

Łukasz DZIERŻANOWSKI*
Michał TOMASZEWSKI*

ZASTOSOWANIE MAP CYFROWYCH W ANALIZIE AWARYJNOŚCI LINII PRZESYŁOWYCH

W artykule przedstawiono zarys metodologii pozwalającej na kategoryzację zdarzeń awaryjnych, koncepcję przedstawienia przetworzonych wyników analizy oraz sposób prezentacji danych z wykorzystaniem map cyfrowych. Gospodarka rynkowa wymaga w polskiej elektroenergetyce procesu zmian w metodach i technologiach eksploatacji majątku. Na pierwszy plan wysuwa się problem efektywności ekonomicznej połączony z rosnącymi wymaganiami dotyczącymi jakości energii elektrycznej. Utrzymanie wysokiej niezawodności dostawy energii elektrycznej ma wymiar ekonomiczny w skali przedsiębiorstwa, a także wymiar polityczny w skali państwa. Wymusza to potrzebę redukcji skutków zakłóceń między innymi przez wprowadzenie lepszych metod diagnostycznych i stosowanie systemów monitoringu.

1. WPROWADZENIE

Prawidłowo prowadzona eksploatacja linii przesyłowych wymaga analizy awaryjności, co pozwala na zmniejszenie kosztów, utrzymanie ciągłości dostaw energii elektrycznej i ułatwia podejmowanie decyzji związanych z procesami odnowy. Ze względu na strukturę sieci przesyłowej, złożoność i różnorodność danych oraz konieczność uwzględnienia lokalizacji i czasu zdarzenia, celowe jest opracowanie rozwiązania pozwalającego na skategoryzowaną wizualizację różnych typów danych opisujących zdarzenia awaryjne (lokalizacja, przyczyna, czas wystąpienia, skutki bezpośrednie i pośrednie, itp.).

Zgromadzone w bazach danych informacje o infrastrukturze, jej budowie i historii eksploatacji oraz dokumentacja awarii, czasu ich trwania, przyczyn, lokalizacji, kosztów bezpośrednich i pośrednich pozwalają na tworzenie złożonych zapytań, dzięki którym możliwe jest uzyskanie raportów o zdarzeniach awaryjnych dla wybranych torów prądowych lub obszarów systemu elektroenergetycznego. Dane te nabierają dodatkowej wartości, gdy zostaną przedstawione na mapie, bowiem ich rozkład geograficzny może w wielu przypadkach ułatwić dostrzeżenie cech wspólnych między poszczególnymi awariami i zdefiniowanie przyczyn, jeśli są one powiązane z lokalizacją lub

* Politechnika Opolska.

budową linii. Takie podejście jest szczególnie pomocne przy ocenie analizie całkowitych kosztów życia linii przesyłowych [1].

Generowanie map w oparciu o tworzone dowolnie zapytania do bazy wymagają zastosowania map cyfrowych umożliwiających selektywne wyświetlanie elementów systemu oraz programowe nanoszenie dodatkowych oznaczeń lub wartości. W chwili obecnej, ze względu na bardzo dobrą jakość zdjęć satelitarnych oraz otwarte środowisko aplikacyjne jednym z najlepszych narzędzi do zastosowań GIS-owskich są mapy Google wraz interfejsem programistycznym Google Maps API. Wykorzystanie tego narzędzia wymaga poprzedniego przygotowania mapy cyfrowej oraz zbudowanie lub uzupełnienie istniejących baz danych.

Dostępność i popularność interfejsu Google Maps API oraz łatwość wiązania go z innymi, open-source'owymi środowiskami, SQL-owymi bazami danych itp. sprawia, że jest on chętnie wykorzystywany w różnych zastosowaniach opartych o wizualizację kartograficzną [2, 3, 4, 5].

