

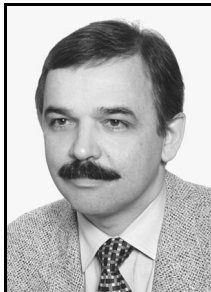
**Eligiusz PAWŁOWSKI**

POLITECHNIKA LUBELSKA, ul. Nadbystrzycka 38A, 20-618 Lublin

**Wpływ pola silnego magnesu neodymowego na pracę indukcyjnego licznika energii elektrycznej**

Dr inż. Eligiusz PAWŁOWSKI

Studia na Wydziale Elektrycznym Politechniki Lubelskiej ukończył w roku 1982, a stopień doktora nauk technicznych uzyskał w roku 1994. Obecnie zatrudniony jest na stanowisku adiunkta w Katedrze Automatyki i Metrologii na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Jego główne zainteresowania naukowe to pomiary wielkości elektrycznych i nieelektrycznych. Autor lub współautor ponad 60 publikacji.



e-mail: e.pawlowski@pollub.pl

**Streszczenie**

W ostatnim czasie nasiliły się próby kradzieży energii elektrycznej poprzez oddziaływanie polem silnego magnesu neodymowego na licznik indukcyjny. Magnes taki, zbliżony do ustroju licznika indukcyjnego silnie oddziałuje na jego pracę fałszując jego wskazania i trwale go uszkadzając. Istotnym jest więc pytanie, jak duże szkody może spowodować zastosowanie przez nieuczciwego odbiorcę magnesu neodymowego oraz czy jest możliwe jednoznaczne wykazanie, że takie oddziaływanie miało rzeczywiście miejsce? W artykule przedstawia się wyniki badań będących próbą znalezienia odpowiedzi na te pytania.

**Słowa kluczowe:** licznik indukcyjny, nielegalny pobór energii.

**Influence of strong neodymium magnet field on operation of inductive watt-hour meters****Abstract**

An inductive watt-hour meter is used for the financial settlements within signed contracts for electric energy supply. Due to that fact the devices must fulfil proper requirements. Despite it, illegal electric energy consumption has become a big problem recently. Especially frequent method of lowering the watt-hour meter indications is use of a strong permanent magnet. This paper presents, upon the basis of realised studies, results of action of a strong neodymium magnet field on the inductive watt-hour meter measurement system. Such a magnet, located close to the inductive watt-hour meter, effectively influences its operation. Three results of this influence have been observed: additional external magnetic field increases the braking torque and causes negative errors of electric energy measurement, external permanent magnet pulls the idle operation brake and increases the meter starting current, and strong external magnetic field demagnetises the meter internal permanent magnet, damaging it forever. After removing the external magnet, such a meter indicates very high positive errors and must be replaced. Moreover, distinct field irregularities have been found in the demagnetised permanent magnet in the meter, which might be used as an evidence of using the neodymium magnet for the electric energy theft. All discussed effects are illustrated on the diagrams. The conclusions highlight the possibility of efficient detecting and proving the electric energy theft with use of that method.

