

Zbigniew Damm  
F.S.E. Besel S.A., Brzeg

## DOŚWIADCZENIA GRUPY CANTONI W ZAKRESIE SILNIKÓW ENERGOOSZCZĘDNYCH

### EXPERIENCES OF CANTONI GROUP IN DEVELOPING OF ENERGY EFFICIENT MOTORS

**Abstract:** This paper presents experiences of Polish manufacturers of electric motors combined in Cantoni Group in designing and producing of energy efficient motors. New products of Cantoni Group in scope of energy efficient motors are presented. Moreover Cantoni Group cooperate with European and American Units that certify energy efficient motors. One of the most important problems is to unify methods of determining of efficiency.

#### 1. Wstęp

Postęp techniczny oraz przyspieszony rozwój państw słabiej uprzemysłowionych powoduje ciągły wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną. Większa część światowego zapotrzebowania na energię jest pokrywana przez konwencjonalne elektrownie ciepłne, czego skutkiem jest emisja ogromnych ilości gazów cieplarnianych (przede wszystkim dwutlenku węgla) do atmosfery. Efektem tego jest zjawisko obniżenia poziomu ozonu w atmosferze co, w przypadku braku podjęcia odpowiednich środków zaradczych, mogłoby mieć katastrofalne skutki dla naszej planety.

#### 2. Silniki energooszczędne (wysokosprawne)

Nowe, wysokosprawne produkty i technologie oraz ulepszenie już istniejących mogłyby przynieść Europie oszczędność ok. 200 mld kWh rocznie [3]. Silniki elektryczne, zużywające, wg wszelkich szacunków, przeszło połowę wytwarzanej energii elektrycznej stanowią doskonały potencjalny obszar jej oszczędności. Zastosowanie silników energooszczędnych niesie za sobą potencjał oszczędności rzędu 27 mld kWh rocznie (wartość podana wg [5] dla Unii Europejskiej po rozszerzeniu z 2004r.).

Obecnie cały świat kładzie szczególny nacisk na poprawienie energooszczędności napędów oraz doskonalenie w tym kierunku technologii. Europa może odnotować wzrost zainteresowania tym tematem od początku lat 90-tych. Trend ten zaowocował organizacją międzynarodowych konferencji EEMODS (Energy Efficiency in Motor Driven Systems). Organizowane co trzy lata (poczynając od 1996r.) konferencje, na

których dokonuje się przeglądu światowego stanu, trendów i prowadzonych programów w zakresie silników energooszczędnych, gromadzą specjalistów w dziedzinie energooszczędności z wielu krajów świata.

Doskonałym przykładem i cenną skarbnicą doświadczeń w tym zakresie mogą dla Europy być kraje Ameryki Północnej. Od 1997 roku, w ramach harmonizacji standardów USA i Kanady, weszły w tych krajach w życie przepisy regulujące konieczność wprowadzania do obrotu silników energooszczędnych, tzn. spełniających minimalne wymagania dotyczące sprawności. Wejście w życie tych przepisów poprzedzone było okresem przejściowym na wdrożenie (w USA „EPACT” od 1992r., w Kanadzie „CSA-C390-93” od 1995r.) oraz wspierane szeroko zakrojoną kampanią informacyjną i szeregiem subsydiów. W USA upowszechnienie silników EPACT spowodowało kolejny krok w kierunku efektywności energetycznej – nowy program stosowania silników *premium-efficiency* z wymaganiami odnośnie sprawności o 1-4% wyższymi niż przyjęte w EPACT [1].

Polska na tle USA i Kanady, a nawet na tle pozostałych krajów Unii Europejskiej jawi się bardzo blado. Nie widać poważnego podejścia do tematu efektywności energetycznej gospodarki. Do tej pory nie podejmuje się wystarczających działań do upowszechnienia stosowania silników energooszczędnych. Chociaż polscy producenci silników przystępują dobrowolnie do europejskiego programu KE-CEMEP (European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics),

polegającego na etykietowaniu silników na tabliczkach znamionowych jedną z trzech klas sprawności (EFF1, EFF2, EFF3) i zobowiązującego do stopniowego ograniczania produkcji silników klasy EFF3, to nie wpływa to zbyt na sytuację w przemyśle. Zbyt mała jest wiedza na ten temat wśród użytkowników oraz projektantów napędów, którzy mogliby mieć duży wpływ na zalecenie użycia silników energooszczędnych przy tworzeniu i realizacji projektów.

