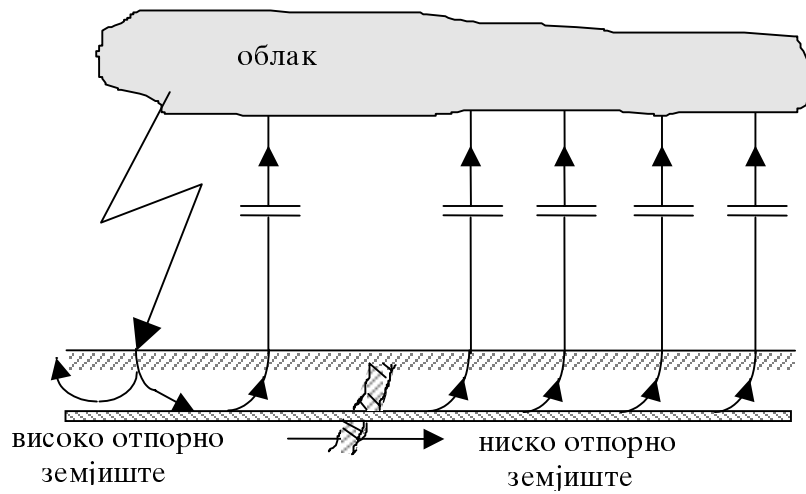
Lightning strokes at cable terminals, as well as nearby ground, in case of large soil resistivity, cause damages to the cable not only at the point of impingement, but also on few other places along its length. This paper presents a special mid-voltage cable construction with semiconducting sheath and additional electrical protection as a solution to this problem.

КЛУЧНИ ЗБОРОВИ: кабел, молња, полупроводен плашт.

1. ВОВЕД

Феноменот на удар на молња во заземјени објекти и неговото понатамошно распростирање низ земјата претставува еден сложен процес кој, освен во некои идеализирани случаи, мошне тешко може аналитички да се претстави и разгледува. Проблемот станува уште посложен кога во близина на ударот, во земјата постојат и некои метални структури како што се тоа, во нашиот случај, металните обвивки на енергетските или ТК кабли. Нивното влијание врз распределбата на струјата на молњата може да биде значително, особено ако се работи за земјиште со висока специфична отпорност (сл. 1). Металните конструкции во тој случај може да играат улога на спроводници на струјата на молњата кон места или слоеви кои имаат помала специфична отпорност. Така, на пример, веќе при релативно мали струи на молњата од 20 kA и при специфична отпорност на земјиштето од 5000 Ωm , доаѓа до

пробивање на плаштот на кабелот и навлегување на струјата на молњата во него, ако тој се наоѓа во радиус од 16 m од местото на ударот [1].

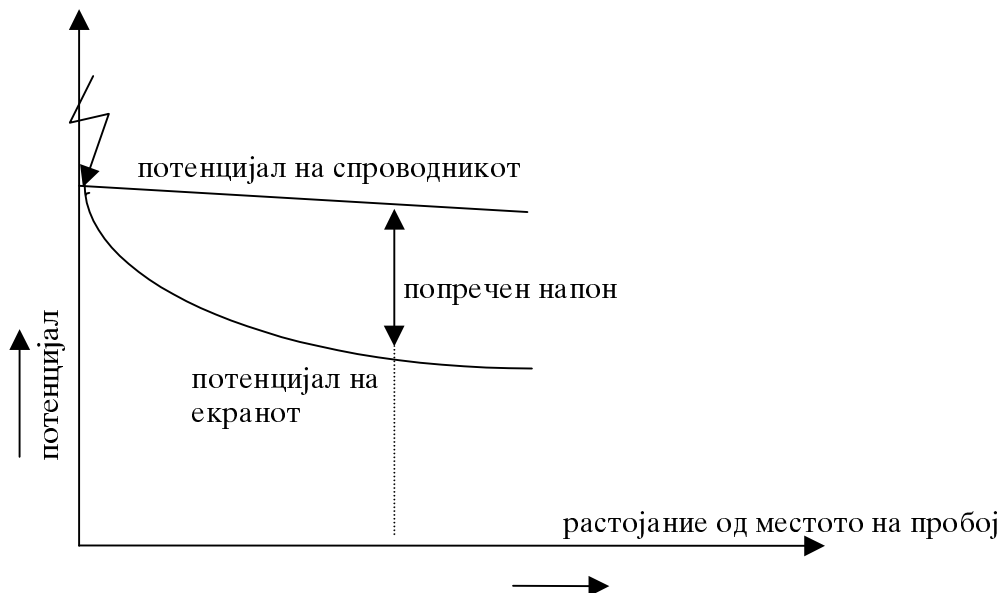


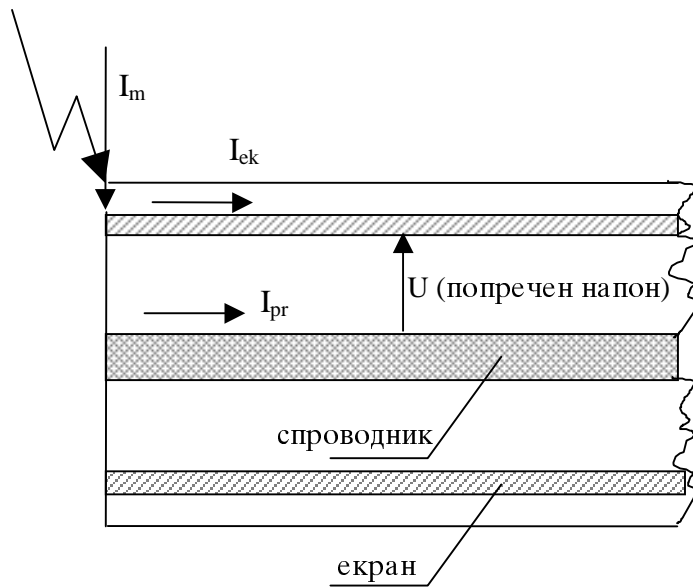
Сл.1

Овој критичен радиус се зголемува со зголемување на специфичната отпорност на земјиштето, како и со зголемување на максималната вредност на струјата на молњата.

1. КВАЛИТАТИВНА АНАЛИЗА НА ПОЈАВИТЕ ПРИ УДАР НА МОЛЃА ВО БЛИЗИНА ИЛИ КРАЈ НА КАБЕЛ

Во случај на удар на молња, во земјата настануваат јаки електрични полиња кои предизвикуваат високи потенцијални разлики. Бидејќи пробојната цврстина на земјата е околу 2 kV/cm , настануваат локални пробивања на земјата. Ако во близина на ударот на молњата постои кабел чиј што екран е на нулти потенцијал, покрај пробојот во земјата ќе дојде и до пробивање на плаштот на кабелот и продирање на струјата на молњата во екранот на кабелот.





Сл.2

Со навлегувањето на струјата на молњата во екранот на кабелот, тој ќе поприми потенцијал кој приближно може да се претстави со изразот (1) изведен врз основа на сложени пресметки [2]:

$$U(x=0) \approx R_e \cdot \sqrt{\rho} \cdot \sqrt{T} \cdot I \quad (V) \quad (1)$$

каде што:

R_e отпорност на екранот на кабелот (Ω/km);

ρ специфична отпорност на земјиштето (Ωm);

T времетраење на опашката на бранот до половина од неговата максимална вредност (s);

I - струја низ екранот (A).

Така, на пример, за $I = 50 \text{ kA}$, $\rho = 10000 \text{ }\Omega\text{m}$, $T = 100\text{ms}$ и $R_e = 2 \text{ }\Omega/\text{km}$, напонот на екранот на кабелот на местото на упадот на струјата во него ќе изнесува $U(0) = 100 \text{ kV}$. Толку ќе изнесува и напонот помеѓу екранот на кабелот и неговиот спроводник, ако се занемари моменталната вредност на погонскиот напон. Ако оваа вредност е поголема од изолационата цврстина на кабелот, тогаш тоа ќе предизвика пробој на внатрешната изолација и куса врска помеѓу спроводникот и екранот.

Со пробивањето на изолацијата настанува простирање на струјните и напонските бранови долж спроводникот и екранот на кабелот. Ова е, исто така, еден доста сложен процес за кој, во случај на ригорозен третман, треба да се примени т.нар. модална анализа [2]. Но, со оглед на карактерот на овој труд, ние овде ќе воведеме некои апроксимации со цел за упростување и појаснување на преодниот процес. Имено, ќе претпоставиме дека струјата што ќе тече во спроводникот на кабелот е занемарлива во однос на струјата што ќе тече во неговиот екран. На тој начин, на извесно растојание $x=l$ од местото на упадот на струјата на молњата во кабелот ($x=0$), падот на напонот на екранот ќе биде поголем

од оној на спроводникот. Кај овој вториот практично и нема пад на напон, не само поради занемарување на струјата што тече низ него, туку и поради значително помалата подолжна импеданција во однос со импеданцијата на екранот. Така, на растојанието $x=l$ се создава одредена потенцијална разлика помеѓу екранот и спроводникот на кабелот (сл. 2). Овој попречен напон, доколку постигне доволно висока вредност, а што зависи меѓудругото и од растојанието l , може да предизвика повторно пробивање на изолацијата на кабелот. На местото на повторниот пробој повторно доаѓа до изедначување на потенцијалите помеѓу спроводникот и екранот. Така, процесот може пак да се повтори долж кабелот на некое ново растојание $x=2l$, итн. Како резултат на тоа кабелот, покрај оштетувањето на местото на упадот на струјата, ќе претрпи и повеќе последователни оштетувања долж неговата траса.

Од воведената апроксимација на процесот следува дека попречниот напон е зависен од подолжната импеданција на екранот на кабелот. Ако, понатаму, претпоставиме дека екранот на кабелот е во облик на една хомогена затворена цевка, тогаш во нејзината внатрешност не постои магнетен флукс па индуктивната компонента на падот на напон може да ја занемариме. На тој начин, вредноста на попречниот напон е пред се одредена од подолжната активна отпорност на екранот на кабелот. Ова е, се разбира, само апроксимација која ни овозможува едноставна и брза анализа, но и добиените резултатите ќе бидат само приближно точни. Во секој случај, од практична гледна точка тие може да бидат прифатливи.

Треба да се истакне дека претходно опишаниот процес може да настане само во земјиште со релативно лоша спроводливост. Во спротивно, струјата на молњата или нема воопшто да навлезе во кабелот или, пак, многу брзо ќе биде одведена во земјата од неговиот екран долж трасата. На тој начин нема да се развие пад на напон, а со тоа и напонска разлика помеѓу екранот и спроводникот на кабелот.

Карактеристичен е случајот во кој на местото на упадот на струјата во кабелот нема да настане пробој на изолацијата. Тогаш, опасноста од повторен пробој долж трасата на кабелот ќе се намалува со зголемување на растојанието l , бидејќи ќе се намалува и потенцијалната разлика помеѓу екранот и спроводникот на кабелот.

Случајот кога молњата директно удира во самиот крај на кабелот, односно во некој објект преку чијшто заземјувачки систем струјата директно се спроведува во неговиот екран, се сведува на претходниот. Единствено што сега струјата и почетниот потенцијал може да бидат многу поголеми и, следствено, поопасни.

2. НАЧИНИ НА ЗАШТИТА НА КАБЛИТЕ

Генерално, постојат две категории на заштитни мерки на каблите од опишаните пренапони при удари на молња [3].

Првата категорија на заштитни мерки, е т.нар. категорија на „надворешни“ мерки, односно дополнителни зафати кои имаат за цел да го намалат протекувањето на струјата на молњата низ заштитниот екран на кабелот. Тука спаѓаат:

- Примена на одводници на пренапон кои се поставуваат на одредени растојанија долж кабелот, помеѓу неговиот спроводник и заштитниот екран. На тој начин се ограничува максималната вредност на евентуалниот попречен напон. Ова претставува премногу сложена и скапа мерка.

- Поставување на други, т.нар. „екрански“ спроводници паралелно со кабелот. Најчесто се тоа поцинкувани челични ленти или бакарни јажииња, на повеќе места заземјени и поврзани со екранот. Меѓутоа, нивната употреба во земјиште со лоша спроводливост не дава задоволителни резултати.
- Поставување на кабелот во специјални Зорес-ови канали, односно челични поцинкувани цевки. На тој начин, не само што се смалува вкупната еквивалентна омска отпорност на екранот на кабелот туку, поради појавата на скин-ефект, поголем дел од подолжната струја ќе протекува низ челичната цевка, а само еден мал дел низ екранот на кабелот. Ова, истотака, претставува прилично скапа мерка.

Втората категорија се т.нар. „внатрешни“ заштитни мерки, односно избор на кабел таков да тој самиот биде отпорен на опишаните појави. Овие мерки, се разбира, може да се применат само при полагање на нови кабли или изградба на нова траса. Доколку е тоа потребно, можна е и нивна комбинација со некоја од „надворешните“ мерки за постигнување на саканото ниво на заштита. Тука спаѓаат:

- Избор на кабел со повисоко ниво на изолација, односно повисок номинален напон.
- Примена на кабел со зголемен пресек на екранот, односно со екран со намален отпор. Оваа мерка, честопати, може да доведе до премногу гломазни и скапи конструкции на кабелот.
- Примена на кабел со две обвивки, надворешна и внатрешна, со феромагнетен слој помеѓу нив [4]. Идејата е да се примени кабел кој во себе содржи вграден Зорес-ов канал.
- Примена на кабел со две заштитни обвивки и полупроводен слој измеѓу [5]. Овој кабел, на некој начин, претставува комбинација на последните две „надворешни“ заштитни мерки.

3. КОНСТРУКЦИЈА НА КАБЕЛ ОТПОРНА НА УДАР НА МОЛЊА

3.1. Основни размислувања за развој на конструкција на кабел отпорен на удар на молња

Анализата на појавите во случај на удар на молња образложени во точка 2, наведуваат на констатација дека е можно да се смали опасноста од пробој на кабелската изолација со смалување на отпорот на електричниот екран на кабелот. Смалување на електричниот отпор на екранот е можно, но само до одредени граници. Бидејќи е лимитирано смалување на отпорот, компромис претставува додатно поставување на неизолирано јаже покрај кабелот. Но, со протекување на поголемиот дел од струјата на молња низ додатното јаже, а помал дел низ електричниот екран, доаѓа до поголем пад на напон на додатниот спроводник што создава потенцијална разлика: додатен спроводник - екран на кабелот. Оваа потенцијална разлика предизвикува пробивање на плаштот на кабелот но не и на изолацијата. Меѓутоа, при пробивањето на плаштот на кабелот доаѓа до механички и термички оштетувања кои претставуваат потенцијално место на пробој на изолацијата во догледно време. За да се спречи тоа потребно е додатното јаже да се спои со екранот на кабелот на растојанија помали од должините на кои се јавува пробојниот напон: додатен спроводник - екран.

Како решение се наметнува вградување на дополнителен заштитен екран отпорен на корозија, кој истовремено претставува и континуиран екран околу целата површина на кабелот. Екранот е поврзан со внатрешниот заштитен екран преку полупроводен слој за изедначување на потенцијалите. На тој начин, со правилно димензионирање на конструкцијата, се оневозможуваат попречните напони помеѓу поедините спроводни слоеви на кабелот и, истовремено, се овозможува ефикасно подолжно одведување на струјата на молњата. Ова решение е техничко-економски најефикасно. Затоа, во продолжение ќе бидат прикажани карактеристиките на еден ваков специјален кабел.

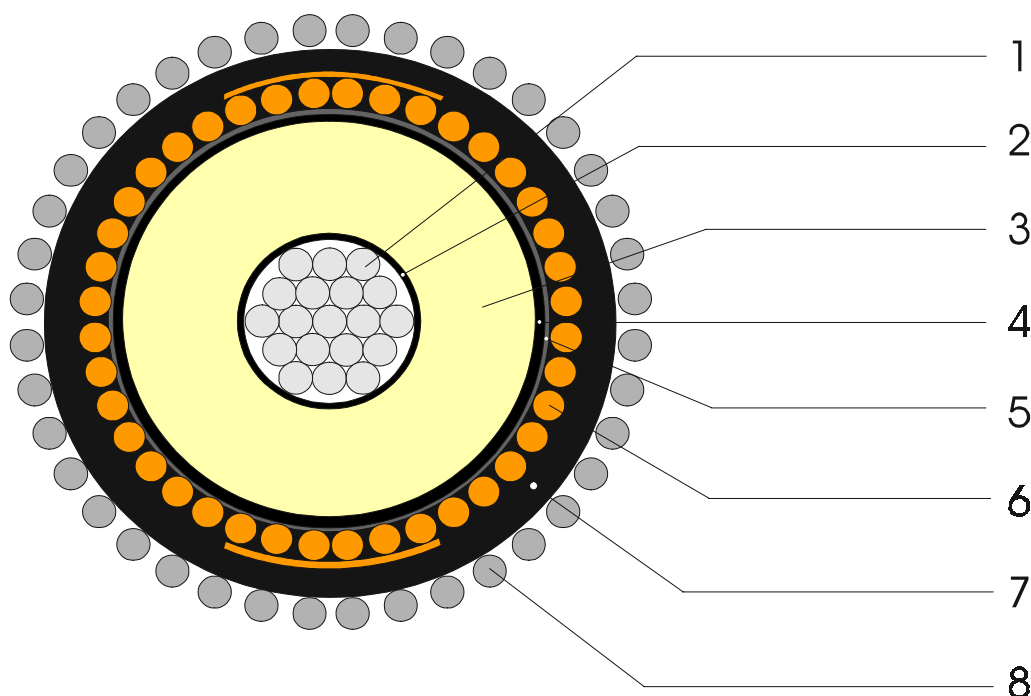
4.2. Конструкција на кабел тип ХНЕh 91

Врз основа на претходните размислувања во насока на постигнување отпорност на кабелот на атмосферски празнења, односно спречување пробој на кабелот, треба да се постигне:

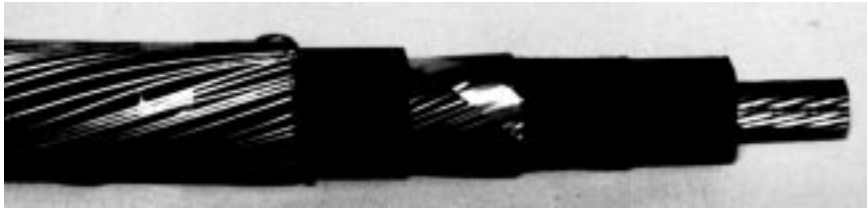
- смалување на попречниот напон
- остварување континуирана галванска врска екран - земја.

Овие услови можеме да ги постигнеме со конструкција на кабел ХНЕh 91, дадена на сликите 3 и 4:

1. Компактирано Al или Cu јаже
2. XLPE полупроводен екран на спроводникот
3. XLPE изолација
4. XLPE полупроводен екран на изолација
5. Полупроводна трака
6. Електричен екран од Cu жици
7. Полупроводен плашт
8. Додатен електричен екран од CuSn жици



Сл. 3 Попречен пресек на кабел, конструкција ХНЕh91-А



Сл. 4 Фотографија на кабел, тип ХНЕh91-А 1x150/25/50; Производ на ФК „НЕГОТИНО“.

Со оваа конструкција, одредувајќи ги пресеците на екраните и спроводливоста на плаштот на кабелот се постигнува струјата на додатниот екран да биде 10 пати поголема од струјата на екранот.

На овој начин се постигнува десет пати помала потенцијална разлика екран - спроводник во однос на класичната конструкција со еден екран. Спроводливоста на плаштот помеѓу екранот и додатниот екран го спречува пробивањето на истиот, а со тоа и механичките и термичките оштетувања на кабелот.

