



Łukasiewicz

Instytut Elektrotechniki

**Ewentualna korozja elektrochemiczna
szyn na kolejowym szlaku
zelektryfikowanym prądem stałym.**

Program prezentacji:

Na czym polega korozja elektrochemiczna i jej skutki;

Zelektryfikowany szlak kolejowy;

Istotne elementy w obwodzie powrotnym;

Obciążenie szlaku i podstacji;

Szacowanie prądów powrotnych;

Przejazd przez odcinek zasilania;

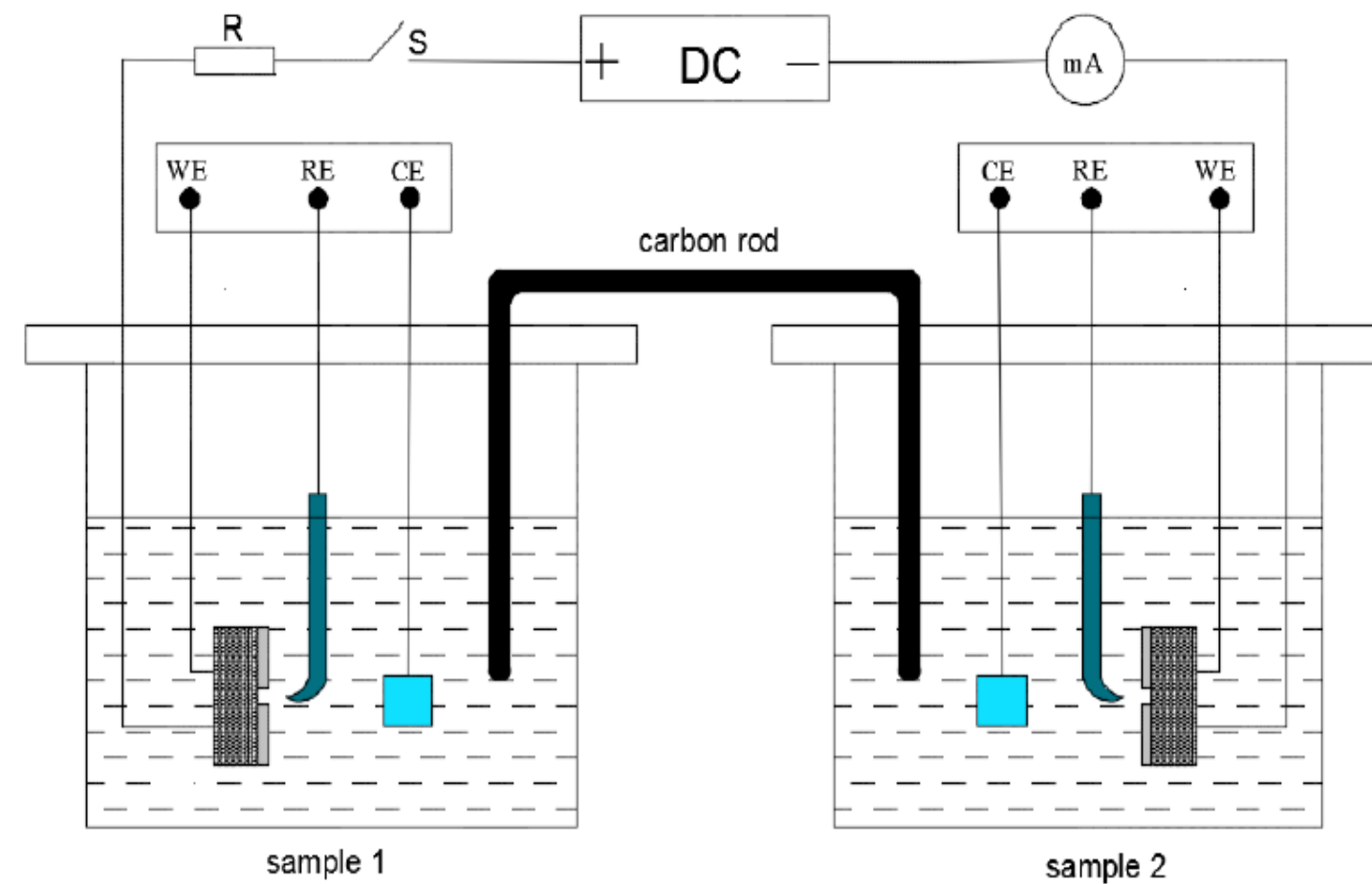
Odziaływanie w czasie na torowisko;

Warunki konieczne do korozji szyn torowiska;

Przykłady skutków na torach szlakowych

Podsumowanie

Na czym polega korozja elektrochemiczna oraz jej skutki.



Schemat układu laboratoryjnego do badania skutków korozji elektrochemicznej na stalowych próbkach pokrytych warstwą izolacji ze standardowym defektem

WE – próbka stalowa (elektroda robocza)

