

Sekcjonowanie podłużne sieci jezdnej w stacjach na liniach jednotorowych

Damian DRATWA¹

Streszczenie

Długość linii kolejowych normalnotorowych pod zarządem PKP Polskich Linii Kolejowych S.A. wynosi 18 522,503 km, w tym linii zelektryfikowanych 11 940,509 km. W celu zapewnienia niezawodnego zasilania trakcji elektrycznej, a także zapewnienia możliwości wykonywania prac przy wyłączonym napięciu w sieci lub na skutek awarii stosuje się sekcjonowanie. Dzięki podziałowi elektrycznemu sieci jezdnej można wyłączać konkretne jej odcinki. Wpływ na przepustowość stacji w wyniku wyłączenia zasilania w sieci zależy od sposobu wykonania sekcjonowania. Wykonanie to nie jest ściśle określone w przypadku stacji na liniach jednotorowych, gdzie sekcjonowanie sieci jezdnej jest wykonywane w różny sposób. W artykule przeanalizowano wpływ sekcjonowania podłużnego na możliwość prowadzenia ruchu pociągów trakcją elektryczną na przykładzie dwóch odcinków jednotorowych linii kolejowych nr 15 i 16.

Słowa kluczowe: sieć trakcyjna, sekcjonowanie podłużne, przepustowość stacji, zamknięcia torowe, utrzymanie sieci trakcyjnej

1. Wstęp

Spśród linii kolejowych, o długości 18 522,503 km, zarządzanych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., 11 940,509 km linii wyposażono w urządzenia umożliwiające prowadzenie pociągów trakcją elektryczną, co stanowi 65% krajowej normalnotorowej sieci kolejowej w Polsce [1]. Zelektryfikowano ważniejsze ciągi komunikacyjne i węzły kolejowe mające znaczenie zarówno w przewozach pasażerskich, obsługujących przejazdy podróżnych między miejscem zamieszkania a pracą, szkołą, uczelnią i w innych celach, a także ciągi towarowe, w tym międzynarodowe korytarze transportowe. Przebudowa warszawskiego węzła kolejowego w Polsce międzywojennej, przeprowadzona w połowie lat 30. XX wieku, stanowiła w kolejnictwie skokowy postęp technologiczny obejmujący między innymi zastosowanie wysokiej jakości urządzeń zasilających trakcję elektryczną [2]. Do elektryfikacji przyjęto prąd stały o napięciu 3 kV [3], co ówczesnie było nowatorskim systemem. Wprawdzie w latach 50. XX wieku rozważano zastosowanie innego systemu (25 kV prądu przemiennego), jednak ostatecznie w 1965 roku zrezygnowano z tego zamiaru [4]. Dopiero zaplanowana w XXI wieku budowa sieci kolejowej w ramach projektu Centralnego Portu Komunikacyjnego otworzyła możliwość elektryfikacji linii

systemem 2 × 25 kV prądu przemiennego (i pozostawienie systemu 3 kV prądu stałego w rejonie węzłów z koleją konwencjonalną) [5].

Sieć jezdna, jak każde inne urządzenia, do niezawodnego działania i bezpiecznego prowadzenia ruchu pociągów wymaga wykonywania cyklicznych prac utrzymaniowych oraz sprawdzenia i wykonania regulacji licznych części składowych [6]. Przeprowadzenie tych działań w bezpieczny sposób, wymaga także wyłączenia napięcia, aby wyeliminować porażenie personelu prądem.

W celu niezakłóconego prowadzenia ruchu kolejowego i ograniczenia skutków awarii oraz umożliwienia wyłączenia napięcia na małym obszarze ograniczonym do potrzeb prowadzonych działań (zamiast na całej sieci zelektryfikowanych linii kolejowych), stosuje się sekcjonowanie polegające na podziale sieci jezdnej na odcinki elektrycznie niezależne od siebie. Wyróżnia się sekcjonowanie poprzeczne i podłużne [7]. Sekcjonowanie poprzeczne polega na elektrycznym odseparowaniu sieci jezdnych sąsiadujących torów. Sekcjonowanie podłużne stanowi podział elektryczny – odseparowanie od siebie odcinków sieci tego samego toru. Sekcjonowanie powinno być zaprojektowane w sposób umożliwiający wyłączanie zasilania poszczególnych odcinków sieci oraz dostosowane do możliwości prowadzenia ruchu pociągów w razie wystąpienia

¹ Starszy Specjalista ds. Technologii Przewozów; Łódzka Kolej Aglomeracyjna Sp. z o. o.; e-mail: damian.dratwa.mail@gmail.com.

zakłóceń wynikających z wyłączenia poszczególnych odcinków od zasilania [8]. Podstawową zasadą sekcjonowania podłużnego jest oddzielenie torów stacyjnych od szlakowych, torów głównych zasadniczych od torów głównych dodatkowych oraz pozostałych torów o różnym przeznaczeniu [9]. W stacjach położonych na liniach dwutorowych podział elektryczny sieci w przypadku wyłączenia zasilania sieci poszczególnych torów powinien zapewniać możliwość wyjazdu na jeden z torów szlakowych oraz przejazdu między torami nieparzystymi i parzystymi w głowicach rozjazdowych. W przypadku linii kolejowych jednotorowych zasady sekcjonowania podłużnego nie są ściśle usystematyzowane. Różne sposoby stosowania podziału elektrycznego sieci jezdnych torów stacyjnych w takich przypadkach są przedmiotem niniejszego artykułu, na przykładzie porównania dwóch odcinków linii jednotorowych: linii kolejowej nr 15 na odcinku Łowicz Przedmieście – Zgierz z linią kolejową nr 16 na odcinku Zgierz – Kutno.



Rys. 1. Izolowane sześciostupowe przęsło naprężenia z odłącznikiem; Sieć YC120-2CS150, Łódź Żabieniec, 2021 [fot. D. Dratwa]

2. Sposoby sekcjonowania podłużnego sieci jezdnej

Sieć jezdnią separuje się elektrycznie przez zastosowanie:

- izolowanych przęseł naprężenia,
- izolatorów sekcyjnych,
- izolowanych przerw powietrznych.

Przęsło naprężenia to takie przęsło, w którym równoległe i obok siebie przebiegają niezależne mechanicznie sieci dwóch odcinków naprężenia – jeden odcinek przewodów trakcyjnych się kończy a drugi rozpoczyna, a ich równoległe ułożenie umożliwia swobodny ruch ślizgu odbieraka prądu pojazdu trakcyjnego (lokomotywy lub zespołu trakcyjnego). Różnica między typowym przęsłem naprężenia a izolowanym polega na tym, że przęsło izolowane nie ma połączeń elektrycznych dla swobodnego przepływu prądu między odcinkami naprężenia, a odcinki te (mogą, choć nie muszą być), są połączone przez odłącznik lub rozłącznik sekcyjny (rys. 1) lub, co jest rozwiązaniem rzadkim, nie posiadają połączenia elektrycznego (rys. 2). W izolowanym przęsle naprężenia odległość w płaszczyźnie poziomej między najbliższymi przewodami jezdnymi różnych odcinków naprężenia jest zwiększona ze 150 mm do 200 mm.

Inną metodą elektrycznej separacji jest wstawienie w sieć jezdnią izolatora sekcyjnego. Nie izoluje się linek uelastyczniających Y w typach sieci z jedną linią nośną. W takim przypadku nie stosuje się uelastycznienia sieci w miejscu podwieszenia, przy którym umiejscowiono izolator sekcyjny.



