

# Start-up and Reverse Analysis of Induction Motor Model in Pump Regime

Guntis Orlovskis (*Riga Technical University - RTU*) and Karlis Ketners (*RTU*)

**Keywords** – Electrical machine, induction motor, modeling, simulation.

## I. INTRODUCTION

Nowadays pump drive systems are sometimes used as renewable energy sources. For example, produced energy from wind generator is supplied to pump. After that the pump transports water to reservoir that is located at high place. At the end the stored water is derived to hydro generator. In this case the cost of kilowatt per hour is lower. It means that this type of accumulated energy system will develop more in coming future [1].

## II. INDUCTION MOTOR MODEL

Nowadays one of the most efficient transition processes under research can be achieved using mathematical analyses. Many authors pointed out that not always mathematical model includes all system elements and load variations. Therefore authors with the help of voltage and frequency control methods can make induction motor (IM) performances more efficient. Slip optimization reduces power losses, stator current and consumed power [2].

### A. Mathematical Model in MATLAB Simulink

Using program MATLAB Simulink a simple mathematical model was made. It consists of induction motor standard voltage equations and function of pump performance. The objective is to make function which can predict the efficiency of drive process.

### B. Mathematical Model for Pump

From Fig. 1 we can see that in several mathematical programs for pump accelerations process transitions use a squared function of torque-speed characteristic. But in real processes it can be otherwise.

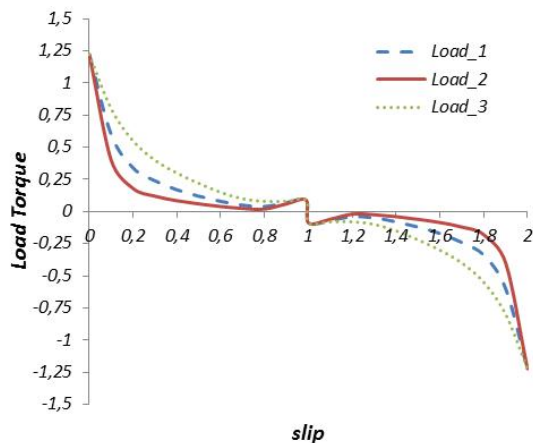


Fig. 1. Function of torque-speed characteristic for IM.

During IM research three kinds of pump characteristics there were chosen (Fig 3). As it is seen at starting moment load torque value is small but after acceleration it increased till nominal.

## III. EXPERIMENTAL STAND

For the research the induction motor test workbench from company LEROY SOMMER was used (Fig. 5). It consists of researched motor, parallel connected powder break, torque sensor (SCAIME), and speed transducer. IM rated data:  $P_n=0.3kW$ ,  $U_n=400V$ ,  $I_n=1.33A$ ,  $f_n=50Hz$ ,  $T_n=2Nm$ .

## IV. RESULTS OF SIMULATION

Reactive static load torque was chosen for IM model. It means, in motor mode reactive torque is opposing rotor motion. This process does not depend on rotor motive direction. Therefore, after stator windings are switched to contrary side it is required to change load torque value..

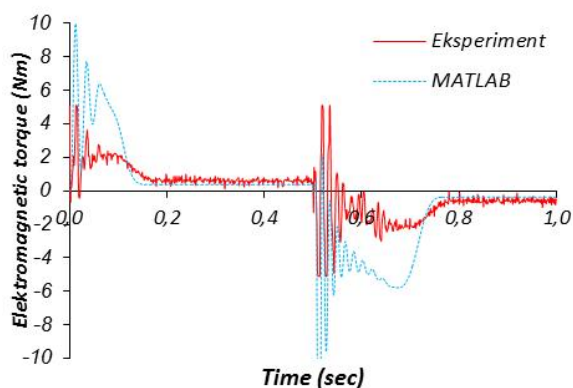


Fig. 2. Comparison between Electromagnetic torque in start-up and reverse transition process.

From Fig. 2 we concluded that in modeling IM transition process it is not necessary to take into account only constant load values. Start-up process can take longer time for acceleration if load torque remains constant. IM electromagnetic torque ripples in start-up process can be even 10 times more than nominal.