2. MOŻLIWOŚCI PREZENTACJI DANYCH Z UŻYCIEM INTERFEJSU GOOGLE MAPS API

Google Maps to środowisko internetowe integrujące mapy (wykonane w oparciu o zdjęcia satelitarne, mapy kartograficzne oraz plany urbanistyczne) z informacjami o obiektach i sieciach komunikacyjnych. Umożliwia wyszukiwanie miejsc w oparciu o ich nazwę, funkcję oraz współrzędne geograficzne.

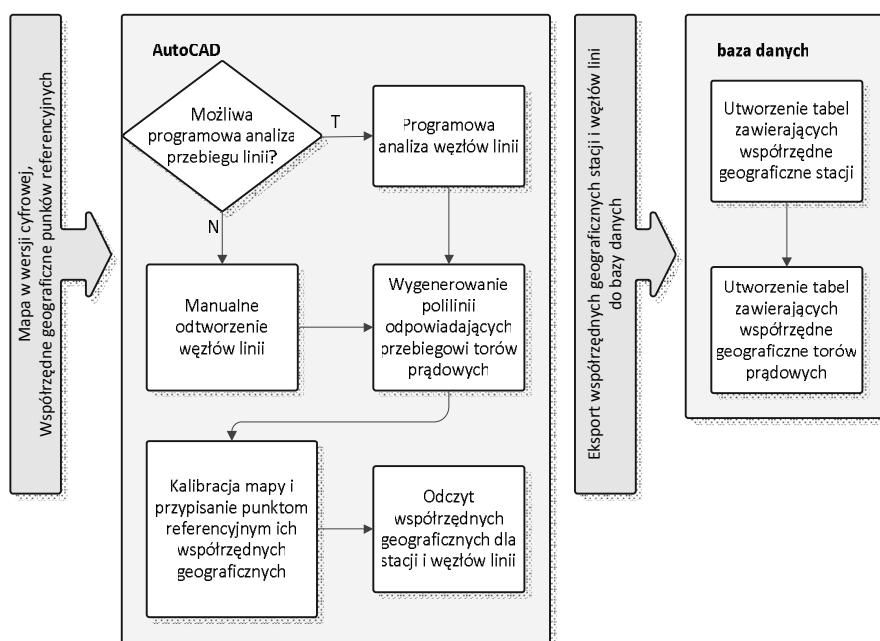
Google Maps API [6] jest środowiskiem programistycznym bazującym na JavaScript i Adobe Flash, umożliwiającym umieszczenie map na własnych stronach internetowych oraz personalizację wyświetlanych treści z wykorzystaniem elementów graficznych i tekstowych.

Wzbogacanie map o dodane przez siebie informacje możliwe jest zarówno przez prosty interfejs graficzny dostępny w przeglądarce, w trybie edycji mapy, jak również przez wykorzystanie KML (Keyhole Markup Language) – języka znaczników opartego o XML (Extensible Markup Language). Jest to popularny format wykorzystywany także przez różne serwisy geoinformacyjne. W plikach *.kml mogą być zapisywane dane o przebiegu tras rejestrowanych przez urządzenia GPS – eksport do Google Maps umożliwia ich wizualizację i prezentację w Internecie.

Język KML jest wartościowym narzędziem w wizualizacji kartograficznej – pozwala bowiem na definiowanie różnych figur geometrycznych (punktów, linii, elips, wieloboków itp.) oraz styli prezentacji danych, orientacji mapy, skali itd. W prezentowanym kontekście przekłada się to na dużą swobodę wizualizacji ciągów torów prądowych, oznaczania stacji oraz wyświetlania różnego rodzaju informacji dodatkowych [7].

