

**WYTYCZNE DO PROJEKTOWANIA  
INFRASTRUKTURY TRAMWAJOWEJ**

## Spis treści

I	Warunki wstępne do opracowania dokumentacji projektowej .....	3
II	Wytyczne branżowe .....	3
1.	Torowisko tramwajowe .....	3
1.1.	Podstawa prawna .....	3
1.2.	Zalecane rozwiązania konstrukcyjne to .....	3
1.3.	Rozjazdy .....	6
1.4.	Perony przystankowe .....	6
1.5.	Inne warunki dotyczące torowiska .....	7
1.6.	Smarownice torowe .....	8
1.7.	Odwodnienie .....	8
2.	Sieć trakcyjna, sterowanie i ogrzewanie zwrotnic .....	9
2.1.	Podstawa prawna .....	9
2.2.	Wytyczne w zakresie sieci trakcyjnej .....	9
2.3.	Wytyczne w zakresie napędu, sterowania i ogrzewania zwrotnic .....	11
3.	Zasilanie elektroenergetyczne trakcji tramwajowej .....	12
3.1.	Podstawa prawna .....	12
3.2.	Wytyczne w zakresie zasilania trakcji tramwajowej .....	12
3.3.	Wymagania dotyczące rozdzielnic 15 kV Użytkownika .....	15
3.4.	Wymagania dotyczące rozdzielnic 660 V DC .....	16
3.5.	Wymagania dotyczące zespołów prostownikowych .....	19
3.6.	Potrzeby własne 400/230 V AC .....	20
3.7.	Potrzeby własne 220 V DC .....	20
3.8.	Wymagania dotyczące instalacji sygnalizacji pożaru, włamania, nadzoru kamer .....	20
3.9.	Wymagania dotyczące systemu sterowania .....	21
III	Inne wytyczne do projektowania obejmujące wszystkie branże .....	22

## **I Warunki wstępne do opracowania dokumentacji projektowej**

1. Analiza prognozowanego obciążenia taborem pod kątem (należy uwzględnić typy wagonów poruszające się po danym odcinku linii tramwajowej – wedle stanowiska Zarządu Transportu Publicznego w Krakowie):
  - 1.1. wydajności układu zasilania trakcji tramwajowej,
  - 1.2. zastosowania rozwiązań konstrukcyjnych.
2. Badania oraz analiza dotyczące gruntu.
3. Badania oraz analiza w zakresie drgań i hałasu.

## **II Wytyczne branżowe**

1. **Torowisko tramwajowe** powinno być wykonane w technologii zapewniającej maksymalne wyłumienie wibracji, drgań i hałasu (zgodnie z obowiązującymi normami i przepisami w tym zakresie), zapewniającej elektryczną izolację torowiska oraz jego odwodnienie.
  - 1.1. Podstawa prawna:
    - 1.1.1. Wytyczne techniczne projektowania, budowy i utrzymania torów tramwajowych wydane przez MAGTiOŚ – Warszawa 1983 r. (obowiązują do czasu wprowadzenia wytycznych Ministerstwa Infrastruktury z grupy W-RD-43);
    - 1.1.2. Tymczasowe wytyczne do projektowania szybkiej komunikacji tramwajowej wydane przez MAGTiOŚ – Warszawa 1981 r.;
    - 1.1.3. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie;
    - 1.1.4. Polska Norma PKN, „Torowiska Tramwajowe” PN-K 92011, styczeń 1998 r.;
    - 1.1.5. Polska Norma PKN, „Komunikacja miejska, Sieć jezdna tramwajowa i trolejbusowa” PN – K 92002 grudzień 1997 r.;
    - 1.1.6. Polska Norma PN-K-92008:1998 „Komunikacja miejska. Skrajnia kinematyczna wagonów tramwajowych”;
    - 1.1.7. Polska Norma PN-K-92009:1998 „Komunikacja miejska. Skrajnia budowli. Wymagania”;
    - 1.1.8. Normy dotyczące oddziaływania inwestycji na środowisko (hałas, wibracje, drgania itp.);
    - 1.1.9. Inne obowiązujące przepisy w tym zakresie.
  - 1.2. Zalecane rozwiązania konstrukcyjne to:
    - 1.2.1. torowisko wydzielone (poza węzłami rozjazdów) – wykonane w technologii ekologicznej tzw. „torowiska zielonego” z wypełnieniem przestrzeni między szynami warstwą humusu z powierzchnią obsianą mieszaną traw lub rozchodnikiem na macie Konstrukcja torów posadowiona na podłużnych prefabrykowanych ławach betonowych z nawierzchnią trawiastą (dopuszcza się ławy betonowe wylewane na mokro przy zastosowaniu konstrukcji z podkładami żelbetowymi). Szyny mocowane na sprężystym podparciu za pomocą materiału elastycznego o właściwościach nie gorszych niż Icosit KC 340/45 chronione przed prądami błądzącymi poprzez zastosowanie profili przyszynowych z gumy lub kompozytu poliuretanowego;

- 1.2.2. torowisko zabudowane (poza węzłami rozjazdów) – wykonane w konstrukcji prefabrykowanych płyt betonowych w systemie rowkowo-zalewowym z zastosowaniem szyny 60R2 mocowanej w sposób ciągły w otulinie żywicznej. Płyty posadowione na warstwie wyrównawczej z betonu asfaltowego (opcjonalnie – mata wibroizolacyjna) układanej na przygotowanej wcześniej podbudowie betonowej z betonu C30/37. Dolna warstwa asfaltobetonu gruboziarnistego o średniej grubości 10 cm. Górna warstwa o grubości ok. 2 cm wykonana z asfaltobetonu drobnoziarnistego o granulacji nie większej niż 8 mm – nie wałuje się górnej warstwy. W przypadku zastosowania płyt o grubości 40 cm dopuszcza się posadowienie płyt na warstwie wyrównawczej z kruszywa wykonanej na warstwie nośnej z kruszywa łamanego. Na całej długości przy krawędziach zewnętrznych płyt zaprojektować wbudowany krawężnik kamienny 15x30 cm posadowiony na płycie betonowej podbudowy. Wszystkie szczeliny pomiędzy płytami torowymi oraz krawężnikiem należy wypełnić materiałem na bazie żywic poliuretanowych na pełnej głębokości;
- 1.2.3. torowisko na dużych pochyleniach wykonane w technologii zapewniającej stabilność zarówno geometryczną jak i wykluczającej inne możliwe odkształcenia eksploatacyjne toru, np. tor na podkładach strunobetonowych z zasypką tłuczniową do główki szyny;
- 1.2.4. torowisko na obiektach inżynierskich oraz w tunelu projektowane indywidualnie z zachowaniem warunków maksymalnego bezpieczeństwa i usytuowaniu tych obiektów możliwie na odcinkach prostych torowiska (zastosowana konstrukcja ma zapewniać przejazd służb ratunkowych po torowisku). System zabudowy szyn musi zapewniać ich szybka wymianę;
- 1.2.5. torowisko wydzielone na węzłach rozjazdów – konstrukcja torów i rozjazdów na płycie betonowej zbrojonej z punktowym mocowaniem szyn materiałem elastycznym o właściwościach nie gorszych niż Icosit KC 340/45 z wypełnieniem przestrzeni między szynami warstwą humusu z powierzchnią obsianą mieszanką traw (opcjonalnie wypełnienie tłuczniowe);
- 1.2.6. torowisko zabudowane na węzłach rozjazdów po którym nie odbywa się ruch kołowy - konstrukcja torów i rozjazdów na płycie betonowej zbrojonej z ciągłym mocowaniem szyn materiałem elastycznym o właściwościach nie gorszych niż Icosit KC 340/45 z wypełnieniem przestrzeni między szynami warstwą betonu drogowego C35/45 lub warstwą asfaltu twardolanego (wzmocnionego) ułożoną na podbudowie z betonu C30/37. Ze względu na zróżnicowaną konstrukcję torowiska w stosunku do pozostałej jezdni przewidzieć oddzielenie obu konstrukcji przez zastosowanie krawężnika granitowego 15x30cm posadowionego na podsypce cementowo-piaskowej i ławie z betonu, względnie bezpośrednio na odpowiednio przygotowanej istniejącej podbudowie betonowej;
- 1.2.7. torowisko zabudowane na węzłach rozjazdów po którym prowadzony jest ruch kołowy - wykonane w konstrukcji prefabrykowanych płyt betonowych w systemie rowkowo-zalewowym z zastosowaniem szyny 60R2 mocowanej w sposób ciągły w otulinie żywicznej. Płyty posadowione na warstwie wyrównawczej z betonu asfaltowego (opcjonalnie – mata wibroizolacyjna) układanej na przygotowanej wcześniej podbudowie betonowej z betonu

C30/37. Dolna warstwa asfaltobetonu gruboziarnistego o średniej grubości 10 cm. Górna warstwa o grubości ok. 2 cm wykonana z asfaltobetonu drobnoziarnistego o granulacji nie większej niż 8 mm – nie wałuje się górnej warstwy. Wszystkie szczeliny pomiędzy płytami torowymi należy wypełnić materiałem polimerowym na pełnej głębokości. Niezbędne elementy techniczne związane z funkcjonowaniem węzła (np. smarownice, skrzynki odwadniające itp.) muszą być zabudowane na etapie prefabrykacji;

