

ELEMENTY URZĄDZEŃ ELEKTRONICZNYCH	N O R M A B R A N Ż O W A	BN-85
	Rdzenie do cewek, transformatorów i dławików	3382-20
	Określenia wielkości magnetycznych i elektrycznych	Grupa katalogowa 1920

1. WSTĘP

Przedmiotem normy są symbole, nazwy i określenia wielkości magnetycznych i elektrycznych stosowanych dla rdzeni ferrytowych do cewek, transformatorów i dławików.

Każda z przenikalności magnetycznych określonych w normie jest ilorzem przenikalności magnetycznej

absolutnej — μ w H/m i stałej magnetycznej — μ_0 w H/m.

Wielkości magnetyczne i elektryczne w rozdz. 2, 3 i 4 normy są ułożone w kolejności alfabetycznej symboli tych wielkości.

2. WYMIARY

Punkt	Symbol	Nazwa	Określenie	Jednostka	Objaśnienia
1	2	3	4	5	6
2.1	—	Wymiary rdzeni równoważne	wymiary długości drogi magnetycznej, pola przekroju i objętości hipotetycznego rdzenia pierścieniowego, który jest równoważny magnetycznie (ma tę samą reluktancję) rdzeniowi o określonej geometrii w zakresie natężenia pola nie przekraczającym górnej granicy obszaru Rayleigh'a		wymiary równoważne mogą być stosowane do obwodu magnetycznego pracującego poza górną granicą obszaru Rayleigh'a pod warunkiem że: — wartość strumienia magnetycznego wzdłuż drogi magnetycznej jest taka sama, — strumień magnetyczny jest równomiernie rozłożony w polu przekroju poprzecznego rdzenia
2.1a)	A_e	Pole przekroju rdzenia — równoważne	Wielkość określona zależnością $A_e = \frac{C_1}{C_2} \quad (1)$ w której: C_1 — wg 2.3 C_2 — wg 2.4	mm ²	
2.1b)	l_e	Długość drogi magnetycznej rdzenia — równoważna	wielkość określona zależnością $l_e = \frac{C_1^2}{C_2} \quad (2)$ w której: C_1 — wg 2.3 C_2 — wg 2.4	mm	
2.1c)	V_e	Objętość rdzenia — równoważna	wielkość określona zależnością $V_e = \frac{C_1^3}{C_2^2} \quad (3)$ w której: C_1 — wg 2.3 C_2 — wg 2.4	mm ³	$V_e = l_e \cdot A_e \quad (4)$
2.2	A_N	Pole przekroju uzwojenia		mm ²	

Zgłoszona przez Zakład Materiałów Magnetycznych POLFER
Ustanowiona przez Dyrektora Instytutu Tele- i Radiotechnicznego dnia 30 grudnia 1985 r.
jako norma obowiązująca od dnia 1 lipca 1986 r.
(Dz. Norm. i Miar nr 3/1986 poz. 7)

cd. tablicy

Punkt	Symbol	Nazwa	Określenie	Jednostka	Objaśnienia
1	2	3	4	5	6
2.3	C_1	Stała rdzenia C_1	suma ilorazów cząstkowych długości drogi magnetycznej l i odpowiadających tym długościom pól przekroju A wzdłuż przyjętej drogi magnetycznej rdzenia o określonej geometrii $C_1 = \sum \frac{l}{A} \quad (5)$	l/mm	sposób obliczania stałej C_1 dla typowych rdzeni o zamkniętym obwodzie magnetycznym podany jest w załączniku $C_1 = \frac{l_c}{A_c} \quad (6)$
2.4	C_2	Stała rdzenia C_2	suma ilorazów cząstkowych długości drogi magnetycznej l i odpowiadających tym długościom kwadratów pól przekroju A , wzdłuż przyjętej drogi magnetycznej rdzenia o określonej geometrii $C_2 = \sum \frac{l}{A^2} \quad (7)$	l/mm ²	sposób obliczania stałej C_2 dla typowych rdzeni o zamkniętym obwodzie magnetycznym podany jest w załączniku $C_2 = \frac{l_c}{A_c^2} \quad (8)$
2.5	l_N	Długość zwoju średnia	—	mm	
2.6	Δ	Długość szczeliny niemagnetycznej	—	mm	

3. INDUKCYJNOŚĆ, PRZENIKALNOŚĆ, STRATY I INNE WIELKOŚCI

Punkt	Symbol	Nazwa	Określenie	Jednostka	Objaśnienia
1	2	3	4	5	6
3.1	A_L	Stała indukcyjność rdzenia	a) indukcyjność cewki pomiarowej o określonej geometrii, umieszczonej w rdzeniu w określonym położeniu, podzielona przez kwadrat liczby zwojów tej cewki $A_L = \frac{L}{N^2} \quad (9)$ b) przyrost indukcyjności przewodu po nałożeniu na przewód rdzenia z otworem, np. rdzenia pierścieniowego, rdzenia walcowego z otworem $A_L = L - L' \quad (10)$ w którym: L — indukcyjność przewodu z rdzeniem, nH, L' — indukcyjność przewodu, nH	nH	jeżeli normy przedmiotowe nie postanawiają inaczej, stała A_L odnosi się do indukcji słabych (3.4), a więc do przenikalności początkowej μ_i (3.26)
3.2	A_R	Stała rezystancji uzwojenia	wielkość określona zależnością $A_R = \frac{R_-}{N^2} \quad (11)$ w której: R_- — rezystancja uzwojenia dla prądu stałego N ← wg 3.11	$\mu\Omega$	stała A_R charakteryzuje korpus cewki; dla określonego korpusu cewki i przewodu nawojowego $A_R = \frac{\rho \cdot l_N}{f_{Cu} \cdot A_N} \quad (12)$ gdzie: $\rho = 17,2 \mu\Omega\text{mm}$ (rezystywność miedzi), f_{Cu} — współczynnik wypełnienia uzwojenia miedzią, l_N — wg 2.5, A_N — wg 2.2

cd. tablicy

Punkt	Symbol	Nazwa	Określenie	Jednostka	Objaśnienia
1	2	3	4	5	6
3.3	B_c	Indukcja magnetyczna — równoważna	indukcja określona zależnością $B_c = \frac{U}{\omega N A_c} 10^9 \quad (13)$ w której: U — wartość skuteczna napięcia o przebiegu sinusoidalnym, V, $\omega = 2\pi f$, f w Hz, N — wg 3.11, A_c — wg 2.1a)	mT	
3.4	—	Indukcja słaba	indukcja w rdzeniu o takiej wartości, której podwojenie powoduje pomijalnie małą zmianę mierzonej wielkości	mT	słabą indukcję stosuje się zwłaszcza przy pomiarach przenikalności początkowej, strat pozostałych i wskutek prądów wirowych, wielkości związanych z tą przenikalnością i stratami oraz przy pomiarach zmian wymienionych wielkości
3.5	B_s	Indukcja nasycenia	—	—	indukcję nasycenia wyznacza się przy natężeniu pola magnetycznego 1 kA/m lub przy wielokrotnościach tej wartości
3.6	C/Q	Współczynnik strat	współczynnik określany przez pomiar rdzenia w cewce pomiarowej za pomocą miernika dobroci C — pojemność rezonansowa indukcyjności cewki z rdzeniem, pF, Q — wg 3.15	pF	współczynnik strat C/Q może być stosowany zamiast współczynnika strat $\text{tg}\delta/\mu_1$ (3.20) do określania strat rdzeni w tych przypadkach, gdy napięcie na cewce pomiarowej z rdzeniem przy pomiarze Q nie powoduje zbyt dużych strat w rdzeniu wskutek histerozy
3.7	H_c	Natężenie pola magnetycznego — równoważne	natężenie pola magnetycznego określone zależnością $H_c = \frac{N I}{l_c} 10^3 \quad (14)$ w której: N — wg 3.11, I — wartość skuteczna natężenia prądu, A, l_c — wg 2.1b)	A/m	
3.8	H_-	Natężenie pola magnetycznego wywołane prądem stałym	natężenie pola magnetycznego określone zależnością $H_- = \frac{N I}{l_c} 10^3 \quad (15)$ w której: N — wg 3.11, I — natężenie prądu stałego, A, l_c — wg 2.1b)	A/m	
3.9	L	Indukcyjność cewki z rdzeniem	—	H	wielkość mierzona przy określaniu własności rdzeni; indukcyjność może być obliczana np. ze stałej A_L (3.1) lub przenikalności μ_r (3.25), gdy znane są wartości tych wielkości

cd. tablicy

Punkt	Symbol	Nazwa	Określenie	Jednostka	Objaśnienia
1	2	3	4	5	6
3.10	L_o	Indukcyjność cewki bez rdzenia	—	H	wielkość mierzona przy określaniu własności cewek pomiarowych oraz przenikalności względnej μ_n (3.29) przy określaniu własności rdzeni o zamkniętym obwodzie magnetycznym, np. rdzeni pierścieniowych, L_o może być obliczana z zależności $L_o = \frac{\mu_o}{C_1} N^2 10^{-3} \quad (16)$ w której: u_o — wg 3.27, C_1 — wg 2.3, N — wg 3.11
3.11	N	Liczba zwojów	—	—	liczba zwojów cewki pomiarowej lub uzwojenia podzespołu indukcyjnego
3.12	P	Straty w rdzeniu przy dużych indukcjach	moc strat absorbowana przez rdzeń umieszczony w przemiennym polu magnetycznym i wydzielona w rdzeniu w postaci ciepła	W	typowa wartość szczytowa indukcji magnetycznej przy wyznaczeniu strat P wynosi 200 mT, przy czym kształt przebiegu indukcji powinien być określony
3.13	P_m	Straty w rdzeniu przy dużych indukcjach na jednostkę masy	wielkość określona zależnością $P_m = \frac{P}{m} \quad (17)$ w której: P — wg 3.12, m — masa rdzenia, g	mW/g	
3.14	P_v	Straty w rdzeniu przy dużych indukcjach na jednostkę objętości	wielkość określona zależnością $P_v = \frac{P}{V_c} \quad (18)$ w której: P — wg 3.12, V_c — wg 2.1c	$\mu\text{W}/\text{mm}^3$	przy wyznaczeniu P_v i P_m szczytowa wartość indukcji magnetycznej, kształt jej przebiegu i temperatura rdzenia powinny być określone
3.15	Q	Dobroć cewki	iloraz szeregowej reaktancji indukcyjnej cewki z rdzeniem ωL i rezystancji szeregowej R równoważnej stratom cewki z rdzeniem lub iloraz rezystancji równoległej R_p równoważnej stratom cewki z rdzeniem i równoległej reaktancji indukcyjnej cewki z rdzeniem ωL_p $Q = \frac{\omega L}{R} = \frac{R_p}{\omega L_p} = \frac{1}{\text{tg} \delta} \quad (19)$ przy czym zależności pomiędzy wielkościami równoległymi i szeregowymi są następujące: $R_p = R (1 + Q^2) \quad (20)$ $L_p = \frac{L (1 + Q^2)}{Q^2} \quad (21)$ Jeżeli $Q > 10$, to $R_p \cong R Q^2 \quad (22)$ $L_p \cong L \quad (23)$ oraz $Q = \frac{\omega L}{R} = \frac{R_p}{\omega L} \quad (24)$	—	w przypadku wystąpienia czynników wprowadzających błędy pomiaru dobroci cewki powinny być stosowane korekty wg zależności a) od rezystancji wejściowej R_u np. woltomierza, np. oscyloskopu bocznikującego cewkę $Q = \frac{R_u \cdot Q_1}{R_u - Q_1 \omega L} \quad (25)$ b) od strat pojemności kondensatora rezonansowego $Q = \frac{Q_c \cdot Q_1}{Q_c - Q_1} \quad (26)$ c) od pojemności własnej cewki $Q = Q_1 \left(1 + \frac{C_s}{C}\right) \quad (27)$ w których: Q_1 — wartość dobroci niekorygowana, Q_c — dobroć kondensatora rezonansowego, C_s — pojemność własna cewki, C — pojemność rezonansowa

