

**Wydział Transportu  
Politechniki Warszawskiej**

**Diagnostyka techniczna – laboratorium.**

**Specjalność IBET, VI sem.**

**Ćwiczenie nr 8.**

**Temat:** Diagnostyka uszkodzeń wirującego wału.

Zespół nr: .....

Skład zespołu:

Ocena Końcowa:

1. ....	.....
2. ....	.....
3. ....	.....
4. ....	.....
5. ....	.....
6. ....	.....

Data wykonania Ćwiczenia: ..... r.

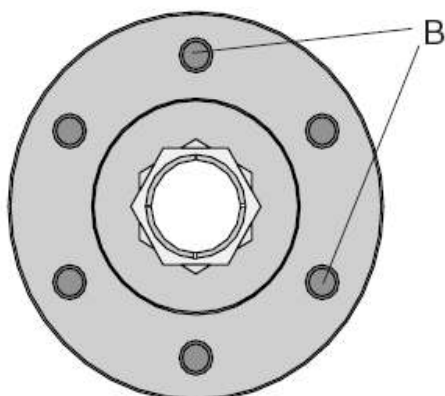
# WYKRYWANIE PĘKNIĘĆ OBRACAJĄCEGO SIĘ WAŁU.

## 1. WSTĘP

Jednostka PT 500.11 – „Zestaw do wykrywania pęknięć obracającego się wału” – umożliwia symulacje pękniętego wału. Pęknięcia związane ze zmęczeniem materiału są bardzo niebezpieczne podczas pracy maszyny, a awaria spowodowana zmęczeniem materiału skutkuje zazwyczaj poważnymi konsekwencjami. Dlatego też wczesne wykrycie pęknięcia jest bardzo ważne.

Pęknięcie wału wywołuje dodatkowe drgania ponieważ zmianie ulega sztywność wału. Zmiany te mogą być wykryte za pomocą pomiaru drgań wału i odpowiedniego oprogramowania do analizy tych pomiarów.

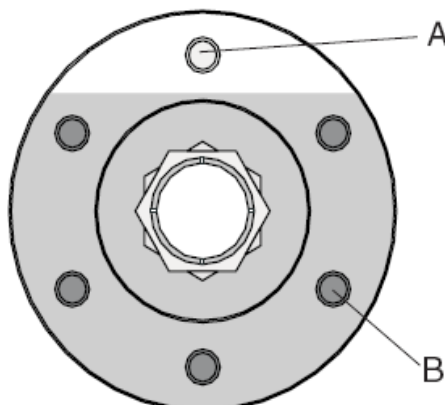
## 2. OPIS STANOWISKA



Rys.2.1. Wał bez pęknięć – Flansa z 6-ciooma skręconymi na sztywno śrubami.

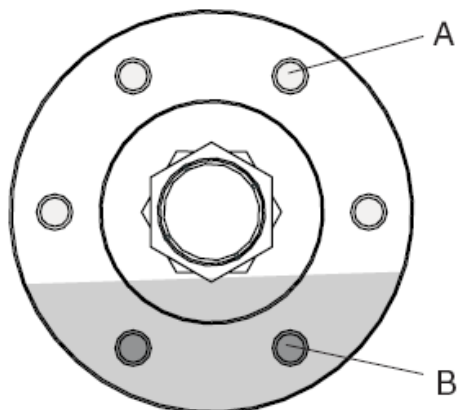
W tym stanowisku charakterystyczne zachowanie wału z pęknięciem jest symulowane przez niesymetryczne połączenie (sprzęgło) kołnierzone.

Połączenie to jest skręcone za pomocą sześciu równomiernie rozmieszczonych śrub. Dzięki skręceniu kołnierzy za pomocą śrub i specjalnych podkładek, możliwe jest sztywne połączenie obu elementów lub w sposób, który umożliwia wzajemne odchylenie się ich powierzchni symulując w ten sposób pęknięcie.



Rys. 2.2. Symulacja wału z małym pęknięciem; kołnierz i tarcza są połączone za pomocą 5-ciu śrub.

