

# Miernik małych rezystancji DLRO200

Tomasz Koczorowicz

**Brytyjska firma Megger wprowadziła do sprzedaży nowy model miernika małych rezystancji DLRO200 (rys. 1). Miernik wyposażono w nowe funkcje, które ułatwiają jego eksploatację oraz upraszczają archiwizację wyników pomiarów.**

**M**ałymi rezystancjami nazywa się umownie rezystancje o wartości mniejszej niż  $1\Omega$ . Pomiary takich wartości wymagają użycia aparatury, która zmniejsza do minimum wpływ czynników będących źródłem błędów pomiarowych. Procedura badania powinna eliminować z wyniku próby rezystancję przewodów pomiarowych oraz rezystancję połączeń sond z badanym obiektem. Przyrząd musi uwzględniać wpływ czynników zewnętrznych na pomiar np. sił elektrotermicznych, które powstają w miejscach połączeń różnych materiałów (jeżeli badany obiekt nie stanowi jednolitej struktury). Miernik powinien być również odporny na zakłócenia interferencyjne pochodzące od silnych pól elektromagnetycznych.

Układy pomiarowe współczesnych mierników rozpoznają zakłócenia, a niektóre z urządzeń sygnalizują przekroczenie progu, przy którym błąd wyniku badania jest większy od znamionowego. Przyrząd powinien mieć możliwość dostosowania wartości prądu pomiarowego do wielkości obciążenia w celu zmniejszenia wpływu zakłóceń na rezultat próby. Wynik badania jest tym bardziej wiarygodny, im bardziej spadek napięcia, będący konsekwencją przepływu prądu pomiarowego, różni się od poziomu zakłóceń.

Pomiary małych rezystancji niektórych obiektów wymagają indywidualnych procedur. Tak jest np. w przypadku pomiarów uzwojeń transformatorów. Duża indukcyjność obciążenia wymaga wymuszenia prądu o specjalnej charakterystyce w pierwszej fazie pomiaru, w celu szybkiego namagnesowania rdzenia i ustabilizowania układu pomiarowego. Pomiary obiektów pozbawionych energii nie przysparzają tytułu kłopotów jak ma to miejsce w przypadku urządzeń znajdujących się pod napię-

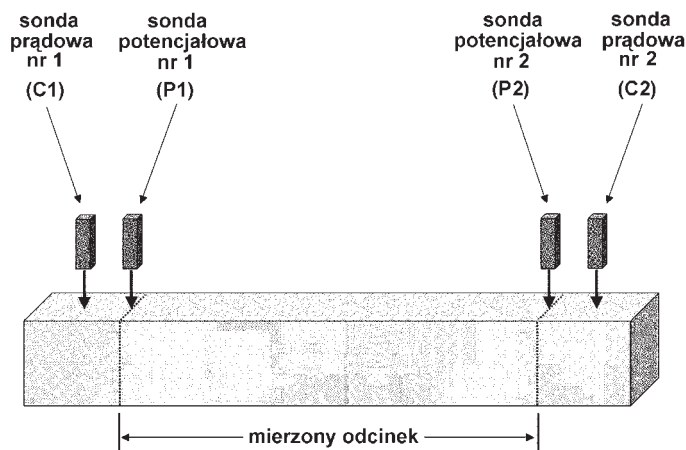


Rys. 1 Miernik Megger DLRO200

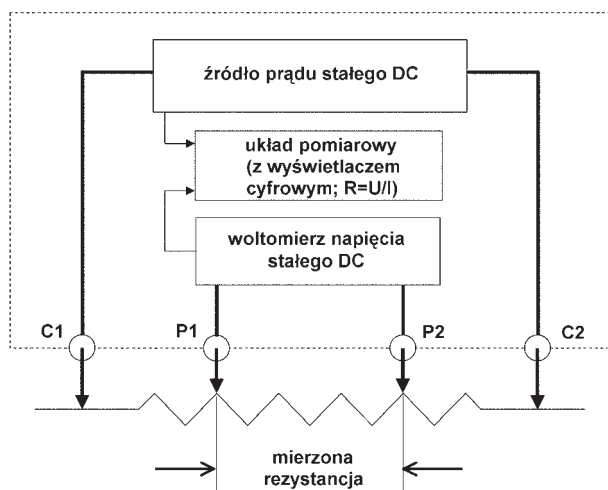
ciem. Najbardziej wiarygodne wyniki badania otrzymuje się stosując czteroprzewodową metodę badania z dwukrotnym pomiarem dla różnych kierunków przepływu prądu.

