

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Никола В. Ашанин

Копири

завршни рад

Крагујевац, 2015.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Машине алатке

Број индекса: 105/2008

Никола В. Ашанин

Копири

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др. Богдан Недић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да проучи домаћу и страну литературу из области копира. На основу прикупљених и систематизованих података треба да размотри значајне особине и карактеристике и принцип рада копира као и примену копира у машинству у обради стругањем и глодањем. Посебну пажњу обратити на претечу копира, тзв. пантограф по чијем узору су касније настали копири. Навести примере машина са копирима.

Препоручена литература:

[1] Светислав Захар: *Машине алатке 2*, Машински факултет, југословенско друштво за трибологију, Крагујевац, 1997.

ментор:

Др. Богдан Недић, ред. Професор

Резиме: У оквиру рада описан је значај копира као и њихова примена у машинству у серијској и масовној производњи. Објашњен је принцип рада копира у различитим врстама обрада метала. Одабрани примери имају за циљ да опишу примену копира код машина алатки. На крају рада дат је измоделиран пример пантографа.

Кључне речи: Копири, копирни струг, копирна глодалица...

Abstract: In the labor describes the importance of the copiers and their use in mechanical engineering in serial and massive production. Explained the working principle of copiers in different types of metalworking. Selected examples are intended to describe the use of copies in machine tools. At the end of the paper is modeled example pantograph.

Key words: Copiers, copy lathe, copy milling machine

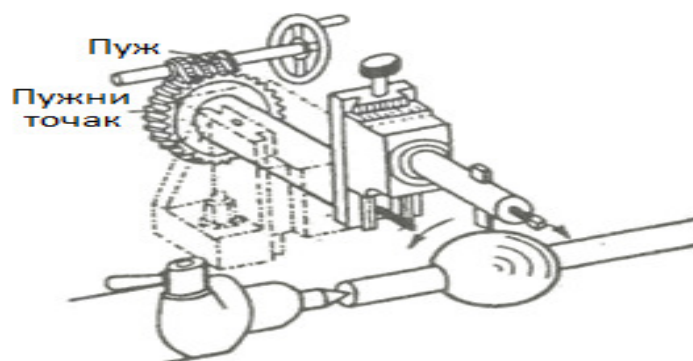
Садржај:

1. Увод	1
2. Копири	3
2.1. Подела копирних система	4
2.2. Системи копирних управљања.....	5
3. Хидраулични копирни системи	8
3.1. Преглед досадашњег рада	15
3.2. Модел хидрауличног коприног система.....	17
3.3. Кретање пипка у временском домену.....	22
3.4. Стабилност хидрауличних копирних система	24
3.5. Произвођачи копирних система	27
4. Копирни струг	29
5. Копирна глодалица	36
6. Пантограф	39
6.1. Пантограф ГК 12.....	39
6.2. Пантограф ГК 21.....	40
6.3. Пантограф ГК 21-А	41
6.4. Развој пантографа.....	44
7. Пример измоделираног пантографа	45
8. Закључак	49
9. Литература	50

1. Увод

Формирање облика предмета обрадом скидањем струготине је, као што је раније више пута поновљено, омогућено релативним кретањем алата у односу на предмет обраде. Код једноставнијих облика (равних или цилиндричних површина) довољно је да машина обезбеди главно и једно помоћно кретање, док се за сложеније облике захтева више помоћних кретања, зависних како од главног кретања, тако и једно од другог. На овај начин се посложава кинематика машине, а тиме и њена цена, што има оправдања само код специјалних машина намењених високо серијској или масовној обради. Код машина веће универзалности, сложенији облици предмета се могу обрађивати било специјалним алатима, код којих је захтевани облик изводнице предмета "пресликан" на алат (профилисани ножеви, профилисана вретенаста и цилиндрична глодала, модулна глодала за израду зупчаника и си.), било специјалним приборима и уређајима, који уместо кинематског система машине обезбеђују потребна релативна кретања.

Код неких сложенијих контура (посебно у случају математички дефинисаних: лопта, конус, торус и сл.) предмет је могуће обрадити са приборима који ће омогућити кретање алата по жељеној путањи. При томе се то допунско кретање може изводити било ручно, код једноставнијих прибора за појединачну производњу, било посебним мотором. На слици 1.1 је приказан један такав прибор, намењен за израду лоптастих профила различитих пречника. Прибор се поставља на супорт универзалног струга, уместо носача ножа. Главно кретање изводи као и код нормалног стругања предмет, док се помоћно кретање предаје ножу стегнутом у ексцентрично постављеном носачу. Преко пужног преносника се окреће носач алата, тако да врх ножа описује кружну путању чији полупречник зависи од величине ексцентрицитета. Кинематски систем машине за остваривање помоћног кретања, како уздужног, тако и попречног, у овом случају служи само да се прибор доведе у тачан почетни положај у односу на предмет.



Слика 1.1. Прибор за израду кугле стругањем [1]

У другом поглављу су описани копири, као и њихова подела. Даље су наведени хидраулични копирни системи и описан је рад истих као и њихова примена на машинама алаткама. Описани су и копирни струг и копирна глодалица и принцип рада. Наведени су примери пантографа и њихов развој. На самом крају рада измоделиран је пантограф.

2. Копири

Копири су уређаји или системи који, на бази меморисаног облика предмета, изводе сва потребна кретања, тако да се такав облик пренесе и на предмет обраде. Копирни системи или копирни уређаји који, како по свом принципу дејства, тако и по конструкцији и сложености могу бити веома различити. Међутим, ма о ком се принципу и ма о којој конструкцији радило, код свих копирних система је заједничко то, да се облик предмета добија тако што се информације о облику и димензијама предмета меморишу у одговарајуће меморије, прерађују у погодан облик и преносе до извршних органа машине, који обезбеђују потребна кретања алата и предмета.

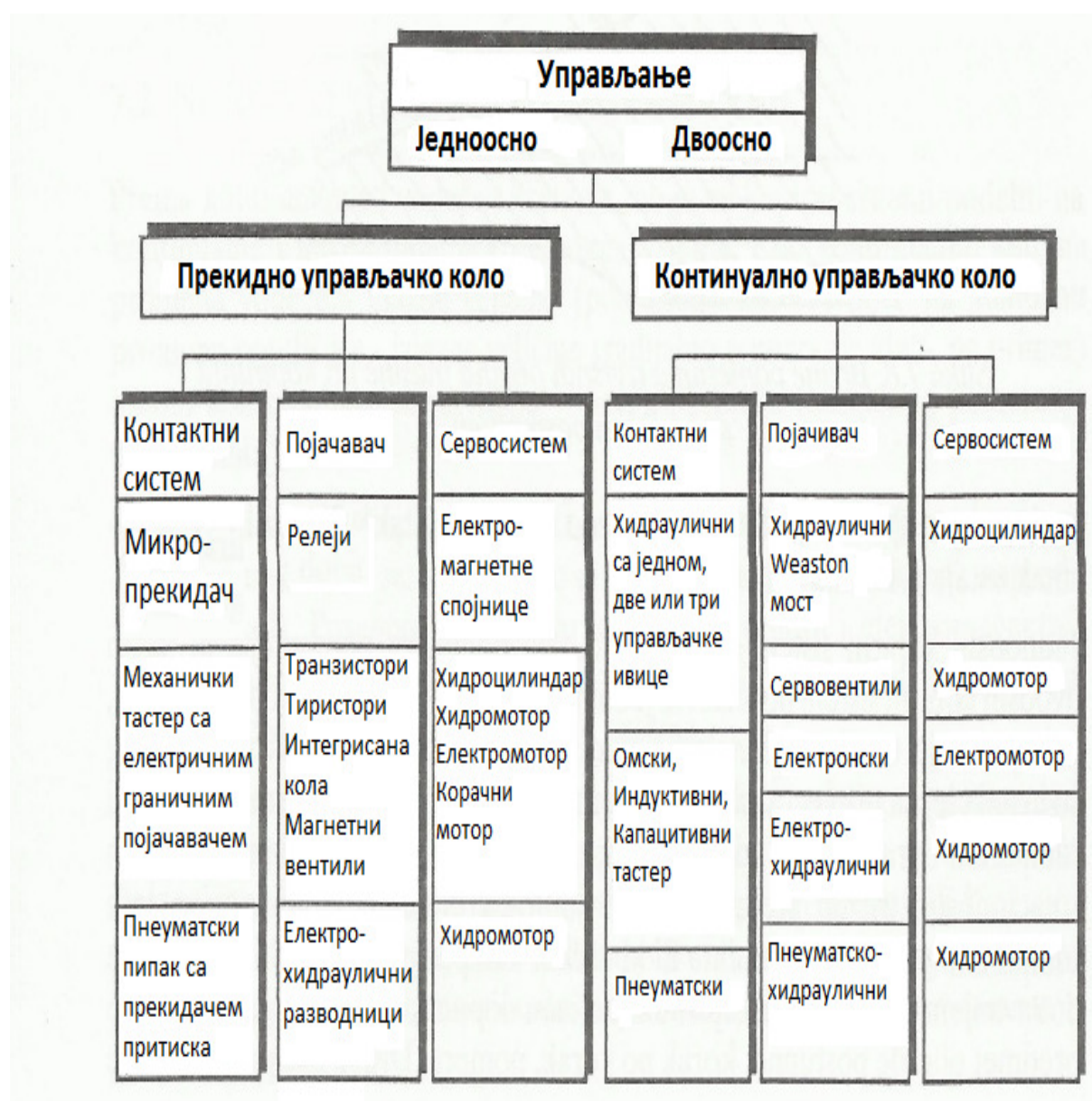
Меморисање података врши се преко шаблона. Шаблон представља формирану базу података у меморији, са које се преко копирног пипка (шилџа) узимају информације и преносе директно или индиректно, најчешће појачан или повећан на механичке, електричне или хидрауличне системе за покретање извршних органа машине.

Како у пракси не постоје идеални услови, то ће се добијени облик предмета у мањој или већој мери разликовати од облика шаблона. Узроци ових грешака (нетачности израде) могу се сврстати у четири основне групе (сматра се да је облик шаблона идеално израђен):

- ▶ Статичка неосетљивост система изражена променљивом силом трења између копирног шилџа и шаблона при промени нагиба контуре,
- ▶ Статичка попустљивост која представља реципрочну вредност статичке крутости и посебно има утицаја при променљивим отпорима резања услед променљивог пресека струготине,
- ▶ Неосетљивост кретања која настаје услед закашњења при преносу сигнала са шаблона на радни предмет (у тренутку када је, после времена кашњења, информација предата алату алат се померио за извесну величину),
- ▶ Појава инерцијалних сила при промени правца и брзина кретања алата и предмета.

2.1. Подела копирних система

Подела копирних система може се извршити према броју управљачких оса, континуалности водећег кретања и енергије која се користи у регулационом колу, што је приказано и на слици 2.1.



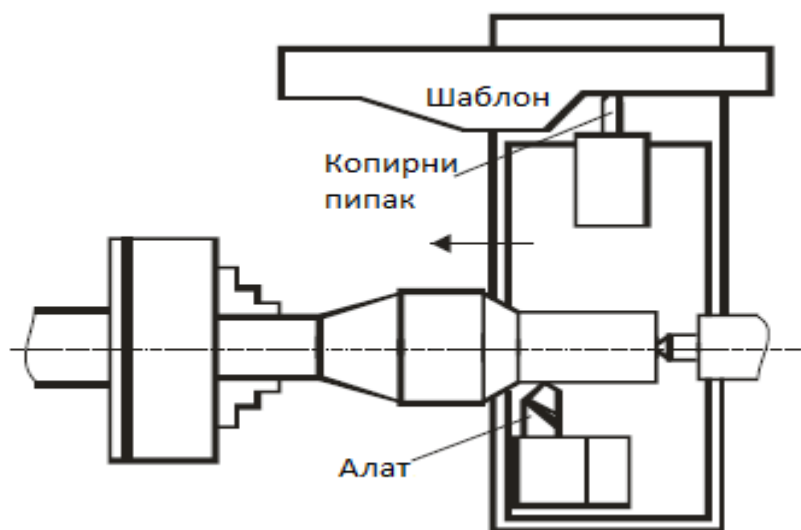
Слика 2.1. Подела копирних система [1]

2.2. Системи копирних управљања

Основни део сваког система копирног управљања је шаблон. Шаблон је елемент који садржи профилисану површину – узор програма, чијим се праћењем обезбеђује израда дела са идентичном или врло сличном површином. Најпростији систем копирног управљања садржи само један шаблон и користи се за копирање контура у једној равној, а копирање сложених површина у простору се врши употребом више шаблона, који могу да се користе канонички (један након другог до добијања коначне површине) или симултано (нпр алат се води истовремено по шаблону који одређује контуру и шаблону који одређује дубину продирања алата).

Системи копирног управљања спадају у домен високо мобилне технологије, јер се програм врло брзо и лако мења – заменом шаблона се обезбеђује нови програм у врло кратком временском року. Постоје две основне групе ових система. Првој групи припадају системи копирних управљања код којих шаблон врши функцију преносног механизма и директно управља радним органима машине. Другу групу чине системи копирних управљања код којих шаблон служи за дефиницију кретања радних органа, али нема преносну улогу, па је управљање индиректно.

Системи копирног управљања са директним управљањем су обично једноставни и изводе се крутом везом алата и шаблона при чему шаблон и контролни пипак трпе велико оптерећење.

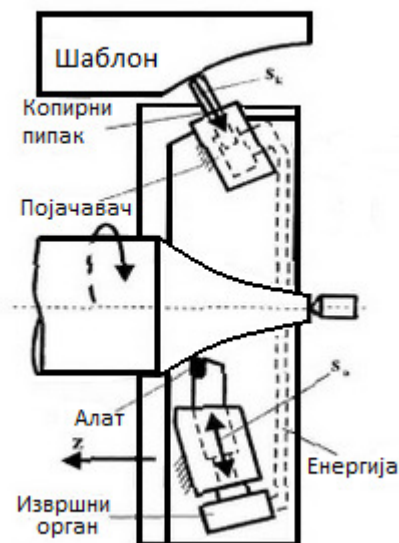


Слика 2.2. Системи копирног управљања са директним управљањем [2]

Велика оптерећеност узрокује повећано хабање контактних површина шаблона и копирног пипка, услед чега временом долази до појаве одступања и нетачног копирања. Друга група система копирног управљања је заправо и настала у жељи да се избегне проблем израженог хабања шаблона.

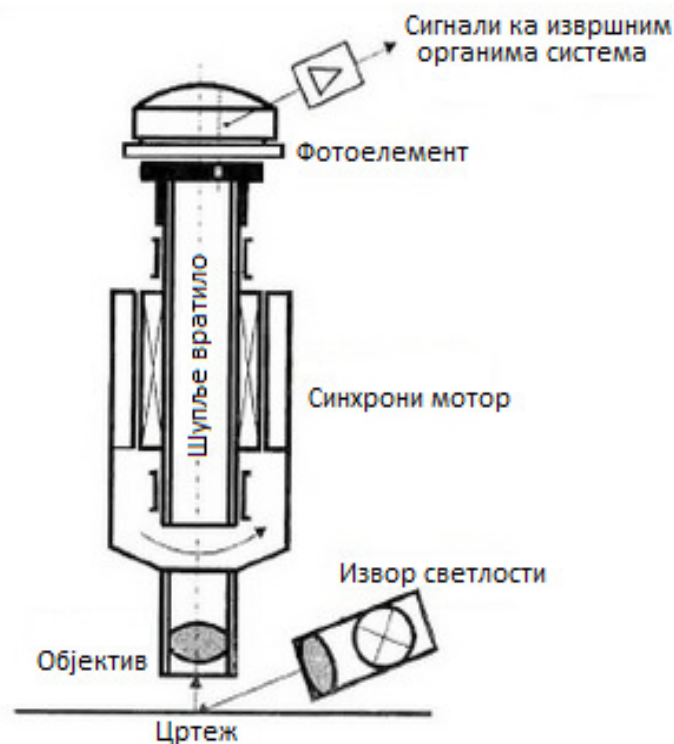
Код система копирног управљања са индиректним управљањем је површинско оптерећење далеко мање, па је копирање много тачније, а шаблони доста трајнији. У групу спадају и безконтактни (индукативни) системи копирног управљања, код којих уопште не долази до додира шаблона и копирног пипка, па је хабање шаблона просто немогуће.

Шаблон индиректних система копирног управљања је повезан са алатом путем еластичне везе, која редукује површинско оптерећење и амортизује вибрације и ситне ударе у преносу, али изазива мало кашњење одзивног сигнала. То практично значи да ће алат мало каснити са праћењем шаблона – када контролни пипак буде на следећој, веома блиској тачки, алат ће на предмету обраде бити на првој претходној тачки путање.



Слика 2.3. Систем копирног управљања са индиректним управљањем [6]

Систем копирног управљања са индиректним управљањем садржи појачаваче (слика 2.3.), који појачавају импулс добијен са копирног пипка и на тај начин дефинишу колику енергију треба саопштити извршном органу приликом копирања сваке тачке са шаблона. Индиректни системи копирног управљања могу бити механички, хидраулични, пнеуматско-хидраулични, електро-хидраулични, електро-механички итд. Најновије достигнуће представљају фотоелектрични системи копирног управљања, код којих је могуће да се као непосредни носилац програма употреби цртеж (слика 2.4.).



Слика 2.4. СКУ са појачавачем [6]

3. Хидраулични копирни системи

Динамичка тачност и стабилност машина алатки хидрауличних копирних система се испитују формулишући математички модел копирне јединице који узима у обзир следеће карактеристике: динамику силе сечења и њену интеракцију са одговарајућом брзином система, динамички показатељ трења копирног клизача у сувим условима, динамички показатељ игле.

