

ДОДАТНА ОПРЕМА И МЕРНИ УРЕЂАЈИ ЗА ДИЈАГНОСТИКУ СТАЊА МЕТАЛОКСИДНИХ ОДВОДНИКА ПРЕНАПОНА СРЕДЊЕГ И ВИСОКОГ НАПОНА

В. ОСТРАЋАНИН, ЕПС Технички центар Краљево, Србија
С. ЂУРОВИЋ, ОДС ЕПС Дистрибуција огранак Краљево, Србија
Д. ЋЕТЕНОВИЋ, Факултет техничких наука Чачак, Србија

1. УВОД

Одводници пренапона су заштитни уређаји за заштиту елемената електроенергетског система (ЕЕС) од пренапона. Њихова функција се огледа у чињеници да се при наиласку пренапона њихова отпорност смањује одводећи део енергије пренапона према земљи. Након што нестане пренапон њихова се отпорност повећава и враћа на вредност која је била пре дејства пренапона. Према конструкцији одводници пренапона се деле на:

- Силицијум-карбидне (SiC), односно класичне одводнике пренапона;
- Метал-оксидне, односно цинк-оксидне (ZnO);
- Цевне одводнике пренапона.

Друга подела је готово идентична претходној и обухвата:

- Одводнике пренапона са нелинеарним отпорником и искриштем;
- Метал-оксиден одводнике пренапона без искришта.

Силицијум-карбидни одводници пренапона су се називали и ВОП, тј вентилни одводници пренапона. Овај назив је проистекао из начина њиховог функционисања.

Неке од разлика између претходно наведених врста одводника пренапона су следеће:

- SiC реагује када наиђе пренапон виши од напона реаговања, након чега напон пада на преостали напон. У тренутку реаговања одводника пренапона долази до наглог смањења напона што може да изазове прелазни режим,
- ZnO одводник нема напон реаговања тако да после пораста напона преко колена долази до провођења струје,
- ZnO одводник нема пропратну струју након престанка деловања пренапона јер се са нестанком пренапона одводник аутоматски враћа у стање велике отпорности када кроз одводник протиче мала струја

Након вишегодишње употребе силицијум карбидних одводника пренапона у електроенергетским објектима срењег и високог напона, масовно су се почели користити метал-оксидни одводници пренапона. Као метал-оксид се углавном користи ZnO (цинк-оксид). У почетку је једина опција за кућиште у ком ће се сместити метал-оксидни елементи (тзв „ZnO погачице“) користио порцелан, међутим данас се равноправно користи композитно силиконско кућиште.

Национални стандард који дефинише метал-оксидне одводнике пренапона без искришта за мреже наизменичне струје, означен као SRPS EN 60099-4 је објављен 30.07.2010.године. Стандардом су дефинисани како начини конструкције одводника пренапона, тако и начине испитивања.

2. КОНСТРУКЦИЈА И ПРИКЉУЧЕЊЕ ОДВОДНИКА ПРЕНАПОНА

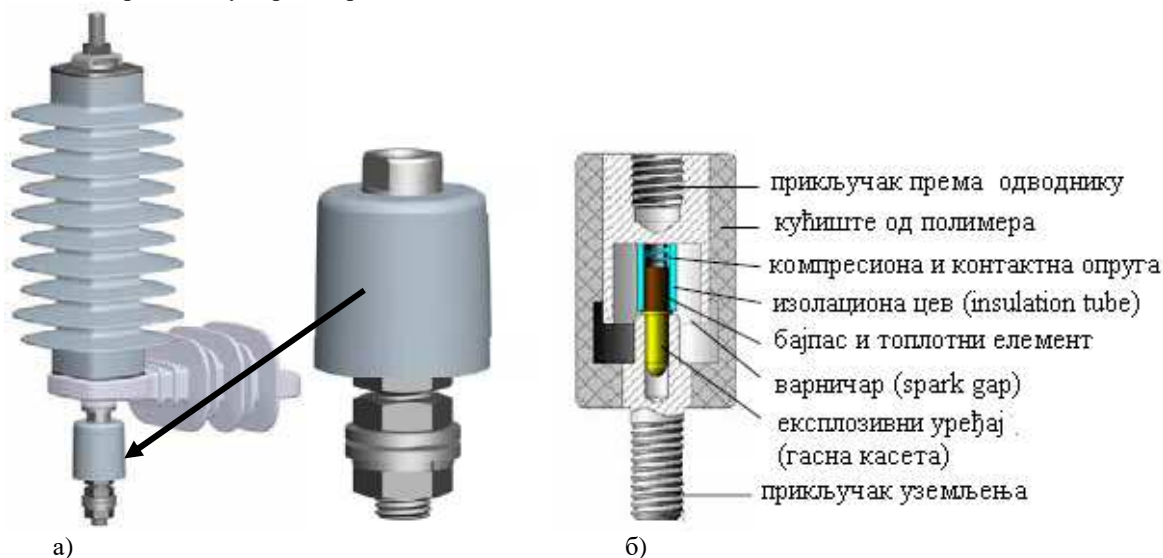
Одводник пренапона као основни елемент за заштиту од пренапона, се састоји од нелинеарних отпорника од метал-оксида смештених у одговарајуће кућиште, као и прикључака и елемената за индикацију отказа, односно уређаја за регистровање или бројање реактовања одводника.

