



Ważenie tramwaju

W wyobrażeniu laika urządzenie, które umożliwiałoby pomiar masy tak dużego obiektu, jakim jest np. tramwaj, musiałoby zapewne wyglądać jak wielka platforma stanowiąca szalę specjalnej wagi. Tymczasem, dzięki dobrze poznanej teorii i dostępnej obecnie technice, tramwaj można zważyć w sposób niemalże niezauważony przez motorniczego. Wystarczy, aby wagon przejechał przez wydzielony odcinek toru.

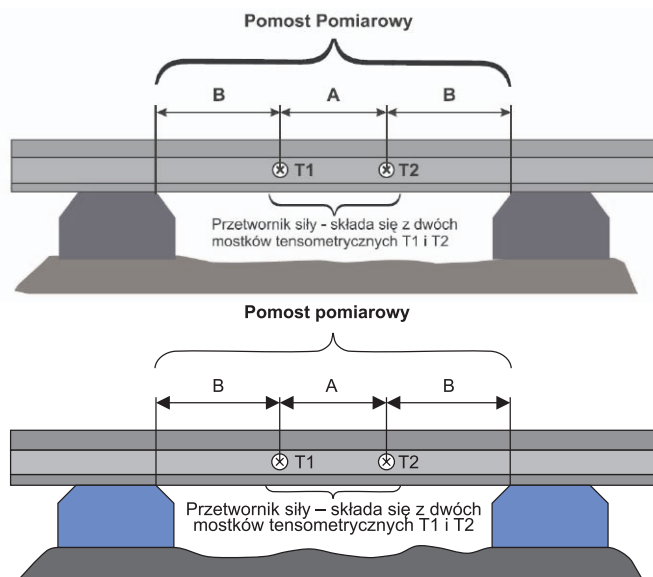
Medycyna, komunikacja, transport, budownictwo to dziedziny, w których kluczowe znaczenie odgrywa zapewnienie bezpieczeństwa ich użytkownikom. Najczęściej odpowiednie funkcje są realizowane bez świadomości samych zainteresowanych, w czasie i w miejscu, w którym zupełnie się tego nie spodziewają. Bloki zapewniające bezpieczeństwo są często dublowane, ale bez względu na miejsce działania i pozycję w hierarchicznej strukturze całego urządzenia, zawsze muszą spełniać bardzo ostre wymagania techniczne. Same urządzenia, czy to aparatura medyczna, czy środki transportu, również podlegają bardzo ostrym badaniom dopuszczającym je do użytkowania.

Niestety przy analizie kroniki wypadków często okazuje się, że najsłabszym ogniwem każdego systemu jest człowiek, i to – o zgrozo – najczęściej bezpośredni użytkownik danego urządzenia – kierowca pojazdu, operator maszyny itp. Jakże często zwykła głupota bywa powodem lekceważenia zasad bezpieczeństwa i podejmowania zupełnie bezrozumnych działań. Jak bowiem nazwać na przykład zdarzające się

świadome wyłączanie ograniczników obciążenia instalowanych na żurawiach, przeciążanie pojazdów transportowych czy włączanie maszyn mimo widocznych „gołym okiem” usterek mechanicznych. Skuteczną metodą zapobiegania skutkom takich i podobnych działań jest instalowanie odpowiednich urządzeń zabezpieczających oraz systematyczna kontrola stanu technicznego wykorzystywanych maszyn i pojazdów.

Geneza powstania stanowiska PNK

W artykule zostanie opisany opracowany przez warszawską firmę „Dynamic” system pomiaru nacisków kół i ważenia pojazdów szynowych o nazwie PNK, który został wdrożony w przedsiębiorstwie Tramwaje Warszawskie. Mimo że od podpisania stosownych umów między zainteresowanymi stronami do chwili wykonania prototypu upłynęło stosunkowo niewiele czasu, to sam pomysł skonstruowania takiego urządzenia pojawił się wiele lat temu. Istotą działania systemu miało być wykonywanie pomiarów w ruchu, bez konieczności zatrzymywania pojazdu na specjalnej platformie. Niezbędne więc było zebranie odpowiedniej wiedzy oraz przeprowadzenie wielu prób. Podstawy teoretyczne opracowano na Wydziale Samochodów i Maszyn Rolniczych Politechniki Warszawskiej już w latach 70. XX wieku. W latach 1979–1985 powstało w CNTK (Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa, wówczas COBiRTK), eksperymentalne stanowisko prototypowe, dzięki któremu potwierdzono słuszność wcześniejszych rozważań teoretycznych. Jednym z najważniejszych dla projektu wniosków było określenie związków pomiędzy zmianami sił nacisku koła na szynę w funkcji drogi, przy różnych prędkościach poruszającego się pojazdu. Rokowania co do sfinalizowania prac były