- 1.2.8. torowisko na przejazdach drogowych, rowerowych oraz w przejściach dla pieszych (w obrębie przejazdów drogowych) - wykonane w konstrukcji prefabrykowanych płyt betonowych w systemie rowkowo-zalutowym z zastosowaniem szyny 60R2 mocowanej w sposób ciągły w otulinie żywicznej. Płyty posadowione na warstwie wyrównawczej z betonu asfaltowego (opcjonalnie – mata wibroizolacyjna) układanej na przygotowanej wcześniej podbudowie betonowej z betonu C30/37. Dolna warstwa asfaltobetonu gruboziarnistego o średniej grubości 10 cm. Górna warstwa o grubości ok. 2 cm wykonana z asfaltobetonu drobnoziarnistego o granulacji nie większej niż 8 mm – nie wałuje się górnej warstwy. W przypadku zastosowania płyt o grubości 40 cm dopuszcza się posadowienie płyt na warstwie wyrównawczej z kruszywa wykonanej na warstwie nośnej z kruszywa łamanego. Na całej długości przy krawędziach zewnętrznych płyt zaprojektować wbudowany krawężnik kamienny 15x30 cm posadowiony na płycie betonowej podbudowy. Wszystkie szczeliny pomiędzy płytami torowymi oraz krawężnikiem należy wypełnić materiałem na bazie żywic poliuretanowych na pełnej głębokości. Na końcach zakresu płyt zaprojektować system odwodnienia umożliwiający powierzchniowe odprowadzenie wód z obszaru przejazdu oraz z rowków szyn;
- 1.2.9. torowisko na przejazdach rowerowych oraz w przejściach dla pieszych (poza obszarem przejazdów drogowych) projektować w następującej konstrukcji:
  - 1.2.9.1. przejazdy oraz przejścia wykonywać na podbudowie betonowej,
  - 1.2.9.2. na szynach kolejowych zastosować prefabrykowaną odbojnicę szynową na całej szerokości przejścia i przejazdu rowerowego,
  - 1.2.9.3. jako wypełnienie komór szynowych zastosować wklejane wkładki betonowe,
  - 1.2.9.4. przestrzenie przyszynowe wypełnić na całej wysokości szyny materiałem Icosit KC 340/45 lub równoważnym,
  - 1.2.9.5. na krawędziach przejść oraz przejazdów zastosować obrzeża betonowe 50x8x100 cm,
  - 1.2.9.6. nawierzchnię przejść oraz przejazdów wykonywać w zaniżeniu 2-5 mm w stosunku do powierzchni główki szyny,
  - 1.2.9.7. nie dopuszcza się projektowania nawierzchni z drobnowymiarowych elementów np. kostka (zalecana nawierzchnia asfaltowa),
  - 1.2.9.8. na końcach zakresu zaprojektować system odwodnienia umożliwiający powierzchniowe odprowadzenie wód z obszaru przejazdu, przejścia oraz z rowków szyn.

### 1.3. Rozjazdy:

- 1.3.1. należy zastosować zwrotnice z wymiennymi sprężystymi iglicami (o wysokości co najmniej 116 mm) przystosowanymi do napędu z kontrolą położenia i ryglowaniem iglic;
- 1.3.2. krzyżownice oraz szyny je łączące (wykonane z szyn pełnogłówkowych 76C1 lub 105C1) na odcinkach z wypłyceniem rowka o twardości minimum 360 HB. W celu uzyskania odpowiedniej twardości dopuszcza się obróbkę cieplną elementów rozjazdów;
- 1.3.3. zaleca się zaprojektowanie rozjazdów o maksymalnych możliwych promieniach, preferowane promienie zwrotnic  $R = 100$  m;
- 1.3.4. rozjazdy torowe, szczególnie zwrotnice i skrzynie zawierające mechanizmy nastawcze iglic należy sytuować bezwzględnie poza obrębem przejazdów kołowych, rowerowych oraz przejść dla pieszych.

### 1.4. Perony przystankowe:

- 1.4.1. przyjąć projektowanie peronów przystankowych za skrzyżowaniem i na wylotach węzłów rozjazdowych;
- 1.4.2. torowisko na długości peronów zaprojektować jako zabudowane z ciągłym elastycznym mocowaniem szyn z zabudową pasa torowego nawierzchnią asfaltową lub betonową;
- 1.4.3. długość peronu – zgodnie z wytycznymi w zależności od typu przystanku (należy uzyskać wytyczne ZTP);
- 1.4.4. wyniesienie krawędzi peronowej ponad główkę szyny – 17 cm;
- 1.4.5. odległość krawędzi peronowej od osi toru – 125 cm;
- 1.4.6. szerokość zgodna z wytycznymi do projektowania (projektując szerokość peronu obustronnego należy uwzględnić potrzeby swobodnego przepływu osób niepełnosprawnych);
- 1.4.7. spadki projektować odwrotnie do torowiska;
- 1.4.8. konstrukcja peronu:
  - 1.4.8.1. kostka brukowa betonowa czerwona np. typu BEHATON 20/10/8,
  - 1.4.8.2. krawędzie peronowe od strony torów i na prostopadłym do nich zakończeniu przewidzieć z krawężnika granitowego 35x15cm na ławie z betonu,
  - 1.4.8.3. przewidzieć wykonanie pasa bezpieczeństwa na peronach z 3 rzędów betonowej kostki integracyjnej żółtej oraz 1 rzędu z kostki betonowej szarej grubości 8 cm;
- 1.4.9. wiaty przystankowe oraz KKM projektować w odległości min. 1 m od wygrodzeń peronowych (w przypadku braku możliwości spełnienia tego warunku wiaty należy licować z linią wygrodzeń);
- 1.4.10. wygrodzenia peronowe segmentowe z zastosowaniem poliwęglanu litego bezbarwnego o grubości min. 6 mm osadzonego w ramach na głębokości co najmniej 25 mm (poliwęglan obustronnie pokryć przezroczystym środkiem anty-plakat i anty-graffiti);
- 1.4.11. szczegółowe wymiary wygrodzeń należy uzgodnić z Zamawiającym;
- 1.4.12. wygrodzenia muszą być zabezpieczone przed korozją przez ocynkowanie i malowanie proszkowe (poza obszarem konserwatorskim obowiązuje kolor RAL 6005).

#### 1.5. Inne warunki dotyczące torowiska:

- 1.5.1. w celu zapewnienia jak największej sprawności układu torowego oraz wydłużenia okresu jego eksploatacji należy projektować maksymalnie proste układy rozjazdów przy zastosowaniu dużych promieni łuków i minimalnej liczby krzyżownic (nie zaleca się projektować odwrotnych układów pętli oraz dodatkowych torów przejazdowych);
- 1.5.2. tor należy projektować jako bezстыkowy z zastosowaniem urządzeń wyrównawczych;
- 1.5.3. przejazdy drogowe, rowerowe oraz przejścia dla pieszych projektować na odcinkach prostych poza rozjazdami;
- 1.5.4. konstrukcję torowiska należy projektować z zastosowaniem wanny z maty wibroakustycznej, której typ powinien zostać dobrany na podstawie przeprowadzonych badań oraz analizy drgań na terenie objętym projektem;
- 1.5.5. projekt musi zawierać szczegółowe rozwiązania w zakresie zabudowy pętli indukcyjnych oraz „stref ciszy” dla potrzeb sterowania zwrotnic, z uwzględnieniem różnych konstrukcji torowiska również prefabrykowanych płyt betonowych;
- 1.5.6. w projekcie należy przedstawić lokalizację skrzyń sterowniczych oraz instalacji sterowania i ogrzewania zwrotnic;
- 1.5.7. zaleca się projektować łuki torowe o promieniu min. 50 m (przy projektowaniu nowych linii tramwajowych warunków wymagany);
- 1.5.8. w łukach o promieniu mniejszych niż 50 m w szczególności w węzłach rozjazdowych przewidzieć zastosowanie szyn 60R2 utwardzanych powierzchniowo o obniżonej zawartości węgla np. szyny ze stali 290 GHT-CL;
- 1.5.9. w torowiskach na dużych pochyleniach, na długości peronów przystankowych oraz przejazdów drogowych zastosować szyny 60R2 utwardzane powierzchniowo o obniżonej zawartości węgla np. szyny ze stali 290GHT-CL wraz z obustronnymi 20 metrowymi odcinkami dojazdowymi;
- 1.5.10. szyny do bloków krzyżownic jak i połączenia na stykach szyn muszą być spawane termitowo;
- 1.5.11. styki przejściowe na połączeniu szyn o różnym profilu należy zastosować jako elementy wykonane warsztatowo z aprobatami technicznymi spawane termitowo z przyległym torem;
- 1.5.12. w celu zapewnienia właściwego przepływu prądów powrotnych należy zaprojektować połączenia elektryczne między tokowe i między torowe;
- 1.5.13. elementy odwodnieniowe oraz przyłącza elektryczne i połączenia elektryczne w torze powinny zostać wykonane jako monolityczne konstrukcyjnie połączone z podbudową oraz nawierzchnią drogową;
- 1.5.14. wszystkie połączenia elektryczne w torowisku należy wykonywać z zastosowaniem szynowych skrzynek ochronnych umożliwiających dostęp do złącza oraz okablowania;
- 1.5.15. jako wygradzenia między torowe oraz poza przystankami należy zastosować prętowe typu „toruńskiego” w standardzie stosowanym w Krakowie. Bariery i wygradzenia muszą być zabezpieczone przed korozją przez ocynkowanie i malowanie proszkowe (poza obszarem konserwatorskim obowiązuje kolor RAL 6005);