4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] I.Hrs, Zaštita kabela, položenih u loše vodljivom tlu, od direktnih udara groma duž kabelske trase, II Savjetovanje o energetskim kabelima i izoliranim vodovima,
- [2] E.Sunde, Earth Conduction Effects in Transmission Systems, Van Nostrand, New York, 1949
- [3] M.Padelin, Zaštita od Groma, Školska knjiga, Zagreb, 1987
- [4] K.Berger, Blitzsichere Schwachstromkabel, Bull. SEV, Vol.53, 1962, pp. 101-105
- [5] J.Mužny et al., Djelotvoran način šticeńja podzemnih kabelskih trasa od udara groma na nepovoljnijim terenima, XVI Savjetovanje elektroenergetičara Jugoslavije, Opatija, 1983, pp. 12-24

ВТОРО СОВЕТУВАЊЕ НА МАКО-СИГРЕ

Гордана Трајковска, дипл.маш.инг. АД ФК Неготино, Неготино
Илија Трајковски, дипл.ел.инг. АД ФК Неготино, Неготино

СРЕДНОНАПОНСКИ НАДЗЕМНИ ВОДОВИ СО ПОЛУИЗОЛИРАНИ
ЈАЖИЊА ОД ТИПОТ AlMgSi-E

КРАТКА СОДРЖИНА

Заради поголема сигурност во работа, воведени се среднонапонски полуизолирани AlMgSi-E надземни водови, како замена за сегашните голи Al/[^] надземни водови, кои се во зимски услови изложени на чести испади од мрежа поради големи наноси на снег и кршење на дрвја. Овие надземни водови имаат голема сигурност во работа и заради тоа се масовно прифатени прво во Европа, а покасно се проширени и на другите континенти.

Реферат за среднонапонски полуизолирани надземни водови содржи:

1. Општ дел од информативен карактер
2. Воведување AlMgSi легура како замена за Al/[^]
3. Конструкција на среднонапонски полуизолирани AlMgSi-E надземни водови
 - Изработка на AlMgSi-E јаже
 - Изолација на AlMgSi-E јаже
4. Предности на среднонапонски полуизолирани AlMgSi-E надземни водови во однос на голи надземни водови (AlMgSi и Al/[^])

SUMMARY

Because of the need of the better working security, the middle voltage semi-insulated AlMgSi-E overhead lines appeared like a substitution of the bare Al/St overhead lines which, in winter conditions, are exposed on a frequent outlet of the electrical net like snowdrift and broken trees. Because of their large degree of working security, these overhead lines are widely accepted first in Europe and then all over the world.

In this summary you will be introduced with:

1. the general part with Informative character
2. introduction in AlMgSi-E alloys like a substitution of the Al/St
3. the construction of the middle voltage semi-insulated AlMgSi-E overhead lines
 - manufacturing of the AlMgSi-E ropes
 - insulation of the AlMgSi-E ropes

4. the priorities of the middle voltage semi-insulated AlMgSi-E overhead lines compared with the bare Al/St overhead lines

КЛУЧНИ ЗБОРОВИ: AlMgSi-E, полуизолирано, јаже

ВОВЕД

Среднонапонски полуизолирани надземни водови се појавија во средина на седумдесетите години во Финска, а веќе на почетокот на осумдесетите години се прошириле на Шведска и Норвешка. Полуизолирани надземни водови се појавија од потреба за поголема сигурност во работа во однос на голи надземни водови. Оваа е карактеристично за зимски период кога се лоши климатски услови (ниски температури, големи врнежи на снег, мраз, силни ветрови и друго), особено во урбанизирани средини, паркови, тешко пристапни шумски терени.

1. ОПШТ ДЕЛ ОД ИНФОРМАТИВЕН КАРАКТЕР

Надземни водови со голи проводници, посебно во зимски периоди се изложени на чести испади од мрежа, поради големи снежни врнежи и кршење на дрвја. Така се јавила потреба за нови решенија за надземни водови.

Едно од можните решенија е надземни водови да се заменат со подземни водови, но ова решение би имало многу потешкотии во реализација, особено во урбанизирани средини и тешко пристапни терени. Од економски аспект ова решение би било многу поскапо.

Заради тоа сме барале ново решение, кое гледано од економски аспект ќе биде поефтино односно кое ќе биде најблиску до сегашното решение - класичен надземен вод. Ова решение е прифатено заради тоа што за полуизолирани среднонапонски AlMgSi-E надземни водови се користи постоечка опрема од надземни водови со голи проводници.

Во споредба со класични надземни водови, полуизолирани надземни водови се одликуваат со следните предности:

- многу поголема сигурност во работа
- еколошка предност
- помали трошкови на одржување во текот на векот на траење на надземен вод

Поради наведените предности во останатиот дел од Европа (Германија, Англија, ...) во Јапонија, Канада и други, почнало интензивно да се размислува за изградба на нови типови надземни водови по пример на Скандинавија. Прво почнале да се прават пробни линии со полуизолирани надземни водови, како би можело да се извршат испитувања, а потоа усвојување и стандардизација на истите.

Во соработка со Европска дистрибуција, стандардизирани се три типа среднонапонски полуизолирани надземни водови (PVIV).

1. Шведска верзија (BLX 24 kV) некомпактирани AlMgSi-E (62, 99, 157, 241 mm²)
2. Норвешка верзија (BLX 24 kV) компактирани AlMgSi-E (50, 95, 150 mm²)
3. Финска верзија (PAS 20 kV) компактирани AlMgSi-E (35, 70, 120 mm²)

2. **ВОВЕДУВАЊЕ НА AlMgSi ЛЕГУРА КАКО ЗАМЕНА ЗА Al[^]**

Легури на алуминиум превземале водечка улога во изработка на јажиња за надземни водови. Алуминиумот има извонредни електрични особини, но недоволно добри механички особини, така да со легирање на алуминиумот со соодветни елементи, како што се магнезиум и силициум, може да се постигнат многу подобри механички особини со незначителен пад на електрични особини.

За време на Првата светска војна во Швајцарија е усвоена легура AlMgSi по име “ALDREY” која се користи и денеска во скоро изворен облик. После Втората светска војна усвоен е цел ред на легури на алуминиум познати под различни имиња, како што се: ALMELEC, SILMELEC, ALUDUR, E-AlMg1, AlMgSi-E, AA 6210, AA 5005, Al 59, DUCTALEC, TRIPLEE, AA 8000, која претставува фамилија на легури воведени во САД во 1987 година.

Оваа легура французите ја усвоиле и ја вовеле во проводници за надземни водови под име ALMELEC од 1924 година, а масовно оваа легура се применува дури од 1970 година. Причина за масовна примена на ALMELEC во однос на алуминиум се следните:

Табела 1: Споредување на некои карактеристики на алуминиум и ALMELEC (информативно)

Карактеристики	Алуминиум	ALMELEC
Електрична проводност	100	86
Електрична отпорност	100	116
Прекидна сила	100	185
Прекидно издолжување	100	200
Најголема отпорност	100	115

Со зголемување на електрична отпорност за 16% односно намалување на електрична проводност за 14%, силата на кинење се зголемува за 85%, а со тоа и прекидното издолжување се зголемува за 100%. Тоа значи дека може да се констатира дека најголем напредок во производството на надземни водови е остварено со легирање на алуминиум со магнезиум и силициум. Со тоа е овозможена изработка на еднородни надземни AlMgSi водови. Еднородност значи постигање на хемиска постојаност помеѓу жици на јаже. Кај AlMgSi-E јажиња не постои галвански пад AlZn како што е случај кај Al[^] јажиња, од што произлегува побавно разградување на вградената маст.

Во целина гледано, предностите на AlMgSi легура се битни за планински предели, приморски области, индустриски зони, каде што е неопходна примена на оваа легура.

3. **КОНСТРУКЦИЈА НА СРЕДНОНАПОНСКИ ПОЛУИЗОЛИРАНИ AlMgSi-E НАДЗЕМНИ ВОДОВИ**

Среднонапонски полуизолирани AlMgSi-E надземни водови претставуваат AlMgSi-E проводник кој е појажен, подмачкан, компактиран, а потоа изолиран со умрежен полиетилен.

3.1. Изработка на AlMgSi-E жижиња

Жижиња за надземни водови се изработуваат од тврдо влечена AlMgSi-E жижица.

Табела 2: Механички и електрични карактеристики на AlMgSi-E жижици

Пречник на жижица		Пресек на жижица, номинална вредност mm ²	Најмала затезна цврстина daN/mm ²		Должинска маса на жижица kg/km	Должински среден активен отпор на 20 °C Ω/km	Најмало прекидно издолжување Δl %
номинална вредност mm	дозволено отстапување mm		пред појажување	после појажување			
2.00	± 0.025	3.1416			8.482	10.4360	4
2.25	± 0.025	3.9761	29.4	29.4	10.735	8.2460	4
2.50	± 0.025	4.9087			13.253	6.6794	4
2.75	± 0.028	5.9396			16.037	5.5201	4
3.00	± 0.030	7.06686	29.4	29.4	19.085	4.6384	4
3.25	± 0.033	8.2958			22.399	3.9522	4
3.50	± 0.035	9.6211			25.977	3.4078	4
3.75	± 0.038	11.045	29.4	29.4	29.822	2.9685	4
4.00	± 0.040	12.566			33.928	2.6092	4

AlMgSi-E жижица мора да биде чиста без површински грешки, како што се пукнатини, луспи, и слично. Жижицата не смее да биде влажна или оксидирана. Не е дозволено присуство на метални и неметални примеси, шуплини и други недостатоци кои влијаат на примена на жижицата, а со тоа и на нејзините механички и електрични особини. Внатрешни и надворешни недостатоци на жижицата се откриваат со намотување на жижицата околу трн со ист дијаметар како жижица и тоа: 8 намоти блиску еден до друг се намотуваат, а потоа 6 се одмотуваат и повторно 6 се намотуваат. Жижицата не смее да се прекине и не смее да има пукнатини на површината.

Табела 3: Механички и електрични карактеристики на AlMgSi-E компактирано јаже за надземни водови

Пресек на јаже mm ²		Конструкција на јаже n x mm	Дијаметар на комп. јаже mm	Маса на јаже kg/km	Пресметковна прекидна сила N	Среден активен отпор на 20°C Ω / km
номинален	пресметковен					
35	34.36	7x2.50	7.0	94	9595	0.986
50	49.48	7x3.00	8.3	135	13829	0.720
70	67.3	7x3.5	9.8	185.4	18450	0.493
95	93.27	19x2.50	11.6	256	26050	0.364
120	117.0	19x2.80	12.8	322	32680	0.288
150	151.5	19x3.25	14.2	433	42 314	0.236

AlMgSi-E јаже за надземни водови, претставува проводник составен од 7 или повеќе жици со ист пресек, појажен во концентрични слоеви. Ако проводникот е составен од повеќе слоеви, соседните слоеви се појажени во спротивни смерови, а надворешен слој мора да има десен смер на појажување. Во јажиња со повеќе слоеви фактор на чекор на било кој слој мора да биде помал од фактор на чекор на слој непосредно под него. AlMgSi-E јажиња за надземни водови се подмачкуваат со хемиски неутрална и према атмосфера отпорна маст. Наставување на поедини жици во јаже е дозволено со тоа да два соседни наставци бидат оддалечени минимум 100 метра за јажиња до 7 жици, односно 15 метра за јажиња со повеќе жици.

Податоци за AlMgSi-E јажиња од информативен караткер се:

- волуменска маса на 20°C, $2,7 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
- модул на еластичноста $55000-60000 \text{ N/mm}^2$
- специфична електрична отпорност на 20°C $\max 0,0032767 \text{ } \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
- специфична електрична проводност $30,5 \text{ S m/mm}^2$
- коефициент на линеарно топлотно ширење $2,3 \cdot 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$

3.2. Изолација на AlMgSi-E јажиња

Изолација за среднонапонски полуизолирани AlMgSi-E надземни водови е од умрежен полиетилен XLPE, со црна боја, отпорен на ниски температури и променливи временски услови, со процент на саѓи 2%.

Механички, термички и електрични карактеристики на умрежен полиетилен XLPE

Механички карактеристики пред стареење:

- затезна цврстина, $\min. 12,5 \text{ N/m}^2$
- прекидно издолжување $\min. 200\%$

После стареење во сушница на температура од $135^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ и време на стареење 7 дена.

Дозволеност отстапувања на:

- затезна цврстина $\pm 25\%$
- прекидно издолжување $\pm 25\%$

Термички карактеристики:

- степен на умреженоста (на температура од $200^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ и додатно оптеретување $0,2 \text{ N/mm}^2$ и време на траење 15 минути

Умрежен полиетилен наменет за изолација на надземни водови треба да има:

- издолжување $\max. 175\%$
- заостанато издолжување 15%

Електрични особини:

- специфичен и волуменски отпор на работна температура од 80°C е минимално $10^{12} \text{ } \Omega \cdot \text{m}$

Табела 4: Механички и електрични карактеристики на среднонапонски полуизолирани AlMgSi-E надземни водови

Пре-сек на јаже	Конструкција на јаже	Дијаметар на комп. јаже	Дебелина на изолација	Дијаметар на полуизолирано јаже	Маса на полуизолирано јаже	Прекидна сила на полуизолирано јаже	Среден активен на полуизолирано јаже на 20°C
mm ²	n x mm	mm	mm	mm	kg/km	N	Ω / km
35	7x2.50	7.0	2.3	11.6	170	10300	0.986
50	7x3.00	8.3	2.3	12.9	220	14200	0.720
70	7x3.5	9.8	2.3	14.4	280	20600	0.493
95	19x2.50	11.6	2.3	16.2	370	27900	0.364
120	19x2.80	12.8	2.3	17.4	445	35200	0.288
150	19x3.25	14.2	2.3	18.8	560	44100	0.236

Со изолација на AlMgSi-E јажиња се постигнува:

- да се пренесат поголеми механички оптеретувања, т.е. прекидна сила на полуизолирани AlMgSi-E надземни водови е поголема за 7,5% во однос на голи AlMgSi-E надземни водови,
- водовите подобро да се спротивстават на силен ветар,
- да се при прекин на AlMgSi-E јаже, со истегнување на изолација, оневозможат допир на голо јаже со околина, така да на тој начин се заштити околината од лош ефект, односно евентуални жртви,
- мразот да се задржи помалку на полуизолирани надземни водови во однос на голи надземни водови.

4. ПРЕДНОСТИ НА СРЕДНОНАПОНСКИ ПОЛУИЗОЛИРАНИ AlMgSi-E НАДЗЕМНИ ВОДОВИ ВО ОДНОС НА ГОЛИ НАДЗЕМНИ ВОДОВИ (AlMgSi-E И Al/Λ)

Предности на среднонапонски полуизолирани AlMgSi-E надземни водови:

- поголема погонска сигурност
- при допир на водови со дрвја, не доаѓа до испуѓање на далеководи
- олеснето одржување
- помала можност за пожар
- помали раздалечини помеѓу водови
- помало торзионо оптеретување на столбови
- намалување на ширина на траси
- помало еколошко загрозување на природата
- полесни работи на столбови поради намалена раздалечина
- помала можност од удар на гром заради потесен коридор
- помала можност на задржување на снег и стварање на мраз на водовите
- помала опасност за птици во непосредна близина на далеководи

Среднонапонски полуизолирани AlMgSi-E надземни водови гарантираат поголема сигурност во напојување со електрична енергија, заради тоа што и во најтешки временски услови (невреме, атмосферски празнења, снежни врнежи, мраз, паѓање на дрвја на вод, истресување на снег и мраз од вод, не доаѓа до пробој помеѓу водови или помеѓу водови и земја. Отстранување на дрвја кои паднале на полуизолиран вод не пречат во напојување со електрична енергија и затоа можеме да ги отстраниме покасно, кога за тоа имаме време.

Мерки на сигурноста кога работат среднонапонски полуизолирани AlMgSi-E надземни водови се исти како и кај водови со голи проводници. Со оглед на тоа дека среднонапонски полуизолирани надземни водови не се користени во Македонија, ние ќе користиме страни искуства за експлоатација на истите.

Технички податоци за среднонапонски полуизолирани AlMgSi-E надземни водови во шведска и норвешка верзија од тип BLX, 24 kV и финска верзија од тип PAS, 20 kV (литература 5):

а) За шведска верзија - (тип BLX, 24 kV)

фазни растојанија

- хоризонтално поставување - min. 50 cm

- вертикално поставување - - min. 60 cm

пресеци на проводник 62; 99; 157; 241 mm²

б) За норвешка верзија - (тип BLX, 24 kV)

фазни растојанија се исти како за шведска верзија

пресеци на проводник 50; 95; 150 mm²

в) За финска верзија - (тип PAS, 20 kV)

- хоризонтално поставување - min. 40 cm, 45 cm

- вертикално поставување - - min. 55 cm

пресеци на проводник 35; 70; 120 mm²

За сите верзии изолација е од атмосферски отпорен умрежен полиетилен XLPE со дебелина 2,3 mm.

Посматрано од економски аспект, користејќи ги шведските искуства (литература 5) за 24 kV едносистемски вод даден е преглед на трошкови со следна напомена:

Напомена: - 1 sek = 0,2 DM

- калкулацијата е врз база на бројот на грешки на 100 km годишно

1. за голи водови се предвидени 4 грешки на 100 km годишно

2. за полуизолирани AlMgSi-E водови 1 грешка на 100 km годишно

	За надземни водови со голи проводници	За полуизолирани AlMgSi- E надземни водови
	sek/km	sek/km
изградба	90 700	115 100
прегледи	4 400	4 400
одржување	2 100	1 900
поправки	2 700	800
СУМА 1	99 900	122 200
губитоци поради неиспорачана	74 500	8 100
ел. енергија		
СУМА 2	174 400	130 300

СУМА 1: дава трошкови за основна инвестиција, прегледи, одржувања и поправки

СУМА 2: дава додатни трошкови за неиспорачана електрична енергија

Табела 5: Компаративни податоци за голи Al/[^] надземни водови и полуизолирани AlMgSi-E надземни водови

Пресек на полуизолиран и гол AlMgSi	Пресек на Al/ [^] јаже	Дијаметар на полуизолирано јаже	Дијаметар на Al/ [^] јаже	Тежина на полуизолирано јаже	Тежина на Al/ [^] јаже	Прекид на сила на полуизолирано јаже	Прекид на сила на Al/ [^] јаже	Електрична отпорност на полуизолирано јаже на 20°C	Електрична отпорност на Al/ [^] јаже на 20°C	Струјно оптеретување на полуизолирано јаже	Струјно оптеретување на Al/ [^] јаже
mm ²	mm ²	mm	mm	kg/km	kg/km	N	N	Ω / km	Ω / km	A	A
35	35/6	11.6	8.1	170	140	10300	12400	0.986	0.8353	200	145
50	50/8	12.9	9.6	220	196	14200	16770	0.720	0.5946	250	170
70	70/12	14.4	11.7	280	284	20600	26280	0.493	0.4130	300	290
95	95/15	16.2	13.6	370	383	27900	35060	0.364	0.3058	370	350
120	120/20	17.4	15.5	445	494	35200	44770	0.288	0.2374	420	410
150	150/25	18.8	17.1	560	605	44100	54180	0.236	0.1939	485	470

Вредности за струјно оптеретување во колона 11 од табела 5, се земени од Литература 1, а во колона 12 од стандард DIN 48 204.

При монтажа на среднонапонски полуизолирани AlMgSi-E надземни водови, се користи ист овесен прибор како и кај Al/[^] надземни водови.

Заклучок:

Среднонапонски полуизолирани AlMgSi-E надземни водови со своите предности се повеќе ќе ги заменуваат голите надземни водови. Затоа е потребно да се припремат прописи и стандарди за истите.

Користена литература:

1. Техничка спецификација MM1251 - 94 за AASC-XLP, 20 kV
2. JUS N.C1.401; JUS N.C1.402; DIN 48 201 дел 6 и DIN 48 204
3. SVENSK STANDARD SS 424 14 63
4. Реферат 1.11 од XIV симпозиум за кабли во Јагодина 1996 година
5. Uvajanje izoliranih nadzemnih vodov v elektroenergetsko omre`je Slovenije, Referat st. 1195

ВТОРО СОВЕТУВАЊЕ НА МАКО-СИГРЕ

С.В. Николаевиќ Електротехнички Факултет Белград
Н.М. Пекариќ - Наѓ Технички факултет, Универзитет Нови Сад
Р.М. Димитриевиќ Фабрика за кабли Јагодина
П. Трајковски Фабрика за кабли Неготино

**НОВ КОНЦЕПТ ЗА КОНСТРУКЦИЈА НА
СРЕДНОНАПОНСКИ КАБЕЛСКИ ЗАВРШНИЦИ**

К Р А Т К А С О Д Р Ж И Н А

Овој реферат опишува нов концепт за конструкција на кабелски завршници за среден напон со комбинација на слој од материјал со висока диелектрична константа и вградена електрода (ЕЕ - Embedded Electrode). Овие испитувања беа извршени на конструкција на кабелски завршници како што следува:

- слој од материјал со висока диелектрична константа поставен преку изолацијата на крајот од кабелот и преку дел од екранот на изолацијата во првиот случај;

- слој од материјал со висока диелектрична константа е поставен преку изолацијата на крајот од кабелот и преку дел од овој слој е поставен полупроводен материјал кој што е споен со екранот на изолацијата во вториот случај;

- и некој дел од слојот со висока диелектрична константа поставен помеѓу екранот на изолацијата и слојот на полупроводен материјал кој е споен со изолацијата во третиот случај. Анализата заснована на конечниот елементарен метод (FEM – Finite Element Method) беше извршена со цел да се конструира различна конструкција на кабелски завршници од полимеризирани полиетиленски кабли. На крајот овие нови кабелски завршници беа испитани во склад со VDE 0278 и IEEE-404.

