

DIAGNOSTYKA PODZESPOŁÓW ALTERNATORÓW SAMOCHODOWYCH W PROCESACH PRODUKCJI I REGENERACJI

Streszczenie

W artykule przedstawiono konieczny zakres badań diagnostycznych zarówno podzespołów składowych jak i kompletnych alternatorów w procesie ich wytwarzania i regeneracji. Omówiono wpływ zakresu i kolejności badań na minimalizację kosztów wytwarzania i regeneracji alternatorów.

WSTĘP

Niezawodność i trwałość alternatorów samochodowych w całym procesie eksploatacji jest zdeterminowana szeregiem czynników, jednak decydującym jest jakość uzyskana w procesie produkcji. W produkcji masowej, a taką jest produkcja alternatorów, niesłychanie ważne jest stosowanie zunifikowanych procedur diagnostycznych spełniających wymogi kompletności i minimalności, ze względu na ich koszty oraz przepustowość stanowisk kontrolnych.

Poglądy, na temat niezbędnego zakresu badań diagnostycznych alternatorów w procesie ich wytwarzania zmieniały się na przestrzeni lat. Wynikało to ze zmian ich konstrukcji, technologii i organizacji produkcji, z wprowadzaniem nowych metod zarządzania jakością czy też z zakresem wymagań stawianych przez producentów samochodów.

Wybór metod i procedur oraz zakresu mierzonych parametrów w procesie wytwarzania jest obecnie silnie zdeterminowany kosztami prowadzenia prób.

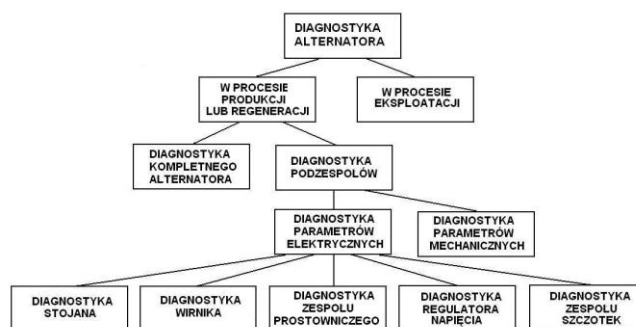
1. DIAGNOSTYKA ALTERNATORA

Pełny cykl diagnostyczny w produkcji alternatorów winien obejmować:

- kontrolę jakości dostaw (podzespołów, materiałów konstrukcyjnych, normalistów, blach magnetycznych, odlewów, odkuwek, łożysk, przewodów, drutów nawojowych, elementów elektronicznych, tworzyw sztucznych, materiałów izolacyjnych, szczotek, lakierów itp.);
- kontrolę międzyoperacyjną parametrów elementów mechanicznych poszczególnych podzespołów (wymiarów geometrycznych, ocenę jakości obróbki, pokryć lakierniczych i galwanicznych, połączeń spawanych, śrubowych, nitowanych, lutowanych itp.);
- kontrolę międzyoperacyjną parametrów elektrycznych wytwarzanych podzespołów (rezystancji izolacji wirników i stojanów, rezystancji ich uzwojeń, wydatku prądowego stojanów oraz wykrywanie zwarców wirników i stojanów).

Wraz z wprowadzeniem przemysłowych metod regeneracji podobne, jak wymieniono wyżej, wymagania i metody są wprowadzane w przedsiębiorstwach zajmujących się naprawami i regeneracją alternatorów.

Schemat procedury diagnostycznej podzespołów elektrycznych alternatora samochodowego przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Schemat procedury diagnostycznej parametrów elektrycznych alternatora

2. DIAGNOSTYKA PODZESPOŁÓW

2.1. Diagnostyka stojana

Ocena diagnostyczna nowego bądź regenerowanego stojana powinna odbywać się po jego impregnacji i po zatoczeniu bądź oczyszczeniu zamków pakietu.

