



**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE**

# **LABORATORIUM PKM**

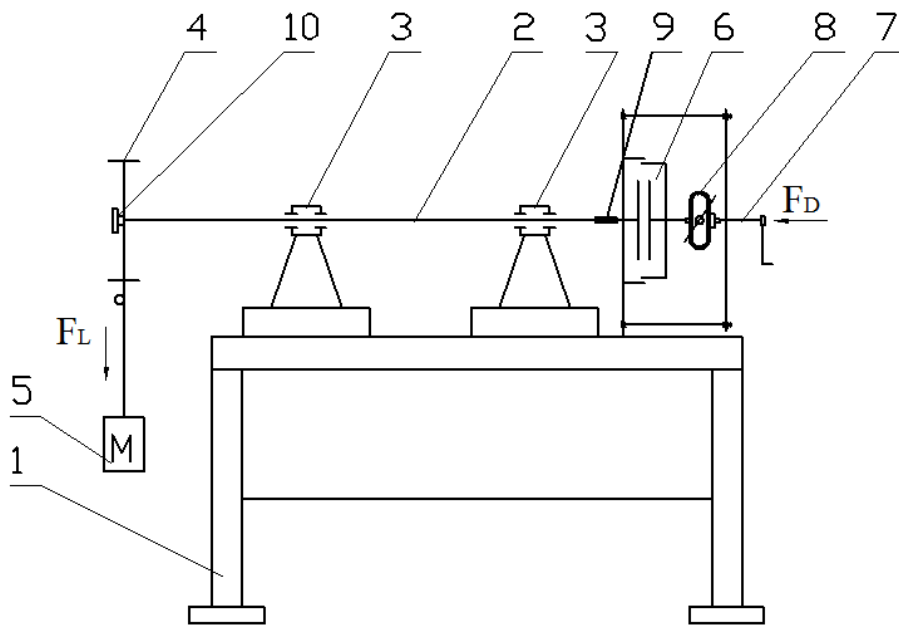
**Badanie statycznego i kinetycznego współczynnika tarcia dla wybranych skojarzeń ciernych**



**Katedra Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn**

Opracowanie dr inż. Dariusz Lepiarczyk

## BUDOWA STANOWISKA BADAWCZEGO



- 1 - korpus stanowiska
- 2 - wał
- 3 - łożyskowanie wału
- 4 - koło linowe
- 5 - obciążniki (układ obciążający)
- 6 - tarcze cierne
- 7 - śruba regulacyjna siłę nacisku  $F_D$

