

# PRĄDNICA PIERŚCIENIOWA

(załącznik do opracowania pt.: „BAZA elektrotechniczna do konstrukcji prądnicy tarczowej opartej na magnesach neodymowych” – Repertorium Notariusza A nr 287/2015 z dn. 02.02.2015 r.)

## OPIS

Prądnica pierścieniowa (zob. rys. nr 1) zapewnia, jako jedyny znany mi typ, charakterystykę  $U_{\text{śr.}} (\leq 0,9) U_{\text{max}}$ . Magnesy umieszczone koncentrycznie w tulei o promieniu  $r_2$  i  $r_2 + G$  na magnesnicach – rotorach, naprzemiennie przecinają **równoległym** polem magnetycznym o wektorze  $B$ , **pręty składowe ramion cewek** w koncentrycznym do nich tworniku. Najpierw wszystkie jednego, a później drugiego boku generując indukcję elektromagnetyczną  $e$ . Wszystkie cewki układu muszą być połączone szeregowo i nawinięte w jednym kierunku. **Średnia prędkość punktu po obwodzie** – w celu ustalenia dalszych obliczeń – znajduje się na długości promienia okręgu przechodzącego przez środek prętów składowych cewek. **Prędkość pola magnetycznego** o wektorze  $B$  przecinającego pręty ramion cewek na każdej ich długości jest zawsze taka sama, przez co generuje stały strumień elektronów – w przeciwieństwie do prądnicy tarczowej zależnej od długości magnesów wytyczających promienie  $r_1$  i  $r_2$  (zob. rys. nr 2, fig. A i B „Bazy ...”); zatem wytwarzające chwilową różną wartość indukcji elektromagnetycznej  $e$ , co nie jest korzystne podczas generowania prądu elektrycznego. Z uwagi na powyższe ustalono następujące **twierdzenia** dot. prądnicy pierścieniowej:

- 1. Średnia prędkość punktu po obwodzie wytwarzająca, poprzez pole magnetyczne, indukcję elektromagnetyczną o wartości  $e$ , znajduje się na długości promienia okręgu przechodzącego przez środek prętów składowych cewek i zależna jest tylko od ich łącznej średnicy.**
- 2. Prędkość pola magnetycznego o wektorze  $B$  przecinającego pręty ramion cewek na każdej ich długości jest zależna tylko od ich średnicy, przez co generuje zbliżony do stałego strumień elektronów.**

Równoległe „przecinanie” boków cewek przez wymienione pole magnetyczne generuje prąd elektryczny o wykresie zbliżonym do prostokąta. **Jednokierunkowy obrót o:**

- a) wartość 1/3 szerokości cewki drugiego zespołu magnesnic;
- b) wartość 2/3 szerokości cewki trzeciego zespołu magnesnic,

– powoduje wytworzenie **prądu trójfazowego** o wymienionej charakterystyce.

Może być on również generowany poprzez nawinięcie potrójnego uzwojenia twornika i jego charakterystyczne obrócenie uzwojeń fazowych o podane szerokości cewek. W tym przypadku wystarczy tylko zamontować dwa pierścienie z magnesami. Zatem należy uwzględnić **spadek wektora B** (zob. str. 18 „Bazy ...”).