Kiedy wał obraca się będąc jednocześnie zginanym takie połączenie kołnierzy powoduje powstawanie szczeliny między nimi, w miejscu, gdzie śruba nie jest dokręcona do końca i nie przenosi obciążeń. Daje to efekt podobny do pęknięcia wału. By wywołać ten efekt wadliwe połączenie kołnierzy musi być obciążone momentem gnącym za pomocą zestawu z przekładnią pasową.



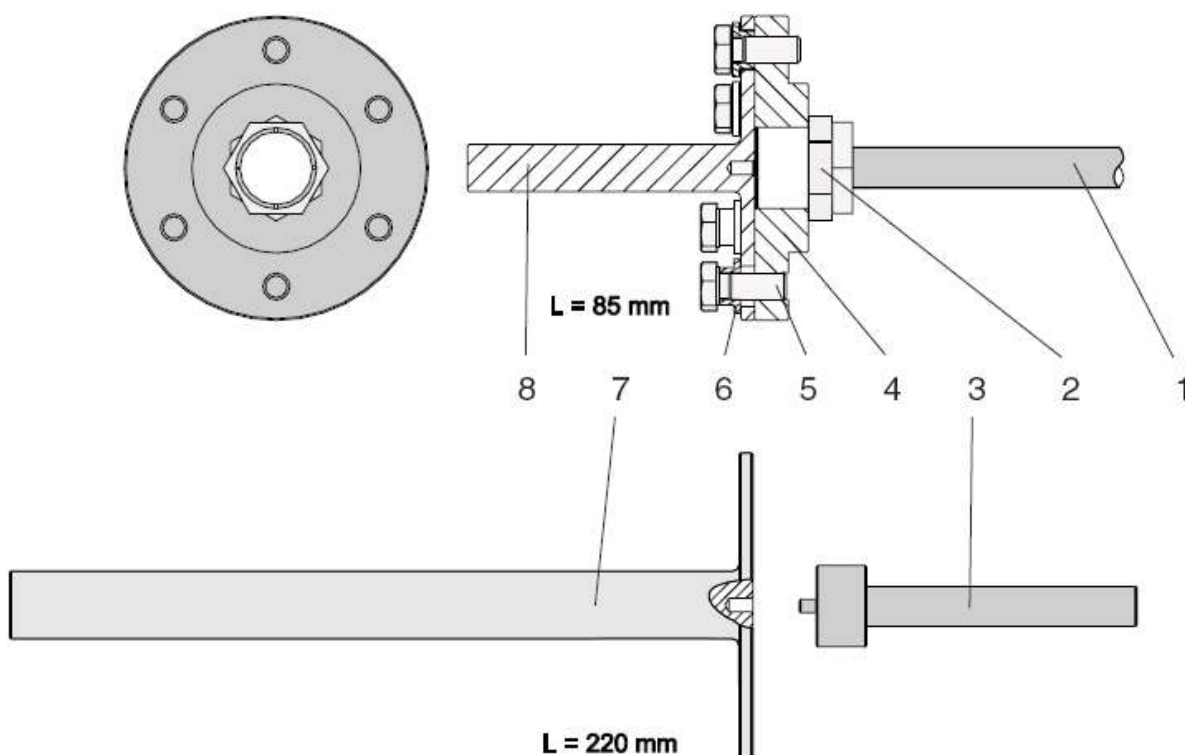
Rys. 2.3. Symulacja wału z największym możliwym pęknięciem; kołnierz i tarcza są skręcone na 2 śruby

**UWAGA !** Minimum dwie śruby muszą być skręcone w ustawieniu bez luzu.

A – luźne połączenie

B – połączenie na sztywno

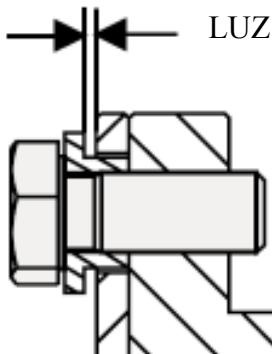
## 1. Elementy składowe Zestawu



Rys. 2.4. Ogólny zarys PT 500.11 – „Zestaw do wykrywania pęknięć obracającego się wału”

