

Jerzy MIKULSKI<sup>1</sup>  
Jakub MŁYŃCZAK<sup>1</sup>  
Marian PAWELAK<sup>2</sup>

### **OCHRONA ANTYKRADZIEŻOWA SIECI TRAKCYJNEJ**

*W artykule przedstawiono analizę kradzieży elementów sieci trakcyjnej na terenie katowickiego Zakładu Linii Kolejowych PLK S.A. oraz założenia do opracowywanego systemu ochrony antykradzieżowej. Problem kradzieży jest bardzo ważnym zagadnieniem związanym z bezpieczeństwem transportu kolejowego. Jest to również istotny problem ekonomiczny, ponieważ koszty odtworzenia skradzionej sieci są bardzo duże. Poza tym, zarządca infrastruktury ponosi koszty związane z odszkodowaniami za opóźnienia w ruchu pociągów.*

### **ANTI-THEFT PROTECTION OF TRACTION POWER NETWORK**

*The article presents an analysis of theft of traction power network elements on an area of the Department of Railway Lines in Katowice and the assumptions to the design of anti-theft protection system. The problem of theft is a very important issue related to the safety of rail transport. It is also an important economic problem, because the costs to replace stolen networks are very large. Moreover the infrastructure manager bear the costs of compensation for delays in railway traffic.*

#### **1. WSTĘP**

Problem kradzieży elementów sieci trakcyjnej jest bardzo istotnym zagadnieniem. Z jednej strony jest to problem finansowy i prawny. Kradzieże generują spore koszty odtworzeniowe, łącznie z kosztami opóźnień pociągów. Polskie prawo dość łagodnie podchodzi do kwestii kradzieży elementów związanych z bezpieczeństwem ruchu kolejowego. Ponadto, często o kradzieży zarządca infrastruktury dowiaduje się w momencie, gdy pojazd trakcyjny uszkodzi pantograf lub nie może kontynuować jazdy. Z drugiej strony, kradzież sieci trakcyjnej to problem bezpieczeństwa. Wykrywanie kradzieży elementów sieci trakcyjnej w Polsce jest niedostateczne. A zerwana przez złodziei sieć trakcyjna może uszkodzić pojazd trakcyjny oraz zagraża maszyniście. Zagraża

---

<sup>1</sup> Politechnika Śląska, Wydział Transportu, Zespół Automatyki w Transporcie, 40-019 Katowice, ul. Krasińskiego 8/201, tel. 32 603 41 36, e-mail: jerzy.mikulski@polsl.pl , jakub.mlynczak@polsl.pl

<sup>2</sup> PAMAR, 44-337 Jastrzębie Zdrój, ul. Kołłątaja 2a, e-mail: m.pawelak@pamar.pl

też bezpieczeństwu pasażerów i osób postronnych, będących w pobliżu sieci trakcyjnej. Dlatego też, opracowanie systemu wykrywającego próby kradzieży oraz kradzież przeprowadzoną w sposób „inteligentny” (np. kradzież ciężarów naprężających lub samej liny nośnej albo samego przewodu jezdnej) jest sprawą priorytetową. Artykuł przedstawia analizę ilości i skutków kradzieży na terenie katowickiego Zakładu Linii Kolejowych PLK S.A. w Katowicach. Przedstawia również koncepcję systemu diagnostyki antykradzieżowej który został opracowany we współpracy Zespołu Automatyki w Transporcie Wydziału Transportu Politechniki Śląskiej i firmy PAMAR.

## 2. ANALIZA FINANSOWA SKUTKÓW KRADZIEŻY ELEMENTÓW SIECI TRAKCYJNEJ.

Najczęściej rabowanymi elementami sieci trakcyjnej są przewody sieci jezdnej. Rocznie kolej traci z powodu kradzieży po kilkadziesiąt kilometrów tych przewodów, czyli sumy dochodzące do miliona złotych w samym Zakładzie Linii Kolejowych w Katowicach.