8 - czujnik siły

9 - czujniki tensometryczne do pomiaru momentu skręcającego

10 - czujnik kąta do pomiaru prędkości przemieszczenia tarczy sprzęgła

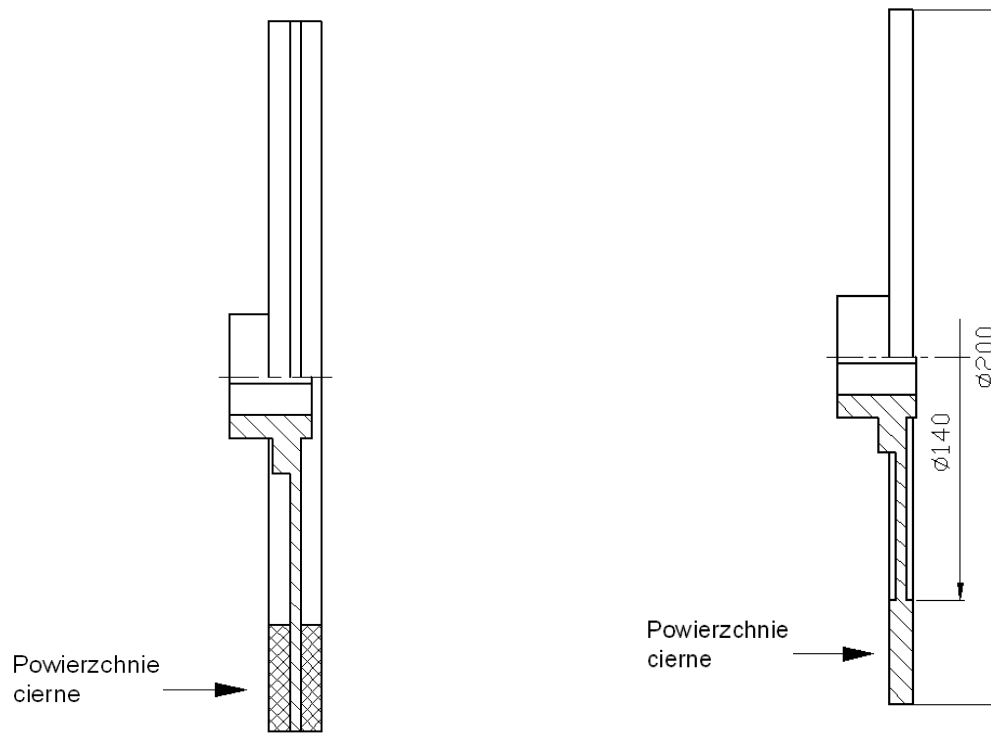
## BUDOWA STANOWISKA BADAWCZEGO



## BUDOWA STANOWISKA BADAWCZEGO

**Stanowisko laboratoryjne** zbudowane jest z korpusu 1, na którym wał 2 został podparty na dwóch łożyskach tocznych 3. Na jednym końcu wału 2 zamocowano koło linowe 4 z odważnikami 5, jako układ obciążający oraz czujnik kąta skręcenia wału 10. Na drugim jego końcu zamontowano tarcze cierne 6 z możliwością ich wymiany. Nacisk na współpracujące tarcze cierne siłą  $F_D$  jest wywierany za pomocą śruby regulacyjnej 7. Siła dociskająca tarcze mierzona jest za pomocą tensometrycznych czujników siły 8, naklejonych na pałakowy, sprężysty przetwornik siły. Pomiar momentu skręcającego dokonywany jest za pomocą czujników tensometrycznych 9.

