

Silesian University of Technology
Faculty of Energy and Environmental Engineering
Institute of Power Engineering and Turbomachinery

Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Środowiska I Energetyki
Instytut Maszyn I Urządzeń Energetycznych

Frequency inverters - I

Przekształtniki częstotliwości - I.

Electric Machines

Maszyny elektryczne

(E-21)

Developed by PhD Daniel Węcel

Opracowała dr inż. Daniel Węcel

PURPOSE OF THE EXERCISE

The purpose of this exercise is to learn the principles of selecting a frequency inverter for a simple drive system requiring speed control, parameter setting (programming) of the inverter control circuit and check operation of the inverter which power asynchronous motor.

CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest poznanie zasad doboru przekształtnika częstotliwości do prostego układu napędowego wymagającego sterowania prędkością obrotową, parametryzacji (programowania) układu sterującego przekształtnika oraz sprawdzenie działania przekształtnika zasilającego silnik asynchroniczny.

INTRODUCTION// WSTĘP

Frequency inverter (frequency converter) also known as variable frequency drive is a motor control device that protects and controls the speed of AC 3 phase electric induction motors. It can control the speed of the motor during the start and stop cycle, as well as throughout the running cycle by outputting adjustable frequency.

// Przekształtnik częstotliwości nazywany również falownikiem jest urządzeniem włączanym pomiędzy sieć AC i trójfazowy silnik indukcyjny, służący do sterowania prędkością obrotową i zabezpieczający pracę silnika.

An induction motor (squirrel-cage type motor, asynchronous) is an AC electric motor in which the electric current in the rotor needed to produce torque is obtained by electromagnetic induction from the magnetic field of the stator winding. An induction motor can therefore be made without electrical connections to the rotor. Three-phase squirrel-cage induction motors are widely used in industrial drives because they are rugged, reliable and economical.

// Silnik indukcyjny (elektryczny silnik klatkowy, asynchroniczny) jest silnikiem elektrycznym prądu zmiennego, w którym prąd elektryczny wirnika potrzebny do wytworzenia momentu obrotowego jest uzyskiwany dzięki indukcja elektromagnetyczna z pola magnetycznego uzwojenia stojana. Silnik indukcyjny może być zatem wykonany bez przyłączy elektrycznych do wirnika. Silniki indukcyjne klatkowe trójfazowe są powszechnie stosowane w napędach przemysłowych, ponieważ są wytrzymałe, niezawodne i ekonomiczne.

Synchronous speed - the rotation rate of the stator's magnetic field // *Prędkość synchroniczna - prędkość obrotową pola magnetycznego stojana.*

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p}$$

f – frequency // *częstotliwość*

p - number of pole pairs of the magnetic field (natural number depending on the stator winding) // *liczba par biegunów pola magnetycznego (liczba naturalna uzależniona od sposobu uzwojenia stojana).*

Asynchronous speed - rotor mechanical speed // *Prędkość asynchroniczna - prędkość obrotową wirnika.*

$$n = n_s(1 - s)$$

s – slip // *poślizg*

The tasks of frequency inverter:

- Change motor speed
- Controlled start (soft)
- Motor speed can follow process speed (fpm, gmp, ..)
- Attach motor to a computer network (decentral control)
- Protect motor (motor overload)
- Limit torque (current)

- Turn 1-phase into 3-phase
- Some - Torque, force control (like DC)

// Zadania jakie wykonuje przekształtnik częstotliwości:

- *Zmienia prędkość silnika*
- *Kontroluje uruchamianie (tzw. soft start)*
- *Prędkość silnika może być zgodna z prędkością procesu*
- *Podłącza silnik do sieci komputerowej (zdecentralizowane sterowanie)*
- *Zabezpiecza silnik (przeciążenie silnika)*
- *Ogranicza moment obrotowy (natężenie prądu)*
- *Zamienia układ jednofazowy na trójfazowy*
- *Niektóre – regulacja momentu, siły (podobnie jak w silnikach prądu stałego).*

// Jeżeli napęd elektryczny zawiera energoelektroniczny układ transformujący energię prądu elektrycznego zasilającego silnik elektryczny, układ ten nazywamy przekształtnikiem. Poniżej omówiono przekształtnik przetwarzający prąd zmienny o stałej częstotliwości i napięciu na trójfazowy prąd zmienny o regulowanej częstotliwości i napięciu. Na rysunku 1 przedstawiono schemat przekształtnika AC/AC z pośredniczącym obwodem napięciowym. Prostownik trójfazowy wytwarza napięcie stałe na kondensatorze, układ sześciu tranzystorów IGBT stanowi sześć kluczy (łączników), umożliwiających połączenie wyjściowego zacisku z dodatnim lub ujemnym biegunem kondensatora obwodu pośredniczącego. Napięcie wyjściowe nieobciążonego przekształtnika jest przebiegiem prostokątnym o zmiennym wypełnieniu.