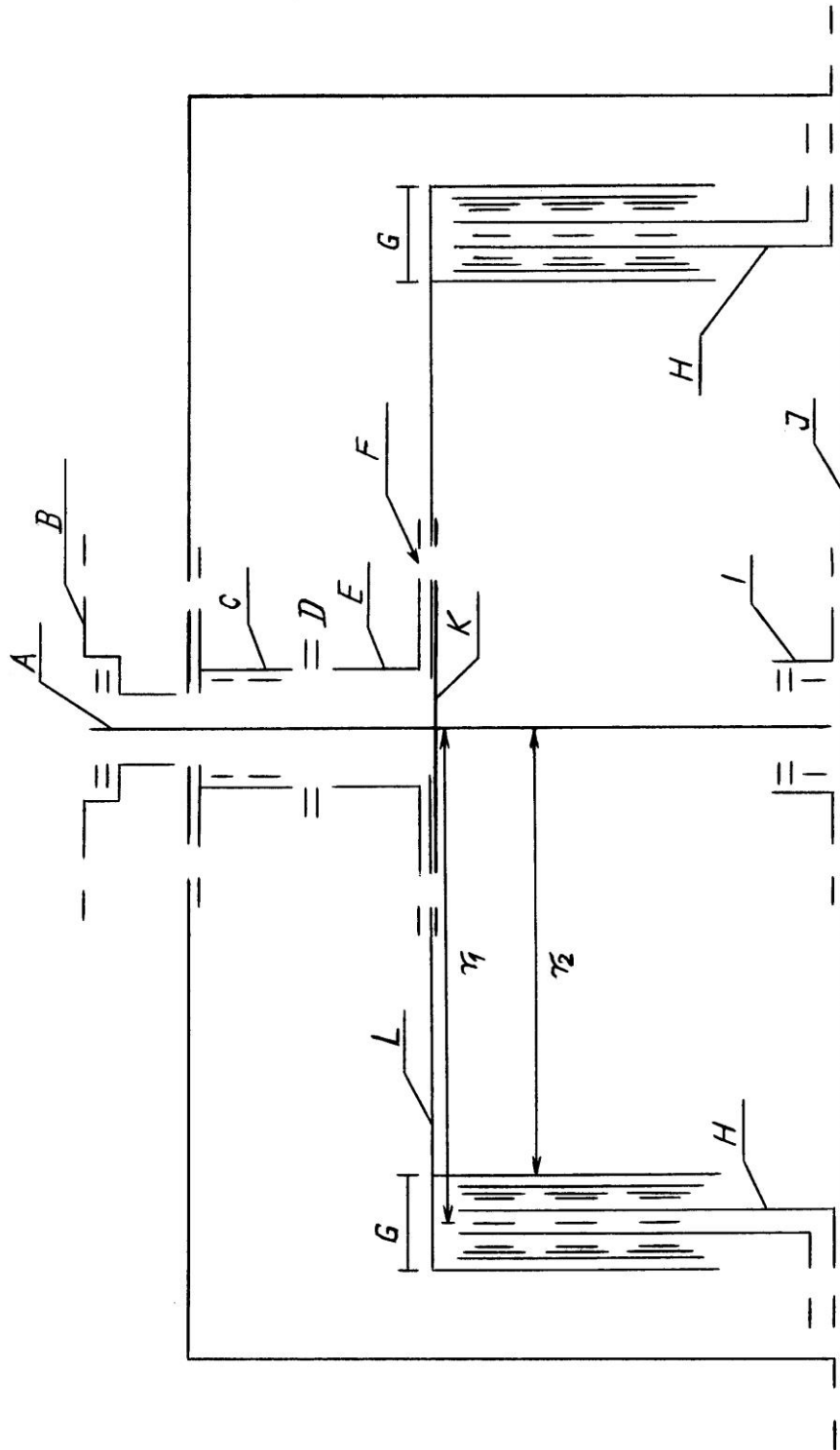
Powiększenie dynamiki układu wynika z faktu, że oś obrotu pierścieniowej magnesnicy jest poprawnie ułożyskowana, ale jej składowe będą podlegać znacznie większej sile odśrodkowej, niż w prądnicy tarczowej – w szczególności na końcach przy podstawie prądnicy.

Zatem należy dokonać stosownych obliczeń na wytrzymałość tulei głównej **L** przy zastosowaniu różnych materiałów, np. duraluminium, stal, włókno szklane i węglowe (wzmocnione mikrosiatką). Magnesy osadzone w tulejach muszą być oddalone na wymagane odstępki, ponieważ ich pola magnetyczne muszą być skierowane w tę samą stronę. Przy zachowaniu tej zasady ich czoła się odpychają – stąd ta konieczna odległość.

Uzwojenie prądnicy należy nawinać wstępnie na szablonie, polutować i powiązać, wyprowadzić, oznaczyć początki i końce uzwojeń fazowych. Następnie na przygotowanej uprzednio **tulei**, wykonać z włókna szklanego – zaimpregnowanego żywicą syntetyczną – **rdzeń**. Nałożyć uzwojenie, pokryć je warstwą włókna szklanego, związać grubą nicią bawełnianą lub syntetyczną, w krzyżujących się zwojach, i zaimpregnować ponownie żywicą. Rdzeń podczas utwardzania musi być obracany niewielkim silnikiem elektrycznym lub ręcznie, aby żywica nie mogła się przemieścić (minimum przez pół godziny)!

W trakcie tych czynności należy przewidzieć odpowiednią długość włókna szklanego na „wywinięcie” kołnierza w celu późniejszego jego zamocowania do podstawy prądnicy. Tak **wykonany twornik** musi mieć wymiary pasujące do tulei głównej L, a w szczególności do wielkości średnic wyrażonych przez G i wymaganej (jak najmniejszej) szczeliny między nim, a magnesnicami.

