

1. Rozbudowa trakcji trolejbusowej wraz z systemem zasilania

W niniejszym rozdziale przedstawiono wyniki obliczeń rozbudowy systemu zasilania trakcji trolejbusowej. Metodykę obliczeń zawiera załącznik.

Planuje się, że w ramach Projektu nastąpi rozbudowa trakcji trolejbusowej (łącznie długość odcinków 35,7 km) wraz z systemem zasilania. W niniejszym rozdziale przedstawiono proponowane rozwiązania techniczne w tym zakresie.

Zastosowano zasilanie zdecentralizowane z wykorzystaniem małogabarytowych podstacji kioskowych.

Zastosowano zasilanie jednostronne sieci trakcyjnej. W przypadku długich odcinków zasilania w układzie zcentralizowanym zasilanie odbywa się w sposób dwupunktowy, czyli z jednego pola zasilacza podstacji trakcyjnej poprowadzone są dwa zasilacze, które są połączone z siecią trakcyjną w dwóch różnych miejscach. Dzięki temu zmniejszeniu ulegają spadki napięcia.

1.1. Zakres obliczeń

Wykonano następujące obliczenia odcinków zasilania:

- wyznaczenie średniego i maksymalnego prądu obciążenia,
- wyznaczenie maksymalnego spadku napięcia,
- wyznaczenie minimalnego prądu zwarcia w sieci trakcyjnej
- dobór nastaw zabezpieczeń nadprądowych,

oraz podstacji trakcyjnych:

- wyznaczenie godzinowego prądu obciążenia podstacji,
- wyznaczenie maksymalnego chwilowego prądu obciążenia podstacji.

1.2. Przyjęte założenia do obliczeń

W obliczeniach przyjęto następujące założenia:

- Eksploatowany tabor.
Zakłada się eksploatację dwunastometrowych trolejbusów wyposażonych w silnik prądu zmiennego.
- Zużycie energii.
Na podstawie obliczeń i symulacji własnych przyjęto maksymalne zużycie energii przez trolejbusy na poziomie:
 - 2,95 kWh/wozokm, gdy prędkość komunikacyjna jest większa lub równa 16 km/h;
 - 3,65 kWh/wozokm, gdy prędkość komunikacyjna jest mniejsza niż 16 km/h.
- Rezystancja sieci trakcyjnej i zasilaczy.

Zintegrowany System Miejskiego Transportu Publicznego w Lublinie		- 1 -
Nazwa zlecenia: Umowa Ramowa dotycząca Wspierania Technicznego dla Krajów Beneficjentów Inicjatywy JASPERS z dnia 15.11.06 / Partia 1 / Projekt 2006 018 PL TRA URT		Tytuł opracowania: Faza 2: Szczegółowe Studium Wykonalności oraz Ocena Oddziaływania na Środowisko Zadanie 2A: Studium Wykonalności Projektu

Sieć trakcyjna jest wykonana przewodem Djp 100. Maksymalna dopuszczalna rezystancja dwutorowej sieci trakcyjnej wyniesie $0,22 \Omega/\text{km}^1$. Większość zasilaczy jest wykonana kablami YAKY 630, dla których rezystancja jednostkowa wynosi $0,0454 \Omega/\text{km}$. Gdy zastosowany został inny rodzaj kabla, wówczas jego długość została przeliczona na kabel YAKY 630.

- Obciążalność prądowa sieci trakcyjnej i zasilaczy.

Dopuszczalna obciążalność długotrwała przewodu Djp 100 wynosi 420 A, czyli dopuszczalny prąd ciągły obciążenia dwutorowej linii trolejbusowej wyniesie 840 A.

Dopuszczalna obciążalność długotrwała kabli YAKY 630 wynosi 1180 A. W przypadku umieszczenie czterech kabli obok siebie w odległości 100 mm, obciążalność ta zmniejsza się do 944 A.

Ze względu na małe wartości skutecznych prądów obciążenia w trakcji trolejbusowej, nie wykonano w niniejszym opracowaniu kalkulacji obciążalności prądowej zasilaczy i sieci trakcyjnej.

- Zespoły prostownikowe.

Ze względu na powszechne zastosowanie w trakcji miejskiej, proponuje się zastosować zespoły prostownikowe typu PK 12/0,8, o następujących danych technicznych:

- znamionowy prąd wyprostowany 1200 A,
- przeciążalność prądowa kl. E,
- znamionowe napięcie szyn zbiorczych podstacji 660 V,
- rezystancja wewnętrzna zespołu prostownikowego $0,04 \Omega$.

¹ Podivín L. Metodika energetických výpočtů. Pardubice, Opracowanie niepublikowane.

Zintegrowany System Miejskiego Transportu Publicznego w Lublinie		- 2 -
Nazwa zlecenia: Umowa Ramowa dotycząca Wsparcia Technicznego dla Krajów Beneficjentów Inicjatywy JASPERS z dnia 15.11.06 / Partia 1 / Projekt 2006 016 PL TRA URT		Tytuł opracowania: Faza 2: Szczegółowe Studium Wykonalności oraz Ocena Oddziaływania na Środowisko Zadanie 2A: Studium Wykonalności Projektu

1.3. Wyniki obliczeń

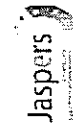
W [Tabela 1] poniżej przedstawiono proponowany podział na odcinki zasilania. [Tabela 2] i [Tabela 3] zawierają wyniki obliczeń układu zasilania. Graficzną ilustrację stanowi [Rysunek 1].

