

W SPRAWIE OCHRONY PRZECIWPORAŻENIOWEJ W URZĄDZENIACH WYSOKIEGO NAPIĘCIA WG 5. ZESZYTU „PODRĘCZNIKA INPE...”

Z nieukrywaniem zainteresowaniem przeczytałem ostatnio Zeszyt 5. *Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach wysokiego napięcia* autorstwa Pana dra inż. Witolda Jabłońskiego. Zagadnienia ochrony przeciwporażeniowej w urządzeniach niskiego napięcia są dość szeroko opisane w literaturze, natomiast analogiczna problematyka w zakresie urządzeń wysokiego napięcia nie jest zbyt szeroko rozpowszechniona. Po zapoznaniu się z Zeszycem 5 mam kilka pytań dotyczących jego treści.

- 1) Naturalne wydaje się, że kolejne pod względem rozpowszechnienia po urządzeniach i instalacjach niskiego napięcia są sieci, instalacje i urządzenia **średnich napięć**. Z kolei chyba najczęściej spotykaną wartością SN jest 15 kV. Urządzenia i instalacje napięć wyższych są zwykle w gestii energetyki zawodowej, natomiast urządzenia i instalacje SN są często pod opieką służb energetycznych, zakładów przemysłowych, szpitali, obiektów handlowych, etc. Stąd wydaje się, że **największe zainteresowanie budzi będą właśnie najbardziej rozpowszechnione instalacje i urządzenia średnich napięć**. Moje pytania zatem dotyczą prawie wyłącznie **zagadnień związanych z siecią SN 15 kV** w Polsce.
- 2) Sieć średniego napięcia z uzwojeniami transformatorów skojarzonymi w trójkąt **pracuje najczęściej z izolowanym punktem neutralnym**. W odróżnieniu od sieci wysokich napięć np. 100 kV i niskiego napięcia np. 0,4 kV, gdzie zwykle uzwojenia transformatorów skojarzone są w gwiazdę i punkt neutralny jest dostępny, o tyle specyfika sieci SN 15 kV polega chyba właśnie na pracy z izolowanym punktem neutralnym. Prądy zwarć doziemnych jednokrotnych w takich sieciach są zwykle znacznie niższe od prądów znamionowych i w związku z tym najczęściej nie powodują zadziałania zabezpieczeń nadprądowych (bezpieczników).
- 3) W Zeszycie 5 na stronie 50 znajduje się rysunek 11.2, a dalej na stronie 52 znajduje się rysunek 11.4 oraz na stronie 55 rysunek 11.5, gdzie uzwojenia strony wysokiej transformatora w stacji transformatorowej SN/nn skojarzone są zawsze w gwiazdę, podobnie jak uzwojenia strony niskiego napięcia. Rozumiem, że rysunki te **nie przedstawiają rzeczywistych obwodów spotykanych w naszych (polskich) sieciach energetycznych** a jedynie stanowią pewne uproszczenie do celów poglądowych.
- 4) W rozdziale 7. *Największe dopuszczalne napięcia dotykowe rażeniowe* zamieszczono informację na temat wartości największych dopuszczalnych napięć dotykowych rażeniowych U_{Tp} w postaci wykresu zobrazowanego na rysunku nr 7.1 (strona 27) oraz tabeli nr 7.1 (również strona 27). Napięcie to jednak zależy od czasu trwania rażenia (uszkodzenia) t_F . **Jest to zatem druga niewiadoma**; niestety nie potrafiłem się doszukać **od czego z kolei zależy tenże czas t_F** . Rodzą się zatem następujące pytania:
 - a) jakie są normatywne zasady określania tego czasu? **Czy norma w ogóle zakłada normatywną regulację tych czasów do przyjęcia właściwej wielkości na etapie projektowania?**
 - b) czy czas ten **jest właściwością konkretnej sieci SN 15 kV i zależy od nastaw i parametrów zabezpieczeń ziemnozwarciowych** zastosowanych przez energetykę zawodową w tejże sieci? Jakże wartości t_F przyjmuje się w takiej sytuacji; czy

informację taką można uzyskać u właściwego Operatora Sieci Dystrybucyjnej po podaniu o który fragment sieci nam chodzi? Czy Zakłady Energetyczne mają obowiązek podawać takie informacje np. na żądanie użytkowników własnych stacji SN/nn?

