

Spis treści

Przedmowa	11
1. Definicja, systematyka oraz metoda projektowania hydraulicznych maszyn zębatych	13
1.1. Definicja i systematyka	13
1.2. Metoda projektowania	16
2. Proces przemiany energii w hydraulicznych maszynach zębatych.	20
2.1. Modele ogólne pompy i silnika	20
2.1.1. Model ogólny pompy	20
2.1.2. Model ogólny silnika	21
2.2. Charakterystyki idealne i rzeczywiste pompy i silnika	24
2.2.1. Charakterystyki pompy	24
2.2.2. Charakterystyki silnika	28
2.3. Uwagi końcowe	33
3. Koła zębate hydraulicznych maszyn zębatych	34
3.1. Zęby, koła zębate i zespoły kół o zazębieniu ewolwentowym zewnętrznym	35
3.1.1. Ząb, koło zębate o uzębieniu zewnętrznym	35
3.1.2. Graniczna liczba zębów, korekcja zęba zewnętrznego	40
3.1.3. Zespół kół ewolwentowych o zazębieniu zewnętrznym	41
3.1.3.1. Zespół kół niekorygowanych, zasady współpracy, liczba przyporu ...	41
3.1.3.2. Zespół kół korygowanych, zasada współpracy liczba przyporu	43
3.2. Zęby, koła zębate i zespoły kół o zazębieniu ewolwentowym wewnętrznym	46
3.2.1. Ząb koło zębate o uzębieniu wewnętrznym	46
3.2.2. Graniczna liczba zębów, korekcja zęba wewnętrznego	48
3.2.3. Zespół kół ewolwentowych o zazębieniu wewnętrznym	49
3.2.3.1. Zespół kół niekorygowanych, zasady współpracy liczba przyporu ...	49
3.2.3.2. Zespół kół korygowanych, zasady współpracy, liczba przyporu	51
3.2.3.3. Interferencja zębów	53
3.3. Zęby, koła zębate i zespoły kół o zazębieniu cykloidalnym wewnętrznym	56
3.3.1. Zęby, koła zębate i zespół kół o zazębieniu epicykloidalnym wewnętrznym niekorygowanym	56
3.3.2. Zęby, koła zębate i zespół kół o zazębieniu epicykloidalnym wewnętrznym korygowanym	61
3.3.3. Zasady współpracy w zespole kół epicykloidalnych, linia przyporu liczba przyporu	63

3.3.4.	Zęby, koła zębate i zespół kół o zazębieniu hipocykloidalnym wewnętrznym niekorygowanym	67
3.3.5.	Zęby, koła zębate i zespół kół o zazębieniu hipocykloidalnym wewnętrznym korygowanym	70
3.3.6.	Zasady współpracy w zespole kół hipocykloidalnych, linia przyporu, liczba przyporu	72
3.3.7.	Zasady współpracy w zespole kół cykloidalnych o osiach uchomych	74
3.3.8.	Zasady współpracy w zespołach kół cykloidalnych wielokołowych	77
3.4.	Uwagi końcowe	79
4.	Kanały i szczeliny wewnętrzne w hydraulicznych maszynach zębatych	81
4.1.	Zespół nieruchomych kanałów i szczelin	81
4.2.	Zespół ruchomych kanałów i szczelin	83
4.3.	Zespół kanałów i szczelin w maszynach 1-szej grupy	84
4.3.1.	Kanał i komora wejściowa	85
4.3.2.	Mostek wejściowy	86
4.3.3.	Kanał i komora wyjściowa	88
4.3.4.	Mostek wyjściowy	89
4.3.5.	Szczelina osiowa i promieniowa	108
4.4.	Zespół kanałów i szczelin w maszynach 2-giej grupy	110
4.4.1.	Kanał i komora wejściowa	110
4.4.2.	Mostek wejściowy	112
4.4.3.	Kanał i komora wyjściowa	114
4.4.4.	Mostek wyjściowy	115
4.4.5.	Szczelina osiowa i promieniowa	124
4.5.	Zespół kanałów i szczelin w maszynach 3-ciej grupy	126
4.5.1.	Kanał i komora wejściowa	126
4.5.2.	Mostek wejściowy	128
4.5.3.	Kanał i komora wyjściowa	130
4.5.4.	Mostek wyjściowy	131
4.5.5.	Szczelina osiowa i promieniowa	139
4.6.	Zespół kanałów i szczelin w maszynach 4-tej grupy	140
4.6.1.	Zespół kanałów i szczelin w wielofunkcyjnej hydraulicznej maszynie zębatej WHMZ	141
4.6.2.	Zespół kanałów i szczelin w silniku orbitalnym ORBIT	144
4.6.3.	Zespół kanałów i szczelin w silniku orbitalnym z podwójnym zazębieniem cykloidalnym MAX	147
4.7.	Uwagi końcowe	150
5.	Wydajność i pulsacja wydajności oraz chłonność i pulsacja chłonności hydraulicznych maszyn zębatych	151
5.1.	Wzory ogólne	152
5.1.1.	Wydajność chwilowa	152
5.1.2.	Wydajność właściwa, teoretyczna i średnia	159

