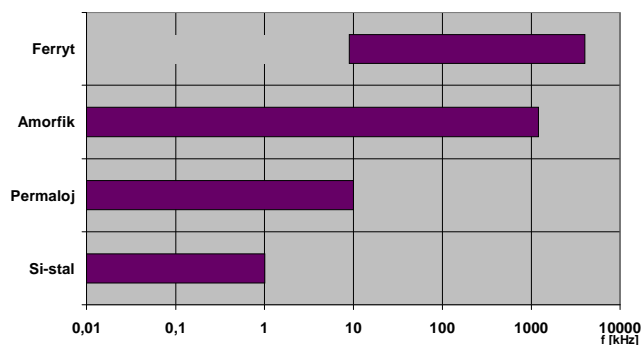


## TRANSFORMATORY Z RDZENIAMI AMORFICZNYMI PRODUKCJI ELHAND TRANSFORMATORY

Moshe Maor<sup>1</sup>, Dariusz Koteras<sup>2</sup>,  
Leszek Jasiński<sup>3</sup>, Mirosław Machnik<sup>3</sup>,  
Mirosław Łukiewski<sup>3</sup>

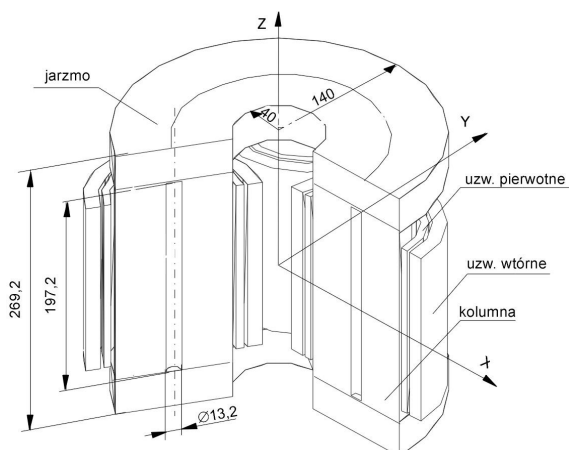
- <sup>1</sup> ADVANCED TRANSFORMER TECHNOLOGIES Ltd  
<sup>2</sup> POLITECHNIKA OPOLSKA  
<sup>3</sup> ELHAND TRANSFORMATORY

Historię magnetyków amorficznych datuje się na lata pięćdziesiąte ubiegłego stulecia. Jednak zasadniczy przełom w opanowaniu technologii tych materiałów nastąpił dopiero w początku lat siedemdziesiątych, gdy w USA opracowano metodę wytwarzania magnetyków amorficznych w cyklu ciągłym [1]. Pomimo powszechnie znanych zalet tych materiałów i dość dobrze opanowanej technologii ich wytwarzania nie są one stosowane w sposób powszechny. Zalety magnetyków amorficznych pozwalają na zastosowanie ich z powodzeniem zarówno do budowy transformatorów rozdzielczych pracujących przy częstotliwościach sieciowych jak również do budowy transformatorów wysokiej częstotliwości. Parametry magnetyczne i fizyczne materiałów amorficznych wraz z innymi ferromagnetykami przedstawia tabela 1. Natomiast zakres częstotliwości pracy tych materiałów i innych ferromagnetyków przedstawiono na rys. 1.



rys. 1. Zakresy częstotliwości stosowania materiałów magnetycznych [2]

Jedną z firm zajmujących się wytwarzaniem i dystrybucją transformatorów amorficznych jest firma ELHAND TRANSFORMATORY z Lublińca, która przy współpracy z Izraelską spółką ADVANCED TRANSFORMER TECHNOLOGIES Ltd (ATT) produkującą rdzenie amorficzne wprowadziła na rynek transformatory amorficzne z rdzeniem symetrycznym (rys 2).



rys. 2. Szkic aksonometryczny opisywanego transformatora

### Opis technologii wytwarzania rdzeni amorficznych transformatora

Sposób ciągłego wytwarzania szkieł metalicznych polega na skierowaniu stabilnej strugi ciekłego metalu na zewnętrzną powierzchnię szybko obracającego się walca (kilka tysięcy obrotów na minutę) wykonanego z metalu o dobrym przewodnictwie cieplnym. Walec ten służy do szybkiego schładzania ciekłego stopu w wyniku, czego powstaje materiał magnetyczny o właściwościach amorficznych. Szybkość tego schładzania jest rzędu  $10^6$  K/s. Zbyt wolne schładzanie powoduje częściowe skryształizowanie materiału i utratę struktury amorficznej. W praktyce ciekły stop jest podawany na powierzchnię walca chłodzącego przez szczelinową dyszę umieszczoną bardzo blisko jego powierzchni.

własności materiałów magnetycznych	tradycyjny rdzeń stalowy	ferryt 3F3	ferryt 3E7	80 Ni permaloj	amorficzny rdzeń na bazie żelaza	amorficzny rdzeń na bazie kobaltu
przenikalność początkowa $\mu_i$	1500	3000	15000	40000	5000	60000
przenikalność maksymalna $\mu_m$	20000	6000	30000	200000	100000	1000000
indukcja nasycenia $B_s$ [T]	1,8	0,33	0,21	0,74	1,57	0,5
natężenie koercji, przy 50Hz $H_c$ [A/m]	40	12,8	5,6	2,4	2,4	0,5
opór właściwy $\rho$ [ $\Omega \cdot m$ ]	50	20000	1000	60	130	120
temperatura Curie[°C]	750	200	130	500	415	255
straty jednostkowe przy 0,1T 100kHz [ $mW/cm^3$ ]	---	80	230	213	380	45,6

tabela 1. Porównanie parametrów materiałów magnetycznych [2]

W efekcie możemy w ten sposób uzyskiwać taśmę amorficzną o szerokości do 12 cm i grubości od 18 do 30  $\mu m$  [2].