Poza przewodami sieci jezdnej łupem złodziei padają również inne elementy sieci trakcyjnej, takie jak: ciężary naprężające sieć trakcyjną, łączniki szynowe, wieszaki przelotowe, uchwyty odległościowe, liny uszynienia grupowego oraz słupy trakcyjne i konstrukcje wsporcze.

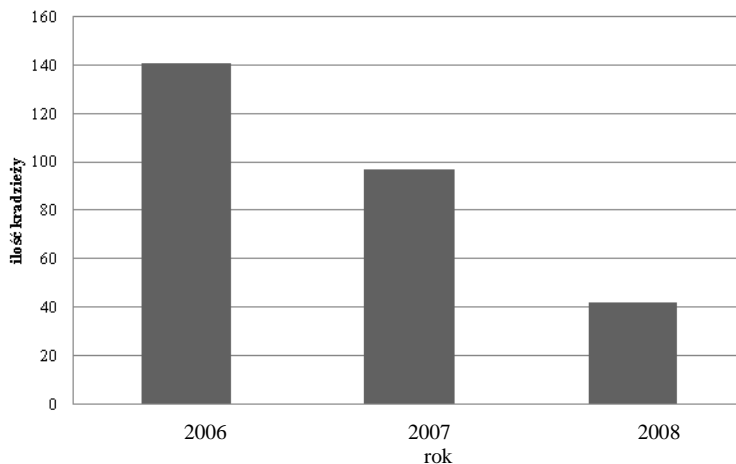
W tabelicy 1 przedstawiono wykaz skradzionych elementów sieci trakcyjnej w latach 2006 r. – 2008 r.

*Tab. 1. Wykaz skradzionych elementów sieci trakcyjnej w latach 2006 – 2008 r.*

Wykaz skradzionych elementów sieci trakcyjnej w latach 2006 - 2008 r.						
L.p.	Elementy sieci trakcyjnej	2006	2007	2008	Razem	Jednostka
1	Drut jezdny Dj <sub>p</sub>	8862	9684	7380	25926	[m]
2	Lina nośna Cu	5657	4249	4813	14719	[m]
3	Ciężary naprężające	572	348	182	1102	[szt]
4	Łączniki szynowe	4593	497	20	5110	[szt]
5	Wieszak przelotowy	548	539	245	1332	[szt]
6	Uchwyt odległościowy	46	50	8	104	[szt]
7	Lina uszynienia grupowego	171	3061	749	3981	[m]
8	Linka Cu 10	751	118	44	913	[m]
9	Słupy trakcyjne oraz konstrukcje wsporcze	17	9	5	31	[szt]

### Bibliografia [1]

Na rysunku 1 przedstawiono na wykresie ilości incydentów kradzieży w latach 2006 – 2008 r.



Rys. 1. Ilość wydarzeń kradzieży elementów sieci trakcyjnej w latach 2006 – 2008 r. (opracowano na podstawie [1])

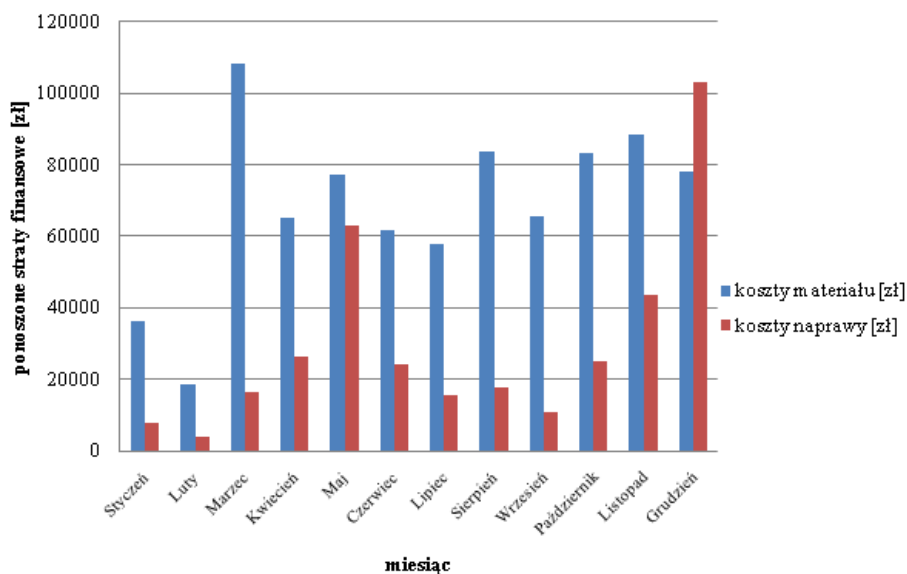
Jak widać na rysunku 1, liczba incydentów kradzieży elementów sieci trakcyjnej spada. W roku 2006 takich zdarzeń było aż 141, rok później – 97, a w roku 2008 liczba kradzieży zmalała ponad dwukrotnie w porównaniu z rokiem poprzednim i wyniosła 42 zdarzenia.

