



Podstawowe dane techniczne silnika trakcyjnego typu 4EXA 2130 oraz typu STDa 280 – 4B

1. Podstawowe dane techniczne silnika trakcyjnego typu 4EXA 2130

1.1. Informacje ogólne

Silnik jest zamontowany w centralnej części wózka za pomocą trzech czopów montażowych. Dwa czopy usytuowane są tak, że ich osie poziome znajdują się na górnej stronie części środkowej wózka. Te punkty przyjmują obciążenia pionowe, poprzeczne i wzdłużne. Jeden czop o osi pionowej jest zamontowany w centralnej części, na dolnej stronie wózka. Ten punkt przyjmuje część obciążenia wzdłużnego i siłę reakcji wynikającą z momentu obrotowego.

1.2. Korpus silnika

Korpus silnika jest konstrukcją całkowicie spawaną. Jest wykonany z blach stalowych o niskiej stratności złożonych pomiędzy dwoma obrabianymi mechanicznie płytami stalowymi. Mechaniczne własności konstrukcji uzyskuje się przez wykorzystanie czterech wzdłużnych dźwigarów rozmieszczonych pod kątem do pakietu blach magnetycznych, czołowo przyspawanych do płyt końcowych, a także przyspawanych z zewnątrz wzdłuż całego obwodu magnetycznego. Wspornik montażowy jest wykonany z żeliwa. Część ta jest ustawiona ukośnie do boku korpusu. Montaż jest zrealizowany przez spawanie bezpośrednio do głównych końcowych płyt konstrukcyjnych.

1.3. Uzwojenie stojana

Uzwojenie stojana składa się z cewek w kształcie rombu, nawiniętych płaskim, miedzianym przewodem. Przewód jest izolowany przez owinięcie taśmą poliamidową typu „KAPTON”. Izolacja uzwojeń cewek pomiędzy zasilaniem a masą jest uzyskana poprzez bezprzerwowe owinięcie mikową taśmą szklaną.

Cewki są układane w żłobkach stojana zabezpieczonych za pomocą wykładziny typu „Nomex Kapton”. Klipy żłobków są wykonane z żywicy poliamidowej impregnowanej tkaniną szklaną. Po zamontowaniu cewki są łączone przy wykorzystaniu wysokotemperaturowego lutowania punktowego stopem twardym. W pełni wykonane



uzwojenie jest następnie poddawane procesowi obróbki VPI (ang. vapour-phase inhibitor, tzn. nakładanie lotnego inhibitora korozji). Cały system jest klasyfikowany jako system odpowiadający przyrostowi temperatury klasy 200 ($200 + 10\text{ °K}$ przyrostu dla temperatury otoczenia do 40 °C).

1.4. Wirnik

Uzwojenie wirnika składa się z montowanego na gorąco na wale i zaciśniętego pomiędzy dwoma płytami końcowymi pakietu blach. Klatka wirnika zrobiona jest z prętów ze stopu miedzi i pierścieni połączonych przy wykorzystaniu wysokoczęstotliwościowego lutowania indukcyjnego stopami twardymi. Pręty są laminowane bezpośrednio do końcowego przekroju trapezoidalnego. Pierścienie z miedzi chromowo-cynkowej są kute na pożądany wymiar i poddawane obróbce cieplnej, która gwarantuje końcowe własności mechaniczne. Wirnik jest dynamicznie wyważany z najwyższymi współczynnikami dokładności.

1.5. Wał wirnika

Wał wirnika wykonany jest ze stali stopowej o wysokiej wytrzymałości. Na końcu wału, od strony napędowej zamontowane jest sprzęgło zębate połączone z przekładnią montowane hydraulicznie na wcisk. Na przeciwnym końcu wału umieszczony jest wentylator.

1.6. Wentylator główny

Wentylator główny jest wentylatorem typu wirnikowego. Zapewnia pracę przy niskim natężeniu dźwięku bez czystych tonów harmoniczných. Jest zamontowany z zewnątrz do ramy silnika na nienapędowym końcu wału. Strumień powietrza jest kierowany do kanałów wymiany ciepła na zewnętrznym obwodzie pakietu obwodu magnetycznego. Turbina jest uźębiona zewnątrz i spełnia rolę tarczy czujnika prędkości.

1.7. Wentylator pomocniczy

Jest zamontowany wewnątrz, na końcu wału od strony napędu. Wymusza on wewnętrzny przepływ powietrza w silniku wyrównując różnicę temperatur w różnych częściach.

1.8. Tarcze końcowe silnika

Pokrywy łożyskowe silnika wykonane są z żeliwa ciągliwego. Na końcu przeciwnym do odbioru napędu tarcza spełnia funkcję dyfuzora przepływu powietrza z wentylatora oraz podpory łożyska i umożliwia zamontowanie czujnika prędkości. Po stronie odbioru napędu



pokrywa jest uźebrowana dla zapewnienia większej sztywności mechanicznej i poprawy wymiany ciepła z zewnętrznym strumieniem powietrza chłodzącego.

1.9. Połączenia elektryczne

Połączenia elektryczne są zrealizowane poprzez przewody połączone wewnętrznie na izolatorach. Przewody te są wyprowadzone do skrzynki przyłączeniowej montowanej w górnej części silnika.

1.10. Łożyska

Po stronie odbioru napędu zastosowane zostało łożysko kulkowe typu FAG 6215.C4.J20B a po przeciwnej stronie łożysko wałeczkowe typu FAG NU 215.M1.C4.F1.J20.B. Są to łożyska o wysokiej wytrzymałości smarowane smarami stałymi. Smarowniczki umożliwiają okresową wymianę smaru.

1.11. Czujniki prędkości

Silnik trakcyjny ma zamontowany także czujnik prędkości obrotowej w postaci zębatej tarczy i modułu pomiarowego. Działa na zasadzie zjawiska Halla i montowany jest bezpośrednio na silniku trakcyjnym w celu wykrywania maksymalnej prędkości silnika trakcyjnego. Czujnik prędkości jest zamontowany bezpośrednio na silniku trakcyjnym, po stronie przeciwnej wału niż napędzany mechanizm.

Czujnik generuje sygnał wyjściowy w postaci przebiegu prostokątnego, jest przystosowany do pracy w zakresie temperatur -40 do $+125$ °C oraz jest odporny na drgania i wstrząsy zgodnie z wymaganiami normy MIL STD 202. (drgania sinusoidalne przyspieszenia 20 g – metoda 204, drgania przypadkowe dla przyspieszeń 7.56 g - metoda 214, dla przyspieszeń 100 g - metoda uderzeń 213).

Odstęp czujnika od tarczy koła nadawczego powinien wynosić $0,75 \pm 0,2$ mm. Sprawdzenie położenia czujnika prędkości względem koła nadawczego przedstawione jest na rys. 3.