cd. tablicy

Punkt	Symbol	Nazwa	Określenie	Jednostka	Objaśnienia
1	2	3	4	5	6
3.16	Q_w	Dobroć względna	dobroć cewki z rdzeniem podzielona przez dobroć samej cewki Q_o $Q_w = \frac{Q}{Q_o} \quad (28)$ gdzie Q — wg 3.15	—	
3.17	$\frac{R_p}{N^2}$	Współczynnik rezystancji równoległej	rezystancja równoległa strat w rdzeniu umieszczonym w określonym położeniu w cewce pomiarowej podzielona przez kwadrat liczby zwojów tej cewki	Ω	1) rezystancja równoległa strat jest składową rezystancyjną impedancji wyrażonej w układzie równoległym 2) pomiędzy rezystancją szeregową strat w rdzeniu R a rezystancją równoległą strat w rdzeniu istnieje zależność $R_p = R(1 + Q^2) \quad (29)$ w której Q — wg 3.15
3.18	$\text{tg } \delta$	Tangens kąta strat pozostałych i wskutek prądów wirowych	tangens kąta przesunięcia fazowego między składowymi podstawowymi indukcji i natężenia pola w rdzeniu przy słabej indukcji $\text{tg } \delta = \frac{R}{\omega L} = \frac{\mu''}{\mu'} = \frac{\mu''_p}{\mu'_p} \quad (30)$ R — rezystancja szeregową strat w rdzeniu, Ω , L — indukcyjność cewki pomiarowej z rdzeniem, H, $\omega = 2\pi f$, f w Hz, μ'' , μ' , μ''_p , μ'_p — wg 3.23	—	tangens kąta strat w rdzeniach ze szczeliną niemagnetyczną $\text{tg } \delta_c$ może być obliczany z zależności $\text{tg } \delta_c = \frac{\text{tg } \delta}{\mu_i} \mu_c \quad (31)$ w której: $\frac{\text{tg } \delta}{\mu_i}$ — wg 3.20, μ_c — wg 3.25
3.19	$\text{tg } \delta_h$	Tangens kąta strat wskutek histerezy	tangens kąta przesunięcia fazowego między składowymi podstawowymi indukcji i natężenia pola w rdzeniu określony zależnością $\text{tg } \delta_h = \frac{\hat{U}_2}{\omega L_1} \cdot \frac{R_2 - R_1}{\hat{U}_2 - \hat{U}_1} \quad (32)$ w której: R_1, R_2 — rezystancje szeregową strat cewki pomiarowej z rdzeniem, Ω — odpowiednio przy napięciach \hat{U}_1 i \hat{U}_2 , V, L_1 — indukcyjność cewki pomiarowej z rdzeniem przy napięciu \hat{U}_1 , H, $\omega = 2\pi f$, f w Hz	—	1) tangens kąta strat wskutek histerezy, w zakresie indukcji gdzie stała η_B nie jest zależna od indukcji i przenikalności równoważnej, jest proporcjonalny do indukcji w rdzeniu \hat{B} : $\text{tg } \delta_h = \eta_B \cdot \hat{B} \cdot \mu_c \quad (33)$ w którym: η_B — wg 3.22, μ_c — wg 3.25 2) tangens kąta strat wskutek histerezy wyznacza się w zakresie wartości szczytowych indukcji nie przekraczających 5 mT
3.20	$\frac{\text{tg } \delta}{\mu_i}$	Współczynnik strat — zredukowany	tangens kąta strat pozostałych i wskutek prądów wirowych, podzielony przez przenikalność początkową; współczynnik strat oblicza się z zależności $\frac{\text{tg } \delta}{\mu_i} = \frac{\mu_o N^2}{C_1} \frac{R}{\omega L^2} 10^{-3} \quad (34)$ w której: μ_o — wg 3.27, N — wg 3.11, C_1 — wg 2.3, R — opór szeregowy strat w rdzeniu, Ω , L — indukcyjność cewki pomiarowej z rdzeniem, H, $\omega = 2\pi f$, f w Hz	—	współczynnik strat materiału lub rdzenia bez szczeliny niemagnetycznej równy jest tangensowi strat w rdzeniu ze szczeliną podzielonemu przez przenikalność równoważną $\frac{\text{tg } \delta}{\mu_i} \approx \frac{\text{tg } \delta_c}{\mu_c} \quad (35)$

cd. tablicy

Punkt	Symbol	Nazwa	Określenie	Jednostka	Objaśnienia
1	2	3	4	5	6
3.21	$\frac{X_p}{N^2}$	Współczynnik reaktancji równoległej	reaktancja równoległa cewki pomiarowej z rdzeniem umieszczonym w cewce w określonym położeniu podzielona przez kwadrat liczby zwojów tej cewki	Ω	reaktancja równoległa jest składową reaktancyjną impedancji w układzie równoległym
3.22	η_B	Stała histerezy materiałowa	<p>tangens kąta strat wskutek histerezy na jednostkę przenikalności podzielony przez wartość szczytową indukcji równoważnej</p> $\eta_B = \frac{\text{tg } \delta_h}{\mu_e \hat{B}_e} \quad (36)$ <p>stałą histerezę oblicza się z zależności</p> $\eta_B = \frac{\mu_o N^3}{C_2 L_1^2} \cdot \frac{R_2 - R_1}{\hat{U}_2 - \hat{U}_1} 10^{-9} \quad (37)$ <p>w której:</p> <ul style="list-style-type: none"> μ_o — wg 3.27, N — wg 3.11, C_2 — wg 2.4, R_1, R_2 — rezystancje szeregowe strat cewki pomiarowej z rdzeniem, Ω — odpowiednio przy napięciach \hat{U}_1 i \hat{U}_2, V, L_1 — indukcyjność cewki pomiarowej z rdzeniem przy napięciu \hat{U}_1, H 	Ω $1/T$ $1/T$	<p>1) jeżeli normy przedmiotowe nie postanawiają inaczej, napięcia \hat{U}_1 i \hat{U}_2 powinny być takie, by wywoływały w rdzeniu indukcję równoważną odpowiednio o wartościach:</p> $\hat{B}_{e1} = 1,5 \text{ mT},$ $\hat{B}_{e2} = 3 \text{ mT}$ <p>2) stałą histerezy w równoległym układzie pomiarowym oblicza się z zależności</p> $\eta_B = \frac{\mu_o \omega^2 N^3}{C_2} \cdot \frac{G_1 - G_2}{\hat{U}_2 - \hat{U}_1} 10^{-9} \quad (38)$ <p>w której:</p> <ul style="list-style-type: none"> G_1, G_2 — konduktancje równoległe strat cewki pomiarowej z rdzeniem, S — odpowiednio przy napięciach \hat{U}_1 i \hat{U}_2, V, μ_o — wg 3.27, ω — $2\pi f$, f w Hz, N — wg 3.11, C_2 — wg 2.4 <p>1) zależności między składowymi przenikalności zespolonej w układzie szeregowym i równoległym są następujące:</p> $\mu'_p = \mu' (1 + \text{tg}^2 \delta) \quad (41)$ $\mu''_p = \mu'' \left(1 + \frac{1}{\text{tg}^2 \delta} \right) \quad (42)$ $\text{tg} \delta = \frac{\mu''}{\mu'} = \frac{\mu''_p}{\mu'_p} \quad (43)$ <p>gdy $\text{tg} \delta < 0,1$ składowe rzeczywiste przenikalności zespolonej w obu układach są w przybliżeniu równe</p> $\mu'_p \cong \mu' \quad (44)$ <p>2) składowa urojona przenikalności zespolonej odpowiada stratom magnetycznym; przenikalność zespoloną określa się zazwyczaj przy słabej indukcji (3.4) wtedy jej składowe urojone w układzie szeregowym i równoległym odpowiadają stratom pozostałym i wskutek prądów wirowych</p>
3.23	μ	Przenikalność zespolona	<p>zespolony iloraz indukcji i natężenia pola w materiale magnetycznym, przy czym jedna z tych wielkości ma przebieg sinusoidalny; przenikalność zespolona odpowiada ilorazowi impedancji Z próbki pierścieniowej w układzie szeregowym dwójnika i impedancji Z_o próbki przy założeniu, że jej przenikalność równa jest jedności</p> $\underline{\mu} = \frac{Z}{Z_o} = \frac{j\omega L + R}{j\omega L_o} =$ $= \frac{L}{L_o} - j \frac{R}{\omega L_o} = \mu' - j\mu'' \quad (39)$ <p>w układzie równoległym przenikalność zespolona odpowiada ilorazowi impedancji równoległych</p> $\frac{1}{\underline{\mu}} = \frac{Z_{pa}}{Z_p} = j\omega L_{p_o} \left(\frac{1}{j\omega L_p} + \frac{1}{R_p} \right) = \frac{L_{p_o}}{L_p} + j \frac{\omega L_{p_o}}{R_p} =$ $= \frac{1}{\mu'_p} - \frac{1}{j\mu''_p} \quad (40)$ <p>w zależnościach tych:</p> <ul style="list-style-type: none"> L, R — indukcyjność i opór strat w układzie szeregowym dwójnika, L_p, R_p — indukcyjność i opór strat w układzie równoległym dwójnika, L_o, L_{p_o} — indukcyjności próbki w obu układach przy założeniu, że jej przenikalność równa jest jedności 		

