

Przemysław PUTERNICKI

ASPEKTY ROZWOJU MAŁYCH MASZYN ELEKTRYCZNYCH

STRESZCZENIE *Postęp w technologii, właściwości materiałów, układów elektronicznych i oczekiwań człowieka doprowadził do niebywałego rozwoju rodzajów i zastosowań "zelektronizowanych" małych maszyn elektrycznych i sprzętu powszechnego użytku w każdej dziedzinie życia. Mimo celowości wynikającej z zaspokojenia bieżących i przyszłościowych potrzeb społecznych i konieczności zagwarantowania bezpieczeństwa społeczeństwom, rozwój ten może być niekorzystny dla człowieka i środowiska naturalnego. W artykule zadano pytanie o motywacje i racjonalność działania twórców w tej dziedzinie. Stwierdzono, że konieczny jest zharmonizowany rozwój i całościowa ocena działania z uwzględnieniem ekologii i ekonomii oraz poszukiwanie równowagi między zasadą "mieć" i "być".*

1. WSTĘP

Prace naukowo-badawcze i produkcyjne w dziedzinie małych maszyn elektrycznych obarczone są wpływami czynników zewnętrznych (potrzeby, prawo, ekonomia) i wewnętrznych (motywacje, predyspozycje twórców). W referacie uwypuklono współczesne zagadnienia składające się na tendencje rozwoju małych maszyn elektrycznych wraz z układami elektronicznymi, poprawiającymi

Doc. dr inż. Przemysław PUTERNICKI
e-mail: p.puternicki@iel.waw.pl

Zakład Małych Maszyn Elektrycznych
Instytut Elektrotechniki
04-703 Warszawa, ul. Pożaryskiego 28

ich charakterystyki funkcjonalne. Wytwory ludzi techniki wpływają na mentalność ogółu użytkowników, w tym odgrywają rolę zarówno akceptowanego stymulatora postępu cywilizacyjnego, jak również ze względu na coraz większą powszechność i konieczność zagospodarowania zużytych wyrobów, stwarzają problemy ekologiczne.

Jak każda działalność ludzka, tak i rozwój dziedziny małych maszyn elektrycznych, wynika z różnych, często sprzecznych motywacji. Znalezienie równowagi między różnymi wpływami jest trudne ze względu na różnice doraźnych interesów określonych grup społecznych. Ideą przewodnią napisania tego referatu było zwrócenie uwagi na różne aspekty rozwoju i w tym kontekście na konieczność szerszego spojrzenia na to, co nam przynosi satysfakcję, lub doraźną korzyść, a co innym może przynieść szkodę. Głębsze rozpoznanie naszej twórczości, motywacji zmian, celowości tworzenia nowych obiektów, uświadomienia sobie skutków "nowatorskich" konstrukcji, dalekowzrocznego patrzenia na problemy ekologii, w tym na zasoby materiałowe - to wszystko może ułatwić wypracowanie kompromisu w twórczym działaniu we wspólnym łańcuchu pozornie tylko sprzecznych interesów różnorodnych grup społecznych.

2. STAN MAŁYCH MASZYN

Dziedzina maszyn elektrycznych rozwija się od blisko dwustu lat, tj. od pierwszych odkryć i prób analizy zjawisk elektromagnetyzmu [1, 2]. Przez kilkadziesiąt lat dziewiętnastego wieku tworzono zręby^{*)} wykorzystania tego zjawiska do przetworzenia energii mechanicznej w elektryczną i odwrotnie. Początek wieku dwudziestego to coraz doskonalsze wykorzystanie zastosowań maszyn elektrycznych w przemyśle i komunikacji. Maszyny elektryczne z dziewiętnastego i początku dwudziestego wieku były duże, materiałochłonne i drogie, jednak dynamizowały rozwój przemysłu. Postęp w udoskonalaniu i nowe rodzaje maszyn elektrycznych doprowadziły do zmiany idei napędu: od zbiorczych - do indywidualnych napędów. Ciągłe jednak były to napędy dużej i średniej mocy. Wynikało to przede wszystkim z możliwości technologicznych i konkretnych potrzeb rozwijającego się przemysłu.

^{*)} Andre Marie Ampere (1775...1836), Michael Faraday (1791...1867), Jean Baptiste Biot (1774...1862), Karl Friedrich Gauss (1777...1855), Wilhelm Eduard Weber (1804...1891), James Clerk Maxwell (1831...1879), Antonio Pacinotti (1841...1912), Galileo Ferraris (1847...1897), Nikola Tesla (1857...1943), Thomas Alva Edison (1847...1931).

Dalsze doskonalenie technologii i materiałów przyczyniło się do zmniejszania wymiarów maszyny i kolejno do miniaturyzacji maszyn. Było to już prawie sto lat od pierwszych odkryć. Lata trzydzieste i czterdzieste ubiegłego wieku cechowały się bardzo dynamicznym rozwojem maszyn miniaturowych (lotnictwo, okręty, czołgi, radio, radar - silniki, przetwornice, prądnice, selsyny, amplidyny) [9, 13]. Dalszym bodźcem do rozszerzenia asortymentu małych maszyn był postęp w budowie układów elektronicznych z wykorzystaniem początkowo lamp, następnie diod, tranzystorów, tyrystorów i układów dyskretnych, układów scalonych i mikroprocesorów [4, 12]. Mała maszyna stała się elementem do tworzenia hybryd w serwonapędach i układach mikrosystemów.