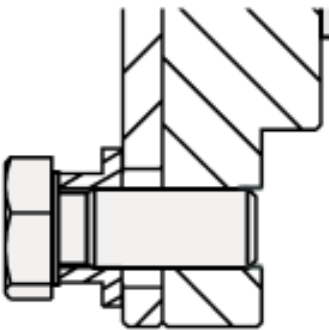
- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 1. Wał napędowy                      | 5. Śruby z łbami sześciokątnymi                                  |
| 2. Złącze zaciskowe                  | 6. Podkładka   |
| 3. Przyrząd do centrowania kołnierza | 7. Kołnierz z długim wałem (do zamocowania masy)                 |
| 4. Tarcza montażowa                  | 8. Kołnierz z krótkim wałem (do współpracy z przekładnią pasową) |

## 2. Montaż połączenia do symulacji pęknięcia



Rys. 2.5. Połączenie luźne.

Przyłóż do siebie kołnierz (rys 2.4, poz. 7 lub 8) oraz tarcze montażową (4).  
wycentrum je za pomocą przyrządu (3) i skręć śrubami (5).  
Włóż odpowiednio podkładki i skręć połączenie w zależności od pełnionej przez nie funkcji.  
Zastosuj podkładki do uzyskania luźnego połączenia jak pokazano na rysunku 2.5.  
Kiedy użyjemy podkładki jak na rys. po lewej, to kołnierze będą skręcone z luzem.  
Kiedy odwrócimy podkładkę połączenie będzie sztywne.



Rys. 2.6. Połączenie sztywne.

Zastosuj podkładkę do połączenia sztywnego, tak jak na rys. 2.6. W tym przypadku elementy są skręcone bez luzu.  
Wsadź złącze zaciskowe w otwór w tarczy montażowej.  
Zamontuj „wał z pęknięciem” na stanowisku za pomocą złącza zaciskowego.

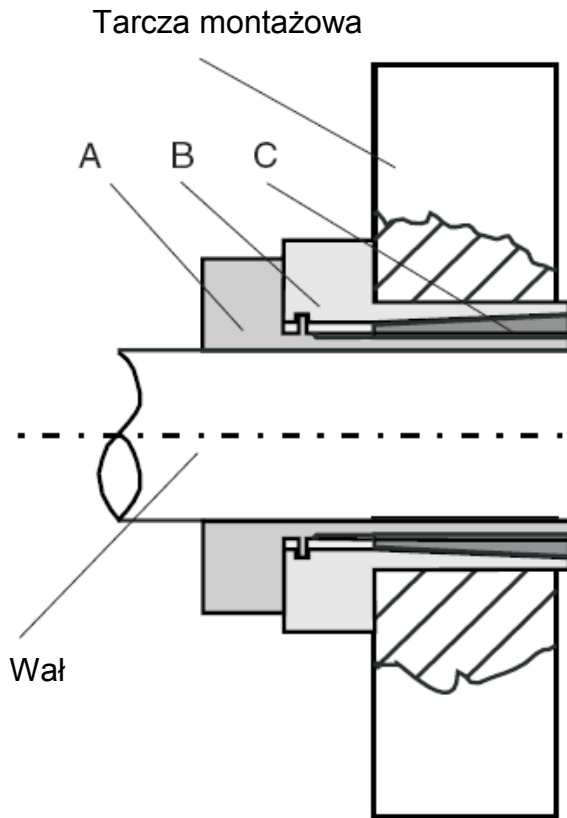


**UWAGA !** Minimum dwie śruby na obwodzie kołnierza muszą być skręcone na sztywno (bez luzu)

## 3. Mocowanie kołnierza i tarczy montażowej na wale napędowym.

By zabezpieczyć tarczę montażową za pomocą złącza zaciskowego na wale napędowym postępuj w sposób następujący:

- Złuzuj połączenie zaciskowe oraz zamontuj tarczę montażową na wał napędowy
- Sprawdź czy złącze zaciskowe siedzi głęboko w tarczy montażowej
- Dokręć zewnętrzną śrubę (A), w tym samym czasie trzymaj śrubę wewnętrzną (B).
- Podczas skręcania stożek (C) jest wciągany pomiędzy wewnętrzną a zewnętrzną śrubę. Powoduje to złączenie wału i tarczy montażowej



Rys. 2.7. Złącze zaciskowe

Żeby poluzować połączenie zaciskowe trzymaj wewnętrzną śrubę (B) i odkręcaj zewnętrzną śrubę (A). Gdy pokonasz pierwszy opór odkręcaj dalej aż do kolejnego wzrostu oporu. Zapewni to możliwość łatwego ponownego montażu złącza na wale i w tarczy montażowej.

