

PROGRAMMABLE SIMULATION OF LOAD TORQUE WITH FREQUENCY CONTROLLED INDUCTION MACHINE

Jaroslav NOVÁK, Stanislav GREGORA

The Department of electrical, electronic and safety engineering

1. Introduction

On the Faculty of Transport Department of Electrotechnics, Electronics and Protection Technique in Transport of University Pardubice, the testing equipment for the motor measuring has been built up.

The testing equipment serves to the driving motors static and dynamic qualities measuring. By the specified testing equipment realization three groups of the problems has been solved: the dynamometer mechanical and power part; the load torques universal programmable simulation; and the sensing, recording and evaluation of the measured drive required variables.

2. Testing Equipment Power Part

The most frequent the dynamometers with the DC machines with the separate excitation or the dynamometers with the three - phase machines with the commutators have been used for the load tests. These dynamometers made operations in four quadrants. Having been required the braking mode only, the eddy brakes or hydraulic brakes have been used.

The three - phase induction machine with the short circuit armature in the specified testing equipment in the dynamometer is used. Its good dynamic qualities excels in this application, the great range of speed and the reliability. This machine has been preferred due to its availability and its low price.

The induction machine has two poles and its power is 1,5 kW.

The induction machine is supplied from the frequency converter. The universal load simulation in four quadrants is made to make possible the frequency control with the torque feedback - control. The frequency converter, which is used, realizes the torque field oriented control with the separate control of the flux - and torque - part of the current. The frequency converter has the braking unit and the braking resistor for the working in four quadrants. The specified configuration makes to possible the excellent dynamic quality of the dynamometer.

3. Load Torques Simulation

The with asynchronous dynamometer measuring device enables the basic types of the load characteristics simulation. The measured motor is tested by the load, to be simulated the conditions of real applications which is assumed.

The testing equipment enables the simulation of the constant load torque, the speed - linearly dependent torque, the speed - quadratic dependent torque, the speed -reciprocal value dependent torque and besides that, these load's types characteristics can be combined among themselves. The system calculate in the real time the simulated torque according to the relation:

$$M_z = K_1 + \text{sign}(\omega) \cdot K_4 + \text{sign}(\omega) \cdot K_3 \cdot \omega^2 + K_2 \cdot \omega \quad (1)$$

It is possible to load in four quadrants and to set up the value of the specified parts of the load torque (the constants K_1, K_2, K_3, K_4 in the equation (1)).

Beside that, the specified basic types of the load, the system enables the moment of inertia simulation, too. The simulated moment of inertia can be higher or lower than the moment of inertia of the system dynamometer - tested motor. The total simulated torque with the simulation of the moment of inertia is:

$$M = M_z + J \cdot \frac{d\omega}{dt} \quad (2)$$

The constant J set up the user.

The load torque simulation is any other possibility, which is created from two parts: the constant part and the sinus part. For example, the piston compressors have this load character. The load instantaneous value frequency depends on the shaft rotation angle and the torque sinus part depends on the speed. The simulated torque in this case is:

$$M_z = \text{sign}(\omega) \cdot K_4 + A \cdot \sin(C \cdot \omega \cdot t) \quad (3)$$

The system enables the setting of the sinus part amplitude (the constant A) and frequency (the constant C). The frequency is set up as the multiple of the dynamometer's speed. The K_4 is the constant part of the torque.