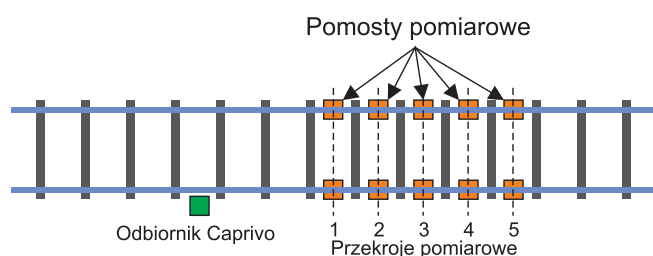
Rys. 1. Budowa pomostu pomiarowego stanowiska PNK

bardzo korzystne, niestety na skutek zawirowań geopolitycznych przełomu lat 70. i 80. projekt został zawieszony. Powrócono do niego w roku 2006 z bardzo konkretnym zamiarem wykonania działającego systemu. W międzyczasie na świecie powstawały podobne urządzenia, ale idea zastosowana w PNK jest unikatowa i pozwala dokonywać pomiaru nacisków kół wagonów szynowych w ruchu, teoretycznie nawet przy prędkości do 250 km/h. Z tego względu metoda ta nadaje się zarówno do pomiarów tramwajów, jak i pociągów. Na razie nie była jednak testowana w warunkach granicznych. Zastosowane rozwiązania są chronione patentami. Obecnie jest to chyba jedyny tego typu system na świecie.

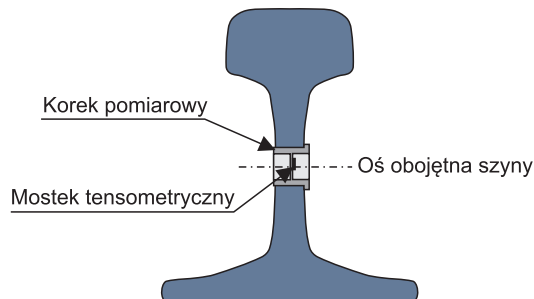
Ważenie poprzez pomiar nacisków kół

System PNK nie waży wagonu w dosłownym znaczeniu. Masa jest wyznaczana na podstawie pomiaru nacisków wszystkich kół, a następnie sumowania wyników. Kontrolowanie samej wagi wagonu nie ma zresztą większego znaczenia praktycznego, chyba że pomiar byłby dokonywany w ruchu miejskim w celu szacowania np. liczby pasażerów lub wykrywania przekraczania dopuszczalnej ładowności (co zresztą wydaje się mało prawdopodobne), lub ważenia komercyjnego poszczególnych pojazdów składu pociągów. Dużo bardziej diagnostyczny jest pomiar nacisków poszczególnych kół, gdyż ewentualne nieprawidłowości wskazują na uszkodzenie pojazdu (zakładamy, że tor pomiarowy jest w dobrym stanie), a w sytuacjach krytycznych nawet stanowi przyczynę wypadnięcia pojazdu z toru. Znaczące różnice nacisków poszczególnych kół mogą świadczyć o uszkodzeniu wózka szynowego, wynikającym z nieprawidłowego montażu lub zużycia eksploatacyjnego.

W systemie PNK zastosowano dynamiczną metodę pomiaru, przy czym spośród wielu znanych wariantów wybrano taki, który zagwarantował najlepszą wiarygodność i dokładność wyników. Siłę nacisku koła na szynę mierzy się poprzez pomiar naprężeń tnących na odcinku szyny zawartym pomiędzy dwoma sąsiadującymi podkładami. Na odcinku takim, zwanym pomostem pomiarowym, zainstalowane są



