

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Трибологија машинских система

Број индекса: 324/2015

Дејан М. Крсмановић

**Утицај мазива на степен искоришћења
двостепеног редуктора
мастер рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Блажа Стојановић - ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да изврши екпериментално одређивање степена искоришћења двостепеног цилиндричног редуктора. На почетку рада кандидат треба да да основне информације о цилиндричном преноснику снаге као и преглед истраживања у датој области са аспекта губитака снаге и степена искоришћења. Главно тежиште рада је испитивање утицаја различитих врста мазива, односно вискозности на губитке снаге и степен искоришћења цилиндричног редуктора.

Препоручена литература:

- [1] Танасијевић С., Триболошки исправно конструисање- Монографија, Машински факултет у Крагујевцу , Крагујевац,
- [2] С. Танасијевић, Основе трибологије машинских елемената, Београд 1989.
- [3] Николић В., Машински елементи, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац 2004.

Крагујевац, 6. 3. 2017. године

Ментор:
Др Блажа Стојановић, доцент

Резиме

У овом раду приказан је начин одређивања степена искоришћења цилиндричног зупчастог преносника снаге. Први део рада се односи на теоретске основе зупчастих преносника снаге, са посебним освртом на цилиндричне преноснике снаге. Посебан осврт дат је на преглед литературе домаћих и страних аутора, при чему су приказане различите врсте губитака снаге који се јављају код редуктора. Такође, приказан је утицај средства за подмазивање на рад преносника снаге, као и на степен искоришћења. Укратко је описан начин рада урђаја АТ200 који је коришћен за експериментално одређивање степена искоришћења. У оквиру тог поглавља приказан је и математички модел одређивања степена искоришћења. У наставку приказани су резултати добијени испитивањем, као и њихова анализа. Уз овај рад у прилогу табеларно су приказани резултати испитивања.

Кључне речи: *степен искоришћења, зупчасти преносник снаге, подмазивање, АТ200*

Abstract

This paper presents the method of determining the efficiency of a cylindrical gearing power transducer. The first part deals with the theoretical basis of gearing power transmissions, with special reference to cylindrical power transducers. A special review is given to the literature review of domestic and foreign authors, showing various types of power losses occurring in the gear unit. Also, the influence of the lubricant on the power of the power transducer and the efficiency gear box. Briefly describes the mode of operation of the AT200 instruction that was used to experimentally determine the efficiency. Within this chapter, a mathematical model for determining the degree of exploitation is shown. Below are the results obtained by the examination, as well as their analysis. In addition to this work, the table shows the results of the test.

Keywords: *efficiency, power transmission gear, lubrication, AT200*

Садржај

1. УВОД	2
1.1 Зупчасти преносници снаге	2
1.2 Цилиндрични зупчаници са правим зубцима	4
1.3 Оптерећење зупчаника	5
1.4 Основни закон спрезања	7
1.5 Особине еволвентних зупчастих парова	8
2. Степен искоришћења	11
2.1 Увод	11
2.2 Степен искоришћења зупчастих преносника	12
2.3 Губици снаге у зупчастим преносницима	13
3. Подмазивање зупчастих преносника	20
3.1 Дефиниција и класификација врста подмазивања	21
3.1.1 Гранично подмазивање	22
3.1.2 Хидродинамичко подмазивање	23
3.1.3 Хидростатичко подмазивање	23
3.1.4. Еластохидродинамичко подмазивање	23
3.1.5 Мешовито подмазивање	24
3.1.6 Хидродинамичко подмазивање	24
3.2 Адитиви, својства и различита намена	24
4. Уређај АТ200	26
4.1 Поступак одређивања степена искоришћења	27
5. Резултати испитивања	29
6. Анализа резултата	46
Закључак	48
Литература	49
Прилог	52

1. УВОД

1.1 Зупчасти преносници снаге

Зупчасти преносници су механички преносници помоћу којих се кретање и обртни момент преноси и трансформише непосредним додиривањем зубаца. Преносници снаге који пренос снаге врше преко зубаца употребљавају се у случајевима када се тражи гарантован, тачан преносни однос у току рада и то зупчасти преносници у случају мањих растојања између погонске и радне машине, а ланчани у случају већих растојања. Зупчасти преносници снаге преносе кретање и обртни момент са погонског на гоњено вратило. Преносници снаге могу бити једностепени и вишестепени преносници. Једностепени преносник снаге састоји се од једног, односно два зупчаника који у спречи чине зупчасти пар. Посматрајући преносник као целину, разликују се погонско или улазно вратило и гоњено или излазно вратило. Погонско вратило је оно вратило преко кога је преносник везан за погонску машину. Гоњено или излазно вратило је оно вратило преко кога је преносник везан за радну машину. На слици 1 приказана су два редуктора, при чему је основна разлика у постављању погонске машине, односно електромотора.



Слика 1. Различите концепције преносника снаге [1]

Према међусобном положају оса улазног и излазног вратила, преносници могу бити са паралелним, укрштеним и мимоилазним осама вратила. Паралелне осе улазног и излазног вратила преносника могу бити у хоризонталној, вертикалној или косој равни. Преносником се у извесним случајевима савлађује и растојање између радне и погонске машине, ако је из неких разлога потребно радну машину удаљити од погонске. Код механичких преносника механичка енергија се преноси преко машинских делова, међусобним додиривањем. Механички преносници преносе енергију односно мењају обртни момент и угаону брзину. Пренос се врши приањањем површина, зупцима, или непосредним додиривањем погонског и гоњеног елемента, преко посредника.

Увођење преносника као посредника између погонске и радне машине диктирано је условима рада како радне тако и погонске машине. Потребна угаона

брзина радне машине врло ретко одговара најпогоднијој угаоној брзини погонске машине (обично је много мања). Чест је случај да угаону брзину главних делова радне машине треба мењати независно од угаоне брзине погонске машине, јер мењати угаону брзину погонске машине у ширим границама или је врло неекономично, или чак и немогуће. Погонске машине имају обично константну или приближно константну угаону брзину, уз константан обртни моменат. Веће смањење броја обртаја код погонске машине у већини случајева доводи и до смањења обртног момента, што је врло неповољно за радну машину, јер она захтева велике обртне моменте при малим брзинама. Бројеви обртаја погонских машина обично су велики, а обртни моменти мали, дакле одређена снага постиже се великим угаоним брзинама, а малим обртним моментима.

Зупчасти преносници преносе оптерећење односно обртни момент обликом, при чему могу да остваре тачан кинематски преносни однос. Најважнија радна карактеристика преносника снаге је преносни однос i , који се дефинише као однос учесталости обртања погонског вратила n_{ul} и учесталости обртања излазног вратила n_{iz} , [2]:

$$i = \frac{n_{ul}}{n_{iz}} = \frac{n_1}{n_2}.$$

Док код вишестепених преносника важи:

$$i = \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{n_2}{n_3} \cdot \frac{n_3}{n_4} \dots = i_{1/2} \cdot i_{2/3} \cdot i_{3/4}.$$

Односно укупни преносни однос једнак је производу парцијалних преносних односа сваког степена. Уколико је преносни однос већи од јединице, онда преносник врши смањење броја обртаја, а повећање обртног момента. Овакви преносници снаге називају се редуктори, уколико је преносни однос мањи од јединице преносник снаге током рада повећава број обртаја а смањује обртни момент, па се такав преносник назива мултипликатор.

Различитим повезивањем зупчастих парова образују се механички преносници, то су начешће коришћени преносници снаге, који могу да се примене за све могуће положаје улазног и излазног вратила, као и за врло широк дијапазон снага, броја обртаја и преносног односа.

Погонски зупчаник преноси кретање и обртни момент на гоњени зупчаник. Зупчаници који чине зупчасти пар називају се спрегнути зупчаници [3].

Према положају оса вратила погонског и гоњеног зупчаника разликују се [3]:

- Цилиндрични зупчасти парови- зупчасти преносници код којих су осе вратила паралелне,
- Конични зупчасти парови- зупчасти преносници код којих се осе вратила секу,

- Хиперболоидни зупчасти парови- зупчасти преносници код којих се осе вратила мимоилазе.

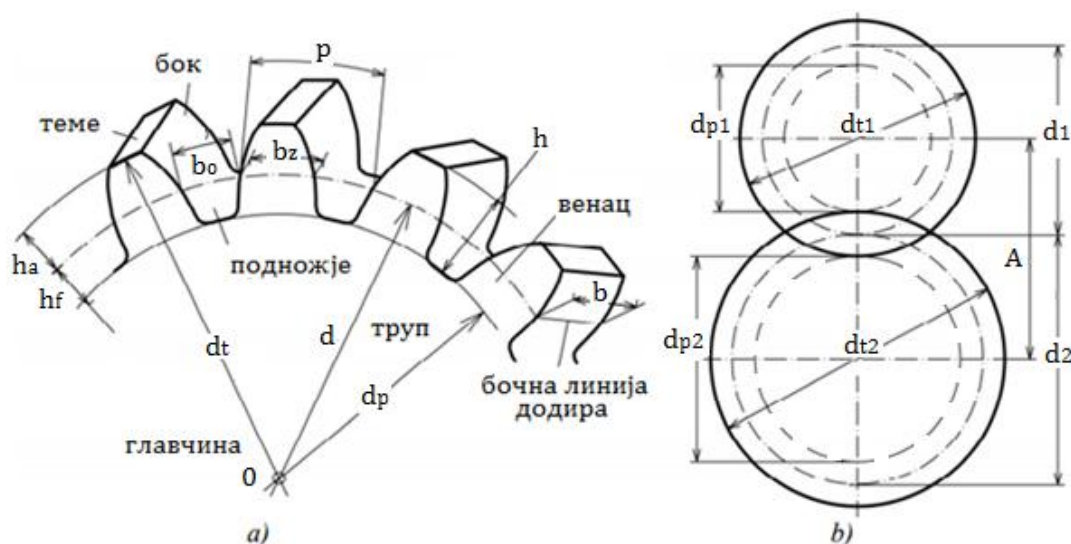
Код цилиндричних зупчаника са правим зубима, зупци су паралелни са изводницом основног цилиндра, односно угао између правца зубаца и изводнице основног цилиндра једнак је нули. За профил зубаца зупчаника користи се део еволвенте која се конструише на основном кругу зупчаника пречника d_b . Облик еволвенте зависи од величине пречника основног круга.

Прорачун носивости зупчаника базира се на теоријским и експерименталним испитивањима. Основе овог испитивања дате су у документима као што су ISO/DIS 6336 као и у стандарду DIN 3990. У поменутим стандардима одређени су утицајни фактори за прорачун носивости. Постоје четири основне методе за прорачун носивости (Метода А, Б, Ц, Д) [1].

- Метода А: За коришћење ове методе потребно је познавати све конструкционе и технолошке податке о преноснику као и податке о оптерећењу и експлоатационим условима. Из тих разлога ова метода се ретко користи.
- Метода Б: Фактори се одређују на упрошћен начин али за већину практичних примена ова метода даје задовољавајуће резултате. Уводи се претпоставка да се зупчасти пар апроксимира осцилаторним системом, састављен од маса погонског и гоњеног зупчаника.
- Метода Ц: Метода Ц се заснива на методи Б, с тим да се и даље уведе претпоставке и додатна упрошћења. Претпоставља се да је зупчаник израђен од пуног материјала, са углом профила алата од 20° , као и то да зупчасти пар ради у подкритичном броју обртаја.
- Метода Д: Уз поједностављења која су дата у претходним методама, у овој методи се додају и додатна поједностављења, као на пример да се прорачун изводи на константно јединично оптерећење од 350 N/mm^2 .

1.2 Цилиндрични зупчаници са правим зупцима

Сви зупчаници се састоје од венца, средишњег дела (са или без олакшања) и главчине. Витални део на зупчаницима је венац, на коме се налазе зупци зупчаника. Спољашњи или темени пречник d_a дефинише теме зупчаника, слика 2. Унутрашњи или подножни пречник d_p дефинише подножје зупчаника. Висина зупца h састоји се из темене h_t и подножне висине h_p . Ширина бока b одређује додир два зупца два спрегнута зупчаника. Ширина зупца је означена са b_z , а међузубља са b_o . Код два спрегнута зупчаника у додиру су кинематички пречници (d_1 и d_2), подножни и темени пречници (d_{p1} и d_{p2}) и (d_{t1} и d_{t2}) са одговарајућим толеранцијама мера, слика 2 [3].



Слика 2. Геометријски параметри зупчаника

1.3 Оптерећење зупчаника

Максимално локално напрезање на боку или у подножију зупца зупчаника је меродавно за прорачун носивости. Због тога је првенствено потребно одредити номинално оптерећење па затим се оно увећава факторима оптерећења, као што су [2]:

- Фактор радних услова,
- Фактор унутрашњих динамичких сила,
- Фактор расподеле оптерећења дуж бочне линије и
- Фактор расподеле оптерећења на парове зубаца.

Зупци цилиндричних зупчаника са правим зупцима оптерећени су нормалном силом F_N , односно њеним компонентама F_O и F_R , слика 2. Нормална сила има правац додирнице, а интензитет се одређује према једначини:

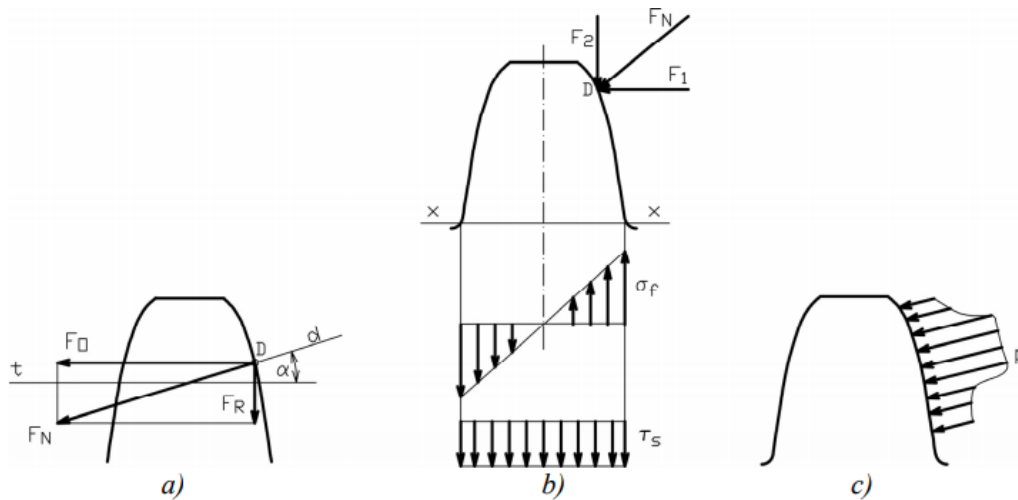
$$F_N = \frac{F_O}{\cos \alpha},$$

Правац силе F_O је тангента на додирне кинематичке кругове. Радијална сила F_R има правац спојне праве оса спрегнутих зупчаника са смером према посматраном вратилу, тј. управна је на обимну силу F_O [4]. Интензитет радијалне силе износи:

$$F_R = F_N \cdot \sin \alpha = \frac{F_O}{\cos \alpha} \cdot \sin \alpha = F_O \cdot \tan \alpha$$

Ако се сила F_N разложи на компоненте F_1 и F_2 , имамо да сила F_1 напреже зубац на савијање и смицање, а сила F_2 напреже зубац на сабијање, слика 3. Максималан напон на савијање и смицање је у подножју зупца на попречном пресеку x-x. Напон на сабијање може се занемарити, као и на смицање. Површински притисак p је по боку

зупца са максималним вредностима око кинематичког пречника. Доминантна напрезања су на савијање и површински притисак [4].



Слика 3. Оптерећење зупца зупчаника[5]

Главчина зупчаника средишњи је његов део пречника d_g , који се налази на вратилу. У отвору главчине налази се жлеб за клин ширине b_k и дубине f_o , слика 4. Део између венца и главчине је труп пречника d_o , који може бити мање ширине s од ширине венца b , са отворима или са паоцима. Корак зупчаника лучно је растојање између истоимених тачака два суседна зупца мерено по кинематичком пречнику d . Однос између корака зупчаника e , броја зубаца z и обима по кинематичком пречнику d једнак је:

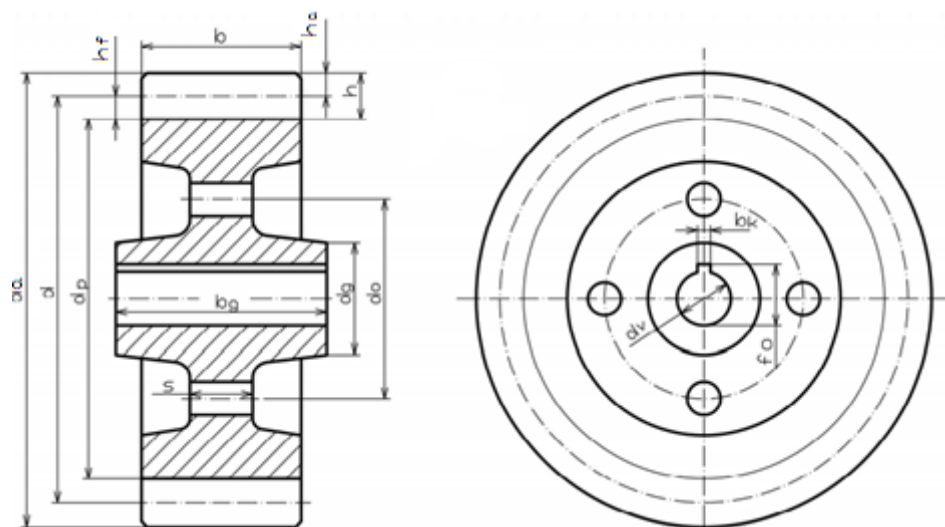
$$p \cdot z = d \cdot \pi$$

Из ове једначине произилази да је кинематички пречник d једнак:

$$d = m \cdot z,$$

јер је,

$$m = \frac{p}{\pi}.$$

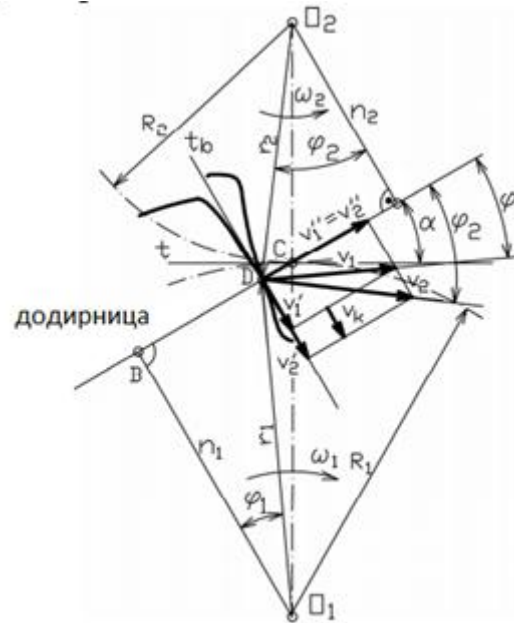


Слика 4. Геометријски параметри зупчаника [5]

1.4 Основни закон спрезања

Основни закон спрезања дефинише међусобну зависност спрегнутих профила и услова које треба задовољити да преносни однос i буде константан, слика 5.

Да би два зупчаника могла да се спрегну, и да се при томе обрћу, треба да имају исте модуле $m_1 = m_2$, исте номиналне вредности: корака зубаца $p_1 = p$, висина зубаца $h_1 = h_2$, ширина зубаца $b_1 = b_2$, ширина међузубља $b_{o1} = b_{o2}$, ширина венца $b_1 = b_2$, исте и симетричне додирнице у односу на централну тачку А, слика 4 и симетричан облик зубаца. Да би се зупчаници спрезали, и обртали без преклапања зуба, треба да задовоље одређене захтеве, који произилазе из кинематички и геометријски међусобних зависности. Бокови зубаца два спрегнута зупчаника морају константно бити у контакту. Спајањем тачака додира два зуба, гоњеног и погонског зупчаника у периоду спрезања добија се линија која се назива додирницом. Угао између додирнице и тангенте на кинематичке полупречнике R_1 и R_2 у тачки А назива се углом додирнице α [5].



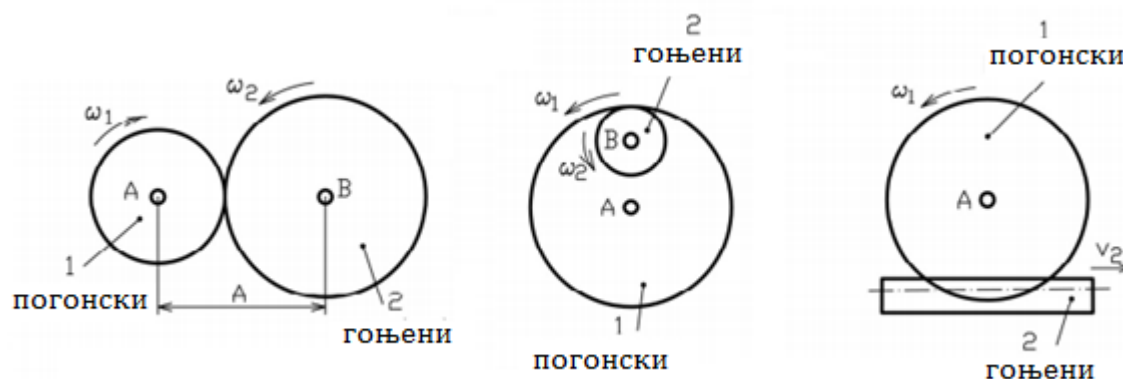
Слика 5. Основно правило спрезања [5]

Уколико је преносни однос константан, то значи да нема успоравања или убрзавања гоњеног зупчаника при равномерном обртању погонског зупчаника. Како би основни закон срезања био испуњен потребно је да нормала повучена на тангенту у тренутној тачки додира спрегнутих профила, мора да пролази кроз кинематски пол. Са друге стране, нормала у тренутној тачки додира профила сече праву која спаја осе обртања зупчаника O_1 и O_2 у кинематском полу C .

1.5 Особине еволвентних зупчастих парова

Цилиндрични преносници су преносници снаге код којих су осе вратила спрегнутих зупчаника паралелно постављене. Кинематске површине зупчастих парова су цилиндри који се котрљају један по другом без клизања, у пракси се примењују (слика 6) [1]:

- Цилиндрични зупчасти преносници са спољашњим озубљењем,
- Цилиндрични зупчасти преносници са унутрашњим озубљењем и
- Равни цилиндрични зупчасти парови.



Слика 6. Различити преносници снаге

Унутрашњи зупчasti парови имају исти смер обртања, док цилиндрични зупчаници са спољашњим озубљењем имају супротан смер обртања. Равни цилиндрични преносници претварају обртно кретање на улазном вратилу у праволинијско кретање. Унутар кућишта редуктора могу бити смештени различити зупчasti преносници, самим тим преносник снаге може имати више улазних, односно излазних вратила, слика 7.



Слика 7. Преносник са више излазних вратила [1]

Према положају зубаца у односу на изводницу основног цилиндра или према облику зупца разликују се:

- Цилиндрични зупчаници са правим зупцима,
- Цилиндрични зупчаници са косим зупцима и
- Цилиндрични зупчаници са стреластим зупцима.

Еволвентни зупчasti парови имају низ предности као што су висок степен искоришћења $\eta \geq 0.98$, велика трајност и издржљивост. Овакви преносници снаге заузимају мале димензије у односу на снагу коју могу да пренесу. Могу се

употребљавати за пренос од најмањих до највећих снага, те од најмање до највеће брзине обртања [2].

Зупчасти преносници снаге могу имати дуг век трајања уколико је израда спроведена по прописаним правилима и у сагласности са техничком документацијом, затим ако су испоштована правила монтаже, добар избор материјала зупчаника као и вратила и добро и оптимално подмазивање зупчастог преносника.

Зупчасти пар са еволвентним профилем може да се спреже на било ком растојању ако је задовољено основно правило спрезања. Ако је додир у кинематском полу онда су и нападни углови међусобно једнаки. Еволвентни зупчасти парови имају особину разменљивости. Разменљивост представља низ зупчаника истог модула и различитог пречника, односно различитог броја зубаца зупчаника. За израду разменљивих зупчаника користи се један исти алат.

2. Степен искоришћења

2.1 Увод

Данас се све већа пажња посвећује губицима снаге у зупчастим преносницима као и начинима за њихово смањење. Губици снаге у зупчастим преносницима, пре свега, зависе од: геометрије зупчаника, квалитета обрађене површине, термичке обраде зупчаника, врсте материјала, средства за подмазивање, технолошког наслеђа, радних услова, оптерећења и других фактора.

Велики број аутора је испитивао утицај различитих фактора на губитак снаге у зупчастим преносницима. Р. Д. Бритон (R.D. Britton) и др. [6] су установили да смањењем просечне висине неравнина са $0,4 \mu m$ на $0,05 \mu m$ доводи до смањења губитака снаге у спрези зупчаника између 20 % и 30 %. Л. Хиао (L. Hiao) и други [7] су испитивали утицај храпавости обрађене површине на трење применом два ваљка и установили да најбоље особине трења показују фино брушене површине $R_a = 0,3 \mu m$ у односу на средње $R_a = 0,6 \mu m$ и грубо брушена површине $R_a = 1,2 \mu m$. Е. Бергсет (E. Bergseth) и др. [8] су симулирајући клизно/котрљајући контакт зубаца зупчаника користећи twin-disk опрему показали да полирана површина диска $R_a = 0,048 \mu m$ показује боље особине трења и хабања у односу на брушену површину $R_a = 0,97 \mu m$. М. Андерсон и други [9] су применом FZG (Forschungsstelle für Zahnrad und Getriebebau) уређаја показали да, генерално гледано, полирани зупчаници са просечном висином неравнина $R_a = 0,08 \mu m$, имају већи степен искоришћења у односу на брушене зупчанике $R_a = 0,32 \mu m$.

Експериментална испитивања везана за утицај врсте материјала и термичке обраде зупчаника на губитке снаге су показала да се одређеном комбинацијом материјала зупчаника са одговарајућим уљем за подмазивање знатно може повећати степен искоришћења зупчастог преносника [10,11,12]. Посебно је истакнута предност синтерованих материјала у односу на стандардне челике који се користе за израду зупчаника.

С друге стране група аутора [13,14,15,16] се бавила испитивањем утицаја различитих врста уља на губитке у спрези зупчаника. Тиме је истакнута предност коришћења биоразградивог естер уља у односу на минерално као и предности PAGD уља у односу на остале врсте коришћених уља за испитивање, посебно при већим оптерећењима, чиме се добијају ниже радне температуре, боље својства трења и хабања, мањи губици снаге а самим тим и већи степен искоришћења зупчастог преносника. Такође је показано да се разлика између појединих врста уља, у погледу губитака, смањује са повећањем броја обртаја.

Променом геометрије зупчаника такође се може утицати на губитке у зупчастом преноснику. Експериментална и теоријска испитивања су показала да промена ширине зупчаника не утиче знатно на смањење губитка снаге зупчаника у спрези [17,18]. С друге стране смањењем модула, повећањем броја зубаца зупчаника и повећањем угла додирнице може се утицати на смањење губитака у зупчастом преноснику снаге [19, 20].

2.2 Степен искоришћења зупчастих преносника

Степен искоришћења машина и механизма је, условно речено, параметар оцене корисног ефекта коришћене енергије. Њиме се оцењује способност техничких система да очувају транспортовану енергију. Величина степена искоришћења се одређује као однос утрошене енергије на савлађивање сила корисних отпора у неком реалном временском интервалу и укупно утрошене енергије у том истом временском интервалу. Очигледно је да утрошена енергија на савлађивање сила корисних отпора представља корисно утрошену енергију јер обезбеђује техничку функцију и несметан рад система.

Код преносника снаге степен искоришћења се дефинише као однос излазне снаге према улазној, односно добијеног рада према уложеном [4]:

$$\eta = \frac{P_{izl}}{P_{ul}} = \frac{P_{ul} - P_G}{P_{ul}} = 1 - \frac{P_G}{P_{ul}} < 1,$$

Излазна снага равна је улазној снази умањеној за снагу која се у преноснику губи на разне отпоре P_G и која се највећим делом претвара у топлоту. У случају комбиновања два или више преносника, укупни степен искоришћења једнак је производу степена искоришћења појединих преносника.

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \dots$$

Зависност обртног момента на излазу T_{izl} и на улазу T_{ul} може се добити из израза:

$$\frac{T_{izl}}{T_{ul}} = \frac{P_{izl}/\omega_{izl}}{P_{ul}/\omega_{ul}} = \frac{P_{izl}}{P_{ul}} \cdot \frac{\omega_{ul}}{\omega_{izl}} = \eta \cdot i.$$

Овај однос најбоље карактерише способност преносника да повећа обртни момент на рачун смањења броја обртаја. Према томе, ако је главна улога редуктора да повећа обртни момент, онда поред тога што радни преносни однос треба да буде велики, треба и степен искоришћења да буде довољно велики. Ова карактеристика нарочито је важна код планетарних и диференцијалних редуктора, код којих се лако могу постићи велики радни преносни односи. Оријентационе вредности степена искоришћења зупчастих преносника дате су у табели 1.

