

IZOLATOARELE LINIILOR ELECTRICE AERIENE

1. Obiectivele lucrării

În cadrul lucrării sunt precizate materialele utilizate pentru realizarea izolatoarelor la LEA și principalele proprietăți mecanice și fizice ale acestora, clasificarea și tipurile constructive de izolatoare de joasă, medie și înaltă tensiune, precum și modul lor de simbolizare.

2. Considerații teoretice

2.1. Izolatoarele LEA

Izolatoarele sunt elemente componente ale LEA, constituite dintr-un corp izolant solid, cu sau fără armături metalice, destinate atât pentru fixarea de stâlpi a conductoarelor active de fază ale liniei, cât și pentru izolarea acestora față de pământ, precum și față de părțile stâlpului legate la pământ. În felul acesta, izolatoarele transmit eforturile mecanice spre elementele de fixare ale liniei, adică stâlpii liniilor electrice aeriene. Ținând seama de funcția pe care o îndeplinesc, este evident că izolatoarele trebuie să satisfacă o serie de *condiții electrice și mecanice*. Din punct de vedere *electric*, calitatea unui anumit tip de izolator este caracterizată de următoarele mărimi:

Tensiunea de conturnare reprezentând tensiunea la care apare o descărcare disruptivă pe suprafața izolatorului, între părțile acestuia care sunt supuse, în mod obișnuit, la diferențe de tensiune.

Tensiunea de străpungere fiind tensiunea la care apare o descărcare disruptivă prin corpul izolant solid al izolatorului.

Alte mărimi care caracterizează din punct de vedere electric izolatoarele, sunt următoarele:

- *tensiunea convențională de ținere la impuls de comutație-trăsnet;*
- *tensiunea statistică de ținere la impuls de comutație-trăsnet;*
- *tensiunea de 50% conturnări a unei izolații;*
- *lungimea liniei de fugă;*
- *lungimea liniei de fugă specifică.*

Din punct de vedere *meccanic*, izolatoarele trebuie să suporte eforturile transmise de conductoarele liniei, datorate greutateii proprii, greutateii chiciurei și presiunii vântului. La acestea se adaugă, în mod evident, eforturile de tracțiune din conductoare, în special, în cazul izolatoarelor de întindere. Dintre mărimile ce caracterizează, din punct de vedere mecanic, un izolator, se menționează:

Sarcina mecanică de rupere este sarcina mecanică la care, în condiții de încercare, se produce separarea pieselor metalice sau ruperea totală a izolatorului.

Sarcina de distrugere electromecanică de scurtă durată a unui izolator reprezintă sarcina mecanică la care, în condiții de încercare, apare fie străpungerea electrică, fie distrugerea mecanică a unei părți din izolator.

Rezistența la variații bruște de temperatură reprezintă capacitatea izolatorului de a-și menține caracteristicile electrice și mecanice la variații bruște de temperatură.

Pe lângă condițiile amintite anterior, izolatoarele trebuie să satisfacă și o serie de alte condiții importante, dintre care pot fi amintite:

- **să nu absoarbă umiditate (nehigroscopice);**
- **să suporte variațiile de temperatură lente sau bruște;**
- **să fie stabile la acțiunea agenților atmosferici**
- **să aibă o durată de viață cât mai lungă;**
- **să prezinte o greutate cât mai redusă;**
- **să aibă un preț de cost cât mai scăzut.**

2.2. Materialele utilizate pentru realizarea izolatoarelor folosite la LEA

Izolatoarele folosite la construcția LEA sunt executate din *materiale electroceramice* (porțelan, steatit), *sticlă* sau *materiale sintetice*.

Porțelanul folosit la realizarea izolatoarelor este un porțelan tare, vitrifiat. Acesta este un material ceramic, constituit dintr-o masă sticloasă de feldspat, care conține cristale de mulit și de cuarț, având bune calități izolante, la temperaturi și frecvențe normale, rezistență mecanică relativ mare, în special la compresiune. Prezintă, de asemenea, o rezistență termică ridicată și, în același timp, o bună stabilitate chimică.

Dezavantajele principale ale porțelanului constau în: rezistență redusă la tracțiune și încovoiere, fragilitate, pierderi dielectrice relativ mari la înaltă frecvență, contracție mare la ardere și posibilități foarte reduse de prelucrare în stare arsă.

În general, porțelanul folosit ca material izolant are următoarea compoziție: caolin – 50%; cuarț - 25÷30%; feldspat - 20÷25% și un mic procent de argilă refractară.

Steatitul este, de fapt, o masă ceramică pe bază de talc sau silicat de magneziu hidratat, având următoarea compoziție: steatit – 85%; argilă plastică - 10÷15%; feldspat - 0÷5%. Piese se obțin prin presarea prafului cu această compoziție, amestecat cu puțină apă, urmată de arderea acestora în cuptoare speciale, la temperaturi de 1380÷1410⁰C. În cazul steatitului, în timpul procesului de ardere, piesele suferă o contracție mult mai redusă decât cele din porțelan, permițând astfel obținerea unor piese mai precise. De asemenea, rezistența mecanică a steatitului este, în general, mai mare decât a porțelanului, datorită faptului că în compoziția sa raportul dintre faza cristalină și cea sticloasă este mai mare.

Sticla folosită la realizarea izolatoarelor este un amestec de silicați cu structură amorfă, care poate fi considerat ca un lichid subrăcit. Starea amorfă se deosebește de starea cristalină prin faptul că atomii sunt așezați, unii față de alții, în mod neregulat, atât ca direcție, cât și ca distanță, prezentând

totuși o ordine locală, în sensul că fiecare atom este înconjurat de aceiași atomi ca și în cazul stării cristaline. Sub aspect chimic, sticla poate fi considerată ca un amestec de săruri ale acidului silicic.

Pentru izolatoare se folosește, în special, o sticlă cu oxizi de calciu, magneziu și sodiu sau boroxizi, îmbunătățită printr-un procedeu de călire, adică suflare de aer rece pe suprafața, încă fierbinte, a izolatorului. În felul acesta, sticla călită capătă, la suprafață, eforturi interne de compresiune, iar în interior, eforturi de întindere.

În cazul izolatoarelor suport și al izolatoarelor capă, care lucrează, mai ales, la compresiune, sticla tratată prin procedeul de călire prezintă o serie de avantaje față de porțelan. De menționat faptul că sticla nu este, în general, folosită în cazul izolatoarelor cu inimă plină, la care, sub acțiunea forțelor exterioare, iau naștere eforturi de întindere în toată masa izolatorului, deoarece prin procesul de călire, se nasc în interiorul masei de sticlă eforturi permanente de întindere. În aceste condiții, prin suprapunerea unor eforturi de întindere exterioare, peste aceste eforturi interne, se poate produce distrugerea izolatorului.

În general, caracteristicile electrice ale sticlei folosite pentru realizarea izolatoarelor sunt aceleași ca și în cazul porțelanului, putând atinge, pentru unele mărimi (constanta dielectrică, factorul de pierderi, rigiditatea dielectrică) valori superioare celor ale porțelanului.

