



Krystian KYCIOR

Andel Polska Sp. z o.o.

Tradycja i postęp w dziedzinie ochrony środowiska przed zagrożeniem wyciekami oleju z urządzeń energetycznych zawierających substancje ropopochodne

Streszczenie: Referat opisuje różne sposoby separacji wody deszczowej i oleju ze stanowisk transformatorowych. Przedstawiono zarówno tradycyjne jak i nowoczesne sposoby realizacji tego problemu. Najnowszym rozwiązaniem na rynku polskim jest system BundGuard, który na rynkach światowych jest już standardem.

Abstract (The tradition and progress in the field to safeguard of the environment against threat of oil leaks from banded oil storage tanks and oil filled equipment i.e. transformers): The paper is describing different ways of removing rainwater from the banded oil storage tank and oil filled equipment(transformer units). Both traditional and modern ways are presented for the realization of this problem. A BundGuard system which is already a standard on world marts, on the Polish market is newest solution.

Słowa kluczowe: transformator, misa olejowa, separator, BundGuard.

Keywords: transformer, oil bowl, interceptor, BundGuard.

Wstęp

Referat przedstawia zagadnienia separacji oleju na stanowiskach transformatorowych. W miejscach tych istnieje ryzyko awarii jednostki, w wyniku czego środowisko może ulec skażeniu. W okresie automatyzacji, proces ten może być monitorowany i sterowany w sposób ciągły, co znacznie minimalizuje koszty eksploatacji stanowiska. Podstawowym zabezpieczeniem jest misa zlewniowa zbierająca wodę i olej. Kolejnym etapem jest odprowadzenie wody z misy zlewniowej, separując jednocześnie olej transformatorowy. Proces ten może być przeprowadzony na kilka sposobów. Podstawowym i najczęściej stosowanym rozwiązaniem jest separator. Wymaga on jednak dużych inwestycji podczas budowy. Pracę separatora można zautomatyzować, co znacznie obniża koszty obsługi urządzenia. Innym urządzeniem stosowanym na świecie jest system BundGuard. Jest to jednostka monitorująca poziom wody i oleju w misie zlewniowej, która w przypadku zbyt wysokiego poziomu wody, wypompowuje ją pozostawiając olej na miejscu. System taki może mieć zastosowanie w większości instalacji na terenie Polski. Systemy automatyki powinny być połączone z centrum sterowania, dzięki czemu praca jednostek nie wymaga dodatkowej obsługi. Automatyka w tej dziedzinie jest nowością i znacznie obniża koszty eksploatacji jednostek transformatorowych.

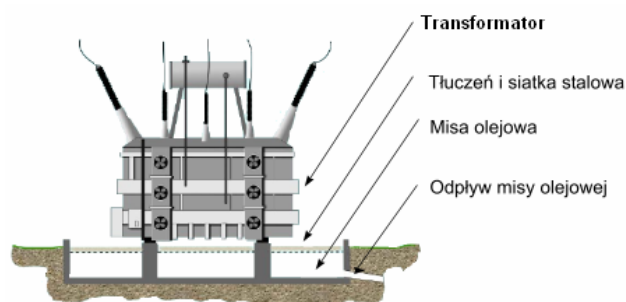
Historia i prawo

Ekologia w energetyce jest dziedziną młodą. Zaczęła się rozwijać w latach 60-tych, ale prawdziwy rozwój poparty badaniami i analizami określa się na lata 70-te i 80-te. Olej elektroizolacyjny zgodnie z ustawą o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 r. [1] jest traktowany jako odpad niebezpieczny, który należy poddać utylizacji. Aktualnie normy polskie i europejskie jednoznacznie określają, że transformatory i inne urządzenia zawierające substancje ropopochodne muszą być podwójnie zabezpieczone. Ma to na celu ochronę środowiska w przypadku awarii lub rozszczelnienia urządzenia energetycznego. Problemem jest odprowadzenie wody deszczowej z obiektu pozostawiając jednocześnie olej w izolacji od środowiska naturalnego. W poszczególnych krajach instalacje takie realizowane są często w odmienny sposób. Ustawa z dnia

18 lipca 2001 „Prawo wodne” (Dz. U. Nr 62, poz 628)[2] i Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 listopada 2002 r. [3], zrewolucjonizowały sposób podejścia do oczyszczania ścieków opadowych i roztopowych. Powyższe rozporządzenie określa wielkość spływu z misy olejowej oraz parametry jakości podczyszczonych wód opadowych wyprowadzanych do środowiska. Dla substancji ropopochodnych są one określone na poziomie do 15 mg/dm³, a dla zawiesiny ogólnej do 100 mg/dm³.