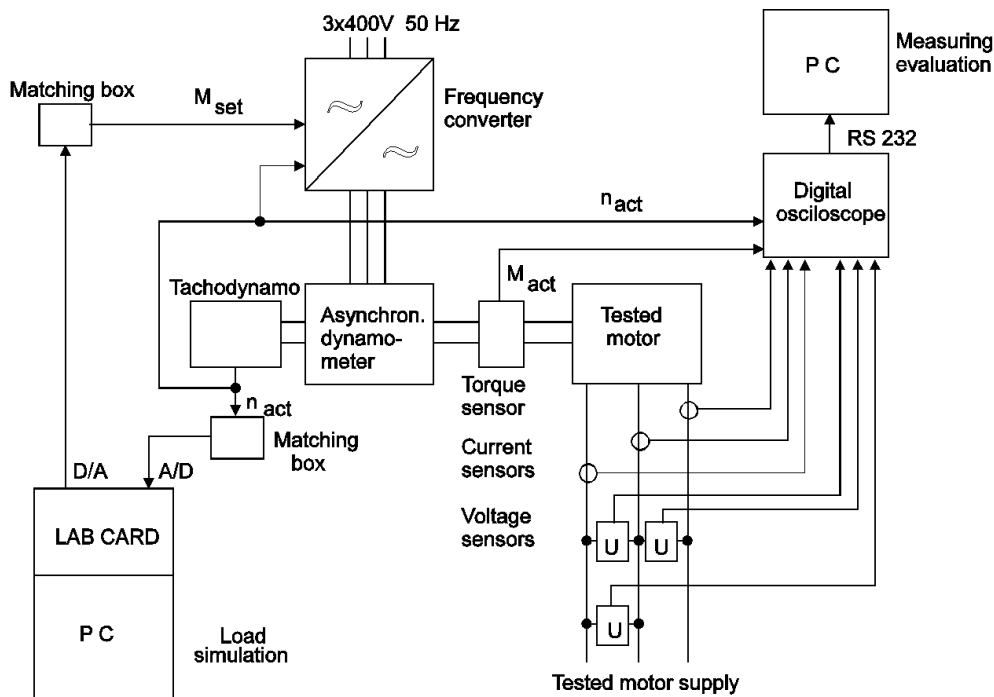


Fig. 1 The testing equipment block diagram

For the motor dynamic quality measuring is possible to simulate the torque shock. It is possible to set up the intensity and the time of the shock.

By the load simulation with the sinus part and the torque shock simulation, this one excels the very good quality of the asynchronous dynamometer by the supplying from the frequency converter with field oriented control.

The specified load characteristics simulation is realized by the programme in the PC. The PC is fitted with the measuring laboratory card with the A/D and D/A converters. By the simulation, the dynamometer speed is monitored with the tachodynamo and its signal is connected after the matching to the A/D converter input. The

instantaneous simulated torque $M = f(\omega)$ is computed from the speed instantaneous value in the real time. The instantaneous simulated torque value is defined with the constants of proportionality by the separate torque parts, too. These constants sets the user to the PC. The with moment of inertia simulation defined part of torque is computed from the values of the speed with the numeric derivation. The shock torque simulation is activated from the PC keyboard.

The computed simulated torque instantaneous value gets out from the PC across the D/A converter on the lab - card in the analog voltage signal form. After the conversion in the matching box, this signal is connected to the frequency converter. This signal is the request value of the torque for the field oriented control. The frequency converter operates without the feedback control of speed, but with feedback control of torque only.

4. Sensing, Recording and Evaluation of Measured Values

By the motor testing, the mechanical and electrical variables are measured mainly. In the future, the warming characteristics measuring would be added.

For the currents and voltages instantaneous values measuring, the galvanic separate sensors with the Hall - probes are used. For example, by the asynchronous motor testing, all currents and voltages are measured. The speed instantaneous values are measured with the tachodynamo. The torque instantaneous values are measured with the tenzometric sensor.

The measured variables waveforms are recorded with the digital oscilloscope. Any other processing the oscilloscope recorded values is realized in the PC in the program MS Excel. This evaluation enables to make the arbitrary calculations with the measured data. By this way, it is enabled to calculate the next variables from the measured data (for example the waveform of the instantaneous mechanical power, the efficiency, the power factor, the reactive power, the frequency analysis calculation etc.).