Према важећем *Правилнику о техничким нормативима за уземљење ЕЕ постројења називног напона изнад 1000 V (члан 40)* одводници пренапона морају да се уземље што краћим земљоводом. Као земљовод не може да се користи носећа метална конструкција. Дозвољена је уградња бројача у земљовод.

Стандард SRPS EN 60099-4: 2010, као и *Правилник о техничким нормативима за ЕЕ постројења називног напона изнад 1000 V (члан 276)*, такође, дефинишу уређаје за регистровање или бројање реактовања одводника.

Претходно поменути Правилник, такође наводи да наведени уређаји не смеју утицати на заштитне карактеристике одводника и морају бити способни да пропуштају струје растерећења одводника пренапона.

Тakoђе, конструкција одводника пренапона мора бити таква да је постоље кућишта одводника изоловано од носача опреме. У ту сврху користи се изолациона подлога.



Поред наведених елемената битно је нагласити да одводници пренапона (посебно за средњи напон) морају имати **мрежни одвајач**, или „исклопну нараву“ који осигурава раздвајање оштећеног пренапонског одводника од штићеног елемента.



Слика 2. Различите врсте бројача прораде одводника пренапона, односно индикатора прораде

3. МЕТОДЕ ЗА НАДЗОР СТАЊА ОДВОДНИКА ПРЕНАПОНА

У претходно наведеном тексту су доста навођене конструктивне карактеристике и начини извођења заштите елемената применом одводника пренапона, међутим све су то били услови да би се вршио мониторинг стања одводника пренапона.

Још, једна чињеница везана за конструкцију утиче на начин вршења мониторинга одводника пренапона, наиме метал-оксидни одводници пренапона имају изразито нелинеарну напонско-струјну карактеристику, тако да увек напон ограничава на исту вредност пропуштајући при томе различите струје, до називне вредности, а при трајном радном напону пропушта веома малу струју.

За праћење стања одводника пренапона, односно његовог функционисања или нефункционисања као и његовог стања и евентуално преосталог радног века углавном се користе on-line методе мониторинга.

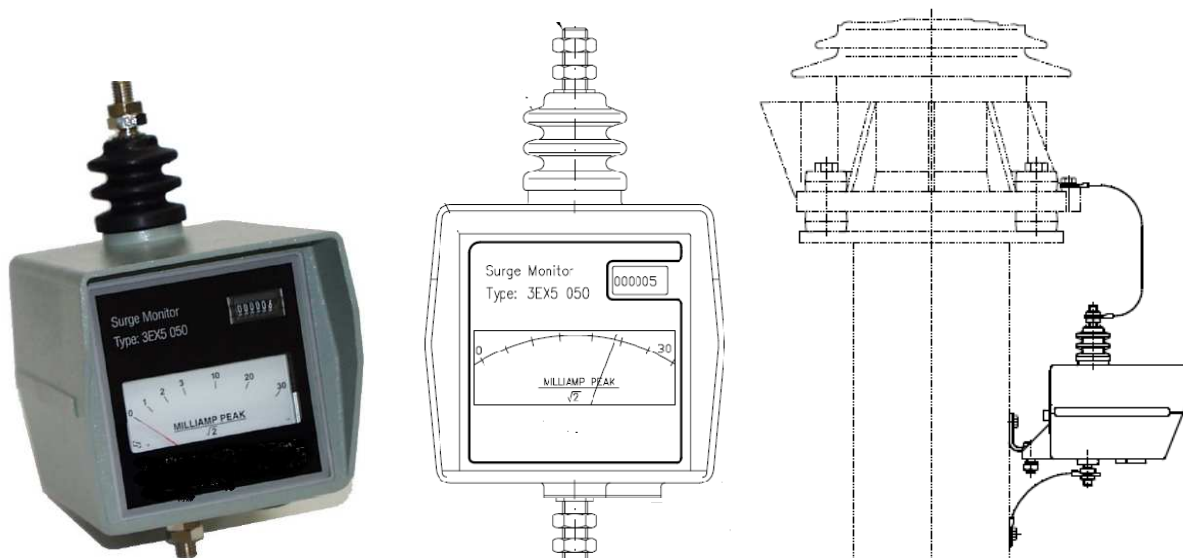
Прва метода је визуелна контрола. Уколико је реч о средњенапонском одводнику пренапона, захваљујућу елементу за исклапање у склопу са одводником пренапона евидентно је да ли одводник пренапона ради или не. Овај елемент је битан зато што се често дешава да је одводник визуелно у добром стању, а он у ствари не функционише. Наведено је посебно присутно након што се увела масовна употреба композитно-силиконског кућишта код одводника пренапона за средњи напон.