Табела 1: Оријентационе вредности степена искоришћења зупчастих преносника [21]

Врста зупчаника	Преносни однос	Степен искоришћења η [%]
Цилиндрични са правим зупцима	1:1 до 6:1	94 – 98 %
Цилиндрични са косим зупцима	3:2 до 10:1	94 – 98 %
Конусни са правим зупцима	3:2 до 5:1	93 – 97 %
Конусни са косим зубима	3:2 до 4:1	95 – 99 %
Пужни	5:1 до 75:1	50 – 90 %
Хипоидни	10:1 до 200:1	80 – 95 %
Циклоидни	10:1 до 100:1	75 – 85 %

2.3 Губици снаге у зупчастим преносницима

Губици енергије или губици снаге у зупчастом преносу, а који се исказују преко степена искоришћења преносника, варирају од 0,5% до преко 80%, у зависности од типа зупчаника, лежишта, тачности израде, топографије контактних површина, оптерећења, подмазивања и других фактора [20]. Како апсолутни степен искоришћења не може егзистирати ни у теоријским разматрањима и с обзиром на све већу вредност и значај енергије, задатак је конструктора да учини све како би губитке енергије у преносу минимизирао до границе могућег.

Губици снаге у зупчастом преноснику у основи се образују од губитака у спрезању зупчаника, од губитака у лежајевима, заптивкама и губитака услед мешања и распршивања уља. Преносник у току рада расипа енергију тако да се на излазу добија снага која је мања од улазне снаге за величину губитака. Разлика између улазне P_{ul} и излазне снаге P_{izl} назива се укупни губитак снаге P_V које се може израчунати помоћу следеће једначине за задато оптерећење на следећи начин [21]:

$$P_V = P_{VZO} + P_{VZP} + P_{VL} + P_{VD} + P_{VX},$$

где су:

P_{VZP} - губитак снаге зависан од оптерећења,

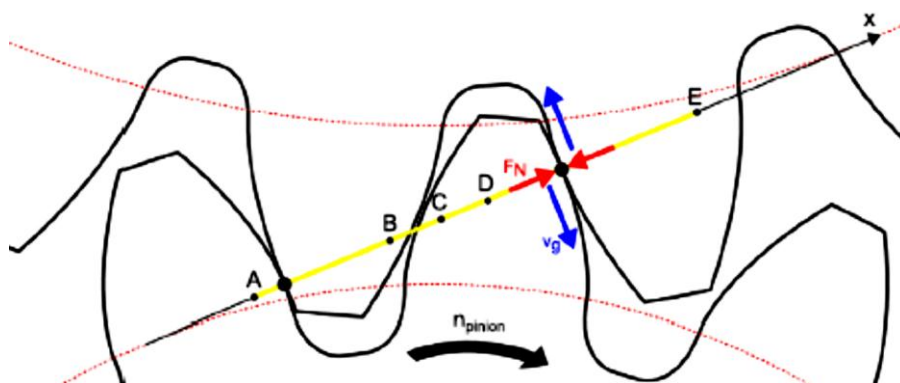
P_{VZO} - губитак снаге независан од оптерећења,

P_{VL} - губитак снаге у лежајевима,

P_{VD} - губитак снаге у заптивкама и

P_{VX} - остали губици.

У току спрезања зупчаника (слика 8) долази до међусобног релативног кретања бокова зубаца, при чему су брзине клизања и котрљања променљиве. Оптерећења зуба зупчаника се, такође, мења у току спрезања, па је очигледно да ће и рад силе трења и губитак снаге бити зависан од тренутног положаја тачке спрезања.



Слика 8: Брзина клизања и нормална сила на контакту зуба зупчаника [25]

У свакој тачки дуж линије контакта губитак снаге услед трења зависи од оптерећења, приказан је следећом једначином [22, 23]:

$$P_{VZP}(x) = F_N(x) \cdot \mu_Z(x) \cdot v_g(x),$$

где су:

$F_N(x)$ - нормална сила,

$\mu_Z(x)$ - коефицијент трења и

$v_g(x)$ - брзина клизања

Пошто успостављање контакта између зупчаника почиње у тачки А а завршава се у тачки Е укупан губитак снаге услед трења дат је следећом једначином:

$$P_{VZP}(x) = \int_A^E F_N(x) \cdot \mu_Z(x) \cdot v_g(x) dx$$

Претходна једнакост представља општу једначину за израчунавање губитака снаге услед трења у спрези зупчаника где је потребно познавати нормалну силу F_N и брзину клизања v_g дуж линије контакта као и коефицијент трења μ_z у свакој тачки. Може се сматрати да је коефицијент трења константан дуж линије контакта μ_{mZ} па једначина добија упрошћени облик:

$$P_{VZP} = \mu_{mZ} \cdot \frac{1}{P_b} \int_A^E F_N(x) \cdot v_g(x) dx.$$

Ако је P_{in} улазна снага која се рачуна преко израза:

$$P_{in} = F_{bt} \cdot v_{bt} ,$$

где су:

F_{bt} - оптерећење на основном кругу,

v_{bt} - тангенцијална брзина на основном кругу.

Добија се израз који важи за цилиндричне зупчанике са правим зупцима:

$$P_{VZP} = \mu_{mZ} \cdot F_{bt} \cdot \frac{1}{P_b} \int_A^E \frac{F_N(x)}{F_{bt}} \cdot \frac{v_g(x)}{v_{bt}} dx ,$$

Једначина се може уопштити и за хеликоидне зупчанике:

$$P_{VZP} = \mu_{mZ} \cdot F_{bt} \cdot \frac{1}{P_b} \int_0^b \int_A^E \frac{F_N(x, y)}{F_{bt}} \cdot \frac{v_g(x, y)}{v_{tb}} dx dy ,$$

односно:

$$P_{VZP} = \mu_{mZ} \cdot P_{in} \cdot H_{VL}.$$

Претходна једначина важи за све типове зупчаника уз удео просечног коефицијента трења μ_{mZ} , улазне снаге P_{in} и фактора губитака H_{VL} имајући у виду само геометрију зуба зупчаника. Фактор губитака H_{VL} зависи од геометрије зупчаника и услова оптерећења. Представља показатељ ефикасности одређеног зупчаника без обзира на радне услове, снагу која се преноси и врсту уља за подмазивање [22,24,25].

$$H_V = \frac{1}{P_b} \int_0^b \int_A \frac{F_N(x, y)}{F_{bt}} \cdot \frac{v_g(x, y)}{v_{tb}} dx dy$$

Претходни израз за фактор губитака зупчаника кореспондира са изразом који су представили Хохн (Hohn) и др.[22]:

$$H_V = \frac{1}{\cos(\alpha_{wt})} \cdot \frac{1}{P_{et}} \cdot \int_A^E \left[\frac{F_N(x)}{F_{Nmax}} \cdot \frac{v_g(x)}{v} \right] dx = \frac{\pi \cdot (i + 1)}{z_1 \cdot u \cdot \cos(\beta_b)} \cdot (1 - \varepsilon_\alpha + \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2),$$

где су:

α_{wt} – угао додирнице,
 P_{et} – спрежни корак,
 v – обимна брзина,
 i – преносни однос z_2/z_1 ,
 z_1 – број зуба погонског зупчаника,
 β_b – угао нагиба зубаца,
 ε_α – степен спрезања профила и
 $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – појединачни степени спрезања.

Велех (Valeh) и др. [26] су представили аналитички приступ губитка услед трења између зубаца код цилиндричних и хеликоидних зупчаника, преко изрази:

$$\frac{E_{input} - E_{friction}}{E_{input}} = 1 - \mu \cdot (1 + u) \cdot \frac{\pi}{z_1} \cdot \frac{1}{\cos \beta_b} \cdot \varepsilon_\alpha \cdot \Delta(\mu),$$

где је:

$$\Delta(\mu) = \frac{2k_0^2 - 2k_0 + 1}{1 - \mu \cdot \left(\frac{\tan \alpha_t \cdot (2k_0 - 1) - \frac{\pi}{z_1} \varepsilon_\alpha \cdot (2k_0^2 - 2k_0 + 1)}{\cos \beta_b} \right)},$$

k_0 - крутост спреге по јединици дужине контакта,

$$k_0 = \frac{z_1}{2\pi \cdot \varepsilon_\alpha \cdot u} \left\{ \left[\left(\frac{r_{a2}}{r_{p2}} \right)^2 \frac{1}{\cos^2 \alpha_t} - 1 \right]^{1/2} - \tan \alpha_t \right\}.$$

На основу претходног просечан губитак снаге услед трења у спреси се може израчунати из следећа једначине:

$$P_{VZP} = \sum_{i=1}^{n_{mesh}} P_{in}^i (1 + u^i) \frac{\pi}{z_1^i \cdot \cos \beta_b^i} \varepsilon_\alpha^i \Delta^i(\mu_{avg}),$$

Р. Мартинс (Martins) и др. [11] су представили укупан губитак снаге зупчастог преносника, користећи FZG уређај, следећом једначином:

$$P_L = P_{fr} + P_{M1} + P_{spl} + P_{M0} + P_{sl}.$$

Губитак снаге услед трења P_{fr} , зависи од геометрије зупчаника, броја зубаца, радних услова и коефицијента трења у контакту зуба зупчаника и одређује се следећим изразом:

$$P_{fr} = \pi \cdot \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) \cdot \left(1 - \left(\frac{g_f + g_a}{P_b} \right) + \left(\frac{g_f}{P_b} \right)^2 + \left(\frac{g_a}{P_b} \right)^2 \right) \cdot P_{in} \cdot \mu_m,$$

где су :

z_1, z_2 – бројеви зубаца зупчаника,

P_b – корак,

P_{in} – улазна снага и

μ_m – средња вредност коефицијента трења.

Губитак снаге услед трења у котрљајном лежају P_{M1} , углавном зависи од оптерећења, типа лежаја, пречника лежаја и коефицијента трења на контактним површинама у лежају:

$$P_{M1} = \frac{\pi}{30} \cdot n \cdot \left(\sqrt{F_r^2 + F_a^2} \cdot f_1 \cdot T \right),$$

где су :

F_r – радијална сила,

F_a – аксијална сила,

f_1 – коефицијент трења у лежају и

T – средњи пречник лежаја.

Губитак снаге услед мешања и распршивања уља у зупчастом преноснику P_{spl} , који зависи од геометрије зупчаника, дубине потапања зупчаника у уље, угаоне брзине, вискозности и густине уља, геометрије преносника, инерцијалног протока уља, може се израчунати следећим изразом:

$$P_{spl} = \frac{\pi}{30} \cdot n \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \left(\frac{\pi \cdot n}{30} \right)^2 \cdot A_i \cdot \left(\frac{d}{2} \right)^3 \right) \cdot \left(\left(\frac{2 \cdot h}{d} \right)^{0,45} \cdot \left(\frac{V_{oil}}{d} \right)^{0,1} \cdot F_R \cdot R_e^{-0,21} \right),$$

где су :

n – број обртаја,

ρ – густина уља,

A_i – површина оквашена уљем,

d – пречник,

h – висина нивоа уља,

V_{oil} – запремина уља,

F_R – Фрудов број и

R_e – Рејнолдсов број.

Губитак снаге услед мешања и распршивања уља у котрљајном лежају P_{M0} , зависи углавном од броја обртаја, средњег пречника, типа лежаја и вискозности уља:

$$P_{M0} = \frac{\pi}{30} \cdot n \cdot \left(f_0 \times 10^{-7} \cdot (n \cdot \eta_{oil})^{\frac{2}{3}} \cdot T^3 \right) \cdot 10^{-3} ,$$

где су:

f_0 – коефицијент губитака у лежајевима,

η_{oil} – динамичка вискозност уља и

T – средњи пречник лежаја.

Губитак снаге у заптивкама P_{sl} , зависи од броја обртаја n и унутрашњег пречника заптивке d_i :

$$P_{sl} = 7,69 \times 10^{-6} \cdot d_i \cdot n.$$

Губици снаге у котрљајним лежајевима се могу израчунати према SKF моделу [27]:

$$M = M_{rr} + M_{sl} + M_{drag} + M_{seal}.$$

Укупни губитак обртног момента у лежајевима M сачињавају следећи губици обртних момената:

M_{rr} – момент трења котрљању,

M_{sl} – момент трења клизања,

M_{seal} – момент трења у заптивкама и

M_{drag} – момент трења услед мешања и распршивања уља.

Према томе укупан губитак снаге у котрљајним лежајевима се може израчунати:

$$P_{VL} = M \cdot n \cdot \frac{\pi}{30} \times 10^{-3}.$$

С. Сетхараман (S. Setrharman) и А. Кахраман (A. Kahraman) [28], су укупни губитак снаге услед мешања и распршивања уља у зупчастом преноснику поделили у две категорије. У прву групу спадају губици повезани са интеракцијом сваког појединачног зупчаника са уљем за подмазивање. За зупчанике који су потпуно или делимично потопљени у уљу овај губитак снаге се може израчунати као збир следећих губитака:

$$P_{di} = P_{dpi} + P_{dfi} + P_{rfi} ,$$

P_{dpi} су губици снаге настали услед отпора уља/ваздуха по обиму зупчаника:

$$P_{dpi} = 4\mu b_i r_{oi}^2 \omega_i^2 \phi_i ,$$

где су:

b – ширина зупчаника,

μ – динамичка вискозност уља,

r_{oi} – спољашњи полупречник темене кружнице,

ω - угаона брзина и

ϕ_i – угао потапања.

P_{dfi} су губици снаге услед отпора уља/ваздуха по бочним странама зупчаника, дефинише се за ламинарно $Re = 2\rho\omega_i r_{oi}^2 / \mu < (10)^5$ и турбулентно струјање $Re > (10)^6$.

$$P_{dfi}^{(T)} = \frac{0,025\rho_k^{0,14}\omega_i^{2,86}r_{oi}^{2,72}A_{dfi}}{(\sin\phi_i)^{0,14}},$$

где су:

ρ – густина уља и

A_{dfi} – површина посматране области.

P_{rfi} је губитак снаге који се јавља током испуњавања уљем простора односно шупљина између суседних зубаца зупчаника:

$$P_{rfi} = 2n_i\mu A_c\omega_i(r_{oi} - r_{ri})\left(\frac{D_{3i}}{r_{oi}r_{ri}} - D_{4i}\right),$$

где су:

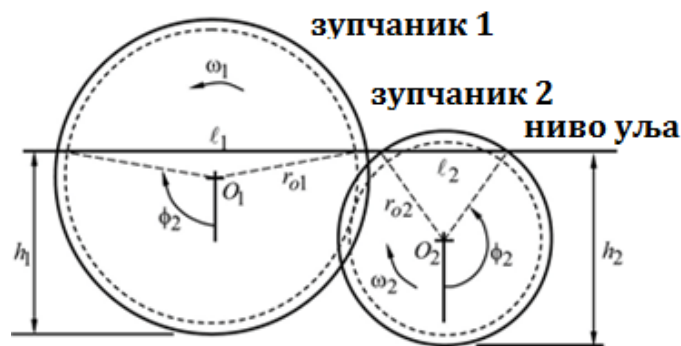
n – просечан број шупљина и

$D_{1i} - D_{4i}$ - коефицијент који се одређује из граничних услова.

За зупчасти пар укупни губитак је:

$$P_d = P_{d1} + P_{d2}.$$

На слици 9 приказана су два цилиндрична зупчаника потопљена у средство за подмазивање.



Слика 9. Дефинисање карактеристичних параметара за зупчасти пар потопљен у уље [30]

У другу групу спадају губици који настају услед интеракције зупчастог пара са околним уљем у току спрезања, такозвани џепни губици снаге P_p . Просечна вредност ових губитака се може одредити збиром губитака услед задржавања одређене количине уља у простору између зубаца зупчаника 1 $J_1^{(m)}$ и количине уља у простору између зубаца зупчаника 2 $J_2^{(m)}$ у односу на укупан број корака ротације M :

$$P_p = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \left[\sum_{j=1}^{J_1^{(m)}} P_{p,1j}^{(m)} + \sum_{j=1}^{J_2^{(m)}} P_{p,2j}^{(m)} \right]$$

Према томе укупни губитак снаге зупчастог пара се може представити следећом једначином:

$$P_T = P_d + P_p .$$

Ц. Чангенет (C. Changenet) и П. Велех (P. Valex) [31] су укупни губитак снаге услед мешања и распршивања уља представили следећим изразом:

$$P_{cur} = \frac{1}{2} \rho \Omega^3 S_m R_p^3 C_m ,$$

где су:

ρ – густина уља,

Ω – угаона брзина

S_m – уроњена површина погонског зупчаника,

R_p – полупречник и

C_m – бездимензионална константа која се одређује за ламинарно и турбулентно струјање.

$$\text{За вредност } Re = \frac{\Omega R_p b}{\nu} < 6000,$$

$$C_m = 1,366 \left(\frac{h}{D_p} \right)^{0,45} \left(\frac{V_0}{D_p^3} \right)^{0,1} F_r^{-0,6} Re^{-0,21} ,$$

$$\text{За вредност } Re = \frac{\Omega R_p b}{\nu} > 9000,$$

$$C_m = 3,644 \left(\frac{h}{D_p} \right)^{0,1} \left(\frac{V_0}{D_p^3} \right)^{-0,35} F_r^{-0,88} \left(\frac{b}{D_p} \right)^{0,85} ,$$

где су:

ν – кинематска вискозност,

h – дубина потапања зупчаника у уље,

V_0 – запремина уља,

b – ширина зупчаника,

$F_r = \frac{\Omega^2 R_p}{g}$ – Фрудов број и

Re – Рејнолдсов број.

3. Подмазивање зупчастих преносника

Подмазивање има за основни циљ да смањи хабање, па је зато улога и утицај мазива веома важна и одговорна. Добро одабрани услови подмазивања могу обезбедити дужи период без интензивног хабања. Подмазивање зупчаника има и друге улоге као што су смањење губитака при трењу, смањење буке и вибрација, одвођење топлоте односно ефикасно хлађење. За подмазивање редуктора и индустријски затворених преносника снаге користе се претежно течна мазива минералне основе, док су синтетичка уља знатно мање заступљена. Основне карактеристике мазива за подмазивање редуктора су вискозност, прионљивост, запаљивост, отпорност према старењу. За подмазивање редуктора користе се два основна система [32]:

- потапање елемената редуктора у уљно купатило и
- убризгивање уља на местима хабања елемената редуктора.

Површине машинских елемената које су приликом кретања у међусобном контакту, мењају временом и своја својства. Мења им се геометрија, величина, структура и својства површинских слојева, а величина и карактер промена зависе од [33]:

- услова оптерећења,
- количине кретања,
- природе материјала елемената који су у контакту,
- састава и својстава околине и
- састава и својстава мазива.

Основни процеси који се јављају при релативном кретању два чврста тела су трење на додирним површинама и хабање додирних површина. Услед појаве трења долази до губитка механичке енергије при раду механичког система. Због појаве хабања долази до промена површина машинских делова током експлоатације.

Хабање је прогресивни процес губитка материјала елемената или делова машина који су у непосредном контакту и налазе се у релативном кретању. Као последица процеса хабања долази до похабаности делова машина, смањења ефикасности њиховог рада, потрошње енергије.

При правилном подмазивању и оптималним условима рада спрегнути зуби погонског и гоњеног зупчаника су раздвојени мазивим слојем средства за подмазивање. Мазиво средство раздваја делимично или потпуно површине зуба који се спрежу. Деловање адхезионих сила између мазива, метала и сила унутрашњег трења између зубаца, мазиво се креће у правцу површина мазива. На носивост мазивог слоја утиче крива површина зупца, тако што је мањи радијус кривине то је и ужа зона

са малим зазорима у којима настају велики притисци. Са порастом вискозности расте сила унутрашњег трења а тиме се повећава носивост мазивог слоја [33].

Довођењем уља до клизних површина лежаја и стварањем услова за формирање хидродинамичког слоја уља код свих режима и услова рада, спречава се заривавање делова, смањују се енергетски губици услед трења и обезбеђује се правилна микрогеометрија делова у току дужег временског периода. Правилним подмазивањем се знатно продужава век рада преносника снаге и његова сигурност у раду. Протоком уља кроз лежајеве, квашењем клизних површина зупца зупчаника одводи се већим делом топлота која се ствара трењем, али се уљем могу хладити и делови, који се прекомерно загревају, а не постоји нека друга могућност њиховог ефикасног хлађења.

У зависности од дебљине слоја мазива, његовог међуповршинског распореда, степена геометријске сличности спрегнутих површина и радних услова елемената механичког система могуће је остварити различите видове подмазивања:

- гранично,
- хидродинамичко,
- хидростатичко,
- еластохидродинамичко,
- мешовито подмазивање.

3.1 Дефиниција и класификација врста подмазивања

Трајност и поузданост рада машина и различитих механизма битно зависе од правилног избора и примене мазива. Лоше одабрано мазиво средство или његова погрешна примена је узрок убрзаном хабању површина које су у контакту и појава трајних деформација, односно оштећења. Један од основних критеријума избора је специфичност рада је брзина и облик кретања, специфична оптерећења, као и температура.

Будући да је хабање елемената последица трења, а трење отпор релативном кретању, основна улога мазива је да смањи тај отпор. Мазиво се може дефинисати као материја која смањује трење, али осим тога испуњава и неке сасвим одређене и строго постављене захтеве. На пример, савремена уља пре свега морају подмазивати површине, али уједно морају имати способност хлађења, заштите од корозије, заптивања, чишћења и прања елемената преносника снаге и морају бити оксидационо и термички стабилни.

Врста подмазивања се може одредити према величини h_g , која се прорачунава према [33]:

$$h_g = \frac{h}{(Ra_1 + Ra_2)} ,$$

где су:

h – дебљина слоја мазива,

Ra_1, Ra_2 – средње аритметичко одступање профила,

У случају када је $h_g < 1$ настаје гранично подмазивање. Уколико је однос дебљине мазивог слоја и средњег аритметичког одступања профила мањи од $h_g < 5$ настаје мешовито подмазивање, и представља прелазни облик ка хидростатичком или хидродинамичком подмазивању. Уколико је $5 < h_g < 100$ ради се о хидростатичком или хидродинамичком подмазивању.

3.1.1 Гранично подмазивање

Гранично подмазивање је веома сложено и механизам настајања и понашања трења. Гранично подмазивање настаје када слој мазива нема довољну дебљину да спречи контакт површина чврстих тела. Површине елемената су у непосредном додиру и оптерећење се преноси с једне на другу преко спрегнутих неравнина.

Мазиво се налази између контактних површина у облику мономолекуларног слоја који путем физичко-хемијских веза реагује са металном површином. Гранично подмазивање се анализира преко промена коефицијената трења. Вредност коефицијента трења граничног подмазивања одређена је коефицијентом трења у граничном слоју и коефицијентом трења на местима додира чистих метала[23]:

$$\mu = a_w \cdot \mu_m + (1 - a_w) \cdot \mu_g,$$

где су:

a_w – део стварне површине додира метала,

μ_m – коефицијент трења спрегнутих површина метала и

μ_g – коефицијент трења граничног слоја.

Код случаја граничног подмазивања највише су изражена адхезивна и абразивна хабања материјала, а у мањем обиму су присутни трибохемијски процеси и хабање услед површинског замора материјала. У циљу смањења трења и хабања у процесу граничног подмазивања потребно је обезбедити погодни површински, односно гранични слој. Стварање граничних слојева могуће је постићи: физичком апсорпцијом, хемијском апсорпцијом, хемијским реакцијама.

Физичка апсорпција се јавља када се активни молекули из мазива везују за површине. Поларни адитиви (нпр. масна уља) формирају на површинама метала чврст слој који има способност да се одупре продирању неравнина и на тај начин спречава додир метал-метал. Овај вид стварања граничних слојева погодан је за мала оптерећења, ниже температуре и мале брзине.

Код хемијске апсорпције активни молекули мазива везани су за металне површине хемијским везама, као на пример везивање масних киселина за метале и његове оксиде, при чему настају метални сапуни веома добрих триболошких својстава. Ови гранични слојеви су погодни за средња оптерећења, средње температуре и средње брзине.

Хемијском реакцијом између активних молекула мазива (ЕП – адитива) и метала стварају се нова хемијска једињења на површинама. Ова мазива у свом саставу садрже хлор, фосфор и сумпор у облику различитих једињења. Делују тако што, услед високих

температура, на површинама стварају слојеве хлорида, фосфида и сулфида који штите површину метала од високих оптерећења и екстремних притисака.

3.1.2 Хидродинамичко подмазивање

Хидродинамичко подмазивање представља начин подмазивања при коме су површине које се подмазују раздвојене континуалним слојем мазива у току кретања, односно где се трење површинских рељефа у потпуности замењује унутрашњим трењем честица мазива. У току мировања, покретања или заустављања површине се налазе у директном контакту.

Елементи механичких система код којих се остварује хидродинамичко подмазивање одликују се следећим триболошким карактеристикама:

- површине које се подмазују раздвојене су континуалним слојем мазива довољне дебљине тако да не долази до њиховог додира, изузев при покретању и заустављању,
- оптерећење се преноси с једне на другу површину преко слоја мазива који поседује одређену моћ ношења насталу као резултат релативног кретања површина,
- отпор услед трења у систему је одређен величином унутрашњег трења у мазиву.

Дебљина уљног слоја, код хидродинамичког подмазивања, мора бити већа од збира висина површинских рељефа клизних површина. Дебљина слоја која је једнака збиру висина површинских рељефа површина назива се критичном и испод ње престају законитости хидродинамичког подмазивања.

3.1.3 Хидростатичко подмазивање

Да би се обезбедила континуална дебљина слоја мазива између спрегнутих површина, неопходан је притисак у слоју мазива који је већи од оптерећења које делује на површине. Ако се притисак у слоју мазива одржава помоћу посебног уређаја – хидростатичког система, ради се о хидростатичком подмазивању. Користи се тамо где се морају отклонити недостаци хидродинамичког подмазивања, односно тешкоће стварања хидродинамичких слојева код малих брзина или брзине једнаке нули (покретање и заустављање система).

За овај вид подмазивања користи се посебан тип клизних лежајева који се називају хидростатичким. То су лежајеви у којима се моћ ношења уљног слоја остварује сталним додавањем уља под притиском из неког уљног резервоара.

3.1.4. Еластохидродинамичко подмазивање

За хидродинамичко подмазивање је карактеристично да се оптерећење преноси преко велике површине додира. Међутим постоје многи елементи машина (зупчаници, котрљајни лежајеви, брегасти механизми) код којих се теоријски додир остварује у тачки или по линији. Стварни додир је по некој малој али коначној површини. Мала

додирна површина узрокује висока специфична оптерећења, што изазива еластичне деформације површинских слојева и промену геометрије површине додира. За ове услове важе Херцови (Hertz) закони, на основу којих се одређује величина притиска, као и величина додирне површине.

У области додира високо оптерећених спрегнутих површина јавља се притисак који има параболичну расподелу. Изван Херцове области владају закони хидродинамичког подмазивања. На улазу у Херцову област притисак у мазиву је мањи од Херцовог притиска, али довољно висок да би раздвојио површине. У самој Херцовој области притисак у слоју мазива прати расподелу Херцовог притиска.

3.1.5 Мешовито подмазивање

Мешовито подмазивање представља прелазни облик између потпуног и граничног подмазивања. Када је дебљина слоја мазива недовољна да потпуно раздвоји површине, јавља се местимични директни контакт површина. Мешовито подмазивање је присутно и у случају малих брзина кретања машинских елемената при високим оптерећењима.

3.1.6 Хидродинамичко подмазивање

Довођењем уља до клизних површина лежаја и стварањем услова за формирање хидродинамичког слоја уља код свих режима и услова рада редуктора, спречава се заривавање делова, смањују се енергетски губици услед трења и обезбеђује се правилна микрогеометрија делова у току дужег временског периода. Правилним подмазивањем се знатно продужава век рада мотора и његова сигурност у раду.

3.2 Адитиви, својства и различита намена

Адитиви за мазива се могу дефинисати као средства која уносе нова позитивна својства или побољшавају већ постојеће карактеристике мазива. Природни угљоводоници од којих се састоје минерална уља не могу на дуже време задовољити све веће захтеве који се постављају пред модерна мазива, због чега им се додају вештачке (синтетичке) супстанце. Сасвим је јасно да постоји велики број адитива који се додају базним уљима у циљу добијања финалног производа максималног квалитета [30].

Адитиви за заштиту металних површина служе да заштите делове од хабања, да спрече корозију, да одржавају делове чистим, да не дозволе формирање крупних честица у облику талоба, да спрече стварање “топлих” и “хладних” талоба, да побољшају ситуацију у погледу трења у условима који су блиски граничном подмазивању.

