

Silnik LKa-470 do modernizacji zespołów trakcyjnych EN57

Po wielu latach produkcji silnika LKf-450 do zespołów serii EN57 stwierdzono, że wyczerpane już zostały wszelkie możliwości zmian w tym silniku i dalszy postęp jest możliwy po wprowadzeniu gruntownej jego modernizacji, z zasadniczymi zmianami w obwodzie elektromagnetycznym. Wprowadzane w trakcie wieloletniej produkcji silnika LKf-450 zmiany nie naruszały wymiarów obwodu głównego i ich skuteczność była coraz mniejsza.

W wyniku wspólnych prac Zakładu Trakcji Elektrycznej Instytutu Elektrotechniki i Zakładu Dolmel w 1989 r. opracowano projekt modernizacji silnika.

Jako podstawowe cele przyjęto wówczas:

- usunięcie lub zdecydowane ograniczenie wad znanych dobrze z wieloletniej eksploatacji,
- zachowanie wymienności mechanicznej z silnikiem LKf-450,
- podniesienie mocy znamionowej,
- wprowadzenie najnowszych rozwiązań konstrukcyjnych i technologicznych.

Pierwotnie przewidywano zastosowanie silnika do zastępowania wycofywanych z eksploatacji silników LKf-450, których stopień zużycia lub zniszczenia czynił remont ekonomicznie nieopłacalnym.

Przygotowana propozycja została zaakceptowana przez Dyрекcję Generalną PKP z życzeniem, aby z myślą o przyszłości przystosować silnik do zasilania impulsowego i hamowania elektrycznego.

Główne cechy nowego rozwiązania to:

- poprawa warunków komutacyjnych i potencjalnych na komutatorze,
- zmiana układu izolacyjnego na układ klasy H o wysokich parametrach eksploatacyjnych,
- zwiększenie średnicy twornika z 450 mm na 470 mm,
- wprowadzenie spawania uzwojenia wirnika metodą TIG,
- podniesienie mocy ze 145 kW do 195 kW,
- dostosowanie konstrukcji do zasilania impulsowego.

Należy stwierdzić, że zaprojektowany silnik jest praktycznie nowym silnikiem. Jedynymi elementami wspólnym z LKf-450 są kadłub i tarcze. Zdecydowały o tym względy ekologiczne i ekonomiczne. Przewidywano wykorzystanie kadłubów z wycofywanych z eksploatacji silników, co z jednej strony zmniejszało koszt wymiany, z drugiej zaś eliminowało konieczność przetapiania starych kadłubów i odlewania nowych, co jest wyraźnym działaniem proekologicznym. Takie rozwiązanie utrudniło projektowanie silnika, stwarzając dodatkową barierę do pokonania.

W artykułach [1] i [2] omówiono proces projektowania wraz z wynikami badań stacjonarnych prototypów oraz analiz trakcyjnych w różnych możliwych zastosowaniach silnika. Oprócz badań stacjonarnych, w Dolmel Drives wykonano w Instytucie Elektrotechniki badania przy zasilaniu impulsowym (z wynikiem pozytywnym) oraz szereg badań ruchowych, w większości w normalnej eksploatacji. W przedstawionym artykule omówiono pokrótce wyniki tych badań oraz aktualny stan wdrożenia do produkcji silnika.

Ocena wyników badań ruchowych i eksploatacji silnika

Bardzo dobre wyniki badań stacjonarnych spowodowały, że prototypowe silniki zostały zamontowane do próbnej eksploatacji w Lokomotywowni Gdynia-Cisowa. Pierwsze pomiary ruchowe wykonano podczas jazdy próbnej na trasie Wrocław – Leszno – Wrocław. W zespołach zainstalowano komputerowy układ pomiarowy z 16-kanalową kartą pomiarową o maksymalnej częstotliwości próbkowania 80 kHz. Układ rejestrował parametry jazdy co 0,7 s.

