

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Машине алатке

Број индекса: 4/2017

Александар В. Обућина

Преносници машина за израду папирне галантерије

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Богдан Недић, ред. проф. - ментор
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____



Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Основне студије: **Машинско инжењерство**

Студијско подручје (усмерење): **Производно машинство**

Име и презиме: **Александар Обућина**

Број индекса: **4/2017**

ПРИЈАВА ЗАВРШНОГ РАДА

Тема рада: **Преносници машина за израду папирне галантерије**

Задатак: У оквиру завршног рада потребно је да кандидат прикупи и изврши систематизацију података о елементима преносника машина са посебним акцентом на преноснике машина за израду папирне галантерије. У другом делу рада за описане елементе преносника машине за израду салвета фирме „9. Septembar Tissue Converting“, Чачак. На крају рада дати преглед прорачуна преносника, списак операција за израду делова преносника.

Завршни рад треба да садржи следеће целине:

1. Уводна разматрања
2. Елементи преносника машина алатки
3. Преносници машине за израду папирне галантерије
4. Опис и карактеристике преносника машине
5. Прорачун преносника и списак операција за њихову израду
6. Закључци
7. Литература

Ментор:

Др Богдан Недић, редовни професор

Крагујевац, 27.08.2020.

Резиме

У овом раду је приказана основна подела преносника, посебно је описана група механичких, пнеуматских, хидрауличних и електричних преносника. У оквиру групе механичких преносника описани су посебно зупчасти, каишни, фриксиони и ланчани преносници, док је код групе електричних преносника акценат стављен на фреквентне регулаторе. Дат је опис машине „DYNAMIX NC801“ по секцијама која је део производног асортимана компаније „9. Septembar Tissue Converting“, Чачак као и опис преносника на истој. Дати су конкретни примери преносника на овој машини, као и одрађени прорачуни преносника по секцијама посебно. На крају је дат списак операција производње преносника.

Кључне речи: преносници, зупчаници, каишници, фреквентни регулатори.

Abstract

In this paper, the basic division of transmissions is presented, a group of mechanical, pneumatic, hydraulic and electrical transmissions is described separately. Within the group of mechanical transmissions there are separately described gear, belt, friction and chain transmissions while in the electric transmitters group, the emphasis is placed on frequency regulators. A description is given of the „DYNAMIX NC801“ machine, by sections which is part of the company's product range of the company „9. Septembar Tissue Converting“ Čačak, and a description of the transmission. Specific examples have been given of the transmission on this machine, as well as the performed calculations of the gearbox by sections. Finally, a list of gear manufacturing operations is given.

Key words: transmission, gears, belts, frequency regulators.

Садржај

1. Увод.....	1
2. Подела преносника према конструкцији.....	3
2.1 Механички преносници.....	3
2.1.1. Зупчасти преносници.....	3
2.1.2. Фрикциони преносници.....	8
2.1.3. Каишни преносници.....	9
2.1.4. Ланчани преносници.....	13
2.1.5. Карактеристике механичких преносника.....	15
2.2. Претварачи кретања.....	18
2.2.1. Претварачи за главна кретања.....	19
2.2.2. Претварачи за помоћна и допунска кретања.....	21
2.3. Пнеуматски и хидраулични преносници.....	23
2.3.1. Пнеуматика.....	25
2.3.2. Хидраулика.....	26
2.4. Електрични преносници.....	29
2.4.1. Фреквентни регулатори.....	30
3. Преносници на машини за израду салвета.....	35
3.1. Опис рада и секција машине за салвете „DYNAMIX NC801“.....	36
3.1.1 Секција 1 (одмотач).....	38
3.1.2. Секција 2 (каландер и вучни ваљци).....	40
3.1.3. Секција 3 (савијање и сечење салвета).....	41
3.1.4. Секција 4 (транспорт салвета до пакерице).....	43
3.2. Прорачун преносника секције 1.....	44
3.3. Прорачун преносника секције 2.....	45
3.4. Прорачун преносника секције 3.....	47
3.5. Поступци израде преносника који се користе на овој машини.....	49
4. Закључак.....	50
5. Литература.....	51

1. Увод

Преносници снаге су се развијали упоредо са развојем машинства а њихова индустрија доживела је експанзију у XX и XXI веку. Елементи првих преносника који су били направљени од дрвета пронађени су на територијама: Кине, Индије, Египта и Месопотамије. Коришћени су код механизма за подизање терета и врата на пећинама, па тако и код млинова и уређаја за наводњавање. Сматра се да је први зупчаник направљен око 350. год. п.н.е., а први писани трагови о зупчаницима су из старе Грчке и Рима. Најсавременији преносници поседују изванредне радне карактеристике: велики преносни однос, велики степен искоришћења, компактну конструкцију, дуг и поуздан радни век, низак ниво вибрација и буке, ...

Подела преносника према намени [1]:

- Преносници за главно кретање
- Преносници за помоћно кретање

Подела преносника према врсти кретања [1]:

- Преносници за обртна кретања
- Преносници за праволинијска кретања

Подела преносника према конструкцији [1]:

- Механички преносници
- Хидраулични преносници
- Пнеуматски преносници
- Електрични преносници
- Комбиновани преносници

Подела преносника према променљивости преносног односа [1]:

- Преносници са константним преносним односом
- Преносници са степенасто променљивим преносним односом
- Преносници са континуално променљивим преносним односом

Пренос механичке енергије између погонске и радне машине врши се помоћу трансмисионих вратила, спојница и преносника. Разлика између трансмисионих вратила и спојница у односу на преноснике је што се код преносника може вршити трансформација броја обртаја, обртног момента и смер обртања.

Понекада је неопходно да се са једном погонском машином погони више радних машина, при чему се код неких погона положај оса вратила погонске и радне машине мења у процесу експлоатације. У неким случајевима неопходна је и промена броја обртаја радне машине у току експлоатације.

Због наведених разлога преносници имају велику примену у савременој машинској индустрији [1].

У другом поглављу наведене су основне информације о преносницима који имају примену у свим облицима машинске индустрије. У наведеним информацијама се разматра о врстама преносника, њиховим конструктивним решењима, као и њиховим предностима и манама.

Треће поглавље се базира на конкретним примерима преносника код машине за производњу салвета, дат је опис рада и секција машине за салвете „DYNAMIX NC801“ као и њене карактеристике. У овом поглављу биће приказан и прорачун преносника по секцијама.

На крају овог рада као четврто поглавље је закључак и у оквиру петог поглавља је коришћена литература.

2. Подела преносника према конструкцији

2.1 Механички преносници

Механички преносници су механизми који служе за пренос механичке енергије уз промену брзине кретања и одговарајућу промену обртног момента, понекада и промену облика као и закона кретања. Механички преносник се састоји од једног или од више различитих преноса. Код механичких преносника пренос снаге између погонске и радне машине заснива се на механичком принципу. Кретање и обртни момент се преносе помоћу тзв. везе обликом (зупчасти, ланчани, зупчасти каишни преносници, ...) или трењем (фрикциони преносници, каишни преносници, ...)

Ови преносници омогућавају следеће [2]:

- Економичан рад
- Извршавање задатка радне машине које захтевају честу поступну промену брзине кретања, јер обично погонске машине имају равномерно обртно кретање
- Регулисање брзине кретања и рад са великим обртним моментима, рад са различитим бројевима обртаја
- Повезивање погонске машине са радном машином и у случајевима када због губитака, техничких прописа, сигурности и сл. погонске машине не могу да буду непосредно везане са главним вретеном или извршеним деловима радне машине
- Остваривање одређених преносних односа са великом тачношћу. У општем случају механички преносници се користе за велике снаге и за постизање великих преносних односа између улазног и излазног вратила преносника.

2.1.1. Зупчасти преносници

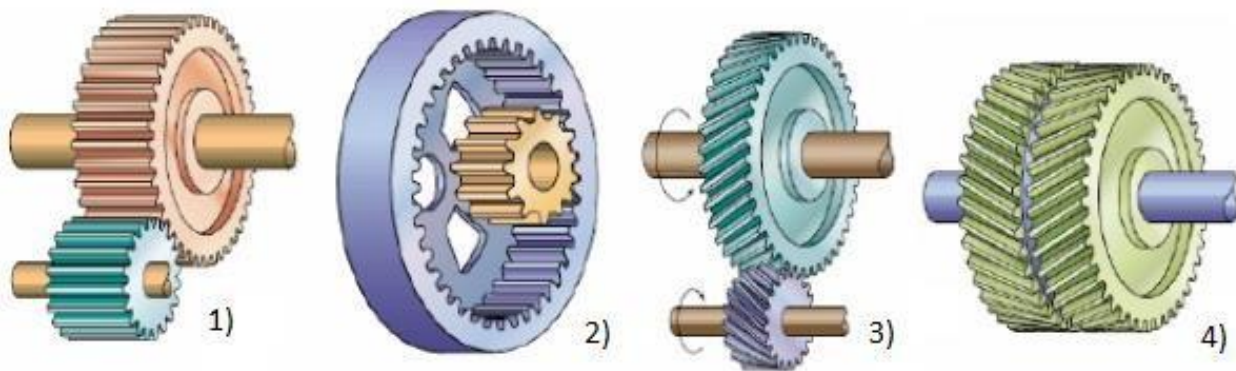
Преносе кретање и обртни момент са једног вратила на друго помоћу тзв. везе обликом, коју чини спрега зубаца зупчаника. При томе се врши и одређена трансформација броја обртаја и обртног момента. Најједноставнији зупчасти преносник састоји се од два зупчаника у спреси који чине зупчасти пар, један је погонски, а други је гоњени зупчаник. Погонски зупчаник преноси кретање и обртни момент на гоњени зупчаник. Најчешће коришћени механички преносници су управо зупчасти преносници, примењују се за широко поље оптерећења и велики дијапазон брзина. Преношење снаге врши се готово без губитака, имају веома дуг и поуздан радни век као и велику сигурност погона. Трошкови одржавања нису велики а стални преносни однос не зависи од величине оптерећења [3].

Према међусобном положају оса вратила погонског и гоњеног зупчаника разликују се [8]:

- 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)

Према облику зубаца, цилиндрични зупчасти преносници могу бити са (слика 2.1.) [8]:

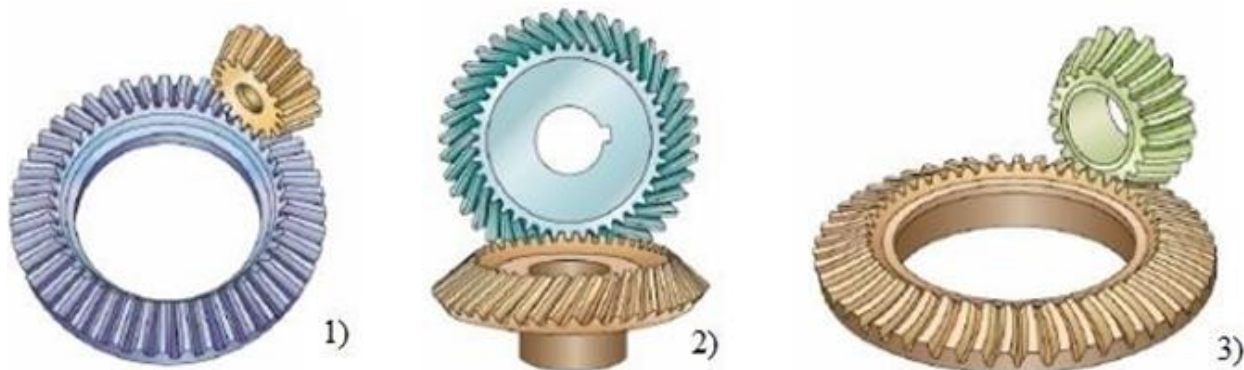
1. Правим зупцима (спољашње озубљење)
2. Правим зупцима (унутрашње озубљење)
3. Косим зупцима
4. Стреластим зупцима



Слика 2.1. Цилиндрични зупчасти преносници [8]

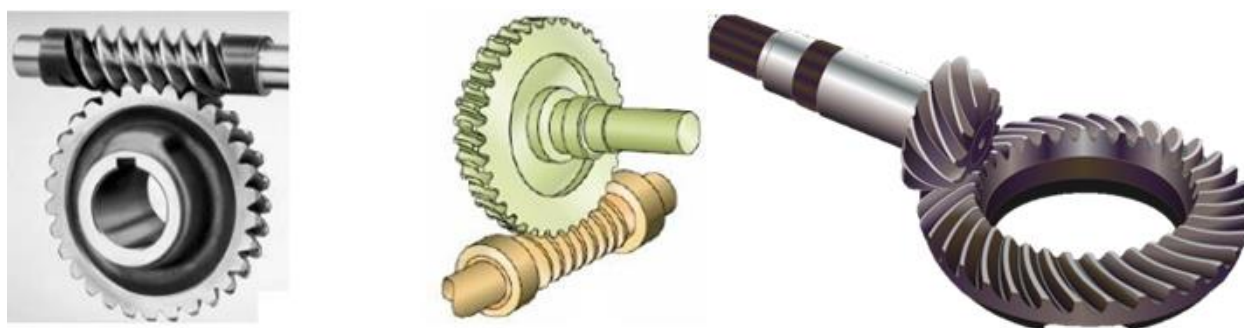
Према облику зубаца, конични зупчасти преносници могу бити са (слика 2.2.) [8]:

1. Правим зупцима
2. Косим зупцима
3. Завојним зупцима



Слика 2.2. Конични зупчасти преносници [8]

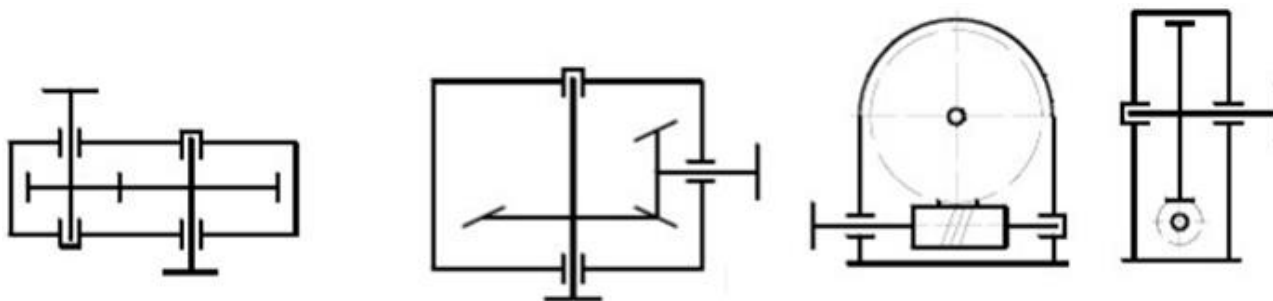
Преносници са коничним зупчаницима се користе за преносне односе до 6 и скупљи су од цилиндричних зупчаника. Чешће се користе за промену смера снаге а ређе за редукцију или мултипликацију обртног момента. Пправе се и као планетарни преносници, најчешће се користе код диференцијала. Хиперболоидни зупчасти пар (пужни пар) састоји се од пужа и пужног зупчаника. Представља врсту зупчастих преносника чије се осе мимоилазе, најчешће под углом од 90° . Пуж је најчешће погонски део преносника и тада се при преносу кретања врши редукција броја обртаја. Пужни преносници (слика 2.3.) имају способност остваривања веома великог преносног односа у једном степену (до 100), али им тада пада степен искоришћења, нпр. за $i=100$, $\eta=45\%$. Вишеходни пужеви имају већу искористивост, али мањи преносни однос. За разлику од већине зупчастих преносника пужни преносници раде веома тихо, а донекле имају способност пригушења вибрација [8].



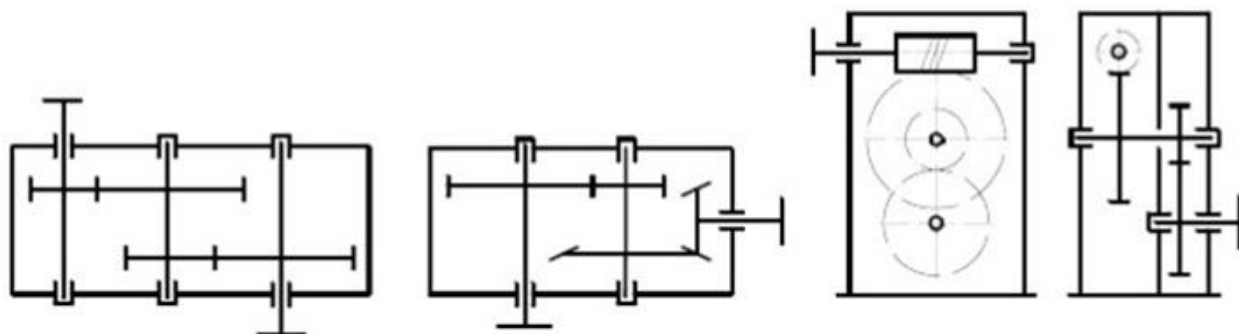
Слика 2.3. Хиперболоидни зупчасти парови [8]

Према броју парова радних органа зупчастих преносника, разликују се [8]:

- Једностепени преносници (слика 2.4.)
- Вишестепени преносници (слика 2.5.)



