

Prawne, techniczne i metrologiczne skutki oddziaływania zewnętrznym polem silnego magnesu neodymowego na indukcyjny licznik energii elektrycznej

Streszczenie. Kradzież energii elektrycznej poprzez oddziaływanie silnym polem magnesu neodymowego na indukcyjny licznik energii elektrycznej stanowi istotny problem dla przedsiębiorstw energetycznych. W artykule przedstawiono wyniki badań skutków zastosowania magnesu neodymowego objawiających się przede wszystkim w postaci: ujemnego błędu pomiaru energii, zwiększenia prądu rozruchu oraz rozmagnesowania magnesu hamującego licznika i trwałego uszkodzenia ustroju pomiarowego licznika.

Abstract. Stealing electricity using the influence of a strong neodymium magnet field on an inductive electricity meter is a significant problem of energy companies. The article presents the results of test of the effects of the application of neodymium magnets in the form of: a negative energy measurement errors, increasing inrush current and degaussing the brake magnet of the meter and permanent damage to the meter system. (**Legal, technical and metrological effects of neodymium magnet field influence on inductive electricity meters**).

Słowa kluczowe: kradzież energii elektrycznej, indukcyjny licznik energii elektrycznej, magnes neodymowy, dokładność pomiaru.

Keywords: electricity theft, inductive electricity meter, neodymium magnet, measurement accuracy.

Wstęp

Kradzież energii elektrycznej stanowi poważny problem dla przedsiębiorstw energetycznych. Szacuje się, że straty z tego tytułu na całym świecie sięgają 20 mld \$ dziennie [1]. Jednym ze sposobów kradzieży energii elektrycznej jest oddziaływanie silnym magnesem neodymowym na ustrój pomiarowy indukcyjnego licznika energii elektrycznej, co skutkuje nadmiernymi błędami pomiaru energii elektrycznej oraz trwałym uszkodzeniem ustroju pomiarowego licznika [2-16]. Wymagania techniczne dla liczników sprecyzowane są w Polskich Normach [17-20]. Prawne wymagania dla konstruowania, stosowania i sprawdzania liczników regulują ustawy [21-25], rozporządzenia ministrów [26-34] oraz zarządzenie Prezesa GUM [35]. W sprawach o kradzież energii elektrycznej brane są również pod uwagę wyroki Trybunału Konstytucyjnego [36] oraz Sądu Najwyższego [37-40], a problematyką sądowego dochodzenia roszczeń z tego tytułu zajmuje się wielu prawników [41, 42]. Rozległą problematykę kradzieży energii elektrycznej poruszają w swoich opracowaniach również organizacje konsumenckie [43, 44], Urząd Ochrony Konkurencji i Konsumentów [45, 46], Urząd Regulacji Energetyki [47-51], Najwyższa Izba Kontroli [52] oraz Instytut Sobieskiego [53].

W Polsce nadal przeważają w zastosowaniach liczniki indukcyjne. W raporcie [53] klasyfikującym łącznie 10,7mln liczników spośród 13,5mln wszystkich liczników stosowanych w Polsce, około 93% stanowią liczniki indukcyjne, dominującymi typami są: jednofazowy A52 oraz trójfazowy C52. W Polsce wykrywane są kradzieże energii elektrycznej w ilości ok. 40GWh rocznie [52]. Znaczną ich część dokonywana jest z użyciem magnesu neodymowego.

Wymagania stawiane licznikom energii elektrycznej

W Polsce liczniki energii elektrycznej mogą być wprowadzane do obrotu i użytkowania na podstawie Prawa o miarach [21] lub ustawy o systemie oceny zgodności [22]. Wszystkie liczniki podlegają obowiązkowej prawnej kontroli metrologicznej na podstawie rozporządzenia [26] według określonej procedury [27], ustalającej dla liczników okres ważności legalizacji na 15 lat. Mimo tego jednak kontrole wykazują znaczną ilość liczników użytkowanych przez przedsiębiorstwa energetyczne bez aktualnej legalizacji [52]. Rozporządzenie [28] określa zasadnicze wymagania dla przyrządów pomiarowych, zgodnie z którymi do przyrządu pomiarowego należy dołączyć instrukcję obsługi

zawierającą warunki stosowania przyrządu pomiarowego, a jego użytkowanie nie może się wiązać ze spełnieniem innych niż określone w tej instrukcji warunków w celu uzyskania poprawnych wyników pomiarów. Producent powinien określić dla przyrządu pomiarowego wielkości wpływające, które mogą mieć wpływ na dokładność przyrządu pomiarowego. Przyrząd pomiarowy musi być tak zaprojektowany, aby zachowywał odpowiednią stałość charakterystyk metrologicznych w przewidzianych dla niego warunkach środowiskowych oraz aby był zminimalizowany wpływ uszkodzenia mogącego spowodować niedokładny pomiar. Rozwiązania przyjęte w projekcie przyrządu pomiarowego muszą uwzględniać dającą się przewidzieć każdą możliwość jego niewłaściwego użycia. Przyrząd pomiarowy nie może mieć właściwości umożliwiających nieuczciwe jego użytkowanie, a możliwość niewłaściwego użycia przyrządu pomiarowego musi być ograniczona.

Rozporządzenie [29] określa wymagania szczegółowe dla liczników energii elektrycznej, zgodnie z którymi konstrukcja i wykonanie licznika a także materiały stosowane do ich wytworzenia powinny zapewnić zabezpieczenie licznika w sposób uniemożliwiający ingerencję do jego wnętrza oraz przypadkowe lub celowe fałszowanie wskazań. Licznik powinien być instalowany i stosowany zgodnie z instrukcją obsługi licznika, która powinna zawierać w szczególności: szczegółowy opis instalacji licznika, informacje o przyczynach błędów, opis sposobu właściwego stosowania licznika, szczegółowy opis dopuszczalnych warunków otoczenia i miejsca użytkowania licznika oraz możliwych przeszkód i zaburzeń, z uwzględnieniem ich wpływu na wykonywane pomiary.