W czasie pomiarów rejestrowano wartości parametrów obciążenia takie, jak: prądy, napięcia i prędkość pojazdu oraz działanie podstawowej aparatury sterującej. Jednoczesna rejestracja tych parametrów pozwala na ocenę pracy silnika w powiązaniu z działaniem układu sterowania. Ograniczenie się tylko do oceny pracy silnika mogłoby prowadzić do błędnych wniosków i decyzji. W szczególności dotyczy to sytuacji, w których występowałyby nieprawidłowości w pracy układu napędowego.

Opracowano specjalny program sterujący pomiarami. Jeżeli nastąpi ustalone zdarzenie, np. zadziałanie zabezpieczeń, to program zapisuje do pamięci przebieg ostatniej sekundy przed wystąpieniem zdarzenia i 4 s po jego wystąpieniu z częstotliwością pomiaru ok. 2...3 ms. Taki zapis pozwala na analizę, co działo się przed wystąpieniem awarii z dokładnym prześledzeniem działania kontrolowanej aparatury. Dzięki temu jest ułatwiona diagnoza przyczyny zdarzenia oraz ocena prawidłowości działania zabezpieczeń. Niezależnie można w trakcie rejestracji przejazdu uruchomić z klawiatury pomiar dodatkowy o zwiększonej częstotliwości zapisu w dowolnym charakterystycznym punkcie trasy.

Podczas jazd próbnych, jak również w czasie pomiarów w normalnej eksploatacji, sprawdzano pracę nowych silników w możliwych do osiągnięcia skrajnych parametrach obciążenia, z jednoczesną obserwacją komutacji silników. Oprócz pomiarów w czasie jazd próbnych wykonano badania w normal-

nej eksploatacji na trasie Gdańsk – Wejherowo oraz Poznań – Wrocław, w sumie około 11 godz. zarejestrowanej jazdy.

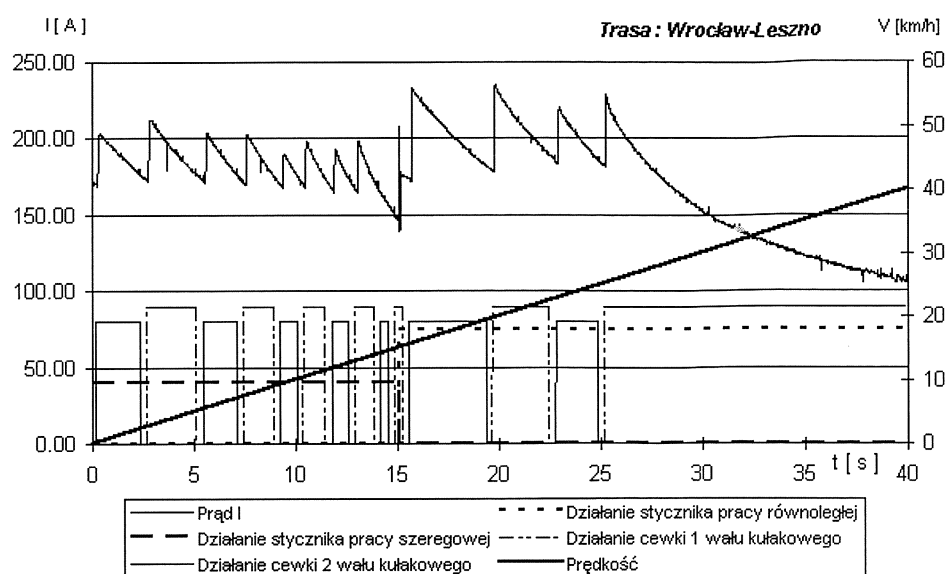
Wyniki obserwacji i analiza zarejestrowanych przejazdów oraz pomiarów szczegółowych w czasie jazd próbnych w Trójmieście wykazały, że zarówno aparatura, jak i silnik pracowały poprawnie i niezawodnie. Komutacja silnika w całym zakresie obciążeń była praktycznie beziskrowa. Stan szczotek i komutatora po tych próbach był bez zastrzeżeń.

