

АУТОМАТИЗОВАНА ДИЈАГНОСТИКА И ЗАШТИТА АСИНХРОНИХ МОТОРА

Божо Илић¹ Бранко Савић² Ненад Јањић³

Резиме: Основни задатак дијагностике асинхроних мотора је да детектује отказ појединих његових делова у најранијој могућој фази настанка, како би се предузимањем правовремених одговарајућих активности одржавања у технолошки најповољнијем тренутку спречили откази и хаварије, а тиме и трошкови и опасности по људе и околину. Ово се постиже мерењем дијагностичких параметара и оценом стања асинхроних мотора у зависности од тога да ли се ти параметри налазе у дозвољеним границама, што се утврђује према одређеним критеријумима. Поједине фазе дијагностичког процеса често могу бити врло сложене, а за успешну дијагностику врло је важно да се све фазе квалитетно проведу. Због тога је потребно радити на аутоматизацији дијагностичког процеса. Циљ овог рада јесте да прикаже модел аутоматизоване дијагностике и заштите асинхроних мотора кога су развили аутори овог рада.

Кључнечери: одржавање, дијагностика, заштита, асинхрони мотори, аутоматизација

AUTOMATED DIAGNOSTICS AND PROTECTION OF ASYNCHRONOUS MOTORS

Abstract: The basic task of asynchronous motor diagnostics is to detect the failure of some of its parts at the earliest possible stage of occurrence, in order to prevent failures and accidents, and thus costs and dangers to people and the environment by taking timely appropriate maintenance activities at the most technologically favorable time. This is achieved by monitoring (measuring) diagnostic (characteristic) parameters and assessing the state of the asynchronous motor depending on whether these parameters are within the allowable limits, which is determined according to certain criteria. Individual phases of the diagnostic process can often be very complex, and for successful diagnosis it is very important that all phases are carried out with quality. Therefore, it is necessary to work on the automation of the diagnostic process. The aim of this paper is to present a model of automated diagnostics and protection of induction motors developed by the authors of this paper.

Key words: maintenance, diagnostics, protection, asynchronous motors, automation.

1. УВОД

Критичне машине, су машине које су апсолутно значајне за одвијање процеса производње, јер њихов застој значи заустављање читавог процеса производње. У циљу одржавања продуктивности погона, хаварија и заустављање критичних машина се не сме дозволити. Из тог разлога критичне машине морају имати систем непрекидног надзора одређених физичких величина са функцијама заштите и дијагностике [1].

Дијагностика асинхроних мотора, који спадају у критичне машине, је веома сложен и захтеван процес, који се састоји од више фаза, које се могу мање или више разликовати у зависности од конкретног случаја, као што су [2], [3]:

- мерење и претварање дијагностичких параметара,
- пренос података,
- прикупљање података,
- обрада података,
- меморисање прикупљених и обрађених података,

¹Др, Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду, Школска 1, e-mail: ilic@vtsns.edu.rs

²Др, Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду, Школска 1, e-mail: savic@vtsns.edu.rs

³Др, Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду, Школска 1, e-mail: janjic@vtsns.edu.rs

- промена параметара посматраног асинхроног мотора,
- доношење дијагностичких одлука и
- израда извештаја.

Да би се добила информација о дијагностичком параметру потребно је у току дијагностичког процеса извршити једно или више претварања тог параметра. Начин прикупљања података о дијагностичком параметру важно је исправно одабрати како би информација о том параметру након процеса прикупљања била што ближа стварној. Обрада података је део дијагностичког процеса, где се информација о дијагностичком параметру прерачунава и/или комбинује са другим дијагностичким параметрима да би се добили жељени подаци о стању мотора који се посматра. Такође, складиштење прикупљених и обрађених података спада у дијагностички процес. Понекад је потребно променити дијагностичке параметре посматраног асинхроног мотора, како би се утврдила законитост њихове промене у зависности од промене стања тог система. Поступак промене дијагностичких параметара посматраног асинхроног мотора тако постаје део дијагностичког процеса. У дијагностички процес спада и доношење дијагностичких одлука и израда извештаја [4].

