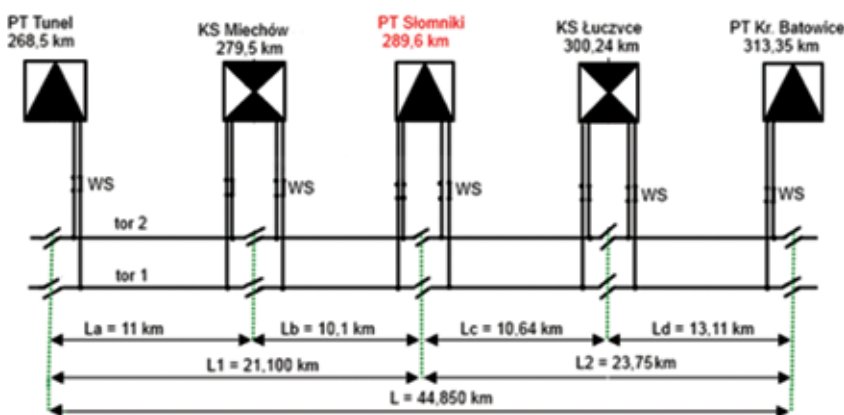


Ireneusz Chrabąszcz, Wasyl Hudym, Adam Jagiełło, Janusz Prusak, Konrad Szymczak

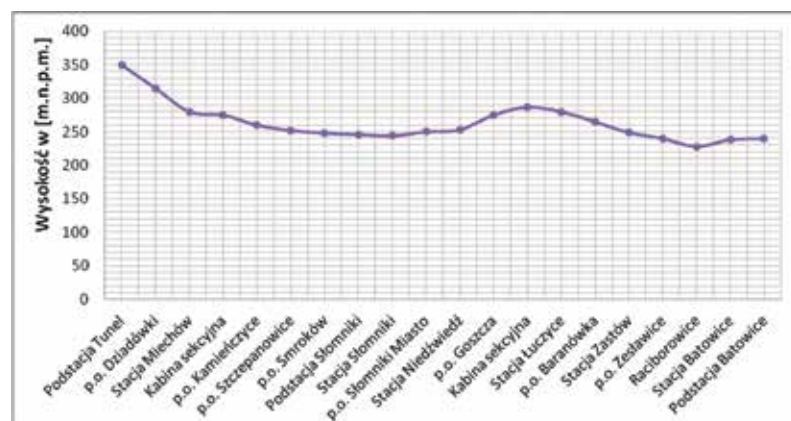
Ocena wykorzystania zespołów prostownikowych kolejowej podstacji trakcyjnej DC – badania symulacyjne

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań symulacyjnych rzeczywistego obciążenia wybranej kolejowej podstacji trakcyjnej prądu stałego 3 000 V (DC), zasilającej linię kolejową o łagodnym profilu, który dominuje w znacznej części Polski. Dzięki tym badaniom uzyskano wyniki pozwalające na ocenę poprawności doboru zespołów prostownikowych dla rzeczywistego obciążenia analizowanej podstacji trakcyjnej.

Obciążenie podstacji trakcyjnych charakteryzuje się dużą zmiennością. Pomimo tego, że przyczyny tej zmienności są wśród specjalistów powszechnie znane [2, 9, 11], to dla projektantów problem stanowi jednoznaczne określenie wartości chwilowych obciążeń trakcyjnych, a w szczególności przeciążeń mogących się pojawiać w trakcie eksploatacji podstacji. Bezpośrednim dowodem na powyższe stwierdzenie są wyniki pomiarów wykazujące istnienie znacznych rezerw mocy w zainstalowanych na podstacjach zespołach prostownikowych [5, 6, 4].



Rys. 1. Schemat zasilania sieci trakcyjnej analizowanego odcinka
Źródło: oprac. własne.



Rys. 2. Profil pionowy analizowanego odcinka linii kolejowej
Źródło: oprac. własne.

Charakterystyka badanej linii kolejowej

Wybrany do analizy odcinek linii kolejowej zasilany jest z podstacji trakcyjnej (PT) „Słomniki”, która znajduje się pomiędzy PT „Tunel” a PT „Kraków Batowice”. Jest to linia dwutorowa. Długość odcinka, dla którego przeprowadzono symulację obciążeń, wynosi 44 km 850 m. Prowadzony jest na niej zarówno ruch pasażerski, jak i towarowy. Na rys. 1 przedstawiono schemat wybranego obszaru zasilania, uwzględniający położenie podstacji trakcyjnych (PT), kabin sekcyjnych (KS) oraz wzajemne odległości pomiędzy nimi.