Tabela 1 Podział na odcinki zasilania

Nr odcinka zasilania	Nazwa odcinka zasilania	Podstacja	Liczba zespołów prostownikowych
1	Koszary	Helenów	3
2	Kraśnicka		
3	Wileńska		
4	Zana		
6	Konstantynów		
7	Węglin		
8	Al. Raclawickie		
9	Lipowa		
10	Piłsudskiego		
11	LSM		
12	Wyszyńskiego		
45	Nadbystrzycka		
36	Park Ludowy	Garbarska	3
13	Unii		
14	Pl. Bychawski		
15	Kunickiego		
16	Abramowice		
17	M. Majdanka		
18	Krańcowa		
19	Fabryczna		
20	Łęczyńska	Kolejarz	1
21	Stare Miasto		
22	Chodźki		
25	Działki		
26	Lwowska	Czechów	1
23	Smorawińskiego		
24	Choiny	Tatary	1
27	Andersa		
28	Turystyczna	Melgiewska	1
29	DAEWOO		
30	Metalurgiczna	Baza	1
31	Wiadukt		
32	Grygowej		
33	Muzeum	Doświadczalna	1
34	Doświadczalna		
35	Dziesiąta	Abramowice	1
40	Zemborzycka	Wrotków	1
41	Wrotków		

Nr odcinka zasilania	Nazwa odcinka zasilania	Podstacja	Liczba zespołów prostownikowych
42	Diamentowa	Bystrzyca	1
43	Piaski		
44	Krochmalna		
46	Konopnickiej	Zana	1
47	Filaretów		
51	Prusa		
48	Ruta	Poręba	1
49	Jana Pawła		
38	Orkana		
39	Armii Krajowej		
50	Węglinek	Węglin	1
37	Pełta		

Zintegrowany System Miejskiego Transportu Publicznego w Lublinie		- 4 -
Nazwa zlecenia: Umowa Ramowa dotycząca Wsparcia Technicznego dla Krajo- Beneficjentów Inicjatywy JASPERS z dnia 15.11.06 / Partia 1 / Projekt 2006 018 PL TRA URT		Tytuł opracowania: Faza 2: Szczegółowe Studium Wykonalności oraz Ocena Oddziaływania na Środowisko Zadanie 2A: Studium Wykonalności Projektu



źródło: opracowanie własne

Zintegrowany System Miejskiego Transportu Publicznego w Lublinie	
Razem zleceniodawca: Urząd Miejski w Lublinie	Tytuł opracowania: Faza 2: Szczegółowe Studium Wykonawcze oraz Czarna Gdź: Innowacja na Grodzianku Zadanie 2A: Studium Wykonawcze Projektu

