

Obudowy kontenerowych stacji transformatorowych realizowane jako elementy przestrzenne

Ryszard Dekarz, Marek Lipniak, Strunobet-Migacz Sp. z o.o.

1. Wprowadzenie

Dystrybucja energii elektrycznej średnich i niskich napięć wymaga niezawodnie działających stacji transformatorowych i rozdzielni SN/nn. Na terenach wiejskich najodpowiedniejsze dla napowietrznych linii elektroenergetycznych są następujące stacje transformatorowe. Na terenach zwartej zabudowy miejskiej lub ze względów architektonicznych stacje transformatorowe i rozdzielnie SN/nn umieszcza się w pomieszczeniach zamkniętych w wydzielonej części budynku lub w oddzielnym obiekcie o konstrukcji murowanej, stalowej bądź żelbetowej.

Ze względu na skuteczną ochronę otoczenia od skutków działania ewentualnego zwarcia łukowego wewnątrz stacji i konieczność zabezpieczenia wyposażenia stacji i rozdzielni od ingerencji osób postronnych, najodpowiedniejsze wydają się być kontenerowe stacje transformatorowe i rozdzielnice SN/nn w obudowie żelbetowej [1, 2]. Właśnie w realizacji takich obudów kontenerowych specjalizuje się od 2007 roku Firma Strunobet-Migacz Sp. z o.o.

Obudowy żelbetowe kontenerowych stacji transformatorowych i rozdzielnic SN/nn, realizowane w postaci monolitycznych, wielkogabarytowych prefabrykatów przestrzennych przy użyciu betonu samozagęszczalnego, gwarantują odpowiednią klasę odporności ogniowej obiektu i spełnienie wysokich wymagań stawianych przez normy i użytkownika w zakresie trwałości obiektu. Zaproponowany przez Strunobet-Migacz Sp. z o.o. typoszereg żelbetowych obudów kontenerowych pozwala na realizację systemu kontenerowych stacji transformatorowych, do których zalicza się:

- kontenerowe stacje z obsługą zewnętrzną K SZ,
- kontenerowe stacje z wewnętrznym korytarzem obsługi K SW,
- złącza kablowe średniego napięcia Z KSN z małogabarytowymi rozdzielnicami średniego napięcia w osłonie SF₆.

2. Żelbetowe obudowy stacji

Obudowa żelbetowa stacji typu K SZ składa się z czterech płyt ściennych (z otworami drzwiowymi, okien-



Rys. 1. Kompletna stacja transformatorowa typu K SZ przed wysyłką do klienta

nymi i wentylacyjnymi) połączonych monolitycznie ze skrzynią denną stanowiącą równocześnie fundament stacji (rys. 1). Monolityczna obudowa stacji przekryta jest żelbetową płytą stanowiącą dach i oddzielenie ogniowe od góry obiektu.

Kontenerowe stacje transformatorowe z obsługą zewnętrzną typu K SZ stanowią najniższy szczebel typoszeregu stacji transformatorowych przystosowanych do obsługi z zewnątrz. Wymiary rzutu przyziemia stacji wynoszą 2,9 × 2,1 m. Wysokość całkowita stacji wynosi 2,5 m – w tym 1,65 m znajduje się ponad poziomem terenu. Stacje K SZ przystosowane są do pracy w kablowej sieci elektroenergetycznej SN i nn. Na uwagę zasługuje nowatorskie rozwiązanie stacji K SZ 20/1700, przeznaczonej do pracy w elektrowniach wiatrowych z transformatorem do 1700 kVA, wyróżnionej na targach ENEX oraz ENEX – NOWA ENERGIA 2008.

Kontenerowe stacje typu K SW są wolnostojącymi stacjami transformatorowymi przystosowanymi do obsługi urządzeń stacyjnych z wewnętrznego korytarza. Wymiary stacji w rzucie poziomym wynoszą: szerokość 2,55 m; długość od 3,2 do 8,0 m co 0,2 m.



