

doi:10.15199/48.2016.10.27

Dobór ograniczników przepięć do ochrony osłon zewnętrznych kabli wysokiego napięcia

Streszczenie. W artykule przypomniano sposoby uziemiania i łączenia żył powrotnych kabli WN. Wyjaśniono dlaczego osłony kabli pracujących z jednostronnym uziemieniem żył powrotnych muszą być chronione przed przepięciami. W artykule zaprezentowano sposoby wyznaczania napięć indukowanych w żyłach powrotnych kabli (w układzie żyła powrotna – ziemia), ponieważ napięcia indukowane są głównym kryterium doboru napięcia trwałej pracy ograniczników przepięć stosowanych do ochrony osłon kabli WN. Przedstawiono sposób doboru napięcia trwałej pracy omawianych ograniczników przepięć oraz ich pozostałych parametrów elektrycznych.

Abstract. The article presents methods of HV cables metal screens bonding and grounding. It explained why the outer sheaths of cable worked with single point bonding of metal screens have to be protected against overvoltage. The article presents the methods of determining the induced voltages in the cables metal screens (screen to earth), because induced voltage is the main criterion for selecting of continuous operating voltage of surge arresters applied to protect the outer sheaths of HV cables. In the article, selecting of continuous operating voltage and other electrical parameters of surge arresters was presented. (**Selection of surge arresters to protect the outer casings of high-voltage cables**).

Słowa kluczowe: linie kablowe, ograniczniki przepięć, napięcie indukowane,

Keywords: cable lines, surge arresters, induced voltages.

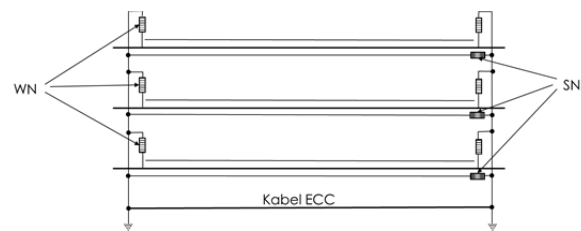
Wstęp

Jednym z istotnych elementów projektowania linii kablowych WN jest ochrona osłon zewnętrznych kabli przed przepięciami. Często realizuje się ją przez dobór ograniczników przepięć średniego napięcia, w odróżnieniu od ograniczników przepięć wysokiego napięcia (włączanych między żyły fazowe i ziemię) doboranych w celu ochrony izolacji głównej kabli. Poniższy artykuł zawiera informacje niezbędne do prawidłowego doboru ograniczników przepięć SN w celu ochrony osłon kabli WN. Wysokonapięciowe linie kablowe, składające się z kabli „właściwych” oraz osprzętu kablowego (w postaci muf i głowic), stanowią swoistą alternatywę elektroenergetycznych linii napowietrznych. Kable elektroenergetyczne są konstrukcjami złożonymi, składającymi się z elementów przewodzących i izolacyjnych. Są one zabezpieczone przed oddziaływaniami zewnętrznymi za pomocą powłok ochronnych (osłon). Kable WN i NN standardowo są wyposażone w ekrany metaliczne. Ten element konstrukcyjny kabla jest zawsze uziemiany (z jednej lub z obu stron kabla) w celu uzyskania na nim potencjału ziemi, czyli w celu wytworzenia w izolacji kabla promieniowego pola elektrycznego [1]. Inną funkcją ekranów metalicznych (żył powrotnych) jest stworzenie bezpiecznej drogi powrotnej dla prądów zwarciovych po przebiciu izolacji kabla oraz przy zwiarciach występujących poza daną linią kablową. W tym zakresie żyły powrotne i inne powłoki metalowe (płaszczki, zbrojenia) pełnią podobną rolę jak przewody odgromowe w liniach napowietrznych. W procesie projektowania zwraca się m.in. uwagę na to aby żyły powrotne kabli posiadały odpowiednią obciążalność zwarciovą oraz odpowiedni układ połączeń ekranów metalicznych w celu ograniczenia w nich napięć indukowanych i strat mocy. W zależności od potrzeb, długości linii, warunków ułożenia itp. stosowane są różne układy łączenia i uziemienia ekranów metalicznych kabli. W Polsce najpopularniejsze to:

- układ z obustronnym uziemieniem żył powrotnych (both-ends bonding),
- układ z krzyżowaniem żył powrotnych CB (cross-bonding),
- układ z jednostronnym uziemieniem żył powrotnych SPB (single point bonding).