Код ВН одводника пренапона користе се бројачи прораде одводника пренапона, као и уређаји који мере струју цурења (слика 3).

Добра особина ових уређаја за мерење струје цурења је да када они евентуално откажу функција одводника пренапона неће бити угрожена.

Поред ових уређаја који су саставни део конструкције и који омогућавају проверу да ли неки уређај ради или не, практично би било располагати податком колики је преостали животни век одводника пренапона. Овај податак је веома битан посебно код одводника пренапона за високи напон (посебно што се они не производе у Републици Србији, а није практично држати већу количину на залихама).

Претходно поменути уређај за мерење струје цурења и бележење вредности струје цурења су добра дијагностика. Уколико се струја цурења нагло смањује изнад дефинисане од стране произвођача или је много изнад ове вредности, то је сигуран показатељ да је одводник неопходно што пре заменити новим.



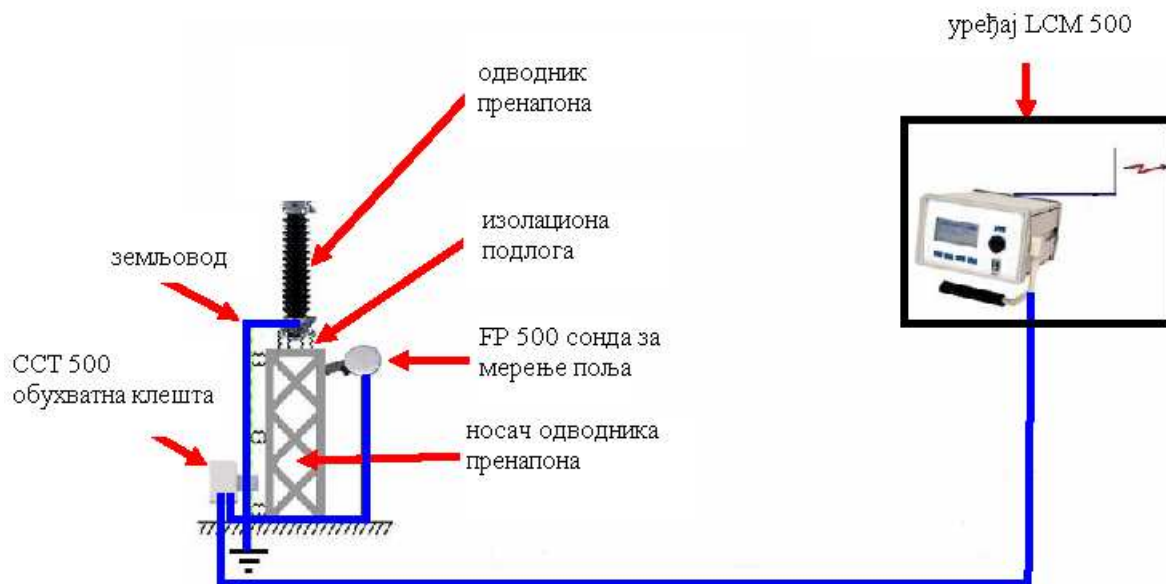
Слика 3. Изглед бројача прораде одводника пренапона са мерење струје цурења

Поред наведеног користе се методе on-line мониторинга којим се мери укупна струја која тече кроз одводник пренапона, при радном напону. Метода се темељи на анализи трећег хармоника струје. Уређај којим се може вршити ово испитивање је уређај LCM 500, произвођача Siemens. Да би се извршило оцена стања одводник апернапона потребно је располагати детаљним препорукама произвођача одводника пренапона.

