

LABORATORIUM PODSTAW TECHNIKI WYSOKICH NAPIĘĆ

**WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA
INSTYTUT SYSTEMÓW ELEKTRONICZNYCH
ZAKŁAD OBWODÓW I SYGNAŁÓW ELEKTRYCZNYCH**

ROZKŁAD NAPIĘCIA NA ŁAŃCUCHU IZOLATORÓW WISZĄCYCH

Wprowadzenie

Izolację linii elektroenergetycznych na napięcie znamionowe powyżej 30 kV stanowią często łańcuchy izolatorów wiszących. Łańcuch izolatorów składa się z szeregu pojedynczych ogniw izolatorowych łączonych ze sobą przegubowo. Długość łańcucha (liczba ogniw izolatorowych) zależy od napięcia znamionowego linii oraz typu izolatorów. Przykładowe liczby ogniw jednokołpakowych stosowane w łańcuchach izolatorów na słupach przelotowych podano w tablicy 1.

Tablica 1. Zależność liczby ogniw izolatorów od napięcia znamionowego linii

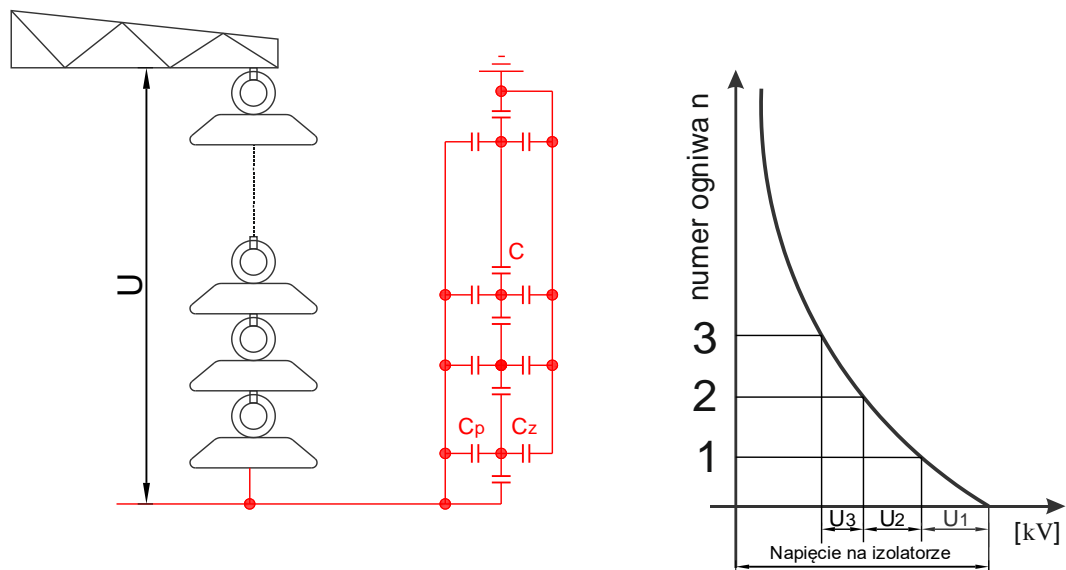
Napięcie linii [kV]	30	60	110	220	400
Liczba ogniw [szt]	2	4	7	14	22

Napięcie przeskoku łańcucha izolatorów wiszących zależy od liczby i typu zastosowanych ogniw.

Dla napięć o częstotliwości 50 Hz oraz dla napięć udarowych poszczególne izolatory łańcucha można traktować jako kondensatory, prądy pojemnościowe przy tych napięciach znacznie przewyższają prądy przewodnościowe (dla izolatorów czystych i suchych).

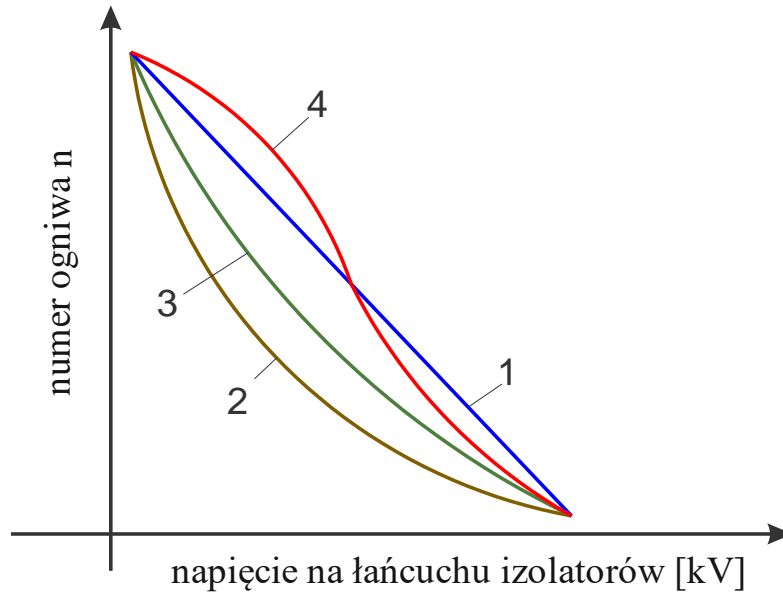
Gdyby w układzie składającym się ze słupa, łańcucha izolatorów i przewodu roboczego występowały tylko pojemności ogniw, rozkład napięcia wzdłuż łańcucha byłby równomierny, tzn. spadki napięcia na poszczególnych izolatorach