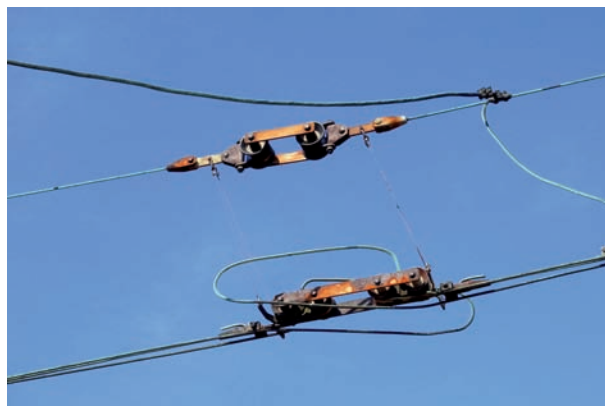
Rys. 2. Izolowane sześciostupowe przęsło naprężenia bez odłącznika/rozłącznika; sieć YC120-2CS150, Łódź Żabieniec, 2021 [fot. D. Dratwa]

Izolator sekcyjny jest poddawany sile naciągu drutu (drutów) jezdnych [10]. Musi umożliwiać swobodny przesuw ślizgu odbieraka prądu i nie może stanowić przeszkody mechanicznej. W tym celu stosuje się specjalne prowadnice, które prowadzą pantograf w niezakłócony sposób, uniemożliwiający kontakt ślizgu z pozostałymi częściami izolatora, w tym izolacyjnymi. W przypadku nieprawidłowej współpracy odbieraka z izolatorem może dojść do uszkodzeń zarówno sieci, jak i taboru kolejowego, a do czasu naprawy sieci i ściągnięcia pojazdu również uciążliwym wyłączeniem napięcia.

Izolatory sekcyjne są tańsze i mniej skomplikowane w budowie, niż izolowane przęsła naprężenia. Długość najpowszechniej występujących izolatorów z tworzyw sztucznych (rys. 3) nr katalogowy 7500, wynosi 3060 mm, a coraz powszechniej stosowanych nowszych typów ulega skróceniu nawet do 2330 mm. Masa tych izolatorów waha się od 17 kg (wersja jednodrutowa) do 21 kg, pojawiają się typy lżejsze o masie odpowiednio 13 kg i 15 kg [11]. Wcześniej stosowano izolatory ceramiczne rolkowe (rys. 4), których masa w linii i w djp (drucie jezdnym profilowanym) przekraczała 50 kg [12]. Mimo znaczącego zmniejszenia masy, izolatory stanowią sztywny punkt w sieci i zasadniczo w ten sposób unika się stosowania sekcjonowania sieci torów, po których pociągi mogą poruszać się z prędkościami powyżej 120 km/h, choć istnieją typy izolatorów przystosowane do prędkości jazdy pociągów do 160 km/h (rys. 5a i 5b). Jednak zasadniczo w tych przypadkach powinno się stosować wyłącznie izolowane przęsła naprężenia. Przy prędkościach przekraczających 160 km/h nie należy zabudowywać izolatorów sekcyjnych w sieci jezdnej [13].



Rys. 3. Podwieszenie z izolatorem sekcyjnym z tworzyw sztucznych i odłącznikiem; sieć sKB70-C, Głowno, 2011 [fot. D. Dratwa]



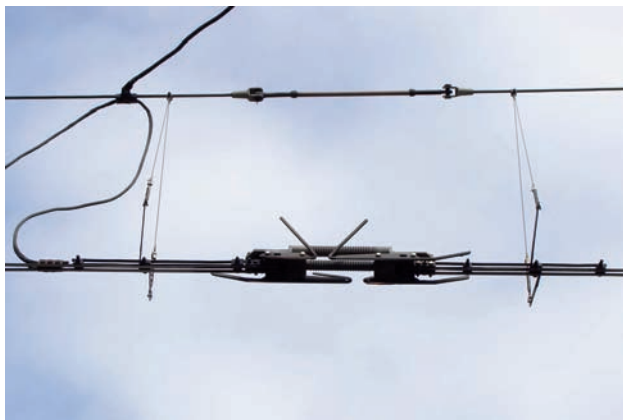
Rys. 4. Izolator sekcyjny ceramiczny; sieć sKB70-C, Domaniewice, 2017 [fot. D. Dratwa]

Ze względu na swą masę, izolatory sekcyjne ceramiczne wymagały ograniczenia prędkości pociągów do 40 km/h. W celu wyeliminowania (kosztownych w budowie izolowanych przęseł naprężenia, wymagających ustawiania dodatkowych konstrukcji wsporczych, a tym samym minimalizacji zużycia stali do zabudowy słupów trakcyjnych), do lat 80. XX wieku stosowano przerwy powietrzne. Ich konstrukcja polegała na poprowadzeniu w przęsło dodatkowej pary przewodów (przewodu) jezdnych, tworzących w środku przelotu wspólną bieżnię jak w przęsło naprężenia. Druty jezdne są mocowane bezpośrednio do wysięgu pomocniczego, analogicznie jak w podwieszeniu krzyżowym, a następnie po utworzeniu bieżni z drugą parą przewodów są prowadzone na właściwej wysokości i mocowane poprzez ramiona odciągowe, gdzie druga para unoszona jest do wysięgu pomocniczego konstrukcji nośnej. Przy podwieszeniu, w uniesione przewody jezdne są wpięte izolatory dzielcze (rys. 6). W linę nośną wpinany jest jeden izolator, zależnie od konstrukcji sekcyjnej przerwy w środku przelotu (rys. 7) lub przy jednym

a)



b)



Rys. 5. (a) Sekcjonowanie sieci YwsC120-2C izolatorem sekcyjnym w miejscu, gdzie pociągi poruszają się z V_{max} 160 km/h, brak linii uelastyczniającej Y przy podwieszeniu izolatora, Jackowice, 2012; (b) izolator sekcyjny [fot. D. Dratwa]

z podwieszeń. W tym drugim przypadku należało stosować dodatkowo wieszaki izolowane (rys. 8).



Rys. 6. Podwieszenie przy przerwie powietrznej z izolatorami w linii nośnej i drucie jezdnym; zachowany oryginalny izolator dzielczy ceramiczny i wieszak izolowany przez ceramiczny izolator odciążu jednokłozowy; sieć sKB70-C, Czachówek Południowy, 2018 [fot. D. Dratwa]



Rys. 7. Przerwa powietrzna z izolacją linii nośnej w środku przelotu; sieć C120-2C, Głowno, 2010 [fot. D. Dratwa]



Rys. 8. Przerwa powietrzna z izolacją linii nośnej przy jednym z podwieszeń (tu z prawej) i wieszakami izolowanymi. W przewodach jezdnych zachowane są izolatory dzielcze ceramiczne z czasu elektryfikacji; wieszaki izolowane ceramicznymi izolatorami odciążu dwukłozowymi. Sieć YC120-2C, brak lin uelastyczniających Y przy podwieszeniach przerwy, Żerków, 2018 [fot. D. Dratwa]

Dzięki konstrukcji, przerwy powietrzne nie ograniczały prędkości pociągów do 40 km/h, jak ówczesnie stosowane izolatory ceramiczne i były dość powszechnie stosowane zamiast dodatkowych prześseł naprężenia zarówno z powodów ekonomicznych (tańsze), jak i konstrukcyjnych – wystarczyło jedynie skrócić jeden przelot zamiast stosować dodatkowe słupy krzyżowe i kotwowe oraz prowadzić sieci do kotwień, co jest często skomplikowane w głowicach rozjazdowych. Jednak ze względu na skomplikowaną budowę i trudną regulację sieci, zaprzestano stosowania tego rozwiązania. Wadą izolowanych przerw powietrznych oraz izolowanych prześseł naprężenia jest ich długość. W przypadku wyłączeń napięcia, skracają one użyteczną długość toru, ponieważ nie można dopuścić do zwarcia przewodów przez ślizg odbieraka prądu pojazdu trakcyjnego, a tym samym przeniesienia napięcia na odcinek wyłączony.