W artykule skupiono się na układzie SPB ze względu na to, że układ ten jest szczególnie podatny na zagrożenia

przepięciowe. Układ SPB stosowany jest w przypadku krótkich linii kablowych (do 1 km) i charakteryzuje się tym, że w celu eliminacji strat dodatkowych w żyłach powrotnych, żyły te łączy się i uziemia tylko w jednym miejscu linii, z reguły na jej początku lub na jej końcu (ewentualnie w środku linii). Uzyskuje się w ten sposób układ jak na rysunku 1.



Rys. 1. Układ SPB wraz z ogranicznikami przepięć i kablem ECC

Uziemiając żyły powrotne tylko w jednym miejscu linii należy jednak pamiętać, że na nieuziemionym końcu może powstać zbyt duże napięcie względem ziemi, zagrażające wytrzymałości elektrycznej powłoki kabla. Może to być tzw. napięcie indukowane lub napięcie związane z występującymi w sieci przepięciami zewnętrznymi (piorunowymi) i wewnętrznymi (sieciowymi). Napięcie to nie może być zbyt wysokie ze względu na wytrzymałość elektryczną powłoki (osłony) zewnętrznej kabli WN, oraz ze względu na możliwość prawidłowego doboru ograniczników przepięć do ochrony powłok. Powodem indukowania się dużego napięcia w żyłach powrotnych kabli są głównie prądy zwarciovye płynące przez linię kablową. W sieciach z bezpośrednio uziemionym punktem neutralnym najsilniejsze oddziaływanie na żyły powrotne występuje przy zwiarciach 1-fazowych, zwłaszcza położonych poza linią kablową (np. na słupie linii napowietrznej). Aby zmniejszyć to oddziaływanie, czyli umożliwić prawidłowy dobór ograniczników przepięć i ich bezawaryjną pracę oraz nie narażać na przebicie powłoki zewnętrznej kabli, należy, w układzie SPB, równoległe do kabli WN ułożyć izolowany przewód lub kabel (Al lub Cu) powrotny o odpowiednio dużym przekroju zwarciovym. Dzięki temu prąd zwarciovego powraca do źródła (stacji) nie poprzez ziemię, lecz bezpiecznie przez izolowaną żyłę tego przewodu

zwanego kablem ECC (insulated earth continuity conductor).

Prawidłowy dobór i montaż ograniczników przepięć do ochrony osłon kabli WN jest obecnie w naszym kraju tematem bardzo aktualnym, głównie wśród projektantów i właścicieli linii kablowych WN. Autorzy postanowili zatem przedstawić algorytm właściwego postępowania w tym zakresie. O tym, że jest to temat aktualny świadczą chociażby takie fakty jak: bardzo duże zapotrzebowanie na szkolenia w tym zakresie, konieczność opracowania wytycznych doboru, oraz, jak wynika z analiz (m.in. autorów) tylko w niewielkiej liczbie istniejących w naszym kraju linii WN i NN ograniczniki przepięć do ochrony osłon kabli są prawidłowo dobrane.

Napięcia indukowane w żyłach powrotnych kabli WN

Jednym z najważniejszych parametrów, na który należy zwrócić uwagę przy doborze ograniczników przepięć do ochrony osłon kabli WN, jest napięcie trwałej pracy ograniczników U_c . Według normy [5] wymaga się, aby napięcie to było wyższe od największej wartości napięcia indukowanego w układzie żyła powrotna – ziemia. Jest ono proporcjonalne do prądu płynącego w linii, do indukcyjności wzajemnej między żyłami roboczymi i powrotnymi kabli oraz do długości linii. Napięcia indukowane można wyznaczyć metodą opartą na zespolonych impedancjach obwodów ziemnopowrotnych [4, 7]. Zakładając deterministyczny dobór ograniczników należy przyjąć, że w układach SPB najgorszym przypadkiem (przypadkiem, w którym w żyłach powrotnych indukują się największe wartości napięć indukowanych) jest zwarcie jednofazowe zlokalizowane bezpośrednio za analizowaną linią kablową.