Ilość incydentów kradzieży nie świadczy jednak o ilości skradzionych elementów. Podczas jednego rabunku kolej może stracić na przykład dwa metry liny nośnej, a innym razem nawet ponad dwa kilometry liny nośnej i przewodu jezdnego, jak miało to miejsce 29. 05. 2008 roku na szlaku Podgórze – Jaworze Jasienica.

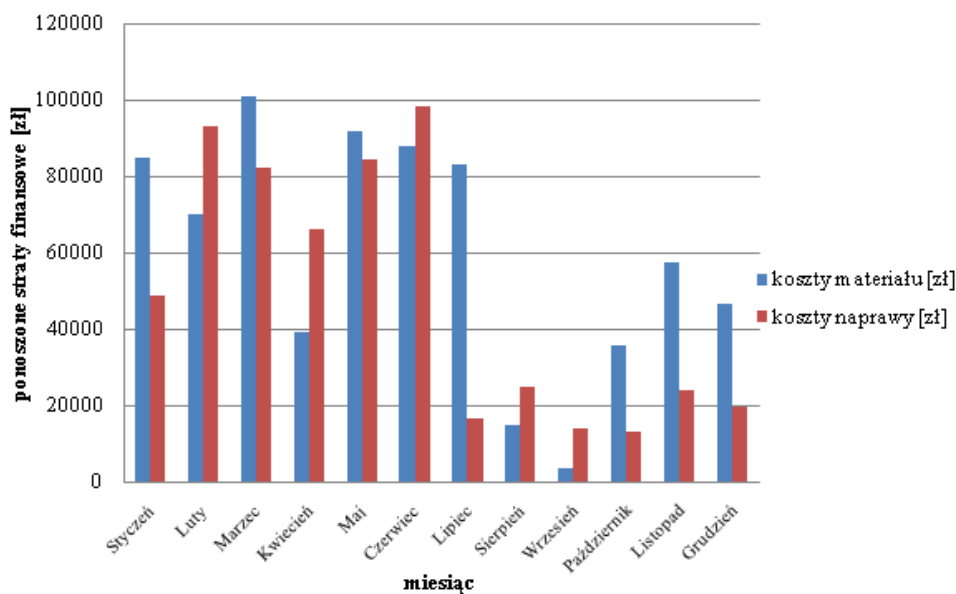
Na rysunkach 2, 3 i 4 przedstawiono na wykresach straty finansowe, jakie poniosła kolej z powodu kradzieży elementów sieci trakcyjnej w roku 2006, 2007 i 2008.

Z analizy tych wykresów wynika, że koszty naprawy skutków kradzieży elementów sieci trakcyjnej niejednokrotnie przewyższają koszty samego materiału. Jak już wspomniano wcześniej, najczęściej w wyniku kradzieży tych elementów, uszkodzeniu ulega o wiele większa część sieci trakcyjnej, niż w bezpośrednim miejscu kradzieży.