Rys. 2. Budowa odcinka pomiarowego stanowiska PNK



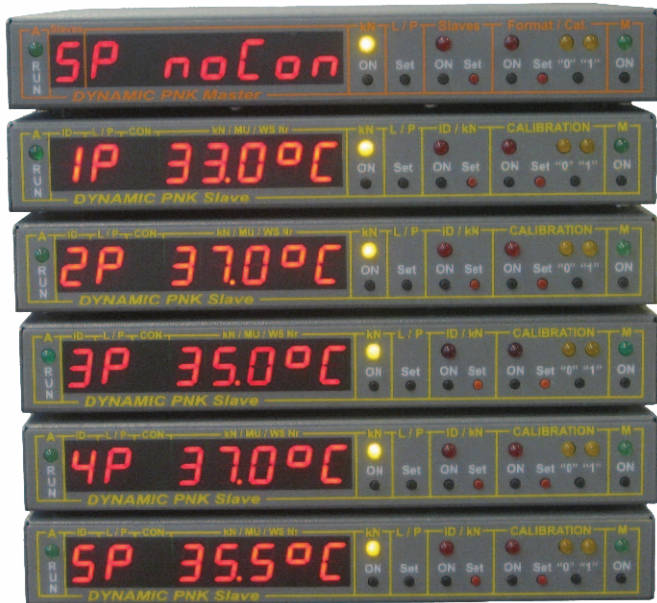
Rys. 3. Sposób montowania korka pomiarowego w szynie

dwa przetworniki tensometryczne (rys. 1). Ostateczny wynik dla każdego koła jest uśredniany z 5 pomostów pomiarowych, których jest w systemie 10 (po 5 na każdą szynę). Przy takim rozwiązaniu technicznym nie ma żadnych ograniczeń co do ruchu pojazdów, zarówno pod względem prędkości i kierunku przejazdu, jak i masy pojazdów szynowych. Poglądowy rysunek przedstawiający budowę całego odcinka pomiarowego przedstawiono na rys. 2. Oprócz elementów bezpośrednio biorących udział w pomiarze widoczne jest również urządzenie o nazwie Ceprovo, będące odbiornikiem radiowym wykrywającym sygnały z transpondera zainstalowanego w wagonie tramwaju. Jest to urządzenie standardowo wykorzystywane do automatycznego przerzucania zwrotnic. W systemie PNK uzyskany z transpondera numer jest wykorzystany do identyfikacji numeru bocznego tramwaju. Numer boczny jest umieszczany w raporcie zawierającym wyniki pomiarów.

Ciekawość czytelników może budzić metoda montażu czujników tensometrycznych na odcinku normalnie eksploatowanego toru. Proces oklejania tensometru wymaga kilkukrotnego, długotrwałego wygrzewania w temperaturze ok. 200°C i powolnego schładzania. Wykonanie takiej operacji w warunkach terenowych byłoby więc zadaniem niezwykle trudnym, wręcz niemożliwym do przeprowadzenia. Konstruktorzy wykorzystali jednak fakt istnienia w szynie tzw. warstwy



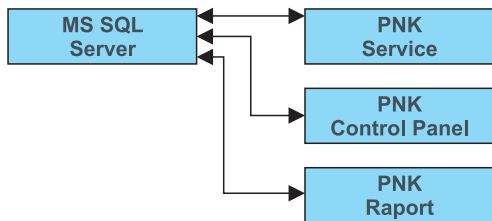
Rys. 4. Widok przekroju pomiarowego na stanowisku PNK



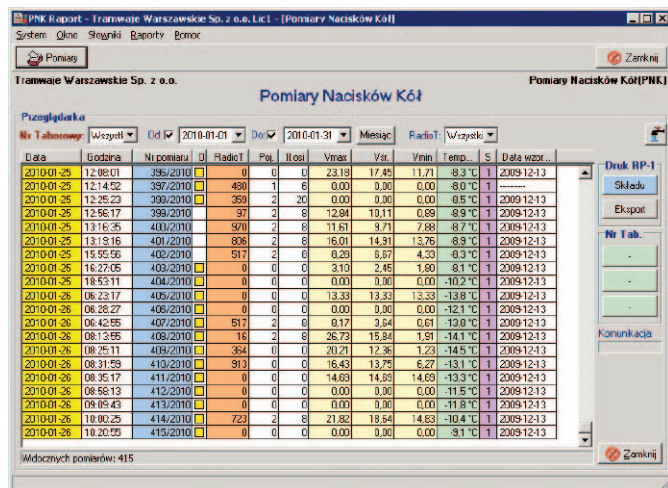
Rys. 5. Widoku zestawu składającego się z urządzenia master i pięciu urządzeń slave

oobjętej, której naruszenie nie wpływa w sposób istotny na właściwości wytrzymałościowe szyny (wiercenie otworów w tych miejscach dopuszczają odpowiednie normy). Wykonano więc po dwa otwory, w których umieszczono następnie tzw. korki pomiarowe zawierające czujniki tensometryczne (rys. 3). Odkształcenia mechaniczne przenoszone z szyny na tensometry znajdujące się w korkach pozwalają na prawidłowe prowadzenie pomiarów, gwarantując jednocześnie wystarczającą (z dużym zapasem) liczbę cykli pomiarowych.