3. Zasady sekcjonowania podłużnego sieci jezdnej

Sekcjonowanie pozwala wydzielić niezależne od siebie odcinki sieci tego samego toru oraz tory między sobą. Dzięki temu awarie, przeglądy i prace sieciowe lub inne czynności wymagające wyłączenia napięcia w sieci jezdnej nie paraliżują ruchu na dużym obszarze, a są jedynie ograniczone do potrzebnego zakresu.

Zgodnie z przyjętymi zasadami w PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. (Iet-107) należy odseparować od siebie elektrycznie:

- 1) tory szlakowe od torów stacyjnych,
- 2) tory główne dodatkowe od torów głównych zasadniczych,
- 3) tory boczne od torów głównych,
- 4) grupy torów bocznych o różnym przeznaczeniu (np. postojowe, przyjazdowe, odjazdowe) wzajemnie od siebie,
- 5) dodatkowo wyodrębnia się tory zelektryfikowane wprowadzone do hal utrzymaniowo-naprawczych, w rejonie myjni i punktów przeładunkowych materiałów niebezpiecznych, w szczególności łatwopalnych.

Odizolowanie sieci jezdnych torów stacyjnych od sieci torów szlakowych dwutorowego szlaku powinno być wykonane w taki sposób, aby w przypadku wyłączenia napięcia pozostawić możliwość przejazdu pociągu między torem nieparzystym na szlaku a torami parzystymi w stacji i odwrotnie – między torami stacyjnymi nieparzystymi a torem szlakowym parzystym. Odizolowanie sieci szlakowej od stacyjnej nazywa się granicą elektryczną stacji i powinno

być wykonane jako izolowane przęsło naprężenia. W przeszłości zamiennie stosowano izolowane przerwy powietrzne. Wyjątkowo dopuszczalne jest zastosowanie izolatora sekcyjnego (z tworzyw sztucznych), jednak przy spełnieniu następujących warunków:

- izolator należy umiejscowić w pobliżu stałego kotwienia sieci lub kotwienia środkowego;
- izolator musi znajdować się przed kotwieniem stałym lub środkowym z kierunku szlaku.

Z powodów konstrukcyjnych i dużej masy, w tej roli i w ogóle w sieci torów głównych zasadniczych i szlakowych, unikano stosowania izolatorów sekcyjnych ceramicznych. Takie izolatory zabudowywano jedynie w przypadku, gdy maksymalna prędkość pociągów poruszających się tym torem nie przekraczała 40 km/h, a punkt izolacyjny nie stanowił granicy elektrycznej.

Izolowanymi przęsłami naprężenia – pełnowymiarowymi, jak i skróconymi (rys. 9), dzieli się także sieci stacyjne torów głównych zasadniczych i dodatkowych, natomiast sieć szlakową w rejonie podstacji trakcyjnych i kabin sekcyjnych jedynie przęsłami pełnowymiarowymi.



Rys. 9. Izolowane skrócone przęsło naprężenia sześciostupowe, sieć YC150-2C150, Zielonczyn, 2016 [fot. D. Dratwa]

Izolatory sekcyjne powszechnie stosuje się w izolowaniu od siebie odcinków sieci wstawek rozjazdowych, stacyjnych sieci torów głównych zasadniczych i dodatkowych oraz torów bocznych i rejonów hal. Rzadziej są wykorzystywane w rejonie podstacji trakcyjnych i kabin sekcyjnych. Nowych przerw powietrznych nie zabudowuje się, a istniejące sukcesywnie są przebudowywane na izolowane przęsła naprężenia lub izolatory sekcyjne.

4. Funkcjonalność sekcjonowania sieci jezdnej i wpływ na pracę stacji na przykładzie linii jednotorowych

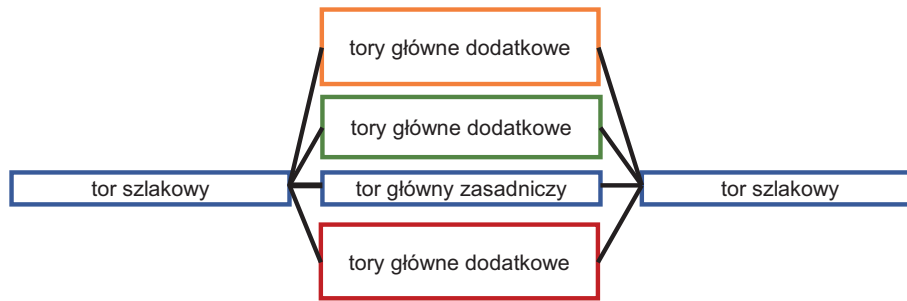
W teoretycznym założeniu, sekcjonowanie ma dzielić sieć jezdnią na niezależne od siebie elektrycznie odcinki prowadzone nad torami o różnym przeznaczeniu. Tory główne zasadnicze z reguły są zasilane obustronnie w celu zachowania ciągłości elektrycznej między podstacjami. Sieć torów głównych dodatkowych jest zasilana z jednej strony, przez co w praktyce ujawniają się pewne dysfunkcje, które negatywnie wpływają na przepustowość stacji oraz możliwość wykonania prac z wyłączeniem napięcia. W wyniku znacznego ograniczenia przepustowości lub konieczności wprowadzenia przerwy w ruchu pociągów, zamknięcia torowe udzielane są w ograniczonym zakresie, często mniejszym, niż wymagany lub w ogóle nie są przydzielane z powodu niedostosowania do funkcjonującego rozkładu jazdy, jeżeli nie zostały zgłoszone z odpowiednim wyprzedzeniem. Terminy zgłoszenia konieczności przeprowadzenia prac wymagających zamknięć są uregulowane instrukcją „Zasady organizacji i udzielania zamknięć torowych Ir-19” PKP PLK S.A [14].

Co do zasady, sekcjonowanie sieci trakcyjnej stacji małych i tych średniej wielkości jest nieskomplikowane i wypełnia wymagania projektowe, tzn. oddziela sieć torów szlakowych od stacyjnych oraz stacyjnych o różnym przeznaczeniu między sobą. Przy czym warto wyróżnić dwa zasadnicze podejścia do lokalizowania granic elektrycznych w przypadku stacji przelotowych ograniczonych szlakami jednotorowymi:

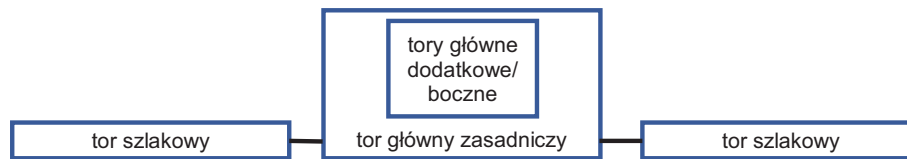
- 1) zlokalizowanie granic elektrycznych wewnątrz stacji – tory dodatkowe i połączenia rozjazdowe zasilane są z sieci szlakowej (rys. 10),
- 2) zlokalizowanie granic elektrycznych stacji w przyległych do posterunku torach szlakowych, wtedy tory dodatkowe i główne rozjazdowe zasilane są z sieci stacyjnej (rys. 11).