Materialele sintetice constituite din rășini sintetice și cauciuc siliconic prezintă, față de porțelan sau sticlă, o serie de avantaje legate de prelucrabilitate, în vederea realizării unor forme constructive complexe, greutate redusă, posibilități de prindere mai ușoară a armăturilor.

Dezavantajele principale ale acestui tip de izolatoare constau în rezistența redusă la arc electric, precum și o rezistență redusă la tracțiune.

La realizarea izolatoarelor liniilor electrice aeriene se folosesc, în ultimul timp, în țara noastră, materiale compozite de cauciuc siliconic. Introducerea lor în fabricație și utilizarea pe scară largă se datorează avantajelor pe care le prezintă în comparație cu izolatoarele clasice, realizate din sticlă sau porțelan, cum ar fi:

- Datorită învelișului și rilelor realizate din cauciuc siliconic, izolatoarele compozite au proprietăți de hidrofobicitate deosebite, ceea ce le recomandă pentru utilizare în zone intens poluate.
- Mase mult inferioare față de izolatoarele clasice din porțelan sau sticlă, până la 1/20.
- Lungime redusă la aceeași linie de fugă, facilitând obținerea gabaritelor la sol.
- Posibilitatea execuției monobloc pentru orice valoare a tensiunii rețelei.
- Datorită greutății foarte mici și suprafeței reduse pe care izolatorul o opune vântului, scade sarcina de calcul pentru dimensionarea stâlpilor, iar masa redusă a izolatoarelor facilitează operațiile de montaj.
- Datorită proprietății de hidrofobicitate, depunerile de substanțe poluante pe fustele izolatorului sunt minime, cauciucul siliconic prezentând un pronunțat efect de autocurățire, ceea ce elimină operațiile de întreținere a acestora.

- Prin îmbunătățirea continuă a tehnologiei de fabricație, prețul acestor izolatoare a devenit comparabil cu cel al izolatoarelor clasice, raportul calitate/preț fiind net favorabil izolatoarelor compozite.
- Izolatoarele compozite pot fi realizate în orice configurație a capelor terminale: tijă-nucă, tijă-tijă, nucă-nucă.

2.3. Clasificarea izolatoarelor, tipuri constructive și caracteristici

Izolatoarele folosite la realizarea LEA pot fi clasificate după o serie de criterii, astfel:

- **În funcție de materialul din care sunt confecționate:**
 - izolatoare din materiale ceramice (porțelan, steatit);
 - izolatoare din sticlă;
 - izolatoare din materiale sintetice
- **Din punct de vedere constructiv:**
 - izolatoare suport – realizate într-o formă constructivă astfel încât izolatorul să reziste atât la străpungerea masei izolante dintre conductor și tija de susținere a izolatorului, cât și la conturnări, în condiții atmosferice variate sau în medii poluate;
 - izolatoare de suspensie – numărul de elemente ale lanțului depinzând de tipul izolatorului; din punct de vedere constructiv, acestea ridică probleme atât de natură mecanică, cât și de natură electrică.
- **În funcție de mediul în care funcționează:**
 - izolatoare care funcționează în condiții atmosferice normale;
 - izolatoare care funcționează în atmosferă poluată.
- **După tensiunea nominală a LEA pentru care sunt destinate:**
 - izolatoare de joasă tensiune, până la 1 kV inclusiv;
 - izolatoare de medie tensiune, între 1 kV – 20 kV;
 - izolatoare de înaltă și foarte înaltă tensiune, peste 20 kV.
- **Din punct de vedere electric:**
 - izolatoare străpungibile (S_r) având distanța disruptivă prin dielectric mai mică decât jumătate din distanța disruptivă prin aer;
 - izolatoare nestrăpungibile (N_s) sunt izolatoarele la care distanța disruptivă prin corpul izolant solid este cel puțin egală cu jumătatea distanței disruptive prin aer; acestea pot fi:

- izolatoare nestrăpungibile cu linie de fugă medie;
- izolatoare nestrăpungibile cu linie de fugă lungă.

➤ **Din punct de vedere mecanic:**

- izolatoare sau lanțuri de izolatoare de susținere care preiau greutatea conductoarelor, a chiciurei, precum și a sarcinilor mecanice provenite din acțiunea vântului pe conductoare și respectiv izolatoare;
- izolatoare sau lanțuri de izolatoare de întindere (tracțiune) care preiau, în plus, eforturile de tracțiune din conductoare.

În cele ce urmează, se prezintă principalele tipuri de izolatoare folosite în țara noastră la construcția liniilor electrice aeriene cu diferite tensiuni nominale, specificându-se dimensiunile și caracteristicile constructive ale acestora.

Pentru liniile de joasă tensiune se folosesc **izolatoare suport de susținere**, cu indicativul N (Figura 1) și **izolatoare de întindere sau tracțiune**, cu indicativul T , pentru un singur conductor și respectiv TD , pentru două conductoare (Figura 2). După indicativul acestor izolatoare este trecut un număr care reprezintă, de fapt, înălțimea izolatorului.

Dimensiunile și caracteristicile izolatoarelor de susținere tip N , precum și ale izolatoarelor de tracțiune tip T , pentru un singur conductor, sunt prezentate în Tabelele 1, respectiv 2.

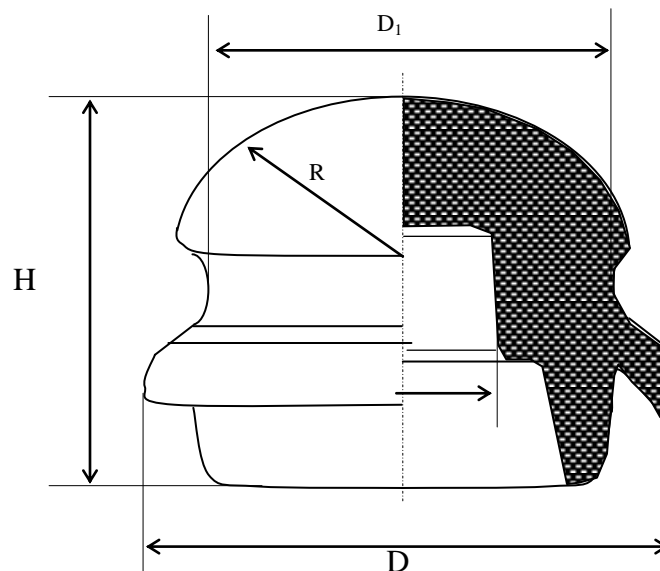


Figura 1 Izolator de susținere din porțelan tip N

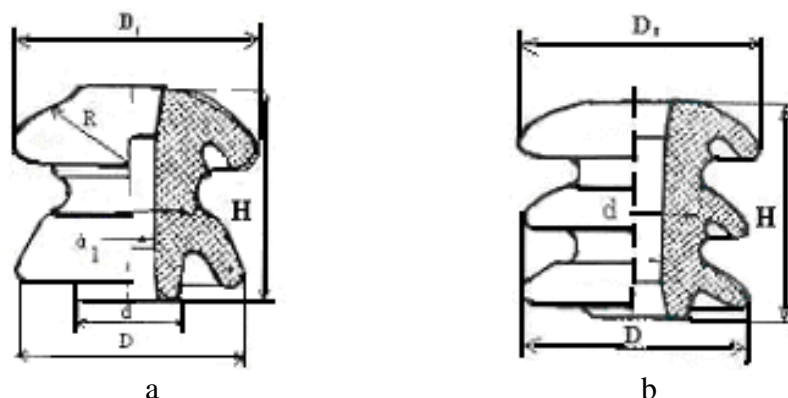


Figura 2 Izolator de tracțiune din porțelan
a – tip T; b – tip TD

*Dimensiunile și caracteristicile izolatoarelor
de susținere tip N*

Tabelul 1

Simbolul izolatorului	Dimensiunile [mm]					Rezistența de izolație [MΩ]	Sarcina de rupere mecanică [daN]	Secțiunea maximă a conductorului [mm ²]	Masa maximă [kg/buc]
	H	D	D ₁	d	R				
N 87	87	80	42	21	26	4·10 ³	1000	50	0,360
N 97	97	95	50	24	32	4·10 ³	1800	150	0,550