Поједине фазе дијагностичког процеса често могу бити врло сложене, а за успешну дијагностику врло је важно да се све фазе квалитетно спроведу. Због тога је потребно радити на аутоматизацији дијагностичког процеса. У случају потпуно аутоматизованог дијагностичког процеса свим наведеним пословима управља рачунар, а у случају да процес није у потпуности аутоматизован, неке од тих послова деломично или у потпуности обавља човек, као што је то је врло често управо оцена стања асинхроног мотора и доношење дијагностичких одлука на основу прикупљених и обрађених података или управљање поступком мерења. Управљање рачунаром је потребно пре свега због аутоматизације процеса прикупљања и обраде података (израчунавања карактеристичних величина), промене параметара посматраног мотора и израде извештаја.

Делови аутоматизованог дијагностичког процеса су: сензори, комуникациони системи, рачунар са хардвером за меморисање података и софтверском подршком за обраду података, опрема за аутоматизовано прикупљање података и промену дијагностичких параметара итд.

Под аутоматизацијом дијагностичког процеса подразумева се рачунаром управљан целокупни дијагностички процес. Аутоматизација дијагностичког процеса обухвата низ поступака и активности којима се управљање дијагностичким процесом поједностављује и временски скраћује. Коришћење рачунара олакшава дијагностички процес због сложености поступака, као и врло често великог броја података и параметара које треба узети у разматрање. Тако аутоматизација дијагностичког процеса омогућава техничким лицима много погодније провођење дијагностичког процеса, а тиме и доношење дијагностичких одлука. Захваљујући томе, дијагностика са рачунарском подршком постаје веома актуелна у савременим индустријским погонима.

Уређаји за непрекидно мерење физичких величина (нпр. вибрација) могу се поделити на заштитне и дијагностичке. Подела је условна, јер се и заштитни уређаји могу делимично искористити у дијагностичке сврхе и обрнуто, дијагностички уређаји се могу делимично користити у заштитне сврхе. Основна намена заштитних уређаја је да непрекидно мере физичке величине (нпр. вибрације) мотора, те да у моменту прекорачења задатих граничних вредности алармирају или чак искључе асинхрони мотор. Основна намена дијагностичких уређаја је да непрекидно или повремено мере и

