

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Основи транспортних машина

Број индекса: 12/2017

Јована З. Петровић

**Погонски системи код дизаличних
машина
завршни рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Ненад Милорадовић, ванр. проф. – ментор

Датум одбране: _____

2. _____

Оцена: _____

3. _____

У оквиру овог рада кандидат треба да:

- Истакне улогу и област примене погонских система код дизаличних машина.
- Прикаже кратак осврт на њихов историјски развој.
- Изврши класификацију, наведе и опише саставне елементе погонских уређаја код дизалица.
- За избрани погонски уређај прикаже принцип прорачуна и дефинисану носивост дизалице уради конкретан рачунски пример.

Препоручена литература:

- [1] Д. Острић, С. Тошић, Дизалице, Машински факултет, Центар за механизацију, Београд, 2005.
- [2] Д. Острић, Дизалице, Машински факултет, Београд, 1992.
- [3] Р. Мијајловић, З. Маринковић, М. Јовановић, Дизалице, основе, Градина, Ниш, 1994.
- [4] С. Дедијер, Основи транспортних уређаја, Београд, 1989.
- [5] J. MacDonald, W. Rossnagel, L. Higgins, Handbook of Rigging, McGraw-Hill, 2009.

Крагујевац,

24.03.2020

Ментор:

Др Ненад Милорадовић, ванр. проф.

Садржај

1 Увод	1
2. Историјски развој дизаличних машина	3
3. Општа разматрања о транспортним машинама	6
3.1 Машине са периодичним радом	8
3.2 Машине са континуалним радом	9
4. Погони дизаличних уређаја	13
4.1 Ручни погон	13
4.2 Парни погон	15
4.3 Погон моторима са унутрашњим сагоревањем (СУС мотори)	17
4.4 Хидраулични погон	19
4.5 Пнеуматски погон	21
4.6 Електрични погон	22
4.6.1 Електромотори	22
4.6.2 Карактеристика залета	23
4.6.3 Клизноколутни електромотори	24
4.6.4 Кавезни електромотори са краткоспојним ротором	25
4.6.5 Избор електромотора	26
5. Погонски механизми мосне дизалице	31
6. Прорачун потребне снаге електромотора код погонских механизма мосне дизалице ..	39
7. Закључак	43
Литература	44

The summary

This paper presents the importance of crane devices and the possibility of their application in various areas of industry. The general characteristics of cranes are presented, as well as their diversity, which refers to a large range of possible constructions according to various criteria. An overview of drives that can be used with crane devices is given, with a description of each drive that can be used with cranes. The electric drive, which is the most commonly used drive in crane devices, is described in detail, and the method of calculating the choice of electric motor is given.

Key words: crane devices, cranes, drive, bridge crane

Резиме

Овим радом приказан је значај дизаличних уређаја и могућност њихове приме у разним областима индустрије. Представљене су опште карактеристике дизалица, и њихова разноликост која се односи на велики опсег могућих конструкција према разним критеријумима. Дат је преглед погона које је могуће користити код дизаличних уређаја, са описом сваког погона који се може користити код дизалица. Детаљно је описан електрични погон који је најчешће коришћен погон код дизаличних уређаја и дат је начин прорачуна избора електромотора.

Кључне речи: дизалични уређаји, дизалице, погон, мосна дизалица

1. Увод

Дизалице и дизалични уређаји за преношење материјала на краће или дуже удаљености јако су значајне у развоју привреде индустрије, због чега се треба обратити посебна пажња на механизацију и аутоматизацију свих облика привредне делатности, ради постизања повећане продуктивности. Конструкције дизалица које преносе и подижу терет данас је јако разнолика и може се користити у свим областима као замена за људски рад, чиме се повећава капацитет преношења и дизања материјала до недокучивих граница што се самом људском снагом не би могло постићи. У данашњој цивилизацији рад се не може замислити без савремених и ефикасних дизаличних уређаја, нарочито тамо где се производња развија, и где део технолошког процеса производње чини преношења материјала или делова незавршених производа од места до места за обраду.

Тако, на пример, важна улога дизалице налазе у топионицама метала(слика 1.1.б) при разливању истопљеног метала. Чији квар може довести и до потпуног прекида рада целог постројења. Ваљаонице (слика 1.1.а) су снабдеване разним врстама дизалица, као и транспортера са ваљцима, ланчаних транспортера и разних других претоварних уређаја, који се укључују у општи рад ваљаонице, којима је могуће управљати са једног места. Оваквим савременим погонима подиже се ниво аутоматизације производње, а самим тим и добија квалитетнија и економичнија производња. И друге врсте производних постројења, као што су ливнице, металопрерађивачке радионице (слика 1.1.в) и сл. снабдеване су великим бројем разних мосних, порталних и других дизалица, као и разним подизачима, елеваторима, транспортерима, конвејерима итд [1].



а) ваљаоница [2]



б) топионица [3]



в) металопрерађивачка
радионица [4]

Слика 1.1. Производна постројења која користе дизалице

Осим у овом виду индустријских постројења дизаличне машине своју примену налазе у бродоградњи(слика 1.2.а), авио индустрији(слика 1.2.б) и аутомобилској индустрији (слика 1.2.в). Бродска пристаништа су опремљена великим бројем окретних дизалица са стрелом, које се користе за истовар робе са брода, као и утовар робе на брод.

Поред окретних дизалица на бродским пристаништима користе се и други типови дизалица са различитим носивостима и дохватом.

Дизалице се користе како у површинским коповима(слика 1.2.г), тако и у рудницима. За постизање повећане продуктивности у рудницима једну од одлучујућих улога имају уређаји за транспортовање материјала. Оне се примењују како у самој унутрашњости рудника, тако и у површинским складиштима и претоварним местима.