**Keywords:** inductive meter, illegal energy consumption.

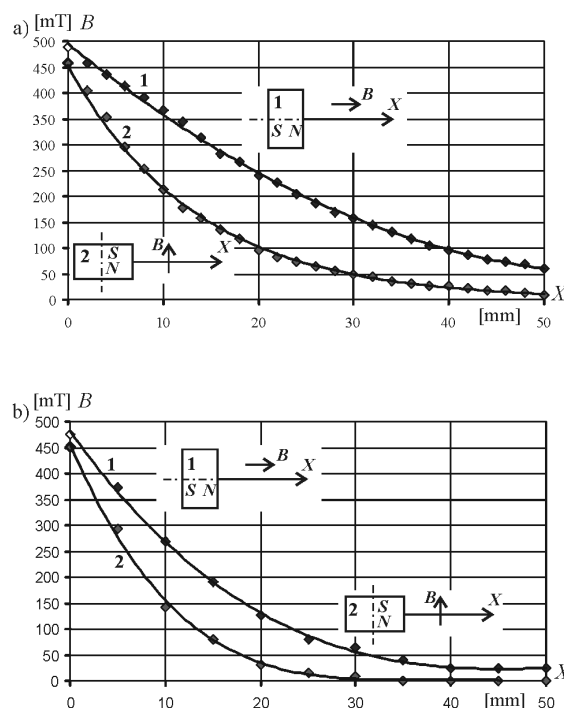
**1. Wprowadzenie**

Na podstawie wskazań liczników indukcyjnych ustala się wysokość zobowiązania finansowego pomiędzy odbiorcą i dostawcą energii elektrycznej. Dlatego powinny one zapewniać rzetelny pomiar ilości zużytej energii. Ostatnio jednak nasila się proceder kradzieży energii elektrycznej przy pomocy silnego magnesu neodymowego [1, 2, 3], pomimo tego, że konstrukcja liczników, ich właściwości użytkowe oraz prawna kontrola metrologiczna są objęte licznymi przepisami: normami [4, 5, 6], instrukcją GUM [7] i rozporządzeniami [8, 9]. Stawiają one licznikom energii elektrycznej liczne wymagania, jednak tylko w najnowszej normie

[6] uwzględniono problem oddziaływania zewnętrznego stałego silnego pola magnetycznego. W artykule przedstawia się rezultaty badań skutków zastosowania magnesów neodymowych w postaci: dodatkowego momentu hamującego od zewnętrznego pola, zwiększenia prądu rozruchu poprzez oddziaływanie na hamulec biegu jałowego oraz rozmagnesowania magnesu hamującego licznika i trwałego uszkodzenia ustroju pomiarowego licznika. Nie badano natomiast efektu ewentualnego nasycania się rdzeni obwodów magnetycznych licznika.

**2. Właściwości magnesów neodymowych**

Źródłem odpowiednio silnego stałego pola magnetycznego zdolnego zakłócić pracę licznika są dostępne w wolnej sprzedaży magnesy neodymowe, produkowane metodami metalurgii proszków ze związków pierwiastka ziem rzadkich neodymu, żelaza i boru (Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B). Charakteryzują się one wyjątkowo silnym polem magnetycznym, kilkakrotnie większym niż pola innych magnesów trwałych wykonanych z alnico lub ferrytów. W badaniach posłużono się dwoma walcowymi magnesami neodymowymi N42: mniejszym o średnicy  $D = 45$  mm i wysokości  $H = 15$  mm oraz większym o średnicy  $D = 70$  mm i wysokości  $H = 30$  mm. Na rysunku 1 przedstawiono wartość indukcji magnetycznej  $B$  zmierzonej w odległości  $X$  od powierzchni magnesów w kierunku równoległym do osi symetrii magnesu (1) i w kierunku do niej prostopadłym (2). Magnesy w odległości kilkunastu milimetrów od swej powierzchni wytwarzają pole o indukcji porównywalnej lub większej od indukcji pola w szczelinie magnesu hamującego (rzędu 250-340 mT, zależnie od roku produkcji i modelu licznika), mogą więc skutecznie zakłócić pracę licznika poprzez jego obudowę.

