

Bartosz DOMINIKOWSKI
Krzysztof PACHOLSKI
Łukasz WĄS

SYSTEM POMIAROWY DO WYZNACZANIA TEMPERATURY UZWOJEŃ SILNIKA ELEKTRYCZNEGO

STRESZCZENIE *Silniki elektryczne powinny mieć w fazie produkcyjnej przeprowadzane testy temperaturowe ze względu na możliwość powstawania w uzwojeniu małych wnęk powietrznych, których przewodność cieplna jest mniejsza w porównaniu z przewodnością cieplną miedzi. Na skutek tego może dojść do powstania tzw. punktu gorącego, przyspieszającego degradację i starzenie izolacji uzwojenia. Dzięki pomiarom punkty uzwojenia, podatne na znaczne przyrosty temperatur mogą być korygowane w fazie produkcji. Przedmiotem artykułu jest układ pomiarowy przeznaczony do badań termicznych uzwojeń silników elektrycznych.*

Kontaktowe pomiary temperatury w silnikach elektrycznych należą do bardzo trudnych, bowiem czujniki powinny cechować się dużą dokładnością oraz bardzo małymi wymiarami. Montaż ich nie może być inwazyjny, czyli taki, po którym zostałaby zmieniona charakterystyka magnesowania silnika na skutek wykonania odwiertu w korpusie silnika do wyprowadzenia przewodów łączeniowych lub montażu sensora pomiarowego.

Układy przedstawione w artykule przeznaczone są do kondycjonowania sygnałów wyjściowych czujników temperatury. Zadaniem układów jest filtracja, wzmocnienie oraz dopasowanie poziomu tych sygnałów do zakresu pracy przetworników analogowo-cyfrowych systemu mikroprocesorowego nadzorującego pracę układu pomiarowego, przeznaczonego do badań termicznych silników elektrycznych.

Słowa kluczowe: *izolacja uzwojeń silnika, pomiar temperatury.*

mgr inż. Bartosz DOMINIKOWSKI
e-mail: bartdomini@wp.pl

prof. ndzw. dr hab. inż. Krzysztof PACHOLSKI
e-mail: kpacholski@go2.pl

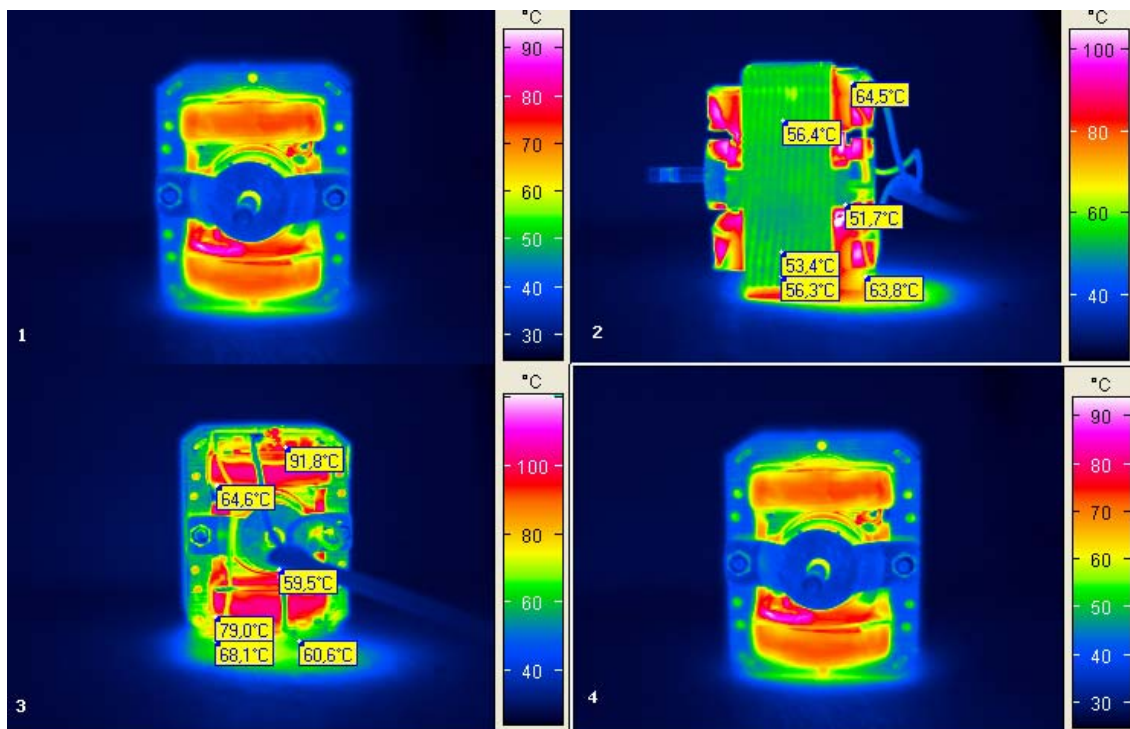
mgr inż. Łukasz WĄS
e-mail: was.lukasz@gmail.com

Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki
Politechnika Łódzka

PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI, zeszyt 248, 2010

1. WSTĘP

Maszyny elektryczne powinny być poddane badaniom, których celem jest sprawdzenie rozkładu ciepła w uzwojeniach, co pozwala na znalezienie obszarów o podwyższonej temperaturze. Nadmierny przyrost temperatury punktów newralgicznych uzwojenia może doprowadzić do zniszczenia silnika. Do wyznaczenia przestrzennego rozkładu temperatury uzwojeń silników elektrycznych można wykorzystać kamerę termowizyjną. Rysunek 1 przedstawia obraz termowizyjny silnika indukcyjnego ze zwojem zwartym typu K33.1 firmy EWMAR-NESS o mocy 100 W.



Rys. 1. Zdjęcia termowizyjne, obrazujące rozkład temperatury w uzwojeniu silnika elektrycznego typu K33.1

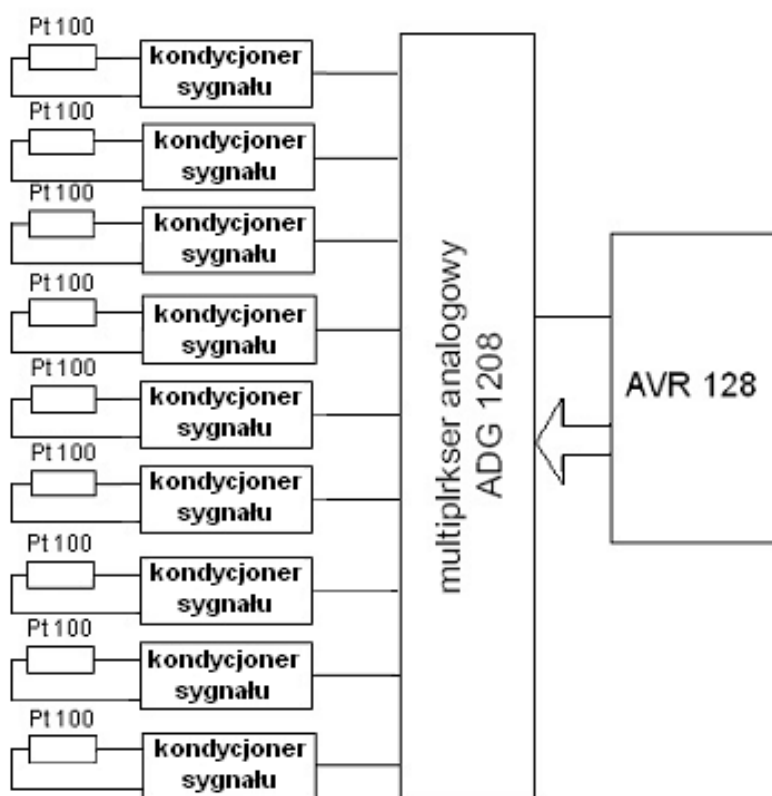
Ze względu na wysoką cenę kamer termowizyjnych nie zawsze są one dostępne w warunkach przemysłowych, szczególnie w małych zakładach wytwarzających silniki elektryczne. Dlatego autorzy artykułu opracowali stosunkowo proste, opisane poniżej, układy elektroniczne przeznaczone do stykowych badań termicznych silników elektrycznych ze zwojem zwartym. Analiza obrazu termowizyjnego przedstawionego na rysunku 1 pozwoliła na określenie punktów newralgicznych, w których należy umieścić czujniki temperatury.