Модел временског домена кинематског улаза се користи као улаз функције у анализи конфигурације шаблона који даје кретање игле током копирања. Ова процедура чини обе анализе и резултате применљивим за све врсте машина алатки са хидрауличним копирним системима укључујући и електро-хидрауличне копирне системе.

Владајуће једначине проучавају ефекте различитих параметра које утичу на динамичку стабилност и тачност на аналогном рачунару. У том случају тачност динамичког критеријума утиче да ли су произведени делови у границама толеранције. Поређење теоријских резултата са експерименталним подацима је урађено поређењем теоријских резултата са резултатима тестирања током производње. Узима се као резултат, резултат једнако приближан како теоријским подацима тако и тестираним подацима.

Резултати који указују на стабилност хидрауличних копирних система у великој мери зависе од трења у сувим условима, инерцији, величини крутости игле, притиска напајања и попречног пресека клипа. Резултати показују да се прецизност хидрауличних копирних система повећава смањењем инерције и повећањем крутости игле. Повећањем притиска напајања и повећањем попречног пресека клипа побољшава се динамичка тачност система.

Остали показатељи добијени на основу испитивања:

- Суво трење у систему повећава стабилност али смањује динамичку тачност
- Динамичка тачност повећава се повећањем кинематског улаза али се смањује стабилност система.
- Смањењем протока повећава се стабилност по цену смањења динамичке тачности.
- Повећањем угла и смањењем брзине клизача код машина алатки повећава се динамичка тачност.
- Смањењем притиска напајања повећава се динамичка тачност а смањује стабилност.

► Са тачке гледишта динамичке стабилности суво трење у систему би требало да буде веће код завршне обраде.

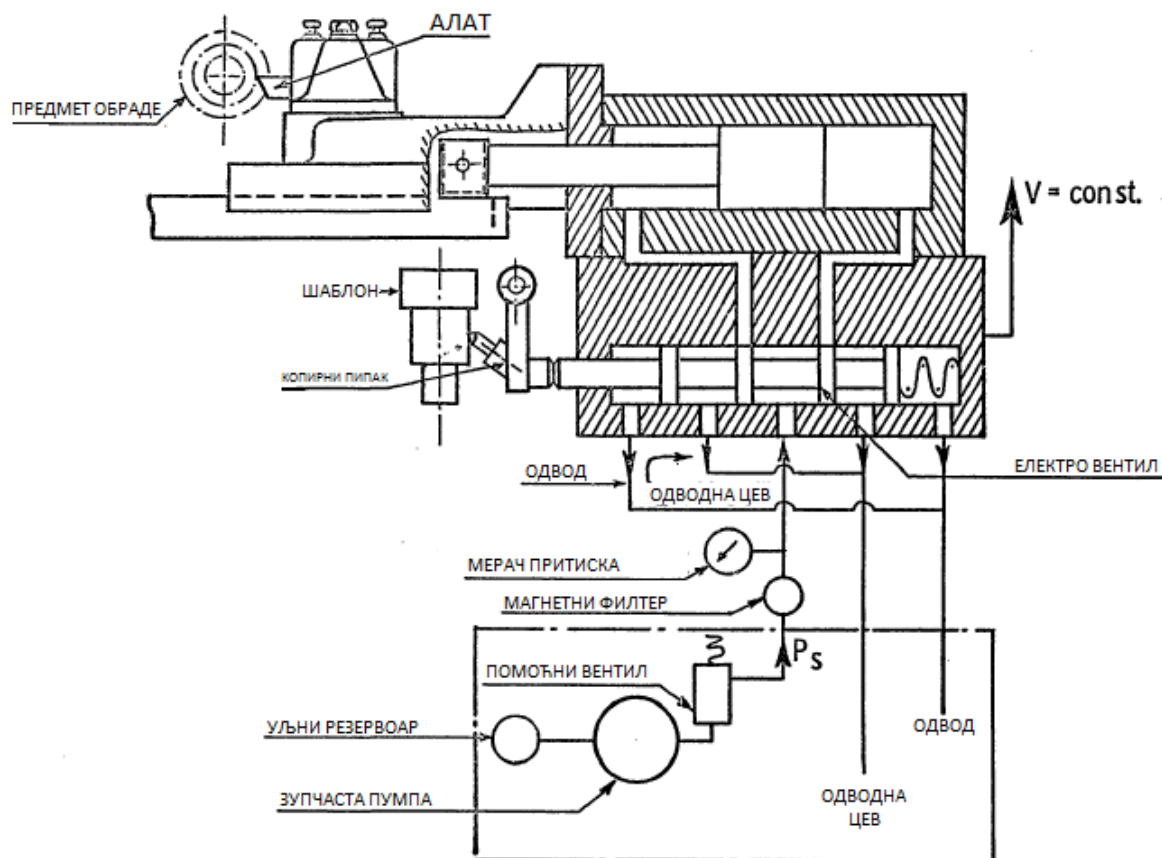
Резултати такође пружају корисне информације о:

- Регулисању стабилности постојећих уређаја
- Оптимизацији постојећих копирних уређаја на максималну тачност

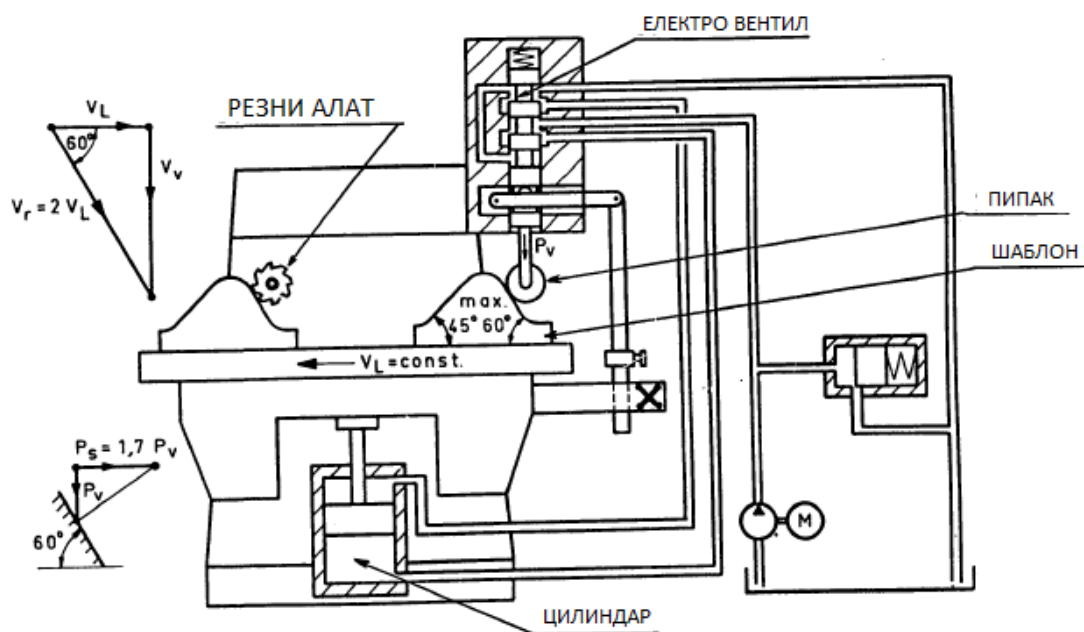
Хидраулични копирни системи имају широку примену код машина алатки при производњи идентичних делова. Хидраулични копирни системи су постали важно средство за аутоматизацију профил-производа и омогућили су већу продуктивност машине. Дво-димензионални и тро-димензионални копирни системи су нашли широку примену код машина алатки. Дво-димензионални копирни системи се користе углавном код струга а тро-димензионални се користе на глодалици и брусници. Свака операција копирања почиње од извора информација који описује облик радног предмета који се израђује. Овај извор информација се може чувати у облику шаблона који је дво-димензионални елемент. Магнетне траке се могу користити за чување података у дискретном облику. У зависности од начина чувања података и типа уноса података копирни системи се углавном класификују на:

- Хидро-механичке или хидрауличне копирне системе
- Електро-хидрауличне копирне системе
- Нумерички контролисане копирне системе

У свим овим различитим копирним системима улазни сигнал је појачан хидрауликом и он на тај начин контролише померање стругарског ножа у односу на предмет обраде код стругања и померање глодала у односу на предмет обраде код глодања. Слике 3.1. и 3.2. показују распоред делова на шеми код дво-димензионалних копирних система код струга и глодалице. Улазне информације у овим типовима копирних система су складиштене на шаблону и преноси их копирни пипак који читава облик шаблона. Копирни пипак активира хидраулични извор енергије и на тај начин контролише кретање резног алата или радног стола

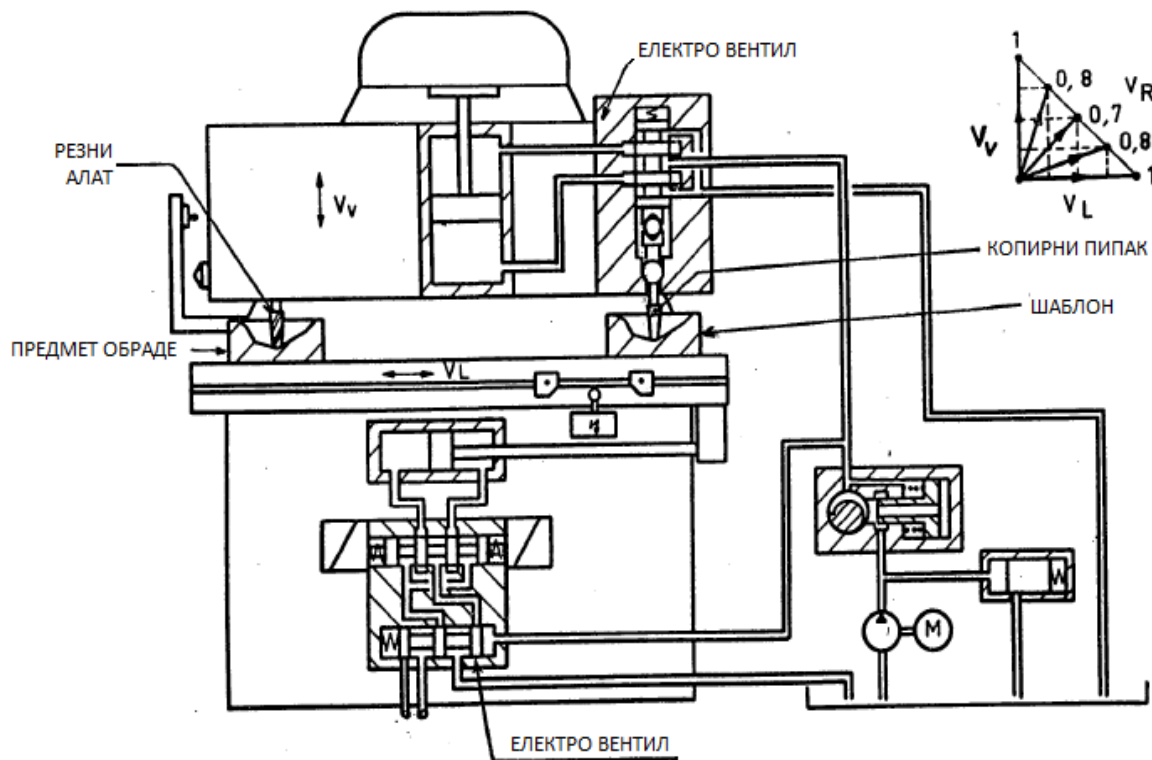


Слика 3.1. Дво-димензионални копирни систем на стругу [7]

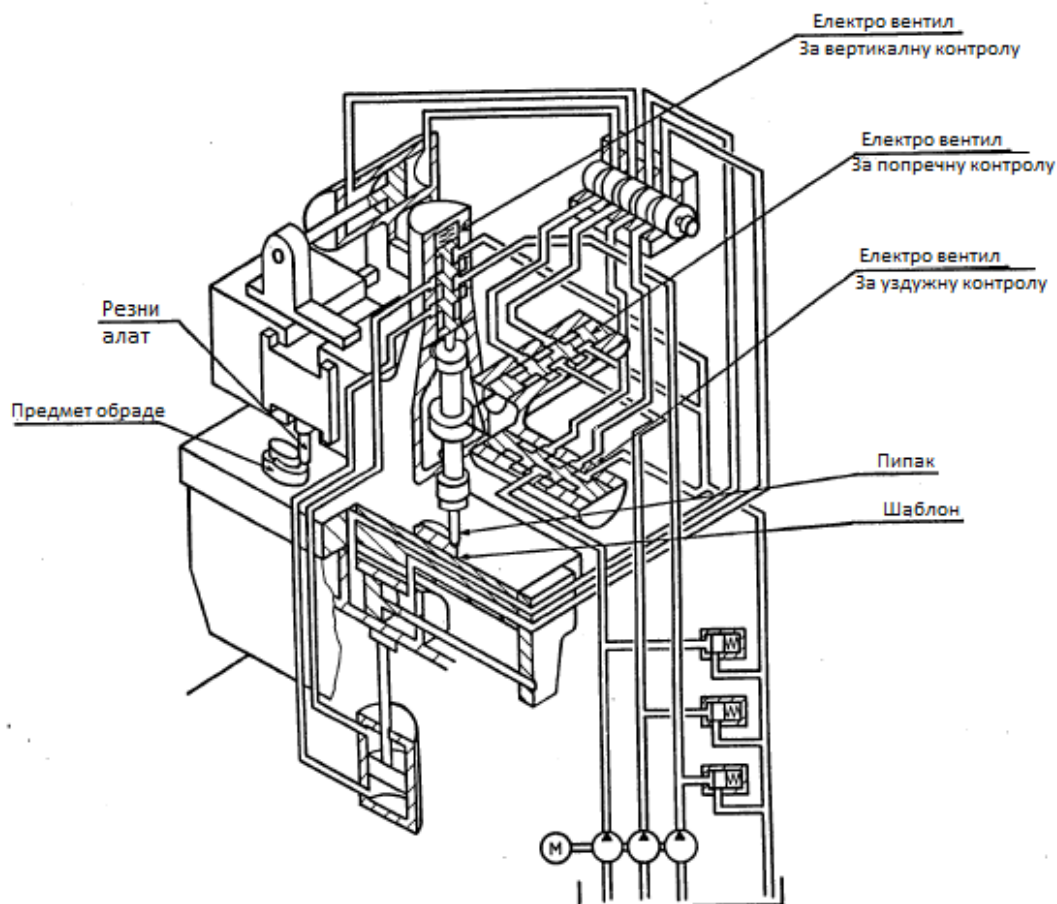


Слика 3.2. Дво-димензионални копирни систем на глодалици [7]

Главно мерило код копирних система је то да се у свакој тачки и код копирног пипка и код резног алата може повући тангента у било ком тренутку. Дакле дво-димензионални и тро-димензионални копирни системи се могу користити за контролу резног алата помоћу копирног пипка. Слика 3.3. показује шематски распоред дво-димензионалних хидрауличних копирних система у ком су продужена кретања у вертикалној и хоризонталној оси под контролом одвојених регулационих вентила који имају заједничко напајање из исте пумпе. За машинску обраду 360° профила се користе тро-димензионални копирни системи. Шематски приказ тро-димензионалног хидрауличног копирног система се налази на слици 3.4. У овом систему се користе три одвојена контролна вентила за контролу кретања резног алата на глодалици за обраду 360° профила.