Слика 2.4. Једностепени преносници [8]

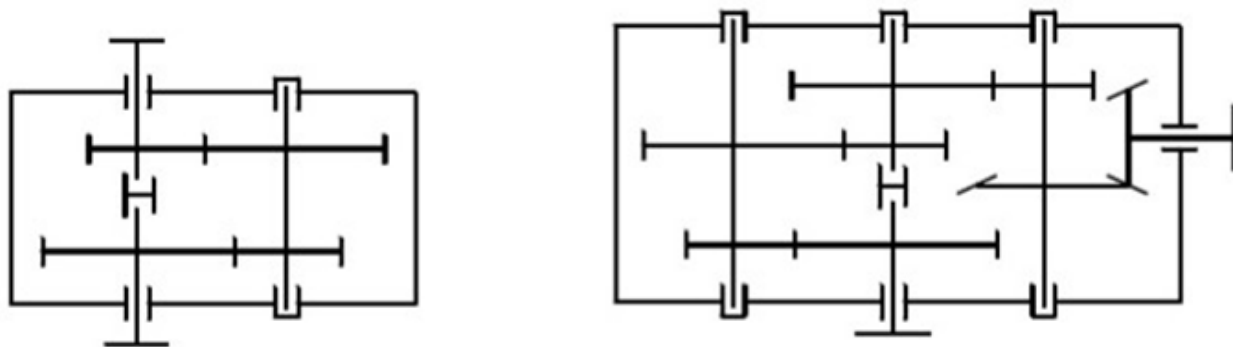


Слика 2.5. Вишестепени преносници [8]

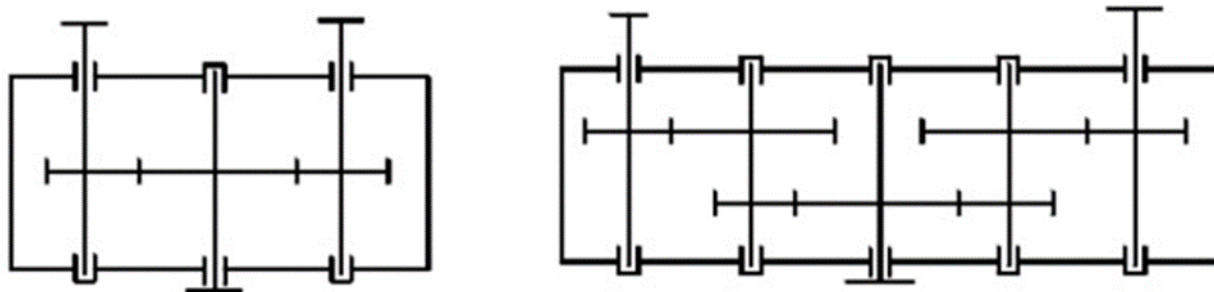
Колико ће се преноса употребити у преноснику и које врсте зависи од услова рада погонске и радне машине. С обзиром на кретање оса радних органа преносника у простору, механички преносници могу бити са (слика 2.6.) [8]:

- Непокретним осама радних органа преносника (стални или прикључни преносници)
- Покретним осама сателита (планетарни и диференцијални преносници)

Осе улазног и излазног вратила преносника могу да буду у хоризонталној, вертикалној и косој равни и да се оса улазног вратила не поклапа или да се поклапа са осом излазног вратила (слика 2.6.). Такође преносници се праве са више улазних и са више излазних вратила (слика 2.7.), тј. са гранањем снаге (нпр. бродски и аутомобилски преносници).



Слика 2.6. Преносници са затвореним кинематским ланцем, коаксијални преносници [8]



Слика 2.7. Преносници са гранањем снаге [8]

Тип преносника зависи од бројчане вредности радног преносног односа преносника i , тј. од односа угаоне брзине погонског (улазног) радног органа и угаоне брзине гоњеног (излазног) радног органа преносника. Узимајући у обзир ове зависности разликујемо следеће типове преносника:

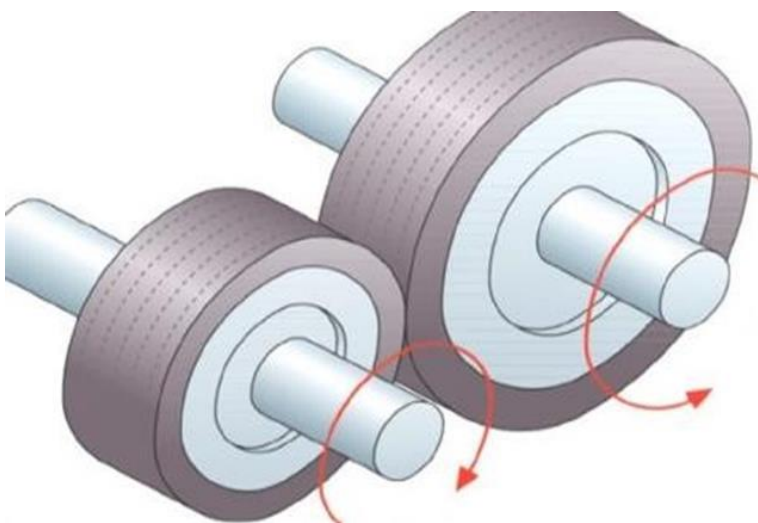
- Редуктор - радни преносни однос „ i “ је непроменљив и већи од један, па преносник смањује (редукује) угаону брзину, односно број обртаја идући од улазног ка излазном радном органу
- Мултипликатор – радни преносни однос „ i “ је непроменљив и мањи од један, па преносник увећава (мултиплицира), угаону брзину, односно број обртаја идући од улазног ка излазном радном органу
- Мењач брзине
- Варијатор брзине

Основна предност зупчастих парова је тачан кинематски преносни однос, поред тога предности зупчастих парова су мале димензије, висок степен искоришћења (изузев хиперболоидних зупчастих парова), велика издржљивост и трајност у раду, примена у веома широком дијапазону снага, бројева обртаја, преносних односа, ...

Недостатак зупчастих преносника је потреба за великом тачношћу израде, хабање и трошење у раду, велика крутост у преносу снаге вибрације и бука и друго. Због буке и вибрација погодно је на улазу зупчастих преносника поставити еластичну спојницу [3].

2.1.2. Фрикциони преносници

На сваком вратилу има по један чврсто пресован фрикциони точак, који се међусобно додирује са другим под притиском (слика 2.8.). Код ових преносника услед међусобног притискивања точкова нормалном силом, јавља се при раду између точкова гранична сила трења која мора, при преносу без клизања, да буде једнака или већа од обимне силе коју треба пренети. Фрикциони преносници се примењују за преноснике чија се вратила секу или су паралелна, за претварање обртног кретања у праволинијско или за претварање обртног кретања у завојно. Ови преносници могу да се израђују са чврстим фрикционим телима и са елементима еластичне везе. Фрикциони преносници су најједноставније средство за преношење снаге и кретања. Најчешће се користе као редуктори или као варијатори брзине [7]. Израђују се најчешће за снаге до 25 kW и обимне брзине до 25 m/s.



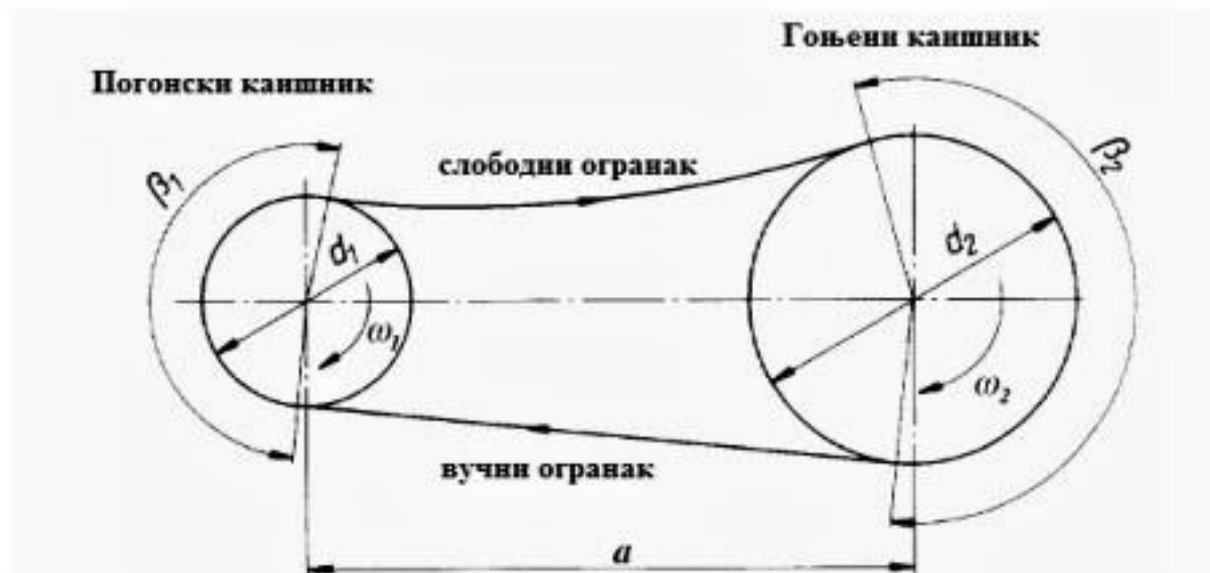
Слика 2.8. Фрикциони точкови [7]

Фрикциони преносници који омогућавају континуалну промену преносног односа називају се варијатори и смештени су у посебна кућишта. Принцип рада варијатора може се објаснити на два основна примера [7]:

1. Варијатор са цилиндричним точковима
2. Варијатор са коничним точковима

2.1.3. Каишни преносници

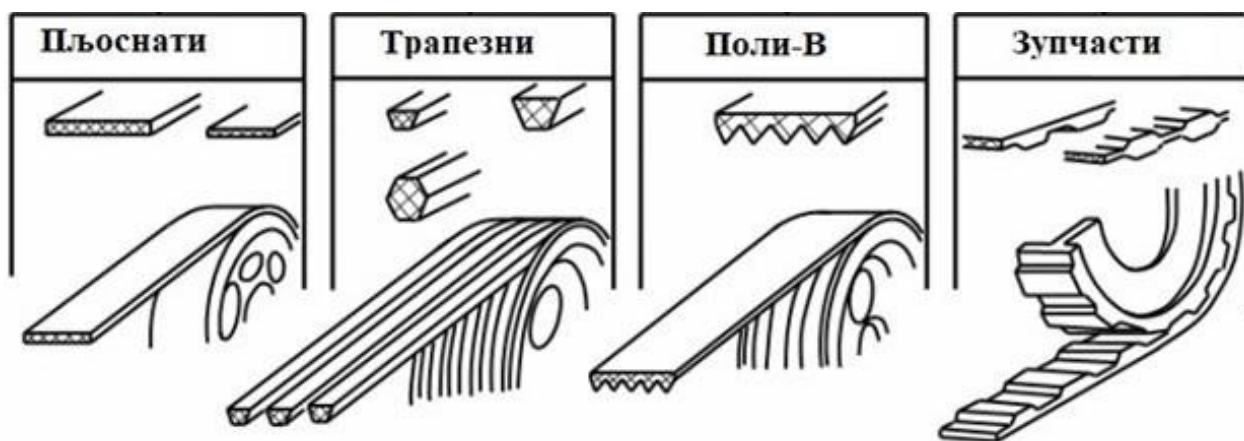
Састоје се од два точка (каишника) и каиша пребаченог преко њих, који их спаја у једну целину (Слика 2.9.). Каишни преносници преносе снагу и кретање између вратила која могу бити на великом међуосном растојању, како за паралелна тако и за мимоилазна вратила. Истовремено се може преносити снага и између већег броја вратила, од којих је једно по правилу погонско, а остала гоњена. Величина обимне силе коју треба пренети трењем од каишника на каиш и обрнуто, једнака је разлици сила које се јављају при раду у радном и слободном огранку ремена. Једноставне су израде, пригушују вибрације, омогућавају еластичан пријем удараца погонске машине, а са друге стране великих су габарита. Јавља се клизање, тј. проклизавање и веће оптерећење вратила и ослонаца. Код вишеременског клинастог преноса постоје могућности преноса великих снага, али постоје проблеми при расподели оптерећења по ширини ременице [8].



Слика 2.9. Шематски приказ каишног пара [8]

Према облику профила каиша, каишни преносници се деле на (слика 2.10.) [8]:

- Каишни преносник са пљоснатим каишем (омогућава пренос снаге између вратила са већим осним растојањем, између укрштених и мимоилазних вратила, рад са већим обимним брзинама и истовремено већег броја вратила. Пренос снаге се обезбеђује посредством силе трења.)
- Каишни преносник са трапезним каишем (називају се и ремени преносници. Преносе снагу између вратила са мањим осним растојањем, дозвољавају већи преносни однос и предвиђени су за пренос средњих снага. Пренос снаге се обезбеђује посредством силе трења.)
- Поли-В („Poly-V“, слични су као пљоснати само сложеније геометрије, пренос снаге се обезбеђује посредством силе трења.)
- Зупчасти каишни преносник (разликују се од каишних и ремених преносника, спадају у синхроне преноснике, односно обезбеђују константни преносни однос. Пренос снаге се обезбеђује посредством зубаца, дакле везом облика.)

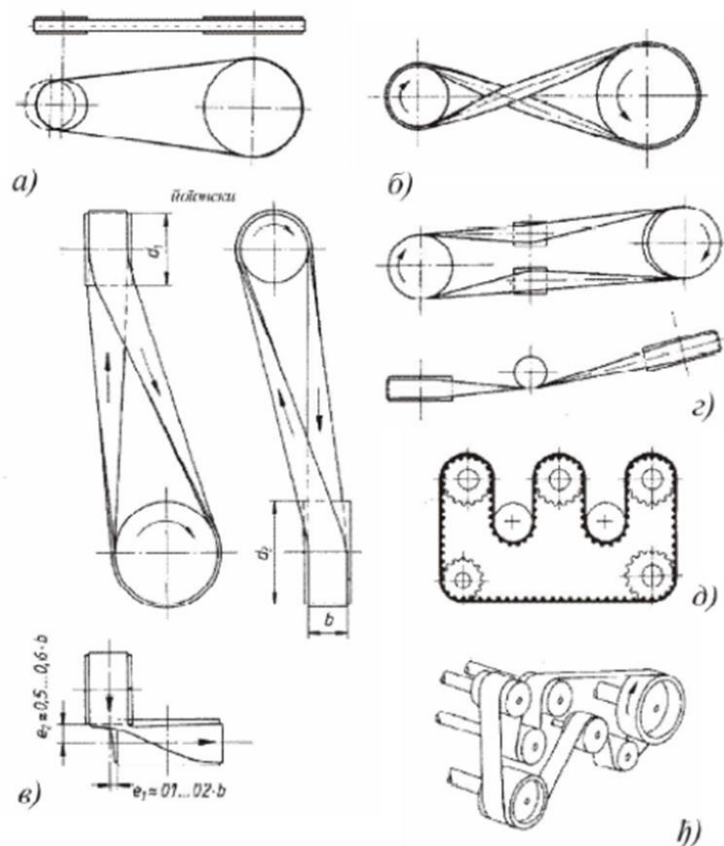


Слика 2.10. Облици профила каиша [8]

Према положају оса каишника и потребном смеру обртања, разликују се (слика 2.11.):

1. Отворени каишни преносник (слика 2.11.а), (може бити постављен хоризонтално, косо или вертикално. Смерови окретања погонског и гоњеног вратила су исти.)
2. Укрштени каишни преносник (слика 2.11.б), (може бити изведен хоризонтално, косо или вертикално. Смерови окретања погонског и гоњеног вратила супротни. Због опасности оштећења каиша примењује се само када је то неопходно.)

3. Полуукрштени каишни преносник (слика 2.11.в), (преноси снагу између мимоилазних вратила и примењује се само код плоснатих каишева. У овом случају неповољно је напрезање каиша.)
4. Угаони каишни преносник (слика 2.11.г), (преноси снагу између два вратила под произвољним углом. Могућа је примена само код плоснатих и евентуално зупчастих каишева.)
5. Вишеструки каишни преносник (слика 2.11.д,ђ), (користи се за погон већег броја вратила истовремено, при чему је само једно вратило погонско, а остала су гоњена.)