Winna ona obejmować:

- próbę izolacji napięciem przemiennym 550V w czasie 5s,
- pomiar rezystancji izolacji napięciem stałym 500V,
- wykrywanie zwarców zwojowych i międzyfazowych,
- pomiary rezystancji uzwojeń fazowych.

Podobny zakres badań powinien obejmować stojan w przypadku oceny jego zdadności po demontażu z wyeksploatowanego alternatora jeśli oględziny zewnętrzne nie wskazują ewidentnej przyczyny jego niesprawności.

Stojan należy uznać za sprawny i zdadny do montażu, jeżeli wszystkie powyższe próby przeszedł z wynikiem pozytywnym.

Przy wykonywaniu badań w zaproponowanej kolejności statystyczny czas badania 1 szt. stojana jest najkrótszy, zatem i jego koszt jest najniższy. Wynika to z faktu, że w przypadku zwarcia uzwojenia do masy pomiar rezystancji izolacji jest niezasadny, zaś w przypadku wystąpienia zwarcia zwojowego lub międzyfazowego ta sama zasada dotyczy pomiarów rezystancji uzwojeń fazowych.

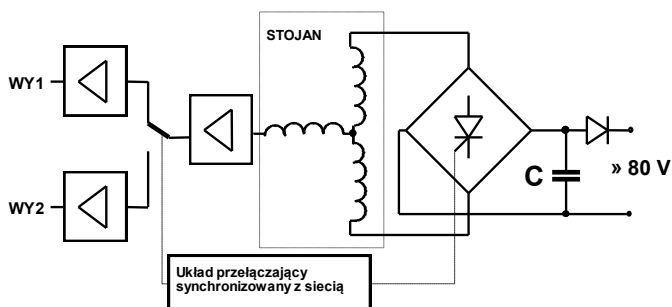
Najtrudniejszym zadaniem w ocenie diagnostycznej stojana alternatora jest wykrywanie zwarców zwojowych i międzyfazowych w uzwojeniach ze względu na specyfikę ich konstrukcji. Niewielkie ilości zwojów na biegun i fazę, małe indukcyjności poszczególnych cewek oraz niskie napięcie robocze uniemożliwiają wykorzystywanie klasycznych metod detekcji zwarców. Dodatkowo wymóg dużej szybkości badania i jego jednoznaczności (w procedurze: „zdadny-niezadny”) stanowi dodatkową barierę przy opracowywaniu czy wyborze konkretnej metody wykrywania zwarców.

Wykrywanie zwarc zwojowych i międzyfazowych

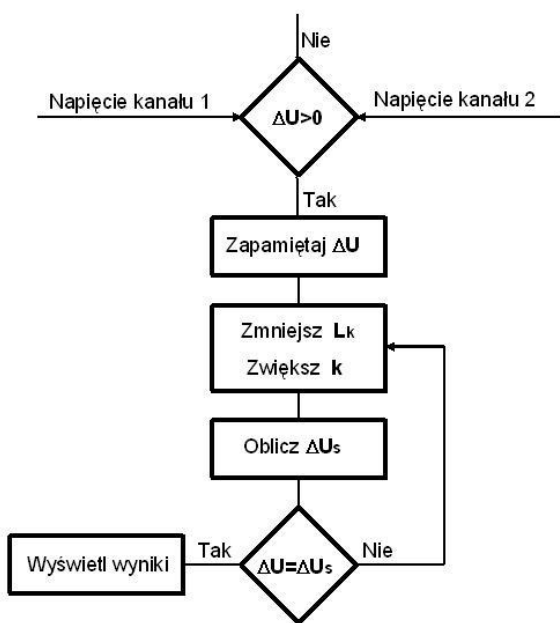
Wykrywanie zwarc w stojanach alternatorów samochodowych winno być częścią zestawu procedur diagnostycznych kompletnego stojana.

Zaproponowany układ pomiarowy do diagnostyki zwarc międzyzwojowych i międzyfazowych wykorzystuje opatentowaną metodę opisaną w pracy [9].