Адитиви за побољшање перформанси мазивих уља имају задатак да побољшају течљивост уља при ниским температурама, да смање промену вискозности уља при промени температуре, као и да доведу до бубрења заптивки, чиме се обезбеђује херметичност споја спрегнутих делова.

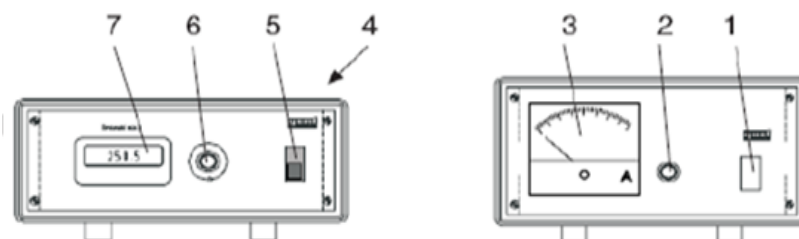
Адитиви за заштиту уља имају улогу која се састоји у спречавању стварања пене у уљу током рада, да успоре старење уља проузрокованог оксидационим појавама и да спрече каталитичко дејство честица метала на оксидацију уља.

Адитиви за побољшање индекса вискозности су носиоци важних високометријских карактеристика, који се могу сумирати у следећем: на ниским температурама је потребно обезбедити течљивост уља, на високим температурама потребно је уље одређене вискозности како би се осигурала довољна дебљина уљног слоја и истовремено његова мала потрошња и код високих притисака потребно је уље које осигурава одређену дебљину уљног слоја.

Адитиви за побољшање отпорности на оптерећење: Када се повећава оптерећење између две клизне површине одвојене уљем, смањује брзина и вискозност, постепено се смањује и дебљина уљног слоја до критичне границе, где престаје да важи закон хидродинамичког подмазивања. То доводи до кидања уљног слоја и до контакта врхова површинских неравнина, што за последицу има појаву сувог трења. У ову групу спадају поларни адитиви, адитиви против трошења и ЕП адитиви (за високе притиске).

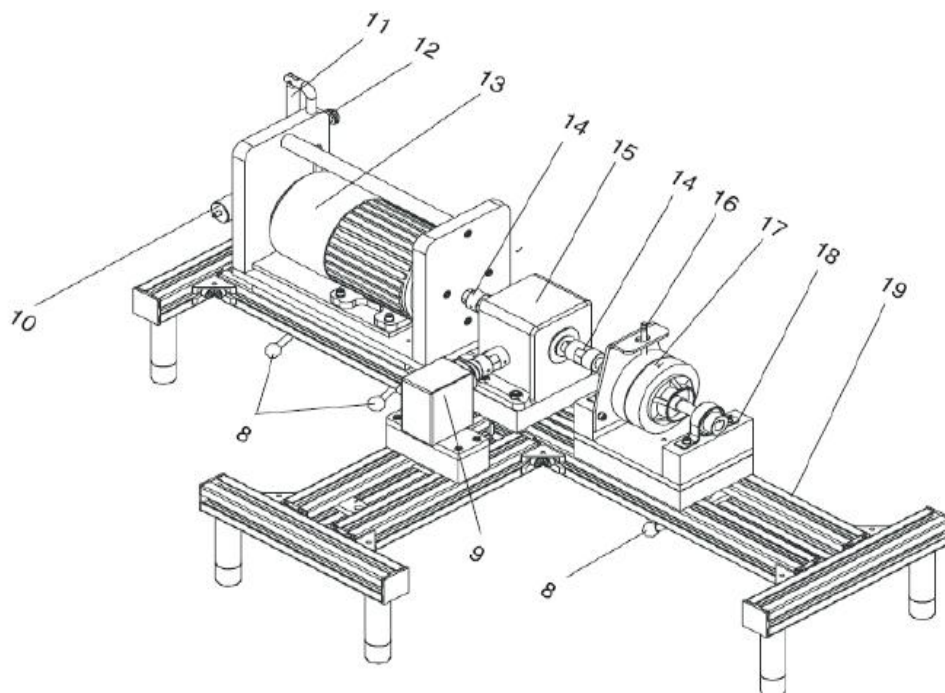
4. Уређај АТ200

Уређај АТ200 намењен је одређивању степена искоришћења једноступеног пужног преносника и двоступеног коаксијалног преносника снаге. Како би били симулирани различити услови рада, уређајем се управља преко контролне јединице, где је могуће подешавати силу кочења. На самој контролној јединици налази се Off/On прекидач означен са (1), јачина струје се подешава уз помоћ потенциометра, при чему се на дисплеју читавају вредности јачине струје, слика 10. Са бројем (4) је означена контролна јединица уз помоћ које се подешава улазни број обртаја електромотора. Позиције 4, 5, 6 су потпуно исте као на контролној јединици кочнице слика 10.



Слика 10. Контролне јединице

Саставни делови уређаја АТ 200 причвршћени су за рам преко ручице са навојним делом (8), слика 11. Улазни момент електромотора се одређује помоћу полуге (10) дужине 50 милиметара и динамометра (11). Када се полуга постави у хоризонтални положај, и чита вредност силе на динамометру у помоћу завртња (12), динамометар остаје заокочен на датој вредности. Електромотор (13) је ослоњен преко два лежаја. Испитивани редуктор означени позицијама (9) и (15) повезани су са електромотором преко канцасте спојнице (14). Кочиони момент се израчунава као производ силе кочења и растојања од центра кочнице до места где се поставља динамометар. Дужина те осовине (16) је 100 милиметара. Кочница се састоји од тела кочнице (17), вратила на коме се налази кочница. Кочница се налази на постољу које је вишеделно, како би било омогућено повезивање кочнице са различитим редукторима. Комплетан уређај је постављен на рам (19) и приказан је на слици 11.



Слика 11. Уређај АТ 200

Електромотор се напаја из контролне јединице а број обртаја се подешава помоћу потенциометра. На излазном вратилу електромотора се налази сензор чије вредности очитавања су приказане на контролној јединици. Кочница је такође повезана са контролном јединицом и мењањем јачине струје регулише се сила кочења.

4.1 Поступак одређивања степена искоришћења

Контролна јединица служи да се подеси улазни број обртаја, односно број обртаја вратила мотора као и сила кочења кочнице. Степен искоришћења се може одредити према наредном математичком моделу. Улазна снага се израчунава на следећи начин:

$$P_1 = M_1 \cdot \omega_1 ,$$

где је:

$$M_1 = F_1 \cdot l_1 ,$$

M_1 - момент електромотора,
 F_1 - уравнотежавајућа сила и
 l_1 - крак силе F_1 .

Угаона брзина на улазном вратилу се може одредити на следећи начин:

$$\omega_1 = 2 \cdot \pi \cdot f_1 ,$$

где је фреквенција :

$$f_1 = \frac{n}{60}.$$

Излазну снагу је могуће одредити на следећи начин:

$$P_2 = M_2 \cdot \omega_2,$$

где је:

$$M_2 = F_2 \cdot l_2$$

M_2 - излазни момент,
 F_2 - уравнотежавајућа сила и
 l_2 - крак силе F_2 .

Угаона брзина на улазном вратилу се може одредити на следећи начин:

$$\omega_2 = 2 \cdot \pi \cdot f_2,$$

где је фреквенција :

$$f_2 = \frac{n}{60}.$$

Степен искоришћења се може одредити на следећи начин:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100, \%$$

5. Резултати испитивања

Одређивање степена искоришћења извршено је на уређају АТ 200. Управљање уређајем врши се преко контролне јединице, на којој је могуће варирати број обртаја погонског електромотора, као и јачину електричне струје у електромагнетној кочници. Коришћењем различитих врста мазива, самим тим мењана је и вискозност средства за подмазивање.

При испитивању утицаја мазива на степен искоришћења, вредности улазног броја обртаја варирани су у опсегу од 1000 o/min до 3000 o/min , са кораком од 250 o/min . Вредност јачине струје која је коришћена при испитивању кретала се у интервалном подручју од 0,1 А до 0,3 А. При испитивању коришћене су две врсте мазива, мазива маст и уље. Мазива маст припада групи синтетичких мазива, произвођача Molydual. Технички подаци мазива приказани су у наредној табели.

Табела 2. Техничке карактеристике мазива [35]

Боја	Беж
Назив	GHC00G-40
Густина на 15° C [kg/m^2]	900
Вискозност 40° C [mm^2/s]	600
Температурни опсег	-40÷120
НЛГИ број	00

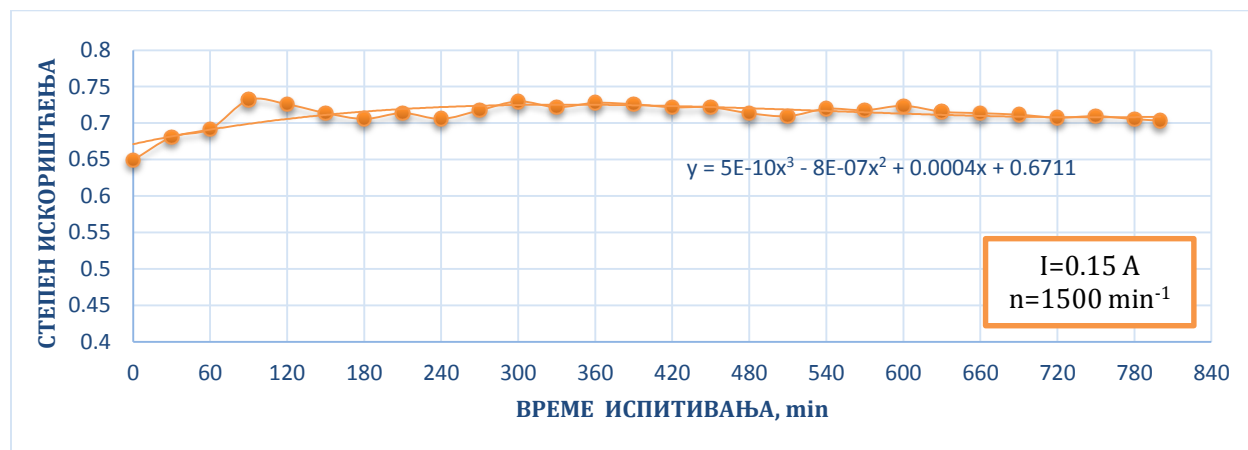
Поред мазиве масти при испитивању коришћено је и редукторско уље различите вискозности, чије су карактеристике приказане у наредној табели. Сва редукторска уља произведена су у ФАМ-у Крушевац, и припадају једној фамилији производа.

Табела 3. Техничке карактеристике мазива FAMREDOL ULTRA [36]

МАЗИВО УЉЕ	220 Redor	460 Redol	680 Redol	Метода
Густина	0.89	0.90	0.91	SRPS EN ISO2592
Вискозност 40° C	220	460	680	SRPS ISO 3104
Вискозност 100° C	20	30	38	SRPS ISO 3104
Тачка паљења ° C	220	235	245	SRPS EN ISO2592
Тачка течења ° C	-18	-12	-9	SRPS ISO 3106

На слици 12 приказана је зависност степена искоришћења и времена испитивања, при чему је улазни број обртаја константан и има вредност од 1500 o/min , а при томе јачина струје у кочници има вредност од 0.15 А. Време испитивања је у трајању од 800 min . Подаци који су добијени испитивањем апроксимирани су функцијом трећег степена, каја је приказана на следећој слици. Дуготрајно испитивање је имало за циљ да прикаже опадање степена искоришћења у зависности од времена.

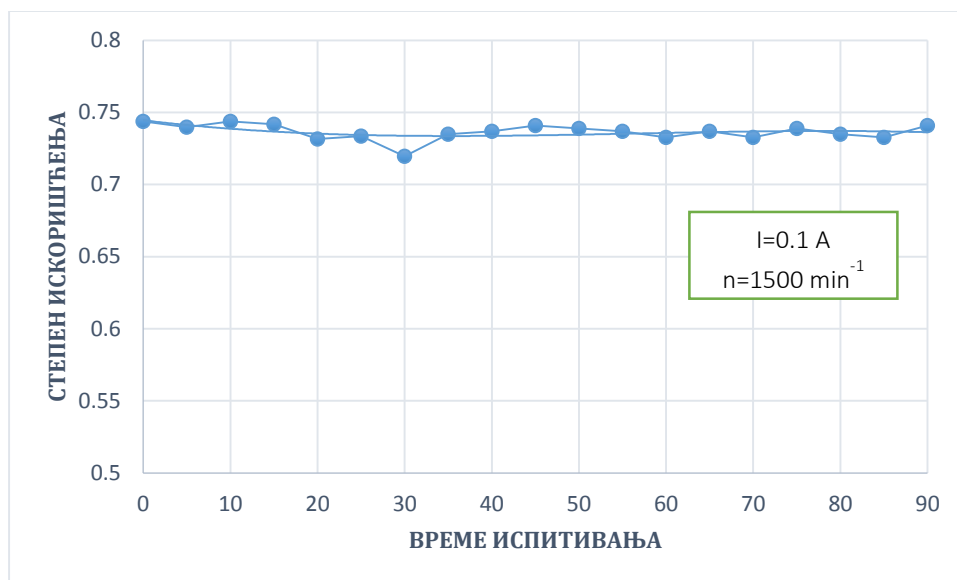
Приметна је појава пораста степена искоришћења у првих 90 минута, где након тог периода степен искоришћења опада током времена. Степен опадања није изражен у великој мери, али приметан је тренд опадања степена искоришћења, након периода од 700 минута степен искоришћења је опао за 3%.



Слика 12. Зависност степена искоришћења и времена испитивања

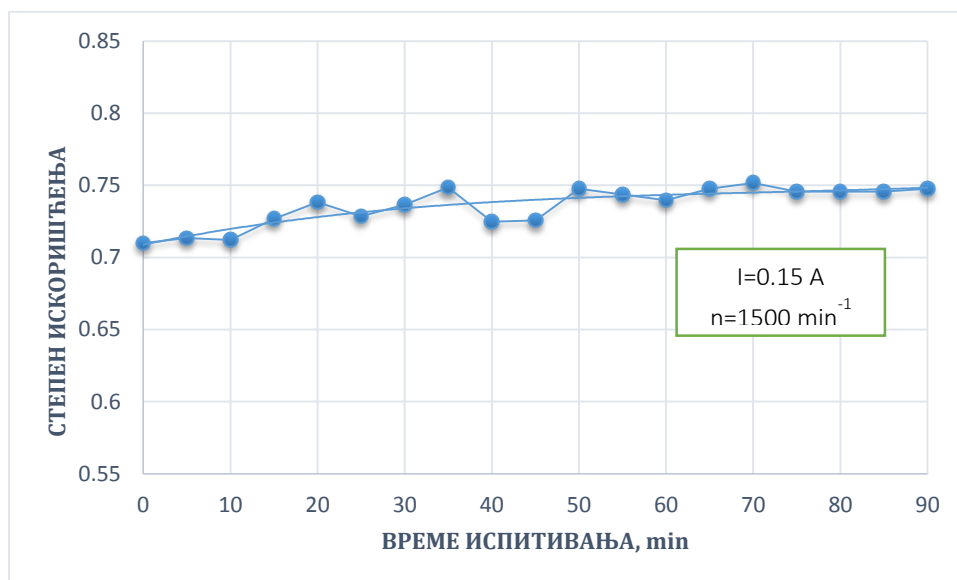
У наредном делу приказани су резултати испитивања утицаја мазиве масти на степен искоришћења. Само испитивање засновано је на два основне методе. Први метод испитивања је испитивање при константном броју обртаја, и променљивом вредности излазног момента, који је у директно зависи од јачине електричне струје у електромагнетној кочници. Подешавањем електричне струје у кочници, мењају се вредности излазног момента. Испитивање једног циклуса је у трајању од 90 минута при константном броју обртаја од 1500 o/min . Други метод испитивања ће касније бити детаљније објашњен.

На слици 13 приказана је зависност степена искоришћења у зависности од времена испитивања при чему електрична струја у електромагнетној кочници има вредност од $0,1 \text{ A}$.



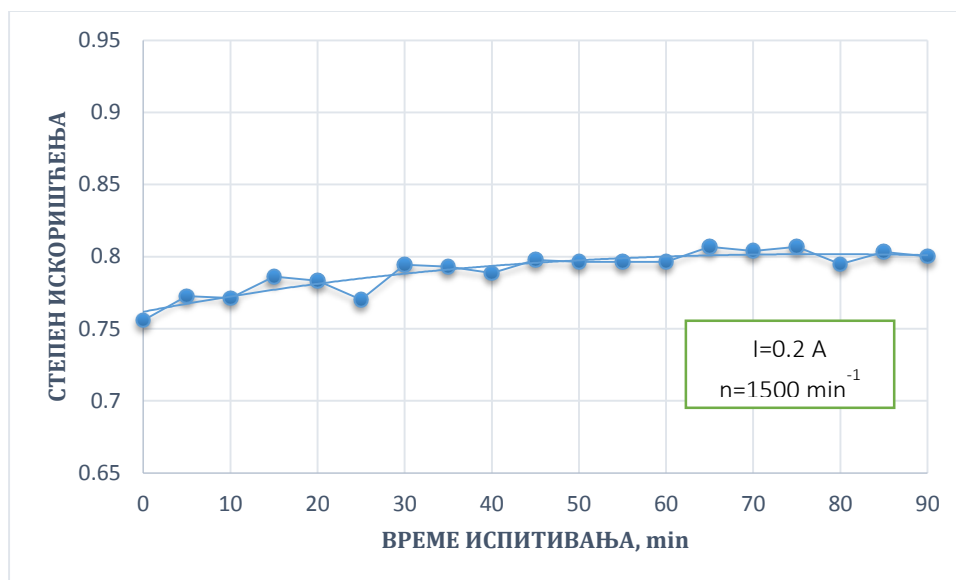
Слика 13. Зависност степена искоришћења и времена испитивања

На слици 14 приказана је зависност степена искоришћења у зависности од времена испитивања при чему електрична струја у електромагнетној кочници има вредност од 0,15 А.



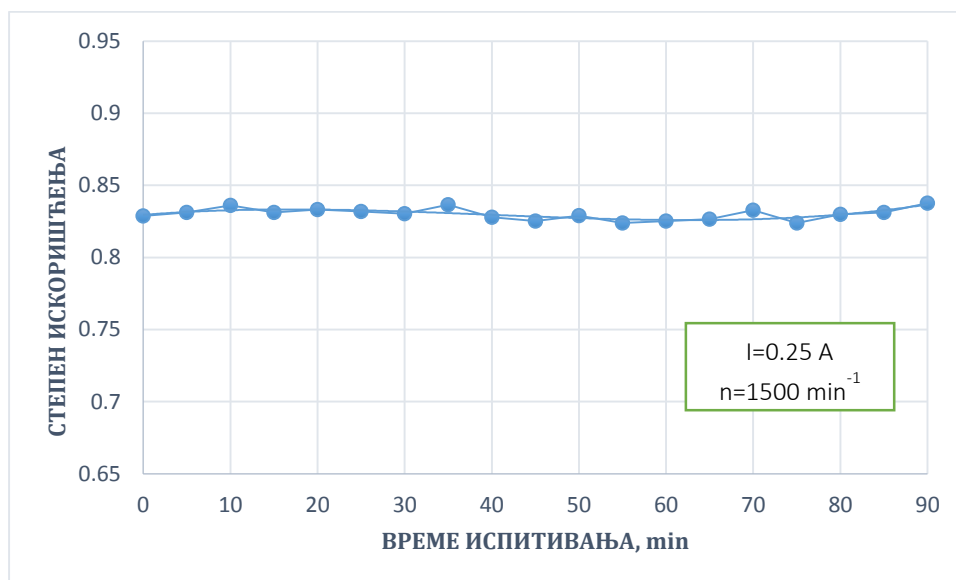
Слика 14. Зависност степена искоришћења и времена испитивања

На слици 15 приказана је зависност степена искоришћења у зависности од времена испитивања при чему електрична струја у електромагнетној кочници има вредност од 0,20 А.



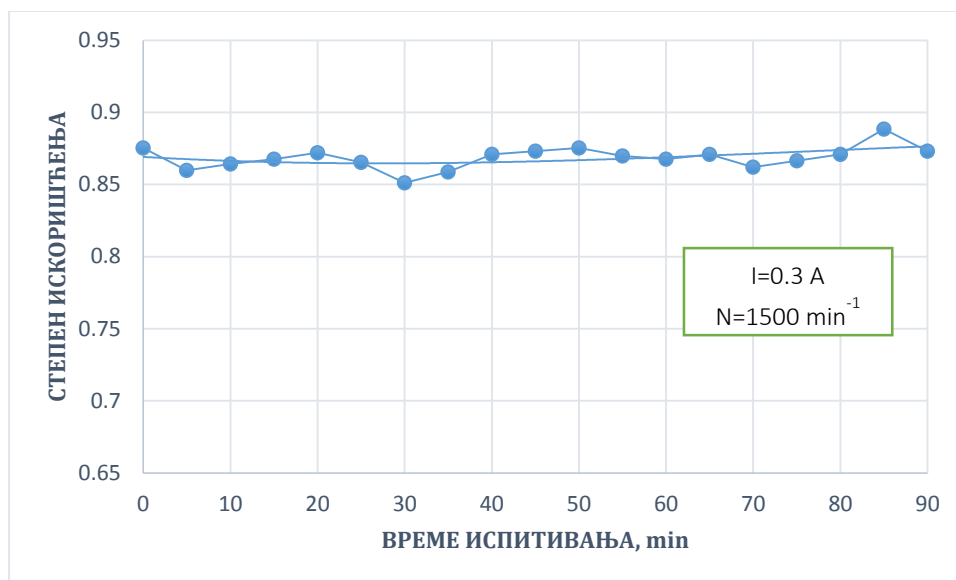
Слика 15. Зависност степена искоришћења и времена испитивања

На слици 16 приказана је зависност степена искоришћења у зависности од времена испитивања при чему електричне струје у електромагнетној кочници има вредност од 0,25 А.



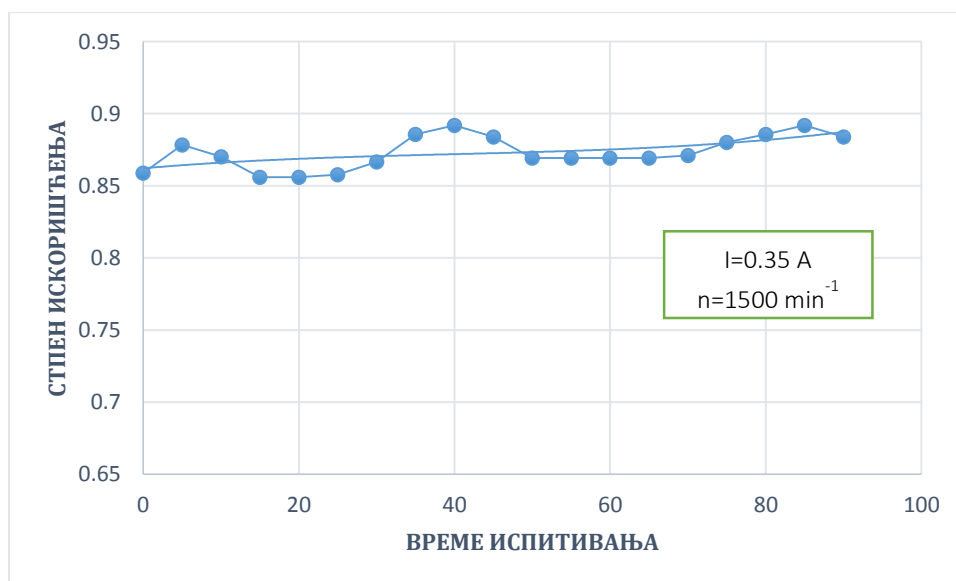
Слика 16. Зависност степена искоришћења и времена испитивања

На слици 17 приказана је зависност степена искоришћења у зависности од времена испитивања при чему електричне струје у електромагнетној кочници има вредност од 0,30 А.



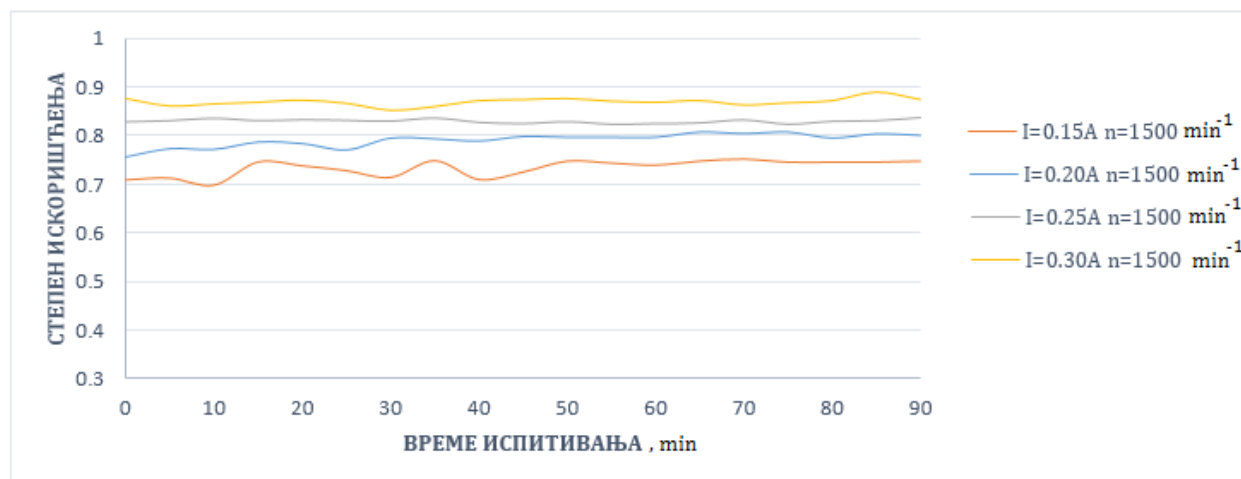
Слика 17. Зависност степена искоришћења и времена испитивања

На слици 18 приказана је зависност степена искоришћења у зависности од времена испитивања при чему електричне струје у електромагнетној кочници има вредност од 0,30 А. На овом дијаграму приметно је одступање експериментално добијених података од апроксимативне праве. Разлог овако повећаног одступања је у немогућности да се подаци очитају на динамометру, због повећаног оптерећења, али и због присутних вибрација.



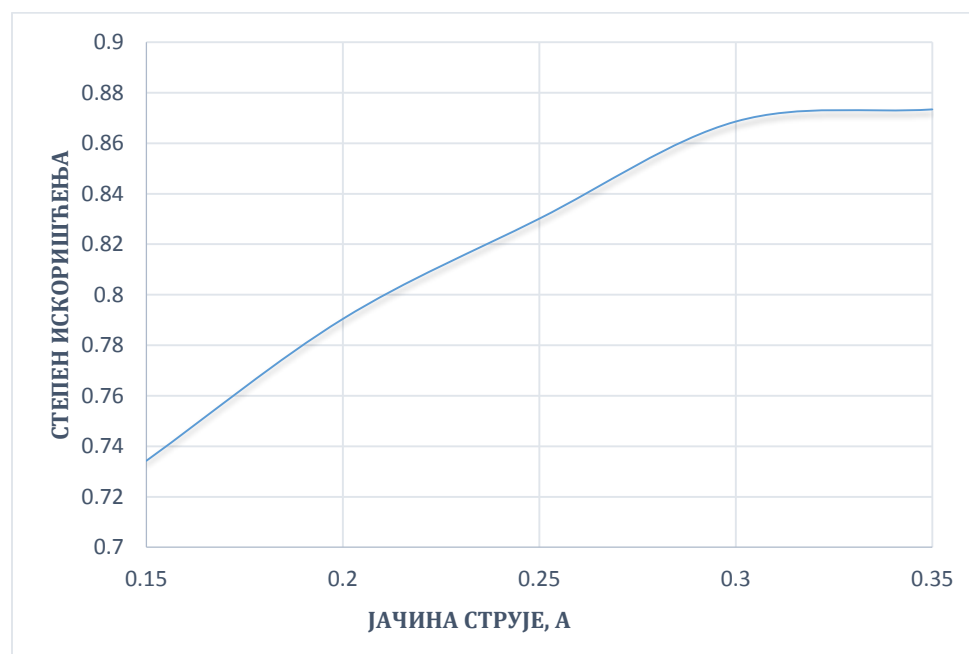
Слика 18. Зависност степена искоришћења и времена испитивања

На слици 19 приказана ја обједињена зависност степена искоришћења и времена испитивања за различите вредности јачине струје, при коришћењу мазиве масти.



Слика 19. Зависност степена искоришћења и времена испитивања

На слици 20 приказани су резултату досадашњих мерења где су резултати осредњени, с том разликом да су мерења са већим одступањем изостављена из даљег приказа. Јасно се види са дијаграма да степен искоришћења расте са порастом излазног момента (односно јачине струје у електромагнетној кочници), до вредности 0,3 А након чега вредност степена искоришћења остаје константна.