Norma [17] określa wymagania ogólne dla liczników: mechaniczne, klimatyczne i elektryczne, nie zawiera jednak żadnych wymagań w zakresie odporności na zewnętrzne stałe pole magnetyczne. Norma [18] określa wymagania szczegółowe dla liczników i podaje wymagania na zewnętrzne pole magnetyczne, ale tylko przemienne 50Hz. Dopiero norma [19] definiuje dla licznika wymagania na odporność na pole magnetyczne stałe pochodzenia zewnętrznego oraz opisuje sposób przeprowadzania badań elektromagnesem o wartości siły elektromotorycznej równej 1000 amperozwojów. Do każdego typu licznika powinna być dołączona instrukcja obsługi zawierająca warunki środowiska elektromagnetycznego, do którego licznik jest przystosowany, przy czym przy rozpatrywaniu tego

środowiska należy uwzględnić pole magnetyczne stałe. Licznik powinien być zaprojektowany w taki sposób, aby zjawiska elektromagnetyczne nie uszkadzały go ani nie wpływały w sposób znaczący na wynik pomiaru. Norma [20] określa dopuszczalne wartości błędów przy długotrwałym oddziaływaniu zewnętrznym stałym polem magnetycznym.

Z przytoczonych przepisów wynika więc, że licznik indukcyjny powinien być odporny na zewnętrzne pole magnetyczne. Producent powinien w instrukcji obsługi określić dla licznika warunki środowiskowe, w tym również wymagania na zewnętrzne pole magnetyczne, a prawidłowe działanie licznika nie może wiązać się ze spełnieniem przez użytkownika jakichkolwiek dodatkowych wymagań poza określonymi w instrukcji obsługi.

Należyte użytkowanie liczników energii elektrycznej

Na podstawie §8 ust.1 p.8 rozporządzenia [30] miejsce zainstalowania licznika określają warunki przyłączenia. Zgodnie z §185 rozporządzenia [33] miejsce to powinno być zabezpieczone przed uszkodzeniem i ingerencją osób niepowołanych, poza lokalem mieszkalnym, w zamkniętych szafkach. Również rozporządzenie [34] w §16 nakazuje zabezpieczać pomieszczenia techniczne przed dostępem osób trzecich, a w §18 ust.2 p.5 zobowiązuje użytkownika lokalu do utrzymywania właściwych warunków użytkowania licznika oraz niezwłocznego informowania o jego uszkodzeniu. Zakres odpowiedzialności za zabezpieczenie licznika ustala umowa pomiędzy stronami [46], która standardowo zobowiązuje odbiorcę do zabezpieczenia przed uszkodzeniem plomb oraz uszkodzeniem obudowy licznika, nie nakłada zaś na odbiorcę obowiązku ochrony licznika przed zewnętrznym stałym polem magnetycznym.

Należy więc zauważyć, że przepisy określone w ustawach [21-25], rozporządzeniach [26-34] oraz umowy zawierane na dostawę energii elektrycznej nie są podają żadnych warunków montażu ani warunków użytkowania liczników energii elektrycznej w zakresie dopuszczalnej wartości stałego zewnętrznego pola magnetycznego. Zgodnie z normami [17-20] powinien je podać producent w instrukcji obsługi. Rodzi się więc uzasadnione pytanie, skąd odbiorca ma wiedzieć, że magnes neodymowy może uszkodzić licznik, skoro producent nie informuje o tym w instrukcji obsługi? Na jakiej podstawie można stwierdzić, że odbiorca nie zabezpieczył należycie licznika przed wpływem zewnętrznego pola magnetycznego, skoro w przepisach takich wymagań nie sformułowano?

Producenci liczników zamiast wprowadzać zmiany konstrukcyjne uodporniające licznik na działanie magnesu neodymowego oraz przygotować instrukcję obsługi zawierającą zgodną z wymaganiami [19, 28, 29] rzetelną informację o skutkach działania zewnętrznego pola magnetycznego, zastawiają na nieświadomego problemu użytkownika pułapkę w postaci układu sygnalizującego obecność zewnętrznego pola magnetycznego [2]. Również przedsiębiorstwa energetyczne posiadające odpowiednią wiedzę na ten temat nie podejmują odpowiednich kroków przeciwdziałających, jak np.: akcja informacyjna skierowana do odbiorców, stosowanie skrzynek zabezpieczających licznik, stosowanie liczników odpornych na magnesy neodymowe [16, 43], czekając skwapliwie, aż w zastawione siatki wpadnie nieświadomy problemu odbiorca. Warto bowiem zauważyć, że budowa i zasada działania licznika indukcyjnego jest wykładana na wydziałach elektrycznych wyższych uczelni technicznych i jako taka nie jest wiedzą powszechnie znaną przeciętnemu obywatelowi. Jednocześnie wiele osób spotkało się z różnego rodzaju urządzeniami zawierającymi silne magnesy neodymowe: magnetyzery do wody pitnej, instalacji c.o. i paliw, biżuteria i pościel magnetyczna, sprzęt terapeutyczny, zabawki

edukacyjne itp. [15], których praktyczna przydatność może co prawda budzić wątpliwości, ale ich stosowanie w najmniejszym stopniu nie jest prawnie nielegalne. Można więc również dopuścić takie rozumowanie, że odbiorca mógłby zastosować magnes neodymowy w dobrej wierze w celu uzyskania oszczędności w zużyciu energii elektrycznej nie wiedząc o tym, że podejmuje działania nielegalne.

Prawne skutki nielegalnego poboru energii elektrycznej

Nielegalny pobór energii elektrycznej n.p.e. zwany potocznie kradzieżą energii definiuje art.3 p.18 Prawa Energetycznego [23] jako pobieranie energii bez zawarcia umowy, z całkowitym albo częściowym pominięciem układu pomiarowo-rozliczeniowego lub poprzez ingerencję w ten układ mającą wpływ na zafałszowanie pomiarów dokonywanych przez układ pomiarowo-rozliczeniowy. Mimo tak precyzyjnej definicji można wskazać kilka przypadków n.p.e. trudnych do jednoznacznej kwalifikacji prawnej [4].

