

Analiza techniczno- -ekonomiczna zastosowania zasobnika energii w transporcie miejskim

W dokumentach Unii Europejskiej problem ochrony środowiska łączy się ze wzrostem efektywności energetycznej umożliwiającej osiągnięcie oszczędności makroekonomicznych.

Decyzjami Unii Europejskiej (Article 5 of the Council Decision of 25 January 1999 – programme for research, development and demonstration on “Energy, environment and sustainable development”) zaakceptowano wspólnotowy program badań naukowych kładący nacisk na zwiększenie efektywności wykorzystania energii, w szczególności przez:

- promocję racjonalnego zużycia energii w transporcie w celu zmniejszenia emisji szkodliwych gazów do atmosfery (6.1.4, 6.5.3 of the Work Programme);
- rozwój oraz wykorzystanie nowych metod magazynowania energii (6.3.1, 6.3.2, 6.3.3 of the Work Programme) w celu umożliwienia zaspokojenia szczytowego zapotrzebowania na energię za pomocą istniejących źródeł i ich energii nie wykorzystanej w czasie produkcji przewyższającego bieżące zapotrzebowanie; chwilowe zwiększenie osiągalnej mocy systemu zasilania umożliwia uniknięcie budowy kolejnych, konwencjonalnych źródeł energii oraz infrastruktury niezbędnej do jej dystrybucji.

W Polsce został wszczęty proces ratyfikacyjny Traktatu Karty Energetycznej oraz Protokołu Karty Energetycznej o efektywności energetycznej i odnośnych aspektach ochrony środowiska (decyzja Rady i Komisji 98/181/EC z 25 września 1997 r.).

Wśród celów ustawy Prawo energetyczne (ustawa z 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne – Dz. U. nr 54, poz. 348 z późniejszymi zmianami), w art. 1 pkt 2 wymienia się tworzenie warunków do oszczędnego i racjonalnego użytkowania paliw i energii. Art. 15 obowiązuje do uwzględnienia w założeniach polityki energetycznej państwa konieczność rozwoju wykorzystania niekonwencjonalnych, w tym odnawialnych, źródeł energii oraz racjonalizacji użytkowania paliw i energii. Art. 23 Prawa energetycznego wśród kompetencji prezesa URE wymienia między innymi obowiązek publikowania infor-

macji służących zwiększaniu efektywności użytkowania paliw i energii.

W dokumencie „Założenia Polityki Energetycznej Polski do 2020 roku” (przyjętym przez Radę Ministrów 22.02.2000 r.) mówi się o konieczności podjęcia działań zmierzających do „istotnego obniżenia energochłonności we wszystkich sektorach gospodarki, także w sektorze gospodarstw domowych i w sektorze użyteczności publicznej”. Ich skutkiem ma być poprawa bezpieczeństwa energetycznego i ekologicznego, głównie wskutek przyspieszonego eliminowania marnotrawstwa energii i najbardziej nieefektywnych, a także uciążliwych dla środowiska procesów wytwarzania i użytkowania paliw i energii oraz poprawy pozycji konkurencyjnej krajowych podmiotów gospodarczych, przez obniżanie składnika kosztu energetycznego w cenie wytworzonych towarów i usług.

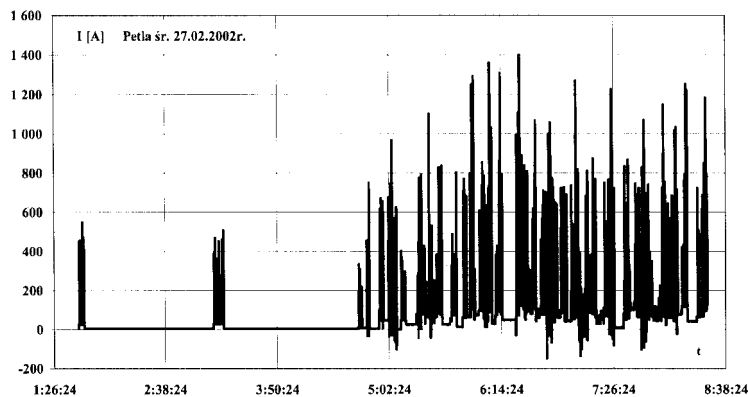
Energochłonność PKB w Polsce (0,79 MWh/1000 USD) jest około czterokrotnie wyższa, niż w Niemczech, Danii czy Holandii [4]. Skuteczne działania, mające na celu poprawę efektywności zużycia energii, powinny być skierowane do jej znaczących odbiorców, do których należą przedsiębiorstwa komunikacji tramwajowej realizujące – w sposób możliwie najmniej uciążliwy dla środowiska – zadania transportu publicznego.