### 3. Bezpieczeństwo

#### 1. Zagrożenia dla zdrowia



**UWAGA!** Ryzyko uszkodzenia ciała przez obracające się elementy. Używaj urządzenia tylko przy zamkniętej osłonie.

## 2. Zagrożenia dla sprzętu



**Uwaga!** Nie przekraczać maksymalnych dopuszczalnych wartości (patrz dane techniczne)



**Uwaga!** Minimum dwie z sześciu śrub mocujących, kołnierz do tarczy montażowej muszą być skręcone na sztywno.



**Uwaga!** Maksymalne napięcie końca wału flansy przy badaniu pękniętego wału wynosi 70 N

## 4. DOŚWIADCZENIE

5.

### 1. „Pęknięcie wału” symulacja z nie podpartym końcem.

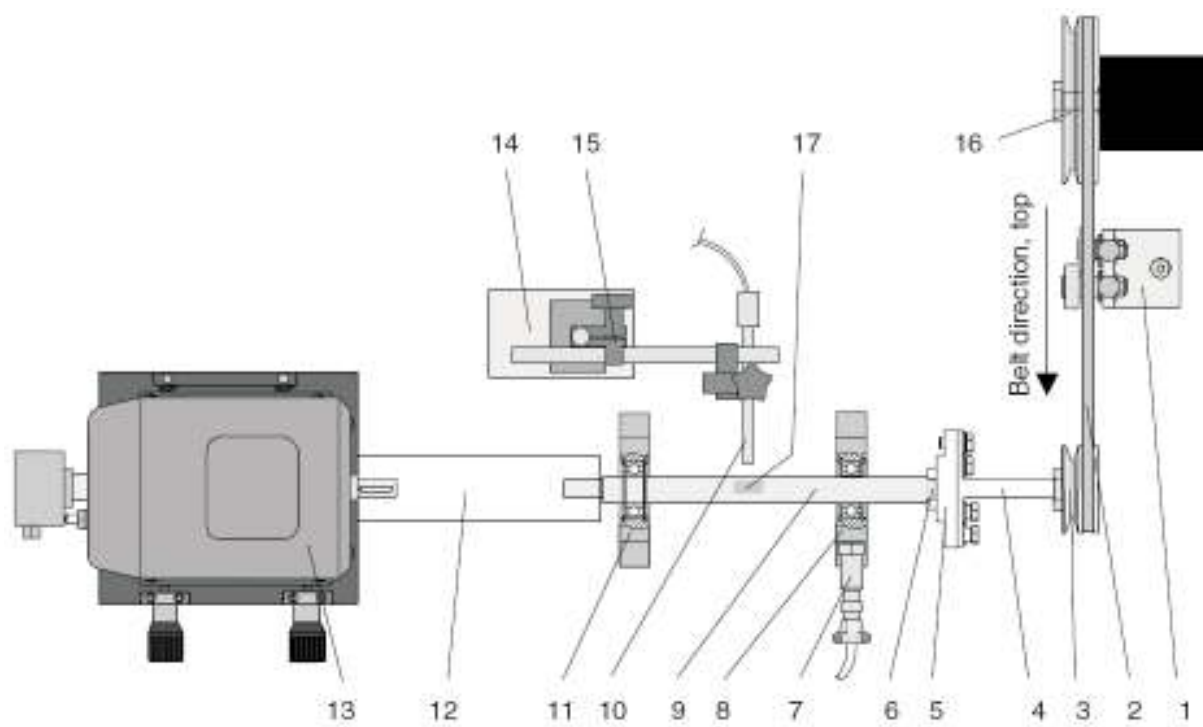
Pęknięcie wału z nie podpartym końcem jest symulowane za pomocą kołnierza z krótkim wałem. Stałe obciążenie jest generowane za pomocą przekładni pasowej.