# Opis budowy stanowiska laboratoryjnego

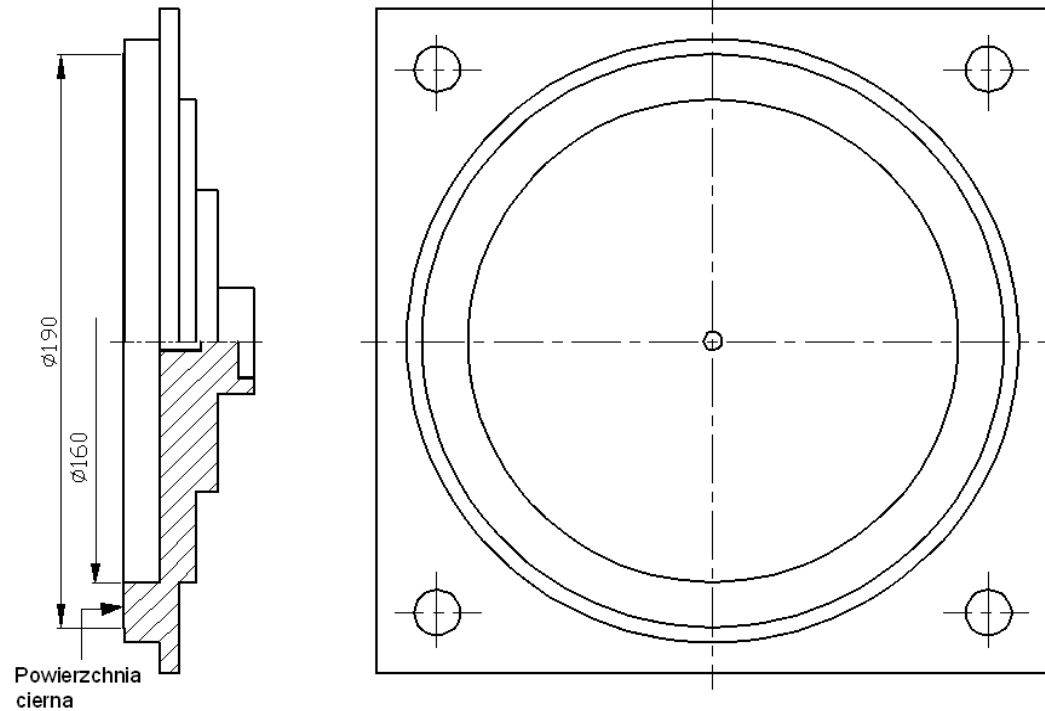


Wymienne tarcze cierne: a) tarcza cierna z powierzchniami ciernymi wykonanymi z tworzywa sztucznego b) tarcza cierna z stalowymi powierzchniami ciernymi

# Opis budowy stanowiska laboratoryjnego



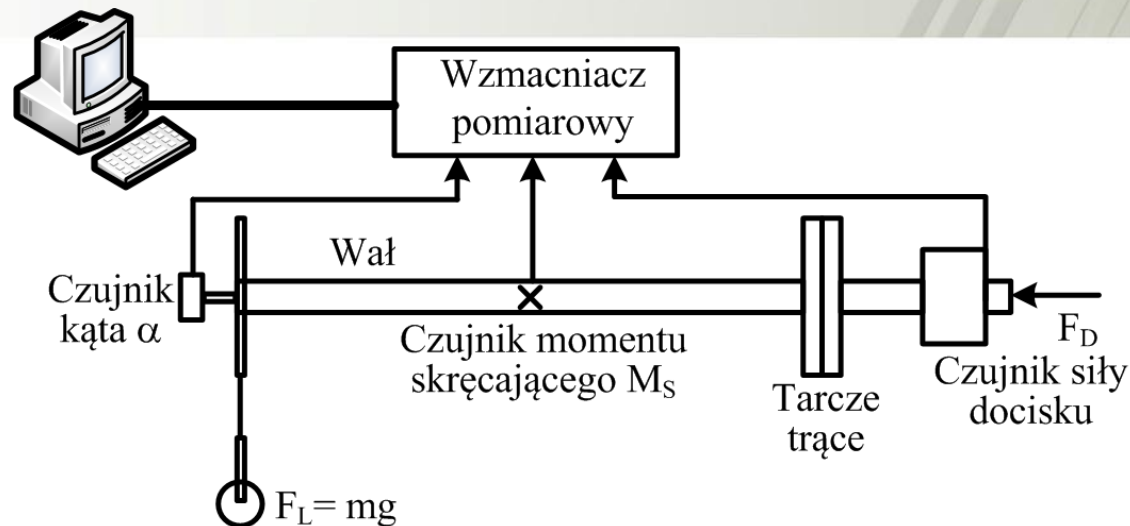
## BUDOWA STANOWISKA BADAWCZEGO



Konstrukcja tarczy ciernej dociskowej przesuwnej



# BUDOWA SYSTEMU POMIAROWEGO



Siła dociskająca tarcze mierzona jest za pomocą czujnika siły. Pomiar momentu skręcającego dokonywany jest za pomocą czujników tensometrycznych, cztery sztuki czujników naklejone na powierzchni wału parami w kierunkach wzajemnie prostopadłych, pod kątem  $45^\circ$  względem tworzącej wału po przeciwnych jego stronach i połączone w pełny mostek. Kąt skręcenia wału mierzony jest za pomocą cyfrowego, 10-bitowego czujnika kąta, co zapewnia błąd rozdzielczości pomiaru na poziomie  $0,35^\circ$ . Czujnik siły i momentu skręcającego współpracują z kanałami wzmacniacza pomiarowego działającymi na zasadzie modulacji amplitudy, co zapewnia skuteczną eliminację zakłóceń. Czujnik kąta podłączony jest do wejść cyfrowych wzmacniacza. Czujniki współpracują z wielokanałowym wzmacniaczem typu Spider8 firmy HBM połączonym za pomocą interfejsu (IEEE1284 lub USB) z komputerem. Procedura pomiarowa realizowana jest za pomocą firmowego oprogramowania *Catman* firmy HBM. Wszystkie wielkości mają charakter dynamiczny, mierzone są więc i rejestrowane jako wielkości zmienne w czasie.

