

Próbka do pomiaru stratności blach stosowanych w budowie maszyn indukcyjnych małej i średniej mocy.

5 Przedmiotem wynalazku jest próbka do pomiaru stratności blach stosowanych w budowie maszyn indukcyjnych małej i średniej mocy. Rozwiązanie znajduje zastosowanie w budowie silników indukcyjnych małej i średniej mocy szczególnie pracujących przy podwyższonych, w stosunku do częstotliwości sieciowej, częstotliwościach zasilania.

10 Brak jest rozwiązań, które pozwalałyby na pomiar stratności blach elektrotechnicznych w szerokim zakresie częstotliwości przy uwzględnieniu wpływu wykrawania na charakterystyki magnesowalności oraz stratności.

Z chińskiego opisu patentowego CN103149544 znany jest pomiar strat w blasze elektrotechnicznej za pomocą aparatu Epsteina. Jednak w odróżnieniu od zwykłej metody pomiarowej, gdzie wykorzystywana jest tylko jedna długość 15 próbki wynalazek umożliwia przeprowadzanie badania na próbkach o różnej długości. Umożliwia to określenie zależności strat magnetycznych od długości drogi magnetycznej podczas pomiaru w aparacie Epsteina. Sposób wycinania blach nie został uwzględniony.

Z chińskiego zgłoszenia patentowego CN104198966 znany jest wynalazek 20 dotyczący określania strat anomalnych materiałów magnetycznych. Straty w materiałach magnetycznych mogą być podzielone na straty histerezowe, wiropądowe i anomalne. Określenie strat anomalnych odbywa się na podstawie pomiarów stratności materiału a następnie wykorzystania metod matematycznych do wyodrębnienia strat anomalnych. Wynalazek nie uwzględnia wpływu metody 25 wykrawania na straty.

Z chińskiego zgłoszenia patentowego CN104319969 znany jest wynalazek odnoszący się do sposobu projektowania obwodu magnetycznego 30 wysokosprawnego silnika synchronicznego do pojazdu samochodowego. Optymalizacja obejmuje między innymi uwzględnienie strat mocy w rdzeniu co uzyskiwane jest poprzez wykorzystanie numerycznej metody elementów skończonych z uwzględnieniem wyższych harmonicznych pola magnetycznego. Obliczenie to bazuje na wyznaczonych doświadczalnie charakterystykach stratności materiału rdzenia. Jednak w tym przypadku wyznaczenie tych 35 charakterystyk, w odróżnieniu od rozwiązania według wynalazku, nie jest powiązane ze sposobem wykrawania blach stojana i wirnika.

W chińskim opisie patentowym CN103197267 opisany został sposób rozdzielania strat w materiałach magnetycznych. Metoda opiera się na rozdzieleniu strat w oparciu o dwa pomiary strat dla różnej częstotliwości przy wzbudzeniu sinusoidalnym. Metoda opiera się na klasycznym modelu strat, czyli

dwuskładnikowym zakładającym obecność dwóch źródeł strat w postaci strat histerezowych, które są proporcjonalne do częstotliwości zmian indukcji oraz strat wiropądowych, które są proporcjonalne do częstotliwości w kwadracie. Wynalazek nie uwzględnia wpływu wykrawania na straty.

5 Przedmiotem patentu PL227052 jest układ do pomiaru właściwości materiałów magnetycznie miękkich, zwłaszcza blach i taśm o dowolnym kształcie, metodą nieniszczącą. Układ ma generator połączony poprzez blok kondycjonowania sygnału, filtr aktywny i wzmacniacz mocy z wejściem głowicy pomiarowej, której co najmniej jedna para zacisków wyjściowych połączona jest
10 poprzez układ kondycjonowania sygnałów pomiarowych i układ zbierania danych z przetwornikiem analogowo-cyfrowym podłączonym do mikroprocesora, natomiast mikroprocesor połączony jest z ekranem oraz przez układ sterowania blokiem kondycjonowania sygnału z układem kondycjonowania sygnałów pomiarowych, poprzez układ sterowania generatorem z generatorem i jednocześnie
15 poprzez układ sterowania bocznikiem z bocznikiem włączonym pomiędzy głowicę pomiarową i masę układu. Wynalazek nie uwzględnia wpływu wykrawania na straty.