Tabela 2 Obliczenia odcinków zasilania – system zdecentralizowany

nr odcinka	nazwa odcinka	predkość v [km/h]	liczba pojazdów przejeżdżających w ciągu godziny	dlugość odcinka l [km]	liczba pojazdów znajdujących się na odcinku N	współczynnik k _{max}	zużycie energii [kWh/wozokm]	prąd średni zasilacza I [A]	dlugość zasilacza l, [km]	rezystancja sieci trakcyjnej r _s [Ω]	rezystancja zwarcia r _z [Ω]	liczba kabli zasilających	łączna długość kabli [km]	minimalny prąd zwarcia I _{min} [A]	maksymalna nastawa wyłącznika (kryterium obciążenia weł) I _{max} [A]	maksymalny prąd zasilacza I _{max} [A]	minimalna nastawa wyłącznika (kryterium obciążenia weł) I _{max min} [A]	wyłączalność zwarć	maksymalny spadek napięcia U _{max} [V]	kryterium napiecia we
1	Koszary	14	50	1,15	4,1	4,4	3,65	350	0,80	0,23	0,31	2	1,6	2,154	1,723	1,540	1,771	RIE	233	TAK
2	Kraśnicka	17	44	1,05	2,4	6,0	2,95	227	0,10	0,14	0,18	2	0,2	3,576	2,861	1,371	1,577	TAK	102	TAK
3	Wileńska	19	20	1,80	2,1	6,6	2,95	177	0,60	0,26	0,33	2	1,2	2,016	1,613	1,168	1,343	TAK	184	TAK
4	Zana	10	26	0,80	1,2	10,0	2,95	102	1,60	0,20	0,31	2	3,2	2,110	1,688	860	989	TAK	149	TAK
6	Konstantynów	21	26	1,30	1,6	7,9	2,95	166	0,60	0,28	0,35	2	1,2	1,900	1,520	1,319	1,517	TAK	221	TAK
7	Węglin	22	30	0,80	1,1	10,5	2,95	118	2,00	0,18	0,31	2	4,0	2,122	1,698	860	989	TAK	156	TAK
8	Al. Racławickie	14	50	0,90	3,2	5,1	3,65	274	2,00	0,17	0,30	2	4,0	2,193	1,754	1,390	1,599	TAK	245	TAK
9	Lipowa	14	50	0,80	2,9	5,5	3,65	243	1,10	0,11	0,20	2	2,2	3,299	2,639	1,327	1,527	TAK	139	TAK
10	Pilsudskiego	16	46	1,10	3,2	5,1	2,95	249	0,50	0,24	0,33	1	0,5	2,028	1,622	1,276	1,467	TAK	211	TAK
11	LSM	14	18	1,50	1,9	7,0	3,65	164	0,40	0,22	0,30	1	0,4	2,227	1,781	1,153	1,326	TAK	169	TAK
12	Wyzynskiego	14	10	0,60	0,4	21,8	3,65	37	1,80	0,13	0,25	2	3,6	2,620	2,096	860	989	TAK	126	TAK
13	Unif	17	24	1,10	1,6	8,1	2,95	130	0,70	0,22	0,32	1	0,7	2,039	1,631	1,056	1,215	TAK	183	TAK
14	Bychawski	19	42	1,60	3,5	4,0	2,95	330	0,40	0,15	0,23	1	0,4	2,915	2,332	1,585	1,823	TAK	177	TAK
15	Kunickiego	21	20	1,20	1,1	10,1	2,95	118	0,25	0,24	0,29	2	0,5	2,265	1,812	860	989	TAK	113	TAK
16	Abramowice	18	18	1,30	1,3	9,2	2,95	115	1,40	0,27	0,37	2	2,8	1,766	1,413	860	989	TAK	171	TAK
17	M. Majdanka	18	40	1,00	2,2	6,4	2,95	197	0,90	0,17	0,25	2	1,8	2,630	2,104	1,258	1,447	TAK	158	TAK
18	Krancowa	18	40	0,80	1,8	7,4	2,95	157	2,70	0,18	0,34	2	5,4	1,925	1,540	1,167	1,342	TAK	248	TAK
19	Fabryczna	16	30	1,50	2,8	5,5	2,95	221	1,30	0,20	0,30	2	2,6	2,206	1,765	1,219	1,402	TAK	194	TAK
20	Łęczyska	17	20	1,00	1,2	9,9	2,95	98	1,90	0,22	0,35	2	3,8	1,905	1,524	860	989	TAK	169	TAK
21	Stare Miasto	16	10	1,20	0,8	13,9	2,95	59	0,70	0,22	0,32	1	0,7	2,039	1,631	860	989	TAK	149	TAK
22	Chodźki	15	24	1,20	1,9	7,0	3,65	175	0,50	0,26	0,35	1	0,5	1,910	1,528	1,234	1,419	TAK	217	TAK
23	Smarażewski	19	30	1,00	1,6	8,0	2,95	148	0,50	0,22	0,31	1	0,5	2,160	1,728	1,187	1,365	TAK	185	TAK
24	Chelny	19	30	1,40	2,2	6,4	2,95	207	1,00	0,22	0,31	2	2,0	2,028	1,622	1,325	1,524	TAK	206	TAK
25	Działki	19	30	1,10	1,7	7,5	2,95	162	0,50	0,24	0,33	1	0,5	2,028	1,622	1,223	1,406	TAK	202	TAK
26	Lwowska	17	30	1,00	1,8	7,5	2,95	148	0,50	0,22	0,31	1	0,5	2,160	1,728	1,100	1,264	TAK	171	TAK
27	Andersa	19	30	1,20	1,9	7,1	2,95	177	0,20	0,26	0,32	1	0,2	2,074	1,659	1,258	1,446	TAK	186	TAK
28	Turytyczna	25	30	0,70	0,8	12,7	2,95	103	0,50	0,15	0,24	1	0,5	2,803	2,242	860	989	TAK	104	TAK
29	DAWOOD	24	30	0,70	0,9	12,4	2,95	103	0,50	0,15	0,24	1	0,5	2,803	2,242	860	989	TAK	104	TAK
30	Mełkurgicz	22	10	1,50	0,7	15,0	2,95	74	0,50	0,33	0,42	1	0,5	1,588	1,271	860	989	TAK	181	TAK
31	Władki	23	10	1,50	0,7	15,5	2,95	74	0,50	0,33	0,42	1	0,5	1,588	1,271	860	989	TAK	181	TAK
32	Grygorowej	26	10	0,90	0,3	26,0	2,95	44	0,50	0,20	0,29	1	0,5	2,312	1,849	860	989	TAK	125	TAK
33	Muzeum	22	30	1,00	1,4	8,9	2,95	148	1,20	0,22	0,31	2	2,4	2,098	1,678	860	989	TAK	142	TAK
34	Bozwiedzialna	25	20	1,20	1,0	11,5	2,95	118	0,50	0,26	0,35	1	0,5	1,910	1,528	860	989	TAK	151	TAK
35	Dzielnictwa	19	10	1,90	1,0	11,2	2,95	93	0,50	0,42	0,50	1	0,5	1,311	1,049	860	989	TAK	219	TAK