byłyby równe. Jednakże w układzie rzeczywistym (rys. 1) występują dodatkowe pojemności C_Z między okuciami izolatorów a słupem (pojemności doziemne) oraz pojemności C_P między okuciami a przewodem roboczym. Tak więc łańcuch izolatorów można przedstawić za pomocą łańcucha pojemności, składającego się z pojemności C , pojemności doziemnych C_Z i pojemności C_P . Pojemności te powodują, że rozkład napięcia wzdłuż łańcucha nie jest równomierny.



Rys. 1. Łańcuch izolatorów wiszących, jego układ zastępczy i rozkład napięcia.

Rozkład napięcia wzdłuż łańcucha zależy od stosunku tych pojemności (C , C_Z , C_P). Przykładowe rozkłady napięcia dla różnych wartości pojemności podano na rysunku 2. W praktyce należy liczyć się z następującymi wartościami pojemności: $C = 10 \div 70$ pF, $C_P = 0,5 \div 1$ pF., $C_Z = 4 \div 5$ pF. Dla takich wartości, spotykane w praktyce rozkłady napięcia są podobne do rozkładów przedstawionych na rysunku 2 za pomocą krzywych 2 i 3. Jak widać, najbardziej naprężane są ogniwa przy przewodzie roboczym, a najmniej w pobliżu poprzeczki słupa.



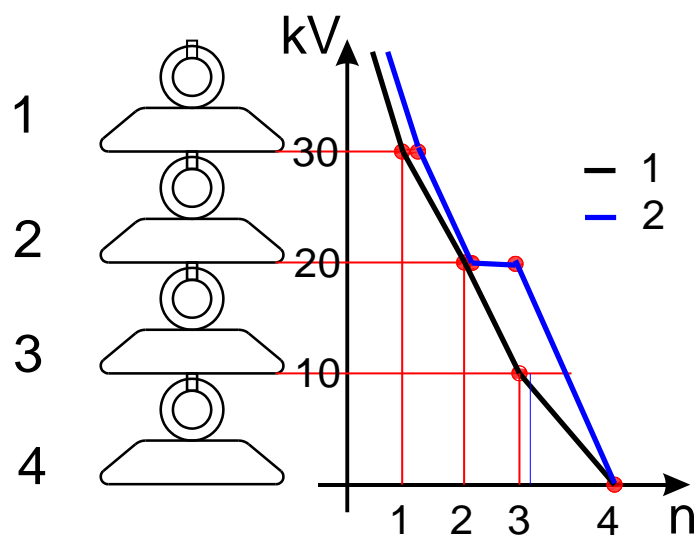
Rys. 2. Rozkłady napięć wzdłuż łańcucha izolatorów (numer ogniwa n liczony od przewodu roboczego): 1) $C_Z = 0; C_P = 0$; 2) $C_Z = 0; C_P = 0$; 3) $C_Z > C_P = 0$; 4) $C_Z = C_P$.

Nierównomierność rozkładu napięcia powoduje obniżenie udarowego napięcia przeskoku łańcucha, natomiast nie ma większego wpływu na napięcie przeskoku przy 50 Hz. Tłumaczy się to tym, że przeskok przy napięciu 50 Hz poprzedzony jest silnymi wyładowaniami wstępnymi (niezpełnymi) na najbardziej naprężonych ogniwach. Prądy przewodnościowe tych wyładowań są współmierne z prądami pojemnościowymi w łańcuchu, przez co znacznie poprawiają pierwotny rozkład napięcia, wywołany samymi pojemnościami. W obwodzie zastępczym można przyjąć, że pojemności, na których występują wyładowania niezpełne, są zbocznikowane rezystancjami, dzięki czemu maleje spadek napięcia na poszczególnych ogniwach. Tak więc dzięki wyładowaniom niezpełnym, następuje wyrównanie napięcia wzdłuż łańcucha izolatorów wiszących.

W celu wyrównania rozkładu napięcia na łańcuchach izolatorów w liniach najwyższych napięć stosuje się armaturę ochronną. Armaturę stanowią zazwyczaj pierścienie z owalnego pręta, umocowane do okuć najwyższego i najniższego

ogniwa izolowanego i połączenie odpowiednio ze słupem (ziemią) i z przewodem roboczym. Pierścień połączony z przewodem roboczym stanowi ekran, który przez pojemności C_P (rys. 1.) zasila poszczególne okucia prądem pojemnościowym, równoważąc prądy pojemnościowe związane z pojemnościami C_Z . Dzięki temu uzyskuje się wyrównanie rozkładu napięcia. Uziemiony pierścień znajduje się w „cieniu” konstrukcji metalowej słupa i dlatego nie wpływa praktycznie na poprawę rozkładu napięcia, a jego rola polega na odsuwaniu ewentualnego łuku od izolatorów.