- 1.5.16. zastosować wyłączenie najazdów i zjazdów z łuków krzywymi przejściowymi i rampami przechyłowymi;
  - 1.5.17. na połączeniu z istniejącym torowiskiem należy przewidzieć zakres robót dostosowawczych i regulacyjnych na każdym torze poza zakresem robót zasadniczych na długości 50 m z każdej strony (prace należy szczegółowo określić w kosztorysie);
  - 1.5.18. na łukach o promieniu mniejszym niż 150 m przewidzieć urządzenia do automatycznego smarowania szyn. Smarownice należy zaprojektować również w miejscach wymagających ograniczenia hałasu od ruchu taboru z innych powodów np. bliskość zabudowy mieszkaniowej, ukształtowanie terenu, itp.;
  - 1.5.19. przy projektowaniu torowiska tramwajowego należy zapewnić dostęp do wszystkich elementów infrastruktury dla służb technicznych (np. drogi serwisowe).
- 1.6. Smarownice torowe:
- 1.6.1. urządzenia muszą zapewniać znaczące zmniejszenie hałasu oraz zużycia szyn;
  - 1.6.2. otwory dozujące powinny być zaprojektowane w miejscu gdzie obrzeże koła i szyna stykają się ze sobą w maksymalnym zakresie;
  - 1.6.3. wydajność jednego urządzenia powinna zapewniać równoczesne smarowanie z co najmniej 16 otworów dozujących smar na szynę;
  - 1.6.4. lokalizacja otworów dozujących musi zapewniać skuteczne smarowanie powierzchni tocznej szyn oraz wszystkich innych powierzchni stykających się z obrzeżem koła;
  - 1.6.5. urządzenia powinny być zasilane z panelu słonecznego (w sytuacjach wyjątkowych dopuszcza się rozwiązania indywidualne);
  - 1.6.6. wielkość pojemnika na smar powinna zapewnić co najmniej miesięczne bezobsługowe użytkowanie urządzenia przy założeniu maksymalnych dopuszczalnych ustawień;
  - 1.6.7. smarownice powinny być wyposażone w system smarowania za pomocą smarów dedykowanych oddzielnie do redukcji hałasu oraz do redukcji zużycia szyn;
  - 1.6.8. smary użyte do smarownic muszą być biodegradowalne oraz nie mogą wydłużać drogi hamowania wagonów tramwajowych;
  - 1.6.9. jednostka sterująca powinna dawać możliwość zmiany ustawień w zakresie częstotliwości i ilości dozowań smaru oraz posiadać możliwość komunikacji poprzez standardowy port stosowany w urządzeniach mobilnych;
  - 1.6.10. smarownice muszą być wyposażone w system zdalnego nadzoru i sterowania w trybie online z archiwizacją danych za okres 30 dni, który powinien być dostępny za pośrednictwem popularnych przeglądarek internetowych.
- 1.7. Odwodnienie:
- 1.7.1. odwodnienie torowiska musi zapewniać powierzchniowe odprowadzanie wody, odprowadzenie wody z rowków szyn oraz wszystkich elementów skrzyniowych zabudowanych w torowisku;
  - 1.7.2. odwodnienie należy zaprojektować z zastosowaniem skrzynek przyszynowych, skrzyń poprzecznych, drenażu z rur dwuwarstwowych, studni rewizyjnych i osadowych z odprowadzeniem wody do sieci kanalizacyjnej;



- 1.7.3. na torowiskach dopuszczonych do ruchu kołowego odwodnienie poprzeczne projektować wyłącznie w prefabrykowanych płytach torowych z zastosowaniem skrzyni stalowej oraz rusztu o podwyższonej klasie obciążenia przykręcane w sposób szczelny uniemożliwiający samoczynne poluzowanie mocowania, powodujące hałas podczas przejazdu pojazdów kołowych (np. poprzez zastosowanie nakrętek kontrujących). Wszystkie elementy systemu muszą być trwale zabudowane na etapie prefabrykacji płyt;
- 1.7.4. w projekcie należy przedstawić szczegółowe rozwiązania dla wszystkich odwadnianych elementów włącznie ze sposobem odprowadzenia wody do sieci kanalizacji.

## **2. Sieć trakcyjna, sterowanie i ogrzewanie zwrotnic**

### **2.1. Podstawa prawna:**

- 2.1.1. Wytyczne Techniczne Projektowania, Budowy, i Utrzymania Torów Tramwajowych” wydane przez MAGTiOŚ, Warszawa 1983r.;
- 2.1.2. Tymczasowe wytyczne do projektowania szybkiej komunikacji tramwajowej wydane przez MAGTiOŚ – Warszawa 1981 r.;
- 2.1.3. Polską Normą PKN, „Torowiska Tramwajowe” PN-K 92011, styczeń 1998r.;
- 2.1.4. Polską Normą PKN, „Komunikacja miejska, Sieć jezdna tramwajowa i trolejbusowa” PN – K 92002 grudzień 1997r.;
- 2.1.5. Polska Norma PKN, „Komunikacja miejska, Osprzęt sieci trakcyjnej tramwajowej i trolejbusowej – Wymagania i badania” PN – K 92001;
- 2.1.6. Polska Norma PKN, „Komunikacja miejska – Skrajnia kinematyczna wagonów tramwajowych” – PN – K 92008;
- 2.1.7. Polska Norma PKN, „Komunikacja miejska – Skrajnia budowli – Wymagania” – PN – K 92009;
- 2.1.8. Polska Norma PKN, „Ochrona przed korozją, Ograniczenie wpływu prądów błędnych z trakcyjnych sieci powrotnych prądu stałego” PN – E 05024;
- 2.1.9. PN-81/B-05024 „Ochrona przed korozją – ograniczenie wypływu prądów błędnych z trakcyjnych sieci powrotnych prądu stałego”;
- 2.1.10. PN-77/E-05030 „Ochrona przed korozją - ochrona katodowa”;
- 2.1.11. Normami dotyczącymi oddziaływania inwestycji na środowisko (hałas, wibracje, drgania itp.);
- 2.1.12. Innymi obowiązującymi w tym zakresie przepisami.

### **2.2. Wytyczne w zakresie sieci trakcyjnej:**

- 2.2.1. dokumentacja projektowa winna objąć swoim zakresem wszystkie odcinki sieciowe w całości, tak projektowane jak i istniejące przeprojektowywane, w koordynacji z powstającymi projektami w lokalizacjach sąsiadujących;
- 2.2.2. dokumentacja projektowa powinna zawierać karty poszczególnych odcinków sieci trakcyjnej, tak nowych jak również przebudowywanych w całości lub części. Karta odcinka powinna zawierać następujące informacje: rodzaj sieci, długość konstrukcyjna odcinka sieci, długość liny nośnej i przewodu jezdnego, wyszczególnienie słupów trakcyjnych wraz z ich numeracją, typem i zainstalowanym osprzętem;
- 2.2.3. wymianą winny być objęte wszystkie konstrukcje wsporcze i nośne w obrębie przebudowywanych odcinków, wraz całością osprzętu i przewodów jezdnych