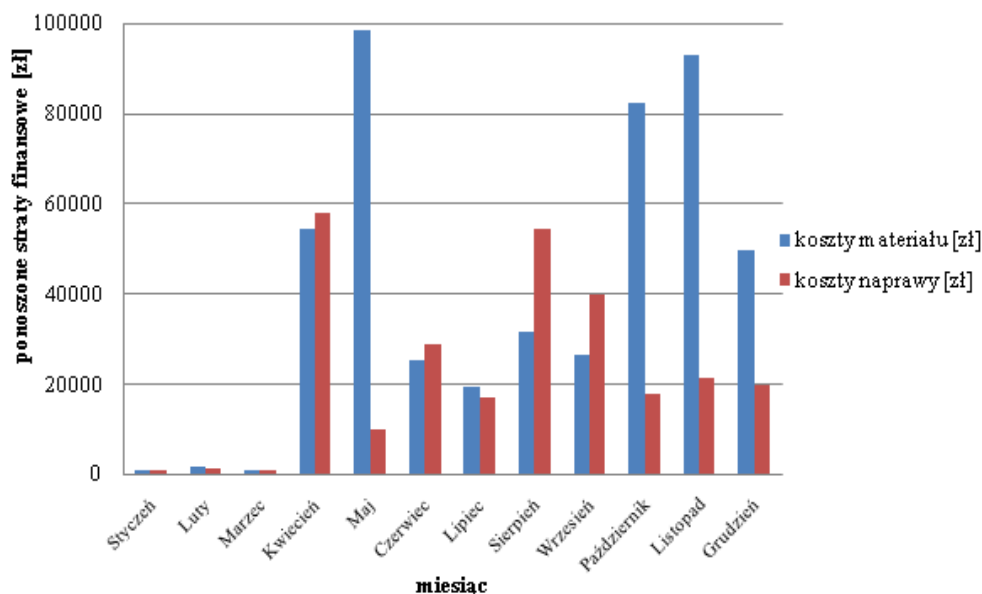
W powyższych zestawieniach nie uwzględniono jednak strat, jakie ponosi kolej za utrudnienia w ruchu pociągów spowodowane kradzieżami elementów sieci trakcyjnej. Za każdą minutę opóźnienia pociągu, kolej musi płacić przewoźnikom od 8 zł w przypadku pociągów pasażerskich, do 15 zł w przypadku pociągów towarowych [2].



Rys. 2. Straty finansowe poniesione przez kolej z powodu kradzieży elementów sieci trakcyjnej w roku 2006 (opracowano na podstawie [1])



Rys. 3. Straty finansowe poniesione przez kolej z powodu kradzieży elementów sieci trakcyjnej w roku 2007 (opracowano na podstawie [1])



Rys.4. Straty finansowe poniesione przez kolej z powodu kradzieży elementów sieci trakcyjnej w roku 2008 (opracowano na podstawie [1])

Na przykład uzupełnienie i naprawa kilometra skradzionych przewodów sieci jezdnej, zajmuje odpowiednim służbom około pół doby. Można więc uznać, że z tego względu koszty skradzionego materiału przeważnie są niższe od strat, jakie musi ponieść kolej podczas naprawy uszkodzeń wywołanych kradzieżami elementów sieci trakcyjnej.

Przewody sieci jezdnej są najbardziej narażonymi na kradzież elementami sieci trakcyjnej, ze względu na pożądaną materiał, z którego są wykonane. Skupy metali kolorowych chętnie przyjmują miedziane przedmioty i dobrze za nie płać [3, 5].