Należy przy tym rozróżnić dwa przypadki: istnienia przewodu ECC wzdłuż linii kablowej i brak tego przewodu. Przy braku przewodu ECC spodziewaną wartość indukowanej SEM wyrażonej w V/km można obliczyć z zależności:

$$(1) \quad E = I \cdot \left| 0,049 + j0,1451g \frac{2D_E}{d} \right| \cong I \cdot 0,1451g \frac{2D_E}{d},$$

gdzie: I – prąd zwarcia jednofazowego, d – średnica żyły powrotnej kabla, w mm, D_E – odległość kabla od fikcyjnego przewodu powrotnego znajdującego się w ziemi, zależna od rezystywności gruntu ρ_E .

Ułożenie równoległego przewodu ECC przybliży drogę powrotną prądu zwarcia 1-fazowego do kabli WN. Prąd zwarcia 1-fazowego w dużym stopniu powraca wtedy do stacji zasilającej przez przewód powrotny ECC. Część prądu płynie także przez uzziemienia w układzie i przez ziemię.

Na ograniczniki przepięć SN instalowanych między żyłami powrotnymi kabli i uzziemionym słupem kablowym lub uzziemieniem stacji elektroenergetycznej działa napięcie \underline{U}_o , które jest różnicą SEM \underline{E} indukowanej w żyłach powrotnych oraz straty napięcia ΔU_c na żyłach kabla ECC. Napięcie to jest napięciem żył powrotnych względem ziemi lokalnej (np. uzziemionej konstrukcji słupa). To właśnie napięcie jest podstawą doboru ograniczników przepięć w układzie SPB z kablem ECC. Napięcie \underline{U}_o (w V/km), można obliczyć ze wzoru [1, 2]:

$$(2) \quad \underline{U}_o = \left\{ -j0,1451g \frac{2S_{cf}}{d} \cdot \underline{I} - \left[R'_c + j0,1451g \frac{S_{cf}}{\gamma_c} \right] \cdot \underline{I}_c \right\},$$

gdzie:

\underline{I} – prąd zwarcia płynący przez kabel WN (w A), \underline{I}_c – prąd powrotny płynący przez kabel ECC (w A), R'_c – rezystancja jednostkowa kabla ECC (w Ω/km), γ_c – promień zastępczy

żyły kabla ECC (w mm), S_{cf} – średnia geometryczna odległość między żyłą kabla WN a żyłą kabla ECC (w mm).

Wzór (2) można stosować do każdej żyły powrotnej kabla, niezależnie w której fazie występuje zwarcie 1-fazowe. Oczywiście należy wtedy różnicować wartości S_{cf} oraz \underline{I} w zależności od fazy i sposobu rozmieszczenia kabli w linii. Równanie (2) można uprościć przy założeniu, że praktycznie cały prąd powrotny przy zwarciu płynie przez kabel ECC, tj. że $I_c \approx I$. Uzyskuje się wtedy praktyczne wyrażenie, przy pomocy którego można oszacować nieco większą (a zatem bezpieczną z punktu widzenia projektanta) wartość napięcia indukowanego przy przepływie prądu zwarcia 1-fazowego przez kabel:

$$(3) \quad \underline{U}_o = - \left[R'_c + j0,1451g \frac{2S_{cf}^2}{d \cdot \gamma_c} \right] \cdot \underline{I},$$

Z równań (2) i (3) wynika, że napięcie \underline{U}_o dla żył powrotnych kabli w kolejnych fazach (L1, L2 i L3) może mieć inną wartość, ale największą osiągnie na żyłach powrotnej kabla, przez który płynie prąd zwarcia. Łatwo to udowodnić, obliczając napięcia indukowane np. na niezuziemionych końcach żył powrotnych kabli 110 kV XRUHKXS 1x800 w układzie trójkąta równobocznego. Obliczenia wykonano stosując zarówno równanie (2) jak i (3) oraz cztery warianty konstrukcyjne: bez przewodu ECC, z jednym przewodem ECC, z dwoma przewodami ECC oraz z zastosowaniem zamiast przewodu ECC nieizolowanej bednarki. Do obliczeń przyjęto następujące dane stałe: rezystancja uzziemienia punktu neutralnego transformatora w stacji $R_{ES} = 0,34 \Omega$, rezystancja uzziemienia słupa (kablowego) $R_{ET} = 10 \Omega$, średnia geometryczna średnica miedzianej żyły powrotnej $d = 74,2 \text{ mm}$, rezystywność gruntu $\rho_E = 100 \Omega\text{m}$, długości linii $L = 750 \text{ m}$ oraz wartość prądu zwarcia w fazie L1 $I_{k1} = 37,29 \text{ kA}$. Pozostałe dane zmienne zestawiono w tabeli 1.