Нормални век трајања одводника пренапона је готов када струја одвођења достигне вредност коју препоручује произвођач.

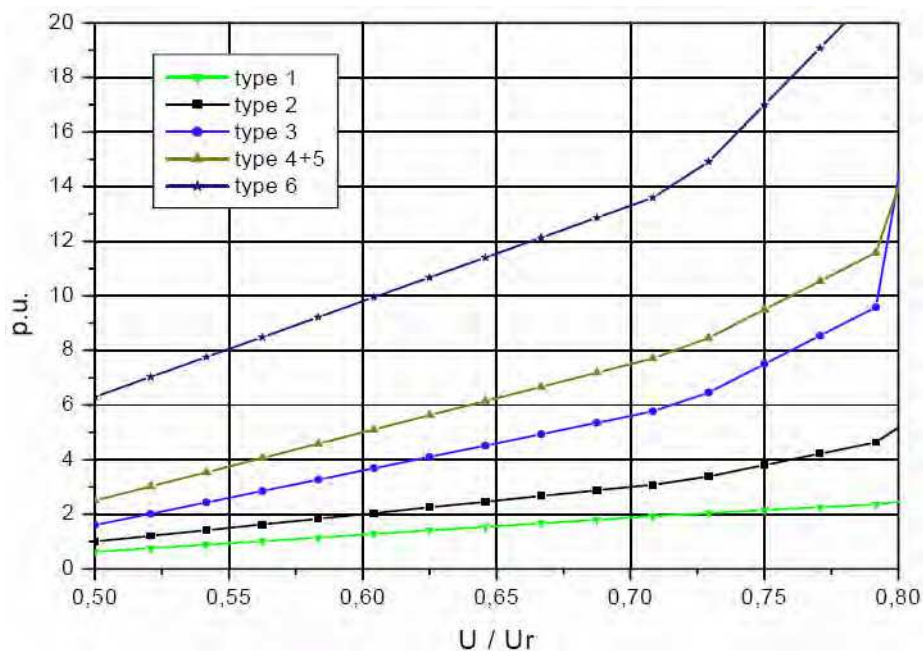
Уређај се састоји од мерног кофера, ССТ 500 обухватних струјних клешта, FP 500 сонде која служи за мерење поља, антенаски дискови за мерење електричног поља.

ССТ 500 клешта се морају прикључити што ближе испитиваном одводнику пренапона, док се FP 500 сонда поставља директно испод доње базе одводника пренапона, уз уважавање безбедносних размака



Слика 4. Принцип испитивања одводника пренапона применом уређаја LCM 500

Струје одвођења су, као што је поменуто задате у каталогу произвођача, тако да су на слици 5 дате ове карактеристике за одводнике произвођача Siemens. Уређај LCM 500 има софтверски интегрисане податке за одводнике пренапона произвођача Siemens.



Крива:	Тип одводника пренапона:		
Type 1	ЗЕР4-1..3 ЗЕР2-1..3	ЗЕQ1-1..3	
Type 2	ЗЕР4-1..2 ЗЕР2-1..2	ЗЕQ1-1..2	
Type 3	ЗЕР2-2..2 ЗЕР4-2..2 ЗЕQ1-2..2 ЗЕQ4-2..2	ЗЕР3-2..2 ЗЕL2-2..2 ЗЕР2-2..3 ЗЕР4-2..3	ЗЕQ1-2..3 ЗЕQ4-2..3 ЗЕР3-2..3 ЗЕL2-2..3
Type 4	ЗЕР2-3..3 ЗЕР3-3..3 ЗЕQ4-3..3	ЗЕQ3-3..3 ЗЕР2-3..4 ЗЕР3-3..4	ЗЕQ4-3..4 ЗЕQ3-3..4
Type 5	ЗЕР2-4..5 ЗЕР3-4..5	ЗЕQ4-4..5 ЗЕQ3-4..5	
Type 6	ЗЕР3-5..5 ЗЕQ4-5..5	ЗЕQ3-5..5	