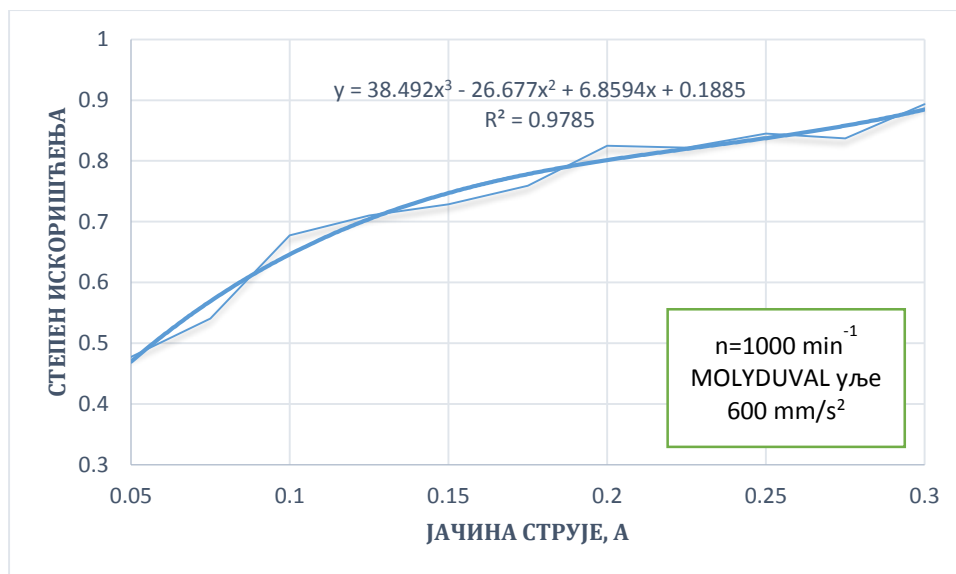


Слика 20. Зависност степена искоришћења и јачине струје

Други метод испитивања заснива се на принципу промене излазног момента на по 5 минута, при чему је интервал промене 0,25 А. Мерење се врши на почетку испитивања и након 5 минута. При чему се након читавања вредности на

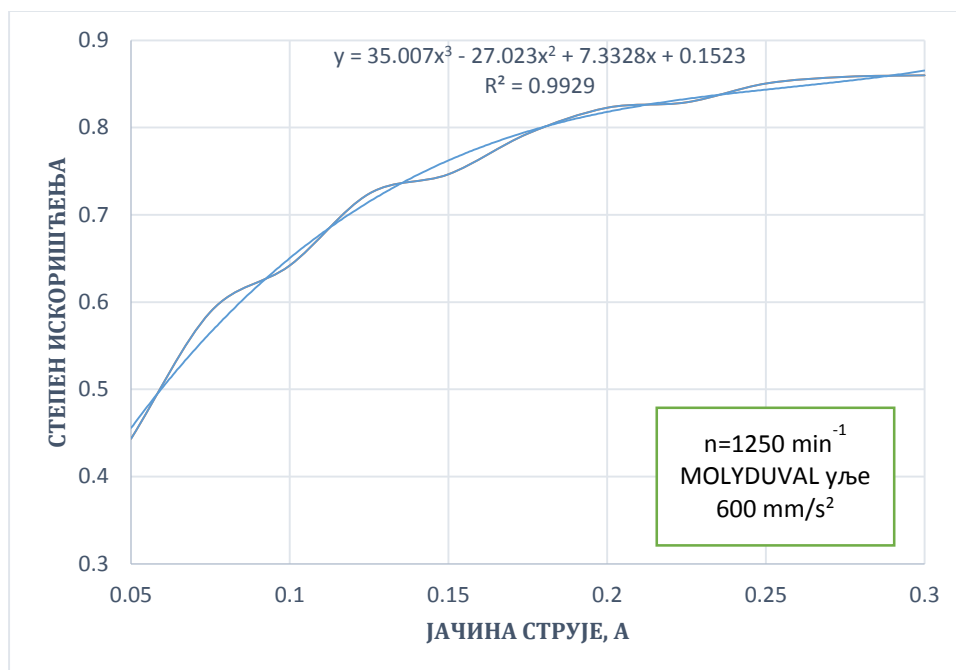
динамометрима, вредност јачине струје повећава за 0,25 А. Промене јачине струје врши се у интервалу од 0,05 А до 0,3 А. Један циклус мерења је у трајању од 55 min.

На слици 21 приказана је зависност степена искоришћења од јачине струје, који је директно повезан са излазним моментом. Свака добијена зависност апроксимирана је функцијом трећег степена, при чему је приказан и степен корелације. Испитивање је вршено при броју обртаја од 1000 o/min. Добијена зависност апроксимирана је функцијом трећег степена, при чему је приказан и степен корелације.



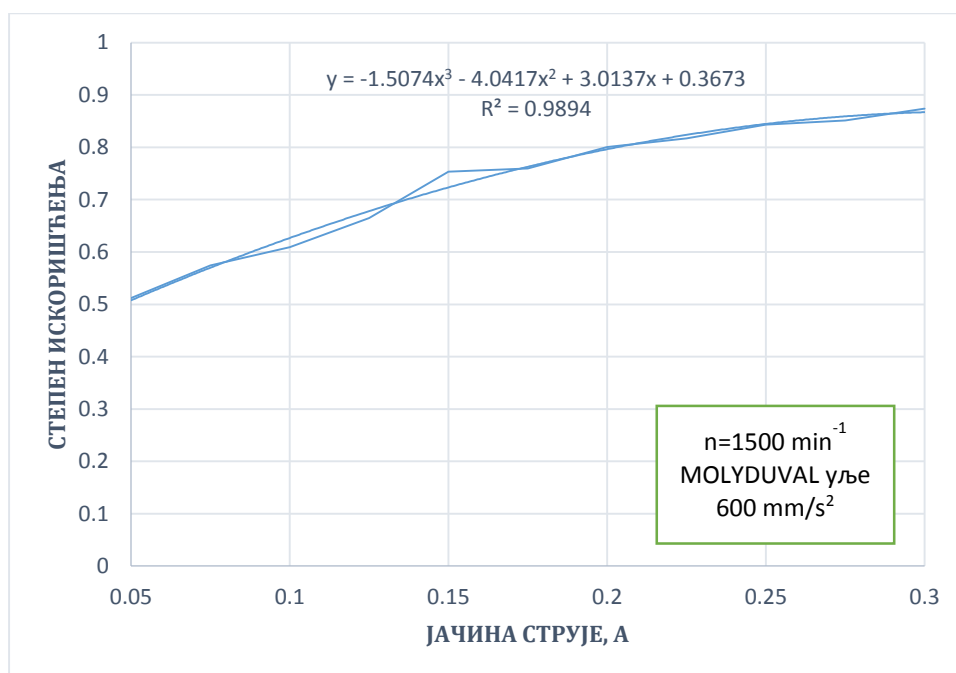
Слика 21. Зависност степена искоришћења и јачине струје

На слици 22 приказана је зависност степена искоришћења од јачине струје, који је директно повезан са излазним моментом, при чему број обртаја износи 1250 o/min. Добијена зависност апроксимирана је функцијом трећег степена, при чему је приказан и степен корелације.



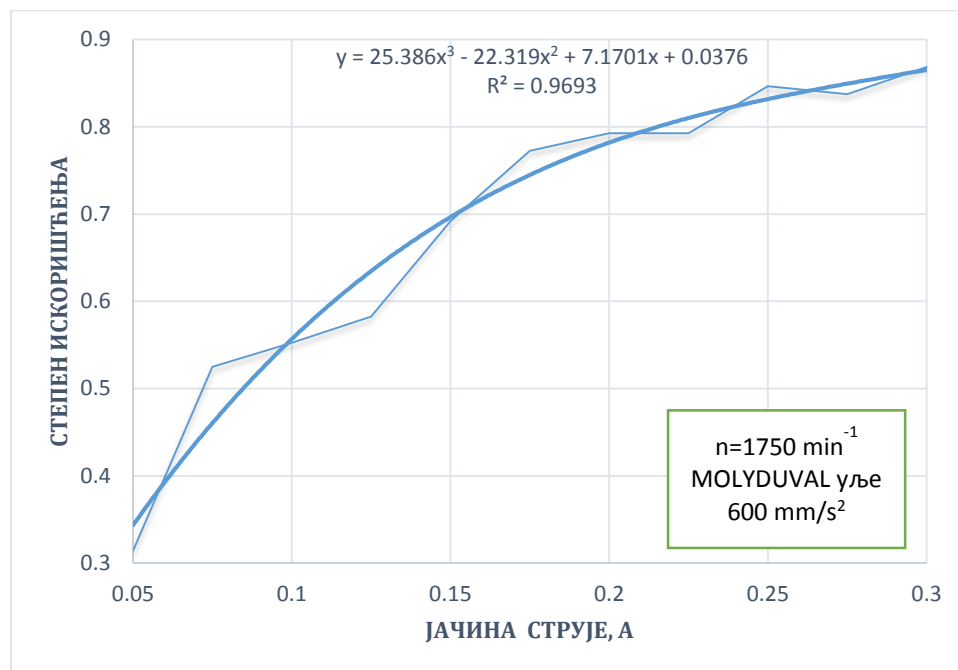
Слика 22. Зависност степена искоришћења и јачине струје

На слици 23 приказана је зависност степена искоришћења од јачине струје, који је директно повезан са излазним моментом, при чему број обртаја износи 1500 o/min . Добијена зависност апроксимирана је функцијом трећег степена, при чему је приказан и степен корелације.



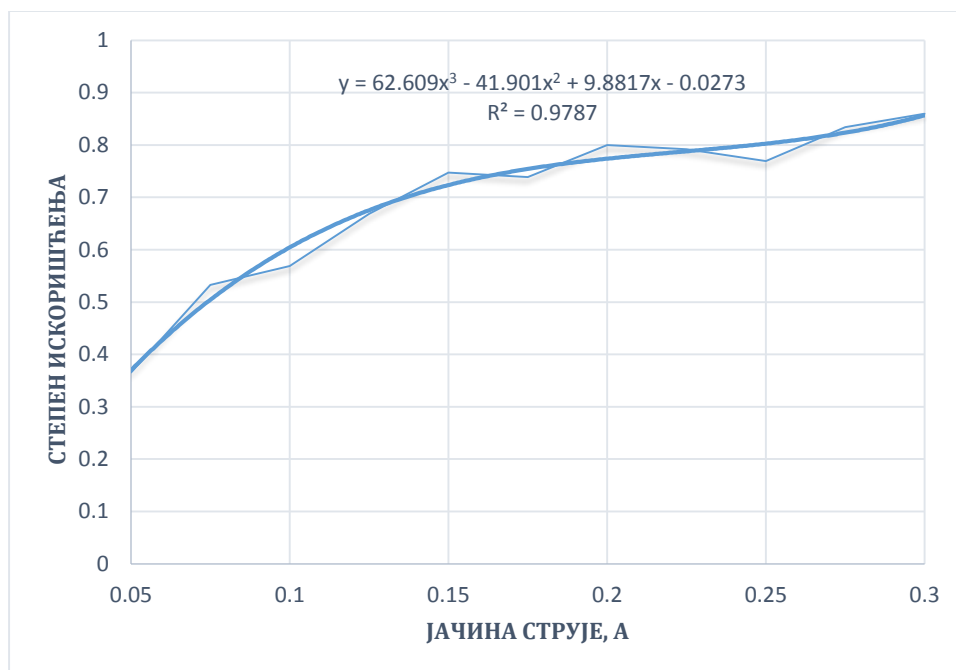
Слика 23. Зависност степена искоришћења и јачине струје

На слици 24 приказана је зависност степена искоришћења од јачине струје, који је директно повезан са излазним моментом, при чему број обртаја износи 1750 о/*min*. Свака добијена зависност апроксимирана је функцијом трећег степена, при чему је приказан и степен корелације.



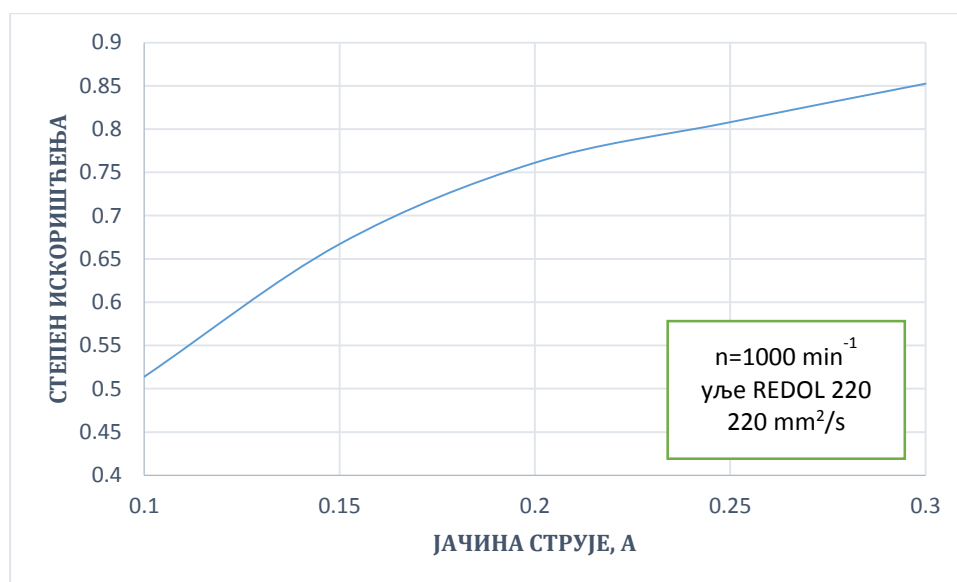
Слика 24. Зависност степена искоришћења и јачине струје

На слици 25 приказана је зависност степена искоришћења од јачине струје, који је директно повезан са излазним моментом, при чему број обртаја износи 2000 о/*min*. Свака добијена зависност апроксимирана је функцијом трећег степена, при чему је приказан и степен корелације.



Слика 25. Зависност степена искоришћења и јачине струје

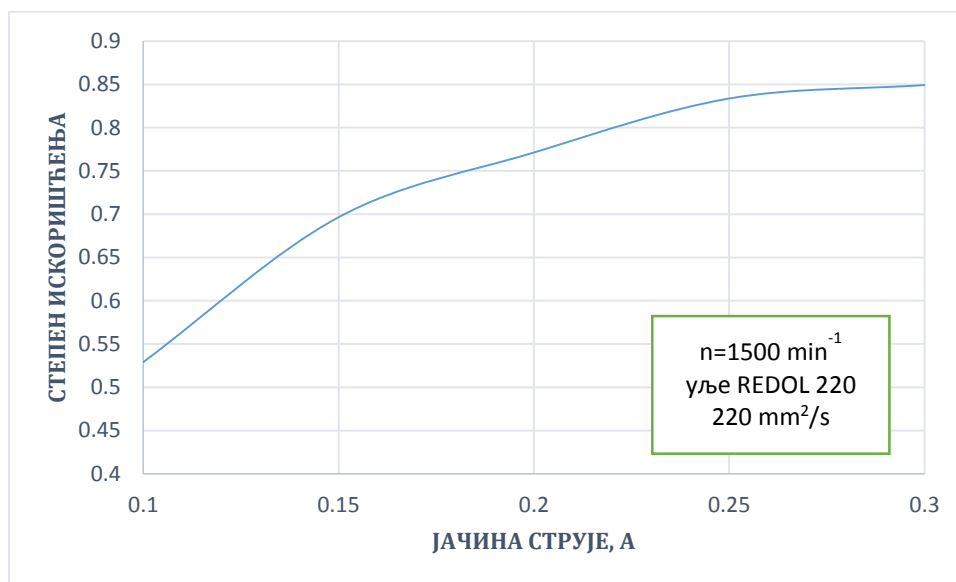
Наредни резултати се односе на редукторско уље Redol Ultra 220. На наредној слици 26 приказана је зависност степена искоришћења и јачине струје. При чему је мерена вредност степена искоришћења за следеће вредности јачине струје: 0,1 А; 0,15 А; 0,2 А; 0,25 А; 0,3 А. Вредност улазног броја обртаја је $n = 1000 \text{ o/min}$.



Слика 26. Зависност степена искоришћења и јачине струје

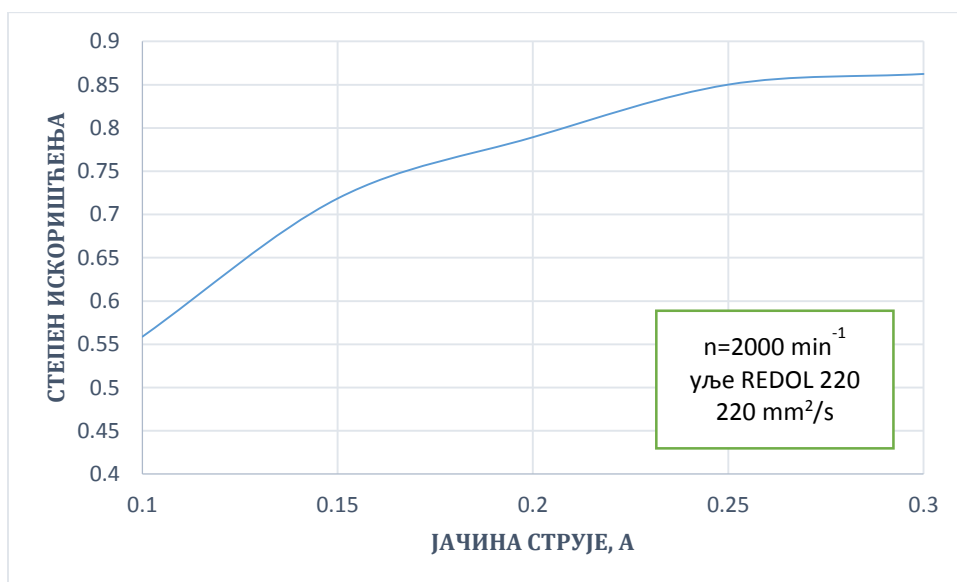
На слици 27 приказана је зависност степена искоришћења и јачине струје. При чему је мерена вредност степена искоришћења за следеће вредности јачине струје: 0,1 А; 0,15 А; 0,2 А; 0,25 А; 0,3 А. Вредност улазног броја обртаја је

$n = 1500 \text{ o/min.}$



Слика 27. Зависност степена искоришћења и јачине струје

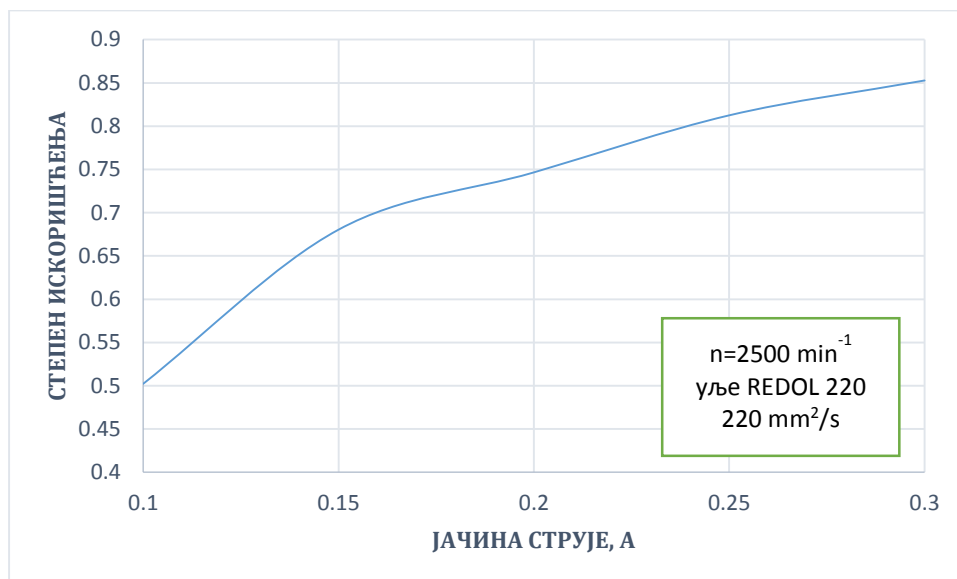
На слици 28 приказана је зависност степена искоришћења и јачине струје. При чему је мерена вредност степена искоришћења за следеће вредности јачине струје: 0,1 А; 0,15 А; 0,2 А; 0,25 А; 0,3 А. Вредност улазног броја обртаја је $n = 2000 \text{ o/min.}$



Слика 28. Зависност степена искоришћења и јачине струје

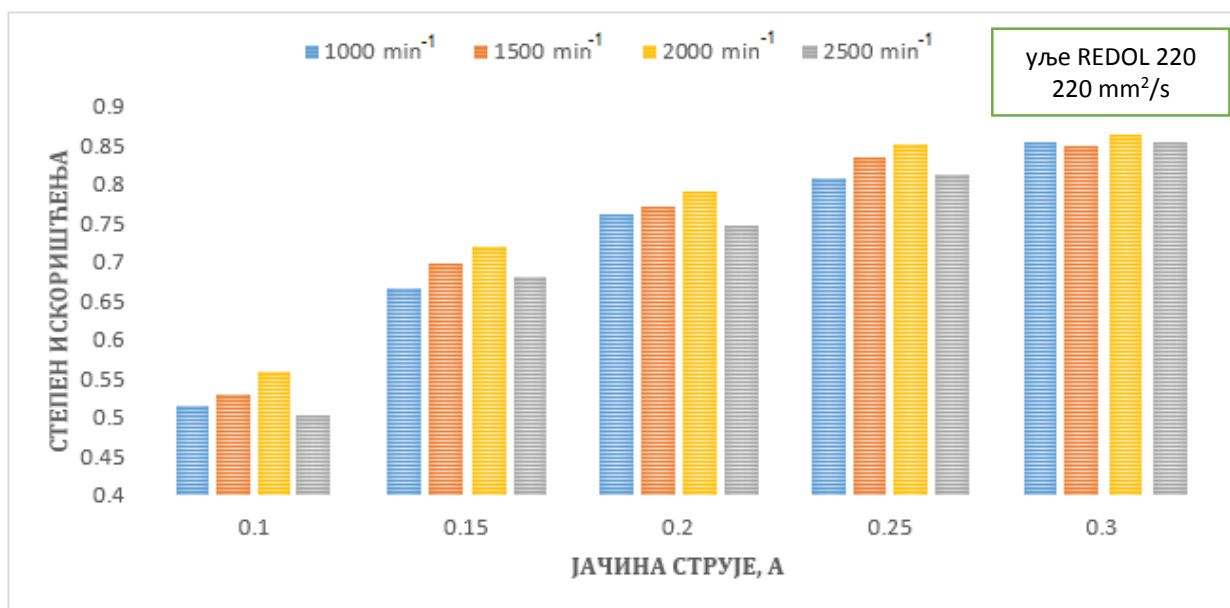
На слици 29 приказана је зависност степена искоришћења и јачине струје. При чему је мерена вредност степена искоришћења за следеће вредности јачине струје:

0,1 A; 0,15 A; 0,2 A; 0,25 A; 0,3 A. Вредност улазног броја обртаја је $n = 2500 \text{ o/min}$.



Слика 29. Зависност степена искоришћења и јачине струје

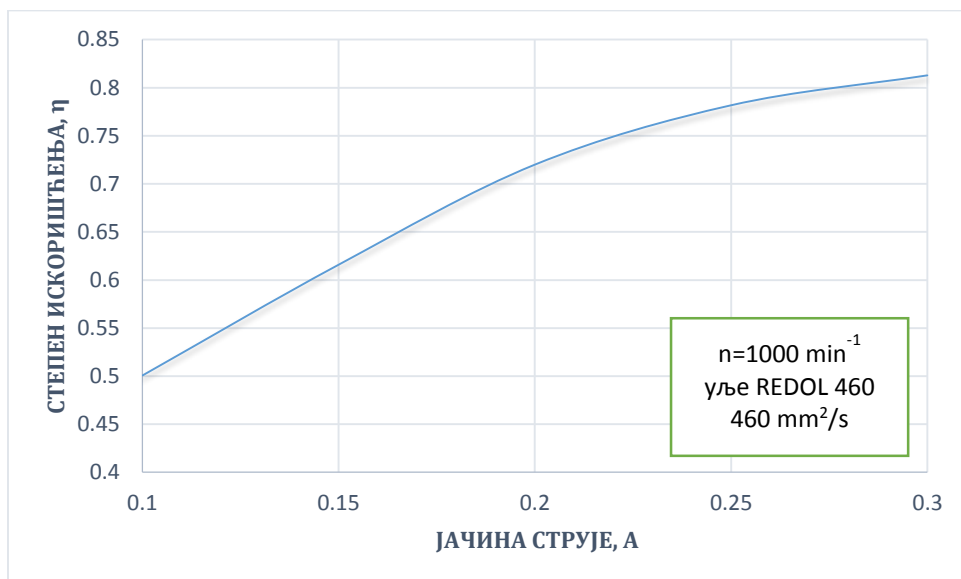
На слици 30 приказани су збирни резултати зависност степена искоришћења и јачине струје.



Слика 30. Зависност степена искоришћења и јачине струје

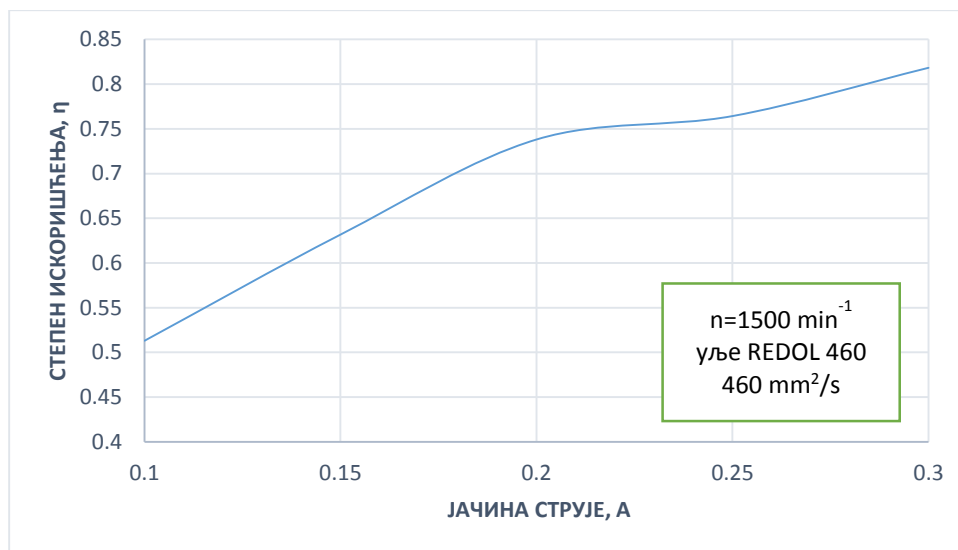
Наредни резултати се односе на редукторско уље Redol Ultra 460. На следећој слици 31 приказана је зависност степена искоришћења и јачине струје. При чему је

мерена вредност степена искоришћења за следеће вредности јачине струје: 0,1 A; 0,15 A; 0,2 A; 0,25 A; 0,3 A. Вредност улазног броја обртаја је $n = 1000 \text{ o/min}$.



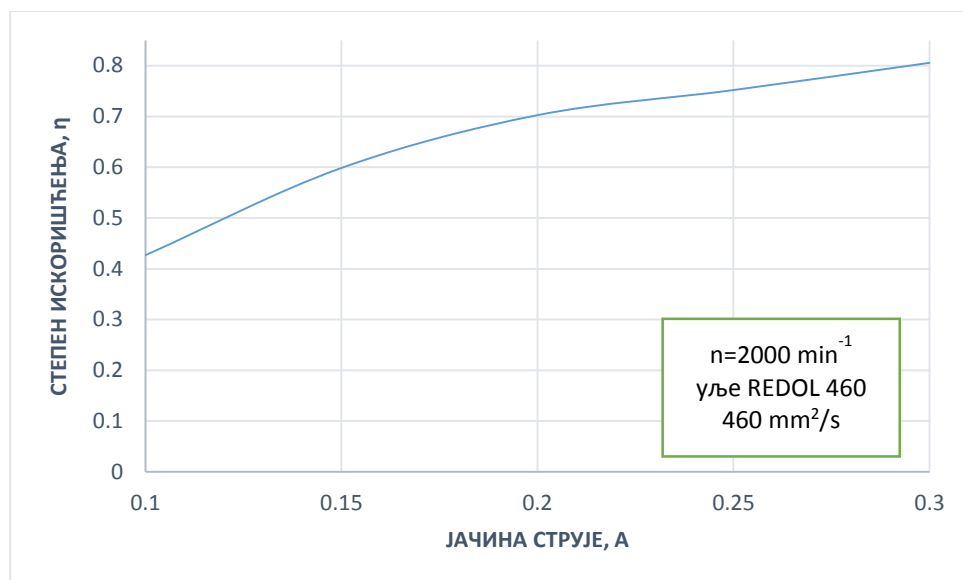
Слика 31. Зависност степена искоришћења и јачине струје

На слици 32 приказана је зависност степена искоришћења и јачине струје. При чему је мерена вредност степена искоришћења за следеће вредности јачине струје: 0,1 A; 0,15 A; 0,2 A; 0,25 A; 0,3 A. Вредност улазног броја обртаја је $n = 1500 \text{ o/min}$.