S U M M A R Y

This paper describes a new concept in construction of cable terminations for medium voltage with combination of layer with high dielectric constant material and embedded electrode (EE). These investigations were performed on construction cable terminations as follows: layer of high dielectric constant material was placed over cable insulation of cable end and over some part of cable insulation screen in the first case; layer of high dielectric constant material was placed over cable insulation of cable end and over some part of layer with high dielectric constant material was placed layer of semiconducting material which connected insulation screen , in the second case; and some part of layer of high dielectric constant material was placed between cable insulation screen and layer of semiconducting material which connected with cable insulation in

the third case. A finite element method (FEM) based analysis was performed in order design to different construction of cable terminations of crosslinked polyethylene XLPE cables. Finally, these new cable terminations were tested according VDE 0278 and IEEE – 404.

КЛУЧНИ ЗБОРОВИ: :кабелски завршници.

В О В Е Д

Во светот XLPE-каблите широко се употребувани за среден напон, а нивната висока доверливост се има веќе потврдено. Основните проблеми се, што подземните кабли се положени во трансформаторските станици на среден напон и споени во куќишта. Куќиштата се со димензии 500-700 мм во ширина. Поради тоа кабелските завршници мора да имаат мала димензија и да имаат добри сервисни карактеристики. Последните 30 години беа воведувани многу нови методски конструкциони решенија употребени за кабелски завршници на кабли од цврст диелектрик (1-6). Електричното поле кај екранизираниот кабел е радиално и може лесно да биде пресметано. Овие документи (7, 8, 11 и 12) го иницираа развојот на новиот концепт за конструкција на сренонапонски кабелски завршници. Исто така овој документ го презентира развојот на компјутерските методи за детерминација на електричното поле во кабелските завршници. Овде главниот проблем во конструкцијата на кабелски завршници е пресметувањето на електричното поле во конфигурации со капацитивна и резистивна дистрибуција на потенцијали со вградена електрода. Меѓутоа, главниот нумерички програм за пресметување на електричното поле на кабелски завршници мора прифаќа широка разноликост на конфигурации на вградени електроди и диелектрични материјали. Најпрво овој документ ги претставува резултатите од промената на интензитетот на електричното поле на кабелските завршници во функција на дистанцијата на вградена електрода од кабелскиот изолационен екран. Вградената прстена електрода беше изработена од различни димензии на бакарна трака во првиот случај; или бакарен прстен во вториот случај. На овој начин за конкретната кабелска конструкција оптимизационите карактеристики на кабелската завршница може да бидат детерминирани со употреба на комбинација на материјал со висока диелектрична константа и вградена електрода. Оваа конструкција на кабелски завршници беше направена на следниот на чин: во првиот случај беше поставен слој од високо диелектричен материјал преку изолацијата на кабелскиот крај и преку еден дел од екранот на изолацијата ;во вториот случај слој од високо диелектричен материјал беше поставен преку изолацијата на кабелскиот крај а преку дел од овој слој е поставен полупроводен материјал кој што е споен со екранот на изолацијата во вториот случај, а истиот слој од високо диелектричен материјал беше поставен помеѓу екранот на изолацијата и полупроводниот материјал кој што е споен со изолацијата на кабелот во третиот случај. На определено растојание од екранот на изолацијата е поставена вградена електрода.

1. КОНЦЕПТ КОНСТРУКЦИЈА НА КАБЕЛСКА ЗАВРШНИЦА

Главен проблем на производство на кабелски завршници е регулација на електричното поле на крајот од кабелот. Добрата кабелска завршница за среднонапонски кабли и за многу тешки услови на експлоатирање има добри карактеристики, како што се следните: нема пропуштање на струја, нема површинска ерозија и нема прескокнување помеѓу металниот екран на кабелот и проводникот на кабелот. Можни методи за регулација на електричното поле на кабелските завршници се: геометриска (1,6,9) нелинеарни резистивни превлаки на изолационите површини кои што го степенуваат полето (10), рефрактивно степенување на полето на изолациони површини (2,3), комбинација на нерезистивно и рефрактивно обликување на полето на изолационата површина (3); капацитивен и комплексен метод (феритен, резистивен и рефрактивен).

Овде во овој труд за конструкција беше употребен нерезистивен рефрактивен метод со вградена електрода. Вградената електрода беше поставена близу екранот на изолација. На овој начин електричното поле во кабелската завршница е скоро радијално. Дистанцијата вградената електрода (во облик на бакарен прстен, трака или жица) се детерминира од нумеричкиот програм. Во овој дел на трудот се опишува новиот концепт на конструкција на кабелска завршница за кабел со изолација од цврст диелектрик. Овој концепт конструкција на кабелска завршница може да биде употребен во други среднонапонски кабли. Ова завршница беше конструирана со помош на комплексно модулирање и техника на конечна елементарна анализа за да се детерминира максималното електрично поле во критичните зони на завршницата. Електричното поле е градиент на напонот (9). Во радијален правец (r) електричното поле е:

$$K = \frac{dU}{dr} \quad (1)$$

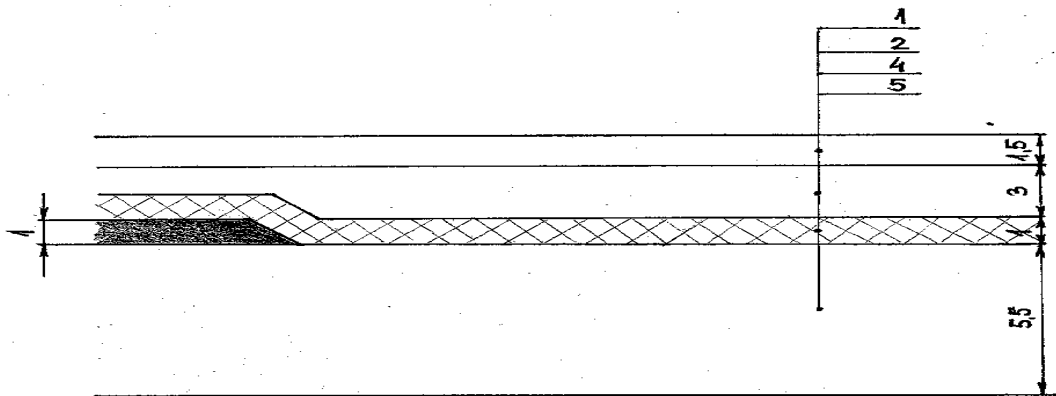
Електричното поле е највисоко во зони каде напонот се менува во мали растојанија. Просторот за кабелската завршница варира во согласност со бараниот степен на прецизност и други параметри (на пример: трошковите на завршницата, ограничувањето во кутиите на трансформаторската станица и други).

Кај оваа конструкција на кабелска завршница, елементите на кабелска завршница се поставени на следниот начин: слој од материјал со високо диелектрична константа беше поставен преку изолацијата на крајот од кабелот и преку некој дел од екранот на изолацијата, означено $K1$, на некое растојание од изолација на кабелот е вградена електрода од бакарна трака, прстен или спирала, на крајот моделирана проширена комбинација која што може да е термособирачка со еден еластомерен изолационен материјал кој што ја одржува проширена со помош на термички повратлива надворешна компонента. Вградената електрода би требала да биде незаземјена ($K1N1$) или заземјена ($K1U1$) слика 2. Кабелската завршница без вградена електрода и слојот од материјал со висока диелектрична константа беше поставен преку кабелската изолација и некој дел од изолациониот екран, означено $K1B$, слика 1.

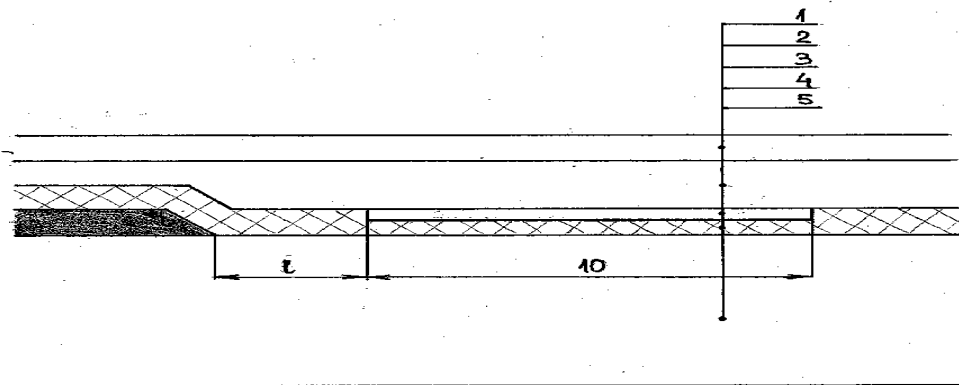
Вториот тип на кабелска завршница е со конструкција, каде слој од високо диелектричен материјал кој што беше поставен преку изолацијата на кабелот, а преку определен дел од слојот е поставен полупроводен слој кој што е споен со кабелскиот изолационен екран означен Π . На некое растојание од екранот на изолацијата е вградена електрода од бакарна трака, жица или спирала, конечно моделирана проширена комбинација која е термособирачка со еден еластомерен

изолационен материјал кој што ја одржува проширена со помош на термички повратлива надворешна компонента. Вградената електрода би требало да биде незаземјена (I1N1) или заземјена (I1U1) слика 2. Кабелската завршница без вградена електрода е означена со I1B.

Во третиот случај, тип на конструкција на кабелска завршница каде слој од високо диелектричен материјал беше поставен преку изолацијата, а еден дел од овој слој беше поставен помеѓу екранот на изолацијата и полупроводниот слој кој што се спојува со екранот на изолацијата, означен I2, на некое растојание од екранот на изолацијата е вградена електрода од бакарна трака, жица или спирала, конечно моделирана проширена комбинација, термособирачка со еден еластомерен изолационен материјал кој што ја одржува проширена со помош на термички повратлива надворешна компонента. Вградената електрода би требало да биде незаземјена (I2N1) или заземјена (I2U1) слика 4. Кабелската завршница без вградена електрода е означена со I2B. Во овој дел од трудот за овие конструкции на кабелски завршници беа анализирани два вида на вградени електроди. Првата е изработена од бакарна трака од 10 mm ширина и 0,2 mm и 0,4 mm дебелина и втората изработена од бакарен прстен или спирала (прстенот и спиралата беа изработени од жица со различен пречник од 1 до 5 mm). Овие конструкции на кабелски завршници имаат подобри карактеристики отолку други кабелски завршници кои се истражуваат во оваа работа.

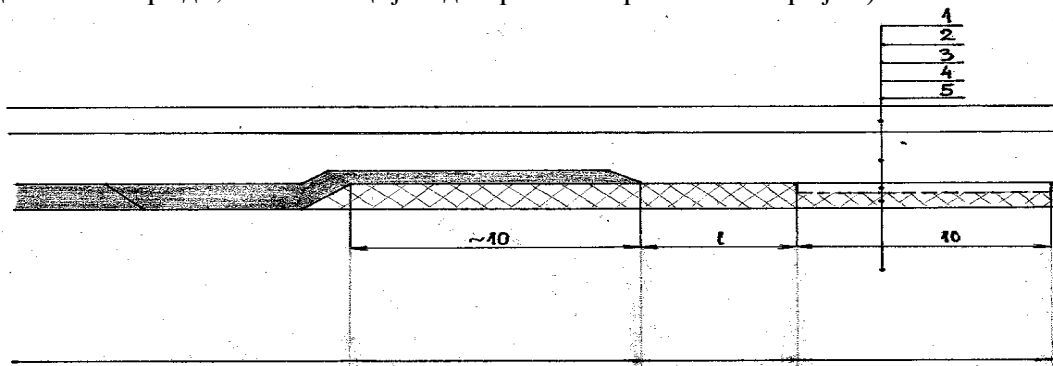


Слика 1. Конструкција на кабелска завршница означена со K1B.

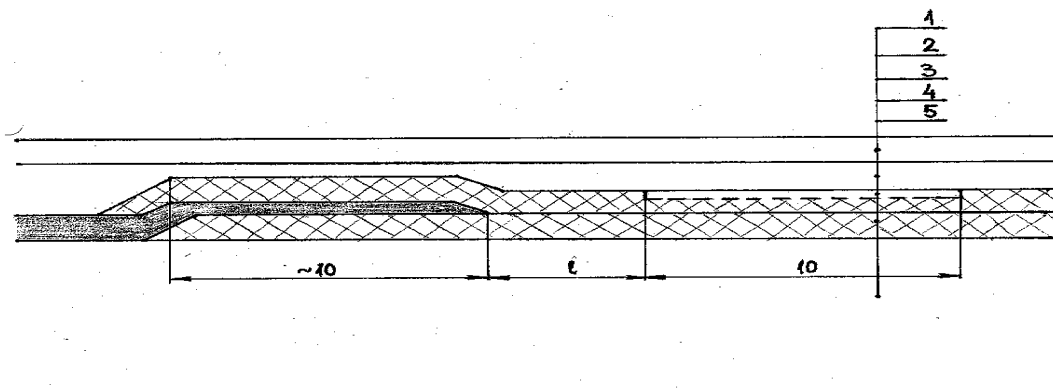


Слика 2. Конструкција на кабелска завршница означена со: K1N1, K1U1, (N - незаземјена EE, U- заземјена EE, l - растојание на EE од крајот на екранот на

изолацијата). (1 - изолација, 2 - слој од материјал со висока диелектрична константа, 3 - вградена електрода, 4 - изолација од термособирачки материјал).



Слика 3. Конструкција на кабелска завршица означена со: IIU1, IIU1, (N - незаземјена ЕЕ, U- заземјена ЕЕ, l - растојание на ЕЕ од крајот на екранот на изолацијата).



Слика 4. Конструкција на кабелска завршица означена со: I2N1, I2U1.

2. НУМЕРИЧКИ ПРОГРАМ ЗА ПРЕСМЕТКА НА ЕЛЕКТРИЧНО НАПРЕГАЊЕ

Во оваа работа со параметри на кабелски системи, голема предност е да се има валиден компјутерски програм кој што ќе одговара на промените во геометријата и материјалите за монтажни кабелски завршници. Аналитичкото решение на стабилна состојба за дистрибуција на напон помеѓу проводник и метален екран во коаксијален кабел со различни потенцијали го вклучува директното решение на Лапласовата равенка со соодветни гранични услови. Во цилиндрични координати Лапласовата равенка е:

$$\frac{\partial^2 V}{\partial r^2} + \frac{1}{r} * \frac{\partial V}{\partial r} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0 \quad (2)$$

каде што $V = V(r, z)$ е потенцијал во делот од крајот на проводникот и металниот екран. Границите беа дефинирани со помош на потенцијал 100% на фазен проводник и земјен потенцијал 0% на метален екран. При проблеми на

електричното поле има најмалку две електроди со фиксирани потенцијали, ова се случува помеѓу проводник и метален екран, а сите други потенцијали ќе примаат вредности помеѓу 100% и 0%. Електричното поле е градиент на дадениот напон (1).

Со употреба на Лапласовата равенка за пресметување на електричното поле со помош на конечни елементи со автоматско генерирање на мрежа (3-5), се добиваат карактеристики на оптимализација на кабелска завршница, во случајот конструкции на кабелски завршници прикажани на сликите 1-4. На пример, од овие карактеристики се добива вредност за диелектрична константа на материјал кој што ќе биде поставен преку изолацијата на кабелскиот крај и преку дел од екранот на изолацијата. После добивањето на вредноста на диелектричната константа беше создадена рецептура на смеса за слој со високо диелектрична константа. Во оваа работа влијанието на релативната диелектрична константа врз електричното поле за определена кабловска завршница беше анализирано помеѓу 10,6 и 40,4. Овој слој ќе биде поставен преку изолацијата на кабелскиот крај и преку дел од екранот на изолацијата. Вградената електрода ќе биде поставена на оптимизациона дистанца од екранот на изолацијата преку слој со висока диелектрична константа. На овој начин методот што е овде опишан користи значајно подобрување во моделирањето на системот на кабелски завршници и пресметковни елементи на кабелските завршници.

Секоја конфигурација на кабелска завршница со или без вградена електрода беше аналитички анализирана. Оваа работа ги истражуваше промените на електричното поле во функција на дистанцијата вградена електрода од кабелскиот изолационен екран. На сликите 9 и 10 се презентирани еквипотенцијални линии при различни конструкции на кабелски завршници кои што дадоа најдобри резултати.

3. ИСПИТУВАЊЕ

Кабелските завршници беа испитувани во согласност со VDE 0278 и IEEE-404. Дел од резултатите на испитувањето беа дадени во табела 1. Во оваа табела се презентирани резултати за случаи каде што ЕЕ беше поставена 5 mm и 12 mm од екранот на изолацијата.

ЕЕ беше во облик на бакарна трака со димензии 10 mm ширина и 0,2 mm дебелина. Релативно диелектричната константа на слојот беше менувана во границите од 10,4 до 40,4.

Табела 1. Резултати од испитувањето на 5 типа на кабелски завршници.

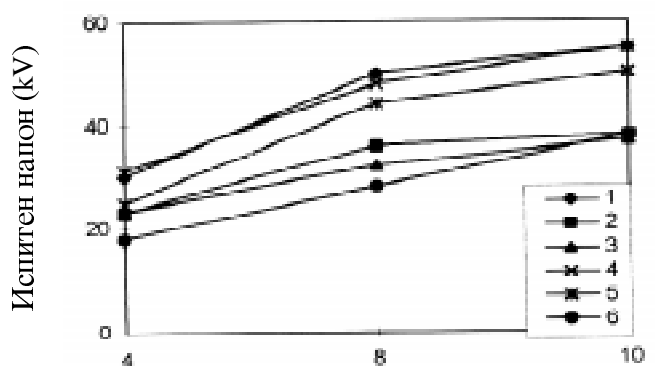
Тестирана конструкција	Тестирана секвенца	Парцијално празнење (pC) на $2U_0=24kV$ (max 20pC)	Циклус на загревање: $t_{pr}=100^{\circ}C$ 3 циклуси на 30kV	Парцијално празнење (pC) на $2U_0=24kV$ (max 20pC)	Напонско напрегање до пробивање (40, 50, 60 и понатаму со чекор од 5kV) времетраење 5min
K1B, K1U5 и K1N5	0pC (заземјена ЕЕ)	задоволува	0pC (заземјена ЕЕ)	пробивање на K1U5 на 75kV по 1 min	
	0pC (незаземјена ЕЕ)	задоволува	0pC (незаземјена ЕЕ)		
K1U12 и K1N12	10pC (заземјена ЕЕ)	задоволува	2-4pC (заземјена ЕЕ)	пробивање на K1U12 на 60kV по 2 min	
	20pC (незаземјена ЕЕ)	задоволува	2pC (незаземјена ЕЕ)		
I1U5, I2U5 и I1N5, I2N5	2pC (заземјена ЕЕ)	задоволува	0pC (заземјена ЕЕ)	прескокнување на I1U5 веднаш на 85kV	
	2pC (незаземјена ЕЕ)	задоволува	0pC (незаземјена ЕЕ)		
I1U12, I2U12 и I1N12, I2N12	2pC (заземјена ЕЕ)	задоволува	0pC (заземјена ЕЕ)	прескокнување на I1U12 веднаш на 85kV	
	2pC (незаземјена ЕЕ)	задоволува	0pC (незаземјена ЕЕ)		
I1B, I2B	0pC	задоволува	0pC	прескокнување на I2B на 85kV по 3 min	

ЗАБЕЛЕШКА: Со оглед на издржливоста на напонот и претходниот заклучок, беа испитани кабелски завршници со ЕЕ, само кога ЕЕ беше заземјена. Понатамошни испитувања се неможни поради малото растојание.