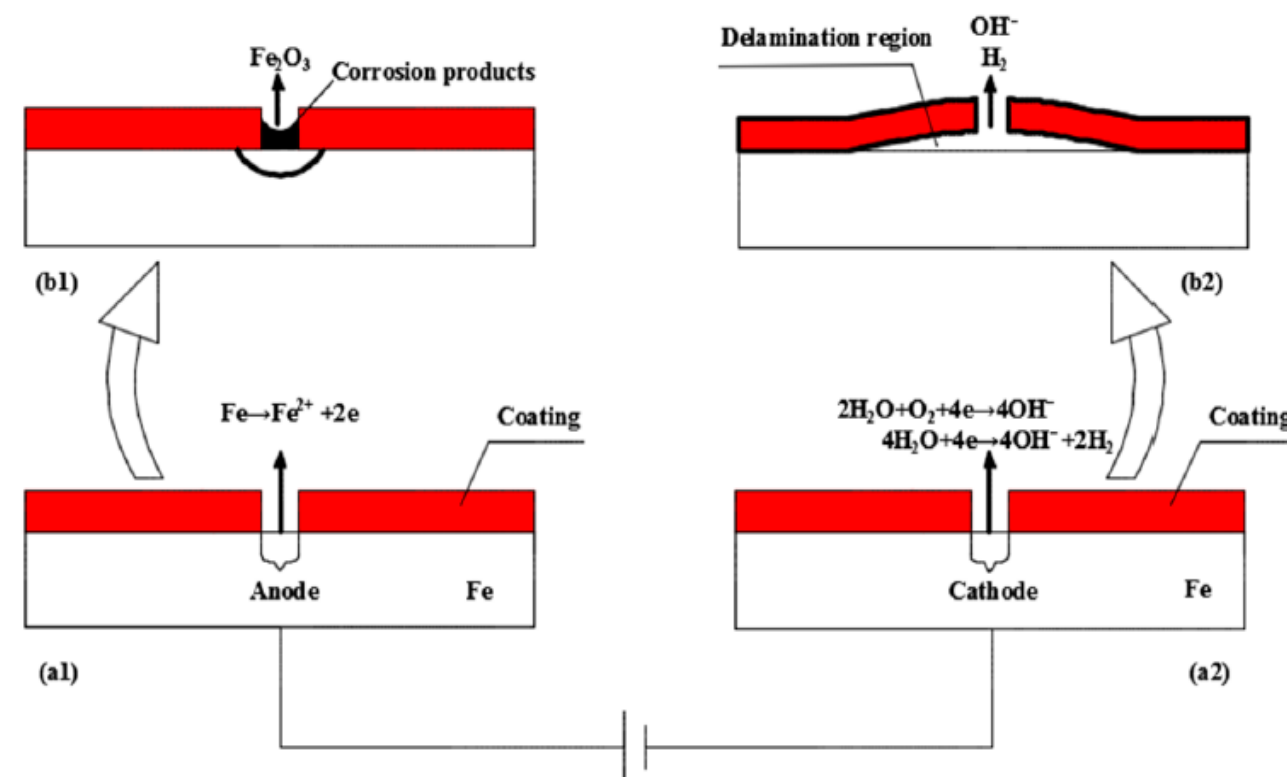
RE – elektroda odniesienia

CE – elektroda przeciw licznika

Carbon rod – węglowa elektroda wyrównania w próbnikach

DC – stabilizowany zasilacz prądu stałego

Oba próbki zawierają elektrolit wodny np. 3,5% NaCl , ale różną polaryzację



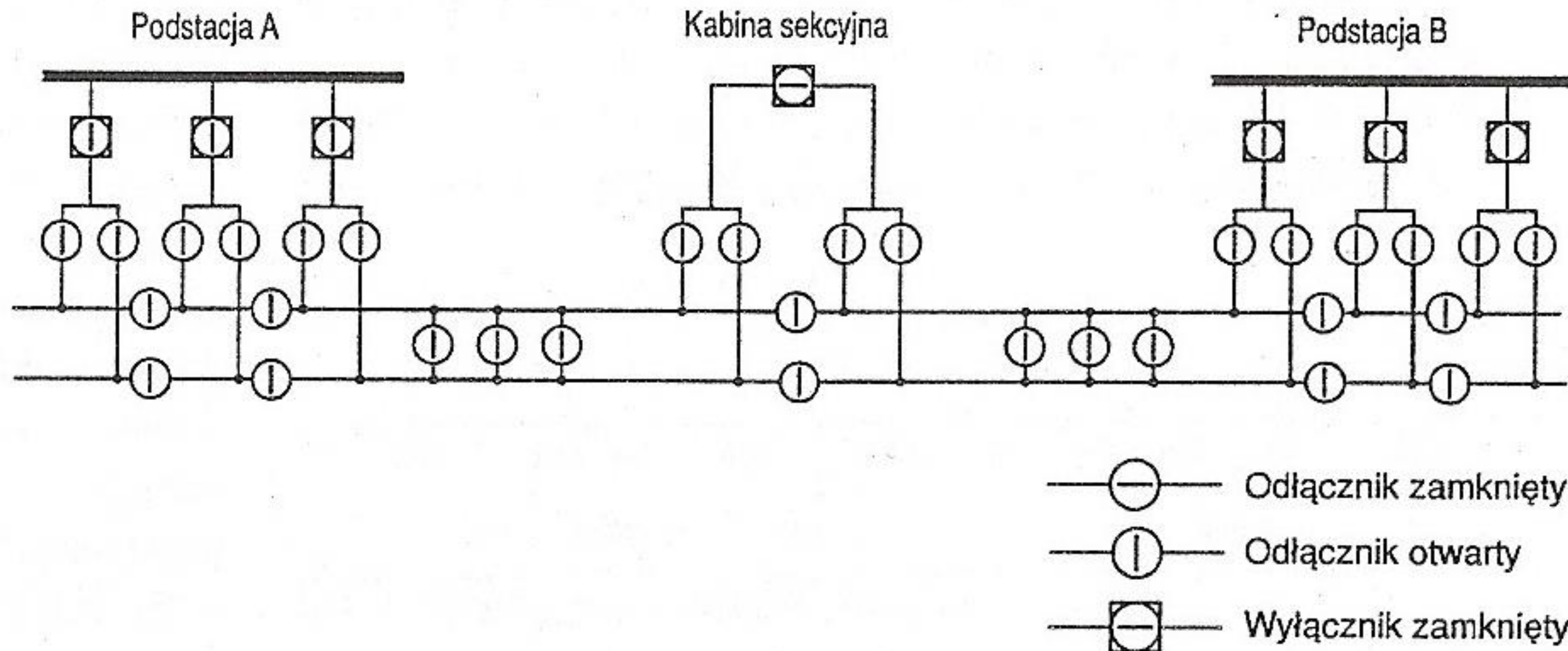
Skutki wywołane przepływem prądu – zjawisko ilościowo opisane prawem Faradaya