Schemat układu do wykrywania zwarc przedstawiono na rys.2 natomiast algorytm procedury symulacyjnej określającej wielkość zwarcia - na rys.3.



Rys. 2. Schemat układu diagnostyki zwarc międzyzwojowych i międzyfazowych



Rys. 3. Algorytm procedury symulacyjnej określającej wielkość zwarcia

Procedura pomiarowa obejmuje porównanie reaktancji rozproszenia uzwojeń fazowych w zaplanowanej i zaprogramowanej sekwencji sprawdzeń.

Szczegółowe zależności opisujące sposoby obliczania reaktancji rozproszenia uzwojenia twornika oraz permeancji rozproszenia żłobkowego i połączeń czołowych przedstawiono w pracy [11].

Oryginalnym rozwiązaniem zaproponowanym w pracy [9] jest zwiększenie reaktancji rozproszenia uzwojenia twornika podczas badania co pozwoliło na zwiększenie czułości metody do możliwości wykrywania zwarc zwojowych już od jednego zwoju.

W badaniach alternatorów jest to bardzo ważne z uwagi na występującą w ich konstrukcji uzwojeń stojanów małą ilością zwojów na biegun i fazę.

2.2. Diagnostyka wirnika

Ocena diagnostyczna kompletnego wirnika winna odbywać się również po jego impregnacji i po zatoczeniu powierzchni biegunów. Winna ona obejmować:

- próbę izolacji napięciem przemiennym 550V w czasie 5s,
- pomiar rezystancji izolacji napięciem stałym 500V,
- wykrywanie zwarc zwojowych w uzwojeniu wzbudzenia metodą impulsową,
- pomiar rezystancji uzwojenia wzbudzenia.

Wirnik należy uznać za sprawny i zdalny do montażu, jeżeli wszystkie wymienione próby przeszedł z wynikiem pozytywnym. Uwaga o kolejności i kosztach badań - jak przy diagnostyce stojanów.

Analogiczna procedura, jak zaproponowana w przypadku stojanów, powinna obejmować wirniki w przypadku oceny jego zdolności po demontażu z wyeksploatowanego alternatora.

Wirnik należy uznać za sprawny i zdalny do montażu, jeżeli wszystkie w/w próby przeszedł z wynikiem pozytywnym.

2.3. Diagnostyka regulatora napięcia

Elektroniczne regulatory napięcia współczesnych alternatorów samochodowych nie są regenerowane lecz tylko podlegają procesowi sprawdzania. Taka sama procedura dotyczy zarówno regulatorów nowych jak i używanych.

Ocena diagnostyczna regulatora napięcia winna obejmować co najmniej pomiar napięcia regulowanego we współpracy z alternatorem przy minimum dwóch prędkościach obrotowych i zmieniającym się obciążeniu od (20 - 100)% I_n .

Regulator napięcia należy uznać za sprawny i zdalny do montażu, jeżeli wartości napięć podczas kolejnych pomiarów mieszczą się w zadanych przedziałach, zawartych w produkcyjnym „arkuszu kontroli”.

Powyższa procedura jest możliwa tylko w odniesieniu do regulatorów „autonomicznych” nie połączonych z układami sterowania pracą silnika spalinowego.

Bardziej rozbudowane konstrukcje tzw. regulatorów multifunkcyjnych, oprócz podstawowej funkcji regulacji napięcia alternatora, dodatkowo realizują:

- wykrywanie uszkodzeń (nadmierne ładowanie, niewystarczające ładowanie, brak obrotów wirnika alternatora, przerwa w obwodzie wzbudzenia, zwarcie w obwodzie wzbudzenia, przerwa w stopniu mocy regulatora, zwarcie w stopniu mocy regulatora, przerwa w przewodzie pomiaru napięcia na akumulatorze, przerwa w przewodzie ładowania B+);
- zabezpieczenia (przed zwarcie obwodu wirnika oraz zwarcie lampki ładowania, zabezpieczenie termiczne regulatora);
- funkcję przekaźnika czasowego podczas rozruchu (LRS)
- ładowanie progresywne (CP, stopniowe włączenie odbiorników mocy);
- funkcję wzbudzenia wstępnego (prąd wzbudzenia wstępnego sterowany jest przez regulator i zapewnia optymalne wzbudzenie alternatora);
- wzbudzanie samoczynne (w przypadku spalenia lampki ładowania lub przerwy w jej obwodzie);
- ograniczanie prędkości obrotowej (po przekroczeniu dopuszczalnej prędkości obrotowej uzwojenie wzbudzenia jest odłączone i alternator przestaje generować napięcie);
- filtrowanie zakłócających sygnałów wejściowych;
- funkcja pomiaru napięcia ładowania bezpośrednio na zaciskach akumulatora;
- regulację awaryjną (po przerwaniu przewodu do zacisku „S”, jak również przy spadku napięcia na przewodzie ładowania B+

większym niż 1 V, regulacja odbywa się na podstawie poziomu napięcia na zacisku alternatora B+);

- funkcję włącznika prądu spoczynkowego (przy wyłączonym zapłonie prąd pobierany przez regulator napięcia jest redukowany do minimalnej wartości).

Pełna diagnostyka regulatorów multifunkcyjnych jest praktycznie niemożliwa w warunkach przeciętnej firmy zajmującej się regeneracją alternatorów.

2.4. Diagnostyka zespołu prostowniczego

Ocena diagnostyczna kompletnego zespołu prostowniczego winna obejmować pomiary:

- wartości spadków napięć na diodach głównych w kierunku przewodzenia,
- wartości spadków napięć na diodach wzbudzenia w kierunku przewodzenia,
- wartości prądów diod głównych w kierunku zaporowym,
- wartości prądów diod wzbudzenia w kierunku zaporowym.

Pomiary winny być przeprowadzane przy nominalnych wartościach wymuszeń, przewidzianych dla poszczególnych rodzajów diod. Zespół (mostek) prostowniczy należy uznać za sprawny i zdolny do montażu, jeżeli wartości spadków napięć w kierunku przewodzenia i prądów w kierunku zaporowym dla poszczególnych diod nie przekraczają dopuszczalnych wartości katalogowych (z uwzględnieniem wartości temperatury mostka podczas prób).

3. DIAGNOSTYKA KOMPLETNEGO ALTERNATORA

Diagnostyka kompletnego alternatora winna obejmować kontrolę parametrów, które jednoznacznie potwierdzają nie tylko sprawność czy zdolność wyprodukowanego alternatora ale również spełnianie przez niego specyfikacji konstrukcyjnej i eksploatacyjnej. Jednocześnie próba winna być na tyle krótka aby nie ograniczać przepustowości urządzeń kontrolnych i nadmiernie nie zwiększać kosztów produkcji.

Biorąc powyższe wymogi pod uwagę, do kontrolowanych parametrów należy zaliczyć:

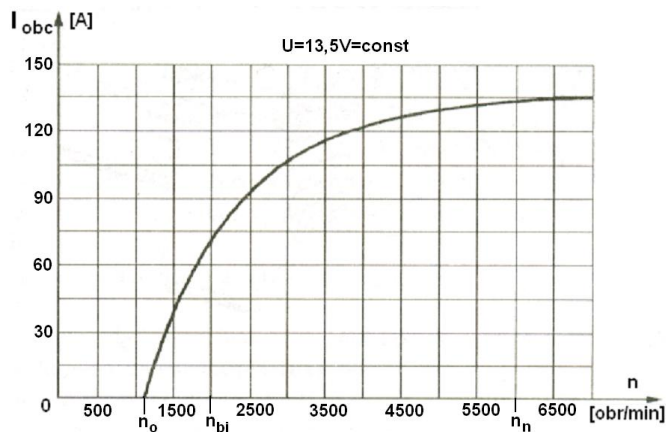
- wartości napięcia regulowanego przy zmiennych prędkościach obrotowych i obciążeniu,
- wartości prądu, w wybranych punktach charakterystyki wydatku prądowego,
- wartość prędkości obrotowej gaśnięcia lampki wzbudzenia,
- wartość prędkości obrotowej odwzbudzenia się alternatora,
- poziom hałasu pracy alternatora.