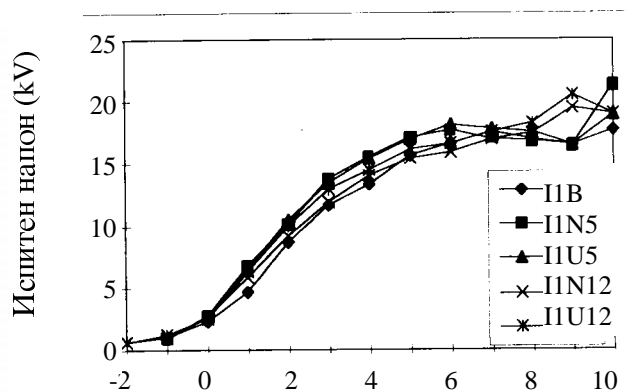
На крајот, примероците на кабелски завршници со конструкција IIU5 беа подложени на испитување, во согласност со VDE 0278. Целокупното испитување е задоволувачко.

Најпрво испитувањата беа извршени со неколку различни електроди со цел да се определи нивниот оптимален облик. Два вида на електроди беа испитувани: првата, изработена од бакарна трака и втората, изработена од бакарни жици во облик на прстен или тороидална спирала. На крајот, следните вградени електроди покажуваат добри резултати: првата, изработена од бакарна трака со 10 mm ширина и 0,2 mm и 0,4 mm дебелина, а втората изработена од бакарен прстен и бакарна тороидална спирала. Резултатите, презентирани на дијаграмот, Слика 5, покажаа дека максималниот напон на празнење беше достигнат со вградена електрода од бакарна трака и бакарна тороидална спирала. Во овој случај вградената електрода беше поставена директно на кабелскиот изолационен крај. Испитувањето на напонот на прескок беше извршено на XLPE кабел од 20 kV. За следните комбинации на електроди добиените резултати се представени на слика 5.

1. Бакарна трака од 10 mm ширина и 0,2 mm дебелина.
2. Тороидална спирала од пречник 10 mm.
3. Тороидална спирала од пречник 8 mm.
4. Две бакарни траки од 10 mm ширина и 0,2 mm дебелина.
5. Бакарна трака од 10 mm ширина и 0,2 mm дебелина и тороидална спирала од 8 mm пречник.
6. Две тороидални спирали од пречник 8 mm.



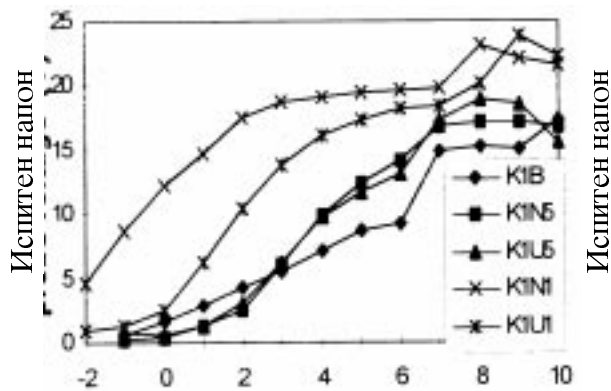
Аксијално растојание помеѓу електродите(cm)



Аксијално растојание од крајот на екранот кабелот(cm)

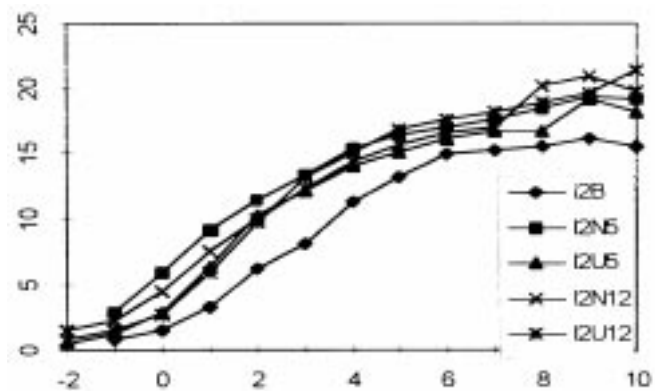
Слика 5. Напонот на прескок во зависност од обликот на електродите и нивното растојание од кабелскиот изолационен екран, вдоль површината на XLPE изолацијата.

Слика 7. Распределба на напрегањето по површината на различните конструкции на кабелски завршници, тип II.



Аксијално растојание од крајот на екранот кабелот(cm)

Слика 6. Распределба на напрегањето по површината на различните конструкции на кабелски завршници, тип K1.



Аксијално растојание од крајот на екранот кабелот(cm)

Слика 8. Распределба на напрегањето по површината на различните конструкции на кабелски завршници, тип I2.

Споредувајќи ги кривите на распределба на напрегањето на различни кабелски завршетоци, може да биде заклучено: би било подобро да се заземји EE за различни растојанија на EE од крајот на кабелскиот екран, растојанието 5 mm е подобро за конструкција на K1 тип, каде што 12 mm е подобро главно за конструкции од I1 и I2 типови како за различни конструкции, најдоброто е I1 U12 и последователно I2 U12.

4. ДИСКУСИЈА НА РЕЗУЛТАТИ

Секоја конструкција на кабелска завршница која што беше претходно дадена е анализирана со нумерички програм и испитана. Сликите 1-4 презентираат нови елементарни конструкции на кабелски завршници за средно напонски кабли. Резултатите кои што се дадени при испитувањето на овие кабелски завршници покажуваат дека конструкциите на кабелски завршници од типот I2B, I1U12 и I2U12 ги имаат најдобрите карактеристики.

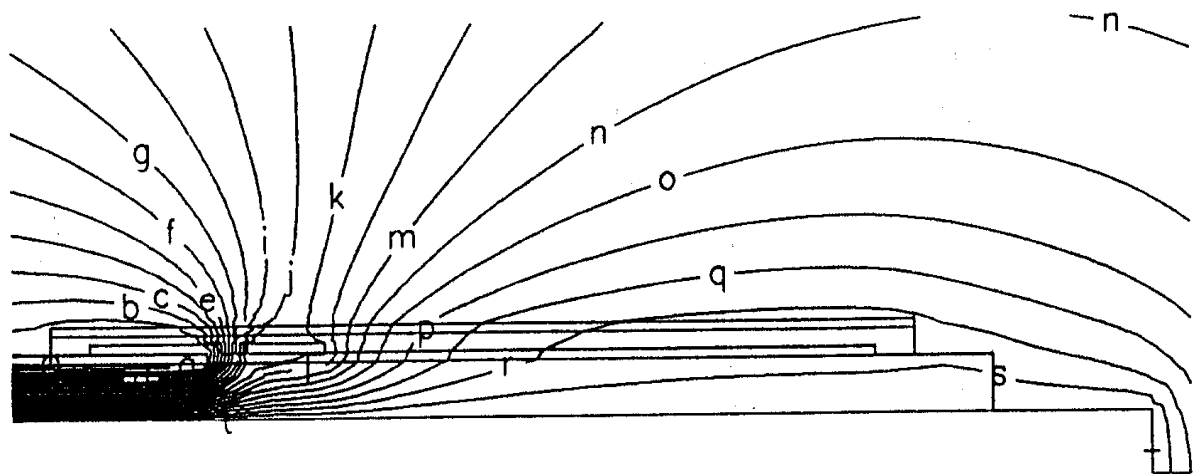
На сликите 6-8 е презентирана распределбата на напонското напрегање на површината на различни конструкции на кабелски завршници. Овие вредности беа измерени по површината на кабелската завршница на аксијално растојание од кабелскиот изолационен екран. Од овде, овие резултати покажуваат дека кабелската завршница, тип I2B го има најмалиот проверен напон на површината на кабелската завршница.

Интересно е да се види промената на напонот на прескок во случаи кога вградената електрода се поставува при конструкција на кабелски завршеток. Најпрво, испитувањата беа извршени со неколку различни електроди со цел да се определи нивниот оптимален облик. Три типови од електродите ги дадоа најдобрите резултати: првата изработена од бакарна трака од 10 mm ширина и 0,2 mm или 0,4 mm дебелина, а во вториот случај, изработена од бакарна жица од пречник 1,2 mm и во трет случај со тороидална спирала. Резултатите, презентирани на дијаграмот, слика 5, покажуваат дека максималниот напон на прескок беше достигнат со вградената електрода од бакарна трака. Зголемувачкото растојание на вградената електрода од кабелскиот изолационен екран го зголемува напонот на прескок. При ова испитување, вградената електрода беше поставена директно на кабелскиот изолационен крај. Испитување на напонот на прескок беше извршено на XLPE кабелот од 20 kV.

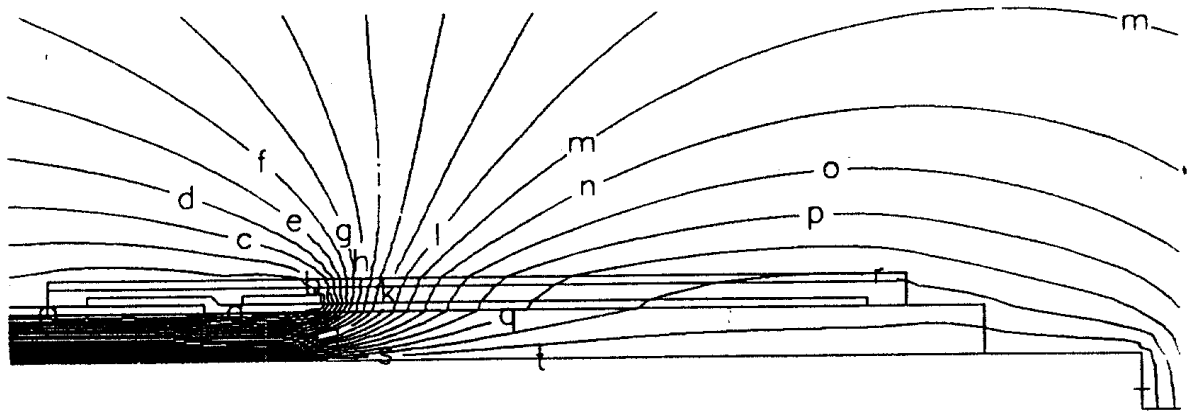
Исто така кај три конфигурации со слој од материјал кој има висока релативна диелектрична константа, беа добиени добри резултати: K1 - крајот од екранот на изолацијата покриен со слој (дебелина 1 mm) од материјал со висока диелектрична константа; I1 - слој (дебелина 1 mm) од материјал со висока диелектрична константа беше поставен врз изолацијата на крајот од кабелот, и врз еден дел од слојот со висока диелектрична константа беше поставен полупроводен слој кој е споен со екранот на изолацијата, и I2 слој од материјал со висока диелектрична константа беше поставен преку изолацијата на крајот од кабелот и еден дел од овој слој беше поставен помеѓу екранот на изолацијата и полупроводниот слој кој е споен со екранот на изолацијата.

Во случајот I2 слојот од материјал со висока диелектрична константа беше со дебелина 2 mm. На крајот, со комбинација на овие три конфигурации и вградените електроди, се добиени добри резултати. Во случај на конструкција од кабелска завршница IU12 и I2U12 - комбинација со слој од материјал со висока диелектрична константа и заземјената вградена електрода (растојанието на вградената електрода од екранот на изолацијата е 12 mm), I1B и I2B добиени се најдобрите резултати, Табела 1, сликите 6-10. Сликите 9 и 10 ги претставуваат пресметковните резултати на електричното поле на кабелските завршници. За различни конфигурации на слој со висока диелектрична константа и полупроводен слој (екран на кабелот и полупроводен материјал), конструкциите K1, I1 и I2, и во комбинација со вградени електроди се добиваат различни резултати. За пример, комбинацијата од конфигурацијата K1 и EE, тип K1U1 или K1N1, растојанието 5 mm е подобро отколку 12 mm од екранот на изолацијата. За комбинирани конструкции од тип I1 и I2 и EE, растојанието на вградената електрода од 12 mm е подобро решение.

Споредувајќи ги кривите на напрегање од различни кабелски завршници, може да се заклучи: подобро е EE да се заземји. Исто така препорачливо е оптимално растојание на EE до крајот на екранот на изолацијата за било која конфигурација на кабелска завршница за среднонапонски кабли.



Слика 9. Распределба на потенцијалот на кабелска завршница со слој од материјал со висока диелектрична константа ($\epsilon_r = 10.4$) и EE на “пливачки“ потенцијал



Слика 10. Распределба на потенцијалот на кабелска завршница со слој од материјал со висока диелектрична константа ($\epsilon_r = 10.4$) и EE на потенцијал на земја

5. ЗАКЛУЧОК

Резултатите добиени од ова истражување се следните:

- конструкциите на кабелски завршници тип I1, I2 и I2U12 го редуцираат електричното напрегање подобро од стандардните конструкции
- за различни конфигурации на слоеви со висока диелектрична константа и полупроводен слој, конструкциите K1, I1 и I2 и вградените електроди се добиени различни резултати
- споредувајќи ги кривите на напрегање и пресметковните резултати за различни кабелски завршници, заклучуваме: при различни растојанија на EE од крајот на екранот на изолацијата, подобро е EE да биде заземјено

6. ЛИТЕРАТУРА

1. J.F. McPartland: "Handbook of practical electrical design", 1984, McGraw-Hill Inc.
2. P.N. Nelson, and H.C. Herving: "High dielectric constant materials for primary voltage cable terminations", IEEE Trans., Nov. 1984, Vol. PAS 103,
3. O.W. Andersen: "Laplacian electrostatic field calculations by finite elements with automatic grid generations", 1973 IEEE PES Winter Meeting, New York,., T 73 016-3.
4. T.J.R. Hughes: "The Finite Element Method", 1987., New Jersey.
5. K.H. Huebner: "The Finite Element Method for Engineers", 1982, New York.
6. B.M. Weedy, and N.J. Turvey, "Resistive stress relieving materials for XLPE cable joints", 1986 IEE Second Inter. Confer. on PCA 10kV to 180kV.
7. S.V. Nikolajevic, N.M. Pekaric-Nad and R.M. Dimitrijevic: "Modeling of cable terminations with embedded electrodes", 1996 IEEE International Symp. on Electrical Insulation, Montreal, June 1996, p. 703 - 706.
8. S.V. Nikolajevic, N.M. Pekaric-Nad and R.M. Dimitrijevic: "Optimization of cable terminations", July 28-August 1, 1996 IEEE PES S M, Denver, 96 SM 369-9-PWRD, and IEEE Trans. On Power Delivery No. 2, April 1997.
9. J. Surutka: "Elektromagnetika", 1976, Beograd
10. L.G. Virsberg and P.H. Ware: "A New Termination for Underground Distribution", IEEE Trans. on Power Appar. and Sys. September 1967.
11. S.V. Nikolajevic, N.M. Pekaric-Nad and R.M. Dimitrijevic: "The Influence of some construction parameters on electric stress grading in XLPE Cable terminations", IEE CIREN, 1997. Birmingham, UK.
12. S.V. Nikolajevic, N.M. Pekaric-Nad and R.M. Dimitrijevic: "Development of high-Dielectric Constant Materials for Cable Accessories and Design of XLPE Cable Terminations", 1994 IEEE International Symp. on Electrical Insulation, Pittsburgh, June 1994.

МАКЕДОНСКИ КОМИТЕТ ЗА ГОЛЕМИ ЕЛЕКТРИЧНИ СИСТЕМИ - СИГРЕ, СКОПЈЕ

ВТОРО СОВЕТУВАЊЕ НА МАКО-СИГРЕ

Дипл.инж.тех.Драгана Гуцул, “Нов Кабел” Д.Д. Нови Сад
Дипл.инж.физ.Марика Теохарева, АД “Неготино” Неготино

РЕЗУЛТАТИ ОД ЛАБОРАТОРИСКИТЕ ИСПИТУВАЊА НА НЕТКАЕНИ ТРАКИ КОИ БУБРАТ

КРАТКА СОДРЖИНА

Во овој реферат е анализирана проблематиката на спречување навлегување на вода низ енергетските кабли, со оглед на штетноста на оваа појава во експлоатација и влијанието врз векот на траење на кабелот.

Посебно е разработена примената на неткаени траки кои бубрат (бубречки траки) во среднонапонските кабли. Дадени се резултати од лабораториските испитувања на траките пред и после вградувањето и оценка на квалитетот во смисла на остварување на барањето за спречување на навлегување на вода вдоль кабелот.

КЛУЧНИ ЗБОРОВИ: Водонепропустливост, бубречки, траки

SUMMARY

In this report are presented solutions for waterblocking systems applied in power cables. Water penetration along the cable is exceptionally harmful for cable –life.

There is diskus about using of unwoven swelable tapes in MV cables. Also, there are given laboratories results of testing before and after using the tapes in the cable.

1. ВОВЕД

Енергетските кабли од полиетилен и умрежен полиетилен се осетливи на влага. Водата може да навлезе во кабелот при оштетување на плашт, складирање, транспорт при полагање во влажна средина и притоа да навлезе во лонгитудинален правец, што како краен резултат ќе предизвика деградирање на изолационите карактеристики и скратување векот на кабелот.

Поаѓајќи од вредноста на диелектричната константа на водата ($\epsilon=80$) која е многу поголема од вредноста за изолацијата ($\epsilon=2,3$), очигледно е да во присуство на вода во кабелот доаѓа до значајно зголемување на интензитетот на електричното поле. Краен резултат на оваа појава е големото електрично напрегање на изолацијата, смалување на нејзината издржливост, што доведува до низа различни штетни појави и конечно до пробој.

Трајноста на кабелот е резултат на дејството на неколку фактори: напонско, топлотно и механичко оптеретување, влијанието на вода кое се менува со тек на време. Одредување векот на траење на кабелот е комплексно прашање кое зависно од влијанието на наведените експлоатациони услови. Секој од овие фактори сам или во комбинација, предизвикува иреверзибилни промени во изолацијата. Векот на траење на каблите се оредува со мерење на изолационите карактеристики, односно со пратење на временската зависност на диелектричната цврстина (1) што претставува права мерка за квалитетот на изолацијата, односно трајноста на кабелот.

Од друга страна, присуството на вода во каблите доведува до стварање на водени гранчиња, што е доста проучуван проблем (2). Крајна цел на сите испитувања е барање на решение за успорување на создавањето водени гранчиња, обезбедување на бараните карактеристики на изолацијата и зголемување на доверливоста на каблите.

Решавањето на овој проблем се движи во насока на развој на материјали отпорни на оваа појава и различни конструктивни решенија.

Водените гранчиња (отворени и затворени) настануваат во сите изолациони материјали иако некои се отпорни на нивното ширење.

Во поглед на конститутивните решенија интересни се слоевите во областа на екранот на изолацијата. На функционалноста на овие слоеви влијаат електричното поле, заштитата од навлегување на вода (радијална и лонгитудинална) и заштита од механичко оштетување на материјалот.

Решавање на проблемот на водонепропустливост (3), односно спречување на настанување водени гранчиња со користење на бубречки траки се покажа како добро решение бидејќи таквите кабли имаат значително подолг век на траење и отпорни се на штетните влијанија што ги предизвикува водата.

2. НАЧИНИ ЗА СПРЕЧУВАЊЕ НАВЛЕГУВАЊЕ НА ВОДА НИЗ ЕНЕРГЕТСКИТЕ КАБЛИ

Можно е да се дефинираат два правци на навлегување на вода во кабелот, а со самото тоа и на заштита: радијална (попечна) и лонгитудинална (подолжна).

Радијалната бариера не е доволна заштита од продирање на вода. Основен дел на оваа заштита е плаштот било да е PVC или PE. Плаштот изработен од полиетилен со висока густина има подобри својства поради поголемата непропустливост, помало упивање на вода и подобри механички својства.

Лонгитудиналната водена бариера е неопходен елемент во конструкцијата на современите кабли која дава гаранција на долготрајна експлоатација со ниски трошоци за одржување.

Во случај на механичко оштетување на плашт кај кабли без подолжна бариера, водата продира во кабелот на голема должина (стотина метри). Како подолжна бариера се користат системи за водонепропустливост во проводникот, екранот и меѓу просоторот кај појажените жили.