cd tablicy

Punkt	Symbol	Nazwa	Określenie	Jednostka	Objaśnienia
1	2	3	4	5	6
3.23a)	μ'	Składowa rzeczywista przenikalności zespolonej $\underline{\mu}$ w układzie szeregowym	wg 3.23	—	przy indukcji słabej (3.4) $\mu' = \mu_i$ (45)
3.23b)	μ''	Składowa urojona przenikalności zespolonej $\underline{\mu}$ w układzie szeregowym	wg. 3.23	—	
3.23c)	μ'_p	Składowa rzeczywista przenikalności zespolonej $\underline{\mu}$ w układzie równoległym	wg. 3.23	—	przy indukcji słabej (3.4) i małych stratach ($\text{tg } \delta < 0,1$) $\mu'_p \cong \mu_i$ (46)
3.23d)	μ''_p	Składowa urojona przenikalności zespolonej $\underline{\mu}$ w układzie równoległym	wg. 3.23	—	
3.24	μ_a	Przenikalność amplitudowa	przenikalność określona szczytowymi wartościami indukcji \hat{B} i natężenia pola \hat{H} przy ustalonej amplitudzie jednej z tych wielkości, gdy natężenie pola zmienia się periodycznie w czasie i jego wartość średnia jest zerowa, natomiast materiał magnetyczny był w stanie rozmagnesowanym $\mu_a = \frac{1}{\mu_0} \frac{\hat{B}}{\hat{H}} \quad (47)$ gdzie μ_0 — wg 3.27	—	1) rozróżnia się przenikalności amplitudowe określane dla: a) wartości szczytowych występujących przebiegów indukcji i natężenia pola; b) wartości szczytowych składowych podstawowych przebiegów indukcji i natężenia pola, przy czym jedna z tych wielkości (zwykle indukcja) jest sinusoidalna 2) \hat{B} i \hat{H} mogą być wartościami statycznymi pod warunkiem, że materiał znajduje się w cyklicznych warunkach magniesowania
3.25	μ_e	Przenikalność równoważna	przenikalność magnetyczna rdzenia, którego obwód magnetyczny zawiera części z różnych lub (i) niejednorodnych materiałów; przenikalność równoważną oblicza się z zależności $\mu_e = \frac{1}{\mu_0} \frac{L C_1}{N^2} 10^3 \quad (48)$ w której: μ_0 — wg 3.27, L — indukcyjność cewki pomiarowej z rdzeniem przy słabej indukcji (3.4), H, C_1 — wg 2.3, N — wg 3.11	—	1) przenikalność równoważna równa jest przenikalności hipotetycznego rdzenia równoważnego magnetycznie o tym samym kształcie, wymiarach, o jednorodnym materiale i o tej samej reluktancji; dla rdzenia równoważnego stosuje się zależność $\frac{1}{\mu_e} \sum \frac{l}{A} = \sum \frac{l}{\mu A} \quad (49)$ w której l — długość, wzdłuż drogi magnetycznej rdzenia, każdej jego części o jednakowym polu przekroju A i jednorodnej przenikalności μ ; 2) przenikalność równoważna jest stosowana zwłaszcza w odniesieniu do rdzeni ze szczeliną niemagnetyczną, gdy strumień rozproszenia jest odpowiednio mały

cd tablicy

Punkt	Symbol	Nazwa	Określenie	Jednostka	Objaśnienia
1	2	3	4	5	6
3.26	μ_i	Przenikalność początkowa	<p>wartość graniczna przenikalności amplitudowej, gdy amplituda pola magnetycznego dąży do zera</p> $\mu_i = \lim_{H \rightarrow 0} \mu_a \quad (50)$ <p>gdzie μ_a — wg 3.24</p>	—	<p>1) praktycznie przenikalność początkową określa się przy słabej indukcji (3.4)</p> <p>2) przenikalność początkową wyznacza się na próbkach pierścieniowych z zależności</p> $\mu_i = \frac{L}{L_0} \quad (51)$ <p>lub</p> $\mu_i = \frac{L - L_0}{L_0} + 1 = \frac{C_1}{\mu_0} \frac{L - L_0}{N^2} + 1 \quad (52)$ <p>w których:</p> <p>L — indukcyjność uzwojonego rdzenia pierścieniowego o N zwojach, H,</p> $L_0 = \mu_0 \frac{N^2}{C_1} = 2h \ln \frac{D}{d} N^2 10^{-10} [H] \quad (53)$ <p>lub:</p> <p>$L - L_0$ — przyrost indukcyjności, H, po włożeniu próbki pierścieniowej do jarzma pomiarowego lub nałożeniu na przewód z prądem ($N = 1$), h — wysokość próbki pierścieniowej, mm, D, d — średnice zewnętrzna i wewnętrzna próbki pierścieniowej</p>
3.27	μ_0	Stała magnetyczna	$\mu_0 = 4 \pi 10^{-7} = 12,57 10^{-7} \quad (54)$	H/m	<p>w praktyce iloczyn stałej magnetycznej i natężenie pola równa się indukcji magnetycznej w próżni</p> $\mu_0 H = B \quad (55)$
3.28	μ_{rev}	Przenikalność odwrotna	<p>wartość graniczna przenikalności przy podmagnesowaniu, gdy natężenie pola przemiennego dąży do zera</p> $\mu_{rev} = \lim_{H \rightarrow 0} \mu_d \quad (56)$ <p>μ_d — wg 3.30</p>	—	
3.29	μ_w	Przenikalność względna	<p>indukcyjność cewki pomiarowej z rdzeniem umieszczonym w niej w określonym położeniu, podzielona przez indukcyjność cewki pomiarowej mierzonej bez rdzenia</p> $\mu_w = \frac{L}{L_0} \quad (57)$ <p>gdzie:</p> <p>L — wg 3.9, L_0 — wg 3.10</p>	—	

cd tablicy

Punkt	Symbol	Nazwa	Określenie	Jednostka	Objaśnienia
1	2	3	4	5	6
3.30	μ_d	Przenikalność przy podmagnesowaniu	przenikalność określona z wartości międzyszczytowych indukcji i wartości międzyszczytowych natężenia pola przy określonej amplitudzie jednej z tych wielkości, gdy natężenie pola zmienia się periodycznie w czasie około określonej stałej wartości	—	1) objaśnienia dotyczące przenikalności amplitudowej μ_a (3.24) odnoszą się również do przenikalności przy podmagnesowaniu μ_d 2) przenikalność przy podmagnesowaniu zależy od sposobu wytworzenia w magnetyku stałego pola magnetycznego o określonej wartości; definicja wskazuje, że pole przemienne i pole stałe są kolinearne, a jeżeli nie są, to przenikalność staje się wielkością tensorową
3.31	ρ	Rezystywność	—	Ωm	rezystywność materiału rdzenia mierzy się prądem stałym przy natężeniu pola elektrycznego nie większym niż 0,1 kV/m
3.32	χ_B	stała materiałowa trzeciej harmonicznej	stała określająca zniekształcenia nieliniarne trzeciej harmonicznej wyrażana zależnością $\chi_B = \frac{1}{\mu_e B_e} \frac{E_3}{U_1} \quad (58)$ w której: U_1 — wartość skuteczna napięcia o częstotliwości podstawowej, V, wywołująca w badanym rdzeniu indukcję o wartości szczytowej \hat{B}_e , T, E_3 — wartość skutecznej siły elektromotorycznej o częstotliwości trzeciej harmonicznej wywołana przez rdzeń badany, V	1/T	1) impedancja wyjściowa obwodu zasilającego układ pomiarowy napięciem o częstotliwości podstawowej powinna być dla trzeciej harmonicznej dużo większa od reaktancji cewki pomiarowej z rdzeniem badanym; Stałą χ_B wyznacza się z zależności $\chi_B = \frac{\omega_1 N A_e}{\mu_e \sqrt{2}} \frac{E_3}{U_1^2} 10^{-6} \quad (59)$ w której: ω_1 — pulsacja częstotliwości podstawowej, 1/s, N — wg 3.11, A_e — wg 2.1a, μ_e — wg 3.25, E_3 i U_1 w V dla układów pomiarowych o małej impedancji wyjściowej stosuje się inne zależności 2) w dolnym zakresie częstotliwości pracy materiału istnieje zależność $\chi_B \cong 0,6 \eta_B \quad (60)$ w której η_B — wg 3.22 Zależność stosuje się w obszarze Rayleigh'a 3) jeżeli normy przedmiotowe nie postanawiają inaczej napięcie U_1 powinno wywoływać w rdzeniu indukcję $B_e = 3$ mT.

4. ZMIENNOŚCI

Punkt	Symbol	Nazwa	Określenie	Jednostka	Objaśnienia
1	2	3	4	5	6
4.1	D	Dezakomodacja	<p>względne zmniejszenie przenikalności materiału rdzenia w stałej temperaturze w określonym czasie; w przypadku pomiaru indukcyjności podzespołu dezakomodacja określana jest z zależności</p> $D = \frac{L_1 - L_2}{L_2} \cdot 100 \quad (61)$ <p>w której L_1, L_2 — indukcyjności przy słabej indukcji (3.4) mierzone kolejno na początku i końcu określonego czasu (np. składowania, eksploatacji)</p>	%	<p>dezakomodacja jest w przybliżeniu proporcjonalna do logarytmu czasu, stąd też przewidywana dezakomodacja rdzenia ze szczeliną może być w przybliżeniu określana z zależności</p> $D = \mu_e \cdot D_F \cdot \lg \frac{t_2}{t_1} \quad (62)$ <p>w której:</p> <p>t_1 — czas np. od wytworzenia rdzenia do rozpoczęcia eksploatacji,</p> <p>t_2 — czas, np. od wytworzenia rdzenia do momentu, w którym przewiduje się zmiany z dezakomodacji,</p> <p>μ_e — wg 3.25,</p> <p>D_F — wg 4.2</p>
4.2	D_F	Współczynnik dezakomodacji — zredukowany	<p>współczynnik dezakomodacji d podzielony przez przenikalność równoważną mierzoną w czasie t_1</p> $D_F = \frac{d}{\mu_e} \quad (63)$ <p>gdzie d — wg 4.3 przy pomiarze indukcyjności cewki pomiarowej z rdzeniem wielkość ta wyrażana jest zależnością</p> $D_F = \frac{\mu_0 N^2}{C_1} \frac{L_1 - L_2}{L_1 \cdot L_2} \frac{1}{\lg \frac{t_2}{t_1}} \cdot 10^{-3} \quad (64)$ <p>w której:</p> <p>L_1, L_2 — jak dla współczynnika dezakomodacji d (4.3),</p> <p>μ_0 — wg 3.27,</p> <p>N — wg 3.11,</p> <p>C_1 — wg 2.3</p>	—	
4.3	d	Współczynnik dezakomodacji	<p>dezakomodacja D po rozmagnesowaniu magnetycznym podzielone przez logarytm dziesiętny ilorazu odstępów czasu między zakończeniem rozmagnesowania a drugim i pierwszym pomiarem, wyrażany zależnością</p> $d = \frac{L_1 - L_2}{L_2} \frac{1}{\lg \frac{t_2}{t_1}} \quad (65)$ <p>w której:</p> <p>L_1 — indukcyjność cewki pomiarowej z rdzeniem przy słabej indukcji (3.4) po czasie t_1 (krótkim) od zakończenia rozmagnesowania,</p> <p>L_2 — jak L_1 po czasie t_2 (długim)</p>	—	jeżeli normy przedmiotowe nie postanawiają inaczej czas $t_1 = 1 \text{ min}$, $t_2 = 10 \text{ min}$