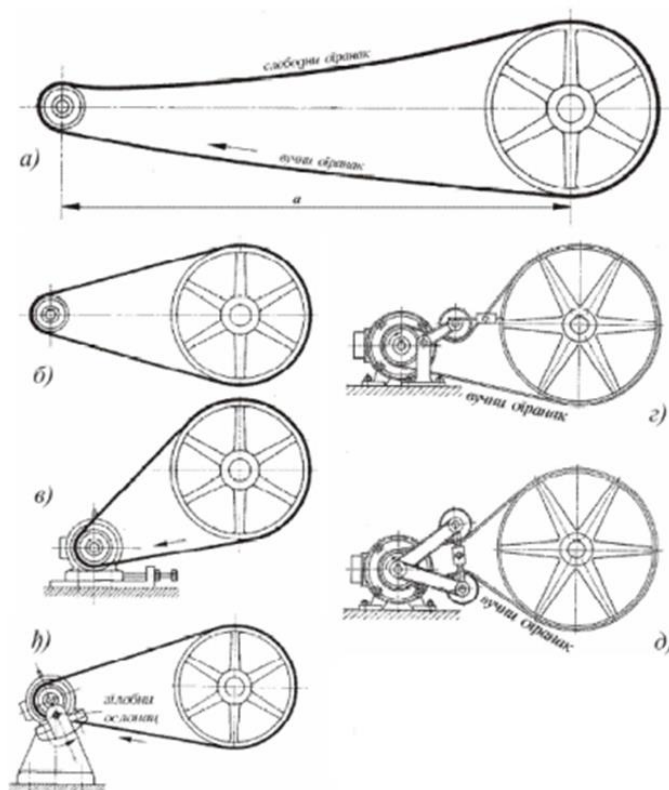
Слика 2.11. Конструкциона извођења каишног преноса [8]

За обезбеђивање силе трења између каиша и каишника неопходна је одговарајућа притисна сила, која се остварује затезањем каиша. Најбоље је да сила притезања буде пропорционална обимној сили. Међутим због издужења каиша у току рада, то није једноставно остварити. У пракси се потребна сила притезања остварује на више начина.

- Сопственом тежином каиша (слика 2.12.а). Ово је могуће остварити код веома удаљених вратила, где плоснати каиш сопственом тежином врши затезање.

Осно растојање је при томе $a \geq 5m$, а вучни огранак је обично са доње стране, чиме се повећава обвојни угао.

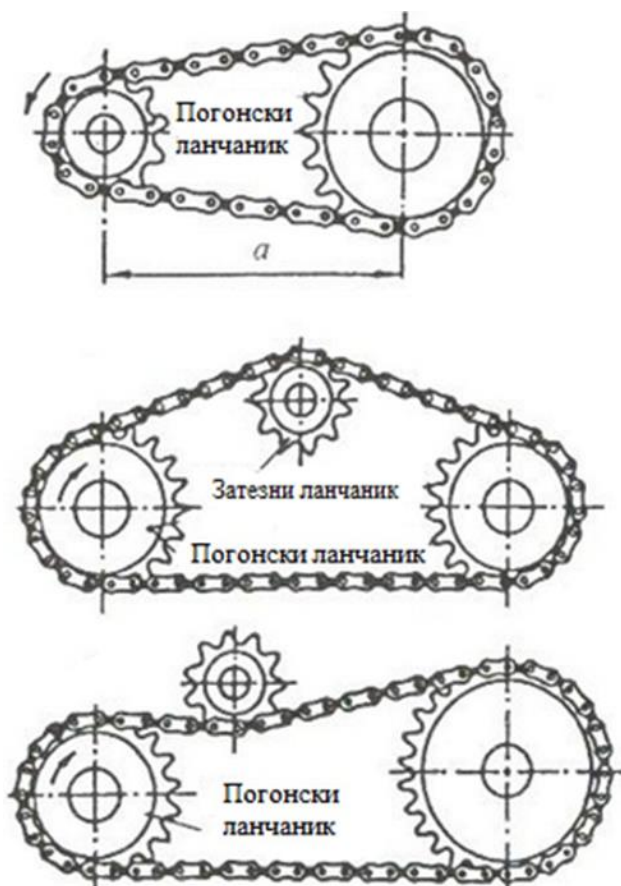
- Еластичним издужењем каиша (слика 2.12.б,в). Пре почетка рада повећањем основг растојања каиш се еластично издуже и на тај начин се остварује потребна сила притезања. Међутим, временом еластичне деформације прелазе у трајне, па је потребно повремено додатно притезање каиша.
- Помоћу котура затезача (слика 2.12.г,д). Котур затезач делује на каиш са спољашње стране и затеже га, сила притезања остварује се помоћу тега или опруге. На овај начин код преносника са малим осним растојањем истовремено се повећава и обвојни угао (слика 2.12.д), што позитивно утиче на носивост преносника. Међутим напони у каишу услед савијања су наизменично променљиви, што смањује радни век каиша. Препоручује се да пречник котура затезача не буде мањи од пречника мањег каишника.
- Преко реактивног обртног момента (слика 2.12.ђ). Зглобним ослањањем електромотора на чијем вратилу је постављен мали каишник, реактивни обртни момент затеже каиш. Сила притезања каиша пропорционална је обртном моменту, односно на овај начин врши се аутоматска регулација силе притезања каиша.



Слика 2.12. Конструкција извођења каишног преносника [8]

2.1.4. Ланчани преносници

Ланчани парови се у основи састоје из два назубљена точка (ланчаника и посредника) и ланца. Пренос кретања и обртног момента остварује се постављањем ланца на ланчаник, чији зупци улазе између чланака ланца и преносе кретање са погонског на гоњени ланчаник. С обзиром на начин преноса снаге и кретања, онемогућено је клизање и проклизавање које је присутно код каишних преносника. Тиме се постиже константан преносни однос. Један крак ланца (дужина између осног растојања) назива се радни или вучни, а други крак слободни. Пожељно је да горњи крак буде вучни, у супротном је потребан затезни ланчаник. Радни крак увек наилази на погонски ланчаник и по правилу треба да је са доње стране. Да би се повећао захват између ланца и ланчаника, користи се затезни ланчаник или посебан механизам [8]. На слици 2.13. је приказан ланчани пар и ланчани парови са затезачем.



Слика 2.13. Примери ланчаних парова [8]

Ланчани парови преносе снагу и обртни момент од извора енергије (погонске машине) до потрошача (радне машине). Примењују се при малим и великим брзинама (30 до 50 m/s), такође и када је неопходан рад без проклизавања. Један ланац може преносити снагу на више вратила истовремено, при различитим осним растојањима ланчаника.

Поделу ланаца према основним карактеристикама, које испољавају у експлоатацији, могуће је поделити у три основне групе [4]:

- Погонски
- Теретни
- Вучни

Погонски ланци су најраспрострањенији. Примењују се како при малим, тако и при већим брзинама (од 30 до 35 m/s). Један ланац може преносити снагу на више вратила истовремено, при различитим осним растојањима ланчаника. Степен корисног дејства ове групе ланаца углавном зависи од рада силе трења у зглобу и при најбољим условима, достиже вредност од 0.97 до 0.99. У групу погонског ланца спадају: ваљкасти, чаурасти и зупчасти.

Теретни ланци служе за вешање, дизање и премештање терета код котурача, витла, дизаличних уређаја, хидротехничких објеката и других механизма периодичне примене. Раде у условима малих брзина од 0.25 до 0.5m/s. Веома им је ретка употреба код ланчаних преносника и ланчаних уређаја непрекидног дејства.

Вучни ланци служе за транспорт и премештање терета код транспортних машина: конвејера, дизалица ескилатора, елеватора и других ланчаних уређаја. Брзина кретања ове групе ланаца обично не прелази 2 m/s [4].

Према врсти погонског ланца могу се поделити на [1]:

- Ваљкасте
- Чаурасте
- Зупчасте
- Ланце са осовиницама
- Специјалне ланце

Према положају гоњеног вратила [1]:

- Хоризонталне
- Нагнуте
- Вертикалне

2.1.5. Карактеристике механичких преносника

У оквиру овог поглавља су представљене карактеристике раније поменутих преносника са њиховим предностима и манама [3]:

Предности цилиндричних зупчаника са правим зупцима:

- тачан кинематски преносни однос
- мале димензије у односу на снагу и обртни момент који преносе
- велики степен искоришћења (изузев хиперболоидних з.п.)
- велика издржљивост и трајност у раду
- примена у веома широком дијапазону снага, бројева обртаја, преносних односа

Недостаци цилиндричних зупчаника са правим зупцима:

- захтевају велику тачност израде
- хабање у раду
- велика крутост система
- присуство вибрација и буке

Предности цилиндричних зупчаника са косим зупцима:

- зупчаници постепено улазе и излазе из спреге
- услед тога, рад зупчаника је знатно мирнији и тиши, а бука и вибрације су мање, што доприноси њиховој динамичкој стабилности
- због постепеног оптерећивања зубаца по ширини, јединично оптерећење по ширини зупчаника је мање, па се могу пренети веће снаге
- мања је опасност од подсецања зубаца јер је гранични број зубаца већи па је самим тим и мања потреба за померањем профила алата при изради ових зупчаника
- степен спрезања је већи, јер је више парова зубаца истовремено у спреси
- мање су осетљиви на грешке при изради

Недостаци цилиндричних зупчаника са косим зупцима:

- постојање аксијалне силе
- сложенија израда. За израду цилиндричних зупчаника са косим зупцима могу се користити исти алати у облику зупчасте летве као и код цилиндричних зупчаника са правим зупцима. При томе се алат заокреће за угао нагиба зубаца β у односу на осу зупчаника

Предности пужних преносника:

- врло велики преносни однос ($5 < u < 70$)
- миран и тих рад, пригушивање динамичких удара и вибрација (услед клизања зупца по зупцу)
- велика носивост
- дуготрајан рад
- могу бити самокочиви
- обично су мањих димензија у поређењу са осталим зупчастим преносницима, лакши су и једноставнији

Недостаци пужних преносника:

- Низак степен искоришћења
- Велико загревање

Предности фрикционих преносника:

- једноставна и тачна израда радних површина фрикционих точкова
- равномеран рад без промене преносног односа, па се користе и код великих угаоних брзина
- промена смера окретања без појаве зазора у преноснику
- бешуман рад, нарочито ако су површине точкова израђене од мекших материјала
- лако укључивање и искључивање у току рада
- лака монтажа и демонтажа
- могућност осигурања система од преоптерећења
- континуална промена преносног односа

Недостаци фрикционих преносника:

- велико оптерећење вратила и ослонаца (зависно од врсте материјала фрикционих точкова нормална сила је 1,5...50 пута већа од обимне силе)
- велики притисак између додирних површина, јер је нормална сила велика, а додирна површина мала, што има за последицу знатно хабање
- слабо пригушење ударних оптерећења
- потреба за уређајем за остваривање одговарајуће нормалне силе

Предности примене каишних преносника:

- бешуман рад, могућност пригушења ударних оптерећења (изузимајући зупчасте каишне преноснике)
- једноставно конструкционо извођење, без захтева за високом тачношћу израде, тако да им је цена ниска
- неосетљиви су на краткотрајна преоптерећења, јер долази до проклизавања, чиме се систем штити од преоптерећења (изузимајући зупчасте каишне преноснике)
- могу да пренесу велику специфичну снагу у односу на тежину
- могу да раде са високим обимним брзинама
- омогућавају спајање веома удаљених и истовремени погон већег броја вратила

Недостаци примене каишних преносника:

- велико оптерећење вратила и лежаја (радијална сила је већа у односу на обимну за 1,2 пута код зупчастих, за 1,7 пута код трапезних, и за 2,5 пута код плjosнатих)
- еластично клизање до 2% у зависности од вредности обимне силе
- код плjosнатих и трапезних каишева не може се обезбедити константни преносни однос
- висока осетљивост на утицај околне средине (температура, влага, прашина, уље, ...) што смањује коефицијент трења и носивост преносника
- радна температура је ограничена (-20°C до $+60^{\circ}\text{C}$, изузетно -50°C до $+80^{\circ}\text{C}$)
- могућа појава статичког електрицитета приликом рада
- некомпактност конструкције у односу на зупчасте и ланчане преноснике

Предности примене ланчаних преносника:

- мале димензије
- пренос снаге обвојним елементом - ланцем без проклизавања
- релативно дуг радни век
- висок степен искоришћења
- мали трошкови одржавања
- мање оптерећење вратила и лежајева
- неосетљивост према повишеној температури и влази
- могућност повезивања већег броја паралелних вратила једним ланцем

Недостаци примене ланчаних преносника:

- хабање елемената ланца услед чега долази до повећавања корака, односно, издужења ланца
- неравномерност брзине гоњеног ланчаника у току једног обрта
- нееластични пренос обртног момента
- повезивање само међусобно паралелних вратила
- скупљи су од ремених преносника
- стварају буку у току рада

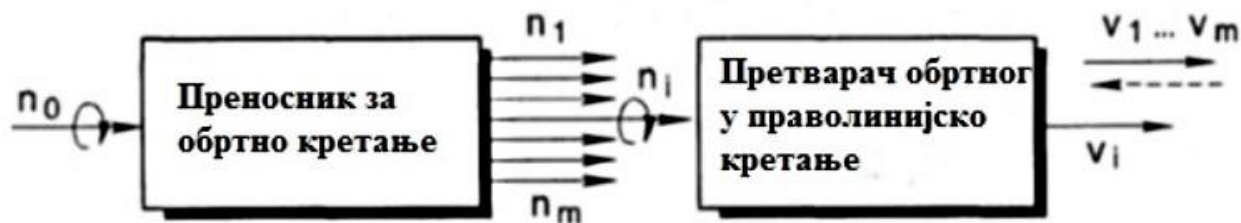
2.2. Претвараачи кретања

Потреба за праволинијским кретањем извршних и других помоћних органа јавља се скоро код свих машина алатки. Код неких је то везано само за остваривање помоћних кретања резног алата или предмета обраде, код других за главно кретање и помоћно кретање, а код неких и за разна допунска кретања везана не само за основну функцију машине, већ и за системе аутоматизације. Да би се ова кретања могла остварити код машина код којих погонски агрегат даје обртно кретање (а то је скоро увек случај), морају постојати посебни механизми за претварање обртног у праволинијско кретање, или краће речено претвараачи кретања. Обзиром да се и овде ради о преносу снаге и кретања, ови механизми (кинематски системи) се понекад називају и преносницима за праволинијска кретања. Претвараачи кретања, који представљају последњу карику у кинематском ланцу преноса снаге и кретања од погонског агрегата до праволинијско вођених извршних органа, морају да задовоље бројне захтеве, међу којима су најважнији [4]:

- Обезбеђење заданог закона измене брзине кретања или задатог пута померања, код неких машина се захтева константна брзина кретања
- Висока осетљивост, тј. способност остваривања померања на кратким путевима и са веома малим брзинама померања
- Довољна крутост система која у великој мери утиче на статичке и динамичке грешке вођења извршног органа машине
- Одсуство зазора у елементима система, посебно у случајевима када карактер кретања или дејство спољњег оптерећења може утицати на промену ових зазора

У зависности од захтеваних брзина кретања и дужина потребних ходова извршних органа, постоје различите конструкције ових механизма, као и њихове различите поделе. Како се, међутим, неки од претвараача кретања примењују и за мале и велике брзине, односно за мале и веће ходове, можда је најадекватније да се изврши једна генерална подела на претварааче кретања код преносника за главна и претварааче кретања за помоћна кретања и остала кретања. У прву групу се условно сврставају разни механизми криваје, а у другу разни кинематски парови као што су завојно вретено и навртка, зупчаник и зупчаста летва, пуж и пужаста летва, брегасти и кривуљни механизми и други.

Мада се конструкцијом ових преносника и наравно, избором врсте, може утицати на брзину праволинијског кретања, потребна промена брзине у току рада се обично остварује посебним ступњевима или континуалним преносником, којим се на улазу претварачима кретања (погонско вратило претварача) доводи одговарајући број обртаја (слика 2.14.) [4].



Слика 2.14. Прмена брзине праволинијског кретања [4].

2.2.1. Претварачи за главна кретања

У зависности од потребних дужина ходова алата или предмета обраде, као и претварача за главна кретања, примењују се било разни кривајни механизми било зупчасти или пужасти кинематски парови. Први се примењују углавном код машина са краћим ходовима (од 400 до 800 mm, ређе до 1000mm), док дужи ходови захтевају другу врсту претварача, јер би при тим дужим ходовима (који могу бити и неколико метара) кривајни механизми имали неприхватљиво велике димензије [4].

Кривајни механизми

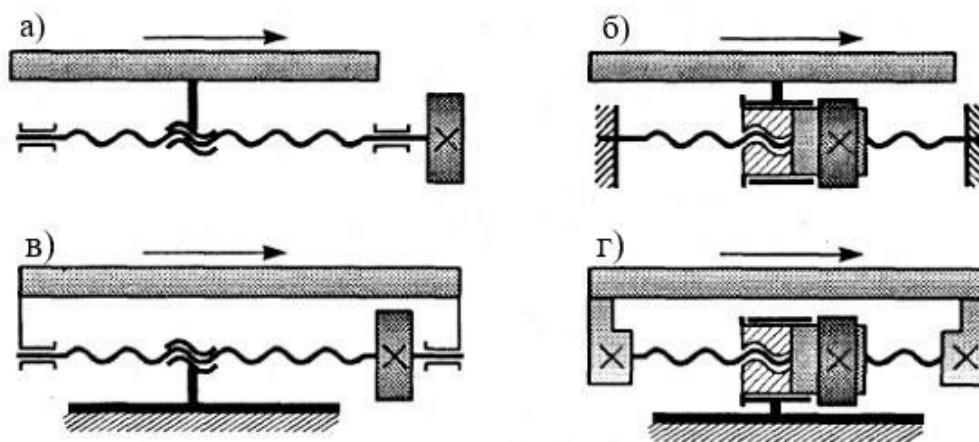
Основна заједничка одлика ових механизма је да се обртно кретање, које са константном угаоном брзином доводи до погонског вратила криваје, као основног елемената у систему, претвара на излазу у неједнако (реверзибилно) кретање. То значи да се код ових механизма у току једног обртаја криваје остварује један пун циклус кретања извршног органа: из једне крајње “мртве” тачке до друге, промена смера и повратак у почетну позицију и тако даље, све док се не заустави обртање криваје. При томе није потребан никакав посебан механизам или елеменат за промену смера праволинијског кретања. Прост механизам криваје представља најједноставнију варијанту ових механизма. Састоји се из криваје (1), кривајне полуге (2) и клизача (3), (слика 2.15.) који се креће по својим вођицама. Из посебног преносника за обртно кретање, или директно са вратила мотора, предаје се криваји, која се окреће око тачке А, константан број обртаја, тако да други крај ове криваје тачка В има константну обимну брзину $v=0$. У тачки В криваје, зглобно је везана кривајна полука, чији је други крај С, такође зглобно, везан за клизач. Како се клизач налази на вођицама које обезбеђује његово праволинијско кретање, јасно је да ће кривајна полука вршити једно раванско кретање. Како је радни ход дефинисам крајњим положајима клизача,

2.2.2. Претварачи за помоћна и допунска кретања

У зависности од врсте машине, претварачи кретања који обезбеђују помоћно праволинијско кретање изводе се обично у виду зупчастог пара (зупчаник зупчаста летва) или у виду завојног пара (завојно вретено навртка). Зупчasti пар се најчешће среће код разних врста стругова и бушилаца, док се код стругова за резање навоја, глодалица и већине других машина као претварач обртног у помоћно праволинијско кретање користи завојни пар [4].