- c) jeżeli sama stacja SN/nn jest (lub ma być na etapie projektowania) wyposażona w sygnalizator doziemienia (np. urządzenie CPZ) sprzężony z wyłącznikami lub rozłącznikami SN na terenie stacji, natomiast nie mający wpływu na pozostawanie samej linii SN zasilającej stację pod napięciem, to **który czas t_F przyjmujemy: właściwy dla parametrów sieci zasilającej SN czy właściwy dla urządzeń w projektowanej stacji SN/nn?**
- d) czy **zabezpieczenia nadprądowe** (bezpieczniki mocy SN) po stronie SN **zabezpieczające linię zasilającą SN** lub **zainstalowane na samej stacji SN/nn mają jakikolwiek wpływ na wyznaczanie czasu t_F ?**
- e) co zrobić, jeżeli:
- nie dysponujemy **żadnymi danymi na temat czasu t_F ?**
 - sieć SN **nie jest wyposażona** (czy to możliwe?) w **specjalizowane zabezpieczenia ziemnozwarciowe?**
 - **czas t_F przekracza zakresy podane na wykresie i w tabeli.**
- 5) Na stronie 60 czytamy: „Ww. norma dopuszcza również **ocenę skuteczności ochrony przy dotyku pośrednim** na podstawie porównania **obliczonych lub zmierzonych** napięć dotykowych UST i napięć dotykowych dopuszczalnych U_{STp} ...”.
- Rodzi się zatem pytanie: czy dla oceny okresowej skuteczności ochrony przeciwporażeniowej instalacji SN podstacji SN/nn zgodnie z ustawą Prawo budowlane (Art. 62 pkt 1 ustęp 2) **równorzędne z przeprowadzeniem okresowych pomiarów jest wykonanie stosownych obliczeń?**
- 6) Na stronie 63 na rysunku 11.8 zamieszczono schemat postępowania przy projektowaniu instalacji uziemiającej ze względu na dopuszczalne napięcie dotykowe rażeniowe. Parametrem wyjściowym do dalszych obliczeń jest napięcie uziomowe U_E . Jak zatem wyznaczyć napięcie uziomowe U_E ? Ano na stronie 62 czytamy, że przy obliczaniu U_E należy uwzględnić największy spodziewany prąd uziomowy I_E , a sposób obliczania tegoż prądu opisano w rozdziale 11.8.
- Rozdziału 11.8 co prawda chyba nie ma w zeszytcie, ale jest za to rozdział 11.7 *Obliczanie prądu uziomowego, wypadkowej impedancji uziemienia i napięcia uziomowego*, w którym czytamy, że prąd uziomowy $I_E = U_E / R_E$.
- Jak więc wyznaczyć napięcie uziomowe na podstawie prądu uziomowego, który jest obliczany na podstawie napięcia uziomowego?**
- 7) Dalej w tablicy 11.6 na stronie 66 czytamy, że prąd uziomowy w sieciach z izolowanymi punktami neutralnymi (pp. N) oblicza się według zależności $I_E = r \times I_C$, gdzie r jest to współczynnik redukcyjny linii, który jako tako został opisany, ale już pojemnościowy prąd doziemienia I_C chyba bardzo istotny w przypadku krajowych sieci SN 15 kV, został potraktowany po macoszemu. **Jak zatem obliczyć prąd I_C ?** Przy okazji: co oznacza skrót (pp. N)???
- 8) W rozdziale 13 zaczynającym się na stronie 76 *Badania odbiorcze i okresowe stanu ochrony przeciwporażeniowej* znalazł się od strony 89 podrozdział 13.3 *Pomiary rezystywności gruntu i wstępna ocena postępu korozji instalacji uziemiającej*. **Upriejmie proszę o wskazanie, czy pomiar rezystywności gruntu jest istotnym pomiarem**