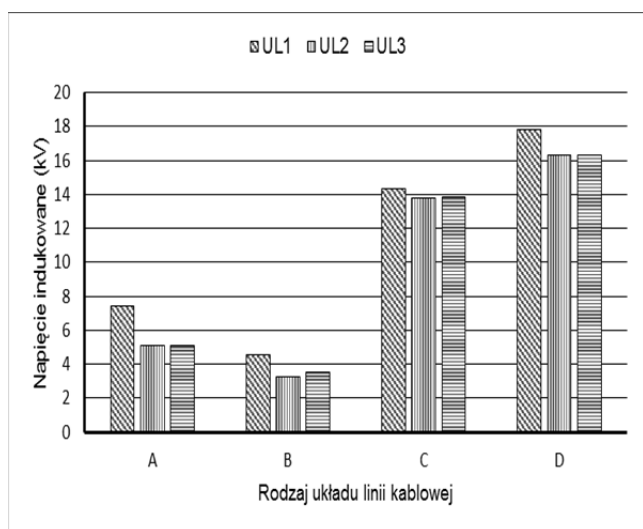
Tabela 1. Dodatkowe dane uwzględniane w przykładowych obliczeniach

Kabel ECC	R'_c (Ω/km)	γ_c (mm)	$S_{cf}=S_c$ (mm)
1x300 mm ² Al	0,101	7,61	118,3
2x150 mm ² Al	0,1035	24,71	82,0
bednarka 2x40x5 mm	0,480	11,18	82,5

Wyniki obliczeń pokazano na rysunku 2. Analizując uzyskane wyniki łatwo można zauważyć potwierdzenie tezy, że największą wartość ma napięcie indukowane na żyłach powrotnej kabla, przez którego żyłę główną płynie prąd zwarcia. Z obliczeń wynika także, że nie zastosowanie w konstrukcji linii, w układzie SPB, kabla ECC skutkuje indukowaniem się w żyłach powrotnych kabli napięcia zdecydowanie (dwa do cztery razy) większego niż w przypadku zastosowania jednego lub dwu kabli ECC. Brak przewodu ECC narusza także podstawowe wymaganie dotyczące ciągłości przewodów powrotnych w liniach napowietrznych wysokiego napięcia, z licznymi konsekwencjami m.in. dla zagrożenia porażeniowego przy słupach linii WN. Z obliczeń wynika ponadto, że abstrahując od niedopuszczalności takiego rozwiązania ze względu na ochronę przeciwporażeniową, ułożenie bednarki (lub innego nieizolowanego toru prądowego) wzdłuż kabli WN jest nieskutecznym rozwiązaniem w obniżaniu napięć indukowanych. Rezygnacja z ułożenia przewodów ECC może także uniemożliwić dobór skutecznych ograniczników przepięć do ochrony powłok/osłon zewnętrznych kabli WN.

Dobór ograniczników przepięć do ochrony osłon kabli WN i NN

Ograniczniki przepięć dobierane do ochrony osłon kabli WN powinny być ogranicznikami beziskiernikowymi SN. Podstawowy człon takiego ogranicznika zawiera co najmniej jedną (zależnie od obciążenia) kolumnę warystorów w szczelnej obudowie porcelanowej lub coraz częściej kompozytowej. Obudowy ograniczników wykonuje się obecnie najczęściej z kompozytów w postaci rur z włókien szklanych przesyconych żywicą epoksydową i elastomerów (kauczuków) silikonowych. Obudowy takie, poza zaletami typowymi dla izolatorów kompozytowych, są bardziej bezpieczne dla personelu i sąsiednich urządzeń.



Rys. 2. Napięcie indukowane na żyłach powrotnych kabli 110 kV, obliczone dla różnych wariantów projektowych linii kablowej A – układ z jednym przewodem ECC 300 mm² Al, B – układ z dwoma przewodami ECC 150 mm² Al, C – układ z dwoma bednarkami 40x5 mm, D – układ bez przewodu ECC UL1 – napięcie indukowane w fazie z prądem zwarciovym, UL2 i UL3 – napięcia indukowane w pozostałych fazach

Jednym z najważniejszych parametrów ograniczników przepięć jest ich napięcie trwałej pracy. Według normy [5] wymaga się, aby napięcie trwałej pracy ograniczników stosowanych do ochrony osłon zewnętrznych kabli U_c było wyższe od największej wartości napięcia indukowanego w układzie żyła powrotna – ziemia, przy maksymalnym prądzie zakłóceniovym. Najgorszym przypadkiem zakłócenia, jak już wcześniej wspomniano, jest zwarcie jednofazowe zlokalizowane poza rozważaną linią kablową.