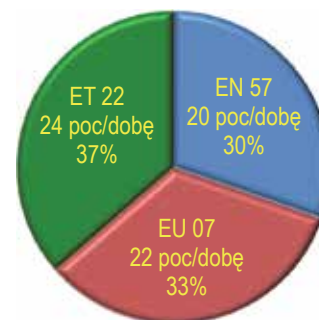
Na rysunku 2 zaprezentowano w formie graficznej profil pionowy analizowanego odcinka linii kolejowej. Linia ta nie posiada znacznych wzniesień ani spadków. Maksymalna różnica wysokości wynosi ok. 140 m, co jest wartością małą w porównaniu np. do linii górskiej.

Obciążenie trakcyjne

Na analizowanym fragmencie trasy występuje zarówno ruch towarowy, jak i pasażerski. W celu analizy obciążenia podstacji wzięto pod uwagę pojazdy, które są dominujące dla taboru występującego na tej linii i kursują na niej niezmiennie od wielu lat. Są to głównie 3-wagonowe elektryczne zespoły trakcyjne typu EN57, pasażerskie pociągi pośpieszne prowadzone przez lokomotywę EU07 oraz pociągi towarowe z lokomotywą ET22.

Na rysunku 3 zaprezentowano w sposób graficzny liczbę i rodzaj pociągów na badanym odcinku w ciągu doby. Podane wartości dotyczą pojazdów poruszających się w obu kierunkach jazdy.

W ciągu doby przez analizowany odcinek przemieszcza się 68 pociągów, przy czym 24 spośród nich (37%) to pociągi towarowe, pozostałe pojazdy w liczbie 44 sztuk (63%) to pociągi osobowe i elektryczne zespoły trakcyjne. Na rozpatrywanej trasie dominuje ruch pasażerski, jednakże ruch towarowy również jest znaczny.



Rys. 3. Liczba pociągów w ciągu doby na badanym odcinku
Źródło: oprac. własne.

Dobowe obciążenie dla analizowanej podstacji trakcyjnej

Pierwszym etapem badania specyfiki przeciążeń zespołów prostownikowych analizowanej podstacji trakcyjnej, było określenie przebiegu jej obciążenia w czasie jednej doby.

Do realizacji tego etapu wykonano badania symulacyjne bazujące na przejazdach teoretycznych pojazdów na badanej trasie [12, 10]. Na rysunku 4 przedstawiono graficzny rozkład jazdy w trakcie jednej wybranej doby, dla której przeprowadzono analizę obciążenia podstacji.

Godziny przejazdów (rys. 4) pojazdów trakcyjnych oznaczono następująco: kolorem niebieskim dla elektrycznych zespołów trakcyjnych, kolorem czarnym dla pociągów pasażerskich oraz kolorem czerwonym dla pociągów towarowych. Z wykresu można odczytać, kiedy poszczególne pojazdy zatrzymują się na przystankach oraz kiedy występuje największe nasilenie ruchu, uwzględniony został ruch pojazdów w obu kierunkach. Jak widać (rys. 4) najczęściej zatrzymują się elektryczne zespoły trakcyjne a znacznie rzadziej pociągi towarowe i pasażerskie. W niektórych przypadkach czas postoju (dotyczy to głównie zespołów trakcyjnych) jest na tyle krótki, że przy pomocy graficznej metody przedstawienia rozkładu jazdy jest on trudny do zobrazowania.

Uzyskane wyniki, pomocne przy analizie specyfiki przeciążeń, przedstawiono na rysunku 5. Są to przebiegi obciążenia zespołów prostownikowych w skali jednej doby dla rozważanej w tym artykule podstacji trakcyjnej.

Przebieg obciążenia (rys. 5) prezentuje wszystkie istotne wartości prądów, które obciążają podstację trakcyjną w Słomnikach. Kolorem niebieskim oznaczono prądy pobierane przez wszystkie pojazdy jadące odcinkiem zasilania w ciągu doby. Dwie poziome linie oznaczają kolejno od góry: wartość skuteczną prądu I_{sk} wynoszącą 589,38 A – kolor pomarańczowy oraz wartość średnią prądu dobowego wynoszącą 353,9 A – kolor zielony.

Ani jeden, ani drugi parametr nie stanowią zagrożenia z uwagi na przeciążalności zespołów prostownikowych zarówno typu PK-17/3,3 jak i PD-16/3,3 występujących na podstacji. Wyliczony na podstawie wartości średniej i skutecznej prądu dobowego obciążającego podstację współczynnik kształtu wynosi 1,67. Jego wartość została wyznaczona jako iloraz:

$$\frac{I_{sk}}{I_{sr}} = \frac{589,381}{353,9} = 1,67$$

Dla przykładu współczynnik kształtu prądu wyprostowanego jedno-połówkowo wynosi 1,57. Ze względu na wysoką wartość tego współczynnika zmienność obciążenia należy określić jako znaczną.