w okresowym badaniu stanu oceny przeciwporażeniowej przeprowadzonym zgodnie z ustawą Prawo budowlane (Art. 62 pkt 1 ustęp 2), skoro sam autor zauważa na wstępie podrozdziału, że „w elektroenergetyce rezystywność gruntu... wyznacza się w celu uzyskania **podstaw do projektowania** uziomów...”.

- 9) W rozdziale 13.4.1 od strony 93 znajdujemy opis rezystancji statycznej i udarowej uziomów, jednak bez wyraźnego wskazania, jakie znaczenie mają powyższe dwa parametry dla oceny ochrony przeciwporażeniowej, np. zgodnie z ustawą Prawo budowlane (Art. 62 pkt 1 ustęp 2)? **Czy na podstawie samego pomiaru rezystancji statycznej lub/i udarowej i oceny ich wielkości (porównania z wartością referencyjną. Jaką???) możemy wnioskować o skuteczności ochrony przeciwporażeniowej dodatkowej w sieci SN?**
Jakie tak naprawdę znaczenie ma pomiar rezystancji statycznej czy też udarowej uziomów w sieci SN 15 kV z izolowanym punktem neutralnym dla oceny ochrony przeciwporażeniowej przy dotyku pośrednim? Jakie jest kryterium/kryteria tej oceny?
- 10) **A może na podstawie zmierzonej statycznej lub udarowej rezystancji gruntu można wyznaczyć prąd uziomowy I_E (I_C) w sieci SN 15 kV z izolowanym punktem neutralnym w przypadku zwarcia doziemnego jednokrotnego? Tylko jak?**
- 11) W rozdziale 13.5 pojawia się zagadnienie pomiaru napięć dotykowych i napięć dotykowych rażeniowych. Na rysunku nr 13.16 na stronie 111 zamieszczono schemat układu do wymuszania prądu pomiarowego przy pomiarach napięć uziomowych, dotykowych i dotykowych rażeniowych. **Jakie wartości prądów należy zatem wyznaczać?**
- a) schemat rzeczywistego jednokrotnego zwarcia doziemnego w sieci SN 15 kV z izolowanym punktem neutralnym, gdzie **pętla zwarcia doziemnego zamyka się poprzez pojemność doziemną obwodu** (pojemnościowy prąd doziemienia I_C) jest **diametralnie różny** od schematu podłączenia **układu do wymuszania prądu pomiarowego** przy pomiarach napięć uziomowych, gdzie obwód **zamyka się galwanicznie**. Wydaje się, że wymuszenie takie miałoby sens, gdyby wartość wymuszanego prądu w układzie do wymuszania można było ustawić na poziomie pojemnościowego prądu doziemienia I_C w sieci SN 15 kV.
 Ale skąd wziąć wartość pojemnościowego prądu doziemienia I_C ?
- b) W jaki sposób zatem **dobiera się wielkość napięcia/prądu** w układzie do wymuszania prądu pomiarowego przy pomiarach napięć uziomowych???
- c) Czy wartości napięcia/prądu w układzie do wymuszania prądu pomiarowego przy pomiarach napięć uziomowych **mają w takim razie jakiegokolwiek znaczenie** dla wielkości mierzonego napięcia dotykowego i dotykowego rażeniowego?
- d) Jakie jest **kryterium oceny** ochrony przeciwporażeniowej przed dotykiem pośrednim przy pomiarze napięcia dotykowego i dotykowego rażeniowego w układzie z rysunku 13.16 na stronie 111 Zeszytu 5?
- e) Zrozumiała dla mnie byłaby sytuacja, w której najpierw obliczeniowo wyznaczany byłby przewidywany prąd jednokrotnego pojemnościowego zwarcia doziemnego w sieci SN 15 kV z izolowanym punktem neutralnym, a następnie w czasie pomiarów wymuszany byłby przepływ dokładnie takiego prądu i przeprowadzany pomiar napięć dotykowych i dotykowych rażeniowych. Inaczej nie bardzo wyobrażam sobie sens takiego działania. Ale skoro udałoby się prawidłowo wyznaczyć obliczeniowo prąd I_C , to po co pomiary???