2. STRUKTURA UKŁADÓW POMIAROWYCH

Układy pomiarowe stanowiące przedmiot artykułu przystosowane są do ośmiopunktowego pomiaru temperatury uzwojeń silnika indukcyjnego ze zwojem zwartym. Do stykowego pomiaru temperatury uzwojeń wykorzystano czujniki rezystancyjne typu Pt100 oraz termopary. Wymienione czujniki temperatury umieszczono po cztery na każdym uzwojeniu silnika, mocując te czujniki pomiędzy uzwojeniem i magnetowodem.

Podstawowym założeniem autorów było stworzenie układów pomiarowych, odpornych na zakłócenia generowane przez silnik w postaci fali elektromagnetycznej o częstotliwości technicznej 50 Hz.

Układ pomiarowy wykorzystujący czujniki rezystancyjne Pt100 ma strukturę przedstawioną na rysunku 2.



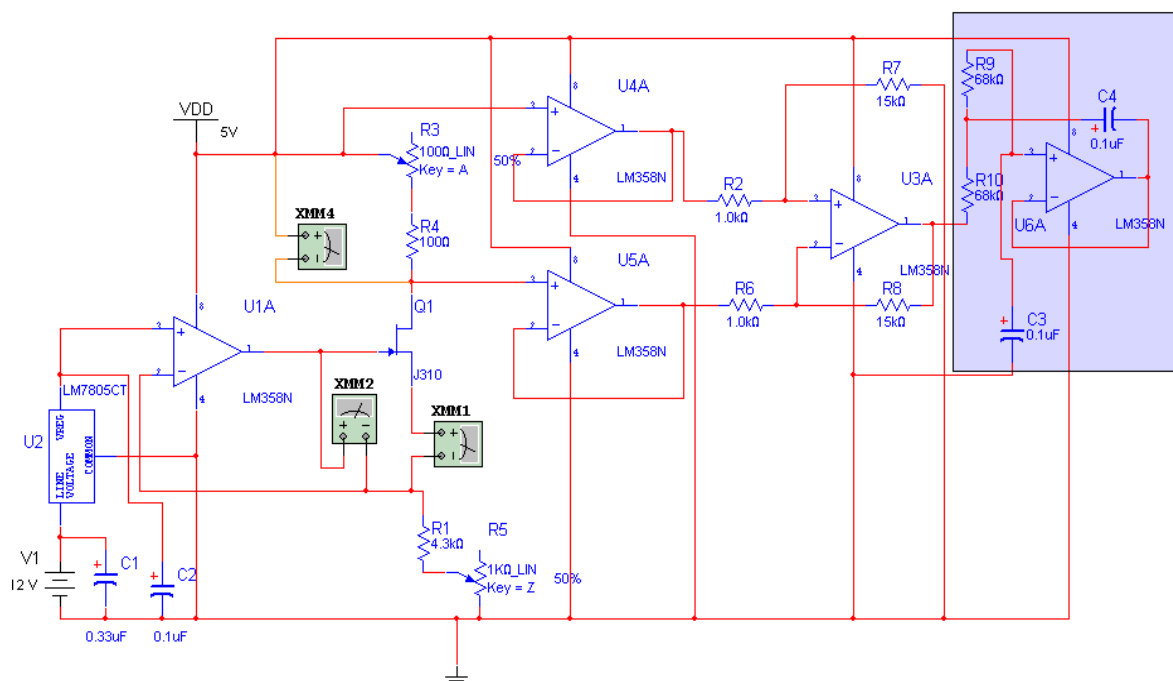
Rys. 2. Struktura układu pomiarowego z czujnikami rezystancyjnymi Pt100

W układzie przedstawionym na rysunku 2 czujniki Pt100 dołączone są do wejść kondycjonerów sygnałowych o identycznej strukturze układowej. Kon-

dycjonery te przetwarzają zmiany rezystancji czujników Pt100 na sygnał napięciowy o zakresie od 0 V do 5 V. Sygnał ten, za pośrednictwem multipleksera doprowadzany jest cyklicznie do wejścia przetwornika analogowo-cyfrowego mikroprocesora typu AVR 128. Czas pomiaru temperatury dla jednego czujnika jest równy 0,5 s.