Ocena prądów maksymalnych

Uzyskany symulacyjnie przebieg prądu obciążenia (rys. 5) i graficzny rozkład jazdy (rys. 4) pozwalają na określenie maksymalnych wartości prądu oraz czasu i okoliczności ich występowania. Maksymalna wartość prądu obciążenia występuje ok. godziny 13:29 i wynosi

2 988,2 A przez 2 sekundy. Tak duża wartość prądu jest wynikiem nałożenia się przejazdów 2 ciężkich pociągów towarowych jadących w przeciwnych kierunkach (linia dwutorowa). Kolejna wysoka wartość prądu obciążenia ma miejsce o godzinie 17:51 w trakcie szczytu popołudniowego i wynosi 2 720,6 A również przez 2 sekundy. Prąd ten jest wynikiem nałożenia się przejazdów:

- ◆ 2 elektrycznych zespołów trakcyjnych jadących z Krakowa,
- ◆ 1 pociągu towarowego jadącego z Krakowa,
- ◆ 1 pociągu towarowego jadącego do Krakowa.

Trzecia z kolei wartość prądu w ciągu doby występuje o godzinie 07:14 w czasie szczytu porannego i wynosi 2 676,4 A oraz trwa przez 9 sekund. Spowodowana jest przejazdem:

- ◆ 1 elektrycznego zespołu trakcyjnego jadącego do Krakowa,
- ◆ 1 pociągu pasażerskiego jadącego z Krakowa,
- ◆ 2 pociągów towarowych, z których jeden jedzie w stronę Warszawy a drugi w stronę Krakowa.

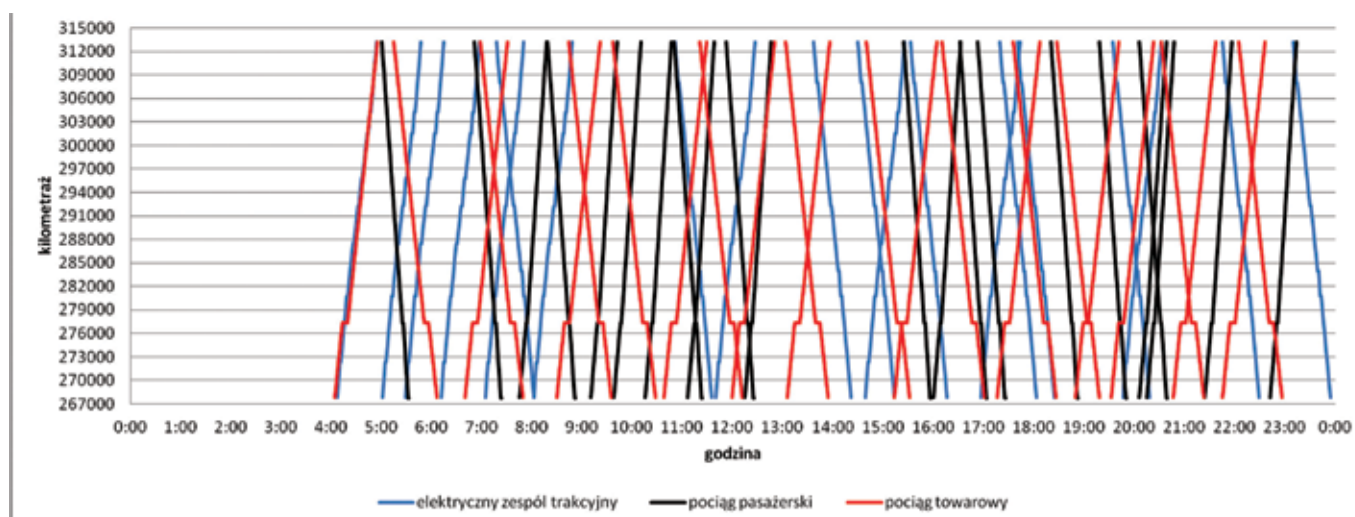
Czwarta wartość skoku prądowego ma miejsce o godzinie 22:21 i wynosi 2 544,1 A przez 1 sekundę. Taki pobór prądu jest wynikiem nałożenia się przejazdów:

- ◆ 1 elektrycznego zespołu trakcyjnego jadącego z Krakowa,
- ◆ 2 pociągów towarowych, gdzie jeden jedzie z Krakowa w stronę Warszawy, a drugi jedzie w stronę stacji Kraków.