Kradzież energii elektrycznej na mocy art. 278 §1, §5 Kodeksu Karnego [24] jest przestępstwem zagrożonym karą pozbawienia wolności od 3 miesięcy do 5 lat. Możliwe jest również zastosowanie art. 286 §1 Kodeksu Karnego traktując n.p.e. jako oszustwo [41]. Faktem stwierdzonym w raporcie NIK [52] jest jednak zgłaszanie do prokuratury lub policji przez przedsiębiorstwa energetyczne tylko 30% stwierdzonych przypadków n.p.e.

Przedsiębiorstwo energetyczne na podstawie art.57 Prawa Energetycznego [23] w razie n.p.e. może pobierać specjalną opłatę określoną w taryfie albo dochodzić odszkodowania na zasadach ogólnych w oparciu o art. 415 Kodeksu Cywilnego [25], nakazujący naprawienie szkody wyrządzonej ze swej winy. Sposób naliczania opłat za n.p.e. wskazany jest w §44 rozporządzenia [31], a ich wysokość określona jest w taryfie przedsiębiorstwa energetycznego. W praktyce jednak dochodzenie tych roszczeń jest dość skomplikowane [41-51].

Zgodnie z wyrokiem Trybunału Konstytucyjnego [36] przedsiębiorstwa energetyczne mogą żądać od odbiorcy opłat za n.p.e. tylko na podstawie prawomocnego wyroku sądu. Zgodnie z art.6 Kodeksu Cywilnego [25] ciężar udowodnienia faktu spoczywa na osobie, która z faktu tego wywodzi skutki prawne, czyli w przypadku n.p.e. na przedsiębiorstwie energetycznym. Jednocześnie uchwała Sądu Najwyższego [37] zezwala obciążać odbiorcę opłatami za n.p.e. tylko wtedy, gdy taka energia została rzeczywiście pobrana [46], przy czym zgodnie z wyrokiem Sądu Najwyższego [38] ustalenie faktu n.p.e. nie wymaga badania winy sprawcy tego czynu [51]. Sprawy sądowe z tytułu n.p.e. często są zawile [41, 46] i ostatecznie trafiają do Sądu najwyższego [37-40]. Przedmiotem sporów sądowych jest również odmowa przez przedsiębiorstwo energetyczne korekty zawyżonych faktur wystawionych na podstawie licznika uszkodzonego magnesem neodymowym, która jest wskazana w §37 rozporządzenia [31]. Przywoływany jest tu art.435 §1 Kodeksu Cywilnego [25] zgodnie z którym nie można przypisać komuś odpowiedzialności za szkodę która nastąpiła wyłącznie z winy poszkodowanego, jednak poglądy prawników w przypadku n.p.e. nie są jednoznaczne [44, 45, 50].

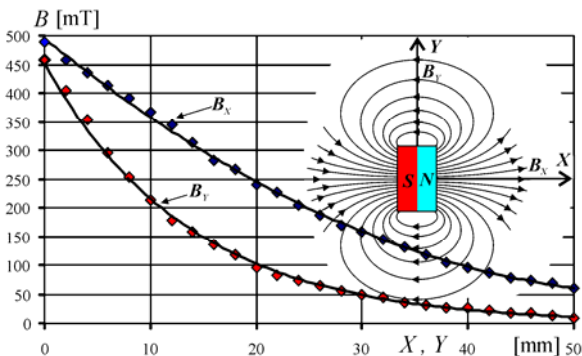
Podstawą do wykrycia przypadku n.p.e. są kontrole układów pomiarowych, które mogą przeprowadzać na podstawie art.6 Prawa Energetycznego [23] wyłącznie upoważnieni przedstawiciele przedsiębiorstwa energetycznego. Szczegółowe zasady przeprowadzania kontroli reguluje rozporządzenie [32]. Kontrole nie zawsze są jednak skuteczne, ponieważ w procedurze n.p.e. bywają również zamieszani pracownicy spółek dystrybucyjnych [5].

Należy również zauważyć, że dla dostawcy energii koszty n.p.e. traktowane są jako straty i jako takie

uwzględnione są w taryfie, skutkiem czego dostawca energii de facto nie jest zainteresowany ściganiem n.p.e., gdyż straty z tego tytułu i tak pokrywają solidarnie wszyscy odbiorcy, w związku z czym cena energii wzrasta, a dostawca energii uzyskuje wyższe dochody z marży [5]. Poza tym proces wykrywania nielegalnego poboru energii jest skomplikowany, długotrwały i kosztowny [2].

Pole w otoczeniu magnesu neodymowego

Indukcja magnetyczna B na powierzchni magnesu neodymowego osiąga wartości rzędu 400-500mT (zależnie od jego wielkości i rodzaju materiału) i szybko zanika wraz ze wzrostem odległości [7, 8, 9, 11, 12, 17]. Na rysunku 1 przedstawiono zależność indukcji magnetycznej B_x w odległości X od powierzchni magnesu w kierunku równoległym do jego osi symetrii oraz B_y w kierunku Y prostopadłym do tej osi, zmierzoną dla magnesu neodymowego N42 o średnicy $D=70\text{mm}$ i wysokości $H=30\text{mm}$. Analizując przedstawiony wykres należy mieć na uwadze, że wewnętrzne elementy liczników istotne dla poprawnego pomiaru energii (tarcza wirnika, magnes hamujący, elektromagnes) znajdują się w odległości kilkunastu milimetrów od powierzchni obudowy. W tej odległości od powierzchni magnesu neodymowego wytwarza on pole rzędu 150-300mT, zależnie od kierunku. Ponieważ indukcja w szczelinie magnesu hamującego ma wartość rzędu 250-350mT zależnie od typu licznika i roku produkcji, a indukcja pola wytwarzanego przez elektromagnes prądowy i napięciowy jest znaczenie niższa od 100mT, to magnes neodymowy może skutecznie zakłócić pracę licznika poprzez jego obudowę i zafałszować wynik pomiaru energii [7, 10, 11, 12].