Z eksploatacyjnego punktu widzenia najważniejsza jest wartość napięcia regulowanego oraz charakterystyka wydatku prądowego.

Przykładową charakterystykę wydatku prądowego, nazywaną często w literaturze branżowej charakterystyką prądowo-prędkościową, współczesnego alternatora stosowanego w instalacjach elektrycznych samochodów osobowych klasy średniej przedstawiono na rys. 4.

Zaznaczone na osi odciętych charakterystyczne wartości prędkości obrotowych alternatora określają odpowiednio:

- n_o - prędkość obrotowa alternatora, przy której zaczyna on dostarczać energię elektryczną do instalacji samochodu („początek ładowania”);
- n_{bj} - prędkość obrotowa biegu jałowego silnika spalinowego (przeciętna wartość prędkości, po uwzględnieniu przelozienia między wałem silnika a wałkiem wirnika alternatora);
- n_n - prędkość obrotowa „znamionowa” (zwyczajowo podaje się wartość prądu przy tej prędkości obrotowej alternatora jako nominalną).



Rys. 4. Przykładowa charakterystyka wydatku prądowego alternatora samochodowego do instalacji o napięciu znamionowym 12V

Charakterystyki wydatku prądowego - przedstawiane w dokumentacjach technicznych alternatorów - są tzw. charakterystykami 95%. Oznacza to, że średnio 95% sztuk, z każdej partii wyprodukowanych lub zregenerowanych alternatorów, powinno posiadać wydatek prądowy - przy danej prędkości obrotowej alternatora - nie niższy niż przedstawiony na wykresie.

Wysoki poziom automatyzacji stanowisk pomiarowych pozwala obecnie na to aby wybrane parametry były mierzone w sposób ciągły, w całym zakresie dopuszczalnych zmian prędkości obrotowej alternatora. Dotyczy to w szczególności pomiarów poziomu hałasu, którego wartości mogą osiągać maksima lokalne, wynikające ze zjawisk rezonansowych oraz z sumowania się hałasu łożysk, wentylacji oraz szumów magnetycznych. Szczegółowe wartości parametrów mierzonych winny być określone dla każdego modelu alternatora osobno i zawarte w produkcyjnej lub naprawczej „karcie kontroli” (w przypadku regeneracji).

W produkcji alternatorów osobny obszar pomiarów diagnostycznych obejmują badania niepełne, badania pełne oraz badania typu.

Normy szczegółowe określają ich zakres, licznosc próbek czy też okoliczności ich przeprowadzania. Obejmują one, oprócz pomiarów parametrów elektrycznych, sprawdzanie w szerokim zakresie wymiarów gabarytowych, pomiary przyrostów temperatur poszczególnych podzespołów podczas prób, wytrzymałość mechaniczną, trwałość, odporność na drgania i czynniki środowiskowe czy też odporność na zmiany temperatur. Zagadnienia te wykraczają jednak poza przyjęty zakres niniejszego artykułu.

PODSUMOWANIE

Zaproponowany w artykule zakres badań diagnostycznych parametrów elektrycznych alternatorów zarówno w procesach produkcji jak i regeneracji uwzględnia, silnie eksponowany w diagnostyce wymóg minimalności i pełności.

Zakres badań zaproponowany przez autora, a w procedurach badawczych również ich kolejność, zostały tak dobrane aby, przy minimalizacji kosztów badań, możliwe było dokonanie kompleksowej oceny alternatora oraz aby zaproponowane procedury mogły być wykorzystywane zarówno w praktyce produkcyjnej jak i regeneracyjnej.

Kompleksowa diagnostyka multifunkcyjnych regulatorów napięcia, z powodów wyszczególnionych w pkt. 2.3, w warunkach warsztatowych jest praktycznie niewykonalna.