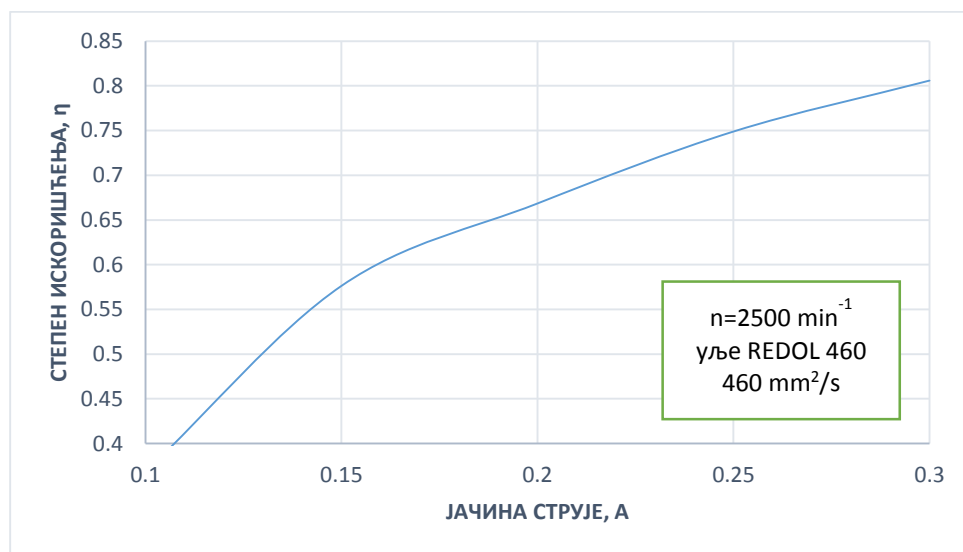
Слика 32. Зависност степена искоришћења и јачине струје

На слици 33 приказана је зависност степена искоришћења и јачине струје. При чему је мерена вредност степена искоришћења за следеће вредности јачине струје: 0,1 A; 0,15 A; 0,2 A; 0,25 A; 0,3 A. Вредност улазног броја обртаја је $n = 2000 \text{ o/min}$.



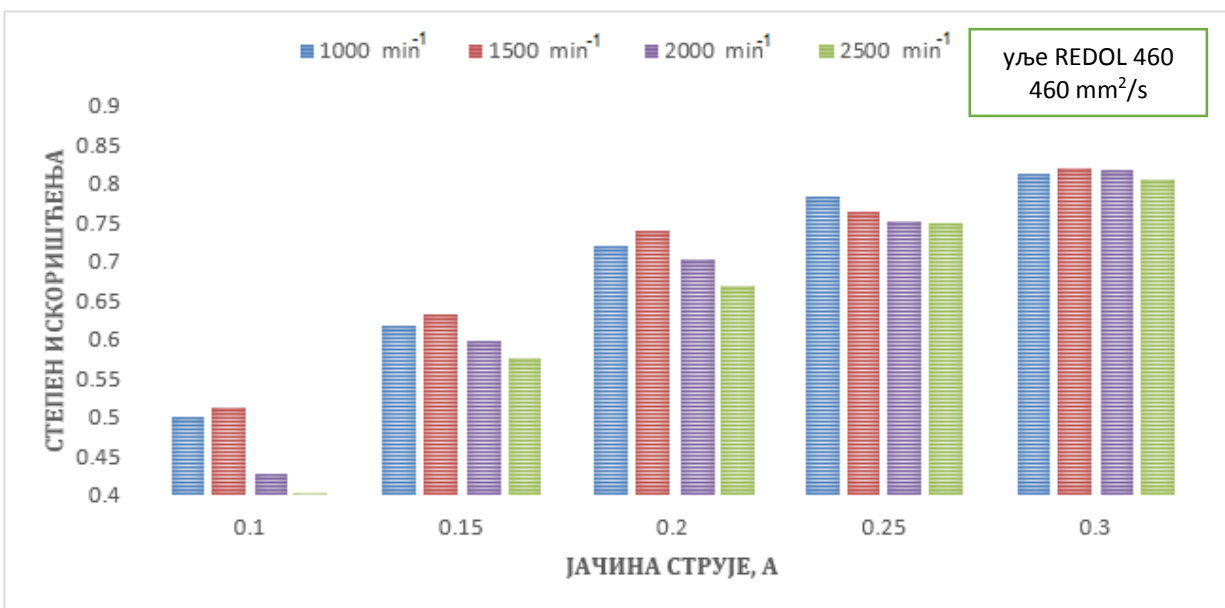
Слика 33. Зависност степена искоришћења и јачине струје

На слици 34 приказана је зависност степена искоришћења и јачине струје. При чему је мерена вредност степена искоришћења за следеће вредности јачине струје: 0,1 A; 0,15 A; 0,2 A; 0,25 A; 0,3 A. Вредност улазног броја обртаја је $n = 2500 \text{ o/min}$.



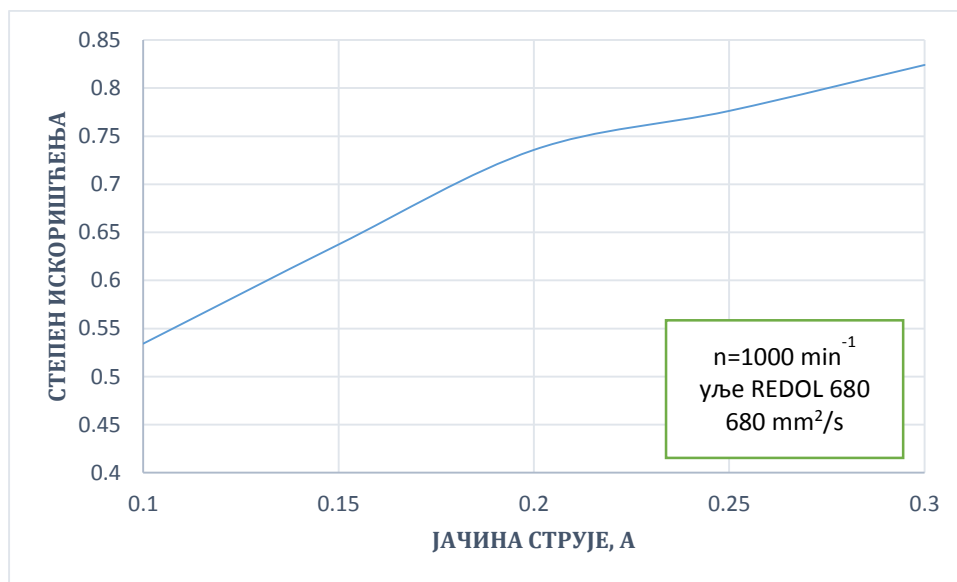
Слика 34. Зависност степена искоришћења и јачине струје

На слици 35 приказани су збирни резултати зависност степена искоришћења и јачине струје.



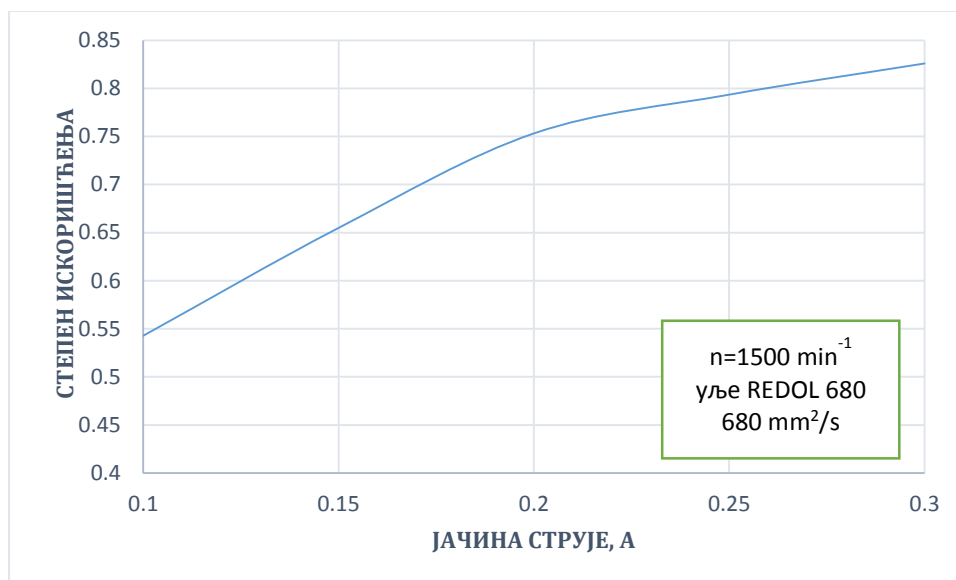
Слика 35. Зависност степена искоришћења и јачине струје

Наредни резултати се односе на редукторско уље Redol Ultra 680. На следећој слици 36 приказана је зависност степена искоришћења и јачине струје. При чему је мерена вредност степена искоришћења за следеће вредности јачине струје: 0,1 А; 0,15 А; 0,2 А; 0,25 А; 0,3 А. Вредност улазног броја обртаја је $n = 1000 \text{ o/min}$.



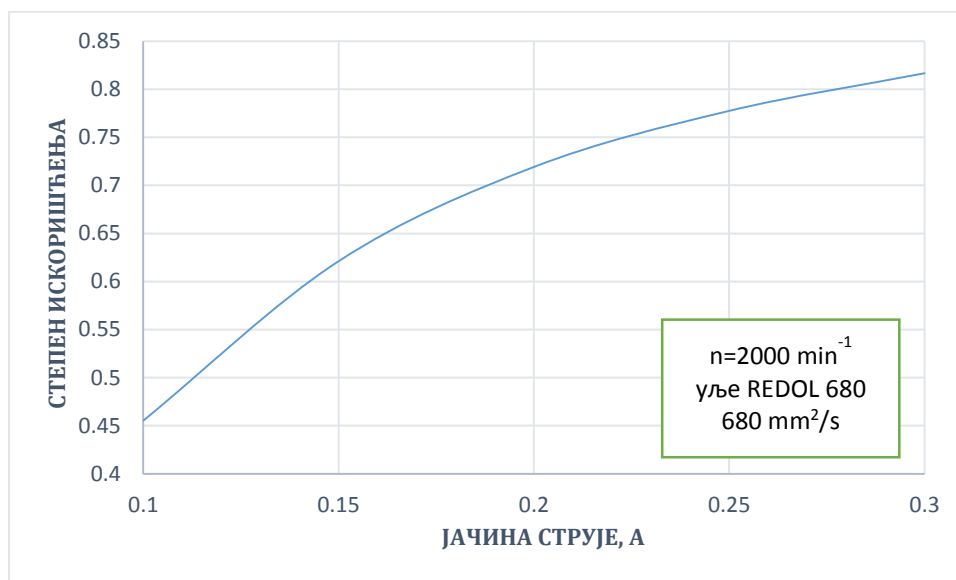
Слика 36. Зависност степена искоришћења и јачине струје

На слици 37 приказана је зависност степена искоришћења и јачине струје. При чему је мерена вредност степена искоришћења за следеће вредности јачине струје: 0,1 А; 0,15 А; 0,2 А; 0,25 А; 0,3 А. Вредност улазног броја обртаја је $n = 1500 \text{ o/min}$.



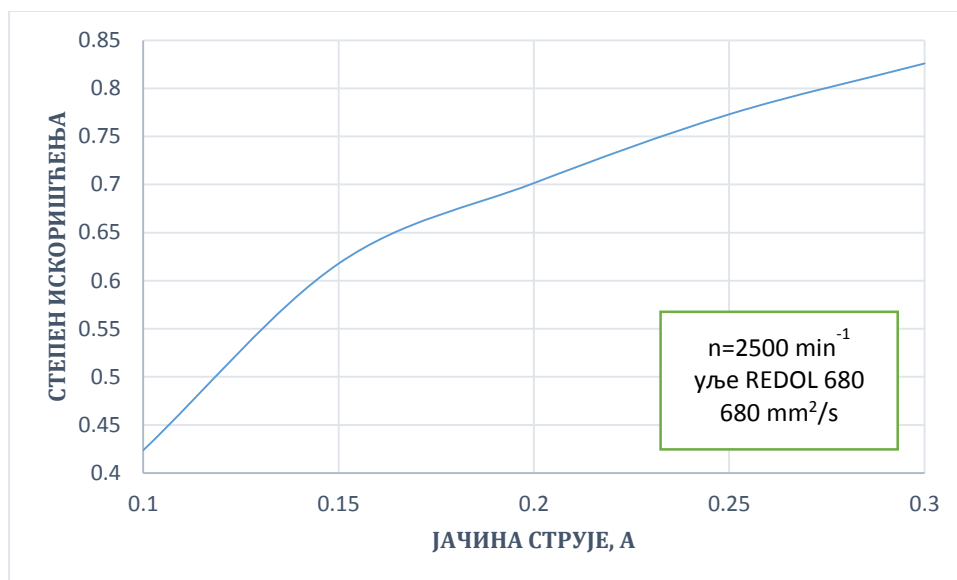
Слика 37. Зависност степена искоришћења и јачине струје

На слици 38 приказана је зависност степена искоришћења и јачине струје. При чему је мерена вредност степена искоришћења за следеће вредности јачине струје: 0,1 А; 0,15 А; 0,2 А; 0,25 А; 0,3 А. Вредност улазног броја обртаја је $n = 2000 \text{ o/min}$.



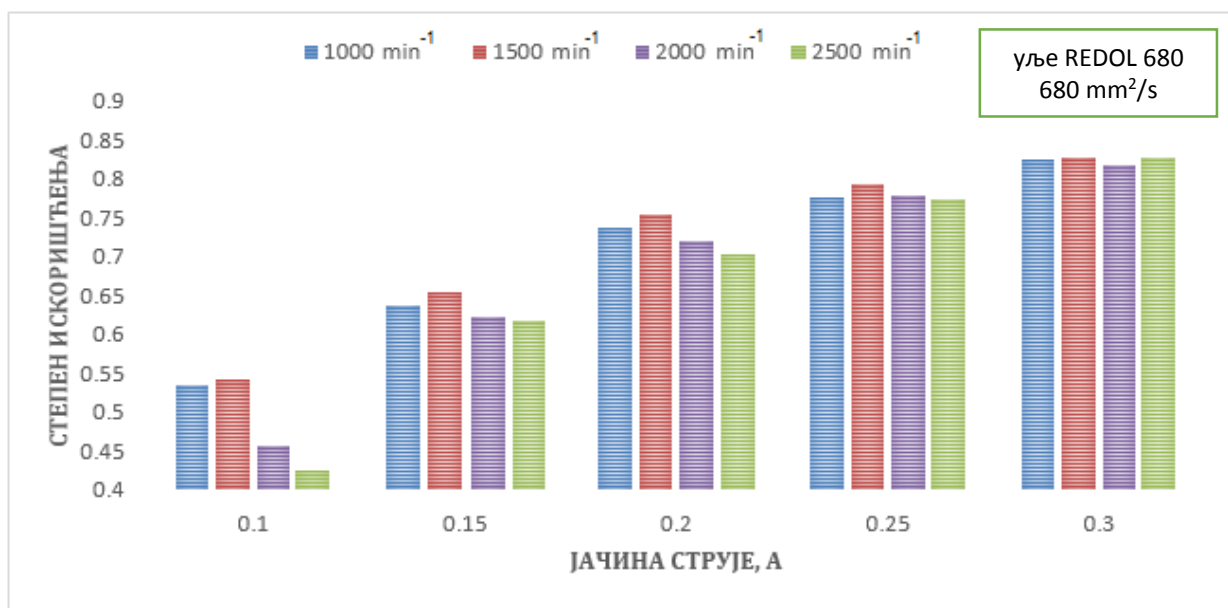
Слика 38. Зависност степена искоришћења и јачине струје

На слици 39 приказана је зависност степена искоришћења и јачине струје. При чему је мерена вредност степена искоришћења за следеће вредности јачине струје: 0,1 А; 0,15 А; 0,2 А; 0,25 А; 0,3 А. Вредност улазног броја обртаја је $n = 2500 \text{ o/min}$.



Слика 39. Зависност степена искоришћења и јачине струје

На слици 40 приказани су збирни резултати зависност степена искоришћења и јачине струје.



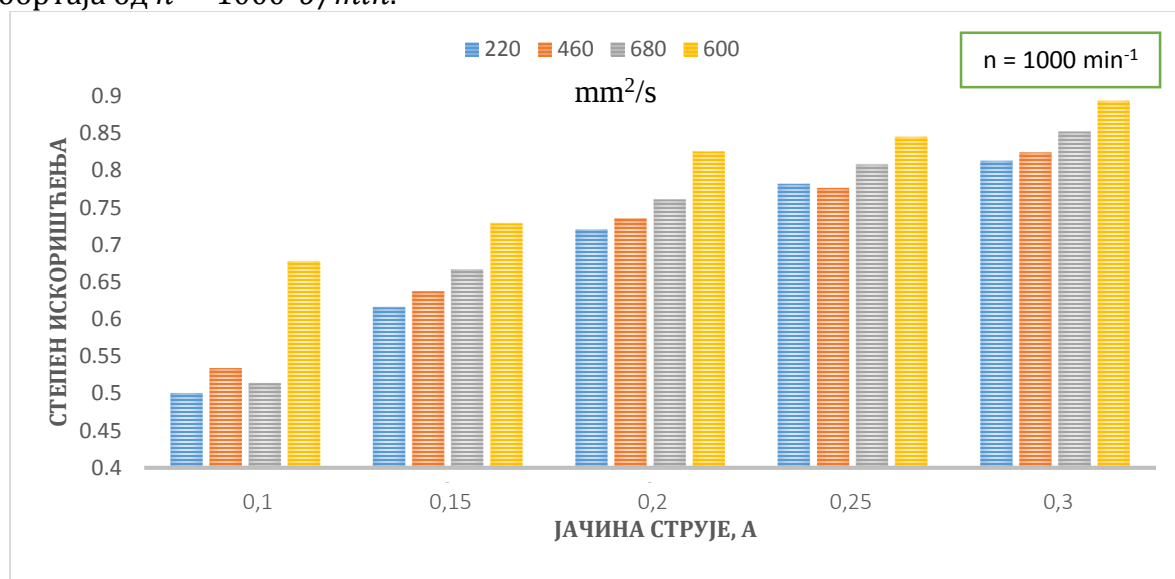
Слика 40. Зависност степена искоришћења и јачине струје

6. Анализа резултата

Претходно приказани резултати испитивања степена искоришћења, односно утицаја мазива на степен искоришћења, добијени су коришћењем уређаја АТ 200. Затим су подаци обрађени, приказани табеларно и графички. На дијаграмским приказима зависности степена искоришћења од јачине струје у електромагнетној кочници, при коришћењу различитих вредности улазног броја обртаја, и вискозности мазива, уочено је да са повећањем вредности излазног обртног момента расте и степен искоришћења датог преносника. Ово се објашњава тиме што се при повећању излазног момента драстично смањују губици који се јављају приликом рада зупчастих преносника.

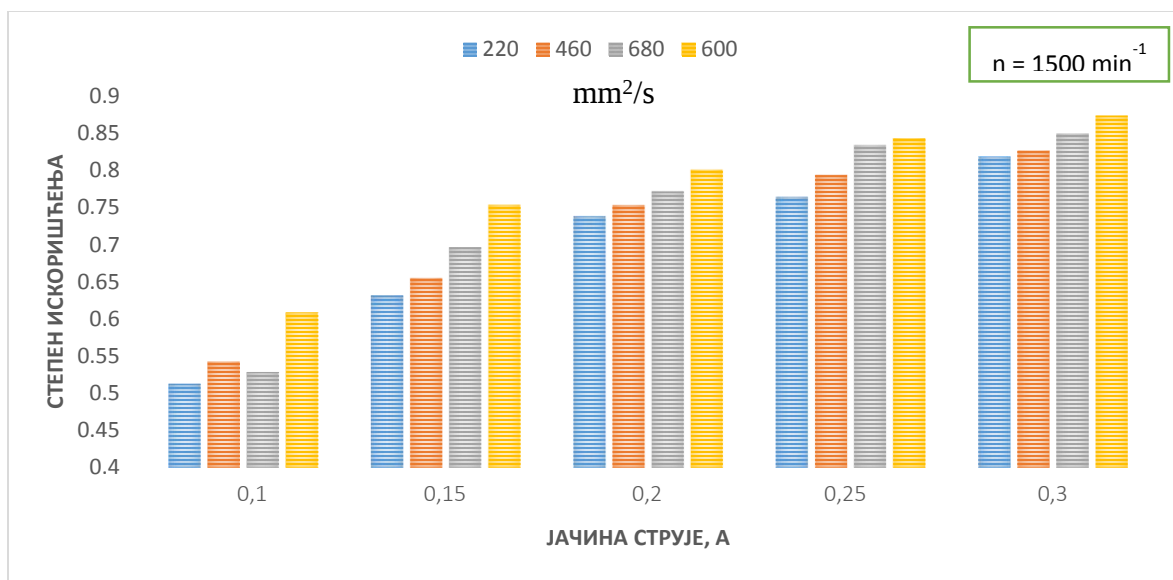
Уочљива је разлика у промени степена искоришћења у односу на јачину струје на кочници, између мазива произвођача FAM (мазива вискозности $220 \text{ mm}^2/\text{s}$, $460 \text{ mm}^2/\text{s}$ и $680 \text{ mm}^2/\text{s}$ и мазива произвођача Molyduval, мазиво вискозности, $600 \text{ mm}^2/\text{s}$ јер су мазива произвођача FAM минерално уље, а мазиво произвођача Molyduval синтетичка мазива маст. Наредни дијаграми приказују знатну разлику између мазиве масти и редукторског уља. Наравно јасна је чињеница да се не ради о једнородним средствима за подмазивање.

На слици 41 приказани су подаци за дата средства за подмазивање, при улазном броју обртаја од $n = 1000 \text{ o/min}$.



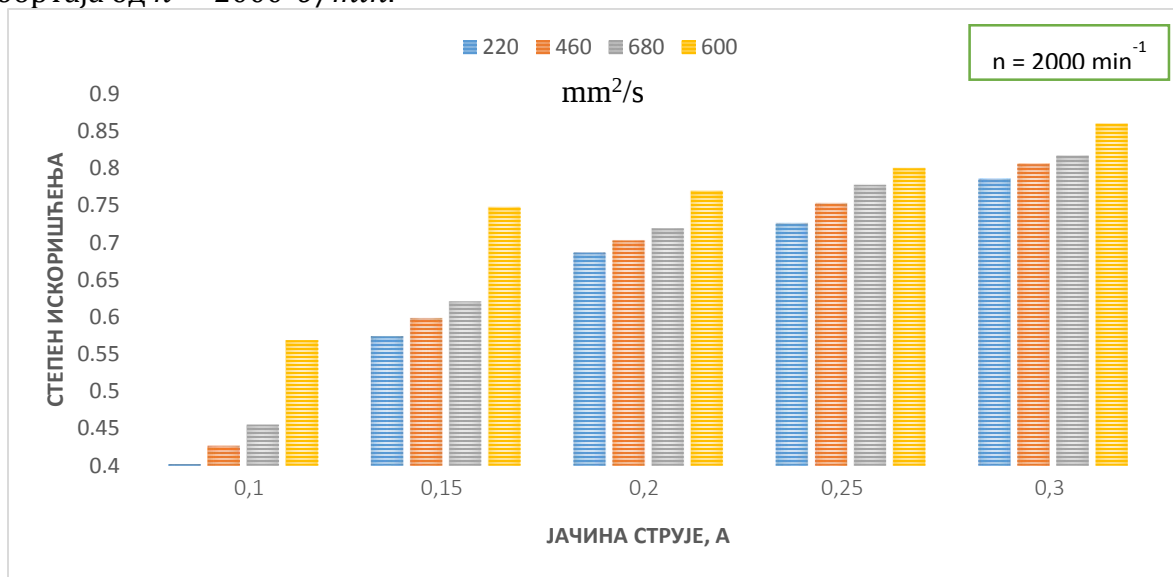
Слика 41. Зависност степена искоришћења и јачине струје

На слици 42 приказани су подаци за дата средства за подмазивање, при улазном броју обртаја од $n = 1500 \text{ o/min}$.



Слика 42. Зависност степена искоришћења и јачине струје

На слици 43 приказани су подаци за дата средства за подмазивање, при улазном броју обртаја од $n = 2000 \text{ o/min}$.



Слика 43. Зависност степена искоришћења и јачине струје

Закључак

Цилиндрични преносници су преносници снаге код којих су осе вратила спрегнутих зупчаника паралелно постављене. У случају коаксијалног редуктора осе улазног и излазног вратила се налазе у истој оси. Еволвентни зупчасти парови имају низ предности као што су висок степен искоришћења $\eta \geq 0,98$. Велика трајност и издржљивост одликује зупчaste парове. Овакви преносници снаге заузимају мале димензије у односу на снагу коју могу да пренесу. Данас се све већа пажња посвећује губицима снаге у зупчастим преносницима као и начинима за њихово смањење.

Велики број аутора је испитивао утицај различитих фактора на губитак снаге у зупчастим преносницима. Експериментална испитивања везана за утицај врсте материјала и термичке обраде зупчаника на губитке снаге су показала да се одређеном комбинацијом материјала зупчаника са одговарајућим уљем за подмазивање знатно може повећати ефикасност зупчастог преносника. Губици снаге у зупчастом преноснику у основи се образују од губитака у спрезању зупчаника, од губитака у лежајевима, заптивкама и губитака услед мешања и распршивања уља.

Трајност и поузданост рада машина и различитих механизма битно зависе од правилног избора и примене мазива. Лоше одабрано мазиво средство или његова погрешна примена је узрок убрзаном трошењу површина које су у контакту и појава трајних деформација, односно оштећења.

Приказани резултати показују да степен искоришћења током дуготрајног рада има тенденцију опадања. Експериментално је доказано да мазива маст, у односу на редукторско уље, сличне вискозности омогућава постизање већег степена искоришћења. Коришћењем редукторских уља различите вискозности, експериментално је утврђено да степен искоришћења има веће вредности коришћењем уља веће вискозности. Повећањем улазног броја обртаја степен искоришћења сразмерно се повећава. Битно је одредити оптималне услове рада преносника снаге, како би губици снаге били сведени на минимум, самим тим степен искоришћења би имао већу вредност.

Овај рад је имао за циљ да покаже у којој мери степен искоришћења зависи од врсте мазива, при чему се вариране вредности улазног и излазног момента, преко одређених параметара. Тенденција развоја преносника снаге има за циљ, повећање трајности, поузданости преносника што се може обезбедити поред осталог и правилним избором средства за подмазивање.

Литература

- [1] Rossi, Riduttori e motoriduttori- Gear reducers and gear motors reduction, Modena 2013
- [2] Николић В., Машински елементи, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац 2004
- [3] Танасијевић С., Триболошки исправно конструисање- Монографија, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац,
- [4] Милтеновић В., Машински елементи- облици порорачун примена, Машински факултет у Нишу, Ниш, 2009.
- [5] Глигорић Р., Машински елементи, Пољопривредни факултет Универзитета у Новом Саду, Нови Сад, 2015.
- [6] Britton, R. D., Elcoate, C. D., Alanou, M. P., Evans, H. P., Snidle, R. W. (2000). Effect of surface finish on gear tooth friction. *Journal of tribology*, 122(1), 354-360.
- [8] Xiao, L., Rosen, B. G., Amini, N., & Nilsson, P. H. (2003). A study on the effect of surface topography on rough friction in roller contact. *Wear*, 254(11), 1162-1169.
- [9] Bergseth, E., Olofsson, U., Lewis, R., & Lewis, S. (2012). Effect of gear surface and lubricant interaction on mild wear. *Tribology letters*, 48(2), 183-200.
- [10] Andersson, M., Sosa, M., & Olofsson, U. (2016). The effect of running-in on the efficiency of superfinished gears. *Tribology International*, 93, 71-77.
- [11] Martins, R. C., Cardoso, N. F. R., Bock, H., Igartua, A., & Seabra, J. H. O. (2009). Power loss performance of high pressure nitrided steel gears. *Tribology International*, 42(11), 1807-1815.
- [12] Li, X., Sosa, M., & Olofsson, U. (2015). A pin-on-disc study of the tribology characteristics of sintered versus standard steel gear materials. *Wear*, 340, 31-40.
- [13] Li, X., & Olofsson, U. (2015). FZG gear efficiency and pin-on-disc frictional study of sintered and wrought steel gear materials. *Tribology letters*, 60(1), 1-10.
- [14] Martins, R., Seabra, J., Brito, A., Seyfert, C., Luther, R., & Igartua, A. (2006). Friction coefficient in FZG gears lubricated with industrial gear oils: biodegradable ester vs. mineral oil. *Tribology international*, 39(6), 512-521.
- [15] Gonçalves, D. E., Fernandes, C. M., Martins, R. C., & Seabra, J. H. (2013). Torque loss in a gearbox lubricated with wind turbine gear oils. *Lubrication Science*, 25(4), 297-311.
- [16] Fernandes, C. M., Martins, R. C., & Seabra, J. H. (2014). Torque loss of type C40 FZG gears lubricated with wind turbine gear oils. *Tribology International*, 70, 83-93.
- [17] Fernandes, C. M., Marques, P. M., Martins, R. C., & Seabra, J. H. (2015). Gearbox power loss. Part II: friction losses in gears. *Tribology International*, 88, 309-316.
- [18] Höhn, B. R., Michaelis, K., & Wimmer, A. (2005). *Low loss gears*. AGMA.