.cd. tablicy

Punkt	Symbol	Nazwa	Określenie	Jednostka	Objaśnienia
1	2	3	4	5	6
4.4	α_F	Współczynnik temperaturowy przenikalności — zredukowany	<p>współczynnik temperaturowy przenikalności α_μ podzielony przez przenikalność równoważną</p> $\alpha_F = \frac{\alpha_\mu}{\mu_e} \quad (66)$ <p>przy pomiarze indukcyjności cewki pomiarowej z rdzeniem wielkości wyrażana jest zależnością</p> $\alpha_F = \frac{\mu_o N^2}{C_1} \frac{L_2 - L_1}{L_2 L_1 (T_2 - T_1)} 10^{-3} \quad (67)$ <p>w której</p> <p>L_1 — indukcyjność cewki pomiarowej z rdzeniem przy słabej indukcji (3.4) w temperaturze odniesienia T_1,</p> <p>L_2 — jak L_1 w temperaturze T_2,</p> <p>μ_o — wg 3.27,</p> <p>N — wg 3.11,</p> <p>C_1 — wg 2.3</p>	1/°C	współczynnik temperaturowy α_F stosuje się do rdzeni o zamkniętym obwodzie magnetycznym bez szczeliny niemagnetycznej lub ze szczeliną pochodzącą tylko z kontaktu powierzchni styku części rdzenia
4.5	α_L	Współczynnik temperaturowy indukcyjności	<p>względna zmiana indukcyjności na stopień temperatury</p> $\alpha_L = \frac{L_2 - L_1}{L_1 (T_2 - T_1)} \quad (68)$ <p>w której: L_1, L_2 — indukcyjność podzespołu odpowiednio w temperaturach T_1 i T_2; temperatura T_1 jest temperaturą odniesienia</p>	1/°C	współczynnik temperaturowy indukcyjności α_L może różnić się (nawet znacznie) od współczynnika temperaturowego przenikalności rdzenia podzespołu α_μ ze względu na wpływy zamocowania, uzwojenia, korpusu cewki itp.
4.6	α_μ	Współczynnik temperaturowy przenikalności	<p>względna zmiana przenikalności równoważnej na stopień temperatury określana zależnością</p> $\mu = \frac{L_2 - L_1}{L_1 (T_2 - T_1)} \quad (69)$ <p>w której:</p> <p>L_1 — indukcyjność cewki pomiarowej z rdzeniem przy słabej indukcji (3.4) w temperaturze odniesienia T_1,</p> <p>L_2 — jak L_1 ale w temperaturze T_2</p>	1/°C	<p>dla rdzeni ze szczeliną niemagnetyczną współczynnik α_μ może być obliczany ze współczynnika α_F z zależności</p> $\alpha_\mu = \frac{\alpha_F \cdot \mu_e}{1 - \alpha_F \cdot \mu_e (T_2 - T_1)} \quad (70)$ <p>w której:</p> <p>μ_e — przenikalność równoważna rdzenia ze szczeliną w temperaturze odniesienia T_1,</p> <p>α_F — wg 4.4.</p> <p>dla małych zmian przenikalności w przedziale temperatur $(T_2 - T_1)$ zależność ta w przybliżeniu wynosi</p> $\alpha_\mu \cong \alpha_F \cdot \mu_e = \frac{C_1}{\mu_o} \alpha_F \cdot A_L \quad (71)$ <p>C_1 — wg 2.3,</p> <p>μ_o — wg 3.27,</p> <p>A_L — wg 3.1</p>

cd. tablicy

Punkt	Symbol	Nazwa	Określenie	Jednostka	Objaśnienia
1	2	3	4	5	6
4.7	δ_B	Współczynnik wzrostu przenikalności	<p>względna zmiana przenikalności amplitudowej wywołana zmianą indukcji w rdzeniu podzielona przez różnicę wartości szczytowych indukcji</p> $\delta_B = \frac{\mu_2 - \mu_1}{\mu_1 (\hat{B}_2 - \hat{B}_1)} \quad (72)$ <p>przy pomiarze indukcyjności cewki pomiarowej z rdzeniem współczynnik określa się z zależności</p> $\delta_B = \frac{\omega N A_e}{L_1} \frac{L_2 - L_1}{\hat{U}_2 - \hat{U}_1} 10^{-6} \quad (73)$ <p>w której:</p> <p>L_1, L_2 — indukcyjność cewki pomiarowej z rdzeniem, H, odpowiednio przy napięciach \hat{U}_1 i \hat{U}_2, V,</p> <p>ω — $2\pi f$, w Hz,</p> <p>N — wg 3.11,</p> <p>A_e — wg 2.1a)</p>	1/T	<p>napięcia \hat{U}_1 i \hat{U}_2 odpowiadają wartościom szczytowym indukcji równoważnej w rdzeniu \hat{B}_{e1} i \hat{B}_{e2} jeżeli normy przedmiotowe nie postanawiają inaczej</p> <p>$\hat{B}_{e1} = 1,5$ mT,</p> <p>$\hat{B}_{e2} = 3$ mT</p>

KONIEC

Informacje dodatkowe

ZAŁĄCZNIK

OBLICZANIE STAŁYCH RDZENI C_1 I C_2 RDZENIE O ZAMKNIĘTYM OBWODZIE MAGNETYCZNYM RÓŻNYCH KSZTAŁTÓW

1. Zasady ogólne

— Wyniki obliczeń stałej rdzenia C_1 i wymiarów równoważnych l_e, A_e, V_e powinny być podawane z dokładnością do trzech cyfr znaczących. Wartości C_1 i C_2 użyte do obliczenia wymiarów równoważnych l_e, A_e, V_e powinny być obliczone z dokładnością do pięciu cyfr znaczących.

Jeżeli publikacje IEC podają dla rdzeni wartości C_1, C_2, l_e, A_e, V_e , to wartości te należy stosować.

— Do obliczeń należy przyjmować wymiary średnie z granic tolerancji rysunkowych każdej z części rdzenia.

— Do obliczeń należy przyjmować: $\frac{\pi}{8} = 0,3927$,
 $\pi = 3,1414$.

— W obliczeniach nie uwzględnia się drobnych nieregularności kształtu rdzenia, takich jak wycięcia, rowki, ścięcia krawędzi itp., jeżeli nie zostały one uwzględnione we wzorach do obliczeń.

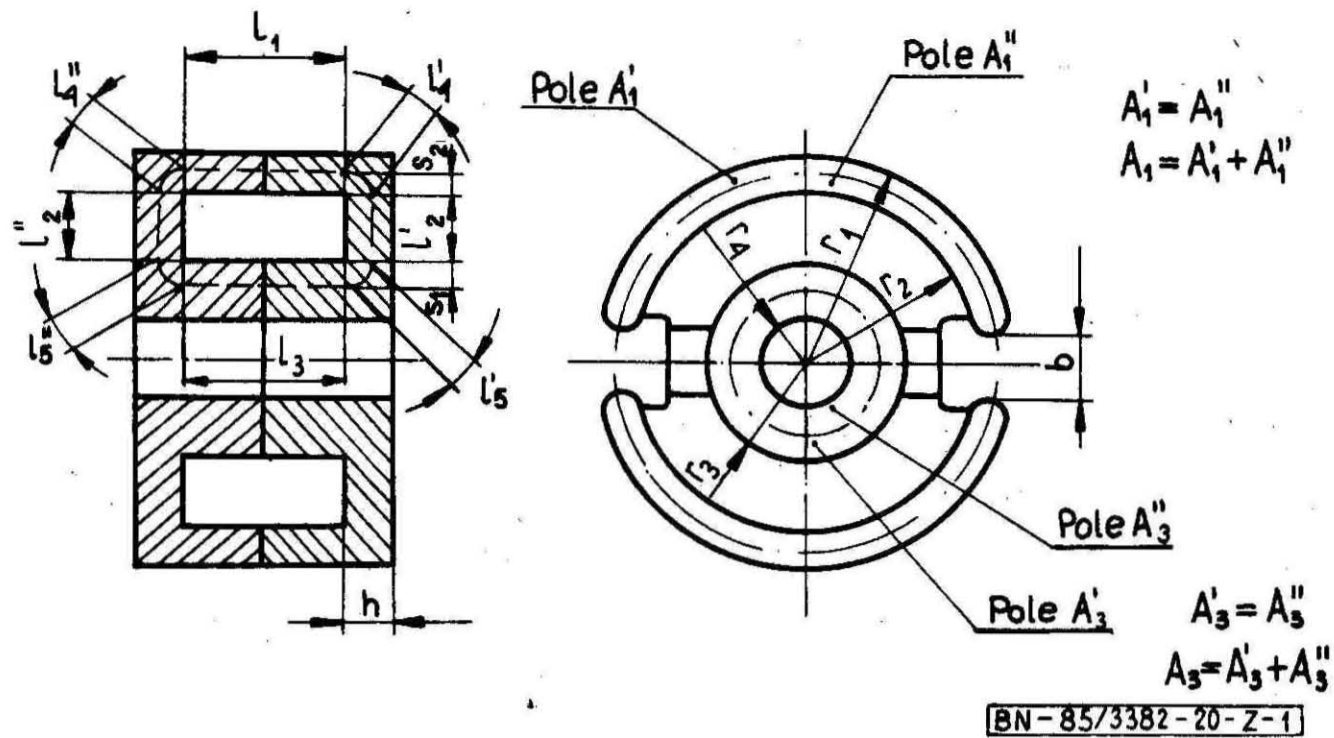
— Przy obliczeniu pola przekroju i średniej długości drogi magnetycznej strumienia magnetycznego w narożach rdzenia należy przyjmować:

— jako długość drogi — wycinek koła łączący środki pól sąsiednich jednorodnych przekrojów,

— jako pole przekroju związane z tą drogą magnetyczną — wartość średnią dwóch sąsiednich, jednorodnych pól przekrojów.