Pomiary rozkładu napięcia na łańcuchach izolatorów wiszących dokonywane są w czasie pracy linii elektroenergetycznych w celu wykrycia „przebitych” ogniw izolatorowych. Znając rozkład napięcia na łańcuchu izolatorów „zdrowych” i dokonując - po pewnym czasie eksploatacji linii elektroenergetycznych – ponownego pomiaru rozkładu napięcia, można wykryć przebite ogniwa izolatorowe, gdyż na ogniwach tych spadek napięcia jest równy w przybliżeniu zero (rys. 3.).



Rys. 3. Rozkład napięcia wzdłuż łańcucha izolatorów: 1- dla łańcucha zdrowego, 2- dla łańcucha z przebitym ogniwem nr 3.

Pomiarów rozkładu napięcia dokonuje się w czasie pracy linii za pomocą iskierników kulowych lub woltomierzy elektrostatycznych. Iskiernik kulowy lub

woltomierz elektrostatyczny umieszcza się na drążku izolacyjnym o odpowiedniej długości. Często pomiar ogranicza się do stwierdzenia czy na badanym ogniwie izolatora występuje spadek napięcia.

PROTOKÓŁ POMIAROWY

WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA
WYDZIAŁ ELEKTRONIKI

LABORATORIUM PODSTAW TECHNIKI WYSOKICH NAPIĘĆ			
Gr.		Numer ćwiczenia	
Lp.	Nazwisko i imię	Data wykonania ćwiczenia	
1.	Prowadzący ćwiczenie	
2.		
3.	Podpis	
4.	Data wykonania ćwiczenia	
5.		
Temat	Pomiary rozkładu napięcia na łańcuchu izolatorów wiszących..		

1. Sposób wykonania stanowiska

Pomiaru rozkładu napięcia na łańcuchu izolatorów wiszących dokonuje się po przyłączeniu do łańcucha wysokiego napięcia o wartościach skutecznych: 7 kV, 14 kV, 28 kV, 48 kV. Źródłem wysokiego napięcia jest transformator TP60-2.

Spadek napięcia ΔU na poszczególnych ogniwach mierzy się za pomocą izolacyjnego drążka Ferrantiego o odpowiedniej długości, Podłączonego do woltomierza elektrostatycznego C196. Przełączenia przyrządu pomiarowego z jednego ogniwa na drugie dokonuje się bez wyłączenia napięcia. Osoba dokonująca pomiaru siedzi na podeście izolacyjnym.

Wartość napięcia U przyłożonego do łańcucha izolatorów oblicza się sumując spadki napięcia ΔU na poszczególnych ogniwach.

Łańcuch izolatorów zawieszony jest na miedzianej belce, do której doprowadzone jest napięcie z transformatora TP60-2.

1.1. Sposób wykonania pomiarów

W ćwiczeniu należy dokonać pomiaru rozkładu napięcia dla łańcucha złożonego z pięciu izolatorów zawieszonych na uziemionej belce podsufitowej dla następujących przypadków:

- a) bez modelu słupa i bez armatury ochronnej;
- b) bez modelu słupa, z armaturą ochronną;
- c) bez modelu słupa bez armatury ochronnej z uszkodzonym jednym ogniwem.

W pomiarze rozkładu napięcia na łańcuchu izolatorów, w których jeden izolator jest przebity, ustawić napięcie zasilania o wartości skutecznej podanej przez prowadzącego zajęcia.

1.1.1. Pomiar rozkładu napięcia bez modelu słupa i bez armatury ochronnej.

Tabela 1

Bez słupa, bez armatury ochronnej					
Numer okucia	Zakres woltomierza	7 kV	14 kV	28 kV	48 kV
		U_{z-n}	U_{z-n}	U_{z-n}	U_{z-n}
n	[kV]	[kV]	[kV]	[kV]	[kV]
1					
2					
3					
4					
5					

Tabela 2

Bez słupa z armaturą ochronną					
Numer okucia	Zakres woltomierza	7 kV	14 kV	28 kV	48 kV
		U_{z-n}	U_{z-n}	U_{z-n}	U_{z-n}
n	[kV]	[kV]	[kV]	[kV]	[kV]
1					
2					
3					
4					
5					

Tabela 3

Uszkodzone jedno ogniwo		
Numer okucia	Zakres woltomierza	U_{z-n}
n	[kV]	[kV]
1		
2		
3		
4		
5		

Opracowanie wyników pomiarów:

1. Wykonać wykresy rozkładu napięcia w zależności od numeru okucia dla pomiarów z tabel 1 oraz 2.
2. Wykonać wykres rozkładu napięcia w zależności od numeru okucia dla pomiarów z tabeli 3.
3. Omówić i wyjaśnić przebiegi otrzymanych wykresów.

Literatura

- [1] Flisowski Z.: Technika wysokich napięć. Wyd. 5, WNT, Warszawa 2007
- [2] Wodziński J.: Wysokonapięciowa technika prób i pomiarów, PWN, Warszawa 1997
- [3] Kosztaluk R.: Technika badań wysokonapięciowych, WNT, Warszawa 1995