3. PROPOZYCJA METODY WIZUALIZACJI DANYCH W OPARCIU O GOOGLE MAPS

Prezentacja wybranych elementów sieci przesyłowej wymaga uprzedniego przygotowania środowiska informatycznego. Schemat postępowania przedstawiony został na Rys. 1. Wejściowymi danymi w procesie przetwarzania są oczywiście źródłowe mapy oraz współrzędne geograficzne punktów referencyjnych. Przykładem środowiska, w którym może zostać przeprowadzona konwersja mapy źródłowej jest AutoCAD. Pozwala on bowiem na analizę programową z wykorzystaniem ObjectARX i automatyczne odtworzenie węzłów linii (pod warunkiem, że dane wejściowe dostarczone zostaną w odpowiednim formacie i jakości). W przypadku, gdy automatyzacja nie jest możliwa, wygenerowanie polilinii odpowiadających przebiegowi torów prądowych może zostać przeprowadzone manualnie.

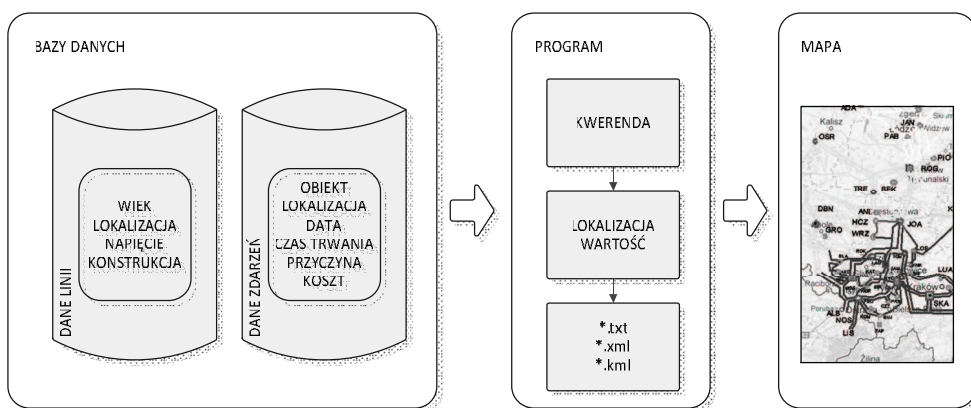


Rys. 1. Schemat blokowy przedstawiający pozyskiwanie danych z mapy w celu wykorzystania w Google Maps

Istotnym etapem przygotowania mapy cyfrowej jest jej kalibracja. Polega ona nie tylko na translacji układu współrzędnych kartezjańskich na geograficzne, ale przede wszystkim na dopasowaniu odwzorowania map. Google Maps wykorzystuje odwzorowanie walcowe (odwzorowanie Mercatora). Przyjmuje się

przy nim sztucznie, że wszystkie równoleżniki są równej długości, co prowadzi do powstawania istotnych przekłamań w obszarach okołobiegunowych. Nałożenie innej mapy wymaga więc weryfikacji zgodności zastosowanego odwzorowania i ewentualnego wykonania odpowiedniej translacji, której rodzaj można ustalić przez odczyt ustalonych wcześniej pozycji punktów referencyjnych.

Odczytane w środowisku CAD lokalizacje obiektów zostają wyeksportowane do baz danych zawierających informacje o elementach infrastruktury oraz awariach, które miały miejsce w czasie ich eksploatacji (Rys. 2.)



Rys. 2. Schemat przetwarzania danych w celu przedstawienia ich na mapie cyfrowej

Program odpowiedzialny za przygotowanie danych do eksportu dla map integruje środowiska bazodanowe i informacje prezentowane w przeglądarce internetowej lub programie wykorzystującym usługę Google API lokalnie. Podstawowym krokiem do uzyskania jest przygotowanie danych do wyświetlenia. Uzyskiwane one są w odpowiedzi na sformułowaną przez użytkownika kwerendę – zapytanie do bazy danych, zawierającą wybór pól tabel oraz podanego filtru dla wartości, które zawierają. Odpowiedź bazy jest konwertowana, w zależności od zastosowania, do plików tekstowych, XML-owych lub bezpośrednio do formatu KML.