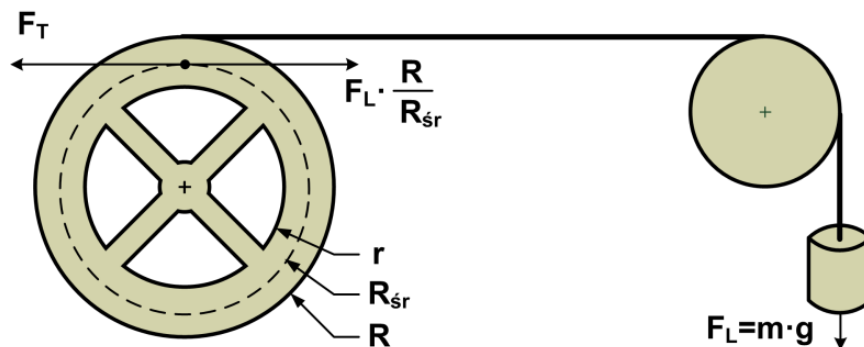


# PRZEBIEG ĆWICZENIA

1. Założenie tarczy ciernej (6),
2. Dociśnięcie tarczy wstępnie siłą  $F_D$  (7),
3. Obciążenie koła linowego (4) odważnikiem o masie  $M$  (5),
4. Włączenie układ pomiarowego i rejestrującego,
5. Stopniowe zmniejszanie wartości siły docisku do zerwania kontaktu między tarczami, powodujące opadnięcie ciężaru  $M$ ,
6. Odczytanie i zapisanie otrzymanych wyników pomiaru: siły, momentu i kąta ,
7. Powtórzenie pomiaru dla innego obciążenia  $M$ ,
8. Wykonanie kolejnego cyklu pomiaru dla innej tarczy ciernej.

# OPRACOWANIE WYNIKÓW

Rozkład sił obciążenia badanego sprzężenia ciernego na stanowisku badawczym przedstawiono na rys.:



Zamontowane na wale tarcze ciernie poddawane są z jednej strony działaniu zewnętrznego momentu obciążenia  $M_{obc}$  określanego jako iloczyn sił zewnętrznej obciążającej  $F_L$  oraz promienia  $R_t$  tarczy na którym zamocowano obciążenie o masie  $m$  :

$$M_{obc} = F_L \cdot R_t = m \cdot g \cdot R_t \quad (1)$$

## OPRACOWANIE WYNIKÓW

z drugiej strony działaniu siły docisku  $F_D$ . Wartość średnia siły tarcia występująca na powierzchni sprzężonych tarcz przy założeniu, że nacisk na nie rozłożony jest równomiernie oraz:  $M_{obc} \leq M_T$  (moment obciążenia jest nie większy od momentu tarcia, więc tarcze pozostają w spoczynku), wynosi:

$$F_{TS} = \frac{M_{obc}}{R_{sr}} = \frac{m \cdot g \cdot R_t}{R_{sr}} \quad (2)$$

gdzie:  $F_{TS}$  jest siłą tarcia statycznego, a moment skręcający na wale  $M_S$  jest równy wówczas momentowi obciążenia  $M_{obc}$ :

$$M_S = M_{obc} = m \cdot g \cdot R_t \quad (3)$$

# OPRACOWANIE WYNIKÓW

Wartość średniego promienia tarcia obliczono według zależności:

$$R_{sr} = \frac{2}{3} \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} \quad (4)$$

gdzie:

R - zewnętrzny promień okładzin ciernych,  
r - wewnętrzny promień okładzin ciernych.