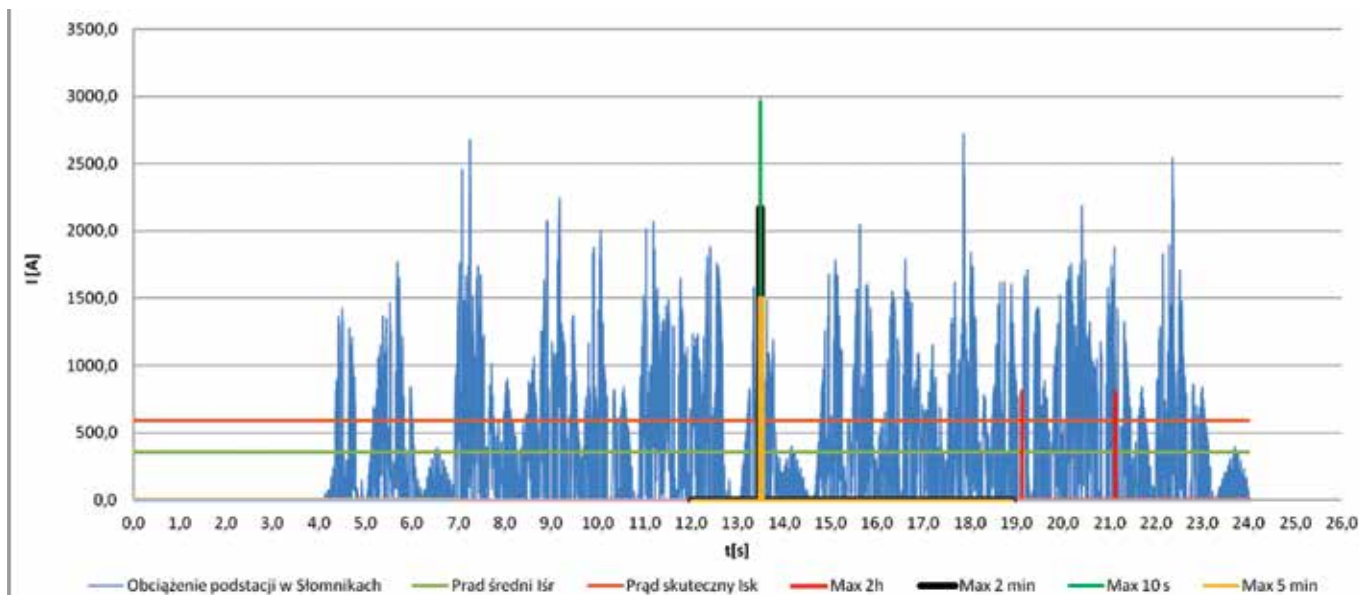
Powyższe wyniki wskazują, że największy wpływ na prądy obciążenia podstacji mają ciężkie pociągi towarowe.

Przeciążenia okresowe i ich ocena

Przebieg prądu obciążenia analizowanej podstacji trakcyjnej (PT) (rys. 5) pozwala ocenić występujące przeciążenia zgodnie z podanymi przez normę [14, 13] standardowymi klasami przeciąża-



Rys. 4. Graficzny rozkład jazdy dla 24 godzin [7]



Rys. 5. Przebieg dobowego obciążenia zespołów prostownikowych badanej PT

ności. Na badanej PT jest eksploatowany zespół prostownikowy typu PK-17/3,3, który jest znamionowany w klasie VI b. Dla tej klasy prąd znamionowy przy obciążeniu ciągłym wynosi 750 A, natomiast przeciążenie długotrwałe to 150% prądu znamionowego przez okres 2 h i wynosi 1 125 A, przeciążenie krótkotrwałe to 300% prądu znamionowego przez czas 5 min i jest równe 2 250 A.

Przy przeprowadzanych modernizacjach lub w nowobudowanych podstacjach trakcyjnych znajduje zastosowanie zespół prostownikowy typu PD-16/33, który jest znamionowany w III klasie przeciążalności. Prąd znamionowy długotrwałego obciążenia dla tego zespołu wynosi 1 600 A, prąd przeciążenia długotrwałego wynosi 150% prądu znamionowego przez 2 minuty i ma wartość 2 400 A, prąd przeciążenia krótkotrwałego wynosi 200% prądu znamionowego przez okres 10 s i wynosi 3 200 A.