Przykładem przetworzenia mapy źródłowej na obsługiwaną przez Google Maps, jest plan sieci przesyłowej w polskim systemie elektroenergetycznym (Rys. 3.) Na górnej ilustracji umieszczono obraz udostępniony na stronach PSE-Operator [8], który został poddany przekształceniom opisanym powyżej, w wyniku których otrzymano mapę przedstawioną u dołu.

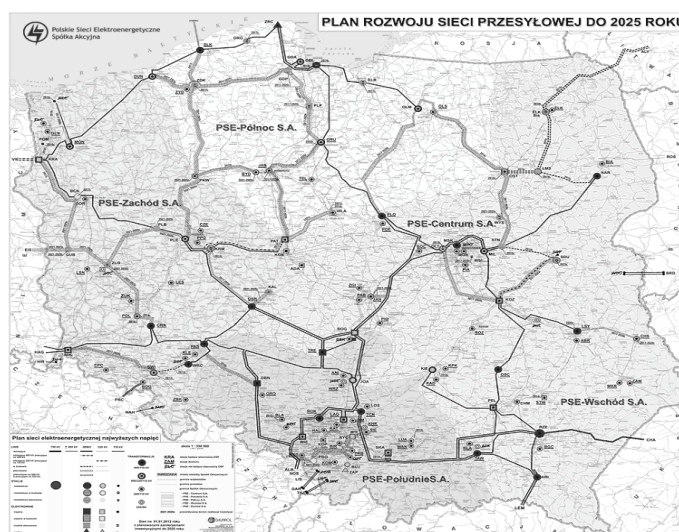
Przedstawiona metodyka może zostać zastosowana do wizualizowania:

- informacji dotyczących parametrów technicznych poszczególnych linii elektroenergetycznych (np. data budowy, data modernizacji, klasa linii, rodzaj linii, długość),

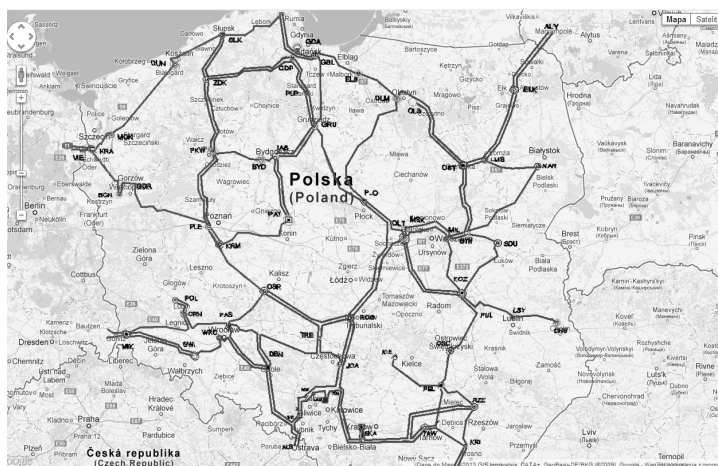
- informacji związanych z eksploatacją sieci przesyłowej (bieżące obciążenie, dopuszczalna obciążalność, temperatura przewodów),
- informacji wspomagających zarządzanie kryzysowe w przypadku wystąpienia awarii (wyłączenie linii, stopień uszkodzenia, charakter uszkodzeń),
- wyników analiz dotyczącej systemu przesyłu energii elektrycznej,
- innych informacji przypisanych do poszczególnych linii.

Jeden z przykładów zastosowania przedstawionej metodyki pokazano na Rys. 4.