nr odcinka	nazwa odcinka	predkość [km/h]	liczba pojazdów przejeżdżających w ciągu godziny	liczba pojazdów znajdujących się na odcinku N	współczynnik k_{max}	zużycie energii [kWh/wozokm]	prąd średni zasilacza I [A]	długość zasilacza l_z [km]	rezystancja sieci trakcyjnej r_s [Ω]	rezystancja przewodu r_p [Ω]	liczba kabli zasilacza	łączna długość kabli [km]	minimalny prąd zwarcia I_{min} [A]	maksymalna nastawa wyłącznika (kryterium zwracania)	maksymalna nastawa wyłącznika (kryterium obciążenia weł)	minimalna nastawa wyłącznika (kryterium obciążenia weł)	wyłączalność zwozów	maksymalny spadek napięcia U_{max} [V]	kryterium napięcia weł
36	Park Ludowy	22	30	1,5	8,3	2,95	162	0,60	0,22	0,31	1	0,5	2 098	1 678	860	989	TAK	142	TAK
37	Pęta	25	54	1,9	7,0	2,95	239	0,50	0,20	0,29	1	0,5	2 312	1 849	1 669	1 919	NIE	243	TAK
38	Orkana	21	16	1,1	10,1	2,95	118	0,50	0,33	0,42	1	0,5	1 588	1 271	860	989	TAK	181	TAK
39	Armii Krajowej	20	12	0,9	12,1	2,95	89	0,70	0,24	0,34	1	0,7	1 920	1 536	860	989	TAK	158	TAK
40	Zembożyck	25	10	0,6	17,5	2,95	69	1,00	0,18	0,31	1	1,0	2 122	1 698	860	989	TAK	156	TAK
41	Wrocław	21	10	1,0	11,6	2,95	98	0,50	0,35	0,44	1	0,5	1 515	1 212	860	989	TAK	190	TAK
42	Diamentowa	24	10	0,5	19,2	2,95	59	0,50	0,26	0,35	1	0,5	1 910	1 528	860	989	TAK	151	TAK
43	Piaśki	20	10	0,8	13,9	2,95	74	0,50	0,33	0,42	1	0,5	1 588	1 271	860	989	TAK	181	TAK
44	Krochmalna	19	14	1,3	9,1	2,95	124	0,50	0,26	0,35	1	0,5	1 910	1 528	860	989	TAK	151	TAK
45	Radzystrzycka	17	14	1,2	9,6	2,95	103	0,60	0,33	0,42	1	0,6	1 554	1 244	860	989	TAK	189	TAK
46	Konopnickie	18	20	1,1	10,3	2,95	98	0,50	0,22	0,31	1	0,5	2 160	1 728	860	989	TAK	134	TAK
47	Filarowa	18	12	0,8	13,2	2,95	71	0,50	0,26	0,35	1	0,5	1 910	1 528	860	989	TAK	151	TAK
48	Ruta	19	22	1,0	10,8	2,95	97	0,50	0,20	0,28	1	0,5	2 328	1 862	860	989	TAK	124	TAK
49	Jana Pawła	18	18	1,2	9,8	2,95	106	0,50	0,30	0,26	1	0,5	2 500	2 000	860	989	TAK	168	TAK
50	Węglinek	28	10	0,8	13,4	2,95	108	0,50	0,48	0,57	1	0,5	1 167	934	860	989	NIE	246	TAK
51	Prusa	10	19	1,7	7,6	3,65	104	0,50	0,20	0,28	1	0,5	2 328	1 862	792	911	TAK	114	TAK

Źródło: opracowanie własne

Oznaczenie kolorów:

- istniejące trasy,
- * istniejące trasy - zmiana układu zasilania,
- * nowe trasy.

Ponadto:

- w przypadku odcinka nr 8 *Al. Racławickie* sugeruje się zmniejszenie jego długości o 100 metrów na rzecz odcinka nr 1 *Kozary*,
 - zaleca się zasilanie skrzyżowania *Narutowicza/Lipowa* z odcinka nr 10 *Piławskiego*,
 - w obliczeniach nie uwzględniono zasilania sieci trakcyjnej na terenie obecnej oraz nowej zajezdni trolejbusowej, ze względu na nietypowy charakter obciążenia. Zaleca się wykonanie sieci trakcyjnej na terenie zajezdni jako niezależny odcinek zasilania, zabezpieczony wyłącznikiem szybkim o nastawie 1500 A,
 - obecny odcinek zasilania nr 5 *Baza* zostanie zlikwidowany wraz z likwidacją zajezdni trolejbusowej „Helenów”.
- Ww. uwagi uwzględniono w obliczeniach.