Rys. 2. Żelbetowa obudowa stacji KSW przygotowana do montażu wyposażenia. Obok stoją dwie kompletne stacje KSW

Wysokość stacji ponad poziom gruntu to około 2,7 m. Obudowa żelbetowa stacji typu KSW składa się z następujących części montażowych:

- piwnicy kablowej pełniącej rolę szczelnego fundamentu skrzyniowego z wydzieloną strefą na ewentualny wyciek oleju transformatorowego (olej nie może przedostać się na zewnątrz stacji) oraz strefą kablową wraz przepustami kablowymi,
- budynku stacji (podłoga z przepustami + 4 ściany z otworami drzwiowymi, okiennymi, wentylacyjnymi i przepustami elektrycznymi + ściany działowe – rys. 2),
- dachu w postaci płyty żelbetowej z brzegowymi żeberkami na obwodzie + ewentualnie nakładka z innego materiału zmieniająca dach płaski na dwuspadowy.

Kontenerowe stacje typu KSW produkowane są w dwóch wariantach [2]:

- KSWp – stacja z rozdzielnicą SN w izolacji powietrznej,
- KSWg – stacja z rozdzielnicą SN w izolacji SF6.

Oprócz standardowego wyposażenia, stacje KSW zapewniają możliwość zainstalowania nowoczesnych urządzeń sterowania, monitorowania, pomiaru, transmisji danych oraz systemów gwarantowanego zasilania odbiorcy [4]. Jakość i bezpieczeństwo pracy aparatury i urządzeń elektrycznych zainstalowanych wewnątrz stacji zależy również od rodzaju obudowy [3]. W szczególności istotna jest potwierdzona badaniami i atestami odporność obudów na skutki zwarć łukowych oraz odporność ogniowa ścian stacji transformatorowych [5]. Kontenerowe stacje transformatorowe i rozdzielnie SN/nn muszą spełniać wymagania normy: PN-EN 62271-202:2007 Wysokonapięciowa aparatura rozdzielcza i sterownicza – Część 202: Stacje transformatorowe prefabrykowane wysokiego napięcia na niskie napięcie [8], w tym bezpieczeństwa ludzi przechodzących obok stacji podczas zaistnienia zwarcia łukowego wewnątrz stacji.



Rys. 3. Obudowa stacji KSW w trakcie wyjmowania z formy (podłoga jest na górze). Po odwróceniu i malowaniu przybierze postać jak na rysunku 2

3. Problemy wykonawcze obudów kontenerowych

Ze względu na skomplikowany kształt obudowy kontenerowej stacji transformatorowej, wynikający z licznych przegród połączonych z płytą denną i przepustami kablowymi, zdecydowano się na betonowanie żelbetowej obudowy w jednym cyklu jako monolit w formie odwróconej (rys. 3). Betonowanie zbrojonych ścian trzymetrowej wysokości i grubości 10 cm połączonych między sobą i z podłogą, z licznymi otworami, stwarza wiele problemów. Między innymi, przy wprowadzaniu betonu z dużej wysokości powstawały przestrzenie puste wypełnione powietrzem pod otworami drzwiowymi i otworami wentylacyjnymi.

Technologia betonu samozagęszczalnego [6] zapewnia zdolność do szczelnego wypełnienia formy mieszanką betonową, otulenie zbrojenia oraz zagęszczenie betonu pod ciężarem własnym. Technologia ta zmniejsza pracochłonność formowania elementów, umożliwia właściwe otulenie zbrojenia o skomplikowanych kształtach oraz dokładnie odwzorowuje powierzchnię formy. Prowadzi to do uzyskania betonu o dużej jednorodności i szczelności.

Uzyskanie właściwej, jednakowej grubości otuliny betonowej dla odpowiednio zaprojektowanego i wykonanego zbrojenia oraz osadzenie elementów mocowania konstrukcji zewnętrznych (kraty wentylacyjne, drzwi, przepusty, zawiesia itp.) wpływa na trwałość mechaniczną obudowy. Umożliwia to wykonanie odlewów w formie odwróconej, w której monolityczna obudowa stacji betonowana jest od strony piwnicy (rys. 3). Uzyskuje się w ten sposób większą szczelność i wymagane parametry nasiąkliwości betonu. Metoda eliminuje problem rozwarstwiania się betonu. Trwałość mechaniczna obudowy decyduje o odporności na skutki zwarć

łukowych, ogień i inne czynniki mechaniczne. Jednorodność i mała nasiąkliwość betonu jest również kluczowa dla zapewnienia szczelności części piwnicznej obudowy i poprawnego zamocowania przepustów hermetycznych, wykorzystywanych dla wprowadzenia kabli.