2. Wzory do obliczania stałych rdzenia C_1 i C_2

2.1. Obliczanie C_1 i C_2 rdzeni kubkowych — wg rys. Z-1.



Rys. Z-1

Stała rdzenia $C_1 =$

$$= \sum_{i=1}^{i=5} \frac{l_i}{A_i} = \frac{l_1}{A_1} + \frac{l_2}{A_2} + \frac{l_3}{A_3} + \frac{l_4}{A_4} + \frac{l_5}{A_5} \quad (Z-1)$$

Stała rdzenia $C_2 =$

$$= \sum_{i=1}^{i=5} \frac{l_i}{A_i^2} = \frac{l_1}{A_1^2} + \frac{l_2}{A_2^2} + \frac{l_3}{A_3^2} + \frac{l_4}{A_4^2} + \frac{l_5}{A_5^2} \quad (Z-2)$$

Wzory do obliczania poszczególnych składników C_1 i C_2 Pole przekroju pierścienia zewnętrznego A_1 , w mm

$$A_1 = \pi(r_1 - r_2) \cdot (r_1 + r_2) - 2b(r_1 - r_2) \quad (Z-3)$$

Wartość $\frac{l_2}{A_2}$ dla obydwóch den kubka obliczać w mm^{-1}

$$\frac{l_2}{A_2} = \frac{1}{\pi \cdot h} \cdot \ln \cdot \frac{r_2}{r_3} \cdot \frac{1}{1 - \frac{2h}{2\pi r_2}} \quad (Z-4)$$

natomiast wartość $\frac{l_2}{A_2^2}$ w mm^{-3}

$$\frac{l_2}{A_2^2} = \frac{1}{2\pi^2 \cdot h^2} \cdot \frac{r_2 - r_3}{r_2 \cdot r_3} \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{2h}{2\pi r_2}\right)^2} \quad (Z-5)$$

Pole przekroju pierścienia wewnętrznego A_3 w mm^2

$$A_3 = \pi(r_3 - r_4) \cdot (r_3 + r_4) \quad (Z-6)$$

Średnia długość drogi w narożach l_4 w mm

$$l_4 = l_4' + l_4'' = \frac{\pi}{4}(2S_2 + h) \quad (Z-7)$$

w którym

$$S_2 = -r_2 + \sqrt{\frac{r_1^2 + r_2^2}{2}} \quad (Z-8)$$

Średnia długość drogi w narożach l_5 w mm

$$l_5 = l_5' + l_5'' = \frac{\pi}{4}(2S_1 + h) \quad (Z-9)$$

w którym

$$S_1 = r_3 - \sqrt{\frac{r_3^2 + r_4^2}{2}} \quad (Z-10)$$

Średnia pola przekrojów odpowiednich dla l_4 i l_5 w mm^2

$$A_4 = \frac{\pi}{2}(r_1^2 - r_2^2 + 2r_2 \cdot h) \cdot \left(1 - \frac{2b}{\pi(r_1 + r_2)}\right) \quad (Z-11)$$

$$A_5 = \frac{\pi}{2}(r_3^2 - r_4^2 + 2r_3 \cdot h) \quad (Z-12)$$

2.2. Obliczanie C_1 i C_2 rdzeni krzyżowych — wg rys. Z-2.Stała rdzenia $C_1 =$

$$= \sum_{i=1}^{i=6} \frac{l_i}{A_i} = \frac{l_1}{A_1} + \frac{l_2}{A_2} + \frac{l_3}{A_3} + \frac{l_4}{A_4} + \frac{l_5}{A_5} + \frac{l_6}{A_6} \quad (Z-13)$$

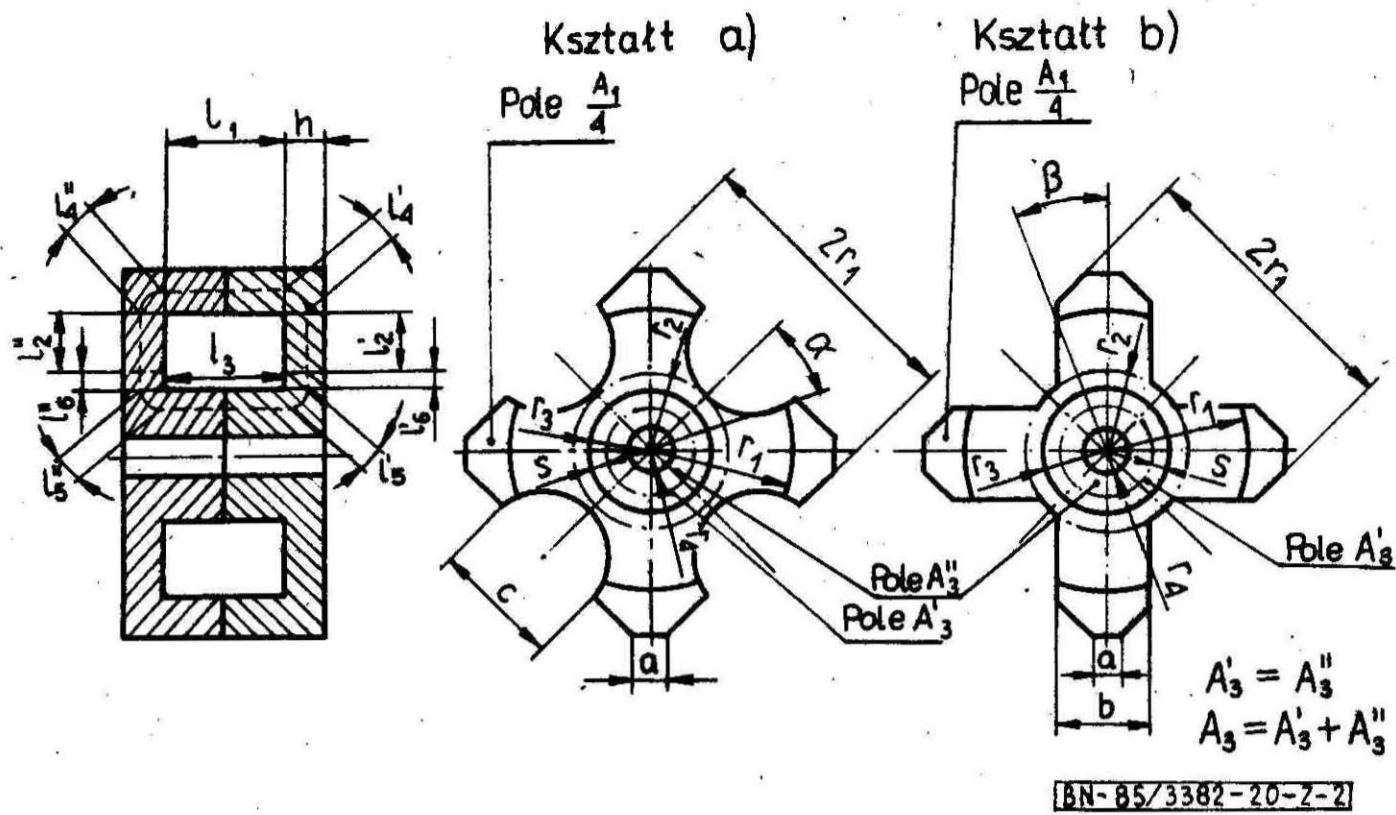
Stała rdzenia $C_2 =$

$$= \sum_{i=1}^{i=6} \frac{l_i}{A_i^2} = \frac{l_1}{A_1^2} + \frac{l_2}{A_2^2} + \frac{l_3}{A_3^2} + \frac{l_4}{A_4^2} + \frac{l_5}{A_5^2} + \frac{l_6}{A_6^2} \quad (Z-14)$$

Wzory do obliczania poszczególnych składników C_1 i C_2 Pole przekroju czterech kolumn zewnętrznych w mm^2
Kształt a)

$$A_1 = 4\left(r_1^2 - \frac{\pi}{4} \cdot r_1^2 - \frac{1}{4} a^2 - \frac{c \cdot r_1^2}{\sqrt{4r_1^2 - c^2}} + \frac{\alpha \cdot \pi}{180^\circ} \cdot r_1^2\right) \quad (Z-15)$$

$$\text{w którym } \alpha = \arcsin \frac{c}{2r_1} \quad (Z-16)$$



Rys. Z-2

Kształt b)

$$A_1 = 4 \left[b \cdot r_1 \cdot \sqrt{2} - \pi r_1^2 \frac{\beta}{180^\circ} - \frac{b}{4} \sqrt{4r_1^2 - b^2} - \frac{1}{4} (a^2 + b^2) \right] \quad (\text{Z-17})$$

w którym $\beta = \arcsin \frac{b}{2r_1}$ (Z-18)

Składniki $\frac{l_2}{A_2}$ w mm i $\frac{l_2}{A_2^2}$ w mm^{-3} dla kształtu a)

$$\frac{l_2}{A_2} = \frac{66}{h(45^\circ - \alpha)} \cdot \lg \frac{2r_1}{r_1 + r_2};$$

$$\frac{l_2}{A_2^2} = \frac{1}{\left(\pi \cdot h \cdot \frac{45^\circ - \alpha}{45^\circ} \right)^2} \cdot \left[\frac{2}{r_1 + r_2} - \frac{1}{r_1} \right] \quad (\text{Z-19})$$

Składniki l_2 w mm i A_2 w mm^2 dla kształtu b)

$$l_2 = l_2' + l_2'' = 2(r_1 - r_2) \quad (\text{Z-20})$$

$$A_2 = 4 \cdot b \cdot h \quad (\text{Z-21})$$

Pole przekroju kolumny środkowej A_3 w mm^2

$$A_3 = \pi(r_3^2 - r_4^2) \quad (\text{Z-22})$$

Średnia długość strumienia magnetycznego w narożach l_4 i l_5 w mm

$$l_4 = l_4' + l_4'' = \frac{\pi}{4} \left[h + \frac{4}{5} \left\{ r_1 \cdot (\sqrt{2} - 1) - \frac{1}{2} a \right\} \right] \quad (\text{Z-23})$$

$$l_5 = l_5' + l_5'' = \frac{\pi}{2} \left[\frac{h}{2} + r_3 - \sqrt{\frac{r_3^2 + r_4^2}{2}} \right] \quad (\text{Z-24})$$

Suma pól przekrojów odpowiednich dla l_4 w mm^2

Kształt a) $A_4 = 4 \left(\frac{A_1}{8} + \pi \cdot h \cdot r_1 \cdot \frac{45^\circ - \alpha}{180^\circ} \right) \quad (\text{Z-25})$

w którym $\alpha = \arcsin \frac{c}{2r_1}$ (Z-26)

Kształt b) $A_4 = 4 \left(\frac{A_1}{8} + \pi \cdot h \cdot r_1 \cdot \frac{\beta}{180^\circ} \right) \quad (\text{Z-27})$

w którym $\beta = \arcsin \frac{h}{2r_1}$ (Z-28)

Średnie pole przekroju odpowiednie dla l_5 w mm^2

$$A_5 = \frac{\pi}{2} (r_3^2 - r_4^2) + \pi \cdot h \cdot r_3 \quad (\text{Z-29})$$

Długość drogi strumienia magnetycznego l_6 (w pierścieniu wyodrębnionym z dna) w mm