Проводниците мораат да бидат водонепропустливи и за решение на овој проблем може да се користат следните начини:

1. Жили со проводник од полн метал
2. Полупроводно желе во меѓупросторот на јажето дава добро водонепропуштање, макар да ракувањето со такви кабли е отежнато во процесот на производство, како и при изработка на завршници и спојници

3. Бубречки прав во меѓупросоторот на јажето, што има многу недостатоци: потреба од посебен уред за нанесување; тешко се контролира еднаквоста на нанесувањето; делува иритирачки на кожата; очите и на органите за дишење; во случај на бакарно јаже треба да се додадат адитиви против корозија; обавезна е примена на синтетички прав поради спречување на микробиолошка активност. Оваа технологија поради наведените причини не е во употреба
4. Бубречки влакна кои се впуштаат при појажувањето можат успешно да се користат за оваа цел. Бидејќи е оваа чиста операција, ракувањето, наставувањето и изработката на завршниците е едноставна.

Системите за водонепропустливост во областа на екранот (од бакарни жици или траки) условени се од неговата улога во кабелот и потребата за спречување на навлегување на вода. Двете страни на екранот мора да бидат водонепропустливи. Исполнувањето на овие барања се постигнува со употреба на полупроводни бубречки траки под и непроводна бубречка трака над екранот.

Водонепропустливоста во областа на меѓупросторот кај појажените жили се решава со комбинација на полиетиленска испуна и бубречки влакна, при што нивниот број и расплет точно се дефинира за секоја конструкција на кабелот.

Добри резултати на подолжно заптивање се постигнуваат со испуна од гумена мешавина ако истата добро налегнува на жилите и плаштот. Во тој случај е отежнато ракувањето при изработка на краеве и монтажа на спојници.

3. КОРИСТЕЊЕ НА БУБРЕЧКИ ТРАКИ ВО ВОДОНЕПРОПУСТЛИВИ КАБЛИ

Сите материјали кои моментно бубрат во вода нагло го зголемуваат својот волумен, со што создаваат вискозен чеп, го спречуваат понатамошниот навлегување на вода вдолж кабелот со што обезбедуваат сигурно водонепропуштање. Понатамошниот развој на овие материјали е во правец на барањето за ефикасно блокирање на водата на што пократок дел на кабелот. Причина за ова барање е потребата за заштеда при поправка на оштетеното место. Доколку дојде до оштетување на плаштот или водата навлезе во кабелот на некој друг начин, потребно е да се изврши замена на оштетениот дел со должина L_1 и да се вгради нова должина L_2 (при што $L_2 > L_1$) со помош на спојница. Со оглед на фактот што должината на спојницата е 40 см, логично е дека треба да се обезбеди блокирање на водата на максимална должина од 30 см, што овозможува замена со една спојница и заштеда на нова должина на кабел L_2 и уште една спојница.

Земајќи ги во предвид сите предности и недостатоци на различните системи од подолжно водонепропуштање, се констатира дека за среднонапонските кабли прифатливо решение е употреба на бубречки траки.

3.1. Карактеристики на неткаени бубречки траки, лабораториски методи и резултати од испитување

Бубречките траки се состојат од три слоја:

- порозен неткаен материјал (подлога);
- апсорпционен слој (суперапсорбент, најчесто е тоа Na-полиакрилат) односно бубречки материјал избран поради оптимални бубречки својства;

- порозен неткаен материјал (покривка) кој го штити апсорпциониот слој од оштетувања при производство на каблите.

Ако е во прашање полупроводна бубречка трака, подлогата и покривката се импрегнирани со полупроводни саѓи. Траките содржат и посебен додаток – состојци против корозија.

Својствата на бубречките траки мораат да одговараат на барањата на кабловското производство, а од друга страна водонепропустливите кабли мораат да ги задоволат експлоатационите потреби. Во врска со тоа, со лабораториски методи на испитување се одредуваат следните карактеристики на траките:

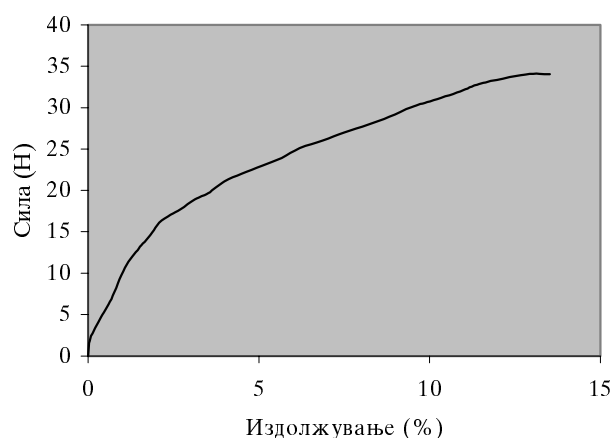
- а) механички;
- б) бубречки;
- ц) термички;
- д) електрични.

Освен тоа, дебелината на траката (mm) се одредува според метода утврдена во стандардот ISO 9073 – 2 (метода А). Одредувањето на маса по единица површина (g/m²) е според методата ISO 9073 – 1. Мерењето на присуство на влага (%) при испораката е пропишано со стандардот ISO 287.

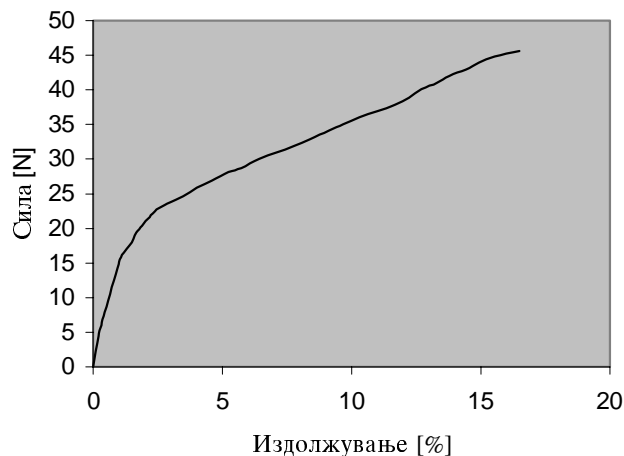
а) Механички карактеристики

Неткаените бубречки траки според механичките карактеристики мора да одговараат за примена во кабловското производство во смисла на хеликоидално омотување или подолжно поставување. Одредување на прекидната цврстина (N/cm) и прекидното издолжување (%), се врши според стандардот ISO 9073-3. Испитувањето се врши на примерок со димензии (10x200 mm), растојанието на челустите на кидалицата е 100 mm, а брзина на развлекување 100 mm/min. Резултатот се дава како средна вредност од 5 мерења.

Сликите 1 и 2 ја покажуваат кривата на зависност на силата (N) и издолжувањето (%) испитувани на примероци од неткаени бубречки траки тип GTI 123 и GTC 222.



Слика 1 Испитување на механички карактеристики на примероци тип GTI 123

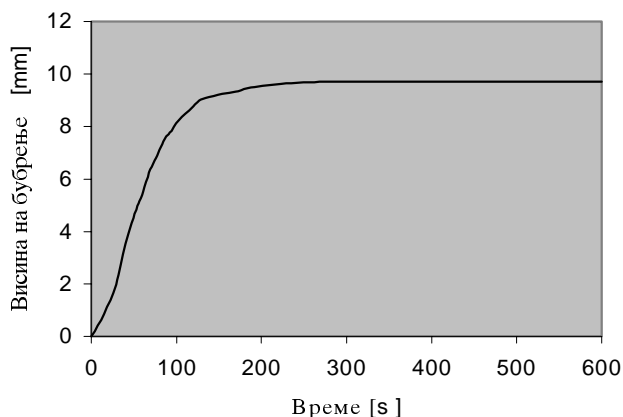


Слика 2 Испитување механички карактеристики на примероци тип TGC 222

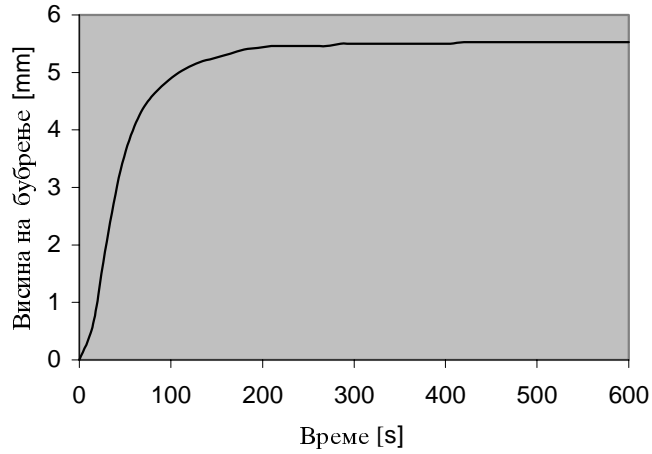
б) Бубречки карактеристики

За оценка на ефикасноста на водонепропустливите материјали важно е да се познаваат следните параметри: висина на бубрење, брзина на бубрење, однесување на бубречкиот материјал во услови на зголемен притисок и во различни услови на средината (вода со различен јонски состав, рН, зголемена температура и т.н.). Бубречките траки како елемент во конструкцијата на каблите, треба да обезбедат сигурна водонепорпустливост на што пократка должина, а да при тоа не ја загрозат улогата на останатите конструктивни елементи. Одредување на наведените параметри на бубрење се врши спрема испитната метода (инт. метода на НФК). Испитувањето се базира на континуирано пратење на промената на дебелината на траката потопена во вода во траење од 10 мин. примерокот е кружен исечок од траката со пречник 80 mm, кои се поставуваат во специјален испитен сад и се покрива со перфориран притискувач. Притисокот врз траката во текот на испитувањето е 100 Pa, а траката за време на испитувањето е потопена во вода (дестилирана, деминерализирана, или вода со др. квалитет). Важно е да се забележи вредноста на дебелината на траката после првата минута на испитување (брзина на бубрење [mm/1 min.]) како и после 10 мин. (висина на бубрење [mm/10 min.]).

Слика 3 и слика 4 ја покажуваат кривата на промена на висината на бубрење во текот на 10 мин, на примероци на траката тип GTI 123 и TGC 222 во дестилирана вода.



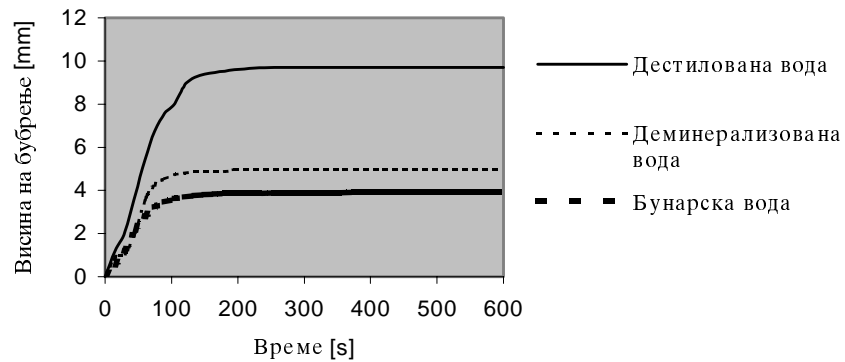
Слика 3 Испитување на бубречките карактеристики на примерок тип GTI 123



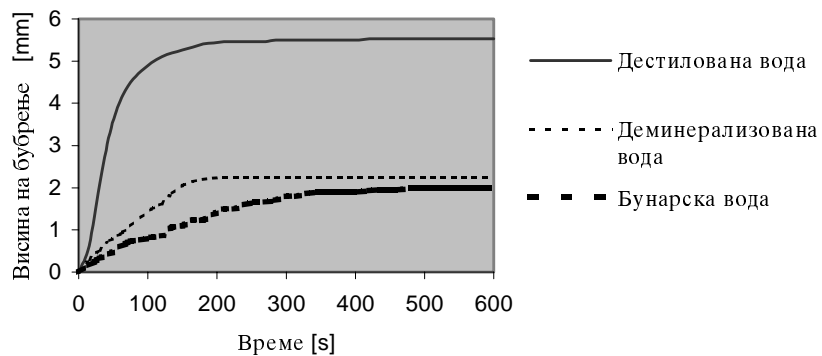
Слика 4 Испитување на бубречките карактеристики на примерок тип GTC 222

За наредните испитувања е користена дестилирана, деминерализирана и бунарска (сурова) вода, земена од изворот “Водовод” Н.С.

Споредбените криви на бубрење се прикажани на слика 5 и слика 6.



Слика 5 Испитување на бубрење во различни води на пр. GTI 123



Слика 6 Испитување на бубрење во различни води на примероци тип GTI 222

Како што е кажано напред важен параметар за оценка на квалитетот на бубречката трака е брзината на бубрење. Во табелите 1 и 2 се дадени вредностите на висината на бубрење после 1, 3 и 10 минути и се искажани во % од максимална висина на бубрење за одреден тип на траки во различни води.

Табела 1 Испитување на бубрење на трака GTI 123

.Врста на вода	Висина на бубрење					
	mm/1 min	%	mm/3 min	%	mm/10 min	%
Дестилирана	7.54	79	9.43	99	9.50	100
Деминерализирана	4.50	90	4.97	100	4.97	100
Бунарска	2.80	72	3.80	97	3.90	100

Табела 2 Испитување на бубрење на трака GTC 222

Врста на вода	Висина на бубрење					
	mm/1 min	%	mm/3 min	%	mm/10 min	%
Дестилирана	4.00	73	5.40	98	5.50	100
Деминерализирана	1.18	52	2.25	100	2.25	100
Бунарска	0.60	30	1.20	60	2.00	100

Со анализа на добиените вредности дадени во табелите 1 и 2, се констатира дека испитуваните траки имаат висок процент на бубрење веќе во првите минути на испитувањето (брзина на бубрење), што упатува на можноста за сигурна и брза водонепропустливост.

ц) Термички карактеристики

Благодарение на употребените материјали, бубречките траки се стабилни при зголемени температури. Проверка на оваа особина се базира на испитување на типичните особини (механички и бубречки) односно отстапување на вредностите после стареењето на зголемена температура во однос на вредностите пред стареењето.

За оваа намена се применуваат лабораториски методи на испитување со долготрајни термички стабилности (90°C: 7 дена) спрема стандардната метода ИЕС 216 и краткотрајни термички стабилности (230°C: 5 s) према интерната метода на НФК (анимира условите при краток спој).

Резултатите од испитувањата се дадени во табелите 3 и 4. Анализата на добиените вредности укажува на сигурноста на употребата на овие траки при зголемени температури (мах. работна температура на краток спој, бидејќи отстапувањата на вредностите на типичните особини се < 20% (барањето по методата е задржување на вредностите минимум 80% во однос на вредностите пред стареењето).

Табела 3 Испитување на термичка стабилност на трака GTI 123

Карактеристика	Единица мерка	Услови на испитување		
		20 оС	90 оС; 168 h	230 оС; 5 s
Прекидна цврстина	N/cm	34	36	36.8
Прекидна цврстина (одстапување)	%	□	+ 6	+ 8
Прекидно издолжување	%	13.5	14.2	14.4
Прекидно издолжување (одстапување)	%	□	+ 5	+ 7
Брзина на бубрење	mm/1 min	7.58	7.40	7.52
Брзина на бубрење (одстапување)	%	□	- 2	- 1
Висина на бубрење	mm/10 min	9.71	9.65	9.68
Висина на бубрење (одстапување)	%	□	- 1	0

Табела 4 Испитување на термичка стабилност на трака GTC 222

Карактеристика	Единица мерка	Услови на испитување		
		20 °С	90 °С; 168 h	230 °С; 5 s
Прекидна цврстина	N/cm	45.6	46.7	46.2
Прекидна цврстина (одстапување)	%	□	+ 2	+ 1
Прекидно издолжување	%	16.5	16.9	17.0
Прекидно издолжување (одстапување)	%	□	+ 2	+ 2
Брзина на бубрење	mm/1 min	4.0	3.8	3.9
Брзина на бубрење (одстапување)	%	□	- 5	- 3
Висина на бубрење	mm/10 min	5.5	5.4	5.2
Висина на бубрење (одстапување)	%	□	- 2	- 5

д) Електрични карактеристики

Во конструкцијата на среднапонските кабли се користат полупроводни бубречки траки како дел од електричниот екран (електрична заштита). Овие траки мораат да ги задоволат вредностите на електричниот отпор, а покрај тоа треба да имаат и бубречки својства.

Одредувањето на површинскиот и специфичниот волуменски отпор на полупроводните траки се врши во согласност со стандардот DIN 54345. Со оглед на тоа дека траките се испорачуваат во ролна со ширина 30, 40 или 50 mm и како такви се користат за омотување во производството; се развиени методи за лабораториско испитување на овие величини.

Површинскиот отпор (Ω) на траките се испитува со помош на уред со подвижни електроди (испитна метода НФК). Електродниот систем е монтиран на постоље и постои можност на подесување на растојанието помеѓу електродите (0-300) mm. Електродниот систем се состои од 2 пара поникловани бакарни електроди, со контактна површина од 20 mm² (производител НФК). Со поставување на траките помеѓу електродите и со приклучување на мерниот инструмент за мерење електрична отпорност се извршува мерење, и резултатот се дава како средна и мин.-мах. Вредност на мерењата на 6 примероци, при што се наведува користеното растојание помеѓу електроди.

Одредување на површинскиот отпор изразено со единица ($\Omega/$) се врши према интерна метода на НФК со помош на два пара поникловани електроди во облик на коцка ($a=25,4$ mm). Примероците за ова мерење се со димензија (3x25,4 mm) x 25,4 mm и се поставуваат помеѓу двата пара електроди во облик на коцка при што растојанието помеѓу парот електроди е еднакво на страната на коцката.

Се приклучува мерниот инструмент за мерење на електричниот отпор и се извршува мерење на 6 примероци. Резултатот се дава како аритметичка средна вредност и како интервал на вредност (мин-мак). Принципот на земање примероци за ова испитување може да даде податоци за константните вредности на електричниот отпор на полупроводната трака по должина.

Специфичната волуменска отпорност ($\Omega \cdot \text{cm}$) на полупроводната трака се врши во склад со стандардната метода DIN 54345 со користење на поникловани електроди (производител НФК). Во зависност од ширината на испорачатана трака се користат валчести електроди со различен пречник.

Долната мерна електрода е со пречник од 54 мм, а горните се различни ($d=10-30 \text{ mm}$). Со воспоставување на потенцијална разлика помеѓу долната и горните мерни електроди при што примерокот од траката се наоѓа помеѓу, со помош на мерниот инструмент се чита вредноста на електричниот отпор (Ω) и се пресметува специфичната волуменска отпорност. Резултатот се дава како геометриска средна вредност од 5 мерења и како интервал вредност (мин-мак).

Во табелата 5 се дадени резултати од мерењата на овие величини на примерокот од полупроводната трака GTC 222.

Табела 5 Испитување на електрични карактеристики на траки GTC 222

Карактеристика	Единица мерка	Метод на испитување		Резултати на мерење		
				Аритметичка средна вредност	Геометриска средна вредност	Интервал мин-мак
Површински отпор	Ω	Испитна метода НФК	$l=200\text{mm}$	1.95 103	□	(1.91-1.99) 103
			$l=100 \text{ mm}$	1.03 103	□	(1.01-1.04) 103
Површински отпор	$\Omega/$	Испитна метода НФК		1.15 103	□	(1.0-1.4) 103
Спец.волуменски отпор	$\Omega \cdot \text{cm}$	DIN 54345		□	3.3 105	(2.2-5.4) 105

3.2. Лабораториска метода и резултати од испитувањата на водонепропустливите кабли

Со цел за верификација на квалитетот на бубречките траки вградени во каблите во склад со наведеното барање (точка 3) е развиена метода за испитување во “Нов Кабел” Д.Д. Фабрика за енергетски кабли.