Zintegrowany System Miejskiego Transportu Publicznego w Lublinie

Kancelaria

Umożliwienie dostępu do informacji publicznej

Umożliwienie dostępu do informacji publicznej

Umożliwienie dostępu do informacji publicznej

Umożliwienie dostępu do informacji publicznej

Umożliwienie dostępu do informacji publicznej

Umożliwienie dostępu do informacji publicznej

Umożliwienie dostępu do informacji publicznej

Umożliwienie dostępu do informacji publicznej

Tytuł opracowania:

Faza 2. Szczegółowe Studium Wykonalności oraz Ocena oddziaływania na środowisko

Zadanie 2A. Studium Wykonalności Projektu

Zadanie 2A. Studium Wykonalności Projektu

Zadanie 2A. Studium Wykonalności Projektu

Zadanie 2A. Studium Wykonalności Projektu

Zadanie 2A. Studium Wykonalności Projektu

Zadanie 2A. Studium Wykonalności Projektu

Zadanie 2A. Studium Wykonalności Projektu

Tabela 3 Obliczenia mocy podstacji – system zdecentralizowany

Lp.	nazwa podstacji	prąd całkowity podstacji [A]	Liczba pojazdów	moc godzinna [kW]	k_{max}	Maksymalny prąd chwilowy I_{max} [A]	minimalny prąd znamionowy kryterium przeciążalności [A]
1	Szczerbowskię	1 232	14,3	813	2,4	2 993	1 497
2	Garbarska	1 367	15,5	902	2,4	3 221	1 610
3	Helenów	1 140	12,5	753	2,6	2 923	1 462
4	Czechów	354	3,8	234	4,6	1 632	816
5	Kolejarz	544	6,2	359	3,5	1 925	962
6	Tatary	280	2,7	185	5,6	1 571	785
7	Mełgiewska	177	1,6	117	8,1	1 438	719
8	Baza	266	2,4	175	6,1	1 633	816
9	Doświadczalna	118	1,0	78	11,5	1 359	680
10	Abramowice	93	1,0	62	11,2	1 044	522
11	Wrotków	167	1,5	110	8,3	1 386	693
12	Bystrzyca	257	2,6	169	5,8	1 493	747
13	Zana	273	3,6	180	4,7	1 293	646
14	Poreęba	410	4,3	271	4,3	1 763	881
15	Węęlin	347	2,7	229	5,6	1 948	974

źródło: opracowanie własne

1.4. Podsumowanie

Wykonane obliczenia wskazują na poprawność zaproponowanego układu zasilania. Liczba i rozmieszczenie podstacji kioskowych zostały tak dobrane, aby uzyskać wzajemną rezerwowalność tych podstacji.

Ze względu na zbyt niską wartość prądów zwarciovych na niektórych odcinkach zasilania należy zastosować przyblichacze zwarć (umieszczone w połowie długości odcinka) oraz zabezpieczenia czasowo – prądowe wyłączników szybkich. Dotyczy to następujących odcinków:

- Pętla,
- Konstantynów,
- Koszary,
- Węęlinek.

Celem podsumowania, można zaproponować kilka sugestii dotyczących układu zasilania:

- Parametry układów napędowych nowych troleibusów powinny uwzględniać ograniczenia wynikające z parametrów systemu zasilania i nie powodować nadmiernego jego obciążenia. Zaleca się, aby maksymalny chwilowy pobór prądu z sieci trakcyjnej był nie większy niż 350 - 400 A, a moc silnika trakcyjnego była zredukowana przy znacznych pręędkościach. Taki zabieg przyczynia się także do zmniejszenia zużycia energii przez troleibus.

Zintegrowany System Miejskiego Transportu Publicznego w Lublinie		- 9 -
Nazwa zlecenia: Umowa Ramowa dotycząca Wsparcia Technicznego dla Krajów Beneficjentów Inicjatywy JASPERS z dnia 15.11.06 / Partia 1 / Projekt 2006 018 PL TRA URT		Tytuł opracowania: Faza 2: Szczegółowe Studium Wykonalności oraz Ocena Oddziaływania na Środowisko Zadanie 2A: Studium Wykonalności Projektu

- Zaleca się w budowanych podstacjach zastosowanie, oprócz zabezpieczeń nadprądowych bezzwłocznych, dodatkowych zabezpieczeń czasowo – prądowych zasilaczy.

Zintegrowany System Miejskiego Transportu Publicznego w Lublinie		- 10 -
Nazwa zlecenia: Umowa Ramowa dotycząca Wsparcia Technicznego dla Krajo- Beneficjentów Inicjatywy JASPERS z dnia 15.11.06 / Partia 1 / Projekt 2006 016 PL TRA URT		Tytuł opracowania: Faza 2: Szczegółowe Studium Wykonalności oraz Ocena Oddziaływania na Środowisko Zadanie 2A: Studium Wykonalności Projektu