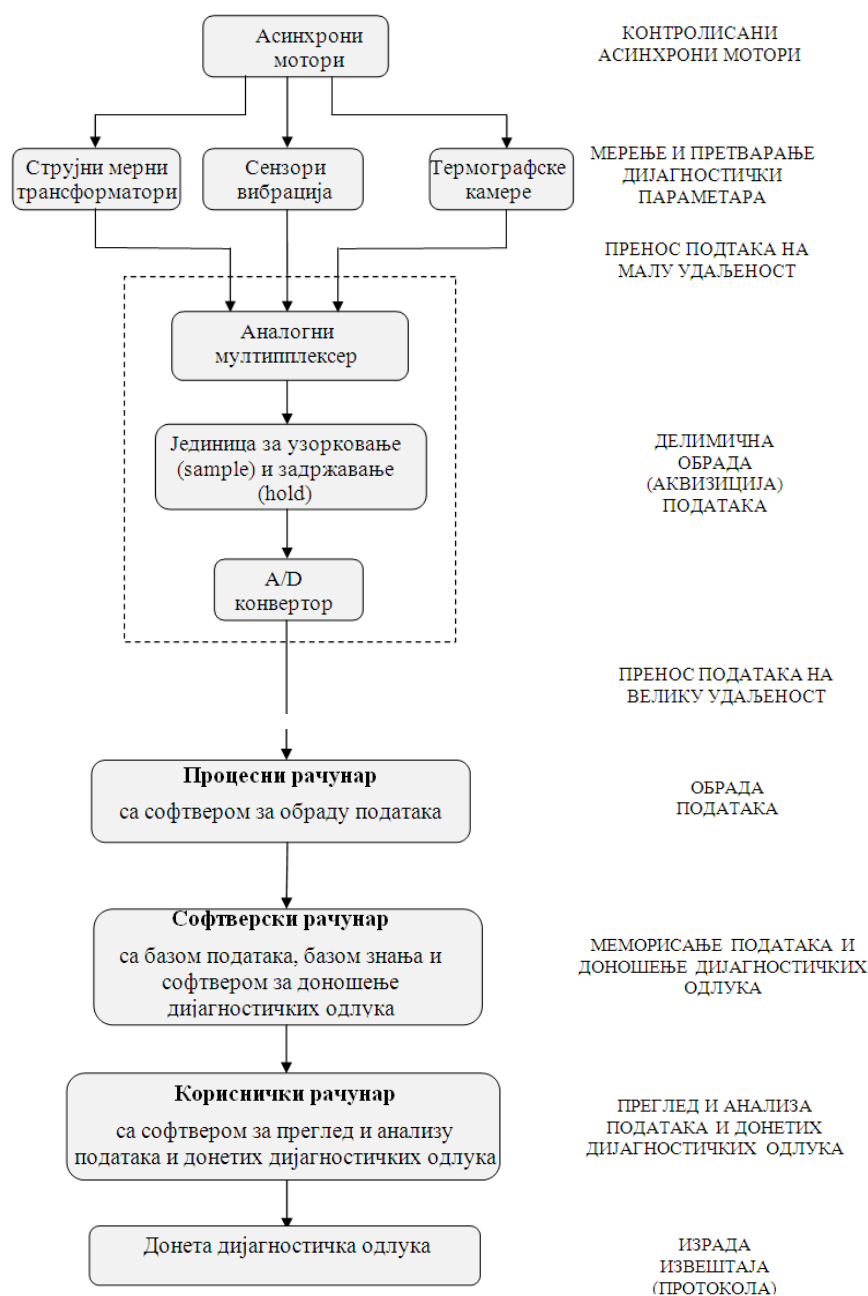
анализирају физичке величине (нпр. вибрације) те да на основу тога детектују оштећења на мотору. Савремени дијагностички уређаји имају веома велике могућности, као што су: слање СМС порука одговорним особама у случају појаве оштећења, аутоматско генерисање радних налога одржавања итд.

2. ПРЕДЛОГ МОДЕЛА АУТОМАТИЗОВАНЕ ДИЈАГНОСТИКЕ АСИНХРОНИХ МОТОРА

Избор оптималне структуре (хардверске и софтверске подршке рачунара, сензора, комуникационих система итд.) модела аутоматизоване дијагностике је изузетно битан за његов каснији ефикасан рад. На основу проучене литературе везане за аутоматизовану дијагностику предложена је структура модела аутоматизоване дијагностике асинхроних мотора приказана на слици 1.

Предложена структура модела аутоматизоване дијагностике који је базиран на примени рачунара и других савремених информационо комуникационих технологија, користи три дијагностичке методе: методу термографије, методу анализе фреквенцијског спектра вибрација и методу анализе фреквенцијског спектра струје статора. Свака од ових дијагностичких метода, обједињује у себи цели низ активности и поступака који започињу „снимањем“ улазног податка, настављају се обрадом података, оценом добијених резултата и завршавају доношењем одлуке о провођењу потребних активности и захвата на контролисаном асинхроном мотору. Извршене операције дијагностичких контрола могу се поделити у три етапе: претварање физичких величина које прате рад контролисаног асинхроног мотора у дијагностички сигнал (у електричну величину), мерење (регистровање) одређених параметара дијагностичког сигнала и упоређивање вредности измерених параметара сигнала са дозвољеним вредностима утврђеним техничким нормама.