- [19] Xu, H., Kahraman, A., Anderson, N. E., & Maddock, D. G. (2007). Prediction of mechanical efficiency of parallel-axis gear pairs. *Journal of Mechanical Design*, 129(1), 58-68.
- [20] Petry-Johnson, T. T., Kahraman, A., Anderson, N. E., & Chase, D. R. (2008). An experimental investigation of spur gear efficiency. *Journal of Mechanical Design*, 130(6), 062601.
- [21] Magalhães, L., Martins, R., Locateli, C., & Seabra, J. (2010). Influence of tooth profile and oil formulation on gear power loss. *Tribology International*, 43(10), 1861-1871.
- [22] Meadinfo, Интернет страница <http://www.meadinfo.org>, посећено 2.3.2017. године
- [23] S.Tanasijević, *Osnovi tribologije mašinskih elemenata*, Beograd 1989.
- [24] Höhn, B. R., Michaelis, K., & Vollmer, T. (1996). *Thermal rating of gear drives: balance between power loss and heat dissipation*. American Gear Manufacturers Association.
- [25] Höhn, B. R., Michaelis, K., & Hinterstoißer, M. (2009). Optimization of gearbox efficiency. *Goriva i maziva*, 48(4), 462.
- [26] Fernandes, C. M., Martins, R. C., & Seabra, J. H. (2016). Coefficient of friction equation for gears based on a modified Hersey parameter. *Tribology International*, 101, 204-217.
- [27] Fernandes, C. M., Marques, P. M., Martins, R. C., & Seabra, J. H. (2015). Influence of gear loss factor on the power loss prediction. In *New Trends in Mechanism and Machine Science* (pp. 799-806). Springer International Publishing.
- [28] Marques, P. M., Martins, R. C., & Seabra, J. H. (2016). Power loss and load distribution models including frictional effects for spur and helical gears. *Mechanism and Machine Theory*, 96, 1-25.
- [29] Velez, P., & Ville, F. (2009). An analytical approach to tooth friction losses in spur and helical gears-influence of profile modifications. *Journal of Mechanical Design*, 131(10), 101008.
- [30] SKF General Catalogue 6000 EN, SKF; November 2005.
- [31] Seetharaman, S., & Kahraman, A. (2009). Load-independent spin power losses of a spur gear pair: model formulation. *Journal of Tribology*, 131(2), 022201.
- [32] Changenet, C., & Velez, P. (2007). A model for the prediction of churning losses in geared transmissions—preliminary results. *Journal of Mechanical Design*, 129(1), 128-133.
- [33] Шћепановић С., Шотра Д., Шотра В., Дијагностика уља у редуктору, Висока техничка струковна школа, Нови Београд

- [34] Танасијевић С., Триболошки исправно конструисање, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац 2004.
- [35] MOLYDUVAL Special Lubricants; internet adresa: <http://www.molyduval.com/index.php?lang=en>, pristupljeno: 28.4.2017.
- [36] FAM Reduktorska ulja; internet adresa: <http://www.fam.co.rs/proizvodi/industrijska-ulja-i-ulja-za-prehrambenu-industriju/39-reduktorska-ulja>, pristupljeno: 30.4.2017.

Прилог

У наредним табелама приказани су резултати експериментално одређеног степена искоришћења, према математичком моделу који је раније представљен.

Табела 1. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 1000$ о/мин, и променљивом јачином струје за мазиву маст GHS00G-40.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје A
0,15	0,96138	1000	74,07407407	15,707963	7,457443	0,474755556	0,05
0,15	0,97119	1000	74,07407407	15,707963	7,533539	0,4796	0,05
0,1875	1,3734	1000	74,07407407	19,634954	10,65349	0,542577778	0,075
0,1875	1,36359	1000	74,07407407	19,634954	10,57739	0,538702222	0,075
0,225	2,08953	1000	74,07407407	23,561945	16,20852	0,687911111	0,1
0,23	2,06991	1000	74,07407407	24,085544	16,05633	0,666637681	0,1
0,2875	2,75661	1000	74,07407407	30,10693	21,38308	0,710237681	0,125
0,2875	2,75661	1000	74,07407407	30,10693	21,38308	0,710237681	0,125
0,35	3,4335	1000	74,07407407	36,651914	26,63372	0,726666667	0,15
0,35	3,45312	1000	74,07407407	36,651914	26,78592	0,730819048	0,15
0,4125	4,17906	1000	74,07407407	43,196899	32,41705	0,750448485	0,175
0,4125	4,27716	1000	74,07407407	43,196899	33,17801	0,768064646	0,175
0,45	5,0031	1000	74,07407407	47,12389	38,80914	0,823555556	0,2
0,45	5,02272	1000	74,07407407	47,12389	38,96133	0,826785185	0,2
0,525	5,75847	1000	74,07407407	54,977871	44,66856	0,81248254	0,225
0,515	5,77809	1000	74,07407407	53,930674	44,82075	0,831080906	0,225
0,565	6,41574	1000	74,07407407	59,166662	49,76702	0,841132743	0,25
0,565	6,4746	1000	74,07407407	59,166662	50,22359	0,848849558	0,25
0,6375	7,18092	1000	74,07407407	66,758844	55,70253	0,834384314	0,275
0,6375	7,22997	1000	74,07407407	66,758844	56,08301	0,84008366	0,275
0,675	8,06382	1000	74,07407407	70,685835	62,5512	0,884918519	0,3
0,665	8,09325	1000	74,07407407	69,638637	62,77949	0,901503759	0,3

Табела 2. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 1250$ о/мин, и променљивом јачином струје за мазиву маст GHS00G-40.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје A
0,15	0,96138	1250	92,59259259	19,634954	9,321804	0,474755556	0,05
0,15	0,83385	1250	92,59259259	19,634954	8,085238	0,411777778	0,05
0,18	1,52055	1250	92,59259259	23,561945	14,74367	0,625740741	0,075
0,175	1,41264	1250	92,59259259	22,907446	13,69734	0,597942857	0,075

0,25	1,99143	1250	92,59259259	32,724923	19,30945	0,590053333	0,1
0,25	1,98162	1250	92,59259259	32,724923	19,21433	0,587146667	0,1
0,275	2,71737	1250	92,59259259	35,997416	26,34836	0,731951515	0,125
0,28	2,70756	1250	92,59259259	36,651914	26,25324	0,716285714	0,125
0,35	3,52179	1250	92,59259259	45,814893	34,14824	0,745352381	0,15
0,35	3,5316	1250	92,59259259	45,814893	34,24336	0,747428571	0,15
0,4	4,29678	1250	92,59259259	52,359878	41,66275	0,7957	0,175
0,4	4,26735	1250	92,59259259	52,359878	41,37739	0,79025	0,175
0,45	4,99329	1250	92,59259259	58,904862	48,41631	0,821940741	0,2
0,4625	5,14044	1250	92,59259259	60,541108	49,84311	0,823293694	0,2
0,53	5,87619	1250	92,59259259	69,376838	56,97715	0,82127044	0,225
0,53	5,9841	1250	92,59259259	69,376838	58,02347	0,836352201	0,225
0,5875	6,78852	1250	92,59259259	76,90357	65,82335	0,855920567	0,25
0,5875	6,70023	1250	92,59259259	76,90357	64,96726	0,844788652	0,25
0,65	7,50465	1250	92,59259259	85,084801	72,76714	0,855230769	0,275
0,65	7,5537	1250	92,59259259	85,084801	73,24274	0,860820513	0,275
0,7125	8,27964	1250	92,59259259	93,266032	80,28165	0,860781287	0,3
0,7125	8,26002	1250	92,59259259	93,266032	80,09141	0,85874152	0,3

Табела 3. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 1500$ о/т/п, и променљивом јачином струје за мазиву маст *GHC00G-40*.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје A
0,1625	1,11834	1500	111,1111111	25,52544	13,01248	0,509784615	0,05
0,1625	1,12815	1500	111,1111111	25,52544	13,12662	0,51425641	0,05
0,2	1,55979	1500	111,1111111	31,415927	18,14898	0,5777	0,075
0,2	1,54017	1500	111,1111111	31,415927	17,92069	0,570433333	0,075
0,2625	2,1582	1500	111,1111111	41,233404	25,1118	0,609015873	0,1
0,2625	2,1582	1500	111,1111111	41,233404	25,1118	0,609015873	0,1
0,3125	2,80566	1500	111,1111111	49,087385	32,64534	0,665045333	0,125
0,3125	2,80566	1500	111,1111111	49,087385	32,64534	0,665045333	0,125
0,35	3,58065	1500	111,1111111	54,977871	41,66275	0,757809524	0,15
0,35	3,54141	1500	111,1111111	54,977871	41,20618	0,749504762	0,15
0,42	4,25754	1500	111,1111111	65,973446	49,53873	0,750888889	0,175
0,4125	4,27716	1500	111,1111111	64,795348	49,76702	0,768064646	0,175
0,465	5,0031	1500	111,1111111	73,042029	58,21371	0,796989247	0,2
0,4625	5,02272	1500	111,1111111	72,64933	58,442	0,80443964	0,2
0,525	5,76828	1500	111,1111111	82,466807	67,11699	0,813866667	0,225
0,52	5,75847	1500	111,1111111	81,681409	67,00284	0,820294872	0,225
0,575	6,55308	1500	111,1111111	90,320789	76,24855	0,844197101	0,25

0,58	6,59232	1500	111,1111111	91,106187	76,70513	0,841931034	0,25
0,6375	7,2594	1500	111,1111111	100,13827	84,46695	0,843503268	0,275
0,63	7,30845	1500	111,1111111	98,960169	85,03768	0,859312169	0,275
0,68	7,99515	1500	111,1111111	106,81415	93,02779	0,870931373	0,3
0,68	8,0442	1500	111,1111111	106,81415	93,59852	0,87627451	0,3

Табела 4. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 1750$ о/тп, и променљивом јачином струје за мазиву маст GHS00G-40.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје A
0,1875	0,80442	1750	129,6296296	34,36117	10,91983	0,317795556	0,05
0,1875	0,7848	1750	129,6296296	34,36117	10,65349	0,310044444	0,05
0,2	1,3734	1750	129,6296296	36,651914	18,64361	0,508666667	0,075
0,2	1,46169	1750	129,6296296	36,651914	19,84212	0,541366667	0,075
0,2625	1,962	1750	129,6296296	48,105638	26,63372	0,553650794	0,1
0,2625	1,95219	1750	129,6296296	48,105638	26,50056	0,55088254	0,1
0,3375	2,6487	1750	129,6296296	61,850105	35,95553	0,581333333	0,125
0,3375	2,65851	1750	129,6296296	61,850105	36,0887	0,58348642	0,125
0,375	3,49236	1750	129,6296296	68,722339	47,40803	0,689848889	0,15
0,375	3,51198	1750	129,6296296	68,722339	47,67437	0,693724444	0,15
0,4125	4,29678	1750	129,6296296	75,594573	58,32786	0,771587879	0,175
0,4125	4,30659	1750	129,6296296	75,594573	58,46103	0,773349495	0,175
0,48	5,14044	1750	129,6296296	87,964594	69,78036	0,793277778	0,2
0,48	5,13063	1750	129,6296296	87,964594	69,64719	0,791763889	0,2
0,5625	5,9841	1750	129,6296296	103,08351	81,23286	0,78802963	0,225
0,5625	6,05277	1750	129,6296296	103,08351	82,16504	0,797072593	0,225
0,6	6,87681	1750	129,6296296	109,95574	93,3512	0,848988889	0,25
0,6	6,83757	1750	129,6296296	109,95574	92,81853	0,844144444	0,25
0,675	7,62237	1750	129,6296296	123,70021	103,472	0,836474074	0,275
0,675	7,64199	1750	129,6296296	123,70021	103,7384	0,83862716	0,275
0,7125	8,37774	1750	129,6296296	130,57244	113,726	0,870980117	0,3
0,7125	8,32869	1750	129,6296296	130,57244	113,0602	0,865880702	0,3

Табела 5. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 2000$ о/тп, и променљивом јачином струје за мазиву маст GHS00G-40.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје A
0,17	0,82404	2000	148,1481481	35,604717	12,78419	0,359058824	0,05
0,1625	0,81423	2000	148,1481481	34,03392	12,63199	0,371158974	0,05

0,1875	1,34397	2000	148,1481481	39,269908	20,8504	0,530951111	0,075
0,1875	1,35378	2000	148,1481481	39,269908	21,00259	0,534826667	0,075
0,2625	2,02086	2000	148,1481481	54,977871	31,3517	0,570260317	0,1
0,2625	2,01105	2000	148,1481481	54,977871	31,19951	0,567492063	0,1
0,305	2,75661	2000	148,1481481	63,879051	42,76615	0,669486339	0,125
0,305	2,7468	2000	148,1481481	63,879051	42,61396	0,667103825	0,125
0,35	3,54141	2000	148,1481481	73,303829	54,94157	0,749504762	0,15
0,35	3,52179	2000	148,1481481	73,303829	54,63718	0,745352381	0,15
0,4375	4,32621	2000	148,1481481	91,629786	67,11699	0,73248	0,175
0,43	4,32621	2000	148,1481481	90,058989	67,11699	0,745255814	0,175
0,4625	5,06196	2000	148,1481481	96,865773	78,53144	0,810724324	0,2
0,475	5,06196	2000	148,1481481	99,483767	78,53144	0,789389474	0,2
0,55	5,87619	2000	148,1481481	115,19173	91,16343	0,791406061	0,225
0,55	5,886	2000	148,1481481	115,19173	91,31563	0,792727273	0,225
0,6375	6,62175	2000	148,1481481	133,51769	102,7301	0,769411765	0,25
0,6375	6,62175	2000	148,1481481	133,51769	102,7301	0,769411765	0,25
0,65	7,42617	2000	148,1481481	136,13568	115,2099	0,846287179	0,275
0,65	7,21035	2000	148,1481481	136,13568	111,8616	0,821692308	0,275
0,68	7,93629	2000	148,1481481	142,41887	123,1239	0,864519608	0,3
0,68	7,848	2000	148,1481481	142,41887	121,7542	0,854901961	0,3

Табела 6. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 1000$ о/тп, и променљивом јачином струје за мазиву маст GHS00G-40.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје A
0,1625	0,96138	1000	74,07407407	17,01696	7,457443	0,438235897	0,05
0,1625	0,91233	1000	74,07407407	17,01696	7,076961	0,415876923	0,05
0,175	1,3734	1000	74,07407407	18,325957	10,65349	0,581333333	0,075
0,175	1,38321	1000	74,07407407	18,325957	10,72959	0,585485714	0,075
0,22	2,00124	1000	74,07407407	23,038346	15,52366	0,673818182	0,1
0,225	1,99143	1000	74,07407407	23,561945	15,44756	0,655614815	0,1
0,275	2,72718	1000	74,07407407	28,797933	21,15479	0,734593939	0,125
0,275	2,72718	1000	74,07407407	28,797933	21,15479	0,734593939	0,125
0,3625	3,50217	1000	74,07407407	37,960911	27,1664	0,715641379	0,15
0,3625	3,51198	1000	74,07407407	37,960911	27,2425	0,717645977	0,15
0,4125	4,28697	1000	74,07407407	43,196899	33,25411	0,769826263	0,175
0,4125	4,36545	1000	74,07407407	43,196899	33,86288	0,783919192	0,175
0,4875	5,14044	1000	74,07407407	51,050881	39,87449	0,781073504	0,2
0,4875	5,16987	1000	74,07407407	51,050881	40,10278	0,785545299	0,2
0,5125	5,85657	1000	74,07407407	53,668874	45,42952	0,846478049	0,225

0,52	5,85657	1000	74,07407407	54,454273	45,42952	0,834269231	0,225
0,575	6,61194	1000	74,07407407	60,213859	51,28894	0,85177971	0,25
0,58	6,5727	1000	74,07407407	60,737458	50,98456	0,839425287	0,25
0,6375	7,34769	1000	74,07407407	66,758844	56,99617	0,853762092	0,275
0,6375	7,31826	1000	74,07407407	66,758844	56,76788	0,850342484	0,275
0,6875	8,06382	1000	74,07407407	71,994832	62,5512	0,868829091	0,3
0,7	8,09325	1000	74,07407407	73,303829	62,77949	0,856428571	0,3

Табела 7. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 1000$ о/мин, и променљивом јачином струје за мазиву маст GHS00G-40.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје A
0,1875	0,77499	1250	92,59259259	24,543693	7,514515	0,306168889	0,05
0,1875	0,73575	1250	92,59259259	24,543693	7,134033	0,290666667	0,05
0,2	1,29492	1250	92,59259259	26,179939	12,5559	0,4796	0,075
0,2	1,28511	1250	92,59259259	26,179939	12,46078	0,475966667	0,075
0,25	2,01105	1250	92,59259259	32,724923	19,49969	0,595866667	0,1
0,25	2,01105	1250	92,59259259	32,724923	19,49969	0,595866667	0,1
0,3	2,75661	1250	92,59259259	39,269908	26,72884	0,680644444	0,125
0,3	2,77623	1250	92,59259259	39,269908	26,91909	0,685488889	0,125
0,375	3,56103	1250	92,59259259	49,087385	34,52872	0,703413333	0,15
0,375	3,57084	1250	92,59259259	49,087385	34,62384	0,705351111	0,15
0,4125	4,44393	1250	92,59259259	53,996124	43,08956	0,798012121	0,175
0,4125	4,47336	1250	92,59259259	53,996124	43,37492	0,80329697	0,175
0,5125	5,44455	1250	92,59259259	67,086093	52,79185	0,786926829	0,2
0,5125	5,51322	1250	92,59259259	67,086093	53,45769	0,796852033	0,2
0,5625	6,2784	1250	92,59259259	73,631078	60,87708	0,826785185	0,225
0,5625	6,19011	1250	92,59259259	73,631078	60,021	0,815158519	0,225
0,625	6,99453	1250	92,59259259	81,812309	67,82088	0,828981333	0,25
0,625	6,97491	1250	92,59259259	81,812309	67,63064	0,826656	0,25
0,6625	7,69104	1250	92,59259259	86,721047	74,57443	0,859934591	0,275
0,6625	7,62237	1250	92,59259259	86,721047	73,90859	0,852256604	0,275
0,7125	8,36793	1250	92,59259259	93,266032	81,13774	0,869960234	0,3
0,7125	8,37774	1250	92,59259259	93,266032	81,23286	0,870980117	0,3

Табела 8. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 1250$ о/мин, и променљивом јачином струје за мазиву маст GHS00G-40.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје A
--------------	--------------	--------------------	--------------------	-------------	-------------	--------------------	-------------------

0,1625	1,14777	1500	111,1111111	25,52544	13,35491	0,5232	0,05
0,1625	1,16739	1500	111,1111111	25,52544	13,5832	0,53214359	0,05
0,2	1,61865	1500	111,1111111	31,415927	18,83385	0,5995	0,075
0,2	1,60884	1500	111,1111111	31,415927	18,7197	0,595866667	0,075
0,25	2,19744	1500	111,1111111	39,269908	25,56838	0,651093333	0,1
0,25	2,20725	1500	111,1111111	39,269908	25,68252	0,654	0,1
0,3	2,92338	1500	111,1111111	47,12389	34,01507	0,721822222	0,125
0,3	2,943	1500	111,1111111	47,12389	34,24336	0,726666667	0,125
0,375	3,6297	1500	111,1111111	58,904862	42,23348	0,716977778	0,15
0,375	3,68856	1500	111,1111111	58,904862	42,91834	0,728604444	0,15
0,425	4,46355	1500	111,1111111	66,758844	51,93576	0,777960784	0,175
0,425	4,45374	1500	111,1111111	66,758844	51,82162	0,77625098	0,175
0,5	5,2974	1500	111,1111111	78,539816	61,63805	0,7848	0,2
0,5	5,31702	1500	111,1111111	78,539816	61,86634	0,787706667	0,2
0,5625	5,96448	1500	111,1111111	88,357293	69,39988	0,785445926	0,225
0,55	5,95467	1500	111,1111111	86,393798	69,28573	0,801975758	0,225
0,6125	6,71004	1500	111,1111111	96,211275	78,07486	0,811493878	0,25
0,605	6,6708	1500	111,1111111	95,033178	77,61828	0,816749311	0,25
0,65	7,40655	1500	111,1111111	102,10176	86,17912	0,844051282	0,275
0,65	7,44579	1500	111,1111111	102,10176	86,6357	0,848523077	0,275
0,7125	8,16192	1500	111,1111111	111,91924	94,96825	0,84854269	0,3
0,7125	8,06382	1500	111,1111111	111,91924	93,82681	0,83834386	0,3

Табела 9. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 1500$ о/мин, и променљивом јачином струје за мазиву маст GHC00G-40.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје A
0,1375	0,8829	1750	129,6296296	25,198191	11,98518	0,475636364	0,05
0,1375	0,84366	1750	129,6296296	25,198191	11,4525	0,45449697	0,05
0,1875	1,42245	1750	129,6296296	34,36117	19,30945	0,561955556	0,075
0,1875	1,41264	1750	129,6296296	34,36117	19,17628	0,55808	0,075
0,25	2,16801	1750	129,6296296	45,814893	29,43027	0,642373333	0,1
0,25	2,18763	1750	129,6296296	45,814893	29,6966	0,648186667	0,1
0,3	2,82528	1750	129,6296296	54,977871	38,35256	0,6976	0,125
0,3	2,79585	1750	129,6296296	54,977871	37,95306	0,690333333	0,125
0,355	3,56103	1750	129,6296296	65,057148	48,34021	0,743042254	0,15
0,355	3,56103	1750	129,6296296	65,057148	48,34021	0,743042254	0,15
0,425	4,35564	1750	129,6296296	77,885318	59,12687	0,759152941	0,175
0,425	4,36545	1750	129,6296296	77,885318	59,26004	0,760862745	0,175
0,4625	5,11101	1750	129,6296296	84,757552	69,38085	0,81858018	0,2

0,4625	5,14044	1750	129,6296296	84,757552	69,78036	0,823293694	0,2
0,5625	6,13125	1750	129,6296296	103,08351	83,23039	0,807407407	0,225
0,5625	6,10182	1750	129,6296296	103,08351	82,83088	0,803531852	0,225
0,5875	6,71985	1750	129,6296296	107,665	91,22051	0,847262411	0,25
0,595	6,70023	1750	129,6296296	109,03945	90,95417	0,834140056	0,25
0,65	7,34769	1750	129,6296296	119,11872	99,7433	0,83734359	0,275
0,65	7,38693	1750	129,6296296	119,11872	100,276	0,841815385	0,275
0,7	8,08344	1750	129,6296296	128,2817	109,7309	0,855390476	0,3
0,7	8,11287	1250	92,59259259	91,629786	78,66461	0,858504762	0,3

Табела 10. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 1750$ о/тпн, и променљивом јачином струје за мазиву маст GHS00G-40.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје A
0,1875	0,80442	2000	148,1481481	39,269908	12,4798	0,317795556	0,05
0,1875	0,77499	2000	148,1481481	39,269908	12,02322	0,306168889	0,05
0,22	1,30473	2000	148,1481481	46,076692	20,24163	0,43930303	0,075
0,22	1,30473	2000	148,1481481	46,076692	20,24163	0,43930303	0,075
0,25	2,01105	2000	148,1481481	52,359878	31,19951	0,595866667	0,1
0,25	2,00124	2000	148,1481481	52,359878	31,04731	0,59296	0,1
0,3375	2,81547	2000	148,1481481	70,685835	43,67931	0,617935802	0,125
0,33	2,88414	2000	148,1481481	69,115038	44,74466	0,647393939	0,125
0,4	3,60027	2000	148,1481481	83,775804	55,85472	0,666716667	0,15
0,3875	3,67875	2000	148,1481481	81,15781	57,07227	0,703225806	0,15
0,4375	4,45374	2000	148,1481481	91,629786	69,09549	0,754072381	0,175
0,4375	4,52241	2000	148,1481481	91,629786	70,16084	0,765699048	0,175
0,5125	5,37588	2000	148,1481481	107,33775	83,40161	0,777001626	0,2
0,5125	5,46417	2000	148,1481481	107,33775	84,77134	0,789762602	0,2
0,575	6,30783	2000	148,1481481	120,42772	97,85991	0,812602899	0,225
0,575	6,17049	2000	148,1481481	120,42772	95,72922	0,794910145	0,225
0,625	6,89643	2000	148,1481481	130,89969	106,9915	0,817354667	0,25
0,625	6,89643	2000	148,1481481	130,89969	106,9915	0,817354667	0,25
0,6625	7,67142	2000	148,1481481	138,75368	119,0147	0,857740881	0,275
0,6625	7,60275	2000	148,1481481	138,75368	117,9494	0,850062893	0,275
0,725	8,3385	2000	148,1481481	151,84364	129,3638	0,851954023	0,3
0,725	8,27964	2000	148,1481481	151,84364	128,4506	0,84594023	0,3

Табела 11. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 2000$ о/т/п, и променљивом јачином струје за мазиву маст GHS00G-40.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје A
0,1875	0,80442	2000	148,1481481	39,269908	12,4798	0,317795556	0,05
0,1875	0,77499	2000	148,1481481	39,269908	12,02322	0,306168889	0,05
0,22	1,30473	2000	148,1481481	46,076692	20,24163	0,43930303	0,075
0,22	1,30473	2000	148,1481481	46,076692	20,24163	0,43930303	0,075
0,25	2,01105	2000	148,1481481	52,359878	31,19951	0,595866667	0,1
0,25	2,00124	2000	148,1481481	52,359878	31,04731	0,59296	0,1
0,3375	2,81547	2000	148,1481481	70,685835	43,67931	0,617935802	0,125
0,33	2,88414	2000	148,1481481	69,115038	44,74466	0,647393939	0,125
0,4	3,60027	2000	148,1481481	83,775804	55,85472	0,666716667	0,15
0,3875	3,67875	2000	148,1481481	81,15781	57,07227	0,703225806	0,15
0,4375	4,45374	2000	148,1481481	91,629786	69,09549	0,754072381	0,175
0,4375	4,52241	2000	148,1481481	91,629786	70,16084	0,765699048	0,175
0,5125	5,37588	2000	148,1481481	107,33775	83,40161	0,777001626	0,2
0,5125	5,46417	2000	148,1481481	107,33775	84,77134	0,789762602	0,2
0,575	6,30783	2000	148,1481481	120,42772	97,85991	0,812602899	0,225
0,575	6,17049	2000	148,1481481	120,42772	95,72922	0,794910145	0,225
0,625	6,89643	2000	148,1481481	130,89969	106,9915	0,817354667	0,25
0,625	6,89643	2000	148,1481481	130,89969	106,9915	0,817354667	0,25
0,6625	7,67142	2000	148,1481481	138,75368	119,0147	0,857740881	0,275
0,6625	7,60275	2000	148,1481481	138,75368	117,9494	0,850062893	0,275
0,725	8,3385	2000	148,1481481	151,84364	129,3638	0,851954023	0,3
0,725	8,27964	2000	148,1481481	151,84364	128,4506	0,84594023	0,3

Табела 12. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 1500$ о/т/п, и константној јачини струје $I = 0.10$ А за мазиву маст GHS00G-40.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје A
0,3625	3,63951	1500	111,1111111	56,94136685	42,34762177	0,743705747	0,1
0,3625	3,61989	1500	111,1111111	56,94136685	42,11933271	0,739696552	0,1
0,3625	3,63951	1500	111,1111111	56,94136685	42,34762177	0,743705747	0,1
0,3625	3,6297	1500	111,1111111	56,94136685	42,23347724	0,741701149	0,1
0,3625	3,58065	1500	111,1111111	56,94136685	41,66275457	0,731678161	0,1
0,3625	3,59046	1500	111,1111111	56,94136685	41,77689911	0,733682759	0,1
0,3625	3,52179	1500	111,1111111	56,94136685	40,97788738	0,719650575	0,1
0,355	3,52179	1500	111,1111111	55,7632696	40,97788738	0,73485446	0,1
0,355	3,5316	1500	111,1111111	55,7632696	41,09203191	0,736901408	0,1