Misa olejowa

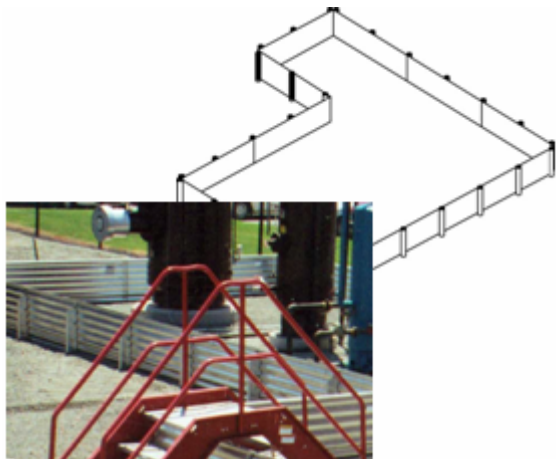
Przepisy prawa budowlanego oraz ustawa prawo wodne wymagają, aby w przypadku napowietrznych stanowisk transformatorów mocy podstawowym zabezpieczeniem była misa olejowa, co zobrazowano na rysunku 1.



Rys. 1. Widok jednostki transformatora z uwzględnieniem misy olejowej

Powinna ona być integralną częścią fundamentu transformatora i konstrukcja jej musi uwzględnić 100% oleju znajdującego się w urządzeniu i wodę opadową obmywającą jednostkę. Na początku lat 80-tych konstrukcje mis nie zapewniały szczelności i nie zapobiegały skażeniom gruntów w przypadku wycieku oleju. Misy wykonane były z płyt betonowych połączonych ze sobą. W późniejszym okresie zaczęto dodatkowo stosować czterowarstwową folię uszczelniającą stanowisko. Dopiero w latach 90-tych misy olejowe budowane były jako jednolita konstrukcja żelbetonowa. Na całej powierzchni aktualnie stosuje się dodatkowo izolację przeciwwodną i tłuczeń na metalowych kratkach, który gasi olej w sytuacjach kryzysowych. Dno

misy jest tak ukształtowane, aby zapewniało odpływ wody i nieczystości do dalszej obróbki. Alternatywą dla betonowych mis olejowych jest panelowy system stalowy, uszczelniony folią i specjalnym środkiem na bazie silikonu. Rozwiązanie takie przedstawione jest na rysunku 2. Jest on stosowany na terenie Stanów Zjednoczonych, Kanady i Wielkiej Brytanii. Konstrukcja ta jest znacznie tańsza od standardowych budowli, przy zachowaniu tych samych właściwości. Nie wymagana jest tu ingerencja w ziemi, a dzięki panelowej konstrukcji istnieje możliwość dopasowania zbiornika zlewniowego do otoczenia i jednostki chronionej.



Rys. 2. Panelowy system misy olejowej

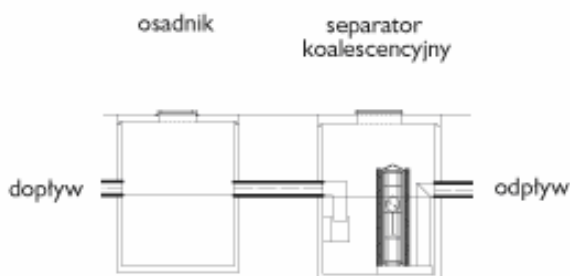
Dla separacji wody i oleju stosowanych jest aktualnie kilka rozwiązań.

Separator

W przypadku średnich i dużych transformatorów w Polsce i w Europie Środkowej najczęściej stosowane są separatory oleju zainstalowane pod ziemią w pobliżu jednostki. Na początku lat 80-tych stosowano odolejaczce, nieprzepływowe z zasuwą na odpływie [4]. Wykonywane były bezpośrednio na stanowisku pracy i miały formę studzienek z kręgów o średnicy 1,2 m. Podczas pracy zasuwa urządzenia była zawsze zamknięta. Ze względu na nieprzepływowy charakter, wymagają one bardzo częstej obsługi technicznej kontrolującej poziom wody. Kontrola poziomu i stopnia zanieczyszczeń oraz spuszczenie wód opadowych, uzależnione są od obfitości opadów atmosferycznych. Aktualnie separatory mają budowę przepływową z automatycznym zamknięciem zabezpieczającym odprowadzenie wód deszczowych przed skażeniem olejem.