## V. CONCLUSION

Created IM mathematical model is very practical in treating the transients and control of symmetrical IMs fed from symmetrical voltage power grids or from PWM converters. In working process algorithm or in other words approximation for torque-slip characteristics was developed. Summing up this developed function can be used to describe ventilator and pump transition processes and to get more accurate simulation results as well.

## REFERENCES

- [1] A. Forco?, C. Marinescu, Motor Pump Group Efficiency in a Wind Energy Pumped Storage System, IEEE 2011 7th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE), pp.1- 6, 12-14 May 2011;
- [2] Petro Gogolyuk, Vladyslav Lysiak, and Ilya Grinberg, Influence of Frequency Control Strategies on Induction Motor-Centrifugal Pump Unit and Its Modes, IEEE International Symposium on Industrial Electronics ISIE 2008, pp. 656-661, June 30 2008-July 2 2008.

# Palaišanas un reversēšanas process asinchronā dzinēja modelim darbojoties sūkņa režīmā

Guntis Orlovskis (Riga Technical University - RTU) and Karlis Ketners (RTU)

*Atslēgvārdi (angl.)* – Electrical machine, induction motor, modeling, simulation.

## I. IEVADS

Sūkņu piedziņas sistēmas mūsdienās pielieto arī kā atjaunojamās enerģijas avotus. Tā, piemēram, ar vēja generatoru saražoto enerģiju piedzen sūkni, kas uzpumpē ūdeni tvertnē, kas atrodas lielā augstumā. Pēc tam ar uzkrāto ūdeni piedzen hidrogeneratoru. Šinī gadījumā uzkrātās enerģijas cena ir ļoti zema, tas liecina par to, ka nākotnē šādi enerģijas uzkrāšanas veidi parādīsies ar vien biežāk [1].

## II. ASINHRONĀ DZINĒJA MODELIS

Mūsdienās viens no efektīvākajiem pārejas procesu pētīšanas līdzekļiem ir matemātiskā analīze. Jebkuru lineāru vai nelineāru elektrisko elementu var aizstāt ar matemātisku vienādojumu. Taču ne vienmēr matemātiskajā modelī var ietvert visus sistēmas elementus un to slodžu dažādību. Tāpēc ar sprieguma un frekvences kontroles metodēm uzlabo asinchronā dzinēja (ADz) lietderību. Tiek izveidoti matemātiskie modeļi, kad ADz ar centrālās sūkni darbojas stabilā režīmā. Optimizējot slīdi, samazina jaudas zudumus, statora strāvu un patērēto jaudu [2].

### A. Matemātiskais Modelis MATLAB Simulink

Izmantojot programmu MATLAB Simulink, ir izveidots vienkāršs matemātisks modelis. Matemātiskais modelis sastāv no asinchronā dzinēja standarta sprieguma vienādojumiem un funkcijas, kas apraksta sūkņa darbību. Šī darba mērķis ir izveidot funkciju, kas uzlabos piedziņas efektivitāti.

### B. Matemātiskais modelis sūkņa darbībā

Vairākās matemātiskās programmās, lai pētītu sūkņa palaišanu, izmanto kvadrātisku momenta un ātruma atkarību, taču reāli tā atšķiras. Tā kā sūkni tiek palaisti un tikai pēc tam mainīts rotora griešanās virziens, tad momenta un slīdes funkcijā slīde mainās no 0 līdz 2.

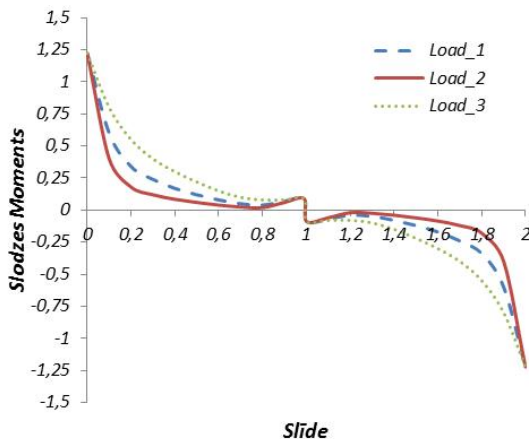


Fig. 1. Adz slodzes momenta un ātruma funkcija.