Wprowadzenie

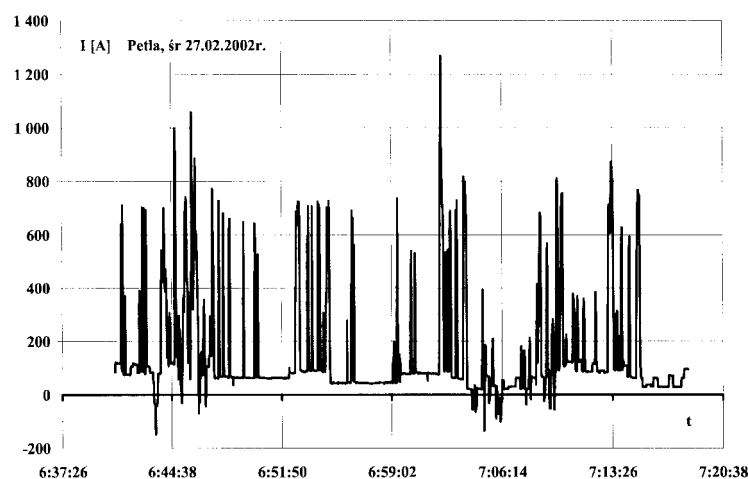
W ramach modernizacji komunikacji tramwajowej wprowadza się do eksploatacji nowe tramwaje, które w porównaniu do aktualnie eksploatowanych tramwajów 105N i pochodnych charakteryzują się następującymi cechami:

- większą pojemnością i masą,
- wyższą mocą silników trakcyjnych,
- zastosowaniem przekształtników energoelektronicznych w obwodach zasilania silników trakcyjnych,
- możliwością rekuperacji energii w czasie hamowania i jazdy na spadkach,
- brakiem tolerancji układu sterowania na znaczące spadki napięcia w sieci trakcyjnej.

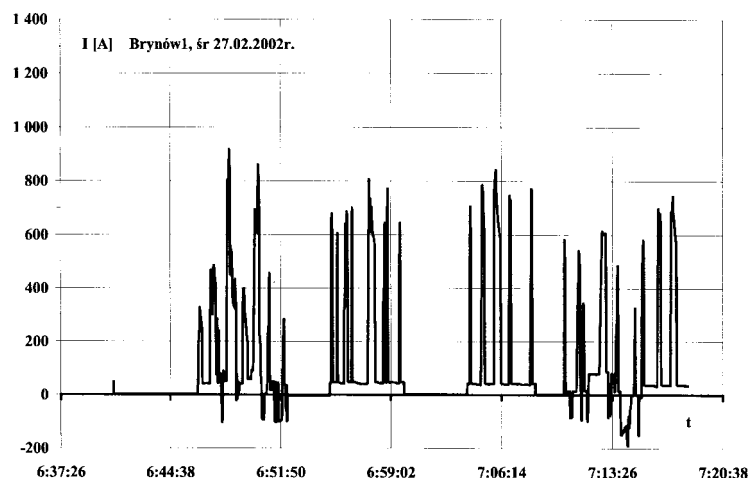
Z wymienionych cech nowych tramwajów wynika wniosek, że niezbędne jest także przeprowadzenie modernizacji układu zasilania, polegającej najczęściej na wybudowaniu i włączeniu do eksploatacji dodatkowych podstacji trakcyjnych, oraz ułożeniu niezbędnych zasilaczy o zwiększonych przekrojach, celem ograniczenia spadków napięcia w sieci trakcyjnej. W związku z tym, że wymienione inwestycje wymagają znaczących nakładów finansowych, interesującym wydaje się być rozważenie innych sposobów wzmocnienia układu zasilania sieci tramwajowej, które zapewnią ograniczenie spadków napięcia, a jednocześnie umożliwią poprawę efektywności hamowania rekuperacyjnego. Jedną z metod wzmocnienia układu zasilania może polegać na wprowadzeniu zasobników energii w miejsce projektowanych dodatkowych podstacji trakcyjnych lub długich zasilaczy i kabli powrotnych. Rolę zasobnika energii może pełnić zespół bezwładnikowy zestawiony z bezwładnika i maszyny elektrycznej [1] połączonej z siecią trakcyjną poprzez przekształtnik energoelektroniczny. W miejsce zespołu bezwładnikowego można zastosować zasobnik kondensatorowy [2],