- odcinków sieciowych przebudowywanej linii, a także wszystkie urządzenia układów sterowania i ogrzewania zwrotnic;
- 2.2.4. jako konstrukcje wsporcze należy zastosować słupy trakcyjne rurowe, a każdy egzemplarz winien być zabezpieczony antykorozyjnie przez ocynkowanie i pomalowanie powierzchni cynkowanej właściwą farbą w kolorze uzgodnionym z Zamawiającym – grubość powłoki malarskiej powinna wynosić nie mniej niż 150  $\mu\text{m}$ . Dodatkowo słupy powinny być zabezpieczone do wys. 2 m warstwą ochronną anty plakat. Słup musi posiadać również tabliczkę na której w trwały sposób ma być naniesiony numer fabryczny, rok produkcji, typ i rodzaj oraz nazwa firmy produkującej;
  - 2.2.5. słupy należy numerować dwustronnie, a odcinki przebudowywane w części należy przenieumerować w całości;
  - 2.2.6. elementy ozdobne słupów trakcyjnych, trakcyjno – oświetleniowych, montowane w strefach objętych ochroną konserwatorską muszą być wykonane z metalu;
  - 2.2.7. wszelkie kable i przewody elektryczne prowadzone po słupach trakcyjnych należy montować w osłonie z rur sztywnych odpornych na promieniowanie UV;
  - 2.2.8. należy minimalizować liczbę słupów poprzez szukanie rozwiązań i możliwości wspólnych konstrukcji wsporczych dla sieci trakcyjnej, oświetlenia ulicznego i sygnalizacji (dla każdej instalacji niezależne wnęki instalacyjne);
  - 2.2.9. cokoły słupów trakcyjnych winny być wykonane ze spadkiem umożliwiającym spływ wody opadowej na zewnątrz konstrukcji wsporczej i zabezpieczone wraz z dolnymi częściami słupów (do wys. 30 cm) farbą bitumiczną;
  - 2.2.10. do uszynienia słupów zastosować prefabrykowane łączniki, mocowane do szyny metodą zaciskową w wierconych otworach w szyjce szyny stosując odpowiednie skrzynki kontrolne. Uszynienia słupów trakcyjnych oraz innych instalacji elektrycznych umieszczonych w podbudowie, umieścić w ochronnych skrzynkach połączeniowych właściwych dla rodzaju torowiska i skoordynować z projektem torowiska;
  - 2.2.11. w dokumentacji projektowej należy określić parametry sieci trakcyjnej, takie jak: naciągi w przewodach jezdnym i linie nośnej, wysokość konstrukcyjną, zygzakowanie, rozpiętości i odsuwy w przęsłach naprężenia itp. Rozwiązania projektowe powinny uwzględniać nowe technologie – np. należy zastosować osprzęt sieci trakcyjnej tramwajowej o elementach z materiałów nierdzewnych, spełniający aktualnie obowiązujące normy dotyczące techniki i jakości (wysięgniki z materiału izolacyjnego – szkło laminat);
  - 2.2.12. na kompensację sieci trakcyjnej należy przewidzieć urządzenia naprężające bezobsługowe (bez ciężarów);
  - 2.2.13. zastosować przewód jezdnym  $Dj\text{pS } 100 \text{ mm}^2$ , a linę nośną  $\text{Cu } 95 \text{ mm}^2$ ;
  - 2.2.14. przewidzieć zdalne sterowanie napędami odłączników izolatorów sekcyjnych i kabli zasilaczy z podstacji trakcyjnych oraz z Dyspozycji Systemu Zasilania. Na każdy kabel zasilający należy projektować osobny odłącznik i napęd.

### 2.3. Wytyczne w zakresie napędu, sterowania i ogrzewania zwrotnic:

- 2.3.1. ogrzewanie zwrotnic zaprojektować w oparciu o system pozwalający na poszanowanie energii elektrycznej wykorzystujący sprzężone czujniki temperatury, wilgotności i opadów atmosferycznych oraz poniższe warunki i parametry:
  - 2.3.1.1. sterowanie ogrzewaniem zwrotnic winno odbywać się automatycznie,
  - 2.3.1.2. zasilanie ogrzewania z sieci trakcyjnej o napięciu znamionowym 660 V DC,
  - 2.3.1.3. biegun dodatni na sieci jezdnej,
  - 2.3.1.4. każda grzałka powinna mieć oddzielne zabezpieczenie prądowe,
  - 2.3.1.5. grzałki i ich osłony winny być wykonane z materiałów odpornych na działanie korozji,
  - 2.3.1.6. minimalna strefa grzania – 3 m,
  - 2.3.1.7. początek strefy grzania – 1 m od początku iglicy;
- 2.3.2. Napęd i sterowanie zwrotnic zaprojektować w oparciu o poniższe warunki i parametry:
  - 2.3.2.1. między szynowe (środkowe) położenie mechanizmu napędowego (prześwit toru - 1435 mm),
  - 2.3.2.2. możliwość montażu w torowiskach wydzielonych i wbudowanych w jezdnię,
  - 2.3.2.3. układ napędu musi posiadać instalację odwadniającą do sieci kanalizacyjnej,
  - 2.3.2.4. zasilanie z sieci trakcyjnej (napędu zwrotnicy, układu sterowania i sygnalizacji) o napięciu znamionowym 660 V DC,
  - 2.3.2.5. biegun dodatni na sieci trakcyjnej,
  - 2.3.2.6. możliwość współpracy z systemem sterowania za pomocą podczerwieni obecnie stosowanym przez Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne S.A. realizowanym przez nadajniki podczerwieni typu NP-03,
  - 2.3.2.7. budowa sterownika modułowa, umożliwiająca wymianę uszkodzonego modułu w miejscu zainstalowania,
  - 2.3.2.8. napęd elektromagnetyczny lub elektrohydrauliczny,
  - 2.3.2.9. mechaniczne ryglowanie drążków nastawczych i kontrolnych w skrajnych położeniach iglic zwrotnicy (przylegającej i odsuniętej),
  - 2.3.2.10. kontrola położenia i przylegania iglicy,
  - 2.3.2.11. sygnalizacja świetlna stanu zwrotnicy, określająca jednoznacznie położenie zwrotnicy, stan zablokowania oraz stan awaryjny z niedoleganiem iglicy do szyny włącznie,
  - 2.3.2.12. sygnalizator stanu zwrotnicy musi być jeden dwukomorowy, czytelny przy oświetleniu słonecznym, wyświetlane znaki o barwie żółtej i powinien sygnalizować:
    - < - zwrotnica ustawiona do jazdy w lewo,
    - > - zwrotnica ustawiona do jazdy w prawo,
    - ^ - zwrotnica ustawiona do jazdy prosto,
    - x - stan zablokowania (zaryglowania) zwrotnicy, (sygnalizator w sposób ciągły wyświetla stan zwrotnicy - nie może być stanu w którym żaden znak nie jest wyświetlany),

- 2.3.2.13. blokada elektryczna uniemożliwiająca przestawienie zwrotnicy pod tramwajem - system nie reagujący na pojawienie się w kontrolowanym obszarze innych niż tramwaj pojazdów (nie dopuszcza się czujników mechanicznych zawieszonych na sieci trakcyjnej),
- 2.3.2.14. połączenia elementów obwodów blokady torowej z szynami montować z zastosowaniem skrzynek przyszynowych,
- 2.3.2.15. mechanizm rozpruwalny,
- 2.3.2.16. urządzenia muszą umożliwiać przejazd przez strefę blokady, sterowania i zwrotnicę bez zatrzymywania w pełnym zakresie prędkości tramwaju,
- 2.3.2.17. możliwość współpracy ze sterownikiem sygnalizacji świetlnej ulicznej (sygnały wyjściowe typu bezpotencjałowy zestyk przekaźnika),
- 2.3.2.18. możliwość ręcznego przestawiania zwrotnicy (konstrukcja umożliwiająca łatwe przestawianie w warunkach słabej widoczności),
- 2.3.2.19. możliwość montażu szafek sterownika na słupach trakcyjnych, również w międzytorzu bez naruszania skrajni,
- 2.3.2.20. możliwość testowania poszczególnych funkcji napędu z szafy sterowniczej,
- 2.3.2.21. sygnalizacja niesprawności poszczególnych bloków układu sterowania w szafie sterowniczej,
- 2.3.2.22. szafy sterownicze powinny być zabezpieczone warstwą ochronną anty plakat oraz anty graffiti,
- 2.3.2.23. możliwość diagnozowania usterek napędu i sterownika za pomocą komputera (notebooka),
- 2.3.2.24. na węźle należy zaprojektować kanalizację kablową dwuotworową (min.  $\varnothing$  75) umożliwiającą połączenie wszystkich sterowników zwrotnic między sobą, a w przypadku projektowania większej ilości węzłów również kanalizację kablową łączącą te węzły.

### **3. Zasilanie elektroenergetyczne trakcji tramwajowej**

#### 3.1. Podstawa prawna:

- 3.1.1. PN-K-92006 „Trakcja tramwajowa i trolejbusowa. Stacje prostownikowe. Wymagania ogólne”;
- 3.1.2. PN-K-92021 „Sieć trakcyjna miejska. Symbole graficzne”;
- 3.1.3. PN-E-05024 „Ochrona przed korozją. Ograniczenie upływu prądów błądzących z trakcyjnych sieci powrotnych prądu stałego”;
- 3.1.4. N SEP-E-004 „Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa”;
- 3.1.5. PN-IEC 597-3 „Anteny do odbioru radiofonicznego i telewizyjnego w zakresie częstotliwości od 30MHz do 1 GHz”;
- 3.1.6. PN-EN 60169-25 „Złącza wielkiej częstotliwości”;
- 3.1.7. PN-ETSI EN 300385 V1.2.1 „Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) i zagadnienia widma radiowego (ERM) dla łączy stacjonarnych i wyposażenia dodatkowego”.