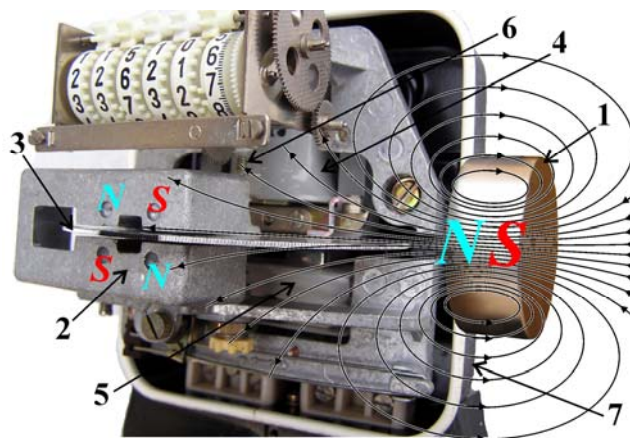


Rys.1. Indukcja B pola magnesu neodymowego N42, o średnicy $D=70\text{mm}$ i wysokości $H=30\text{mm}$, w kierunku X równoległym do osi symetrii magnesu i w kierunku Y prostopadłym do tej osi

Skutki techniczne zastosowania magnesu

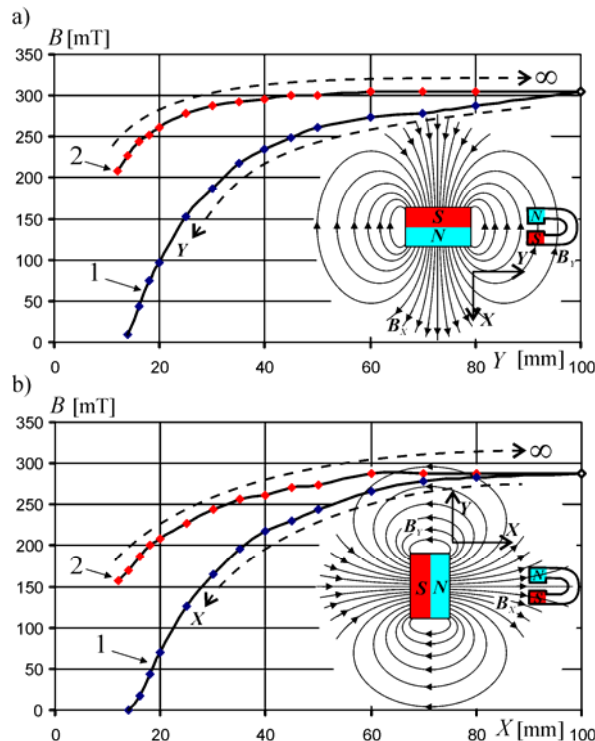
Dość powszechny jest brak właściwego zrozumienia skutków działania magnesu neodymowego na licznik indukcyjny. Często powtarzana i całkowicie błędna jest opinia, że po przyłożeniu do licznika magnesu neodymowego, w wyniku rozmagnesowania magnesów hamujących, następuje początkowo spowolnienie obrotów tarczy aż do jej zatrzymania, później jednak tarcza znów zaczyna się obracać i przyspiesza, co powoduje w efekcie wzrost wskazań licznika [41, 42]. W rzeczywistości jest to znacznie bardziej skomplikowane zjawisko [7, 8, 11, 12].

Oddziaływanie pola zewnętrznego magnesu neodymowego na ustrój indukcyjnego licznika energii elektrycznej przedstawia rysunek 2. Magnes neodymowy (1) przyłożony do licznika oddziałuje na: magnes hamujący (2), tarczę wirnika (3), elektromagnes napięciowy (4), elektromagnes prądowy (5), hamulec biegu jałowego (6) oraz inne stalowe elementy licznika: obudowę (7), śruby mocujące itp. [2, 8, 9, 11, 12].



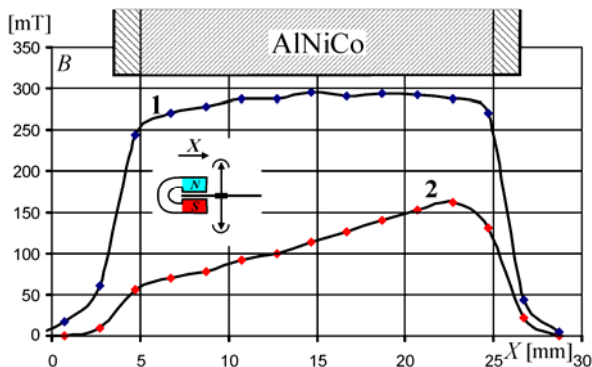
Rys.2. Oddziaływanie magnesu neodymowego (1) na ustrój pomiarowy licznika: (2) magnes hamujący, (3) tarcza wirnika, (4) elektromagnes napięciowy, (5) elektromagnes prądowy, (6) hamulec biegu jałowego, (7) stalowa obudowa licznika

Najważniejszym efektem jest osłabienie pola w szczelinie magnesu hamującego (rys. 3). Dolna linia (1) przedstawia indukcję w szczelinie magnesu hamującego po zbliżeniu do niego magnesu neodymowego na daną odległość (X, Y), a linia górna (2) po ponownym odsunięciu go na dużą odległość (∞). Już z odległości 80mm magnes neodymowy osłabia pole magnesu hamującego o ok. 10%, przy czym efekt ten jest jeszcze odwracalny. Przy odległości 50mm osłabienie pola jest rzędu 15% i staje się już nieodwracalne. Dalsze przybliżanie magnesu pogłębia ten efekt. Silniejszy efekt rozmagnesowania wywołuje pole równoległe do szczeliny magnesu (rys. 3b), przy polu prostopadłym (rys. 3a) rozmagnesowaniu ulega tylko ta część magnesu, w której kierunku pół są przeciwnie.