Istnieją również warianty hybrydowe, w których sieć toru głównego zasadniczego i co najmniej jednego toru głównego dodatkowego, są zasilane z sieci szlakowej, natomiast sieci kolejnych torów dodatkowych i bocznych zasilane są z sieci toru stacyjnego (rys. 12).

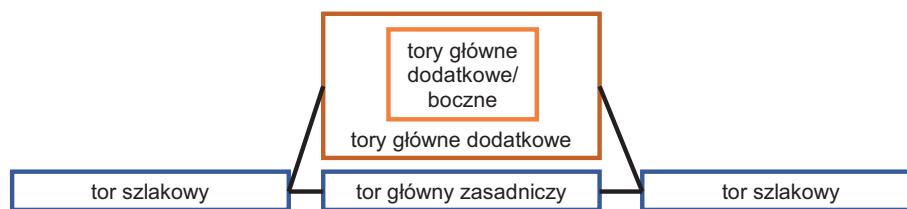
Dzięki umiejscowieniu granic elektrycznych w stacji, tory faktycznie są od siebie niezależne elektrycznie, a ich zasilanie jest uzależnione od umiejscowienia łączników. Zaprojektowanie granic w torach szlakowych przy wyłączeniu napięcia w torze głównym zasadniczym skutkuje brakiem zasilania pozostałych torów stacyjnych, w efekcie czego niemożliwe jest prowadzenie ruchu kolejowego trakcją elektryczną. Ma to poważne znaczenie szczególnie przy



Rys. 10. Zasilanie torów (grup torów) głównych w stacji niezależnie od siebie z sieci toru szlakowego [opracowanie własne]



Rys. 11. Zasilanie torów (grup torów) stacyjnych z sieci toru głównego zasadniczego [opracowanie własne]



Rys. 12. Przykładowy wariant hybrydowy – z sieci toru szlakowego zasilana jest sieć najbliższego toru (grupy torów) głównego dodatkowego, sieci dalszych torów zasilane są z toru dodatkowego [opracowanie własne]

wykonywaniu prac przeglądowych i bieżących napraw przy sieci jezdnej lub innych działań wymagających wyłączenia napięcia, czasem prozaicznych, jak np. wymiana semafora. Choć ogranicza to elastyczność prowadzenia ruchu, chociażby torem sąsiednim obok miejsca wykonywania prac wymagających wyłączenia napięcia, takie rozwiązanie z powodzeniem można zastosować na liniach mało obciążonych ruchem pociągów. Z drugiej strony, korzyści tego sposobu sekcjonowania ujawniają się w czasie wyłączenia napięcia z kierunku szlaku, co nie ma żadnego wpływu na pracę samej stacji. Stąd projektowanie i zabudowa granic elektrycznych oraz sekcjonowanie jest uzależnione od przeznaczenia stacji, funkcji poszczególnych torów głównych i bocznych oraz ruchu pociągów – istniejącego i przewidywanego w przyszłości i powinno być poparte stosową analizą ruchową. Projektuje się również rozwiązania polegające na połączeniu wymienionych podejść, tj. zlokalizowanie granic elektrycznych na przyległych torach szlakowych i dodatkowym sekcjonowaniu wewnątrz stacji. Takie rozwiązania są najkorzystniejsze z punktu widzenia organizacyjnego i ruchowego, są jednak droższe w wykonaniu. Funkcje i dysfunkcjonalność sekcjonowania została opisana na przykładzie konkretnych stacji.

Przedmiotem niniejszego artykułu są dwa odcinki linii jednotorowych o podobnej długości: linia nr 15 na odcinku Łowicz Przedmieście – Zgierz oraz linia nr 16 na odcinku Zgierz – Kutno. Sekcjonowanie przedmiotowych stacji odpowiada schematom ideowym zgodnym z rysunkami 10 i 12. Odcinki te zostały zelektryfikowane w różnych okresach: linię nr 15 z Arkadii do Łodzi Kaliskiej udostępniono dla trakcji elektrycznej w IV kwartale 1965 roku, natomiast odcinek Zgierz – Kutno zelektryfikowano w 1981 roku [15]. Należy podkreślić różnice w stosowanej technologii. W czasie elektryfikacji linii kolejowej nr 15, w stacjach stosowano odcinki naprężenia pełnej, maksymalnej lub zbliżonej do możliwie największej długości, a sieć toru głównego zasadniczego w stacji sekcjonowano z jednej strony izolowanym pręślem naprężenia, natomiast z drugiej przerwą powietrzną, rozwiązaniem ówczesnie powszechnie stosowanym. Do 2023 roku istnieje jeszcze przerwa w Domaniewicach, natomiast w pozostałych stacjach przerwy powietrzne sukcesywnie zastępowano izolatorami sekcyjnymi. Przy elektryfikacji linii kolejowej nr 16 sekcjonowanie podłużne sieci toru zasadniczego wykonywano już jedynie przez izolowane pręśła naprężenia zarówno na prostej (rys. 13), jak i w łukach (rys. 14) skracając odcinki naprężenia,

a co najmniej dwa tory dodatkowe obustronnie wyposażano w odłączniki sekcyjne. Jedynie w Chociszewie, po dokonaniu naprawy głównej sieci trakcyjnej w ramach rewitalizacji prowadzonej na odcinku Zgierz – Łęczyca, w miejsce jednego z prześel naprężenia wbudowano izolator sekcyjny przy kotwieniu środkowym bramkowym (rys. 15).



Rys. 13. Izolowane prześło naprężenia odłącznika nr 1 na prostej w Chociszewie przed przebudową stacji, 2019 [fot. D. Dratwa]



Rys. 14. Izolowane prześło naprężenia odłącznika nr 3 w łuku w Chociszewie przed przebudową stacji, 2019 [fot. D. Dratwa]



Rys. 15. Izolator sekcyjny przy rozłączniku nr 17 w miejscu izolowanego prześła naprężenia odłącznika nr 3, przy izolacji kotwieniu środkowym, Chociszew 2021 [fot. D. Dratwa]

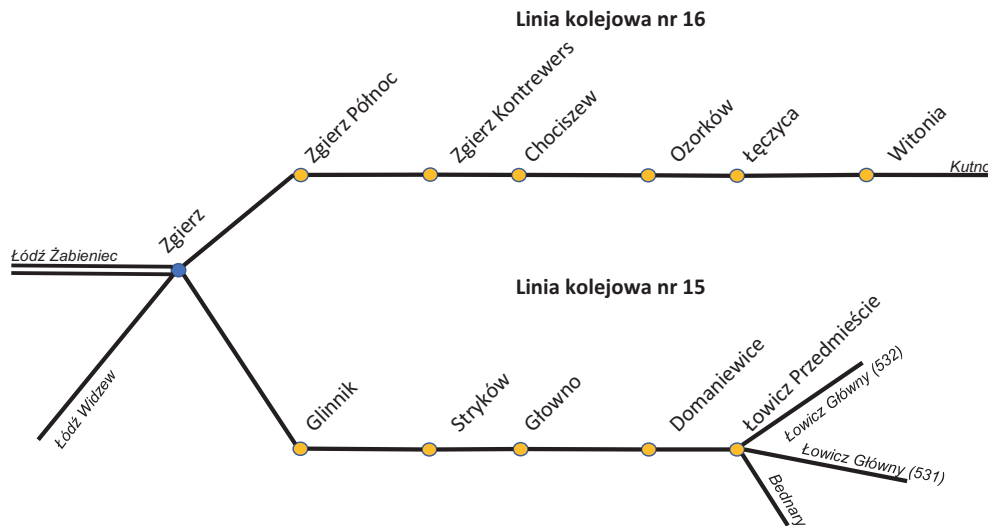
Analizując sekcjonowanie podłużne tych linii dostrzega się różnice w funkcjonalności podziału elektrycznego między nimi. Choć układ sekcjonowania zelektryfikowanej 16 lat wcześniej linii kolejowej nr 15 z linią 16 jest tożsamy i zgodny z ogólnie przyjętymi zasadami, to sekcjonowanie sieci linii nr 15 charakteryzuje się dysfunkcyjnością. Różnica ujawnia się w stosowaniu łączników sekcyjnych. Na linii nr 15 zastosowano niezbędną liczbę łączników stanowiącą wymagane minimum do zasilenia sieci poszczególnych torów. Funkcjonalność sekcjonowania sieci na linii nr 16 została zwiększona przez zastosowanie dodatkowych łączników w torach dodatkowych, dzięki czemu zapewniono możliwość alternatywnego zasilenia sieci jezdnej tych torów w przypadku konieczności wyłączenia napięcia z kierunku przyległego szlaku.