#### 3.2. Wytyczne w zakresie zasilania trakcji tramwajowej:

- 3.2.1. przeliczyć układ zasilania i zweryfikować konfigurację sieci pod kątem planowanej pracy przewozowej dla tych stacji prostownikowych, które zasilają

- sieć trakcyjną związaną z przebudowywanym odcinkiem linii tramwajowej oraz trasami powiązаныmi z uwzględnieniem charakterystyki trakcyjnej taboru przewoźnika (o największym poborze mocy);
- 3.2.2. w analizie należy uwzględnić budowę nowych podstacji trakcyjnych dla nowoprojektowanego odcinka linii tramwajowej. Projektowane stacje prostownikowe muszą zostać wkomponowane w istniejący układ zasilania trakcji tramwajowej w Krakowie i tworzyć z nim spójny system. Każda podstacja trakcyjna musi posiadać możliwość podania napięcia na odcinki zasilania sąsiadujących podstacji w systemie rezerwy aktywnej;
  - 3.2.3. sekcjonowanie sieci trakcyjnej musi gwarantować prowadzeniu ruchu awaryjnego w węzłach i na skrzyżowaniach;
  - 3.2.4. układ kablowy projektować z uwzględnieniem poniższych wytycznych:
    - 3.2.4.1. kable trakcyjne (zasilaczy i powrotne) typu YAKY  $1 \times 630 \text{mm}^2 + 1 \times 25 \text{mm}^2 \text{Cu}$  (przy przebudowie istniejących linii stosować typy kabli odpowiednie do już ułożonych). Podstawowym założeniem jest układanie kabli trakcyjnych w jednej warstwie (w wyjątkowych sytuacjach dopuszcza się projektowanie trasy kabli w dwóch warstwach z zachowaniem grupowania kabli – zasilające i powrotne),
    - 3.2.4.2. przebudowywane i nowo projektowane kable lokalizować w trasach poza nawierzchniami nierozbieralnymi bądź trudno rozbieralnymi (w przypadku niemożności zachowania ww. warunku, przewidzieć stosowne osłony otaczające, w tym kanalizację kablową i studnie kablowe),
    - 3.2.4.3. w projektowanych z wykorzystaniem systemu rur dwudzielnych ciągach osłonowych istniejących kabli ujęte być winny również, dedykowane złączki dwudzielne (np. rury i złączki firmy gabo Systemtechnik GmbH), pozwalające na zwiększenie zabezpieczenia przed zamulaniem i wnikaniem piasku oraz innych cząstek stałych, w miejscach styku powierzchni czołowych łączonych elementów,
    - 3.2.4.4. końce ciągów osłonowych zabezpieczyć przeznaczonymi do tego elementami uszczelniającymi (dławnice, zaślepki),
    - 3.2.4.5. wszystkie projektowane osłony, zabezpieczające kable, a także miejsca instalowania muf, należy zaznaczyć i opisać na mapie sytuacyjno-wysokościowej,
    - 3.2.4.6. załączyć karty katalogowe projektowanych rur osłonowych, dławnic (zaślepek) uszczelniających, muf oraz studni kablowych,
    - 3.2.4.7. w dokumentacji zamieścić stosowne, wykonane w czytelnych skalach z uwzględnieniem rzeczywistej liczby istniejących bądź projektowanych kabli (pozostających w gestii ZDMK) oraz właściwie zwymiarowane i opisane, przekroje miejsc kolizyjnych ww. kabli,
    - 3.2.4.8. docelowe lokalizacje punktów zasilających i powrotnych ustalić na podstawie obliczeń parametrów elektrycznych obszaru zasilania,
    - 3.2.4.9. skrzynki punktów powrotnych i skrzynki przyszynowe projektować zgodnie ze standardami przyjętymi na budowanych ostatnio torowiskach tramwajowych (szafka poliestrowe z fundamentami),
    - 3.2.4.10. zabezpieczyć we właściwy sposób (osłony otaczające) kable zasilaczy trakcyjnych na konstrukcjach wsporczych (słupach) sieci trakcyjnej,

- 3.2.4.11. przewidzieć właściwą konstrukcję (dotyczy parametrów elektrycznych) szynowej sieci powrotnej (łączniki szynowe podłużne, obejściowe, poprzeczne międzyszynowe i międzytorowe),
- 3.2.4.12. uzgodnić projekt z zarządcami mediów (sieci) podziemnych w zakresie ochrony przed prądami błędzącymi;
- 3.2.5. nowoprojektowane lub modernizowane (przebudowywane) podstacje powinny zostać wyposażone wg standardu przyjętego w ZDMK, a w szczególności w:
  - 3.2.5.1. jeden dopływ 15 kV,
  - 3.2.5.2. dopływ napięcia rezerwowego nN,
  - 3.2.5.3. rozdzielnicę 15 kV ZE (jeżeli taka będzie wymagana), w konfiguracji uzgodnionej z Zakładem Energetycznym, z niezależnym wejściem do rozdzielni,
  - 3.2.5.4. rozdzielnicę 15 kV odbiorcy z wyłącznikami próżniowymi,
  - 3.2.5.5. układ pomiarowy dostosowany do zasady TPA,
  - 3.2.5.6. rezerwowy, pozostający na wyposażeniu obiektu, wyłącznik SN,
  - 3.2.5.7. transformatory suche,
  - 3.2.5.8. rozdzielnicę prądu stałego ze zmotoryzowanymi wyłącznikami wysuwnymi z napędem elektromagnetycznym i bezazbestowymi komorami łukowymi,
  - 3.2.5.9. rezerwowy, pozostający na wyposażeniu obiektu, wyłącznik szybki prądu stałego,
  - 3.2.5.10. napięcie pomocnicze podstacji 220 V DC,
  - 3.2.5.11. źródło rezerwowe napięcia pomocniczego – akumulatory bezobsługowe (siłownia 220 V DC z baterią akumulatorów żelowych/AGM o pojemności nie mniejszej niż 30 Ah),
  - 3.2.5.12. urządzenie (np. szafę KSO) do sterowania napędów łączników sieciowych kabli trakcyjnych i izolatorów sekcyjnych,
  - 3.2.5.13. napędy odłączników kabli trakcyjnych i izolatorów sekcyjnych wyposażone w urządzenia do zdalnego sterowania, sprzężone z systemem nadzoru podstacji trakcyjnych,
  - 3.2.5.14. układ elektronicznego zabezpieczenia ziemnozwarciowego systemu kablowego,
  - 3.2.5.15. system zdalnego sterowania podstacją współpracujący z istniejącym układem w trakcji tramwajowej w Krakowie; urządzenia transmisji sygnałów podsystemu obiektowego telemechaniki, do komunikacji z podsystemem centralnym w dyspozytorni winny umożliwiać wykorzystanie przewodowych (światłowód) mediów transmisyjnych, (w wyjątkowych sytuacjach dopuszcza się zastosowanie mediów bezprzewodowych GSM),
  - 3.2.5.16. rozproszony system sterowania i nadzoru aparatury podstacji, kompatybilny z systemem BUSZ-32,
  - 3.2.5.17. instalacje wod.-kan. i kanalizację deszczową,
  - 3.2.5.18. instalacje oświetlenia i gniazd wtykowych,
  - 3.2.5.19. instalację alarmową (sygnalizacja pożaru i włamania),
  - 3.2.5.20. instalacje wentylacji mechanicznej i ogrzewania,

- 3.2.5.21. oświetlenie zewnętrzne terenu obiektów (może być np. załączane czujkami ruchu),
  - 3.2.5.22. system CCTV z ciągłą rejestracją w pętli, monitorujący pomieszczenia i teren zewnętrzny obiektu,
  - 3.2.5.23. podłogę techniczną, dystansową (wszelkie elementy konstrukcyjne, szyny transportowe, itp. należy projektować poniżej poziomu podłogi);
  - 3.2.6. każda rozbudowa systemu zasilania wymaga aktualizacji oprogramowania i wizualizacji systemu nadzoru i zdalnego sterowania podstacjami trakcyjnymi o nowo powstałe elementy w DSZ;
  - 3.2.7. dla stacji prostownikowej winien być zaprojektowany, celem umożliwienia transportu urządzeń i aparatów stanowiących wyposażenie podstacji oraz swobodnego dojazdu i manewrów przez pojazdy służb technicznych, stosowny układ komunikacyjny z placem manewrowym; teren obiektu należy zabezpieczyć ogrodzeniem, z przesuwaną bramą wjazdową (w przypadku braku możliwości zastosowania bramy przesuwnej projektować bramę rozwierną);
  - 3.2.8. docelową lokalizację podstacji a także ilość pól rozdzielnic ustalić na podstawie obliczeń parametrów elektrycznych obszaru zasilania, w koordynacji z przebudowywanym układem kabli trakcyjnych;
  - 3.2.9. projektowana stacja prostownikowa musi tworzyć spójny system z istniejącym układem zasilania trakcji tramwajowej;
  - 3.2.10. podstacja wraz z placem manewrowym i droga dojazdową powinna być zlokalizowana na działce/kach będącej/ych we władaniu Gminy, z bezpośrednim dojazdem z drogi głównej;
  - 3.2.11. w opracowaniu uwzględnić etapowanie prac oraz zabezpieczenie komunikacji zbiorowej na czas wyłączenia z ruchu przebudowywanej linii tramwajowej.
- 3.3. Wymagania dotyczące rozdzielnic 15 kV Użytkownika:
- 3.3.1. rozdzielnica w osłonie metalowej, przedziałowa, łukochronna, w izolacji powietrznej, dwuczłonowa z pojedynczym sekcjonowanym systemem szyn zbiorczych z wyłącznikami próżniowymi (np. typu VD-4 lub równoważnymi). Nie dopuszcza się wyłączników w których gaszenie łuku następuje w oleju lub SF6;
  - 3.3.2. wymagane podstawowe parametry dla rozdzielnic:

Napięcie znamionowe rozdzielnic	17,5 kV
Częstotliwość znamionowa	50 Hz
Prąd znamionowy szyn zbiorczych i pól	630 A
Stopień ochrony rozdzielnic	IP 4X
Stopień ochrony przed zewnętrznymi uderzeniami	IK 10
Szerokość pola	500-600 mm
Wysokość pola	1800-2100 mm
Głębokość pola	1000-1300 mm

- 3.3.3. przedziały kablowe powinny zapewniać odpowiedni dostęp do łatwego wykonania głowic kablowych i przykręcanie końcówek. W polach zespołów prostownikowych i łączników szyn zastosować wyłączniki próżniowe, w polach zasilających wyłączniki próżniowe i uziemniki od strony zasilania. Z uwagi na pewność działania mechanizm przełączenia zestawu styków

- pomocniczych powinien być połączony bezpośrednio ze stykiem ruchomym uziemnika. Dostęp do styków pomocniczych uziemnika z przedz. łącznika oraz przedziału przyłączeniowego/kablowego;
- 3.3.4. napędy wszystkich wyłączników i wózków elektryczne;
  - 3.3.5. wyłączniki o zdolności łączeniowej min. 30 tys. oraz parametrach prądowych i napięciowych jak dla rozdzielnicy;
  - 3.3.6. przegrody ruchome i między polowe metalowe;
  - 3.3.7. przedziały szyn zbiorczych dla każdego pola oddzielne;
  - 3.3.8. w polu pomiaru napięcia zastosować uziemnik szybki do uziemiania szyn zbiorczych z układem elektronicznej blokady – współpraca z izolatorami reaktancyjnymi (kontrola napięcia);
  - 3.3.9. wszystkie przedziały SN powinny być chronione przed dostępem do części pod napięciem przez stosowne blokady;
  - 3.3.10. transformator potrzeb własnych w wykonaniu suchym w obudowie lub w polu specjalnym rozdzielnicy;
  - 3.3.11. w każdym polu przewidzieć przedział nN wyposażony m.in. w obwody wtórne z cyfrowym zespołem automatyki zabezpieczającej w polach zasilających oraz odpływowych zespołów prostownikowych realizującym zabezpieczenia cyfrowe i telemechanikę;
  - 3.3.12. zabezpieczenia powinny posiadać pełne wyposażenie i oprogramowanie w zakresie możliwości pomiaru prądu, napięcia i mocy oraz współpracy z układem telemechaniki, kompatybilne z cyfrowymi zabezpieczeniami w rozdzielnicy 660 V DC. Sterowanie łącznikami miejscowe i zdalne. Funkcje zabezpieczeniowe w zależności od typu pola: nadprądowe: bezzwłoczne, zależne i niezależne 2 stopniowe, nad/podnapięciowe (2 stopniowe), łukowe, zwrotnomocowe, ziemnozwarciowe bez i kierunkowe, technologiczne transformatora, temperaturowe, zabezp. nadprądowe z blokada od 2-giej harmonicznej;
  - 3.3.13. zapewniona pełna współpraca terminali zabezpieczeniowych z systemem nadzoru i sterowania stacji w zakresie układów i protokołów komunikacji, a w szczególności należy zapewnić 4 kanały transmisji danych:
    - 3.3.13.1. 2 x CANBUS/RS485 – kanały komunikacji systemowej,
    - 3.3.13.2. 1 x Ethernet – kanał inżynierski,
    - 3.3.13.3. 1 x CANBUS – kanał komunikacji dla zabezp. łukoochronnych;
  - 3.3.14. praca urządzeń dostosowana do pracy w podstacji bezobsługowej;
  - 3.3.15. układ pomiarowo-rozliczeniowy na napięciu średnim, wykony zgodnie z warunkami przyłączenia, ma być dostosowany do transmisji danych pomiarowych do Centrum Użytkownika;
  - 3.3.16. projektant dokona obliczeń sprawdzających celowość zainstalowania urządzeń do kompensacji mocy biernej pojemnościowej generowanej przez kablowe linie zasilające o ile pomiar rozliczeniowy energii elektrycznej będzie przeniesiony do stacji energetyki zawodowej.
- 3.4. Wymagania dotyczące rozdzielnicy 660 V DC:
- 3.4.1. rozdzielnica składająca się z pól: odłącznikowych zespołów, zasilaczy trakcyjnych i wyłącznika rezerwowego, pola kabli powrotnych. Rozdzielnica w osłonie metalowej. Pola odłącznikowe zespołów prostownikowych



w wykonaniu jednoczłonowym. Rozdzielnica z pojedynczym układem szyn zbiorczych (szyna „minus” w polu kabli powrotnych i polach zespołów; szyna „plus” w polach zespołów i zasilaczy trakcyjnych) oraz z szyną obejściową (plus) zapewniające rezerwowe zasilanie każdego zasilacza trakcyjnego przez wyłącznik rezerwowy. Napędy wyłączników, odłączników i wózka wyłącznika mają być elektryczne, sterowane lokalnie i zdalnie (nie dotyczy pola kabli powrotnych, gdzie odłączniki są sterowane tylko ręcznie). Ponadto odłączniki z napędami elektrycznymi powinny posiadać możliwość ręcznego (awaryjnego) sterowania w sposób bezpieczny, w przypadku uszkodzenia się napędu elektrycznego. Pola odłącznikowe zespołów w wykonaniu dwubiegunowym (plus i minus);

3.4.2. dwuczłonowa (pola wyłącznikowe), przedziałowa. Przedziały:

- 3.4.2.1. wyłącznika szybkiego,
- 3.4.2.2. szyn zbiorczych, odłączników obejściowych oraz przyłączy kablowych,
- 3.4.2.3. obwodów pomocniczych z napędami elektrycznymi odłączników oraz wózka wyłącznika;

3.4.3. szczegółowe wymagania:

- 3.4.3.1. wykonanie rozdzielnic: wolnostojąca,
- 3.4.3.2. konstrukcja rozdzielnic wykonana w technologii skręcanej,
- 3.4.3.3. pole zasilacza rozdzielnic musi być wyposażone w następujące elementy torów prądowych: wyłącznik szybki na wózku, odłącznik szyny obejściowej, przyłącze kablowe zasilacza, wyłącznik z wózkiem (widoczna przerwa), pole wyłącznika rezerwowego musi być wyposażone w wyłącznik na wózku,
- 3.4.3.4. pole zasilacza i wyłącznika rezerwowego musi być wyposażone w izolatory przepustowe pomiędzy przedziałem szyn zbiorczych, a przedziałem wyłącznikowym,
- 3.4.3.5. pole zespołu musi być wyposażone w dwubiegunowy odłącznik bieguna „plus” i „minus” o obciążalności min. 2 kA,
- 3.4.3.6. wyłącznik szybki prądu stałego musi być umieszczony w wysuwym wózku. Wysuw wózka musi się odbywać w płaszczyźnie poziomej. Wózek musi posiadać trzy pozycje pracy:
  - 3.4.3.6.1. pozycja pracy wyłącznika, w której wyłącznik szybki jest załączony i jest zasilany zasilacz (pozycja „praca”),
  - 3.4.3.6.2. pozycja wyłączona wyłącznika, w której wózek jest wysunięty na odległość umożliwiającą uzyskanie bezpiecznej przerwy izolacyjnej (pozycja „próba”),
  - 3.4.3.6.3. pozycja przeglądowna, w której wyłącznik szybki jest wysunięty poza obrys rozdzielnic w celach konserwacyjno – przeglądowych (pozycja „poza rozdzielnicą”),
- 3.4.3.7. przesunięcie wózka z pozycji pracy do pozycji bezpiecznej przerwy izolacyjnej oraz odwrotnie musi się odbywać w sposób automatyczny, tzn. za pomocą napędu silnikowego bez konieczności udziału obsługi na podstacji trakcyjnej oraz awaryjnie ręcznie (korbą), przesunięcie wózka w pozycję „poza rozdzielnicą” - ręcznie (korbą),
- 3.4.3.8. szyny zbiorcze prądu stałego muszą być wykonane z miedzi;