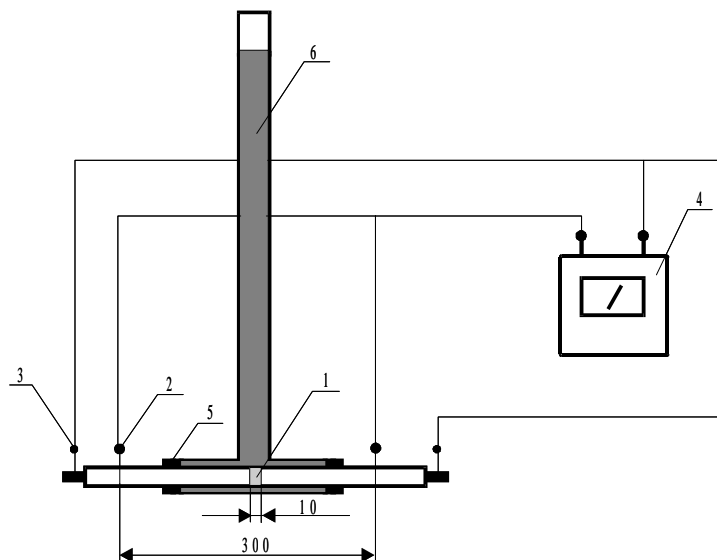
За испитување се користени примероци на среднонапонски кабли од редовното производство тип ХНЕ-49-А 1x150/25 12/20 kV JUS N.C5.230.

Како водонепропустливи елементи во конструкцијата на овие кабли се присутни траки со ознака GП 123 (изолациона бубречка трака) поставена испод плаштот: и GTC 222 (полупроводна бубречка трака) поставена испод електричната заштита (екран од бакарна жица и трака во контра спирала). Траки со ширина од 40 мм се омотани со преклоп од 20%.

Земајќи ги во обзир експлоатационите услови на овие кабли, местото и начинот на полагање, особините на земјата, оптеретувањето во услови на работа, квалитетот на подземните води и др. е развиена метода за лабораториски испитувања на водонепропустливост. Резултатите од ова мерење треба да укажат на ефикасноста на вградените бубречки траки односно нивната функција во случај на навлегување на вода во кабелот.

Референтната вода користена од испитувањето е подземна вода земена од еден извор (бунар) “Водовод” Нови Сад. Карактеристиките на оваа вода се: рН=7,58; електрична проводливост 393,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$; со висока содржина на железо 2,55 mg/l; манган 0,4 mg/l и со негативен бактериолошки наод.

Методата за испитување на водонепропустливоста се базира на пратењето на должината на навлегувањето на водата (притисок од 0,08 bar) низ кабелот на испитна температура (шематски приказ слика 7).



- 1-Прстенест исечок
- 2-Електрода на бубречка трака
- 3-Електрода на ел.екран
- 4-Инструмент за индикација на вода
- 5-Заптивка
- 6-Вода

Слика 7.Шематски приказ на апаратура за испитување водонепропустливост

Примерокот за испитување е со должина од 500 mm на кој на средината му е направено оштетување во форма на прстенест исечок, кој ги содржи сите слоеви до првиот полупроводен слој. Примерокот се поставува во пократкиот дел од цевката во облик на буквата Т, при што оштетувањето е во средината. Во подолгиот дел на цевката се става вода во висина од 800 mm. На 150 mm лево и дено од отворот на примерокот (место на оштетување) се поставуваат електроди кои се во контакт со изолационата бубречка трака и се поврзуваат со инструментот за индикација на влажноста. Другата електрода е врска преку електрична заштита (екранот).

Испитувањето е извршено на собна температура (20 ± 2) $^{\circ}\text{C}$ на мах.работна температура на кабелот (90°C) и на одбрана температура (50°C). За секое испитување се користени по 10 примероци.

Резултатите од испитувањето се дадени во табела 6 изразени како средна вредност на мерењето на должината на навлегувањето на водата лево и десно од местото на оштетувањето.

Табела 6 Резултати од испитување на водонепропустливост на тип
ХНЕ-49-А 1x150/25 12/20kV

Температура на испитување [°C]	Траење на испитување	Навлегување на вода [cm]	
		Лево од отворот	Десно од отворот
20	1 min	> 15	> 15
	72 h	17.5	18.5
	400 h	23	25
90	24 h - греење 24 h - ладење	11	11
	3x24 h - греење 1x24 h - ладење	7.5	8.5
50	24 h - греење 24 h - ладење	10	15

Заклучок: Употребата на неткаени бубречки траки во кабловската индустрија е оправдана. Испитувањата на траките покажуваат на големата ефикасност во поглед на бубречки особини (вредности на брзина на бубрење) и задоволителни резултати на останатите испитувани карактеристики.

Испитувањата на готов кабел недвосмислено покажуваат дека со вградувањето на траки со одреден квалитет во потполност се задовлува барањето за непропустливост на мах.должина до 30 см во експлоатациони услови.

ЛИТЕРАТУРА:

- 1.Jozef Onderko, Vuki, Bratislava ^ehoslova~ka; Life Expectansy of MV Cables, , 9.DANI DPG, Zagreb 1990.
- 2.Miroljub Jefti }, Fabrika kablova Zaje~ar; Elektri~ne i vodene gran~ice u srednjenaponskoj kablovskoj izolaciji od punjenog i nepunjenog umre`enog polietilena 9.DANI DPG, Zagreb 1990.,
- 3.J.Th.L. Van der HIDDE,Lantor, Venedaal, Holandija;Pobolj{anje trajnosti energetskih kabela pomo}u vodonepropusnih traka, 9.DANI DPG, Zagreb 1990.
- 4.DIN VDE 0276-605 HD 605S1/oktobar 1995.(ta~ka 2.4.9.Podu`na vodozaptivnost)

МАКЕДОНСКИ КОМИТЕТ ЗА ГОЛЕМИ ЕЛЕКТРИЧНИ СИСТЕМИ - СИГРЕ
С К О П Ј Е

ВТОРО СОВЕТУВАЊЕ НА МАКО СИГРЕ

Илија Петрески - инж. технолог, АД Ф.К. НЕГОТИНО - Неготино
Милан Тодоровиќ - дип. инж. технолог, ХОЛДИНГ- КАБЛОВИ-Јагодина

БЕЗХАЛОГЕНИ МАТЕРИЈАЛИ ОТПОРНИ НА ГОРЕЊЕ ВО КОНСТРУКЦИИТЕ НА ЕНЕРГЕТСКИТЕ КАБЛИ

СОДРЖИНА

Рефератот го нагласува значењето на безхалогените материјали отпорни на горење во производството на HFFR (Halogen Free Flame Retardant) енергетски кабли и проводници чија примена е во постојан пораст.

Рефератот дава некои стандардни барања за квалитетот и методите на испитување на HFFR материјалите примената како и ознаките на типовите на HFFR кабли.

Рефератот го дава можниот избор на материјалите и адитивите за оваа примена како и рецептурите на термопластичните и смешите кои умрежуваат и нивните карактеристики.

SUMMARY

In this some present achievements and possibilities for significant roles of HFFR materials in the Cable industry are explained.

Standards requirements for quality of those materials and some constructions of Cables are presented.

Some choices of HFFR Materials and Additives, Recipes and Properties of those Compounds are also presented.

КЛУЧНИ ЗБОРОВИ: HFFR, материјали,горење.

1. ВОВЕД

Постојаниот развој на цивилизацијата, новите технологии и воведувањето на современите автоматизирани информациона системи, доведоа до поголема потрошувачка на електрична енергија, а со тоа и до поголема употреба на кабли.

Сите објекти и постројки се преполни со кабли и проводници, што секако доведува до зголемен ризик за настанување на пожари.

Каблите и проводниците можат често да бидат причинители за пожарите, дури и нивните изолациони и плаштевски материјали кога не горат, можат сепак да бидат преносители на оган и причинители за ширење на пожарот.

За времетраењето на пожарот се развива густ чад и се ослободуваат отровни и нагрзувачки (корозивни) гасови, најчесто халогеноводороди кои се пак причинители за масовно труење и гушење и оштетување на опремата и објектите. Прекилот со напојување на електрична енергија заради испаѓањето на каблите од функција како последица на пожарот повеќекратно ја зголемуваат негативната последица од пожарот.

Развојот на новите материјали и современите технологии донесоа нова генерација на проводници и кабли отпорни на пожар кои во голема мера ги смалуваат последиците од пожарот. Овие материјали во себе не содржат халогени елементи (F, Cl, Br, J), па е намалена густината на чамот и отровноста на гасовитите продукти од горењето, што овозможува поефикасна борба против пожарот со што и помалку човечки и материјални загуби.

Новите материјали се самогасиви кога се елиминира изворот на пламен, односно каблите не се причинители за појава и ширење на пожарот.

Каблите отпорни на горење обезбедуваат издржливост на кабелот до 3 часа од моментот кога се зафатени со пожарот, односно обезбедуваат снабдување со електрична енергија додека трае пожарот, што овозможува поефикасна борба за локализирање и гасење и ја смалува паниката и нејзиниот ефект кај луѓето.

Конструкциите на овие кабли и проводници се со потполно нови материјали кои ги задоволуваат HFFR барањата. Проводникот е исклучиво од бакар заради високите температури кои се јавуваат во услови на пожар (t.t. Cu 1080 °C, t.t. Al 660°C). За некои конструкции на специјални проводници за работни температури поголеми од 250°C како проводник се користи бакар обложен со никел.

За да се обезбеди изолациска и електрична функција на кабелот во услови на пожар за период од 3 часа од почетокот на пожарот (FE 180), често преку бакарниот проводник како примарна изолација се користат минерални изолации кои се постојани до 1200°C и останатите заштити на кабелот - изолацијата, полимерните екрани, сепараторите, исполнувачите, внатрешните и надворешните плаштови, сите се од HFFR материјали, кои можат да се сретнат во комбинирани конструкции со изолација од обичен HF материјал и сепаратор, исполнување и плашт од HFFR материјал.

2. СТАНДАРДНИ ТИПОВИ НА HFFR КАБЛИ И БАРАЊА ЗА HFFR МАТЕРИЈАЛИ

HFFR каблите се појавиле пред десетина години. Мал е бројот и тоа само во високо развиените земји кои ги вовеле овие типови на кабли и барањата за квалитет на HFFR материјалите во своите национални стандарди.

Наведуваме неколку типови на кабли и проводници кои се стандардизирани со HFFR материјалите:

- NHXNX FE; NHXCHX FE; NHXH FE i NHXCH FE, сите според стандардот DIN VDE 0266.

- JH(St)H FE, според стандардот DIN VDE 0815.

- MGT UNISTRIP - 4503 C (450⁰C, 300 V) според стандардот UL 5334 / CSA AWM CLASS I група A / B.

- MGT UNISTRIP - 4506 C (450⁰C, 600 V) според стандардот UL 5335 / CSA AWM CLASS I група A / B.

За каблите и проводниците NHXH FE 180 стандардот бара примена на HFFR изолација од типот HI-1, према VDE 0207, дел 23 и VDE 0207, дел 24, полимер кој се умрежува.

Проводниците од типот MGT 4503 C и 4506 C се со пониклувани бакарни проводници, затоа што работните температури се 450⁰C. Овие проводници се со неорганска минерална изолација од лискунирани ленти и со оплет од стаклени нишки.

Кај некои конструкции на кабли се бара примена на HFFR материјали само во плаштовите каде напонското ниво е поголемо од 1 KV, а посебно кога е поголемо од 10 KV, тешко се обезбедува квалитетен HFFR материјал за изолација.

Спецификацијата за 21 KV кабел за тунелот под каналот Ла Манш со ознака LSF предвидува употреба на класичен HF - XLPE (полиетилен за умрежување) или EPR (етиленпропиленска гума) за изолација, а за плашт HFFR материјал отпорен на горење и отпорен уште на масти и масла, вода и абразија.

Покрај останатите барања, овој тип на кабел односно плаштот морал да ги задоволи следните барања:

- Ацидитет или отровност на гасовите (BS 6724; BS 6425; IEC 754-1)	≤ 0,5%
- Емисија на чад (BS 6724, додаток F)	задоволува
- Температурен индекс на кислород* (LUL SE 569)	≥ 260 ⁰ C
- Кислороден индекс (BS 2782)	≥ 30
- Отпорност на горење (IEC 332, дел 3)	Категорија А
- Нагризувачки (корозија) гасови на согорување (VDE 0472)	pH > 4,0

* Температурниот индекс на кислород е температурата на која материјалот гори во мешавина на кислородот од воздухот (21% O₂).

Во табела 1 се наведени барањата за квалитетот на HFFR материјалите од VDE 0207 деловите 23 и 24 / 1986. Новиот VDE ги зголемил бројот и типовите на HFFR материјали.

Табела 1: Дел од стандардот VDE 0207, дел 23 и 24

Тип на HFFR мешавина	HI - 1	HI - 2	HM- 1	HM- 2	Метода на испитување
Карактеристика					
Работна температура , °C	70	70	70	70	
1. Механички карактеристики					
1.1. Пред стареење					VDE 0472
1.1.1. Прекидна цврстина, мин. N/mm ²	5.0	5.0	6.5	6.5	дел 602
1.1.2. Прекидно издолжување , min. , %	125	125	125	125	
1.2. После стареење во сушница					
- Температура , °C	135	90	100	100	VDE 0472
- Време на стареење , денови	7	14	7	7	дел 303
1.2.1. Прекидна цврстина, min. N/mm ²	5.0	5.0	6.5	6.5	
Промена , max, %	-30	-30	-30	-30	VDE 0472
1.2.2. Прекидно издолжување , min. , %	100	100	100	100	дел 602
Промена , max, %	±30	±30	±40	±40	
2. Термички карактеристики					
2.1. Термичко издолжување					
- Температура , °C	200	-	20	-	VDE 0472
- Времетраење , min	15	-	15	-	Дел 615
- Оптеретување , N/mm ²	20	-	20	-	
2.1.1. Издолжување под оптоварување, max,%	175	-	175	-	
2.1.2. Издолжување после растоварување, max, %	25	-	25	-	
2.2. Термопластичност					
- Температура , °C		80		80	VDE 0472
- Деформација , max, %		50		50	Дел 609
2.3. Собирање					
- Температура , °C		100		-	VDE 0472
- Времетраење, h		1		-	Дел 628
- Собирање, max, %		4		-	
3. Нагризување на гасовите при согорување	750-800	750-800	750-800	750-800	
- Времетраење, h	0.5	0.5	0.5	0.5	VDE 0472
- pH	>3.5	>3.5	>3.5	>3.5	Дел 313
- Проводливост , max, µS/cm	100	100	100	100	
4. Електрични особини елек. Отпор					
4.1. Специфичен волуменски					
- Температура , °C	70	20 70	20	20	VDE 0472
- Елек. Отпор, Ω cm, min	10 ¹⁰	10 ¹²	10 ⁹	10 ⁹	Дел 502
4.2. Површински отпор , Ω , min		10 ¹⁰	10 ⁹	10 ⁹	Дел 503-B

3. ИЗБОР НА МАТЕРИЈАЛ ЗА HFFR КАБЛИ И ПРОВОДНИЦИ

Познато е дека за класичните огноотпорни кабли за надворешниот плашт се користат материјали кои содржат халогени елементи во самиот полимер (PVC, CR,

CSM, FEP) и во самите адитиви како што се хлорираните парафини. Со тие полимери и адитиви лесно се постигнува огноотпорноста со лесна преработка и доработка на екструдираниот плашт.

Заради отровноста и корозивноста на халогеноводородите кои настануваат како продукти на горењето на плаштите - каблите при пожар (нема апсолутна огноотпорност ни кај минералните, а посебно ни кај полимерните органски материјали) дошло до развој на нови HFFR - безхалогени материјали.

3.1. Минерални материјали

Најдобри материјали во поглед на огноотпорноста се секако минералните материјали како што се лискунските ленти, стаклените ленти, нишки - оплет и кордели, затоа што се неоргански материјали.

Лискулот е калијум-алумино-силикатен минерал со формула $H_2KAl_3Si_3O_{12}$ со линеарна структура, па во природата може да се најде во вид на големи листови.

Во електро и кабловската индустрија се користат два типа на минерали - MUSKOVIT и FLOGOLIT. Имаат слична кристална структура, но се разликуваат во хемиската градба. Мусковитот со загревање над $550^{\circ}C$ издвојува мала количина на кристална вода која ја има во својата структура, додека пак флоголитот го прави истото, но на температура поголема од $700^{\circ}C$.

За механичко појачување на лискунските ленти со кои се обвиткуваат проводниците се користат и високо квалитетни силиконски еластомери како атхезиви. На тој начин овие минерални траки стануваат соодветни за употреба, флексибилни се, не се лепливи и не прашат (лискулот еколошки како прашина не е пожелен).

Лискунските траки се многу добри диелектрици што може да се види од табела 2.

Табела 2: Карактеристики на лискулот

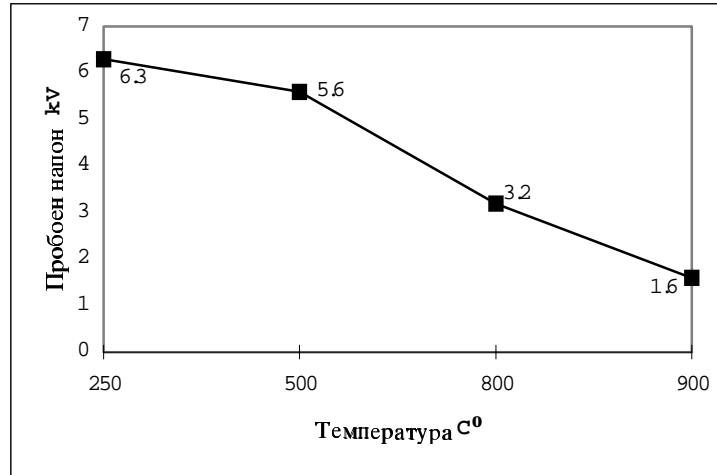
	Muskovit	Flogolit
- Запреминска маса, g/cm^3	2,6-3,1	2,6-3,2
- Точка на топење, $^{\circ}C$	1200-1300	1200-1300
- Почеток на калцинација, $^{\circ}C$ (губиток на кристална вода)	550-650	750-900
- Топлотна проводливост, W/Km	0,3-0,8	0,4
- Диелектрична цврстина, KV/mm	150-230	100-170
- Спец.запр.ел.отпор, $\Omega \cdot cm$		
1) Na $23^{\circ}C$	$10^{16}-10^{17}$	10^{14}
2) Na $50^{\circ}C$	10^8-10^{10}	10^{10}
- $tg \delta$	10^{-4}	10^{-3}

Бакарниот проводник со пречник 0,8 mm изолиран со еден слој на лискунски траки со дебелина 0,12 mm и преклоп од 50%, издржува испитен напон од 1000 V во време од 3 часа на $1000^{\circ}C$ со распрскување на солена вода по неговата површина (се

симулираат условите на пожар каде имаме присуство на кисели гасови од халогеноводородите и вода од противпожарните екипи).

Промената на диелектричната цврстина на минералните траки односно изолациите во зависност од температура, може да се видат на Слика 1.

Мерен е пробојниот напон помеѓу два проводника (Cu - јаже 7x0,5 mm, изолација - 1 слој од лискунска лента 0,11 mm со 50% преклоп).



Сл.1 Пробоен напон на изолацијата од лискун во зависност од температурата

3.2. Полимерни HFFR материјали

За оваа примена се развиени специјални олефински хомо и кополимерни материјали. Како што е познато олефинските полимери сами по себе не се огноотпорни материјали, но се одлични диелектрици.

За да станат огноотпорни, на овие добри диелектрици им се додава различни типови и количини од специјални додатоци. Такви се: антимонотриоксид - Sb_2O_3 ; Zn-борат ($2 ZnO \cdot 2B_2O_3 \cdot 3H_2O$) кои се додаваат во количина од 5 - 10% во однос на основниот полимер. Се покажало дека таквото додавање не го обезбедува потребното ниво на огноотпорност, затоа што учеството на тие материјали е недоволно за да ја покрие слабата огноотпорност на полимерот.

Еден од најефикасните безхалогени адитиви кои се додаваат на полимерите и ја подобруваат огноотпорноста е алуминиум хидроксидот, кој на температура поголема од $200^{\circ}C$ се разложува по следната шема:



Реакцијата е ендотермна, па така се врзува енергијата од пожарот, се смалува температурата, нема чад и отровни гасови. Тоа истото го прави ослободената вода односно водената пара, го смалува присуството на кислородот во непосредната околина на кабелот, а со тоа ја зголемува самогасивоста на кабелот.

Основна слабост на алуминиум хидроксидот - $\text{Al}(\text{OH})_3$ е тоа што неговата температура на распад е доста ниска, па неговиот ефект е уште во раната фаза на пожарот. Огноотпорноста на полимерните мешавини зависи од количината - делот на алуминиум хидроксидот - $\text{Al}(\text{OH})_3$ кој учествува во неа. Во табела 3 е прикажано влијанието на деловите на алуминиум хидроксидот на огноотпорноста на смешата, на пример од EVA (етилен винил ацетат) HFFR мешавина.