Rysunek 16 przedstawia schemat odcinków linii 15 i 16, natomiast rysunki 17–21 przedstawiają schematy sekcjonowania stacji znajdujących się na linii kolejowej nr 15. Na rysunkach od 22–27 pokazano sekcjonowanie poszczególnych stacji linii nr 16.

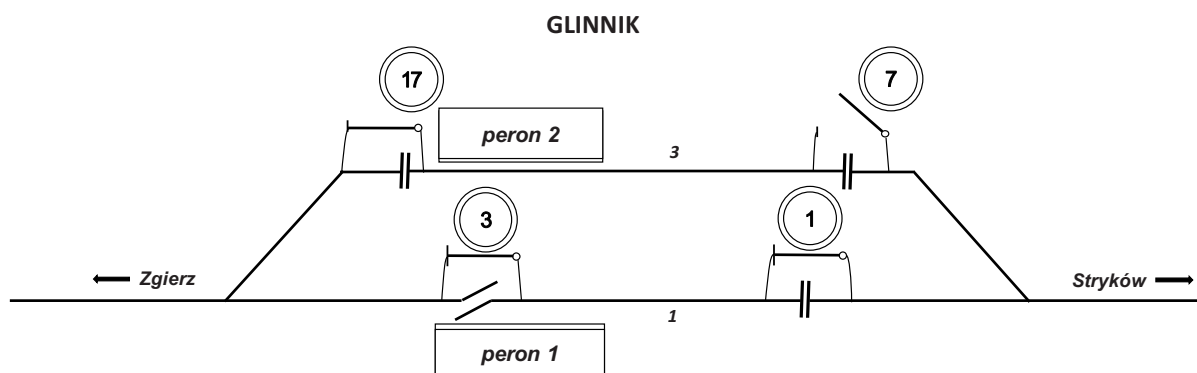
Linia nr 15

Na przykładzie stacji zlokalizowanych na odcinku Łowicz Przedmieście – Zgierz pokazano schemat lokowania granic elektrycznych stacji według idei przedstawionej na rysunku 10. Wyjątkowa jest stacja Główno, ponieważ w jej granicy w sieci toru szlakowego z kierunku Strykowa zlokalizowano włączenie zasilania z podstacji, dzięki czemu występuje dodatkowe jednostronne odseparowanie stacji od szlaku, tożsamo z zasadą lokalizowania granic elektrycznych stacji na przyległych szlakach. Wyraźnie zauważalna jest separacja torów dodatkowych od zasadniczych i można wszystkie wyłączać niezależnie od siebie. Uniwersalne jest sekcjonowanie sieci w Gliniuku (rys. 17), ponieważ obydwa tory mijanki (specyficzny przypadek stacji, umożliwiającej jedynie krzyżowanie i wyprzedzanie pociągów) mają odłączniki z obu stron posterunku, dzięki czemu wyłączenie napięcia w sieci jednego z torów nie wyklucza możliwości prowadzenia ruchu pociągów. Komplikacje pojawiają się w pozostałych stacjach, gdzie odłączniki (rozłączniki) nie są zlokalizowane przy wszystkich punktach izolacyjnych. W okresie, w którym zelektryfikowano linię, ograniczanie liczby łączników, podobnie jak zabudowa izolacyjnych przerw powietrznych miało podłoże ekonomiczne.

Zgodnie z obowiązującymi w PKP PLK S.A. „Wytocznymi projektowania i warunkami odbioru sieci trakcyjnej z uwzględnieniem standardów i wymogów dla linii interoperacyjnych Iet-107” należy stosować jednostronne zasilanie torów innych niż stanowiących przedłużenie torów szlakowych. I tak w przypadkach zamknięć szlakowych z wyłączeniem zasilania w sieci



Rys. 16. Układ linii kolejowych objętych opracowaniem; pomarańczowymi punktami oznaczono stacje, których schematy sekcjonowania zamieszczono na rysunkach 17–27 [opracowanie własne]

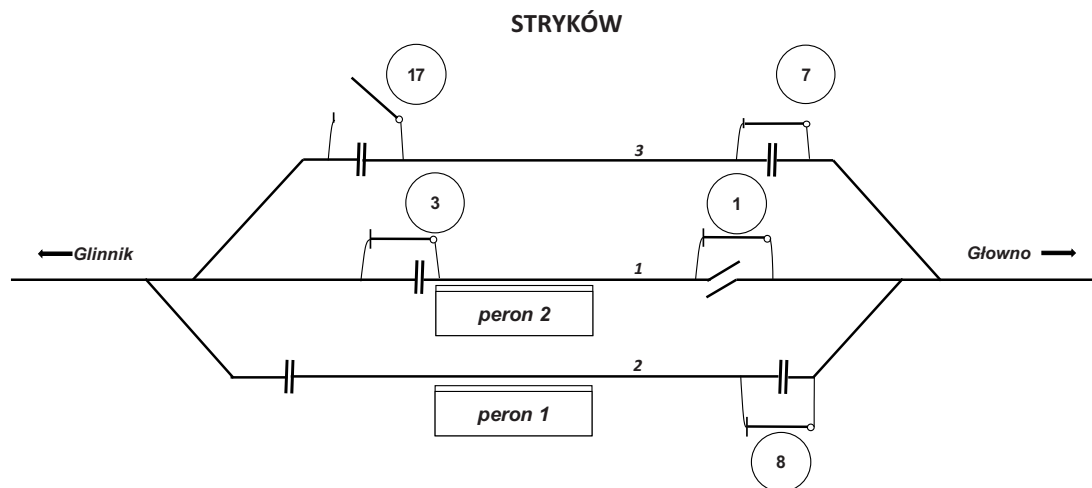


Rys. 17. Schemat sekcjonowania stacji (mpo) Glinnik; sieci obu torów wyposażono w łączniki z dwóch stron [opracowanie własne]