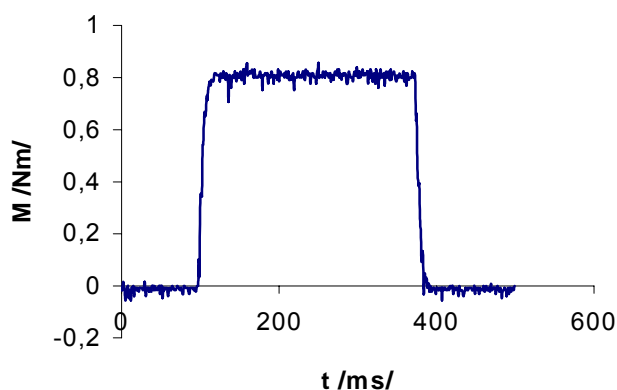


Fig. 2 The shock torque simulation

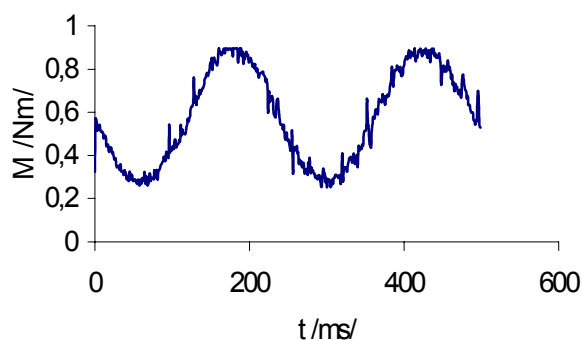


Fig. 3 The simulation of the torque with the sinus part

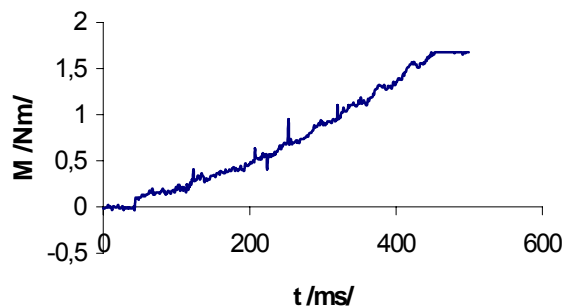


Fig. 4 The start of the induction motor - the course by the torque simulation with the constant, linear and quadratic parts

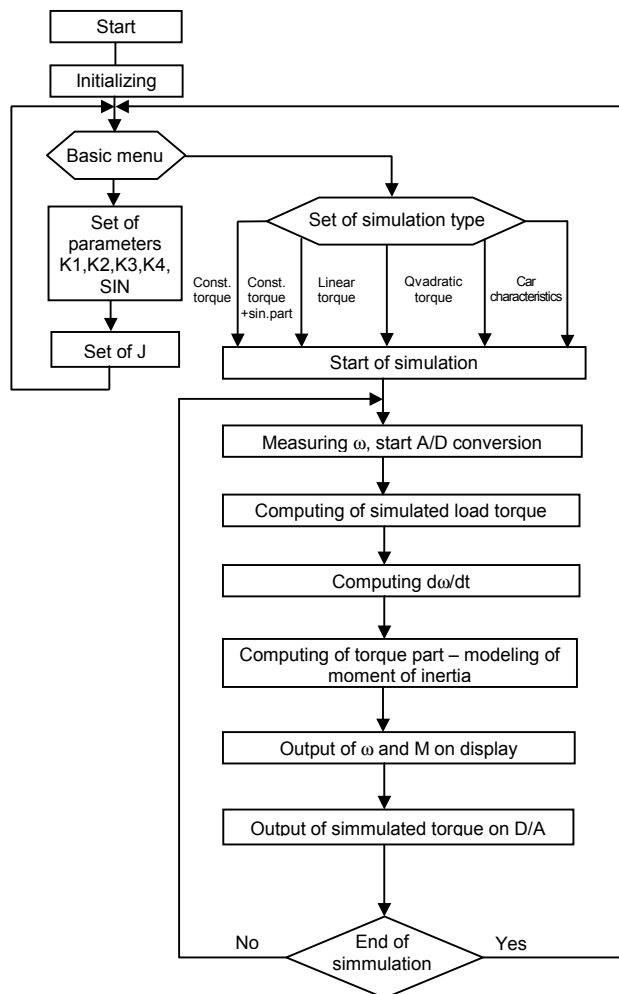


Fig. 5 Flow chart for simulation of required loading

5. Testing Equipment Using

The made testing equipment serves mainly for the electro motors measuring, but it is possible to realize the measurements on the petrol engines, too. The working conditions are simulated by the measurements on the petrol engines and the engine tuning is realized.

The testing equipment is used by the electrical drives teaching on the University of Pardubice Jan Perner Faculty of Transport, too. This system can be the instruction for the older dynamometers reconstructions.

The opening, the universality and the easy adaption to the big spectrum of the testing and measuring are great advantages of the above mentioned system, if we compare this one with the analogous industry produced systems.

Except the load simulation, the system will be able the automatic measuring of the motor basic characteristics in the future, too.

Lektoroval: Doc. Ing. Jiří Šťastný, CSc.

Předloženo: v březnu 2001

Literatura

- [1] User's Manual of Frequency Converter Siemens Master Drives.
- [2] User's Manual of PC Labcard Advantech.

Resumé

PROGRAMMABLE SIMULATION OF LOAD TORQUE WITH FREQUENCY CONTROLLED INDUCTION MACHINE

Jaroslav NOVÁK, Stanislav GREGORA

Na Katedře elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě Dopravní fakulty Univerzity Pardubice bylo vybudováno zkušební pracoviště pro testování motorů. Pracoviště slouží k měření statických a dynamických vlastností hnacích motorů.

V popisovaném zařízení je v dynamometru využit třífázový asynchronní motor s kotvou nakrátko. Použitý asynchronní motor je dvoupólový s výkonem 1,5kW.