Na rysunku 5 zaznaczono odcinki czasowe, w których występują maksymalne obciążenia wynikające z przedstawionych wyżej sposobów znamionowania zespołów prostownikowych. Tak więc zaznaczono maksymalne obciążenie dla: 2 h, 5 min, 2 min i 10 s. Maksymalne obciążenie 2 godzinne (rys. 5) występuje w przedziale czasowym 19:07 do 21.07. W tym czasie (rys. 4) przez analizowany odcinek linii kolejowej, zgodnie z rozkładem jazdy, przejeżdża 5 pociągów towarowych, 4 pociągi pasażerskie oraz 2 elektryczne zespoły trakcyjne. Dla tego przedziału czasowego średnia wartość prądu obciążenia wynosi 587,6 A, a wartość skuteczna wynosi 800,5 A. Jak podano wyżej, dla zespołu prostownikowego typu PK-17/3.3 wartość dopuszczalna prądu dla takiego przedziału czasu (2 h) wynosi 1 125 A. Można więc stwierdzić, że nie została przekroczona wartość dopuszczalna prądu wynikająca z jego danych znamionowych dla długotrwałego przeciążenia. Rzeczywista wartość prądu jest mniejsza o 324,5 A od dopuszczalnej, co oznacza, że zespół prostownikowy ma jeszcze ok. 29% zapasu.

W taki sam sposób, mając uzyskany drogą symulacji przebieg obciążenia (rys. 5), można dokonać oceny dla innych odcinków czasowych każdego zespołu prostownikowego, który byłby rozważany do zainstalowania w danej podstacji trakcyjnej.

Dla analizowanej PT „Słomniki” dokonano obliczeń projektowych, według znanych metod [2, 9, 11], w celu określenia liczb

by niezbędnych zespołów prostownikowych dla występującego aktualnie ruchu pociągów. Uwzględniono również, że musi być zainstalowany o jeden zespół prostownikowy więcej niż to wynika z obliczeń projektowych. Jest to zespół, który jest traktowany jako rezerwy na wypadek awarii lub prac remontowych. Zespół ten jest przeważnie włączony do pracy razem z zespołami podstawowymi. W przypadku zespołu typu PK-17/3.3, należałoby zainstalować 3 zespoły, natomiast w przypadku zespołu typu PD-16/3.3 wystarczą 2 zespoły.

Jeśli na PT „Słomniki” byłyby przykładowo zainstalowane 3 zespoły prostownikowe typu PK-17/3.3, to wypadkowy prąd przeciążenia dwugodzinnego wynosiłby $3 \times 1\,125\text{ A} = 3\,375\text{ A}$. Łatwo policzyć, że wtedy zdolność przeciążeniowa jest ponad 4 razy większa niż to wynika z obliczeń (800,5 A) przeprowadzonych dla występującego aktualnie ruchu pociągów.

Obliczenia przeprowadzone w [4], których wyników tu nie przytoczono, pozwoliły zorientować się, że zdolności obciążeniowe i przeciążeniowe zespołów prostownikowych w PT „Słomniki” są wykorzystywane znacznie poniżej ich możliwości.

Wykorzystanie parametrów znamionowych zespołów prostownikowych

Na podstawie uzyskanego drogą symulacji przebiegu dobowego obciążenia badanej podstacji trakcyjnej (rys. 5) można ocenić wykorzystanie opisanych powyżej typów zespołów prostownikowych pod kątem ich parametrów znamionowych. Na rysunku 6 przedstawiono obciążenie zespołów PK-17/33, procentowo w trakcie doby, pogrupowane z uwzględnieniem prądu znamionowego ($I_N = 750\text{ A}$) i prądów przeciążeń według klasy VI b.

Poszczególne słupki (oznaczone literami A, B, C, D, E i F) na osi odciętych (rys. 6) wynikają z przedziałów oznaczających wartości prądów zgodnie z określonymi w normie klasami przeciążalności [14]. Oś rzędnych prezentuje sumę sekund w czasie doby, dla których występowały poszczególne wartości prądów.

W tabeli 1 przedstawiono szczegółowe dane będące uzupełnieniem do wykresów na rysunku 6.

Sumaryczny czas, kiedy nie jest pobierany prąd z podstacji (słupki A), wynosi 39,2% doby. Przykładowo słupki B to z kolei sumaryczny czas (40,9% doby), gdy prąd obciążenia trakcyjnego