## Czteroprzewodowa metoda pomiaru

Jest to metoda pomiaru stosowana we współczesnych miernikach małych rezy-



Rys. 2. Metoda czteroprzewodowa pomiaru

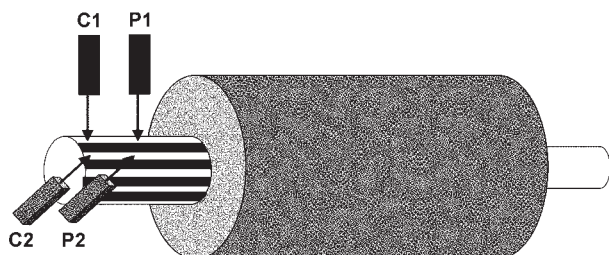


Rys. 3. Schemat blokowy miernika małych rezystancji

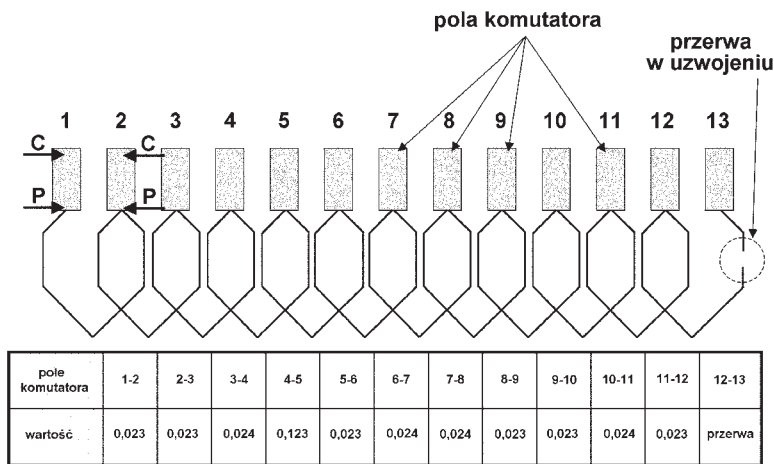
stancji. Zakłada użycie czterech przewodów pomiarowych – dwóch prądowych i dwóch napięciowych (rys. 2). Gwarantuje największą dokładność pomiaru dla rezystancji mniejszych od  $10\Omega$ , gdyż uwzględnia wpływ rezystancji przewodów pomiarowych oraz rezystancji połączeń sond pomiarowych z badanym obiektem na wynik próby.

Miernik małych rezystancji zawiera dwa wewnętrzne układy pomiarowe (rys. 3). Prąd pomiarowy doprowadzany jest do badanego obiektu za pośrednictwem sond prądowych C1 i C2. Wartość prądu jest ograniczana całkowitą rezystancją pętli i mocą wyjściową miernika. Ponieważ miernik w swoich obliczeniach uwzględnia wartość prądu nie jest istotne jaka jest rezystancja pętli, w tym rezystancja połączeń sond C1 i C2 z obiektem oraz przewodów prądowych C1 i C2. W wyniku przepływu prądu pomiarowego powstaje spadek napięcia na mierzonej rezystancji. Jego wartość kontrolowana jest przez sondy potencjałowe P1 i P2 w układzie pomiaru napięcia. Woltomierz miernika charakteryzuje się dużą impedancją wejściową, dzięki czemu przez miejsca styku sond P1 i P2 z obiektem nie płynie żaden prąd i w konsekwencji nie pojawia się na nich spadek napięcia, który mógłby mieć wpływ na wartość mierzonego napięcia.