Poza elektroniką, stosowanie magnesów trwałych i różnych materiałów magnetycznych, kompozytowych [7, 8] i pojawienie się idei ułatwienia pracy ludzkiej i wynikającego stąd olbrzymiego zapotrzebowania na sprzęt powszechnego użytku (spu), spowodowało dalszy rozwój nowych rodzajów maszyn i silników o ekstremalnych parametrach [11]. Tworzono różne maszyny o dużej integracji elementów konstrukcyjnych, jak i zdeintegrowane na części, które mimo spełniania funkcji przetwornika energii, spełniały również szereg funkcji ustroju lub urządzenia, które napędzają.

Najnowsze zmiany poszły jeszcze dalej, aż do nanowymiarowych przetworników, m.in. pojemnościowych. Było to możliwe dzięki olbrzymiemu postępowi technologii, przede wszystkim elektronicznej.

Postęp przyczynił się również do eliminacji niektórych maszyn i urządzeń i zastąpienia ich przez stacjonarne elektroniczne urządzenia lub mikroprocesorowe układy. Powstały również zespoły maszynowe - hybrydy ("wewnętrzne" - uzwojenia o różnych funkcjach elektrycznych - np. silnik do pralek, wirnik z komutatorem i dodatkowo z uzwojeniem zwartym - klatkowym oraz "zewewnętrzne" - skojarzenie wielu różnych wirników: indukcyjnego i komutatorowego, lub samych komutatorowych - maszyna do szycia - z jednym lub kilkoma zintegrowanymi stojanami).

Małe maszyny dzięki liczności różnych odmian i powszechnemu zastosowaniu stanowią wartościowo około 45% wszystkich maszyn elektrycznych produkowanych w kraju. W tej grupie najliczniej są produkowane silniki dla sprzętu powszechnego użytku. Ze względu na stosowanie sprzętu z takimi silnikami w każdym domu, jego użytkowanie wpływa na poziom i styl życia, na nasze zachowania, ekonomikę wydatków oraz powoduje skutki poeksploatacyjne.

Od rozwoju w dziedzinie tych maszyn zależy zarówno poziom technologii, wydajność pracy, jak i oszczędność energii we wszystkich dziedzinach gospodarki. Bardzo istotnym problemem istnienia (produkcji i użytkowania) tych maszyn jest to, aby nie były przyczyną marnotrawienia materiałów oraz, aby nie następowała w trakcie ich powstawania, eksploatacji i utylizacji degradacja środowiska. Jest to obecnie jeden z podstawowych problemów w dziedzinie

profilaktyki związanej z ekologią bowiem dziedzina tych maszyn elektrycznych i sprzętu wyposażonego w układy elektroniczne jest intensywnie rozwijana.

3. PODZIAŁ MASZYN WG ZASADY DZIAŁANIA I PRZEZNACZENIA

Wymienione wyżej przetworniki elektromechaniczne można podzielić na silniki, prądnice, siłowniki, przetworniki sygnału. Służą one do przetwarzania energii elektrycznej w mechaniczną, ale są również stosowane do przetwarzania sygnału położenia, prędkości, napięcia. Te ostatnie stanowią mocno zróżnicowaną grupę tzw. elektrycznych maszynowych elementów automatyki [9,12,13].

Silniki pracują samodzielnie lub są sterowane; mogą pracować w stanie ustalonym i dynamicznym, w sposób ciągły i przerywany lub dorywczy, start-stopowy lub w stanie zahamowanym. Procesy sterowania elektronicznego dostosowują parametry maszyny do wymogów funkcji, którą wykonuje urządzenie napędzane.

Podstawowe rodzaje maszyn różnią się zasadą działania, odmianami konstrukcyjnymi i przeznaczeniem.

Silniki indukcyjne 3- i 1-fazowe, w tym: z pomocniczą fazą rozruchową i kondensatorowe ze względu na swoją trwałość występują w napędach przemysłowych i domowych; silniki synchroniczne 3- i 1-fazowe z magnesami trwałymi na wirniku (permasyny) mają coraz szersze zastosowanie w układach z elektronicznymi sterownikami, nawet w luksusowym sprzęcie powszechnego użytku; silniki prądu stałego bocznikowe ze wzbudzeniem elektromagnetycznym i od magnesów trwałych, szeregowo ze wzbudzeniem elektromagnetycznym, z komutacją elektroniczną oraz silniki komutatorowe szeregowo ac, uniwersalne są najpopularniejsze i stosowane we wszystkich dziedzinach przemysłu, spu, komunikacji, motoryzacji, rekreacji, narzędziach elektrycznych, urządzeniach techniki biurowej, motoryzacji, itp.; silniki reluktancyjne zwykłe i sterowane ze względu na prostą budowę zyskują coraz większe zastosowanie w spu i innych dziedzinach; silniki skokowe z aktywnym wirnikiem, z litym wirnikiem zyskały szerokie zastosowanie w komputerowym sprzęcie peryferyjnym; silniki wykonawcze 2- i 3-fazowe, prądu stałego stosowane są w automatyce, urządzeniach inżynierii precyzyjnej (np. w fotooptyce) itp.; silniki liniowe o ruchu posuwisto-zwrotnym, o ruchu obrotowo-posuwistym stosowane są w małym transporcie, urządzeniach przesuwnych, niektórych przemysłach, w reklamie itp.; silniki tarczowe, indukcyjne, prądu stałego, z wirnikiem magnetycznym, z wirnikiem niemagnetycz-