Budowa i działanie separatora

Separatory zasilane są dopływem grawitacyjnym z misy olejowej [5]. Przed urządzeniem separującym powinien być umieszczony osadnik szlamowy tak jak przedstawione jest to na rysunku 3.



Rys. 3. System separatora oleju [6]

Ma on na celu zatrzymanie zanieczyszczeń stałych. W separatorze właściwym następuje zasadniczy rozdział oleju i wody. Lżejszy olej po wypłynięciu na powierzchnię wody pozostaje w separatorze olejowym, woda z resztkowym zanieczyszczeniem przechodzi do separatora koalescencyjnego. W separatorze tym woda zostaje doczyszczana a następnie przepływa do środowiska lub do kanalizacji. Dobrze wykonana instalacja jest w stanie ograniczyć stężenie zawieszin ropopochodnych do 5 – 15 Mg/l [6]. Według normy DIN 1999 [7] dobór separatora określony jest następującą zależnością:

$$(1) \quad NS = Qr \times fd$$

gdzie: NS – (ang. *nominal size*) wielkość nominalna, Qr – nominalny przepływ ścieków deszczowych [l/s], fd – współczynnik gęstości – w zależności od zastosowanego systemu separacji współczynnik wynosi od 3 do 1.

$$(2) \quad Qr = \Psi i A$$

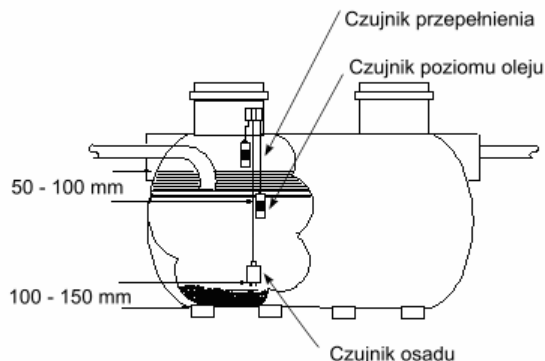
gdzie: Ψ – współczynnik spływu (dla niewielkich powierzchni wartość wynosi 1), i – natężenie obliczeniowe deszczu [l/s/ha] – z wyjątkiem terenów górzystych na przeważającym obszarze Polski wynosi on 150 l/s/ha, co odpowiada deszczowi o prawdopodobieństwie 20% (raz na 5 lat) i czasie trwania około 12 minut, A – powierzchnia rzutu poziomego terenu z którego odprowadzane są ścieki [ha].

Separator powinien być tak zainstalowany, aby uniemożliwić odpływ zgromadzonych w nim substancji ropopochodnych w przypadku zamknięcia się automatycznego urządzenia pływakowego. W tym celu górna krawędź separatora (nadstawki) powinna się znajdować odpowiednio powyżej najniższego wlotu do kanalizacji dopływowej tak, aby uzyskana w ten sposób objętość w nadstawce była wystarczająca dla zapobieżenia wylania się zgromadzonych cieczy lekkich. Dla separatorów o przepustowości poniżej $NS6$ wzniesienie to powinno wynosić 130 mm i nie są wymagane żadne obliczenia. Dla większych separatorów powinny być wykonane odpowiednie obliczenia. Dla przypadków, gdzie nie jest możliwe uzyskanie wymaganego przewyższenia, należy stosować urządzenia alarmowe, informujące o osiągnięciu maksymalnego poziomu oleju [8].

Automatyka separatora

Separatory pozbawione są często automatyki monitorującej w sposób ciągły ilość oleju i osadu znajdującego się wewnątrz. W takim przypadku muszą one być regularnie kontrolowane i w razie potrzeby czyszczone, co najmniej kilka razy w roku. Oczyszczanie i usuwanie zanieczyszczeń w odpowiednim czasie wpływa na warunki pracy urządzenia i stopień oczyszczania wody. Automatyka przedłuża okres pomiędzy przeglądami. System sensorów może monitorować poziom oleju, wody i osadu (rys. 4). Dzięki umieszczeniu sensorów na odpowiednich głębokościach w pełni monitoruje stan separatora. Czujnik poziomu oleju montowany jest 5-10 cm poniżej właściwego poziomu wody. W takim przypadku dwie powierzchnie przewodzące znajdują się w wodzie (substancji przewodzącej). Gdy w separatorze znajdzie się olej, poziom wody automatycznie ulegnie obniżeniu. Spowoduje to, że górna powierzchnia przewodząca będzie zanurzona w substancji nieprzewodzącej i zostanie odizolowana od dolnej części przewodzącej. Zmiana ta spowoduje włączenie stanu alarmowego. Czujnik osadu montowany jest 10 – 15 cm powyżej powierzchni dolnej zbiornika. Działa on na zasadzie fotoelektrycznej. Wysyłany