Tak wykonaną taśmę zwija się w walce o szerokościach równych średnicy jarzma i kolumny. Uzyskane w ten sposób jarzma nadają się wprost do budowy rdzenia, natomiast kolumny są dodatkowo przecinane wzdłużnie a w miejsce przecięcia jest umieszczana izolacja w celu zmniejszenia prądów wirowych [2].

W ten sposób otrzymujemy gotowy rdzeń symetryczny składający się z trzech walcowych kolumn i dwóch jarzm. Taki rdzeń przedstawiono na rys. 3. Na kolumnach umieszcza się cylindryczne uzwojenia pierwotne i wtórne. Całość jest montowana na podstawach szklano-epoksydowych i skręcana czterema śrubami. Otrzymany w ten sposób

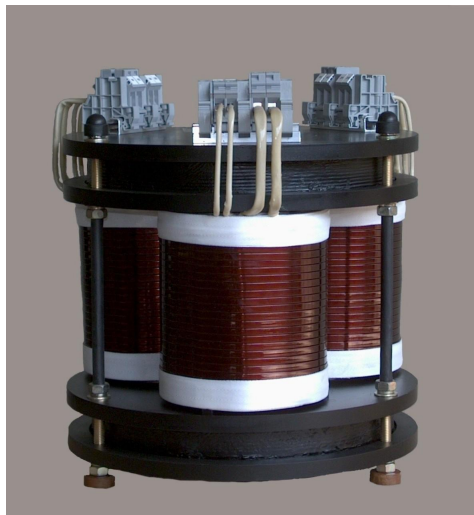
transformator jest symetryczny elektrycznie i geometrycznie.



rys. 3. Symetryczny rdzeń amorficzny produkcji ATT

Montaż takiego transformatora jest bardzo łatwy. Dlatego też remonty polegające na wymianie uzwojeń, są opłacalne nawet

w przypadku małych jednostek. Na rys.4 przedstawiono transformator amorficzny o mocy 10 kVA produkcji ELHAND TRANSFORMATORY.



rys. 4. Transformator amorficzny o mocy 10kVA produkcji ELHAND TRANSFORMATORY z Lublińca

## Wnioski

Transformator ten dzięki zastosowaniu materiału amorficznego do budowy rdzenia pozwala zmniejszyć straty jałowe prawie pięciokrotnie w porównaniu z transformatorem o budowie tradycyjnej z rdzeniem z blach elektrotechnicznych. Dla przykładu, straty jałowe transformatora o mocy 10kVA produkcji ELHAND TRANSFORMATORY z rdzeniem stalowym (z taśmy elektrotechnicznej typu ET-52) wynoszą 100W [5] a transformatora, wyprodukowanego również przez ELHAND TRANSFORMATORY, o tej samej mocy z rdzeniem amorficznym wynoszą 22W [4]. Aby uzmysłowić sobie płynące stąd oszczędności możemy posłużyć się następującym porównaniem. Oszacowanie rocznych strat w transformatorach rozdzielczych zainstalowanych w USA wg danych z początku lat dziewięćdziesiątych wynosi 35 mld kWh, co odpowiada wartości 1,6 mld dolarów.

Wymiana wszystkich rdzeni w tych transformatorach na amorficzne pozwoliłaby zaoszczędzić 23 mld kWh, co daje wartość 1,2 mld dolarów [6].

Transformatory z rdzeniami amorficznymi mają jeszcze jedną bardzo ważną zaletę, którą jest szeroki zakres częstotliwości znamionowych pracy. Na bazie rdzeni amorficznych można budować zarówno transformatory sieciowe jak również transformatory w.cz. o częstotliwościach do 1MHz. Te ostatnie są wykorzystywane w elektronicznych przetwornicach napięciowych większej mocy, UPS-ach i aparatach spawalniczych. Możliwość wykonywania jednostek o znacznych mocach pozwala na zastosowanie transformatorów amorficznych w układach energoelektronicznych dużej mocy, co nie jest możliwe przy zastosowaniu rdzeni ferrytowych.

## Literatura

- [1] Praca pod red. Lachowicz H. K.: *Magnetyki amorficzne*. Instytut Fizyki PAN, Warszawa 1983
- [2] ACP Ltd. *The best solution for power supply. Amorphous magnetic components*, Netania, Israel, 2000
- [3] Soiński M.: *Materiały magnetyczne w technice*. COSiW, Warszawa, 2001
- [4] Dokumentacje techniczne transformatorów typu AT3S - ELHAND TRANSFORMATORY
- [5] Dokumentacje techniczne transformatorów typu ET3S - ELHAND TRANSFORMATORY
- [6] Lachowicz H. K.: *Magnetyki amorficzne*. Wiedza i życie, Warszawa, 09/1997
- [7] Lachowicz H. K.: *Zastosowania i perspektywy rozwoju współczesnych materiałów magnetycznych*. Elektronika (XXXI) 7-9/1990