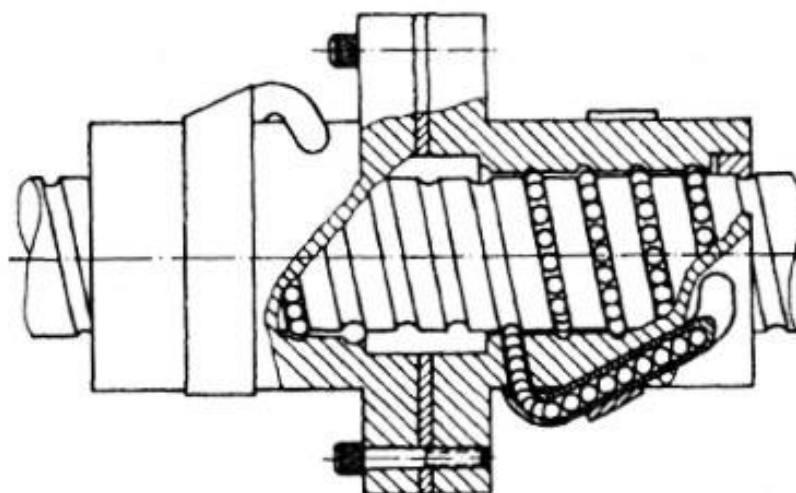
Завојни пар

Веома често примењиван претварач кретања код машина алатки је кинематски пар завојно вретено навртка, посебно у случајевима где се захтева повишена тачност кретања и строга зависност од главног кретања. Његова примена код вертикално вођених органа машине је обавезна обзиром да овај завојни пар поседује особину самокочења. Мали коефицијент искоришћења снаге условљава да се примењује углавном за пренос малих снага, што искључује (са малим изузецима) његову примену код главних кретања машина алатки. Обзиром на начин остваривања контакта бокова зубаца вретена и навртке, односно од трења које се у том контакту јавља, постоје две врсте ових претварача: завојни пар на бази клизања и завојни пар на бази котрљања. У првом случају се користе завојно вретено и навртка са стандардним правоугаоним или трапезним профилом, корака 6 до 12 mm (код већих пречника вретена корак може да буде и већи), док се у другом случају између вретена и навртке постављају котрљајући елементи који у многome смањују трење, а са тим и губитак снаге при претварању кретања и дужи век трајања. Без обзира који се завојни пар користи, заједничко им је то да се уградња може извршити на више начина (слика 2.17.). У првом примеру на слици (а) навртка је причвршћена на покретни део (радни сто машине), док је завојно вретено улежиштено у постоље машине, а преко зупчаника добија потребан број обртаја из преносника за обртно (углавном помоћно) кретање. Обртање аксијално непокретног вретена доводи до аксијалног кретања навртке, која је у овом случају обезбеђена против окретања. У другом случају (б) је завојно вретено непокретно и чврсто везано за постоље машине, а навртка, која је сада улежиштена на покретном органу машине, добија обртно кретање из преносника. При обртању навртке долази до његовог померања дуж вретена а са тим, пошто је она аксијално непокретна у односу на извршни орган, и до померања овог органа. Трећа могућност (в) је да се навртка учврсти у постоље, дакле нема ни обртно ни праволинијско померање, а да се завојно вретено улежишти на радном столу и заједно са њим аксијално помера, услед обртања које то вретено преко зупчаника добија. И најзад, четврти пример (г) показује случај када је завојно вретено учвршћено на радном столу без икаквог померања аксијалног или обртног, а обртно кретање из преносника се предаје навртки, која је сада улежиштена у постољу [4].



Слика 2.17. Могући начини монтаже завојног пара [4]

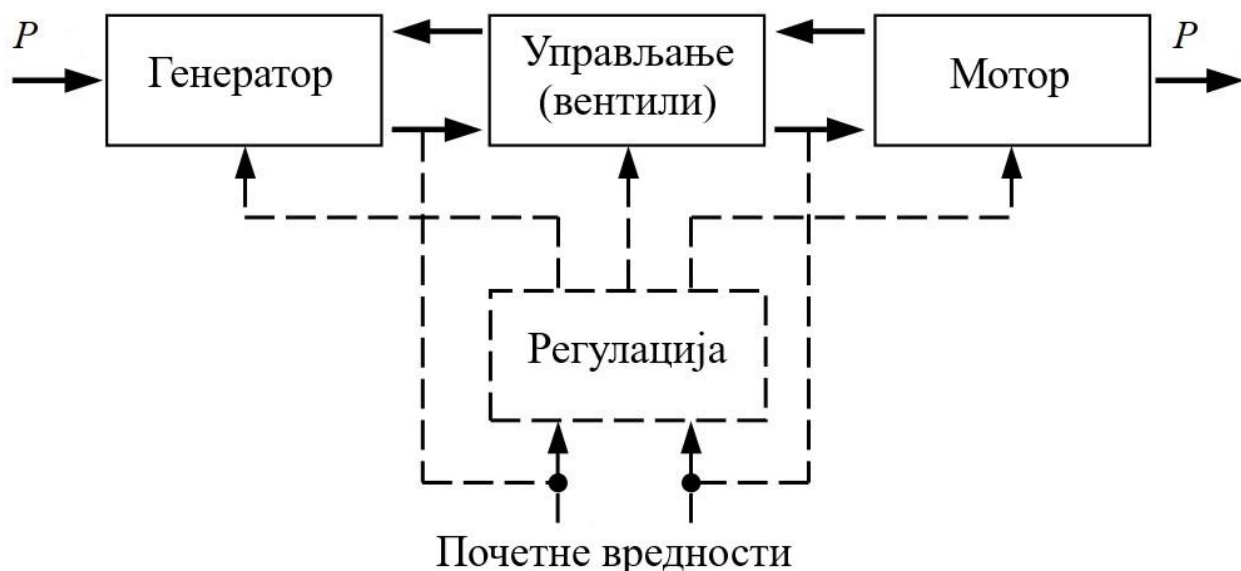
Код завојног пара са клизним контактом као што је већ споменуто, јавља се велико трење између додирних површина што доводи и до хабања елемената. Да би се оно што је могуће више смањило, посебну пажњу треба посветити избору материјала од којих су елементи завојног пара направљени. У циљу остваривања зазора између навртке и завојног вретена, који може бити последица нетачности израде, али и хабања елемената у току експлоатације, мора се при конструисању ових завојних парова предвидети могућност његовог регулисања. За ту сврху постоји више конструктивних решења, али се углавном сва свode на то да се навртка изради из два дела. Далеко мање трење и већа прецизност и тачност померања је присутна код завојних парова са котрљајућим елементима (куглицама) (слика 2.18.). Обзиром да куглице, које се налазе између вретена и навртке, морају да се крећу, то је неопходно да се у телу навртке изради канал (магацин) у који куглице улазе после излаза из контакта са вретеном, односно из кога излазе на почетку контакта. Профил завојних канала на вретену у овом случају одговара облику котрљајућих елемената, има лучни профил [4].



Слика 2.18. Завојни пар са котрљајућим елементима [4]

2.3. Пнеуматски и хидраулични преносници

Пнеуматика и хидраулика спадају у флуидну науку. Ова наука се бави системима за пренос енергије или сигнала путем радног флуида. Задаци пнеуматског или хидрауличног система могу укључивати претварање, пренос и управљање енергијом. Пнеуматика као радни флуид користи стишљив флуид (најчешће ваздух). Док хидраулика као радни флуид користи нестишљив флуид (уље). Због тога се код хидрауличних система понекада сретне назив уљна техника. Поред уља користе се и тешко запаљиви и специјални флуиди. Пнеуматика и хидраулика имају важну улогу у аутоматизацији, посебно када су у питању извршни елементи. Пнеуматски елементи су данас присутни у великом броју система, највише се користе унутар тзв. мале аутоматизације. Пнеуматика је једноставнија, а решења су у већој мери универзална и користе стандардизоване елементе, док су код хидраулике решења у већој мери специфична, па захтевају више искуства и знања. У ширем смислу хидраулика бави се техничком применом течности, што укључује проблеме наводњавања, снабдевања водом, бране итд. Хидраулични системи имају најповољнији однос снаге по јединици масе. Хидраулични системи се углавном користе у случајевима када је потребна велика снага или велика сила. Нестишљив флуид хидрауличних система омогућава прецизно позиционирање извршних елемената, док код пнеуматских система то није случај. Велика предност пнеуматских система је незапаљивост радног флуида, па се често користе када је потребна сигурност погона. У флуидним преносним системима повезани су генератори (пумпе или компресори), флуидни мотори и управљачки елементи у кружни ток у којем радни флуид циркулише преносећи енергију (слика 2.19.) [5].



Слика 2.19. Структура флуидног преноса [5]

Због високог притиска генератор користи само волуметрички тип компресора. Због тога и због нестишљивости хидрауличних флуида, пренос хидрауличног погона приближно је независан од оптерећења (између погонске јединице и мотора постоји волуменска повезаност). Насупрот томе, стишљивост плина као радног флуида пнеуматских састава је знатна, па се погонска и покретачка јединица понашају као да су прикључене на мрежу. Транспорт радног флуида одвија се путем водова, што омогућава слободу у размештају погонске јединице, управљачких склопова и мотора. Економски су код хидрауличких система прихватљиве удаљености до 30 m, а код пнеуматских до 150 m. Циљ управљања је премештање и прилагођавање радном процесу и условима, као и ограничење оптерећења система. Управљање делује на ток флуида (премештање путева флуида, промена смера струјања, гранање (одвајање дела флуида)) или мења геометрију генератора или мотора. Делује условљено (нпр. управљање према притиску, положају) или безусловно. На исти начин се активирају и управљачки елементи. Активирање управљачких елемената може се вршити посредно или непосредно. То пружа велику могућност даљинског и/или аутоматског управљања, нарочито у комбинацији са електроничким управљачким елементима. Пнеуматски системи често се комбинују са хидрауличним (за велике силе) и/или електричним (за пренос и обраду сигнала). Пренос енергије путем радног флуида пружа готово неограничену могућност конверзије фактора који одређују снагу (сила и момент односно, брзина и угаона брзина). Зависно од снаге и спољашњих услова постоји низ класификација флуидних система [5].

Према нивоу снаге флуидни системи се деле у две групе [5]:

- Системи за пренос снаге (улазна енергија доводи се на место примене и врши се њена конверзија како би се оствариле жељене силе/моменти уз потребну брзину (угаону брзину). Због велике снаге потребан је висок степен корисног дејства)
- Извршни (серво) погони (морају на месту примене прецизно извршити управљачке и регулацијске наредбе. Овде је битна тачност преноса информације (сигнала), а степен корисног дејства може се занемарити)

Задатак флуидног система може бити [5]:

- Пренос снаге (задатак је пренос снаге од места производње до места потрошње, а важан је висок степен корисног дејства у широком подручју конверзије енергије)
- Остваривање силе (на место примене потребно је довести велике силе (моменте), а степен корисног дејства је мање важан)
- Остваривање помака (задатак је остварити помак уз високу тачност позиције и брзине, често уз релативно мало оптерећење. Степен корисног деловања углавном нема значаја.)

Начин кретања мотора флуидних система укључује [5]:

- Кружно кретање са бесконачним углом заокрета вратила мотора
- Закретно кретање са ограниченим углом заокрета вратила мотора
- Праволинијско кретање

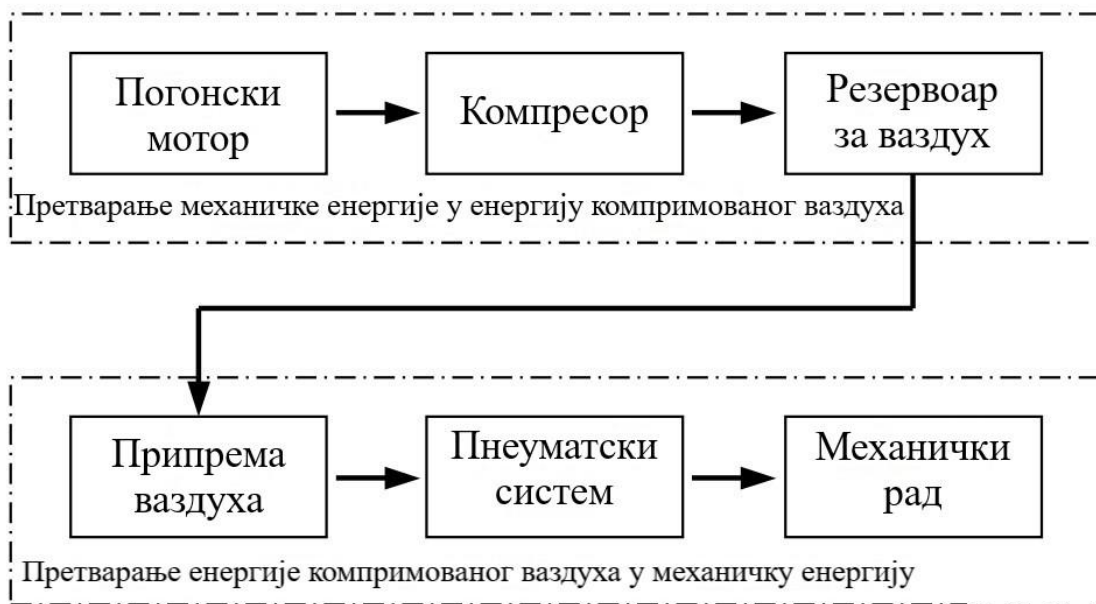
Према начину рада постоје [5]:

- Системи са сопственом енергијом (њихов задатак је пренос силе до места потрошње, уз одговарајуће појачавање или расподелу силе)
- Системи са спољним извором енергије (механичка енергија доводи се од спољног извора и у одговарајућој форми преноси на место потрошње. Њихов задатак је само предаја)
- Системи са помоћним извором енергије (њихов задатак је аналогно појачавање управљачке силе коришћењем помоћне енергије)

За приказивање флуидних система користе се шеме које су нормиране. Нормиран је начин приказивања флуидних елемената (симболи) и њиховог повезивања.

2.3.1. Пнеуматика

Задаци пнеуматског система могу укључивати конверзију, пренос и управљање енергијом. Слика 2.20. шематски приказује принцип рада пнеуматског система. У горњем блоку приказана је конверзија механичке енергије у енергију компримованог ваздуха који се складишти у резервоар ваздуха. Кроз пнеуматску разводну мрежу тај ваздух се доводи у доњи блок, у којем се врши обрнута конверзија енергије. Након јединице за припрему ваздуха (чишћење, сушење, подмазивање), у пнеуматском систему енергија ваздуха претвара се у користан механички рад. Тај систем обухвата компоненте које управљају смером струјања, протоком и притиском ваздуха, као и компоненте које врше конверзију енергије. Осим конверзије у механички рад, пнеуматски систем често обавља и улогу управљања, односно регулације [5].