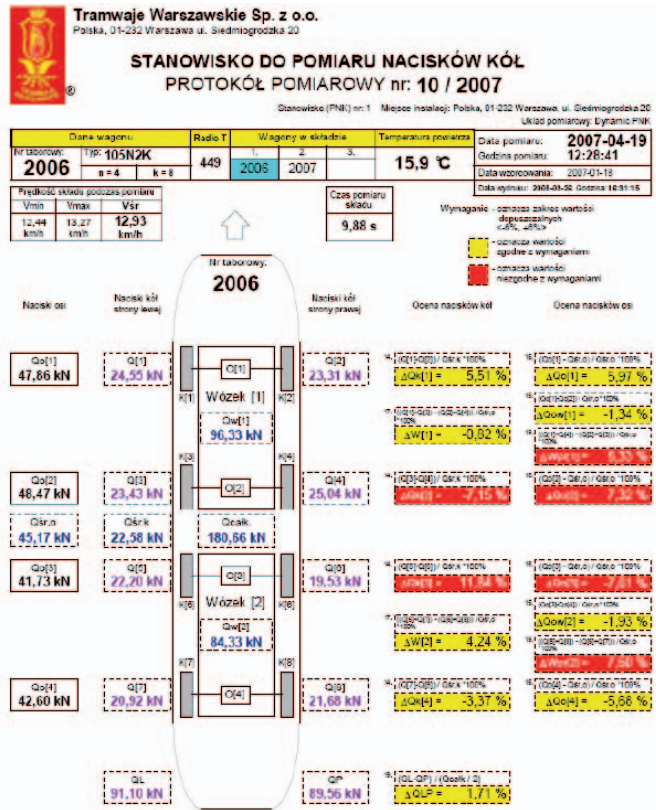
System został tak skonstruowany, aby możliwe było jego łatwe wzorcowanie. Do tego celu został opracowany specjalny zestaw składający się z siłownika hydraulicznego i kontrolnego przetwornika siły posiadającego świadectwo wzorcowania Głównego Urzędu Miar. To innowacyjne rozwiązanie zostało zgłoszone do Urzędu Patentowego. Wzorcowaniu podlegają niezależnie przetworniki zamontowane na lewej i prawej szynie każdego przekroju pomiarowego.