Rys. nr 1  
Trójfazowa prądnica **pierścieniowa** generująca  
napięcie o wykresie zbliżonym do prostokąta



Oznaczenia:

- A – wał (na wale podkładka i nakrętka);
- B – tuleja napędzana np. wiatrową pionową turbiną powietrzną;
- C – tuleja górna (lub przednia, w zależności od ustawienia, a w niej łożysko poprzeczne i uszczelniacz);
- D – podkładka i nakrętka dociskająca tuleję E do tulei głównej L;
- E – tuleja dociskająca tuleję główną L do kołnierza wału K – stosować tylko w przypadku stwierdzenia w obliczeniach możliwości jej bicia, tj. luzu promieniowego tulei głównej („kreślącej” punktami długości okręgu na przesuwającej się, po torze prostym, płaszczyźnie linii falistej);
- F – jeden z otworów składowych służący do montażu prądnicy;
- G – średnica tulei, wewnątrz której znajduje się: koncentryczne uzwojenie twornika – statora, którego środki cewek są oddalone od osi obrotu o  $r_1$ , magnesy magnety – rotora oraz ich pierścienie montażowe;
- H – twornik – stator;
- I – tuleja dolna (tylna) utrzymująca łożysko wzdluzne (oporowe) i poprzeczne;
- J – podstawa prądnicy;
- K – kołnierz wału prądnicy;
- L – tuleja główna (składająca się z dwóch koncentrycznych średnic  $r_1$  i  $r_2 + G$ ), w której umieszczonych jest osiem tulei utrzymujących magnesy na żądanych ustawieniach. W przypadku wykonania profesjonalnego można pominąć tuleje pośredniczące i zaprojektować tylko 6 tulei, na których osadzone są magnesy.

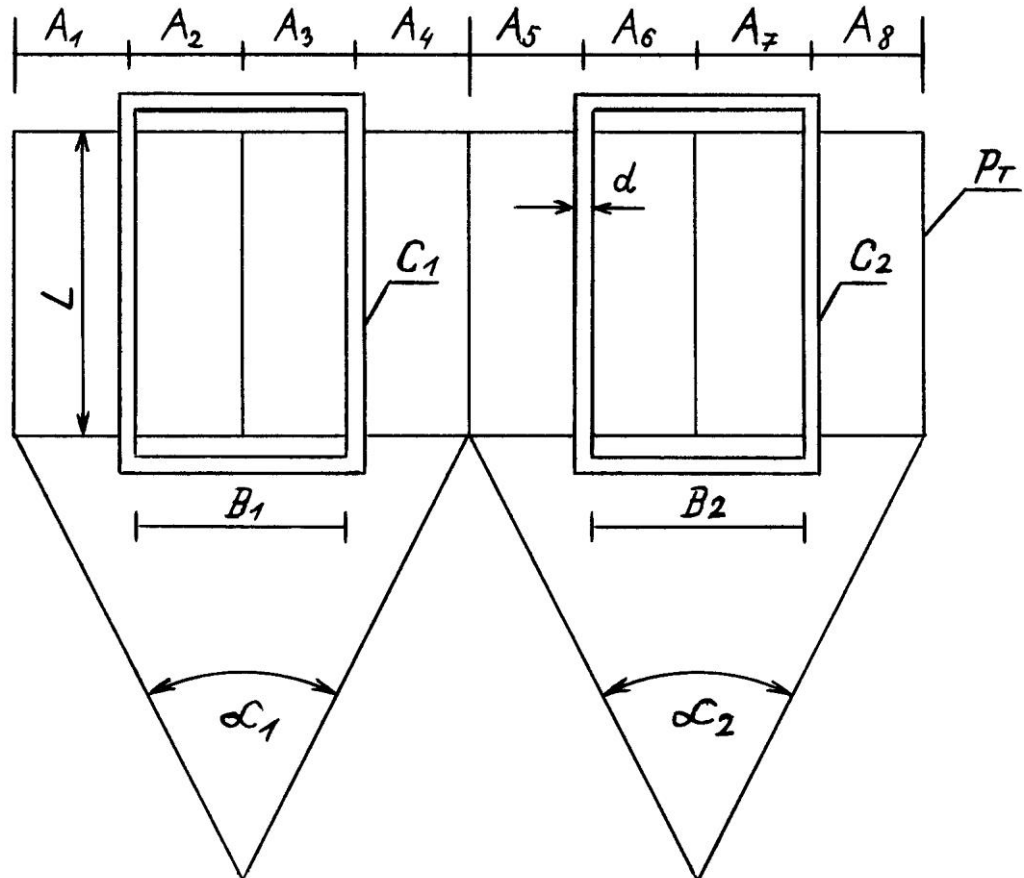
Na szczególną uwagę zasługuje rozmieszczenie magnesów w tulei głównej L. Aby możliwy i prosty był montaż magnesów, najpierw należy go rozpocząć od trzech mniejszych tulei o promieniu  $r_2$  (oczywiście należy uwzględnić poszczególne grubości tworzące), a potem od trzech większych tulei o promieniu  $r_2 + G$ . Zasady montażu magnesów zostały omówione w „Bazie ...” – różnica polega na tym, że w prądnicy **pierścieniowej** (tak ją nazwałem, ponieważ oddaje istotę jej konstrukcji) **magnesy umieszczone są na pierścieniach** i tam też muszą być osadzone (zalane żywicą syntetyczną, itp.). W wersji profesjonalnej pierścienie z magnesami należy włożyć do tulei L o mniejszej średnicy, a później o większej średnicy – o wymiarach uprzednio podanych. Natomiast osoby mniej doświadczone powinny umieścić pierścienie z magnesami w tulejach pośredniczących w celu ich właściwego kąтового ustawienia (zob. rys. nr 1).