Rys. 1. Przebieg prądu obciążenia zasilacza sekcji sieci trakcyjnej Pętla Brynów zarejestrowany 27.02.2002 r. w podstacji Park Kościuszki



Rys. 2. Przebieg prądu obciążenia zasilacza sekcji sieci trakcyjnej Pętla Brynów zarejestrowany 27.02.2002 r. w podstacji Park Kościuszki – w godzinach 6.40–7.16



Rys. 3. Przebieg prądu obciążenia zasilacza sekcji sieci trakcyjnej Brynów 1 zarejestrowany 27.02.2002 r. w podstacji Park Kościuszki – w godzinach 6.37–7.16

charakteryzujący się niższymi kosztami utrzymania niż zespołu bezwładnikowego.

Do zastosowania wymienionych rozwiązań predysponowane są szczególnie takie odcinki sieci, czyli sekcje sieci trakcyjnej, które charakteryzują się:

- dużą odległością od podstacji trakcyjnej, przekładającą się na zwiększoną rezystancję obwodu zasilania sieci tramwajowej;
- usytuowaniem w ich obrębie szeregu przystanków i innych punktów wymagających zatrzymania pojazdu, z czym wiąże się możliwość odzyskiwania energii w czasie hamowania;
- usytuowaniem ich na odcinkach trasy o znaczących pochyleniach, wymuszających włączenie hamowania dla stabilizacji prędkości jazdy tramwaju.

Cechy te odpowiadają znaczącej liczbie sekcji sieci trakcyjnej tras tramwajowych usytuowanych na terenie GOP-u.

Analiza przebiegów obciążenia wybranej sekcji sieci trakcyjnej

Do analizy przebiegów obciążenia wybrano sekcję sieci usytuowaną na początku linii tramwajowej 6/16 w Katowicach. Sekcja ta obejmuje Pętlę Brynów z przystankami końcowym i początkowym, jednotorowy dojazd do tej pętli oraz dwutorowy odcinek linii z przystankiem. Przebieg obciążenia analizowanej sekcji charakteryzuje się tym, że prądy rozruchu kilku pociągów nakładają się, tworząc impulsy dochodzące do 1400 A (rys. 1).

Dolny zakres obciążenia zasilacza odpowiada prądom pobieranym przez obwody pomocnicze tramwajów dojeżdżających i odjeżdżających z pętli oraz oczekujących na pętli. Wartości tych prądów wynosiły od 20 do 100 A (rys. 2).

Napięcie sieci trakcyjnej U_s analizowanej sekcji osiąga wartość zgodnie z równaniem (1):

$$U_s = U_{pod} - IR_s \quad \text{dla } P_t > 0 \quad (1)$$

$$U_s = U_{pod} \quad \text{dla } P_t < 0 \quad (2)$$

gdzie:

R_s – rezystancja obwodu zasilania sekcji, $R_s = 0,22 \Omega$;

I – prąd obciążenia zasilacza;

P_t – moc pobierana przez tramwaj z sieci trakcyjnej;

U_{pod} – napięcie na szynach podstacji trakcyjnej.

U_o oraz R_z wyznaczono na podstawie regresji z wyników pomiarów U_{pod} i odpowiadających im wartości prądu podstacji I_{pr} przeprowadzonych w celu wyznaczenia charakterystyki zewnętrznej 2. zespołów prostownikowych podstacji Park Kościuszki.

Otrzymano następujące wartości parametrów prostej aproksymującej $U_{pod} = f(I_p)$:

$$U_{pod} = -R_z \cdot I_p + U_o = -0,0255 \cdot I_p + 717,19 \quad (3)$$

gdzie:

U_{pod} – napięcie na szynach podstacji trakcyjnej;

U_o – napięcie stanu jałowego na szynach podstacji, $U_o = 717,2 \text{ V}$;

R_z – rezystancja zastępcza 2. zespołów prostownikowych ($R_z = 0,0255 \Omega$),

I_p – prąd obciążenia zespołów prostownikowych.