sygnał świetlny odbierany jest przez fototranzystor. Gdy przez określony czas sygnał ten zostanie zakłócony automatycznie uruchamiany jest alarm. Panel kontrolny umieszczony w pobliżu miejsca instalacji w sposób wizualny i dźwiękowy przedstawia stan separatora. Jest on także odpowiedzialny za komunikację z główną centralą monitorującą. Dzięki tablicy synoptycznej uproszczony jest proces obsługi. Czujniki przeznaczone są do pracy w trudnych warunkach.

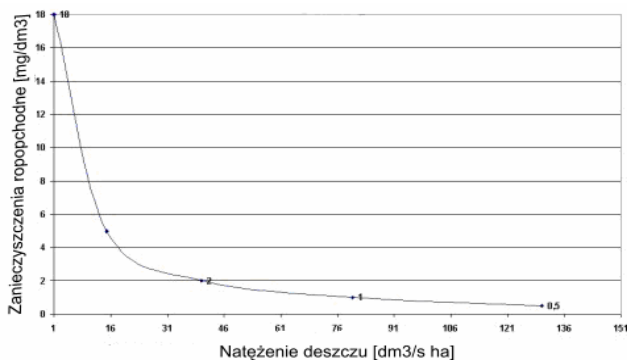


Rys. 4. System automatyki separatora

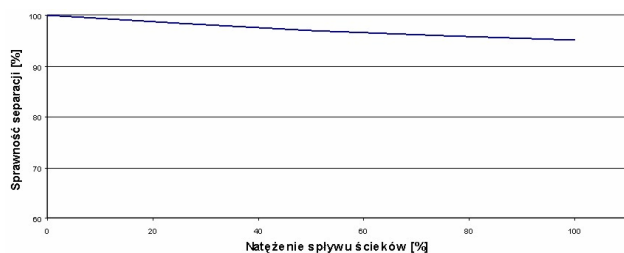
Poszczególne przekaźniki są uaktywniane w przypadku awarii zasilania lub innych nieprawidłowości funkcjonowania systemu, zbyt wysokiego poziomu wody, zbyt dużej ilości oleju lub osadu. Dzięki takiemu systemowi automatyki koszty eksploatacji separatora ulegają znacznemu obniżeniu. Obsługa techniczna ograniczona jest do obowiązku czyszczenia obiektu, gdy zaistnieje taka potrzeba.

Ochrona środowiska

Przy właściwej eksploatacji i konserwacji skuteczność separacji substancji ropopochodnych wynosi około 97% przy przepływie wody stanowiącym 50% przepływu nominalnego, a przy przepływie nominalnym 95%. Na podstawie przedstawionych charakterystyk można stwierdzić, że czystość wody w znacznym stopniu uzależniona jest od wielkości opadów (Rys. 5 i 6).



Rys. 5. Zależność natężenia deszczu i zanieczyszczeń ropopochodnych



Rys. 6. Zależność sprawności separacji do natężenia spływu ścieków

System BundGuard

Alternatywnym rozwiązaniem problemu separacji oleju od wody i środowiska naturalnego jest system BundGuard (Rys. 7). Jest to układ automatyki, który w znacznym stopniu ogranicza koszty budowy całego obiektu i późniejszej jego eksploatacji. Stosowany jest on w zachodniej i południowej części Europy, Stanach Zjednoczonych, Kanadzie i Chinach. Tam też praktycznie wyparł on stosowanie separatorów w energetyce. Ma on zastosowanie w większości typów obiektów. Na terenie Wielkiej Brytanii zainstalowanych jest ponad 10 000 jednostek tego typu, które pracują bezawaryjnie od kilkunastu lat.

Ochrona środowiska

Według przeprowadzonych testów w sytuacjach awaryjnych zawartość oleju w wypompowywanej wodzie może się wahać od 0 – 40 mg/l w zależności od szybkości wzrostu poziomu oleju w studzience. Po zastosowaniu dodatkowego modułu filtrującego ilość oleju zmniejsza się do wartości poniżej 5 mg/l.