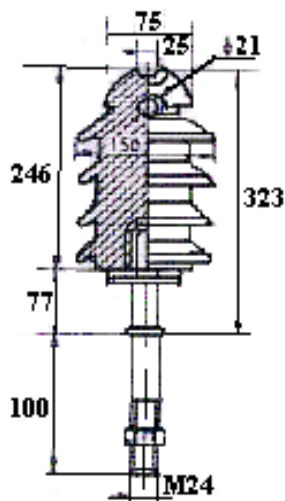
Dimensiunile și caracteristicile izolatoarelor de tracțiune tip T

Tabelul 2

Simbolul izolatorului	Dimensiunile [mm]					Rezistența de izolație [MΩ]	Sarcina de rupere mecanică [daN]	Secțiunea maximă a conductorului [mm ²]	Masa maximă [kg/buc]
	H	D	D ₁	d	d ₁				
T 80	80	87	95	40	22	4,5·10 ³	1000	50	0,550
T 115	115	110	120	60	30	6·10 ³	1500	150	1,400

În cazul liniilor electrice aeriene de medie tensiune, cu tensiunea nominală de 20 kV, se folosesc în practică următoarele tipuri de izolatoare:

- **Izolatoare din ceramică neștrăpungibile**, cu suport drept, utilizate la stâlpii de susținere, tip *Is Ns 20 kV*, reprezentate în Figura 3.
Dimensiunile și caracteristicile acestor izolatoare sunt prezentate în Tabelul 3.
- **Izolatoare din ceramică de tracțiune neștrăpungibile**, utilizate la stâlpii de întindere (cap de panou), tip *IT fs 20 kV*, reprezentate în Figura 4.
Caracteristicile tehnice ale acestui tip de izolatoare sunt redată în Tabelul 4.

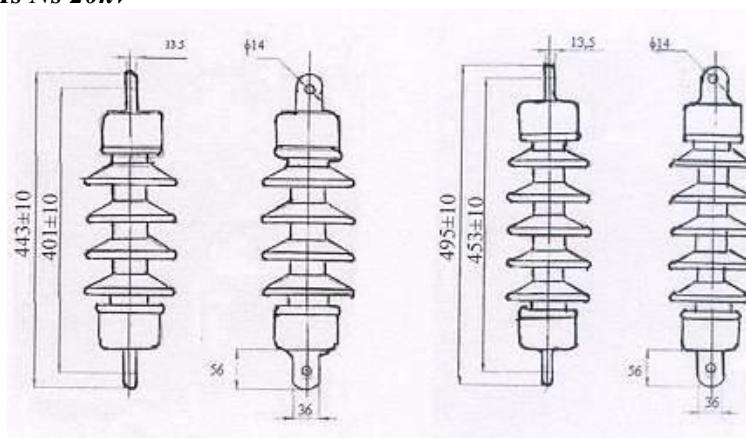


Dimensiunile și caracteristicile izolatoarelor din ceramică neștrăpungibile tip Is Ns 20 kV și IsNs 20S

Tabelul 3

Dimensiunea sau caracteristica	u.m.	Simbolul izolatorului	
		IsNs 20	IsNs 20S
Lungimea L	mm	246	348
Diametrul D	mm	150	195
Linia de fugă	mm	410	650
Tensiunea de ținere la impuls	kV _{max}	125	125
Tensiunea de ținere la frecvență industrială sub ploaie	kV _{ef}	55	55
Sarcina de rupere	kN	9,81	13,8
Masa izolatorului	kg	5,5	9,8
Masa suportului	kg	2,2	2,2
Zona de poluare în care se folosește	-	I, II	III

Figura 3 Izolator de ceramică neștrăpungibil tip Is Ns 20kV



ITfs 45/4

ITfs 45/5

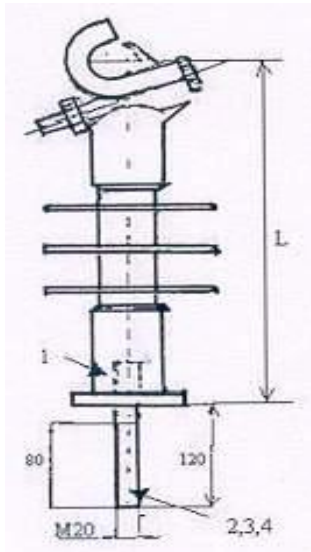
Figura 4 Izolatoare din ceramică de tracțiune neștrăpungibile tip IT fs 20 kV

Caracteristicile tehnice ale izolatoarelor de tip IT fs 45/4, respectiv IT fs 45/5

Tabelul 4

Caracteristici tehnice	Tipul de izolator	
	ITfs 45/4	ITfs 45/5
Tensiunea nominală	24 kV	24 kV
Tensiunea de ținere 1 minut la frecvență industrială	50 kV _{ef}	50 kV _{ef}
Tensiunea de ținere la impuls de trăsnet	125 kV	125 kV
Linia de fugă minimă	480 mm	600 mm
Sarcina de rupere	4 tf	4 tf
Numărul aripilor izolante	4	5
Condiții de mediu:		
- temperatura maximă	40°C	40°C
- temperatura minimă	-30°C	-30°C
- zona de poluare	I-II	III
Masa	6,2 kg	6,7 kg

- **Izolatoare suport cu cauciuc siliconic** tip ICS-24 K/L (ICS – izolator compozit de susținere; 24 kV – tensiunea maximă a rețelei; K – echipare cu clemă K; L – lungimea lanțului de prindere), reprezentate în Figura 5. Caracteristicile tehnice ale acestui tip de izolatoare sunt prezentate în Tabelul 5.



Caracteristicile tehnice ale izolatoarelor compozite de susținere tip ICS-24 K/L

Tabelul 5

Caracteristica	u.m.	Valoarea	
Tensiunea nominală maximă a rețelei	kV	24	
Lungimea (L)	mm	335	
Distanța de conturare	mm	190	
Linia de fugă	mm	420	
Tensiunea de ținere la impuls critic	pozitiv	kV	160
	negativ		205
Tensiunea de ținere la impuls de trăsnet	umed	kV	65
	uscat		95
Sarcina de rupere la întindere	tf	13,4	
Sarcina de rupere la încovoiere	tf	1,25	
Numărul de rile izolante	buc.	3	
Masa	kg	3,7	

Figura 5 Izolator compozit de susținere tip ICS-24 K/L 1 – izolator KL-28SK; 2 – bolt M20; 3 – șaibă A 20; 4 – Piuliță M 20

- **Izolatoare compozite cu cauciuc siliconic de tracțiune**, tip ITS, reprezentate în Figura 6, ale căror caracteristici tehnice sunt prezentate în Tabelul 6.

