

Lekcja 56. Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach elektrycznych na napięciu powyżej 1 kV

W urządzeniach o napięciu powyżej 1 kV stosuje się ochronę przed:

- a) bezpośrednim dotknięciem części obwodu elektrycznego znajdujących się pod napięciem w normalnych warunkach pracy (ochrona podstawowa);
- b) porażeniem napięciami dotykowymi albo krokowymi, pojawiającymi się przy przepływie prądów zwarciovych lub piorunowych na elementach nie należących do obwodu elektrycznego (ochrona dodatkowa). W szczególnych przypadkach stosuje się uzupełniające środki ochrony przeciwporażeniowej.

- Ochrona przeciwporażeniowa podstawowa w urządzeniach o napięciu powyżej 1 kV sprowadza się do stosowania:
 - a) izolacji,
 - b) odstępów i odległości,
 - c) barier, ogrodzeń i osłon.

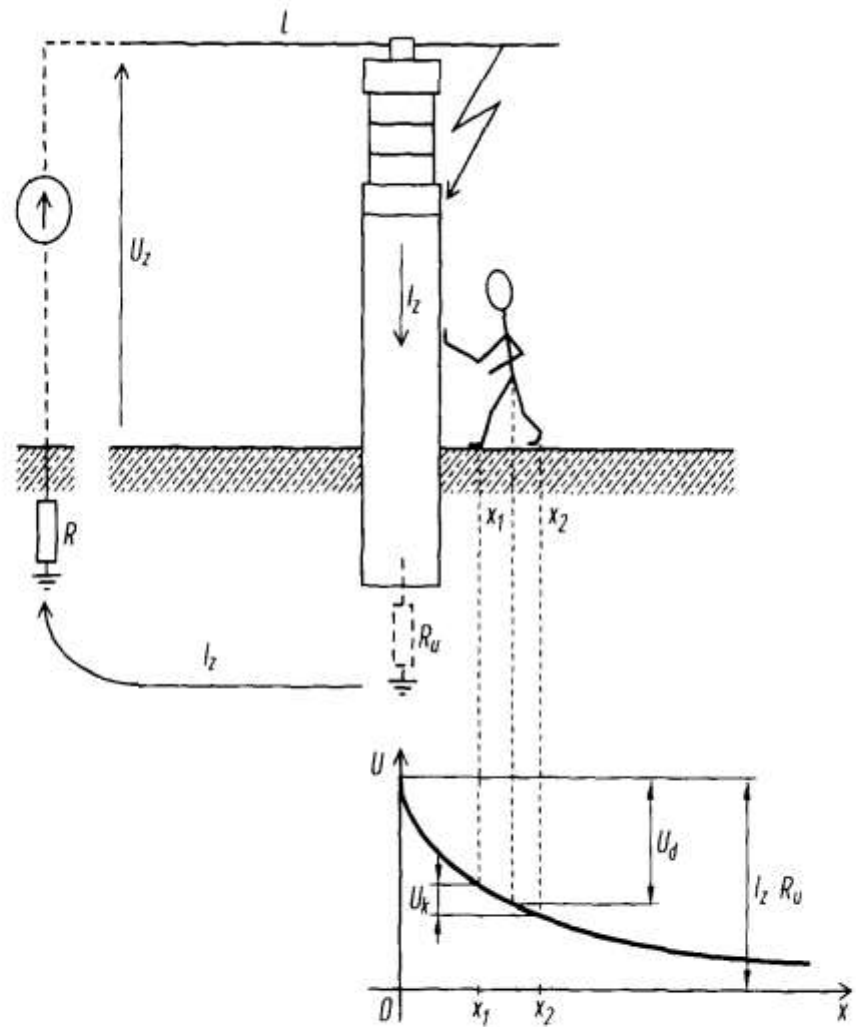
Ochrona dodatkowa zmierza do zmniejszenia napięć rażeniowych dotykowych i krokowych oraz czasu ich występowania. Osiąga się to poprzez stosowanie uzemień ochronnych oraz szybkie wyłączenie zwarcí doziemnych (w czasie 0,1 do 0,5s).