Basic frequency inverter System

The frequency inverter consists of several basic components:

- Line Voltage - In this case 3-phase AC voltage.
- Input Section - Consists of a rectifier and filter. Transforms the AC voltage into DC voltage.
- Control Section - The control board accepts real world inputs and performs the required operations. The tasks are performed by a microprocessor.
- Output Section - This section includes the base frequency inverter circuits and the inverter. The base frequency inverter signals are low level signals that tell the inverter to turn on.

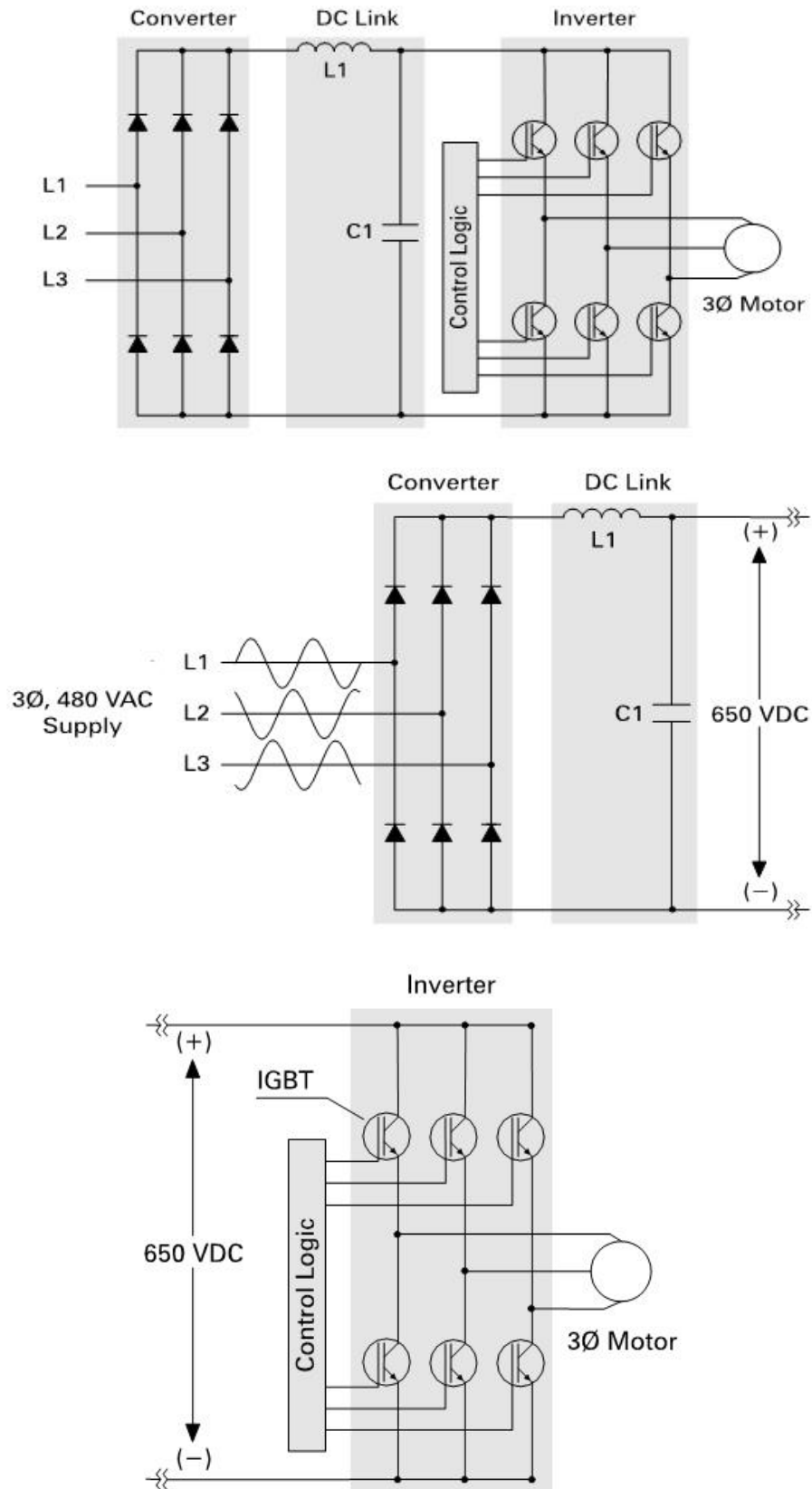


Fig. 1 Schematic diagram of the power circuit of the frequency inverter.