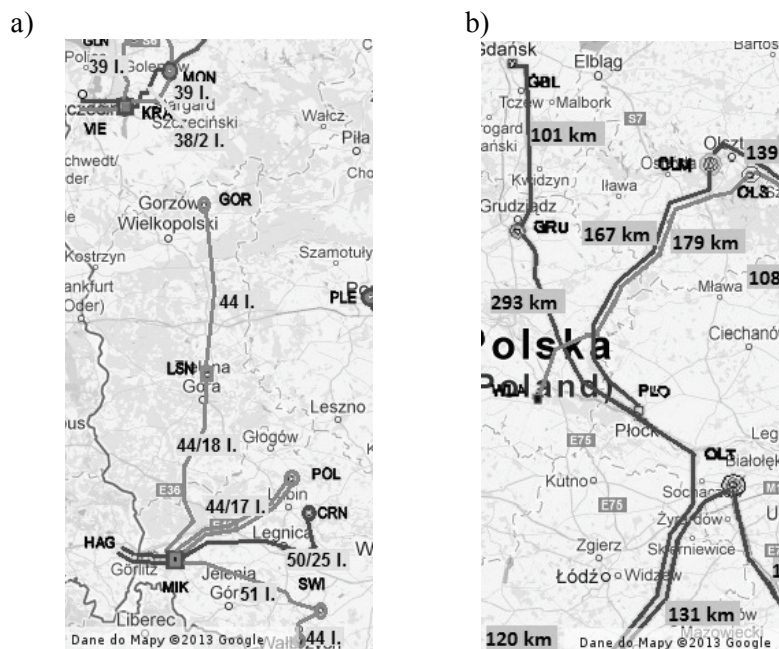
a)



b)



Rys. 3. Sieć przesyłowa w Polsce: a) mapa źródłowa, b) mapa przetworzona, przedstawiona w środowisku Google Maps (tylko linie 400 kV)



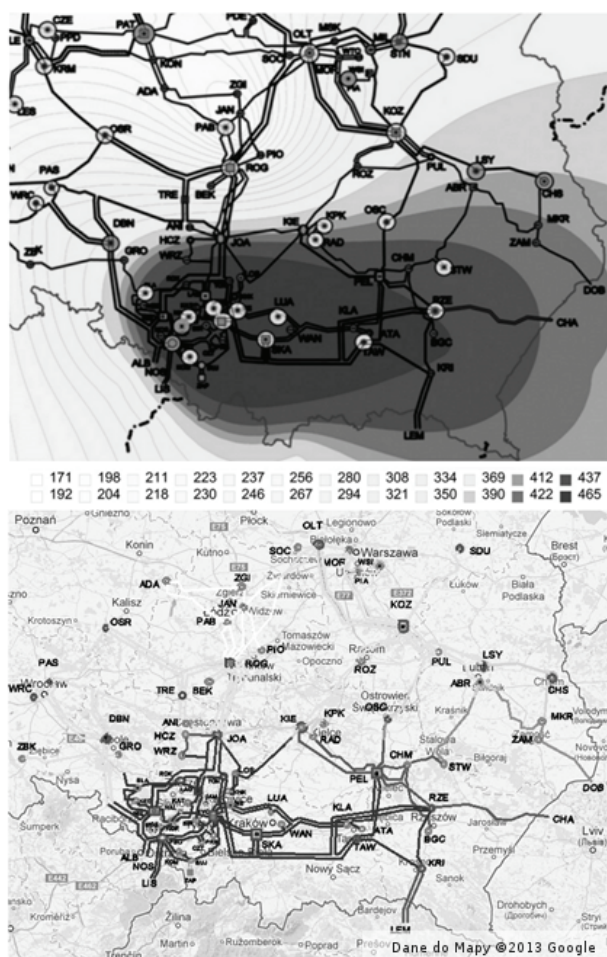
Rys. 4. Fragment wizualizacji posiej sieci przesyłowej z uwzględnieniem długości linii i okresu ich eksploatacji

3. ZASTOSOWANIE PROPONOWANEGO ROZWIĄZANIA DO WIZUALIZACJI WYSTĘPOWANIA WARUNKÓW ATMOSFERYCZNYCH SPRZYJAJĄCYCH OSADZANIU SIĘ ŚNIEGU NA PRZEWODACH LINII ELEKTROENERGETYCZNYCH

Jednym z istotnych czynników wywołujących rozległe awarie sieci elektroenergetycznych są ekstremalne zjawiska atmosferyczne oddziałujące na napowietrzne linie przesyłowe. Osadzanie mokrego śniegu na przewodach linii elektroenergetycznych może powodować obciążenia przekraczające wytrzymałość mechaniczną nawet nowych, dobrze zaprojektowanych linii. Podjęcie działań w celu zwiększenia bezpieczeństwa elektroenergetycznego wymaga wykonania analizy częstości występowania określonych warunków atmosferycznych mogących powodować rozległe awarie systemu elektroenergetycznego [9, 10].