5.1.3.	Pulsacja wydajności	161
5.2.	Wydajność i pulsacja wydajności maszyn 1-szej grupy	161
5.3.	Wydajność i pulsacja wydajności maszyn 2-giej grupy	167
5.4.	Wydajność i pulsacja wydajności maszyn 3-ciej grupy	170
5.4.1.	Maszyny z zazębieniami epicykloidalnymi	172
5.4.2.	Maszyny z zazębieniami hipocykloidalnymi	179
5.5.	Wydajność maszyn 4-tej grupy	186
5.6.	Uwagi końcowe	188
6.	Ciśnienie i pulsacja ciśnienia w hydraulicznych maszynach zębatych.	189
6.1.	Teoretyczny przebieg zmian ciśnienia i pulsacji ciśnienia międzyzębnej komorze wyporowej T maszyn 1-3 grupy	191
6.2.	Teoretyczny przebieg zmian ciśnienia i pulsacji ciśnienia w międzyzębnej komorze wyporowej w maszynach 4-tej grupy	198
6.3.	Uwagi końcowe	201
7.	Badania wizualizacyjne procesów i zjawisk przepływowych zachodzących w kanałach i szczelinach wewnętrznych maszyn zębatych	202
7.1.	Uwagi ogólne	202
7.2.	Obiekt i metoda badań wizualizacyjnych, stanowisko badawcze	202
7.3.	Badania wizualizacyjne maszyn 1-szej grupy	207
7.3.1.	Kanał i komora wejściowa	209
7.3.2.	Mostek wejściowy	212
7.3.3.	Kanał i komora wyjściowa	214
7.3.4.	Mostek wyjściowy	215
7.3.5.	Rowki odciążające w strefie mostka wyjściowego	220
7.3.6.	Szczelina osiowa	224
7.4.	Badania wizualizacyjne maszyn 2-giej grupy	226
7.4.1.	Kanał i komora wejściowa	228
7.4.2.	Mostek wejściowy	229
7.4.3.	Kanał i komora wyjściowa	231
7.4.4.	Mostek wyjściowy	232
7.5.	Badania wizualizacyjne maszyn 3-ciej grupy	235
7.5.1.	Kanał i komora wejściowa	238
7.5.2.	Mostek wejściowy	239
7.5.3.	Kanał i komora wyjściowa	245
7.5.4.	Mostek wyjściowy	245
7.6.	Wnioski z badań	247
8.	Badanie ciśnienia w kanałach i szczelinach wewnętrznych w hydraulicznych maszynach zębatych	251
8.1.	Obiekt i metoda badań, stanowisko badawcze	251
8.2.	Badania ciśnień w kanałach i szczelinach wewnętrznych maszyn 1-szej grupy	252
8.2.1.	Badania pompy zębatej I bez kompensacji luzów osiowych	252