- 12) Do chwili obecnej uzziemienie stacji SN/nn było przeze mnie rozpatrywane w trzech podstawowych aspektach:
 - a) jako uzziemienie **robocze** (obecnie zwane funkcjonalnym),
 - b) jako **środek ochrony dodatkowej** (ochrona przed dotykiem pośrednim),
 - c) jako **element urządzenia piorunochronnego**.
- 13) Wydaje się więc, że wskazany byłby opis funkcji uzemień wraz z podaniem **oceny skuteczności uzziemienia** w poszczególnych aspektach wraz z podaniem kryterium oceny:
 - a) jako uzziemienia roboczego (obecnie zwane funkcjonalnym) / kryterium oceny,
 - b) jako środka ochrony przeciwporażeniowej dodatkowej (ochrona przed dotykiem pośrednim) / kryterium oceny,
 - c) jako elementu urządzenia piorunochronnego / kryterium oceny.
- 14) Czy należy zatem dobierać wielkość parametrów uzziemienia z uwagi na **wykorzystanie uzziemienia jako uzziemienia roboczego/funkcjonalnego** następnie jako **środka ochrony przeciwporażeniowej dodatkowej** oraz jako elementu **urządzenia piorunochronnego**, a także sprawdzać za pomocą stosownych pomiarów skuteczność uzziemienia w tych trzech kategoriach w czasie oceny instalacji zgodnie z ustawą Prawo budowlane (Art. 62 pkt 1 ustęp 2)?

Pytania moje proszę traktować tylko i wyłącznie w kategoriach licznych wątpliwości osoby nie do końca zorientowanej w aktualnej sytuacji formalno-prawnej, a na pewno nie w kategoriach uwag do zawartości Zeszytu nr 5, bo do formułowania takowych uwag nie czuję się całkowicie upoważniony. Korzystam natomiast z zasady, że kto pyta wstydzi się raz a kto nie wie, wstydzi się całe życie. Będę niezmiernie zobowiązany za rozwianie moich wątpliwości, powstałych po lekturze Zeszytu nr 5. Mam nadzieję, że wyjaśnienie moich wątpliwości będzie też pomocne innym osobom zainteresowanym problematyką eksploatacji instalacji SN 15 kV.

*Z wyrazami szacunku
Paweł Kramarz
Białystok, 11.01.2013 r.*

ODPOWIEDZI AUTORA 5. ZESZYTU „PODRĘCZNIKA INPE...”

1. Wyjaśnienie wstępne

Na wstępie chciałbym wyjaśnić, że omawiany Zeszyt 5 Podręcznika *INPE* (dalej nazywanym Zeszytem 5) z założenia miał przybliżyć elektrykom wymagania norm i przepisów, które powinny być stosowane przy projektowaniu, budowie i sprawdzaniu środków zbiorowej ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach i liniach elektroenergetycznych prądu przemiennego wysokiego napięcia (> 1 kV a.c.).

Oznacza to, że nie przedstawiono niektórych zagadnień dotyczących ochrony przeciwporażeniowej w ww. obiektach elektroenergetycznych, np. dotyczących środków organi-

zacyjnych i środków ochrony osobistej, stosowanych dla ochrony przed porażeniem przy wykonywaniu niektórych prac przy urządzeniach wysokiego napięcia. Pominięto też zagadnienia, które są potrzebne przy rozwiązywaniu innych zagadnień dotyczących projektowania i eksploatacji urządzeń wysokiego napięcia, np. zasad obliczania prądów zwarć doziemnych. Nie opisano również zagadnień dotyczących zasad uzyskiwania podstawowych danych do projektowania ochrony przeciwporażeniowej w ww. obiektach.