- Podczas próby z wałem bez pęknięć wszystkie (sześć) śrub jest skręconych na sztywno. (Rys. 2.6.)
- Podczas próby z pękniętym wałem 4 z sześciu śrub jest skręconych tak by zapewnić luz między kołnierzem i tarczą montażową. (Rys. 2.5)

### 2. Potrzebne akcesoria

PT 500 Zestaw do badania uszkodzeń urządzeń,  
PT 500.02 Zestaw do rejestracji drgań Brüel & Kjaer,  
PT 500.14 Zestaw przekładni pasowej.

### 3. Przygotowanie ćwiczenia.

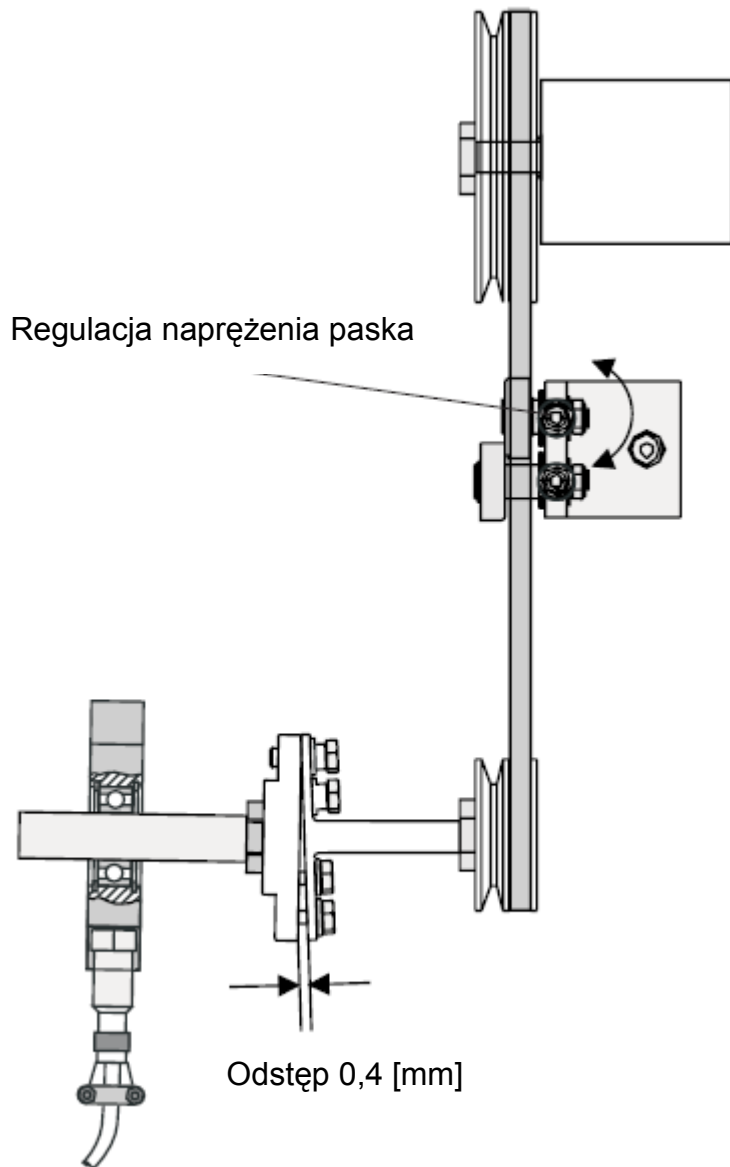


Rys. 4.1. Zestaw do badania pęknięć wału.

1. Napinacz paska klinowego
2. Pasek klinowy
3. Małe koło pasowe
4. Krótki wałek z kołnierzem
5. Tarcza montażowa
6. Złącze zaciskowe
7. Czujnik przyspieszeń
8. Oprawa łożyska
9. Krótki wał
10. Czujnik prędkości obrotowej
11. Oprawa łożyska
12. Sprzęgło
13. Silnik elektryczny
14. Płyta stalowa do uchwytu magnet.
15. Uchwyt magnetyczny
16. Duże koło pasowe ze złączem zaciskowym
17. Naklejka odbłaskowa