Табела 3: Влијанието на деловите на алуминиум хидроксидот на огноотпорноста на EVA - HFFR мешавина

Компонента	Т е ж и н а / гр /			
EVA (Levapren 450)	100	100	100	100
Zn - borat	10	10	10	10
$\text{Al}(\text{OH})_3$ (Алуминиум хидрокс)	170	160	180	200
Mooney вискозитет , ML 1+4 (100°C)	34	56	61	76
Кислороден индекс , % (LOI) , ASTM D 2863)	31	37	39	42

Нешто подобар ефект во поглед на огноотпорноста во однос на алуминиум хидроксидот дава магнезиум хидроксидот- $\text{Mg}(\text{OH})_2$ затоа што се разложува, односно ослободува вода на 340°C. Слично дејство има и магнезиум карбонатот MgCO_3 , кој на високи температури се разложува на магнезиум оксид и јаглероден диоксид кој го смалува учеството на кислородот во зоната на горење на кабелот.

За да се постигне задоволителна огноотпорност, учеството на алуминиум хидроксидот- $\text{Al}(\text{OH})_3$, магнезиум хидроксидот - $\text{Mg}(\text{OH})_2$ или магнезиум карбонатот е знатно зголемен, односно овие адитиви имаат функција на полнителни заради тоа што учествуваат со повеќе од 200 phr (200 делови на 100 делови полимер). Големото учеството на овие адитиви ги намалува диелектричните својства на основниот полимер и ја отежнува преработката, па затоа треба да се најде оптимално учество на овие адитиви.

Во тие мешавини каде имаме зголемено учество на алуминиум хидроксид- $\text{Al}(\text{OH})_3$ постои потреба од додавање на омекнувач. За таа намена се додаваат омекнувачи кои ја имаат особината на огноотпорност. Во сегашно време заради наведените недостатоци на алуминиум хидроксидот, во употреба влегуваат и некои други адитиви, како што се амониум полифосфат кој обезбедува добра огноотпорност со пониско учество во мешавината (до 30%).

Механизмот на заштита од горењето на амониум полифосфатот се состои во тоа што, во присуство на пламен создава по површината на материјалот жилава пенаста структура - скрама, која го спречува пенетрирањето на кислородот, а уште се обезбедува и самогасење и смалување на количеството на чад и отровните гасови.

Додатниот ефект на скрама по површината на кабелот е исто така спречување на полимерниот материјал кој е обвиткан со пламен, да капи, а со тоа да ствара нови жаришта на пожар.

За изработка на мешавини за умрежување како HFFR изолации, најголема примена има EPR - еластомерот, а за плаштирање EVA - кополимер еластомер.

Во светот постојат многу произведувачи на минерални материјали и полимерни компаунди за HFFR примена, за минерални ленти, тоа се: ISOVOLTA, VOWROLL ISOLA, ELINAR и др. За полимерни компаунди: PADANAPLAST, ALPHA, GARY, EXXON, PIRELLI и др.

3.3. Поделба на материјалите по степенот на горење

Во зависност од Индексот на кислородот (LOI), материјалите се поделени во следните групи:

- Лесно гориви - $LOI \leq 21$ (LDPE; EVAC; XLPE)
- Гориви материјали - $LOI \leq 21$ (посебни PE; XLPE)
- Средно гориви - $LOI = 27$ (специјални PVC; EVA; EPDM)
- Тешко гориви - $LOI \geq 28 - 35$

3.4. Рецепттури на HFFR мешавини и нивни особини

Во табела 4 се дадени некои од можните варијанти на HFFR мешавини како и нивните карактеристики:

Табела 4: Рецепттури на HFFR мешавини и нивни карактеристики

Компоненти	Н1 - 1	НМ - 1*	НМ - 1	НМ - 1	НМ - 1	НМ - 1	Полнител
EPR - каучук	70	50	-	50	50	30	60
EVA,50%(Винил ацетат)	-	50	100	50	50	20	-
LD Polietilen	30	-	-	-	-	50	40
Rhenogran P 50	-	-	3	-	-	-	-
Антиоксидант	0,4	0,15	1	0,15	0,2	0,2	-
ZnO	5	5	-	5	-	-	-
Zn - борат	-	-	10	10	5	5	-
Zn - стеарат	-	-	1	-	7	5	-
Al (OH)3	200	175	170	180	150	150	200
MgCO3	-	-	20	-	5	5	-
Кумаронска смола	-	-	-	-	-	-	20
Винил силан	2	1,5	2	1,5	-	-	-
Парафинско масло	-	-	6	10	-	-	-
Стеарин	-	2	-	-	-	-	2
Сартомер 350	2	4,5	-	4,5	-	-	-
TAC	-	-	0,5	-	-	-	-
Perkadox BC 40	7,5	-	6	2	-	-	-
LOI, %	29	29	40,5	30	33	30	30
Прекид.цврстина,N/mm ²	9,2	10,8	10,6	10,4	8,3	9,1	4,9
Прекид.издолжување, %	200	148	220	200	230	190	235
Специф. волумен. елек. отпор / $\Omega\text{cm}/$	$2,9 \times 10^{14}$	-	-	$7,3 \times 10^{11}$	$1,5 \times 10^{14}$	-	-

4. ЗАКЛУЧОК:

ХФФР каблите и проводниците во иднина ќе имаат доста голема примена, заради карактеристиките кои ги поседуваат во однос на отпорноста на горење и самогасивоста. Се поголемата употреба на каблите и проводниците отпорни на горење или со смалено горење, бара усвојување на нови типови на гумени мешавини, полимери и минерални материјали. Покрај сите, во областа за оваа примена се користи Етилен-Прополенскиот каучук -(EPDM) и Етилен-Винил ацетат (EVA) како

полимер за изработка на изолации и плаштеви со доста добра сигурност во задоволувањето на критериумите за намалено горење, иако изолацијата вообичаено е “стандардна” и не е отпорна на горење, додека плаштот во потполност ги задоволува критериумите за отпорност на горење, (што не значи дека и изолацијата не може да се направи како плаштот).

Како основен додаток во ваквите мешавини (модифицирани полимери), се користи Алуминиум хидроксид во големи количини со што е отежната преработливоста (може и таа да се подобри), се намалуваат и електро механичките карактеристики, но не во толкава мера да не можат да ги исполнат барањата на поедините стандарди, па така може да се добие специјален материјал кој ќе биде искористен за пренос на електрична енергија а воедно и како заштита на луѓето и материјалните добра. Фреквенцијата на луѓето во згради, болници, банки, пошти, бродови, авиони, подземни железници е секојдневно голема, а условите ја бараат таа особина на каблите и проводниците да бидат отпорни на горење.

Во САД и Западна Европа употребата на Алуминиум хидроксидот во иработката на самогасиви кабли и отпорни на горење е во постојан пораст и тоа за цели 250% (САД - 151000 тони , а Западна Европа 93.500 тони Алуминиум хидроксид).

Меѓутоа секојдневно се појавуваат се нови и нови кабли кои мора да одговорат и на многу построги критериуми во однос на отпорноста на горење. Секако треба да се кажи дека за ваквите типови на кабли е потребна една целина со единствени критериуми за горењето на каблите, а тоа во голем дел ќе му ја олесни работата на конструкторите и производителите на кабли, како и во делот на нивните испитување.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] PLASTICS AND POLIMERS (katalog) , april 1975;
- [2] TECHNOLOGIA ELEKTRIKA, 10/80;
- [3] NON-HALOGENATED, FLAME RETARDANT COMPOUNDS BASED ON DUTRAL ELASTOMERS FOR ELECTRICAL CABLES, 1990,RESEARCH CENTER FERRARA; PROSPEKTEN MATERIJAL NA FIRMATA , ENICHEM, FERRARA;
- [4] J. TROITZSCH : INTERNATIONAL PLASTICS FLAMMABILITY HANDBOOK, CARL HANSER, MÜNCHEN, 1983;
- [5] EINSATZ VON MARTINAL ALS FLAMMHEMMENDEN FULLSTOFF IN DER KABEL MARTINSWERK GmbH ;
- [6] Проспектен материјал на компаниите: - АПИРАЛ -Б2 - БАУЕР- ГЕРМАНИЈА; - HULS - ГЕРМАНИЈА; - UNIFOS - ШВЕДСКА.

Милан Тодоровиќ - дип. инж. технолог, ХОЛДИНГ - КАБЛОВИ - Јагодина
Илија Петрески - инж. технолог , АД Ф.К. НЕГОТИНО - Неготино

ПРИМЕНА НА ЕПР ЕЛАСТОМЕРИТЕ ВО ОБЛОЖУВАЊЕТО (ПЛАШТИРАЊЕТО) НА ФЛЕКСИБИЛНИТЕ ЕНЕРГЕТСКИ КАБЛИ

СОДРЖИНА

Овој реферат ги разработува стандардите и типовите на енергетски флексибилни кабли каде се бара : плашчевите да бидат изработени од ЕРР еластомери. Означувањето на овие плашчеви е дадено по стандарди кои најчесто се користат при производството на кабли, како и барањата кои произлегуваат од овие стандарди. Со рефератот се дадени и препораките за рецептурите од кои се изработуваат ЕРР мешавините, а се користат за вградување во плашчевите на каблите. Исто така се дадени и некои искуства при производството на ЕРР мешавините, а се вградени во каблите.

SUMMARY

This article deals with standardisation of flexible power cables with EPR rubber insulation. The coding of such cables is according to standards , and also the properties of those cables must be according to the standards.

We gave also the recipes for EPR rubber composition , some experiences of production of such cables .

КЛУЧНИ ЗБОРОВИ: ЕРР,еластомери,плашт.

1. ВОВЕД

Примената на ЕРР еластомерите во производството на флексибилните енергетски кабли и другите енергетски кабли и проводници е доста добро познато. Овој еластомер воглавно се користел во производството на изолации на енергетските кабли со напон од 220 V, па се до 63 KV, и работна температура од 90°C. Новите барања за повисоки напонски нивоа (и до 245KV), и работни температури до 105°C, доведоа до развој на нови рецептури од ЕРР еластомерите.

Исто така EPR еластомерите се применуваат за производство на EPR мешавини, од кои се произведуваат полупроводни обвивки, кои се користат во среднонапонските и високонапонските кабли.

EPR еластомерот во голема количина се користи во производството на гумени мешавини за исполнување на повеќе жилните енергетски кабли кои се изработени од PVC, PE и XLPE. Еластомерот EPR има својство да прима голема количина на полнило (креда), а учеството на EPR еластомерот е мало (околу 10%), па во тој случај се добиваат и поевтини смеси.

Примената на EPR еластомерот за плаштирање на флексибилните енергетски кабли датира од неодамна, затоа што порано се користел само како внатрешен плашт, а денаска како надворешен плашт.

2. ОСНОВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА EPR ЕЛАСТОМЕРИТЕ

Иако карактеристиките на EPR еластомерите се познати ќе споменеме некои од нив :

- Одлични диелектрични карактеристики ;
- Максимална отпорност на озон и парцијални празнења ;
- Отпорност на впивање на вода ;
- Добра отпорност на високи температури (работна температура 90°C, па до 105°C) ;
- Одлична отпорност на атмосферско стареење (светло, сонце, снег, мраз и др);
- Отпорност на ниски температури (-55°C) ;
- Одлична отпорност на радиација ;
- Одлична отпорност на поларни растворувачи (киселини, бази и др.) ;
- Одлична преработливост ;
- Во зависност од типот на еластомерот вулканизацијата може да биде со: сулфур, пероксид или со радијација.

Сите ови карактеристики доволно кажуваат за користењето на EPR еластомерите за изработка на изолации и плаштови во кабелската индустрија.

3. СТАНДАРДИ и ТИПОВИ НА КАБЛИ СО EPR ПЛАШТОВИ

Изработката на EPR плаштовите како составен дел на еден кабел, е застапен во многу светски стандарди. Во табела I, се дадени некои од стандардите како и типовите на поедини кабли опфатени со тие стандарди.

Табела 1: Типови на кабли со заштитни EPR облоги спрема различни стандарди

Ред. број	Стандард	Тип на кабел	Внатрешен плашт	Надворешен плашт
1	JUS			
1.1	N.C5.353	EpN 53 i EpN 55	GP5*	
1.2	JUS N.C5.358	EpN 58		
2	VDE			
2.1	0282-4 (HD 22.4.S3) (IEC 245-4)	H05RR-F	-	EM3**

Продолжение на Табела 1:

Ред. број	Стандард	Тип на кабел	Внатрешен плашт	Надворешен плашт
2.2	0282, deo 810 (HD 22.4.S2)	H07RN-F	EM3**	
2.3	0282, deo 817 (HD 22.4.S2)	H05RN-F	-	EM3**
2.4	0250, deo 812	NSSH ou	GM1b***	-
2.5	0250, deo 813	NTS...Wou	GM1b	
2.6	0250, deo 814	NSHTou	GM1b	

* JUS N.CO.190 ; ** VDE 0207 , del 21;

*** ознаки од стариот VDE 0207 i одговара на GP5 од JUS N.CO.190

4. ПОДАТОЦИ ЗА КВАЛИТЕТ-НА СТАНДАРДИТЕ КОИ EPR ПЛАШТОВИТЕ ТРЕБА ДА ГИ ИСПОЛНУВААТ

Во табела II се дадени барањата на EPR плаштите кои трба да ги исполнуваат по одредени стандарди:

Табела II: Барања за квалитетот на EPP плаштите :

Ред. број	КАРАКТЕРИСТИКИ	JUS GP5	VDE EM3	VDE 3GM1	VDE 3GM2	BSI RS5
1	Еластомер	EPR	EPR	EPR	EPR	EPR
2.	Работна температура	90	60	60	90	90
3.	Механички карактеристики					
3.1	После стареење					
3.1.1	Прекидна цврстина, (N/mm ²), min	4.2	7.0	7.0	10.0	6.0
3.1.2	Прекидно издолжување(%), min	200	250	250	300	200
3.2	После стареење во сушница					
	Температура на, стареење (°C)	100	80	100	135	135
	Време на стареењето ,(дена)	7	10	7	7	7
3.2.1	Прекидна цврстина (N/mm ²), min					
	Промена (%), max	-	±30	±30	±30	±30
3.2.2	Прекидно издолжување(%), min					
	Промена (%), max	-25	±30	±30	±30	±30
3.3	После стареење во возд. бомба					
	Температура на стареење (°C)	-	-	127	127	-
	Време на стареење (дена)	-	-	40	40	-
	Притисок, (bari)	-	-	5.5	5.5	-
	Прекидна цврстина(N/mm ²), min					
	Промена (%), max	-	-	±30	±30	-
	Прекидно издолжување(%), min					
	Промена (%), max	-	-	±30	±30	-
4.	Термички карактеристики					
4.1	Термичко издолжување					
	Испитна температура (°C)	200	200	200	200	200
	Време на испитување (min)	15	15	15	15	15
	Оптоварување, (N/cm ²)	20	20	20	20	20

Продолжение на Табела II:

Ред. број	КАРАКТЕРИСТИКИ	JUS GP5	VDE EM3	VDE 3GM1	VDE 3GM2	BSI RS5
4.1.1	Издолжување под оптоварување, (%) , max	175	100	175	175	175
4.1.2	Издолжув. после растоварување (%) , max	25	25	25	25	25
5	Отпорност на надворешни влијанија					
5.1	Постојаност на озон (1)					
	Испитна температура, (°C)	-	25	25	-	-
	Време на испитувањето, (h)	-	72	72	-	-
	Концентрација на озон (ppm)	-	250-300	250-300	-	-
5.1.1	Без пукнатини на плаштот	-	+	+	-	-
5.2	Постојаност на озон (2)	-				
	Температура на испитување (°C)	-	40	40	-	-
	Време на испитувањето, (h)	-	72	72	-	-
	Концентрација на озон , (ppm)	-	200-500	200-500	-	-
5.2.1	Без пукнатини на плаштот	-	+	+	-	-
5.3	Содржина на саѓи (UV стабилизација) (%) , min	-	2	2	-	-
5.4	Отпорност на стареење во вода					
	Температура на водата (°C)	-	-	-	90	-
	Време на испитувањето (денови)	-	-	-	14	-
5.4.1	Прекидна цврстина (N/mm ²) , min	-	-	-	10	-
	Промена (%) , max	-	-	-	±30	-
5.4.2	Прекидно издолжување, (%) , min	-	-	-	300	-
	Промена, (%) , max	-	-	-	±30	-
6	Диелектрични особини					
6.1	Површински електричен отпор на 20°C, (Ω), min	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁹	-
6.2	Специфичен запремин. електри. отпор после стареење во вода 14 дена на 90°C, (Ω.cm), min	-	-	-	10 ¹⁰	-

* JUS N.C0.190 (Барање за GP5 содржи и VDE 0207 , teil 21 за tip GM1b)

** VDE 0207 , дел 21

*** BSI 6899

5. РЕЦЕПТУРИ КОИ СЕ ПРЕПОРАЧУВААТ ЗА ПЛАШТ НА КАБЛИТЕ СО EPR ЕЛАСТОМЕРИ

Многу светски производители на EPR еластомери даваат препорака за примена на EPR еластомери со кои се врши и плаштирањето на каблите, како енергетски така и флексибилни проводници. Некои од тие препораки се дадени во табела III. :

Табела III: Препорака на рецептури за плашт на енергетски флексибилни кабли :

Red broj	Komponenti	1 EM3	2 3GM1	3 3GM2	4 GP5	5 RS5	6 3GM2	7 3GM1
		EXXON			DSM		ENICHEM	
	Tip EPR elastomer	V 7000	V 7000	V 7000	V 778	V 778	V T4028	V T4028
1	EPR	100	100	100	100	100	100	100
2	Силика полнило	175	-	150	-	-	110	-
3	Калцинисан каолин	-	-	-	150	200	-	145
4	Преципитирана креда	-	-	-	75	50	-	75
5	Талк	-	100	-	-	-	-	-
6	Саџи - N 550	-	50	-	-	-	55	-
7	Антиоксидант Irganox1010	0,15	0,15	0,15	-	-	-	-
8	Антиоксидант Flaktol H	-	-	-	1	2	1,5	1
9	Цинк оксид	5	5	5	10	10	-	5
10	Парафинско улје	40	70	40	75	70	70	40
11	Парафинско восок	5	-	5	5	5	-	-
12	Винилсилан	1,2	-	1,2	2	2	-	1,5
13	Стеаринска киселина	-	2	-	1	2	1,5	-
14	Коагент ТАС	1	-	1	1,5	1,5	-	1,5
15	Dikumil peroksid (40 %)	6	-	6	8,75	8,75	-	12
16	Убрзивач - MBTS	-	1,5	-	-	-	1,5	-
17	Убрзивач - TMTDS	-	1	-	-	-	1,0	-
18	Убрзивач - ZDBUDS	-	1,5	-	-	-	1,5	-
19	Убрзивач - Cumate	-	0,5	-	-	-	0,5	-
20	Сулфур	-	1,5	-	-	-	1,3	-

6. НЕКОИ ПРАКТИЧНИ ИСКУСТВА ВО КОМПОНИРАЊЕТО НА EPR МЕШАВИНИТЕ ЗА ЗАШТИТНИ ПЛАШТЕВИ КАКО И НИВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ ОД ИСПИТУВАЊАТА

Некои практични искуства во компонирањето на овие гумени мешавини се дадени во табела IV :

Табела IV: EPR плаштемски смеси - рецептури и резултати:

1. Рецептатура								
Ре. бр.	Компоненти	1 GP5	2 GM1b	3 RS5	4 RS5	5 EM3	6 EM3	7 3GM1
	EPR- elastomer	К 512	К 512	К+V 512+ 504	К+V 778+ 504	К 512	К 512+ 778	К 512+ 778
1	EPR	100	100	50+50	50+50	100	50+50	50+50
2	Каолин	175	-	-	-	125	140	-
3	Креда	-	125	125	125	-	-	140
4	Saxi - N 550	-	50	50	50	50	35	35
5	Antioksidan Flektol-H	2	2	2	2	2	2	2
6	Цинк оксид	5	5	5	5	5	5	5
7	Парафинско масло	30	30	25	25	35	30	30
8	Парафински восок	6	6	6	6	6	6	6
9	Винилсилан	1,5	-	-	-	1,5	1,5	0
10	Стеаринска киселина	1	1	1	1	-	-	-
11	Koagent TAC	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1
12	Dikumil peroksid 40%	7	7	7	10	7	10	10
2. Резултати од испитувањата :								
1	Моонеу крива на 150 °C							
1.1	Почетни вискозитет	38	26	32	34	32	42	40
1.2	Минимални вискозитет	32	21	27	27,5	26	33	32
1.3	Време пред вулканизација, T5 minuti	7,8	5,2	5,0	6,6	4,6	4,0	4,2
1.4	Време на вулканизација, T35 minuti	14	17,4	10,4	15,2	12,4	7,4	8,0
2	Механички карактеристики пред стареење							
2.1	Прекидна цврстина,(N/mm ²)min	5,1	5,5	5,9	6,0	8,0	7,3	7,2
2.2	Прекидно издолжување (%)min	800	475	450	500	275	250	400
3	Механички карактеристики после стареење во сушница							
3.1	Температура на стареење,(°C)	100	100	100	100	100	100	100
3.2	Траење на стареење, (дена)	7	7	7	7	7	7	7
3.4	Прекидна цврстина,(N/mm ²)min	4,5	5,7	6,3	6,4	8,3	7,9	7,6
	Промена , (%), max	- 10,2	+ 4,1	+ 7,1	+ 6,3	+ 3,4	+ 8,0	+ 4,6
3.5	Прекидно издолжување (%)min	725	475	475	480	250	262	400
	Промена , (%), max	- 9,4	0	+ 5,6	- 4,0	- 9,1	+ 5,0	0

Коментар на резултатите:

- Резултатите покажуваат дека лесно можат да се компонираат мешавини со бели полнила (без силика-90%SiO₂) со послаби барања на прекидна цврстина (< 5 N/mm²) како што се GP 5 I GM 1b.
- Ако барањата за прекидна цврстина се поголеми од > 6 N/mm² (RS 5, EM 3, 3GM 1 и 3GM 2) , во нивното компонирање мора да се користи некое активно полнило (силика или саѓи).
- Кај мешавините со прекидна цврстина > 6 N/mm² густината на стварањето на мрежата е поголема, заради поголемата содржина на пероксид кој дава поголема прекидна цврстина а помало издолжување.