Rys.3. Efekt rozmagnesowania magnesu hamującego licznika A52 magnese neodymowym: a) zewnętrzne pole prostopadłe do szczeliny, b) zewnętrzne pole równoległe do szczeliny, 1-pole magnesu hamującego po zbliżeniu magnesu neodymowego na daną odległość, 2-po oddaleniu magnesu neodymowego do ∞

Jednokrotne przyłożenie magnesu neodymowego bezpośrednio do obudowy licznika ($X \approx 20\text{mm}$) może trwale obniżyć pole magnesu hamującego o 50%, a ponieważ moment hamujący jest proporcjonalny do kwadratu strumienia magnesu hamującego, spowoduje to ujemne błędy $\sim 75\%$. Czas oddziaływania magnesem neodymowym nie ma tu znaczenia, skutki są natychmiastowe już po jednokrotnym zbliżeniu magnesu neodymowego, kolejne zwiększają efekt rozmagnesowania. Przywrócenie magnesu hamującego do stanu początkowego jest niemożliwe, wymaga to wymontowania go z licznika [2, 13, 14, 15]. Ponieważ pole magnesu neodymowego maleje wraz z odległością (rys. 1), to zawsze magnes hamujący będzie silniej rozmagnesowany od tej strony, z której zbliżano magnes neodymowy. Przedstawia to wykres na rysunku 4. Przed zastosowaniem magnesu neodymowego, pole w szczelinie magnesu hamującego jest równomierne (1), natomiast po zastosowaniu magnesu neodymowego ulega ono osłabieniu oraz zniekształceniu (2). Producenci magnesów hamujących zapewniają, że w normalnych warunkach użytkowania magnesy Alnico zachowują swe właściwości przez kilkadziesiąt lat [13, 14], ale efekty starzenia magnesu, wpływ temperatury i wibracji działają równomiernie w całej objętości magnesu i nie mogą spowodować nierównomierności pola analogicznego jak na rysunku 4. Na podstawie pomiarów pola magnetycznego w szczelinie magnesu hamującego można więc jednoznacznie potwierdzić fakt oddziaływania na licznik magnesem neodymowym, ale wymaga to wymontowania magnesu z licznika. Tak przeprowadzone pomiary są w sądzie wiarygodnym dowodem na oddziaływanie na licznik magnesem neodymowym, nie jest jednak możliwe stwierdzenie, czy n.p.e faktycznie miał miejsce i w jakim okresie czasu. W tym celu należy zastosować inne metody, np. analizę średniodobowego zużycia energii [13, 14, 15].



Rys.4. Indukcja magnetyczna B wzdłuż szczeliny magnesu hamującego AlNiCo licznika A52: (1) przed rozmagnesowaniem, (2) po rozmagnesowaniu magnesem neodymowym

Przyłożenie magnesu neodymowego do obudowy licznika powoduje również trwale namagnesowanie jego zewnętrznych części ferromagnetycznych (np.: stalowej obudowy, opaski zaciskowej, śrub itp.) do indukcji powyżej 0,2mT [2, 16], jest to jednak wątpliwy dowód w sądzie, ponieważ wiele stalowych przedmiotów spotykanych w gospodarstwach domowych jest namagnesowanych do wartości nawet kilku mT polem ziemskim lub podczas procesów produkcyjnych.

Skutki metrologiczne, błędy pomiaru i prąd rozruchu

Magnes neodymowy zbliżony do licznika oddziałuje również na tarczę wirnika zwiększając moment hamujący oraz jednocześnie osłabia pole magnesu hamującego. Dodatkowo zwiększa działanie hamulca biegu jałowego oraz podmagnesowuje rdzenie ferromagnetyczne

elektromagnesów prądowego i napięciowego osłabiając ich strumienie. Tylko nieliczne prace prezentują wyniki pomiarów przeprowadzonych w tym zakresie osobiście przez autorów [7, 8, 10, 11, 12], większość publikacji przytacza jedynie obiegowe opinie bez podania ich źródła. W pracy [9] podano, że przy zgodnym oddziaływaniu pola zewnętrznego z polem magnesu hamującego możliwe jest nieznaczne spowolnienie ruchu obrotowego tarczy i zaniżenie wskazań licznika, ale jest to niezwykle trudne do uzyskania. W pracy [10] na podstawie przeprowadzonych pomiarów stwierdzono błędy wyłącznie dodatnie na poziomie od +15% do +35%, zarówno z przyłożonym magnesem, jak i po jego usunięciu.

Magnes neodymowy wytwarza dodatkowy moment hamujący spowalniający obroty tarczy tylko przy kierunku zewnętrznego pola prostopadłym do tarczy wirnika (rys. 5a), może on osiągnąć wartość rzędu 10% znamionowego momentu hamującego [11]. Przy kierunku zewnętrznego pola równoległym do tarczy wirnika (rys. 5b) dodatkowy moment hamujący nie powstanie.

Oslabienie momentu hamującego magnesu wewnętrznego występuje zawsze, niezależnie od kierunku zewnętrznego pola (rys. 3) i jest to efekt trwały, utrzymujący się również po usunięciu magnesu neodymowego (rys. 6).

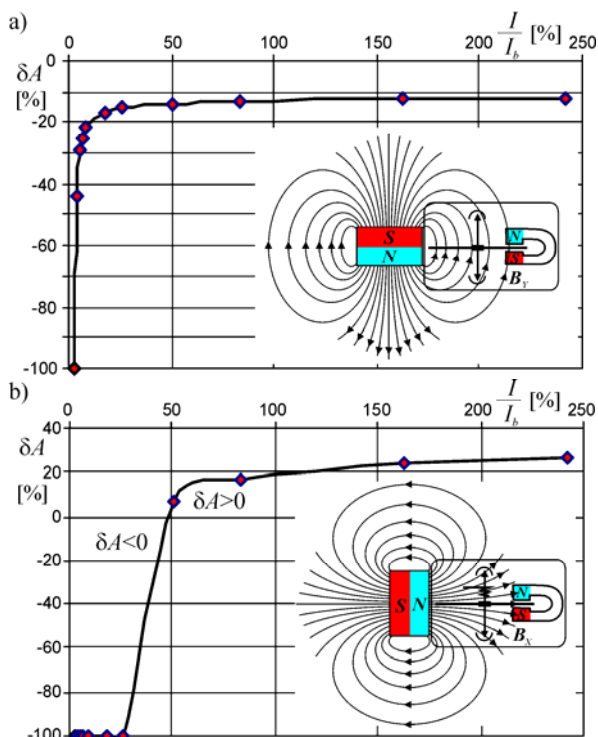
Zewnętrzne pole magnetyczne o kierunku równoległym do tarczy wirnika oddziałuje również na hamulec biegu jałowego (tzw. chorągiewkę na osi wirnika) zwiększając nawet kilkadziesiąt razy prąd rozruchu licznika (rys. 5b) [11, 12]. Efekt ten jest odwracalny i zanika całkowicie po usunięciu zewnętrznego pola (rys. 6).