Wiele uwag i wątpliwości Pana P. Kramarza dotyczy pominiętych z założenia zagadnień.

Poniżej zamieszczam odpowiedzi na uwagi i wątpliwości zawarte w liście Pana P. Kramarza z 11.01.2013 r. Moje odpowiedzi są oznaczone liczbami i literami tekstu ww. listu.

2. Odpowiedzi na uwagi i wątpliwości zawarte w liście Pana P. Kramarza

Ad. 1). Tekst oznaczony liczbą 1) jest informacją i nie wymaga odpowiedzi.

Ad. 2). Tekst oznaczony liczbą 2) jest informacją, nie zawiera pytania i nie wymaga odpowiedzi.

Ad. 3). Sądzę, że uwaga (zdziwienie) dotyczy rysunków 11.2, 11.3 i 11.4. Rysunki te pochodzą z norm PN-IEC 60364-4-442:1999m i DIN VDE 0141:2000; i ma Pan rację, że „jedynie stanowią pewne uproszczenie do celów poglądowych”. Należy też zwrócić uwagę, że połączenie uzwojeń wyższego napięcia w trójkąt lub w gwiazdę nie ma znaczenia w opisywanych zasadach pojawiania się możliwych groźnych skutków łączenia uziemienia punktu neutralnego sieci niskiego napięcia z uziomem stacji.

Ad. 4). Czas trwania uszkodzenia t_F (czas rażenia) jak łatwo się domyśleć zależy od czasów zadziałania zabezpieczenia ziemnozwarciowego i wyłącznika realizującego przerwanie obwodu prądu, który stwarza zagrożenie porażeniowe. W normach międzynarodowych (IEC) i europejskich (CENELEC), w których omawiana jest ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach wysokiego napięcia, zasada ta nie jest podawana. Zasadę tę jednak zapisałem w p. 11.3 na stronie 53 Zeszytu 5. Zaczerpnąłem ją z Przepisów Budowy Urządzeń Elektrycznych (PBUE), już dawno wycofanych. Obecnie przytoczone wymagania dotyczące obliczenia czasu t_F w razie zastosowania automatyki do samoczynnego ponownego załączenia jest dyskutowana.

Wymagania dotyczące, kto ma podać wartość czasu t_F są takie same jak zasady uzyskiwanych innych danych niezbędnych dla projektowania lub oceny skuteczności ochrony. Zasady te nie są związane tylko z ochroną przeciwporażeniową i nie były objęte zakresem Zeszytu 5.

Należy przyjmować, że czas t_F to najdłuższy czas rażenia, który może wystąpić przy uszkodzeniu w rozpatrywanym obiekcie wysokiego napięcia.

Jeżeli czas jest dłuższy od podanego na wykresie 7.1 i w tabeli 7.1, to należy przyjąć, że wartość U_{Tp} jest taka sama jak dla czasu 10 s.

Ad. 5). Linie i instalacje elektryczne wysokiego napięcia są obiektami budowlanymi lub ich elementami. Dlatego powinny one spełniać wymagania ustawy Prawo budowlane. W tekście Prawa budowlanego nie sprecyzowano wymagań dotyczących pomiarów. Są jedynie wymagania przeprowadzenia **badań i sprawdzeń** (wymaganie to wynika z zapisu art. 57.1 p. 4) oraz wykonania **kontroli** obiektu budowlanego okresowo w czasie eksploatacji takiego obiektu (wymaganie to wynika m.in. z zapisu art. 62). Niestety w ustawie tej nie ma definicji terminów: badanie, sprawdzenie, kontrola. W słowniku języka polskiego definicje tych terminów są bliskoznaczne. Bardziej szczegółowe wymagania w tym zakresie można znaleźć

w normach. W normie PN-HD 60364-6 dotyczącej **sprawdzenia** instalacji elektrycznych **niskiego napięcia** zapisane są wymagania przeprowadzenia **ogłędzin, pomiarów i prób**. W załączniku P normy PN-E-05115 dotyczącej instalacji elektrycznych **wysokiego napięcia** znajduje się następujący tekst „Sprawdzenie napięcia dotykowego rażeniowego, jeżeli jest to konieczne, należy wykonać na drodze **pomiarów lub obliczeń**”. Postanowienia obu norm są różne i jednoznaczne.