- Мешавините без бели активни полнила даваат мал модул на мешавината и големо издолжување што не е добро, заради зголемената деформација и оштетување на плаштот при експлоатација, па таквите мешавини можеме да ги користиме за внатрешни плаштеви.
- Моопеу кривите на вулканизација на овие мешавини се со ниска вредност што овозможува лесна преработливост на “ладните” мешавини во екструдери со мал однос L/D.
- Овие мешавини содржат околу 30% на EPR еластомер и повеќе од 50% на полнило, што ги прави доста ефтини и економични.
- Рецептурите кои се дадени од производителите на EPR еластомерите содржат уште поголем дел на полнител со што би дошле уште поефтини.

6. ЗАКЛУЧОК

- Употребата на EPR еластомерот е во постојан пораст при употребата во плаштевите на флексибилните проводници и енергетски кабли (EM-3), во полесни услови на експлоатација кога не се бара отпорност на масло и горење.
- За екстремно тешки услови на експлоатација (рударски кабли), се употребуват за надворешен плашт, еластомери на основа на полихлоропрен или хлорсулфуван полиетилен.
- За тешки услови на експлоатација се почесто се употребува EPR еластомерот, наместо природниот или полиизопренскиот каучук, заради термичката постојаност на EPR еластомерот.
- Флексибилните кабли и проводници од типот на GG / J, изолацијата и плаштот се изработени од Природен каучук, но заради познатата деформација и слабата отпорност на атмосферски услови, се почесто се изработуваат од EPR еластомер (изолацијата)- EpG/J или изолација од EPR, а плашт од Неопрен EpN-50.
- По стандардот VDE 0207 изолацијата се изработува од маса EI-4, а плаштот од масата EM-3 или комплат од EPR еластомерот.
- Во рефератот не е потенцирана можноста за изработка на HF (halogen free) мешавини од EPR еластомерите во HFFR (halogen free flame retardant) каблите, но ќе биде опфатена во посебен реферат.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] 105 C/140 C RATED EPR INSULATED POWER CABLES – P.L. Cinquemani, F.L. Kuchata, M.M.Rahman, F.Ruffinazi and Zaopo – PIRELI CABLE CORPORATION
- [2] JUS N. CO. 190
- [3] JUS N. C5. 353
- [4] JUS N. C5. 358
- [5] VDE 0207, TEIL 21
- [6] BSI 6899
- [7] IEC 254
- [8] Katalozi : DSM; EXXON; ENICHEM I BAYER.

МАКЕДОНСКИ КОМИТЕТ ЗА ГОЛЕМИ ЕЛЕКТРИЧНИ СИСТЕМИ - СИГРЕ, СКОПЈЕ

ВТОРО СОВЕТУВАЊЕ НА МАКО-СИГРЕ

Стојан Николаевиќ; Никола Рајаковиќ Електротехнички Факултет Белград
Душан Костовски; Стана Николаевиќ Институт “Винча” Лабораторија “Гама”
Михајло Поповиќ ЈП “Електродистрибуција” Белград
Милица Теохарева АД ФК Неготино, Неготино

АТЕСТИРАЊЕ НА ЕЛЕКТРО ОПРЕМА

КРАТКА СОДРЖИНА

Овој реферат има за цел да ја презентира активноста за формирање Центар за испитување и атестирање во СРЈ. Овој Центар би работел, во прва фаза, испитување на електро опрема за Електростопанство. Идејата е базирана на фактот, што на овие простори не постои ни една фирма која располага со потребна опрема и кадри за изведување на сите испитувања на електро опремата која се користи во стопанството. Решението е во формирање еден заеднички независен Центар за испитување и атестирање. Овој Центар би се поврзал со реномирани странски акредитирани институти кои што се бават со испитување и атестирање на електро опрема.

КЛУЧНИ ЗБОРОВИ: Атестирање

SUMMARY

This paper deals with the idea of constituting a center for testing in SRJ. This center at the beginning would deal with electrical equipment for electrical utilities and industry. The idea is based on the fact that in this moment there is none institution that has enough equipment and specialist for all kind of testing needed for different kind of electrical equipment used in utility and industry. The solution is in founding a common and independent center for testing. This center will be linked to most comon testing instituts to colaborate with them.

1. **ВОВЕД**

Развојот на електроенергетиката претставува еден од приоритетите на современиот свет. За да електричната енергија се пренесе до потрошувачите, потребно е да се обезбеди сигурен и доверлив електроенергетски систем. Оваа цел е остварлива само ако се располага со квалитетна опрема вградена во преносните и дистрибутивните електроенергетски системи. Квалитетот на опремата се потврдува со испитување и атестирање во опремни лаборатории со работа на соодветни стручни кадри. Со таа цел на Електротехничкиот факултет во Белград е формиран Центар за испитување и атестирање со одлука на Наставно-научниот совет од 06.06.1997 година. Основната цел на Центарот за испитување и атестирање е да објективно расположливиот стручен потенцијал, заедно со соодветна расположлива испитна и мерна опрема, се искористи за организирање на ефикасен начин во функција на потребите на стопанството. Со обединување на постоечките капацитети, користење на досегашното искуство во цел на унапредување на сложените постапки за атестирање на производите, би се дошло до посигурно и економично функционирање на електро опремата во стопанството на СРЈ и пошироко. Еден од мотивите за ваквата иницијатива е во фактот што опремата која ја произведуваат различни произведувачи (од земјата и странство) подлежи на задолжително атестирање. Со други зборови, идејата е, од понудата на производи со различен квалитет се овозможи пласман на квалитетни производи на пазарот.

2. **ОСНОВНИ НАПОМЕНИ**

Овој материјал предлага воведување на атестирање на производите наменети за електростопанството и индустријата, како и можни правила и процедурални шеми за атестирање и потенцијални учесници во предложената шема. Предложената шема и правила за атестирање на производи наменети за потребите на електростопанството и индустријата, се базираат на најновите искуства во развиените земји (како што се КЕМА, VDE и др.)

Целта на овој материјал е да опрема се искористат на организиран и ефикасен начин објективно расположливите стручни потенцијали, заедно со соодветната испитна и мерна во функција на потребите од стопанството. Со обединување на постоечките капацитети и изедначување на досегашната пракса, се тежнее кон унапредување на сложените постапки на атестирање на производите, со цел за сигурно и економично функционирање на електроопремата во стопанството на СРЈ и пошироко. Еден од мотивите за ваквата иницијатива е во фактот што опремата која ја произведуваат различни произведувачи (од земјата и странство) подлежи на задолжително атестирање. Идејата е од понудените производи со различен квалитет на пазарот, да се овозможи пласман на квалитетни производи. Електротехничкиот факултет - Центар за испитување и атестирање во Белград, има услови да биде централната организација за атестирање.

Причина за ваквата определба е кадровскиот потенцијал со кој што располага Електротехничкиот факултет, неговата неутрална положба во однос на произведувачите, како и постоечката соработка со останатите установи. Покрај ова авторитетот на Електротехничкиот факултет во земјата и странство дава голема сигурност дека атестирањето на производите од оваа област ќе добијат пошироко значење. Во реализација на овие испитувања, покрај Електротехничкиот факултет

би биле вклучени лаборатории од самостојни институти, други факултети и производни организации. Констатирано е дека испитувањата можат и треба да се вршат во лаборатории кои за таков вид на испитување располагаат со квалитетна опрема, но и присуството на независни стручњаци при такви испитувања е неопходно. Независните стручњаци кои што присуствуваат на испитување ги одредува Советот на Центарот за испитување и атестирање. Седиштето на Советот треба да биде на Електротехнички факултет во Белград.

Со детална анализа е утврдено дека објективните можности за испитување се значајни (кадровски и лабораториски капацитети) и дека со нивна координација може да се постигне забележителни резултати. Очекуваните резултати во оваа активност се сведуваат на прецизно дефинирање на организацијата на процесот за испитување и атестирање како и евидентирање на расположливата опрема по различни видови на испитувања и по различни лаборатории. Финален резултат за испитување на производот претставува Атест кој го издава директорот на Центарот за испитување и атестирање. Идејата е да се формира еден отворен “пристап”, кој лесно би овозможувал подобрувања кои се јавуваат поради технолошки достигнувања, или поради нови сознанија во оваа област или поради пријава на нови лаборатории.

3. ПРАВИЛА И ПРОЦЕДУРИ ЗА АТЕСТИРАЊЕ НА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИТЕ ПРОИЗВОДИ

3.1. Општи одредби на предложената шема за атестирање

Оваа предложена шема за атестирање е во склад со меѓународната шема за атестирање на електротехнички производи за атестирање (СВ шема) во рамките на ИЕСЕ (ИЕСЕЕ 03 и ИЕСЕЕ 04), со шемата за атестирање (ЕОТС) во рамките на Европската заедница (EN 45000) и Законот за стандардизација.

По оваа шема, Тело А (Електротехнички факултет - Центар за испитување и атестирање) може да издава атести за соодветните електротехнички производи врз основа на извештајот од испитување од соодветната лабораторија (или лаборатории) - Тело Б во рамките на предложената шема за атестирање.

Тело А треба да биде оспособено за испитување на широка група електротехнички производи и нивни подсклопови кои се вградуваат во електростопанските и индустриски претпријатија во СР Југославија.

Секое тело Б во рамките на ова шема на атестирање, треба да биде акредитирано да може да ги извршува некои или сите испитувања по соодветните национални или меѓународни (поединечни) стандарди за производот и за методот на испитување.

3.2. Систем на одговорност

3.2.1. Одговорност на произведувачот

- a. Да има воведен Систем за квалитет (Quality Management System) по ISO 9000/IEC Guide 53 Anex B.

- б. Да има План за квалитет за секоја производна линија каде континуирано се следат сите барања на соодветните ИЕС стандарди.

3.2.2. Обврски на Тело А (Електротехнички факултет - Центар за испитување и атестирање)

- а. Да спроведе програма на типски испитувања за производната линија (производ) во склад со JUS и ИЕС стандардите за испитување на самата производна линија.
- б. Да иницира проверка на фабричкиот план за квалитет на производна линија со соодветни испитувања на самата производна линија.
- в. Да иницира проверка на производниот систем за квалитет ((Quality Management System) базиран на ISO 9000 и ИЕС Guide 53 Anex B.
- г. Да издаде Атест во три примероци врз основа на извештајот за проверка на соодветност со одредени национални или меѓународни стандарди. Еден примерок од атестот го даде на произведувачот или увозникот, вториот на Заводот за стандардизација и третиот примерок се архивира.
- д. Да биде одговорно за надзор и надгледување.
- ѓ. Активно да соработува со соодветни владини организации задолжени за квалитет на производот и развој на системот за атестирање на електротехнички производи во СР Југославија.

3.2.3. Обврски на Тело Б (испитни лаборатории)

- а. Врз основа на поднесената пријава од страна на произведувачот или увозникот, и приемот на соодветен примерок или примероци, во договорениот рок со Тело А да ги изведе сите потребни испитувања по соодветните национални или меѓународни стандарди.
- б. Да издаде три примероци на извештајот за испитување, од кои два ги проследува на Тело А, а еден задржува во својата архива.
- в. Редовно да врши проверка на својата мерна опрема кај надлежните метролошки институции.
- г. Да работи на усовршување на мерната опрема и кадрите.
- д. Активно да работи на развојот на испитните методи и соодветни стандарди.
- ѓ. Активно да соработува во рамките на меѓународниот систем ИЕСЕЕ-CTL.

3.2.4. Процедура на поднесување пријава

Пријава за испитување или атестирање поднесува произведувач, купувач или увозник на електро опрема. После поднесување на пријава, Тело А ќе го информира подносителот на пријавата за важечките правила и процедури и потребните примероци за испитување.

Пријавата, работните резултати и информациите во врска со добивањето Атест и Извештајот за испитување, се доверливи, меѓутоа основните идентификациони податоци за производот може да бидат објавени после издавањето на Атестот.

4. НАДЗОР И ИНСПЕКЦИСКА ПОСТАПКА

Инспекциската постапка ќе биде дефинира во склад со Законот за стандардизација, земајќи ги во обзир и меѓународните искуства во оваа област.

5. ИЗВЕШТАЈ ЗА ИСПИТУВАЊЕТО

Формата на извештајот ќе биде дефинирана во склад со формите на извештаите од меѓународната организација за атестирање (ССВ, EQTS и др.)

6. ВИДОВИ НА ИСПИТУВАЊА

Акредитираната организација за испитување (Центар за испитување и атестирање) се бави со типски испитувања на производите према поединечни стандарди за производ и методи на испитување. Во овој дел е наведен само еден мал дел на испитувања кои во процесот на атестирање треба да се извршат со намера да се согледа врстата и обемот на оваа сложена задача.

6.1. Диелектрични испитувања

- испитување на диелектрична цврстина на мрежна фреквенција,
- испитување на диелектрична цврстина при повисока фреквенција,
- испитување на диелектрична цврстина со ударен напон,
- испитување на парцијални празнења,
- испитување на помошни и управувачки кола со напон на мрежна фреквенција,
- испитување под влијание на електрично и термичко стареење,
- испитување фактор на загуби во функција од напонот и температурата.

6.2. Струјни испитувања

- испитување подносливост на означената струја (мерење на преодни отпори, проверка на термичко стареење),
- испитување на краткотрајно поднослива струја (1А или повеќе),
- испитување врвна поднослива струја и др.

6.3. Испитување струја на исклучување

- испитување струја на исклучување на мали индуктивни и капацитивни струи при различни вредности $\cos\phi$,

- испитување струја на исклучување на кондензаторски батерии (од проста и сложена кондензаторска батерија),
- испитување струја на краток спој, и др.

6.4. Механички и термомеханички испитувања

- испитување на термомеханички карактеристики пред и после термичко или електротермичко стареење,
- испитување на еластичност во функција од температура,
- проверка на механичко функционирање на производот во услови на експлоатација, и др.

6.5. Физичко-хемиски испитувања

- испитување на впивање влага во процесот на стареење,
- испитување на запаливост,
- испитување на тврдина, и др.

Покрај наведените испитувања можат да се вршат и други испитувања по барања на производителот или корисникот на производот.

7. ПРЕГЛЕД НА ПРОИЗВОДИ ЗА АТЕСТИРАЊЕ

Опремата која што подлежи на обавезно атестирање за потребите на електростопанските и индустриски претпријатија, практично ги опфаќа сите електротехнички производи кои што се вградуваат во овие претпријатија. Во овој дел ќе биде даден преглед на оваа опрема без намера да биде наведена целокупната опрема. Опремата за потребите на електроиндустријата на СР Југославија која е опфатена со оваа материја, ја покрива областа на електроенергетиката. Намерата е да се наведе основната опрема за да се согледа важноста на оваа задача. Покрај тоа, со овој материјал е опфатена опремата од електроенергетиката која би можела да биде комплетно испитана према JUS, IEC и други светски стандарди. На овој начин би се добил стандардизиран квалитет на електроенергетските производи, кои би биле вградени во електроенергетскиот систем на СР Југославија.

ОБЕМ НА АКРЕДИТИРАЊЕ

Материјали и производи кои се испитуваат (1)	Типови на испитување/ Опсег на мерење (2)	Методи на испитување према стандардите (3)
Производство, пренос и дистрибуција на електрична енергија	Области на електрична инсталација, громобрани и координација на изолација	JUS N.B2. или соодветни IEC стандарди
Електрични проводници и кабли	Сите видови на енергетски и телекомуникациони-сигнални кабли	JUS N.C5. или соодветни IEC стандарди
Материјали за електрични инсталации	Инсталациони цевки, заптивни уводници, инсталациони автоматски прекидачи, осигурачи и др.	JUS N.E3. или соодветни IEC стандарди

Материјали и производи кои се испитуваат (1)	Типови на испитување/ Опсег на мерење (2)	Методи на испитување према стандардите (3)
Трансформатори, пригушници и усмерувачи	Енергетски и мерни трансформатори и исправувачи	JUS N.H1., JUS N.H(3 или 4 или 7 или 8 или 9) или соодветни IEC стандарди
Направи за вклучување	Раставувачи, прекинувачи, управувачки склопки и електрични релеи	JUS N.K0. (3 или 5 или 6) или соодветни IEC стандарди
Електрични сијалици и светилки	Подножја за светилки и сијалици	JUS N.L0. (1 или 2 или 4 или 5) или соодветни IEC стандарди
Електроника и телекомуникации	Електронски компоненти, радиокомуникации (кабловски дистрибуциони системи), и др.	JUS N.N0.(4 или 6) или соодветни IEC стандарди
Составни делови за електроника и телекомуникации	Конектори, електромеханички прекидачи, електромеханички составни делови за електронски уреди и др.	JUS N.R4 (7 или 8) или соодветни IEC стандарди

8. ЗАКЛУЧОК

Со воведување на предложената шема за атестирање на електротехнички производи за потребите на електростопанството и индустриските претпријатија, би се постигнало организирано и ефикасно користење на расположливата испитна опрема и стручниот потенцијал за оваа намена. Од друга страна, се создава можност за континуирано и сеопфатно следење на квалитетот на овие производи, така да на пазарот можат да се нудат само производи со проверен квалитет кои поседуваат атест.

Предложените учесници во шемата за атестирање располагаат со кадровски потенцијал и испитна опрема, кои обединети би ги исполниле сложените барања за атестирање на производите и со својата независност би гарантирале објективност. Предложената шема за атестирање на опрема за електростопанство и индустриски претпријатија на чие чело би бил Електротехнички факултет - Центар за испитување и атестирање во Белград како институција од широк авторитет, е гаранција за реализација на еден ваков голем проект. Значењето на овој проект е огромна важност за електростопанството на СР Југославија. Оваа организација е проверена во светот. Идеја е да се формира еден отворен “пристап” и воведување подобрување по сите барања. Посебно што се добива со ваквиот “пристап”, покрај атестирањето на опремата, е интеграција на научно истражувачкиот кадар и опремата со која се ствара добра основа за брз техничко-технолошки развој на СР Југославија.