0,355	3,55122	1500	111,1111111	55,7632696	41,32032098	0,740995305	0,1
0,355	3,54141	1500	111,1111111	55,7632696	41,20617644	0,738948357	0,1
0,355	3,5316	1500	111,1111111	55,7632696	41,09203191	0,736901408	0,1
0,355	3,51198	1500	111,1111111	55,7632696	40,86374284	0,732807512	0,1
0,355	3,5316	1500	111,1111111	55,7632696	41,09203191	0,736901408	0,1
0,355	3,51198	1500	111,1111111	55,7632696	40,86374284	0,732807512	0,1
0,355	3,54141	1500	111,1111111	55,7632696	41,20617644	0,738948357	0,1
0,355	3,52179	1500	111,1111111	55,7632696	40,97788738	0,73485446	0,1
0,355	3,51198	1500	111,1111111	55,7632696	40,86374284	0,732807512	0,1
0,355	3,55122	1500	111,1111111	55,7632696	41,32032098	0,740995305	0,1
0,3625	3,63951	1500	111,1111111	56,94136685	42,34762177	0,743705747	0,1
0,3625	3,61989	1500	111,1111111	56,94136685	42,11933271	0,739696552	0,1
0,3625	3,63951	1500	111,1111111	56,94136685	42,34762177	0,743705747	0,1

Табела 13. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 1500$ о/мин, и константној јачини струје $I = 0.15$ А за мазиву масл *GHC00G-40*.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје А
0,4125	3,95343	1500	111,1111111	64,795348	46,00025	0,709931313	0,15
0,4125	3,97305	1500	111,1111111	64,795348	46,22854	0,713454545	0,15
0,4	3,77685	1500	111,1111111	62,831853	43,94565	0,699416667	0,15
0,375	3,77685	1500	111,1111111	58,904862	43,94565	0,746044444	0,15
0,375	3,73761	1500	111,1111111	58,904862	43,48907	0,738293333	0,15
0,375	3,68856	1500	111,1111111	58,904862	42,91834	0,728604444	0,15
0,37	3,57084	1500	111,1111111	58,119464	41,54861	0,714882883	0,15
0,365	3,68856	1500	111,1111111	57,334066	42,91834	0,74856621	0,15
0,365	3,50217	1500	111,1111111	57,334066	40,7496	0,710739726	0,15
0,3625	3,55122	1500	111,1111111	56,941367	41,32032	0,725664368	0,15
0,3625	3,65913	1500	111,1111111	56,941367	42,57591	0,747714943	0,15
0,3625	3,63951	1500	111,1111111	56,941367	42,34762	0,743705747	0,15
0,3625	3,61989	1500	111,1111111	56,941367	42,11933	0,739696552	0,15
0,3625	3,65913	1500	111,1111111	56,941367	42,57591	0,747714943	0,15
0,3625	3,67875	1500	111,1111111	56,941367	42,8042	0,751724138	0,15
0,3625	3,64932	1500	111,1111111	56,941367	42,46177	0,745710345	0,15
0,3625	3,64932	1500	111,1111111	56,941367	42,46177	0,745710345	0,15
0,3625	3,64932	1500	111,1111111	56,941367	42,46177	0,745710345	0,15
0,3625	3,65913	1500	111,1111111	56,941367	42,57591	0,747714943	0,15
0,4125	3,95343	1500	111,1111111	64,795348	46,00025	0,709931313	0,15
0,4125	3,97305	1500	111,1111111	64,795348	46,22854	0,713454545	0,15
0,4	3,77685	1500	111,1111111	62,831853	43,94565	0,699416667	0,15

Табела 14. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 1500$ о/мин, и константној јачини струје $I = 0.20$ А за мазиву маст GHS00G-40.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје A
0,525	5,35626	1500	111,1111111	82,466807	62,32292	0,755733333	0,2
0,5125	5,34645	1500	111,1111111	80,503312	62,20877	0,772747967	0,2
0,5125	5,33664	1500	111,1111111	80,503312	62,09463	0,771330081	0,2
0,5	5,30721	1500	111,1111111	78,539816	61,75219	0,786253333	0,2
0,5	5,28759	1500	111,1111111	78,539816	61,5239	0,783346667	0,2
0,5	5,1993	1500	111,1111111	78,539816	60,4966	0,770266667	0,2
0,4875	5,22873	1500	111,1111111	76,576321	60,83904	0,794488889	0,2
0,4875	5,21892	1500	111,1111111	76,576321	60,72489	0,792998291	0,2
0,4875	5,18949	1500	111,1111111	76,576321	60,38246	0,788526496	0,2
0,48	5,16987	1500	111,1111111	75,398224	60,15417	0,797819444	0,2
0,48	5,16006	1500	111,1111111	75,398224	60,04002	0,796305556	0,2
0,48	5,16006	1500	111,1111111	75,398224	60,04002	0,796305556	0,2
0,48	5,16006	1500	111,1111111	75,398224	60,04002	0,796305556	0,2
0,48	5,22873	1500	111,1111111	75,398224	60,83904	0,806902778	0,2
0,48	5,20911	1500	111,1111111	75,398224	60,61075	0,803875	0,2
0,48	5,22873	1500	111,1111111	75,398224	60,83904	0,806902778	0,2
0,48	5,15025	1500	111,1111111	75,398224	59,92588	0,794791667	0,2
0,475	5,15025	1500	111,1111111	74,612826	59,92588	0,803157895	0,2
0,475	5,13063	1500	111,1111111	74,612826	59,69759	0,800098246	0,2
0,525	5,35626	1500	111,1111111	82,466807	62,32292	0,755733333	0,2
0,5125	5,34645	1500	111,1111111	80,503312	62,20877	0,772747967	0,2
0,5125	5,33664	1500	111,1111111	80,503312	62,09463	0,771330081	0,2

Табела 15. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 1500$ о/мин, и константној јачини струје $I = 0.25$ А за мазиву маст GHS00G-40.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје A
0,5875	6,5727	1500	111,1111111	92,2842842	76,47683716	0,82870922	0,25
0,5875	6,59232	1500	111,1111111	92,2842842	76,70512623	0,831182979	0,25
0,5875	6,63156	1500	111,1111111	92,2842842	77,16170436	0,836130496	0,25
0,5875	6,59232	1500	111,1111111	92,2842842	76,70512623	0,831182979	0,25
0,58	6,52365	1500	111,1111111	91,10618695	75,9061145	0,83316092	0,25
0,58	6,51384	1500	111,1111111	91,10618695	75,79196997	0,831908046	0,25
0,575	6,44517	1500	111,1111111	90,32078879	74,99295823	0,830295652	0,25

0,575	6,49422	1500	111,1111111	90,32078879	75,5636809	0,836614493	0,25
0,575	6,42555	1500	111,1111111	90,32078879	74,76466917	0,827768116	0,25
0,575	6,40593	1500	111,1111111	90,32078879	74,5363801	0,82524058	0,25
0,575	6,43536	1500	111,1111111	90,32078879	74,8788137	0,829031884	0,25
0,575	6,39612	1500	111,1111111	90,32078879	74,42223557	0,823976812	0,25
0,575	6,40593	1500	111,1111111	90,32078879	74,5363801	0,82524058	0,25
0,575	6,41574	1500	111,1111111	90,32078879	74,65052463	0,826504348	0,25
0,575	6,46479	1500	111,1111111	90,32078879	75,2212473	0,832823188	0,25
0,575	6,39612	1500	111,1111111	90,32078879	74,42223557	0,823976812	0,25
0,57	6,38631	1500	111,1111111	89,53539063	74,30809104	0,829929825	0,25
0,57	6,39612	1500	111,1111111	89,53539063	74,42223557	0,831204678	0,25
0,57	6,44517	1500	111,1111111	89,53539063	74,99295823	0,837578947	0,25
0,5875	6,5727	1500	111,1111111	92,2842842	76,47683716	0,82870922	0,25
0,5875	6,59232	1500	111,1111111	92,2842842	76,70512623	0,831182979	0,25
0,5875	6,63156	1500	111,1111111	92,2842842	77,16170436	0,836130496	0,25

Табела 16. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 1500$ о/т/п, и константној јачини струје $I = 0.30$ А за мазиву масл ГНС00Г-40.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје А
0,6625	7,82838	1500	111,1111111	104,0652567	91,0873374	0,875290566	0,3
0,6625	7,69104	1500	111,1111111	104,0652567	89,48931394	0,859934591	0,3
0,6625	7,73028	1500	111,1111111	104,0652567	89,94589207	0,864322013	0,3
0,6625	7,75971	1500	111,1111111	104,0652567	90,28832567	0,867612579	0,3
0,6625	7,79895	1500	111,1111111	104,0652567	90,7449038	0,872	0,3
0,6625	7,74009	1500	111,1111111	104,0652567	90,0600366	0,865418868	0,3
0,6625	7,61256	1500	111,1111111	104,0652567	88,57615767	0,851159748	0,3
0,6625	7,68123	1500	111,1111111	104,0652567	89,3751694	0,858837736	0,3
0,6625	7,78914	1500	111,1111111	104,0652567	90,63075927	0,870903145	0,3
0,6625	7,80876	1500	111,1111111	104,0652567	90,85904833	0,873096855	0,3
0,6625	7,82838	1500	111,1111111	104,0652567	91,0873374	0,875290566	0,3
0,6625	7,77933	1500	111,1111111	104,0652567	90,51661473	0,869806289	0,3
0,6625	7,75971	1500	111,1111111	104,0652567	90,28832567	0,867612579	0,3
0,6625	7,78914	1500	111,1111111	104,0652567	90,63075927	0,870903145	0,3
0,6625	7,71066	1500	111,1111111	104,0652567	89,717603	0,862128302	0,3
0,6625	7,7499	1500	111,1111111	104,0652567	90,17418113	0,866515723	0,3
0,6625	7,78914	1500	111,1111111	104,0652567	90,63075927	0,870903145	0,3
0,6625	7,9461	1500	111,1111111	104,0652567	92,4570718	0,88845283	0,3
0,6625	7,80876	1500	111,1111111	104,0652567	90,85904833	0,873096855	0,3
0,6625	7,82838	1500	111,1111111	104,0652567	91,0873374	0,875290566	0,3

0,6625	7,69104	1500	111,1111111	104,0652567	89,48931394	0,859934591	0,3
0,6625	7,73028	1500	111,1111111	104,0652567	89,94589207	0,864322013	0,3

Табела 17. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 1500$ о/мин, и константној јачини струје $I = 0.35$ А за мазиву маст GHS00G-40.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје А
0,825	9,56475	1500	111,1111111	129,590697	111,2909198	0,858787879	0,35
0,8125	9,63342	1500	111,1111111	127,6272016	112,0899315	0,878260513	0,35
0,8125	9,54513	1500	111,1111111	127,6272016	111,0626307	0,870211282	0,35
0,8125	9,38817	1500	111,1111111	127,6272016	109,2363182	0,855901538	0,35
0,8125	9,38817	1500	111,1111111	127,6272016	109,2363182	0,855901538	0,35
0,8125	9,40779	1500	111,1111111	127,6272016	109,4646072	0,857690256	0,35
0,8125	9,50589	1500	111,1111111	127,6272016	110,6060526	0,866633846	0,35
0,8	9,56475	1500	111,1111111	125,6637061	111,2909198	0,885625	0,35
0,8	9,63342	1500	111,1111111	125,6637061	112,0899315	0,891983333	0,35
0,8	9,54513	1500	111,1111111	125,6637061	111,0626307	0,883808333	0,35
0,8	9,38817	1500	111,1111111	125,6637061	109,2363182	0,869275	0,35
0,8	9,38817	1500	111,1111111	125,6637061	109,2363182	0,869275	0,35
0,8	9,38817	1500	111,1111111	125,6637061	109,2363182	0,869275	0,35
0,8	9,38817	1500	111,1111111	125,6637061	109,2363182	0,869275	0,35
0,8	9,40779	1500	111,1111111	125,6637061	109,4646072	0,871091667	0,35
0,8	9,50589	1500	111,1111111	125,6637061	110,6060526	0,880175	0,35
0,8	9,56475	1500	111,1111111	125,6637061	111,2909198	0,885625	0,35
0,8	9,63342	1500	111,1111111	125,6637061	112,0899315	0,891983333	0,35
0,8	9,54513	1500	111,1111111	125,6637061	111,0626307	0,883808333	0,35
0,825	9,56475	1500	111,1111111	129,590697	111,2909198	0,858787879	0,35
0,8125	9,63342	1500	111,1111111	127,6272016	112,0899315	0,878260513	0,35
0,8125	9,54513	1500	111,1111111	127,6272016	111,0626307	0,870211282	0,35

Табела 18. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 1000$ о/мин, и променљивом јачини струје за редукторско уље REDOL ULTRA 220.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје А
0,2875	1,71675	1000	74,07407407	30,1069296	13,31686219	0,442318841	0,1
0,275	1,78542	1000	74,07407407	28,79793266	13,84953668	0,480921212	0,1

0,255	1,70694	1000	74,07407407	26,70353756	13,24076584	0,495843137	0,1
0,255	1,81485	1000	74,07407407	26,70353756	14,07782575	0,527189542	0,1
0,2575	1,74618	1000	74,07407407	26,96533694	13,54515126	0,502317152	0,1
0,2625	1,84428	1000	74,07407407	27,48893572	14,30611481	0,520431746	0,1
0,26	1,81485	1000	74,07407407	27,22713633	14,07782575	0,517051282	0,1
0,26	1,82466	1000	74,07407407	27,22713633	14,1539221	0,519846154	0,1
0,405	3,47274	1000	74,07407407	42,41150082	26,93810981	0,635160494	0,15
0,405	3,55122	1000	74,07407407	42,41150082	27,54688065	0,649514403	0,15
0,405	3,64932	1000	74,07407407	42,41150082	28,3078442	0,66745679	0,15
0,405	3,65913	1000	74,07407407	42,41150082	28,38394056	0,669251029	0,15
0,4	3,57084	1000	74,07407407	41,88790205	27,69907336	0,661266667	0,15
0,3875	3,50217	1000	74,07407407	40,57890511	27,16639887	0,669470968	0,15
0,3875	3,49236	1000	74,07407407	40,57890511	27,09030252	0,667595699	0,15
0,4875	5,0031	1000	74,07407407	51,05088062	38,80914125	0,760205128	0,2
0,4875	5,0031	1000	74,07407407	51,05088062	38,80914125	0,760205128	0,2
0,475	4,88538	1000	74,07407407	49,74188368	37,89598498	0,761852632	0,2
0,475	4,905	1000	74,07407407	49,74188368	38,04817769	0,764912281	0,2
0,475	4,88538	1000	74,07407407	49,74188368	37,89598498	0,761852632	0,2
0,47	4,8069	1000	74,07407407	49,21828491	37,28721414	0,757588652	0,2
0,47	4,82652	1000	74,07407407	49,21828491	37,43940685	0,760680851	0,2
0,5875	6,2784	1000	74,07407407	61,52285613	48,70166745	0,791602837	0,25
0,5875	6,30783	1000	74,07407407	61,52285613	48,92995651	0,795313475	0,25
0,58	6,30783	1000	74,07407407	60,73745797	48,92995651	0,805597701	0,25
0,575	6,30783	1000	74,07407407	60,21385919	48,92995651	0,812602899	0,25
0,575	6,29802	1000	74,07407407	60,21385919	48,85386016	0,81133913	0,25
0,575	6,30783	1000	74,07407407	60,21385919	48,92995651	0,812602899	0,25
0,575	6,28821	1000	74,07407407	60,21385919	48,7777638	0,810075362	0,25
0,6875	7,79895	1000	74,07407407	71,99483164	60,49660253	0,840290909	0,3
0,6875	7,77933	1000	74,07407407	71,99483164	60,34440982	0,83817697	0,3
0,6825	7,80876	1000	74,07407407	71,47123287	60,57269889	0,8475116	0,3
0,6825	7,82838	1000	74,07407407	71,47123287	60,7248916	0,849641026	0,3
0,6825	7,87743	1000	74,07407407	71,47123287	61,10537338	0,854964591	0,3
0,6825	7,86762	1000	74,07407407	71,47123287	61,02927702	0,853899878	0,3
0,6825	7,88724	1000	74,07407407	71,47123287	61,18146973	0,856029304	0,3

Табела 19. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 1500$ о/т/п, и променљивом јачини струје за редукторско уље REDOL ULTRA 220.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје A
0,275	1,80504	1500	111,1111111	43,19689899	21,00259409	0,486206061	0,1

0,2625	1,81485	1500	111,1111111	41,23340358	21,11673862	0,512126984	0,1
0,25	1,75599	1500	111,1111111	39,26990817	20,43187142	0,520293333	0,1
0,245	1,74618	1500	111,1111111	38,48451001	20,31772689	0,527945578	0,1
0,24	1,71675	1500	111,1111111	37,69911184	19,97529329	0,529861111	0,1
0,24	1,72656	1500	111,1111111	37,69911184	20,08943782	0,532888889	0,1
0,24	1,72656	1500	111,1111111	37,69911184	20,08943782	0,532888889	0,1
0,24	1,71675	1500	111,1111111	37,69911184	19,97529329	0,529861111	0,1
0,3875	3,5316	1500	111,1111111	60,86835766	41,09203191	0,675096774	0,15
0,3875	3,61008	1500	111,1111111	60,86835766	42,00518817	0,690098925	0,15
0,3875	3,65913	1500	111,1111111	60,86835766	42,57591084	0,699475269	0,15
0,3875	3,61008	1500	111,1111111	60,86835766	42,00518817	0,690098925	0,15
0,3875	3,63951	1500	111,1111111	60,86835766	42,34762177	0,695724731	0,15
0,3875	3,64932	1500	111,1111111	60,86835766	42,46176631	0,6976	0,15
0,3875	3,65913	1500	111,1111111	60,86835766	42,57591084	0,699475269	0,15
0,4875	4,94424	1500	111,1111111	76,57632093	57,52884467	0,751261538	0,2
0,4825	4,98348	1500	111,1111111	75,79092277	57,9854228	0,765070812	0,2
0,4825	4,96386	1500	111,1111111	75,79092277	57,75713374	0,762058722	0,2
0,475	4,95405	1500	111,1111111	74,61282552	57,64298921	0,772561404	0,2
0,475	4,97367	1500	111,1111111	74,61282552	57,87127827	0,775621053	0,2
0,475	4,95405	1500	111,1111111	74,61282552	57,64298921	0,772561404	0,2
0,475	4,94424	1500	111,1111111	74,61282552	57,52884467	0,771031579	0,2
0,5875	6,51384	1500	111,1111111	92,2842842	75,79196997	0,821287943	0,25
0,5875	6,51384	1500	111,1111111	92,2842842	75,79196997	0,821287943	0,25
0,5875	6,52365	1500	111,1111111	92,2842842	75,9061145	0,822524823	0,25
0,575	6,50403	1500	111,1111111	90,32078879	75,67782543	0,837878261	0,25
0,575	6,52365	1500	111,1111111	90,32078879	75,9061145	0,840405797	0,25
0,575	6,51384	1500	111,1111111	90,32078879	75,79196997	0,839142029	0,25
0,575	6,53346	1500	111,1111111	90,32078879	76,02025903	0,841669565	0,25
0,7	7,93629	1500	111,1111111	109,9557429	92,34292726	0,839819048	0,3
0,6875	7,88724	1500	111,1111111	107,9922475	91,7722046	0,849803636	0,3
0,6875	7,87743	1500	111,1111111	107,9922475	91,65806006	0,848746667	0,3
0,6875	7,87743	1500	111,1111111	107,9922475	91,65806006	0,848746667	0,3
0,6875	7,87743	1500	111,1111111	107,9922475	91,65806006	0,848746667	0,3
0,6825	7,82838	1500	111,1111111	107,2068493	91,0873374	0,849641026	0,3
0,6825	7,83819	1500	111,1111111	107,2068493	91,20148193	0,850705739	0,3

Табела 20. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 2500$ о/мин, и променљивом јачини струје за редукторско уље REDOL ULTRA 220.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје A
--------------	--------------	--------------------	--------------------	-------------	-------------	--------------------	-------------------

0,275	1,80504	2000	148,1481481	57,59586532	28,00345878	0,486206061	0,1
0,2625	1,81485	2000	148,1481481	54,97787144	28,15565149	0,512126984	0,1
0,25	1,75599	2000	148,1481481	52,35987756	27,24249523	0,520293333	0,1
0,245	1,74618	2000	148,1481481	51,31268001	27,09030252	0,527945578	0,1
0,24	1,71675	2000	148,1481481	50,26548246	26,63372439	0,529861111	0,1
0,24	1,72656	2000	148,1481481	50,26548246	26,7859171	0,532888889	0,1
0,24	1,72656	2000	148,1481481	50,26548246	26,7859171	0,532888889	0,1
0,24	1,71675	2000	148,1481481	50,26548246	26,63372439	0,529861111	0,1
0,3875	3,5316	2000	148,1481481	81,15781022	54,78937588	0,675096774	0,15
0,3875	3,61008	2000	148,1481481	81,15781022	56,00691756	0,690098925	0,15
0,3875	3,65913	2000	148,1481481	81,15781022	56,76788112	0,699475269	0,15
0,3875	3,61008	2000	148,1481481	81,15781022	56,00691756	0,690098925	0,15
0,3875	3,63951	2000	148,1481481	81,15781022	56,4634957	0,695724731	0,15
0,3875	3,64932	2000	148,1481481	81,15781022	56,61568841	0,6976	0,15
0,3875	3,65913	2000	148,1481481	81,15781022	56,76788112	0,699475269	0,15
0,4875	4,94424	2000	148,1481481	102,1017612	76,70512623	0,751261538	0,2
0,4825	4,98348	2000	148,1481481	101,0545637	77,31389707	0,765070812	0,2
0,4825	4,96386	2000	148,1481481	101,0545637	77,00951165	0,762058722	0,2
0,475	4,95405	2000	148,1481481	99,48376736	76,85731894	0,772561404	0,2
0,475	4,97367	2000	148,1481481	99,48376736	77,16170436	0,775621053	0,2
0,475	4,95405	2000	148,1481481	99,48376736	76,85731894	0,772561404	0,2
0,475	4,94424	2000	148,1481481	99,48376736	76,70512623	0,771031579	0,2
0,5875	6,51384	2000	148,1481481	123,0457123	101,05596	0,821287943	0,25
0,5875	6,51384	2000	148,1481481	123,0457123	101,05596	0,821287943	0,25
0,5875	6,52365	2000	148,1481481	123,0457123	101,2081527	0,822524823	0,25
0,575	6,50403	2000	148,1481481	120,4277184	100,9037672	0,837878261	0,25
0,575	6,52365	2000	148,1481481	120,4277184	101,2081527	0,840405797	0,25
0,575	6,51384	2000	148,1481481	120,4277184	101,05596	0,839142029	0,25
0,575	6,53346	2000	148,1481481	120,4277184	101,3603454	0,841669565	0,25
0,7	7,93629	2000	148,1481481	146,6076572	123,123903	0,839819048	0,3
0,6875	7,88724	2000	148,1481481	143,9896633	122,3629395	0,849803636	0,3
0,6875	7,87743	2000	148,1481481	143,9896633	122,2107468	0,848746667	0,3
0,6875	7,87743	2000	148,1481481	143,9896633	122,2107468	0,848746667	0,3
0,6875	7,87743	2000	148,1481481	143,9896633	122,2107468	0,848746667	0,3
0,6825	7,82838	2000	148,1481481	142,9424657	121,4497832	0,849641026	0,3
0,6825	7,83819	2000	148,1481481	142,9424657	121,6019759	0,850705739	0,3

Табела 21. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 2500$ о/мин, и променљивом јачини струје за редукторско уље REDOL ULTRA 220.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје A
0,3125	1,81485	2500	185,1851852	81,81230869	35,19456437	0,430186667	0,1
0,3125	1,85409	2500	185,1851852	81,81230869	35,95552792	0,439488	0,1
0,275	1,80504	2500	185,1851852	71,99483164	35,00432348	0,486206061	0,1
0,275	1,82466	2500	185,1851852	71,99483164	35,38480525	0,491490909	0,1
0,275	1,85409	2500	185,1851852	71,99483164	35,95552792	0,499418182	0,1
0,275	1,88352	2500	185,1851852	71,99483164	36,52625059	0,507345455	0,1
0,275	1,87371	2500	185,1851852	71,99483164	36,3360097	0,50470303	0,1
0,275	1,88352	2500	185,1851852	71,99483164	36,52625059	0,507345455	0,1
0,3875	3,4335	2500	185,1851852	101,4472628	66,58431096	0,656344086	0,15
0,3875	3,48255	2500	185,1851852	101,4472628	67,53551541	0,66572043	0,15
0,3875	3,44331	2500	185,1851852	101,4472628	66,77455185	0,658219355	0,15
0,3875	3,58065	2500	185,1851852	101,4472628	69,43792429	0,684473118	0,15
0,4	3,69837	2500	185,1851852	104,7197551	71,72081495	0,684883333	0,15
0,4	3,67875	2500	185,1851852	104,7197551	71,34033318	0,68125	0,15
0,4	3,69837	2500	185,1851852	104,7197551	71,72081495	0,684883333	0,15
0,5125	5,15025	2500	185,1851852	134,1721862	99,87646645	0,744390244	0,2
0,5	5,05215	2500	185,1851852	130,8996939	97,97405756	0,748466667	0,2
0,4925	4,95405	2500	185,1851852	128,9361985	96,07164868	0,745109983	0,2
0,4875	4,905	2500	185,1851852	127,6272016	95,12044423	0,745299145	0,2
0,4875	4,91481	2500	185,1851852	127,6272016	95,31068512	0,746789744	0,2
0,4875	4,92462	2500	185,1851852	127,6272016	95,50092601	0,748280342	0,2
0,4875	4,91481	2500	185,1851852	127,6272016	95,31068512	0,746789744	0,2
0,575	6,21954	2500	185,1851852	150,534648	120,6127233	0,801228986	0,25
0,5875	6,44517	2500	185,1851852	153,8071403	124,9882637	0,812629787	0,25
0,5875	6,42555	2500	185,1851852	153,8071403	124,6077819	0,810156028	0,25
0,5875	6,49422	2500	185,1851852	153,8071403	125,9394682	0,818814184	0,25
0,5875	6,42555	2500	185,1851852	153,8071403	124,6077819	0,810156028	0,25
0,5875	6,44517	2500	185,1851852	153,8071403	124,9882637	0,812629787	0,25
0,5875	6,51384	2500	185,1851852	153,8071403	126,3199499	0,821287943	0,25
0,725	8,08344	2500	185,1851852	189,8045562	156,7584921	0,825894253	0,3
0,725	8,27964	2500	185,1851852	189,8045562	160,5633099	0,84594023	0,3
0,75	8,55432	2500	185,1851852	196,3495408	165,8900547	0,844871111	0,3
0,75	8,55432	2500	185,1851852	196,3495408	165,8900547	0,844871111	0,3
0,7375	8,55432	2500	185,1851852	193,0770485	165,8900547	0,85919096	0,3
0,7375	8,55432	2500	185,1851852	193,0770485	165,8900547	0,85919096	0,3
0,7375	8,58375	2500	185,1851852	193,0770485	166,4607774	0,862146893	0,3