Ad. 6). Problem Pana P. Kramarza wynika z niewłaściwej interpretacji tekstu p. 11.7 (błędnie zapisany w p. 11.6 jako p. 11.8). Z tekstu p. 11.7 wysnuł wniosek, że napięcie dotykowe U_E wyznaczać trzeba na podstawie prądu uziomowego, który jest obliczany na podstawie napięcia uziomowego. Oczywiście wniosek jest błędny, choć dochodzę do wniosku, że tekst p. 11.7 należałoby uporządkować, a panu P. Kramarzowi radzę przy czytaniu tekstu zwracać uwagę na indeksy prądu bo I_{E1} to nie to samo co I_E .

Wartość prądu I_E może być równa wartości prądu uszkodzeniowego lub tylko być częścią tego prądu. Jeżeli obwód prądu uszkodzeniowego doziemnego może zamykać się tylko przez jedno uziemienie, to prąd I_E jest równy wartości prądu uszkodzeniowego. Jeżeli jednak prąd uszkodzeniowy może wracać do źródła i przez różne uziomy wzajemnie połączone oraz część jego może wracać do źródła przewodami bez udziału ziemi, to wartość prądu uziomowego płynącego przez wszystkie współpracujące uziomy I_E będzie mniejszy od prądu uszkodzeniowego, a prąd uziomowy przepływający przez tylko jeden uziom (współpracujący z innymi) I_{E1} będzie jeszcze mniejszy od prądu uszkodzeniowego i od prądu I_E . Taką sytuację ilustruje rys. 11.9.

Wniosek z powyższych rozważań jest następujący. Aby wyznaczyć prąd uziomowy rozpatrywanego uziemienia, w przypadku gdy jedynie ono zamyka obwód prądu uszkodzeniowego, wystarczy znać tylko wartość prądu uszkodzeniowego doziemnego. Aby obliczyć prąd uziomowy spływający przez wszystkie współpracujące uziemienia I_E lub prąd uziomowy tylko jednego współpracującego uziemienia I_{E1} (do którego jest uszkodzenie), należy znać:

- wartość prądu uszkodzeniowego,
- współczynniki redukcyjne r połączeń, którymi może powracać część prądu uszkodzeniowego powracającego do źródła prądu uszkodzeniowego bez udziału ziemi dla obliczenia I_E ,
- impedancję (rezystancję) wypadkową połączonych uziemień ZW (RW) dla obliczenia napięcia U_E wg wzoru 11.8,
- rezystancję rozpatrywanego uziemienia R_{E1} .

Kolejność przy wyznaczaniu wartości I_{E1} powinna być następująca:

- obliczanie I_E wg zasad opisanych w p 11.7,
- obliczenie Z_W wg wzoru 11.10,
- obliczenie I_{E1} wg wzoru 11.8.

Ad. 7). W Zeszycie 5. nie podano jak się oblicza prąd I_C zgodnie z założeniami opisanymi wyżej w p. 1. (Wyjaśnienia wstępne). W większości przypadków wartość ta powinna być jedną z danych niezbędnych do projektowania lub sprawdzania ochrony przeciwporażeniowej. Oznaczenie „(pp.N)” znalazło się w tab. 11.6 przez pomyłkę. Nie wiem jak to się stało.