Przy maksymalnym prądzie obciążenia zasilacza Pętla Brynów $I_{\max} = 1400$ A i prądzie obciążenia zespołów prostownikowych równym sumie prądów obciążenia wszystkich zasilaczy $I_p = \Sigma I = 2000$ A, napięcie sieci trakcyjnej U_s w miejscu włączenia zasilacza będzie wynosić:

$$U_s = 717 - 2000 \times 0,0255 - 1400 \times 0,22 = 358 \text{ V.}$$

Tak niski poziom napięcia sieci trakcyjnej może wystąpić jedynie w przypadku nałożenia się maksymalnych impulsów prądu analizowanego zasilacza z wysokimi wartościami prądu obciążenia pozostałych zasilaczy. W związku z tym, że od listopada 2001 r. do Pętli Brynów kursują nowoczesne tramwaje 116Nd (Citadis100), które w końcowej fazie rozruchu i znamionowym obciążeniu urządzeń pokładowych mogą pobierać z sieci prądy do 1100 A, wzrasta prawdopodobieństwo nakładania się impulsów obciążenia dwóch i więcej tramwajów. W przypadku występowania takich prądów obciążenia napięcie sieci trakcyjnej spada poniżej 400 V, co szczególnie utrudnia eksploatację tramwajów 116Nd, dla których minimalne napięcie zasilania wynosi 400 V.

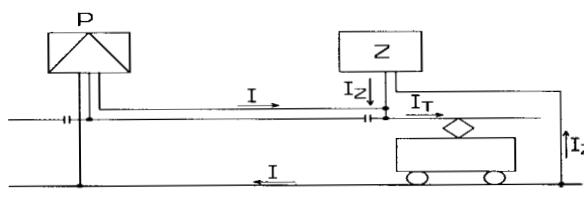
Impulsy prądów obciążenia przekraczające 1000 A (rys. 1 i 2) stanowią najczęściej sumę prądów obciążenia tramwajów 116Nd oraz $2 \times 105\text{Na}$. Ujemne wartości prądu zasilacza to prądy hamowania rekuperacyjnego tramwaju 116Nd płynące przez szyny podstacji trakcyjnej do pozostałych sekcji sieci trakcyjnej zasilanych z podstacji Park Kościuszki. Na rysunku 3 przedstawiono przebieg prądów obciążenia zasilacza sekcji Brynów 1, łączącej Pętlę Brynów z przystankiem Park Kościuszki. Czas przejazdu tego odcinka z dwoma pośrednimi przystankami i dwoma skrzyżowaniami z ulicami wyposażonymi w sygnalizację świetlną nie przekracza 7 min. Dwa środkowe „grzebień” to prądy obciążenia wywołane kolejnymi przejazdami pod sekcją sieci dwóch składów zestawionych z dwóch tramwajów 105Na ($2 \times 105\text{Na}$). Pierwszy „grzebień” związany jest z przejazdem tramwaju 116Nd, a ostatni powstał w wyniku nałożenia prądów obciążenia pobieranego przez 116Nd i $2 \times 105\text{Na}$.

Bilans zużycia energii przeprowadzony na podstawie wyników pomiarów wykazał, że energia hamowania przepływająca z sekcji, w obrębie których chwilowo nie występuje zapotrzebowanie na energię do pozostałych sekcji sieci zasilanych z podstacji trakcyjnej, wynosi zaledwie 2,3% energii dostarczonej przez podstację do sieci trakcyjnej.

Wpływ włączenia zasobnikowego źródła energii do sieci trakcyjnej na poprawę warunków zasilania i ograniczenie zużycia energii przez tramwaje

Przyjęte założenia:

- rolę zasobnika energii będzie pełnił zespół bezwładnikowy;
- zespół bezwładnikowy zostanie włączony do sieci zgodnie z załączonym schematem (rys. 4);
- w algorytmie obliczeń pominięto rezystancje na drodze prądu zasobnika I_z (rys. 4) z uwagi na małe ich wartości;



Rys. 4. Schemat włączenia zasobnika do układu zasilania sekcji sieci trakcyjnej Pętla Brynów

- sygnałem wszczynającym przepływ energii z zasobnika do sieci tramwajowej będzie wzrost prądu obciążenia I zasilacza powyżej założonej wartości $I_{\max, \text{zał}}$, a dalej jego stabilizacja poprzez sterowanie przepływem energii z zasobnika do sieci do czasu, aż prąd obciążenia tramwajów spadnie do wartości założonej $I_{\max, \text{zał}}$;
- zasób energii bezwładnika powinien wystarczyć co najmniej na pokrycie takiej części energii (A_{imp}) w czasie występowania maksymalnego impulsu, która zapewni stabilizację prądu obciążenia zasilacza analizowanej sekcji sieci trakcyjnej na założonym poziomie $I = I_{\max, \text{zał}}$, oraz przejście energii hamowania (A_H) jednego tramwaju 116Nd hamującego od prędkości początkowej $v_H = v_{\max} = 60$ km/h;
- mając na uwadze losowy charakter sekwencji takich zdarzeń, jak wystąpienie impulsu obciążenia (A_{imp}) i oddawanie energii hamowania do sieci (A_H), zasobnik przygotowany do pracy powinien dysponować pojemnością (A_z), co najmniej równą sumie energii wynikającej z założeń (p. b i c).