Слика 5. Карактеристике одводника пренапона произвођача Siemens
U/U_r однос радног и максималног ефективног напона

На слици 5, U_r је називни напон одводника пренапона и представља максимално дозвољену ефективну вредност напона, називне фреквенције, ограниченог трајања (10 s) који се може прикључити између прикључака одводника пренапона након што је одводник апсорбовао одређени износ енергије

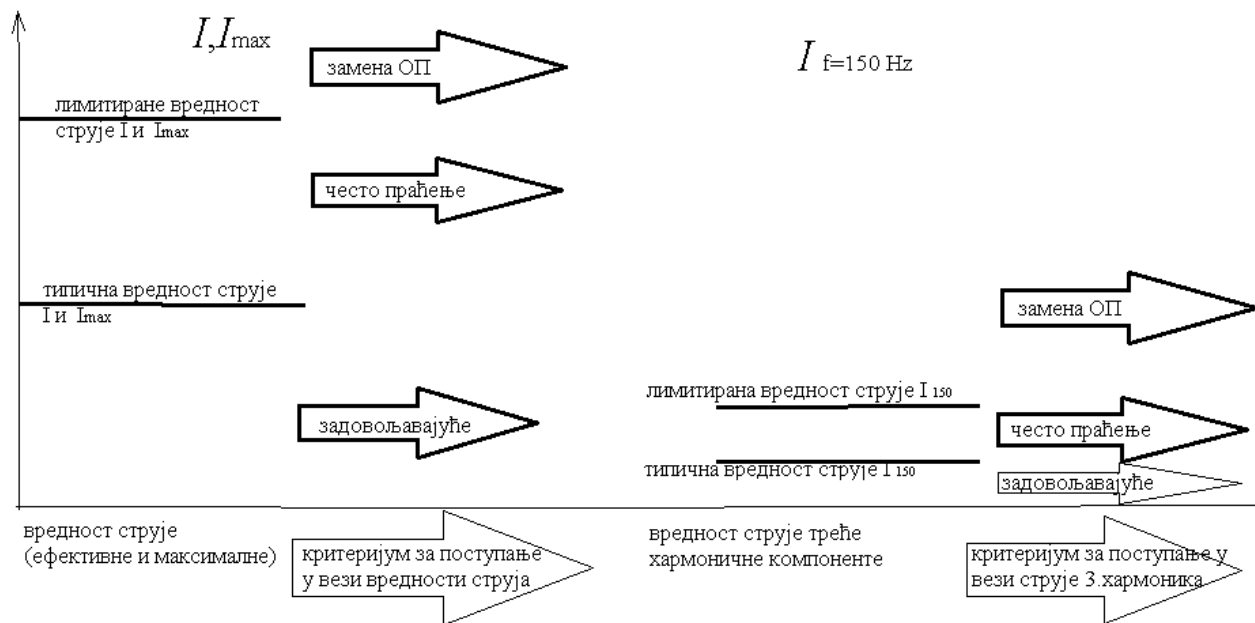
Уређај мери укупну струју која тече кроз одводник пренапона при радном напону, при чему се мере следеће вредности струја:

- ефективна вредност укупне струје I;
- темена вредност струје I_{max};
- трећа хармонична компонента укупне струје I_{f=150 Hz}.

Битно је да су вредности испод лимитираних вредности струја и струја треће хармоничне компоненте. Уколико су вредности између типичних и лимитираних вредности струја и струја треће хармоничне компоненте потребно је обратити пажњу, док је за вредности које су испод тј близу типичних одводници су задовољавајућег стања (слика б.)

За Siemens одводнике пренапона типа ЗЕР 4 096 су карактеристичне следеће вредности:

- Типичне вредности струја 0,5 mA а за струју трећег хармоника 14 μA
- Лимитиране вредности струја 2 mA а за струју трећег хармоника 80 μA



Слика 6. Дијаграм за оцену стања одводника пренапона

Поред наведених уређаја могуће је користити и другу мерну опрему за утврђивање стања одводника пренапона. Најчешће се у ту сврху користе осетљива мерна клешта која мере струју цурења или одређују трећу хармоничну компоненту наведене струје.

4. ЗАКЉУЧАК

Период који треба користити за превентивне прегледе одводника пренапона су дефинисани:

- одређеним правилницима о одржавању (бивши ПД „Електросрбија“ д.о.о. Краљево прегледе врши према *Правилнику о одржавању дистрибутивног електроенергетског система* из маја 2009.године);
- препорукама произвођача.