Слика 2.20. Принцип рада пнеуматског система [5]

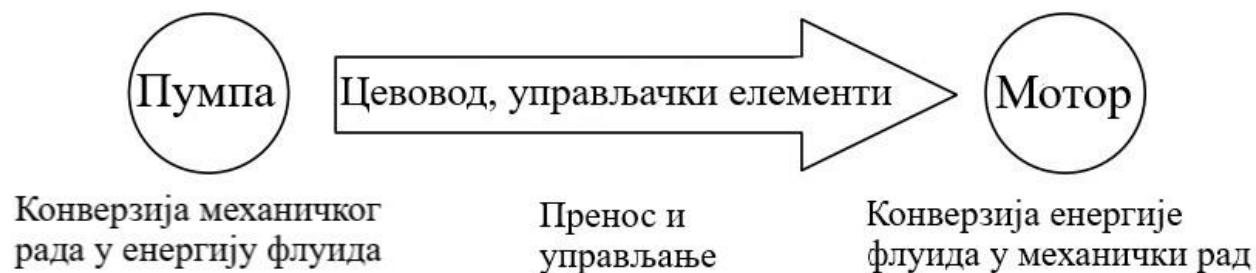
Елементи пнеуматског система се према функцији могу поделити на [5]:

- елементи за производњу и развод ваздуха
- елементи за припрему ваздуха
- извршни елементи
- управљачки елементи
- управљачко сигнални елементи
- помоћни елементи

2.3.2. Хидраулика

Задаци хидрауличног система могу укључивати конверзију, пренос и управљање енергијом. Слика 2.21. шематски приказује енергетску конверзију у хидрауличном систему. Основни елементи тог система су [5]:

- Пумпа
- Радни флуид
- Цевовод
- Управљачки елементи
- Хидраулични мотор



Слика 2.21 Конверзија енергије у хидрауличном систему [5]

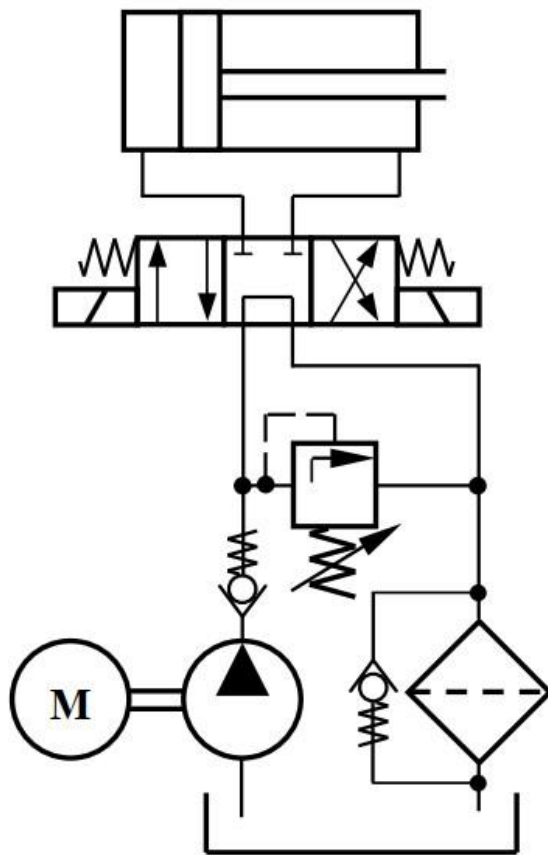
Две основне могућности регулације, односно прилагођавања енергије пумпе потребној енергији мотора су [5]:

- пригушивање притиска
- регулација протока пумпе или мотора

Наравно, потребан је и одговарајући погон пумпе (обично електромотор) где се такође врши конверзија енергије. За приказивање хидрауличних система користе се хидрауличне шеме. Нормиран је начин приказивања хидрауличних елемената (нормирани симболи) и њиховог повезивања. Слика 2.22. приказује принципијалну шему хидрауличног система. Главни разводник цилиндра мотора је 4/3 разводник који се активира електрично, а центриран је опругама. У централном положају проток пумпе преусмерава се назад у резервоар уља. Х-Q карактеристика волуметричке пумпе готово је вертикална (опасност од оштећења при преоптерећењу), па је пумпу потребно заштитити вентилом за ограничење притиска (сигурносни вентил). Непропусни вентил спречава повратак ваздуха и појаву ниског притиска у систему. Такође, уз филтер се често паралелно прикључује неповратни вентил којем је потребан извесан притисак за отварање (има функцију ограничења притиска, како би се избегао превелики пад притиска запрљаног филетра за уље.

Хидраулика се примјењује у ситуацијама које захтевају [5]:

- велике силе, брзине и убрзања
- мале, једноличне помаке и брзине
- високу тачност позиционирања у међуположајима
- сложенију регулацију



Слика 2.22. Принципијална шема хидрауличног система [5]

Хидраулика се користи у врло широком подручју које обухвата [5]:

- алатне стројеве
- пољопривредне стројеве
- шумарске стројеве
- путничка и шинска возила
- бродоградњу
- авио индустрију
- енергетику
- рударство
- војну индустрију
- свемирску технику итд.

2.4. Електрични преносници

Поред наведених преносника, код машина се у већој или мањој мери увек срећу електрични преносници. Под појмом електрични преносници подразумева се читав низ међусобно повезаних и по дејству усклађених електричних и електронских елемената, било да служе за погон, пренос и претварање кретања или управљање самом машином. Веома често се ови електрични или електронски елементи комбинују са механичким или хидрауличним елементима, било у циљу самог управљања овим преносницима (путем релеја, електромагнетних спојница, електричних и пропорционалних вентила и слично) било у циљу проширења области регулисања и смањења механичких преносника, промене смера обртања, а у неким случајевима готово комплетна кинематика машине може бити изведена електричним преносницима са додатком механичких претварача [4]. На слици 2.23. приказан је изглед електромотора.



Слика 2.23. Електромотор [9]

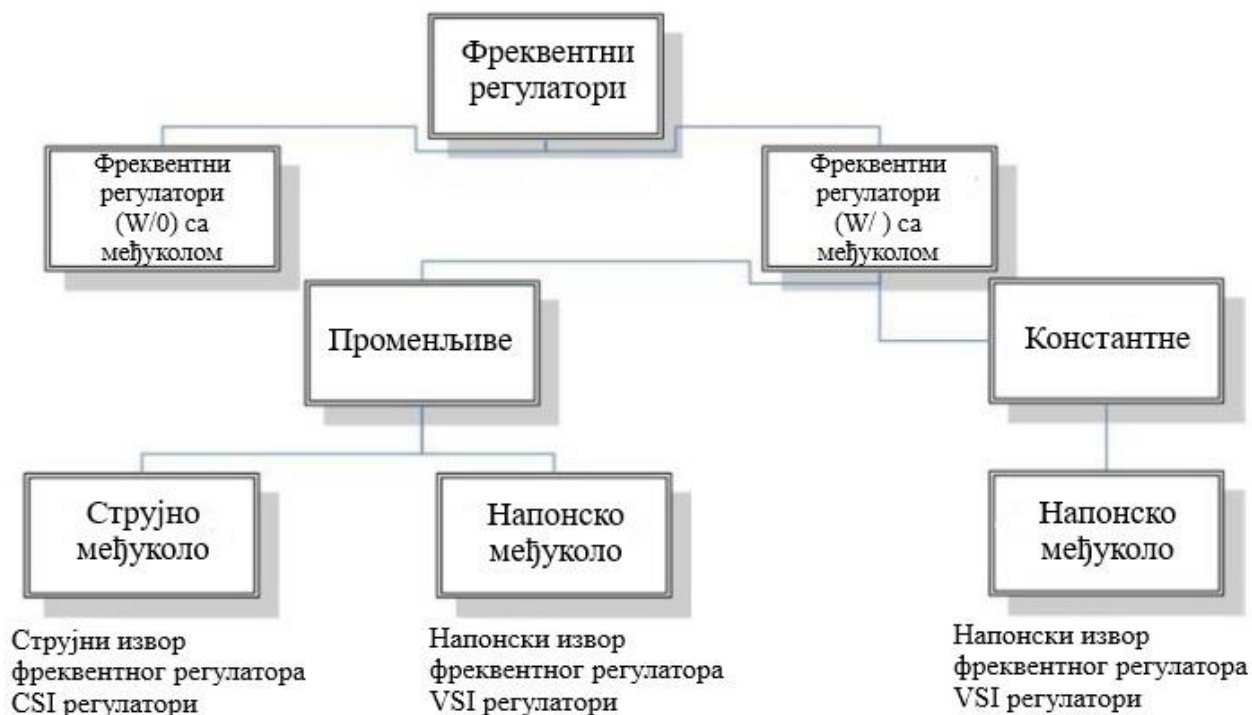
Код електричних преносника се ради о мање или више сложеним инсталацијама, тако да је за сваку машину за њен правилан и поуздан рад, неопходно пројектовати и одговарајућу шему електричне инсталације. Мада је пројектовање, израда и одржавање електричних елемената и инсталација делокруг рада електроинжењера, техничара и монтера, пројектант алатних машина мора у довољној мери познавати и ову област, да би могао правилно да дефинише концепцију саме машине [4].

У зависности од врсте и концепције машине, погон се може остварити или једним централним електромотором који служи за остваривање свих потребних кретања, или са више независних електромотора који ће обезбедити како главно, тако и помоћно (или помоћна), а у неким случајевима и допунска кретања. Поред основних електромотора који обезбеђују неопходну снагу за остваривање механичког рада, код машина су често потребни и додатни електромотори који за разне додатне функције машине (системи за подмазивање, управљање, аутоматизацију). Тако се могу јавити случајеви да се на једној машини користи и по неколико електромотора, различитих облика и снага [4]. Величина и маса електромотора, која је често важан фактор при концепцији машине, дефинисана је углавном номиналним обртним моментом који мотор може да обезбеди. Велики обртни моменти при малим бројевима обртаја (константна снага) условљавају велике и тешке електромоторе, са ценом која је такође сразмерна њиховој маси. У таквим случајевима треба анализирати економичност његове примене. Да би обрада на машинама била што економичнија, треба смањити све временске губитке, а то од електромотора захтева да омогуће како брзо достизање номиналног броја, тако и брзо кочење при највећим дозвољеним оптерећењима, као и висок степен искоришћења и при мањим оптерећењима (код малих односа корисне и инсталиране снаге).

2.4.1. Фреквентни регулатори

Због бољег контролисања и управљања, електрични преносници регулишу се преко фреквентних регулатора (слика 2.25.). Статички фреквентни регулатори су електронски уређаји који омогућавају управљање брзином трофазних мотора претварајући мрежни напон и фреквенцију, које су фиксне вредности, у променљиве величине. Док су принципи остали исти, много тога се променило од појаве првог фреквентног регулатора (који је у себи садржао тиристоре), који се задржао до појаве данашњег микропроцесорски управљаног регулатора. Због све већег учешћа аутоматике у индустрији, постоји константна потреба за аутоматским управљањем, а непрекидно повећавање брзине производње и боље методе за побољшање степена корисности погона су развијане све време. Електромотори су данас важан индустријски производ. Ови мотори су пројектовани да раде са константном брзином и током прошлих година радило се на оптимизацији контроле њихове брзине. Све док се нису појавили фреквентни регулатори није било могуће у потпуности управљати брзином трофазног наизменичног мотора. Већина статичких фреквентних регулатора који се данас користе у индустрији за регулацију или управљање брзином трофазних мотора су прављени на основу два принципа (слика 2.24) [10]:

1. Фреквентни регулатори без међукола (директни претварачи)
2. Фреквентни регулатори са променљивим или константним међуколом



Слика 2.24. Врсте регулатора [10]

Фреквентни регулатори са међуколом имају или струјно међуколо, или напонско међуколо и они се називају струјни инвертори и напонски инвертори. Инвертори са међуколом имају одређене предности у односу на директне инверторе, као што су [10]:

- боље управљање струјом
- редукцију виших хармоника
- неограничену излазну фреквенцију (али ограничење постоји у управљању коришћењу самих електронских компоненти. Фреквентни претварачи за високе излазне фреквенције су у највећем броју случајева изведени са међуколом)

Директни инвертори су нешто јефтинији од инвертора са међуколом, али имају ту ману да поседују лошију редукцију виших хармоника. Како већина фреквентних регулатора користи једносмерно напонско међуколо.

Данас у свим аутоматизованим погонима стандардно се користи трофазни мотор са фреквентним регулатором. Невезано за његове могућности да користи добру особину трофазних мотора, пуна контрола брзине је често основни захтев због врсте самог погона.

Користећи фреквентни регулатор добијамо још низ предности [10]:

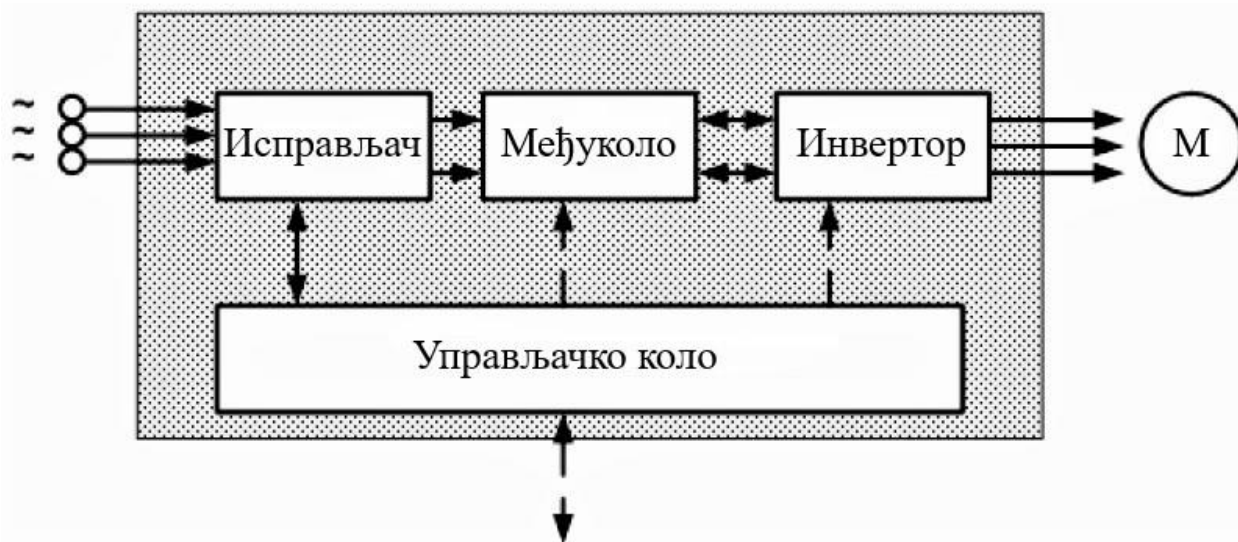
- Штедња енергије. Енергија се може уштедети ако брзина обртања мотора одговара захтевима при било ком моменту оптерећења. Ово се односи пре свега на погон пумпи и вентилатора где је утрошена енергија сразмерна квадрату брзине. Тако погон који ради са половином брзине узима само 12.5% од номиналне снаге.
- Оптимизација процеса. Подешавање брзине у процесу производње пружа бројне предности. То укључује повећање производње, док смањује трошкове одржавања и утрошак материјала и хабање.
- “Мекан” рад машине. Број стартовања и заустављања машине може се са пуном контролом брзине драматично смањити. Коришћењем „софт старт и софт стоп“ рампи, напрезања и удари машине се могу избећи.
- Мањи трошкови одржавања. Фреквентни регулатори не захтевају одржавање. Када се користе за управљање моторима, радни век погона се повећава. На пример, у системима за наводњавање, где појава водених чекића који директно зависе од мотора пумпе нестаје тако да су избегнути кварови на вентилима.
- Побољшано радно окружење. Брзина покретних трака може да се подеси на тачно захтевану радну брзину. На пример, флаше на покретној траци у линији за пуњење флаша праве много мање буке ако се брзина траке може смањити у току пуњења.



Слика 2.25. Фреквентни регулатор [11]

Од касних 60-их година прошлог века, фреквентни регулатори подлежу екстремно брзим променама, највише као резултат развоја микропроцесорских и полупроводничких технологија. Међутим основни принципи фреквентних регулатора остали су исти. Фреквентни регулатор се састоји од четири главне компоненте (Слика 2.26.) [10]:

1. Исправљач који је спојен главним моно/трофазним наизменичним напајањем и генерише пулсирајући једносмерни напон. Постоје два основна типа исправљача: контролисани и неконтролисани.
2. Међуколо, постоје три типа:
 - 1) конвертују исправљачки напон у директну струју
 - 2) стабилишу једносмерни напон и стављају га на располагање инвертору
 - 3) конвертују константан једносмерни напон исправљача у променљив наизменичан напон
3. Инвертор који генерише фреквенцију напона на мотору. Алтернативно, неки инвертори могу такође конвертовати константан једносмеран напон у променљив наизменичан напон.
4. Управљачко коло које шаље и прима сигнале из исправљача, међукола и инвертора. Делови регулатора који се контролишу зависе од дизајна самог регулатора.



Слика 2.26. Шема фреквентног регулатора [10]

Након избора врсте фреквентног регулатора према њиховим претходно описаним карактеристикама, потребно је проверити да ли регулатор задовољава и специфичне захтеве корисника. Основа за избор је свакако снага прикљученог електромотора (један или више). Треба нагласити да се избор не може вршити само преко механичке снаге прикљученог електромотора.

Могући начини одређивања су [10]:

- на основу електричне снаге процењене према механичкој снази електромотора
- на основу привидне снаге електромотора
- на основу „ I_N “ (најпрецизнији начин)

Следећи критеријум је могућност управљања, односно регулације жељеног параметра и опсег промене истог. Најчешће је то брзина обртања, понекада обртни момент (нпр. константност силе извлачења жице), а евентуално и снага електромотора. Сем тога, при избору се као релевантни могу показати неки од следећих захтева [10]:

- стабилност контролисаних параметара
- заштита електромотора и регулатора
- лакоћа и прецизност контроле и мониторинг рада
- флексибилност апликација и постојање модова рада
- високи степен искоришћења
- залет уз ограничену јачину струје
- могућност (краткотрајног) преоптерећења струјом у току залета
- могућност реверзирања (промена смера обртања) у току рада, ...