W trakcie opisanych czynności należy przestrzegać następujących zasad:

- a) magnesy w tulei o mniejszej średnicy i większej średnicy muszą „patrzeć na siebie” (zob. rys. nr 3), tzn., że nie mogą być przesunięte względem siebie (ta sama idea została określona podczas konstrukcji prądnicy tarczowej);
- b) magnesy trzech grup tulei należy ustawić w ten sposób, aby tuleje obrócić w jednym kierunku o kąt podziału szerokości równy  $1/3$  i  $2/3$  cewki, aby otrzymać prąd trójfazowy.

Jak zobrazowano na rysunku nr 1 – twornik umieszczony jest **koncentrycznie wewnątrz tulei** o wymienionych promieniach. Tę zasadę trzeba mieć na uwadze w trakcie projektowania i wykonania. Profesjonaliści mogą bazować na włóknie węglowym i wytworzyć kształt twornika w postaci odpowiedniej tulei **składającej się z dwóch koncentrycznych ścianek** wraz z kołnierzem. Po wyjęciu z autoklawu i wystygnięciu można włożyć do niej uprzednio polutowane i owinięte uzwojenie, a następnie zalać żywicą syntetyczną.

Rys. nr 2  
 Podział twornika po rozwinięciu  
 na płaszczyźnie



Oznaczenia:

$\alpha_1 = \alpha_2$  – podziały twornika;

$A_1 - A_4$  – cztery jednakowe długości tworzące podział twornika o kącie  $\alpha_1$  warunkujące powstawanie **jednakowych interwałów czasowych**;

$A_5 - A_8$  – cztery jednakowe długości tworzące podział twornika o kącie  $\alpha_2$  warunkujące powstawanie **jednakowych interwałów czasowych**;