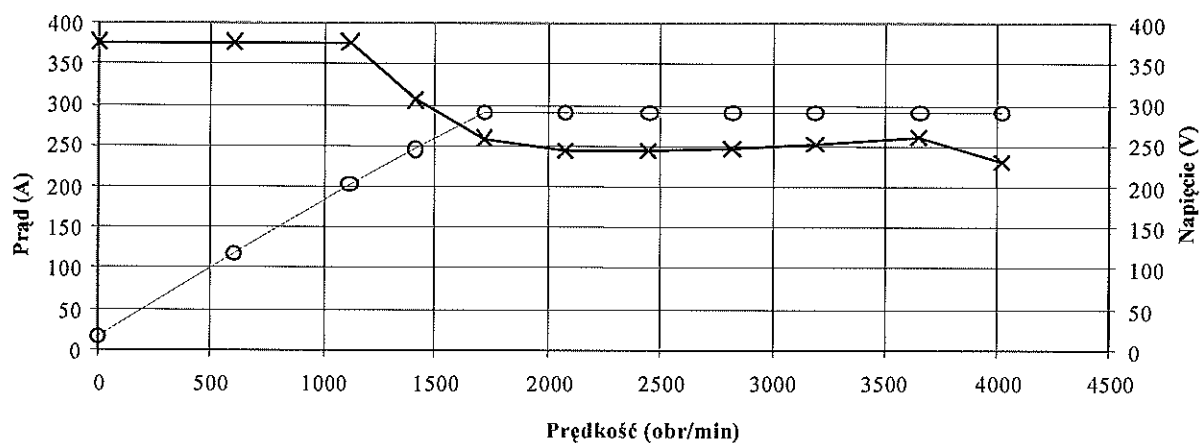
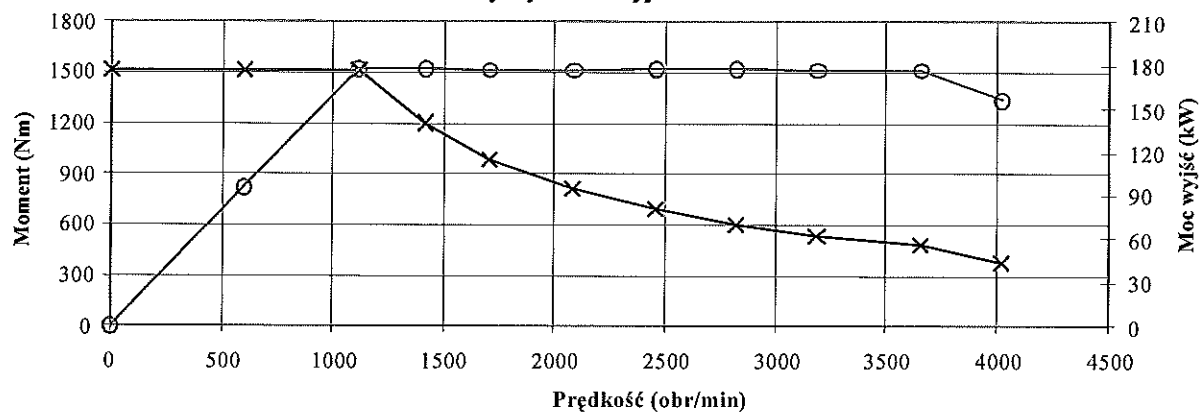
1.12. Parametry nominalne silnika trakcyjnego typu 4EXA 2130

Nominalne parametry silnika, parametry pracy dla 290 V przemiennego napięcia fazowego oraz charakterystyki trakcyjne w funkcji prędkości znajdują się poniżej:

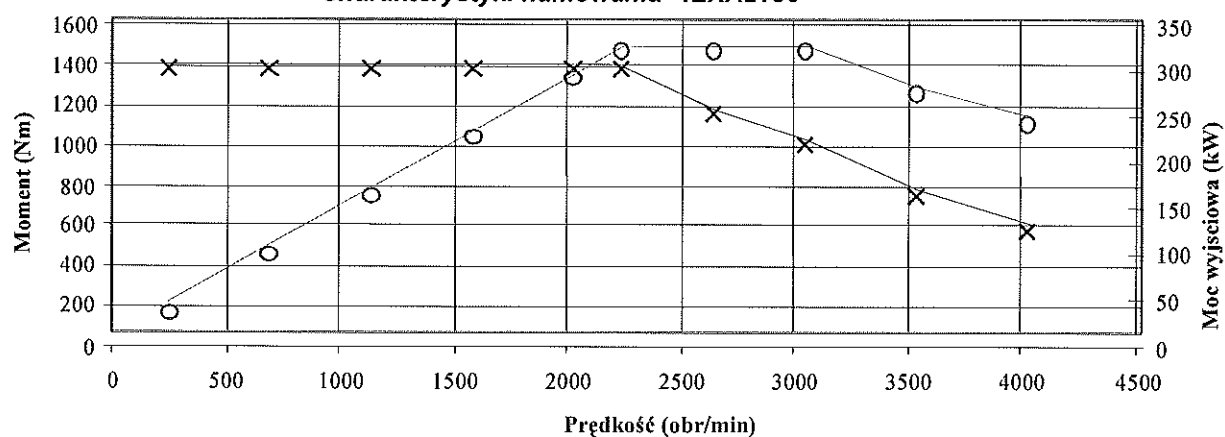
Parametr	Wartość
Nominalne napięcie fazowe i przewodowe przy pracy silnikowej	290 V / 500 V
Nominalne napięcie fazowe i przewodowe przy pracy prądnicowej	320 V / 550 V
Częstotliwość	63 Hz
Moc na wale	180 KW
Prąd fazowy	259 A
Prędkość obrotowa wału	1839 obr/min
Moment silnika	900 Nm
Sprawność	~94 %
Przyrost temperatury	120 °C (wzbudzenie sinusoidalne)
Maksymalny moment przy pracy silnikowej	1470 Nm
Maksymalny moment przy hamowaniu	1290 Nm
Klasa izolacji	200
Wymiary	Rys. 1, 2, 4a, 4b, 4c, 4d
Masa	630 kg
Temperatura pracy: – w tunelu – na powierzchni	od +5°C do +30°C od -35°C do + 40°C
Wilgotność względna powietrza w tunelu	do 80% przy 25 °C