Oddziaływanie magnesu neodymowego na elektromagnes napięciowy i prądowy przesuwają ich punkt pracy na nieliniowej charakterystyce namagnesowania rdzeni ferromagnetycznych co powoduje zmniejszenie strumienia cewki napięciowej i prądowej oraz skutkuje ujemnymi błędami licznika na poziomie kilku % [12]. Efekt ten jest całkowicie odwracalny i zanika po usunięciu magnesu neodymowego [8, 9, 12].

Wszystkie omówione efekty: dodatkowy moment hamujący, osłabienie pola magnesu hamującego, osłabienie pola elektromagnesu napięciowego i prądowego oraz wzmocnienie hamulca biegu jałowego sumują się ze sobą i dają wypadkowy skutek w postaci błędów pomiaru, którego znak i wartość zależą od miejsca przyłożenia zewnętrznego magnesu, kierunku jego pola magnetycznego względem tarczy wirnika, wartości prądu obciążenia oraz szczegółów konstrukcyjnych licznika [7, 10, 11, 12, 13]. Na rysunku 5 przedstawiono wyniki badań dla licznika 8A8d z magnesem neodymowym (N42, $D=70\text{mm}$, $H=30\text{mm}$) umieszczonym w miejscu dającym największe błędy pomiaru energii [10, 11, 12]. Gdy pole magnesu neodymowego jest prostopadłe do tarczy wirnika (rys. 5a), błąd pomiaru energii jest ujemny $\delta A < 0$ w całym zakresie prądów obciążenia licznika: dla prądów większych od 50% prądu bazowego I_b , błędy są mniejsze, ok. -12% i zmieniają się niewiele, dla prądów mniejszych błędy są większe. Prąd rozruchu nie ulega zmianie i tarcza zatrzymuje się dopiero dla małych prądów $< 0,5 I_b$, zgodnie z wymaganiami [29].

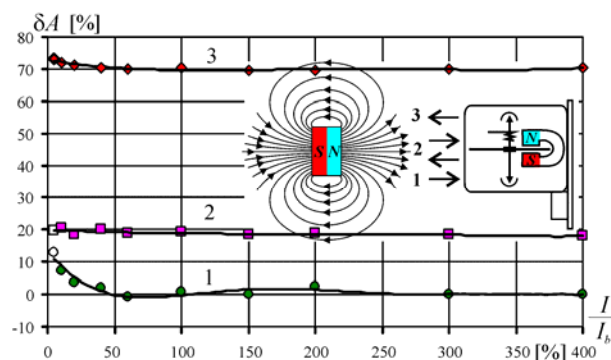
Gdy pole magnesu neodymowego jest równoległe do tarczy wirnika (rys. 5b) charakter błędów jest diametralnie inny. Zaniżenie wskazań licznika i ujemne błędy licznika $\delta A < 0$ występują tylko dla prądów mniejszych od 50% prądu bazowego I_b . Dla prądów większych od 50% I_b błędy zmieniają znak na dodatni $\delta A > 0$ i osiągają wartości rzędu +25% [10, 12]. Dodatkowo ulega zwiększeniu prąd rozruchu do wartości ok. 25% I_b , czyli dla mocy obciążenia mniejszych od 300W tarcza licznika nie będzie się obracała i błąd pomiaru energii osiągnie wartość $\delta A = -100\%$. Kradzież energii będzie więc miała miejsce tylko dla małych prądów

obciążenia, dla prądów większych od ok. 50% I_b licznik będzie zawyżał wskazania na niekorzyść odbiorcy.



Rys.5. Błąd pomiaru energii δA podczas oddziaływania magnesem neodymowym na licznik typu 8A8d: a) pole zewnętrzne B_y prostopadłe do tarczy licznika, b) pole zewnętrzne B_x równoległe do tarczy licznika

Ponieważ osłabienie pola magnesu hamującego jest efektem trwałym (rys. 3), również po usunięciu magnesu neodymowego licznik wykazuje dodatnie błędy pomiaru energii. Na rysunku 6 przedstawiono błędy przed zastosowaniem magnesu neodymowego (1) oraz po jednokrotnym (2) i dwukrotnym (3) przyłożeniu magnesu neodymowego do obudowy licznika z polem równoległym do tarczy licznika (rys. 5b). Początkowo błędy licznika (1) spełniały wymagania rozporządzenia [29], po jednokrotnym oddziaływaniu magnesem neodymowym błędy wzrosły do ok. +20% (2), a po dwukrotnym oddziaływaniu błędy sięgnęły +70% (3). Każdorazowe kolejne zbliżenie magnesu lub zmiana jego położenia powodują dalsze zwiększenie błędów licznika, osiągając wartości od kilkuset do ponad tysiąca % [2, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15]. Licznik taki nie spełnia żadnych wymagań [20, 26, 29] i konieczna jest wymiana licznika na nowy egzemplarz.



Rys.6. Błędy pomiaru energii δA po oddziaływaniu magnesem neodymowym na licznik 8A8d, 1-przed, 2-po jednokrotnym, 3-po dwukrotnym zbliżeniu magnesu neodymowego do licznika

Podsumowując, nie każde przyłożenie magnesu neodymowego do licznika skutkuje kradzieżą energii i zaniżeniem rachunków. Zawsze jednak ostatecznie licznik zawyża wskazania i odbiorca płaci znacznie większe rachunki, uszkodzenie licznika jest nieodwracalne i w końcu zostaje wykryte, udowodnione w sądzie, a odbiorca płaci wysokie kary i pokrywa koszty wymiany licznika na nowy egzemplarz. Praktycznie należałoby więc stwierdzić, że skuteczna kradzież energii tą metodą nie jest możliwa i zawsze ostatecznie będzie wykryta oraz ukarana [41].