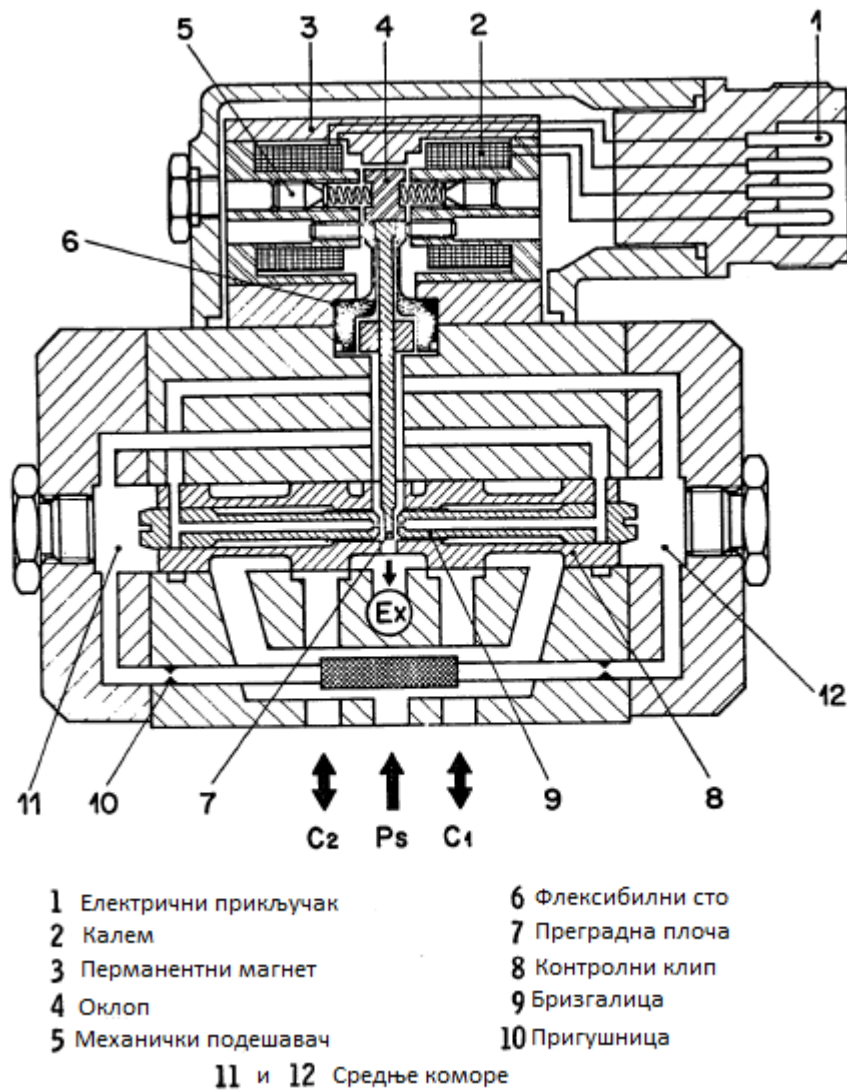


Слика 3.3. Дво-димензионални копирни систем са продуженим кретањем [7]



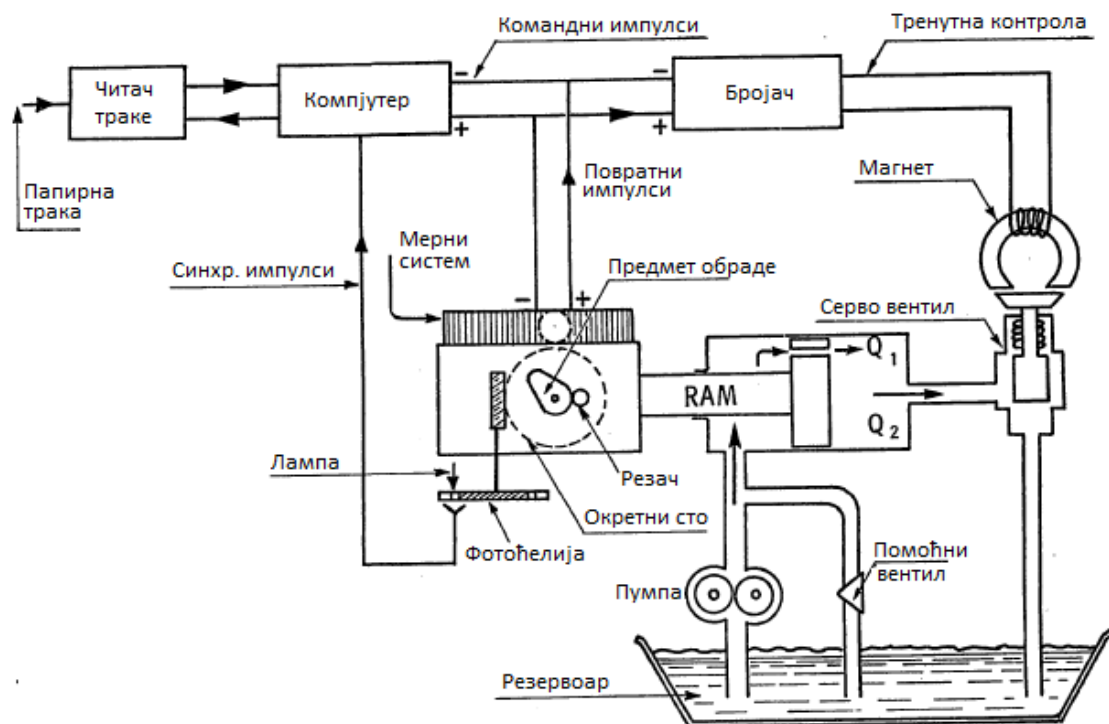
Слика 3.4. Тро-димензионални копирни систем на глодалици [7]

Електро-хидраулични копирни системи користе електро-хидрауличне серво-вентиле који раде на хидраулични извор енергије и на тај начин контролишу кретање резног алата. Главни принцип рада копирног система овог типа је исти као и код хидрауличних копирних система с тим што се померање копирног пипка конвертује у електро сигнал помоћу електричног претварача и затим појачава соленоидом и управља се електро вентилом. Попречни пресек једног електро-хидрауличног серво-вентила који се користи у овим типовима копирних система дат је на слици 3.5.



Слика 3.5. Попречни пресек електро-хидрауличног серво-вентила [7]

Копирање са информацијама добијених из магнетне траке је познато као нумеричко управљање. Сваки покрет дуж координата је предмет поређења номиналних и стварних вредности с тим што су номиналне вредности преузете из базе сачуваних података а стварне вредности се добијају мерњем. Слика 3.6. показује шему нумерички контролисаног копирног система. У суштини цела прича се састоји у томе да уређај узима са магнетне траке информације и предаје их компјутеру који касније задаје команде резном алату. Ове команде се шаљу у бројач који производи струју такве јачине да хидраулични серво-вентил помера радни сто у жељеном правцу. Импулси који показују кретање радног стола се враћају у бројач стога бројач показује свако одступање између номиналних и стварних вредности. Синхронизацијом импулса се поправљају грешке у потребној брзини клизача.



Слика 3.6. Шема нумерички контролисаног копирног система [7]

Сprovedено је истраживање након чега се дошло до информација о томе колико се користе копирни системи у Северној Америци и Европи. Откривено је да се копирни системи користе у следећем односу: највише се користе хидраулични копирни системи 53%, затим електрични копирни системи 31% и на крају копири са нумеричким управљањем са 16%. Имена произвођача и типови копирних система биће дати у даљем тексту.

Динамичка тачност и стабилност комерцијалних копира испуњавају високе захтеве које поставља контрола квалитета у процесу копирања. Сваки хидраулични копирни систем без обзира на врсту копира, димензије предмета обраде, се састоји од:

- извора информација
- регулационог вентила
- хидро појачавача

Извор информација који представља кинематски улаз система је дво-димензионални шаблон помоћу којег се добија жељени део. Такав метод анализе генерализује резултате овог истраживања која се примењује на све врсте машина алатки хидрауличних копирних система.

3.1. Преглед досадашњег рада

Да би се добиле квалитативне и квантитативне информације које се односе на динамичку тачност копирних система са симултаном очуваношћу њихове стабилности мора да се спроведе систематична студија принципа рада хидрауличних серво-механизма. Хидраулични серво-механизми користе контролни вентил да контролишу проток течности ка покретачу који позиционира предмет обраде. То је уједно била тема истраживања многих аутора у последњих двадесет година. Харпур је анализирао основне једначине кретања користећи класичну малу технику пертубације. Ова метода дозвољава линеарни приступ описивања динамичког понашања хидрауличних серво-система. Узимајући у обзир мала одступања позиције еквилибријума он је показао између осталог да *underlap* повећава стабилност пратећих система али и да је количина *underlap*-а била толика да је било превише цурења. Томасон је искористио Харпуров метод да истражи ефекте других параметара када је цурење неприхватљиво. Он је доказао да су структурна пригушивања и трење важни стабилишући фактори.

Ламберт и Дејвис су верификовали Харперову анализу уз коју су такође узели у обзир Коломбову теорију код трења. Коришћењем аналогних компјутера у истраживању хидрауличних серво-уређаја доказано је од стране Глејза да у реалним условима система Коломбово трење не може бити игнорисано. Пранби је узео у разматрање и статичко и Коломбово трење у специфичној врсти серво-уређаја.

Ројл је показао да је неопходно укључити инерентне нелинеарне ефекте хидрауличних серво уређаја и користити аналогну симулацију да би се истражиле перформансе система. Његов рад је показао да у оквиру одеђених ограничења нелинеарне и линеарне теорије могу бити повезане и да постоји неко преклапање са малом теоријом пертубације.

Аналитички дизајн за временски оптимум некоезистентног одговора хидрауличних серво-механизма у условима када предмет обраде варира је спроведен од стране Дејвиса. Његов рад се односи на карактеристике дизајна хидрауличних контролних система чији вентил се користи на тај начин да омогући да одговор система буде временски оптималан и корак инпута различитих магнитуда за различите инерцијалне предмете обраде .

Урата је говорио о понашању серво-механизма код којег се предмет обраде поставља помоћу платформе. Тачна решења са затвореном формом су направљена за случајеве где инертни предмет обраде не постоји. Карактеристике су анализиране коришћењем метода пертубације и фазног струга. Анализа се такође односи на хидрауличне серво-системе са несиметричним цилиндром.

Стабилност и одговор хидрауличних серво-система који се специјално односи са несиметричном количином уља која није иста на две стране погонског цилиндра је била проучавана од стране Мартина. Примена ове мале теорије пертубације на систем затворене петље је показао да петља има најмањи добитак маргиналне стабилности кад су количине уља исте а када су ове количине уља неједнаке одговор система је бржи и мање осцилаторан. Студија нестабилности оптерећених хидрауличних серво-механизма је спроведена од стране Итоа и других. Истраживање је спроведено углавном на системима са овим *underlap* вентилом. Ефекти компресивности уља на нестабилност система су испитивани. Добијени су следећи резултати:

- Систем је комплетно стабилан под претпоставком да је ток уља некомпексибилан без обзира на константан притисак или константан ток.
- Компресибилност уља често чини систем нестабилним па се могу јавити осцилације.

Меклој и Мартин су испитивали систем отворене петље са инертним предметом обраде. Они су помоћу дигиталног компјутера проучавали ефекте цурења и промене вискозности. Меклој је анализирао ефекте петље вентила са највишим притиском која се јавља када су постављени предмети обраде великих димензија. Асиметрична петља и друге нелинеарности у хидрауличним покретачима који се контролишу помоћу вентила је спроведено од стране Монтгомерија и Лихтаровића. У њиховој анализи они су мењали положај вентила и исто су покушавали различите положаје вентила који убризгава и кроз који се враћа течност.

Развој електро-хидрауличних серво-система је подстакнут од стране Ениона. Електро-хидраулични серво-вентил омогућава везу између променљивости улазних сигнала са ниском снагом и високу снагу излаза хидрауличних покретача. Употреба електро сигнала даље омогућава побољшање перформанси система кроз коришћење повратних спрега.

Бел и Депенингтон су разматрали коришћење убрзавања притиска да би смањили губитак енергије у кућишту цилиндра малих хидрауличних серво-система. Њихова анализа је базирана на оптимизацији линеарног модела .

Истраживање да систем добије приближнији одговор електро-хидрауличних серво-механизма је спровео Дејвис на системе са инертним оптерећењем.

Открио је да таква анализа карактеристика нелинеарних система показује да постоји још једано могуће стање излаза система који није уочљив јер је систем нестабилан. Анализа указује да су ови скокови резонанци настају од чињенице да ток кроз отвор је пропорционалан квадратном корену разлика у притисцима кроз отвор. Пошто се величина отвора мења у складу са тренутном позицијом електро вентила ток кроз такве отворе је функција две варијабле: величина отвора и разлика у притиску кроз отвор. Линеарна једначина може бити коришћена само када се разлика у притиску сматра константном. Одступања од линеарног понашања могу да се очекују када се јављају велике разлике у притиску кроз клип.

Кијапулини је проширио студију хидрауличних серво-механизма на аспект стабилности хидрауличних копир система. У свом раду једначине карактеристике тока су линеарне, претпоставља се да суво трење у копирном систему не постоји и претпоставка да су силе сечења константне. Суво трење у копир системима има ефекта и на динамичку тачност и стабилност система и мора се узети у обзир у проучавању хидрауличних копирних система.

Откривено је у експерименталним студијама да су силе сечења у процесу сечења динамичке по природи. Отуд студија хидрауличних копирних система мора да узме у обзир динамичке силе сечења. Ова теза истражује динамичку тачност и стабилност хидрауличног копирних система и ефекте резних параметара који утичу на њихову прецизност и стабилност.

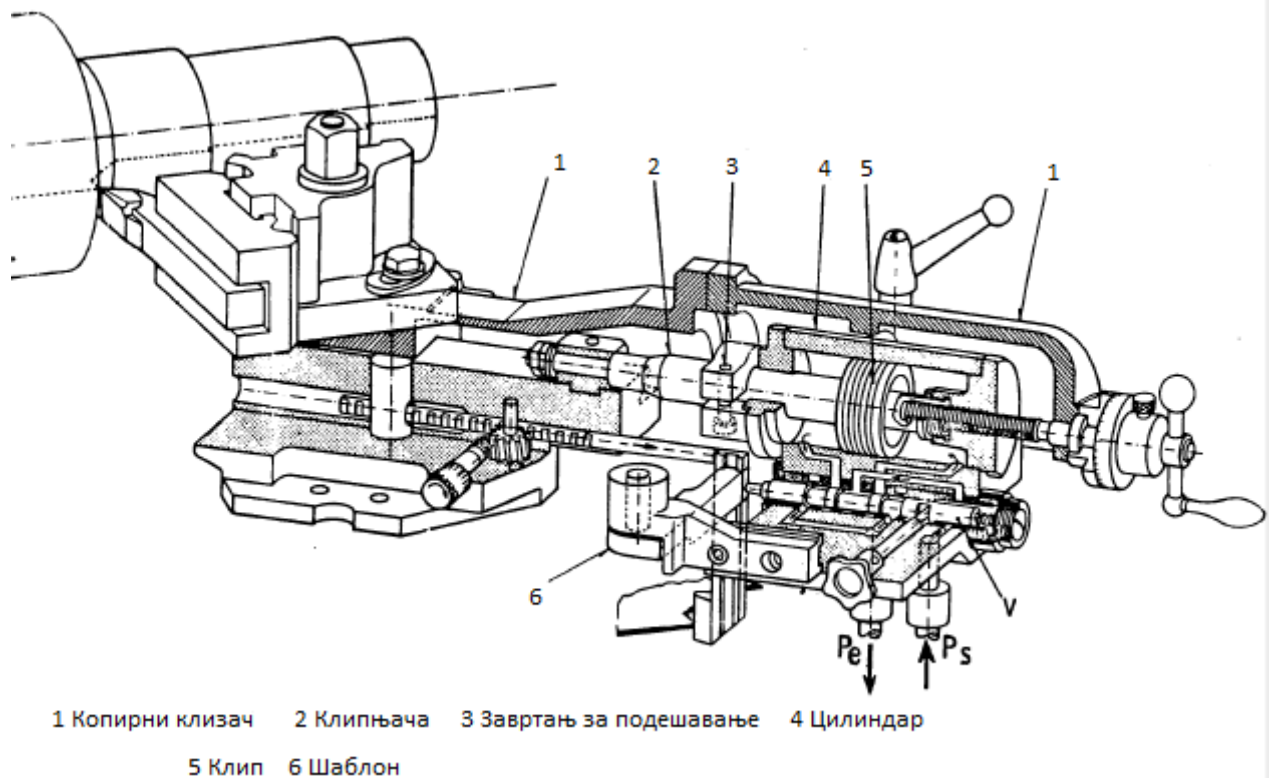
3.2. Модел хидрауличног копиног система

Принцип рада копиног система је да репродукује облик шаблона на предмет обраде помоћу резног алата који се контролише кретањем копиног пипка преко облика шаблона. Дво-димензионални копирни системи који се користе на стругу могу се поделити у две групе:

- Копирни систем који копира контуре са стационарног шаблона и
- Копирни систем који копира облик шаблона који се ротира.

Приказ дво-димензионалног хидрауличног копирног система са свим контролним елементима дат је слици 3.2.1. Ови дво-димензионални хидраулични копирни системи се обично класификују према броју управљачких ивица и према симетрији погонског цилиндра. На основу тога хидраулични копирни системи могу бити:

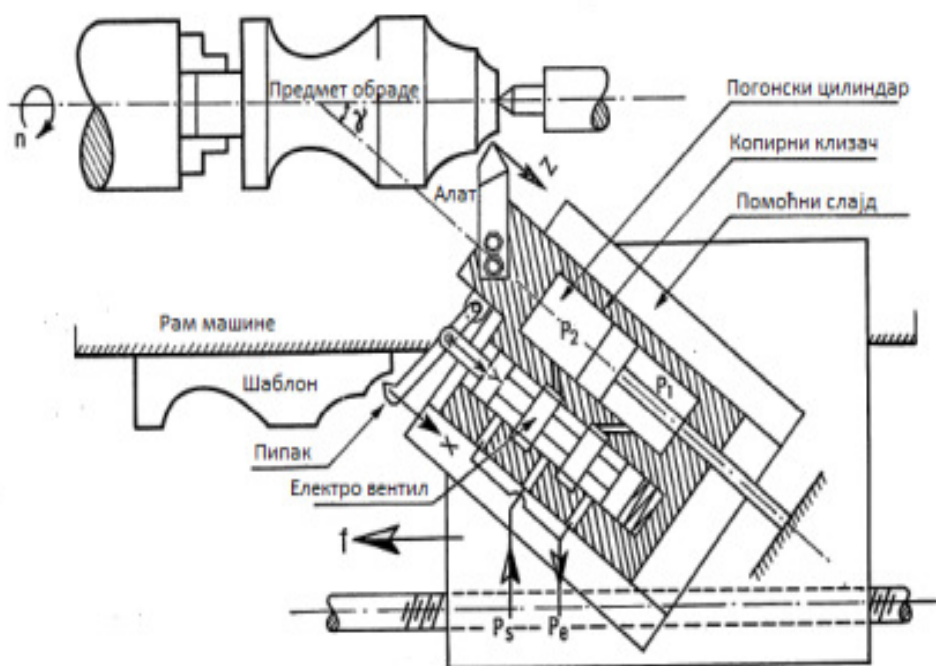
- Симетрични копирни систем са четири управљачке ивице
- Симетрични копирни систем са две управљачке ивице
- Несиметрични копирни систем са две управљачке ивице
- Несиметрични копирни систем са једном управљачком јединицом