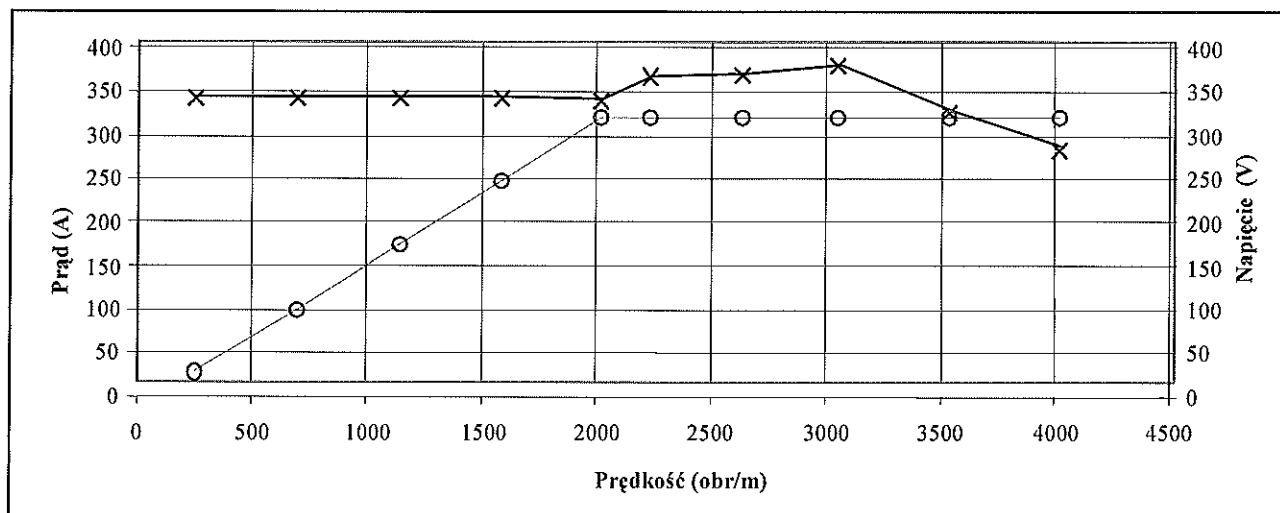


Charakterystyki trakcyjne 4EXA2130



Charakterystyki hamowania 4EXA2130





2. Podstawowe dane techniczne silnika trakcyjnego typu STDa 280 – 4B

2.1 Opis ogólny

Silnik trakcyjny typu STDa 280 – 4B jest trójfazowym silnikiem asynchronicznym o czterech biegunach z wbudowanym przewietrznikiem. Wirnik klatkowy jest konstrukcji prętowej. Obudowa silnika posiada stopień ochrony IP 22 wg PN-EN 60034-5.

Silnik jest przystosowany do zasilania z przemiennika częstotliwości sterowanego metodą modulacji szerokości impulsów (PWM). Zastosowanie falownika umożliwia napędowi pracę z płynną regulacją prędkości obrotowej. Silnik jest kompatybilny z silnikiem trakcyjnym typu 4EXA 2130 produkcji ALSTOM.

2.2 Kadłub i stojan

Kadłub jest konstrukcją spawaną, wykonaną z pakietu blach magnetycznych spawanych pomiędzy dwoma obrabianymi mechanicznie pierścieniami stalowymi. Mechanicznie własności konstrukcji uzyskuje się poprzez przyspawanie czterech wzdłużnych płyt ustawionych pod kątem do pakietu blach magnetycznych, czołowo przyspawanych do pierścieni końcowych, a także przyspawanych wzdłuż całego obwodu magnetycznego.

Uzwojenie stojana składa się z regulowanych cewek (rombowych), nawiniętych płaskim, miedzianym przewodem. Przewód jest izolowany przez owinięcie taśmą poliamidową typu „KAPTON” FWR. Uzwojenie wykonane jest w klasie izolacji 200. Impregnacja uzwojenia



próżniowo – ciśnieniowa VPI (Vacuum Pressure Impregnation). Wytrzymałość izolacji sprawdza się napięciem probierczym 3700 V.

2.3 Wirnik

Uzwojenie wirnika składa się z montowanego na wale i zaciśniętego pomiędzy dwoma pierścieniami dociskowymi pakietu blach. Pręty wirnika oraz pierścienie zwierające wykonane są ze specjalnego stopu miedzi zastosowanego w celu podwyższenia wytrzymałości mechanicznej uzwojenia wirnika.

Wał wirnika wykonany jest ze stali stopowej o wysokiej wytrzymałości. Na wale umieszczony jest wentylator tłoczący powietrze chłodzące do kanałów osiowych znajdujących się w pakiecie blach wirnika i stojana. Wirnik jest dynamicznie wyważony w klasie dokładności G1 wg PN-93/N-01359. Czop końcowy wału, od strony napędowej jest przystosowany do zamontowania sprzęgła zębatego połączonego z przekładnią (nakładane ciśnieniowo olejem). Na końcu wału od strony przeciwnapędowej zamocowana jest tarcza czujnika obrotów.

2.4 Tarcze łożyskowe

Tarcze łożyskowe osadzone są na zamkach i przykręcone śrubami do kadłuba. Wykonane są z żeliwa sferoidalnego. Od strony przeciwnapędowej tarcza spełnia funkcję dyfuzora przepływu powietrza z wentylatora, podpory łożyska i umożliwia zamontowanie czujnika prędkości obrotowej. Po stronie napędowej pokrywa jest uzębrowana dla zapewnienia większej sztywności mechanicznej i poprawy wymiany ciepła z zewnętrznym strumieniem powietrza chłodzącego. Na obu tarczach zamontowane są osłony z blachami perforowanymi umożliwiającymi przepływ powietrza.

2.5 Łożyskowanie

Po stronie napędowej zastosowane jest łożysko walcowe, natomiast po stronie przeciwnapędowej łożysko kulkowe. Są to łożyska o wysokiej wytrzymałości, smarowane smarami stałymi. Dodatkowo w tarczach zamontowane są smarowniczki umożliwiające okresowe dosmarowanie. Łożyska są smarowane smarem stałym SHC 220 MOBILITH.

Do łożyskowania silnika zastosowano:

- od strony napędowej D – łożysko walcowe NU215ECMC4 (alternatywnie NU215M1C4F1J20B)
- od strony przeciwnapędowej N – łożysko kulkowe 6215JC4 (alternatywnie 6215C4J20B)



2.6 Skrzynka zaciskowa

Przewody zasilające silnik należy podłączyć do zacisków znajdujących się w skrzynce zaciskowej. Skrzynka zaciskowa przykręcona do kadłuba jest wykonana z materiału o nazwie handlowej mata poliestrowa wzmocniona włóknem szklanym. Przewody od silnika wprowadzone są do skrzynki zaciskowej poprzez wykonany w kadłubie podłużny otwór. Pomiędzy kadłubem a skrzynką umieszczona jest uszczelka.

Dostęp do zacisków uzyskuje się po odkręceniu dwóch śrub oraz nakrętki śruby dwustronnej i zdjęciu pokrywy skrzynki zaciskowej.

Zaciski oznaczone są jako U, V, W i do nich należy podłączyć żyły przewodów zasilających silnik odkręcając śruby M12. Wprowadzenie przewodów zasilających do skrzynki odbywa się poprzez uszczelki znajdujące się w skrzynce.

2.7 Czujnik prędkości obrotowej

Silnik trakcyjny jest wyposażony w czujnik prędkości obrotowej typu ME10AG-001 (Rowe Hankins Components Ltd) i tarczę czujnika. Czujnik działa na zasadzie efektu Halla i jest montowany w celu wykrywania maksymalnej prędkości obrotowej silnika. Generuje on sygnał wyjściowy w postaci przebiegu prostokątnego, jest przystosowany do pracy w zakresie temperatur – 40 do + 125°C. Czujnik prędkości jest zamontowany bezpośrednio na silniku trakcyjnym, po stronie przeciwnej wału niż napędzany mechanizm. Szczelina powietrzna pomiędzy czujnikiem obrotów a kołem nadawczym to $0,75 \pm 0,2$ mm. Sprawdzenie położenia czujnika prędkości względem koła nadawczego przedstawione jest na rys. 3.