3. Преносници на машини за израду салвета

Од самог почетка компанија „9. Septembar Tissue Converting“, Чачак континуирано надограђује своје пословање како би одражавала модерна дешавања у пословној парадигми, изграђена на високим стандардима, сталном унапређењу и проширењу асортимана производа. Компанија постоји од 1882. године, а од 2003. године компанија је имплементирала системе управљања квалитетом „ISO 9001, ISO 14000, ISO 13485 и OHSAS18001“ који су сертификовани од релевантног словеначког међународног тела за сертификавање. Постајући једна од првих компанија која је увела интегрисани систем управљања квалитетом, поставила се на чело индустрије за претварање папира. „9. Septembar Tissue Converting“ је веома цењена компанија са јаком репутацијом међу пословним партнерима и купцима широм света. Њихове машине за израду папирних салвета, марамица и ролница тренутно су препознатљиве марке и постале су синоним за високи квалитет. Постројења су опремљена врхунским производним погонима, што гарантује врхунски квалитет и поузданост финалних производа. Најпопуларнија производна линија за претварање папира су машине за израду салвета. „Не само да можемо пружити прилагођено решење за потребе купаца, већ истражујемо тржиште да бисмо вам понудили технологије будућности данас и по повољној цени.“ [6]

У овом завршном раду описана је машина „DYNAMIX NC801“ (слика 3.1.) која је део производног асортимана компаније „9. Septembar Tissue Converting“, Чачак. Ова машина је конструисана у складу са најсавременијим конструкционим и технолошким решењима.

Одлике машине [6]:

- Побољшана линија за производњу салвета
- Дизајнирана за једноставно свакодневно руковање
- Квалитет, функционалност, изванредна продуктивност и ефикасност
- Дизајнирана са модуларним концептом
- Конфигурисана према захтевима
- Аутоматски транспорт салвета
- Опције пресавијања: 1/8М, 1/8С, 1/4Z, 1/4, ...

Неке од додатних опција машине [6]:

- Штампарска секција до 6 боја
- Секција за ламинацију
- Секција перфорације
- Аутоматска промена ролне
- Појединачно паковање салвета
- Могућност упаривања две линије на једну пакерицу, ...

3.1. Опис рада и секција машине за салвете „DYNAMIX NC801“



Слика 3.1. Машина „DYNAMIX NC801“ [6]

Карактеристике машине:

Максимална брзина ове машине је 650 m/min за салвете димензија 330x330mm. Минимални и максимални формат салвете је од 200x200mm до 400x400mm. Минимална и максимална висина паковања (непаковано) од 20 до 200mm.

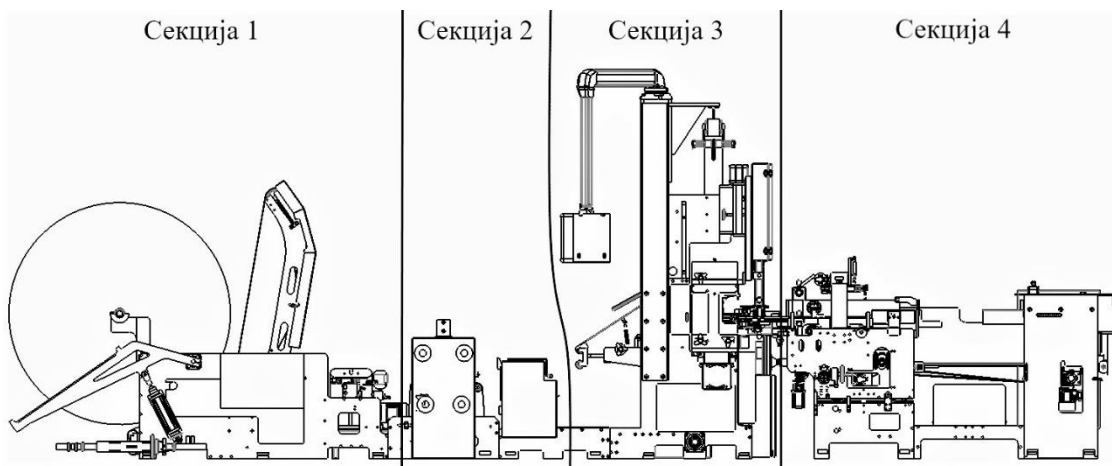
Материјали за прераду су:

- Салветни папир
- Неткано платно
- „Air laid“ (неткани материјал)
- „DRC“ (високоупијајуће салвете од хигијенског платна)
- „Spunlace“ (мекане на додир израђене од влакнастог материјала)

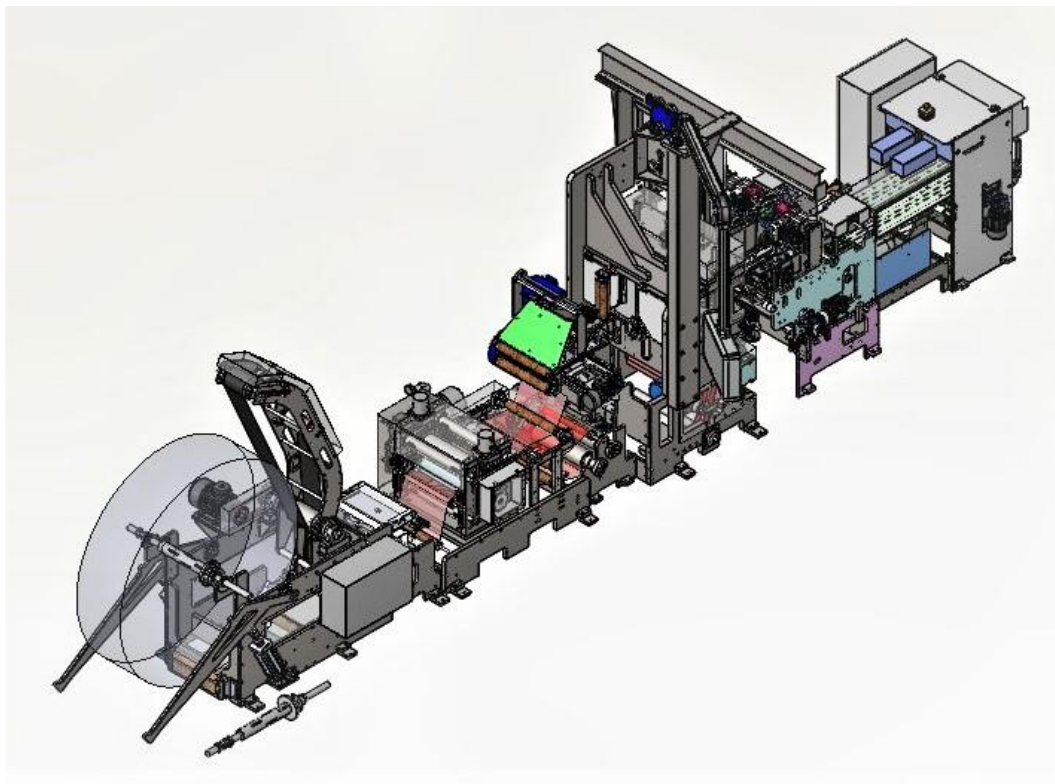
Бројање салвета је аутоматско као и транспорт до пакерице. Уграђена снага на овој машини је 25 kW, а потрошња компримованог ваздуха износи 800 l/min (6 bar).

Машина се састоји из четири главне секције (слика 3.2.):

1. Секција одмотача
2. Секција каландера са вучним ваљцима
3. Секција за савијање и сечење салвета
4. Секција за транспорт салвета до пакерице



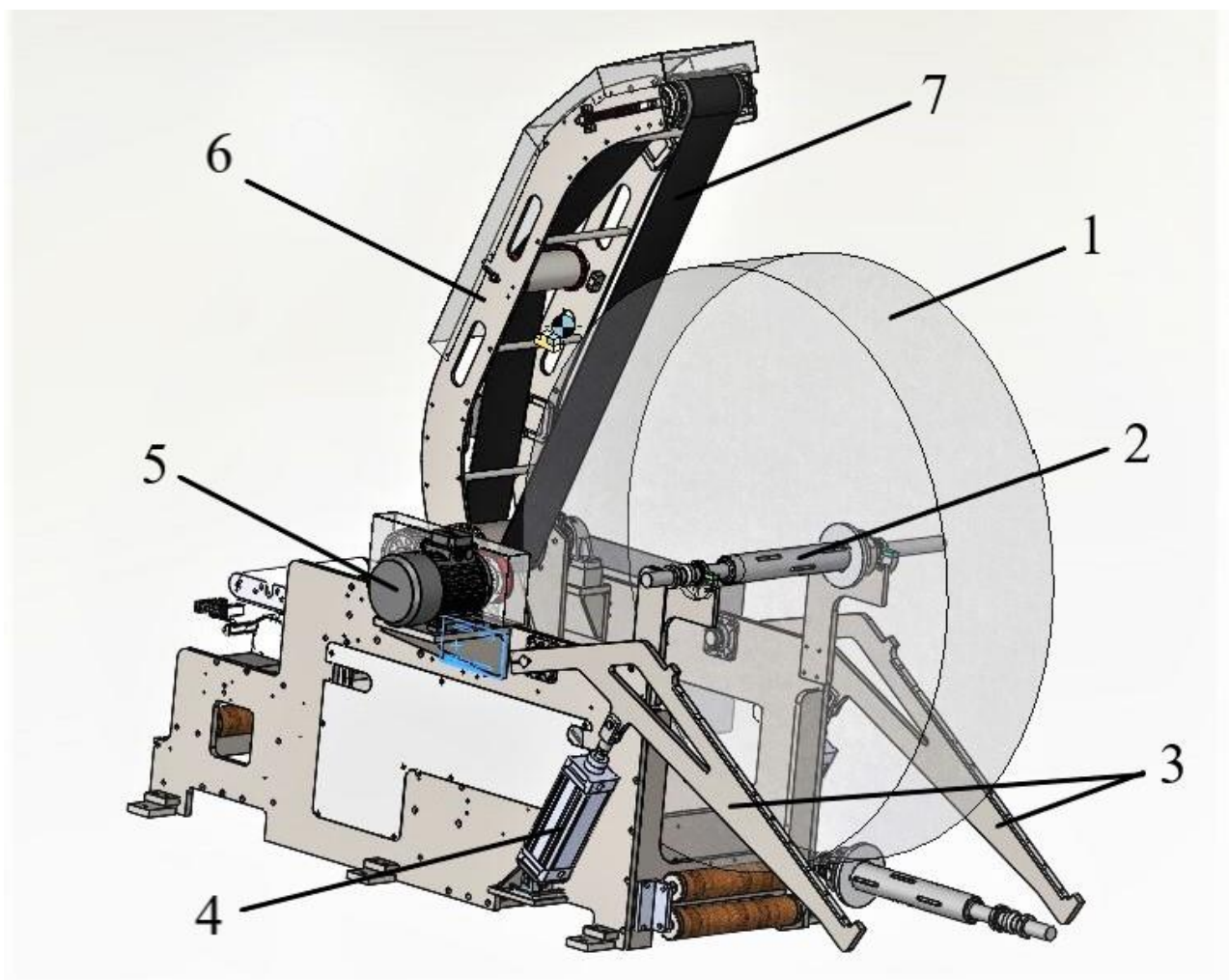
Слика 3.2. Подела машине на секције



Слика 3.3. CAD модел машине „DYNAMIX NC801“

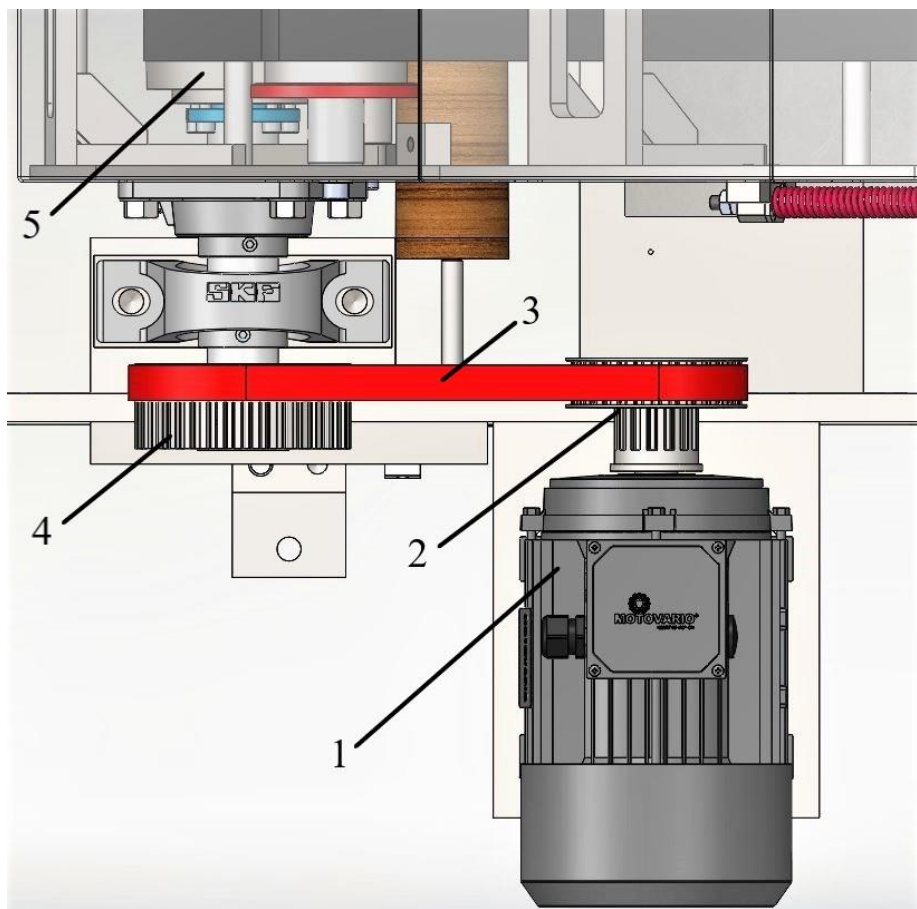
3.1.1 Секција 1 (одмотач)

У склопу секције 1 (слика 3.4.) налази се ролна материјала (папира) димензије пречника до 1.900mm (1), од које касније добијамо готов производ (салвету). С обзиром на велику тежину ролне она се набацује на осовину уз помоћ полуга (3) које добијају погон од пнеуматског цилиндра (4). Одмотавање ролне се врши уз помоћ погонског каиша (7) на руци (6). Ролна се налази на пнеуматској осовини (2), која уз помоћ компримованог ваздуха фиксира ролну. Каиш на погонској руци добија погон од електромотора (5).



Слика 3.4. CAD модел 1. секције

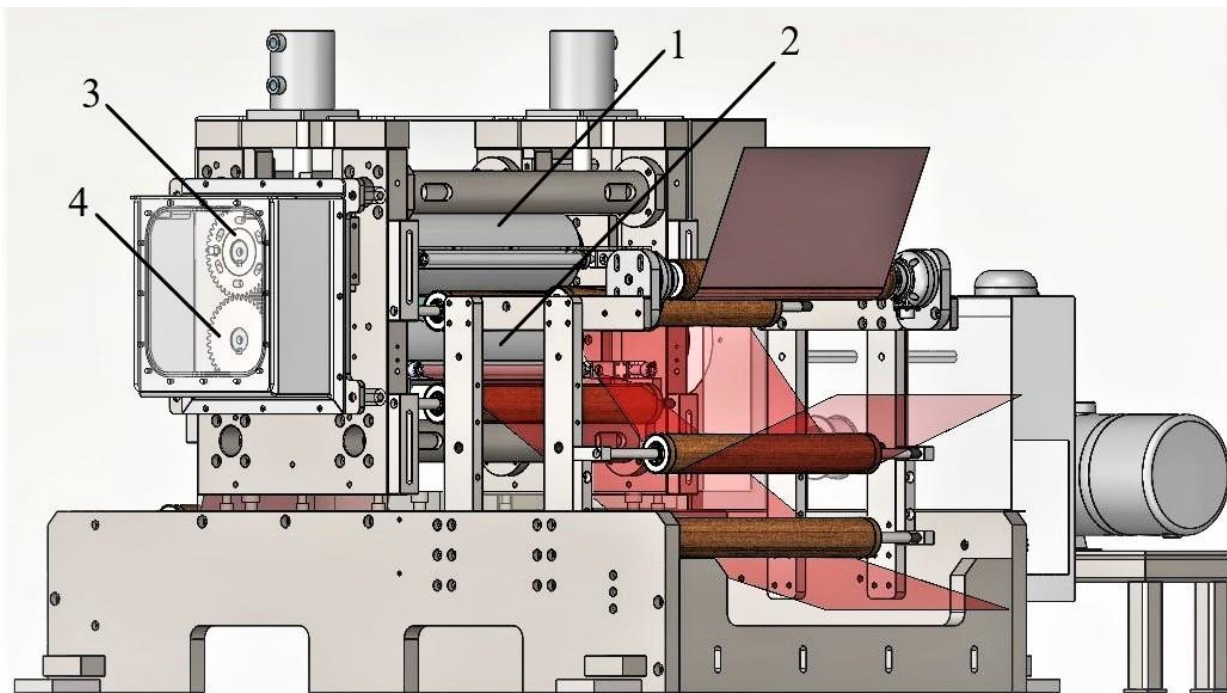
На слици 3.5. налази се погонска ременица (2) која добија снагу од електромотора (Motovario TS100 LA4) снаге 2,2kW и 1420 o/min (1), преко зупчастог каишног преносника (3) даје снагу гоњеној ременици (4), а она погони вратилпо на коме се налази буричasti ваљак (5). Преко буричастог ваљка (5) креће се екстрамутус каиш (GG14P) димензија 170x3430mm, уз помоћ кога се врши одмотавање ролне. Електромотор је повезан са фреквентним регулатором преко кога се врши промена фреквенције, односно број обртаја електромотора. Управљање брзином мотора тј. фреквенцијом вршимо преко пливајућег рама, преко кога прелази материјал. На њему се налази пнеуматски цилиндар који садржи аналогни давач који у зависности од положаја цилиндра мења фреквенцију на регулатору. Променом тензије на материјалу аутоматски се мења број обртаја мотора. За најмањи формат салвете мотор би радио доста споро (10-15Hz), како би се ово избегло имамо опцију мање ременице (дупла погонска ременица (2)). Када каиш пребацимо на мању ременицу мењамо преносни однос а мотор ради на већој, прихватљивијој фреквенцији. Ова машина производи салвете у више димензија: 400x400mm при 650m/s, 330x330mm при 550m/s, 200x200mm при 300m/s. Материјал преко система ваљака долази до уређаја који уз помоћ сензора аутоматски позиционира папир у аксијалном правцу (марке „FIFE“).