2. ZAŁĄCZNIK Metodyka obliczeń układu zasilania oraz podstacji trakcyjnych

2.1. Metodyka obliczeń układu zasilania

We wzorach przedstawionych w niniejszym rozdziale przyjęto następujące oznaczenia:

l	- długość odcinka zasilania [km],
l_z	- długość zasilacza [km],
n_k	- liczba par zasilacza,
v_k	- prędkość komunikacyjna [km/h],
n	- liczba trolejbusów przejeżdżających przez odcinek zasilania w ciągu godziny w obydwu kierunkach,
N	- średnia liczba trolejbusów znajdujących się na odcinku zasilania,
I_{sr}	- wartość średnia prądu zasilacza [A],
I_{sk}	- wartość skuteczna prądu zasilacza [A],
R_s	- rezystancja sieci trakcyjnej [Ω],
R_z	- rezystancja zasilacza [Ω],
R_{k_max}	- maksymalna rezystancja pętli zwarcia [Ω],
I_{k_min}	- wartość minimalnego prądu zwarcia [A],
I_{nast_max}	- maksymalna nastawa prądowa wyłącznika szybkiego [A],
I_{max}	- wartość maksymalnego prądu obciążenia [A],
I_{nast_min}	- minimalna nastawa prądowa wyłącznika szybkiego [A],
ΔU_{sr}	- średnia wartość spadku napięcia [V],
ΔU_{sr_max}	- średnia wartość maksymalnego spadku napięcia [V],
ΔU_{max}	- maksymalna wartość spadku napięcia [V].

Obliczenia poszczególnych odcinków zasilania wykonano wg następującego schematu:

1. Wyznaczenie średniego prądu obciążenia zasilacza. Wartość ta wyznaczana jest ze wzoru:

$$I_{sr} = \frac{l \cdot n \cdot e}{U_m} \quad [1]$$

gdzie:

I_{sr} - średni prąd obciążenia odcinka zasilania [A],

Zintegrowany System Miejskiego Transportu Publicznego w Lublinie		- 11 -
Nazwa zlecenia: Umowa Ramowa dotycząca Wsparcia Technicznego dla Krajow Beneficjentów Inicjatywy JASPERS z dnia 15.11.06 / Partia 1 / Projekt 2006 018 PL TRA URT		Tytuł opracowania: Faza 2: Szczegółowe Studium Wykonalności oraz Ocena Oddziaływania na Środowisko Zadanie 2A: Studium Wykonalności Projektu

- n - liczba trolejbusów przejeżdżających przez odcinek zasilania w ciągu godziny w obu kierunkach,
- l - długość odcinka zasilania [km],
- e - zużycie energii przez trolejbus [kWh/wozokm],
- U_m - napięcie znamionowe zasilania trolejbusu równe 600 V.

2. Wyznaczenie maksymalnego chwilowego prądu obciążenia zasilacza.

Prąd ten (I_{max}) wyznaczany jest jedną z dwóch poniższych metod:

- a) metoda równoczesnego rozruchu pojazdów:

$$I_{max} = I_r \cdot N \quad [2]$$

gdzie:

I_r – wartość prądu rozruchowego trolejbusu, równa 430 A,

N – całkowita liczba trolejbusów znajdujących się na odcinku zasilania.

Metoda ta jest stosowana w przypadku niewielkiej (mniejszej niż 1,5) średniej liczby pojazdów znajdujących się jednocześnie na odcinku zasilania lub w przypadku odcinków o skomplikowanej topologii.

- b) na podstawie krzywej maksymalnego chwilowego obciążenia:

$$I_{max} = I_{sr} \cdot k_s \quad [3]$$

gdzie:

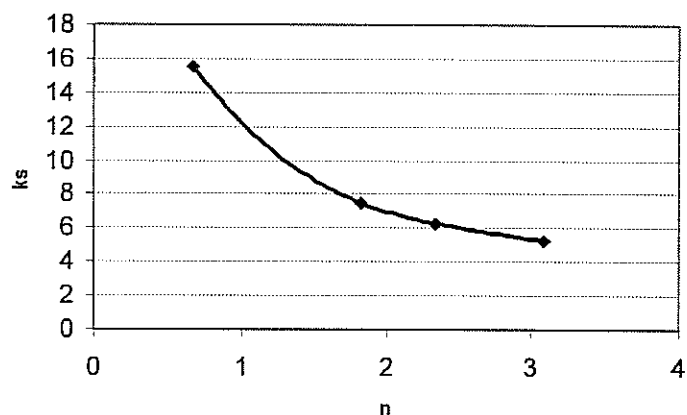
I_{sr} – wartość średnia prądu obciążenia odcinka zasilania [A],

k_s – współczynnik szczytu k_s , równy stosunkowi maksymalnego chwilowego prądu obciążenia odcinka zasilania do jego wartości średniej.

Wartość współczynnika k_s odczytywana jest z krzywej, przedstawionej na [Wykres 1]. Krzywa ta została określona na podstawie pomiarów przeprowadzonych w gdyńskiej sieci trolejbusowej.