Schemat ideowy kondycjonera współpracującego z czujnikiem typu Pt100 przedstawia rysunek 3. Do opracowania układu kondycjonera wykorzystano środowisko symulacyjne MultiSim.

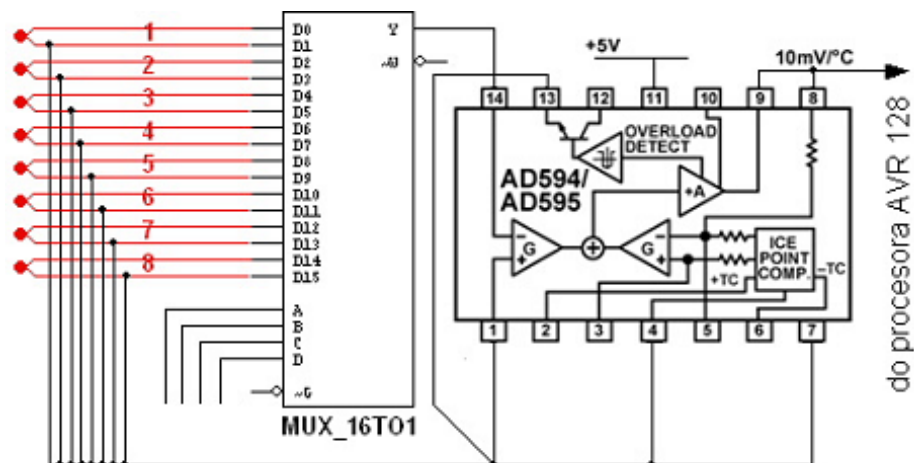
W układzie z rysunkiem 3 czujnikiem temperatury jest rezystor R4, z którym połączony jest szeregowo rezystor nastawny R3 wykorzystany od odwzorowania przyrostu rezystancji czujnika, spowodowanego przyrostem temperatury otoczenia. Czujnik temperatury (R3 + R4) zasilany jest prądem stałym o natężeniu równym 1 mA wytwarzanym przez aktywne źródło prądowe zbudowane na bazie wzmacniacza operacyjnego U1A typu LM358N i tranzystora polowego Q1. Spadek napięcia na czujniku jest wzmocniony przez układ różnicowy (wzmacniacze U4A, U5A oraz U3A). Ze względu na duży poziom zakłóceń szeregowych nałozonych na napięciowy sygnał wyjściowy tego układu, na wyjściu kondycjonera występuje aktywny filtr dolnoprzepustowy (wzmacniacz U6A)



Rys. 3. Kondycjoner współpracujący z czujnikiem rezystancyjnym Pt100

W drugim układzie pomiarowym miniaturowe termopary dołączone są bezpośrednio do wejść multipleksera analogowego, którego napięciowy sygnał wyjściowy wzmocniany jest przez kondycjoner scalony AD 595. Układ kondycjonera

opracowano tak, aby czułość zestawu termopara – kondycjoner miała wartość $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ – rysunek 4.

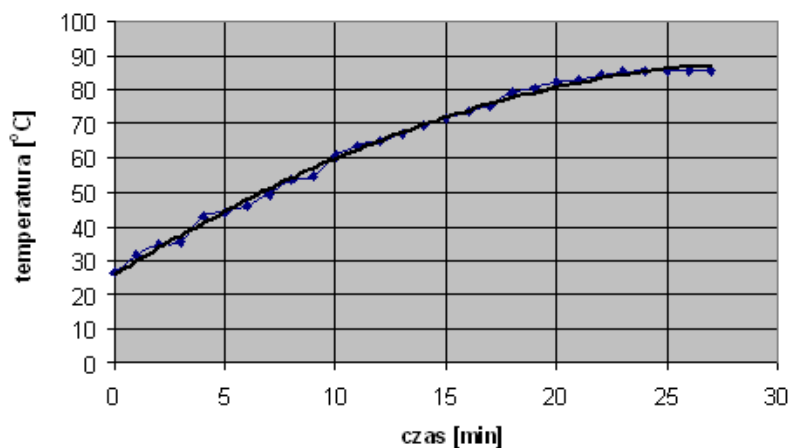


Rys. 4. Układ pomiaru temperatury uzwojeń z termoparami

W trakcie badań laboratoryjnych stwierdzono, że układ wykorzystujący czujniki rezystancyjne Pt100 jest nie przydatny do badania silników w warunkach przemysłowych. Umieszczenie tych czujników w pobliżu uzwojeń silnika, jest przyczyną przejmowania przez układ kondycjonera zakłóceń elektromagnetycznych wytwarzanych podczas pracy silnika.