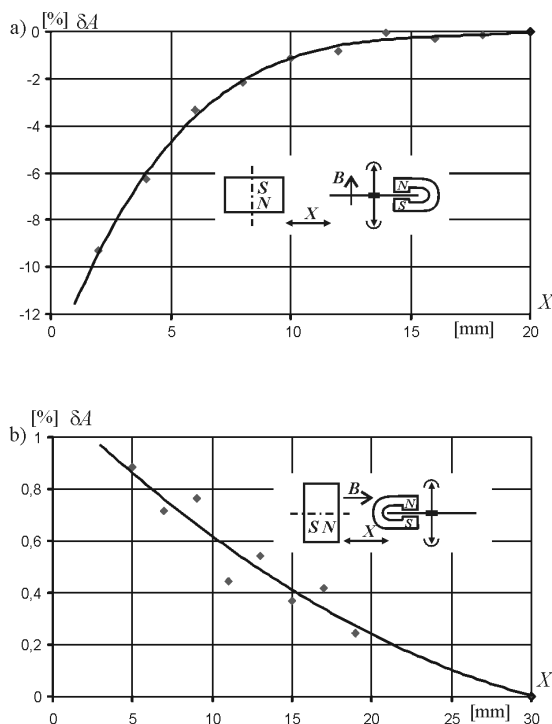


Rys. 1. Pole neodymowego magnesu stałego: a) N42,  $D = 70$  mm,  $H = 30$  mm, b) N42,  $D = 45$  mm,  $H = 15$  mm

Fig. 1. Field of the permanent neodymium magnet: a) N42,  $D = 70$  mm,  $H = 30$  mm, b) N42,  $D = 45$  mm,  $H = 15$  mm

### 3. Przeprowadzone badania

Badania oddziaływania zewnętrznego stałego pola magnetycznego na indukcyjny ustrój pomiarowy wykonano na popularnych licznikach typu A52, których wewnętrzne magnesy hamujące posiadają indukcję w przedziale 250-320 mT. Prąd bazowy licznika wynosił  $I_b = 5$  A, prąd maksymalny  $I_{max} = 20$  A, stała licznika  $c = 900$  obr/kWh. Błędy pomiaru energii wyznaczano metodą mocy i czasu [7, 9]. W pierwszej kolejności badano powstawanie dodatkowego momentu hamującego od zewnętrznego pola magnetycznego. Na rysunku 2a przedstawiono zależność błędów pomiaru energii  $\delta A$  w funkcji odległości  $X$  zewnętrznego magnesu od krawędzi tarczy (licznik był pozbawiony przedniej, szklanej części obudowy) przy równoległym ustawieniu osi symetrii magnesu i osi obrotu tarczy. Magnes zbliżano do tarczy z boku, w miejscu najbardziej odległym od magnesu wewnętrznego, wektor indukcji  $B$  pola magnesu zewnętrznego był prostopadły do powierzchni tarczy a błędy pomiaru energii  $\delta A$  były ujemne. Duże błędy rzędu -10% uzyskuje się jedynie przy bezpośrednim zbliżeniu magnesu do tarczy licznika po zdemontowaniu obudowy, po zamontowaniu obudowy zbliżenie magnesu do tarczy licznika jest możliwe tylko na odległość  $X$  około 12 mm, co odpowiada błędom na poziomie -1%. Na rysunku 2b przedstawiono efekt zbliżania zewnętrznego magnesu, którego oś symetrii jest ułożona prostopadle do osi obrotu tarczy, a wektor indukcji  $B$  jego pola jest równoległy do powierzchni tarczy. Dodatkowy moment hamujący nie powstaje, osłabieniu ulega pole magnesu wewnętrznego, błędy  $\delta A$  są dodatnie. Takie ustawienie magnesu nie spowalnia obrotów tarczy, ale zwiększa się prąd rozruchu licznika co umożliwia jego zatrzymanie przy poborze małych mocy.

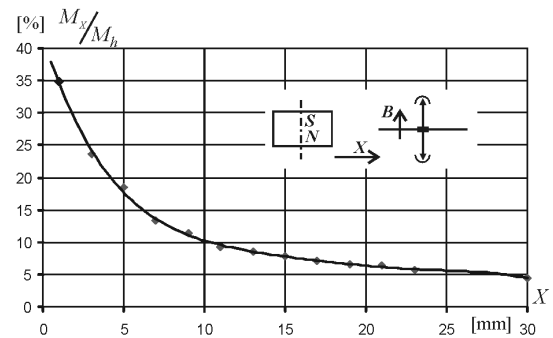


Rys. 2. Błąd pomiaru energii od zewnętrznego pola magnetycznego magnesu trwałego N42,  $D = 45$  mm,  $H = 15$  mm

Fig. 2. Energy measurement error of the external magnetic field of the permanent magnet N42,  $D = 45$  mm,  $H = 15$  mm