//Rys.1 Schemat ideowy obwodu mocy przekształtnika

TEST STAND // STANOWISKO POMIAROWE

The laboratory stand consists of a frequency inverter Siemens Micromaster 440 (power 0.12kW) which power three-phase asynchronous motor drives the freely rotating wheel. Parameterization can be performed using the Advanced Operator Panel (AOP), or by using a PC-based configuration program (eg SINAMICS MICROMASTER STARTER).

// Stanowisko laboratoryjne składa się z przekształtnika Micromaster 440 firmy Siemens o mocy 0.12kW zasilającego silnik asynchroniczny trójfazowy napędzający swobodnie obracającą się tarczę. Parametryzację przekształtnika można przeprowadzić przy użyciu zaawansowanego panelu operatorskiego (AOP), lub za pomocą programu konfiguracyjnego uruchamianego na PC (np. SINAMICS MICROMASTER STARTER).

Listwa zacisków siłowych dla falowników serii iE5 (zasilanie 1-fazowe)

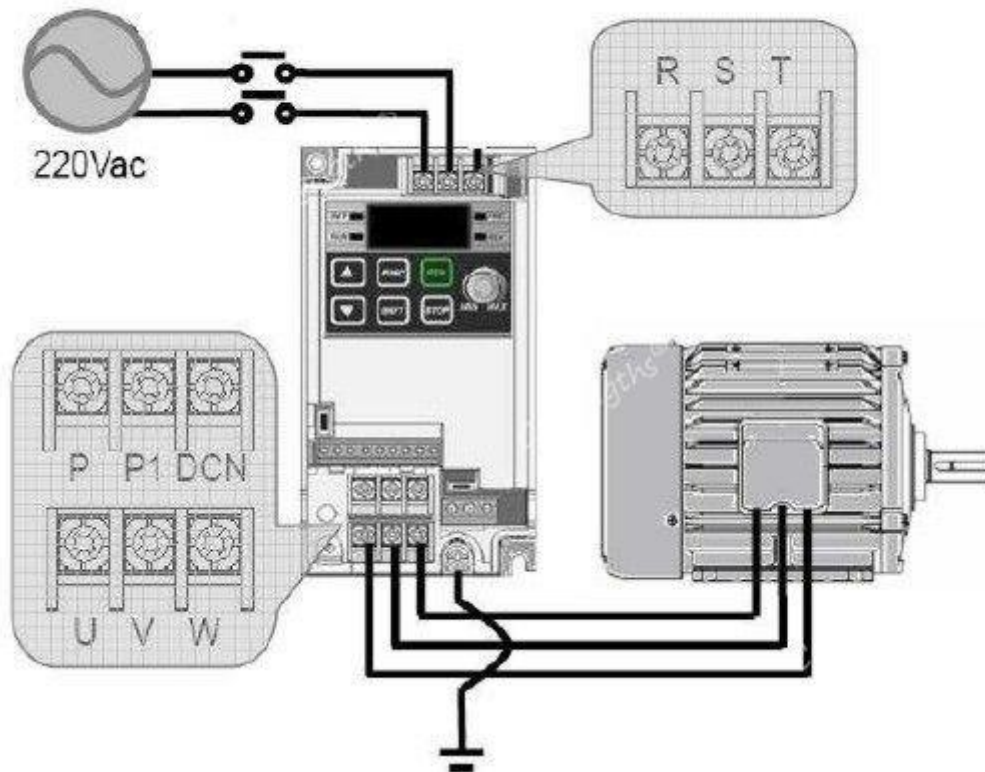


Fig. 2 Diagram of supply the drive system.

//Rys.2 Schemat zasilania układu napędowego

EXERCISE COURSE// PRZEBIEG ĆWICZENIA

If there is no appropriate parameter set for the drive in inverter, then a quick commissioning must be carried-out including a motor data identification routine. The inverter is programmed using SINAMICS MICROMASTER STARTER.

// Jeśli przekształtnik nie ma odpowiedniego zestawu parametrów napędu, należy przeprowadzić szybkie uruchomienie, w tym procedurę identyfikacji silnika. Programowanie przekształtnika odbywa się za pomocą programu SINAMICS MICROMASTER STARTER.