- 3.4.4. zastosowane wyłączniki szybkie zasilaczy i wyłącznika rezerwowego w rozdzielnicy prądu stałego 660 V muszą być szybkimi niespolaryzowanymi wyłącznikami trakcyjnymi prądu stałego dedykowanymi dla trakcji miejskiej. Prąd znamionowy nie mniej niż 2 kA, zakres wyzwalaczy od 1,5 kA do 5 kA. Czas własny tych wyłączników musi być mniejszy niż 10 ms;
- 3.4.5. nie dopuszcza się stosowania wyłączników przemysłowych niededykowanych do zastosowań trakcyjnych;
- 3.4.6. w polu wyłącznika rezerwowego przewidzieć sterownik z informacją, który zasilacz pracuje aktualnie na zasilacz rezerwowo oraz bieżącą kontrolą napięcia 660 V DC i możliwością wyłączenia zasilacza w przypadku przekroczenia nastawionego napięcia;
- 3.4.7. rozdzielnicę należy tak skonfigurować aby istniała możliwość dobudowy zasilaczy;
- 3.4.8. w każdym polu rozdzielnicy zastosować nowoczesny cyfrowy zespół automatyki zabezpieczeniowej dedykowanej dla trakcji wyposażony w procesor minimum 32 bitowy z układem sterowania, sygnalizacji i blokady wyłącznika. Cyfrowy zespół umożliwiać ma uruchomienie jednocześnie kilku aplikacji (aplikacji właściwej i kilku pomocniczych np. do próbkowania przebiegów prądów i napięć), jego zasoby widoczne w sieciach Ethernet, sterowanie aparatami bezpośrednio z panelu zespołu automatyki, możliwość zdalnej aktualizacji oprogramowania i nastawień zabezpieczeń. Cyfrowy zespół ma być kompatybilny z układem telemechaniki rozdzielni RSN. Powinien być wyposażony w panel operatorski z kolorowym wyświetlaczem graficznym i klawiszami;
- 3.4.9. rozdzielnicę wyposażyć w układ kontroli i pamięci wszystkich napięć i prądów pochodzących z rekuperacji oraz wygenerowania sygnału wyłączenia przy przekroczeniu nastawionego napięcia. Informację o przekroczeniu napięcia należy przekazać do Centralnej Dyspozytorni. Zainstalowana aparatura w rozdzielnicy musi uwzględniać wielkość panujących napięć zgodnie z normą PN-EN 50163;
- 3.4.10. rozdzielnica wyposażona w szereg blokad i zabezpieczeń elektrycznomechanicznych uniemożliwiających błędną manipulację i nieprawidłowe czynności łączeniowe. W szczególności należy zastosować niżej podane odpowiednie blokady:
  - 3.4.10.1. w polach zespołów – przed manipulacją odłącznikami przy załączonym zespole prostownikowym,
  - 3.4.10.2. w polach zasilaczy trakcyjnych:
    - 3.4.10.2.1. dla przestawienia w pozycję „próba” i „praca” w zależności od stanu położenia własnego wyłącznika szybkiego,
    - 3.4.10.2.2. dla odłącznika obejściowego w zależności od stanu położenia własnego wyłącznika szybkiego i wyłącznika rezerwowego,
  - 3.4.10.3. we wszystkich polach – do przedziałów 660 V dostęp do części znajdujących się pod napięciem powinien być chroniony przez odpowiednie blokady i osłony izolacyjne;
- 3.4.11. załączanie zasilacza przygotować za pomocą:

- 3.4.11.1. układu automatyki z próbą linii na zwarcie, po samoczynnym otwarciu wyłącznika szybkiego (przez sterownik) (próba linii musi być dostosowana do pracy z tramwajami z napędem asynchronicznym),
- 3.4.11.2. przyciskiem z próbą linii na zwarcie (przez sterownik),
- 3.4.11.3. przyciskiem bez próby linii na zwarcie (przez sterownik),
- 3.4.11.4. przełącznikiem kluczykowym bez próby linii (awaryjne załączenie), poza sterownikiem;
- 3.4.12. praca urządzeń dostosowana do pracy w podstacjach bezobsługowych;
- 3.4.13. na poszczególnych polach rozdzielni winny być umieszczone schematy jednokreskowe i wskaźniki informujące o położeniu łączników oraz przyciski umożliwiające sterowanie napędami elektrycznymi łączników (poza sterowaniem z paneli operatorskich sterowników pola). Ponadto należy przewidzieć sygnalizację informującą o zablokowaniu zasilacza i nieprawidłowościach w obwodach pomocniczych;
- 3.4.14. rozdzielnica wyposażona w dotykowy panel operatorski.
- 3.5. Wymagania dotyczące zespołów prostownikowych:
  - 3.5.1. zastosować jednolite pod względem parametrów elektrycznych zespoły prostownikowe o 12-pulsowym oddziaływaniu na sieć zasilającą. W obiektach nie wyposażonych w kompaktowe zespoły prostownikowe, przewidzieć umieszczenie transformatorów w komorach, a prostowników na hali głównej. Po stronie prądu stałego zespoły prostownikowe mają mieć prąd znamionowy min. 1200 A przy napięciu 660 V DC w V klasie przeciążalności wg. PN-EN 60146-1-1 tj. oraz w VII klasie przeciążalności wg. PN-EN 50328: 2003r.:
    - 3.5.1.1. 1200 A trwale,
    - 3.5.1.2. 1800 A przez 2 godziny,
    - 3.5.1.3. 2400 A przez 1 minutę,
    - 3.5.1.4. 5400 A przez 15 sekund;
  - 3.5.2. transformatory suche, w izolacji żywicznej, o mocy min. 1200 kVA (2x600 kVA), z podwójnym uzwojeniem dolnego napięcia 15,75 kV-2x2,5%+4x2,5%/2x0,525 kV, Yd11y0; z dwustopniową kontrolą temperatury. Napięcia zwarcia odniesione do mocy znamionowej transformatora:
    - 3.5.2.1. pomiędzy uzwojeniami GN-DN 11%,
    - 3.5.2.2. pomiędzy uzwojeniami DN 18-20%;
  - 3.5.3. transformator ma być przystosowany do ustawienia w komorach z wentylacją grawitacyjną. Należy przewidzieć układ przewietrzający oraz ogrzewający w celu zapewnienia wymaganych parametrów pracy transformatorów (transformatory umieszczone w komorach po transformatorach olejowych);
  - 3.5.4. pod koła transformatorów przewidzieć podstawy eliminujące drgania (poduszki) oraz wrota do komór nie rezonujące (izolujące hałas pracujących transformatorów);
  - 3.5.5. prostowniki 12-pulsowe dla trakcji miejskiej z diodami pastylkowymi, chłodzone naturalnie z rozmieszczeniem radiatorów w różnych płaszczyznach (wyeliminowanie wzajemnego podgrzewania radiatorów) wyposażone w:
    - 3.5.5.1. układ zdalnej kontroli stanu diod prostowniczych z sygnalizacją diody uszkodzonej,

- 3.5.5.2. sygnalizacja uszkodzenia w obwodzie RC,
- 3.5.5.3. łączniki krańcowe drzwi;
- 3.5.6. połączenia transformator prostownik oraz prostowniki – rozdzielnica prądu stałego wykonać za pomocą linii kablowych – podłączenie od dołu.
- 3.6. Potrzeby własne 400/230 V AC:
  - 3.6.1. stacje wyposażone w przyłączy 400/230 V z sieci miejskiej wyposażone w odpowiedni pomiar rozliczeniowy rezerwujące transformator potrzeb własnych oraz zapewniające zasilanie oświetlenia i obwodów siły podczas przeglądów i prac konserwacyjnych prowadzonych w przerwie nocnej kursowania tramwajów;
  - 3.6.2. należy przewidzieć rozdzielnice 400/230 V AC potrzeb własnych stacji, zawierające aparaturę rozdzielczą, sterowniczą, sygnalizacyjną i pomiarową do zasilania potrzeb własnych (w tym oświetlenia, ogrzewania, wentylacji, itp.);
  - 3.6.3. w potrzebach własnych przewidzieć sterownik obsługujący automatykę ogrzewania i wentylacji oraz kontrolę dostępu do stacji.
- 3.7. Potrzeby własne 220 V DC:
  - 3.7.1. obwody pomocnicze stacji przyjąć na napięcie 220 V DC z siłowni 220 V, 20 A prądu stałego z baterią akumulatorów żelowych/AGM o minimalnej pojemności 30 Ah. Siłownię należy wyposażać w:
    - 3.7.1.1. układ kompensacji temperaturowej napięcia,
    - 3.7.1.2. pomiar rezystancji izolacji biegunów (+) i (-) sieci 220 V DC z sygnalizacją doziemień,
    - 3.7.1.3. pomiar rezystancji obwodu baterii,
    - 3.7.1.4. sygnalizację miejscową świetlną (diodami), przeciążenia i stanów alarmowych,
    - 3.7.1.5. sygnalizację zdalną zbiorczą alarmową (zestyki beznapięciowe lub kompatybilność z systemem telemechaniki),
    - 3.7.1.6. podłączenie 2 linii zasilających 3x400/230 V, 50Hz (TN-S) prądu przemiennego z rozdzielnicy 400/230 V AC potrzeb własnych i jedno wyjście prądu stałego od dołu szafy. Bezpiecznik na wyjściu – 2x220 V DC min 40 A;
  - 3.7.2. należy przewidzieć rozdzielnicę 220 V DC potrzeb własnych stacji zasilaną z siłowni do zasilania obwodów zabezpieczeń, sterowania, sygnalizacji, itp.
- 3.8. Wymagania dotyczące instalacji sygnalizacji pożaru, włamania, nadzoru kamer:
  - 3.8.1. należy objąć cały budynek podstacji instalacją sygnalizacji wejścia do stacji i włamania. Wszystkie otwory drzwiowe kontrolować przy pomocy łączników krańcowych, a otwory okienne i inne możliwe wejścia (np. otwory wentylacyjne) przy pomocy czujników ruchu. Sygnalizację wprowadzić do centrali sygnalizacyjnej. Wyznaczyć wejście główne do budynku i umieścić obok niego (wewnątrz budynku) manipulator centrali umożliwiający odróżnienie wejścia uprawnionego od włamania. Do systemu zdalnego sterowania wprowadzić co najmniej sygnały:
    - 3.8.1.1. centrala sprawna,
    - 3.8.1.2. gotowość/rozbrowienie (wejście uprawnionego),
    - 3.8.1.3. włamanie;