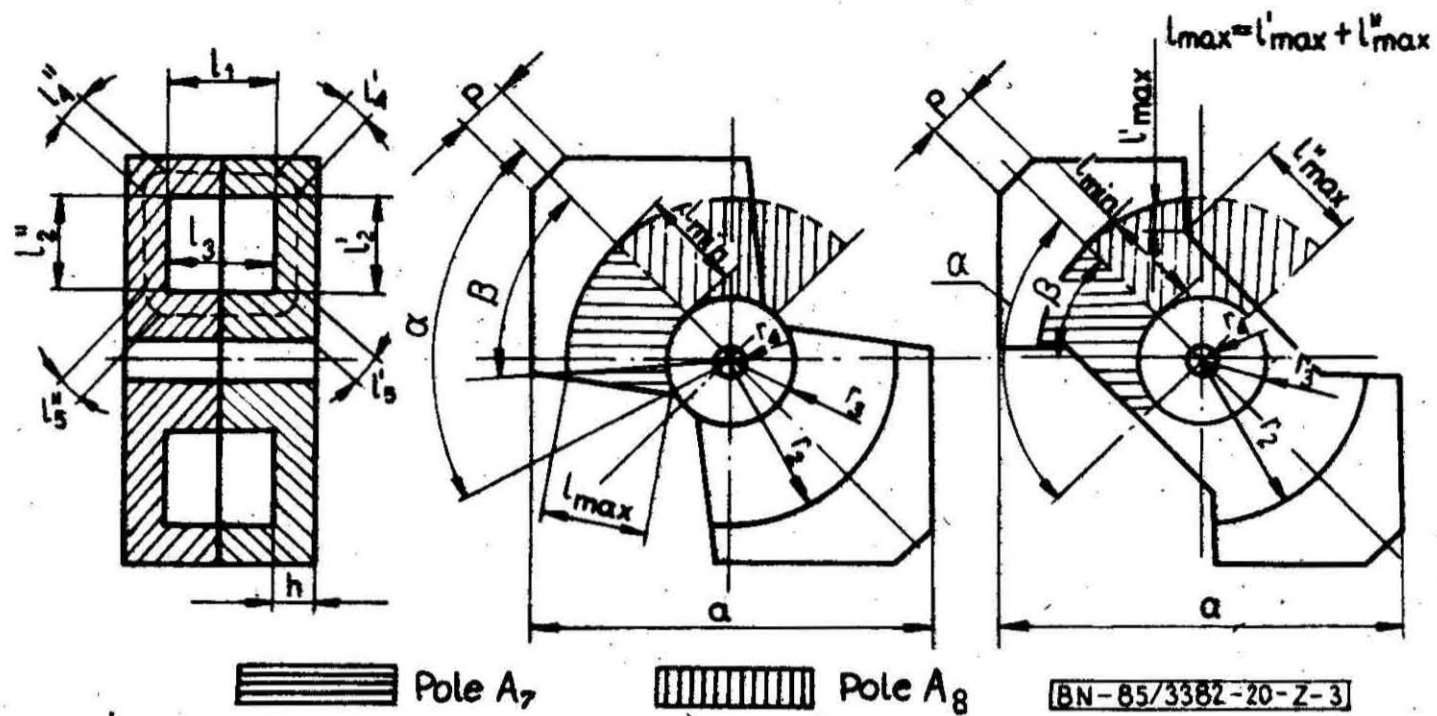
$$l_6 = l_6' + l_6'' = 2(r_2 - r_3) \quad (\text{Z-30})$$

Składniki $\frac{l_6}{A_6}$ w mm^{-1} i $\frac{l_6}{A_6^2}$ w mm^{-3}

$$\frac{l_6}{A_6} = \frac{0,733}{h} \cdot \lg \frac{r_2}{r_3} \quad (\text{Z-31})$$

$$\frac{l_6}{A_6^2} = \frac{1}{2\pi^2 \cdot h^2} \cdot \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (\text{Z-32})$$

2.3. Obliczanie C_1 i C_2 rdzeni skrzydłowych RM — wg rys. Z-3.



Rys. Z-3

Stała rdzenia $C_1 =$

$$= \sum_{i=1}^{i=5} \frac{l_i}{A_i} = \frac{l_1}{A_1} + \frac{l_2}{A_2} + \frac{l_3}{A_3} + \frac{l_4}{A_4} + \frac{l_5}{A_5} \quad (\text{Z-33})$$

Stała rdzenia $C_2 =$

$$= \sum_{i=1}^{i=5} \frac{l_i}{A_i^2} = \frac{l_1}{A_1^2} + \frac{l_2}{A_2^2} + \frac{l_3}{A_3^2} + \frac{l_4}{A_4^2} + \frac{l_5}{A_5^2} \quad (\text{Z-34})$$

Wzory do obliczania poszczególnych składników C_1 i C_2 Pole przekroju kolumn bocznych w mm^2

$$A_1 = \frac{1}{2} a^2 \left[1 + \text{tg}(\beta - 45^\circ) - \pi r_2^2 \cdot \frac{\beta}{90^\circ} - \frac{1}{2} p^2 \right] \quad (\text{Z-35})$$

Składniki $\frac{l_2}{A_2}$ w mm^{-1} oraz $\frac{l_2}{A_2^2}$ w mm^{-3} obliczać ze wzorów

$$\frac{l_2}{A_2} = \frac{\ln \frac{r_2}{r_3} \cdot f}{k \cdot \pi \cdot h};$$

$$\frac{l_2}{A_2^2} = \frac{\left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_2} \right) \cdot f}{2(k \cdot \pi \cdot h)^2} \quad (\text{Z-36})$$

w których:

$$f = \frac{l_{\min} + l_{\max}}{2l_{\min}}; \quad k = \frac{A_7}{A_8} \quad (\text{Z-37})$$

Pola A_7 i A_8 należy obliczać za pomocą planimetru lub wg rysunku w skali 10:1 wykonanego na papierze milimetrycznym.Pole przekroju kolumny środkowej A_3 w mm^2

$$A_3 = \pi (r_3^2 - r_4^2) \quad (\text{Z-38})$$

Średnia długość drogi strumienia magnetycznego w narożach l_4 i l_5 w mm

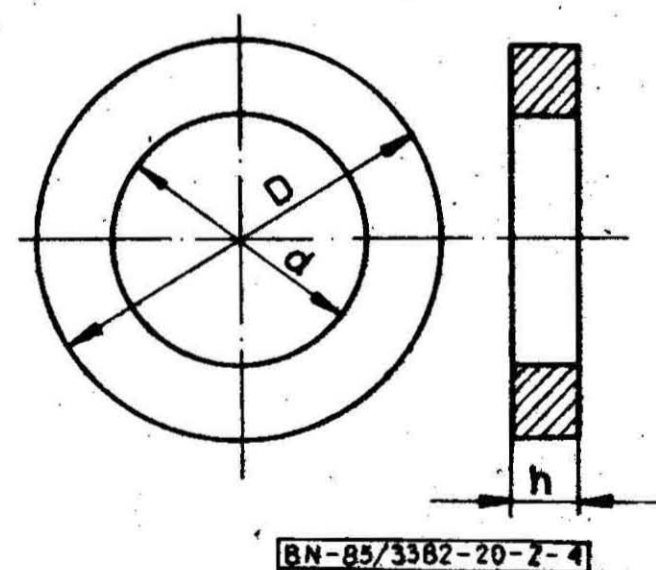
$$l_4 = l_4' + l_4'' = \frac{\pi}{4} \left(h + \frac{1}{2} a - r_2 \right) \quad (\text{Z-39})$$

$$l_5 = l_5' + l_5'' = \frac{\pi}{4} \left(2r_3 + h - \sqrt{2r_4^2 + 2r_3^2} \right) \quad (\text{Z-40})$$

Średnie pola przekrojów odpowiednich dla l_4 i l_5 w mm^2

$$A_4 = \frac{1}{2} \left(A_1 + 2\pi r_2 \cdot h \cdot \frac{\beta}{90^\circ} \right) \quad (\text{Z-41})$$

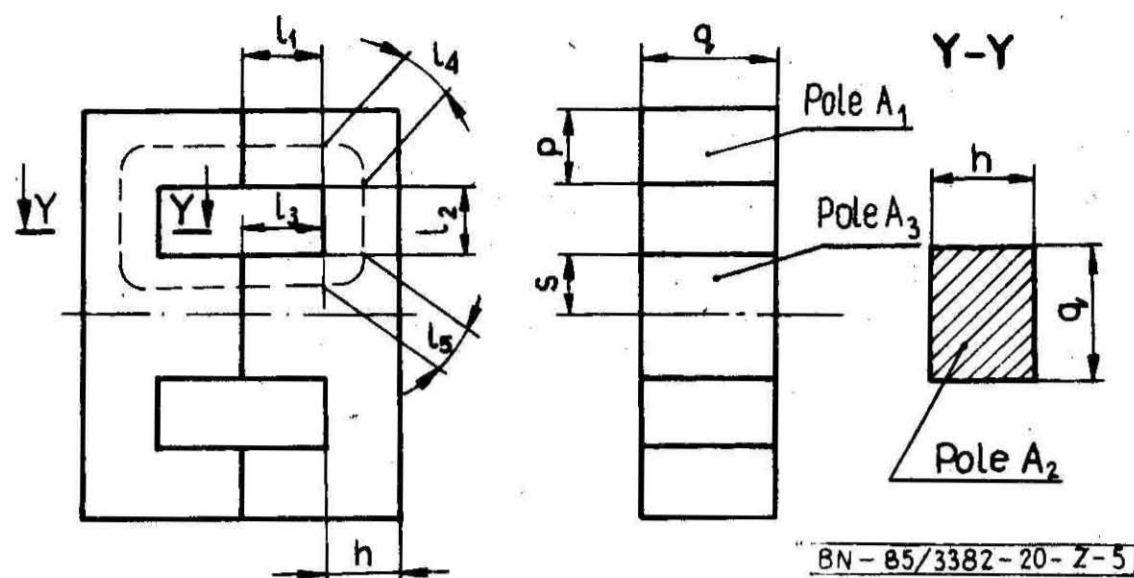
$$A_5 = \frac{\pi}{2} (r_3^2 - r_4^2) + \pi \cdot r_3 \cdot h \cdot \frac{\alpha}{90^\circ} \quad (\text{Z-42})$$

2.4. Obliczanie C_1 i C_2 rdzeni pierścieniowych — wg rys. Z-4.

Rys. Z-4

$$C_1 = \frac{2\pi}{h \cdot \ln \frac{D}{d}} \quad (\text{Z-43})$$

$$C_2 = \frac{4\pi \left(\frac{D-d}{D \cdot d} \right)}{h^2 \cdot \ln^3 \frac{D}{d}} \quad (\text{Z-44})$$

2.5. Obliczanie C_1 i C_2 rdzeni EE i EI — wg rys. Z-5.

BN-85/3382-20-Z-5

Rys. Z-5

Stała rdzenia $C_1 =$

$$= \sum_{i=1}^{i=5} \frac{l_i}{A_i} = \frac{l_1}{A_1} + \frac{l_2}{A_2} + \frac{l_3}{A_3} + \frac{l_4}{A_4} + \frac{l_5}{A_5} \quad (Z-45)$$

Stała rdzenia $C_2 =$

$$\sum_{i=1}^{i=5} \frac{l_i}{2A_i^2} = \frac{l_1}{2A_1^2} + \frac{l_2}{2A_2^2} + \frac{l_3}{2A_3^2} + \frac{l_4}{2A_4^2} + \frac{l_5}{2A_5^2} \quad (Z-46)$$