Tab. 1. Obciążenia trakcyjne i czasy ich występowania

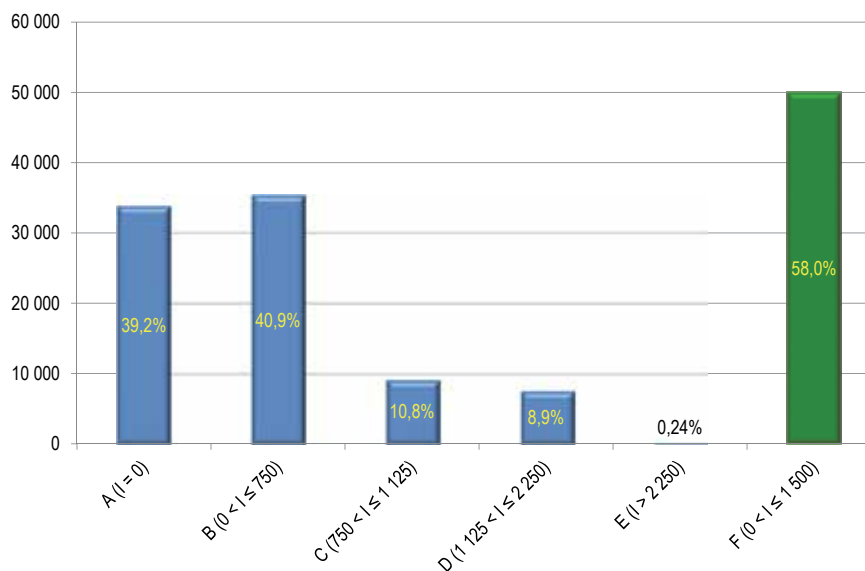
Słupek reprezentujący	Wartość prądu obciążenia [A]	Liczba sekund [s]	Liczba godzin	Procent całej doby [%]
A	$I = 0$	33 833	9 h 23 min 53 s	39,2
B	$0 < I \leq 750$	35 344	9 h 49 min 04 s	40,9
C	$750 < I \leq 1\,125$	9 291	2 h 34 min 51 s	10,8
D	$1\,125 < I \leq 2\,250$	7 726	2 h 8 min 46 s	8,9
E	$I > 2\,250$	206	3 min 26 s	0,24
F	$0 < I \leq 1\,500$	50 103	13 h 55 min 3 s	58,0

jest większy od zera, ale nie przekracza wartości dopuszczalnego obciążenia długotrwałego jednego zespołu prostownikowego. Prądy z zakresu dopuszczalnego przeciążenia długotrwałego również dla jednego zespołu trakcyjnego (słupek C) – w skali doby stanowią 10,8% (w ujęciu sumarycznym). Jeśli natomiast chodzi o przeciążenia krótkotrwałe (słupek D), to sumaryczny czas ich występowania stanowi 8,9% doby. Drugi z zespołów prostownikowych (słupek E) ze względu na przebieg obciążenia trakcyjnego jest niezbędny jedynie przez (sumaryczny czas) 3 min i 26 s (0,24% doby), gdyż wtedy występujące prądy przekraczają wartość 2 250 A, a więc są wyższe niż górna wartość przeciążenia krótkotrwałego. Słupek F (koloru zielonego) dotyczy pracy 2 zespołów prostownikowych w czasie, gdy ich obciążenie nie przekracza wartości dopuszczalnej długotrwałe. Sumaryczny czas pracy dla tych warunków wynosi 13 h 55 min 3 s, co stanowi 58% doby. Na rysunku 7 w poglądowy sposób, przedstawiono wymaganą liczbę zespołów prostownikowych w kolejnych godzinach analizowanej doby.

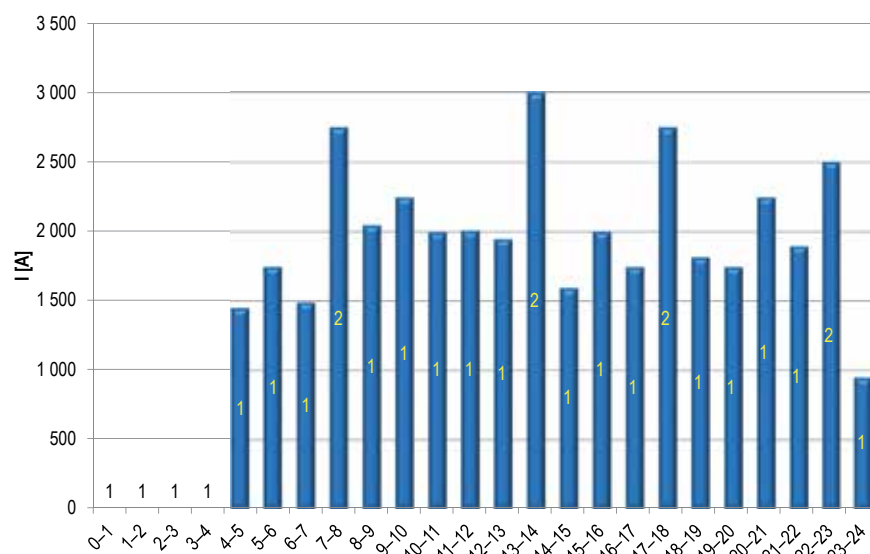
Wykres maksymalnych obciążeń godzinowych dowodzi, że w dużej części doby wystarczyłby jeden zespół prostownikowy typu PK-17/3,3. Od 24:00 do 4:00 rano nie występuje żadne obciążenie, dla tego okresu na rys. 7, cyfrą 1 oznaczono urządzenia, które znajdują się na podstacji. Natomiast wartości prądów dopuszczalnych zostają przekroczone między godziną 7:00 a 8:00 rano przez 73 s w czasie szczytu przedpołudniowego. Minimum obciążenia, które przekracza 2 250 A, wynosi 2 269,8 A, a maksymalna jego wartość to 2 676,4 A. Wymienione wartości prądów są wynikiem przejazdu elektrycznego zespołu trakcyjnego w kierunku Krakowa, pociągu pasażerskiego z Krakowa i 2 pociągów towarowych jadących w przeciwnych kierunkach. Kolejny okres czasu wymagający pracy 2 sztuk zespołów prostownikowych występuje między godziną 13:00 a 14:00. Jest to jednocześnie okres obejmujący przeciążenia 5 min, 2 min i 10 s. 2 zespoły prostownikowe są niezbędne w czasie 53 s, a prądy są wyższe niż 2 250 A i wahają się od 2 720,3 A do 2 988,2 A.