Слика 3.5. CAD модел 1. секције

3.1.2. Секција 2 (каландер и вучни ваљци)

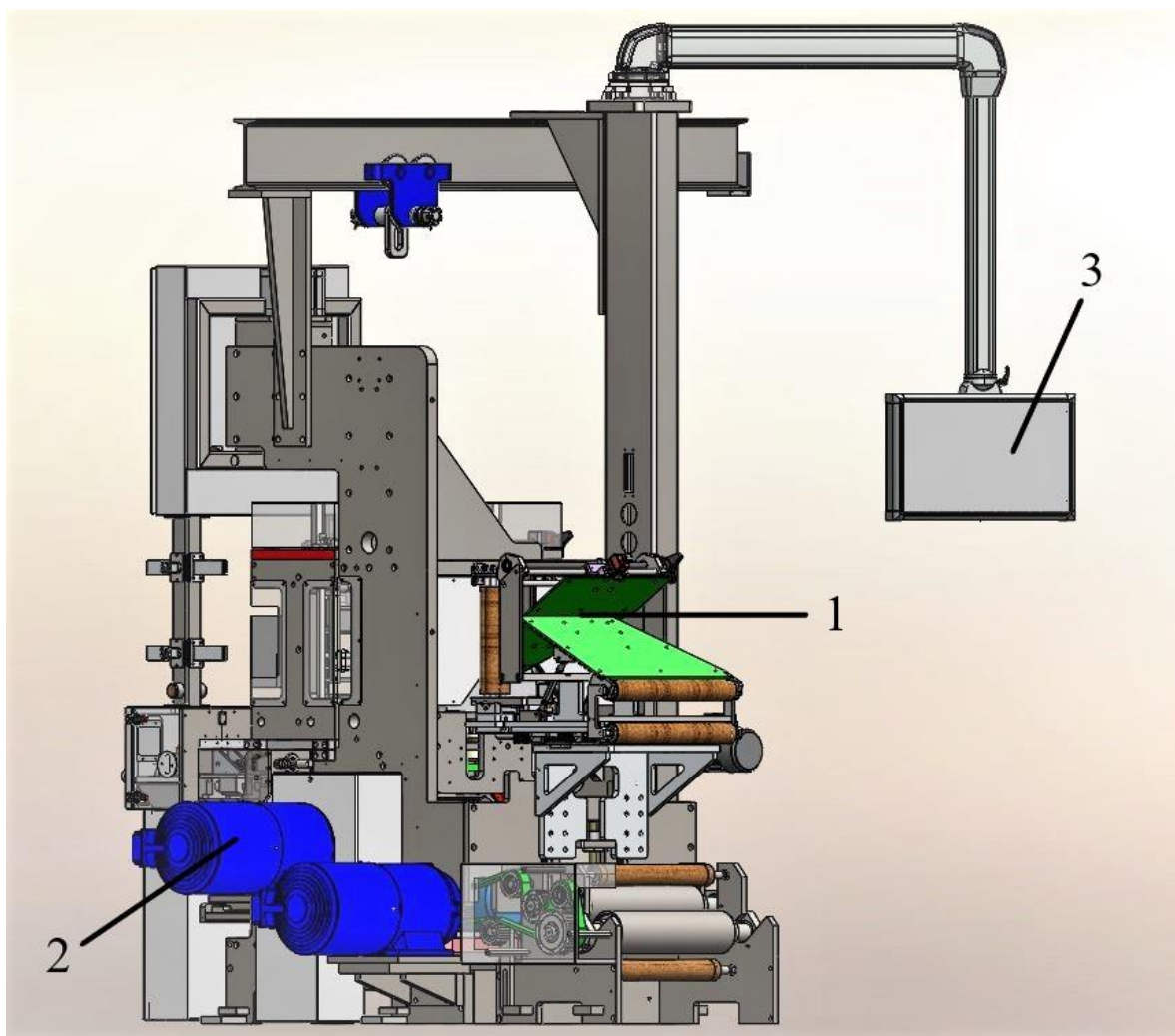
Управљање мотором у овој секцији врши се на основу тензије материјала. Постоји мерна ћелија која мери силу затегнутости материјала и на основу те силе се преко фрекфентног регулатора управља мотором. У овој секцији (слика 3.6.) имамо два подсклопа: каландер и вучни ваљци. У подсклопу каландер налазе се два ваљка која пресују материјал. Приликом производње материјала и намотавања у ролну, дешава се да материјал нема исту дебљину на почетку и на крају ролне. То касније представља проблем при штампању и паковању и то представља разлог због чега је потребно пресовати материјал. Горњи ваљак (1) је померљив и помера се уз помоћ хидрауличног цилиндра, има ограничену вредност аксијалног померања и то од 0.05mm до 3mm како би се ослободио материјал. На горњем ваљку је зупчаник (3) из два дела који могу да се ротирају један око другог, ротацијом се постиже смањење зазора између погонског и гоњеног зупчаника. На доњем ваљку је зупчаник из једног дела (4). Доњи зупчаник је потопљен у уље и на тај начин се врши њихово подмазивање. Вучни ваљци служе за погон материјала и за одржавање сталне затегнутости у уздужном правцу.



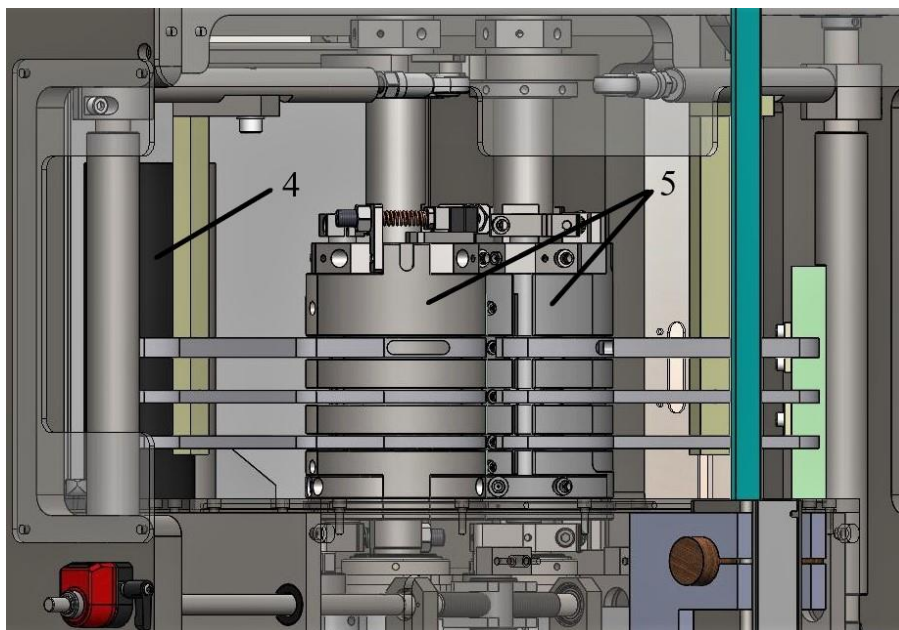
Слика 3.6. CAD модел 2. секције

3.1.3. Секција 3 (савијање и сечење салвета)

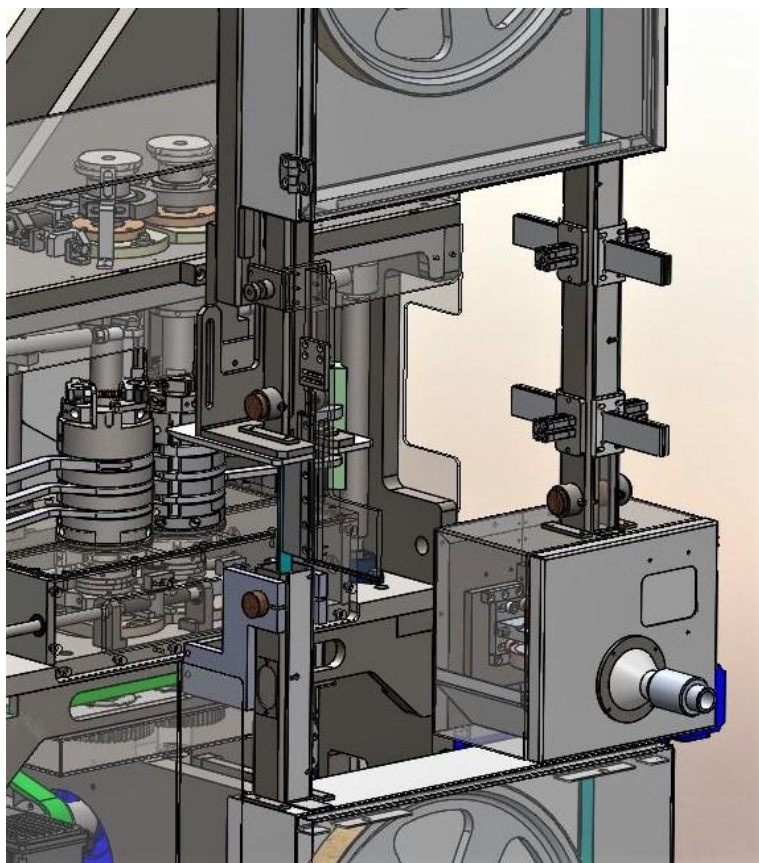
У овој секцији (слика 3.7.) имамо више подсклопова, први подсклоп је троугао (1) који служи за уздужно савијање материјала и он се подешава по X и Y оси. У оквиру ове секције налази се тач дисплеј (3), преко кога се прати процес производње и мењањају се разни параметри. Други подсклоп су вучни ваљци (слика 3.8. позиција 4) који служе за штеловање затегнутости папира испред глава од којих је један гумиран а други је радлован. Вучни ваљци се погоне уз помоћ електромотора, а њихова брзина се штелује преко конусних ременица (принцип варијатора). Затим имамо подсклоп глава (слика 3.8. позиција 5) које се погоне уз помоћ електромотора (2) и служе за формирање салвете, материјал после глава излази савијен у формату „цик-цак“. Тако формиране салвете наилазе на бансек (слика 3.9.) који их пресеца на пола, формирајући две салвете истовремено од једне ролне материјала.



Слика 3.7. CAD модел 3. секције



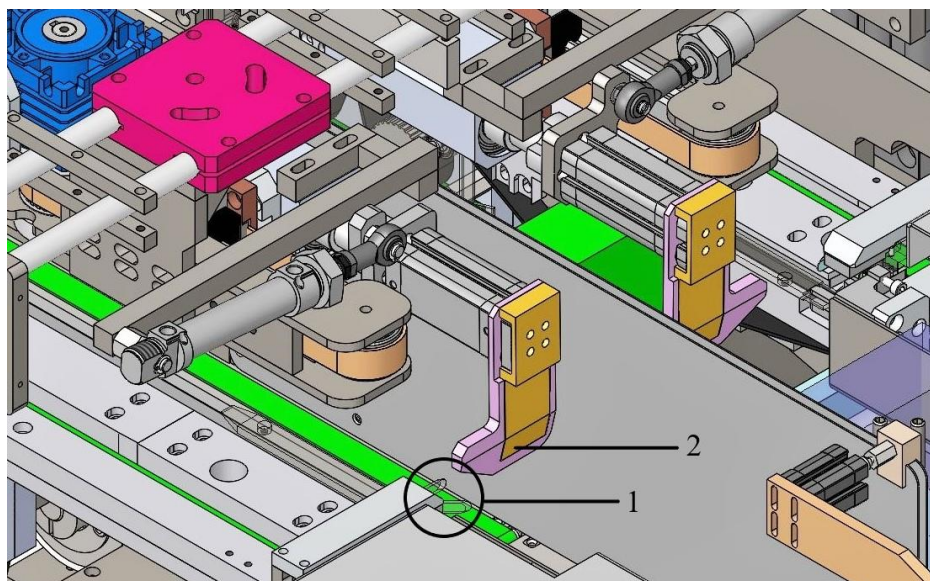
Слика 3.8. CAD приказ глава за формирање салвета



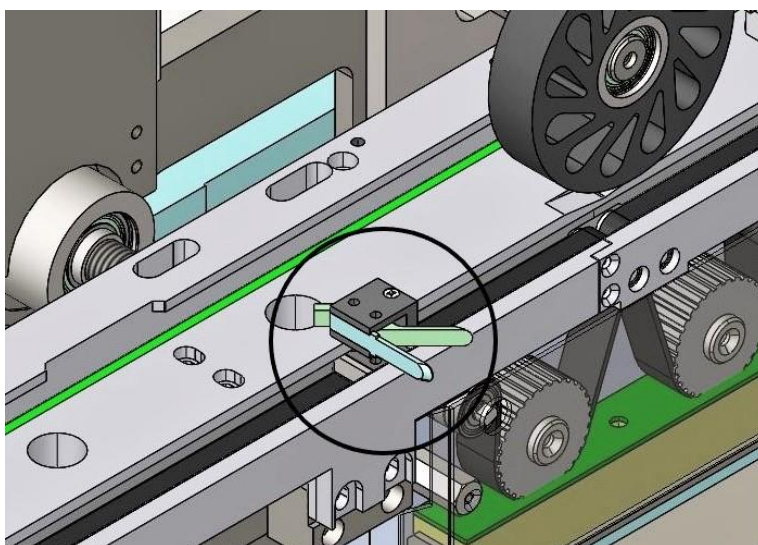
Слика 3.9. CAD приказ бансека за сечење салвета

3.1.4. Секција 4 (транспорт салвета до пакерице)

У овој секцији се врши и бројање салвета, уз помоћ кљунића (1) (слика 3.10.). Они се у тачно одређеном тренутку убацују између салвета, ту вредност задаје оператер на тач дисплеју у зависности од жељене величине пакета. Затим се један граничник (2) убацује између тих салвета где их је кљунић одвоио како би задржао салвете које тек долазе из глава. Док нож задржава салвете, ове претходне се спуштају на транспортну траку која их пребацује у пакерицу. Одвајање, транспорт и пребацавање пакета се врши уз помоћ пнеуматских цилиндара и електромотора.



Слика 3.10. CAD приказ транспорта



Слика 3.11. CAD приказ кљунића

3.2. Прорачун преносника секције 1

Погонска ременица (2) електромотора (1) преко зупчастог каиша (5) типа Н даје снагу гоњеној ременици (3). Гоњена ременица погони вратило на коме се налази буричаст ваљак (4) који је у контакту са екстрамутус каишем (6).