Rys. 6. Schemat blokowy części informatycznej stanowiska PNK



Rys. 7. Okno zestawienia pomiarów programu PNK Raport

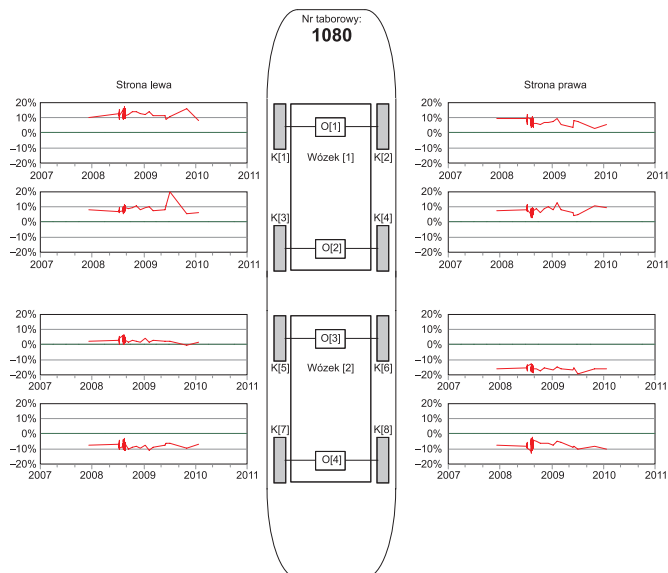


- 1. k - nacisk kół
- 2. n - ilość kół
- 3. K[] - l-ła kół
- 4. Q[] - l-ła osi
- 5. Q[] - nacisk jednego koła
- 6. Q[] - średni nacisk koła w wagonie
- 7. Q[] - nacisk jednej osi
- 8. Q[] - średni nacisk osi w wagonie
- 9. Q[] - nacisk wózka
- 10. QL - suma nacisków kół lewej strony wagonu
- 11. QP - suma nacisków kół prawej strony wagonu
- 12. Qskk - nacisk całkowity (średni)
- 14. ΔQ[] - stosunek różnicy nacisków kół osi do Qskk
- 15. ΔQos[] - stosunek różnicy nacisków osi wózka do Qskk
- 16. ΔQ[] - stosunek nacisków jednej osi do Qskk
- 17. ΔW[] - stosunek różnicy nacisków prawej i lewej strony wózka x do Qskk
- 18. ΔW[] - stosunek różnicy sum nacisków kół po przodkowej i tyłowej stronie do Qskk
- 19. ΔQLP - różnica sum nacisków kół lewej i prawej strony wagonu, do sumy nacisków całkowitego wagonu

Rys. 8. Przykładowy protokół pomiarowy

Urządzenie PNK zostało zainstalowane w warszawskiej zajezdni przedsiębiorstwa Tramwaje Warszawskie na ulicy Młynarskiej. Jest ono wykorzystywane w sposób ciągły, bez względu na porę roku i warunki atmosferyczne. Istotnym zagadnieniem stało się zapewnienie wiarygodnych wyników bez względu na temperaturę otoczenia i wilgotność. Temperatura jest więc kontrolowana jednocześnie z pomiarami tensometrycznymi i uwzględniana w formule obliczającej ostateczny wynik pomiaru. Jest to możliwe dzięki znajomości charakterystyki temperaturowej układu pomiarowego. Mimo możliwości pracy w bardzo zróżnicowanych warunkach (-30...+60°C), urządzenie nie zawiera rozbudowanych bloków kompensacji temperaturowej. Na powietrzu znajdują się zespoły elektroniki przytorowej (fot. 4), w skład których wchodzi czujniki tensometryczne ze wzmacniaczami pomiarowymi oraz układy transmisji sygnałów do pozostałych modułów systemu umieszczonych w klimatyzowanym pomieszczeniu. Połączenie zrealizowano przy wykorzystaniu pętli prądowej i interfejsu RS485. Kable o długości ok. 100 metrów zostały umieszczone w specjalnie wykonanych studzienkach. Maksymalna długość kabli w tym rozwiązaniu wynosi ok. 500 metrów.

Zespół elektroniki stacjonarnej obrabia dane pomiarowe i przesyła je do SQL-owej bazy danych. Funkcje te są rozdzielone na dwa typy urządzeń: PNK slave i PNK master (rys. 5). Urządzenia slave są wykorzystywane podczas skalowania, a także zliczają i zapamiętują liczbę osi przejeżdżających przez przekrój pomiarowy, odczytują i zapamiętują poszczególne naciski kół każdej osi, odczytują i zapamiętują temperaturę przy każdym z czujników, dzięki czemu jest wprowadzana poprawka temperaturowa w obliczeniach. Urządzenie master rozpoznaje wjazd tramwaju na odcinek pomiarowy m.in. na podstawie sygnału z transpondera i inicjuje pomiar, przesyłając odpowiedni sygnał do urządzeń slave. Po zakończeniu pomiaru przesyła uzyskane wyniki pomiarów do komputera.