Trzeci odcinek czasowy wymagający 2 zespołów prostownikowych ma miejsce między godziną 17:00 a 18:00. Prąd zmieniający się

od 2 397,9 A do 2 720,6 A występuje między godziną 17:51 a 17:52 przez 50 s. Prąd ten przekracza w tym czasie dopuszczalną wartość o 147,9 A w przypadku dolnej granicy, a o 470,6 A w przypadku górnej granicy. Takie wartości prądu są wynikiem przejazdu 2 elektrycznych zespołów trakcyjnych jadących z Krakowa, gdzie jeden już zjeżdża z odcinka zasilania oraz 2 pociągów towarowych jadących w przeciwnych kierunkach.



Rys. 6. Procentowy rozkład obciążeń trakcyjnych według parametrów zespołu prostownikowego typu PK-17/3,3



Rys. 7. Liczba niezbędnych zespołów prostownikowych w poszczególnych godzinach

Ostatnim momentem doby, kiedy występuje obciążenie, jest przedział między godziną 22:00 a 23:00. Tutaj wartości wyższe niż maksimum wynikające z klasy VI b występują bardzo krótko, bo jedynie przez 30 s między 22:21:24 a 22:21:53. Minimalna wartość prądu w tym przedziale to 2 297,1 A, a maksymalna 2 544,1 A. Ostatnia wartość jest większa od 2 250 A o 13%, co stanowi umiarkowaną różnicę.

Podobne analizy przeprowadzono w odniesieniu do parametrów zespołu prostownikowego typu PD-16/3.3. Ustalono, że w skali doby jest on obciążony prądem wyższym od dopuszczalnego długotrwale ($I_N = 1\ 600\text{ A}$) w sumarycznym czasie 25 min 58 s, z czego 23 min stanowi obciążenie pomiędzy 1 600 A a 2 400 A oraz 2,5 min pomiędzy 2 400 A a 3 200 A. Można łatwo policzyć, że sumaryczny czas, w którym zespół prostownikowy PD-16/3.3 jest obciążony prądem wyższym od obciążenia długotrwałego, ale bez przekraczania wartości przeciążeń wynikających z jego danych znamionowych, wynosi jedynie 1,81% całego przedziału 24-godzinnego.

Uwagi końcowe

Najbardziej wartościowe dla badań charakteru zmienności obciążeń trakcyjnych są wyniki pomiarowe. Jednakże występujący na liniach kolejowych ruch pociągów wynika z realizowanych zadań przewozowych i nie ma możliwości kształtować go według innych kryteriów – np. badawczych.

Posiadając wystarczającą ilość danych, metodą symulacji można określić przebieg obciążenia zespołów prostownikowych podstacji trakcyjnej w funkcji czasu. Jest to wykonalne dla aktualnego rozkładu jazdy lub dla innych założonych warunków. Dzięki tym symulacjom uzyskamy wartościowy materiał badawczy, np. dla oceny występujących przeciążeń istotnych ze względu na prawidłowy dobór zespołów prostownikowych.

Można również, na podstawie posiadanych przebiegów obciążeń i znanego ruchu pojazdów trakcyjnych, podjąć próbę opracowania wzorów lub metod obliczeniowych przydatnych dla projektantów podstacji trakcyjnych i konstruktorów zespołów prostownikowych, które pozwolą w wygodny i dokładny sposób określać przeciążenia trakcyjne dla różnych obciążeń i różnych zadanych odcinków czasowych.