### 3. SYSTEM ANTYKRADZIEŻOWY

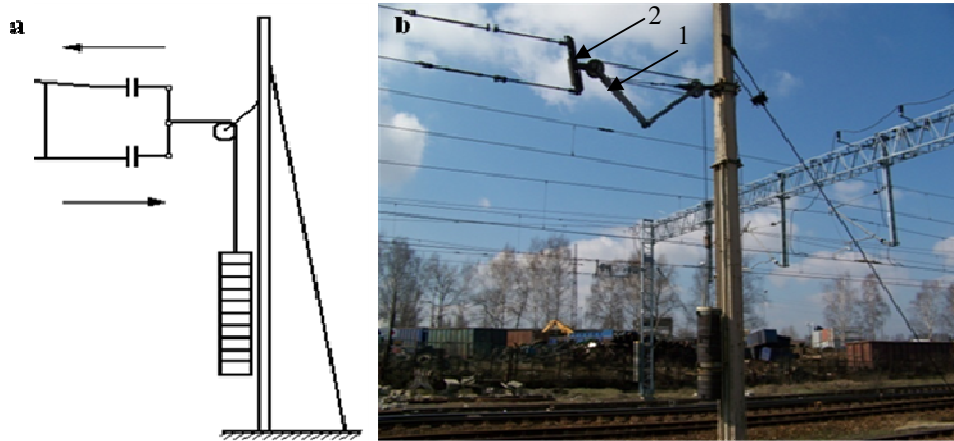
System diagnostyki antykradzieżowej składa się z trzech zasadniczych elementów [4]:

- 1) urządzenia słupowego;
- 2) koncentratora danych;
- 3) centrum monitoringu.

#### 3.1 Urządzenie słupowe

Urządzenie słupowe składa się z dwóch zasadniczych układów:

- a) układu zasilania - układ oparty o przetwornice zasilającą 3300VDC/ 12 VDC.
- b) układ nadawczo -odbiorczy z logiką i czujnikami – układ składa się z dwóch lub trzech układów poziomicy cyfrowych rozmieszczonych w miejscach zaznaczonych na rys. 5.

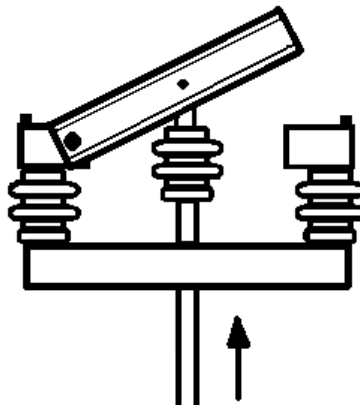


Rys.5 Rozmieszczenie poziomicy na układzie naprężającym sieci skompensowanej. [Źródło: Opracowanie własne.]

Zadaniem poziomicy 1 polega na pomiarze kąta pochylenia elementu dźwigni (orczyka) i wykrywanie anomalii w sieci spowodowanych niejednoczesnym przzerwaniem przewodu jezdnego lub liny nośnej (inteligentniejszy sposób kradzieży).

Zadaniem poziomicy 2 jest wykrywanie zmian kąta rozwarcia pomiędzy elementami urządzenia zabezpieczającego. Zmiany te są spowodowane wydłużaniem/skracaniem przewodów trakcyjnych z powodów temperaturowych (zmiany te są łatwe do przewidzenia) oraz zmianami masy ciężarów naprężających [4].

Wszystkie poziomice wykrywają fakt zerwania sieci trakcyjnej w odcinku naprężania. Dodatkowo, w urządzeniach zabudowanych w pobliżu odłączników sekcyjnych zastosowano „wejście” informacyjne które sprawdza czy odłącznik sekcyjny nie został otwarty z pominięciem układów zależności znajdujących się w napędzie odłącznika sekcyjnego (rys.6).



Rys. 6 Fragment odłącznika sekcyjnego na którym zabudowano układ kontroli otwarcia. [Źródło: Opracowanie własne.]

W każdym układzie kontrolnym zabudowano dodatkowo układ antykradzieżowy, kontrolujący fakt otwarcia obudowy, brak napięcia zasilania i fakt odłączenia od słupa.