Ad. 8). Budowa geoelektryczna gruntu jest zwykle niejednorodna, co przy projektowaniu i sprawdzaniu uziemień sprawia ogromne kłopoty. Dlatego do projektowania uziomów powinno się uwzględnić zmierzoną rezystywność zastępczą gruntu. Pomiar zastępczej rezystywności gruntu jest niezbędny dla obliczenia rezystancji uziemienia, a tym samym napięcia uziomowego.

Rezystywność zastępcza gruntu ρ_z jest to rezystywność takiego gruntu jednorodnego, w którym rezystancja uziemienia rozpatrywanego uziomu jest równa rezystancji tego uziomu umieszczonego w gruncie rzeczywistym niejednorodnym.

Wartość rezystywności zastępczej gruntu ρ_z zależy od struktury gruntu i jego składu chemicznego oraz od rozmiarów uziomu i głębokości jego ułożenia. Od struktury gruntu, rozmiarów uziomu i głębokości jego ułożenia zależy przez jaką część gruntu będzie płynął prąd uziomowy (prąd spływający z uziomu). Nawet przybliżone określenie takiej rezystywności zastępczej gruntu nie jest łatwe, gdyż wymaga to założenia rozmiarów projektowanego uziomu, głębokości jego ułożenia i pomierzenia zastępczej rezystywności przy rozstawie elektrod pomiarowych w odpowiedniej do parametrów uziomu, odległości, a następnie pomnożenia zmierzonej rezystywności przez odpowiedni współczynnik sezonowych zmian rezystywności gruntu.

W zeszyte 5. opisano jak zmierzyć rezystywność zastępczą rzeczywistego gruntu niejednorodnego dla zaprojektowania uziomów prostych i uziomów złożonych. Podano też wartości współczynnika sezonowych zmian rezystywności gruntu dla wyznaczenia największej w roku wartości rezystancji uziomu i napięcia uziomowego.

Zwykle projektanci lub pomiarowcy oceniają rezystywność gruntu na podstawie oględzin powierzchni gruntu i odczytanie w dostępnej publikacji rezystywności próbki wybranego rodzaju gruntu. Takie postępowanie jest równoznaczne z odczytaniem rezystywności i obliczenie parametrów elektrycznych uziemienia „z sufitu”. Zwykle i takie postępowanie prowadzi do ponownego wykonania uziomu, a więc znacznego zawyżenia kosztów projektowania i wykonania uziomu oraz wydłużenia terminu oddania uziemienia do eksploatacji.

Ad. 9). Przy projektowaniu i badaniu ochrony przeciwporażeniowej oblicza się lub mierzy rezystancję statyczną, którą wykorzystuje się dla obliczenia napięcia uziemienia potrzebną do wtórnych kryteriów skuteczności ochrony podanych w tab. 11.5.

Należy pamiętać, że w urządzeniach wysokiego napięcia skuteczność ochrony ocenia się przy przepływie prądu uszkodzeniowego doziemnego o częstotliwości sieciowej.

Rezystancję udarową rozpatruje się, gdy prąd uziomowy ma postać fali udarowej np. przy sprawdzaniu ochrony odgromowej obiektów stwarzających duże zagrożenie. Zwykle przyrządy pomiarowe mierzą impedancję (rezystancję) z dużym błędem (impedancję udarową uziemienia zawyżoną).

Ad. 10). Prądy I_E (I_C) brane pod uwagę przy rozpatrywaniu zagrożenia porażeniowego mają częstotliwość sieciową, a więc rezystancja uziemienia jest rezystancją statyczną.