Vispirms algoritms veic slīdes aprēķinu. Izejošā momenta vērtība (r.v.) ir atkarīga no slīdes vērtības. MATLAB programmā LOOKUP TABLE bloks, kurā ir ievadītas 1.attēla

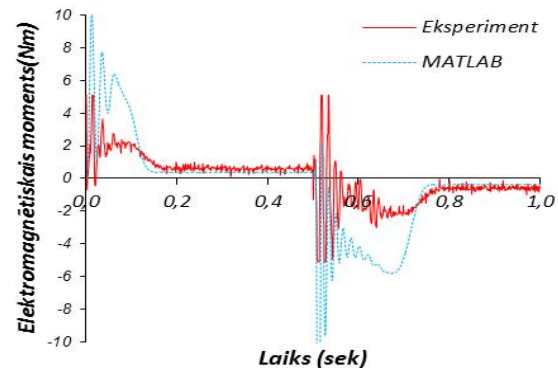
funkcijas. Līdz ar to sūknim var izvēlēties mīkstu vai cietu raksturlīkni.

## III. EKSPERIMENTĀLAIS STENDS

Praktisko pētījumu darbā tiek izmantots asinchronā dzinēja testēšanas stends no kompānijas LEROY SOMMER. Tas sastāv no pētāmā motora, momenta devēja (SCAIME), pulverbremzes un tahogeneratora. ADz nominālie dati ir:  $P_n=0.3kW$ ,  $U_n=400V$ ,  $I_n=1.33A$ ,  $f_n=50Hz$ ,  $T_n=2Nm$ .

## IV. MĒRĪJUMU REZULTĀTI

Asinchronajam dzinējam ir izvēlēts reaktīvais statistiskais slodzes moments, tas nozīmē to, ka dzinēja režīmā reaktīvais slodzes moments pretojas rotora kustībai neatkarīgi no tā griešanās virziena. Tāpēc pēc divu tinumu pārslēgšanas modelī ir vienlīdz jāmaina slodzes momenta vērtība.



2. att. Elektromagnētisko momentu salīdzinājums pēc pārejas procesa.

No 2. attēla var secināt, ka, modelējot asinchronā dzinēja pārejas procesus, slodzes vērtība nav jāpieņem nemainīga. Izvēloties nemainīgu momentu, palaišanas procesa laiks palielinās un elektromagnētiskā momenta sākuma svārstību vērtība ir lielāka, tā var sasniegt līdz pat 10 reizes lielākas momenta svārstības.

## V. SECINĀJUMI

Darba gaitā ir izveidots algoritms jeb momenta un slīdes raksturlīknes aproksimācija. Ar šo izveidoto matemātisko funkciju var papildināt asinchronā dzinēja modeli MATLAB programmā. Tādējādi, pētot ventilatoru vai sūkņu pārejas procesus, var panākt lielāku mehānisko lielumu precizitāti.

## LITERATŪRA

- [1] A. Forco?, C. Marinescu, Motor Pump Group Efficiency in a Wind Energy Pumped Storage System, IEEE 2011 7th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE), pp.1- 6, 12-14 May 2011;
- [2] Petro Gogolyuk, Vladyslav Lysiak, and Ilya Grinberg, Influence of Frequency Control Strategies on Induction Motor-Centrifugal Pump Unit and Its Modes, IEEE International Symposium on Industrial Electronics ISIE 2008, pp. 656-661, June 30 2008-July 2 2008.

# Процесс пуска и реверса для модели асинхронного двигателя, работающего в режиме насоса

Guntis Orlovskis (Riga Technical University - RTU) and Karlis Ketners (RTU)

**Ключевые слова (англ.) – Electrical machine, induction motor, modeling, simulation.**

## I. ВВЕДЕНИЕ

Энергия ветрогенератора используется насосом, который наполняет водой бак, находящийся на большой высоте. Впоследствии набранная вода используется гидрогенератором. В этом случае стоимость накопленной энергии мала, что позволит в будущем подобные способы накопления энергии широко использоваться. [1].

## II. МОДЕЛЬ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Любой линейный или нелинейный электрический элемент можно представить математическим уравнением. Контролируя напряжение и частоту, улучшают использование асинхронного двигателя (АДв). Разработаны математические модели для исследования работы АДв с центробежным насосом в устойчивом режиме. Потери мощности, ток статора и потребляемую мощность снижают, оптимизируя скольжение. [2].