Na anodzie – wżery (ubytki żelaza w defekcie)

Na katodzie – odspajanie powłoki izolacji od metalu,

A w przypadku elektrolitu np. CaCO₂ – węglanu wapnia wystąpi galwaniczne osadzanie węglanu w defekcie

Zelektryfikowany szlak kolejowy

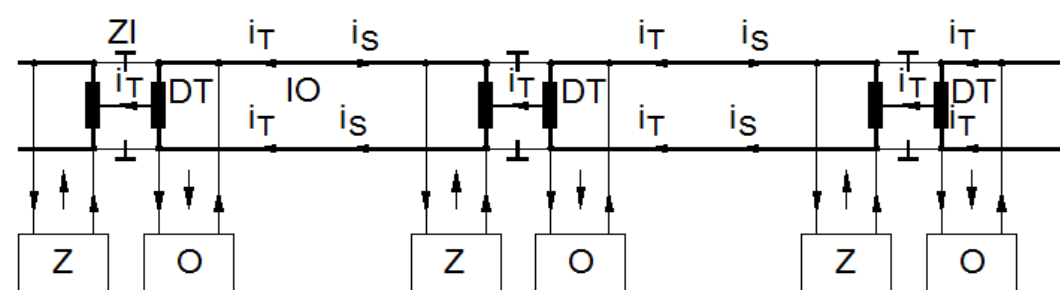
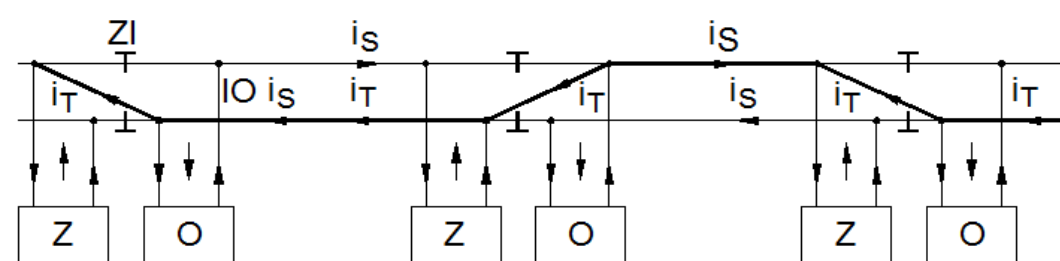
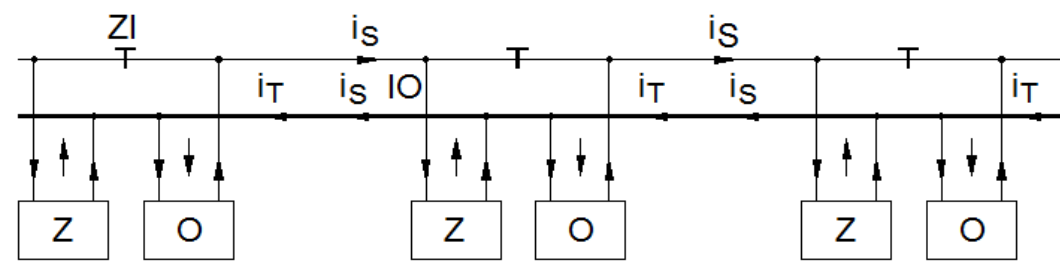


Schemat sieci górnej na dwutorowym szlaku kolejowym zapewniający największą niezawodność zasilania pojazdów

Możliwości zasilania: jednostronnego, dwustronnego, dwustronnego z kabina sekcyjną, dwustronne z ciągami połączonymi równolegle oraz dodatkowo z kabiną sekcyjną

Istotne elementy obwodu powrotnego

- Szyny torowiska podstawowo budowy otwartej posadowione na tłuczniu
- Szyny przytwierdzone do podkładów dawniej drewnianych obecnie żelbetowych



Wpływ na rezystancję wzdłużną toru

Sterowanie Ruchem Kolejowym

Przykłady obwodów torowych poczynając od:

- górny to izolacja jednotokowa i jednotokowy przepływ prądu trakcyjnego
- środkowy to izolacja dwutokowa i jednotokowy przepływ prądu trakcyjnego
- dolny to izolacja dwutokowa i dwutokowy przepływ prądu trakcyjnego

Dodatkowe oznaczenia: Z – zasilacz, O – odbiornik, ZI – złącze izolowane, IO – odcinek izolowany, DT – dławik torowy, i_s – prąd sygnałowy, i_T – prąd trakcyjny