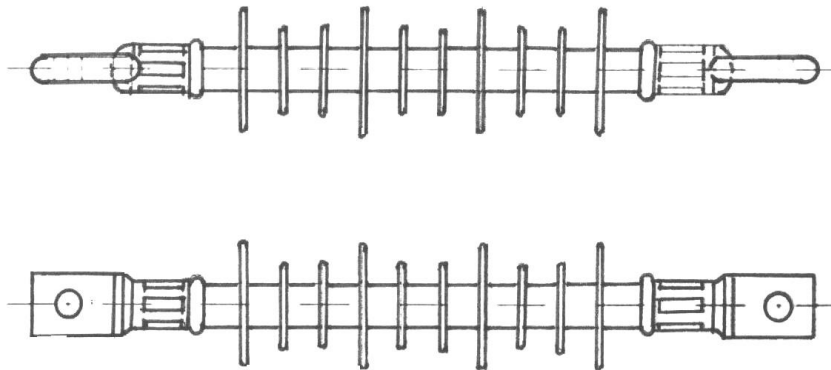


Figura 6 Izolator compozit cu cauciuc siliconic de tracțiune tip ITS

Caracteristicile tehnice ale izolatoarelor de tracțiune tip ITS

Tabelul 6

Tensiunea nominală	24 kV
Tensiunea de ținere 1 minut la frecvență industrială	50 kV _{ef}
Tensiunea de ținere la impuls de trăsnet	
• în stare uscată	135 kV
• în stare umedă	110 kV
Linia de fugă minimă	590 mm
Sarcina de exploatare	3,5 tf
Sarcina de rupere	7 tf
Numărul aripilor izolante	10
Condiții de mediu:	
• temperatura maximă	40°C
• temperatura minimă	-30°C
• zona de poluare	I, II și III
Masa	0,66 kg

La liniile electrice aeriene de înaltă și foarte înaltă tensiune (110 kV÷400 kV) se utilizează următoarele tipuri de izolatoare:

- **Izolatoare nestrăpungibile de suspensie cu linie lungă de fugă de tip tijă.** Un astfel de izolator este reprezentat în Figura 7, iar dimensiunile și caracteristicile lor sunt redată în Tabelul 7.

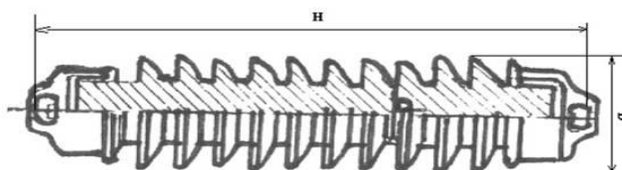


Figura 7 Izolator nestrăpungibil de suspensie cu linie lungă de fugă de tip tijă, pentru variantele VKLS și respectiv VKLF

Dimensiunile și caracteristicile izolatoarelor nestrăpungibile de suspensie cu linie lungă de fugă

Tabelul 7

Dimensiunea sau caracteristica	u.m.	Simbolul izolatorului				
		VKLS – 75/21	VKLS – 85/21	VKLF – 75/16	VKLF – 85/16	
Înălțimea H	mm	1240	1270	1240	1270	
Diametrul D	mm	195	205	170	180	
Diametrul d	mm	75	85	75	85	
Diametrul tijei	mm	16	20	16	20	
Tensiunea de ținere la frecvență industrială	kV _{ef}	• uscat	420	415	425	425
		• sub ploaie	295	295	305	305
Tensiunea de 50% conturare, impuls negativ	kV _{max}	645	645	645	645	
Lungimea liniei de fugă	mm	3350	3350	2500	2500	
Sarcina medie de rupere la tracțiune	kN	120	160	120	160	
Sarcina de durată normală	kN	53	69	53	69	
Masa	kg	35	41	28	34	

- *Izolatoare de suspensie tip capă-tijă din porțelan*, precum cel reprezentat în Figura 8. Dimensiunile și caracteristicile tehnice ale acestor izolatoare sunt prezentate în Tabelul 8.

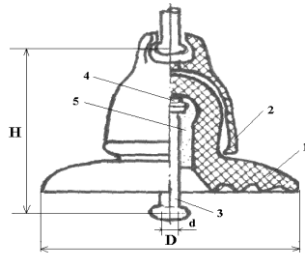


Figura 8 Izolator de suspensie tip capă-tijă din porțelan

- 1 – corpul izolatorului;
- 2 – capă;
- 3 – tijă;
- 4 – piesă de fixare;
- 5 - chit

Dimensiunile și caracteristicile izolatoarelor de suspensie din porțelan, tip capă-tijă
Tabelul 8

Dimensiunea sau caracteristica	u.m.	Simbolul izolatorului	
		IC 170	IC 190
Diametrul D	mm	280	280
Înălțimea H	mm	170	190
Diametrul tijeii d	mm	16	20
Sarcina minimă de rupere	kN	40	60
Tensiunea de ținere la frecvență industrială – sub ploaie	1 buc	kV _{ef}	50
	2 buc	kV _{ef}	95
	3 buc	kV _{ef}	140
Masa	armat	kg	7,5
	nearmat	kg	4,2

- *Izolatoare de suspensie tip capă-tijă din sticlă câlită*, reprezentate în Figura 9 a, b, c și d. Aceste izolatoare sunt fabricate atât pentru zone cu poluare normală, cât și pentru zone intens poluate. Dimensiunile și caracteristicile acestor izolatoare sunt prezentate în Tabelul 9.

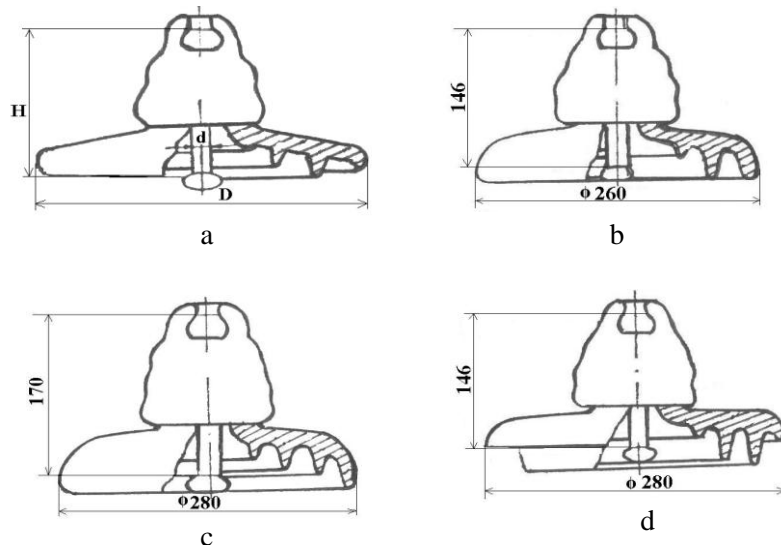


Figura 9 Izolatoare de suspensie tip capă-tijă din sticlă câlită
a – izolator CTS 60-1; b – izolator CTS 120-1; c – izolator CTS 160-1; d – izolator CTS 120-2p