Слика 3.2.1. Дво-димензионални копирни систем са контролним елементима

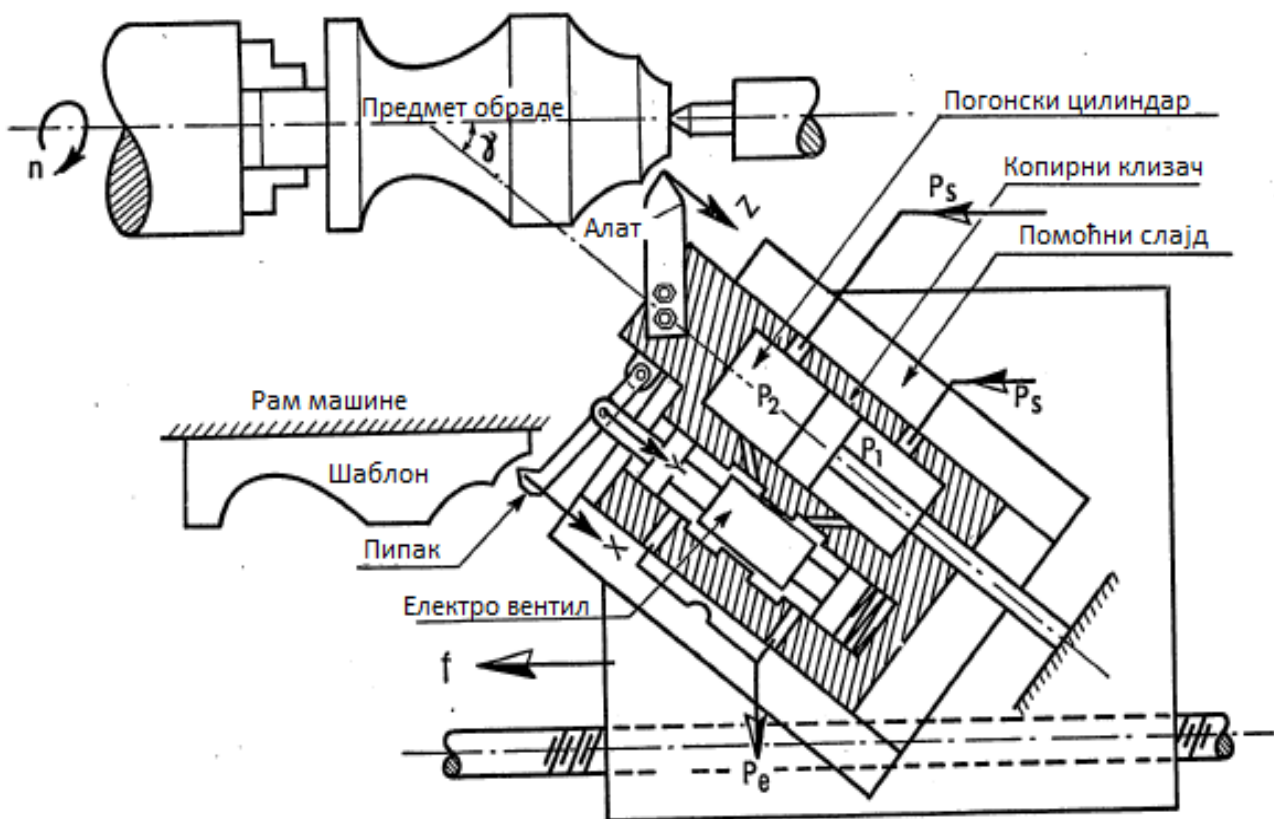
[7]

Шема симетричног копирног система са четири управљачке ивице је приказан на слици 3.2.2. Главна компонента овог хидрауличног копирног система су четири управљачке ивице, строго центриран електро- вентил и симетрични цилиндар са фиксираним клипом. Копирни клизач је постављен као помоћни слајд и услед промене притиска у клипу он може да се помера дуж клизних површина. Помоћни слајд је монтиран на машини алатки и добија кретање од напајања. Пипак је повезан електро вентилом као што је приказано на слици 3.2.2. Услед напајања пипак се помера по шаблону и на тај начин очитава његов облик. Кретање пипка преко електро вентила активира проток течности у комору цилиндра који даље помера копирни клизач. Пошто је резни алат фиксиран за копирни клизач он се креће са клизачем и тиме уклања вишак материјала са предмета обраде пратећи облик шаблона. У пракси копирни клизач се монтира под углом у односу на предмет обраде.

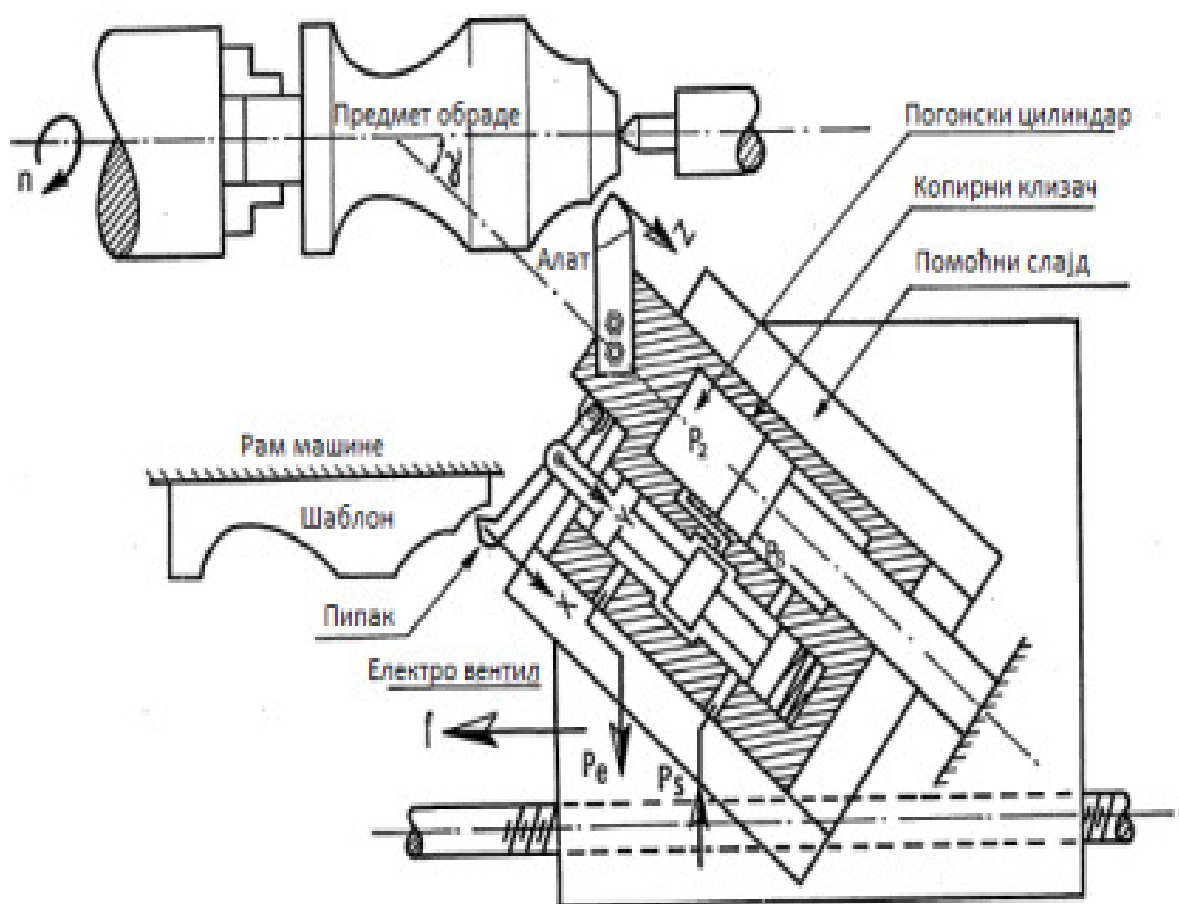


Слика 3.2.2. Симетрични копирни систем са четири управљачке ивице [7]

Принцип рада осталих врста копирних система је потпуно исти као симетрични копирни систем са четири управљачке ивице осим неких конструкционих промена. Симетрични хидраулични копирни систем са две управљачке ивице је приказан на слици 3.2.3. и потребне су две пумпе да обезбеде проток течности у обе стране симетричног погонског цилиндра. У цилиндру са две управљачке ивице електро вентил контролише притисак у коморама цилиндра ограничавајући проток течности кроз издувне цеви и на тај начин контролише померање клизача. С обзиром да су у овим случајевима потребне две пумпе то су трошкови израде и одржавања релативно већи. Слика 3.2.4. показује несиметрични копирни систем са две управљачке ивице. Константни притисак напајања P_s се предаје једној комори цилиндра док се притисак у другој комори регулише регулатором. Будући да се снага мора одржавати када је електровентил у неутралном положају, клипљача је дизајнирана да буде дебља као што је приказано на слици 3.2.4.

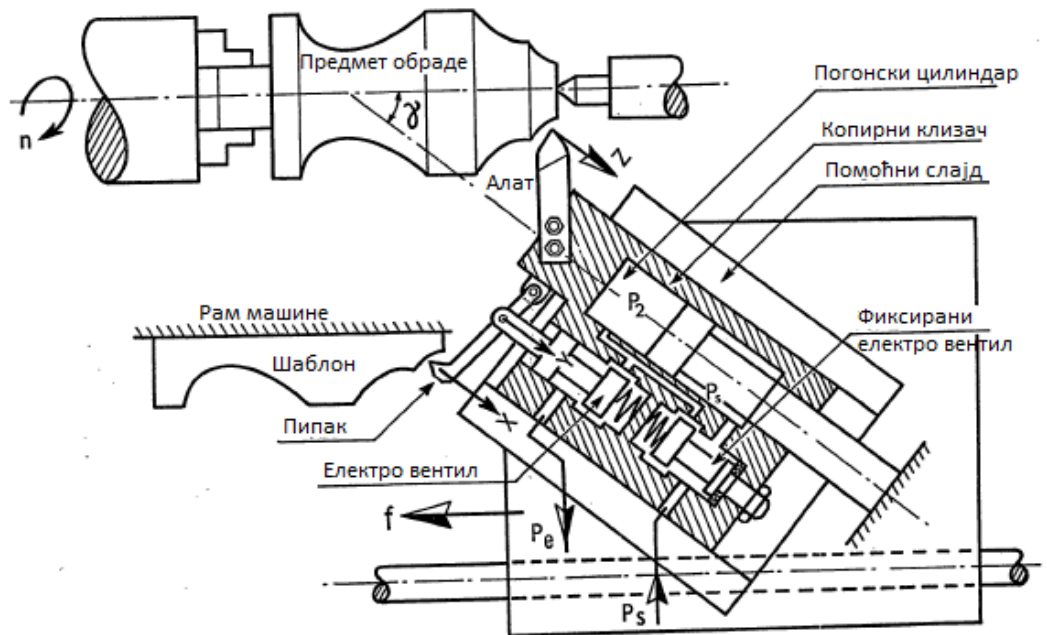


3.2.3. Симетрични хидраулични копирни систем са две управљачке ивице [7]



Слика 3.2.4. Несиметрични копирни систем са две управљачке ивице [1]

У случају несиметричног копирног система са једном управљачком ивицом само један порт је фиксиран док се други помера. Шема ове врсте копирног система је приказана на слици 3.2.5. Клипњача у овом цилиндру је такође дизајнирана да буде дебља као и код несиметричних копирних система са две управљачке јединице.



Слика 3.2.5. Несиметрични копирни систем са једном управљачком ивицом [7]

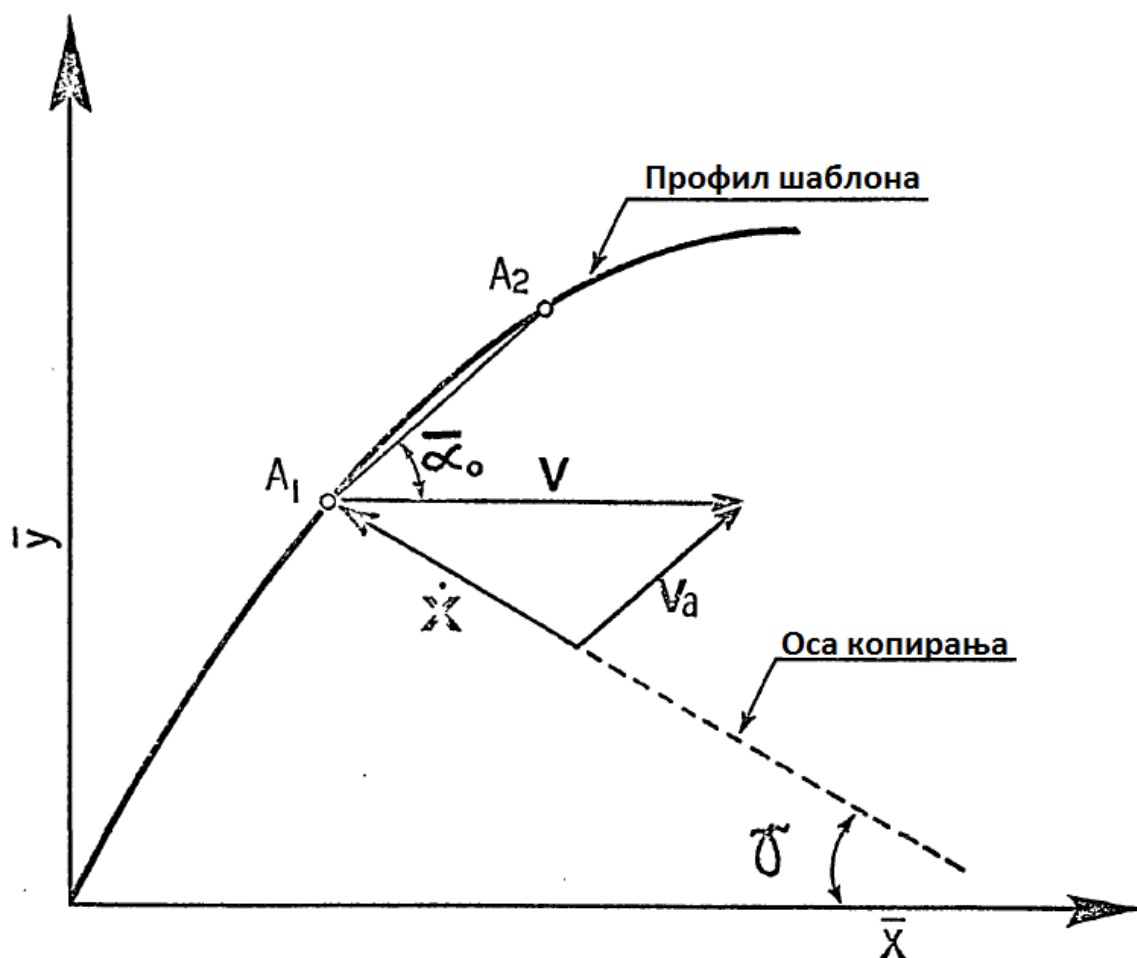
3.3. Кретање пипка у временском домену

Резултат претходног истраживања, када је у питању тачност хидрауличних копирних систем, се процењује на основу улаза као и функције платформе. Такве анализе дају прави одговор на одређеним профилима. У циљу добијања тачног резултата копира, померање пипка по профилу шаблона представља промену улаза система. Дакле ако је позната улазна функција копирног система, може се добро проценити оцена прецизности система.

У актуелној операцији хидрауличних копирних система, пипак је принуђен да се креће по профилу шаблона због напајања од алатне машине. Дакле, кретање пипка зависи од конфигурације шаблона и од јачине напајања алатне машине. Кретање пипка зависи од напајања, кретање пипка је временски зависна функција. Ако се померање пипка може изразити преко функције времена и ако је позната геометрија шаблона и напајање алатне машине, улазна функција копирног система је дефинисана. Одговор копирног система услед познатог улаза описује облик производног дела у временском домену. Размотримо трансформацију профила шаблона. Нека $\bar{x}$ и $\bar{y}$ буду две координате. Нека v буде брзина клизача алатне машине, а $\dot{x}$ буде брзина пипка дуж осе копирања. Нека се пипак помера од тачке A_1 до A_2 дуж профила шаблона. Онда из дијаграма брзине са слике 3.3.1. може се написати:

$$\frac{\dot{x}}{\sin \bar{\alpha}_0} = \frac{v_a}{\sin \gamma} = \frac{v}{\sin(\gamma + \bar{\alpha}_0)}$$

Где је $\bar{\alpha}_0$ нагиб профила, v_a је брзина пипка дуж профила шаблона.



Слика 3.3.1. Дијаграм брзине кретања копирног пипка [7]

На основу тога може се написати

$$\dot{x} = \frac{v \cdot \sin \bar{\alpha}_0}{\sin(\gamma + \bar{\alpha}_0)}$$

$$v_a = \frac{v \cdot \sin \gamma}{\sin(\gamma + \bar{\alpha}_0)}$$

Пошто је:

$$\dot{x} = \frac{d_x}{d_t}$$

$$v_a = \frac{d_s}{d_t}$$

Где је d_x елементарна промена пипка дуж осе копирања, d_s је елементарна промена пипка дуж профила и d_t је елементарни прираштај, независно променљиве времена

$$d_x = \frac{\left(\frac{dy}{dx}\right) * v * d_t}{[\sin \gamma + \frac{dy}{dx} \cos \gamma]} \quad 1$$

$$d_t = \left(\frac{d_s}{v}\right) * \left(\frac{\sin(\gamma + \alpha_0)}{\sin \gamma}\right) \quad 2$$

Једначине 1 и 2 потпуно описују кретање пипка у временском домену као функцију зависности облика профила и брзине клизача алатне машине. У случају када профил шаблона има површину под правим углом у односу на осу предмета обраде, кретање пипка у временском домену се може добити на основу једначина 1 и 2

$$d_x = \frac{v * d_t}{\cos \gamma}$$

$$d_t = \frac{d_s}{v}$$

3.4. Стабилност хидрауличних копирних система

Стабилност је важан фактор у процени перформанси хидрауличних копирних система. Она је доживела промене приликом промена пројектовања или избора нових сетова параметара и може да доведе до динамичке нестабилности система. Истраживање са квантитативног аспекта стабилности хидрауличних копирних система може се вршити компјутерском симулацијом. Будући да

владајуће једначине копирних система су нелинеарне, теоријско испитивање се може вршити линеаризацијом апроксимацијом као што је даље наведено.