Zintegrowany System Miejskiego Transportu Publicznego w Lublinie		- 12 -
Nazwa zlecenia: Umowa Ramowa dotycząca Wsparcia Technicznego dla Krajów Beneficjentów Inicjatywy JASPERS z dnia 15.11.06 / Partia 1 / Projekt 2006 018 PL TRA URT		Tytuł opracowania: Faza 2: Szczegółowe Studium Wykonalności oraz Ocena Oddziaływania na Środowisko Zedanie 2A: Studium Wykonalności Projektu

Wykres 1 Krzywa maksymalnego chwilowego obciążenia, n – średnia liczba trolejbusów znajdujących się na odcinku zasilania



W obliczeniach przyjęto aproksymację powyższej krzywej wg wzoru:

$$k_s = 1 + \frac{3,7}{\sqrt{N}} + \frac{6,3}{N} \quad [3a]$$

3. Wyznaczenie nastawy zabezpieczenia nadprądowego wyłącznika szybkiego zasilacza z punktu widzenia maksymalnego prądu obciążenia

Aby nie następowało niepożądane zadziałania wyłącznika szybkiego w wyniku prądu obciążenia, nastawa zabezpieczenia musi spełniać kryterium:

$$I_{nast} \geq 1,15 \cdot I_{max} \quad [4]$$

gdzie:

I_{nast} – wartość prądu nastawczego wyłącznika szybkiego [A],

I_{max} – obliczeniowa maksymalna chwilowa wartość prądu zasilacza [A].

4. Wyznaczenie maksymalnego chwilowego spadku napięcia w sieci trakcyjnej.

W przypadku zasilania jednopunktowego, czyli jednym zasilaczem wartość maksymalnego chwilowego spadku napięcia (ΔU_{max_s}) obliczana jest z zależności:

$$\Delta U_{max_s} = 0,5 \cdot I_{max} \cdot R_s + I_{max} \cdot R_z \quad [5]$$

gdzie:

R_s – rezystancja sieci trakcyjnej pomiędzy punktem zasilania a najbardziej oddalonym punktem sieci trakcyjnej [Ω],

R_z – rezystancja zasilacza [Ω].

Zintegrowany System Miejskiego Transportu Publicznego w Lublinie		- 13 -
Nazwa zlecenia: Umowa Ramowa dotycząca Wsparcia Technicznego dla Krajów Beneficjentów Inicjatywy JASPERS z dnia 15.11.06 / Partia 1 / Projekt 2006 018 PL TRA URT		Tytuł opracowania: Faza 2: Szczegółowe Studium Wykonalności oraz Ocena Oddziaływania na Środowisko Zadanie 2A: Studium Wykonalności Projektu

W niektórych przypadkach, wartość ta została wyznaczona na podstawie analizy najniekorzystniejszego rozmieszczenia pojazdów.

W przypadku zasilania dwupunktowego – dwoma liniami kablowymi przyłączonymi w punktach sieci trakcyjnej A i B wartość maksymalnego chwilowego spadku napięcia (ΔU_{\max}) obliczana jest z zależności:

$$\Delta U_{\max_s} = \frac{I_{\max} \cdot (R_k - R_{pw})}{\sqrt{2}} \quad [6]$$

gdzie:

R_k – maksymalna rezystancja pętli zwarcia na danym odcinku zasilania [Ω],

R_{pw} – rezystancja wewnętrzna podstacji [Ω].

Maksymalna rezystancja pętli zwarcia w przypadku zasilania dwupunktowego jest równa maksimum z dwóch wartości:

$$R_{k1} = \frac{(R_{sb} + R_{z2}) \cdot R_{z1}}{R_{z1} + R_{sb} + R_{z2}} + R_{pw} + R_{sa} \quad [6a]$$

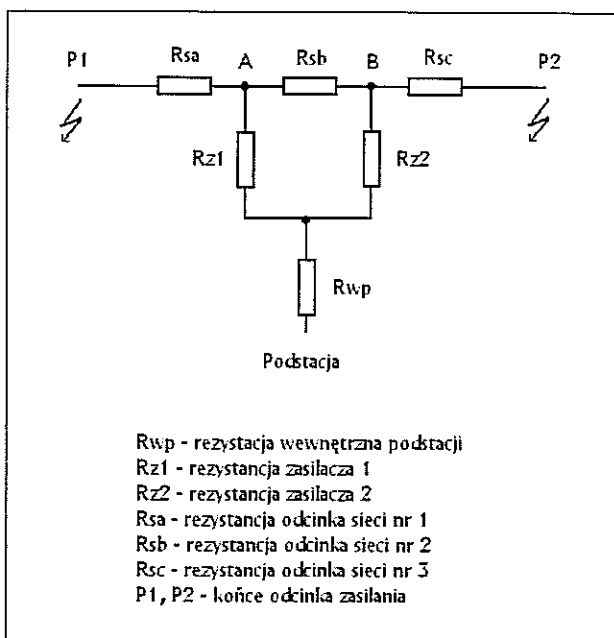
i

$$R_{k2} = \frac{(R_{sa} + R_{z1}) \cdot R_{z2}}{R_{z2} + R_{sa} + R_{z1}} + R_{pw} + R_{sb} \quad [6b]$$

Znaczenia symboli są wyjaśnione na [Schemat 1].