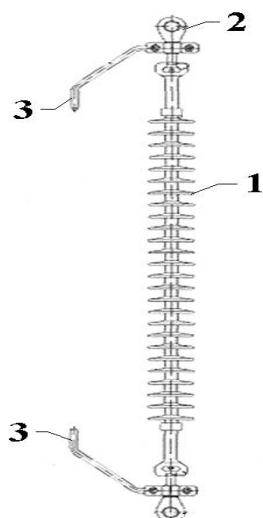
*Dimensiunile și caracteristicile izolatoarelor de suspensie tip
capă-tijă din sticlă călită*

Tabelul 9

Simbolul izolatorului	Diametrul D [mm]	Înălțimea H [mm]	Diametrul tijei d [mm]	Lungimea liniei de fugă [mm]	Tensiunea de ținare în stare uscată [kV]		Tensiunea de ținare la 50 Hz, 1min [kV]		Tensiunea de străpungere în ulei la 50 Hz [kV]	Sarcina mecanică de rupere [kN]	Masa [kg]
					pozitiv	negativ	uscat	plouă			
CTS 60-1	255	131,5	16	295	95	100	58	48	90	60	4,3
CTS 70-1	255	131,5	16	305	100	103	70	43	110	70	4,3
CTS 100-1	255	146	16	305	100	103	70	43	110	100	3,5
CTS 120-1	260	146	16	325	110	115	70	43	90	120	5,7
CTS 160-1	280	170	20	390	110	115	70	40	100	160	8,0
CTS 210-1	320	170	20	390	110	-	-	45	110	210	8,5
CTS 40-2p	180	110	11	300	80	85	60	36	100	40	2,3
CTS 70-2p	280	146	16	445	125	130	85	50	110	70	5,8
CTS 100-2p	280	146	16	445	125	130	85	50	110	100	5,2
CTS 120-2p	280	146	16	425	125	130	85	50	90	120	6,7
CTS 160-2p	320	170	20	550	140	-	-	55	110	160	10,6
CTS 210-2p	340	170	20	550	140	-	-	50	110	210	11,5
CTS 70-3	255	146	16	305	100	-	-	40	110	70	4,35
CTS 160-3	280	170	20	390	105	-	-	40	110	160	6,5
CTS 160-4	280	146	20	390	105	-	-	40	110	160	6,5

- **Izolatoare compozite Hi*Lite XL – tip tijă**, pentru LEA și stații de 110 kV.

Un astfel de izolator și părțile lui componente sunt reprezentate în Figura 10. Simbolurile utilizate la descrierea acestui tip de izolatoare au următoarea semnificație: tensiunea nominală a rețelei, în kV; sarcina mecanică de rupere, în kN; lungimea, în mm; linia de fugă specifică, în mm/kV; tipul terminalelor metalice. Caracteristicile izolatoarelor compozite Hi*Lite – tip tijă sunt prezentate în Tabelul 10.


Figura 10 Lanț cu izolatoare compozite

- 1 – izolator Hi*Lite;**
- 2 – ochi de susținere;**
- 3 – corn descărcare**

Pentru LEA cu tensiuni nominale de 110 kV÷750 kV, precum și pentru LEA de 20 kV, parțial, se folosesc **elemente de izolatoare de suspensie** montate în **lanțuri**, în scopul realizării izolației necesare liniei electrice. Caracteristicile electrice corespunzătoare unui lanț de izolatoare sunt practic aceleași ca și ale unui singur element și anume: tensiunea de conturare, tensiunea convențională de

ținere la impuls de comutație-trăsnet, tensiunea de 50% conturnări a unei izolații, lungimea liniei de fugă, tensiunea de străpungere, tensiunea statistică de ținere la impuls de comutație-trăsnet. Pe lângă aceste caracteristici, care definesc calitățile unui lanț de izolatoare în stare curată, în cazul zonelor poluate, este deosebit de importantă determinarea și verificarea tensiunilor de conturnare, precum și a celor de ținere, în condițiile de contaminare a izolației.

Caracteristicile lanțurilor de susținere cu izolatoare compozite Hi*Lite XL – tip tijă, pentru linii electrice aeriene de 110 kV

Tabelul 10

Descriere	Linie fugă specifică [mm/kV]	Lungime [mm]	Terminale metalice	Tensiunea de ținere [kV]		Tensiunea de conturnare 50% la impuls 1,2/50μs [kV _{ef}]	Sarcina mecanică de rupere [kN]	Masa izolatorului [kg]
				Sub ploaie la 50 Hz [kV _{ef}]	La impuls, 1,2/50μs [kV _{max}]			
Izolator Hi*Lite EPS • 110-120-1278-20,48-NN 16	20,48	1278	nucă-nucă 16 mm	230	550	690	120	3,2
Izolator Hi*Lite EPS • 110-160-1257-21,78-NN 20	21,78	1257	nucă-nucă 20 mm	230	550	690	160	5,9
Izolator Hi*Lite EPS • 110-120-1278-26,82-NN 16	26,82	1278	nucă-nucă 16 mm	230	550	690	120	3,6
Izolator Hi*Lite EPS • 110-160-1257-25,00-NN 20	25,00	1257	nucă-nucă 20 mm	230	550	690	160	6,2
Izolator Hi*Lite EPS • 110-120-1430-31,00-NN 16	31,00	1430	nucă-nucă 16 mm	230	550	690	120	4,0
Izolator Hi*Lite EPS • 110-160-1413-31,41-NN 20	33,41	1413	nucă-nucă 20 mm	230	550	690	160	7,5

Pentru aceste zone poluate, la alegerea izolației LEA, una din cele mai importante caracteristici este lungimea liniei de fugă, definită ca fiind cea mai mică distanță pe suprafața izolației, între părțile metalice aflate la potențiale electrice maxime.

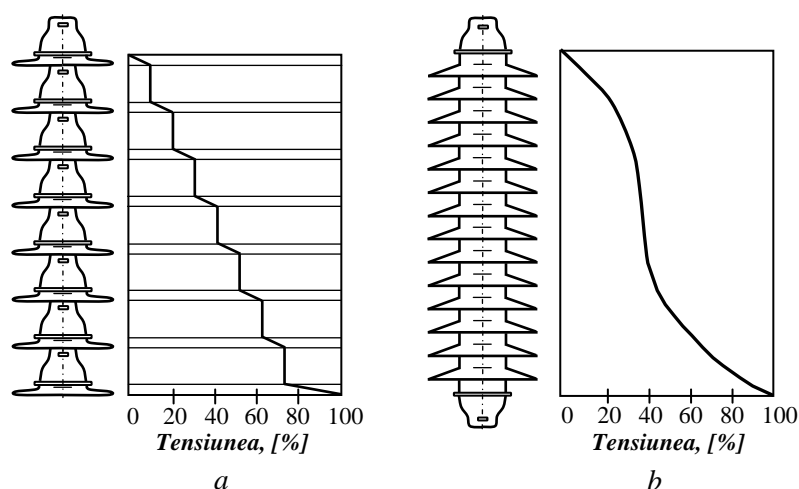


Figura 11 Repartiția tensiunilor pe un lanț de izolatoare: a – tip capă-tijă; b – tip tijă

Tensiunile de conturnare ale lanțurilor de izolatoare depind de numărul de izolatoare ale lanțului, fiind proporționale cu numărul de elemente, precum și de existența armăturilor de protecție. Trebuie menționat faptul că tensiunea de conturnare a unui lanț de izolatoare crește mai lent totuși decât numărul de elemente din lanț, datorită, în principal, repartiției neuniforme a potențialului în lungul lanțului de izolatoare. Această repartiție neuniformă se datorește, în principal, unei distribuții neuniforme a sarcinilor electrice pe sistemul de condensatoare format de izolatoarele lanțului. În Figura 11 este prezentată repartiția tensiunilor pe un lanț de izolatoare de tip capă-tijă și pentru un izolator de tip tijă, iar în Figura 12 este reprezentată variația căderilor de tensiune pe un lanț de izolatoare în stare uscată și în condiții de umiditate ridicată .