Metody częstotliwościowe złącza izolujące separujące rozjazdy

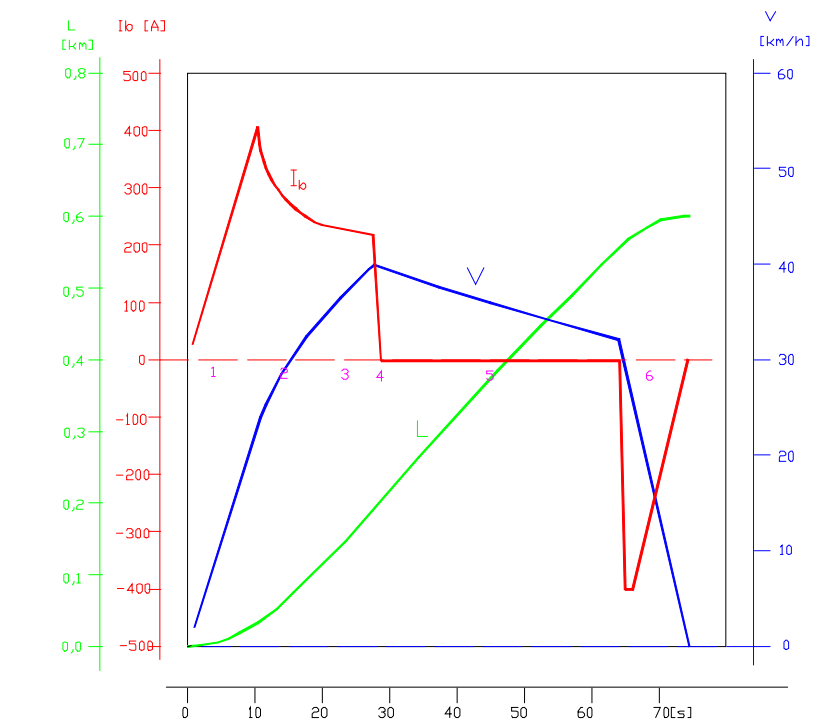
Liczniki osi

Wpływ na upływność toru – konduktancję przejścia szyny ziemia (rezystancja przejścia szyny ziemia)

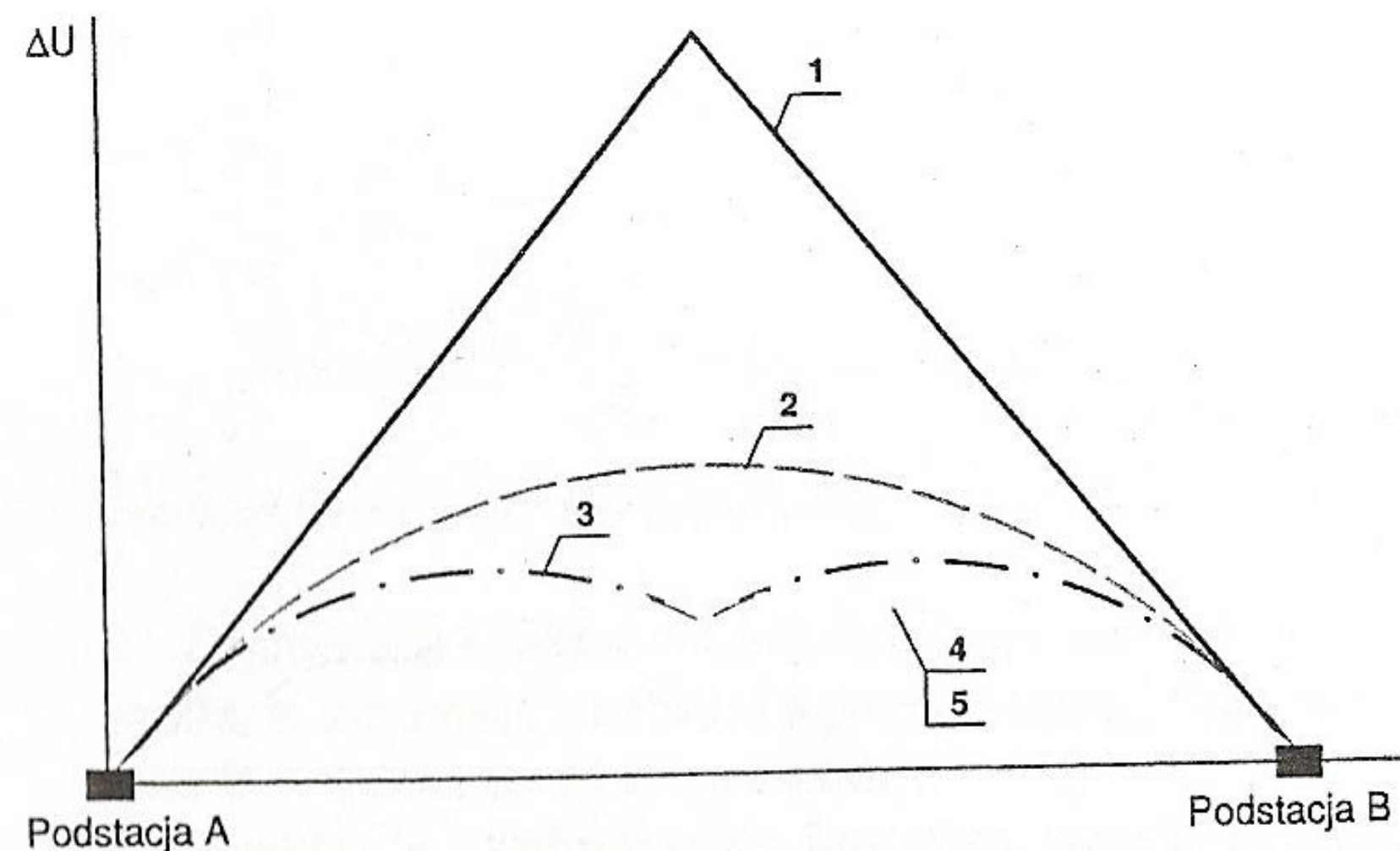
Uszynienie słupów trakcyjnych indywidualne i grupowe