nym, ze względu na mały moment bezwładności (w wielu konstrukcjach) znalazły zastosowanie w automatyzowanych układach produkcyjnych m.in. w robotyce, a specjalne wykonania w drobnych pojazdach np. inwalidzkich; mikrosilniki prądu stałego o magnesach trwałych, bezrdzeniowe nadają się szczególnie w układach sterowanych automatyki przemysłowej, laboratoryjnej, aeronautyce itp.; przetworniki położenia i prędkości (maszynowe elementy automatyki - resolwery, prądnice itp.) występują w układach przemysłowych, militarnych, laboratoryjnych i innych; prądnice prądu stałego i przemiennego stosowane są w specjalnych układach pomiarowych i w automatyce; przetwornice dc/dc, dc/ac małej mocy są maszynami wychodzącymi z użycia ze względu na gorsze właściwości (trwałość, hałas), niż mają przetwornice stacjonarne, elektroniczne.

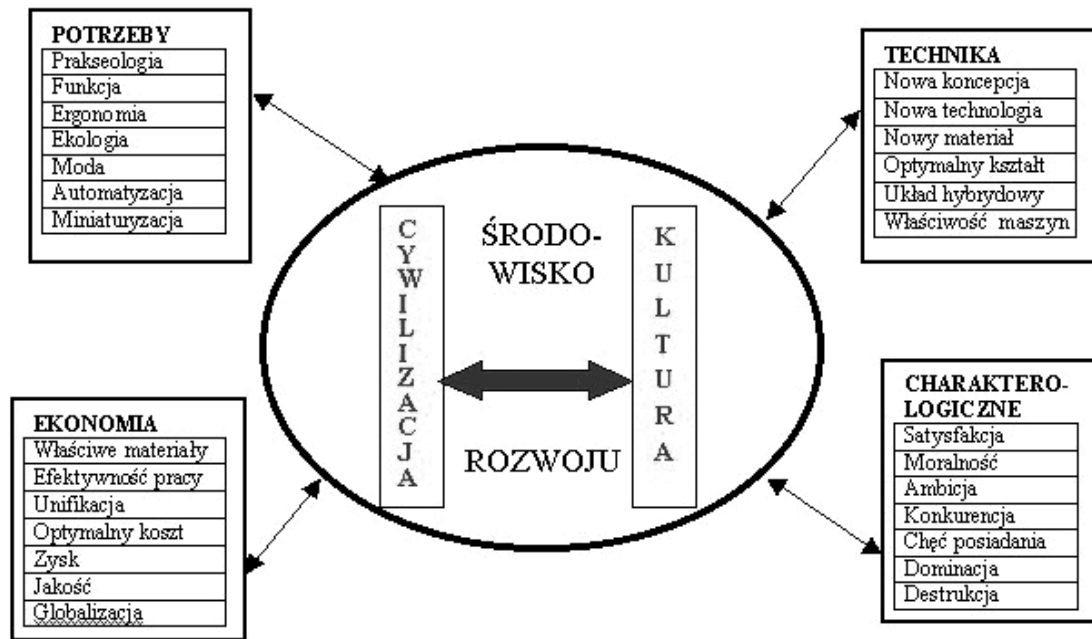
Większość małych maszyn może dziś współpracować ze sterownikami elektronicznymi. Co raz częściej sama maszyna elektryczna przestaje pełnić podstawową rolę w napędzie, zaczyna stanowić jeden z elementów wykonawczych, sterowanych z mikroprocesorowego zasilacza. Taki układ ma zupełnie zmienione charakterystyki i właściwości w stosunku do samodzielnej pracy silnika.

Różnorodność konstrukcji małych maszyn jak i przeznaczenia wymusza ogromny zakres ich parametrów znamionowych. Moce znamionowe zawierają się w przedziale od ok. tysięcznych wata (mikrosilniki stosowane w urządzeniach mechatroniki) do ok. 1500 W (na wale) w narzędziach 1-fazowych większej mocy. W silnikach stosowanych w układach o dużym zakresie sterowania prędkości obrotowej często parametrem znamionowym jest moment i to moment krytyczny, w stanie zahamowanym. Znamionowe prędkości obrotowe zawierają się w szerokim przedziale: od ułamka obrotu na minutę do ponad 300 000 1/min., z tym, że najpopularniejsze są prędkości od 600 do 20000 1/min z tendencją wzrostu do 30000 1/min. Ze względu na sterowanie małych maszyn elektrycznych napięcia znamionowe mają wartości od ułamka wolta do kilkuset woltów. W małych maszynach sterowanych prądu stałego oraz maszynach prądu przemiennego są stosowane napięcia o częstotliwości znamionowej, aż do ok. 200 kHz.; w silnikach zasilanych z sieci napięcia o częstotliwości 50 lub 60 Hz.