Rys. 9. Przykładowy protokół pomiarowy długoterminowy

Oprogramowanie

System PNK to nie tylko elektronika. Z punktu widzenia użytkownika najważniejszy jest efekt końcowy, a więc to, co otrzyma w wyniku przeprowadzonych pomiarów, i jak będzie mógł to wykorzystać w praktyce. Oprogramowanie komputerowe stanowiska PNK składa się z 4 elementów: MS MSQL Server, PNK Service, PNK Control Panel i PNK Raport (rys. 6). PNK Service to program rezydentny pracujący w tle na komputerze obsługującym system. Zapewnia komunikację pomiędzy komputerem i urządzeniem PNK master. Wypracowuje kryteria rozpoczęcia i zakończenia pomiaru i przekazuje dane do bazy SQL. Program PNK Control Panel służy do zarządzania informatycznym stanowiskiem, a więc uruchamiania programu rezydentnego i dokonywania wszelkich operacji na bazie danych, włącznie z jej zakładaniem i kasowaniem oraz wprowadzaniem parametrów. Najbardziej spektakularnym w działaniu jest oczywiście PNK Raport, za pomocą którego uzyskuje się końcową postać wyników. Podstawową formą ich prezentacji jest tabela (rys. 7), w której zamieszczono parametry pomiarów. Rekordy mogą być w dogodny sposób filtrowane i sortowane, a wybranie określonej pozycji powoduje wyświetlenie szczegółowego raportu pomiaru prezentowanego w formie graficznej (rys. 8). Jednocześnie jest generowany dokument PDF. Jak widać, wyniki są przedstawione w bardzo czytelny sposób. Zastosowanie odpowiednich parametrów programu pozwala w sposób natychmiastowy wskazać te pomiary, których wyniki odbiegają od przyjętych limitów. Oprócz raportów z jednej sesji możliwa jest również prezentacja wielosesyjna, w której doskonale widać zmiany, jakie zachodziły w naciskach w wybranym wagonie podczas jego eksploatacji. Przykład takiego raportu przedstawiono na rys. 9.

Pomiary to nie wszystko

Przedstawiony w artykule system PNK może być wykorzystywany do automatycznej diagnostyki stanu wózków i kół tramwajów. Prowadzenie pomiarów i generowanie raportów odbywa się całkowicie bezobsługowo. Na stanowisku w zajezdni na ul. Młynarskiej w Warszawie nie ma jednak możliwości automatycznego wstrzymania wyjazdu wadliwego składu z zajezdni w przypadku otrzymania z systemu PNK ostrzeżenia o nieprawidłowościach. Niestety, dyspozytor mając nawet dostęp do bazy danych, nie może mieć pewności, czy zarejestrowane w niej pomiary są aktualne. Wynika to z faktu, że stanowisko PNK jest zainstalowane na odcinku technicznym, nie na wyjazdowym. Pomiary takich, mimo że są wykonywane automatycznie, nie można więc zakwalifikować do działań rutynowych – szkoda.

Jest jeszcze jedna trudność natury logistycznej. Eksploatacja systemów takich jak PNK wymaga sporej dyscypliny w zarządzaniu taborem. Przykładowo, przełożenie transpondera z jednego wagonu do innego albo wymiana wagonów w danym składzie bez odnotowania tych faktów w bazie danych systemu PNK może w przyszłości być przyczyną podejmowania fałszywych ocen odnośnie do stanu poszczególnych pojazdów.

Mimo wymienionych wyżej wątpliwości, system PNK jest stale usprawniany i rozwijany. Jego własności diagnostyczne są niezaprzeczalne. W wielu przypadkach pozwala on przewidzieć wystąpienie poważnych uszkodzeń o bardzo groźnych konsekwencjach. Na uwagę zasługują przyjęte w PNK, unikatowe na skalę światową rozwiązania koncepcyjne i techniczne, stwarzające realną szansę rozszerzenia zastosowań również w kolejnictwie.

Jarosław Doliński, EP
jaroslaw.dolinski@ep.com.pl

PROFESJONALNE ROZWIĄZANIA SIECIOWE



ADVANTECH
eAutomation

Przemysłowe Switche Ethernetowe

- Metalowa obudowa (protekcja IP-30)
- Zakres temperatur pracy $-10^{\circ} \sim 60^{\circ} \text{C}$, wybrane modele $-40^{\circ} \sim 75^{\circ} \text{C}$
- Ochrona ESD przeciwprzepięciowa na lini Ethernet do 4kV DC oraz linii zasilającej 3kV DC
- Redundantne źródło zasilania w zakresie 12-48 V DC



EKI-2526M/S

4+2 100FX
niezarządzalny
przemysłowy switch
ethernetowy



Niska cena!!!

EKI-2525/2528

5/8-portowy
niezarządzalny
przemysłowy switch
ethernetowy



EKI-2725/2728

5/8-portowy Gigabitowy
niezarządzalny
przemysłowy switch
ethernetowy



EKI-7626C

16+2G -portowy
niezarządzalny
przemysłowy switch
ethernetowy



ul. Balicka 12a/B3
31-149 Kraków
tel: (0-12) 6383750
fax: (0-12) 6383751
ipc@csi.net.pl
www.csi.net.pl