Табела 22. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 1000$ о/тп, и променљивом јачини струје за редукторско уље REDOL ULTRA 460.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје A
0,2875	1,91295	1000	74,07407407	30,1069296	14,8387893	0,492869565	0,1
0,28	1,8639	1000	74,07407407	29,32153143	14,45830752	0,493095238	0,1
0,275	1,83447	1000	74,07407407	28,79793266	14,23001846	0,494133333	0,1
0,275	1,84428	1000	74,07407407	28,79793266	14,30611481	0,496775758	0,1
0,275	1,8639	1000	74,07407407	28,79793266	14,45830752	0,502060606	0,1
0,27	1,85409	1000	74,07407407	28,27433388	14,38221117	0,508666667	0,1
0,27	1,88352	1000	74,07407407	28,27433388	14,61050023	0,516740741	0,1
0,4	3,25692	1000	74,07407407	41,88790205	25,26398999	0,603133333	0,15
0,39	3,20787	1000	74,07407407	40,8407045	24,88350821	0,609282051	0,15
0,385	3,19806	1000	74,07407407	40,31710572	24,80741186	0,615307359	0,15
0,38	3,17844	1000	74,07407407	39,79350695	24,65521915	0,619578947	0,15
0,38	3,16863	1000	74,07407407	39,79350695	24,57912279	0,617666667	0,15
0,375	3,16863	1000	74,07407407	39,26990817	24,57912279	0,625902222	0,15
0,375	3,1392	1000	74,07407407	39,26990817	24,35083372	0,620088889	0,15
0,5	4,73823	1000	74,07407407	52,35987756	36,75453965	0,70196	0,2
0,4875	4,71861	1000	74,07407407	51,05088062	36,60234694	0,716977778	0,2
0,4875	4,75785	1000	74,07407407	51,05088062	36,90673236	0,722940171	0,2
0,4875	4,73823	1000	74,07407407	51,05088062	36,75453965	0,719958974	0,2
0,4875	4,74804	1000	74,07407407	51,05088062	36,83063601	0,721449573	0,2
0,4825	4,73823	1000	74,07407407	50,52728185	36,75453965	0,727419689	0,2
0,4825	4,74804	1000	74,07407407	50,52728185	36,83063601	0,728925734	0,2
0,6125	6,17049	1000	74,07407407	64,14085001	47,86460754	0,746242177	0,25
0,6	6,05277	1000	74,07407407	62,83185307	46,95145127	0,747255556	0,25
0,6	6,0822	1000	74,07407407	62,83185307	47,17974034	0,750888889	0,25
0,6	6,06258	1000	74,07407407	62,83185307	47,02754763	0,748466667	0,25
0,6	6,09201	1000	74,07407407	62,83185307	47,2558367	0,7521	0,25
0,595	6,0822	1000	74,07407407	62,3082543	47,17974034	0,75719888	0,25
0,595	6,10182	1000	74,07407407	62,3082543	47,33193305	0,759641457	0,25
0,7125	7,7499	1000	74,07407407	74,61282552	60,11612076	0,805707602	0,3
0,705	7,69104	1000	74,07407407	73,82742736	59,65954262	0,808094563	0,3
0,7	7,60275	1000	74,07407407	73,30382858	58,97467542	0,80452381	0,3
0,7	7,70085	1000	74,07407407	73,30382858	59,73563898	0,814904762	0,3
0,7	7,71066	1000	74,07407407	73,30382858	59,81173533	0,815942857	0,3
0,695	7,70085	1000	74,07407407	72,78022981	59,73563898	0,820767386	0,3
0,695	7,69104	1000	74,07407407	72,78022981	59,65954262	0,819721823	0,3
0,695	7,69104	1000	74,07407407	72,78022981	59,65954262	0,819721823	0,3

Табела 23. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 1500$ о/тп, и променљивом јачини струје за редукторско уље REDOL ULTRA 460.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје A
0,275	1,91295	1500	111,1111111	43,19689899	22,25818395	0,515272727	0,1
0,275	1,8639	1500	111,1111111	43,19689899	21,68746129	0,502060606	0,1
0,275	1,87371	1500	111,1111111	43,19689899	21,80160582	0,50470303	0,1
0,27	1,84428	1500	111,1111111	42,41150082	21,45917222	0,505975309	0,1
0,27	1,8639	1500	111,1111111	42,41150082	21,68746129	0,511358025	0,1
0,27	1,88352	1500	111,1111111	42,41150082	21,91575035	0,516740741	0,1
0,27	1,90314	1500	111,1111111	42,41150082	22,14403942	0,522123457	0,1
0,27	1,91295	1500	111,1111111	42,41150082	22,25818395	0,524814815	0,1
0,375	3,1392	1500	111,1111111	58,90486225	36,52625059	0,620088889	0,15
0,375	3,17844	1500	111,1111111	58,90486225	36,98282872	0,62784	0,15
0,375	3,16863	1500	111,1111111	58,90486225	36,86868418	0,625902222	0,15
0,3625	3,12939	1500	111,1111111	56,94136685	36,41210605	0,639466667	0,15
0,3625	3,11958	1500	111,1111111	56,94136685	36,29796152	0,637462069	0,15
0,3625	3,10977	1500	111,1111111	56,94136685	36,18381699	0,635457471	0,15
0,3625	3,10977	1500	111,1111111	56,94136685	36,18381699	0,635457471	0,15
0,5	4,78728	1500	111,1111111	78,53981634	55,70253214	0,709226667	0,2
0,4875	4,77747	1500	111,1111111	76,57632093	55,58838761	0,725921368	0,2
0,4875	4,67937	1500	111,1111111	76,57632093	54,44694228	0,711015385	0,2
0,4875	4,79709	1500	111,1111111	76,57632093	55,81667668	0,728902564	0,2
0,475	4,79709	1500	111,1111111	74,61282552	55,81667668	0,748084211	0,2
0,475	4,8069	1500	111,1111111	74,61282552	55,93082121	0,749614035	0,2
0,475	4,82652	1500	111,1111111	74,61282552	56,15911028	0,752673684	0,2
0,625	6,2784	1500	111,1111111	98,17477042	73,05250117	0,744106667	0,25
0,625	6,1803	1500	111,1111111	98,17477042	71,91105584	0,73248	0,25
0,625	6,36669	1500	111,1111111	98,17477042	74,07980197	0,754570667	0,25
0,6125	6,3765	1500	111,1111111	96,21127502	74,1939465	0,771156463	0,25
0,6125	6,36669	1500	111,1111111	96,21127502	74,07980197	0,769970068	0,25
0,6125	6,38631	1500	111,1111111	96,21127502	74,30809104	0,772342857	0,25
0,6125	6,39612	1500	111,1111111	96,21127502	74,42223557	0,773529252	0,25
0,7	7,52427	1500	111,1111111	109,9557429	87,54885687	0,796219048	0,3
0,6875	7,52427	1500	111,1111111	107,9922475	87,54885687	0,810695758	0,3
0,6875	7,54389	1500	111,1111111	107,9922475	87,77714594	0,812809697	0,3
0,6875	7,60275	1500	111,1111111	107,9922475	88,46201314	0,819151515	0,3
0,6875	7,62237	1500	111,1111111	107,9922475	88,6903022	0,821265455	0,3
0,6875	7,64199	1500	111,1111111	107,9922475	88,91859127	0,823379394	0,3
0,6875	7,63218	1500	111,1111111	107,9922475	88,80444674	0,822322424	0,3

Табела 24. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 2000$ о/т/п, и променљивом јачини струје за редукторско уље REDOL ULTRA 460.

Moment M_1	Moment M_2	Broj obrtaja n_1	Broj obrtaja n_2	Snaga P_1	Snaga P_2	Stepen iskorišćenja	Jačina struje A
0,3	1,57941	2000	148,1481481	62,83185307	24,50302643	0,389977778	0,1
0,2875	1,59903	2000	148,1481481	60,21385919	24,80741186	0,411988406	0,1
0,2875	1,61865	2000	148,1481481	60,21385919	25,11179728	0,417043478	0,1
0,275	1,62846	2000	148,1481481	57,59586532	25,26398999	0,438642424	0,1
0,275	1,63827	2000	148,1481481	57,59586532	25,4161827	0,441284848	0,1
0,275	1,61865	2000	148,1481481	57,59586532	25,11179728	0,436	0,1
0,275	1,63827	2000	148,1481481	57,59586532	25,4161827	0,441284848	0,1
0,275	1,62846	2000	148,1481481	57,59586532	25,26398999	0,438642424	0,1
0,375	2,96262	2000	148,1481481	78,53981634	45,96219865	0,585208889	0,15
0,375	2,99205	2000	148,1481481	78,53981634	46,41877679	0,591022222	0,15
0,3625	2,98224	2000	148,1481481	75,92182246	46,26658408	0,609397701	0,15
0,3625	2,95281	2000	148,1481481	75,92182246	45,81000594	0,603383908	0,15
0,3625	2,97243	2000	148,1481481	75,92182246	46,11439136	0,607393103	0,15
0,3625	2,93319	2000	148,1481481	75,92182246	45,50562052	0,599374713	0,15
0,3625	2,91357	2000	148,1481481	75,92182246	45,2012351	0,595365517	0,15
0,5	4,6107	2000	148,1481481	104,7197551	71,53057406	0,683066667	0,2
0,4875	4,6107	2000	148,1481481	102,1017612	71,53057406	0,700581197	0,2
0,4875	4,59108	2000	148,1481481	102,1017612	71,22618864	0,6976	0,2
0,4875	4,63032	2000	148,1481481	102,1017612	71,83495949	0,703562393	0,2
0,475	4,56165	2000	148,1481481	99,48376736	70,76961051	0,711368421	0,2
0,475	4,57146	2000	148,1481481	99,48376736	70,92180322	0,712898246	0,2
0,475	4,55184	2000	148,1481481	99,48376736	70,6174178	0,709838596	0,2
0,625	6,1803	2000	148,1481481	130,8996939	95,88140779	0,73248	0,25
0,625	6,15087	2000	148,1481481	130,8996939	95,42482966	0,728992	0,25
0,625	6,26859	2000	148,1481481	130,8996939	97,25114218	0,742944	0,25
0,6125	6,2784	2000	148,1481481	128,2817	97,4033349	0,759292517	0,25
0,6125	6,26859	2000	148,1481481	128,2817	97,25114218	0,758106122	0,25
0,6125	6,2784	2000	148,1481481	128,2817	97,4033349	0,759292517	0,25
0,6125	6,28821	2000	148,1481481	128,2817	97,55552761	0,760478912	0,25
0,7125	7,4556	2000	148,1481481	149,225651	115,6664602	0,775111111	0,3
0,6875	7,4556	2000	148,1481481	143,9896633	115,6664602	0,80329697	0,3
0,6875	7,47522	2000	148,1481481	143,9896633	115,9708456	0,805410909	0,3
0,6875	7,53408	2000	148,1481481	143,9896633	116,8840019	0,811752727	0,3
0,6875	7,5537	2000	148,1481481	143,9896633	117,1883873	0,813866667	0,3
0,6875	7,57332	2000	148,1481481	143,9896633	117,4927727	0,815980606	0,3
0,6875	7,56351	2000	148,1481481	143,9896633	117,34058	0,814923636	0,3

Табела 25. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 2500$ о/тп, и променљивом јачини струје за редукторско уље REDOL ULTRA 460.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје A
0,3125	1,57941	2500	185,1851852	81,81230869	30,62878304	0,374378667	0,1
0,3125	1,5696	2500	185,1851852	81,81230869	30,43854215	0,372053333	0,1
0,3125	1,50093	2500	185,1851852	81,81230869	29,10685594	0,355776	0,1
0,3125	1,52055	2500	185,1851852	81,81230869	29,48733771	0,360426667	0,1
0,3	1,50093	2500	185,1851852	78,53981634	29,10685594	0,3706	0,1
0,3	1,51074	2500	185,1851852	78,53981634	29,29709682	0,373022222	0,1
0,3	1,50093	2500	185,1851852	78,53981634	29,10685594	0,3706	0,1
0,3	1,49112	2500	185,1851852	78,53981634	28,91661505	0,368177778	0,1
0,3875	2,96262	2500	185,1851852	101,4472628	57,45274832	0,566331183	0,15
0,3875	2,99205	2500	185,1851852	101,4472628	58,02347098	0,571956989	0,15
0,3875	2,98224	2500	185,1851852	101,4472628	57,83323009	0,57008172	0,15
0,375	2,95281	2500	185,1851852	98,17477042	57,26250743	0,583271111	0,15
0,375	2,97243	2500	185,1851852	98,17477042	57,64298921	0,587146667	0,15
0,375	2,93319	2500	185,1851852	98,17477042	56,88202565	0,579395556	0,15
0,375	2,91357	2500	185,1851852	98,17477042	56,50154387	0,57552	0,15
0,5125	4,56165	2500	185,1851852	134,1721862	88,46201314	0,659317073	0,2
0,5125	4,57146	2500	185,1851852	134,1721862	88,65225403	0,660734959	0,2
0,5	4,53222	2500	185,1851852	130,8996939	87,89129047	0,67144	0,2
0,5	4,53222	2500	185,1851852	130,8996939	87,89129047	0,67144	0,2
0,5	4,48317	2500	185,1851852	130,8996939	86,94008603	0,664173333	0,2
0,5	4,57146	2500	185,1851852	130,8996939	88,65225403	0,677253333	0,2
0,5	4,55184	2500	185,1851852	130,8996939	88,27177225	0,674346667	0,2
0,625	6,1803	2500	185,1851852	163,6246174	119,8517597	0,73248	0,25
0,625	6,15087	2500	185,1851852	163,6246174	119,2810371	0,728992	0,25
0,625	6,26859	2500	185,1851852	163,6246174	121,5639277	0,742944	0,25
0,6125	6,2784	2500	185,1851852	160,352125	121,7541686	0,759292517	0,25
0,6125	6,26859	2500	185,1851852	160,352125	121,5639277	0,758106122	0,25
0,6125	6,2784	2500	185,1851852	160,352125	121,7541686	0,759292517	0,25
0,6125	6,28821	2500	185,1851852	160,352125	121,9444095	0,760478912	0,25
0,7125	7,4556	2500	185,1851852	186,5320638	144,5830752	0,775111111	0,3
0,6875	7,4556	2500	185,1851852	179,9870791	144,5830752	0,80329697	0,3
0,6875	7,47522	2500	185,1851852	179,9870791	144,963557	0,805410909	0,3
0,6875	7,53408	2500	185,1851852	179,9870791	146,1050023	0,811752727	0,3
0,6875	7,5537	2500	185,1851852	179,9870791	146,4854841	0,813866667	0,3
0,6875	7,57332	2500	185,1851852	179,9870791	146,8659659	0,815980606	0,3
0,6875	7,56351	2500	185,1851852	179,9870791	146,675725	0,814923636	0,3

Табела 26. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 1000$ о/т/п, и променљивом јачини струје за редукторско уље REDOL ULTRA 680.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје A
0,2875	2,01105	1000	74,07407407	30,1069296	15,59975285	0,518144928	0,1
0,28	2,00124	1000	74,07407407	29,32153143	15,5236565	0,529428571	0,1
0,275	1,94238	1000	74,07407407	28,79793266	15,06707837	0,5232	0,1
0,275	1,95219	1000	74,07407407	28,79793266	15,14317472	0,525842424	0,1
0,275	1,98162	1000	74,07407407	28,79793266	15,37146379	0,533769697	0,1
0,27	2,01105	1000	74,07407407	28,27433388	15,59975285	0,551728395	0,1
0,27	2,03067	1000	74,07407407	28,27433388	15,75194557	0,557111111	0,1
0,4	3,35502	1000	74,07407407	41,88790205	26,02495354	0,6213	0,15
0,39	3,30597	1000	74,07407407	40,8407045	25,64447177	0,62791453	0,15
0,385	3,29616	1000	74,07407407	40,31710572	25,56837541	0,634181818	0,15
0,38	3,27654	1000	74,07407407	39,79350695	25,4161827	0,638701754	0,15
0,38	3,28635	1000	74,07407407	39,79350695	25,49227905	0,640614035	0,15
0,375	3,29616	1000	74,07407407	39,26990817	25,56837541	0,651093333	0,15
0,375	3,27654	1000	74,07407407	39,26990817	25,4161827	0,647217778	0,15
0,5	4,83633	1000	74,07407407	52,35987756	37,51550321	0,716493333	0,2
0,4875	4,81671	1000	74,07407407	51,05088062	37,36331049	0,731883761	0,2
0,4875	4,85595	1000	74,07407407	51,05088062	37,66769592	0,737846154	0,2
0,4875	4,83633	1000	74,07407407	51,05088062	37,51550321	0,734864957	0,2
0,4875	4,85595	1000	74,07407407	51,05088062	37,66769592	0,737846154	0,2
0,4825	4,84614	1000	74,07407407	50,52728185	37,59159956	0,743986183	0,2
0,4825	4,86576	1000	74,07407407	50,52728185	37,74379227	0,746998273	0,2
0,6	6,26859	1000	74,07407407	62,83185307	48,62557109	0,7739	0,25
0,6	6,22935	1000	74,07407407	62,83185307	48,32118567	0,769055556	0,25
0,59	6,17049	1000	74,07407407	61,78465552	47,86460754	0,774700565	0,25
0,59	6,1803	1000	74,07407407	61,78465552	47,94070389	0,775932203	0,25
0,5875	6,19992	1000	74,07407407	61,52285613	48,0928966	0,781707801	0,25
0,5875	6,21954	1000	74,07407407	61,52285613	48,24508932	0,78418156	0,25
0,5875	6,21954	1000	74,07407407	61,52285613	48,24508932	0,78418156	0,25
0,7125	7,82838	1000	74,07407407	74,61282552	60,7248916	0,813866667	0,3
0,705	7,80876	1000	74,07407407	73,82742736	60,57269889	0,820463357	0,3
0,7	7,74009	1000	74,07407407	73,30382858	60,0400244	0,819057143	0,3
0,7	7,79895	1000	74,07407407	73,30382858	60,49660253	0,825285714	0,3
0,7	7,80876	1000	74,07407407	73,30382858	60,57269889	0,82632381	0,3
0,695	7,79895	1000	74,07407407	72,78022981	60,49660253	0,831223022	0,3
0,695	7,80876	1000	74,07407407	72,78022981	60,57269889	0,832268585	0,3

Табела 27. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 1500$ о/т/п, и променљивом јачини струје за редукторско уље REDOL ULTRA 680.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје A
0,275	2,02086	1500	111,1111111	43,19689899	23,51377381	0,544339394	0,1
0,275	1,99143	1500	111,1111111	43,19689899	23,17134022	0,536412121	0,1
0,275	1,98162	1500	111,1111111	43,19689899	23,05719568	0,533769697	0,1
0,27	1,97181	1500	111,1111111	42,41150082	22,94305115	0,540962963	0,1
0,27	1,95219	1500	111,1111111	42,41150082	22,71476208	0,535580247	0,1
0,27	1,99143	1500	111,1111111	42,41150082	23,17134022	0,546345679	0,1
0,27	2,00124	1500	111,1111111	42,41150082	23,28548475	0,549037037	0,1
0,27	2,02086	1500	111,1111111	42,41150082	23,51377381	0,554419753	0,1
0,375	3,2373	1500	111,1111111	58,90486225	37,66769592	0,639466667	0,15
0,375	3,27654	1500	111,1111111	58,90486225	38,12427405	0,647217778	0,15
0,375	3,28635	1500	111,1111111	58,90486225	38,23841858	0,649155556	0,15
0,3625	3,24711	1500	111,1111111	56,94136685	37,78184045	0,663521839	0,15
0,3625	3,24711	1500	111,1111111	56,94136685	37,78184045	0,663521839	0,15
0,3625	3,22749	1500	111,1111111	56,94136685	37,55355138	0,659512644	0,15
0,3625	3,2373	1500	111,1111111	56,94136685	37,66769592	0,661517241	0,15
0,5	4,87557	1500	111,1111111	78,53981634	56,72983294	0,722306667	0,2
0,4875	4,87557	1500	111,1111111	76,57632093	56,72983294	0,74082735	0,2
0,4875	4,76766	1500	111,1111111	76,57632093	55,47424308	0,724430769	0,2
0,4875	4,87557	1500	111,1111111	76,57632093	56,72983294	0,74082735	0,2
0,475	4,89519	1500	111,1111111	74,61282552	56,95812201	0,763382456	0,2
0,475	4,92462	1500	111,1111111	74,61282552	57,30055561	0,76797193	0,2
0,475	4,93443	1500	111,1111111	74,61282552	57,41470014	0,769501754	0,2
0,6	6,38631	1500	111,1111111	94,24777961	74,30809104	0,788433333	0,25
0,6	6,40593	1500	111,1111111	94,24777961	74,5363801	0,790855556	0,25
0,6	6,48441	1500	111,1111111	94,24777961	75,44953637	0,800544444	0,25
0,6125	6,49422	1500	111,1111111	96,21127502	75,5636809	0,785393197	0,25
0,6125	6,42555	1500	111,1111111	96,21127502	74,76466917	0,777088435	0,25
0,6125	6,38631	1500	111,1111111	96,21127502	74,30809104	0,772342857	0,25
0,6125	6,39612	1500	111,1111111	96,21127502	74,42223557	0,773529252	0,25
0,7	7,52427	1500	111,1111111	109,9557429	87,54885687	0,796219048	0,3
0,6875	7,5537	1500	111,1111111	107,9922475	87,89129047	0,813866667	0,3
0,6875	7,57332	1500	111,1111111	107,9922475	88,11957954	0,815980606	0,3
0,6875	7,71066	1500	111,1111111	107,9922475	89,717603	0,830778182	0,3
0,6875	7,74009	1500	111,1111111	107,9922475	90,0600366	0,833949091	0,3
0,6875	7,71066	1500	111,1111111	107,9922475	89,717603	0,830778182	0,3

Табела 28. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 2000$ о/т/п, и променљивом јачини струје за редукторско уље REDOL ULTRA 680.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје A
0,3	1,68732	2000	148,1481481	62,83185307	26,17714625	0,416622222	0,1
0,2875	1,71675	2000	148,1481481	60,21385919	26,63372439	0,442318841	0,1
0,2875	1,71675	2000	148,1481481	60,21385919	26,63372439	0,442318841	0,1
0,275	1,72656	2000	148,1481481	57,59586532	26,7859171	0,465066667	0,1
0,275	1,73637	2000	148,1481481	57,59586532	26,93810981	0,467709091	0,1
0,275	1,72656	2000	148,1481481	57,59586532	26,7859171	0,465066667	0,1
0,275	1,75599	2000	148,1481481	57,59586532	27,24249523	0,472993939	0,1
0,275	1,74618	2000	148,1481481	57,59586532	27,09030252	0,470351515	0,1
0,375	3,06072	2000	148,1481481	78,53981634	47,48412576	0,604586667	0,15
0,375	3,09015	2000	148,1481481	78,53981634	47,94070389	0,6104	0,15
0,3625	3,08034	2000	148,1481481	75,92182246	47,78851118	0,629443678	0,15
0,3625	3,07053	2000	148,1481481	75,92182246	47,63631847	0,62743908	0,15
0,3625	3,07053	2000	148,1481481	75,92182246	47,63631847	0,62743908	0,15
0,3625	3,06072	2000	148,1481481	75,92182246	47,48412576	0,625434483	0,15
0,3625	3,05091	2000	148,1481481	75,92182246	47,33193305	0,623429885	0,15
0,5	4,69899	2000	148,1481481	104,7197551	72,90030846	0,696146667	0,2
0,4875	4,68918	2000	148,1481481	102,1017612	72,74811575	0,712505983	0,2
0,4875	4,7088	2000	148,1481481	102,1017612	73,05250117	0,715487179	0,2
0,4875	4,75785	2000	148,1481481	102,1017612	73,81346473	0,722940171	0,2
0,475	4,67937	2000	148,1481481	99,48376736	72,59592304	0,729726316	0,2
0,475	4,68918	2000	148,1481481	99,48376736	72,74811575	0,73125614	0,2
0,475	4,65975	2000	148,1481481	99,48376736	72,29153762	0,726666667	0,2
0,625	6,54327	2000	148,1481481	130,8996939	101,5125381	0,775498667	0,25
0,625	6,58251	2000	148,1481481	130,8996939	102,1213089	0,780149333	0,25
0,625	6,54327	2000	148,1481481	130,8996939	101,5125381	0,775498667	0,25
0,6125	6,555042	2000	148,1481481	128,2817	101,6951693	0,792748844	0,25
0,6125	6,3765	2000	148,1481481	128,2817	98,925262	0,771156463	0,25
0,6125	6,40593	2000	148,1481481	128,2817	99,38184014	0,774715646	0,25
0,6125	6,41574	2000	148,1481481	128,2817	99,53403285	0,775902041	0,25
0,7125	7,56351	2000	148,1481481	149,225651	117,34058	0,786329825	0,3
0,6875	7,57332	2000	148,1481481	143,9896633	117,4927727	0,815980606	0,3
0,6875	7,58313	2000	148,1481481	143,9896633	117,6449654	0,817037576	0,3
0,6875	7,56351	2000	148,1481481	143,9896633	117,34058	0,814923636	0,3
0,6875	7,67142	2000	148,1481481	143,9896633	119,0146998	0,826550303	0,3
0,6875	7,68123	2000	148,1481481	143,9896633	119,1668925	0,827607273	0,3

Табела 29. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 2500$ о/мин, и променљивом јачини струје за редукторско уље REDOL ULTRA 680.

Момент M_1	Момент M_2	Број обртаја n_1	Број обртаја n_2	Снага P_1	Снага P_2	Степен искоришћења	Јачина струје A
0,3125	1,80504	2500	185,1851852	81,81230869	35,00432348	0,427861333	0,1
0,3125	1,81485	2500	185,1851852	81,81230869	35,19456437	0,430186667	0,1
0,3125	1,70694	2500	185,1851852	81,81230869	33,10191459	0,404608	0,1
0,3125	1,72656	2500	185,1851852	81,81230869	33,48239637	0,409258667	0,1
0,3	1,73637	2500	185,1851852	78,53981634	33,67263726	0,428733333	0,1
0,3	1,74618	2500	185,1851852	78,53981634	33,86287815	0,431155556	0,1
0,3	1,7658	2500	185,1851852	78,53981634	34,24335992	0,436	0,1
0,3	1,70694	2500	185,1851852	78,53981634	33,10191459	0,421466667	0,1
0,3875	3,1392	2500	185,1851852	101,4472628	60,87708431	0,600086022	0,15
0,3875	3,18825	2500	185,1851852	101,4472628	61,82828875	0,609462366	0,15
0,3875	3,17844	2500	185,1851852	101,4472628	61,63804786	0,607587097	0,15
0,375	3,228471	2500	185,1851852	98,17477042	62,60827639	0,637722667	0,15
0,375	3,19806	2500	185,1851852	98,17477042	62,01852964	0,631715556	0,15
0,375	3,08034	2500	185,1851852	98,17477042	59,73563898	0,608462222	0,15
0,375	3,18825	2500	185,1851852	98,17477042	61,82828875	0,629777778	0,15
0,5125	4,76766	2500	185,1851852	134,1721862	92,4570718	0,689092683	0,2
0,5125	4,77747	2500	185,1851852	134,1721862	92,64731268	0,690510569	0,2
0,5	4,75785	2500	185,1851852	130,8996939	92,26683091	0,704866667	0,2
0,5	4,78728	2500	185,1851852	130,8996939	92,83755357	0,709226667	0,2
0,5	4,76766	2500	185,1851852	130,8996939	92,4570718	0,70632	0,2
0,5	4,76766	2500	185,1851852	130,8996939	92,4570718	0,70632	0,2
0,5	4,75785	2500	185,1851852	130,8996939	92,26683091	0,704866667	0,2
0,625	6,40593	2500	185,1851852	163,6246174	124,2273002	0,759221333	0,25
0,625	6,3765	2500	185,1851852	163,6246174	123,6565775	0,755733333	0,25
0,625	6,41574	2500	185,1851852	163,6246174	124,4175411	0,760384	0,25
0,6125	6,4746	2500	185,1851852	160,352125	125,5589864	0,783020408	0,25
0,6125	6,51384	2500	185,1851852	160,352125	126,3199499	0,787765986	0,25
0,6125	6,49422	2500	185,1851852	160,352125	125,9394682	0,785393197	0,25
0,6125	6,45498	2500	185,1851852	160,352125	125,1785046	0,780647619	0,25
0,7125	7,72047	2500	185,1851852	186,5320638	149,7195792	0,802647953	0,3
0,6875	7,71066	2500	185,1851852	179,9870791	149,5293383	0,830778182	0,3
0,6875	7,702812	2500	185,1851852	179,9870791	149,3771456	0,829932606	0,3
0,6875	7,71066	2500	185,1851852	179,9870791	149,5293383	0,830778182	0,3
0,6875	7,72047	2500	185,1851852	179,9870791	149,7195792	0,831835152	0,3
0,6875	7,67142	2500	185,1851852	179,9870791	148,7683748	0,826550303	0,3

Табела 30. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 1000$ о/тп, и променљивом јачини струје.

	220	460	600	680
0,1	0,50062	0,534175	0,677274	0,513779836
0,15	0,615851	0,637289	0,728743	0,66700823
0,2	0,719947	0,735703	0,82517	0,761042472
0,25	0,781685	0,776281	0,844991	0,807921911
0,3	0,812809	0,82407	0,893211	0,85240928

Табела 31. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 1500$ о/мин, и променљивом јачини струје.

	220	460	600	680
0,1	0,512881	0,542608	0,609016	0,528956
0,15	0,631668	0,654845	0,753657	0,696475
0,2	0,738058	0,753223	0,800714	0,771369
0,25	0,764279	0,793585	0,843064	0,833818
0,3	0,818271	0,826022	0,873603	0,849398

Табела 32. Резултати мерења степена искоришћења при константном броју обртаја $n = 2000$ о/мин, и променљивом јачини струје.

	220	460	600	680
0,1	0,402458	0,426858	0,568876	0,455306
0,15	0,574126	0,598735	0,747429	0,621168
0,2	0,686547	0,702702	0,769412	0,719247
0,25	0,725412	0,752099	0,800057	0,777587
0,3	0,78523	0,805763	0,859711	0,816728