4. MOTYWACJE ROZWOJU

Rozwój małych maszyn dokonywany jest spontanicznie jako suma wysiłków ludzi zafascynowanych "nieznanym" i "nowym" [6]. Jednak takiej czys-

tej fascynacji towarzyszą w wielu przypadkach inne motywy, czasem mniej chlubne, często jako pochodne psychomotorycznych cech człowieka lub postępu w innych dziedzinach (rys.1).



Rys.1. Wpływ różnych czynników na rozwój małych maszyn stymulujący poziom cywilizacyjny i kulturowy.

W dużym uproszczeniu można by przedstawić rozwój jako "środowisko", dzięki któremu kreowany jest poziom cywilizacji i kultury, które zresztą oddziałują również na siebie. Jest oczywiste, że rozwój małych maszyn jest tylko niewielką częścią wśród innych kulturotwórczych czynników. Jako główne elementy, wpływające na rozwój, można wymienić przede wszystkim potrzeby społeczne i cechy charakterologiczne człowieka-twórcy oraz aspekty techniczne i ekonomiczne. Schemat na rys.1 jest próbą przedstawienia tych czynników.

Miniaturyzacja i łatwość produkcji (technologia) małych maszyn elektrycznych przyczyniły się do pojawienia najróżnorodniejszych zastosowań i to w dziedzinach cywilnych jak i wojskowych. Dwa podstawowe czynniki decydowały o gwałtownym rozwoju: popularyzacja i masowość wyrobów ułatwiających życie człowiekowi i ich coraz niższe ceny oraz wymuszenia płynące z zapotrzebowania na maszyny specjalne dla wojska np. lekkie, wydajne dla lotnictwa i aeronautyki, lub o szczególnych cechach np. jako przetworniki położenia lub krańcowo inne np. silniki wykonawcze o dużym momencie, szybkie dla czołgów i artylerii.

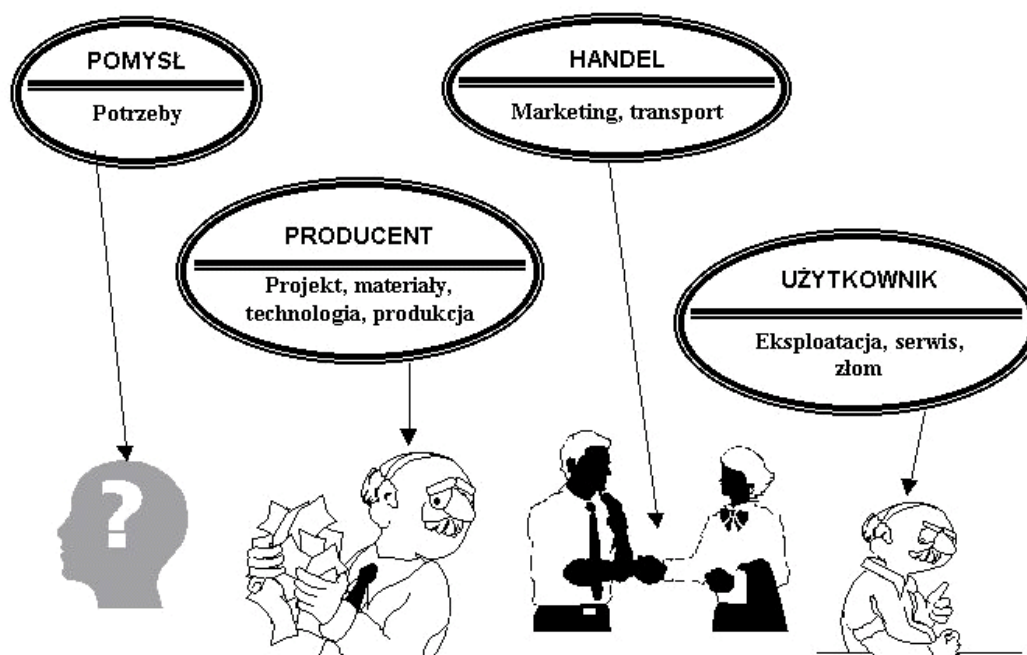
Dopracowanie technologii automatycznej produkcji silników do spu stworzyło możliwość ich wytwarzania w krajach nawet o niższym poziomie technicznym. Inaczej przedstawia się możliwość wytwarzania maszynowych elementów automatyki lub nanosilników wymagających dużej precyzji i nowych materiałów oraz technik stosowanych w elektronice.