Подаци:

- Снага електромотора: $P_{EM} = 2.2kW$
- Број обртаја електромотора: $n_{EM} = 1420 \text{ o/min}^{-1}$ (50Hz)
- Број зубаца погонске ременице: $z_1 = 30$ (Опција 2: $z_1 = 15$)
- Број зубаца гоњене ременице: $z_2 = 38$
- Обим ваљка погонског каиша руке: 433,32mm

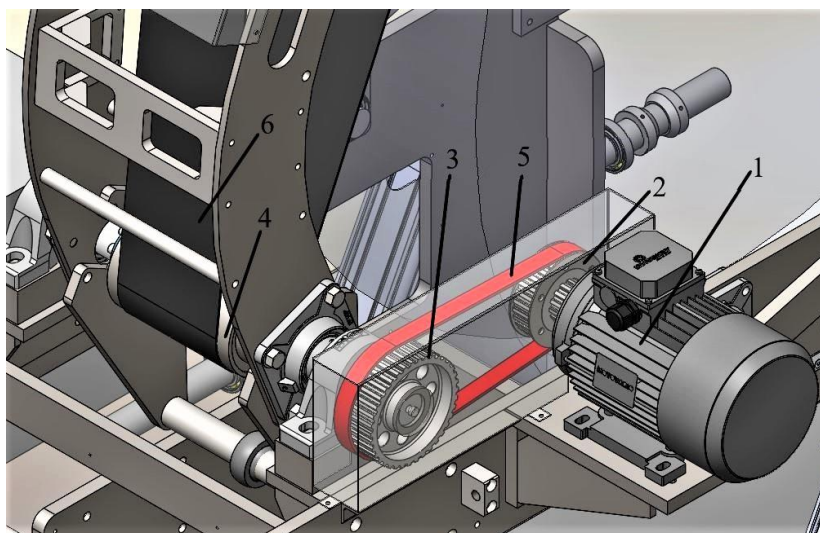
Образац:

$$n = i * (2r * \pi) * n_{EM}$$

Прорачун:

$$\left(\frac{30}{38}\right) * (0,138 * \pi) * 1420 = 485,77m/min$$

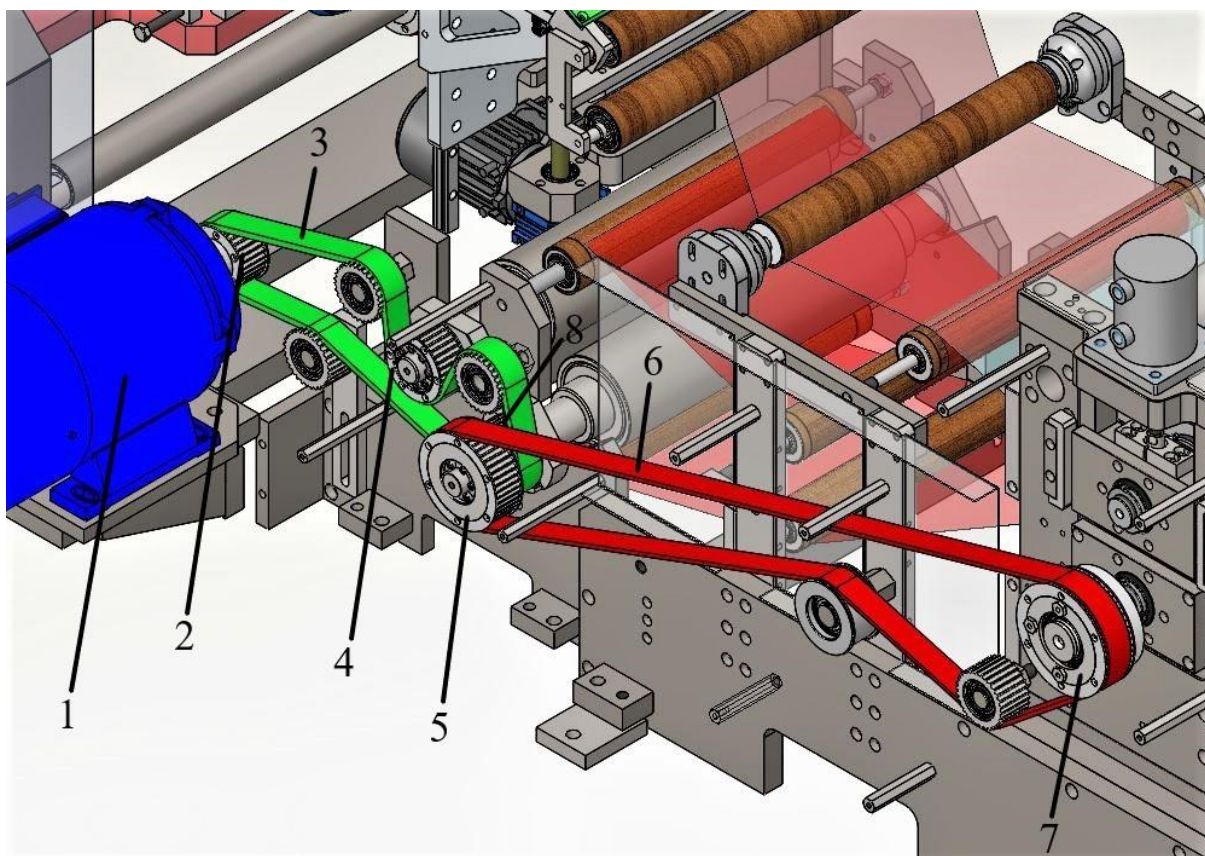
Прорачун се односи на погонски каиш руке и представља брзину одмотавања ролне материјала при фреквенцији од 50Hz. Максимална брзина електромотора при фреквенцији од 60Hz износи 1752o/min при чему је брзина одмотавања ролне материјала 582,92m/min. У случају мање погонске ременице на електромотору брзина одмотавања ролне би била 243,1m/min. Прорачун је показног карактера и садржи само основне податке за прорачун.



Слика 3.12. Позиције преносника у секцији 1

3.3. Прорачун преносника секције 2

Зелени каиш (3) служи за погон вучних ваљака а црвени каиш (6) служи за погон каландер секције. Каишеви су HTD 8M. Погонска ременица (2) електромотора (1) преко зупчастог каишног преносника (3) даје снагу гоњеним ременицама (4,8). Гоњене ременице погоне осовине на којима се налазе вучни ваљци. Ременица (7) је укључно искључна ременица која добија погон од ременице (5) и укључује се по потреби, када нам је потребна каландер секција. Уколико хоћемо да искључимо каландер секцију ременицу (7) можемо ослободити уз одвијање три шрафа на њој, при чему ће се она слободно окретати на лежају.



Слика 3.13. Позиције преносника у секцији 2

Прорачун вучних ваљака

- Снага електромотора: $P_{EM} = 7.5kW$
- Број обртаја електромотора: $n_{EM} = 1460 \text{ o/min}^{-1}$ (50Hz)
- Број зубаца погонске ременице: $z_1 = 32$
- Број зубаца гоњене ременице: $z_2 = 35$
- Обим ваљка: 376.8mm

Образац: $n = i * (2r * \pi) * n_{EM}$

Прорачун:

$$\left(\frac{32}{35}\right) * (0,120 * \pi) * 1460 = 502.97 \text{ m/min}$$

Прорачун се односи на вучне ваљке и представља брзину кретања материјала кроз машину при фреквенцији од 50Hz. Максимална брзина електромотора при фреквенцији од 60Hz је 1752 o/min при чему је брзина кретања материјала кроз машину 603.56 m/min.

Прорачун каландер секције

- Снага електромотора: $P_{EM} = 7.5kW$
- Број обртаја електромотора: $n_{EM} = 1460 \text{ o/min}^{-1}$ (50Hz)
- Први каишни пар: Број зубаца погонске ременице: $z_1 = 32$

Број зубаца гоњене ременице: $z_2 = 35$

- Други каишни пар: Број зубаца погонске ременице: $z_1 = 48$

Број зубаца гоњене ременице: $z_2 = 55$

- Обим ваљка за пресовање материјала: 419.19mm

Образац: $n = i * i * (2r * \pi) * n_{EM}$

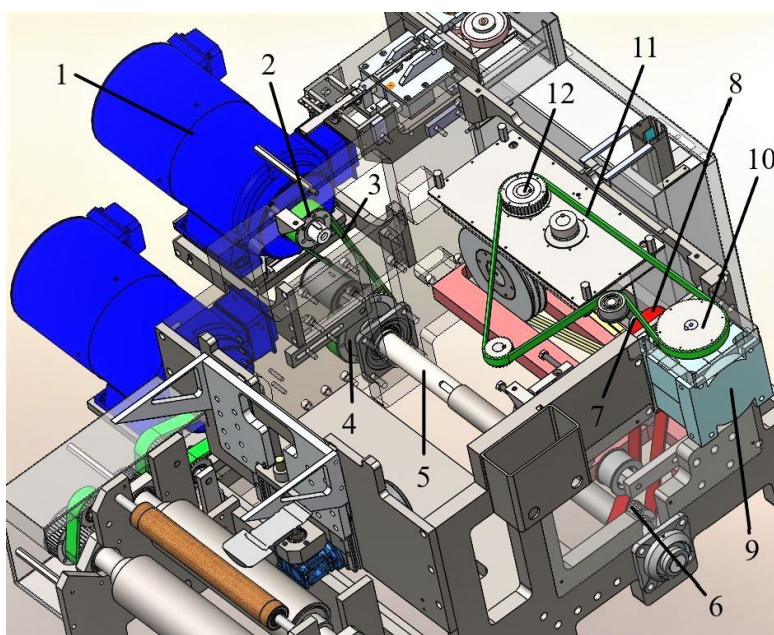
Прорачун:

$$\left(\frac{32}{35}\right) * \left(\frac{48}{55}\right) * (0,1335 * \pi) * 1460 = 488.34 \text{ m/min}$$

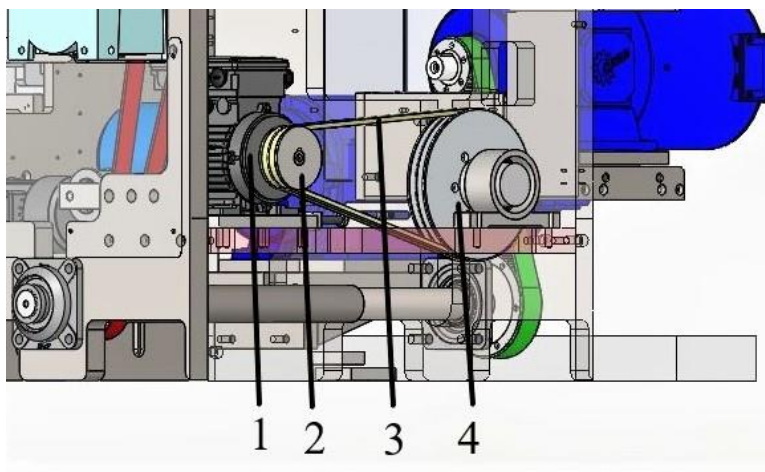
Прорачун се односи на каландер секцију и представља брзину кретања материјала кроз ваљке за пресовање при фреквенцији од 50Hz. Максимална брзина електромотора на фреквенцији од 60Hz је 1752o/min при чему је брзина кретања материјала 586m/min. Прорачун је показног карактера и садржи само основне податке за прорачун.

3.4. Прорачун преносника секције 3

Ова секција се дели на два поклопа: Савијање материјала и сечење. Погонска ременица (2) електромотора (1) преко зупчастог каиша (3) даје снагу гоњеној ременици (4). Преко вратила (5) се обртни момент предаје ременици (6). Гоњена ременица (7) добија погон преко зупчастог каиша (7). Ременица (8) се налази на редуктору (9) који служи за промену смера кретања и ременица (10) добија погон од њега. Гоњена ременица (12) на којој се налази глава за савијање материјала добија погон од ременице (10) преко каиша (11). Каишеви у овој секцији су НТД 8М. Што се тиче сечења материјала за то је заслужен бансек, електро мотор (1) даје снагу погонској ременици (2), а она преко система дуплог клинастог каиша ширине 17mm (3) снагу предаје гоњеној ременици (4).



Слика 3.14. Позиције преносника у секцији 3



Слика 3.15. Позиције преносника за секцију сечења

Прорачун глава за савијање материјала

- Снага електромотора: $P_{EM} = 7.5kW$
- Број обртаја електромотора: $n_{EM} = 1460 \text{ o/min}^{-1}$ (50Hz)
- Први каишни пар: Број зубаца погонске ременице: $z_1 = 36$
Број зубаца гоњене ременице: $z_2 = 65$
- Други каишни пар: Број зубаца погонске ременице: $z_1 = 60$
Број зубаца гоњене ременице: $z_2 = 40$
- Обим главе за савијање материјала: 408.2mm

Образац: $n = i * i * (2r * \pi) * n_{EM}$

Прорачун:

$$\left(\frac{36}{65}\right) * \left(\frac{60}{40}\right) * (0,130 * \pi) * 1460 = 495.11m/min$$

Прорачун се односи на секцију савијања материјала и представља брзину кретања материјала кроз главе савијања при фреквенцији од 50Hz. Максимална брзина електромотора на фреквенцији од 60Hz је 1752o/min при чему је брзина кретања материјала кроз главе 594.13m/min.

Прорачун подсклопа за сечење материјала (бансек)

- Снага електромотора: $P_{EM} = 1.1kW$
- Број обртаја електромотора: $n_{EM} = 1400 \text{ o/min}^{-1}$ (50Hz)
- Пречник погонске ременице: 100mm
- Пречник гоњене ременице: 240mm
- Обим погонског бансек точка: 1.734,16mm

Образац: $n = i * i * (2r * \pi) * n_{EM}$

Прорачун:

$$\left(\frac{100}{240}\right) * (0,552 * \pi) * 1400 = 1.011,08m/min$$

Прорачун се односи на подсклоп сечења материјала и представља брзину кретања ножа на бансеку при фреквенцији од 50Hz. Прорачун је показног карактера и садржи само основне податке за прорачун.

3.5. Поступци израде преносника који се користе на овој машини

У оквиру овог поглавља биће дат списак операција за израду следећих преносника:

- Зупчаника
- Ременица
- Вратила

Редослед операција израде зупчаника:

1. Сечење сировог комада 42CrMo4 (Č4732)
2. Стругарско обрађивање комада на предмеру
3. Побољшавање комада од 25 до 30 HRC
4. Израђивање отвора за клин
5. Озубљивање
6. Профилно брушење зуба
7. Нитрирање зупчаника на 55 HRC

Редослед операција израде ременица:

1. Сечење сировог комада Sk45 (Č1531)
2. Стругарско обрађивање
3. Глодање
4. Брушење
5. Побољшање на 28 HRC

Редослед операција израде вратила:

1. Сечење сировог комада 42CrMo4/ Sk45 (Č4732/Č1531)
2. Стругарско обрађивање
3. Глодање
4. Брушење

4. Закључак

Механички преносници се постављају између погонске и радне машине у циљу прилагођавања механичке енергије погонске машине потребама радне машине уз што мање губитке енергије. То значи да је преносник посреднички механизам, чији је задатак да пренесе механичку енергију главног вретена погонске машине на главно вретено радне машине.

Компанија „9. Septembar Tissue Converting“ је до пре 10 година производила машине које су правиле 1.000 салвета у минути док данас са истим принципом и техничким решењима, али бољом конструкцијом, достижу чак 2.500 салвета у минути.

У првом поглављу овог рада помиње се како су настали преносници, урађена је подела и објашњени су основни појмови везани за преноснике.

Друго поглавље се заснива на подели преносника према конструкцији на: механичке, пнеуматске, хидрауличне и електричне. Посебан акценат стављен је на механичке преноснике и фреквентне регулаторе у оквиру електричних преносника. Дате су карактеристике свих механичких преносника са њиховим предностима и манама.

У трећем поглављу дате су основне информације о компанији „9. Septembar Tissue Converting“, описан је принцип рада машине за салвете „DYNAMIX NC801“ и дате су неке од основних карактеристика. Машина је подељена у четири секције које су описане. Приказане су позиције преносника и извршних механизма који се погоне уз њихову помоћ. Такође је приказан и прорачун преносника по секцијама. На крају су дати и поступци израде: зупчаника, ременица и вратила који су уједно и најчешћи типови преносника на овој машини.

Садашње светско тржиште је преплављено све већим бројем производа пореклом са истока пре свега, једини начин да се опстане на светском тржишту јесте да се примене нове технологије, нове машине и обученија радна снага која ће се борити свакога дана за постизање што већег квалитета производа. На тај начин се смањује цена производа, а повећава се квалитет истих. Како захтеви за већом и бржом производњом прогресивно расту, тако и тенденција за унапређење и увођење нових технологија аутоматизације код ових машина постаје већа. Потражња за аутоматизованим постројењима која захтевају: мултифункционалност, ефикаснији степен искоришћења, компактност, дизајн и слично чини пројектовање преносника комплекснијим.

Према томе, ова компанија ће наставити да проналзи нова идејна решења у оквиру преносника који се користе на њиховим машинама, како би постигли што већу продуктивност и сам квалитет финалних производа.

5. Литература

Књиге:

- [1] Б. Стојановић, М. Благојевић: Механички преносници, Факултет Инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2015.
- [2] Р. Глигорић, Машински елементи, Пољопривредни Факултет Универзитета у Новом Саду, Нови Сад, 2015.
- [3] В. Николић, Машински елементи, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2004.
- [4] С. Захар, Машине алатке 1, Југословенско друштво за трибологију, Крагујевац, 1994.
- [5] Р. Корбар, Пнеуматика и хидраулика, Велеучилиште у Карловцу, Карловац, 2007.

Интернет сајтови:

- [6] <https://www.9septembar.com/> , август 2020. године
- [7] <https://osjmtio.wordpress.com> , август 2020. године
- [8] <https://www.scribd.com/doc/109972363/Prenosnici-Snage-i-Kretanja> ,
август 2020. године
- [9] <https://www.motovario.com/eng/> , август 2020. године
- [10] <https://www.automatika.rs/baza-znanja/teorija-upravljanja/frekventni-regulatori.html> , август 2020. године
- [11] <https://www.ep-solutions.rs/frekventni-regulatori> , август 2020. године