Zdaniem autorów artykułu do stykowego pomiaru temperatury uzwojeń silników elektrycznych, należy stosować miniaturowe termopary współpracujące ze specjalizowanymi scalonymi kondycjonerami, np. z układem AD 594 lub AD 595.

Krzywa nagrzewania silnika



Rys. 5. Charakterystyka nagrzewania silnika jednofazowego indukcyjnego ze zwojem zwartym typu K 33.1

Procesor zastosowany w układzie pomiarowym, oprócz funkcji sterujących, wyznaczał w czasie rzeczywistym krzywą nagrzewania uzwojenia badanego silnika. Przebieg takiej krzywej dla silnika typu K33.1 przedstawia rysunek 5. Na tym rysunku linią punktową zaznaczono przebieg charakterystyki nagrzewania silnika wyznaczonej na podstawie danych pomiarowych, a linią ciągłą aproksymację numeryczną tej charakterystyki.

3. PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono układy pomiarowe przeznaczone do stykowych badań termicznych jednofazowych silników indukcyjnych ze zwojem zwartym małej mocy. Podczas badań laboratoryjnych stwierdzono, że silniki takie badać należy za pomocą układu wykorzystującego miniaturowe termopary współpracujące ze scalonym specjalizowanym kondycjonerem. Układ taki w odróżnieniu od układu wykorzystującego czujniki rezystancyjne typu Pt100 jest odporny na zakłócenia elektromagnetyczne generowane przez badany silnik prądu przemienne. Fakt ten dokumentują wyniki badań laboratoryjnych.

LITERATURA

1. Glinka T.: Badania diagnostyczne maszyn elektrycznych w przemyśle. Wyd. BOBRME, Katowice, 1998.
2. Stone G.C., Boulter E.A., Culbert I., Dhirani H.: Electrical insulation for rotating machines. IEEE PRESS series on Power Engineering, USA, 2004.
3. Szymaniec S.: Diagnostyka stanu izolacji uzwojeń i stanu łożysk silników indukcyjnych klatkowych w warunkach przemysłowej eksploatacji, Wydawnictwo Politechniki Opolskiej, Opole, 2006.

Rękopis dostarczono dnia 19.10.2010 r.

TEMPERATURE MEASUREMENT SYSTEM OF ELECTRIC MOTOR STATOR WINDINGS

Bartosz DOMINIKOWSKI
Krzysztof PACHOLSKI, Łukasz WĄS

ABSTRACT *The article presents the measuring systems for testing thermal contact single-phase induction motors with the short*

circuit low power. During laboratory tests it was found that such engines should be tested through the system using a miniature thermocouple circuit, combined with specialized conditioner. Such a systems as opposed to the system using resistive sensors type PT 100 is resistant to electromagnetic interference generated by the test engine AC. This fact is confirmed by laboratory tests.

Mgr inż. Bartosz DOMINIKOWSKI – doktorant na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej w Instytucie Systemów Inżynierii Elektrycznej. Główne zainteresowania naukowe to elektronika oraz inżynieria oprogramowania.



Dr hab. inż. Krzysztof PACHOLSKI, prof. PŁ – pracownik Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej, obecnie zatrudniony jest na stanowisku profesora nadzwyczajnego w Instytucie Systemów Inżynierii Elektrycznej. Jest autorem ponad dziewięćdziesięciu referatów i artykułów naukowych krajowych i zagranicznych. Główne zainteresowania naukowe to wpływ sygnałów odkształconych na właściwości metrologiczne przetworników pomiarowych wielkości elektrycznych.

Mgr inż. Łukasz Wąs – doktorant na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej w Instytucie Mechatroniki i Systemów Informatycznych. Główne zainteresowania naukowe to inżynieria oprogramowania.