 Z chińskiego opisu patentowego CN101373210 znany jest wynalazek polegający na pomiarze strat w materiale magnetycznym poprzez zasilanie
20 uzwojenia wzbudzającego impulsami napięcia prostokątnego. Dzięki temu uzyskujemy krótki czas pomiaru. Wynalazek nie porusza problemu wpływu obróbki próbki na straty.

 Do tej pory brak jest rozwiązań, które pozwalałyby na wyznaczeniu próby do pomiaru stratności blach elektronowych w szerokim zakresie częstotliwości przy
25 uwzględnieniu wpływu wykrawania. Obecnie nie ma sposobów, które umożliwiają pomiar własności blachy z uwzględnieniem efektów wykrawania. Badania są wykonywane za pomocą aparatu Epsteina lub Single Sheet Tester na próbkach o określonej szerokości. Dotychczasowe rozwiązania wykorzystywały zespół blach o zmniejszonej szerokości ułożonych obok siebie.

30 Wycinanie blach silnika powoduje pogorszenie ich własności magnetycznych: magnesowalności i stratności. Wycinanie działa blisko linii cięcia, dlatego też im elementy maszyny: zęby i jarzmo są węższe, tym to oddziaływanie jest silniejsze. Ma to duże znaczenie w szczególności dla maszyn małej i średniej mocy, dla których wymiary tych elementów są małe (poniżej 20 mm).

35 Jak dotąd pomiary stratności blach wykonuje się na urządzeniach, gdzie szerokość próbki jest zawsze taka sama i wynosi co najmniej 40 mm. Zatem wpływ sposobu cięcia nie ma znaczenia na mierzone własności próbki. W literaturze znane są próby uwzględniania sposobu cięcia poprzez pomiar, jednak nie na jednej ciągłej próbce, ale na próbce pociętej na paski (np. 4 paski po 10 mm). Rozwiązanie takie

nie jest zbyt korzystne, ponieważ urządzenia ze swej istoty przewidziane są dla próbek jednolitych.

Dotychczas próbki toroidalne wykorzystywane były do pomiaru własności materiału, przy czym R_1 było stosunkowo małe, a różnica R_2 i R_1 stosunkowo duża (podobna do szerokości używanych w aparacie Epsteina lub SST), czyli ponad 40 mm. Powodowało to, że cięcie blachy nie oddziaływało na parametry oraz że jednorodność pola w stosunku do szerokości próbki (natężenie pola jest odwrotnie proporcjonalne do promienia) była niska, a więc mierzone parametry były uśrednione.

Rozwiązanie według wynalazku rozwiązuje problem pomiaru stratności blach stosowanych w budowie maszyn indukcyjnych małej i średniej mocy z uwzględnieniem wpływu wykrawania oraz określenie uśrednionych wartości parametrów blachy stosowanych w budowie maszyn indukcyjnych małej i średniej mocy, co dotychczas nie było możliwe lub sprawiało wiele trudności natury technicznej. Wynalazek w konsekwencji umożliwia polepszenie własności magnetycznych materiału, zmniejszenie strat w rdzeniu silnika i zwiększenie sprawności maszyn indukcyjnych małej i średniej mocy.

Próbka do pomiaru stratności blach stosowanych w budowie maszyn indukcyjnych małej i średniej mocy charakteryzuje się tym, że różnica promieni R_1 i R_2 odpowiada szerokości próbki, dla której mierzone są parametry: magnesowalność oraz stratność, przy czym szerokość próbki odpowiada średniej szerokości obwodu magnetycznego maszyny indukcyjnej małej i średniej mocy obliczonej jako średnia arytmetyczna sumy: szerokości zęba stojana, szerokości zęba wirnika, wysokości jarzma stojana oraz wysokości jarzma wirnika, a ponadto stosunek $R_2/R_1 < 1,05$, zaś średnia długość linii pola w próbce odpowiada wartościom występującym w aparacie Epsteina, czyli aby iloczyn $\pi (R_1 + R_2)$ był równy lub większy od 940 mm.