Uzupełniające środki ochrony przeciwporażeniowej dodatkowej mają zmniejszyć zagrożenie poprzez zwiększenie rezystancji obwodu rażeniowego — w tym celu stosuje się:

- a) izolowanie stanowisk,
- b) powłoki izolacyjne,
- c) wstawki izolacyjne,
- d) utrudnienie dostępu do terenu, na którym mogą wystąpić niebezpieczne napięcia dotykowe lub krokowe (ogrodzenia).

Zagrożenie rażeniowe

Jeśli izolacja doziemna urządzenia wysokiego napięcia ulegnie uszkodzeniu, to powstanie obwód zwarcia zamykający się zwykle przez ziemię i nastąpi przepływ prądu zwarcia doziemnego.



Rys. Ilustracja pojęcia napięcia dotykowego i napięcia krokowego

I_z — prąd zwarcia doziemnego, U_z — napięcie względem ziemi, U_d — napięcie dotykowe, U_k — napięcie krokowe, R_u — rezystancja uziemienia, $U(x)$ — rozkład napięcia wokół uziemienia, L — przewód fazowy

Prąd zwarciový, przepływając przez uziemioną konstrukcję (np. słup linii napowietrznej) do ziemi, powoduje powstanie spadku napięcia rozłożonego wokół uziemienia. Prąd płynący przez uziemienie rozptywa się w ziemi, a na powierzchni ziemi można stwierdzić wystąpienie napięcia $U(x)$ rozłożonego wokół uziomu. Jeśli człowiek znajdzie się w pobliżu konstrukcji, przez którą przepływa prąd zwarcia doziemnego, to może ulec porażeniu pod wpływem:

- a) napięcia dotykowego U_d , jeśli dotknie konstrukcji;
- b) napięcia krokowego U_k , jeśli jego nogi będą się znajdować w miejscach x_1 i x_2 , pomiędzy którymi występuje napięcie krokowe:

$$U_k = U(x_1) - U(x_2)$$

Wartość prądu zwarcia doziemnego, od którego zależy bezpośrednio wartość napięcia dotykowego i krokowego, jest uzależniona od rodzaju połączenia punktu neutralnego sieci.

W Polsce sieci 110 kV, 220 kV i 400 kV mają uziemiony punkt neutralny. Przy zwarciach doziemnych występują w tych sieciach prądy o dużym natężeniu (od kilku do kilkudziesięciu kiloamperów).

Sieci o napięciach 20 kV, 15 kV, 10 kV i 6 kV mają punkt neutralny izolowany albo uziemiony pośrednio — przez rezystancję lub indukcyjność.

Prądy zwarcia doziemnego są w tych sieciach znacznie mniejsze i wynoszą:

- od kilku do kilkudziesięciu amperów w sieciach z izolowanym punktem neutralnym oraz w sieciach z cewką Petersena;
- od kilkuset do kilku tysięcy amperów w sieciach uziemionych przez rezystancję.

Projektując i eksploatując sieć, reguluje się prądy zwarcia doziemnego tak, aby:

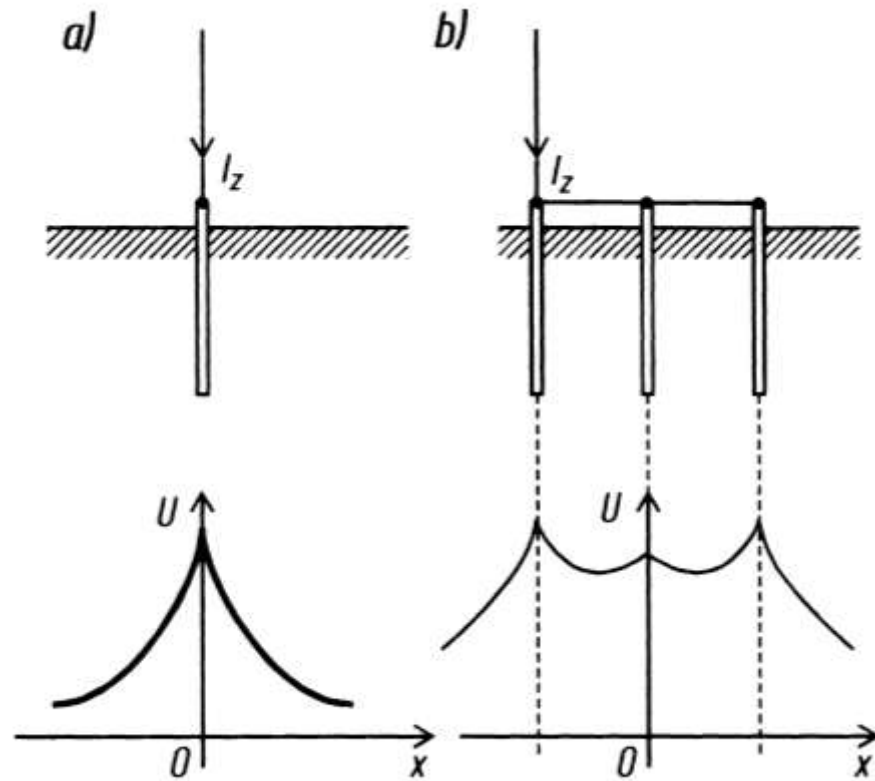
- nie były zbyt duże, ze względu na zagrożenie porażeniowe i pożarowe;