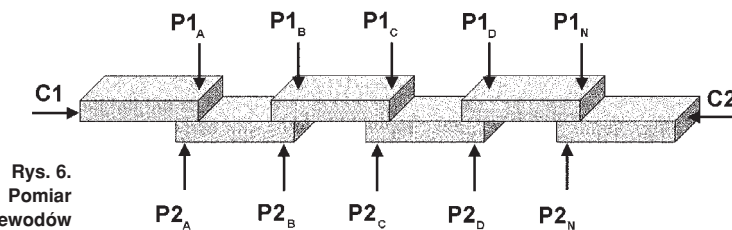
Jeżeli mierzone wartości znajdują się w pobliżu dolnej granicy zakresu pomiarowego, wówczas na dokładność pomiaru może mieć wpływ obecność sił elektrotermicznych. Powodowane przez nie miliwoltowe spadki napięć są przyczyną niestabilnych wskazań miernika. Jeżeli taka sytuacja ma miejsce, wówczas idea precyzyjnego pomiaru małej wartości rezystancji traci sens. Dodatkową trudność stanowią zakłócenia interferencyjne pochodzące od pobliskich pól elektrycznych lub magnetycznych. Tym zjawiskom można zapobiec wykonując dwa badania, dla dwóch kierunków przepływu prądu, a następnie uśredniając wyniki pomiarów. Przyrządy dobrej jakości gwarantują powtarzalność pomiarów i dokładność na poziomie 1,0% wartości odczytanej.



Rys. 4. Pomiar rezystancji uzwojeń wirnika – podłączenia miernika do pól komutatora



Rys. 5. Pomiar rezystancji uzwojeń wirnika – wyniki pomiarów



Rys. 6. Pomiar szynoprzewodów

## Przykłady zastosowań mierników małych rezystancji

### Wirnik silnika elektrycznego

Miernik małych rezystancji pomaga wykryć zwarcia między sąsiednimi uzwojeniami wirnika oraz określić nieprawidłowości w pracy komutatora i szczotek. Zalecaną praktyką są profilaktyczne badania okresowe. Pozwalają one określić miejsca, w których z powodu złego styku wydzielają się nadmierne ilości ciepła, usunąć przyczynę niesprawności i zapobiec awarii. Silnik należy sprawdzić miernikiem małych rezystancji również wówczas, kiedy traci swoją moc podczas eksploatacji. Na rysunku 4 pokazano przykład podłączenia mier-

nika do pól komutatora podczas pomiaru poszczególnych uzwojeń wirnika. Badanie pozwala wykryć przerwy i zwarcia w uzwojeniach oraz wadliwe połączenia pól komutatora z uzwojeniami. Sondę prądową umieszcza się na końcu pola komutatora, natomiast potencjałową w pobliżu miejsca połączenia komutatora z uzwojeniem. Wyniki pomiarów dla poszczególnych uzwojeń powinny być podobne. W przykładzie na rysunku 5 stwierdzono zwiększoną rezystancję połączenia komutatora z uzwojeniem między 4 i 5 polem wirnika oraz przerwę w uzwojeniu podłączonym do 12 i 13 pola.

### Systemy zasilania

W silnoprądowych instalacjach przemysłowych energia doprowadzana jest szynoprzewodami. Wzdłuż trasy szynoprzewodów występują miejsca połączeń, które narażone są na oddziaływanie wibracji i korozji (rys. 6). Na połączenia śrubowe i nitowe działają boczne siły ścinające. Najlepszą metodą sprawdzenia stanu połączeń jest pomiar ich rezystancji. Istotną rolę w tym przypadku odgrywa analiza porównawcza z wynikami badań uzyskanymi podczas wcześniejszych sprawdzeń. Gwałtowny wzrost rezystancji powinien być sygnałem do podjęcia środków zaradczych.

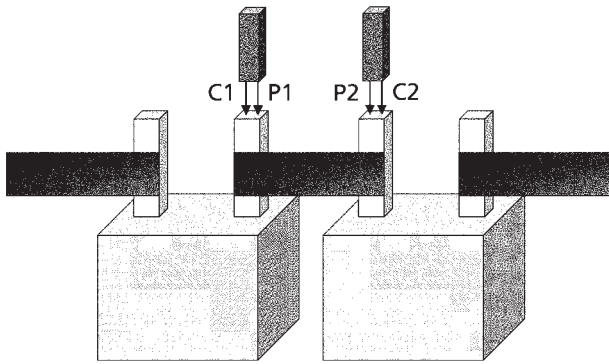
### Transformatory

Pomiary uzwojeń transformatorów wykonywane są na etapie produkcji oraz przeglądów okresowych. Duże transformatory są wyposażone w przełączniki zacze- pów zarówno po stronie pierwotnej jak i wtórnej. Stan styków zacze- pów wymaga weryfikacji. Nieużywane przełączniki ulegają procesom korozji, co prowadzi do przegrzewania i może spowodować pożar. Szczególnie zacze- py po stronie wtórnej poddawane są zmiennym obciążeniom oraz wibracjom. Pomiary obciążeń indukcyjnych wymagają od operatora szczególnej ostrożności. Przed rozłączeniem układu pomiarowego należy zewrzeć uzwojenie, aby zneutralizować energię w nim zgromadzoną.