Помоћу линеарне методе, једначине система су линеаризоване коришћењем мале технике пертурбације и стабилност система је анализирана за мале покрете око радне тачке. Концепт ове технике је да се прошири нелинеарна функција система користећи Тејлорову серију експанзије. Размотрићемо следећи пример нелинеарне функције:

$$Q = f(X, P)$$

Где је f нелинеарна функција

Нека су Q_0 , X_0 и P_0 варијабиле система у радној тачки и нека су испитиване варијабиле q , x и p . Једначина пертурбације је дата као:

$$Q_0 + q = (X_0 + x, P_0 + p)$$

Сада, проширењем нелинеарне функције f преко Тејлорове серије добијамо:

$$Q_0 + q = f(X_0 + P_0) + \frac{\delta f}{\delta X_0} x + \frac{\delta f}{\delta P_0} p$$

Одавде добијамо:

$$q = \frac{\delta f}{\delta X_0} x + \frac{\delta f}{\delta P_0} p$$

Анализа стабилности користећи процес симулације

Чиста математичка анализа стабилности хидрауличних копирних система је прилично сложена. Да би се одредила анализа стабилности систем мора бити симулиран преко аналогног компјутера. Пригушивање или повећање транзијата, одређује да ли је систем стабилан или нестабилан. Копирни системи могу бити на граници стабилности када је транзијет са константном амплитудом. С обзиром да један од параметара стабилише систем, симулација ће се обављати. Одговор система се добија и када је систем пригушен и вредност овог параметра се утврђује.

Тачност је један од главних захтева сваког хидрауличног копирног система. Тачност хидрауличних система зависи од карактеристика система и типу сметњи током производње. Према врсти сметње динамичка тачност се може класификовати са статичком и кинематском тачношћу. Статичка тачност у копирама открива грешке у систему услед поремећаја. Кинематска тачност показује грешку код делова који се крећу. Обе тачности не укључују грешку које настају услед промене облика шаблона. Такве грешке се могу открити када систем показује грешку прескока

У циљу дефинисања перформанси копирних система преко индекса показатеља, критеријум динамичке тачности који укључује статичке, кинематске и пролазне грешке се може дефинисати. Да би се добио критеријум динамичке тачности треба узети у обзир стварни рад копирних система. Облик и величина предмета обраде да би био постављен треба бити познати. Сада када треба да се предмет обраде обради помоћу хидрауличних копирних система он је прихваћен или одбијен у зависности од тога да ли може стати на радни сто. Другим речима одступање од дозвољене мере треба бити мање од одступања улазних величина. На основу тога критеријум динамичке тачности копирних система може се извести на следећи начин. Размотримо временски домен модела улаза и одговор копирних система приказаног на слици 21. Δ_1 и Δ_2 представљају границу грешака и дати су:

$$\Delta_1 = [x(t) - z(t)] \quad t=t_1$$

$$\Delta_2 = [z(t) - x(t)] \quad t=t_2$$

Где су t_1 и t_2 представљају време одговора $z(t)$ за максимално одступање од улаза $x(t)$. Тако да је укупна грешка:

$$\Delta_e = \Delta_1 + \Delta_2$$

Укупна грешка у пречнику предмета обраде се моће написати као:

$$\Delta_d = 2\Delta_e \cdot \sin \gamma$$

3.5. Произвођачи копирних система

NO.	Име произвођача	Врста копирних система		
		Хидраулични	Електро-хидраулични	Нумеричка контрола
1.	DIPLOMATIC, ITALY	X	X	
2.	EX-CELL-O, U.S.A	X	X	X
3.	GETTYS, U.S.A	X		
4.	HARRISON, U.K.	X	X	
5.	HEPNORTH, U.K.	X	X	
6.	HYRATECH, U.S.A	X		
7.	INGERSOLL, U.S.A.	X	X	
8.	JONES & LAMSON, U.S.A	X	X	
9.	KOSPAR, U.S.A.	X	X	X
10.	MIMIK, CANADA	X		
11.	OERLIKON-BÜHRLE, SWITZERLAND	X	X	X
12.	PRATT & WHITNEY, U.S.A.		X	
13.	SCAN-O-MATIC, U.S.A	X	X	X
14.	SOUTHBEND-GALLICOP, U.S.A.	X		
15.	TRUE-TRACE, U.S.A	X	X	X
16.	TURCHEON, U.S.A	X		

Слика 3.5.1. Произвођачи копирних система [7]

Примери хидрауличних копира

Kospar K2CM 200

Макс. дозвољени пречник предмета обраде	150 мм
Макс. дозвољена дужина предмета обраде	100 мм
Број обртаја	4000 о/м
Мотор	7,5 КС
Макс. дозвољена тежина предмета обраде	190 кг
Угао обраде	-45° - +90°
Хидраулика	
Резервоар	100 л
Пумпа	17 л/м
Мотор	2 КС
Дужина струга	2150 мм
Ширина струга	1450 мм
Висина струга	1600 мм
Тежина струга	1800 кг



Kospar KCM 300

Макс. дозвољени пречник предмета обраде	250 мм
Макс. дозвољена дужина предмета обраде	300 мм
Број обртаја	4000 о/м
Мотор	7,5 КС
Макс. дозвољена тежина предмета обраде	300 кг
Угао обраде	-45° - +90°
Хидраулика	
Резервоар	100 л
Пумпа	24 л/м
Мотор	3 КС
Дужина струга	2500 мм
Ширина струга	1650 мм
Висина струга	1750 мм
Тежина струга	2500 кг



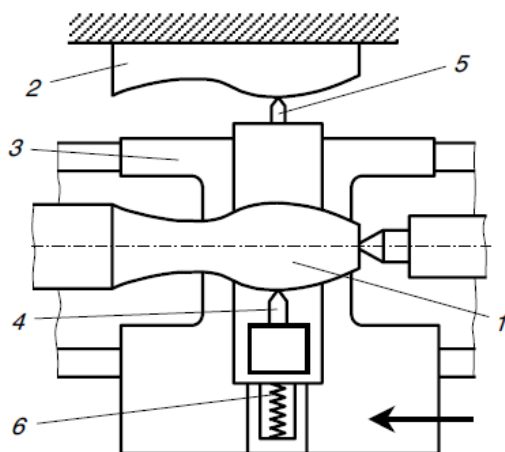
4. Копирни струг

Шездесетих година прошлог века, струг поприма потпуно затворену конструкцију – затворен облик који обезбеђује велику крутост а тиме и тачност израде делова. Овакви стругови у варијанти копирне машине, опремљени су уређајима за копирање. Овај уређај преноси облик модела предмета обраде на кретање алата. Пошто је израда модела за копирање релативно скупа, овај начин аутоматизације се користи (односно, економски исплатив) у условима производње већих серија производа.

Копирни стругови представљају машине које су опремљене уређајем за копирање. Помоћу овог уређаја кретање алата (комбиновано: уздужно и попречно) се остварује на веома једноставан начин – копирањем кретања пипка по шаблону у кретање алата. Ови стругови се одликују великом продуктивношћу и, што је веома важно, великом тачношћу произведених делова. Користе се у серијској производњи делова ротационог облика типа степенстих вратила, фазонских и конусних површина.

Централни уређај овог струга је уређај за копирање. Овим уређајем се контура шаблона "пресликава" у комбиновано уздужно и попречно кретање алата. Постоје директни и индиректни систем копирања. Без обзира да ли се ради о директном или индиректном систему, алат се креће по некој кривини. Ово кретање је састављено од два праволинијска: уздужно и попречно. Постоје две комбинације ових кретања: равномерно уздужно кретање (посмак) и неравномерно попречно кретање (копирно кретање), или оба неравномерна кретања (уздужно и попречно, оба копирна).

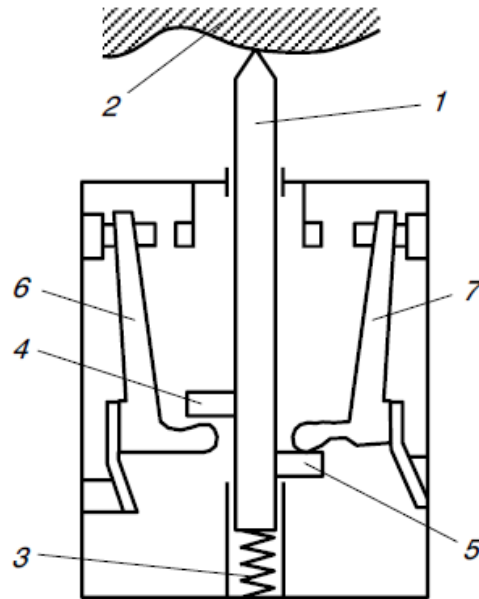
Код директног система копирања, слика 4.1., предмет обраде 1 је стегнут стезачем и ослоњен на задњи шиљак. Паралелно са предметом обраде налази се шаблон 2 причвршћен за постоље машине. Резни алат 4 и пипак 5 налазе се на истом носачу 3. Деловањем опруге 6 обезбеђено је стално притискивање пипка по шаблону и алата по предмету обраде. При уздужном померању носача алата 3, стругарски нож 4 ће се кретати у односу на предмет обраде на исти начин као и пипак 5 по шаблону 2. Веома сличан начин копирања био је приказан код леђног стругања. Ту се наиме облик брегасте плоче копира у попречно праволинијско циклично кретање алата.



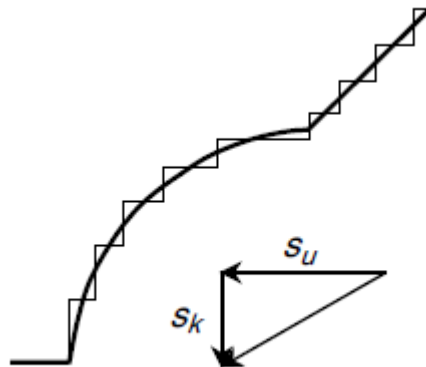
4.1. Директни систем копирања механичким начином [3]

Индиректни системи копирања састоји се од система пипка и сервосистема. Могу бити електрични, хидраулични, електрохидраулични и пнеуматско-хидраулични. Принцип деловања ових система је следећи: пипак је веома малом силом притиснут на шаблон. Пратећи облик шаблона, пипак своје кретање преноси на алат посредно, преко серво-мотора (серво-уређаја – електричним или хидрауличним путем). Сервомотор је оптерећен силама резања и креће се заједно са носачем алата и пипка, а погон добија од вањског извора (из електричне мреже или од хидрауличне пумпе).

На слици 4.2. приказан је принцип деловања електричног копирног система. Уређај је састављен од пипка и серво-мотора. Оба функционишу на електричном принципу. Систем пипка може бити контактни или индуктивни. Слика 4.2. представља само систем пипка. Пипак 1 који клизи по уздужним вођицама струга је у сталном контакту (додиру) са шаблоном 2. Овај додир се остварује малом силом помоћу опруге 3. Наиласком на одговарајућа испупчења и удубљења на шаблону, пипак се помера према доле или горе. При томе, граничницима 4 и 5 се закрећу двокраке угаоне полуге 6 и 7 које успостављају или прекидају одговарајуће контакте. Укључивањем појединих контаката укључују се серво-мотори који помјерају алат у одговарајућем правцу. Дакле, индиректно, преко посебног сервомотора се померање пипка 1 преноси на алат. С обзиром да је кретање алата код копирног стругања састављено од уздужног посмака S_u (слика 4.3.) и попречног копирног посмака S_k , то се врх алата заправо неће кретати по идеалној кривуљи каква је на шаблону, него ће се кретати степенасто. Ово из разлога што пипак 1 прво треба направити одговарајуће кретање, а тек онда долази до активирања одговарајућих контаката, а затим и покретање алата помоћу сервомотора. Савремени индиректни копирни системи имају таква решења да је кретање алата сведено на веома мале степенасте кораке.



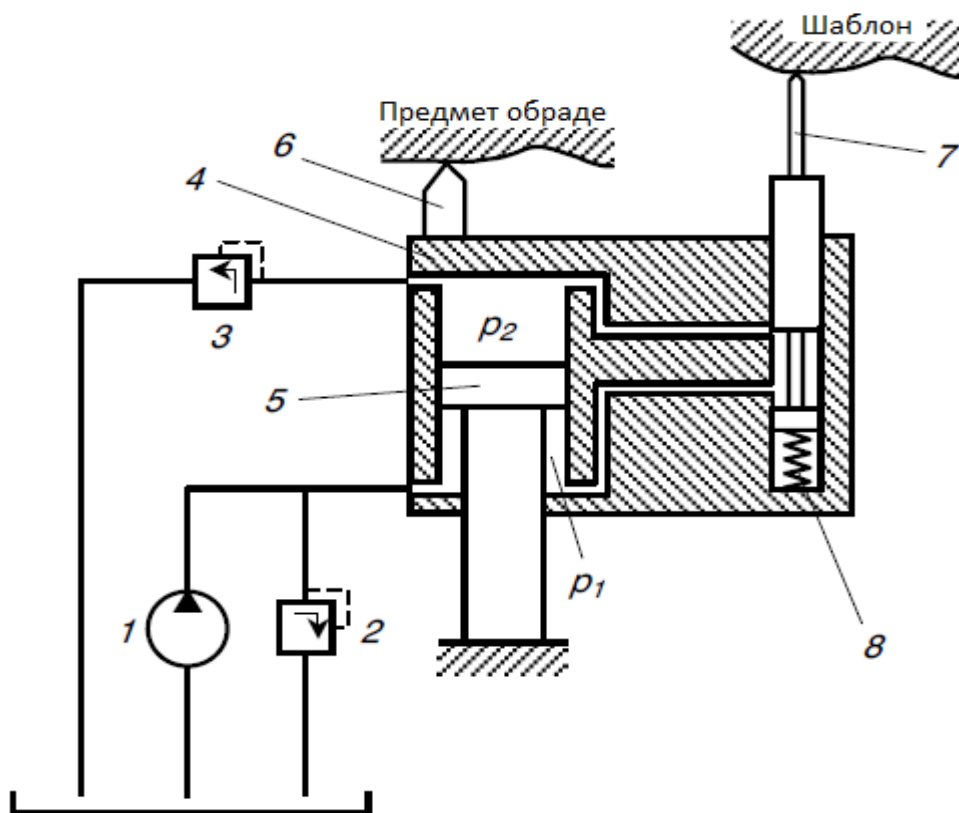
Слика 4.2. Електрични систем копирања [3]



Слика 4.3. Путања алата код индиректног система копирања [3]

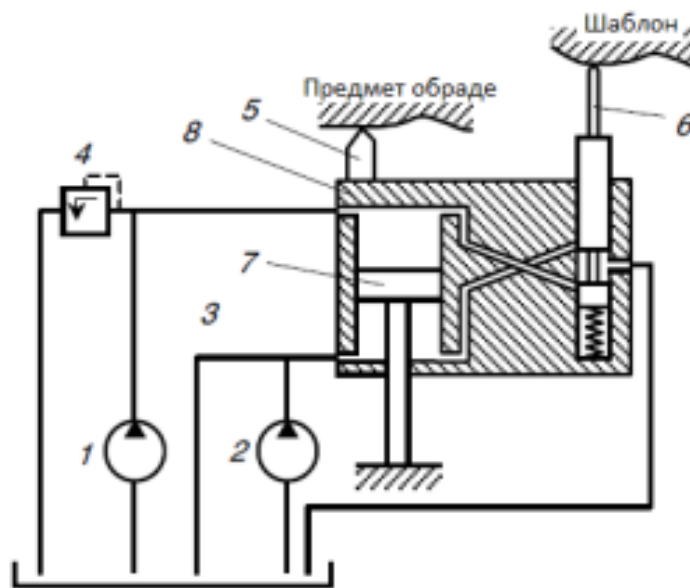
Хидраулични копирни системи се деле према начину функционисања система пипка. Најчешће се користе тзв. Једно- дво- и четворобридни системи копирања. На слици 4.4. шематски је приказан једнобридни систем хидрауличног копирања. Систем се састоји од пумпе 1, вентила за ограничење притиска 2 и 3, серво-мотора 4 са диференцијалним клипом 5, те алата 6 и пипка 7. Пумпа 1 константног капацитета потискује уље у цилиндар серво-мотора 4 и то на страну диференцијалног клипа 5 са мањом површином (услед промера полуге клипа – клипњаче). Један део уља протиче доњим одводним каналом у разводник пипка 7 и попуњава уљем простор цилиндра овог разводника на делу клипа (пипка 7) са мањим промером. Горњи део овог клипа се у неутралном положају пипка 7 налази тик уз горњи одводни канал. Један брид овог клипа (због тога је систем и добио назив – једнобридни) пропушта само мању количину уља горњим каналом у горњу комору сервомотора 4. Уље

се даље преко вентила 3 враћа у резервоар. У случају да се пипак 7 помери према доле, брид његовог клипа затвара пролаз уљу горњим каналом, па због тога притисак p_1 на доњој страни клипа 5 порасте све док се не савлада подешени притисак у вентилу 2. Будући да је подешени притисак на вентилу 2 много већи од притиска на вентилу 3, то је притисак на доњој страни серво-мотора 4 много већи од притиска на горњој страни p_2 . С обзиром да је диференцијални клип непокретан, оклоп (цилиндар) серво-мотора и алат 6 ће се померити према доле (због тога што је $p_1 > p_2$). Према томе, померањем пипка 7 према доле (у односу на сервомотор), померио се и серво-мотор заједно са алатом према доле. Ово померање ће трајати све док серво-мотор не заузме неутралан положај (када се поново отвори пролаз уљу из цилиндра разводника пипка 7 према горњој страни клипа 5, и даље према резервоару. Ако се пак пипак 7 помери према горе, тада се потпуно отвара горњи канал и потпуно је отворен пролаз уљу из доње у горњу страну сервомотора 4. Тада се изједначавају притисци p_1 и p_2 . С обзиром да притисак p_2 делује на много већу површину клипа 5, то ће се серво-мотор 4 померити према горе. Дакле, алат 6 прати кретање пипка 7, у овом случају, према горе. Ово кретање серво-мотора ће трајати све док серво-мотор не дође у неутрални положај када се опет отвори горњи канал и уље почне поново циркулисати између доње и горње коморе цилиндра сервомотора 4.