Łatwość produkcji silników do spu wyzwoliła wręcz nieograniczoną zdrowym rozsądkiem możliwość zastosowań. Stąd pojawiły się urządzenia często o wątpliwej przydatności, które jednak znajdowały chętnych nabywców. Reklama, promocje, na-grody przyczyniały się do wykreowania popytu. Zyski producenta nie oznaczały dobrych efektów gospodarczych i ekologicznych kraju. Mała użyteczność niektórych wyrobów jest argumentem do zaniechania ich produkcji, nie mówiąc już o przeciwwskazaniach zdrowotnych. Często nie spełniane są zasady prostej kalkulacji. Nie analizuje się jaki jest koszt "spełnianej funkcji" na jednostkę czasu życia wyrobu. Szczególnie, gdy sprzęt jest rzadko używany. Wtedy ten koszt w powiązaniu z ujemnymi skutkami ekologicznymi może wskazywać na bezzasadność produkcji takich silników i ich zastosowań. Nieracjonalne jest wyrzucanie rzeczy dobrych tylko dlatego, że są nowsze, nie zawsze lepsze, często może inaczej "skonfigurowane", wyposażone w elementy doskonalsze - często elektroniczne, ale używane np. raz w roku i nie zwiększające bezpieczeństwa. W pewnym sensie jednak takie stanowisko może się spotkać ze zdaniem, że jest to ograniczanie niezależności i swobód jednostki do poszukiwań i pracy twórczej.

Zupełnie inaczej trzeba odbierać motywacje rozwoju maszynowych elementów automatyki, czy silników specjalnych. Ten rozwój, poza względami ekonomicznymi, stwarza zupełnie nową jakość w wielu dziedzinach naszego życia i nie budzi najmniejszych wątpliwości odnośnie celowości poszukiwań nowych rozwiązań.

5. OCENA ROZWOJU WYROBU

Do niedawna obszar oceny ograniczony był do subiektywnych kryteriów i partykularnych interesów (rys.2). Obecnie coraz częściej widzi się poza walorami wyrobu, również skutki jego istnienia. Zrozumiałe jest, że inaczej ocenia wyrób technik, ekonomista, a inaczej ekolog czy socjolog. Ale nadszedł chyba czas, że te różne podejścia powinny wytworzyć wspólne kryteria oceny dla ludzi odpowiedzialnych za cały proces wytwarzania i użytkowania aż do utylizacji odpadów.



Rys.2. Tok myślenia "zbiorowego" - interes indywidualny.

Ekonomia producenta to motywacje i korzyści "lokalne". Klient kupuje nowy, zazwyczaj lepszy standardowo wyrób, ale nie wnika w cały mechanizm analizy ekonomiki producenta, który zazwyczaj stosuje tańsze konstrukcje, często nierozbieralne, tzn., że najmniejsze uszkodzenie powoduje wyrzucenie całego wyrobu, ewentualnie silnika lub układu elektronicznego. Ale wyrzucenie "zużytego" sprzętu coraz dotkliwiej jest odczuwalne bezpośrednio przez użytkownika i środowiskowo.

Bezpośrednio, bo trzeba kupić nowy sprzęt, a środowiskowo, bo góry odpadów powodują duże wydatki w gospodarce komunalnej. Skłania to do myślenia o postępie w szerszym aspekcie oceny według rachunku ciągnionego. Wymogi ekologii, ujęte ustawowo [10,14,15,16], zmuszą nas do racjonalnego konstruowania maszyn elektrycznych i urządzeń "zelektronizowanych". Jakie należy przyjąć kierunki rozwoju? - jako pochodna potrzeb czy wizjonerski stymulator? Ma to być rozwój, czy pod jego płaszczykiem pogoń za zyskiem i zawłaszczaniem? Co jest naprawdę niezbędne?: rozwój technologii i nowsze, doskonalsze - tańsze?, czy konkurencja ze swoimi niejasnymi meandrami?, czy tworzyć dla nowości? ("bo zrobiłem coś nowego") czy dla realnych, niezbędnych potrzeb człowieka, z eliminacją działań służących tylko do współzawodnictwa i dominacji? Historia kultur uczy nas, że padały całe cywilizacje bądź ze względu na niezrozumienie praw natury (środowiska), bądź przez zachłanność ludzi.

6. EKOLOGIA

Już w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku zorientowano się w postępującej degradacji środowiska naturalnego na skutek wzrastającej ilości odpadów. Ćwierć wieku później rozpoczęto odzyskiwać pewne ilości materiałów ze zużytych wyrobów. Ale dopiero od około 12 lat przyjęto nowe podejście w Unii Europejskiej do produkcji i konsumpcji z punktu widzenia ochrony środowiska. Masowość produkcji i trwałość wyrobu decyduje o wadze problemu ekologicznego. Wyroby trwałego użytku, zależnie od rodzaju i regionu, zużywają się w okresie od 5 do 15 lat. Na skutek dynamicznego rozwoju, odpady pochodzące z takiego sprzętu stały się nowym, poważnym problemem, nieco innym niż wcześniejsze odpady organiczne.