Wymagania stawiane obudowom prefabrykowanym stacji transformatorowo-rozdzielczych rosną wraz z mocą instalowanych w nich aparatów i urządzeń [7] oraz zagrożeń związanych z ich eksploatacją. Potwierdzenie spełnienia tych wymagań realizowane jest w trybie badania typu [5], a utrzymanie wymaganej jakości produktów – poprzez system kontroli jakości wyrobów.

Szczelność i trwałość obudowy umożliwia jej wieloletnią eksploatację. Trwałe połączenia uziemienia ze zbrojeniem obudowy zapewniają skuteczność ochrony przeciwporażeniowej oraz niski poziom natężenia pól elektrycznego i magnetycznego. Stosowanie podkładek pod transformatorem ogranicza poziom hałasu do poziomu tła. Szczelna misa olejowa i hermetyczne przepusty kablowe ograniczają możliwość wycieku oleju transformatorowego na zewnątrz stacji.

4. Ognioodporność obudowy stacji

Dla kontenerowych stacji transformatorowych bardzo istotna jest odporność obudowy na skutki zwarć łukowych. Z tym związana jest odporność ogniowa ścian i dachu oraz drzwi i krat wentylacyjnych. Wymaganą klasę odporności ogniowej dla budynku stacji transformatorowej, traktowanego jako budynek przemysłowo-magazynowy (PM) ustala się na podstawie wyliczonej gęstości obciążenia ogniowego przy pożarze maksymalnie 300 kg oleju transformatorowego. Gęstość obciążenia ogniowego wynosi od $Q_{\min} = 510 \text{ MJ/m}^2$ dla stacji KSW, do $Q_{\max} = 1700 \text{ MJ/m}^2$ dla stacji KSZ. Z obliczeń wynika, że budynki stacji KSZ powinny być wykonane w klasie odporności pożarowej B, a budynki stacji typu KSW w klasie odporności pożarowej C lub D. Dla ścian zewnętrznych i stropów o grubości 100 mm wykonywanych z betonu klasy C30/37 ustalono klasę odporności ogniowej REI 120. Dlatego też:

1. Ściany zewnętrzne bez otworów wentylacyjnych oraz strop nad piwnicą i dach zastosowane w stacjach posiadają klasę odporności ogniowej odpowiadającą wymaganej klasie dla elementów oddzielenia przeciwpożarowego, która dla budynków o odporności pożarowej C i B wynosi REI 120, a dla D REI-60.
2. Lokalizacja obiektu z uwagi na zapewnienie ochrony przeciwpożarowej względem innego obiektu lub granicy działki od strony ścian pełnych jest dopuszczalna w każdym wariantcie zagospodarowania terenu działki.
3. Lokalizacja obiektu z uwagi na zapewnienie ochrony przeciwpożarowej względem innego obiektu lub



Rys. 4. Transport kontenerowej stacji transformatorowej KSW samochodem z naczepą niskopodwoziową

granicy działki od strony ścian wyposażonych w kraty wentylacyjne jest dopuszczalna w każdym wariantcie zagospodarowania terenu działki, pod warunkiem zastosowania kurtynowych klap przeciwpożarowych o wymaganej odporności pożarowej (EI 30 lub EI 60 w zależności od typu stacji). Zastosowane przez producenta klapy typu FS 101 firmy MERCOR spełniają ten warunek.

4. Niezależnie od powyższego, użytkownik powinien w dokumentacji eksploatacyjnej stacji kontenerowej określić wymagania przeciwpożarowe.

Zwiększanie mocy instalowanej w stacji sprawia, że najważniejszym parametrem stacji transformatorowej jest klasa odporności ogniowej obudowy. Stacje posiadają potwierdzoną badaniami [5] odporność na zwarcia łukowe zarówno w aspekcie bezpieczeństwa obsługi (klasa A), jak i osób postronnych (klasa B). Zwarcie łukowe jest najbardziej ekstremalnym obciążeniem wytrzymałościowym dla obudowy stacji [3]. Uwalniana energia jest porównywalna z eksplozją 1000 g trotylu wewnątrz stacji. Energia ta zależy od mocy zainstalowanej w stacji. Stąd badania, które mają charakter prób niszczących, przeprowadza się dla stacji o minimalnej objętości. Temperatura i sposób rozprężania gazów łukowych [3] i stosowane kanały chłodzenia lub kompresji gazów (a więc powiązanie klasy odporności łukowej aparatury rozdzielczej, obudowy i elementów konstrukcji stacji) nabierają kapitalnego znaczenia. Należy pamiętać, że rozdzielnica z kompresją na zewnątrz zapewniająca odporność łukową w klasie A i B, umieszczona w obudowie betonowej, niekoniecznie gwarantuje zachowanie tego bezpieczeństwa. Obudowy monolityczne wykonane z betonu samozagęszczalnego cechuje większa odporność na skutki zwarć łukowych. Uzupełnieniem oferty firmy jest kompleksowe wyposażenie obudów i transport ich do klienta (rys. 4).