Wzory do obliczania poszczególnych składników C_1 i C_2 Pole przekroju A_1, A_2 i A_3 w mm^2

$$A_1 = p \cdot q \quad (Z-47)$$

$$A_2 = h \cdot q \quad (Z-48)$$

$$A_3 = s \cdot q \quad (Z-49)$$

Średnia długość drogi w narożach l_4 i l_5 w mm

$$l_4 = \frac{\pi}{8} (p + h) \quad (Z-50)$$

$$l_5 = \frac{\pi}{8} (s + h) \quad (Z-51)$$

Średnie pola przekrojów odpowiednich dla l_4 i l_5 w mm^2

$$A_4 = \frac{A_1 + A_2}{2} \quad (Z-52)$$

$$A_5 = \frac{A_2 + A_3}{2} \quad (Z-53)$$

2.6. Obliczanie C_1 i C_2 rdzeni EC — wg rys. Z-6.Stała rdzenia $C_1 =$

$$= \sum_{i=1}^{i=5} \frac{l_i}{A_i} = \frac{l_1}{A_1} + \frac{l_2}{A_2} + \frac{l_3}{A_3} + \frac{l_4}{A_4} + \frac{l_5}{A_5} \quad (Z-54)$$

Stała rdzenia $C_2 =$

$$= \sum_{i=1}^{i=5} \frac{l_i}{2A_i^2} = \frac{l_1}{2A_1^2} + \frac{l_2}{2A_2^2} + \frac{l_3}{2A_3^2} + \frac{l_4}{2A_4^2} + \frac{l_5}{2A_5^2} \quad (Z-55)$$

Wzory do obliczania poszczególnych składników C_1 i C_2 Pole przekroju A_1, A_2 i A_3 w mm^2

$A_1 = p \cdot q$ — w obliczeniu pola A_1 nie uwzględnia się wycięcia na śruby mocujące oraz łuku o promieniu $d_{2/2}$, (Z-56)

$$A_2 = h \cdot q, \quad (Z-57)$$

$$A_3 = \frac{\pi d_1^2}{8}. \quad (Z-58)$$

Średnia długość drogi w narożach l_4 i l_5 w mm

$$l_4 = \frac{\pi}{8} (p + h) \quad (Z-59)$$

$$l_5 = \frac{\pi}{8} (2S_1 + h) \quad (Z-60)$$

Średnie pola przekrojów odpowiednich dla l_4 i l_5 w mm^2

$$A_4 = \frac{A_1 + A_2}{2} \quad (Z-61)$$

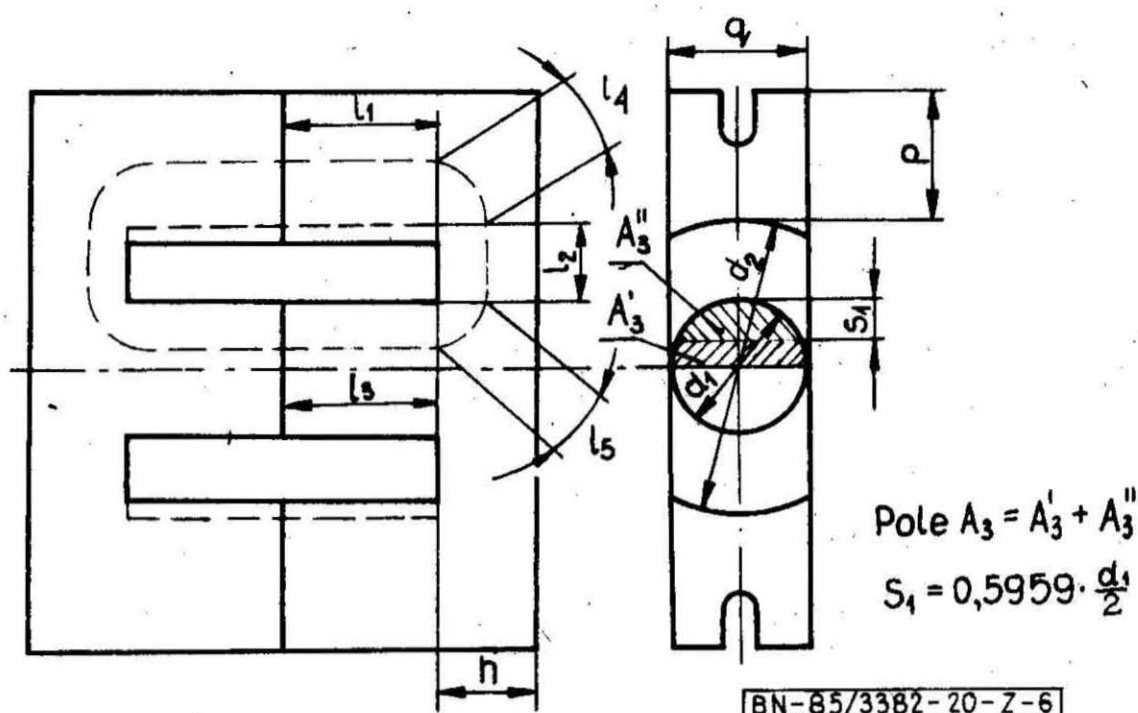
$$A_5 = \frac{A_2 + A_3}{2} \quad (Z-62)$$

2.7. Obliczanie C_1 i C_2 rdzeni U i UI — wg rys. Z-7.Stała rdzenia $C_1 =$

$$= \sum_{i=1}^{i=5} \frac{l_i}{A_i} = \frac{l_1}{A_1} + \frac{l_2}{A_2} + \frac{l_3}{A_3} + \frac{l_4}{A_4} + \frac{l_5}{A_5} \quad (Z-63)$$

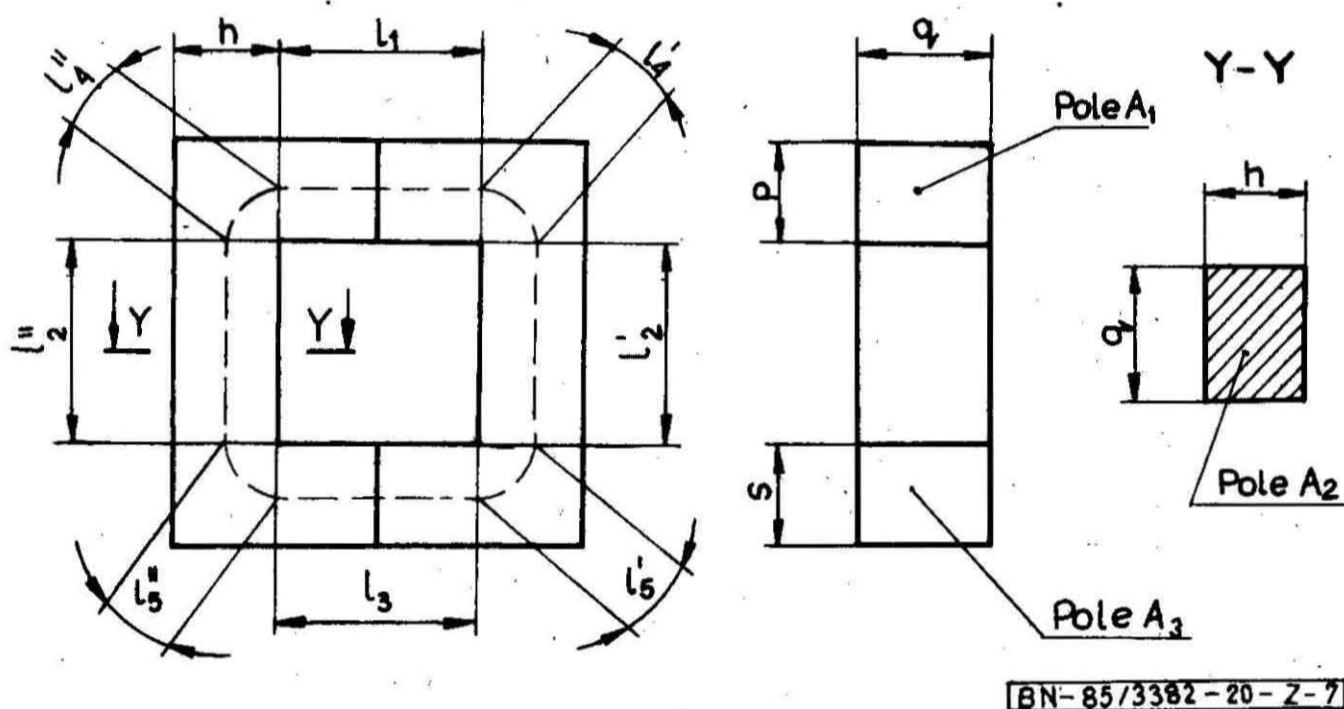
Stała rdzenia $C_2 =$

$$= \sum_{i=1}^{i=5} \frac{l_i}{A_i^2} = \frac{l_1}{A_1^2} + \frac{l_2}{A_2^2} + \frac{l_3}{A_3^2} + \frac{l_4}{A_4^2} + \frac{l_5}{A_5^2} \quad (Z-64)$$



BN-85/3382-20-Z-6

Rys. Z-6



BN-85/3382-20-Z-7

Rys. Z-7

Wzory do obliczania poszczególnych składników C_1 i C_2

Pole przekroju A_1, A_2 i A_3 w mm^2

$$A_1 = p \cdot q \quad (\text{Z-65})$$

$$A_2 = h \cdot q \quad (\text{Z-66})$$

$$A_3 = s \cdot q \quad (\text{Z-67})$$

Długość drogi strumienia magnetycznego odpowiednia dla A_2 w mm

$$l_2 = l_2' + l_2'' \quad (\text{Z-68})$$

Średnia długość drogi strumienia magnetycznego w narożach l_4 i l_5 w mm

$$l_4 = l_4' + l_4'' = \frac{\pi}{4} (p + h) \quad (\text{Z-69})$$

$$l_5 = l_5' + l_5'' = \frac{\pi}{4} (s + h) \quad (\text{Z-70})$$

Średnie pola przekrojów odpowiednich dla l_4 i l_5 w mm^2

$$A_4 = \frac{A_1 + A_2}{2} \quad (\text{Z-71})$$

$$A_5 = \frac{A_2 + A_3}{2} \quad (\text{Z-72})$$

2.8. Obliczanie C_1 i C_2 rdzeni U i UI o kołowym przekroju kolumn — wg rys. Z-8.

Stała rdzenia $C_1 =$

$$= \sum_{i=1}^{i=5} \frac{l_i}{A_i} = \frac{l_1}{A_1} + \frac{l_2}{A_2} + \frac{l_3}{A_3} + \frac{l_4}{A_4} + \frac{l_5}{A_5} \quad (\text{Z-73})$$

Stała rdzenia $C_2 =$

$$= \sum_{i=1}^{i=5} \frac{l_i}{A_i^2} = \frac{l_1}{A_1^2} + \frac{l_2}{A_2^2} + \frac{l_3}{A_3^2} + \frac{l_4}{A_4^2} + \frac{l_5}{A_5^2} \quad (\text{Z-74})$$