Zintegrowany System Miejskiego Transportu Publicznego w Lublinie		- 14 -
Nazwa zlecenia: Umowa Ramowa dotycząca Wsparcia Technicznego dla Krajów Beneficjentów Inicjatywy JASPERS z dnia 15.11.06 / Partia 1 / Projekt 2006 010 PL TRA URT		Tytuł opracowania: Faza 2: Szczegółowe Studium Wykonalności oraz Ocena Oddziaływania na Środowisko Zadanie 2A: Studium Wykonalności Projektu

Schemat 1 Schemat zasilania w układzie dwupunktowym



5. Wyznaczenie minimalnego prądu zwarcia w sieci trakcyjnej.

Wartość I_{kmin} minimalnego prądu zwarcia wyznacza się następująco:

$$I_{kmin} = \frac{U_0}{R_{kmax}} \quad [7]$$

gdzie:

R_{kmax} – maksymalna rezystancja pętli zwarcia [Ω],

U_0 – napięcie znamionowe szyn prądu stałego podstacji, równe 660 V.

Wartość maksymalnej rezystancji pętli zwarcia wyznacza się przy założeniu zwarcia w sieci trakcyjnej w punkcie najbardziej oddalonym od podstacji.

6. Wyznaczenie nastawy zabezpieczenia nadprądowego wyłącznika szybkiego zasilacza z punktu widzenia minimalnego prądu zwarcia.

Ze względu na kryterium wyłączalności prądów zwarciovych, nastawa bezwłocznego zabezpieczenia nadprądowego zasilacza musi spełniać warunek:

$$I_{nast} \leq I_{kmin} \cdot k_b \quad [8]$$

gdzie:

I_{nast} – wartość prądu nastawczego wyłącznika szybkiego [A],

I_{kmin} – obliczeniowa minimalna wartość prądu zwarcia [A],

Zintegrowany System Miejskiego Transportu Publicznego w Lublinie		- 15 -
Nazwa zlecenia: Umowa Ramowa dotycząca Wsparcia Technicznego dla Krajów Beneficjentów Inicjatywy JASPERS z dnia 15.11.06 / Partia 1 / Projekt 2006 018 PL TRA URT		Tytuł opracowania: Faza 2: Szczegółowe Studium Wykonalności oraz Ocena Oddziaływania na Środowisko Zadanie 2A: Studium Wykonalności Projektu

k_b – współczynnik bezpieczeństwa uwzględniający wahania napięcia zasilania oraz rezystancję przejścia w miejscu zwarcia. Współczynnik bezpieczeństwa k_b przyjmuje wartość 0,8.

7. Kontrola wyłączalności prądów zwarciovych

Aby uzyskana była wyłączalność prądów zwarciovych w sieci trakcyjnej, nastawa wyłącznika wynikająca z maksymalnego chwilowego obciążenia sieci trakcyjnej musi być większa od nastawy wynikającej z minimalnego prądu zwarcia.

2.2. Metodyka obliczeń podstacji trakcyjnych

Obliczenia podstacji trakcyjnych wykonano wg następującego schematu:

1. Obliczenia mocy zainstalowanej.

Szczytowy godzinny prąd obciążenia każdej z podstacji trakcyjnych został wyznaczony poprzez zsumowanie średnich prądów wszystkich zasilaczy danej podstacji. Prąd ten został następnie porównany z dopuszczalnym godzinny prąd obciążenia podstacji trakcyjnej. Założono, że załączone są dwa zespoły prostownikowe na każdej z podstacji, więc dopuszczalny prąd obciążenia podstacji wynosi 2400 A.

Dla podstacji kioskowych przyjęto dopuszczalny prądu obciążenia na poziomie 1200 A (obciążalność jednego zespołu).

2. Obliczenia przeciążalności krótkotrwałej

Kontroli podstacji trakcyjnych z punktu widzenia przeciążalności chwilowej dokonano wg metody², która polega na:

- wyznaczeniu współczynnika obciążenia chwilowego podstacji trakcyjnej; wartość ta została wyznaczona metodą Rozenfelda;
- obliczeniu maksymalnego chwilowego obliczeniowego prądu obciążenia podstacji trakcyjnej, będącego iloczynem godzinny prądu obciążenia podstacji i współczynnika obciążenia szczytowego;
- wyznaczeniu maksymalnego chwilowego dopuszczalnego prądu obciążenia podstacji trakcyjnej, równy iloczynowi znamionowy prądu obciążenia zespołów prostownikowych i współczynnika przeciążalności tychże zespołów. Dla zespołów o klasie przeciążalności E dopuszczalny współczynnik przeciążalności wynosi 2;
- porównaniu wartości maksymalnego chwilowego obliczeniowego prądu obciążenia podstacji trakcyjnej i maksymalnego chwilowego dopuszczalnego prądu obciążenia podstacji trakcyjnej.

² Bartłomiejczyk M. Budowa i metodyka obliczeń trolejbusowego układu zasilania, praca magisterska, Gdańsk 2007, Politechnika Gdańska.

Zintegrowany System Miejskiego Transportu Publicznego w Lublinie		- 16 -
Nazwa zlecenia: Umowa Ramowa dotycząca Wsparcia Technicznego dla Krajów Beneficjentów Inicjatywy JASPERS z dnia 15.11.06 / Partia 1 / Projekt 2006 018 PL TRA URT		Tytuł opracowania: Faza 2: Szczegółowe Studium Wykonalności oraz Ocena Oddziaływania na Środowisko Zadanie 2A: Studium Wykonalności Projektu