$$A_z \geq A_{\text{imp}} + A_H \quad (4)$$

$$A_{\text{imp}} = U_s \cdot \int_{t_{pi}}^{t_{ki}} I_z dt \quad (5)$$

$$I_z = I_T - I = I_T - \frac{(U_{\text{pod}} - U_s)}{R_s} \quad (6)$$

gdzie:

U_s – napięcie sekcji sieci trakcyjnej, stabilizowane przepływem mocy zasobnika do sieci;

I_z – prąd pobierany z zasobnika (rys. 4);

I_T – prąd obciążenia sekcji sieci trakcyjnej;

U_{pod} – napięcie na szynach prądu stałego podstacji trakcyjnej;

t_{pi} – czas początku przepływu prądu z zasobnika do sieci;

t_{ki} – czas końca przepływu prądu z zasobnika do sieci.

Na podstawie przeprowadzonej analizy [5], przyjęto że energia użyteczna zespołu bezwładnikowego powinna wynosić 8550 kJ.

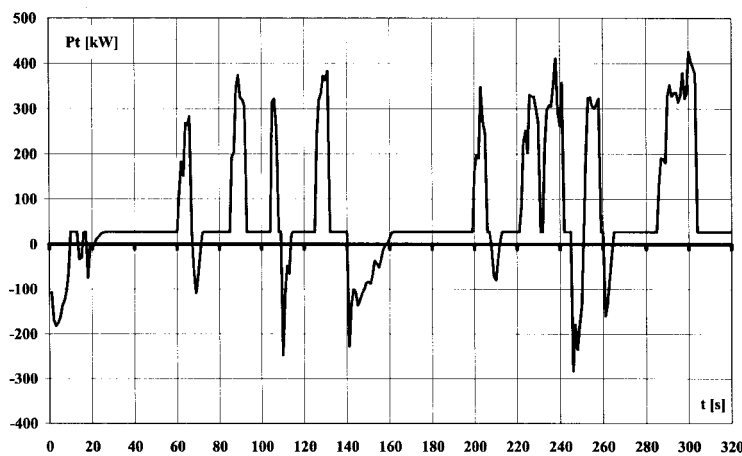
$$A_{\text{uz}} = \frac{(A_{\text{imp}} + A_{\text{ham}})}{\eta_M} = 8550 \text{ kJ} \quad (7)$$

Wymagany moment bezwładności elementów wirujących zasobnika w zakresie zmian prędkości od Ω_{\max} do 0,5 Ω_{\max} oraz założeniu, że $\Omega_{\max} = 420$ rad/s wynosi:

$$J_z = \frac{8 A_{uz}}{3 \Omega_{\max}^2} = \frac{8 \times 8550000}{3 \times 4202} = 129 \text{ kgm} \quad (8)$$

Dla przedstawienia wpływu włączenia zasobnikowego źródła energii do sieci trakcyjnej na poprawę warunków zasilania tramwajów wykonano obliczenia symulacyjne przebiegów mocy ładowania i rozładowania zasobnika oraz przebiegu energii wewnętrznej zasobnika (rys. 6), włączonego do sieci trakcyjnej (rys. 4), o przebiegach mocy pokazanych na rysunku 5.

Przebieg mocy przedstawiony na rysunku 5 obliczono na podstawie wyników pomiarów prądów i napięć na zaciskach silników trakcyjnych w czasie jazdy tramwajów pod prądem i w czasie hamowania dynamicznego. Pomiarów wymienionych parametrów realizowane były w czasie przejazdu tylko jed-



Rys. 5. Przebieg mocy pobieranej z sieci trakcyjnej przez skład zmodernizowanych tramwajów (2x105Na) w czasie przejazdu pod sekcją sieci trakcyjnej Pętla Brynów, wspomaganej zasobnikiem energii

nego składu tramwajów podsekcji sieci trakcyjnej Pętla Brynów. Założono, że dzięki:

- zastosowaniu zasobnika energii,
 - wyposażeniu tramwaju w przekształtnik energoelektroniczny umożliwiający realizację rekuperacji energii,
 - krótkim odcinkom sieci trakcyjnej dzielących tramwaje od zasobnika energii,
- cała moc wyjściowa silników w czasie hamowania zostanie pobrana przez zasobnik.