Ten stan rzeczy ilustruje kilka przykładów. Współczesny samochód wyposażony jest co najmniej w 10 maszyn elektrycznych (silniki, prądnica, rozrusznik) oraz szereg układów elektronicznych; zespolone gniazdo obróbcze poza napędami głównymi ma kilkadziesiąt przetworników elektromechanicznych do automatyzacji procesu obróbczego i przygotowania narzędzi roboczych. W nowoczesnym tramwaju, poza 4 lub 6 silnikami napędowymi, występuje około 10 małych silników elektrycznych, a w zasobnym gospodarstwie domowym ich liczba przekracza czasem nawet 50.

Małe maszyny zdominowały rynek pod względem ilości oraz stanowią bardzo znaczącą grupę wyrobów zużywających energię i materiały, które po okresie eksploatacji są źródłem, często ze sprzętem napędzanym i układami elektronicznymi, olbrzymiej ilości odpadów. Jeśli założy się w przybliżeniu średnio tylko 20 silników na rodzinę, to mamy w kraju około 280 mln silników głównie do sprzętu powszechnego użytku o masie szacowanej na około 200 tys. ton (z drobnym sprzętem około 2...3 razy więcej). Z tego, przy równomiernym wzroście i dziesięcioletnim okresie trwałości eksploatacyjnej, co roku można przewidywać 20 tys. ton zużytych maszyn (kilkadziesiąt tysięcy ton ze sprzętem). W wariantcie bardziej rozwojowym, przy uwzględnieniu progresji posiadania i z uwzględnieniem przemysłu, komunikacji i handlu, szpitalnictwa, wojska oraz różnych instytucji rozrywkowych i biur, gospodarka nasza może użytkować nawet blisko miliarda silników małej mocy i mikrosilników (rys.3). Można przewidywać wówczas setki tysięcy ton odpadów rocznie.

Nie wszystkie maszyny w równym stopniu sprawiają kłopoty z racjonalnym zagospodarowaniem i utylizacją odpadów. Maszynowe elementy automatyki, maszyny małe o dużej żywotności i bardzo małej masie nie limitują pod względem ilości i metod procesu utylizacji, choć również muszą być brane pod

uwagę choćby ze względu na zawartość niekiedy bardzo cennych materiałów. Największy problem stanowią maszyny produkowane masowo dla sprzętu powszechnego użytku i innych urządzeń powszechnie stosowanych.

Ochrona środowiska i zapobieganie jego degradacji zmieniały się w ostatnim półwieczu - od sposobu zwykłego składowania odpadów, do odzysku materiałów nawet w 90...95% masy zużytego wyrobu.



Rys.3. Obszary zastosowań maszyn elektrycznych małej mocy w gospodarce narodowej.

Ograniczenie degradacji środowiska można osiągnąć w zasadzie dwoma sposobami: albo ograniczyć spożycie, rozumiane jako zaniechanie postępu, albo przy uzasadnionym rozwoju racjonalnie gospodarować zasobami naturalnymi. W grę wchodzi oczywiście druga metoda, która sprowadza się do przyjęcia strategii zrównoważonego rozwoju, czyli do zapewnienia wzrastającego standardu życia przy racjonalnym korzystaniu z zasobów naturalnych bez ograniczania możliwości pracy twórczej przyszłym konstruktorom.

Taka strategia wymaga kompromisu pomiędzy potrzebami i korzyściami konsumenta, wymogami ochrony środowiska, a polityką producenta uwarunkowaną poziomem technologii i ekonomią produkcji. Ze względu na rozbieżność interesów wspomnianych podmiotów, konieczne jest ekologiczne zarządzanie procesem, który obejmuje cały okres życia wyrobu, począwszy od projektowania, użycia odpowiednich materiałów i technologii, przez produkcję, marketing, transport, sposób i okres eksploatacji i konserwacji, aż do etapu

niezdolności do funkcjonowania – zagospodarowania odpadów. Obrazowo przedstawia to rys.4.



Rys.4. Zarządzanie ekologiczne, wieloaspektowe procesem twórczym.

Głównym podmiotem ustalającym założenia polityki zarządzania wyrobem jest przedsiębiorstwo. Ono powinno określić zintegrowane założenia dla całego toku powstawania i życia wyrobu z uwzględnieniem wpływu na środowisko i na ekonomikę przedsiębiorstwa.

Realizacja tych założeń powinna być dokonana już na etapie projektowania, kiedy określa się właściwości wyrobu, jego funkcję, uzasadnioną trwałość, zakres zastosowań, postać konstrukcyjną, użyte materiały, technologię produkcji oraz sposób i zakres recyklingu.

Metody projektowania elementów elektromagnetycznych optymalnej maszyny rozwijane są od kilkadziesiąt lat. Obecnie istotne jest uwzględnienie czynników decydujących o ocenie "kompatybilności" maszyny ze środowiskiem. Ocena taka dokonywana może być kilkoma metodami [5], z czego metoda kosztów cyklu życia (ang. LCC - Life Cycle Cost) uwzględnia wszystkie koszty przygotowania i produkcji z transportem, dystrybucją, kosztami zarządzania odpadami i recyklingu.