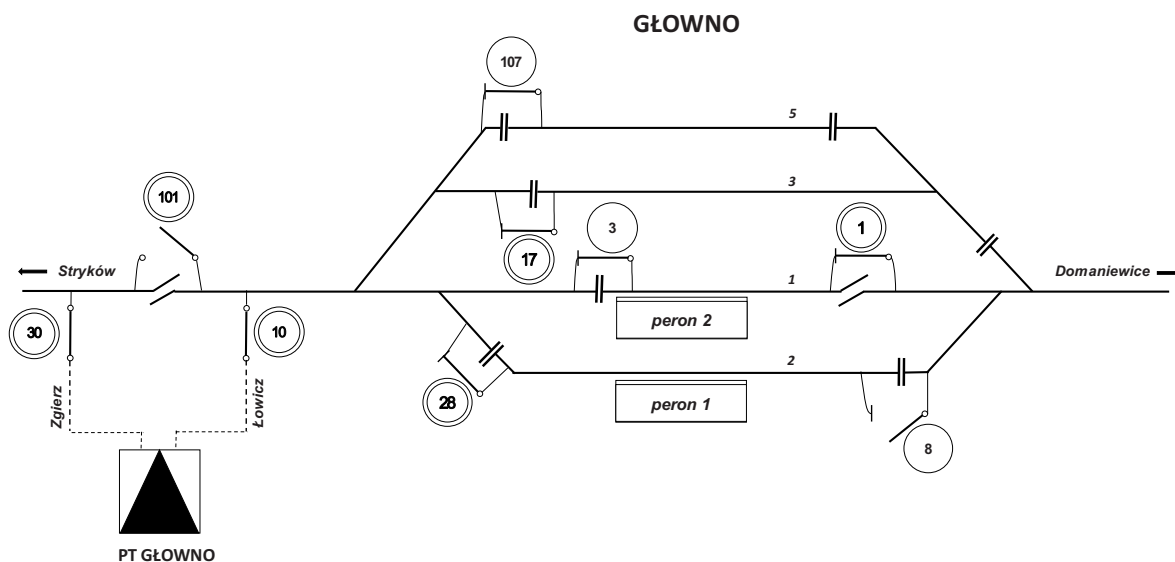
uniemożliwione jest prowadzenie ruchu kolejowego trakcją elektryczną:

- przy zamknięciu na szlaku Głowno – Stryków po torze nr 2 w stacji Stryków (jest to tor z krawędzią peronową, więc w tym przypadku pociągi pasażerskie muszą jeździć do stacji wahadłowo) (rys. 18);
- przy zamknięciu na szlaku Domaniewice – Głowno po torach 3 i 5 stacji Głowno, przez co utrudnione jest przyjmowanie pociągów towarowych powadzonych trakcją elektryczną (rys. 19);
- przy zamknięciu na szlaku Łowicz Przedmieście – Domaniewice po torze nr 2 w Domaniewicach (jedynym torze dodatkowym), co podobnie jak w Strykowie, wymusza jazdę wahadłową pociągów pasażerskich (rys. 20);
- przy zamknięciu na szlaku Łowicz Przedmieście – Domaniewice po torze nr 4 w Łowiczu Przedmieściu (rys. 21).

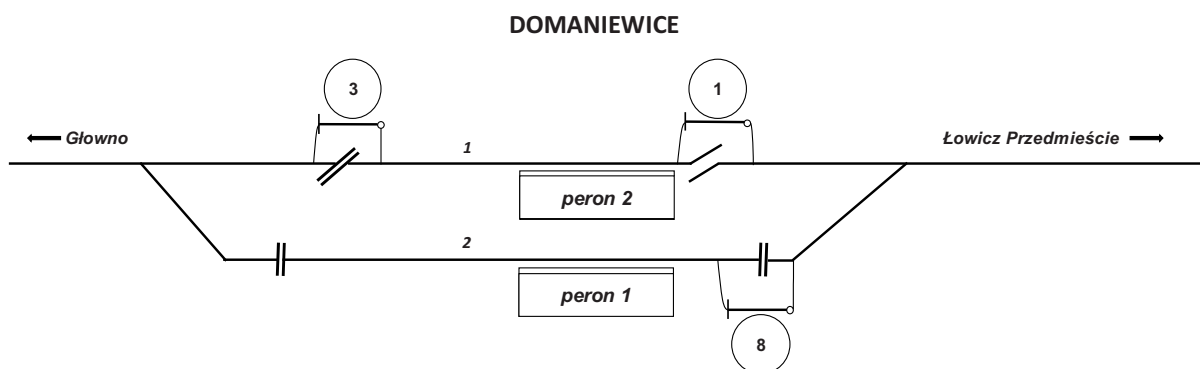
Wahadłowe jazdy pociągów pasażerskich determinują rozkład jazdy, a tym samym ofertę handlową przewoźnika kolejowego, która może odbiegać od zapotrzebowania, np. przez ograniczenie częstotliwości kursowania pociągów, szczególnie w szczytach przewozowych. W tym wypadku często, za zgodą właściwego Zakładu Linii Kolejowych, jako rozwiązanie doraźne stosuje się zwarcie izolatorów sekcyjnych, aby nie eliminować możliwości jazdy pojazdami elektrycznymi. Jest to jednak dodatkowe utrudnienie organizacyjne, nie zawsze wykonalne i wiążące się z innymi komplikacjami, jak np. całkowite wyłączenie zasilania na szlaku i stacji przez wykonanie zwarcia, a po zakończeniu prac rozwarowania izolatora. Konieczność zastosowania tego rozwiązania powinna być zaplanowana jako jedna z faz prowadzonych robót w Regulaminie Tymczasowego Prowadzenia Ruchu Pociągów w czasie wykonywania robót.



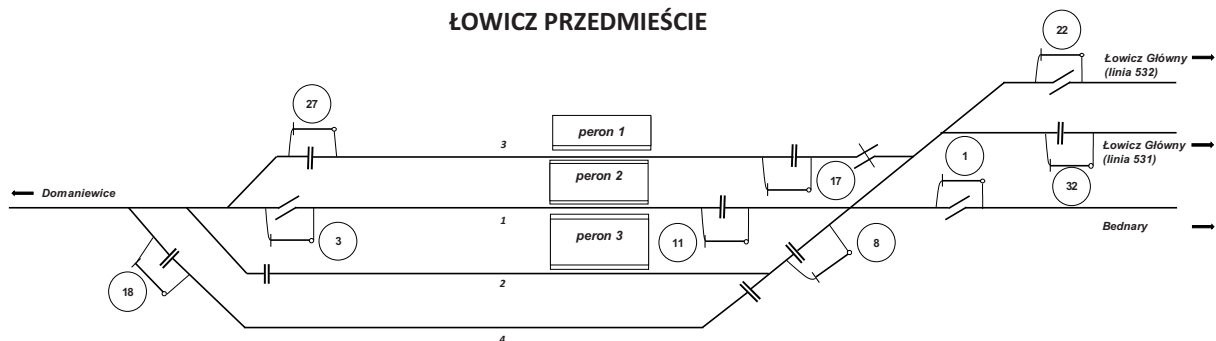
Rys. 18. Schemat sekcjonowania stacji Stryków; sieć toru nr 2 nie ma łącznika sekcyjnego z kierunku Glinnika; w przypadku wyłączenia napięcia na szlaku z kierunku Głowna, peron nr 1 staje się niedostępny dla trakcji elektrycznej [opracowanie własne]



Rys. 19. Schemat sekcjonowania stacji Głowno; sieci torów 3 i 5 mają łączniki z jednej strony; możliwość wyjazdu z toru nr 5 trakcją elektryczną w kierunku Domaniewic uzależniona jest od zasilania sieci toru nr 3; włączenie zasilaczy z podstacji w granicach stacji daje dodatkowe możliwości prowadzenia manewrów trakcją elektryczną w kierunku Strykowa podczas wyłączenia napięcia na szlaku [opracowanie własne]



Rys. 20. Schemat sekcjonowania stacji Domaniewice. Sieć toru nr 2 nie ma łącznika sekcyjnego z kierunku Głowna; w przypadku wyłączenia napięcia na szlaku z kierunku Łowicza Przedmieścia peron nr 1 staje się niedostępny dla trakcji elektrycznej [opracowanie własne]