Asynchronní motor je napájen z frekvenčního měniče. Simulace obecného zatížení ve čtyřech kvadrantech je zabezpečena pomocí frekvenčního řízení ve spojení s nadřazenou zpětnovazební regulací momentu. Měřicí zařízení s asynchronním dynamometrem dovoluje simulovat základní typy charakteristik zátěže. To umožňuje provádění komplexních zkoušek a měření statických i dynamických charakteristik, při kterých je motor testován při zátěži, která se předpokládá v podmínkách jeho reálného nasazení.

Zařízení umožňuje simulaci konstantního zátěžného momentu, momentu lineárně a kvadraticky závislého na otáčkách, momentu závislého na převrácené hodnotě otáček a libovolnou kombinaci těchto typů zatížení. Zatěžování je možno provádět ve čtyřech kvadrantech a velikost jmenovaných složek zátěžného momentu je možno nastavit. Kromě jmenovaných elementárních typů zatížení je možno simulovat velikost momentu setrvačnosti. Simulovaný moment setrvačnosti může být větší nebo menší než vlastní moment setrvačnosti soustavy dynamometr - testovaný motor.

Další možností je simulace zátěžného momentu, který je dán součtem konstantní složky a složky sinusové. Tento charakter zatížení mají např. pístové kompresory. Okamžitá hodnota momentu je závislá na úhlu natočení hřídele a tudíž frekvence sinusové složky momentu závisí na otáčkách. Zařízení dovoluje nastavit amplitudu a frekvenci sinusové složky jako násobek otáček.

Pro měření dynamických vlastností motorů je možno simulovat ojedinělý momentový ráz a je možno nastavit jeho velikost a dobu trvání.

Při simulaci momentu se sinusovou složkou a momentového rázu vyniknou výborné vlastnosti dynamometru s asynchronním motorem, který je napájen z frekvenčního měniče s vektorovým řízením.

Simulace jmenovaných charakteristik zátěže je realizována programem pro PC. PC je vybaven měřicí laboratorní kartou s A/D a D/A převodníky. Při simulaci zátěže jsou snímány tachodynamem otáčky soustrojí a tento signál je po úpravě zaveden do A/D převodníku. Z okamžité hodnoty otáček je v reálném čase vypočten moment $M = f(\omega)$, který je v daném okamžiku simulován. Velikost momentu je dána i konstantami úměrnosti u jednotlivých složek momentu, které uživatel zadává do PC. Složka momentu, která je dána simulací momentu setrvačnosti, je vypočtena z průběhu otáček numerickou derivací. Aktivace simulace ojedinělého momentového rázu se provádí z klávesnice PC.

Vypočítaná okamžitá hodnota simulovaného momentu vystupuje z PC přes D/A převodník na měřicí kartě ve formě analogového napětíového signálu. Po úpravě v přírůstkovém členu je tato hodnota zavedena jako analogová žádaná hodnota momentu do frekvenčního měniče, který pracuje bez regulace otáček, pouze s vektorovou regulací momentu.

Pro měření okamžitých hodnot proudů je použito galvanicky oddělených snímačů s Hallovou sondou. Např. při proměření asynchronních motorů jsou měřeny všechny proudy a všechna napětí.

Okamžitá hodnota otáček je snímána tachodynamem. Okamžitá hodnota momentu je snímána tenzometrickým snímačem.

Průběhy měřených veličin jsou zaznamenávány paměťovým osciloskopem.

V příspěvku je uvedeno blokové schéma řízení dynamometru (obr.1), vývojový diagram řídicího programu v PC (obr.5) a příklady průběhů momentu při simulaci několika typů zatížení (obr.2 až obr.4).

Summary

PROGRAMMABLE SIMULATION OF LOAD TORQUE WITH FREQUENCY CONTROLLED INDUCTION MACHINE

Jaroslav NOVÁK, Stanislav GREGORA

The paper describes the device for the testing of the drive machines - the electromotors or the engines. This dynamometer is realized with the frequency controlled asynchronous motor. The torque of the dynamometer is set up with the simulation program. This system enables the variable modeling of the various load types.

Zusammenfassung

Jaroslav NOVÁK, Stanislav GREGORA

PROGRAMMIERBARE SIMULATION VON BELASTUNGSMOMENT MIT FREQUENZGESTEUERTEM INDUKTIONSDYNAMOMETER

Der Aufsatz beschreibt die Einrichtung für Prüfung von Antrieben - Elektromotoren sowie Verbrennungsmotoren. Das Dynamometer nützt die Eigenschaften mit frequenzgesteuertem Asynchronmotor mit Vektorsteuerung aus. Das Drehmoment des Dynamometers wird durch ein Simulationsprogramm gesteuert. Dieses System ermöglicht veränderliche Modellierung von unterschiedlichen Belastungstypen.