Próbka według wynalazku umożliwia pomiar uśrednionych wartości parametrów dla blachy wycinanej z zastosowaniem danej technologii wykrawania. Pozwala to na optymalizację konstrukcji maszyn elektrycznych na etapie projektowania silników z uwzględnieniem wpływu procesu wytwarzania na własności gotowego wyrobu.

Przedmiot wynalazku przedstawiono w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia kształt próbki toroidalnej, fig. 2 porównanie pomierzonych i obliczonych strat w rdzeniu silnika 1 o rdzeniu wykonanym z zastosowaniem wykrojnika oraz z zastosowaniem lasera, fig. 3 porównanie pomierzonych i obliczonych strat w rdzeniu silnika 2 wykonanym z zastosowaniem elektro-drażarki oraz lasera.

W próbce według wynalazku różnica promieni R_1 i R_2 odpowiada szerokości próbki dla której mierzone są parametry: magnesowalność oraz stratność.

Szerokość ta odpowiada średniej szerokości obwodu magnetycznego silnika obliczanej jako średnia arytmetyczna sumy: szerokości zęba stojana, szerokości zęba wirnika, wysokości jarzma stojana oraz wysokości jarzma wirnika. Jednocześnie w celu zapewnienia odpowiedniej równomierności pola we wnętrzu rdzenia toroidalnego stosunek $R_2/R_1 < 1,05$. Średnia długość linii pola w próbce odpowiada wartościom występującym w aparacie Epsteina, czyli aby iloczyn $\pi (R_1 + R_2)$ był równy lub większy od 940 mm.

Obiektem badań były dwa silniki niskonapięciowe pracujące w szerokim zakresie zmian częstotliwości napięcia zasilającego (zasilane z falownika PWM). Pierwszy silnik o wzniosie wału 71 mm został wykonany z blachy M470–50A o grubości 0,5 mm przy pomocy 2 technologii: wycinania za pomocą wykrojnika oraz przy pomocy lasera. Drugi silnik o wzniosie wału 90 mm został wykonany z blachy M270–35A o grubości 0,35 mm przy pomocy także dwóch technologii: elektro-drażarki oraz lasera. Podstawowe dane silników zostały podane w tabeli poniżej:

Tabela 1. Podstawowe dane badanych silników

Parametr	Silnik 1	Silnik 2
wznios wału	71	90
zewnątrzna średnica stojana [mm]	120	135
wewnętrzna średnica stojana [mm]	78	77
długość pakietu [mm]	120	120
szczelina powietrzna [mm]	0,225	0,3
liczba żłobków stojana [-]	36	24
liczba żłobków wirnika [-]	32	30
liczba zwojów szeregowych uzwojenia stojana [-]	114	96
materiał rdzenia	M470-50A	M270-35A

Dla badanych silników zastosowano pomiar na próbce pierścieniowej o wymiarach R_1 i R_2 równych odpowiedni 200 mm i 210 mm. Tak przygotowana próbka spełniała wymagania określone w wynalazku. Na podstawie pomierzonych charakterystyk stratności dokonano obliczenia strat i sprawności i porównano je z wartościami pomierzonymi na modelach fizycznych. Obliczono straty w silniku 1 o rdzeniu wyciętym przy pomocy lasera oraz dla silnika 2 wyciętego laserem oraz elektro-drażarką. Porównanie pomierzonych i obliczonych strat w rdzeniu silnika 1 o rdzeniu wykonanym z zastosowaniem wykrojnika oraz z zastosowaniem lasera zostało pokazane na fig. 2 natomiast strat w rdzeniu silnika 2 wykonanym z zastosowaniem elektro-drażarki oraz lasera na fig. 3. Linia ciągłą zaznaczono wynik pomiarów, linią przerywaną wynik obliczeń.

W rozwianiu według wynalazku różnica R_2 i R_1 dobrana została tak, aby odpowiadała ona średniej szerokości zęba i jarzma silnika, zaś R_1 dobrane tak, aby we wnętrzu próbki pole było praktycznie równomierne. Dzięki temu pomierzone właściwości są zbliżone do właściwości występujących w rzeczywistym silniku, a więc pozwalają na określenie strat w silniku z dostateczną dokładnością.