Ze względu na duże rozproszenie i rozległość nadzorowanego terenu podzielono go na mniejsze strefy odpowiadające fragmentom sieci zasilanym z jednej podstacji. Dane te są na bieżąco aktualizowane w stacji centralnej, która zbiera dane z poszczególnych podsystemów. Podsystem składa się z szeregowo występujących po sobie urządzeń, których zadaniem jest monitorowanie lokalnego miejsca przed dewastacją oraz retransmisja sygnału radiowego z układów sąsiednich (identycznego typu). Pomędzy podsystemami ma być wykorzystana transmisja za pomocą istniejących sieci teletechnicznych. Lokalny układ ma za zadanie monitorować lokalnie wszystkie przemieszczenia elementów (przedstawionych na rys.5) za pomocą czujników wykrywających wzajemne przemieszczenia ramion układu mechanicznego, które mają miejsce podczas przecięcia liny nośnej lub przewodu jezdnygo oraz zmiany obciążenia masy napinającej drut jezdny oraz linę nośną. Informacje z lokalnego układu są przekazywane za pomocą fal radiowych poprzez stacje pośrednie (sąsiednie układy lokalne) do stacji koncentrującej informacje z kilkunastu do kilkudziesięciu stacji tego typu. Lokalne stacje pobierają zasilanie z drutu jezdnygo. Układy lokalne zawierają bufor zasilania wystarczający na poprawną pracę podczas zaniku zasilania wynikającego z faktycznego zaniku zasilania bądź przerwy spowodowanej dewastacją. Stacja koncentrująca wysyła informacje do jednej lub kilku stacji centralnych, których zadaniem jest scentralizowane monitorowanie stanu trakcji i szybka lokalizacja uszkodzeń. Urządzenia lokalne mają zaszyte unikalne numery identyfikacyjne co pozwala oszacować miejsce awarii z dokładnością do ok. 1km. Odległość ta wynika z gęstości zainstalowania stacji lokalnych.

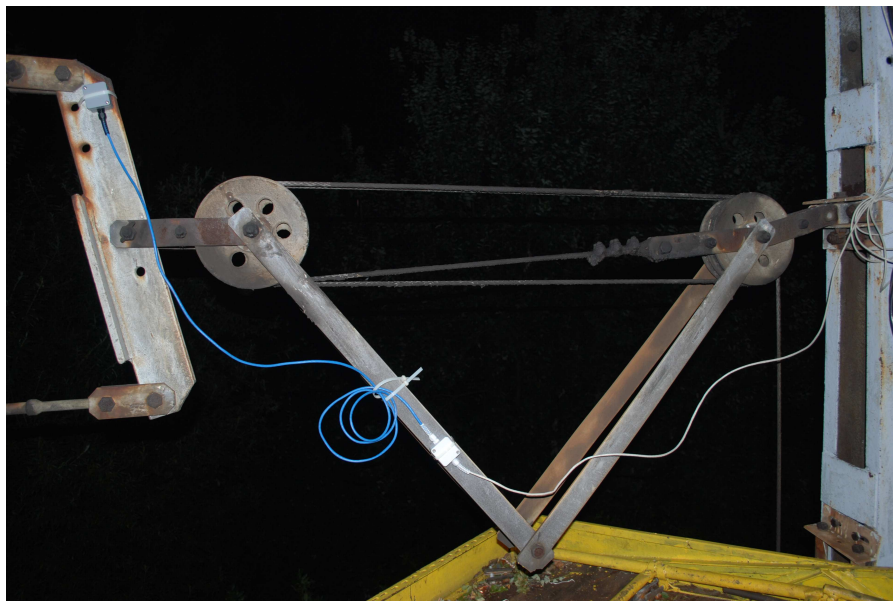
### **3.2. Urządzenie koncentrujące informacje**

Urządzenie to zbiera dane z pewnego fragmentu systemu (podsystem) np. odcinek 10x1,5km. Zadaniem tego urządzenia jest przekazanie informacji (lub jej udostępnienie) do centralnej stacji monitorującej. Rozpatrywane są różne media transmisyjne np. GSM, modem lub inna metoda dostępu do sieci.

Kierowano się założeniem, że maksymalna odległości pomiędzy podstacjami trakcyjnymi w Polsce to 24 km, zaś maksymalna długość sekcji naprężającej to 1600 m, w nowoczesnych rozwiązaniach 1190 m. Da to około 20 układów diagnostycznych na jeden tor pomiędzy dwoma podstacjami. Można założyć, że na większości linii kolejowych stosuje się, również w połowie odległości pomiędzy podstacjami trakcyjnymi, kabiny sekcyjne.