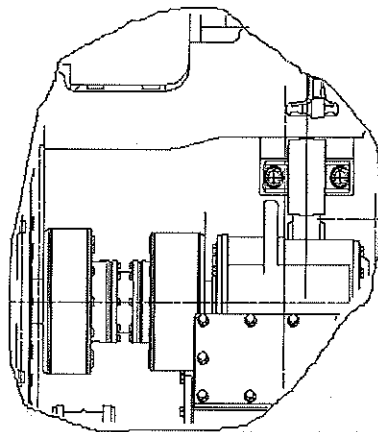
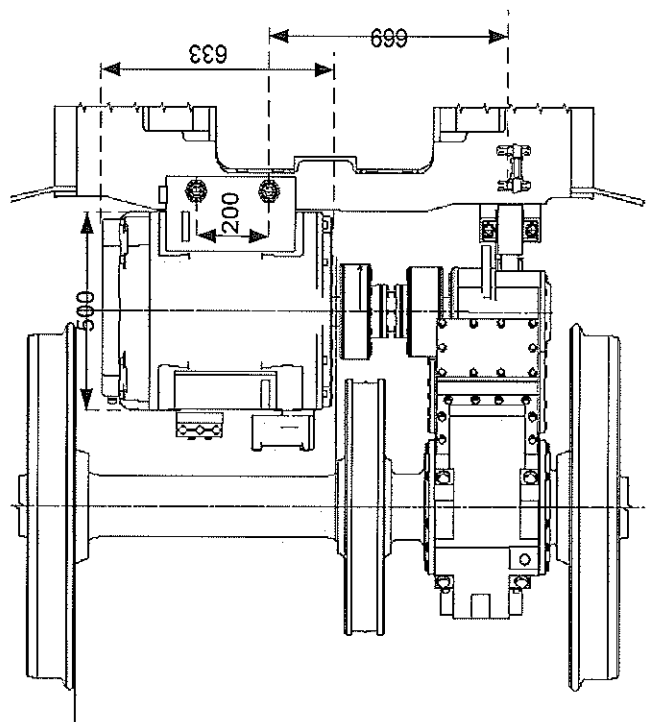
2.8 Parametry nominalne silnika trakcyjnego typu STDa 280 – 4B

Parametr	Wartość
Nominalne napięcie fazowe i przewodowe przy pracy silnikowej	290 V / 500 V
Nominalne napięcie fazowe i przewodowe przy pracy prądnicowej	320 V / 550 V
Częstotliwość	63 Hz
Moc na wale	180 KW
Prąd fazowy	257 A
Prędkość obrotowa wału	1854 obr/min
Moment silnika	927 Nm
Sprawność	~94 %
Moment bezwładności wirnika	1,898 kgm ²
Maksymalny moment przy pracy silnikowej	1470 Nm
Maksymalny moment przy hamowaniu	1290 Nm
Klasa izolacji	200
Wymiary	Rys. 5a, 5b, 5c
Masa	589 kg + 5%
Temperatura pracy: – w tunelu – na powierzchni	od +5°C do +30°C od -35°C do + 40°C
Wilgotność względna powietrza w tunelu	do 80% przy 25 °C



3. Podstawowe wymagania techniczne które muszą być spełnione podczas realizacji zamówienia:

- Rezystancja izolacji uzwojeń stojana $\geq 5 \text{ M}\Omega$, przy napięciu **1000VDC** (w temp. zbliżonej do temp. pracy - ok. 30°C na obudowie silnika w razie niemożności w temp. pokojowej ok. 20°C),
- Mycie: temp. roztworu $80\text{-}90^\circ \text{C}$, temp. wody $50\text{-}60^\circ \text{C}$, ciśnienie $< 80 \text{ bar}$, odległość dyszy myjki - min. 30 cm , osuszenie w czasie $10\text{-}12 \text{ godz.}$ w temp. max. 100°C ,
- Brak zanieczyszczeń, pewność mocowania poszczególnych części i uzwojeń stojana oraz wirnika, brak widocznych uszkodzeń (szczególnie krawędzi uzwojeń stojana), brak uszkodzeń powierzchni czopów końcowych,
- Rodzaj/ nazwa środka smarnego SHC 220 MOBILITH, normatyw zużycia smaru przy wymianie - 30g na łożysko,
- Luz promieniowy łożyska wałeczkowego (od strony napędu) **min. $0,055 \text{ mm}$; max $0,125 \text{ mm}$** , luz promieniowy łożyska kulkowego (str. przeciwna napędu) **min. $0,020 \text{ mm}$; max $0,075 \text{ mm}$** ,
- Bicie końca wału max. **$0,05 \text{ mm}$** ,
- Brak zanieczyszczeń i widocznych uszkodzeń czujnika prędkości, pewność zamocowań, zgodność znaczników mocowań elementów złącznych. Odstęp od tarczy koła nadawczego wynosi **$0,75 \pm 0,2 \text{ mm}$** .