### A. Математическая Модель MATLAB Simulink

Используя программу MATLAB Simulink, создана простая математическая модель, состоящая из уравнений равновесия напряжения и функции, определяющей работу насоса. Цель этой работы создать такую функцию, которая улучшит эффективность работы привода.

### B. Математическая Модель Работы Насоса

Во многих математических программах для исследования процесса пуска используют квадратичную зависимость момента от скорости, однако в реальности она отличается, так как насос сначала запускается и только потом изменяют направление вращения ротора (Рис. 1). Поэтому при определении момента от скольжения скольжение необходимо изменять от 0 до 2.

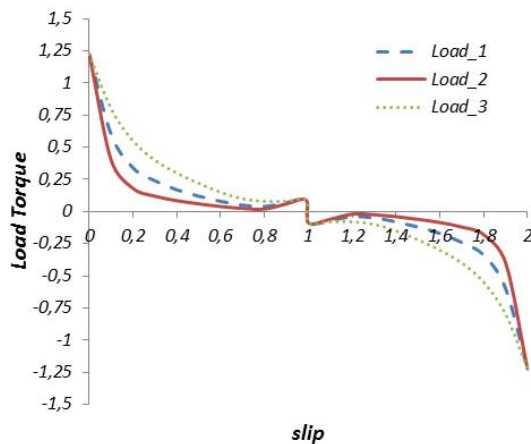


Рис. 1. Момент от скорости в асинхронном двигателе

## III. ОПЫТНЫЙ СТЕНД

Для практических исследований в работе был использован опытный стенд компании LEROY SOMMER. В состав установки входит исследуемый асинхронный двигатель, датчик момента, (SCAIME), порошковый тормоз и тахогенератор. АДв с номинальными данными:  $P_n=0.3kW$ ,  $U_n=400V$ ,  $I_n=1.33A$ ,  $f_n=50Hz$ ,  $T_n=2Nm$ .

## IV. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

В качестве нагрузки асинхронного двигателя был выбран статический реактивный момент нагрузки. Это означает, что в двигательном режиме реактивный момент нагрузки противодействует вращению ротора независимо от его направления. Поэтому после переключения двух фаз надо изменить значение момента нагрузки.

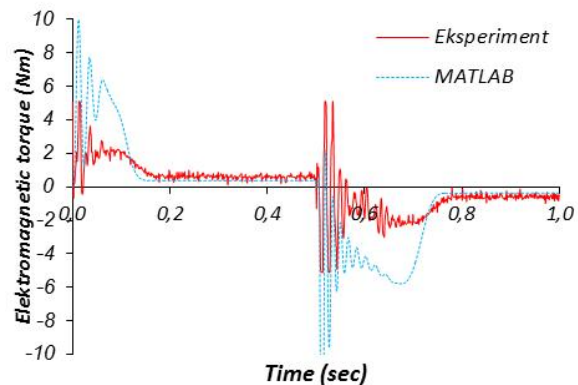


Рис. 2. Моделируя переходные процессы в асинхронном двигателе.

На основании рисунка 2 можно сделать вывод, что, моделируя переходные процессы в асинхронном двигателе, не следует принимать неизменным значение нагрузки.

## V. ВЫВОДЫ

В работе сформирован алгоритм, позволяющий аппроксимировать характеристику зависимости момента от скольжения. Разработанной математической функцией можно дополнить в программе MATLAB модели асинхронного двигателя. В результате чего при исследовании переходных процессов вентиляторов или насосов, можно получить более точные механические параметры.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] A. Forco?, C. Marinescu, Motor Pump Group Efficiency in a Wind Energy Pumped Storage System, IEEE 2011 7th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE), pp.1- 6, 12-14 May 2011;
- [2] Petro Gogolyuk, Vladyslav Lysiak, and Ilya Grinberg, Influence of Frequency Control Strategies on Induction Motor-Centrifugal Pump Unit and Its Modes, IEEE International Symposium on Industrial Electronics ISIE 2008, pp. 656-661, June 30 2008-July 2 2008.