- Zamontuj silnik elektryczny do podstawy
- Podłącz silnik elektryczny
- Zamontuj krótki wałek (9) oraz dwie oprawy łożyska (11, 8) tak by połączyć krótki wał za pomocą sprzęgła (12) do silnika elektrycznego
- Zabezpiecz zmontowany zestaw do badania pęknięć wału skręcając tarczę montażową (5) z kołnierzem z krótkim wałem (4) za pomocą złącza zaciskowego (6) do końca krótkiego wału (9)
- Zamontuj małe koło pasowe (3) za pomocą mechanizmu zaciskowego na końcu wałka z kołnierzem
- Zamontuj przekładnie pasową
- Zamontuj poziomo czujnik pomiarowy w oprawie łożyska będącego bliżej miejsca pęknięcia wału.
- Zamontuj i ustaw czujnik obrotów
- Naklej kawałek taśmy odbłaskowej na wał (kąt odbicia wiązki światła na wale nie powinien być równy  $90^0$  ponieważ może to wpływać na odczyt prędkości.





Rys. 4.2. Ustawianie właściwego naprężenia paska klinowego.

**Ustawienie napięcia paska klinowego podczas badania pękniętego wału:**

Zwiększaj napięcie (naciąg) paska klinowego aż przerwa między kołnierzem a tarczą montażową wyniesie 0,4 [mm]. Pomiar odstępu można wykonać gdy zluźnione śruby połączenia są po przeciwnej stronie niż przekładnia.

#### 4. Przebieg Ćwiczenia

Rejestrowanie widma częstotliwości

Czujnik przyspieszeń: AS-020

Ustawienia:

Nastawy dla widma częstotliwości (pomiar pojedynczy) (Vibroport 41)		
	1	2
Wejście:	Aktywne	Aktywne
Typ czujnika:	Przyspieszeniowy	Przyspieszeniowy
Czułość:	100 [mV/g]	100 [mV/g]
Jednostka	[m/s <sup>2</sup> ]	[m/s <sup>2</sup> ]
Zakres pomiarowy	20 (zmienny)	20 (zmienny)
Zakres częstotliwości	0 – 200 [Hz]	0 – 200 [Hz]
Ilość linii	1600	1600
Okno	Hanninga	Hanninga

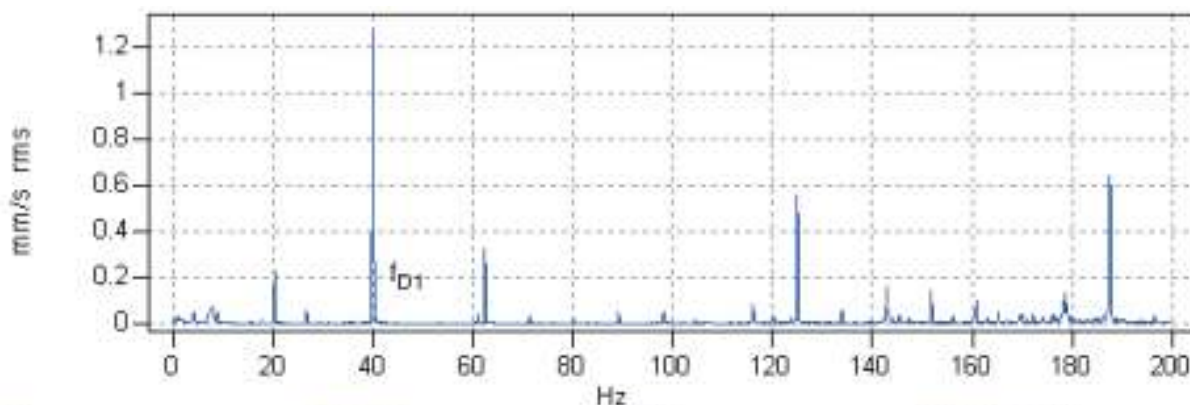
Ustawienia dla sygnału odniesienia:	
Zewn. sygnał odniesienia (prędkość):	Aktywne
Poziom sygnału wyzwalającego:	50%
Krawędź sygnału wyzwalającego:	Dodatnia
Jednostka prędkości obrotowej:	Hz
Prędkość obr. / prędk. obr. odniesienia	1 / 1

- Zamknij osłonę
- Włącz sterownik silnika elektrycznego
- Ustaw kierunek obrotów
- Włącz silnik elektryczny
- Ustaw prędkość silnika na ok. 2400 [obr/min]
- Zarejestruj widmo częstotliwości dla wału z pęknięciem
- Zmniejsz prędkość obrotową do 0
- Wyłącz silnik
- Skręć połączenie kołnierzone tak by wał „nie miał pęknięcia”
- Włącz silnik elektryczny
- Ustaw prędkość na 2400 [obr/min]
- Zarejestruj widmo częstotliwości dla wału bez pęknięcia
- Zmniejsz obroty do 0
- Wyłącz silnik.