Wartość współczynnika tarcia statycznego  $\mu_s$  wyznaczana jest w trakcie eksperymentu polegającego na stopniowym zmniejszaniu siły docisku  $F_D$  pomiędzy powierzchniami trącymi tarczy, aż do momentu zerwania styku i poślizgu tarcz, a wtedy uwzględniając zależność na  $F_{TS}$  (2) można wyznaczyć:

# OPRACOWANIE WYNIKÓW

Współczynnik tarcia statycznego:

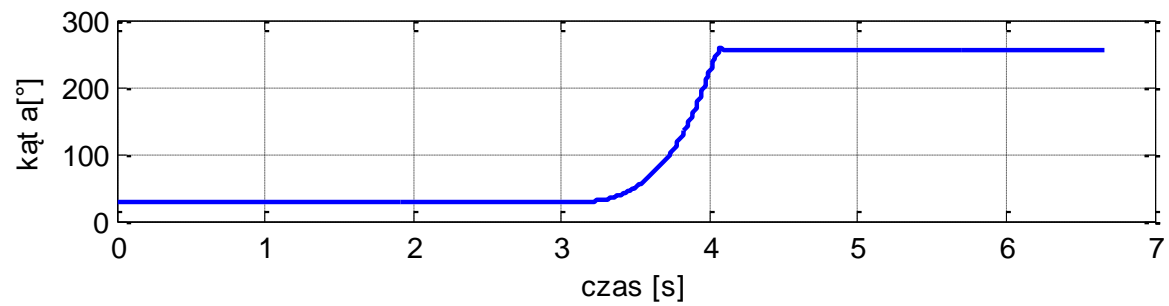
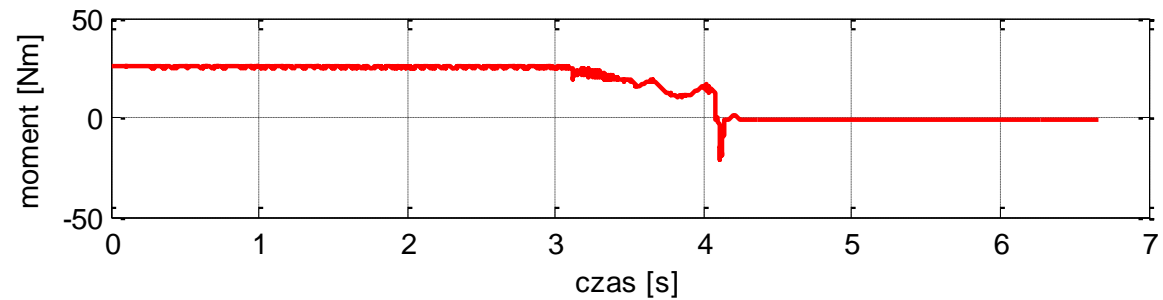
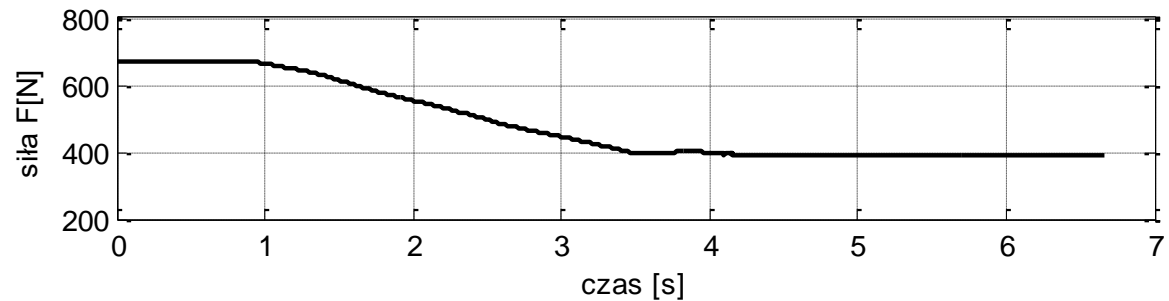
$$\mu_S = \frac{F_{TS}}{2F_D} = \frac{m \cdot g \cdot R_t}{2R_{sr} \cdot F_D}$$

(5)