- nie były zbyt małe, ze względu na pewność działania zabezpieczeń powodujących wyłączenie zwarcí doziemnych.

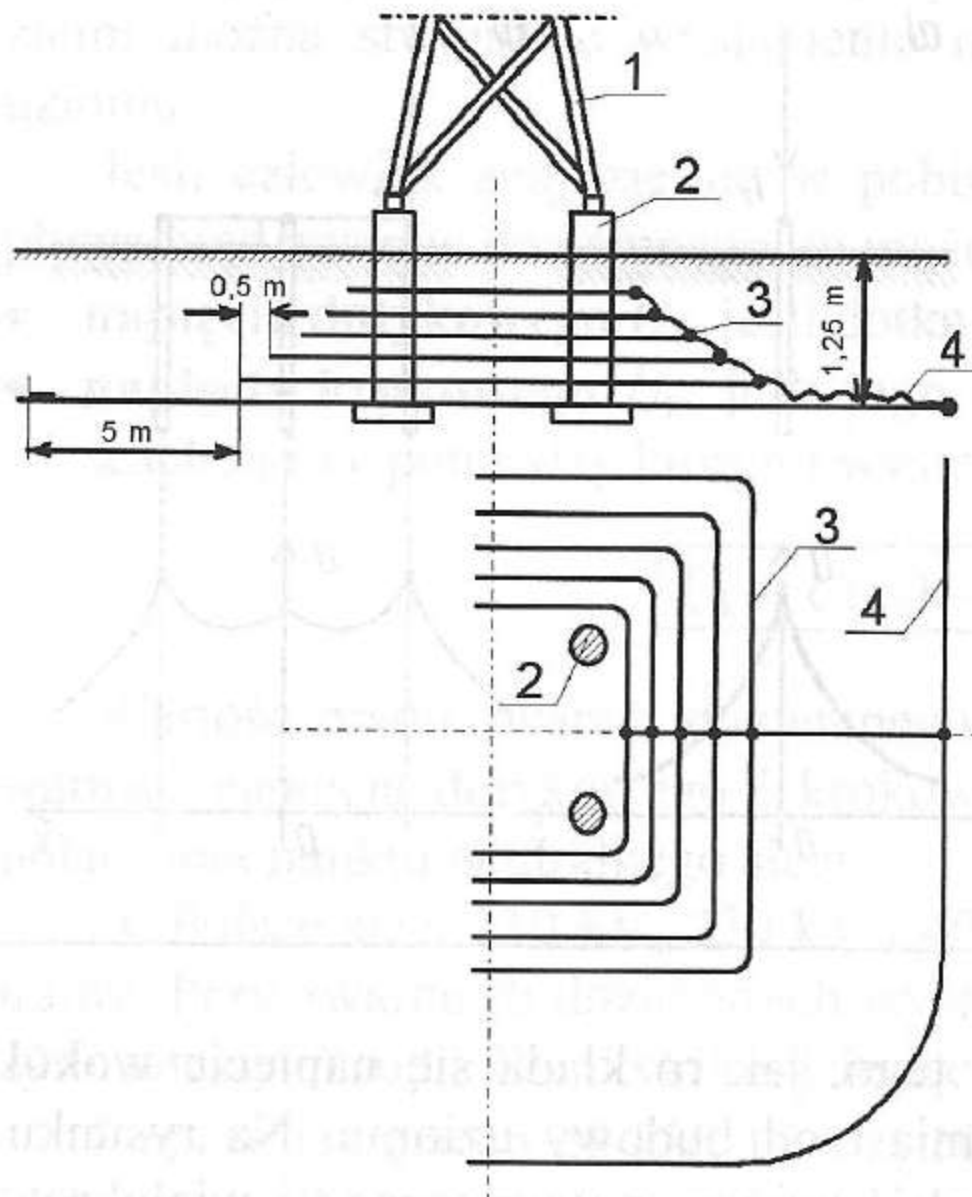
Lekcja 57 Uziemienia ochronne

W sieciach o napięciu powyżej 1 kV stosuje się uziemienie ochronne przede wszystkim w celu obniżenia napięć rażeniowych (dotykowych i krokowych). Wartości tych napięć zależą nie tylko od wartości prądu i rezystancji uziomu, ale również od tego, jak rozkłada się napięcie wokół uziomu. Rozkład ten zależy natomiast od budowy uziomu.