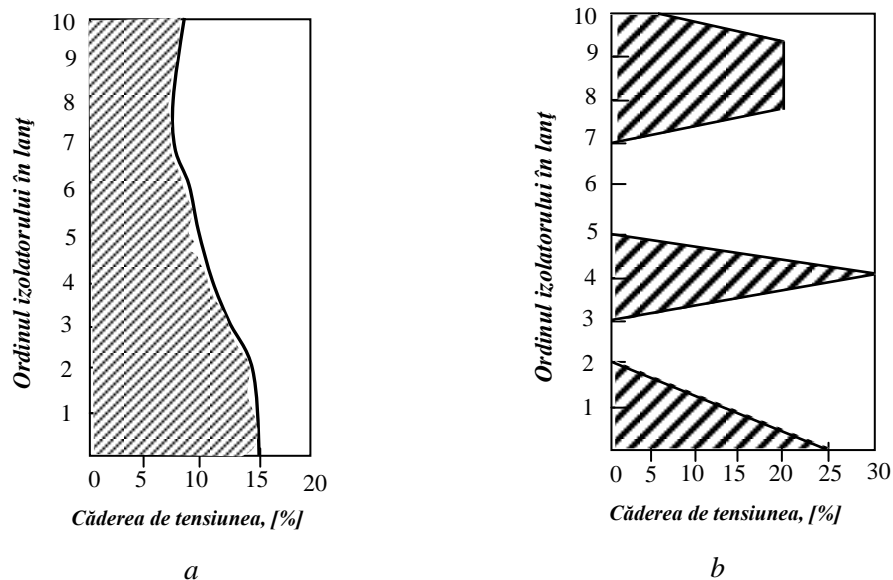


Figura 12 Variația căderilor de tensiune pe un lanț de izolatoare în următoarele condiții:
a – în stare uscată; *b* – în condiții de umiditate ridicată

Cunoscând tensiunile de conturnare ale lanțului de izolatoare, în special cea de conturnare sub ploaie, se poate stabili tensiunea maximă de serviciu a liniilor electrice aeriene, respectiv a lanțului de izolatoare. Aceasta este definită ca valoarea efectivă a celei mai mari tensiuni între faze, care poate să apară în condiții normale de funcționare la bornele lanțurilor de izolatoare.

Din punct de vedere funcțional, lanțurile de izolatoare utilizate la liniile electrice aeriene sau la stațiile de transformare, pot fi împărțite după cum urmează:

- ✓ lanțuri de izolatoare de susținere simple sau duble;
- ✓ lanțuri de izolatoare de întindere simple, duble, triple sau quadruple.

Pentru exemplificare, în Figurile 13 și 14 sunt prezentate diferite variante de lanțuri de izolatoare de susținere sau de întindere.

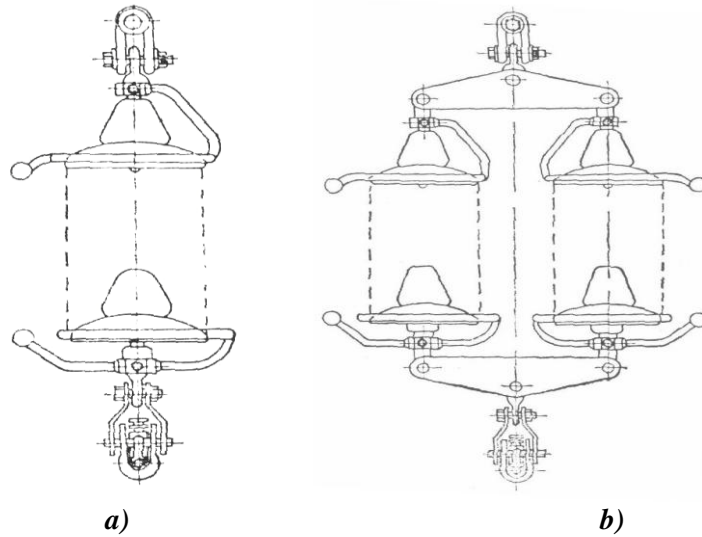


Figura 13 Variante de lanțuri de izolatoare de susținere: a – lanț simplu de susținere; b – lanț dublu de susținere

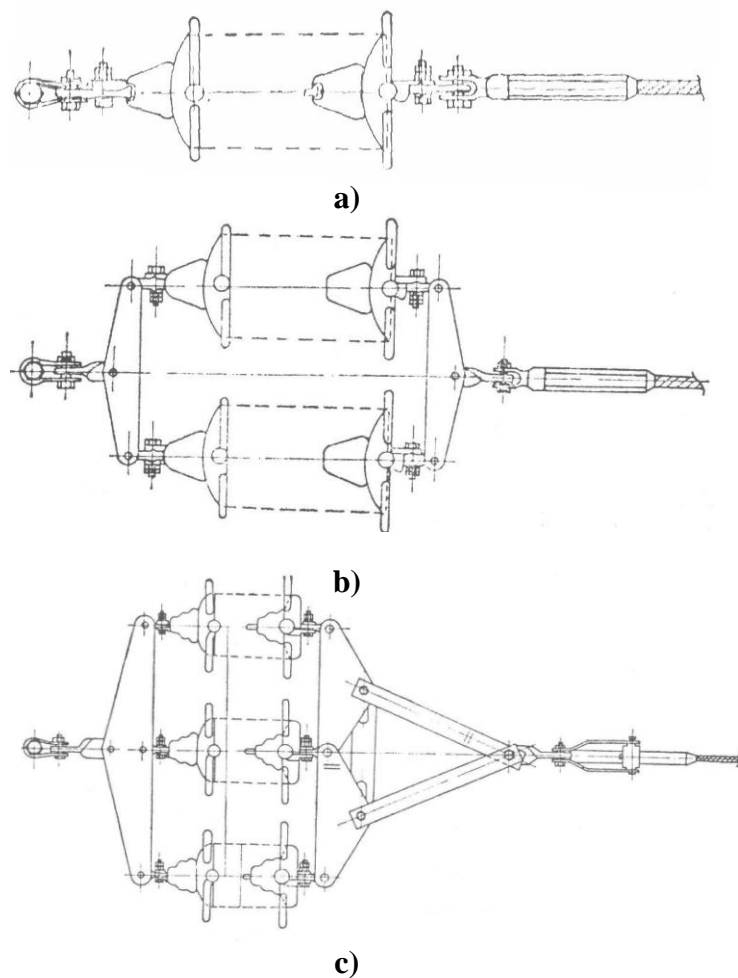


Figura 14 Diferite variante de lanțuri de întindere: a – lanț simplu de întindere; b – lanț dublu de întindere; c – lanț triplu de întindere

În cele ce urmează, sunt prezentate variante ale lanțurilor de susținere și întindere, cu izolatoare compozite de tip tijă, pentru tensiunea de 110 kV.