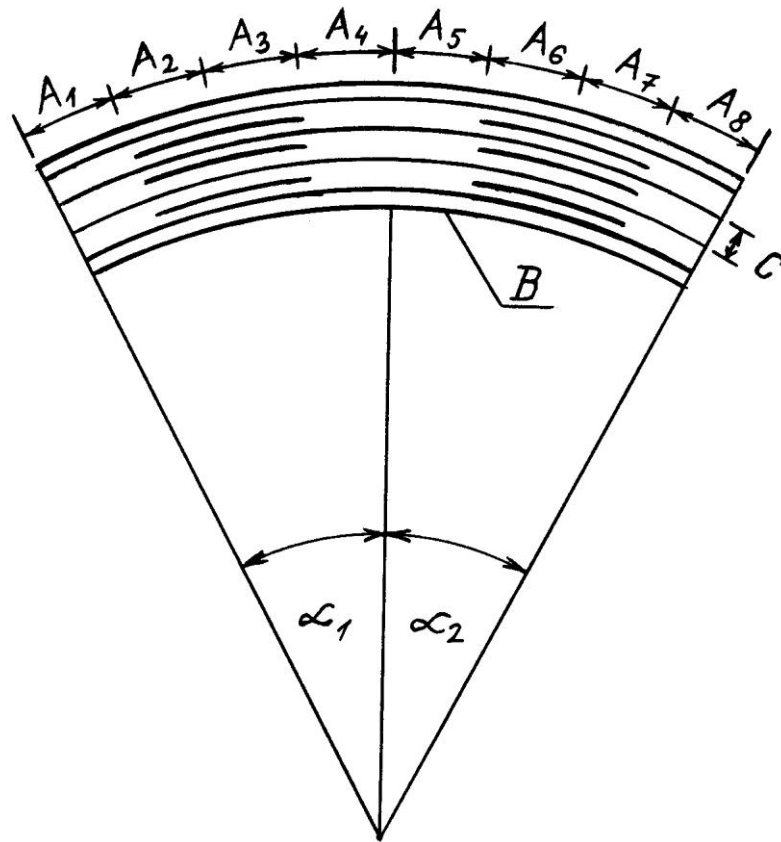
$B_1 = B_2$  – szerokość wewnętrzna cewki  $\geq$  szerokości magnesu warunkująca nie generowanie napięć wstecznych (**kąt niekolizyjny** – zob. str. 19 „Bazy ...”);

$C_1 - C_2$  – cewki;

$d$  – średnica ramienia cewki (oś każdego boku cewki znajduje się na podziałach wycinka zgodnie ze schematem niniejszego rysunku);

$L$  – długość ramienia cewek, na które oddziałuje pole magnetyczne o wart.  $B$ ;  
 $P_T$  – podział dwóch wycinków twornika o wartościach wymienionych wyżej od  
 $\alpha_1 - L$ .

Rys. nr 3  
Tarcze magnetyczne i twornik



Oznaczenia:

$A_1 - A_4$  – cztery jednakowe długości okręgu tworzące podział twornika o kącie  
 $\alpha_1$ ;

$A_5 - A_8$  – cztery jednakowe długości okręgu tworzące podział twornika o kącie  
 $\alpha_2$ ;

$B$  – najbliższa od osi obrotu średnica magnesnicy; wyżej nad nią: pierścień  
z zamocowanymi magnesami, twornik, magnesy wraz z pierścieniem

o większej średnicy oraz najdalsza od osi obrotu średnica magnesnicy (opisano w ten sposób, aby nie zamazywać rysunku).

C – zaznaczono grubość twornika w celu przedstawienia cewek w nim się mie – szących o promieniu  $r_1$  (zob. rys. nr 1).

Na uwagę zasługuje fakt, że wzrasta długość okręgu wraz ze zwiększeniem jego promienia. Skutkuje to koniecznością uwzględnienia w czasie projektowania nie tylko wartości B magnesów, ale także ich **długości oraz kształtu**. A ten ostatni jest zależny od długości promieni (jego grubość), na których będzie osadzony. Oczywiście – w wersji prostszej magnesy mogą być prostopadłościenne, a generowane napięcie i prąd będą odbiegać o około 10 % od wzorca poprzednio opisanego. Ponadto magnesy są pod działaniem **wektora siły odśrodkowej**:

- a) na mniejszej średnicy będą chciały przemieścić się w kierunku twornika – wystąpi możliwość jego uszkodzenia (konieczność ich właściwego zamocowania);
- b) na większej średnicy będą dopychane do pierścienia magnesnicy, co jest pożądanym parametrem po montażu.

Nie jest to łatwa konstrukcja, ale można ją zrealizować. **Raczej jest to praca dla profesjonalistów** – w szczególności osób mających dostęp do obrabiarek lub ich operatorów. Nie każdy będzie mógł zademonstrować zbliżony do prostokątnego wykres przebiegu U na oscyloskopie, a wytworzona przez to moc ulegnie podwyższeniu!

Wszystkie obliczenia są tożsame (z zachowaniem niektórych wyjątków już opisanych) z prądnicą tarczową. Należy kierować się zasadami wymienionymi w „Bazie ... **Ad. 3**”. Rys. nr 1 nie oddaje rzeczywistych proporcji prądnicy – jest tylko schematem umożliwiającym zrozumienie fundamentów jej funkcjonowania.

W przyszłości można będzie opracować prostą konstrukcję prądnicy opartej między innymi na zjawisku magnetoelektrycznym, aby wyeliminować nawijanie i montaż cewek!

Życzę powodzenia.

Zygmunt Kiliszewski