Na rysunku 3 przedstawiono moment hamujący  $M_x$  wytworzony przez duży magnes neodymowy o średnicy  $D = 70$  mm w stosunku do momentu hamującego  $M_h$  wytwarzanego przez wewnętrzny magnes licznika. Pomiarzy wykonano po usunięciu magnesu wewnętrznego, a stosunek momentów hamujących  $M_x/M_h$  wyznaczono na podstawie stosunków czasów  $n$ -obrotów tarczy, podobnie jak w metodzie mocy i czasu [7, 9]. Zbliżenie

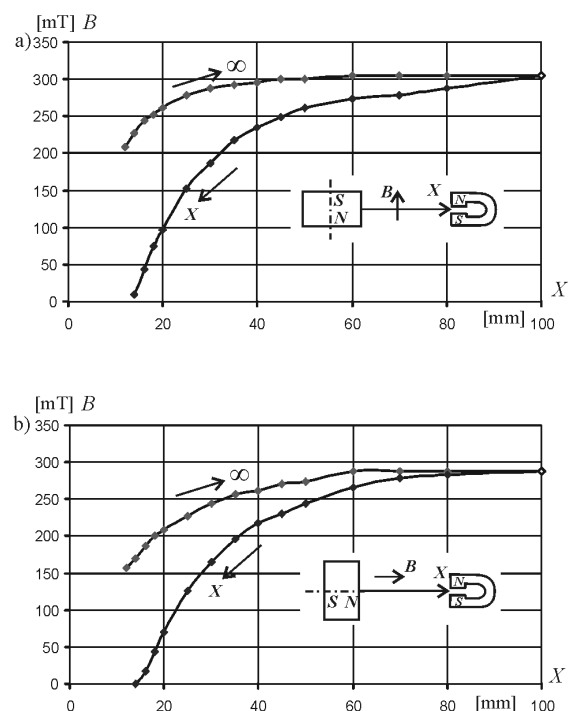
dużego magnesu na odległość  $X$  najmniejszą na jaką pozwala obudowa licznika (12 mm) wytwarza dodatkowy moment hamujący  $M_x$  o wartości około 10% momentu hamującego magnesu wewnętrznego  $M_h$ . Wypadkowy błąd pomiaru energii jest jednak mniejszy, ze względu na jednoczesne osłabianie pola magnesu wewnętrznego przez pole zewnętrzne.



Rys. 3. Moment hamujący pola zewnętrznego względem momentu magnesu hamującego

Fig. 3. Braking torque of the external field vs. the braking magnet moment

Podczas przeprowadzonych badań okazało się również, że magnes umieszczony na obudowie licznika z polem ukierunkowanym równoległe do powierzchni tarczy (rys.2b) przyciąga stalowy drut będący elementem hamulca biegu jałowego na tyle silnie, że tarcza zatrzymuje się w nowym położeniu, a prąd rozruchu wzrasta nawet kilkunastokrotnie, osiągając wartości bliskie 10% prądu bazowego i umożliwiając nielegalny pobór mocy rzędu 100 W. Taki kierunek zewnętrznego pola nie wytwarza dodatkowego momentu hamującego (rys.2b), osłabia natomiast pole w szczeliny magnesu hamującego i skutecznie go rozmagnesowuje (rys. 4).