Na rysunku pokazano rozkłady napięć wokół uziomu pojedynczego i wielokrotnego. Widać, że im bardziej rozległe jest uziemienie oraz im więcej zawiera uziomów, tym bardziej wyrównany jest rozkład napięcia $U(x)$ — tzn. dla tej samej wartości różnicy odległości $x_1 - x_2$ występują mniejsze wartości różnicy napięć $U(x_1) - U(x_2)$.



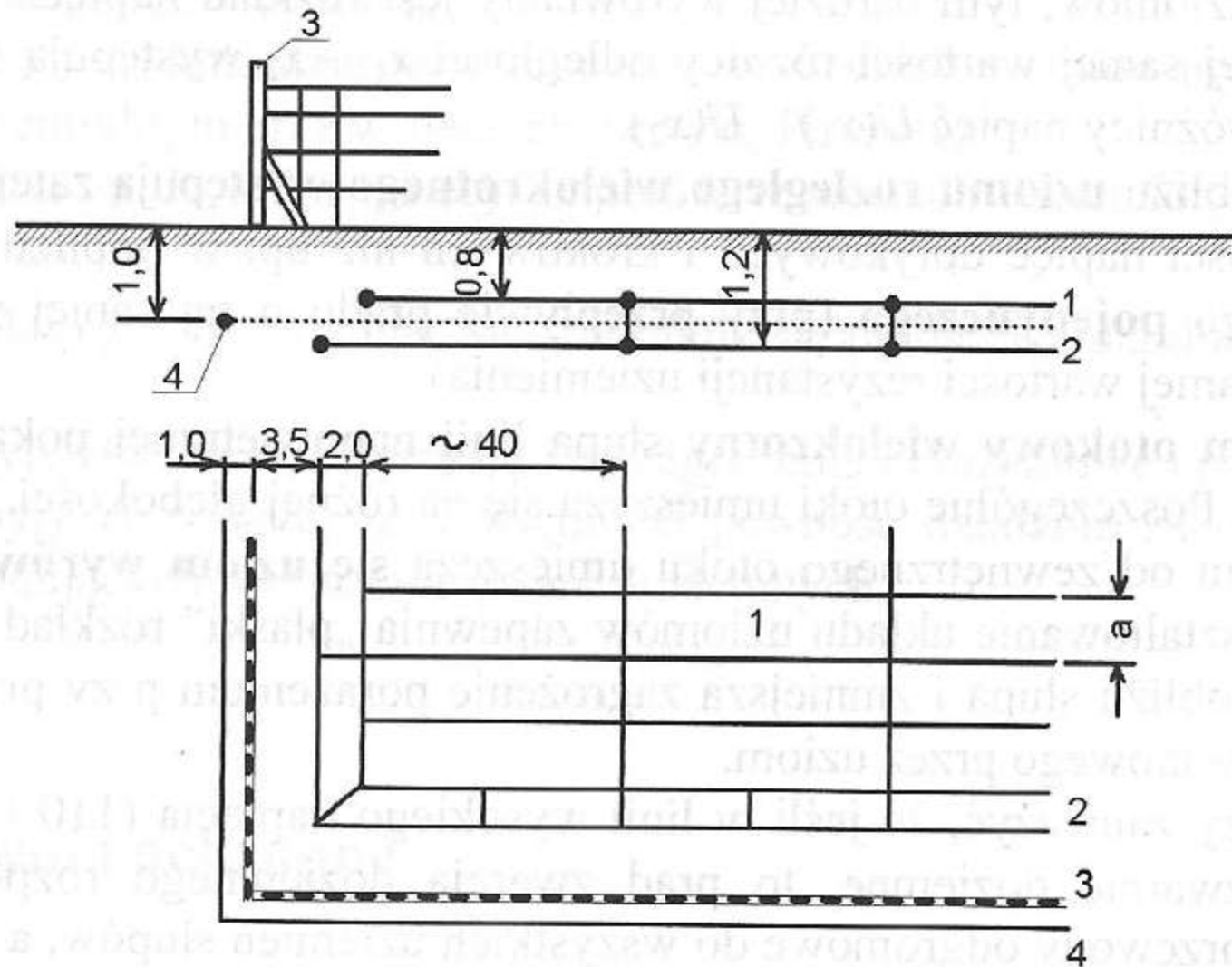
- W pobliżu uziomu rozległego wielokrotnego występują mniejsze wartości napięć dotykowych i krokowych niż w pobliżu uziomu pionowego pojedynczego.
- Uziom otokowy wielokrotny składa się z otoków umieszczanych na różnych głębokościach, w odległości 5 m od otoku zewnętrznego umieszcza się uziom wyrównawczy.