Obciążenie szlaku i podstacji trakcyjnej

- a) Tabor: charakterystyka mechaniczna – obciążenia sieci
- b) Prędkość przejazdu taboru
- c) Rozkład jazdy – przepustowość odcinka (szlaku)

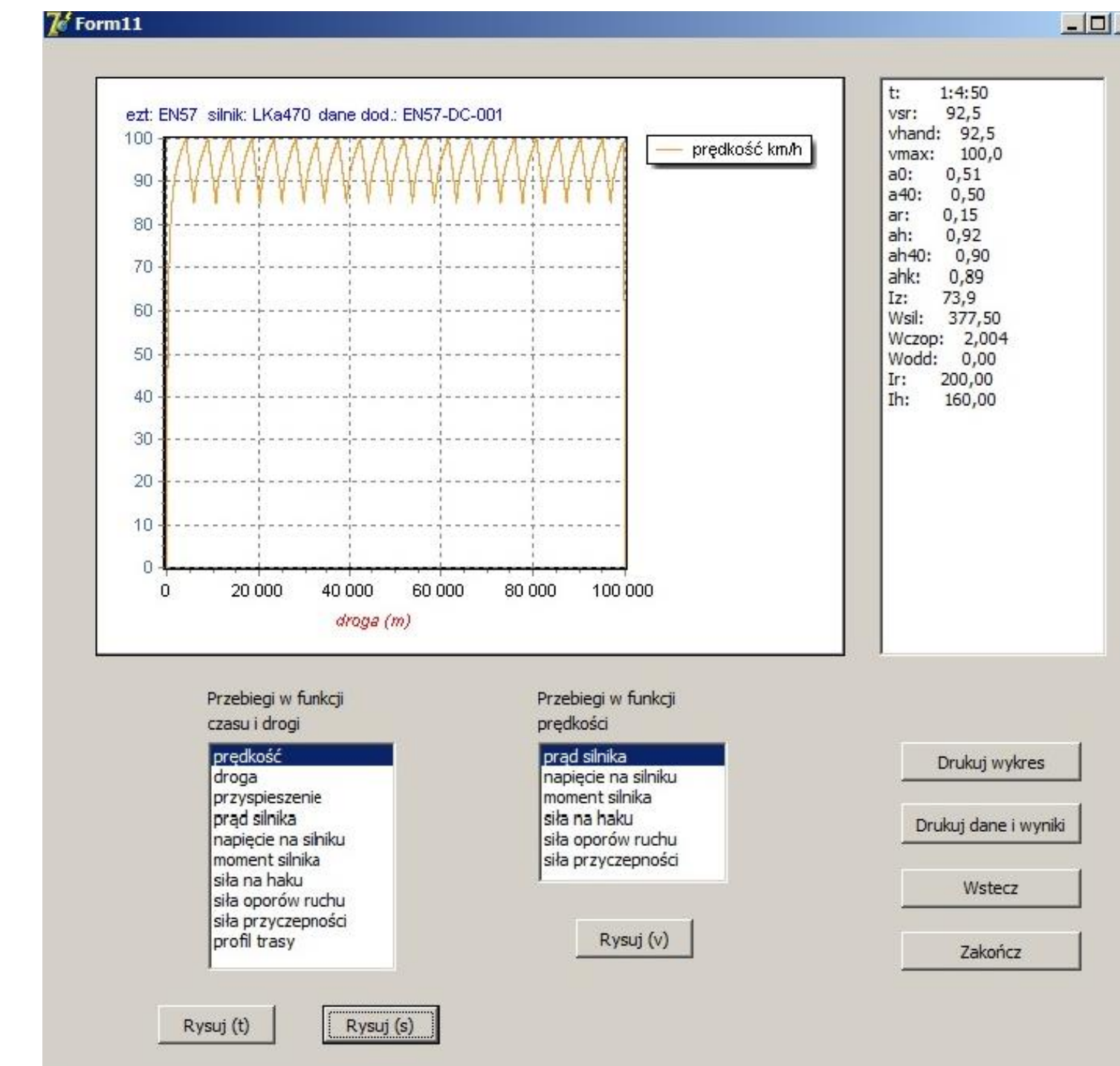


Obciążenia chwilowe – maksymalne dla szlaku i podstacji
Obciążenia uśrednione

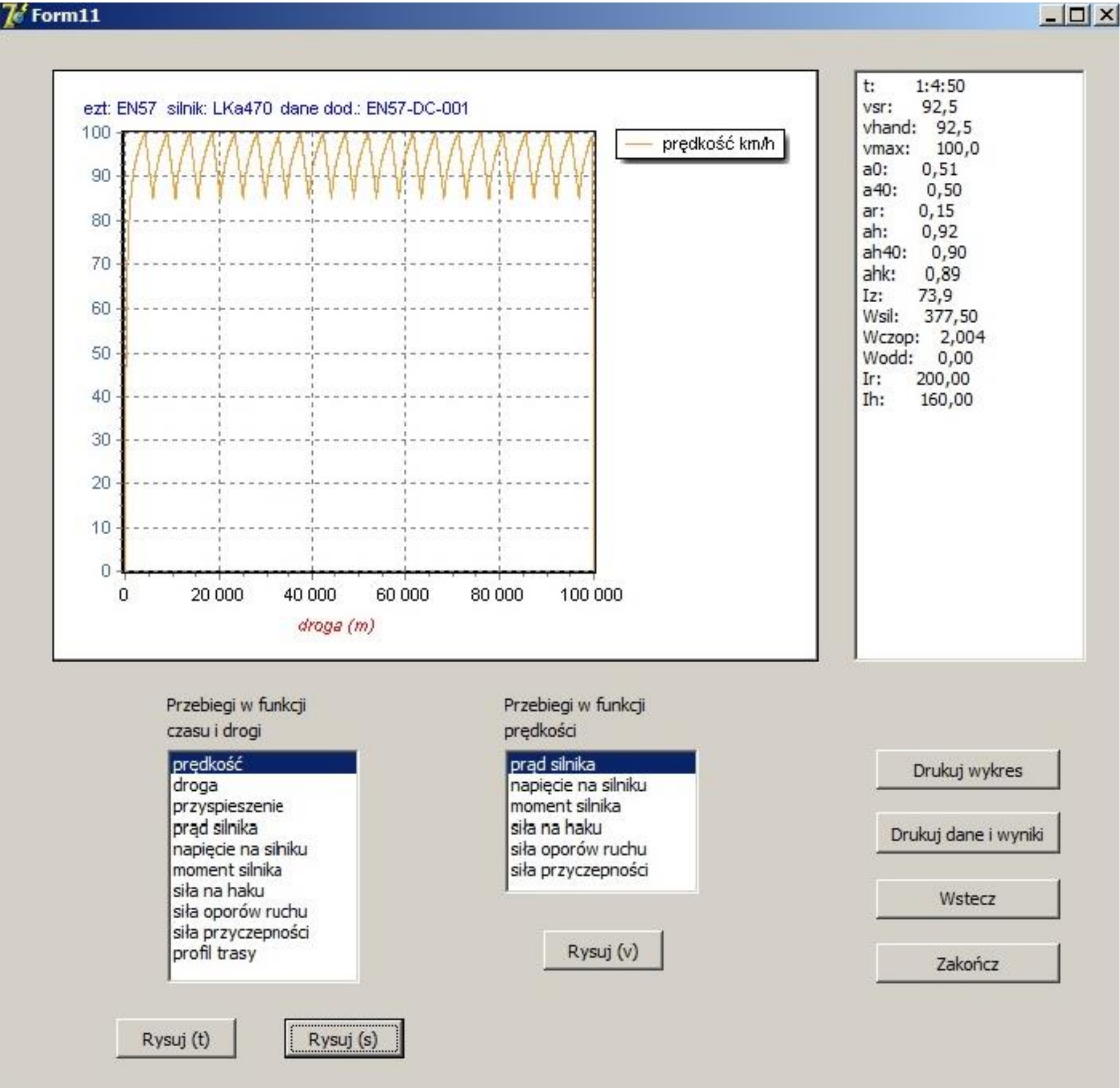


Spadek napięcia w sieci zasilającej między podstacjami w zależności od:

- 1 – zasilania jednostronnego;
- 2 – zasilania dwustronnego;
- 3 – zasilania dwustronnego z kabiną sekcijną po środku trasy między A i B
- 4 – zasilania dwustronnego z ciągami sieciowymi połączonymi równolegle;
- 5 – zasilania dwustronnego z ciągami sieciowymi połączonymi równolegle i z kabiną sekcijną po środku trasy pomiędzy podstacjami A i B



Przejazd przez odcinek zasilania



Prędkość Czas przejazdu odcinka zasilania			
km/h	w sekundach	w minutach	m/s
60	1200	20,0	16,7
80	900	15,0	22.2
100	720	12,0	27,8
120	600	10,0	33.3
140	514	8,57	38,9
160	450	7,5	44,4
180	400	6,7	50,0
200	360	6,0	55,6