Analiza wszystkich czynników na etapie projektu prowadzi do zmniejszenia ujemnego wpływu na środowisko przy utrzymaniu właściwości wyrobu lub polepszaniu właściwości użytkowych i zwiększaniu korzyści dla przed-

siębiorstwa. Do takiego kompromisu dochodzi się przez projektowanie wyrobu o uzasadnionej trwałości, przez zmniejszenie zużycia zasobów materiałowych (mała masa silników, bezodpadowe konstrukcje, lepsze właściwości materiałów), zmniejszenie liczby elementów konstrukcyjnych (zintegrowane elementy), przystosowanie elementów i materiałów do wtórnego wykorzystania lub przetworzenia. Jednocześnie należy dążyć do zmniejszenia zużycia energii w procesie technologicznym oraz w okresie eksploatacji np. dzięki lepszej sprawności wyrobu (metoda LCC).

Integracja z krajami UE wymusi dostosowanie systemu prawnego oraz go-spodarki naszego kraju do standardów obowiązujących w UE [3]. Konieczne będzie wprowadzenie systemu zarządzania środowiskowego w polskich przedsiębiorstwach [10,14,15,16]. Najczęściej stosowanym systemem zarządzania środowiskowego jest system certyfikowany na zgodność z normami ISO 14000. Potwierdzenie tej zgodności uzyskuje się przez audyty oraz badania, których pozytywne wyniki umożliwiają starania się o certyfikat w dziedzinie zarządzania środowiskowego. W działaniu tym niezbędne jest powiązanie systemu zarządzania jakością z systemem badań nad skutkami ekologicznymi. W krajach UE takie działania rozpoczęto ponad 10 lat temu.

7. PODSUMOWANIE

Dziedzina małych maszyn elektrycznych w okresie dwustu lat istnienia podstaw elektromagnetyzmu ciągle się rozwija dynamicznie. Na każdym etapie rozwoju zakres i intensywność postępu jest i będzie inna - zależnie od środowiska cywilizacyjno- kulturowego.

Dalszy postęp wymaga penetrowania takich dziedzin jak: materiały, technologia, nowatorskie konstrukcje maszyn, analiza i synteza konstrukcji, nowe zastosowania.

Rozwój ten musi być osadzony w realiach ogólnego postępu cywilizacyjnego z uwzględnieniem komplementarności i służebności jego poszczególnych składników dla człowieka.

Należy pamiętać o określonej zdolności społeczeństw do percepcji nowości i ich praktycznego przyswajania. Powinny być one szybsze niż wynikające ze zmian pokoleniowych. Dlatego trzeba podnosić poziom świadomości użytkowników, aby zaniedbania w tym zakresie nie wpływały na ograniczenie racjonalnego rozwoju.

Bez racjonalnego rozwoju w ogóle, a w tym małych maszyn ze sterownikami elektronicznymi i ich zastosowań, będzie następował niekontrolowany

wany ich rozwój, który może wpływać negatywnie na stan gospodarki, środowiska naturalnego i poziomu życia. Pewną pomocą może tu być filozofia racjonalnego rynku, chronionego prawem.

Należy zapewnić człowiekowi we wszystkich działaniach podmiotowość twórcy. Nie może on być zepchnięty do pozycji przedmiotu, którym się manipuluje w działaniach partykularnych, propagandowych lub politycznych.

Indywidualny interes powinien być kompromisowo zharmonizowany z ogólnym tak, aby twórca miał satysfakcję z działania - "istnienia" i zdobywania środków - "posiadania", a więc aby uzyskać równowagę między „być” i „mieć”.

Zagwarantuje to harmonię między cywilizacją i kulturą i odpowie na ważne pytanie: „Czy „nowe” zawsze musi zastąpić „stare” – jeszcze dobre, przynajmniej w ogólnej opinii? >> Czy motywacje działania są zgodne z docelowymi wymogami ekologii, czy interesem lokalnym?”

Dwustuletnia cywilizacja przemysłowa przechodzi ewolucyjne zmiany dzięki olbrzymiemu postępowi i coraz większej integracji takich dziedzin jak elektrotechnika, elektronika, informatyka, mechanika precyzyjna oraz techniki cyfrowe i przekazu multimedialnego. W maszynach i urządzeniach powstają nowe koncepcje, konstrukcje, hybrydy, metody analiz i badań, ale czasem i pozorne nowości lub zakończone tylko efektami wirtualnymi.

Aby rozwój nie był pozorny (opracowanie na półkę, bez adresata) i był ukierunkowany na potrzeby społeczne, Twórca powinien wskazywać drogę do praktycznych zastosowań swoich idei realizatorom dalszych etapów lub dążyć do osobistego, praktycznego przeniesienia efektów swojej pracy, często tylko wirtualnych, na grunt rzeczywisty tak, aby nie zagubił celu swojego działania i istnienia w procesie postępu globalnego.