Код модела аутоматизоване дијагностике, који обрађују велики број улазних података, некада се контролисани асинхрони мотор налази физички удаљен од места на коме се врши обрада података и доношење дијагностичких одлука. У таквим случајевима приликом прикупљања података треба водити рачуна у ком облику ће се ти подаци преносити (као електрични (струјни или напонски сигнали у аналогном или дигиталном облику), као пнеуматски сигнали, као оптички сигнали итд.), као и којим медијумом (металним проводником, оптичким влакнима или ваздухом) и на који начин (Интернетом, GSM/GPRS итд.), такође треба водити рачуна и о томе да ли су присутне сметње у окружењу кроз које ће се преносити. Ако се подаци преносе кроз окружење у коме постоји опасност од електромагнетних сметњи, узрокованих лутајућим струјама, расипним магнетним пољима итд., онда се препоручује да се на лицу места изврши делимична обрада (аквизиција) података, односно да се на лицу места изврши дигитализација сигнала (претварање сигнала из аналогног у дигитални облик) и да се у таквом облику помоћу оптичких каблова пренесу до места на коме ће се извршити њихова даља обрада.



Слика 2. Предлог модела аутоматизоване дијагностике

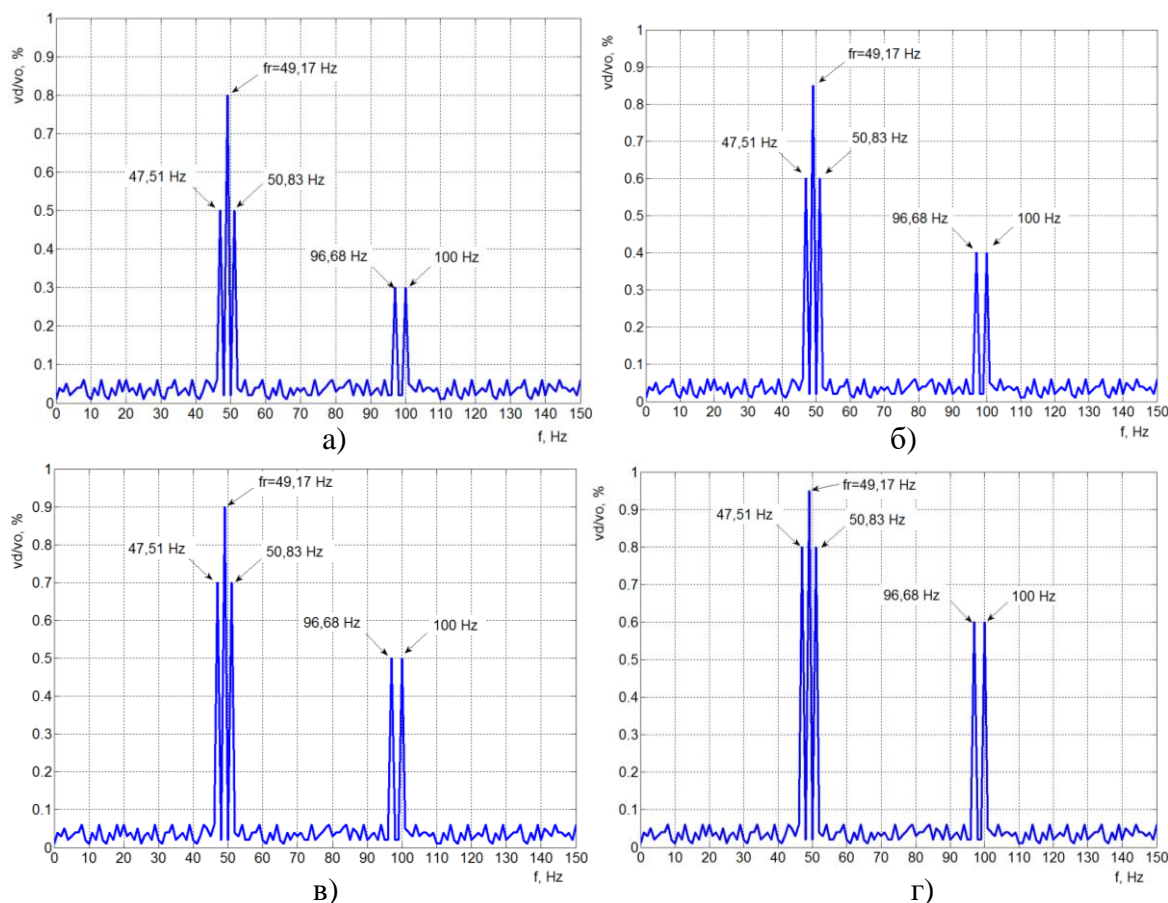
Резултати обраде података се преко рачунарске мреже Етхернет преносе на серверски рачунар. Серверски рачунар је централно место модела аутоматизоване дијагностике на коме се налази база података и база знања, као и софтвер за доношење дијагностичких одлука (нпр. Мотормонитор). Сврха овог рачунара је да прихвати податке са све три рачунарске процесне јединице и да их меморише у базу података, као и да омогући преузимање података из базе података на налог корисничких софтвера за преглед и анализу података.