BIBLIOGRAFIA

1. Jankowski K.: Wybrane zagadnienia kontroli jakości w nowoczesnych procesach produkcyjnych. Konf. n-t: „Nowe technologie w budowie maszyn i regeneracji”, Radom 1989.
2. Krzysztof Jankowski: Diagnostyka alternatorów samochodowych w procesie produkcji. VIII międzynarodowa konf. nauk. p.t. „Badania symulacyjne w technice samochodowej”, Kaziemierz Dolny, 22-23.05.2001, PAN Oddział w Krakowie, Teka Komisji Naukowo-Problemovej Motoryzacji „Konstrukcja, Badania, Eksploatacja, Technologia Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych. Zeszyt 22, Kraków 2001, s.185-190.
3. Jankowski K.: Budowa oraz typowe uszkodzenia układów elektrycznych i elektronicznych samochodów ciężarowych i autobusów. Materiały szkoleniowe dla rzeczoznawców samochodowych PZU S.A. „Wycena i technologia naprawy pojazdów ciężarowych, autobusów oraz pojazdów specjalnych i specjalizowanych”. Część 1. Edycja 1. Politechnika Radomska, Radom 2005, s. 110-118.
4. Jankowski K.: Budowa oraz typowe uszkodzenia układów elektrycznych i elektronicznych samochodów ciężarowych i autobusów. Materiały szkoleniowe dla rzeczoznawców samochodowych PZU S.A. „Wycena i technologia naprawy pojazdów ciężarowych, autobusów oraz pojazdów specjalnych i specjalizowanych”. Część 1. Edycja 2. Politechnika Radomska, Radom 2005, s. 110-129.
5. Jankowski K.: Wpływ wartości napięcia znamionowego na konstrukcję instalacji elektrycznych samochodów ciężarowych i autobusów. I Konferencja naukowo - techniczna „Truck & Bus – Nowoczesny samochód ciężarowy i autobus”, Radom, 24-25.10.2007, s. 71-77.
6. Jankowski K.: Power losses in car wiring systems. XII Konferencja – Computer systems aide science and engineering work In transport, mechanics and electrical engineering - „Transcomp 2008”, Zakopane, 1- 4.12.2008, s.197-202.
7. Jankowski k., Orliński S.: Recykling instalacji elektryczno-elektronicznych z pojazdów. V Ogólnopolska Konferencja Naukowo - Techniczna „Pojazd a środowisko”, Jedlnia Letnisko, 13-15. 06.2005, s.121-126.
8. Jankowski K., Puchalski A.: Urządzenie do automatycznej kontroli charakterystyki wydatku prądowego alternatorów dużej mocy. Mat. Konf.: „Diagnostyka techniczna urządzeń i systemów DIAG'90”, Kielce- Borków 1990.
9. Jankowski K., Puchalski A.: Układ do wykrywania zwarców w stojanach alternatorów zwłaszcza samochodowych. Patent nr 150995.
10. Jankowski k., Zbrowski A.: Electric shock safety In automotive electrical systems. Czasopismo Techniczne Mechanika, Zeszyt 1-M(4), rok 2014 (111), str. 33-39.
11. Koziej E.: Maszyny elektryczne pojazdów samochodowych. WN - T, Warszawa, 1984.
12. Norma ZN-87/MHiPM/06-13183. Wyposażenie elektryczne pojazdów silnikowych. Alternatory. Wymagania i badanie.

DIAGNOSTICS OF COMPONENT PARTS OF THE CAR ALTERNATORS IN THE PROCESSES OF PRODUCTION AND REGENERATION

Abstract

In the article was presented necessary range of diagnostic researches of component parts as well as of complete alternators in the process of production them. The instruments of the range and sequence of researches on the costs of production alternators has been discussed.

Autor:

dr inż. **Krzysztof Jankowski** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu, Wydział Mechaniczny, e-mail: info@jankowski.biz