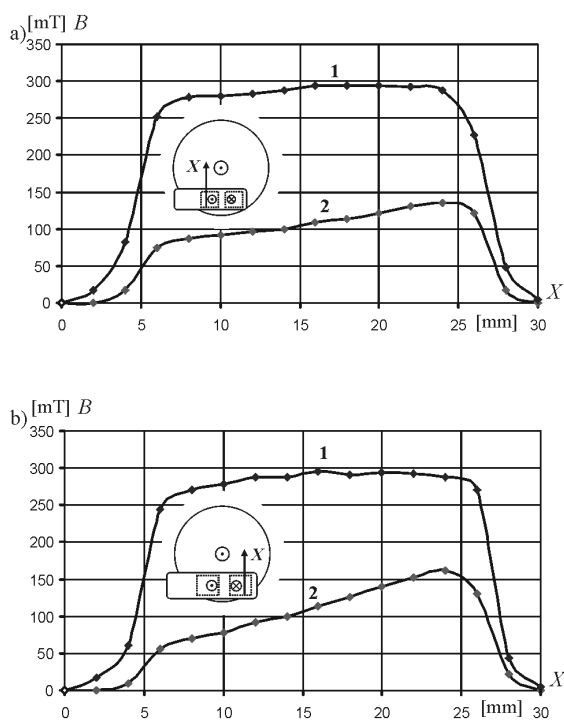


Rys. 4. Rozmagnesowanie magnesu hamującego: a) pole równoległe, b) pole prostopadłe

Fig. 4. Demagnetization of the braking magnet: a) parallel field, b) perpendicular field

Efekt rozmagnesowania wewnętrznego magnesu hamującego licznika zbadano poprzez zbliżanie do niego dużego magnesu neodymowego o średnicy  $D = 70$  mm i przedstawiono na rysunku

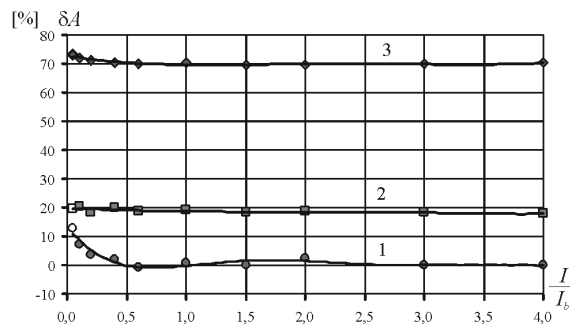
4. Dolna linia przedstawia wartość indukcji w szczelinie magnesu licznika po zbliżeniu do niego na odległość  $X$  magnesu neodymowego, a górna linia po ponownym odsunięciu go na dużą odległość ( $\infty$ ). Już z odległości 80 mm pole magnesu hamującego ulega osłabieniu i powraca do wartości właściwej po odsunięciu magnesu neodymowego. Trwałe rozmagnesowanie rozpoczyna się po zbliżeniu magnesu neodymowego na odległość 50 mm. Jednokrotne przyłożenie magnesu do obudowy licznika ( $X=20$  mm) skutkuje rozmagnesowaniem nawet do 50% początkowej wartości indukcji. Szczególnie interesujący jest rozkład pola w szczelinach magnesu w kierunku równoległym do promienia tarczy przed i po rozmagnesowaniu, co przedstawiono na rysunku 5, oddzielnie dla pola w lewej szczelinie (a) i prawej szczelinie (b).



Rys. 5. Pole magnesu hamującego przed (1) i po (2) rozmagnesowaniu  
a) lewe pole, b) prawe pole  
Fig. 5. Field of the braking magnet before (1) and after (2) demagnetisation:  
a) left field, b) right field

Rozkład pola przed rozmagnesowaniem (1) jest równomierny, a po rozmagnesowaniu (2) pole jest słabsze i wykazuje wyraźną nierównomierność: zewnętrzna część magnesu znajdująca się bliżej obudowy jest znacznie bardziej rozmagnesowana niż po stronie wewnętrznej, gdzie indukcja jest 2-3 razy większa. Kolejne zbliżenia magnesu neodymowego coraz bardziej osłabiają pole magnesu hamującego, zawsze jednak rozkład pola pozostaje wyraźnie nierównomierny. Wydaje się być to bardzo charakterystycznym i jednoznacznym dowodem na zastosowanie magnesu neodymowego, gdyż efekty starzenia, wpływ temperatury, udary mechaniczne mogą również osłabić pole magnesu trwałego, ale nie powinny dawać takiego efektu nierównomierności pola.