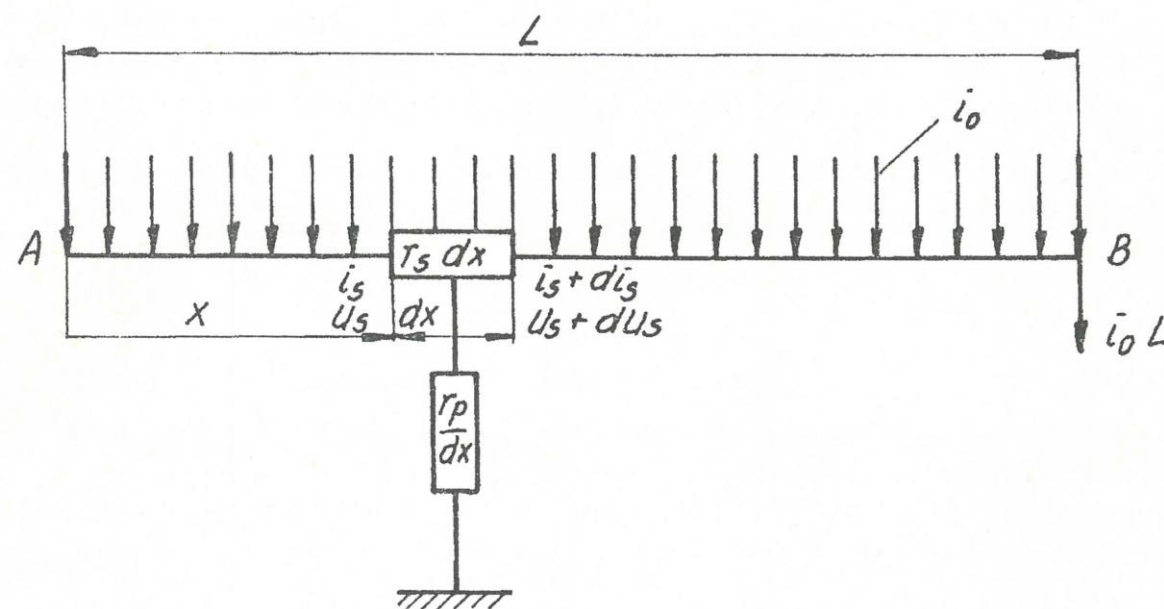
Szacowanie prądów powrotnych

Z przepustowości i przewidywanego do eksploatacji na szlaku taboru oraz profilu trasy określamy moc podstacji, przeciążenia

Znamionowe napięcie trakcyjnej sieci kolejowej prądu stałego wynosi 3 kV

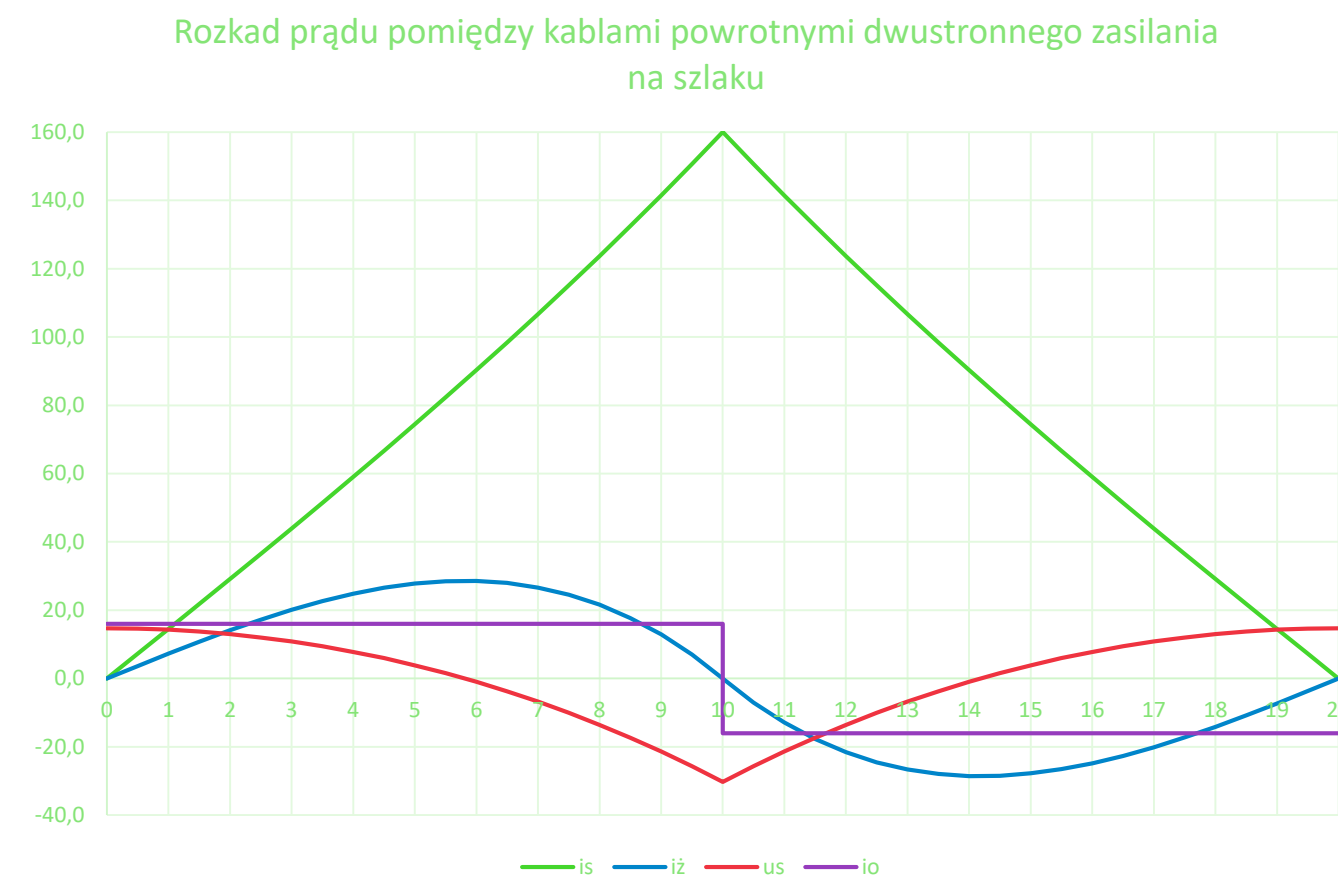
– przyjmując to napięcie, z mocy określamy prąd podstacji średni i przeciążenia

Z odległość pomiędzy podstacjami i średniego prądu podstacji wyznaczamy okład prądowy – stałą wartość prądu przypadającą na jednostkę długości szlaku (pamiętając czy przypada to na jeden czy oba tory)