### Wyłączniki

Wyładowania łukowe na stykach wyłączników są przyczyną powstawania wypaleń i zwęgleń. Zmniejsza się czynna powierzchnia styków, w konsekwencji zwiększa się rezystancja styków i ciepło na nich wydzielane. Taki stan przyspiesza proces degradacji i w końcowym efekcie prowadzi do awarii. Osoba wykonująca pomiary powinna zapoznać się z wymaganiami norm IEC62271-100 i ANSI C37.09 w zakresie wartości prądów pomiarowych. Norma IEC62271-100 zaleca badania prądem w zakresie od 50 A do wartości znamionowej wyłącznika, natomiast ANSI C37.09 prądem co najmniej 100 A. Większość przedsiębiorstw energetycznych preferuje badania większymi prądami uznając je za bardziej reprezentatywne i zbliżone do realnych warunków eksploatacji. Do badania dużych wyłączników olejowych najlepiej używać takich przyrządów, które w pierwszej fazie testu zwiększają prąd pomiarowy do wymaganej wartości, nastę-

R E K L A M A



Rys. 7. Pomiar połączeń między ogniwami akumulatora

nie podtrzymują wymaganej wartości prądu przez określony czas, a w ostatniej fazie płynnie zmniejszają jego wartość do zera. Takie warunki pomiaru nie powodują magnesowania, które towarzyszy nagłemu włączeniu i wyłączeniu prądu.

### Systemy zasilania awaryjnego

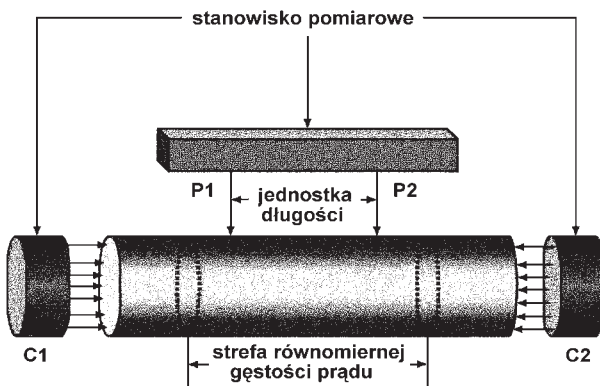
Połączenia zacisków akumulatorów z mostkami poddawane są ciągłemu oddziaływaniu czynnika chemicznego (opary kwasu), czynnika termicznego (nagrzewanie w wyniku przepływu prądów ładowania i rozładowania) oraz mechanicznego (wibracje). Złe połączenia mogą być przyczyną iskrzenia i w konsekwencji pożaru w akumulatorowni (duża zawartość wodoru w atmosferze). Najlepszym i najszybszym sposobem sprawdzenia jakości połączeń jest pomiar rezystancji między dwoma zaciskami sąsiadujących ze sobą ogniw (rys. 7). Jest to jeden z niewielu pomiarów, który wykonuje się „on-line” (na układzie pracującym). Przez połączenia płyną zmieniające się w czasie prądy ładowania i rozładowania. Procedura pomiaru musi uwzględniać tę specyfikę. Miernik powinien przeprowadzać, w krótkim okresie czasu, dwa pomiary dla dwóch różnych kierunków przepływu prądu, a następnie na podstawie obu wyników obliczać wartość średnią.

### Przemysł lotniczy

Mechaniczne i elektryczne połączenia samolotu muszą zapewniać ekwipotencjalność całego korpusu i skutecznie odprowadzać ładunek elektrostatyczny. Okresowej kontroli poddawana jest jakość połączeń nitowanych między elementami kadłuba oraz integralność układu odprowadzania ładunku elektrostatycznego.