Istotnym skutkiem rozmagnesowania magnesu hamującego licznika jest znaczny wzrost błędów pomiaru energii. Na rysunku 6 przedstawiono błędy licznika przed (1), po jednokrotnym (2) i po wielokrotnym (3) zbliżeniu do jego obudowy dużego magnesu neodymowego o średnicy  $D = 70$  mm. Błędy mają znak dodatni i licznik znacznie zawyża wskazania na niekorzyść odbiorcy. Każde kolejne zbliżenie magnesu do licznika zwiększa ten efekt i ostatecznie błędy mogą osiągnąć wartości nawet do kilkuset % [2]. Licznik taki nie spełnia żadnych wymagań [4-9] i konieczna jest jego wymiana na nowy egzemplarz.



Rys. 6. Błędy licznika energii po rozmagnesowaniu magnesu hamującego  
Fig. 6. Errors of the energy meter after demagnetisation of the braking magnet

## 4. Wnioski

Wpływ zewnętrznego pola silnego magnesu trwałego na pracę indukcyjnego licznika energii elektrycznej jest wieloraki: powstaje dodatkowy moment hamujący wprowadzający ujemne błędy pomiaru energii, wzrasta wielokrotnie prąd rozruchu oraz rozmagnesowuje się wewnętrzny magnes hamujący, co trwałe niszczy urządzenie pomiarowe licznika, a silnie niejednorodny rozkład pola magnetycznego w szczelinie magnesu trwałego licznika pozwala w późniejszym czasie jednoznacznie potwierdzić zastosowanie magnesu neodymowego. Praktycznie nie jest więc możliwa skuteczna kradzież energii elektrycznej przy użyciu magnesu neodymowego, gdyż każde jego zbliżenie do obudowy licznika w sposób gwarantujący zafalszowanie wskazań na korzyść odbiorcy jednocześnie uszkadza urządzenie pomiarowe w sposób umożliwiający jednoznaczne stwierdzenie takiego faktu. Zgodnie z przepisami nieuczciwy odbiorca płaci stawkę zryczałtowaną, znacznie przekraczającą wartość skradzionej energii, dodatkowo pokrywa koszty wymiany uszkodzonego licznika, płaci wysokie rachunki za okres w którym licznik wskazywał zawyżone zużycie oraz ponosi koszty ewentualnego procesu sądowego.

## 5. Literatura

- [1] Billewicz K.: Kradzież energii za pomocą magnesu neodymowego i jej wykrywanie, Przegląd Elektrotechniczny, nr 6/2006.
- [2] Billewicz K.: Nielegalny pobór energii elektrycznej, Wiadomości Elektrotechniczne, nr 5/2007.
- [3] Kasperczyk B.: Ustalanie przyczyn pewnych uszkodzeń indukcyjnych liczników energii elektrycznej, Wiadomości Elektrotechniczne, nr 1/2010.
- [4] PN-EN 62052-11: 2006 Urządzenia do pomiarów energii elektrycznej (prądu przemiennego)-Wymagania ogólne, badania i warunki badań. Część 11: Urządzenia do pomiarów.
- [5] PN-EN 62053-11: 2006 Urządzenia do pomiarów energii elektrycznej (prądu przemiennego)-Wymagania szczegółowe. Część 11: Liczniki elektromechaniczne energii czynnej (klas 0,5, 1, 2).
- [6] PN-EN 50470-1: 2008 Urządzenia do pomiarów energii elektrycznej (prądu przemiennego) Część 1: Wymagania ogólne, badania i warunki badań-Urządzenia do pomiarów (klas A, B, C).
- [7] Instrukcja sprawdzania użytkowych liczników energii elektrycznej prądu przemiennego, Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr5/2000.
- [8] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 18 grudnia 2006r. w sprawie zasadniczych wymagań dla przyrządów pomiarowych, Dz. U. Nr 3, poz. 27.
- [9] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 7 stycznia 2008r. w sprawie wymagań, którym powinny odpowiadać liczniki energii elektrycznej czynnej prądu przemiennego oraz szczegółowego zakresu sprawdzeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów pomiarowych, Dz. U. Nr 11, poz.63.