Sytuacja powoli ulega zmianie, na co może wskazywać uruchomienie „Polskiego Programu Efektywnego Wykorzystania Energii w Napędach Elektrycznych” (PEMP) wdrażanego przez Krajową Agencję Poszanowania Energii (KAPE S.A.) oraz Fundację na Rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii (FEWE). Jednak w związku z tym, że program ten uruchomiony został w lutym 2004r. (działanie przewidziano do stycznia 2008r.) nie można na razie jednoznacznie określić skali i skutków jego działania. Pozytywnym jest bezdyskusyjnie fakt, że powstanie tego programu może być początkiem dla wielu innych – subsydiujących i informacyjnych – szerzących szeroko rozumianą efektywność energetyczną nie tylko wśród producentów silników, ale przede wszystkim wśród ich użytkowników.

### 3. Polscy producenci na tle Europy i świata na przykładzie Grupy Cantoni

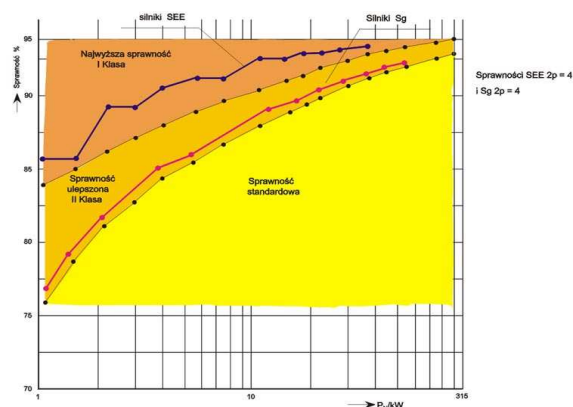
Polski przemysł elektromaszynowy nie pozostaje w tyle za światowymi producentami silników energooszczędnych. Chcąc się liczyć na światowych rynkach koniecznie należy posiadać w swojej ofercie silniki o wysokiej sprawności.

Jako największy krajowy producent, Grupa Cantoni od wielu lat prowadzi prace nad rozwojem konstrukcji w kierunku uzyskiwania coraz lepszych parametrów silników, a w szczególności ich sprawności. Każdy z zakładów wchodzących w skład Grupy Cantoni (Indukta w Bielsku-Białej; Emit w Żychlinie; Celma w Cieszynie i Bessel w Brzegu) posiada w swojej ofercie silniki wysokosprawne wychodząc naprzeciw wymaganiom rynku europejskiego i światowego, w tym najbardziej wymagającego – północnoamerykańskiego.

#### 3.1 Silniki niskiego napięcia serii SEE

Produkowane przez Grupę Cantoni jako standardowe silniki serii Sg i Sh mieszczą się w klasie sprawności EFF2 (w zakresie mocy których dotyczą opracowania CEMEPu).

Nowoczesna seria silników niskiego napięcia o wysokiej sprawności oznaczana jako SEE została zaprojektowana i skonstruowana przez Grupę Cantoni przy współdziałaniu Instytutu Elektrotechniki w Warszawie-Międzyzlesiu oraz BOBRME KOMEL w Katowicach i obejmuje wielkości mechaniczne 80÷355. Silniki tej serii charakteryzują się sprawnością w klasie EFF1 co ilustruje poniższy wykres (rys. 1).



Rys. 1. Wartości sprawności silników serii SEE oraz Sg i Sh.

Silniki te produkowane są jako 2-, 4-, 6- i 8-biegunowe o mocach od 0,75kW do 315kW i w przedziale mocy od 1,1kW do 90kW dla biegunowości 2p=2 i 4 spełniają wymagania określone przez CEMEP dla silników w klasie sprawności EFF1. Niektóre silniki tej serii spełniają również wymagania normy PN-E-06741:1999, która w wielu przypadkach zastrza kryteria sprawności dla silników wysokosprawnych w porównaniu z wymaganiami CEMEP.