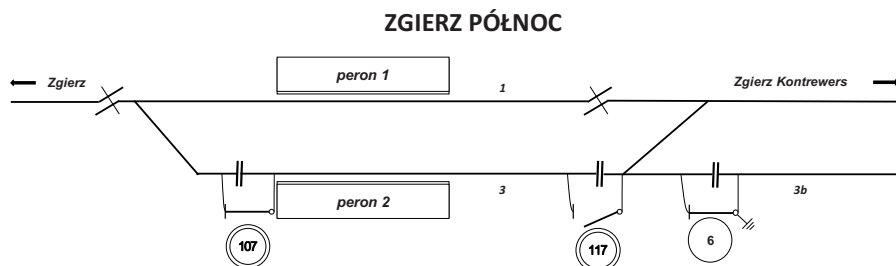
Rys. 21. Schemat sekcjonowania stacji Łowicz Przedmieście; mimo zlokalizowania granic elektrycznych z kierunku Łowicza Głównego i Bednar w sieciach torów, szlakowych; zastosowanie łączników nr 11 i 17 umożliwia niezależne odłączenie zasilania sieci torów nr 1 i 3; tory 2 i 4 mają łączniki tylko z jednej strony, a wyjazd trakcji elektrycznej z toru nr 4 w kierunku Łowicza Głównego i Bednar jest zależny od zasilania sieci toru nr 2 [opracowanie własne]

Linia nr 16

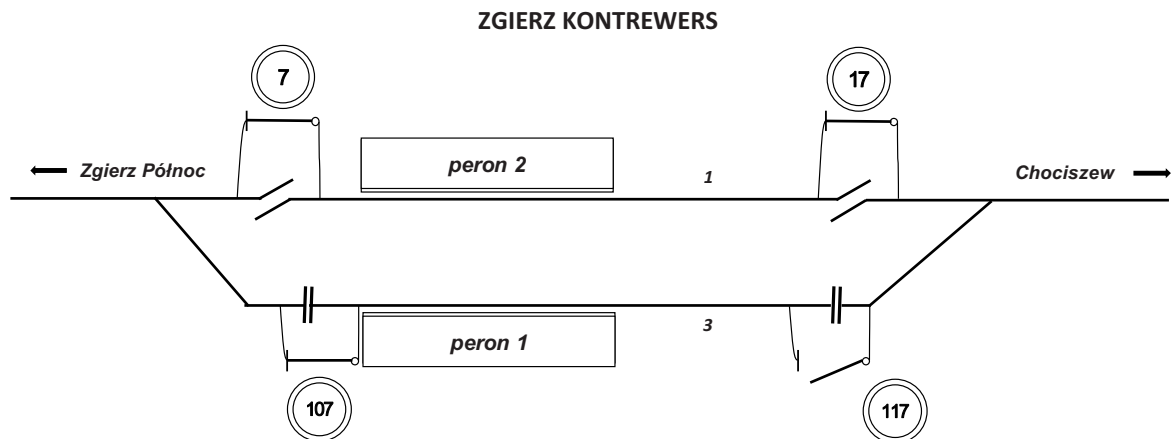
W przeciwieństwie do linii kolejowej nr 15 na odcinku Łowicz Przedmieście – Zgierz, linia kolejowa nr 16 między Zgierzem a Kutnem już w czasie elektryfikacji, tj. w 1981 roku w większości punktów izolacyjnych została wyposażona w odłączniki sekcyjne, dzięki czemu powstało więcej możliwości wykonania czynności łączeniowych, a tym samym zasilania sieci poszczególnych torów stacyjnych. Linia kolejowa nr 16 między Zgierzem i Łęczycą (włącznie ze stacjami) w latach 2020–2021 poddana została rewitalizacji w zakresie wszystkich branż, w tym również sieci trakcyjnej. W jej zakresie przewidziano odbudowę stacji Zgierz Północ na potrzeby kończenia i rozpoczynania biegu pociągów aglomeracyjnych obsługujących aglomerację łódzką. Z punktu widzenia sekcjonowania ta stacja jest przypadkiem szczególnym, gdyż nie ma granic elektrycznych w torze głównym zasadniczym i na przyległych torach szlakowych. Oddzielnie sekcjonowany jest jedynie tor główny dodatkowy nr 3 oraz boczny postojowy nr 3b (rys. 22). Prowadzi to do sytuacji, w której wyłączenie napięcia na szlaku z kierunku Zgierza pozbawia zasilania również szlak Zgierz Północ – Zgierz Kontrewers. Z tego

względu unika się nocnego postoju pojazdów elektrycznych, gdyż wtedy najczęściej przeprowadzane są prace konserwacyjno-przebiegowe infrastruktury kolejowej i sieci trakcyjnej, ponieważ pora nocna zazwyczaj jest jedynym okienkiem czasowym pozwalającym na przeprowadzenie tego typu działań.

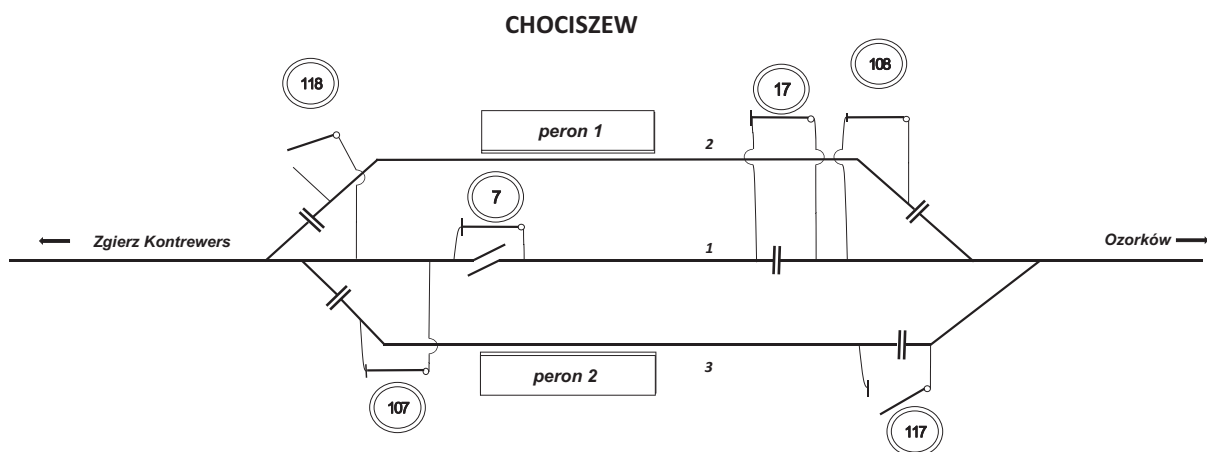
Rewitalizacja nie pogorszyła dotychczasowego sekcjonowania w obszarze istniejących posterunków zapowiadawczych, dzięki czemu stacje Zgierz Kontrewers (dawne Jedlicze Łódzkie) (rys. 23), Chociszew (rys. 24), Ozorków (rys. 25) miały możliwość niezależnego, od wyłączeń szlakowych, zasilania sieci różnych torów stacyjnych. W Łęczycy (rys. 26), podobnie, jak w Głownie, tory dodatkowe przeznaczone dla pociągów towarowych pozostają zależne od siebie. I tak w przypadku włączenia napięcia sieci torów skrajnych (5 w Głownie i 4 w Łęczycy) można dokonać niezależnie od pozostałych, to przy odłączeniu sieci toru 3 w Głownie wymusza się wyłączenie strony nieparzystej, a toru 2 w Łęczycy strony parzystej stacji. W Witoni (rys. 27), której nie poddano przebudowie, mimo oddzielnego wyizolowania sieci izolatorami sekcyjnymi, tory 3 i 5 mają wspólne zasilanie przez odłączniki w sieci toru nr 5 i połączenia elektryczne (mostki) obu sieci.