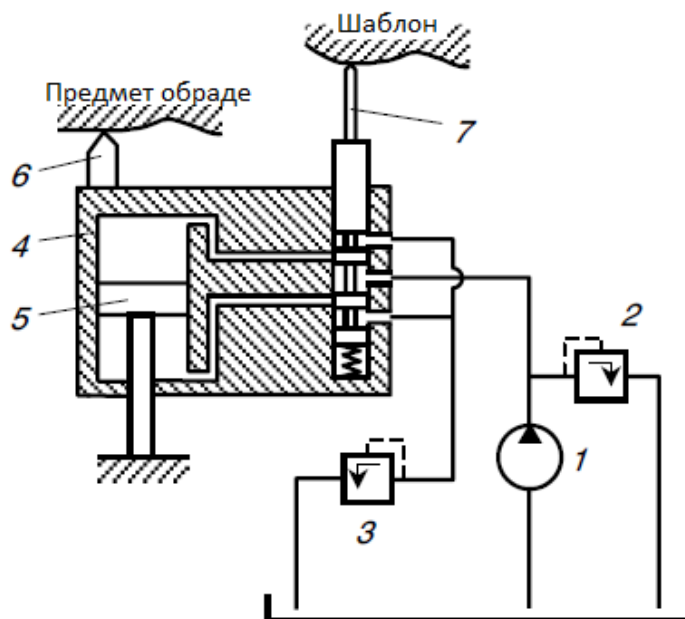
Слика 4.4. Хидраулични копирни систем [3]

На слици 4.5. приказан је двобридни хидраулични копирни систем. Две пумпе константног капацитета 1 и 2 допремају уље у горњу или доњу комору сервомотора 8. Пипак 6 је уједно и клип разводника који уље из серво-мотора пропушта у резервоар. Два брида овог клипа (због тога је и назив – двобридни систем) у неутралном положају подједнако прекривају оба излазна канала према серво-мотору. У том положају пипка (положај приказан на слици 4.5.) и серво-мотор заузима неутралан положај. Код померања пипка, или према горе, или према доле, један од излазних канала се затвара, а други отвара. На тај начин се створи разлика притисака на горњој или доњој страни клипа 7 чиме се покрене серво-мотор 8 у смеру у коме се претходно померио пипак 6. Вентили за ограничење притиска 3 и 4 (сигурносни вентили) пропуштају сувишну количину уља у резервоар.



Слика 4.5. Двобридни хидраулични копирни системи [3]

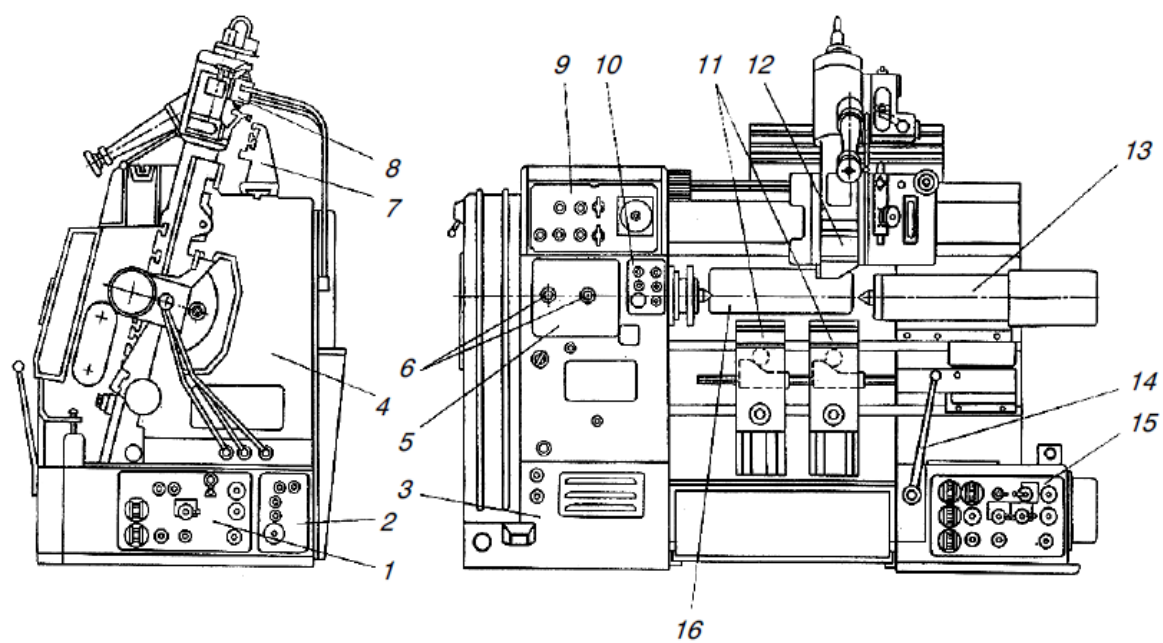
Коначно, на слици 4.6. приказан је четворобридни хидраулични копирни систем. Пумпа константног капацитета 1 потискује уље у средину разводника пипка (клипа) 7. За случај неутралног положаја (случај приказан на слици 4.6.) вишак уља се преко вентила 2 враћа у резервоар, јер бридови клипа пипка 7 затварају проток уља у цилиндар серво-мотора 4. У случају померања пипка 7, или према горе, или према доле, уље ће протећи једним од канала према горњој или доњој страни клипа 5. На тај начин се створи разлика притисака услед чега се сервомотор 4 са ножем 6 такође помери све док се поново не затворе канали између сервомотора 4 и разводника клипа 7.



Слика 4.6. Четворобридни хидраулични копирни системи [3]

На слици 4.7. дат је шематски приказ копирног струга са могућношћу полуаутоматског режима рада. Намењен је за обраду осовинастих делова са сложеним фазонским, конусним и степенастим површинама. Захваљујући веома брзом подешавању, овај струг се може користити како у великосеријској, тако и у серијској производњи. Приказани струг је специфичне конструкције јер, осим уздужног, има и два попречна носача алата. Основни делови и механизми овог струга су: погонска јединица 3 у којој су смештени погонски електро-мотори, постоље 4, кућиште преносника за главно кретање 5, хидраулична копирна јединица са пипком 8, попречни супорти (носачи алата) 11, копирни носач алата 12, носач задњег шиљка 13, хидро-командна табла 1 за подешавање притиска погонских пумпи и брзине кретања попречних носача алата, хидро-командна табла 2 за управљање кретањем задњег носача шиљка 13, хидро-командна табла 15 за управљање брзине уздужног кретања (посмак) копирног носача алата и командне табле 9 и 10.

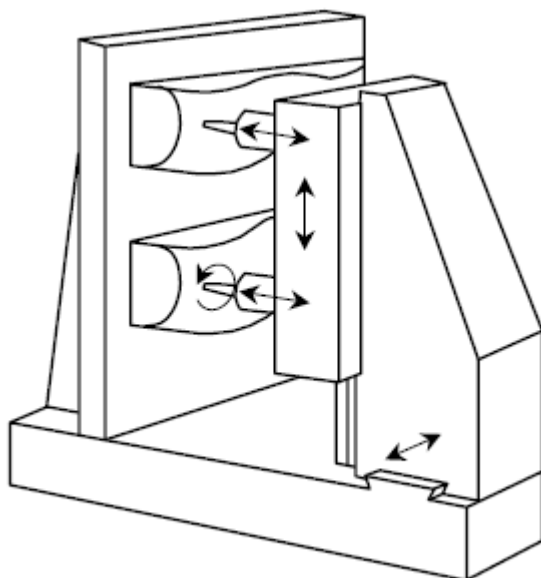
Постоље 4 је израђено у веома крутој варијанти са уздужним водилицама по којима клизе копирни носач алата 12, носач задњег шиљка 13 и конзолни носач 7 (носач шаблона). Отвор 16 служи за одношење готових делова у случају рада овог струга у оквиру аутоматизоване производне линије. Косо постављене вођице, најчешће под углом од 15 до 20° према вертикали, обезбеђују лак приступ предмету обраде, носач има алата и копирном уређају, а такође и олакшано одвођење струготине (спречавање задржавања струготине на вођицама).



Слика 4.7. Копирни струг [3]

5. Копирна глодалица

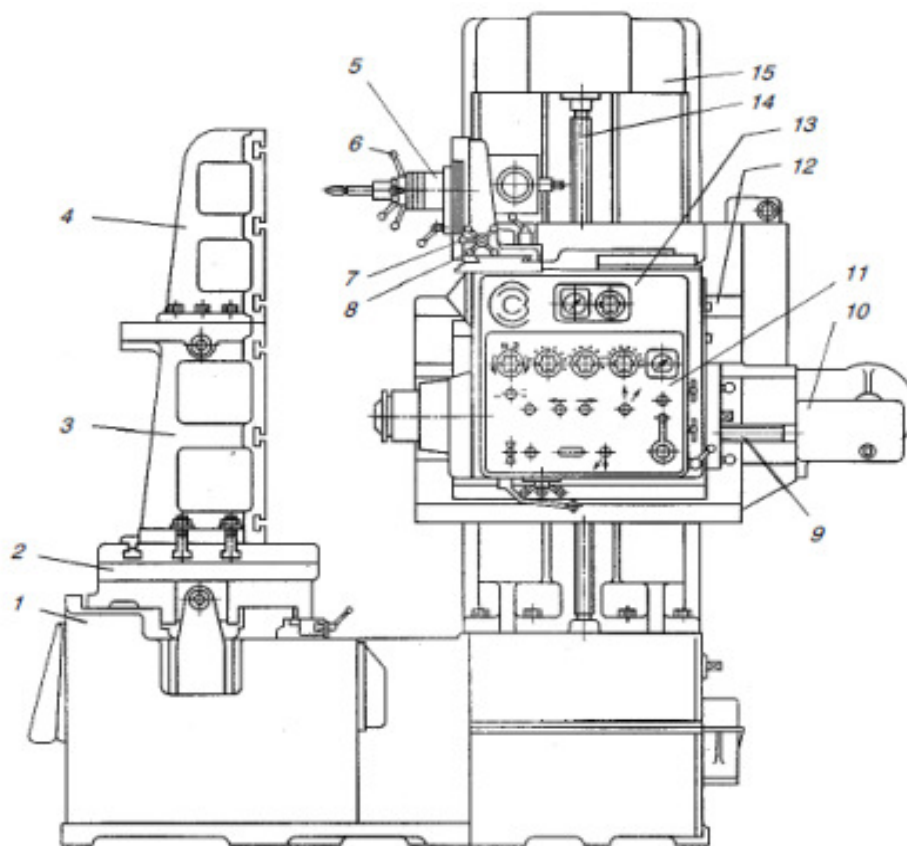
Слично као код стругова, и овде постоје глодалице опремљене одговарајућим уређајима којима се врши копирно глодање. Обрада копирањем се најчешће користи код обраде просторно сложених површина. Принцип копирања је исти као код стругања, може бити директни и индиректни. Директни су механички, а индиректни електрични, хидраулични, електрохидраулични и пнеуматскохидраулични. На слици 5.1. приказана је варијанта хоризонталне копирне глодалице, код које је главно вретено хоризонтално. Постоје и вертикалне копирне глодалице. Оно што је карактеристично за опеарције копирног глодања је облик пипка који клизи по шаблону и облик глодала. Да би се пресликавање облика површине шаблона на предмет обраде извршило тачно, тј. са минималним одступањем, при копирном стругању се користе вретенаста глодала са кружним обликом резних ивица. Ротирањем таквог глодала резне ивице описују сферну површину. Највећа тачност копирања добије се ако је облик врха глодала идентичан облику пипка. Ротирањем таквог глодала резне ивице описују сферну површину.



Слика 5.1. Хоризонтална копирна глодалица [3]

Изглед једне хоризонталне копирне глодалице приказан је на слици 5.2. Приказана глодалица има могућност полуаутоматског рада. Ова машина је намењена за обраду ковачких и ливачких алата (гравура) са сложеном просторном конфигурацијом и то у условима појединачне и малосеријске

производње. Принцип копирања је са односом шаблона и предмета обраде 1 : 1. Основни делови машине су: постоље 1, радни сто 2, доњи део стезног прибора за предмет обраде 3, горњи део стезног прибора за шаблон 4, копирни уређај 5, непокретни сталак 15, кућиште главног вретена 13, хоризонтална пречка 12 и управљачки пулт 11. Предмет обраде се стеже на доњем делу стезног прибора 3 насупрот глодала постављеног на главном вретену. Шаблон се поставља на горњем делу стезног прибора 4 насупрот пипку копирног уређаја. Копирни уређај 5 је постављен на кућишту главног вретена 13. Обрада се може вршити на три начина: хоризонталним пролазима, вертикалним пролазима и контурним глодањем.



Слика 5.2. Хоризонтална копирна глодалица [3]

Копирно глодање хоризонталним пролазима, остварује се уздужним континуираним посмаком радног стола s_u у укупној дужини ходова. Крајњим прекидачима дефинише се ова дужина уздужних ходова (пролаза). Након сваког пролаза хоризонтална пречка 12 (слика 5.2.) изврши вертикални периодични посмак s_v по вертикалним вођицама на сталку глодалице. У току

сваког уздужног хода пипак клизи по шаблону и преноси облик шаблона на кретање глодала у односу на предмет обраде. Посматрана глодалица има електрични систем копирања, тако да се копирно кретање кућишта главног вретена 13 (слика 5.2.), тј. попречни посмак остварује електричним импулсима из копирног уређаја чиме се управља одговарајућим електромотором који помера главно вретено у попречном правцу. Квалитет обрађене површине се побољшава са смањењем вертикалног периодичног посмака s_v . Теоретска висина неравнина се одређује на основу геометријско-кинематског односа и једнака је:

$$R_t = r - \sqrt{r^2 - \frac{s_v^2}{2}}$$

R_t - теоријска храпавост

r – радијус заобљења врха глодала

S_v - вертикални периодични посмак

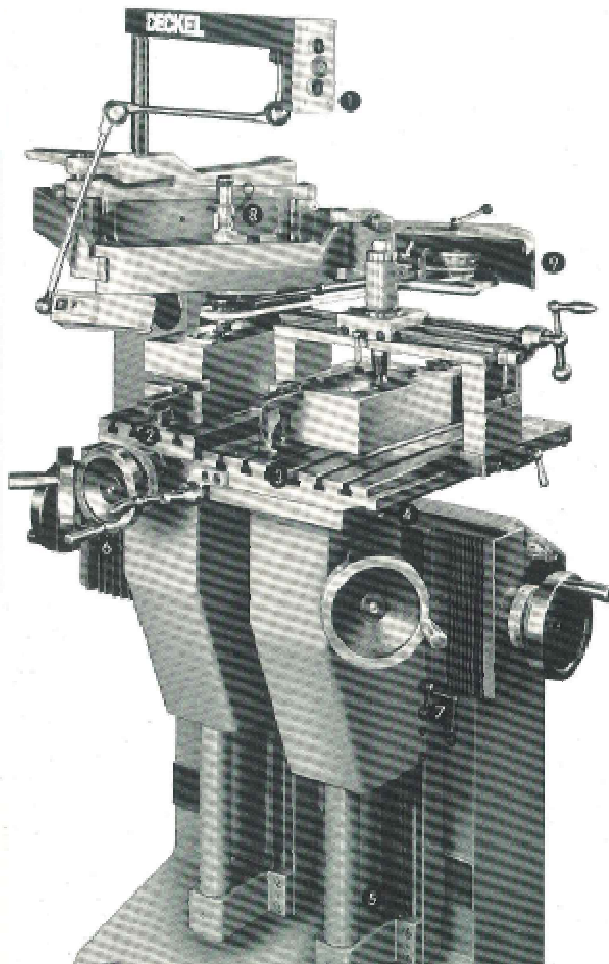
Копирно глодање вертикалним пролазима, остварује се вертикалним континуираним посмаком S_v . Након сваког хода (пролаза), радни сто изврши уздужни периодични посмак s_u . Принцип копирања је дакле идентичан претходном, само што су уздужни и вертикални посмаци заменили улоге. Копирни (попречни) посмак врши глодало управљано копирним уређајем.

Контурно копирно глодање, остварује се преношењем путање копирног пипка на глодало при чему се кретање глодала добије као комбинација два посмична континуирана посмака: уздужни посмак радног стола и вертикални посмак хоризонталне пречке са кућиштем главног вретена.