Ad. 11). Przy pomiarach napięć U_T lub U_{ST} najlepiej wymuszać prądy pomiarowe, które będą miały wartości znacznie większe od prądów błądzących przepływających w miejscu pomiarów. Prądy te powinny również być na tyle duże, aby można było odczytać na woltomierzu wartości mierzonych napięć. W praktyce przy pomiarach napięć U_T przy słupach linii napowietrznych wysokiego napięcia i stacjach średniego napięcia wystarczy wymusić prądy o wartości kilku lub kilkunastu amperów, bo prądy błądzące przy słupach linii i stacjach średniego napięcia są niewielkie. Przy stacjach rozległych (wyższych napięć) norma PN-E-05115 zaleca stosować prądy pomiarowe przekraczające 50 A. W obu przypadkach prądy pomiarowe powinny mieć częstotliwość sieciową. Zwykle obwody prądu pomiarowego są zasilane ze źródeł o napięciu 230 V lub 400 V. Należy pamiętać, że zmierzone napięcia U_T należy przeliczyć na wartość prąd uszkodzenia doziemnego (patrz wzór 13.6 na str. 114 Zeszytu 5).

Ad. 11a). Odpowiedź na pytanie skąd wziąć wartość pojemnościowego prądu doziemienia jest zawarta w odpowiedzi zamieszczonej w p. Ad. 7).

Ad. 11b). Napięcie uziomowe uziomów słupów linii napowietrznych lub stacji średniego napięcia zwykle jest obliczana jako iloczyn (obliczonej lub pomierzonej przyrządem pomiarowym) rezystancji uziemienia i obliczonego prądu uziomowego rozpatrywanego uziomu. Napięcie uziomowe rozległych uziomów jest mierzone w układzie pomiaru rezystancji metodą techniczną (patrz p. 13.4.5. Zeszytu 5). W tym drugim przypadku wartość zmierzonego napięcia należy pomnożyć przez iloraz prądu uziomowego występującego przy uszkodzeniu i prądu pomiarowego (patrz wzór 13.10).

Ad. 11c). Odpowiedź jak do Ad. 11 b).

Ad. 11d). Kryteria oceny ochrony przeciwporażeniowej przy dotyku pośrednim oparte na dopuszczalnych napięciach U_{Tp} są zapisane wzorem (7.1) lub U_{STp} – wzorem zamieszczonym w nawiasie na stronie 60 w czwartym wierszu od dołu strony.

Ad. 11e). Zasady pomiarów napięć U_T są opisywane dla wszystkich typów sieci wysokiego napięcia jednakowo. Nie rozumiem dlaczego Pana pomysł ma być lepszy. Pana pomysł nie jest łatwy do realizacji, bo wymaga wymuszenia określonego prądu, co nie jest potrzebne przy stosowaniu metody opisanej p. 13.5 Zeszytu 5.

Ad. 12). Uziom stacji zawsze spełnia funkcje przez Pana wymienione, ale Zeszyt 5. jest poświęcony tylko ochronie przeciwporażeniowej i dlatego rozpatrywana jest tylko jedna funkcja. Projektant uziomu stacyjnego powinien uwzględnić wymagania dotyczące wszystkich funkcji.

Ad. 13). Gdyby w Zeszycie 5 opisane były wszystkie funkcje uziemienia stacyjnego, należałoby zmienić tytuł omawianego Zeszytu.

Ad. 14). To, że każdy element linii i stacji spełniający więcej niż jedną funkcję powinien spełniać wymagania wynikające z każdej funkcji jest chyba oczywiste dla każdego elektryka projektującego ten element. Czy można sobie wyobrazić, że przewód PEN może spełniać tylko wymagania dotyczące przewodów ochronnych PE?

3. Uwagi końcowe autora Zeszytu 5

W związku z pojawieniem się nowych norm dotyczących ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach wysokiego napięcia (na razie tylko w języku angielskim) warto zaplanować nowelizację Zeszytu 5.

Wszelkie uwagi do tekstu Zeszytu 5. bardzo mi pomogą w prawdopodobnej jego nowelizacji. Proszę jednak, aby uwagi te były pisane po dokładnym zapoznaniu się z tekstem tej publikacji oraz precyzyjnie wskazywały ewentualne usterki, propozycje zmian lub zadawały pytania.

*dr inż. Witold Jabłoński
witold.jablonski@pwr.wroc.pl
Wrocław 20.01.2013 r.*