5. Podsumowanie

W najbliższej przyszłości należy spodziewać się utrzymania, a nawet wzrostu liczby instalowanych stacji dystrybucyjnych w terenach wysoce zurbanizowanych, gdzie szeroko rozumiane bezpieczeństwo dla środowiska i osób postronnych nabiera kluczowego znaczenia. Obudowy betonowe stacji kontenerowych z tego względu wypierają obudowy metalowe na terenach miejskich oraz stacje nastupowe na terenach wiejskich.

Szczególną wagę w kontenerowych stacjach transformatorowych i rozdzielniach SN/nn należy przykładać do jakości wykonania drzwi, krat wentylacyjnych, przepustów kablowych, wentylatorów itp. Doświadczenie uczy, że jakość ich wykonania i zamocowania w sposób decydujący wpływają na odporność łukową stacji. Dotyczy to również ograniczenia wpływu środowiska i jego zanieczyszczenia na pracę urządzeń w stacji. Wymagana jest szczelność stacji w obu kierunkach.

Realizacja w pełni wyposażonych kontenerowych stacji transformatorowych i rozdzielni SN/nn oraz produkcja w pełni wyposażonych nastupowych stacji transformatorowych oraz stanowisk słupowych w dowolnej konfiguracji, pozwoliły naszej firmie na wkroczenie w obszar produkcji węzłów sieci dystry-

bucji energii elektrycznej średnich i niskich napięć. Firma Strunobet-Migacz Sp. z o.o. jest członkiem Stowarzyszenia Producentów Konstrukcji i Urządzeń Elektrycznych „STELEN”.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Koza K., Łodo A., Warachim A., Kierunki rozwoju konstrukcji betonowych dla potrzeb dystrybucji energii elektrycznej, *Energetyka* nr 8/9, sierpień/wrzesień 2008 r.
- [2] Warachim A., Wybrane zagadnienia konstrukcji nowoczesnego systemu produkcji stacji transformatorowych, średniego napięcia, w obudowie betonowej – PTPIREE, Jelenia Góra, maj 2001 r.
- [3] Warachim A., Szywała P., Łukochronność aparatury średniego napięcia, *Energetyka* nr 9/2003, wrzesień 2003 r.
- [4] Saratowicz M., Warachim A., Statistical monitoring of electric energy distribution, International Conference on Research in Electro technology and Applied Informatics August 31 – September 3 2005, Katowice
- [5] Gruza L., Badania prefabrykowanych stacji transformatorowych, *Energia elektryczna, Technika i technologie*, s. 15–17, czerwiec 2010 r.
- [6] Gołaszewski J., Technologia betonu samozagęszczalnego a betonu zagęszczanego w sposób tradycyjny, „Przegląd Budowlany” 6/2009, s. 28–36
- [7] Pietrzyk M., Niezawodność i bezpieczeństwo pracy prefabrykowanych stacji transformatorowych SN/nN, IV Konferencja PTPIREE, Stacje Elektroenergetyczne WN/SN i SN/nn, Bełchatów, maj 2010 r.
- [8] PN-EN 62271-202:2007 Wysokonapięciowa aparatura rozdzielcza i sterownicza. Część 202: Stacje transformatorowe prefabrykowane wysokiego napięcia na niskie napięcie

DOBRE NOCLEGI dla Twoich pracowników

Do Państwa dyspozycji:

- HOSTELE SŁUŻEWIEC i TO-TU
- HOTELE ATOS i ARAMIS

noclegi pracownicze
w Warszawie już od
30 zł/osobę

www.puhit.pl

zakwaterowanie@puhit.pl

Rezerwacja: 22 20 76 550