Projektując silniki serii SEE wprowadzono następujące zmiany w porównaniu z silnikami serii Sg i Sh:

- wydłużenie pakietów blach stojana i wirnika,
- zastosowanie blach o mniejszej stratności M470-50A lub M400-50A (zamiast M600-50A),
- wprowadzenie nowych wykrojów blach stojana i wirnika przy jednoczesnej modyfikacji kształtu żłobków (poprzez powiększenie żłobków stojana zwiększono ilość miedzi a tym samym zmniejszono straty w uzwojeniu),
- powiększenie pierścieni zwierających wirnika,
- optymalizacja szczeliny powietrznej,
- zmiana przewietrzników w celu ograniczenia strat wentylacyjnych.



Rys. 2. Silnik indukcyjny klatkowy serii SEE, wysokiej sprawności (EFF1) produkcji FSE Besel SA

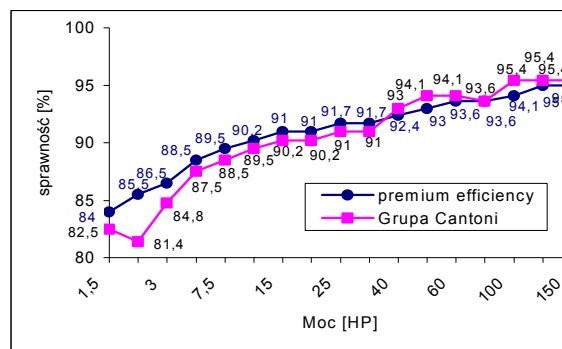
### 3.2. Silniki energooszczędne przeznaczone na rynek północnoamerykański

Od 1997r. w Stanach Zjednoczonych (zgodnie z EPACT i NEMA) i Kanadzie (zgodnie z CSA-C390-93) obowiązują wymagania minimalnej sprawności silników wprowadzanych na ten rynek. Wysokie wymagania w zakresie sprawności silników przeznaczonych na rynek północnoamerykański nie są przeszkodą dla Grupy Cantoni. Przeszło 20-letnie doświadczenie w eksporcie silników na rynek amerykański pozwoliło na certyfikację silników na długo przed rokiem 1997, czyli datą wejścia w życie przepisów EPACT.

Potwierdzeniem wysokiej jakości silników energooszczędnych produkcji Grupy Cantoni może być złoty medal na Międzynarodowych Targach Poznańskich dla silnika ESg 213T6 wykonanego wg NEMA-EPACT.

Rynek amerykański szybko reaguje na możliwości nadawania silnikom parametrów spełniających wymagania EPACT. Kolejnym krokiem jest program będący nowym wyzwaniem dla producentów silników – *premium-efficiency*. Grupa Cantoni przygotowuje do wprowadzenia na rynek amerykański silników klasy *premium-efficiency*, co będzie o tyle łatwiejsze, że już teraz niektóre z silników zgodnych z NEMA-EPACT spełniają wymagania dla klasy *premium-efficiency* (patrz Rys. 3).

Kolejnym krokiem skierowanym pośrednio na rynek amerykański jest rozszerzenie gamy silników zgodnych z NEMA-EPACT o silniki serii ESk wielkości mechanicznej od 90 do 180 w wykonaniu metrycznym (wg norm IEC). Silniki te posiadają parametry zasilania: 460V; 60Hz.

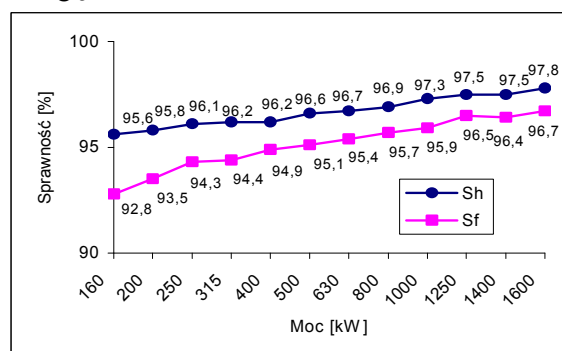


Rys. 3. Porównanie sprawności znamionowej silników NEMA-EPACT z wymaganiami klasy premium-efficiency [7]