W artykule [11] zaprezentowano założenia i wyniki analizy częstości występowania warunków atmosferycznych sprzyjających osadzeniu się mokrego śniegu na przewodach napowietrznych linii elektroenergetycznych w Polsce. Przedstawione prace zmierzają do określenia ryzyka wystąpienia awarii systemu elektroenergetycznego spowodowanych oblodzeniem.

a)



b)

Rys. 5. Zastosowanie proponowanego rozwiązania do wizualizacji występowania warunków atmosferycznych sprzyjających osadzeniu się śniegu na przewodach linii elektroenergetycznych:

a) oryginalna prezentacja rezultatów badań [10], b) mapa przetworzona, przedstawiona z wykorzystaniem technologii Google Maps

Jako warunki sprzyjające oblodzeniu przewodów linii elektroenergetycznych przyjęto przedziały czasu, w których jednocześnie występują określone wartości wybranych parametrów pogodowych (takich jak: temperatura powietrza, prędkość wiatru, występowanie i rodzaj opadów atmosferycznych) opisujących oddziaływanie atmosferyczne na linie elektroenergetyczne. Do wykonania obliczeń zastosowano dane pomiarowe z 17 punktów pomiarowych

zlokalizowanych na terenie Polski (9 punktów pomiarowych) oraz w bliskim sąsiedztwie granic Polski (8 punktów pomiarowych). Dla potrzeb analizy częstości występowania warunków atmosferycznych sprzyjających oblodzeniu celowe jest odpowiednie przedstawienie otrzymanych rezultatów badań. Ze względu na istotne znaczenie długości trwania okresu występowania niekorzystnych zjawisk atmosferycznych zdecydowano się na kategoryzację zdarzeń, co pozwoliło na obserwację częstości występowania zdarzeń szczególnie niebezpiecznych lub istotnych z punktu widzenia planowania profilaktycznej polityki remontowej czy inwestycyjnej. Na kolejnej ilustracji (Rys. 5a) przedstawiono mapę częstości występowania zdarzeń trwających dłużej niż 6 godzin. W celu uwydatnienia znaczenia problemu i skali zagrożenia systemu elektroenergetycznego na mapę dodatkowo nałożono strukturę polskiej sieci przesyłowej (stan aktualny oraz nowe, planowane linie).

Na Rys. 5b przedstawiono natomiast rezultaty analiz z zastosowaniem metodyki opisanej w artykule. Wyraźnie widać parametry przypisane poszczególnym liniom. Interfejs użytkownika pozwala na dowolne skalowanie analizowanej mapy oraz wyświetlanie wybranego jej fragmentu. Istnieje możliwość wyboru zakresu prezentowanych informacji.

4. PODSUMOWANIE

Zastosowanie środków w celu przeciwdziałania awariom systemu elektroenergetycznego (budowa wzmocnionych linii, działania prewencyjne, organizacja zarządzania kryzysowego, itp.), ze względu na przestrzenny charakter systemu przesyłowego, wymaga zastosowania odpowiednich metod prezentacji parametrów linii czy też wyników przeprowadzanych analiz wspomagających procesy decyzyjne. Przy obecnym stanie rozwoju technik internetowych naturalnym sposobem jest wizualizacja informacji na ogólnodostępnych mapach cyfrowych. Zaprezentowany sposób pozwala na zastosowanie wspólnego rozwiązania umożliwiającego dynamiczne przedstawianie informacji przestrzennej bez zastosowania specjalistycznego oprogramowania po stronie użytkownika (prezentacja danych z wykorzystaniem dowolnej przeglądarki internetowej).