Podsumowanie

Stosowanie indukcyjnych liczników energii elektrycznej musi budzić na chwilę obecną wiele wątpliwości. Producenci liczników nie wprowadzają zmian konstrukcyjnych w celu uodpornienia liczników na oddziaływanie magnesem neodymowym. Dystrybutorzy energii nie podejmują realnych działań zapobiegających kradzieżom energii za pomocą magnesu neodymowego, ograniczając się do naliczania przysługujących im podwyższonych opłat za pobraną nielegalnie energię. Zarządcy budynków nie zabezpieczają odpowiednio liczników przed dostępem osób postronnych. Liczniki nie posiadają wymaganej instrukcji obsługi zawierającej opis dopuszczalnych warunków otoczenia i ich wpływu na wykonywane pomiary, a odbiorcy energii nie są w żaden sposób formalnie informowani, że oddziaływanie magnesem neodymowym na licznik trwale go uszkadza i skutkuje poważnymi konsekwencjami finansowymi oraz prawnymi, a nawet więzieniem. Wymiana liczników indukcyjnych na elektroniczne jest kosztowna i przebiega bardzo opieszale. Jednocześnie w Internecie oraz w licznych niefachowych publikacjach rozpowszechniane są nierzetelne informacje opisujące w sensacyjnym tonie jakoby łatwy i skuteczny sposób obniżania rachunków za energię elektryczną, co wobec powszechnej dostępności magnesów neodymowych skutkuje licznymi procesami sądowymi o kradzież energii elektrycznej, zarówno na podstawie Kodeksu Cywilnego, jak i Kodeksu Karnego. Naiwnością byłoby jednak sądzić, że nawet kara 5 lat więzienia i sankcje finansowe zlikwidują ten proceder.

Poprawić sytuację mogłaby chociażby odpowiednia akcja informacyjna przeprowadzana cyklicznie przy okazji odczytów liczników i wystawiania faktur za energię elektryczną, umieszczenie stosownych ostrzeżeń na licznikach, zastosowanie odpowiednich (dodatkowych) szafek ochronnych oraz odpowiednie zmiany w konstrukcji liczników [43]. Należy przy tym mieć na uwadze, że również niektóre typy liczników elektronicznych nie są całkowicie odporne na oddziaływanie magnesem neodymowym [8].

Autor: dr inż. Eligiusz Pawłowski, Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, ul. Nadbystrzycka 38A, 20-618 Lublin, E-mail: e.pawlowski@pollub.pl

LITERATURA

- [1] Saikiran B., Hariharan R., Review of methods of power theft in Power System, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 5 (2014), n.11, 276-280
- [2] Billewicz K., Kradzież energii za pomocą magnesu neodymowego i jej wykrywanie, *Przegląd Elektrotechniczny*, 82 (2006), nr.6, 82-85
- [3] Billewicz K., Proces wykrywania nielegalnego poboru energii, *Pomiary Automatyka Robotyka* 11 (2007), nr.11, 48-50
- [4] Billewicz K., Nielegalny pobór energii elektrycznej, *Przegląd Techniczny*, (2007), nr.20, 14-15
- [5] Billewicz K., Nielegalny pobór energii elektrycznej, *Wiadomości Elektrotechniczne*, 75 (2007), nr.5, 18-20
- [6] Światała F., Przepisy a rzeczywistość wykrywania nielegalnego poboru energii, *Energetyka*, 65 (2012), nr.5, 246-250
- [7] Pluta W., Ocena wpływu pola magnetycznego magnesu NdFeB na wskazania wybranych liczników energii elektrycznej,