### 3.3. Silniki wysokiego napięcia o wysokiej sprawności serii Sh

Wynikiem 2-letniej współpracy Emit-u z Branżowym Ośrodkiem Badawczo-Rozwojowym Komel jest opracowanie i uruchomienie produkcji silników wysokiego napięcia serii „h”. Seria ta obejmuje silniki o wielkościach mechanicznych od 355 do 560 i mocach od 160kW do 2000kW. Podstawowymi cechami wyróżniającymi silniki tej serii są:

- podwyższona sprawność energetyczna (patrz Rys. 4),
- trwałość minimalna: 5000 rozruchów lub 10000 rewersów,
- przyrosty temperatury uzwojeń utrzymane na poziomie odpowiadającym kl. B ( $\leq 80K$ ), z tolerancją +5K dla silników o największych mocach w danej wielkości mechanicznej,
- uźebrowany, odlewany z żeliwa kadłub i tarcze umożliwiły osiągnięcie obniżonego poziomu hałasu i obniżony poziom drgań dzięki zastosowaniu sztywnej konstrukcji kadłuba ( $v < 1,8$  mm/s),
- zwarta konstrukcja ułatwiająca montaż i obsługę.

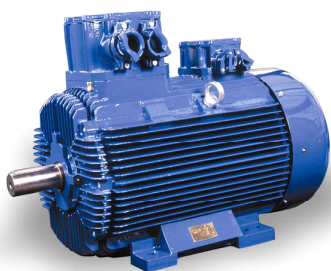


Rys. 4. Porównanie nominalnej sprawności silników wysokonapięciowych serii Sh i Sf produkcji Emit Żychlin (6kV, 2p=4, IP55 [7])

### 3.4. Silniki energooszczędne dla przemysłu chemicznego

Potrzeby rynku odnośnie silników energooszczędnych odnoszą się nie tylko do silników ogólnego przeznaczenia. Wychodząc naprzeciw dokładnie sprecyzowanym wymaganiom klientów sektora chemicznego Celma z Cieszyna opracowała dokumentację i wdrożyła serię silników przeciwybuchowych z osłoną ognioszczelną o poziomie sprawności odpowiadającym klasie EFF1. Seria C(B)STe obejmuje silniki wielkości mechanicznej 160, 180, 280, 315 o mocach od 11kW do 160kW.

Silniki te są wykonywane z osłoną ognioszczelną komory głównej silnika, ze skrzynką budowy wzmocnionej, dla grupy gazów IIC (wodór + acetylen), klasa temperaturowa T5 (<100°C) - cecha: Exde IIC T5, lub osłoną ognioszczelną całego silnika dla grupy gazów IIB, klasa temp. T5 – cecha Exd IIB T5.



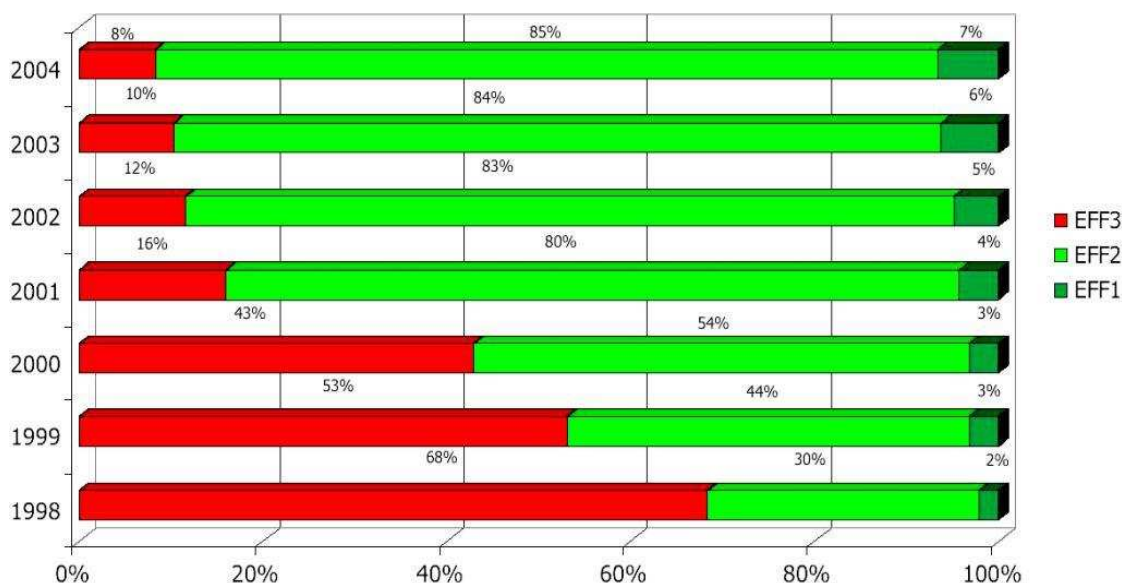
Rys. 5. Energooszczędny silnik przeciwybuchowy ognioszczelny produkcji Celma Cieszyn.