Można stwierdzić, że zapis normy [5] w zakresie napięcia trwałej pracy ograniczników instalowanych na otwartym (nieuziemionym) końcu żył powrotnych dotyczy tylko przypadku, gdy nie jest stosowany kabel ECC. W przypadku gdy kabel ECC jest stosowany, zapis w normie jest niestety nieprecyzyjny. Przyjęcie do doboru napięcia trwałej pracy ogranicznika jedynie napięcia indukowanego w żyłę powrotnej, może prowadzić do niewłaściwego ich doboru. W przypadku zastosowania przewodu ECC maksymalne napięcie występujące na ogranicznikach przepięć należy wyznaczyć zgodnie ze wzorami (2) lub (3). Warunek stanowiący podstawę doboru ograniczników pod kątem napięcia trwałej pracy dla układów z przewodem ECC powinien mieć zatem postać:

$$(4) \quad U_c \geq |U_o|,$$

a dla układów bez przewodu ECC:

$$(5) \quad U_c \geq |E|.$$

Mając na uwadze czasy trwania zwarć jednofazowych w sieciach WN, które dla sieci z uziemionym punktem neutralnym są stosunkowo krótkie, czasy utrzymywania się napięcia o częstotliwości sieciowej na zaciskach ogranicznika są również stosunkowo krótkie. Wykorzystuje się w tym przypadku możliwość pochłonięcia przez warystory ogranicznika określonej energii. W takim przypadku, w normie [5] dopuszcza się określenie napięcia trwałej pracy z warunku:

$$(6) \quad U_c \geq \frac{|U_o|}{T},$$

dla układów z kablem ECC, natomiast dla układów bez kabla ECC z warunku:

$$(7) \quad U_c \geq \frac{|E|}{T}.$$

W nierównościach (6) i (7) T jest współczynnikiem odczytywanym z charakterystyki TOV lub odpowiedniej zależności podawanych przez producenta ograniczników. Do doboru napięcia trwałej pracy przy wykorzystaniu warunku (6) lub (7) powinien być stosowany współczynnik T_c . W przypadku, gdy stosuje się automatykę SPZ, odczytywana powinna być wartość T_c dla warystorów, które już zaabsorbowały określoną porcję energii.

Istotnym czynnikiem determinującym dobór parametrów ograniczników przepięć stosowanych do ochrony osłon kabli jest poziom wytrzymałości elektrycznej osłony. I tu pojawiają się problemy. Osłona (powłoka) kabla nie pełni roli izolacji elektrycznej, a jedynie jest zabezpieczeniem przed wpływem czynników zewnętrznych na układ izolacyjny kabla, stąd nie podaje się dla niej parametrów związanych z wytrzymałością elektryczną (szczególnie w warunkach eksploatacyjnych). Trudno zatem określić maksymalną wartość napięcia trwałej pracy ogranicznika stosowanego do ochrony osłon kabli. Maksymalną wartość napięcia jakie może występować podczas zwarć w układzie żyła powrotna – ziemia lokalna powinien określić producent kabla. Jeżeli nie ma informacji od producenta kabla, wskazówką do określenia maksymalnej wartości napięcia trwałej pracy ograniczników przepięć mogą być poziomy napięć używanych do prób szczelności osłon kabli WN. Według [3] i [6] jest to 10 kV dla linii oddawanych do eksploatacji i 5 kV dla linii w eksploatacji. Wartość napięcia trwałej pracy ogranicznika nie powinna być zatem większa niż 5 kV jeżeli producent kabla nie dopuści innych wartości. Zwiększenie wartości napięcia U_c powoduje zwiększenie wartości napięć obniżonych, co skutkuje zmniejszeniem skuteczności zastosowanej ochrony. Oprócz napięcia trwałej pracy i napięcia znamionowego ogranicznika (bezpośrednio związanego z napięciem U_c) przy doborze ograniczników chroniących powłoki kabli należy brać pod uwagę znamionowy prąd wyładowczy I_{wn} . Zgodnie z wymaganiami normy [5] prąd ten powinien być taki sam (lub większy), jak dla ograniczników zainstalowanych na żyłach głównych kabli. Kolejnym parametrem beziskiernikowych ograniczników przepięć jest napięcie obniżone przy znamionowym prądzie wyładowczym. Zgodnie z wymaganiami normy [5] poziom ochrony powinien być tak niski, jak to jest możliwe, ponieważ wytrzymałość napięciowa osłony w czasie eksploatacji nie jest dobrze znana i nie jest sprawdzana w żadnych znormalizowanych badaniach. W związku z brakiem informacji o wytrzymałości udarowej powłok kabli należy dobierać ograniczniki, które spełniając pozostałe kryteria, zapewniają jak najniższe wartości napięć obniżonych. Wytrzymałość zwarciovą dobieranego ogranicznika, zapewniająca wytrzymywanie przepływu prądów zwarciovych bez gwałtownego rozerwania osłony, powinna