У дијагностичком центру се налазе два корисничка рачунара који су једини видљиви део модела аутоматизоване дијагностике са становишта просечног оператера система. На њима се презентују сакупљени подаци о стањима праћених асинхроних мотора у људима прихватљивом и смисленом облику, употребом софтвера за преглед и анализу података, чиме се омогућава оператерима да имају увид у све дијагностичке

параметре од интереса за поуздан и безбедан рад асинхроних мотора. Стручњаци (експерти) са великим искуством у дијагностичким контролама асинхроних мотора, на основу детаљне анализе пристиглих и обрађених резултата мерења (уз помоћ рачунара и програмских апликација прилагођених за разне видове анализе и приказа), дају своја експертска (стручна) мишљења о стањима контролисаних асинхроних мотора стационараних у индустријским погонима, а која су од значаја за производни процес, оцењују њихову расположивост и погонску спремност, дају препоруке о даљем раду или поправкама, израђују извештаје и сл.

3. РЕЗУЛТАТИ ДИЈАГНОСТИЧКИХ КОНТРОЛА

На слици 2 су приказани фреквенцијски спектри радијалних вибрација асинхроног мотора за случај: а) неоштећеног кавеза ротора, б) 1 сломљеног штапа, в) 3 сломљена штапа, г) 5 сломљених штапова. Фреквенција ротације износи: $f_r=2950/60=49,17$ Hz ($n=2950$ o/min), $2sf_1=1,66$ Hz, $f_1=50$ Hz.



Слика 2. Спектар вибрација асинхроног мотора за случај: а) исправаног кавеза, б) 1 сломљеног штапа, в) 3 сломљена штапа, г) 5 сломљених штапова

4. ЗАКЉУЧАК

У типичним дијагностичким контролама асинхроних мотора, у погонским условима у којима се мери пуно величина (нпр. температура, вибрације, струја статора), ако се проводе на класичан начин, мора учествовати више испитивача што због читавања инструмената, што због управљања самим испитивањем. Ако дијагностички процес обухвата праћење већег броја дијагностичких параметара (мерних величина) или се један дијагностички параметар врло често прати, начин провођење дијагностичког

процеса може постати врло сложен, а и временски може дуго трајати. Због тога је потребно оптимизирати све поступке дијагностичких контрола асинхроних мотора, који спадају у критичне машине како би сам поступак трајао што краће. У таквим случајевима проводи се аутоматизација дијагностичког процеса, највише због обраде података која је врло сложена, ако се ради на класичан начин. Сложеност изведбе аутоматизације варира зависно од врсте дијагностичких контрола, броја дијагностичких величина, али и од коришћених инструмената.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ferdous, R., Khan, F. I., Veitch, B., Amyotte, P. R., Methodology for computer – aided Fault Tree Analysis, Trans IChemE, Process Safety and Environmental Protection 85 (B1), 2007, pp. 70-80.
- [2] Finley, W. R., Hodowanec, M. M., *An analytical approach to solving motor vibration problems*, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 36, No 5, 2000, pp. 1467-1480.
- [3] Fiser, R., Lavric, H., *On-line Detection and Diagnostics of Induction Motor Rotor Faults Using Spectral Analyses of Stator Current*, 5th International Symposium: Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering, Kuressaare (Estonia), 14-19 January, 2008.
- [4] Frosini, L., Bassi, E., *Stator Current and Motor Efficiency as Indicators for Different Types of Bearing Faults in Induction Motors*, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 57, No 1, 2010, pp. 244 - 251.