- 3.8.2. dopuszcza się zastosowanie jednej centrali do sygnalizacji włamaniowej i pożarowej;
  - 3.8.3. należy objąć cały budynek podstacji instalacją sygnalizacji pożarowej, wykonanej jako sygnalizacja lokalna, współpracująca z systemem zdalnego sterowania. Nie przewiduje się automatycznego powiadamiania zawodowej straży pożarnej. Czujki instalacji sygnalizacji pożaru zainstalować we wszystkich pomieszczeniach zawierających urządzenia energetyczne oraz urządzenia łączności i zdalnego sterowania. Powyższa instalacja nie wymaga odbioru przez specjalistę ds. p.poż.;
  - 3.8.4. do systemu zdalnego sterowania wprowadzić co najmniej sygnały:
    - 3.8.4.1. centrala sprawna,
    - 3.8.4.2. pożar;
  - 3.8.5. na zewnątrz budynku umieścić zestaw kamer do nadzoru terenu wokół budynku. Kamery te powinny umożliwiać:
    - 3.8.5.1. obserwację terenu również w nocy (wyposażenie we własne oświetlacze IR),
    - 3.8.5.2. wybór punktu obserwacji (obiektyw zmiennoogniskowy, kamera obrotowa);
  - 3.8.6. wewnątrz budynku umieścić co najmniej 2 kamery do obserwacji ewentualnej obecności osób w podstacji lub źródła zadymienia;
  - 3.8.7. obrazy z wszystkich kamer powinny być zapisywane w rejestratorze.
- 3.9. Wymagania dotyczące systemu sterowania:
- 3.9.1. w ramach budowy należy:
    - 3.9.1.1. podstacje prostownikowe wykonać z urządzeniami do ich zdalnego sterowania i łączności z Dyspozycją Systemu Zasilania,
    - 3.9.1.2. zastosować następujące rodzaje łączności między DSZ a podstacjami prostownikowymi:
      - 3.9.1.2.1. podstawową wykorzystującą sieć optyczną (światłowód),
      - 3.9.1.2.2. w wyjątkowych sytuacjach dopuszcza się zastosowanie technologii GSM po wcześniejszym uzgodnieniu z ZDMK;
  - 3.9.2. nowe rozdzielnice powinny być wyposażone w cyfrowe sterowniki umożliwiające pracę w systemie zdalnego sterowania z wykorzystaniem podwójnej magistrali CAN-BUS/485 przy użyciu otwartego protokołu komunikacyjnego PPM2 opracowanego przez CNTK (Temat nr 3041/21 - „Przekazywanie informacji w obiekcie zasilania wyposażonym w urządzenia współpracujące przez magistralę CAN-Bus/RS-485”), obowiązujących w energetyce kolejowej oraz stosowanych w przedsiębiorstwach komunikacji miejskiej tramwajowej i trolejbusowej;
  - 3.9.3. pomiędzy sterownikami w poszczególnych polach rozdzielnic a szafą obiektową zdalnego sterowania należy położyć dwie wzajemnie rezerwujące się magistrale typu CAN-BUS/RS485 zapewniające wysoką niezawodność oraz odporność na zakłócenia;
  - 3.9.4. wszystkie łączniki oraz wózki wyłączników z napędami elektrycznymi mają być zdalnie sterowane. Stany położenia łączników (wyłączników, rozłączników, odłączników, uziemników itp.) w stacjach będą zdalnie sygnalizowane;

- 3.9.5. ponadto mają być zdalnie sygnalizowane: przyczyny wyłączeń, stany alarmowe i ostrzegawcze oraz przekazywane pomiary napięć i prądów;
- 3.9.6. na podstacjach należy przewidzieć podstacyjną szafę obiektową zdalnego sterowania wyposażoną w sterownik połączony magistralami CAN-BUS ze wszystkimi sterownikami w podstacji, urządzenia łączności światłowodowej ewentualnie GSM (z anteną);
- 3.9.7. szafa obiektowa powinna umożliwiać podgląd informacji z kanału inżynierskiego. Kanał inżynierski powinien stanowić dodatkowy niezależny interfejs, umożliwiający przesyłanie ze wszystkich sterowników informacji dodatkowych równoległe do magistrali podstawowej.

### **III Inne wytyczne do projektowania obejmujące wszystkie branże**

1. Należy bezwzględnie przestrzegać zasady rozpoczynania prac projektowych od rozstrzygnięć w zakresie nawierzchni stalowej.
2. Projektant powinien przedstawić do akceptacji harmonogram prac dla przedmiotowego zadania inwestycyjnego z podziałem na poszczególne etapy projektowe.
3. Istotnym elementem dokumentacji jest projekt etapowania realizacji prac ze szczególnym uwzględnieniem; lokalizacji granic poszczególnych etapów, zakresu prac niezbędnych do utrzymania komunikacji tramwajowej w ramach kolejnych etapów. Projekt powinien zawierać wszelkie zmiany konfiguracji w zakresie elektrycznym i konstrukcyjnym.
4. Każdy z zakończonych etapów powinien uzyskać akceptację zastosowanych rozwiązań projektowych. Powinno się to odbywać na cyklicznych naradach technicznych zwoływanych na wniosek projektanta na których zaprezentowane będą całościowe rozwiązania obejmujące wszystkie branże. Zwoływanie narad w celu rozwiązywania poszczególnych problemów branżowych jest dopuszczalne jedynie w sprawach wyjątkowych z podaniem alternatywnych rozwiązań.
5. Kontakty projektantów z przedstawicielami poszczególnych branż powinny się odbywać za pośrednictwem działu prowadzącego projekt w obecności osoby koordynującej cały projekt i być potwierdzone notatką.
6. Projekty modernizacji lub przebudowy torowiska tramwajowego muszą zawierać części dotyczące ochrony przed drganiami i hałasem obejmujące swym zakresem analizę stanu istniejącego.
7. Na projekcie należy nanieść wszystkie niezbędne znaki wyszczególnione w pkt. 8.1 załącznika nr 1 do Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach z uwzględnieniem przechyłki oraz geometrii torowiska, ale również innych ewentualnych ograniczeń konstrukcyjnych.
8. Każda dokumentacja projektowa musi w części opisowej zawierać komplet wytycznych, uzgodnień oraz korespondencji dotyczącej przedmiotu opracowania.
9. Do założeń projektowych przyjmować najbardziej niekorzystne parametry eksploatowanego na terenie Miasta Krakowa taboru (przede wszystkim z zakresu: geometrii, skrajni, zapotrzebowania na energię, a także innych). W tym celu należy zwrócić się do Jednostki odpowiedzialnej za organizację publicznego transportu zbiorowego na terenie Gminy.

10. W rozwiązaniach projektowych należy zapewnić dojazd do projektowanej infrastruktury dla pojazdów obsługi technicznej oraz przewidzieć miejsca do ich postoju w szczególności w rejonie węzłów rozjazdów i pętli.
11. Dokumentacja projektowa powinna zostać wykonana w wersji drukowanej oraz elektronicznej w formatach DWG lub DGN, z rozwarstwieniem jak PKN 2 w krakowskim układzie współrzędnych geodezyjnych.
12. W zakres projektu torowiska wchodzi również fragment dotyczący rozmieszczenia znaków drogowych dotyczących funkcjonowania komunikacji tramwajowej. Rozwiązania szczegółowe muszą mieć swoje odzwierciedlenie w projekcie docelowej organizacji ruchu.
13. Opracowanie projektowe musi zostać przedstawione na planszy zbiorczej obejmującej wszystkie elementy infrastruktury technicznej trakcji tramwajowej.
14. W projekcie należy wskazać konieczność użycia wyrobów (materiałów) których udokumentowaną datą produkcji nie starszą niż 1 rok przed terminem zabudowy.
15. Projekt powinien zawierać klasyfikację środków trwałych zgodnie z obowiązującymi przepisami w tym zakresie.

**Wytyczne w zakresie konstrukcji, geometrii oraz innych elementów technicznych infrastruktury tramwajowej, która zostanie przejęta do bieżącego utrzymania przez ZDMK, są wyłączną kompetencją tutejszego Zarządu.**