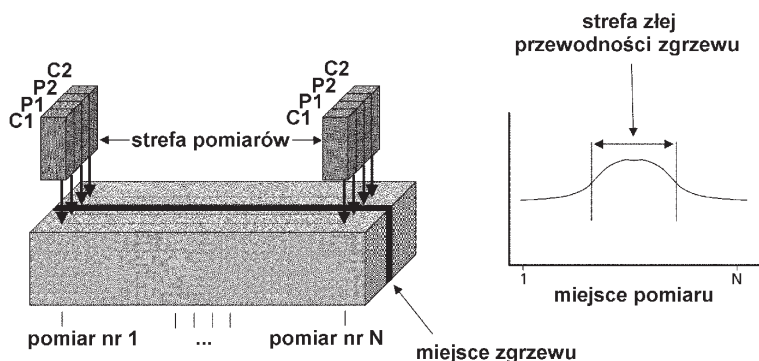
### Koleje

Połączenia międzyszynowe podczas eksploatacji poddawane są ciągłym wibracjom. Każdej zmianie położenia koła pociągu z jednej szyny na drugą towarzyszy charakterystyczny przeskok. Szyny i zwory łączące je stanowią fragment elektrycznego systemu



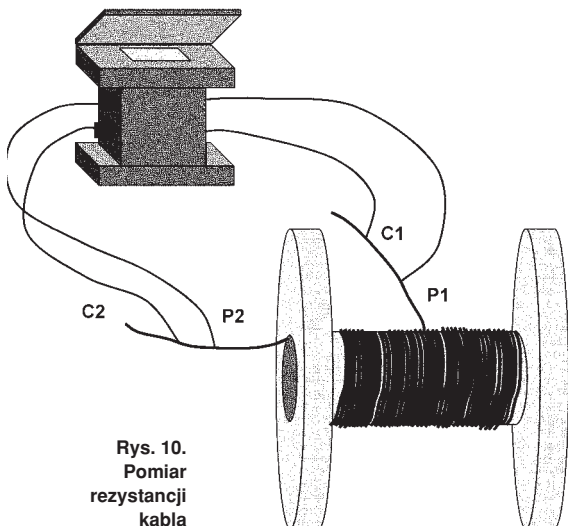
Rys. 8. Pomiar elektrody węglowej

R E K L A M A



Rys. 9. Pomiar zgrzewu

miernik małych rezystancji



Rys. 10. Pomiar rezystancji kabla

sterowania i łączności na kolei. Rezystancja połączeń międzyszynowych stanowi kluczowe znaczenie dla sprawności działania tych układów, a tym samym dla bezpieczeństwa na kolei.

### Elektrody grafitowe

Elektrody grafitowe stosuje się między innymi w hutnictwie aluminium w aplikacjach silnoprądowych. Charakteryzują się one ujemnym współczynnikiem temperaturowym co oznacza, że przy wzroście temperatury ich rezystancja zmniejsza się. Wyniki pomiarów rezystancji stanowią informację o jednorodności grafitu w cylindrycznych wypraskach. Badanie to, z uwagi na kształt i rozmiary elektrod, wymaga specjalnego stanowiska, które umożliwi połączenie sond prądowych miernika z całą powierzchnią elektrod i zapewni przepływ prądu pomiarowego przez pełną objętość grafitu (rys. 8).

### Połączenia spawane i zgrzewane

Rezystancja spawów lub zgrzewów stanowi informację o jakości ich wykonania. Prawdopodobnie połączenie powinno charakteryzować się rezystancją mieszającą się w pewnym zakresie wartości (rys. 9).

Z uwagi na małą wartość mierzonej rezystancji (około kilku mikrohmów), stanowisko do pomiaru połączeń musi być starannie przygotowane i zapewniać dobry styk sond pomiarowych z obiektem.

### Kable na bębnach

Na bębnach z kablem umieszczana jest etykieta z informacją o rezystancji właściwej kabla. Jeżeli kabel był już odwinięty z bębna można określić długość pozostałego, nawiniętego odcinka mierząc jego rezystancję (rys. 10).

### Miernik Megger DLRO200

Nowy przyrząd firmy Megger wykonuje pomiary maksymalnym prądem 200 A. Taką wartość prądu pomiarowego można osiągnąć dla obciążeń do 15 mΩ. Miernik DLRO200 (rys. 11) został wyposażony w pamięć 300 zestawów pomiarów, transmisję RS232 do komputera oraz polską wersję oprogramowania. Zapisane w pamięci wyniki pomiarów można w dowolnym momencie przywołać na ekran przyrządu. Za pomocą klawiatury można utwo-

rzyć i zapisać w pamięci miernika etykiety zawierające krótki komentarz do każdego wyniku próby. Każdemu wynikowi przyporządkowany jest numer oraz znacznik czasu i daty. Wartości mierzone mogą być transmitowane do komputera w czasie rzeczywistym (on-line).