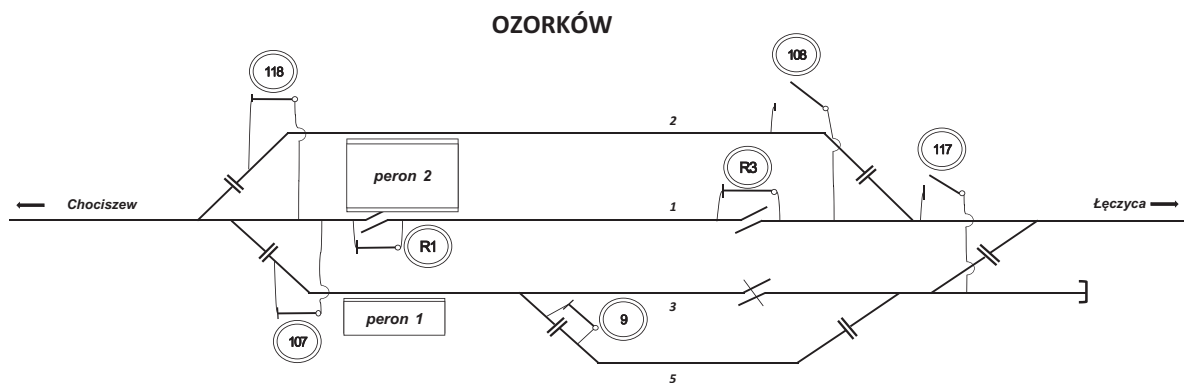
Rys. 22. Schemat sekcjonowania stacji Zgierz Północ; nie przewidziano sekcjonowania sieci toru nr 1, w związku z tym wyłączenia napięcia muszą odbywać się ze Zgierza do Zgierza Kontrewersu; jest to ważne w kontekście kończenia, rozpoczynania biegu pociągów i postoju pojazdów w stacji [opracowanie własne]



Rys. 23. Schemat sekcjonowania stacji (mpo) Zgierz Kontrewers; sieci obu torów wyposażono w łączniki z dwóch stron [opracowanie własne]



Rys. 24. Schemat sekcjonowania stacji Chociszew; sieci torów dodatkowych wyposażono w łączniki z dwóch stron [opracowanie własne]



Rys. 25. Schemat sekcjonowania stacji Ozorków; sieci torów dodatkowych wyposażono w łączniki z dwóch stron; sieć toru bocznego nr 5 jest zasilana z toru dodatkowego nr 3 przez jeden łącznik; sekcjonowanie Ozorkowa odpowiada schematowi ideowemu z rysunku 12 [opracowanie własne]

Dla jak największej sprawności prowadzenia ruchu kolejowego i możliwości prowadzenia prac przeglądowych, remontowych i innych, którym towarzyszy wyłączenie zasilania sieci jezdnej, wskazane jest stosowanie dodatkowych łączników sekcyjnych dla alternatywnej możliwości zasilenia sieci toru dodatkowego, wzorem stacji jak na linii kolejowej nr 16. Mając na uwadze intensywność ruchu pociągów regionalnych i dalekobieżnych, z przyczyn opisanych w niniejszym artykule, zasadne jest zachowanie możliwości zasilania toru z krawędzią peronową z dwóch jego stron, co w sytuacji długotrwałych zamknięć z wyłączeniem zasilania na szlaku pozwoli na zminimalizowanie negatywnych odstępstw w ruchu pociągów i prowadzeniu pracy manewrowej trakcją elektryczną.

Literatura

1. Regulamin sieci 2022/2023, PKP PLK S.A., Warszawa, 2023, WWW https://www.plk-sa.pl/files/public/user_upload/pdf/Reg_przydzielania_tras/Regulamin_sieci_2022_2023/05.05.2023/1._Regulamin_sieci_22-23_v28_czyst.pdf [dostęp: 6.05.2023 r.].
2. Ćwikła M.: *Elektryfikacja warszawskiego węzła kolejowego PKP 1933–1950*, Księży Młyn Dom Wydawniczy Michał Koliński, Łódź, 2023.
3. Frontczak F., Kulhawik Z.: *60 lat elektryfikacji PKP*, ROTA, Warszawa, 1996.
4. Jerczyński M., Koziarski S.: *150 lat kolei na Śląsku*, Instytut Śląski w Opolu, Opole, 1992.
5. Standardy techniczne. Szczegółowe warunki techniczne dla budowy infrastruktury kolejowej Centralnego Portu Komunikacyjnego – wytyczne projektowania, wykonane przez Instytut Kolejnictwa na zlecenie spółki Centralny Port Komunikacyjny sp. z o.o., Tom II.1 Sieć trakcyjna i zasilanie trakcyjne 2 × 25 KV 50 HZ AC, Warszawa, sierpień 2021.
6. Instrukcja utrzymania sieci trakcyjnej Iet-2, PKP PLK S.A., Warszawa, 2023, WWW https://www.plk-sa.pl/files/public/user_upload/pdf/Akty_prawne_i_przepisy/Instrukcje/Wydruk/Iet/Iet-2__wersja_znowelizowana_od_30.05.2023.pdf [dostęp: 01.06.2023 r.].
7. Wytyczne projektowania i warunki odbioru sieci trakcyjnej z uwzględnieniem standardów i wymogów dla linii interoperacyjnych Iet-107 PKP PLK S.A., WWW https://www.plk-sa.pl/files/public/user_upload/pdf/Akty_prawne_i_przepisy/Instrukcje/Wydruk/Iet/Wytyczne_projektowania_i_warunki_odbioru_sieci_trakcyjnej_z_uwzglesnieni....pdf [dostęp: 6.05.2023 r.].
8. Keenor G.: *Overhead line electrification for railways*, 6th edition, 2021, WWW <https://ocs4rail.com/wp-content/uploads/2022/04/Overhead-Line-Electrification-for-Railways-6th-edition-R2.pdf> [dostęp: 29.10.2023 r.].
9. Świderek S.: *Poradnik elektromontera sieci trakcyjnej PKP*, wyd. trzecie zmienione, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 1993.
10. Rojek A., Majewski W.: *Konstrukcje i materiały w kolejowej sieci trakcyjnej*, Energetyka, 2008, tom nr 3.
11. Katalog produktowy osprzętu trakcyjnego kolejowego i tramwajowego KUCA, 2021.
12. Głowacki K., Onderka E.: *Sieci trakcyjne*, EM-TRAK, Kraków, 2002.
13. Rail Baltica Design guidelines Railway Energy: Part 2 catenary, WWW https://www.railbaltica.org/wp-content/uploads/2021/06/RBDG-MAN-019-0103_RailwayEnergyPart2-Catenary.pdf [dostęp: 29.10.2023].
14. Zasady organizacji i udzielania zamknięć torowych Ir-19, PKP PLK S.A., Warszawa, 2018, WWW https://www.plk-sa.pl/files/public/user_upload/pdf/Akty_prawne_i_przepisy/Instrukcje/Wydruk/Ir/Instrukcja_Ir-19.pdf [dostęp: 6.05.2023 r.].
15. Plewako S. et.al.: *Elektryfikacja PKP na przełomie wieków XX i XXI. W siedemdziesiątą rocznicę PKP*, ZP Grupa S. z o.o., Warszawa, 2006.