być większa lub równa największej wartości prądu zwarcia jednofazowego w miejscu zainstalowania ogranicznika. Graniczny prąd wyładowczy 4/10 μ s powinien być nie mniejszy niż 100 kA, co zgodnie z normą [5] powinny spełniać ograniczniki o klasie rozładowania linii od 1 do 5.

Dla ograniczników o klasach rozładowania linii 2 i wyższych, prąd wyładowczy, wynikający z klasy rozładowania, używany jest w próbie działania do sprawdzenia stabilności termicznej po absorpcji energii. Żeby zatem móc wykorzystywać zależność (7) lub (8) należy brać pod uwagę ograniczniki, dla których została sprawdzona ww. stabilność termiczna. Zatem klasa rozładowania linii powinna być nie mniejsza niż 2. Jak wynika z badań przedstawionych w [7], jako bezpieczną minimalną zdolność pochłaniania energii należy przyjmować nie mniej niż 2 kJ na 1 kV napięcia znamionowego. Jeżeli projektant przewiduje wykonanie napowietrzne ogranicznika, długość drogi upływu izolacji powinna być dostosowana do warunków zabrudzeniowych. Minimalną długość drogi upływu należy przyjmować na tym samym poziomie, co długość drogi upływu ograniczników chroniących izolację główną. Ograniczniki przepięć chroniące osłony kabli mogą być także zainstalowane w specjalnych skrzynkach połączeniowych, tzw. link boxach. Można przy tym rozpatrywać możliwość instalowania trzech ograniczników w jednej skrzynce przyłączeniowej lub każdego ogranicznika w osobnej skrzynce. W przypadku umieszczenia ograniczników w skrzynce przyłączeniowej ogranicza się narażenia środowiskowe ograniczników. W takim przypadku kryterium minimalnej drogi upływu może (ale nie musi) być pominięte.

Poniżej podano przykład doboru ograniczników przepięć dla wstawki kablowej (linii kablowej wstawionej w ciąg linii napowietrznej), w której zastosowano układ z jednostronnym uziemieniem żył powrotnych i przewodem ECC YAKY 1x185/16 mm² 3,6/6 kV. Średnica żyły powrotnej zastosowanych we wstawce kabli wynosi 75,6 mm. Odległość między ekranem skrajnego kabla a przewodem ECC wynosi 600 mm. Długość wstawki kablowej wynosi 0,79 km. Maksymalny prąd zwarcia jednofazowego jaki może wystąpić w układzie wynosi 10,92 kA. Do zastosowania przewidziano ograniczniki typu X lub Y.

Tabela 2. Zestawienie parametrów przykładowych ograniczników przepięć potrzebnych do doboru

Parametr	Typ ogranicznika		
	X	Y	
Napięcie znamionowe U_r	6 kV	6,3 kV	
Napięcie trwałej pracy U_c	4,8 kV	5 kV	
Znamionowy prąd wyładowczy I_n 8/20 μ s	10 kA	20 kA	
Napięcie obniżone U_{res} przy prądzie wyładowczym	10 kA	16,5 kV	14,4 kV
	20 kA	18,3 kV	15,9 kV
Wytrzymałość zwarciova	20 kA	63 kA	
Zdolność pochłaniania energii w próbie działania	3,5 kJ/kV U_c	13,5 kJ/kV U_c	
Prąd graniczny 4/10 μ s	100 kA	100 kA	
Klasa rozładowania linii	1	4	
Wytrzymałość na długotrwały prąd udarowy	250 A	1350 A	
Droga upływu	262 mm	318 mm	

Napięcie indukowane na żyłach powrotnych kabli (po uwzględnieniu długości linii) wynosi wg wzoru (3):

$$U_1 = 10,92 \cdot \left| 0,164 + j0,145 \lg \frac{2 \cdot 600^2}{75,6 \cdot 6,0} \right| \cdot 0,79 = 4,25 \text{ kV.}$$

Obliczone napięcie indukowane stanowi podstawę do doboru napięcia trwałej pracy i napięcia znamionowego ogranicznika.