FREQUENCY INVERTER DATA // DANE ZNAMIONOWE PRZEKSZTAŁTNIKA

Type // Typ			
Input // Wejście	Voltage // Napięcie	U (V)	
	Number of phases // Ilość faz	-	
	Current // Natężenie prądu	I (A)	
	Frequency // Częstotliwość	f (Hz)	
Output // Wyjście	Voltage // Napięcie	U (V)	
	Number of phases // Ilość faz	-	
	Current // Natężenie prądu	I (A)	
	Frequency // Częstotliwość	f (Hz)	
	Power // Moc	P (kW)	

When the quick commissioning is carried-out, the motor – drive inverter is basically commissioned; the following data must be obtained, modified or entered before quick commissioning is started:

- Enter the line supply frequency,
- Enter the rating plate data,
- Closed-loop control mode (speed control),
- Command / setpoint sources,
- Min. / max. frequency and ramp-up / ramp-down time,
- Motor data identification.

// W przypadku procedury szybkiego uruchomienia, przemiennik częstotliwości jest programowany na podstawowe parametrów; następujące dane muszą zostać uzyskane, zmodyfikowane lub wprowadzone przed rozpoczęciem szybkiego uruchamiania:

- częstotliwość zasilania sieciowego,
- dane z tabliczki znamionowej,
- tryb sterowania pętli zamkniętych (regulacji prędkości obrotowej)
- źródła komend / wartości zadanych,
- min. / max. częstotliwości i czasy narastania / obniżania prędkości ,
- identyfikacja danych silnika

RATED MOTOR DATA // DANE ZNAMIONOWE SILNIKA

Motor type // Typ silnika	-	
Voltage // Napięcie	U (V)	
Frequency // Częstotliwość	f (Hz)	
Current // Natężenie prądu	I (A)	
Power // Moc	P (kW)	
Rotation speed // Prędkość obrotowa	n (RPM) // n (obr/min)	
Power factor // Współczynnik mocy	cosφ (-)	

TEST FUNCTIONALITY OF THE SYSTEM AND DEVELOPMENT OF RESULTS // TEST FUNKCJONALNOŚCI UKŁADU I OPRACOWANIE WYNIKÓW

For the parameterized frequency inverter set the frequency f between 5-75 Hz every 5 Hz and make the readings parameters available via STARTER: set frequency, revolutions (measured by rev counter), motor supply voltage, DC inverter voltage, output current, power factor. Draw the dependencies of the read parameters as a function of the frequency of the system.

// Dla sparametryzowanego przekształtnika nastawiać częstotliwość f w zakresie 5-75 Hz co około 5 Hz i dokonać odczytów (parametry dostępne poprzez STARTER: częstotliwości nastawionej, prędkości obrotowej (pomiar wykonać obrotomierzem), napięcia zasilania silnika, napięcia stałego przed falownikiem, natężenia prądu wyjściowego, współczynnika mocy. Narysować zależności odczytanych parametrów w funkcji częstotliwości pracy układu.

On the basis of measurements create charts with the following characteristics:

- I. $n = f(f)$
- II. $U = f(f)$
- III. $I = f(f)$
- IV. $\cos\varphi = f(f)$

// Na podstawie przeprowadzonych pomiarów utworzyć wykresy z następującymi charakterystykami:

- I. $n = f(f)$
- II. $U = f(f)$
- III. $I = f(f)$
- IV. $\cos\varphi = f(f)$

TABLE OF MEASUREMENTS // TABELA POMIAROWA

No. // Lp.	Frequency // Częstotliwość f (Hz)	Rotation speed // Prędkość	AC voltage // Napięcie AC U (V)	DC voltage // Napięcie DC U (V)	Current // Natężenie prądu	Power factor // Współczynnik mocy
------------	--	----------------------------	------------------------------------	------------------------------------	----------------------------	-----------------------------------

Frequency inverters // Przekształtniki częstotliwości

		<i>obrotowa n (RPM // obr/min)</i>			I (A)	cosφ (-)
	5					
	10					
	15					
	20					
	25					
	30					
	35					
	40					
	45					
	50					
	55					
	60					
	70					
	75					

THE REPORT SHOULD INCLUDE: //SPRAWOZDANIE

- Title page (date of the exercise and its number, names of the participants),
//Strona tytułowa (data wykonania ćwiczenia, numer ćwiczenia, nazwiska i imiona uczestników,
- short theoretical introduction and objective of the exercise,
//krótki wstęp teoretyczny i cel ćwiczenia,
- Tables with measurement results and characteristics of measured quantities,
//tabele z wynikami pomiarów i charakterystyki mierzonych wielkości
- observations and conclusions.
//sposrzeżenia i wnioski