Idea systemu

Ideą systemu jest ograniczenie kosztów budowy obiektu, jak i jego eksploatacji. Wokół obiektu znajduje się misa olejowa o pojemności równej 110% zawartości oleju w kadzi transformatora lub zbiornika. W takim przypadku rezerwa misy zlewniowej wynosi co najmniej 10%. Podczas awarii transformatora lub zbiornika, gdy w misie znajduje się mniej niż dziesięć procent wody, substancja ropopochodna nie przedostanie się do gruntu. W przeciwnym wypadku ziemia zostanie skażona. Zadaniem systemu BundGuard jest, aby ilość wody w misie olejowej nie przekroczyła 10% jej objętości.

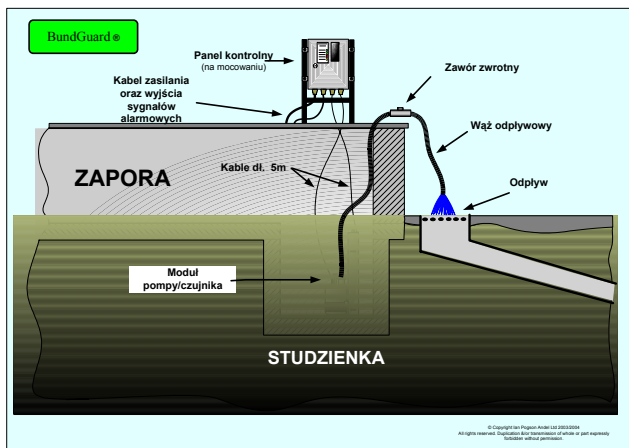


Rys. 7. Idea systemu BundGuard

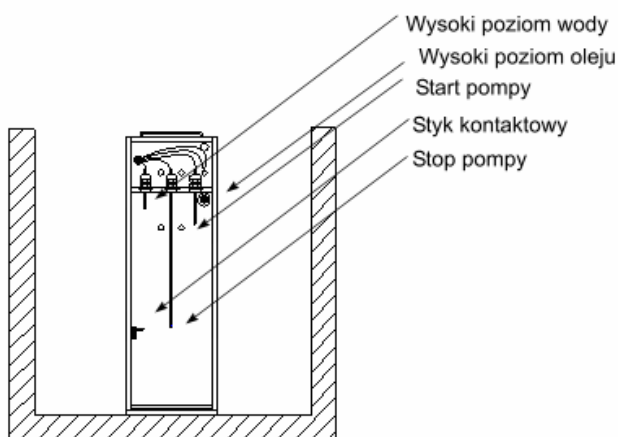
Budowa układu

System BundGuard ma za zadanie monitorowanie poziomu wody i oleju w misie olejowej. Pompa umieszczana jest w najniższym punkcie zlewni, tak jak jest to przedstawione na rysunku nr 8. Zasysanie wody odbywa się z dna, co zabezpiecza przed pobraniem oleju. Wydajność pompy (110 litrów/minutę lub większa) pozwala wypompować wodę nawet z dużej powierzchni. Woda odprowadzana jest na zewnątrz do systemu kanalizacji lub wód gruntowych. Na tym samym poziomie znajduje się też jednostka pomiarowa (Rys. 9). Jej zadaniem jest określanie

ilości wody i oleju w studzience. Informacje te są podstawą do sterowania pompą i w przypadku nieprawidłowości do wysyłania sygnału alarmowego. Wewnątrz jednostki pomiarowej umieszczone są trzy czujniki poziomu wody i jeden czujnik poziomu oleju. Kolejne sondy po zanurzeniu w wodzie ulegają połączeniu z czujnikiem kontaktowym. Powoduje to zwarcie styków wewnątrz panelu kontrolnego i uruchomienie odpowiednich procedur. W przypadku czujnika oleju jest to stycznik pływakowy, który załącza lub rozłącza obwód w zależności od poziomu oleju.



Rys. 8. Budowa systemu BundGuard



Rys. 9. Budowa jednostki pomiarowej

Poszczególne punkty kontrolne odpowiadają za:

- wysoki poziom wody (*high water level*) – wysłana jest informacja do centrali o potencjalnym zagrożeniu,
- wysoki poziom oleju (*high oil level*) – wysłana jest informacja do centrali o zbyt dużej ilości oleju w misie. W tym przypadku konieczna jest interwencja odpowiednich służb w celu zabezpieczenia niebezpiecznego wycieku oleju.
- poziom załączenia pompy (*pump start level*) – gdy woda osiągnie dany poziom automatycznie uruchamiana jest pompa.
- poziom wyłączenia pompy (*pump stop level*) – gdy wypompowywana woda osiągnie ten poziom pompa zostaje wyłączona.