Urządzenie mierzy rezystancję metodą czteroprzewodową z rozdzielczością  $0,1\mu\Omega$  i dokładnością  $\pm 0,7\% + 1\mu\Omega$ . Taka metoda badania likwiduje wpływ rezystancji przewodów pomiarowych na wynik próby. Podczas pomiaru prąd płynie najpierw w jednym kierunku, a następnie w przeciwnym po to, aby wyeliminować błędy spowodowane występowaniem sił elektromagnetycznych. Górna granica zakresu pomiarowego wynosi 999,9 mΩ. Operator ustala wartość prądu w zakresie od 10 do 200 A z krokiem 1 A. Każdorazowo przed pomiarem jest kontrolowana jakość połączeń przyrządu z układem pomiarowym. Przyrząd jest zabezpieczony przed uszkodzeniem na wypadek doprowadzenia do niego napięcia zewnętrznego oraz sygnalizuje przepływ prądu w badanym obwodzie po zakończeniu próby. Obecność prądu sugeruje, że obciążenie ma charakter indukcyjny i trwa proces rozładowania energii pola magnetycznego. Nie wolno wówczas przerywać pętli prądowej w układzie pomiarowym, gdyż spowoduje to powstanie przepięć, które mogą uszkodzić układy wyjściowe miernika. Jeżeli pomiary wykonywane są nieprzerwanie dużym prądem i w konsekwencji dochodzi do znacznego wzrostu temperatury wewnątrz miernika, wówczas włącza się sygnalizacja przegrzania, a funkcjonowanie przyrządu zostaje przerwane do chwili obniżenia temperatury.

Miernik jest zasilany z sieci. Pracuje w jednym z trzech trybów pracy. W trybie



Rys. 11. Panel czołowy miernika Megger DLRO200



Rys. 12.  
Przewody  
pomiarowe  
prądowe



Rys. 13.  
Przewody  
pomiarowe  
napięciowe

„podstawowym” realizuje jeden pomiar przy dwóch kierunkach przepływu prądu pomiarowego. Uruchomienie badania następuje w wyniku naciśnięcia przycisku „test” przy podłączonych przewodach pomiarowych do badanego obiektu. W trybie „automatycznym” przyrząd znajduje się w fazie czuwania do chwili przyłączenia obu par przewodów pomiarowych (napięciowych i prądowych) do badanego obiektu. Po podłączeniu automatycznie inicjowany jest przepływ prądu w obu kierunkach. Kolejny pomiar uruchamiany jest z chwilą podłączenia sond do następnego obiektu. W trybie „ciągłej pracy”, przed rozpoczęciem badania, należy wykonać wszystkie połączenia miernika z układem pomiarowym. Przyrząd powtarza sekwencję pomiarową co dwie sekundy. Zakończenie próby następuje z chwilą przerwania obwodu pomiarowego lub naciśnięcia przycisku „test”.

Operator może zdefiniować wartości graniczne rezystancji. Przekroczenie progów będzie sygnalizowane akustycznie i optycznie. Użytkownik wraz z miernikiem otrzymuje komplet 5 m przewodów pomiarowych – prądowych o przekroju 50 mm<sup>2</sup> zakończonych dużymi zaciskami (rys. 12) oraz napięciowych, o mniejszym przekroju, z mniejszymi zaciskami (rys. 13).

Miernik DLRO200 spełnia wymagania Dyrektyw nowego podejścia 73/23/EEC, 93/68/EEC obowiązujących w Unii Europejskiej w tym m.in. norm PN-EN 61010, PN-EN 61326 Aneks A w zakresie bezpieczeństwa i kompatybilności elektromagnetycznej. Miernik został oznaczony symbolem zgodności CE.

**Tomasz Koczorowicz**  
Autor jest pracownikiem  
firmy Tomtronix



KONTAKT

#### TOMTRONIX

Aleja Piłsudskiego 135,  
92-318 Łódź

tel. (42) 676 06 33

tel./fax (42) 674 74 55

e-mail: tomtronix@tomtronix.com.pl

www.tomtronix.com.pl