# WYBRANE WYNIKI BADAŃ

## ŻELIWO - STAL

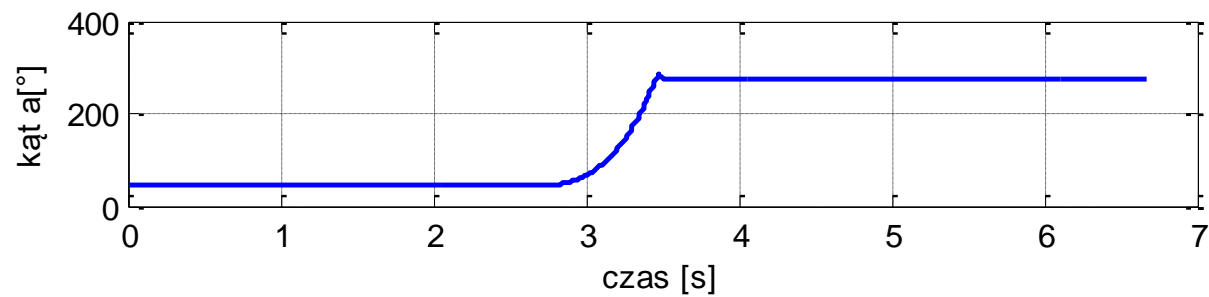
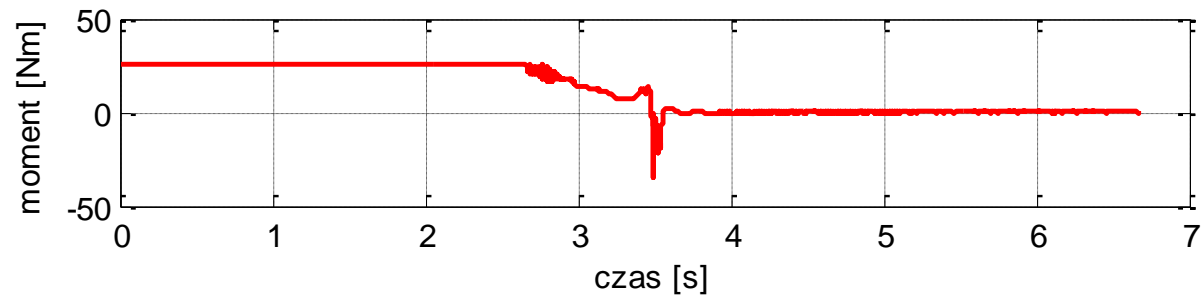
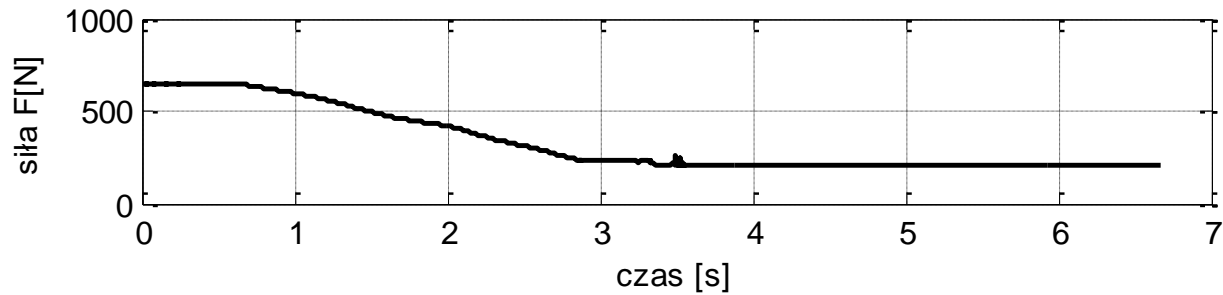
150N