- Seminarium szkoleniowe PTPIREE, Podlesice k. Częstochowy, 12.06.2006, 29-35.*
- [8] Soiński M., Rygał R., Pluta W., Kęspki P., Żurek S., Influence of external stationary magnetic fields on measuring devices, *Przegląd Elektrotechniczny*, 83 (2007), nr.4, 88-92
- [9] Soiński M., Negatywne oddziaływanie magnesów na liczniki energii elektrycznej, *Elektro.info*, 66 (2008), nr.7-8, 90-96
- [10] Otomański P., Odon A., Wpływ czynników zakłócających na dokładność pomiaru energii elektrycznej, *Pomiary Automatyka Kontrola*, 54 (2008) nr.12, 842-844
- [11] Pawłowski E., Wpływ pola silnego magnesu neodymowego na pracę indukcyjnego licznika energii elektrycznej, *Pomiary Automatyka Kontrola*, 56 (2010), nr.11, 1259-1261
- [12] Pawłowski E., The influence of a strong external magnetic field from a permanent magnet on a measurement accuracy of an inductive watt-hour meter, *Przegląd Elektrotechniczny*, 92 (2016), n.8, 70-73
- [13] Kasperczyk B., Ustalanie przyczyn pewnych uszkodzeń indukcyjnych liczników energii elektrycznej, *Wiadomości Elektrotechniczne*, 78 (2010), nr.1, 31-34
- [14] Kasperczyk B., Skórkowski A., Ocena odporności na nielegalny pobór energii indukcyjnych i elektronicznych liczników energii elektrycznej, *Pomiary Automatyka Kontrola*, 60 (2014), nr.12, 1201-1204
- [15] Gąsiorowicz P., Używanie magnesów neodymowych do zaniżania wskazań liczników energii elektrycznej, *Kwartalnik Łódzki*, 32 (2011), nr.4, 12-15
- [16] Portal Elektroda.pl, Zostałem złodziejem prądu nie wiedząc o tym, <http://www.elektroda.pl/rtvforum/topic1071028.html>, wątek dyskusyjny założony 2008.08.04
- [17] PN-EN 62052-11: 2006 Urządzenia do pomiarów energii elektrycznej (prądu przemiennego) - Wymagania ogólne, badania i warunki badań. Część 11: Urządzenia do pomiarów
- [18] 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)
- [19] 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)
- [20] PN-EN 50470-2:2008 Urządzenia do pomiarów energii elektrycznej (prądu przemiennego) Część 2: Wymagania szczegółowe - Liczniki elektromechaniczne energii czynnej (klas A i B)
- [21] Ustawa z dnia 11 maja 2001 r. Prawo o miarach, tekst jednolity Dz. U. 2016 poz. 884
- [22] Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności, tekst jednolity Dz. U. 2016 poz. 655
- [23] Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. - Prawo energetyczne, tekst jednolity Dz.U. 2017 poz. 220
- [24] Ustawa z dnia 6 czerwca 1997 r. - Kodeks karny, tekst jednolity Dz. U. 2016 poz. 1137
- [25] Ustawa z dnia 23 kwietnia 1964 r. - Kodeks cywilny, tekst jednolity Dz. U. 2017 poz. 459
- [26] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 27 grudnia 2007 r. w sprawie rodzajów przyrządów pomiarowych podlegających prawnej kontroli metrologicznej oraz zakresu tej kontroli, tekst jednolity, Dz. U. 2014 nr 0 poz. 1066
- [27] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 7 stycznia 2008 r. w sprawie prawnej kontroli metrologicznej przyrządów pomiarowych, Dz.U. 2008 nr 5, poz. 29.
- [28] Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 2 czerwca 2016 r. w sprawie wymagań dla przyrządów pomiarowych, Dz. U. 2016 poz. 815
- [29] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 7 stycznia 2008 r. 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. 2008 nr 11, poz. 63.
- [30] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego, Dz. U. 2007 nr 93 poz. 623
- [31] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 18 sierpnia 2011 r. w sprawie szczegółowych zasad kształtowania i kalkulacji taryf oraz rozliczeń w obrocie energią elektryczną, tekst jednolity Dz.U. 2013 poz. 1200
- [32] Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 15 grudnia 2016 r. w sprawie przeprowadzania kontroli przez przedsiębiorstwa energetyczne, Dz. U. 2016 poz. 2166
- [33] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690, tekst jednolity Dz.U. 2015 poz. 1422
- [34] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 sierpnia 1999 r. w sprawie warunków technicznych użytkowania budynków mieszkalnych, Dz.U. 1999 nr 74 poz. 836 z późn. zm.
- [35] Główny Urząd Miar, Instrukcja sprawdzania użytkowych liczników energii elektrycznej prądu przemiennego, *Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa*, (2000), nr.5, 200-207
- [36] Wyrok Trybunału Konstytucyjnego z dnia 10 lipca 2006 r., sygn. akt K 37/04
- [37] Uchwała Sądu Najwyższego z dnia 10 grudnia 2009 r., sygn. akt III CZP 107/09
- [38] Wyrok Sądu Najwyższego z dnia 9 kwietnia 2003 r., sygn. akt I CKN 252/01
- [39] Wyrok Sądu Najwyższego z dnia 22 stycznia 2010 r., sygn. akt V CNP 52/09
- [40] Wyrok Sądu Najwyższego z dnia 26 września 2012 r., sygn. akt II CNP 24/12
- [41] Mroczyński-Szmał Ł., Nielegalny pobór energii - sądowe dochodzenie roszczeń, *Zeszytu Naukowe Uniwersytetu Rzeszowskiego, Seria Prawnicza*, (2013), nr.77, 191-193
- [42] Wojtowicz M., Nielegalny pobór energii elektrycznej – praktyczne aspekty dochodzenia roszczeń, *Kancelaria Prawna Chałas i Wspólnicy*, 2012 r.
- [43] Wyrok Sądu Rejonowego w Koninie, sygn. akt IC 378/05, proces o ustalenie nielegalnego poboru prądu, *Biuletyn Stowarzyszenia Konsumentów Polskich*, 23 (2007), nr.1, 19-21
- [44] Słowiński G., Rozliczenia z odbiorcami za dostarczoną energię elektryczną w okresie objętym nielegalnym poborem energii elektrycznej, *Biuletyn Stowarzyszenia Konsumentów Polskich*, 33 (2010) nr.4, 8-11
- [45] Krogulec W., Nielegalny pobór energii elektrycznej, a rozliczenia z odbiorcami za dostarczoną energię elektryczną w tym okresie, *Biuletyn Rzeczników Konsumentów, Urząd Ochrony Konkurencji i Konsumentów*, (2014), nr.4, 28-30
- [46] Krogulec W., Uszkodzenie układu pomiarowo-rozliczeniowego a nielegalny pobór energii elektrycznej, *Biuletyn Rzeczników Konsumentów, Urząd Ochrony Konkurencji i Konsumentów*, (2011), nr.3, 4-7
- [47] Bełkowski J., Nielegalny pobór paliw i energii - przykład energii elektrycznej, *Biuletyn Urzędu Regulacji Energetyki*, 30 (2003), nr.4, 30-32
- [48] Szczepańska M., Prawne możliwości dochodzenia opłat za nielegalny pobór paliw lub energii, *Biuletyn Urzędu Regulacji Energetyki* 31 (2003), nr.5, 9-11
- [49] Figaszewska I., Bełkowski J., O nielegalnym poborze paliw i energii raz jeszcze, *Biuletyn Urzędu Regulacji Energetyki* 50 (2006), nr.6, 22-24
- [50] Słowiński G., Rozliczenia z odbiorcami za dostarczoną energię elektryczną w okresie objętym nielegalnym poborem energii elektrycznej, *Biuletyn Urzędu Regulacji Energetyki*, 68 (2009), nr.6, 16-19
- [51] Łaba G., Nielegalny pobór paliw i energii w świetle zmian w Prawie energetycznym, *Biuletyn Urzędu Regulacji Energetyki*, 75 (2011), nr.1, 67-72
- [52] Najwyższa Izba Kontroli, Delegatura we Wrocławiu, Informacja o wynikach kontroli działalności zakładów energetycznych w zakresie ograniczenia nieuzasadnionych strat energii wprowadzanej do sieci elektroenergetycznej i wpływu tych strat na wysokość ustalanych taryf – nr ewid.: 159/2005/P04178/LWR, Wrocław, listopad 2005
- [53] Instytut Sobieskiego, Doractwo Gospodarcze DGA S.A., Raport 1 Projektu Transition Facility PL2005/017-488.02.04, Wzmocnienie nadzoru regulatora nad sektorem energii, Nr ref. 2005/017-488.02.04.01, Warszawa, 2008 r.