Dla ilustracji pomiarów na rysunku 1 przedstawiono przykładowy zapis rozruchu. Na rysunku zamieszczono tylko przebieg prądu, prędkości, działania wału kulakowego i styczników pracy szeregowej i równoległej. Na rysunku 2 przedstawiono niektóre wyniki rejestracji ciągłej przejazdu trasy Gdańsk – Wejherowo.

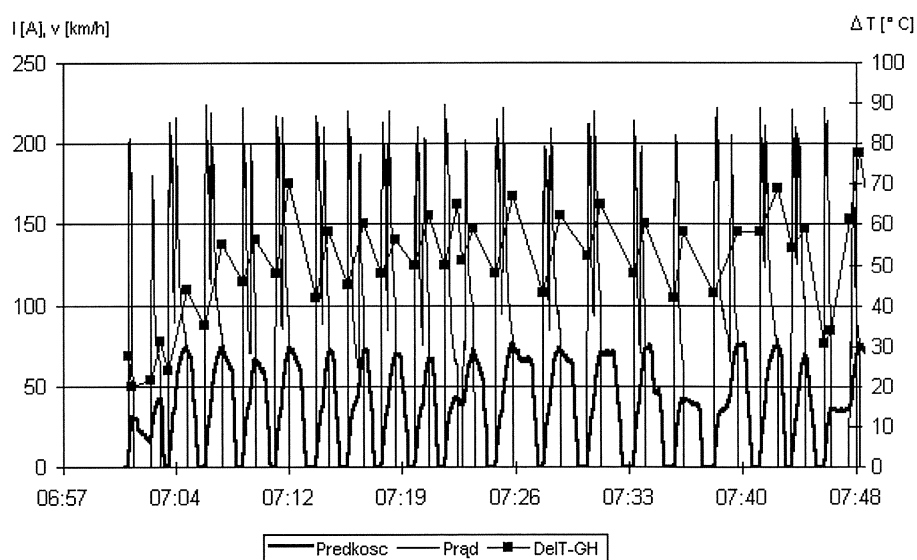
Zarejestrowano prawie 4 godz. normalnej eksploatacji z pasażerami. Zespół z silnikami LKa-470 połączony był z drugim zespołem z silnikami LKf-450. W czasie pomiarów rejestrowano również przebieg prądu obciążenia silników LKf-450 w drugim zespole. Celem tego pomiaru było określenie czy przy współpracy zespołów z różnymi silnikami nie występują niepożądane zjawiska. W celu oszacowania nagrzewania silników mierzono dodatkowo spadek napięcia na uzwojeniach biegunów pomocniczych w celu porównania z wykonanymi wcześniej obliczeniami przejazdu.

W trakcie wykonywania pomiarów i w wyniku późniejszej analizy zapisanych wyników nie stwierdzono jakichkolwiek nieprawidłowości w pracy zespołu z silnikami LKa-470 i współpracującego z nim zespołu z silnikami LKf-450, co potwierdziło możliwość współpracy zespołów z silnikami LKa-470 i LKf-450. Wyniki pomiaru temperatury biegunów pomocniczych były zbliżone do uzyskanych wcześniej drogą obliczeń. Ostatni przejazd trasy z Gdańska do Gdyni zrealizowano przy wyłączonych silnikach LKf-450 w drugim zespole i założeniu jazdy zgodnie z rozkładem jazdy. Forsowna jazda nie spowodowała żadnych negatywnych zjawisk, a nagrzanie zbliżone było do znamionowego. Również i przy tej bardzo forsownej jeździe praca silników była niezawodna.

Podobne pomiary wykonano na trasie dalekobieżnej Poznań-Wrocław. Pomiary spowodowane były poszukiwaniem przyczyn pogorszenia się pracy stosowanego powszechnie



Rys. 1. Wykres rozruchu zespołu EN57



Rys. 2. Wykres przejazdu na trasie Gdańsk-Wejherowo

gatunku szczotek w różnych maszynach trakcyjnych. W tym przypadku zarejestrowano około 11 godz. jazdy.