Model sieci powrotnej - elementarnych czwórników rezystancji toru r_s i rezystancji przejścia toru r_p z równomiernie rozłożonym obciążeniem i_0 na odcinku L równym połowie odległości pomiędzy podstacjami (kablami powrotnymi podstacji). B - punkt powrotny podstacji

Oddziaływanie prądów trakcyjnych na torowisko w czasie



Przebiegi wartości uśrednionych za przedział czasu dłuższy niż tydzień

Okładu prądowego – kolor czarny

Potencjału szyn – kolor czerwony

Prąd w ziemi kolor niebieski

Odwrotność prądu w szynach kolor zielony

$R_s = 0,0118 \text{ Ohm/km}$

$G = 0,5 \text{ S/km} = R_p = 2 \text{ Ohm km}$

$2L = 20 \text{ km}$

U_s od +14,7 do -30,3 V

I_z do +/- 28,5 A

Rozkład średniego potencjału wzdłuż szyn zmienia znak, to przypomina laboratoryjny układ oddziaływań elektrochemicznych

Na środku odcinka pomiędzy kablami powrotnymi należy oczekiwać wżerów w materiale szyn, zaś przy kablach powrotnych osadzania jonów elektrolitu glebowego. Z wartości średnich prądu w ziemi można by na podstawie prawa Faradaya wnioskować, że materiał szyn powinien szybko zniknąć ponieważ 1A/rok to 9 kg Fe.

Warunki konieczne do występowania korozji szyn torowiska zelektryfikowanego prądem stałym

Faktycznie na każdym odcinku zasilania pobór prądu w chwilach czasowych wynika z realizowanej strategii jazdy:

Z punktu widzenia każdego obserwatora ustawionego w dowolnym punkcie sieci powrotnej odcinka zasilania na szlaku, prąd w szynach będzie zmieniał kierunek przepływu (wyjątkiem są punkty powrotne podstacji)

Oznacza to, że szyny mogą podlegać korozji prądu zmiennego, o trudnych od określenia częstotliwości i amplitudzie.

Korozja żelaza od prądu przemiennego np. 50 Hz, czy 16.6Hz występuje dopiero, gdy napięcie pomiędzy metalem a elektrolitem spowoduje przepływ prądu o gęstości powyżej 15 - 30 A/m².

Powierzchnia podparcia stopki szyny nie przekracza 0,04 m², to prąd powodujący zjawiska korozyjne wynosiłby ok 1 A;

Należy zauważyć, że z wartości uśrednionych potencjałów szyn są na relatywnie bezpiecznym poziomie, ale np. zarejestrowane napięcie pomiędzy szynami kolejowego torowiska a podziemną konstrukcją metalową przy ciężkim składzie towarowym przekraczało 100 V przez 4 minuty rejestracji.

Warunki atmosferyczne – punkt rosy, mgła, mżawka, deszcz od drobnego po ulewę przyczyniają się do występowania czasowych procesów korozji szyn. Utrzymywanie się wilgoci pod stopką szyn w punktach podparcia oraz styku z tłuczniami sprzyja rozwojowi zjawisk, ale wtedy muszą kursować pociągi, których ruch wywołuje osuszanie podtorza.

Przykłady korozji szyn na szlaku kolejowym (koleje podmiejskie)



Fotografie odcinków szyn zdemontowanych i ułożonych wzdłuż torów podczas wymiany na szlaku. Wymiana dokona została na przełomie 2019/20 zdjęcia w styczniu 2020 roku.

Szyny kolejowe skręcane łubkami i styk elektryczny wzmacniano łącznikami wzdłużnymi skręcanymi w szyjkach szyn – ostatni po prawej stronie mniejszy otwór patrz zdjęcie na dole



Na wszystkich szynach widoczne ślady podparcia na podkładce szynowej , a pomiędzy podkładami lokalnie do stopki szyn musiał dotykać tłuczeń, sprzyjając rozwojowi korozji wżerowej

Od produkcji szyn w 1986 roku minęło 33 lata – stan powierzchni bocznych pozwalał na odczytanie zapisów producenta o wyrobie



Podsumowanie

Zautomatyzowanie układania na szlaku torowiska budowy otwartej zagłębianego w tłuczniu sprzyja utrzymaniu podsypki poniżej poziomu stopki szyny;

Pomimo, że zgodnie z prawem Ohma w szynach występują spadki napięcia w czasie przepływu prądu trakcyjnego związanego z przemieszczaniem się taboru kolejowego, to zapewnienie izolacji szyn od podłoża na podkładkach podszynowych i przytwierdzeniu typu SB oraz odwodnienie torowiska sprzyja ograniczeniu wpływu zjawisk elektrochemicznych na szyny torowisk zelektryfikowanych prądem stałym. Dodatkowo chwilowa polaryzacja szyn w czasie na odcinku pomiędzy punktami powrotnymi ulega zmianie nie tylko co do wartości, ale i znaku;

Zjawiska pogodowe związane z wilgotnością poczynając od punktu rosy (skraplania pary wodnej na szynach) poprzez mgłę, mżawkę, kapuśniak, każdy opad deszczu od drobnego po intensywny, do ulewnego nakładane na realizowane przejazdy pociągów wywołuje procesy elektrochemiczne;

Utrzymywanie się wilgoci pod stopkami szyn w okolicach połowy odległości pomiędzy podstacjami na szlaku zwiększa ryzyko korozji wżerowej.



Łukasiewicz

Instytut Elektrotechniki

Dziękuję za uwagę

Kontakt:

Józef Dąbrowski

email: jozef.dabrowski@iel.lukasiewicz.gov.pl