### 3.5. Udział w europejskich programach dotyczących efektywności energetycznej

W celu podniesienia konkurencyjności produkowanych silników na rynkach europejskich Grupa Cantoni zgłosiła chęć przystąpienia do porozumienia producentów silników CEMEP i od stycznia 2002r. jest oficjalnie jego członkiem. Zobowiązania do zmniejszenia produkcji silników o klasie EFF3 na rzecz silników klas EFF2 i EFF1 spełnione zostały z nawiązką i bez problemów. Wypełnienie porozumienia CEMEP ilustruje doskonale Rys. 6., na którym widać jak w poszczególnych latach obowiązywania porozumienia zmieniały się relacje pomiędzy wprowadzanymi do obrotu silnikami w poszczególnych klasach. Założenia zmniejszenia produkcji silników o klasie EFF3 o 30% do 2001r. i o 50% do 2003r. zostały spełnione.

W chwili obecnej silniki serii SEE produkowane przez Grupę Cantoni biorą udział w brytyjskim programie wspierania wyrobów energooszczędnych „The Enhanced Capital Allowance Scheme” sterowanym przez brytyjski Department for Environment Food & Rural Affairs (DEFRA) oraz The Carbon Trust. Trzydzieści cztery typy silników SEE (występujących pod marką dystrybutora Cantoni Motor w Wielkiej Brytanii – Kenworth), o mocy do 90kW zostały zakwalifikowane jako produkty energooszczędne i umieszczone na tak zwanej liście technologii energetycznych - „The Energy Technology List”. Zakup wyrobów z tej listy na terenie Wielkiej Brytanii jest objęty ulgami podatkowymi.

W ostatnim czasie podjęto rozmowy w sprawie uczestnictwa Grupy Cantoni w „Polskim Programie Efektywnego Wykorzystania Energii w



Rys. 6. Udział sprzedaży silników poszczególnych klas sprawności w latach 1998-2004

Napędach Elektrycznych”. Jest szansa, że w niedługim czasie Grupa Cantoni skorzysta z dopłat oferowanych przez program, co poskutkować może wzrostem popularności silników energooszczędnych na polskim rynku.

#### 4. Sprawność decydującym parametrem

Jednym z istotniejszych parametrów silnika, a na pewno najważniejszym dla silnika energooszczędnego, jest sprawność. Z wieloletnich doświadczeń zakładów Grupy Cantoni wynika, że niejednokrotnie ułamki procentów decydują o zaliczeniu silnika do grupy silników energooszczędnych. Przy obecnym zaawansowaniu technicznym i technologicznym standardowe silniki (produkowane już tylko w klasie sprawności EFF2) różnią się od silników wysokosprawnych bardzo nieznacznie (do kilku procent). Stąd konieczność precyzyjnego wyznaczania sprawności. Dokładność nie jest warunkiem jedynym koniecznym dla zakwalifikowania silnika jako energooszczędnego. Musi ona być wyznaczona odpowiednią metodą dla zachowania jednoznaczności pomiaru i umożliwienia porównania silnika z produkowanymi przez innych wytwórców. W tym celu opracowuje się przepisy zawierające zalecenia stosowania określonej metody sprawności. Niestety brak jednolitych przepisów na świecie dotyczących wyznaczania sprawności ogranicza możliwości wzajemnego porównywania wyrobów pochodzących z różnych regionów świata. W konsekwencji ten sam silnik (typ) musi być badany i certyfikowany wielokrotnie, w zależności od tego na jaki rynek jest przeznaczony, ponieważ wartości sprawności wyznaczone różnymi metodami mogą się od siebie różnić.