8.2.2. Badania pompy zębatej II z kompensacją luzów osiowych	262
8.3. Badania ciśnień w kanałach i szczelinach maszyn 2-szej i 3-ciej grupy.	270
8.4. Uwagi końcowe.	283
9. Projektowanie korpusów hydraulicznych maszyn zębatych.	285
9.1. Metoda projektowania korpusów hydraulicznych maszyn zębatych	285
9.2. Ustalenie wymagań konstrukcyjnych i technologicznych dla korpusów pomp	286
9.3. Ustalenie kształtów podstawowych pomp.	287
9.4. Badania wytrzymałościowe korpusów pomp zębatych o kształtach podstawowych metodą FEM	290
9.4.1. Modele geometryczne, obciążenia i utwierdzenia	290
9.4.2. Modele numeryczne, program badań	293
9.4.3. Wyniki badań wytrzymałościowych korpusów o kształtach podstawowych.	294
9.5. Modyfikacja globalna i lokalna korpusu o kształcie podstawowym.	298
9.6. Badania wytrzymałościowe korpusów pomp o kształtach zmodyfikowanych metodą FEM	300
9.7. Przyjęcie ostatecznych kształtów korpusów	302
9.8. Uwagi końcowe.	303
10. Projektowanie zespołu kompensacji luzów osiowych	304
10.1. Zasada kompensacji luzów osiowych. Metoda projektowania zespołu kompensacji luzów osiowych.	304
10.2. Projektowanie zespołu kompensacji luzów osiowych w maszynach 1-szej grupy.	307
10.2.1. Przyjęcie rozwiązania konstrukcyjnego zespołu kompensacyjnego	307
10.2.2. Wyznaczenie powierzchni A_p oddziaływania ciśnienia w szczelinie osiowej i podział tej powierzchni na powierzchnie cząstkowe A_{pi}	308
10.2.3. Określenie rozkładu ciśnienia cząstkowego p_i działającego na powierzchnie cząstkowe A_{pi}	310
10.2.4. Określenia cząstkowych sił odpychających F_{pi} i całkowitej siły odpychającej F_p	312
10.2.5. Określenie cząstkowych momentów sił odpychających M_{pi} oraz całkowitego momentu sił odpychających M_p	313
10.2.6. Określenie punktów przyłożenia x_{pi} , y_{pi} cząstkowych sił odpychających F_{pi} oraz punktu przyłożenia x_p , y_p całkowitej siły odpychającej F_p	319
10.2.7. Kształtowanie całkowitej powierzchni kompensacyjnej A_c oraz jej podział na powierzchnie cząstkowe A_{ci} . Określenie ciśnienia kompensacyjnego p_c	320
10.2.8. Określenie cząstkowych sił kompensacyjnych F_{ci} oraz całkowitej siły kompensacyjnej F_c	323
10.2.9. Określenie współrzędnych x_{ci} , y_{ci} punktów przyłożenia cząstkowych sił kompensacyjnych F_{ci} oraz współrzędnych x_c , y_c całkowitej siły kompensacyjnej F_c	323
10.2.10. Porównanie całkowitej siły odpychającej F_p oraz punktu jej przyłożenia x_p , y_p z całkowitą siłą kompensacyjną F_c i punktem jej przyłożenia x_c , y_c	324

10.3. Projektowanie zespołu kompensacji luzów osiowych w maszynach 2-giej grupy	326
10.3.1. Przyjęcie rozwiązania konstrukcyjnego zespołu kompensacyjnego	326
10.3.2. Wyznaczenie częściowych sił odpychających F_{pi} oraz całkowitej siły odpychającej F_p	327
10.3.3. Określenie punktów przyłożenia x_{pi} , y_{pi} cząstkowych sił odpychających F_{pi} oraz punktu przyłożenia x_p , y_p całkowitej siły odpychającej F_p	332
10.3.4. Kształtowanie całkowitej powierzchni kompensacyjnej A_c oraz jej podział na powierzchnie cząstkowe A_{ci} . Określenie ciśnienia kompensacyjnego p_c . . .	335
10.3.5. Określenie cząstkowych sił kompensacyjnych F_{ci} i współrzędnych x_{ci} , y_{ci} punktów ich przyłożenia oraz całkowitej siły kompensacyjnej F_c i współrzędnych x_c , y_c punktu jej przyłożenia	337
10.3.6. Porównanie całkowitej siły odpychającej F_p oraz punktu jej przyłożenia x_p , y_p z całkowitą siłą kompensacyjną F_c i punktem jej przyłożenia x_c , y_c	338
10.4. Projektowanie zespołu kompensacji luzów osiowych w maszynie 3-ciej grupy	340
10.5. Projektowanie zespołu kompensacji luzów osiowych w maszynie 4-tej grupy	342
10.6. Uwagi końcowe	346
11. Rozwiązania konstrukcyjne hydraulicznych maszyn zębatych	348
Literatura	363