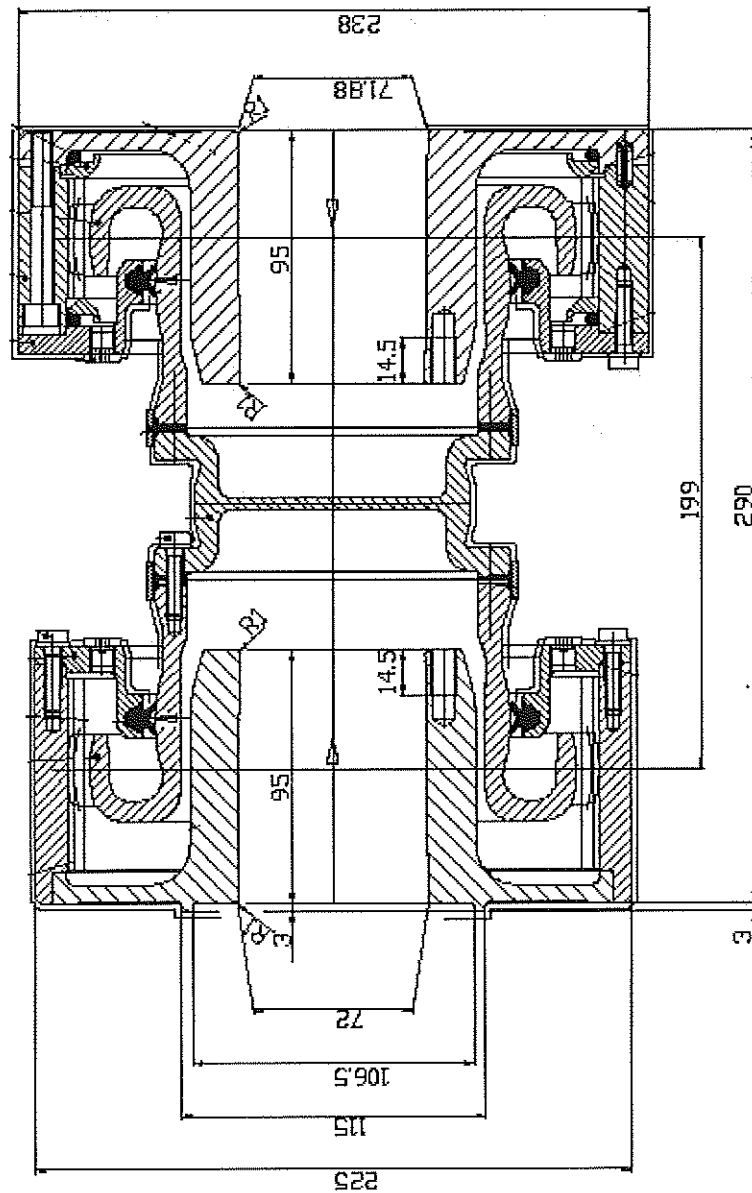


Rys.1. Zespół przeniesienia napędu

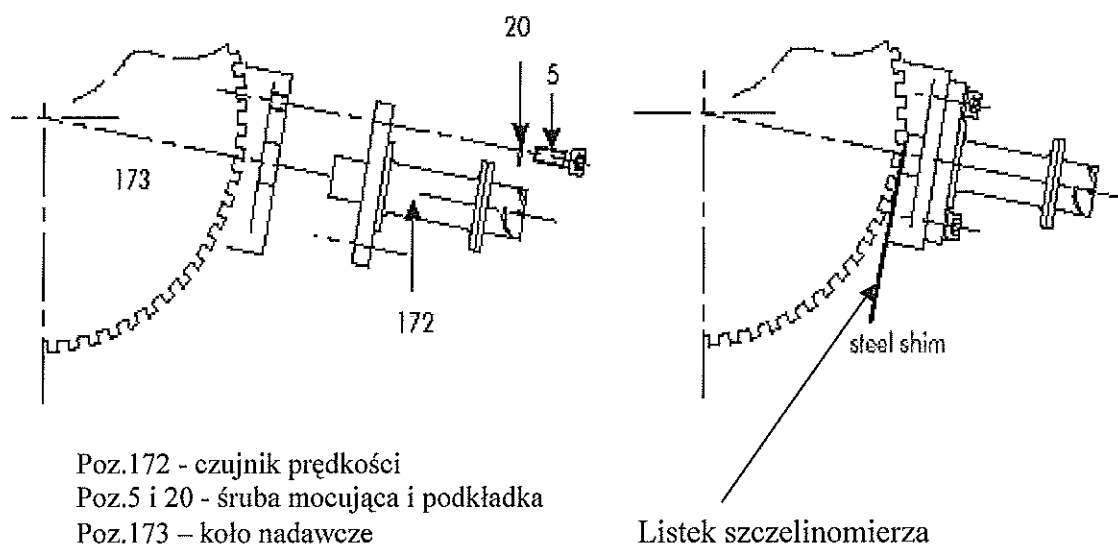


Strona silnika

Strona przekładni

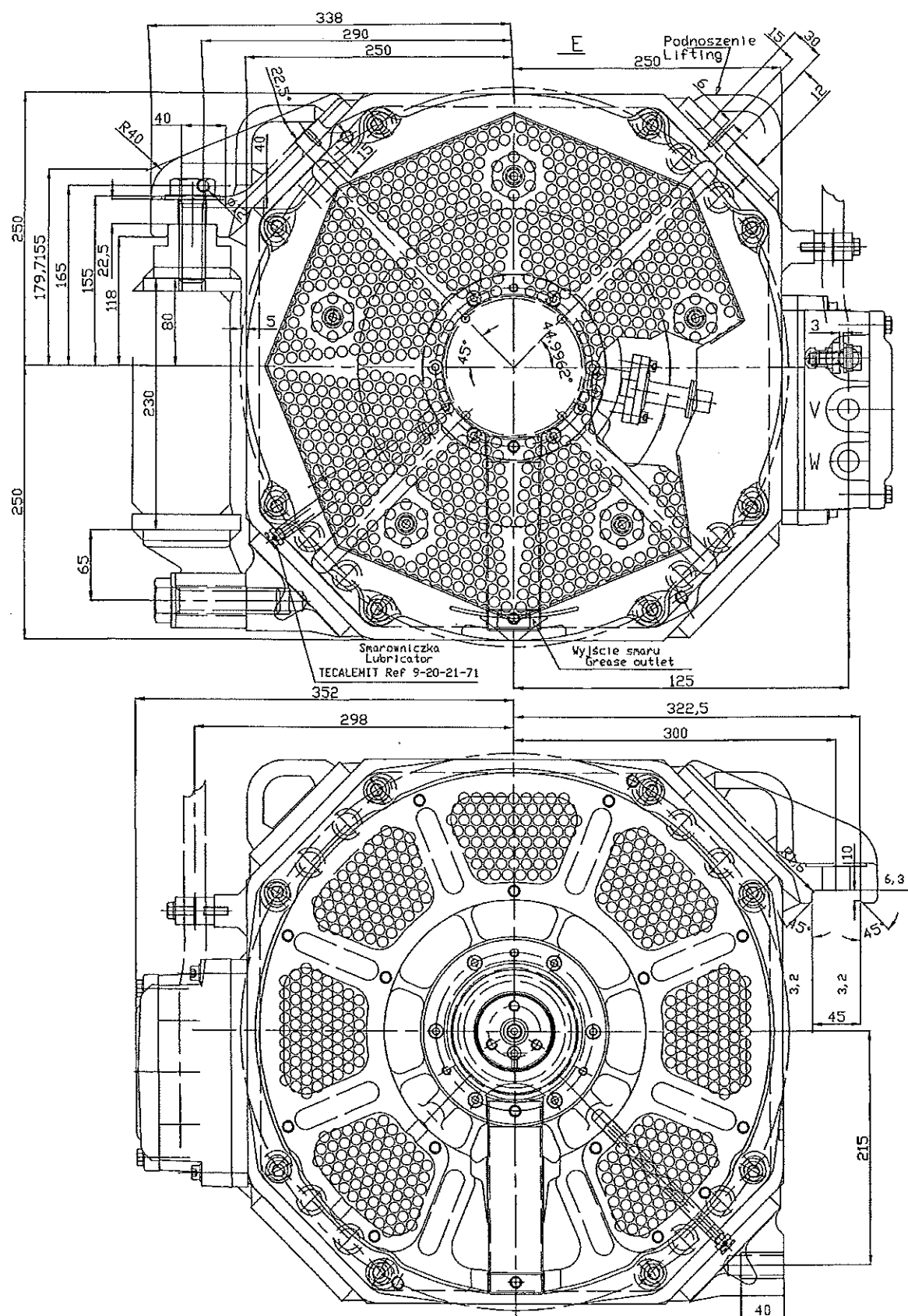


Rys.2. Sprzęgło