W tym celu dąży się do ujednoczenia przepisów dotyczących wyznaczania sprawności. Zadanie to nie jest łatwe ponieważ większość z krajów niechętnie podchodzi do możliwości zmiany przepisów, co wiązałoby się z koniecznością weryfikacji deklarowanych wartości sprawności przez producentów w tych krajach.

W rezultacie istnieją trzy główne opracowania zawierające zalecenia do wyznaczania sprawności silnika: IEC 34-2; opracowanie NEMA-EPACT czy zalecenia CEMEP. Poszczególne metody różnią się pomiędzy sobą sposobem wyliczania strat w uzwojeniu (rezystancja uzwojenia sprowadzana jest do różnych wartości temperatur [4]), a przede wszystkim sposobem wyznaczania strat dodatkowych. Europejskie normy przyjmując straty dodatkowe jako 0,5% mocy

pobieranej przez silnik mogą zaniżać wartość strat (zawyżając tym samym sprawność). Takie założenie jest nie do przyjęcia w metodzie obowiązującej na rynku amerykańskim.

Z drugiej strony metoda opracowana w normie IEC 61972 (pod kątem prób ujednoczenia przepisów) była zbyt zbliżona do metody amerykańskiej (wg IEEE 112) na co nie chciały przystać kraje zachodnioeuropejskie. Kolejny projekt nowelizacji normy IEC 34-2 może podzielić losy normy IEC 61972 ze względu na zbyt zastrzoną metodę wyznaczania sprawności zawartą w tych opracowaniach.

W ostatnim czasie zauważyć można działania w kierunku popularyzowania metody EH-STAR znanej przede wszystkim w Niemczech. Metoda jest jeszcze zbyt mało rozpowszechniona i nie dopracowana, stąd prace na Uniwersytecie w Darmstadt mają uzupełnić tę lukę. Badanie przeprowadza się przy niesymetrycznym zasilaniu silnika (tylko z dwóch faz) połączonego w gwiazdę. Trzecia faza podłączona jest do jednego z zacisków zasilających przez rezystor o odpowiedniej wartości. Niewątpliwą zaletą tej metody jest to, iż badanie przeprowadza się bez obciążenia silnika. Wadą natomiast może być (jak do tej pory) fakt iż nie opracowano jej wersji dla silników połączonych w trójkąt.

Grupa Cantoni rozpoczęła testy w celu zbadania przydatności tej metody do wyznaczania sprawności. Próby przeprowadzone w F.S.E. Besel wykazały, że o ile metoda rzeczywiście upraszcza sam przebieg badania, to wyniki nie są jednoznaczne. Zauważono różnice w ostatecznych wynikach dla tego samego silnika w zależności od wartości rezystancji rezystora (zawartym w przedziale zalecanym przez metodę), zastosowanego do pomiaru.

Wątpliwe jest więc, aby metoda ta mogłaby się stać metodą ujednoczającą przepisy na całym świecie z tych samych powodów, dla których odrzucono wszystkie wcześniejsze metody.

#### 5. Literatura

- [1]. Chodanionek J.: *Energooszczędność na rynku amerykańskim*. Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne, Nr 63, 2001, wyd. BOBRME Komel
- [2] Jakubiec M., Zapaśnik R.: *Aktualne problemy krajowe w zakresie efektywności energetycznej silników*. Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne, Nr 67, 2003, wyd. BOBRME Komel

- [3]. *Energooszczędne Układy Napędowe – Motor Challenge*, wyd. PCPM 2004
- [4]. Sala A.: *Polskie silniki energooszczędne z europejskimi klasami sprawności EFF1, EFF2, EFF3*. Wyd. MTP – Technologie Przemysłowe i Dobra Inwestycyjne, Poznań 2001.
- [5]. European Commission: *Energy and Transport – Trends to 2030*. Wyd. DG TREN 2003.
- [6]. Korycki A.: *Osiągnięcia Grupy Cantoni Motor w zakresie silników energooszczędnych* Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne, Nr 67, 2003, wyd. BOBRME Komel
- [7]. *Results of the Voluntary Agreement of CEMEP*. CEMEP 2004.