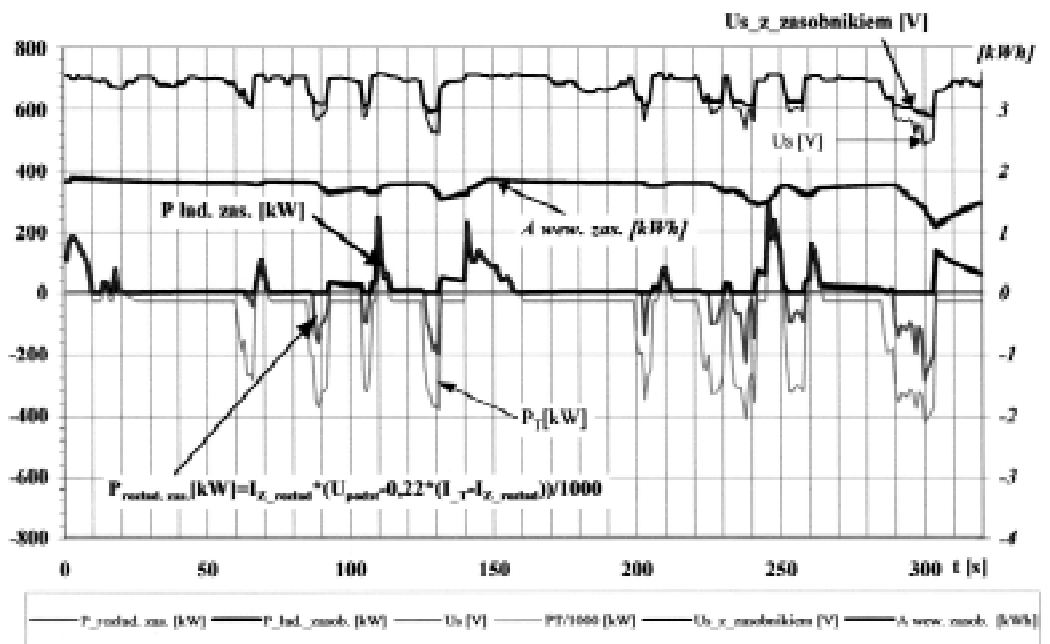
W przebiegach mocy (rys. 5) uwzględniono pobór mocy przez urządzenia pokładowe tramwaju.

Algorytm symulacji obejmuje 5 trybów pracy zasobnika opisanych równaniami, w których przyjęto następujące oznaczenia:

- ΔM_m – moment oporów statycznych (rys. 4),
- M_d – moment dynamiczny (rys. 4),
- M_{rozlad} – moment hamujący wywołany pracą generatorową zasobnika (rys. 4),
- M_{lad} – moment napędowy wywołany pracą silnikową zasobnika (rys. 4),
- P_{rozlad} – moc wyjściowa zasobnika (w czasie rozładowywania),
- P_{lad} – moc wejściowa zasobnika (w czasie ładowania),
- P_T – moc pobierana przez tramwaje,
- P – moc wyjściowa zasilacza,
- η'_M – sprawność maszyny elektrycznej zasobnika (bez uwzględnienia strat mechanicznych zasobnika), $\eta'_M = 0,94$,
- Ω – prędkość kątowna wirnika bezwładnikowego zasobnika energii (rys. 7).

Rozładowanie (pobieranie energii z zasobnika)

$$I_z > 0 \quad \text{ i } \quad M_d < 0 \quad (9)$$



Rys. 6. Efekt zastosowania zasobnika energii dla zasilacza Pętla Brynów. Przebieg mocy i napięć sieci: przed i po włączeniu zasobnika energii

Prąd zasobnika (w czasie rozładowania) pokrywa obciążenia generowane przez tramwaj w tej części, w jakiej prąd I_T przekracza założony, graniczny poziom obciążenia zasilacza, tj. $I_{\max_zal} = 400$ A:

$$I_Z = I_T - I_{\max_zal} = I_T - 400 \text{ A} \quad (10)$$

$$M_{rozlad} = \frac{P_{rozlad}}{\Omega \cdot \eta'_M} \quad (11)$$

$$M_d = -(M_{rozlad} + \Delta M_m) = J \frac{d\Omega}{dt} = J \frac{\Delta\Omega}{\Delta t} \quad (12)$$

$$\Delta M_m = c_1 + c_2 \Omega^2 = 10 + 0,11 \times 10^{-3} \times \Omega^2 \quad (13)$$

$$P_{rozlad} = I_Z \cdot U_s = (I - 400) \cdot [U_{pod} - R_s(I_T - 400)] \quad (14)$$