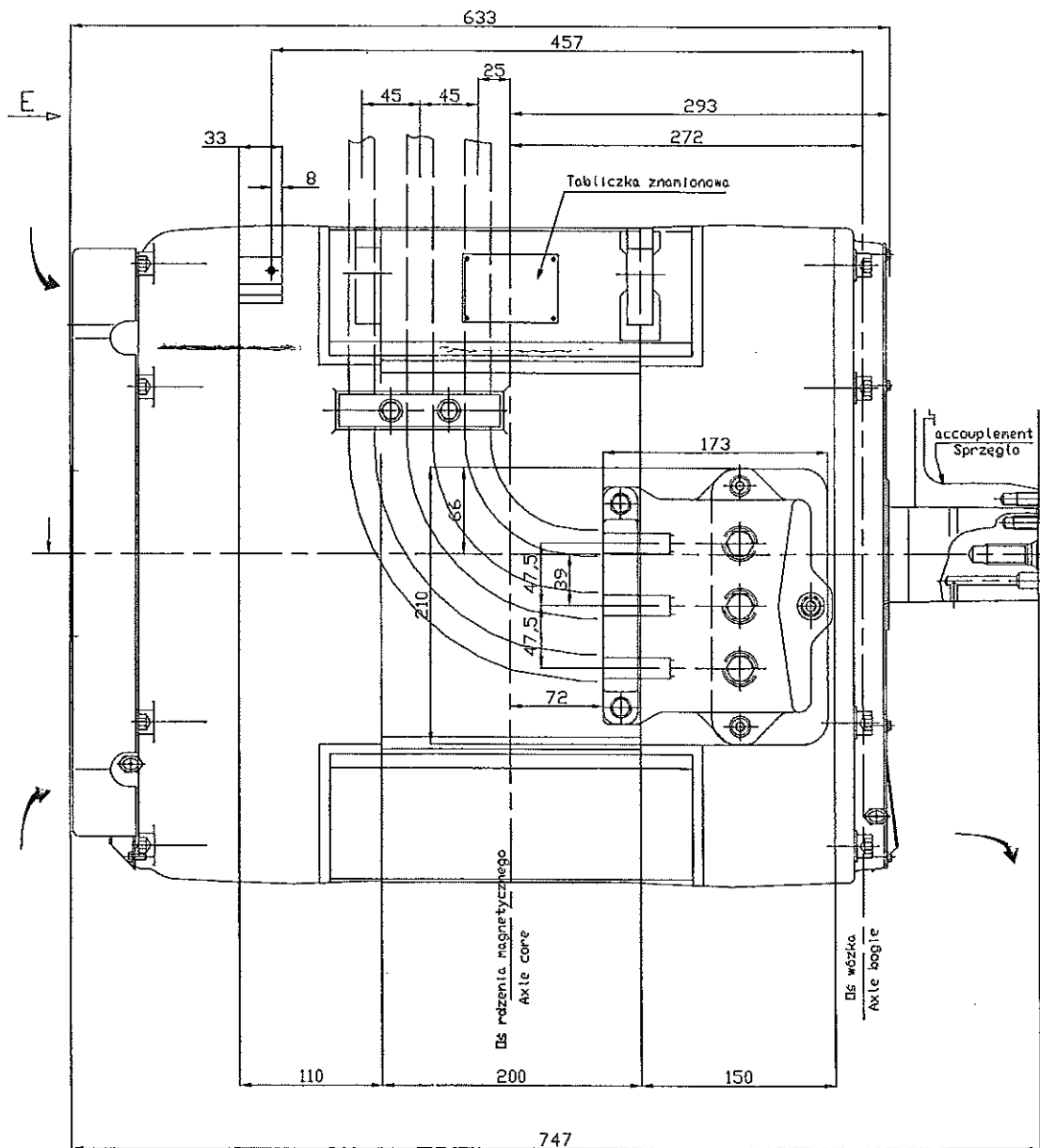


Rys. 3. Sprawdzenie położenia czujnika prędkości

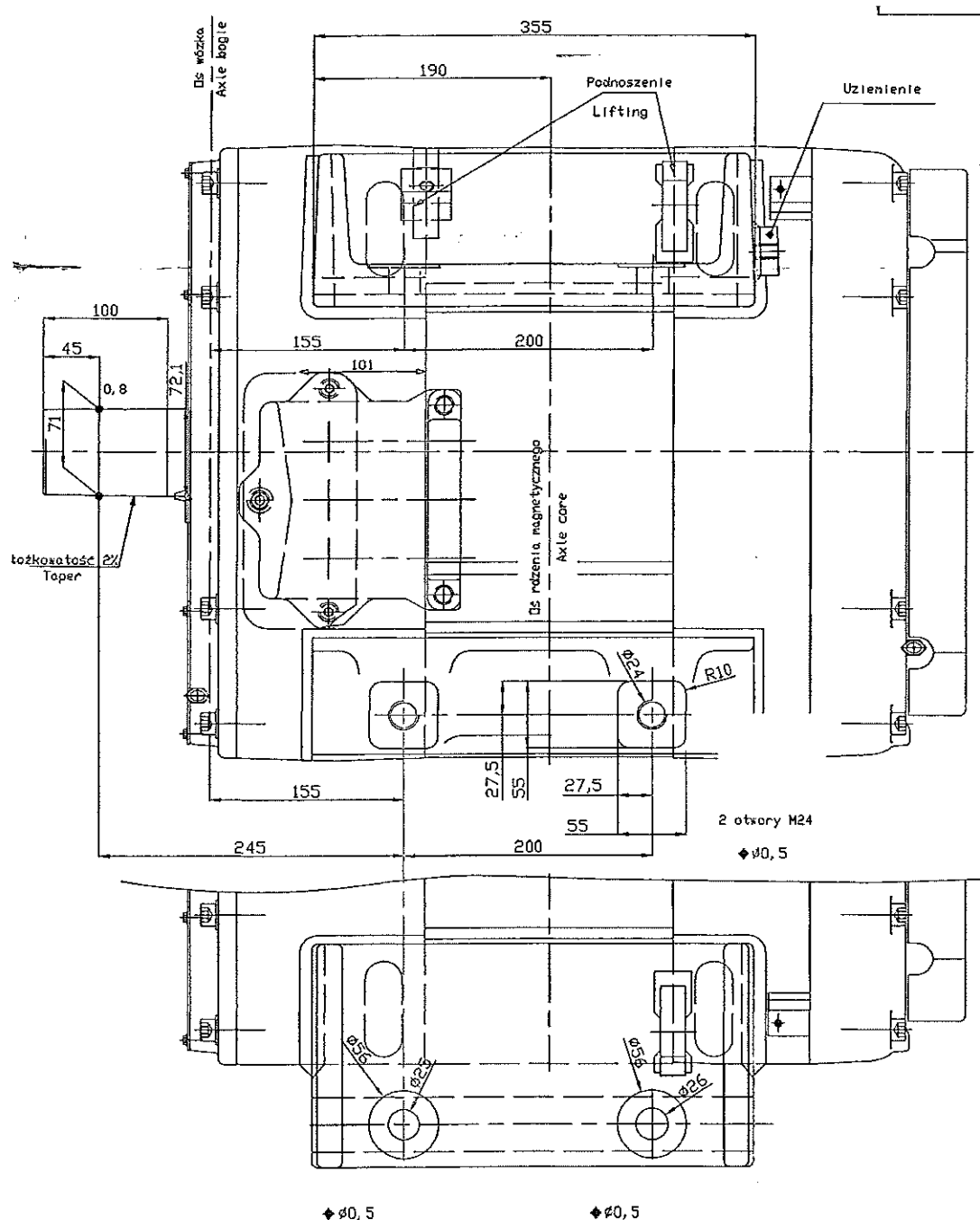
Rysunki wymiarowe silnika EXA 2130



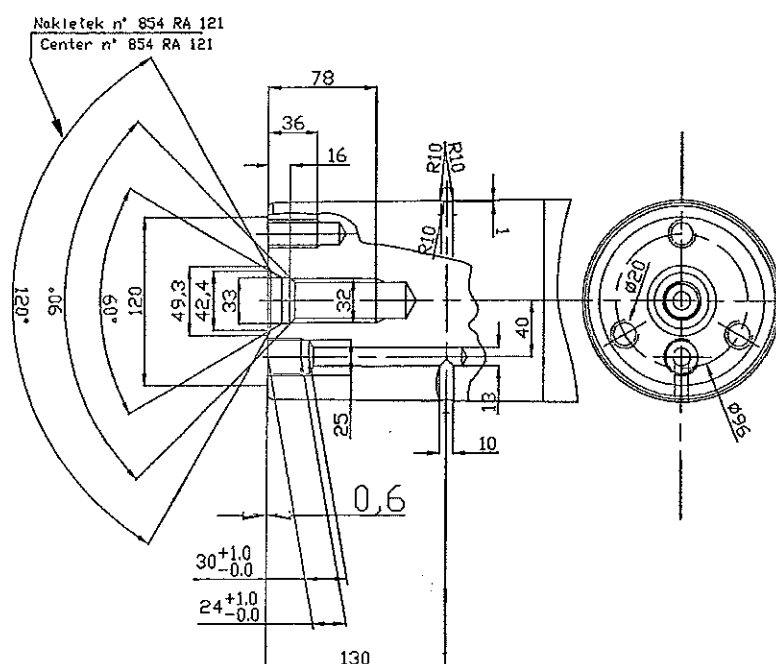