Prowadzone przez zespół autorów badania charakteru zmienności obciążeń trakcyjnych stały się inspiracją do zaproponowania nowych rozwiązań w zakresie budowy obwodu głównego podstacji trakcyjnych kolejowych prądu stałego [8, 1]. Rozwiązania te powinny się przyczynić do ograniczenia zakresu zmienności prądów obciążających poszczególne zespoły trakcyjne. Dzięki temu mogą zostać zmniejszone straty energii w podstacjach trakcyjnych, a więc również może wzrosnąć konkurencyjność trakcji elektrycznej w stosunku do innych przewoźników.

Bibliografia

1. Chrabąszcz I., Drapik S., Dudzik M., Kaczmarczyk A., Prusak J., *Analiza obciążeń zespołów prostownikowych, dla „inteligentnych” kolejowych podstacji trakcyjnych DC – wstępne badania symulacyjne wybranych przypadków*, „Logistyka” 2015, nr 6.
2. Chrabąszcz I., Prusak J., Drapik S., *Trakcja elektryczna prądu stałego. Układy zasilania. Podręcznik INPE dla elektryków*, Zeszyt nr 27, Kraków–Belchatów 2009.
3. Chrabąszcz I., Prusak J., Tkaczyk S., *Wstępna ocena termicznych warunków pracy zespołów prostownikowych dla drugiej linii Metra w Warszawie*, „Technika Transportu Szynowego” 2013, nr 6.
4. Drapik S., Kobielski A., Prusak J., *Wybrane aspekty zmienności obciążeń kolejowych podstacji trakcyjnych*, „Technika Transportu Szynowego” 2010, nr 4.
5. Drapik S., Kuznetsov V., Markowski P., Prusak J., Woszczyzna B., *Badanie skali zmienności obciążeń wybranej tramwajowej podstacji trakcyjnej na podstawie rzeczywistych wyników pomiarowych dla spójnego okresu czasowego obejmującego szesnaście tygodni*, „Logistyka” 2015, nr 6.
6. Drapik S., Markowski P., Prusak J., Woszczyzna B., *Tramwajowe podstacje trakcyjne – wybrane problemy bezpieczeństwa ekologicznego w świetle oceny ich obciążeń*, „Logistyka” 2015, nr 4.
7. *Internetowy rozkład jazdy PKP*: <http://mt.rozklad-pkp.pl/> (dostęp 12.12.2017).
8. Jagiełło A. S., Chrabąszcz I., Drapik S., Dudzik M., Kobielski A., Prusak J., *System do aktywnej regulacji obciążenia zespołów prostownikowych kolejowej podstacji trakcyjnej i sposób aktywnej regulacji obciążenia zespołów prostownikowych kolejowej podstacji trakcyjnej*, Zgłoszenie patentowe nr P. 411511, 2015.
9. Kałuża E., Bartodziej G., Ginalski Z., *Układy zasilania i podstacje trakcyjne*, Skrypty uczelniane Politechniki Śląskiej nr 1220, Gliwice 1985.
10. Kałuża E., *Zbiór zadań i ćwiczeń projektowych z trakcji elektrycznej*, Skrypty uczelniane Politechniki Śląskiej nr 1848, Gliwice 1994.
11. Mierzejewski L., Szelaż A., Gałuszewski M., *Systemy zasilania trakcji elektrycznej prądu stałego*, Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1989.
12. Podoski J., Kacprzak J., Mysiek J., *Zasady trakcji elektrycznej*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1980.
13. PN-EN 60146-1-1 – *Przekształtniki półprzewodnikowe. Wymagania ogólne i przekształtniki o komutacji sieciowej. Wymagania podstawowe*.
14. PN-IEC 146-1-1+AC – *Przekształtniki półprzewodnikowe. Wymagania ogólne i przekształtniki o komutacji sieciowej. Wymagania podstawowe*.

Autorzy:

dr inż. **Ireneusz Chrabąszcz** – Politechnika Krakowska
dr hab. inż. **Wasył Hudym**, prof. PK – Politechnika Krakowska
prof. dr hab. inż. **Adam Jagiełło** – Politechnika Krakowska
dr inż. **Janusz Prusak** – Politechnika Krakowska
mgr inż. **Konrad Szymczak** – niezależny specjalista

Evaluation of the use of rectifier units selected railway traction substation DC – simulation research

In an article based on the parameters of the actual route and train traffic simulated waveform of load current of rectifier units of traction substation which power the railway. In the first part of the article on the basis of the obtained current waveform occurring rated overload for time periods resulting from the rating of the typical rectifier units. In the second part of the article, also based on waveform of load current range tested the range of usage of load rectifier units. The obtained results allow to get an idea in the scale reserves of power equipment constituting basic equipment as taken into consideration the traction substation.