6. Пантограф

Пантограф (Реч грчког порекла пант- "сви, сваки" и уграф- "да напише") је механичка веза у облику паралелограма тако повезана да један крај пантографа прати други крај. И на тај начин се другим крајем оцртава иста фигура коју читава први крај. Фигура која се добија читавањем са шаблона може бити увећана или умањена. Користећи исти принцип пантографи се могу користити у различитим областима за дуплирање као што су: ковање, гравирање и глодање

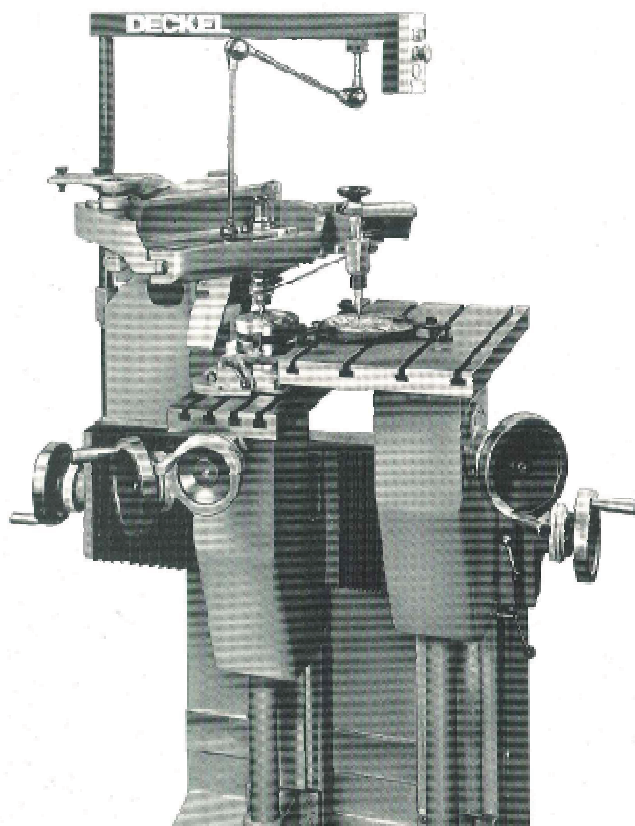
6.1. Пантограф ГК 12



Пантограф ГК 12 има мали пантограф и погонски систем. Покретни делови машине су лаки и тиме је омогућен рад приликом израде веома деликатних делова, са веома сложеним обликом.

Слика 6.1.1. Пантограф ГК 12 [5]

6.2. Пантограф ГК 21



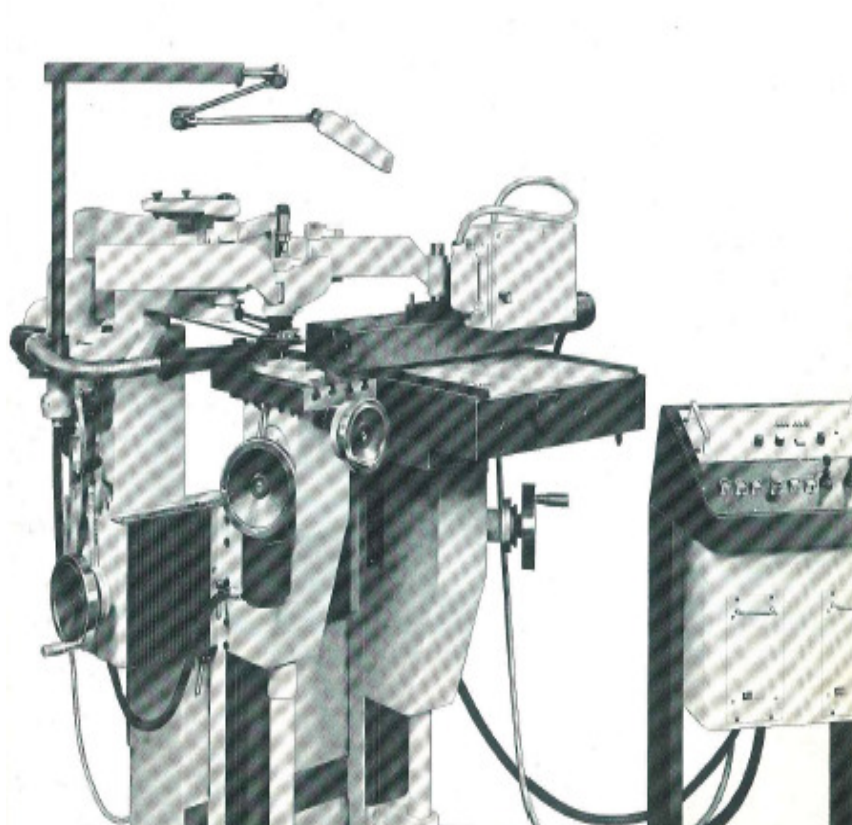
Слика 6.2.1. Пантограф ГК 21 [5]

ГК21 има већи пантограф и јаче вретено тако да се може користити код копирне глодалице која обрађује предмете обраде тежине и до 250 килограма. Добра ствар код ове машине је то што копирни пипак може да приђе и очита веома сложену контуру предмета који се копира. Искуство стечено дугогодишњим радом компаније DECKEL довело је до тога да та компанија постане лидер у производњи разних

врста машина међу којима су копирне глодалице. Сталним побољшањима и иновацијама успешно су испуњени све већи захтеви серијске и масовне производње како би се у што краћем временском периоду обавио што већи и захтевнији посао на копирној глодалици. Тако, осим модерног дизајна ГК21 има и доста интересантних нових могућности. На пример, контролна табла (1) је додата и висина на којој се ради је смањена како би оператер са лакоћом руковао машином и у седећем положају. Радни сто са стегом (2) и радни сто на коме копир (3) врши обраду су повећани, а овај други се може прецизно померати и пратити померање помоћу скале (4). Помоћу точића који се налази на столу са предметом обраде може се подешавати висина предмета обраде како би исти био у жељеној позицији. Додатна крутост је обезбеђена са два држача (5). Уздужно померање радног стола је повећано и оно се обавља помоћу ручке (6). Такође је повећана граница у висини тако да се сада могу обрађивати делови до 230мм висине. Ручка (7) којом се подешава висина

радног стола је постављена на приступачном месту и лако је доступна. Осовина на којој се налази глодало има већи отвор у који се ставља футер тако да се може користити веће глодало. На ГК21 се може постићи већа прецизност приликом фине обраде. Глодало и пипак су повезани каишем који је заштићен (9). Нова ГК 21 копирна глодалица се показала веома успешна у разним тестирањима. Врло је економична и веома ефикасна алатна машина. Али и поред свега тога она може да се унапреди.

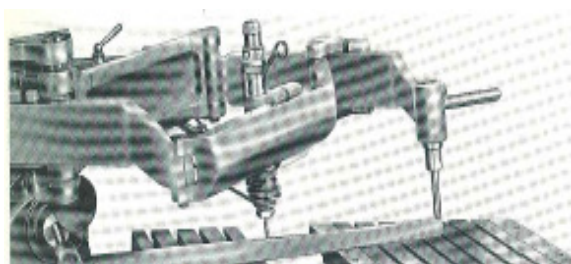
6.3. Пантограф ГК 21-А



Слика 6.3.1. Пантограф ГК 21-А [5]

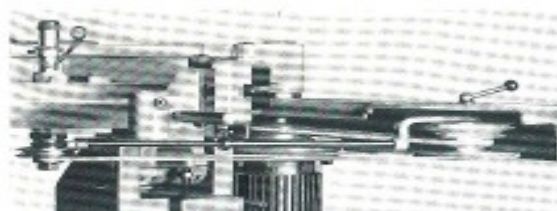
ГК21А је опремљена са оптичким скенером који копира шему са цртежа и предаје вратилу на коме се налази глодало потребне инструкције како би се добио жељени део. Рezni алат добија прописану путању по којој треба да се креће. Машина даје максималну економичност у малосеријској производњи.

Управљачки систем је веома разноврстан и могу се савладати веома компликоване и сложене контуре, добијени предмет обраде одсликава шаблон. Оптички скенер се може лако поставити на глодалицу и тако добити тродимензионалну конвенцијалну машину.



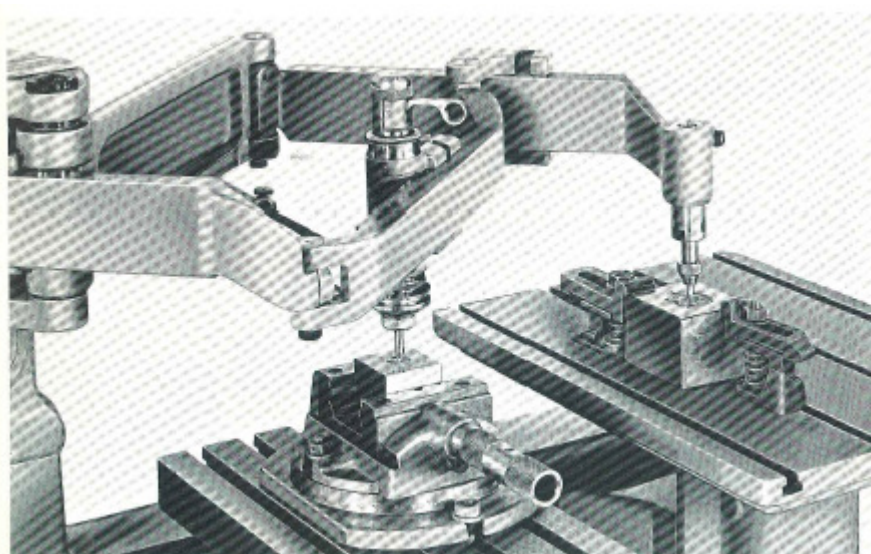
Усклађивање резног алата и пипка помоћу лењира

[5]



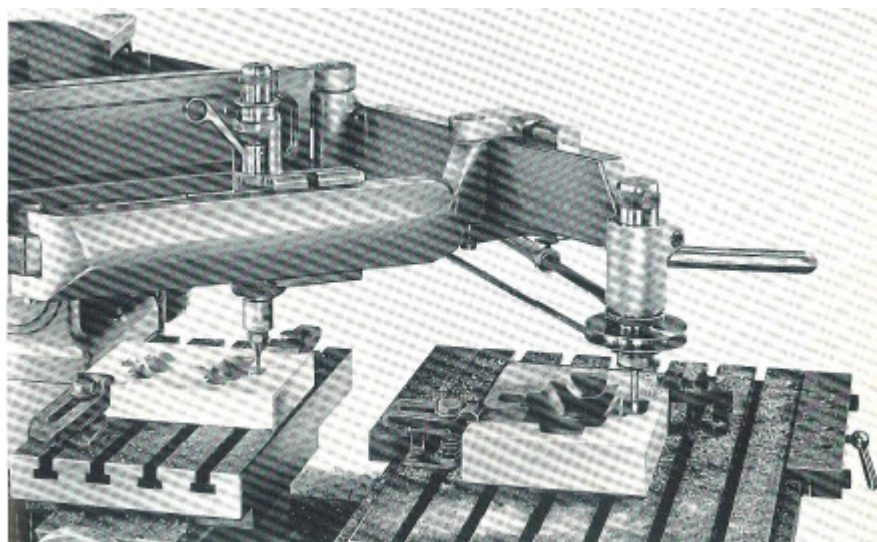
Вучно вретено

[5]



Израда умањених делова

[5]



Израда увећаних делова

[5]

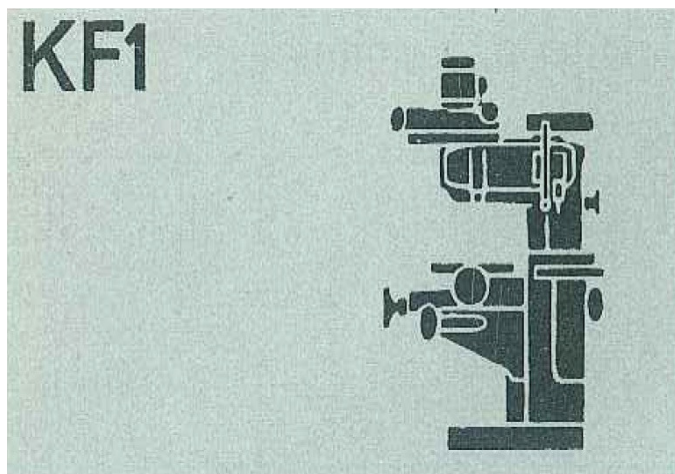


[5]

ГК21 А је дизајниран за тако да глодалица обрађује предмет обраде читавањем потребних димензија директно са цртежа. Она укључује елементе који рационализују руковање глодалицом за коју се до тада захтевао обиман посао од стране оператера па је смањено време израде и цена рада. Мере које се добију са цртежа или шаблона и оне које се измере са готовог радног комада су јако приближне. Ово је сада ствар прошлости све што је потребно је једноставан цртеж, прецизна скала и то би било довољно за управљањем машине за разлику од неких претходних времена када је оператер улаго пуно времена и труда да би се добио жељени део.

Додатне ознаке и линије на цртежу ће бити аутоматски урађене на делу као и након обраде могуће је додати обраду нових контура. Оптички скенер не само да чува шаблон од оштећења он такође смањује радно време машине (због аутоматизованог рада) и смањује време подешавања (због једноставности цртежа). Све операције могу бити поновљене без грешке у било које време зато што се цртежи лако чувају и лако репродукују. Систем оптичког скенирања може извршити операцију по унапред добијеним информацијама. Уколико желите да проширите неки отвор на жељену вредност можете то учинити и ручно. Увеличање може ићи од размере 1:1.5 све до размере 1:10. За остала увеличавања или умањења мора се цртеж умањити или увеличати. Такође се може добити и део као да се огледа у огледалу (заменења лева и десна страна) уколико се цртеж на провидној хартији само окрене. Ова машина није погодна само за рад на равним површинама већ и код обликовања и код окрентих делова. Слично томе овај метод копирања са цртежа може се користити и код гравирања. Након уклањања оптичке јединице за скенирање, машина ће обављати све нормално гравирање и копирно глодање као и сви остали ГК модели. На слици су приказани неки од делова који су урађени на пантографу ГК21 А.