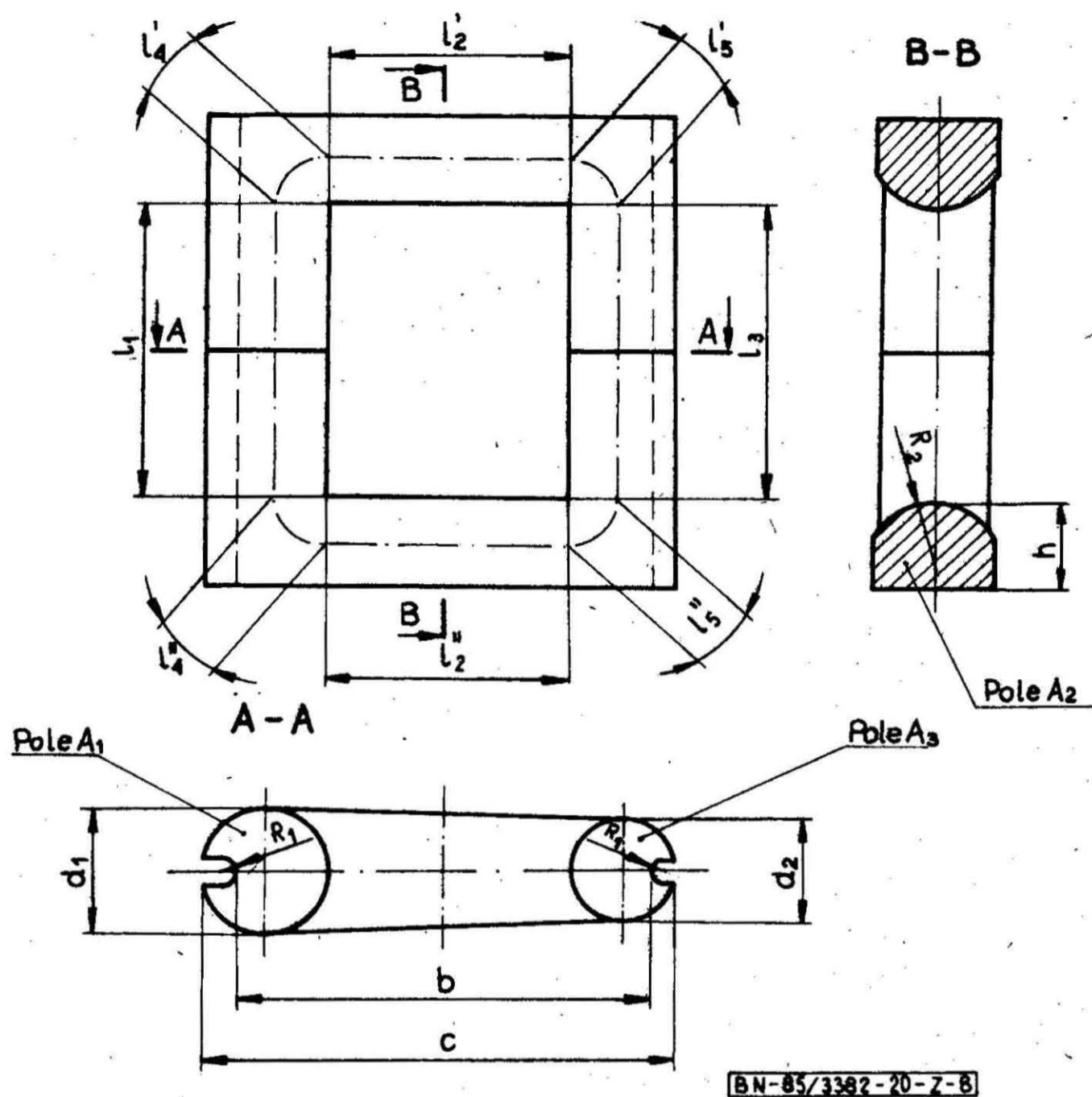
Wzory do obliczania poszczególnych składników C_1 i C_2

Pole przekroju A_1 w mm^2

$$A_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} - \frac{\pi R_1^2}{2} - (c - b - 2R_1) \cdot R_1 \quad (\text{Z-75})$$

Długość drogi l_2 w mm

$$l_2 = l_2' + l_2'' \quad (\text{Z-76})$$



Rys. Z-8

Pole przekroju A_2 w mm^2

$$A_2 = \frac{d_1 + d_2}{2} \cdot (h - R_2) + \frac{\pi R_2^2}{2} \quad (\text{Z-77})$$

Pole przekroju A_3 w mm^2

$$A_3 = \frac{\pi d_2^2}{4} - \frac{\pi R_1^2}{2} - (c - b - 2R_1) \cdot R_1 \quad (\text{Z-78})$$

Średnia długość drogi w narożach l_4 i l_5 w mm

$$l_4 = l_4' + l_4'' = \frac{\pi}{4} (d_1 + h) \quad (\text{Z-79})$$

$$l_5 = l_5' + l_5'' = \frac{\pi}{4} (d_2 + h) \quad (\text{Z-80})$$

Średnie pola przekrojów odpowiednich dla l_4 i l_5 w mm^2

$$A_4 = \frac{A_1 + A_2}{2} \quad (\text{Z-81})$$

$$A_5 = \frac{A_2 + A_3}{2} \quad (\text{Z-82})$$

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę — Zakład Materiałów Magnetycznych POLFER, Warszawa.

2. Normy i zalecenia międzynarodowe

IEC 50 (901) (1973) International Electrotechnical Vocabulary, Chapter 901: Magnetism

50 (901 B) (1978) Second supplement to Publication 50 (901) (1973). Chapter 901: Magnetism

205 (1966) Calculation of the effective parameters of magnetic piece parts.

Amendment No 1 (1976)

205 A (1968) First Supplement to Publication 205 (1966)

205 B (1974) Second Supplement to Publication 205 (1966)

367-1 (1982) Cores for inductors and transformers for telecommunications. Part 1: Measuring methods

367-2A (1976) First Supplement to Publication 367-2 (1974) Cores for inductors and transformers for telecommunications Part 2: Guides for the drafting of performance specifications

401 (1972) Information on ferrite materials appearing in manufacturers catalogues of transformer and inductor cores

732 (1982) Measuring methods for cylinder cores, tube cores and screw cores of magnetic oxides

3. Zakres zgodności normy z normami międzynarodowymi

Określenia wielkości ujętych w normie i ich symbole są zgodne z normami IEC podanymi w p. 2, z następującymi istotnymi wyjątkami:

a) Dla przenikalności względnej (p. 3.29) przyjęto symbol μ_w zamiast μ_{app} (apparent permeability wg IEC Publikacja 367-2A). Wynika to ze stosowania dotychczas symbolu μ_w oraz z malejącego znaczenia wielkości „przenikalność względna μ_w ”, która jest zastępowana wielkością „indukcyjność (cewki pomiarowej z rdzeniem)”.

b) Dla stałej materiałowej trzeciej harmonicznej (p. 3.32) przyjęto symbol χ_B zamiast δ_B wg IEC Publikacja 367-1A. Wynika to z przyjęcia symbolu δ_B dla współczynnika wzrostu przenikalności (p. 4.7).

c) Dla współczynnika wzrostu przenikalności δ_B (p. 4.7) przyjęto określenie uzależniające wzrost przenikalności od wzrostu indukcji zamiast od wzrostu natężenia pola magnetycznego, jak we współczynniku wzrostu przenikalności δ_H wg IEC Publikacja 50 (901).

Takie określenie współczynnika δ_B nadaje mu znaczenie bardziej uniwersalne.

Określenia podane w p. 2.2, 2.5, 3.2, 3.6, 3.8 i 3.16 nie są ujęte w normach i zaleceniach IEC.

4. Autorzy projektu normy — mgr inż. Wiesław Dąbrowski oraz inż. Jan Król (Załącznik do normy).

5. Skorowidz nazw

Dezakomodacja D	4.1
Długość drogi magnetycznej rdzenia — równoważna l_e	2.1b)
Długość szczeliny niemagnetycznej Δ	2.6
Długość zwoju — średnia l_N	2.5
Dobroć cewki Q	3.15
Dobroć względna Q_w	3.16
Indukcja magnetyczna — równoważna B_e	3.3
Indukcja nasycenia B_s	3.5
Indukcja słaba —	3.4
Indukcyjność cewki z rdzeniem L	3.9
Indukcyjność cewki bez rdzenia L_o	3.10
Liczba zwojów N	3.11
Natężenie pola magnetycznego — równoważne H_e	3.7
Natężenie pola magnetycznego wywołane prądem stałym H_-	3.8
Objętość rdzenia — równoważna V_c	2.1c)
Pole przekroju rdzenia — równoważne A_e	2.1a)
Pole przekroju uzwojenia A_N	2.2
Przenikalność amplitudowa μ_a	3.24

Przenikalność odwracalna μ_{rev}	3.28
Przenikalność początkowa μ_i	3.26
Przenikalność przy podmagnesowaniu μ_Δ	3.30
Przenikalność równoważna μ_e	3.25
Przenikalność względna μ_w	3.29
Przenikalność zespolona $\underline{\mu}$	3.23
Rezystywność ρ	3.31
Składowa rzeczywista przenikalności zespolonej $\underline{\mu}$ w układzie równoległym μ'_p	3.23c)
Składowa rzeczywista przenikalności zespolonej $\underline{\mu}$ w układzie szeregowym μ'	3.23a)
Składowa urojona przenikalności zespolonej $\underline{\mu}$ w układzie równoległym μ''_p	3.23d)
Składowa urojona przenikalności zespolonej $\underline{\mu}$ w układzie szeregowym μ''	3.23b)
Stała histerezy materiałowa η_B	3.22
Stała indukcyjności rdzenia A_L	3.1
Stała magnetyczna μ_o	3.27
Stała materiałowa trzeciej harmonicznej χ_B	3.32
Stała rezystancji uzwojenia A_R	3.2
Stała rdzenia C_1	2.3
Stała rdzenia C_2	2.4
Straty w rdzeniu przy dużych indukcjach na jednostkę objętości P_v	3.14
Straty w rdzeniu przy dużych indukcjach na jednostkę masy P_m	3.13
Straty w rdzeniu przy dużych indukcjach P	3.12
Tangens kąta strat pozostałych i wskutek prądów wirowych $tg\delta$	3.18
Tangens kąta strat wskutek histerezy $tg\delta_h$	3.19
Współczynnik dezakomodacji d	4.3
Współczynnik dezakomodacji — zredukowany D_F	4.2
Współczynnik rezystancji równoległej R_p/N^2	3.17
Współczynnik reaktancji równoległej χ_p/N^2	3.21
Współczynnik strat C/Q	3.6
Współczynnik strat zredukowany $tg\delta/\mu_i$	3.20
Współczynnik temperaturowy indukcyjności α_L	4.5
Współczynnik temperaturowy przenikalności α_μ	4.6
Współczynnik temperaturowy przenikalności — zredukowany α_F	4.4
Współczynnik wzrostu przenikalności δ_B	4.7
Wymiary rdzeni równoważne —	2.1