- ❖ Lanț simplu de susținere tip LSS pentru linii electrice aeriene, cu izolatoare compozite Hi*Lite XL – tip tijă, de 110 kV.

În Figura 15 este reprezentat un lanț simplu de susținere pentru o linie electrică aeriană cu tensiunea nominală de 110 kV, iar în Tabelul A1.40 sunt prezentate caracteristicile diferitelor tipuri constructive. Semnificația simbolurilor utilizate la descrierea acestor lanțuri simple cu izolatoare compozite este următoarea: LSS – lanț simplu de susținere; tensiunea nominală a rețelei, în kV; sarcina mecanică de rupere, în kN; lungimea, în mm; linia de fugă specifică corespunzătoare zonei de poluare, în mm/kV; tipul terminalelor metalice.

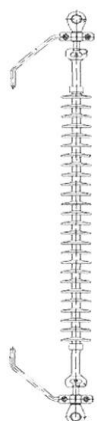


Figura 15 Lanț simplu de susținere cu izolatoare compozite Hi*Lite XL – tip tijă

Caracteristicile lanțurilor de susținere cu izolatoare compozite Hi*Lite XL – tip tijă, pentru linii electrice aeriene de 110 kV

Tabelul 11

Descriere	Cant. [buc]	Linia de fugă [mm/kV]	Lungime de montaj [mm]	Sarcina mecanică de rupere [kN]
Izolator Hi*Lite EPG • 110-120-1278-20,48-NN 16	2	20,48	1278	120
Izolator Hi*Lite EPG • 110-120-1278-26,82-NN 16	2	26,82	1278	120
Izolator Hi*Lite EPG • 110-120-1278-31,00-NN 16	2	31,00	1430	120

- ❖ Lanț simplu de întindere tip LSI pentru liniile electrice aeriene cu tensiunea nominală de 110 kV, cu izolatoare compozite Hi*Lite XL – tip tijă

Un astfel de lanț este reprezentat în Figura 16, iar în Tabelul 12 sunt prezentate caracteristicile diferitelor tipuri constructive ale lanțurilor simple de întindere, cu izolatoare compozite. Semnificația simbolurilor utilizate la descrierea acestora este similară cu aceea de la lanțurile simple de susținere.

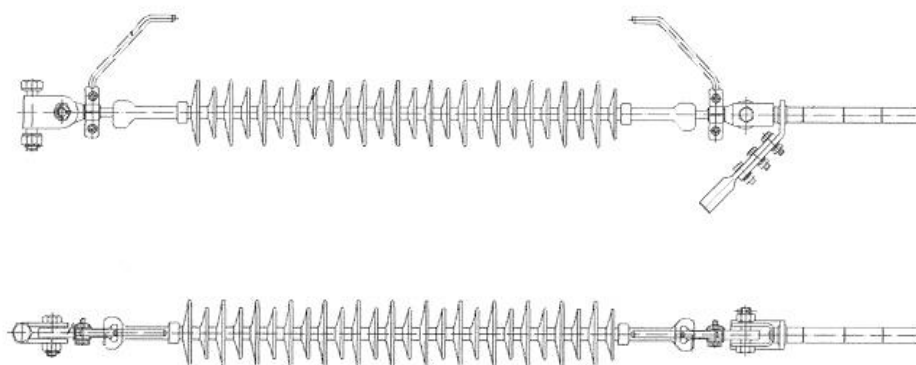


Figura 16 Lanț simplu de întindere pentru liniile electrice aeriene de 110 kV, cu izolatoare compozite Hi*Lite XL – tip tijă

*Caracteristicile lanțurilor simple de întindere, cu izolatoare compozite Hi*Lite XL – tip tijă, pentru LEA de 110 kV*

Tabelul 12

Descriere	Linia de fugă [mm/kV]	Lungime de montaj [mm]	Sarcina mecanică de rupere [kN]
Izolator Hi*Lite EPG • 110-120-1278-20,48-NN 16	20,48	1278	120
Izolator Hi*Lite EPG • 110-120-1278-26,82-NN 16	26,82	1278	120
Izolator Hi*Lite EPG • 110-120-1278-31,00-NN 16	31,00	1430	120
Izolator Hi*Lite EPG • 110-160-1257-21,78-NN 20	21,78	1257	160
Izolator Hi*Lite EPG • 110-160-1257-25,00-NN 20	25,00	1257	160
Izolator Hi*Lite EPG • 110-160-1413-33,41-NN 20	33,41	1413	160

- ❖ *Lanț dublu de susținere tip LDS pentru liniile electrice aeriene de 110 kV, cu izolatoare compozite Hi*Lite XL – tip tijă*

În Figura 17 este reprezentat un astfel de lanț dublu de susținere pentru liniile electrice aeriene cu tensiunea nominală de 110 kV, iar în Tabelul 13 sunt prezentate caracteristicile diferitelor tipuri constructive. Simbolurile utilizate la descrierea acestora au aceeași semnificație ca și în cazul lanțurilor simple de susținere.

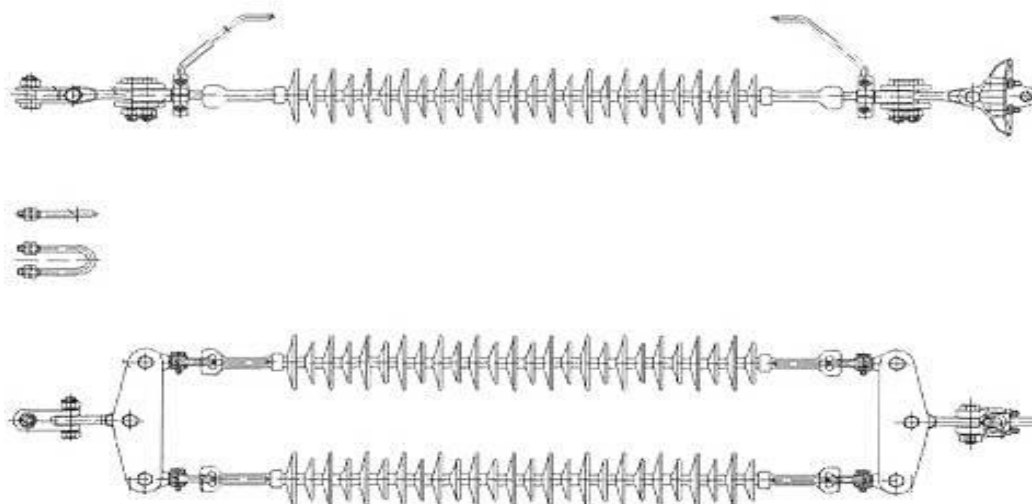


Figura 17 Lanț dublu de susține pentru LEA de 110 kV, cu izolatoare compozite Hi*Lite XL – tip tijă