Napięcie to nie powinno być niższe niż 4,25 kV. Przyjmijmy, że warunek ten spełniają ograniczniki: X o napięciu znamionowym 6 kV ($U_c = 4,8$ kV) oraz Y o napięciu znamionowym 6,3 kV ($U_c = 5$ kV). W tabeli 2 dla porównania zestawiono parametry obu ograniczników. Wynika z niego, że ogranicznik typu X nie spełnia warunku związanego z klasą rozładowania linii. Ogranicznik Y spełnia wszystkie wymagania. Ponadto ogranicznik ten zapewnia również korzystniejszy poziom ochrony (niższe w stosunku do X napięcia obniżone).

Jak zapewniają producenci ograniczników przepięć, istnieje możliwość wykonania specjalnej wersji ogranicznika. Autorzy zalecają korzystanie z takiej możliwości i zamawianie ograniczników o napięciu trwałej pracy niższym (ale większym od obliczonego napięcia indukowanego), co będzie skutkowało lepszym poziomem ochrony osłon kabli (mniejszymi napięciami obniżonymi).

Wnioski

W warunkach propagacji przepięć osłony kabli mogą być poddawane oddziaływaniu dużych wartości napięcia. Problem dotyczy szczególnie układów z jednostronnym uziemieniem żył powrotnych (SPB). Stąd konieczność w układach SPB ochrony osłon przez instalowanie na otwartych końcach żył powrotnych, ograniczników przepięć. Należy podkreślić, że ograniczniki przepięć mają za zadanie ochronę osłon kabli WN przed przepięciami o charakterze udarowym, natomiast nie są w stanie bez zniszczenia chronić przed przepięciami o częstotliwości sieciowej występującymi np. podczas zwarc. Stąd konieczność doboru takich parametrów ograniczników, które zapewniają ich działanie dopiero po przekroczeniu maksymalnych wartości napięć w układzie żyła powrotna – ziemia lokalna, występujących podczas zwarc. Ograniczanie wartości maksymalnych napięć w układzie żyła powrotna – ziemia lokalna powinno odbywać się na zasadzie doboru odpowiedniego układu połączeń i uziemień żył powrotnych oraz zastosowania odpowiedniego kabla lub kabli ECC. Nie może być realizowane przez zastosowanie ograniczników przepięć.

Autorzy: dr inż. Dominik Duda Instytut Elektroenergetyki i Sterowania Układów, ul. Krzywoustego 2, 44-100 Gliwice., E-mail: dominik.duda@polsl.pl, dr inż. Marek Szadkowski Instytut Elektroenergetyki i Sterowania Układów, ul. Krzywoustego 2, 44-100 Gliwice., E-mail: marek.szadkowski@polsl.pl

LITERATURA

- [1] Duda D., Szadkowski M., Ochrona przeciwprzepięciowa osłon kabli WN w różnych układach połączeń żył powrotnych, *Przegląd Elektrotechniczny*, 2014 R. 90 nr 10, s. 37-40.
- [2] Duda D., Szadkowski M., Żmuda K., Aktualne problemy projektowania i eksploatacji linii kablowych 110 kV (głównie miejskich), *Wiadomości elektrotechniczne*, 04 2014, 22-26.
- [3] Laskowski L., Instrukcja eksploatacji elektroenergetycznych linii kablowych, *Wydawnictwo PTPiREE*, Poznań 2001.
- [4] Żmuda K., Elektroenergetyczne układy przesyłowe i rozdzielcze. Wybrane zagadnienia z przykładami, *Wydawnictwo Politechniki Śląskiej*, Gliwice 2012 r.
- [5] PN-EN 60099-5:2014-01 Ograniczniki przepięć - Część 5: Zalecenia wyboru i stosowania.
- [6] Maintenance for HV cables and accessories. Technical Brochure No. 279, Working Group B1.04 CIGRE, August 2005.
- [7] Special bonding of high voltage power cables. Technical Brochure No. 283, Working Group B1.18 CIGRE, October 2005.