$$I_T = \frac{U_{pod} - (U_{pod}^2 - 4 P_T R_s)^{0,5}}{2 R_s} \quad (15)$$

$$P = P_T - P_{rozlad} = I \cdot U_s = (I_T - I_Z) \cdot U_s \quad (16)$$

Ładowanie zasobnika energią pobraną z zasilacza

$$I_Z < 0 \quad \text{i} \quad M_d > 0 \quad (17)$$

$$M_{lad} = \frac{P_{lad} \eta'_M}{\Omega} \quad (18)$$

$$M_d = M_{lad} - \Delta M_m \quad (19)$$

$$\Delta M_m = c_1 + c_2 \Omega^2 = 10 + 0,11 \cdot 10^{-3} \cdot \Omega^2 \quad (20)$$

$$M_d = \frac{J \cdot d\Omega}{dt} = \frac{J \cdot \Delta\Omega}{\Delta t} \quad (21)$$

$$\Omega_{zal} = 320 \text{ rad/s} \quad (22)$$

$$P_{lad} = -I_Z \cdot U_s = \frac{(\Omega_{zal} - \Omega) \cdot c_3}{\eta'_M} = \frac{(320 - \Omega) \cdot 1657}{0,94} \quad (23)$$

$$P_s = P_T + P_{lad} \quad (24)$$

$$I = \frac{P}{U_s} = \frac{U_{pod} - (U_{pod}^2 - 4 P R_s)^{0,5}}{2 R_s} \quad (25)$$

$$U_s = U_{pod} - R_s I \quad (26)$$

$$P_T = I_T \cdot U_s \quad (27)$$

Ładowanie zasobnika energią hamowania rekuperacyjnego

$$I_Z < 0 \quad \text{i} \quad I_T < 0; \quad P_T < 0; \quad I = 0; \quad U_s = U_{pod} \quad (28)$$

$$P_{lad} = -P_T \quad (29)$$

$$I_Z = \frac{P_T}{U_s} \quad (30)$$

oraz równania (18), (19), (20), (21).

Wybieg

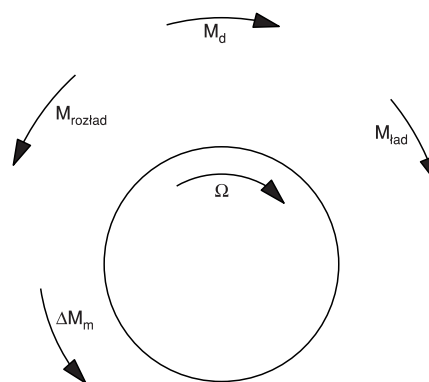
$$I_Z = 0 \quad \text{i} \quad M_d = -\Delta M_m \quad (31)$$

Wirowanie ze stałą prędkością

$$I_Z < 0 \quad \text{i} \quad M_d = 0 \quad (32)$$

$$M_{lad} = \Delta M_m \quad (33)$$

$$P_{lad} = -I_Z \cdot U_s = \frac{\Delta M_m \cdot \Omega}{\eta'_M} \quad (34)$$



Rys. 7. Zwroty momentów działających na bezwładnik

Efekty włączenia zasobnikowego źródła energii do sieci trakcyjnej w postaci ograniczenia prądu obciążenia zasilacza oraz ograniczenia minimalnego poziomu napięcia zasilania sieci przedstawia rysunek 6.

Przeprowadzony bilans zużycia energii zmodernizowanego składu tramwaju $2 \times 105\text{Na}$ o masie 35 t, rekuperującego energię hamowania w czasie przejazdu pod siecią sekcji Pętla Brynów, wykazał, że dzięki zastosowaniu zasobnika zużycie energii zmniejszy się o 1,62 kWh na jeden przejazd. Korzyść z zastosowania zasobnika przejmującego energię hamowania w przeliczeniu na 1 t tramwaju wynosi: $\Delta j^* = 43,6 \text{ Wh/t}$.

Obecnie tylko tramwaje 116Nd mogą rekuperować energię hamowania, zatem włączenie zasobnika energii do układu zasilania sekcji Pętla Brynów może zapewnić ograniczenie zużycia energii, mierzonej na wejściu zasilacza tej sekcji, w ciągu miesiąca o:

$$\Delta A_{116Nd} = \Sigma m_{116Nd} \cdot \Delta j^* = \frac{62730 \cdot 43,6}{1000} = 2735 \text{ kWh}$$

gdzie:

Σm_{116Nd} – masa tramwajów 116Nd zawracających na pętli w ciągu miesiąca, zgodnie z obowiązującym obecnie rozkładem jazdy.