# WYBRANE WYNIKI BADAŃ

ŻELIWO - ŻELIWO

150N

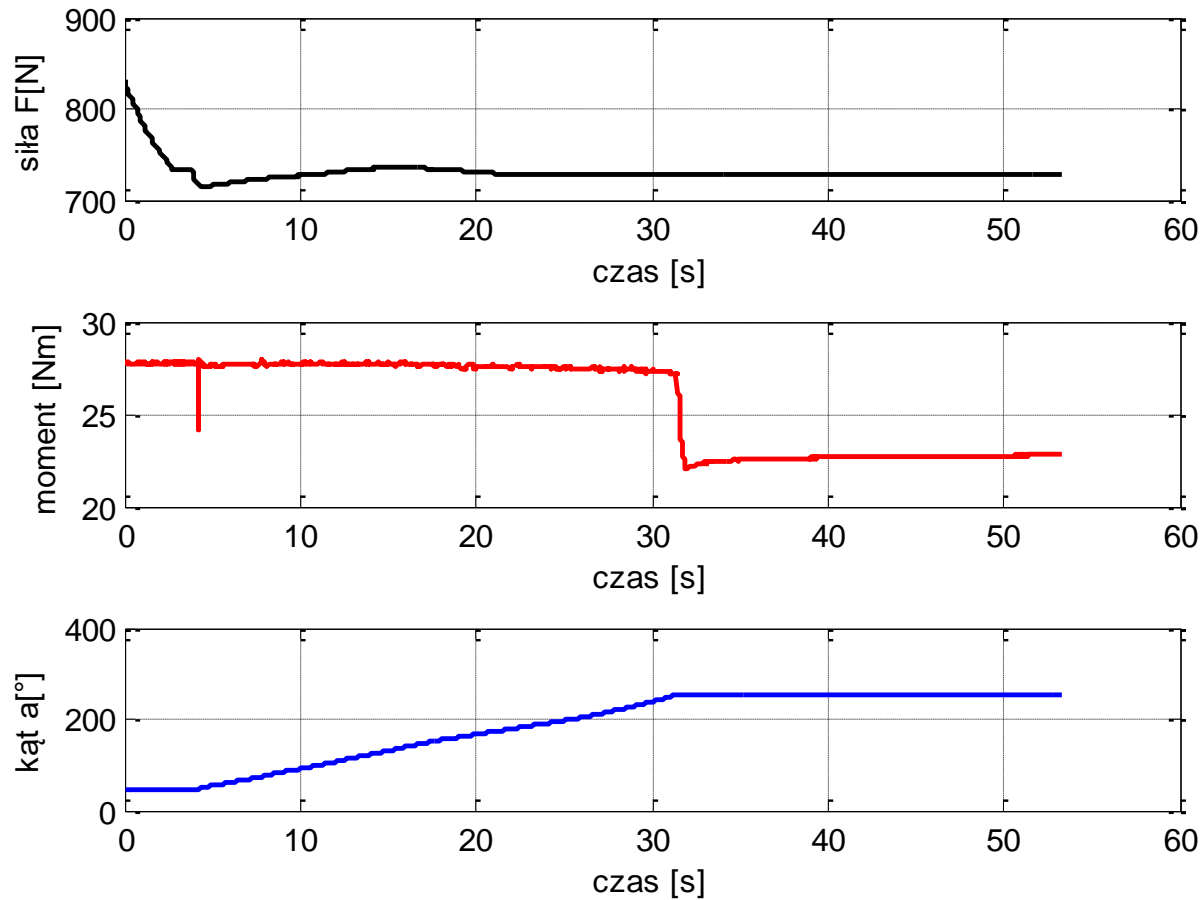




# WYBRANE WYNIKI BADAŃ

## ŻELIWO - FERODA

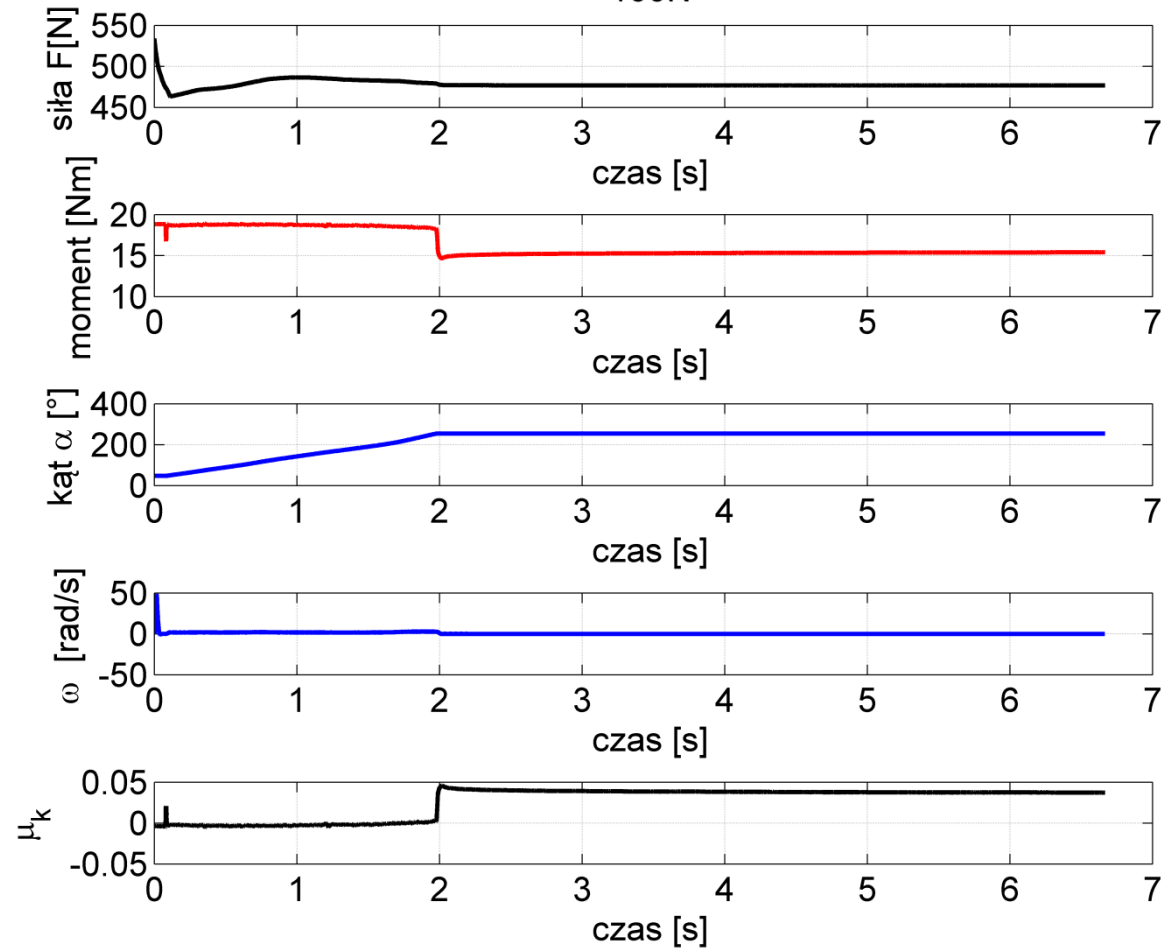
150N



# WYBRANE WYNIKI BADAŃ

## ŻELIWO - FERODA

100N



# Pytania kontrolne

1. Podział sprzęgieł ciernych.
2. Zastosowanie sprzęgieł ciernych.
3. Zalety i wady sprzęgieł ciernych w porównaniu z innymi sprzęgłami.
4. Wymenić podstawowe funkcje jakie spełniają sprzęgła cierne w napędach.
5. Narysować sprzęgło cierne tarczowe i przedstawić rozkład sił.
6. Narysować sprzęgło cierne stożkowe i przedstawić rozkład sił.
7. Omówić rodzaje materiałów ciernych stosowanych w budowie sprzęgieł.
8. Opisać czynniki wpływające na współczynnik tarcia.
9. Od czego zależy wartość momentu obliczeniowego w sprzęgłach ciernych.
10. Wymenić kryteria doboru sprzęgła ciernego z katalogu.