Rys.4a Strona wentylatora silnika



Rys.4b. Strona wału napędowego silnika



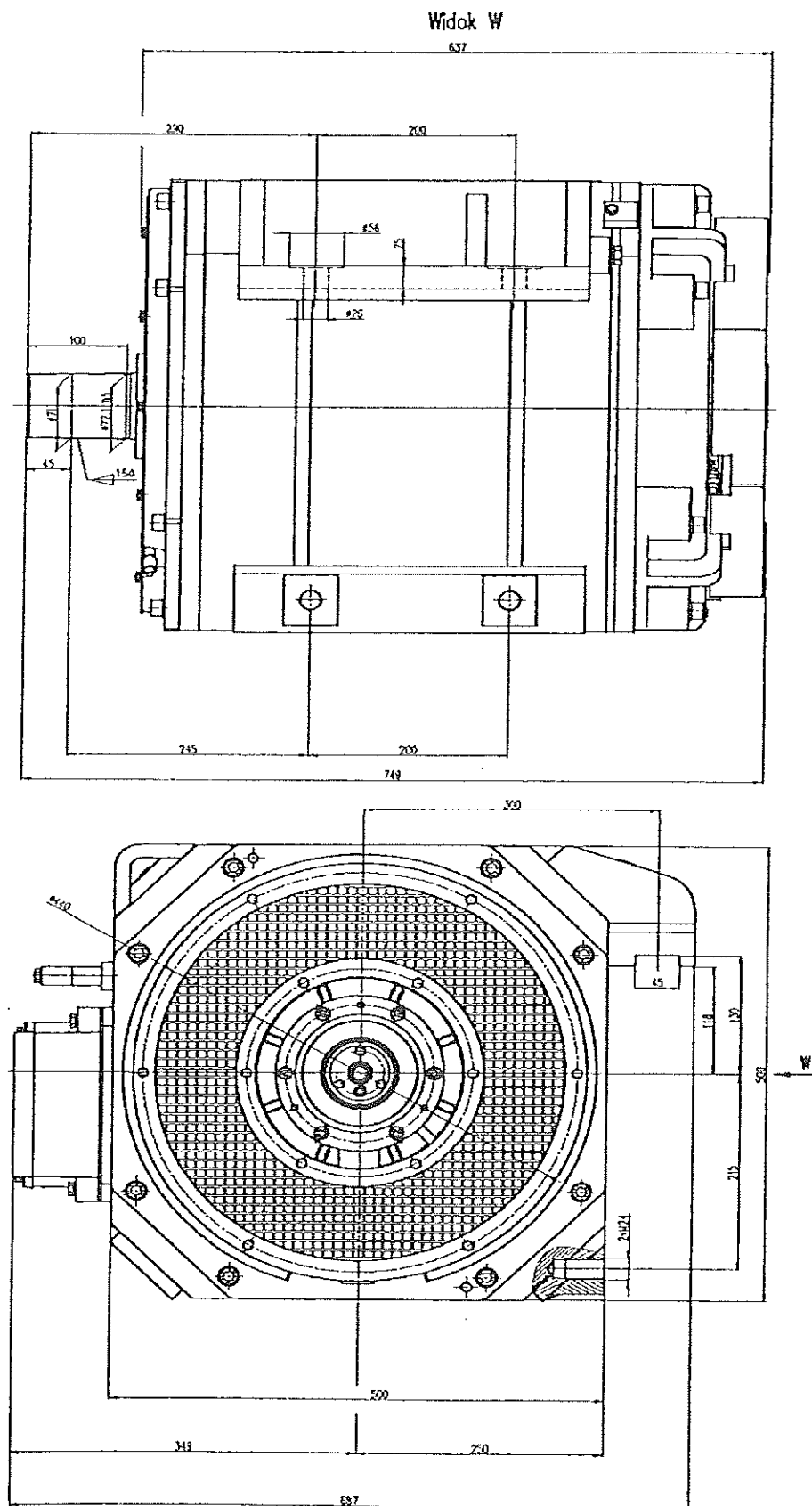
Rys.4c. Strona wału napędowego silnika



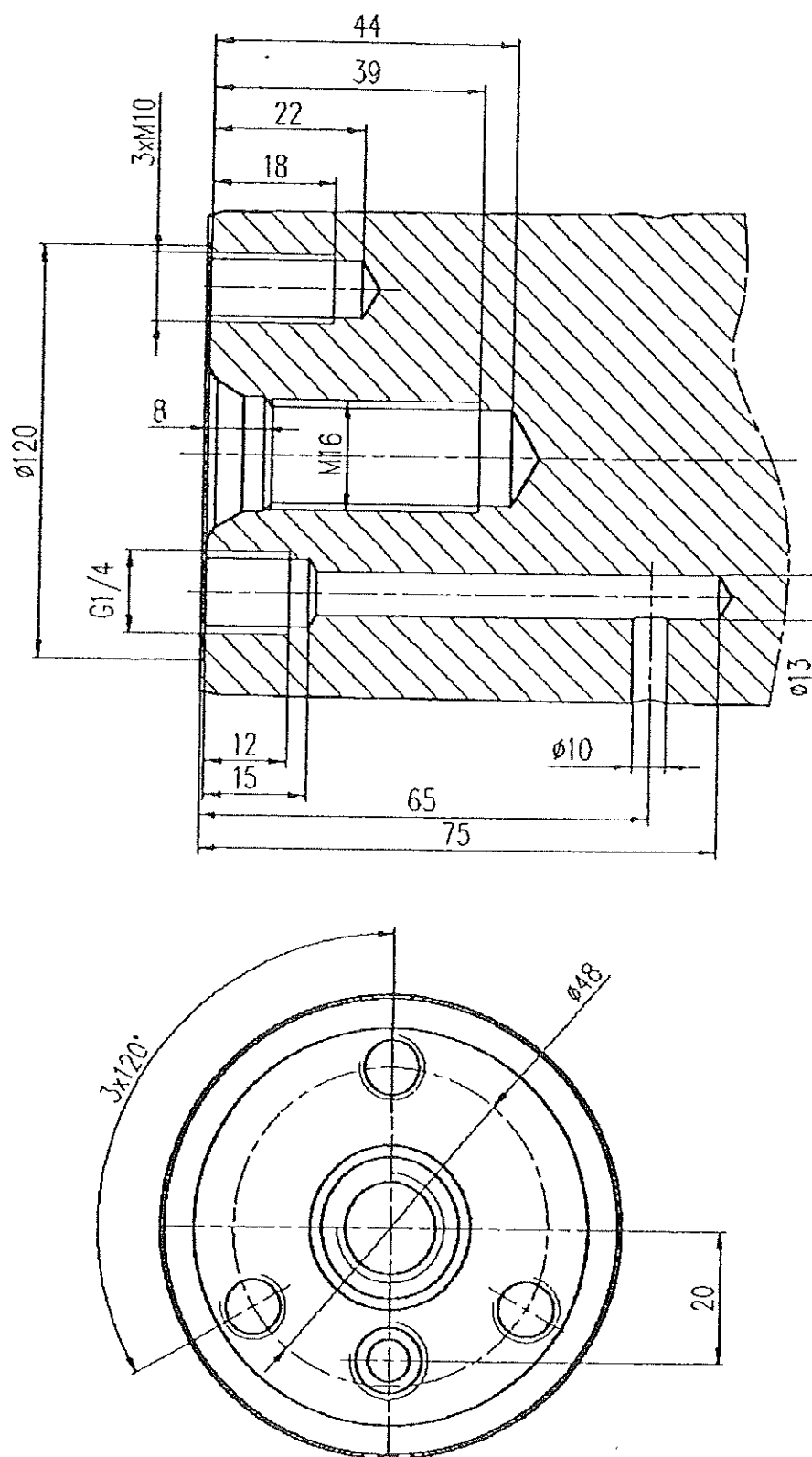
Rys. 4d. Koniec wału napędowego silnika