Jeżeli pozostałe tramwaje dojeżdżające do pętli, czyli tramwaje linii 16 typu 105Na, zostaną zmodernizowane przez zastąpienie rozrusznika rezystorowego przerywaczem energoelektronicznym, umożliwiającym realizację hamowania rekuperacyjnego, wtedy korzyść z zastosowania zasobnika energii wzrośnie do:

$$\Delta A_{116Nd} = \Sigma (m_{116Nd} + m_{105Na}) \cdot \Delta j' =$$

$$= \frac{123735 \times 43,6}{1000} = 5395 \text{ kWh/miesiąc}$$

Zakończenie

Wyznaczone przebiegi prądów i napięć zasilacza, uzyskane w wyniku włączenia zasobnika energii do układu zasilania sieci trakcyjnej tramwajowej, wykazały możliwość skutecznego ograniczenia spadków napięcia w analizowanym układzie zasilania oraz ograniczenia impulsów obciążenia. Przedstawione rozwiązanie może zapewnić także poprawę efektywności hamowania rekuperacyjnego, a tym samym ograniczyć zużycie energii elektrycznej przez tramwaje znajdujące się w obrębie oddziaływania zasobnika energii. □

Literatura

- [1] *Koła zamachowe zmniejszają zużycie energii*. Technika Transportu Szynowego 7-8/2001.
- [2] „Magazyn” energii elektrycznej dla tramwajów w Kolonii. Technika Transportu Szynowego 7-8/2001.
- [3] Kałuża A., Sikora A.: *Założenia i wyniki symulacji przebiegów ruchu oraz przebiegów parametrów elektromechanicznych pojazdu napędzanego silnikami indukcyjnymi*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej nr 1471, Zeszyt ELEKTRYKA, z.173, Gliwice 2000 r., s.17–27.
- [4] Różycki A.W., Szramka R.: *PEMP – polski program efektywnego wykorzystania energii w napędach elektrycznych*. Biuletyn URE 5/2000.
- [5] Kałuża E., Kałuża A.: *Techniczne aspekty zastosowania bezwładnikowego zasobnika energii do wspomaganie układu zasilania tramwajów*. Śląskie Wiadomości Elektryczne 6/2001.
- [6] Kałuża E.: *Zbiór zadań i ćwiczeń projektowych z trakcji elektrycznej*. Skrypt Politechniki Śląskiej nr 1848, Gliwice 1994.
- [7] Kałuża E.: *Zbadanie możliwości wprowadzenia do eksploatacji tramwajów CITADIS 100 (116Nd) na linii 6/41 przed zakończeniem modernizacji systemu zasilania*. Opracowanie niepublikowane. Zamawiający: ALSTOM Konstal Spółka Akcyjna.
- [8] *Energy, Environment and Sustainable Development, Part B: Energy, Priorities and roadmaps 2001–2002*. European Commission Decision C (2000) 670 of 13.3.2000, <http://www.cordis.lu/eesd/src/library.htm>.

tts w 2002 r.

Transport szynowy w aktach prawnych i normalizacyjnych Unii Europejskiej

Cykl artykułów omawiających w obszerny sposób podstawowe dyrektywy i akty normalizacyjne obowiązujące lub przewidziane do wdrożenia w Unii Europejskiej.

Tabor szynowy – nowe trendy konstrukcyjne

W kolejnych numerach przedstawimy analizy wybitnych krajowych i zagranicznych specjalistów w zakresie tendencji rozwojowych w poszczególnych rodzajach taboru szynowego. W przygotowaniu m.in.: lokomotywy towarowe, tramwaje.

Transport i urbanistyka

O roli transportu w kształtowaniu aglomeracji miejskich i regionów swoje opinie przedstawią urbaniści specjalizujący się w systemach transportowych.

Systemy transportowe

W kolejnych artykułach z tego popularnego cyklu przedstawimy przykłady różnych systemów transportowych na świecie i w kraju. W najbliższych numerach m.in.: projekty tramwajów dwusystemowych w Polsce, region Toronto i koleje kanadyjskie, systemy transportowe w Skandynawii i Moskwie.

Nowoczesne technologie w zarządzaniu procesami eksploatacji

Cykl artykułów o nowym podejściu do procesów utrzymania urządzeń technicznych w transporcie szynowym. Metodyka LCC, informatyka w zarządzaniu, organizacja procesów utrzymania obiektów technicznych – tabor i infrastruktura.

... a także nowości ze świata techniki

**Jedyny w Polsce obszerny zestaw informacji
o najnowszych technologiach, badaniach i projektach**