6.4. Развој пантографа



Тродимензионални

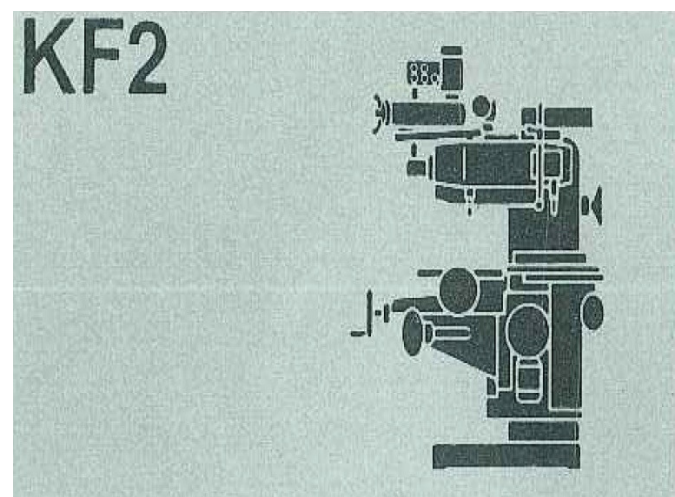
Размера: 1:1; 1:1,5 и 1:4

Радни простор: 410 x 450 мм
висина 430 мм

Снага мотора: 1,1/1,3 kW

Груба обрада: 60-1 000 о/м

Фина обрада: 350-20 000 о/м



Тродимензионални

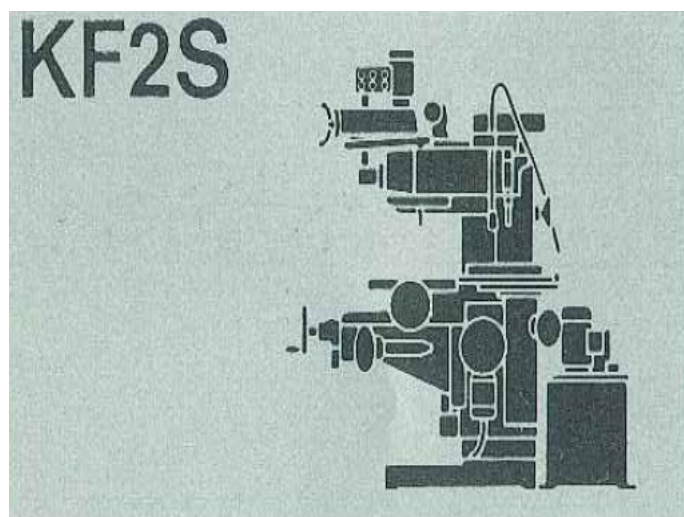
Размера: 1:1; 1:1,5 и 1:4

Радни простор: 510 x 450 мм
висина 475 мм

Снага мотора: 1,3/1,8 kW

Груба обрада: 80-1 000 о/м

Фина обрада: 500-20 000 о/м



Тродимензионални

Размера: 1:1; 1:1,5 и 1:4

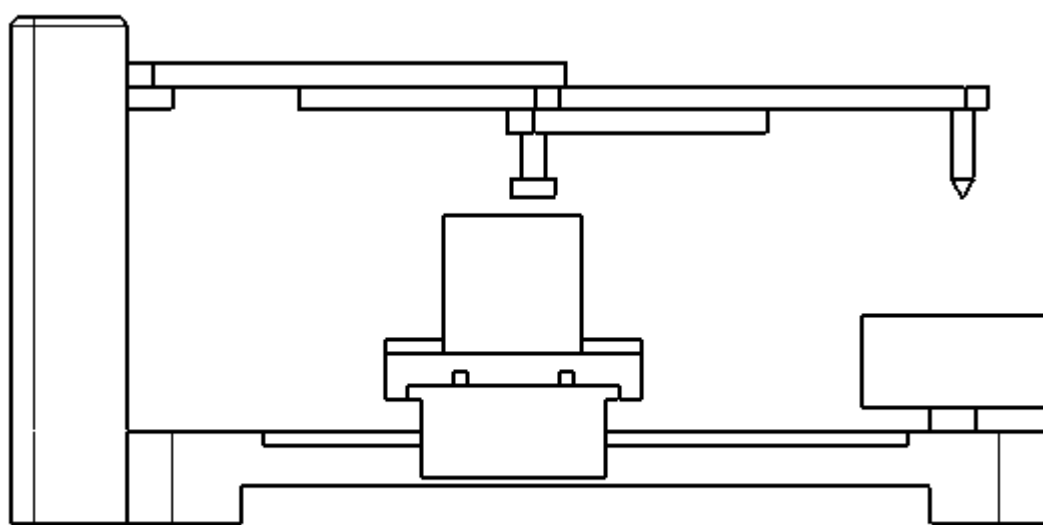
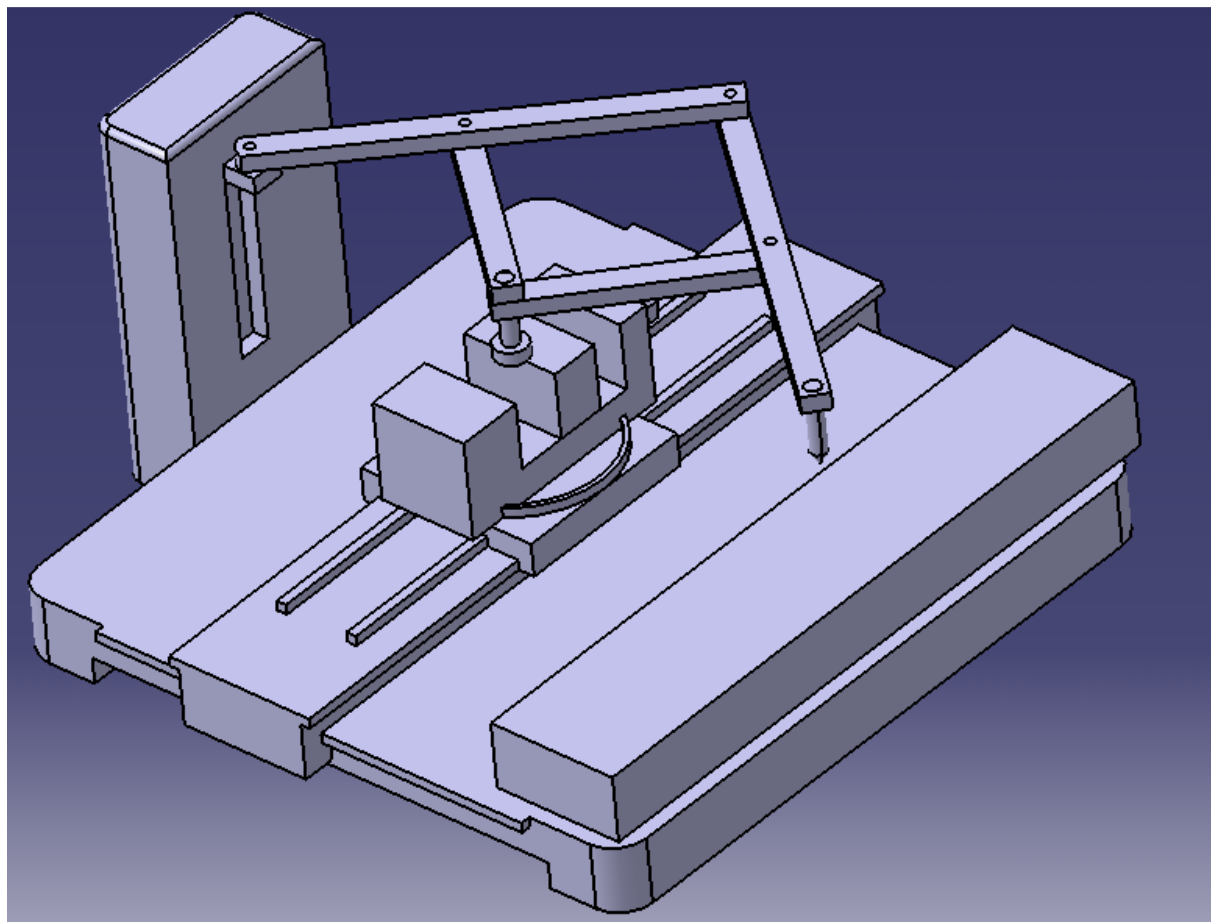
Радни простор: 680 x 620 мм
висина 475 мм

Снага мотора: 1,3/1,8 kW

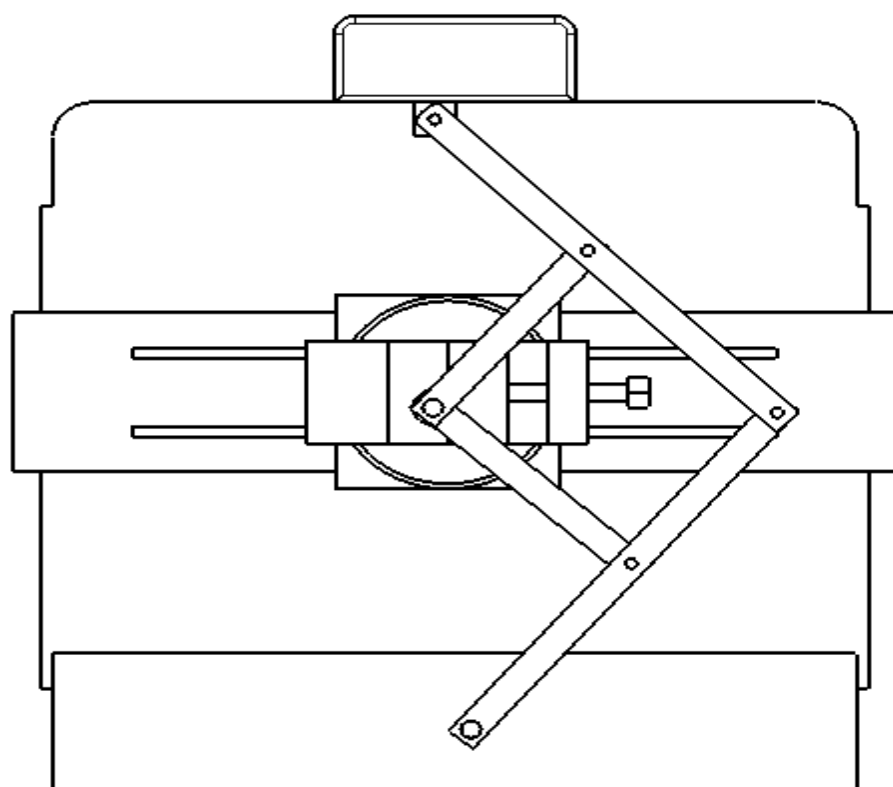
Груба обрада: 80-3 150 о/м

Фина обрада: 500-20 000 о/м

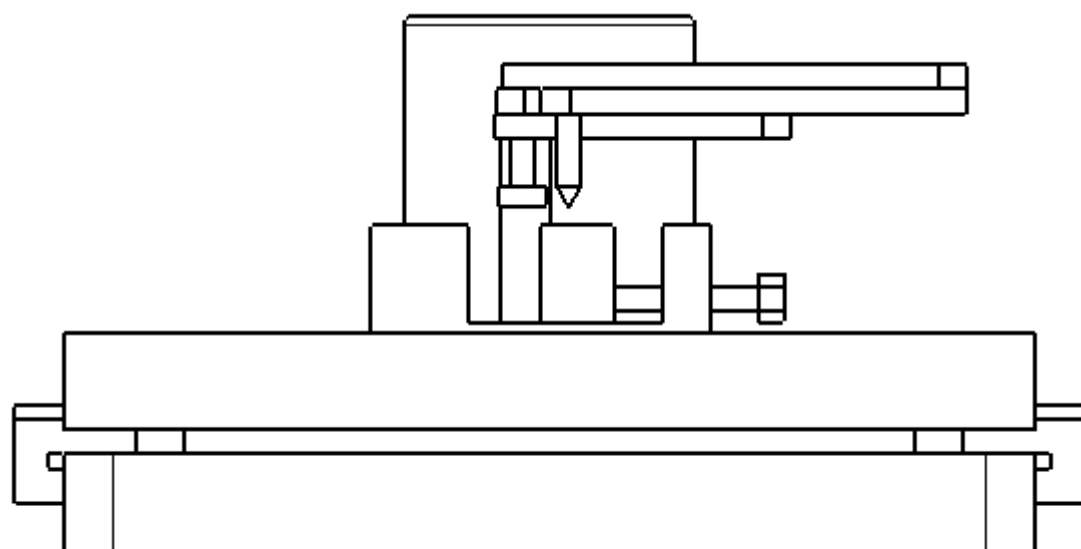
7. Пример измоделираног пантографа



Поглед са стране

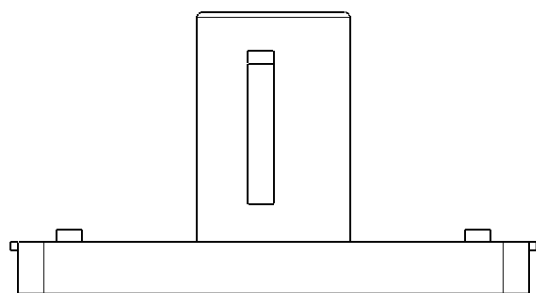


Поглед одозго

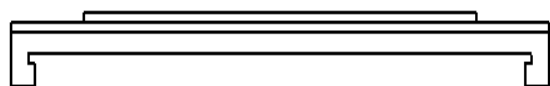
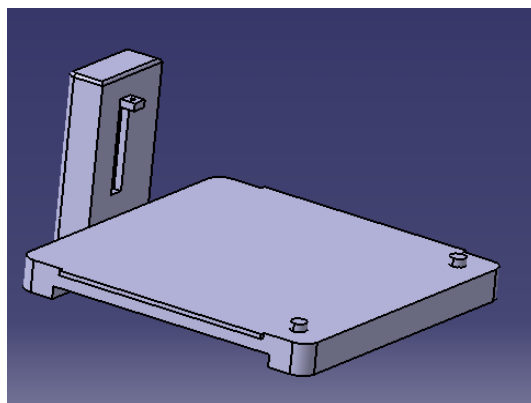


Поглед спреда

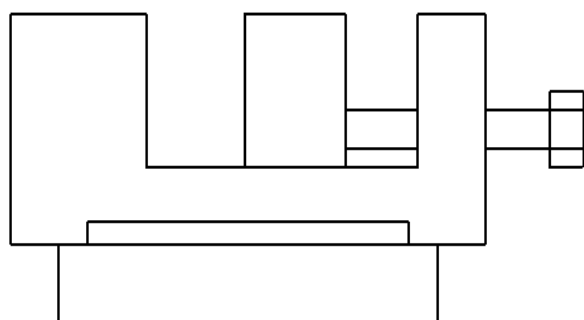
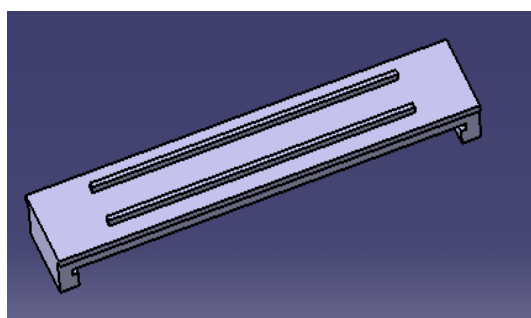
Делови измоделираног пантографа



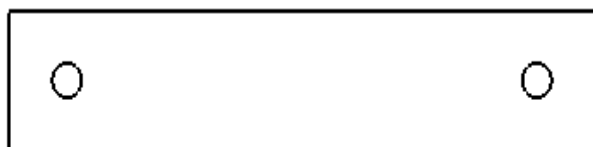
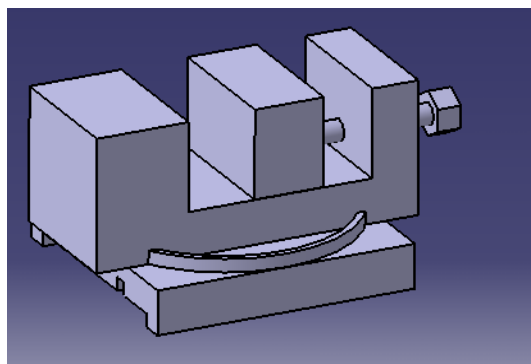
Постоље са мотором и вођењем



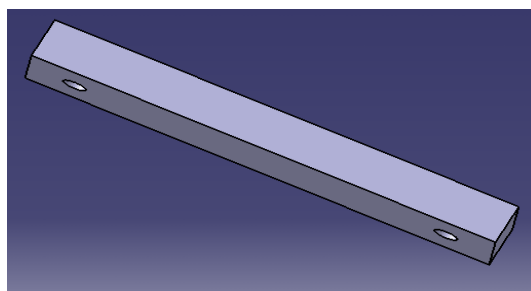
Радни сто на коме се поставља стега

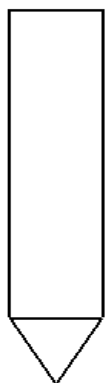


Стега

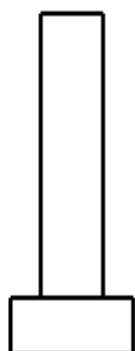
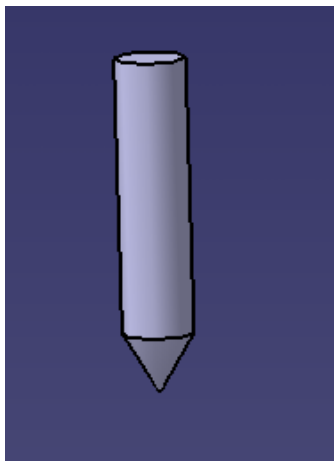


Сто на коме се поставља шаблон

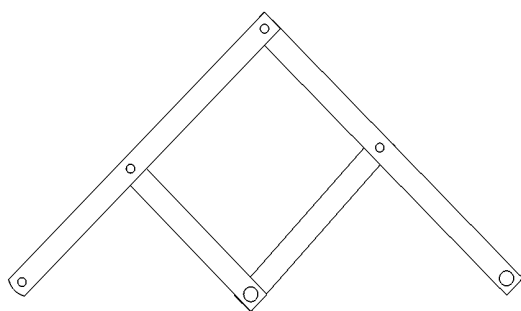
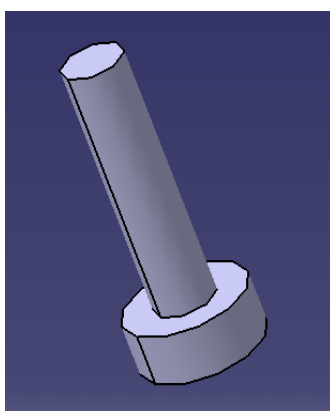




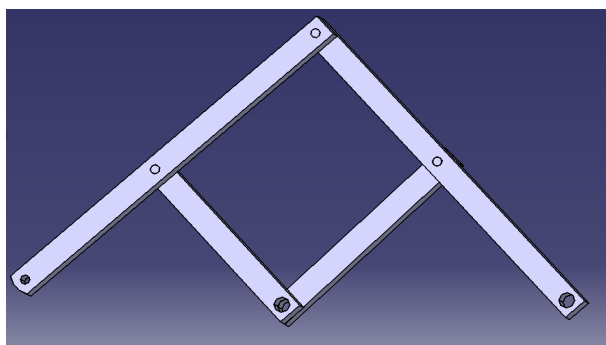
Копирни пипак



Глодало



Пантограф



8. Закључак

У савременом добу људи имају све веће потребе, самим тим и спектар, већ постојећих и свакодневно нових производа постаје све већи. Да би се задовољило тржиште и потребе сваког становника планете примењују се разне врсте копира који убрзавају производњу жељених делова. Користе се разне врсте копирних система, а то су: хидраулични, електрични и електрохидраулични копирни системи. Хидраулични копирни системи се више примењују код струга док електрични више код глодалице. Мада није искључено да се и на глодалици користе хидраулични и на стругу електрични. Поред тога у све већем броју случајева посвећује пуно пажње и естетском изгледу готових производа. Управо из тих разлога на свим пољима производње се користе копири јер у веома кратком временском року израђују предмете веома приближног облика као и жељени предмет.

Захваљујући генерацијама пре нас многи копири су детаљно испитани и објашњени што омогућава несметани напредак и развој индустрије, самим тим и цивилизације.

У овом раду споменуте су само неке од примена копира и њихова примена са којима се срећемо свакодневно, што само говори о томе колико олакшавају свакодневницу сваког човека, а да човек уопште није свестан њиховог значаја.

Копири су свуда око нас и чине обраду лакшом, продуктивнијом и економичнијом.

9. Литература

- [1] Светислав Захар: *Машине алтке 2*, Машински факултет, Крагујевац, 1997.
- [2] Богдан Недић: *Производне технологије, обрада метала резањем* Факултет инжењерских наука, Крагујевац 2007.
- [3] Сабахудин Екиновић: *Алатнхе машине*, Машински факултет у Зеници, 2004
- [4] <http://spectrum.library.concordia.ca/3065/1/NK16770.pdf> 19.08.2015
- [5] www.SterlingMachinery.com/Pantograph. 07.08.2015
- [6] <https://bs.scribd.com/doc/45105263/5/SISTEMI-KOPIRNOG-UPRAVLJANJA-SKU> 26.07.2015
- [7] <https://patents.google.com/patent/DE4216763C2/en?q=copy+lathe> 01.08.2015
- [8] <http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Copying+Lathe> 14.08.2015