*Caracteristicile lanțurilor duble de susținere, cu izolatoare compozite Hi*Lite XL – tip tijă, pentru liniile electrice aeriene de 110 kV*

Tabelul 13

Descriere	Cant [buc]	Linia de fugă [mm/kV]	Lungime de montaj [mm]	Sarcina mecanică de rupere [kN]
Izolator Hi*Lite EPG • 110-120-1278-20,48-NN 16	2	20,48	1278	120
Izolator Hi*Lite EPG • 110-120-1278-26,82-NN 16	2	26,82	1278	120
Izolator Hi*Lite EPG • 110-120-1430-31,00-NN 16	2	31,00	1430	120

❖ *Lanț dublu de întindere tip LDI pentru liniile electrice aeriene de 110 kV, cu izolatoare compozite Hi*Lite XL – tip tijă.*

Un astfel de lanț dublu de întindere pentru liniile electrice aeriene de 110 kV este prezentat în Figura 18. Modul de simbolizare al acestora este similar cu cel de la lanțurile simple de întindere, iar caracteristicile diferitelor tipuri constructive sunt prezentate în Tabelul 14.

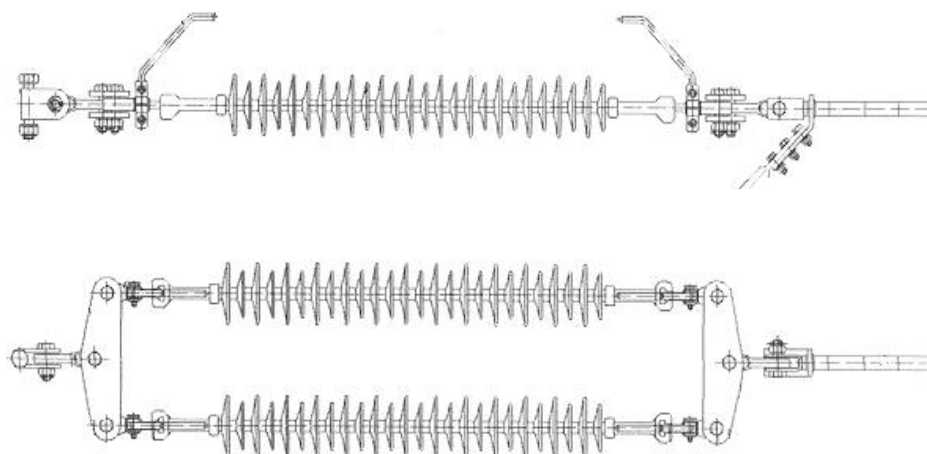


Figura 18 Lanț dublu de întindere pentru liniile electrice aeriene de 110 kV, cu izolatoare compozite Hi*Lite XL – tip tijă

*Caracteristicile lanțurilor duble de întindere, cu izolatoare compozite Hi*Lite XL – tip tijă, pentru liniile electrice aeriene de 110 kV*

Tabelul 14

Descriere	Cant. [buc]	Linia de fugă [mm/kV]	Lungime de montaj [mm]	Sarcina mecanică de rupere [kN]
Izolator Hi*Lite EPG • 110-120-1278-20, 48-NN 16	2	20,48	1278	120
Izolator Hi*Lite EPG • 110-120-1278-26, 82-NN 16	2	26,82	1278	120
Izolator Hi*Lite EPG • 110-120-1278-31, 00-NN 16	2	31,00	1430	120
Izolator Hi*Lite EPG • 110-160-1257-21, 78-NN 20	2	21,78	1257	160
Izolator Hi*Lite EPG • 110-160-1257-25, 00-NN 20	2	25,00	1257	160
Izolator Hi*Lite EPG • 110-160-1413-33, 41-NN 20	2	33,41	1413	160

- ❖ Lanț de întindere în “V” tip LIV, cu izolatoare compozite Hi*Lite XL – tip tijă, pentru tensiunea de 110 kV,

În Figura 19 este reprezentat un lanț de întindere în “V”, pentru tensiunea de 10 kV, iar în Tabelul 15 sunt prezentate caracteristicile diferitelor tipuri constructive.

Modul de simbolizare al acestora este similar cu acela de la lanțurile simple de întindere.



Figura 19 Lanț dublu de întindere în “V” cu izolatoare compozite Hi*Lite XL – tip tijă, pentru tensiunea de 110 kV

3. Modul de desfășurare a lucrării

- Se vor recunoaște tipurile de materiale utilizate pentru realizarea izolatoarelor folosite la LEA, cu principalele lor proprietăți mecanice și fizice.
- Studenții vor identifica tipurile de izolatoare existente în colecția laboratorului de TDEE și vor indica, pentru fiecare tip în parte, tensiunea și modul de simbolizare.
- Se vor realiza diferite tipuri de lanțuri de izolatoare (întindere, susținere, simple sau duble), cu ajutorul elementelor componente existente în laborator.

Bibliografie

1. **Georgescu Gh.**, *Sisteme de distribuție a energiei electrice*, Editura Politehniun, Iași, 2007.
2. **Georgescu Gh., Neagu B.**, *Proiectarea și exploatarea asistată de calculator a sistemelor publice de repartiție și distribuție a energiei electrice*, vol. 1, Editura Fundației Academice AXIS, Iași, 2010.
3. **Georgescu Gh.**, *Transportul și distribuția energiei electrice. Lucrări practice de laborator*, Editura Politehniun, Iași, 2005.
4. **Georgescu Gh.**, *Transportul și distribuția energiei electrice. Produse software specializate*, Editura Politehniun, Iași, 2005.
5. **Georgescu Gh., Varvara V., Neagu B.**, *Possibilities of Survey and Shape the Consumption from the Electric Energy Distribution Systems* Bul. Inst. Polit Iasi, Tom LIV (LVIII) fasc.3, 2008, pp.139- 146.
6. **Georgescu Gh., Neagu B.**, *Aspects regarding the improvement of supply quality in public electricity distribution systems*, Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Tomul XVI(XXVII), fasc. 3, 2010.
7. **Georgescu Gh.**, *Sisteme de distribuție a energiei electrice*, vol. 1, partea a II-a, Editura Politehniun, Iași, 2007.
8. **Georgescu Gh., Rădășanu D.**, *Transportul și distribuția energiei electrice*, vol. 1, Editura “Gh. Asachi”, Iași, 2000.
9. **Georgescu Gh., Istrate M., Varvara V., ș.a.**, *Transportul și distribuția energiei electrice*, vol. 2, Editura Politehniun, Iași, 2001.
10. **Georgescu Gh.**, *Transportul și distribuția energiei electrice*, vol. 3, Casa de editură Venus, Iași, 2002.
11. **Neagu B., Georgescu Gh.**, *Reduction of Power Losses in Public Distribution Systems for Increase the Energetic Efficiency and the Quality of Delivered Energy*, The 7th National Conference on Industrial Energetics with International Participation – CNEI 2009, Bacău, pp. 197-202.