LITERATURA

1. Dąbrowski M.: *Maszyny elektryczne i transformatory u progu XXI wieku*, Biuletyn Sekcji Maszyn Elektrycznych i Transformatorów Komitetu Elektrotechniki PAN, Nr 19, grudzień 1999.
2. Dąbrowski M.: *Projektowanie maszyn elektrycznych - zarys rozwoju*. Wiadomości Elektrotechniczne, 2002, nr 1-2.
3. Dyrektywa UE 75/442/EEC z 15.07.1975 o odpadach znowelizowana dyrektywą 91/156/EECz 18.03.1991.
4. Dudzikowski I., Pawlaczyk L.: *Maszyny prądu stałego o magnesach trwałych i ich sterowanie. Stan aktualny i perspektywy rozwoju*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Elektryka z. 176, 2001.
5. Florkowska-Trąbińska J.: *Proekologiczne strategie przedsiębiorstw przemysłu elektronicznego*. I Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna. Ekologia w Elektronice. PIE, Warszawa, 16-17.10.2000.

6. Kordecki A.: *O potrzebie innego myślenia*. II FORUM Problemy wytwarzania małych maszyn elektrycznych. Mikroma, Politechnika Wrocławska. Czerniejewo 04.1998.
7. Kordecki A., Zawilak. J.: *Infiltrated powder magnetic cores for ac motor rotors*. Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej, Elektryka z. 92, 1998.
8. Kordecki A., Ślusarek B.: *Dielektromagnesy mikromaszyn elektrycznych o zerowym współczynniku temperaturowym koercji*. MiS'96, Rydzyna, 23...27.09.1996.
9. Owczarek J. Praca zbiorowa: *Elektryczne maszynowe elementy automatyki*. WNT, Warszawa 1983
10. Polska Norma PN-EN ISO 14001: 1998 *Systemy zarządzania środowiskowego. Specyfikacja i wytyczne stosowania*.
11. Puternicki P., Dymek M.: *Ranking kryteriów oceny, a konstrukcja i parametry agregatów ssących do odkurzaczy*. V FORUM Problemy wytwarzania małych maszyn elektrycznych. Mikroma, Politechnika Wrocławska. Ustroń, 21...23.05.2001.
12. Sochocki R.: *Współczesne mikromaszyny elektryczne*. MiS'96. Rydzyna, 3...27.09.1996.
13. Sochocki R.: *Mikromaszyny elektryczne*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 1996.
14. Ustawa: *Prawo ochrony środowiska. Ustawa o odpadach*. D.U. nr 62 z dnia 20.06.2001
15. Ustawa: *O obowiązkach przedsiębiorców w zakresie gospodarowania niektórymi odpadami oraz o opłacie produktowej i opłacie depozytowej*. D.U. nr 63 z dnia 22.06.2001.
16. Ustawa: *O wprowadzeniu ustawy - Prawo ochrony środowiska, ustawy o odpadach oraz o zmianie niektórych ustaw*. D.U. nr 100 z dnia 18.09.2001.

Rękopis dostarczono, dnia 21.10.2002 r.

Opiniował: Sławomir Wiak, Jan Zawilak

ASPECTS OF SMALL ELECTRIC MACHINES DEVELOPMENT

Przemysław PUTERNICKI¹⁾

ABSTRACT *The rise of small electric machines was the result of a new concept of electromagnetic circuits using the basic knowledge of electric machines. Dynamic progress of production technology, materials, theory and different needs has led to unusual development of many kinds of small electric machines and their applications in all fields.*

¹⁾ Assist. Prof., Ph.D., Electrotechnical Institute, Small Electrical Machines Department, 04-703 Warszawa, ul. Pożaryskiego 28, tel. 0 22 8123003, e-mail: p.puternicki@iel.waw.pl

Such an extensive development can bring about unfavourable effects on natural environment.

In that case, what can we say about the principle of balanced and rational development? An attitude of harmonised development and global economy is needed. Different kinds of motors, areas of their application, economic consequences of chaotic development are discussed in the paper. There are two basic areas of factors deciding about development of not only small electric machines. There are human factors and technical factors. Where is the balance between them?

Fig.1 shows a set factors of technical, economic and social needs and also of characteristic properties of creators, that decide on the progress of civilisation and culture. Most people care only about their own, narrow, conceived business.

Fig.2 shows the individual thinking about the separate actions required.

And these phenomena occur and are analysed in many countries. The number of small motors for household appliances and for electric tools used in Poland can be estimated at about 280 million. Moreover, all national economy (Fig.3.) uses much more, nearly one billion small electric machines. After 5...10 years every 10% of motors finish their life and become waste. It is about a few dozen thousand tons of waste material. That is why the development of small electric machines and their application should be controlled rationally.

There are enumerated all stages related to setting production in motion. Producers should consider the whole set of problems such as: common property, design, materials, technology, production, marketing, transport, exploitation, service, waste, ecology (Fig. 4). It is suggested to combine the quality management and ecological results for national economy. Production effects for the producer only can not be the measure of proper operations. It is a question of rationality of people's operations in the field of small electric machines development and not only in this area. It seems that it is necessary to look for the best result for the country and the balance between "to have" and "to be" for individual users.

This balance can give the creators and not only them, more goods and more satisfaction.