Претходно поменути правилник третира проверу свих пратећих елемената који утичу на ефикасан рад одводника пренапона. Тако да је за одводнике пренапона на високом и средњем напону (110 и 35 kV) дефинисано да се врше следеће провере:

- | | |
|---|-------------------------------|
| - преглед чистоће и механичке исправности одводника | 1 годишње |
| - термовизијска контрола | 1 годишње |
| - преглед стања бројача прораде | 1 годишње |
| - преглед стања спојева на фазе и уземљивач | на 4 године |
| - мерење струје одвода | ПУП (по упутству произвођача) |

За провере средњенапонских одводника (20 и 10 kV) пренапона врше се следеће провере:

- | | |
|--|-------------|
| - преглед чистоће и механичке исправности одводника | на 2 године |
| - преглед носеће конструкције и провера учвршћености одводника пренапона за конструкцију | на 2 године |
| - провера заштите од корозије | на 2 године |
| - преглед мрежног одвајача | на 2 године |

Поред ових прегледа који углавном утичу на функционалност система, практично је вршити и испитивање (која правилник третира као ПУП (по упутству произвођача) које је изложено да би се донела одлука како поступати са одводником, односно да ли исти треба заменити или ради на начин како је пројектован.

На основу препоруке **InterNational Electrical Testing Association NETA** из 2005.године саопштене у публикацији **Maintenance Testing Specifications for electrical power distribution equipment and systems** наведено је да се за одводнике пренапона врше следеће провере (периодика у месецима):

позиција	Опис/назив	Визуално	Визуелнао и механички	Визуелно и механичко и електрично
7.19	Одводници пренапона			
7.19.1	Нисконапонски уређаји	2	12	24
7.19.2	Средње и високонапонски уређаји	2	12	24

ТАБЕЛА 1 – ПРЕГЛЕД УЧЕСТАНОСТИ ВРШЕЊА ПРЕГЛЕДА ОДВОДНИКА ПРЕНАПОНА

По NETA препорукама, наведени рокови се умножавају коефицијентима који су дати у матрици која је зависна од тренутног стања елемента и напонског нивоа, што је дато у табели 2:

Матрица фреквенције одржавања				
		Стање опреме		
		Лоше	Просечно	Добро
Захтевана поузданост опреме	Ниска	1,0	2,0	2,5
	Средња	0,50	1,0	1,5
	Висока	0,25	0,50	0,75

ТАБЕЛА 2 – МАТРИЦА ФРЕКВЕНЦИЈА ОДРЖАВАЊА

Ови прегледи су изузетно битни јер је замена одводника битна да би се обезбедило ефикасно штићење одређеног елемента система, који најчешће има много вишу цену од самог одводника пренапона.

Такође, неопходно је инсистирати да се уз одводнике пренапона испоручују уређаји који директно дају увид у стање одводника пренапона, а по могућству вршити и дијагностику, односно мониторинг.

Литература:

- 1) Правилнику о одржавању дистрибутивног електроенергетског система ПД „Електросрбија“ д.о.о. Краљево;
- 2) Правилнику о техничким нормативима за уземљење ЕЕ постројења називног напона изнад 1000 V;
- 3) Правилник о техничким нормативима за ЕЕ постројења називног напона изнад 1000 V;
- 4) SRPS EN 60099-4: 2010– Одводници пренапона – део 4: Метал-оксидни одводници пренапона без искришта за мреже наизменичне струје;
- 5) SRPS EN 60099-5: 2010 – Одводници пренапона – део 5: Препоруке за избор и примену;
- 6) High-voltage surge arrester – Product Guide – Siemens, 2012;
- 7) Volker Hinrichsen, 2012, Metal-Oxide Surge Arresters in High-Voltage Power Systems Fundamentals - 3rd edition, Siemens;
- 8) 2010, A full range of monitoring solutions for surge arresters, Siemens;
- 9) Heinrich, Hinrichsen, 2001, Diagnostics and Monitoring of Metal-Oxide Surge Arresters in High-Voltage Networks- Comparison of Existing and Newly Developed Procedures, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 16, No. 1, pp. 138-143
- 10) InterNational Electrical Testing Association NETA, 2005, Maintenance Testing Specifications for electrical power distribution equipment and systems.