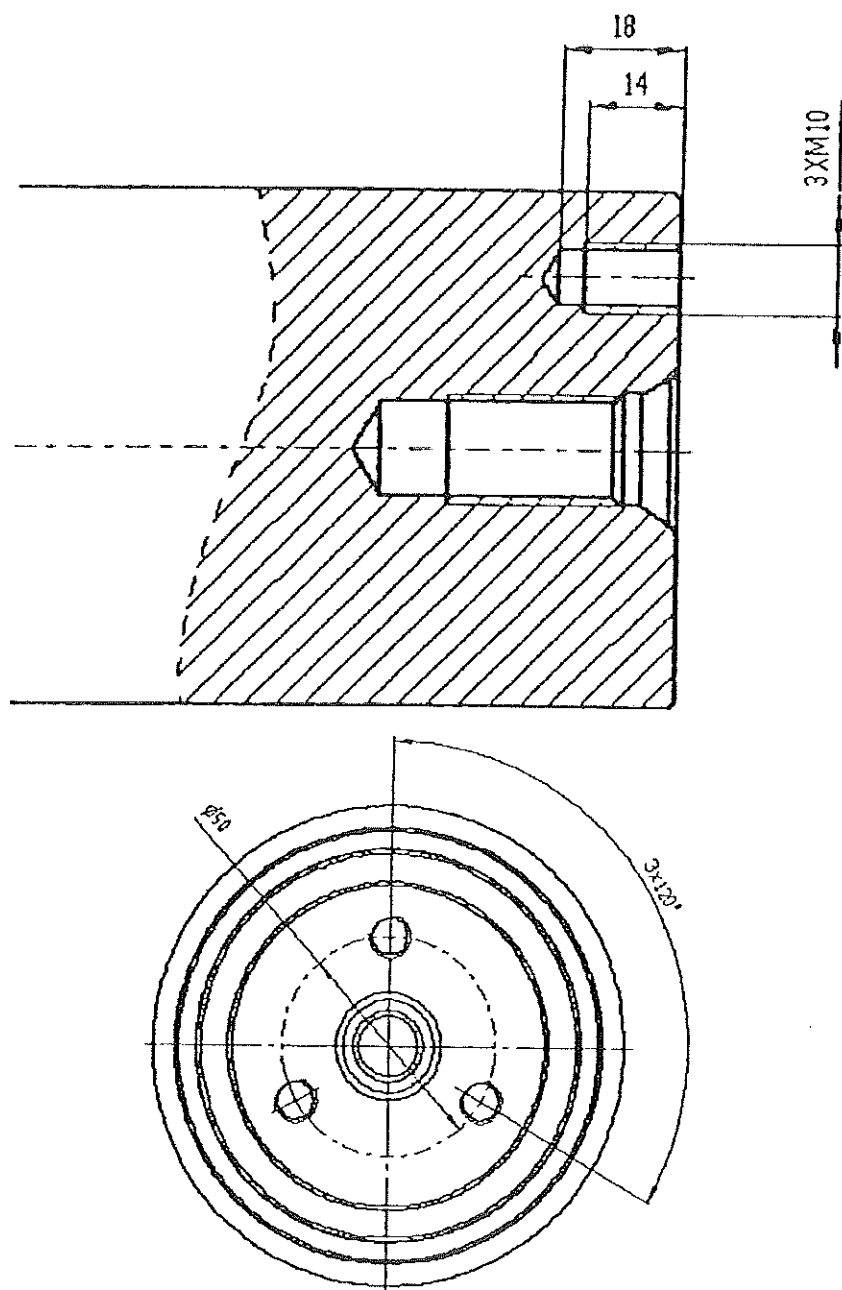
Rysunki wymiarowe silnika STDa 280 – 4B



Rys. 5a. Wymiary gabarytowe i montażowe



Rys. 5b. Czop końcowy silnika



Rys. 5c. Czop wału silnika od strony przeciwnapędowej