#### 5. Szacowanie wyników

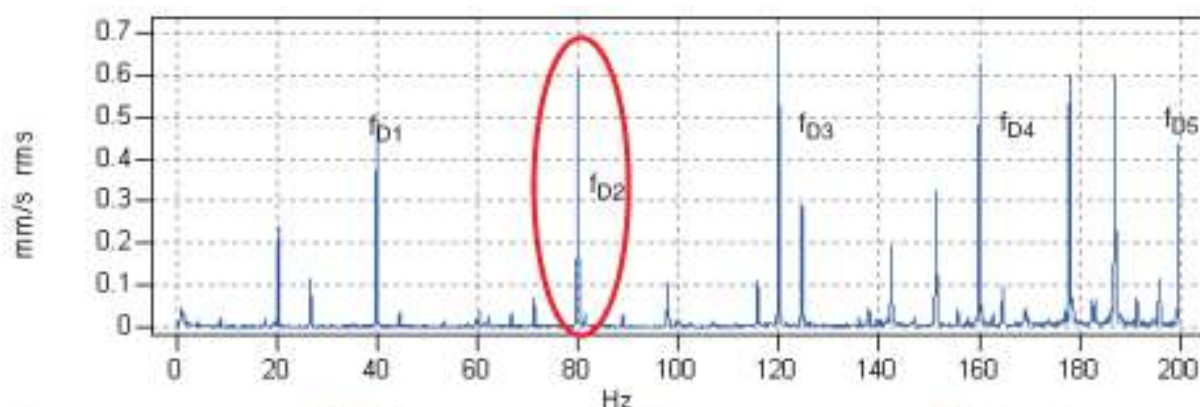
Charakterystyczne dla wału z pęknięciem jest pojawianie się podwójnych wibracji na widmie częstotliwości. Spowodowane jest to tym że wałek podczas jednego obrotu przechodzi dwa razy przez obszar małej sztywności oraz dwa razy przez obszar dużej sztywności (w przekroju wału). To powoduje że wibracje mają częstotliwość 2 razy większą niż prędkość obrotowa wału.

Najpierw przyjrzyjmy się widmu częstotliwości dla wałka bez pęknięć (6 śrub sztywno skręconych). Tu najbardziej widoczny jest pik przy 40 [Hz] związany z prędkością obrotową. Inne drgania dla częstotliwości 62 [Hz], 125 [Hz] i 190 [Hz] pochodzą od przekładni pasowej



Doku PT500.11 mit Riemen [001 A] Spektrum

Rys. 4.3. Widmo częstotliwości dla wału bez pęknięć dla 2400 [obr/min] = 40 [Hz]



Doku PT500.11 mit Riemen [002 A] Spektrum

Rys. 4.4. Widmo częstotliwości dla wału z pęknięciem (poluzowane 4 śruby) dla 2400 [obr/min] = 40 [Hz]

Także tutaj widoczny jest główny pik przy 40 [Hz] którego amplituda tak dla wału z, jak i bez pęknięcia wynosi ok. 0,4 – 0,5 [mm/s]. Wał z pęknięciem generuje również dobrze widoczną pierwszą harmoniczną, która jest znakiem pęknięcia wału (80 [Hz]).