Wszystkim zarządza jednostka kontrolna, która steruje pompą a także zawiera wskaźniki ostrzegawcze i styczniki beznapięciowe do sygnałów alarmowych. Wskaźniki ostrzegawcze informują o stanie systemu, awarii pompy, osiągnięciu maksymalnego poziomu przy wycieku lub wylewie oleju. Wyświetlacz LCD przedstawia ilość operacji włączenia pompy.

Działanie jednostki

Standardowo jednostka zainstalowana jest tak jak przedstawiono na rysunku 8. Poziom wody i oleju, a także stan urządzeń kontrolowany jest w sposób ciągły. Podczas opadów atmosferycznych woda zbiera się w misie olejowej i splywa do najniższego miejsca np. do studzienki. Gdy znajdzie się tam duża ilość wody uruchamiana jest pompa. Gdy woda zostanie wypompowana do odpowiednio niskiego poziomu (ok. 25 cm) pompa zostaje wyłączona. W ekstremalnych warunkach sztormowych może dojść do tymczasowego wzrostu poziomu wody, co jednak mieści się w warunkach tolerancji.

Odprowadzenie wody

Po odfiltrowaniu oleju od wody kolejnym problemem staje się odprowadzenie wody. Jest on rozwiązywany na kilka sposobów. W aglomeracjach miejskich najprostszym rozwiązaniem jest odprowadzenie wód bezpośrednio po separacji do kanalizacji miejskiej. W takiej sytuacji zarząd obiektu nie musi starać się o uzyskanie pozwolenia wodnoprawnego. Innym rozwiązaniem jest rozprówadzenie wód opadowych na terenie stacji. Odbywa się to na zasadzie odpompowania wody ze zbiorników bezodpływowych i rozproszenie jej wokół jednostki. Sytuacja taka jest możliwa do zrealizowania pod warunkiem spełnienia norm jakości dotyczących czystości wody. Kolejnym rozwiązaniem jest zbieranie wody opadowej w izolowanych zbiornikach, która następnie jest odpompowywana na wyizolowane poletki i ulega odparowaniu.

Podsumowanie

Od kilku lat zakłady energetyczne modernizują dużą liczbę jednostek transformatorowych. Montaż instalacji separatora jest poważną inwestycją i zajmuje dużą powierzchnię. Zalecane jest jednak, aby taka instalacja miała wbudowany system monitorujący. System BundGuard to bezobsługowa jednostka monitorująca transformatory, zbiorniki olejowe itp. Dzięki automatyce zawartej w urządzeniu nie istnieje potrzeba nadzoru, gdyż w krytycznych sytuacjach BundGuard poinformuje o zagrożeniu. W miejscach, gdzie niemożliwa jest instalacja tego prostego systemu wykorzystuje się tradycyjną metodę separatora. Informacje przedstawione w powyższym artykule mogą być pomocne przy projektowaniu i modernizacji jednostek transformatorowych.

LITERATURA

- [1] 27.04.2001 r. o odpadach (Dz. U. Nr 62, poz. 627).
- [2] 18.06.2001 r. prawo wodne (Dz. U. Nr 115, poz. 1229).
- [3] Rozporządzenie Ministra Środowiska „w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego” z dnia 29 listopada 2002 r. – Dz. U. Nr 212, poz. 1799
- [4] Markiewicz A., Grodecka S.: Ekologiczne aspekty związane z modernizacją i eksploatacją szczelnych stanowisk transformatorów na stacjach elektroenergetycznych 110/15 KV, Konferencja „Transformatory w eksploatacji” – Sieniawa 23-25 kwietnia 2003r.
- [5] Strona internetowa Zakładu Projektowo Usługowego STEJAX, www.stejax.pl
- [6] Strona internetowa firmy ENVICON Polska Sp. z o.o. www.envicon.pl
- [7] Strona internetowa firmy Awax Systemy Sp. z o.o. www.awax.com.pl
- [8] norma DIN 1999; część 1-3 dla separatorów benzyn i olejów; część 4-6 dla separatorów koalescencyjnych;
- [9] strona internetowa firmy Separator Serwis Sp. z o.o. www.separator.pl

Autor: Krystian Kycior, Andel Polska Sp. z o.o., ul. Lublańska 34 p.330, 31-476 Kraków; E-mail: k.kycior@andel-polska.pl