### **3.3. Stacja monitorująca**

Zadaniem stacji monitorującej jest zbieranie informacji z całego terenu, oraz prezentacja na ekranie w sposób graficzny stanu sieci. Kolor świadczy o stanie systemu i jego poszczególnych części składowych. Ponadto ułatwiony jest dostęp do danych szczegółowych, takich jak napięcie zasilania, temperatura, wilgotność, stan poziomic i wszystkich układów wejścia/wyjścia.



Rys. 7 Rozmieszczenie elementów pomiarowych na urządzeniu zabezpieczającym i dźwigni. [Źródło: Opracowanie własne.]



Rys. 8 Prototypowa instalacja na słupie trakcyjnym. [Źródło: Opracowanie własne.]



Na rysunkach 7 i 8 przedstawiono zdjęcia z pierwszej, próbnej instalacji. Przeprowadzone próby potwierdziły, że przyjęte założenia są słuszne. Aktualnie trwają prace nad przetwornicą zasilającą. Dużym problemem organizacyjnym będzie stworzenie stacji monitorujących oraz podział kompetencji pomiędzy różnymi spółkami grupy PKP. Sieć trakcyjna jest własnością PLK S.A., utrzymanie sieci trakcyjnej i zapewnienie dostaw energii leży po stronie PKP Energetyka, a za ochronę i bezpieczeństwo na terenie zarządzanym przez PLK S.A. odpowiada Straż Ochrony Kolei (SOK).

#### 4. WNIOSKI

Zaprezentowana w artykule problematyka ma za zadanie zwrócić uwagę na bardzo istotny problem, mianowicie problem kradzieży elementów związanych z bezpieczeństwem i prowadzeniem ruchu kolejowego. W tym przypadku chodzi o elementy sieci trakcyjnej. Analiza rozwiązań technicznych monitorujących stan sieci trakcyjnej w wielu europejskich Zarządach Kolejowych pokazuje, że główny nacisk w tych rozwiązaniach kładziony jest na zapewnienie poprawnej pracy sieci i bezpieczeństwa w przypadku zerwania a nie diagnostyka antykradzieżowa. Stąd przedstawione rozwiązanie jest aktualnie jedynym, które wykrywa próby kradzieży oraz tzw. inteligentną kradzież (np. wtedy, gdy złodziej kradnie tylko przewód jezdny lub tylko linę nośną). Tego typu kradzieże nie są wykrywane przez dotychczasowe systemy, ponieważ one reagują na fakt zaniku napięcia. A „inteligentna” kradzież oprócz strat materialnych związanych z faktem kradzieży ma jeszcze jeden ważny aspekt, obniżona w ich wyniku sieć trakcyjna może uszkodzić odbierak prądu na lokomotywie, co jest dodatkowym negatywnym skutkiem związanym z bezpieczeństwem i finansami.

#### 4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Informacje o kradzieżach elementów sieci trakcyjnej w latach 2006r. – 2009r. na terenie Zakładu Linii Kolejowych w Katowicach PKP PLK S.A.
- [2] Regulamin przydzielania tras pociągów i korzystania z przydzielonych tras pociągów przez licencjonowanych przewoźników kolejowych w ramach rozkładu jazdy 2010/2011, Uchwała 44/2010 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 8 lutego 2010 r.
- [3] Szczurowska A.: *Rozwiązania konstrukcyjne sieci trakcyjnej stosowanej na PKP*, Praca Magisterska, Wydział Transportu Politechniki Śląskiej, Katowice, 2009.
- [4] Młyńczak J., Pawelak M.: *Sposób kontroli zmian naprężenia sieci trakcyjnej napowietrznej i układ kontroli zmian naprężenia sieci trakcyjnej napowietrznej*, Zgłoszenie Patentowe P.390149, 2010
- [5] Mikulski J.: *Organisational – investment changes in railways related to anti-theft protection*, w COMPUTER SYSTEMS AIDED SCIENCE AND ENGINEERING WORK IN TRANSPORT, MECHANICS AND ELECTRICAL ENGINEERING, Monograph, Kazimierz Pułaski Technical University of Radom, Faculty of Transport, Radom, 2008