W ramach dalszych prac planowane jest:

- opracowanie uniwersalnego interfejsu pozwalającego na wyświetlanie dowolnej informacji dotyczącej polskiego systemu przesyłowego na mapach cyfrowych,
- analizę możliwości zastosowania przedstawionej metodyki dla map cyfrowych alternatywnych dla środowiska Google Maps,
- ocenie/analizie możliwości zastosowania przedstawionej metodyki dla innych branż, w których istnieje potrzeba prezentacji danych powiązanych z lokalizacją obiektów na mapie,

- rozszerzenie funkcjonalności tworzonego interfejsu o możliwość wielowarstwowej prezentacji różnych typów lub zestawów danych (np. korelacja danych eksploatacyjnych z danymi opisującymi warunki pogodowe).

LITERATURA

- [1] Bartodziej G., Dzierżanowski Ł., 2013, Analiza kosztów cyklu życia w eksploatacji elektroenergetycznej linii przesyłowej, WYBRANE PROBLEMY EKSPLOATACJI SIECI ELEKTROENERGETYCZNYCH, Wydawnictwo Nowa Energia, Racibórz.
- [2] Bildirici I., Ulugtekin N., 2010, Web mapping with Google Maps Mashups: overlaying geodata, A Special Joint Symposium of ISPRS Technical Commission IV & AutoCarto in Conjunction with ASPRS/CaGIS 2010, Fall Specialty Conference November 15-19, Orlando.
- [3] Viet Nga D., Nguyet Quang D., Yung Xuen C., Lee Chee L., Hang See O., 2012, Open Source GIS-Based System for Displaying Data in Smart Grid, 2012 International Conference on Smart Grid Systems (ICSGS 2012), IPCSIT vol.45, IACSIT Press, Singapore.
- [4] Vijayalakshmi B., Manonmani V., 2011, A Study on Integrating open Source Software and Google Maps using Mashup Technology, International Journal of Computer Applications (IJCA).
- [5] Maldzhanski P., 2010, Using Google Map API functions to create applications using geographic spatial data, 3rd International Conference on Cartography and GIS, 15-20 June, 2010, Nessebar, Bulgaria.
- [6] Google Maps API, 2013 <https://developers.google.com/maps>
- [7] KML Reference, 2013 <https://developers.google.com/kml/documentation>
- [8] PSE-Operator.S.A., 2013, <http://www.pse-operator.pl>
- [9] Bartodziej G., Tomaszewski M., 2010, Problems of Vast Failures of a Power System, Wydawnictwo Nowa Energia, Racibórz.
- [10] Tomaszewski M., Bartodziej G., 2011, Prevention of effects of overhead lines failures caused by ice and snow adhesion and accretion, Cold Regions Science and Technology, Volume 65, Pages 211–218.
- [11] Tomaszewski M., Ruszczak B., 2013, Analysis of frequency of occurrence of weather conditions favouring wet snow adhesion and accretion on overhead power lines in Poland, Cold Regions Science and Technology, Volume 85/2013, Pages 102–108.

DIGITAL MAPS FOR TRANSMISSION LINES' FAILURE FREQUENCY ANALYSIS

The paper presents a sketch of methodology used for failure incidents categorization along with the idea of displaying processed analysis results on digital maps. The market economy demands a process of changes in methodologies and technologies used in power system maintenance. The problem of economical effectiveness coupled with raising demands for the quality of power supply are growing to be the main concern at the moment. Keeping the reliability of supply at a high level strongly influences the economics of the enterprise and is a great factor in the national safety politics. The need for reduction of failure effects is growing constantly, pressing for the improvement of diagnostic and monitoring systems.