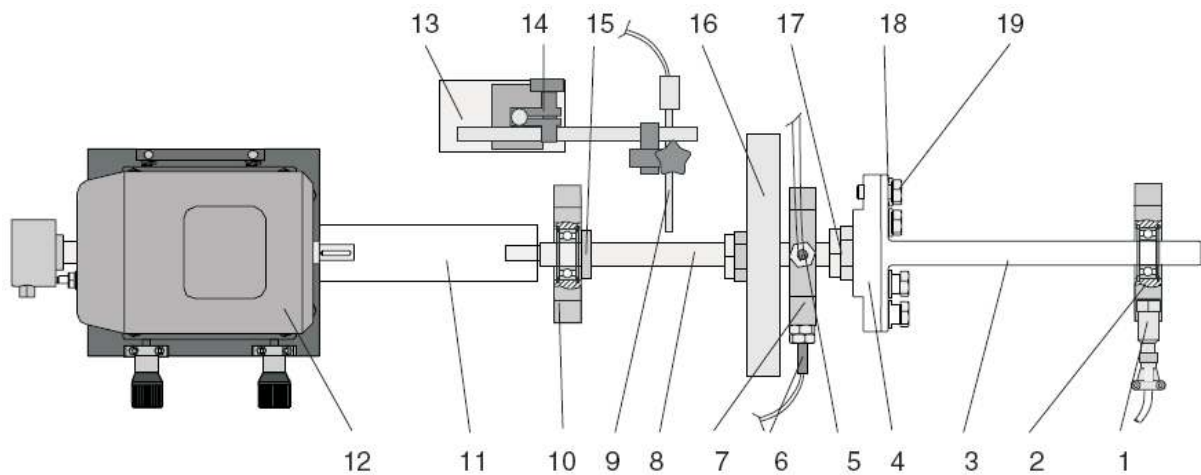
## 6. „Pęknięcie wału” symulacja z elastycznym wirnikiem.

Pęknięcie w wale w wypadku elastycznego wirnika jest symulowane z użyciem długiego wału z kołnierzem oraz ciężkiej tarczy. Zapis z oscyloskopu jest rejestrowany.

### 5.6.1. Potrzebne akcesoria.

- PT 500 Zestaw do badania uszkodzeń urządzeń
- PT 500.02 Zestaw do rejestracji drgań Rubel & Kjaer
- PT 500.10 Zestaw wału elastycznego

## 5.6.2. Przygotowanie ćwiczenia



Rys. 4.5. Zestaw do badania pęknięć wału z elastycznym wirnikiem

- |                                  |                                      |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Czujnik przyspieszeń, poziomy | 11. Sprzęgło                         |
| 2. Oprawa łożyska                | 12. Silnik elektryczny               |
| 3. Długi wałek z kołnierzem      | 13. Płyta stalowa do uchwytu magnet. |
| 4. Tarcza montażowa              | 14. Uchwyt magnetyczny               |
| 5. Czujnik odległości, pionowy   | 15. Ogranicznik przesuwu wału        |
| 6. Czujnik odległości, poziomy   | 16. Tarcza z ze złączem zaciskowym   |
| 7. Oprawa bezpieczeństwa         | 17. Złącze zaciskowe                 |
| 8. Krótki wał                    | 18. Podkładka                        |
| 9. Czujnik prędkości obrotowej   | 19. Śruba z łbem sześciokątnym       |
| 10. Oprawa łożyska               |                                      |

1. Zamocuj silnik elektryczny (12) do podstawy
2. Podłącz silnik elektryczny
3. Zamontuj krótki wał (8), jedną oprawę łożyska (10), ogranicznik przesuwu wału (15), tarcze (16), oprawę bezpieczeństwa (7), następnie połącz krótki wał z silnikiem elektrycznym za pomocą sprzęgła (11).
4. Przygotuj w pełni zmontowany zestaw wału z pęknięciem oraz zamontuj na stanowisku
5. Ogranicznik przesuwu wału powinien być zamontowany tak by uniemożliwić przesuwanie się wału
6. Zamontuj poziomo czujnik drgań (1) do oprawy łożyska (2)
7. Zamontuj oraz wyreguluj czujnik prędkości obrotowej (9)
8. Naklej taśmę odblaskową na wał krótki

## 6. SPRAWOZDANIE

1. Strona tytułowa
2. Opis przebiegu ćwiczenia i wykonywanych czynności.
3. Uproszczony schemat stanowiska.
4. Porównaj i opisz wykresy uzyskane podczas ćwiczenia.

## 7. LITERATURA

Niniejsza instrukcja została napisana na podstawie dokumentacji technicznej dostarczonej przez producenta stanowiska laboratoryjnego PT 500, firmę G.U.N.T. Gerätebau GmbH, [www.gunt.de](http://www.gunt.de)