Zakres zastosowania silników LKa-470

Do chwili obecnej wykonano ponad 150 silników, które są eksploatowane:

- na trasie SKM w Trójmieście w starych zespołach EN57;
- w zespołach EN57 jeżdżących na trasach międzymiastowych; przyczyną ich zastosowania były ciągle problemy z komutacją i prawidłową pracą układu komutator-szczotki silników LKf-450; po zamianie silników problemy zniknęły, co świadczy o wyraźnej poprawie własności silników LKa-470 w porównaniu do LKf-450;
- w zespołach ED72 jeżdżących w kilku regionach Polski.

Parametry silnika

Na podstawie szczegółowej analizy wyników pomiarów oraz uwag użytkowników wprowadzono odpowiednie korekty, w tym zabezpieczenie przed przedostawaniem się oleju przekładniowego do wnętrza silnika.

Wybrane parametry silnika LKa-470, ustalone po wykonaniu i przebadaniu prototypów oraz wprowadzeniu odpowiednich korekt

| | |
|------------------------------|--------------|
| Napięcie | 3000/2 V |
| Moc ciągła | 195 kW |
| Prąd ciągły | 140 A |
| Prąd maksymalny – (30 s) | 270 A |
| Minimalny stopień wzbudzenia | 48% |
| Prędkość obrotowa znam. | 1000 obr/min |
| Prędkość obrotowa max. | 2200 obr/min |
| Klasa izolacji | H |
| Masa | 2400 kg |

Wnioski

Po wyprodukowaniu 150 szt. silników, zbilansowaniu dwu i półletniej eksploatacji oraz na podstawie omówionych wyników badań można stwierdzić, że silniki LKa-470 spełniły

całkowicie oczekiwania, jakie stawiano przy ich projektowaniu. Potwierdziły się efekty zmian w stosunku do LKf-450.

W czasie dotychczasowej obserwacji silników będących w eksploatacji nie stwierdzono jakichkolwiek zastrzeżeń do układu izolacji, również w okresach zimowych, które zawsze stanowią dla maszyn test pod tym względem.

Sumaryczny okres eksploatacji jest jeszcze zbyt krótki, aby opracować statystyczne dane na temat awaryjności silników, ale już widać, że awaryjność jest kilkakrotnie niższa niż silników LKf-450.

Wprowadzenie w przyszłości zasilania impulsowego i hamowania elektrycznego, do którego silnik jest przystosowany, pozwoli na wykorzystanie pełnej, podniesionej do 195 kW mocy i poprawę parametrów zespołów, w których będzie zastosowany, w szczególności na trasach o krótszych odległościach międzyprzystankowych.

□R-12/97

Literatura

- [1] Gurgul A. *Silnik LKa-470 do elektrycznych zespołów trakcyjnych*. Technika Transportu Szynowego 1/94.
- [2] Gurgul A. *Energochłonność zespołów trakcyjnych*. Technika Transportu Szynowego 2/94.

Dolmel Drives Ltd

ZAKŁAD MASZYN TRAKCYJNYCH

53-609 Wrocław
ul. **Fabryczna 10**
tel. (0-71) **55 09 27**
fax (0-71) **55 74 37**

TECHNIKI KOMPUTEROWE w projektowaniu, budowie i modernizacji linii kolejowych

18-19 września 1997
Wrocław – Jelenia Góra

Konferencja jest adresowana do szerokiego grona osób zajmujących się problemami budowy i modernizacji dróg kolejowych, w tym pracowników naukowych, nauczycieli akademickich, projektantów, geodetów, organizatorów i technologów robót nawierzchni i podtorza oraz infrastruktury kolejowej.

Tematyka konferencji:

- ♦ Sporządzanie map numerycznych
- ♦ Sprzęt geodezyjny
- ♦ Programy przystosowane do projektowania układów kolejowych (Microstation, In Rail, Moss)
- ♦ Projektowanie układów kolejowych
- ♦ Sprzęt komputerowy
- ♦ Sprzęt poligraficzny

Komitet Organizacyjny

Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji
Zarząd Oddziału we Wrocławiu
50-020 Wrocław
ul. J. Piłsudskiego 74
tel. (0-71) 67-27-15, 67-56-91, 67-19-12
fax (0-71) 44-67-16