Rys. 26.3. Uziemienie ochronne słupa linii napowietrznej (wymiary w metrach)

1 — słup, 2 — fundament prefabrykowany, 3 — otoki stopniowane, 4 — otok wyrównawczy

- W stacjach elektroenergetycznych- gdzie występują duże prądy zwarcia doziemnego- stosuje się uziomy kratowe. Stacja musi być ogrodzona, poza ogrodzeniem umieszcza się uziom otokowy zapewniający zmniejszenie napięć krokowych.



Rys. 26.4. Fragment uziomu kratowego stacji transformatorowej (wymiary w metrach)

1 — oczko uziomu kratowego, 2 — uziom wyrównawczy wewnętrzny, 3 — ogrodzenie, 4 — uziom wyrównawczy zewnętrzny, $a = 5 + 15$ m

Lekcja 58 Uzupelniajace srodki ochrony przeciwpornzeniowej

W miejscach, gdzie mogą wystąpić niebezpieczne napięcia, układa się warstwę izolacyjną (tłuczeń, asfalt). Konstrukcje metalowe, które mogą znaleźć się pod napięciem, powinny być malowane (w strefie dotyku) farbą izolacyjną. Rurociągi oraz szyny kolejowe dochodzące do stacji wyposażają się we „wstawki” izolacyjne, aby zapobiec „wyniesieniu” napięcia na zewnątrz stacji, przy przepływie dużych prądów przez uziom ochronny.

Podobnie jak w sieciach niskiego napięcia, dąży się do możliwie szybkiego wyłączenia zwarć doziemnych przez zabezpieczenia zwarciorowe. W sieciach wysokiego napięcia czas przepływu prądu zwarciorowego może osiągać wartość $0,2 \div 5$ s, zależnie od miejsca zwarcia i zastosowanych zabezpieczeń zwarciorowych.

Należy zwrócić uwagę na szczególne zagrożenie **łukiem elektrycznym** w urządzeniach wysokiego napięcia. Wielka energia łuku i długi czas palenia (do kilku sekund, zależnie od zabezpieczeń) stwarzają ryzyko groźnych poparzeń ludzi oraz zniszczenia urządzeń. Łuk może przemieszczać się („wędrować”) z dużą prędkością pod działaniem sił pochodzących od prądu zwarciorowego.