Изградња стамбених објеката, путева, мостова, тунела, хидроцентрала и др. не би могла да се замисли у данашњој грађевинској делатности без примене дизаличних уређаја.

Из претходно наведене примене дизаличних уређаја, може се закључити да дизалице у најширем смислу омогућавају остваривање механизације транспортних операција на свим пољима привредног живота. Овакав вид уређаја има велики економски значај до којег је дошло при развоју и унапређењу дизаличних уређаја. При чему је добро што се у већој мери користите најновија достигнућа науке, посебно на пољу технологије материјала примењених за израду појединих механизма и читаве носеће конструкције. На тај начин добија се конструкција дизаличног уређаја који не само да задовољава потребе у виду обављања основних функција и трајности, већ се добија и лакша и јефтинија конструкција [1].



а) бродоградња [5]



б) авиоиндустрија [6]



в) аутомобилска индустрија [7]



г) површински коп [8]

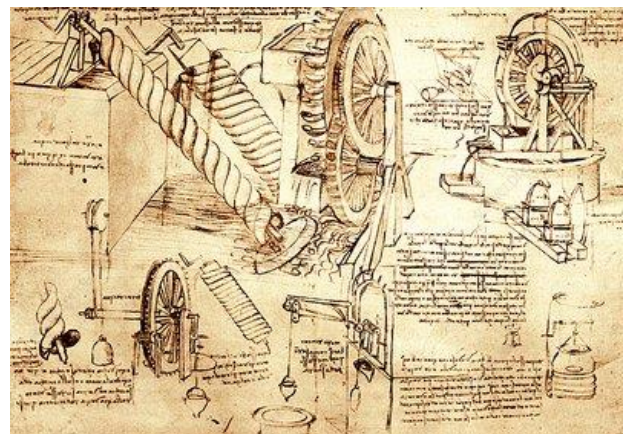
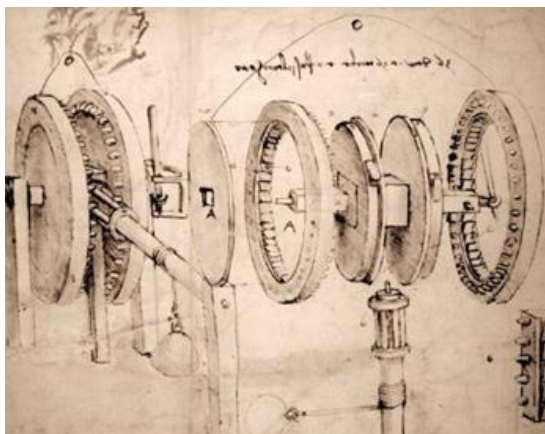
Слика 1.2. Примена дизаличних уређаја у појединим гранама индустрије

2. Историјски развој дизаличних машина

Потреба људи за олакшаним манипулисањем тешког терета почиње у најранијем добу развитка цивилизације, а самим тим и потреба за уређајима који би помогли у томе. Развитак трговине као делатности, доста је допринео у развоју дизаличних машина и уређаја за подизање и премештање терета.

1330. године изграђена је обртна дизалица, овај тип дизалица погонио се преко млина са точковима помоћу кога се обрће вратило намењено за намотавање ланца, којим се подиже терет. Овакав тип дизалице био је примењен у изградњи Катедрале у Келну, при чему се користила дизалица висине 15 m и носивости 3 t, док се погон дизалице остваривао преко два млинска точка.

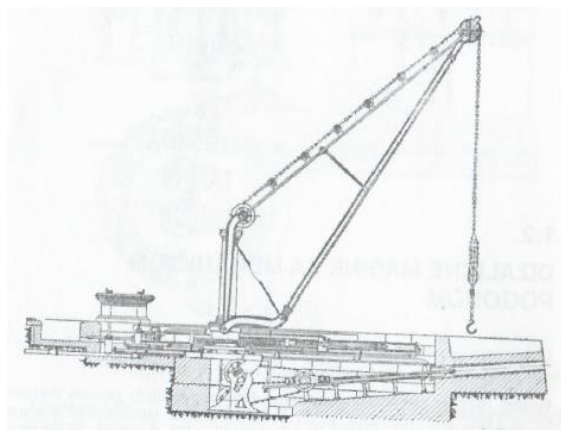
Такође, значајан период у развоју дизаличних уређаја био је од 1400. до 1630. године, који се одликује побољшањем конструктивних решења. У радовима Леонарда да Винчија (слика 2.1), Лоринија и Донатоа Браманта, представљени су самокочиви пужни преносници погоњени чегрталком (засновани на принципу алатки за бушење тла). Дизалице су за захватни елемент имале колица, аналогно савременој обртној дизалици са променљивим дохватом, са грабилицом, зупчаником са добошем, и са реверзибилном спојницом, и све оне су биле полазни модели данашњих савремених дизаличних машина. Овај период одликује се и применом дрвета као главног материјала за израду носеће конструкције, као и елемената механизма, што подразумева вратила, котурове, зупчанике итд. Само у посебним случајевима користили су се бронза или челик, и то најчешће при изради кука, осовина, скакавица и томе слично [9].



Слика 2.1. Нацрти Леонарда да Винчија [10]

Од XIV до XVII века употреба метала била је ограничена због релативно високих цена, неадекватних и недовољних провера квалитета израђених делова и елемената од метала. Комбиновање материјала за грађење дизаличних машина у примени је од XVIII века, и представља спој дрвета и ливеног гвожђа уз даље комбиновање са профилисаним и ваљаним лименим плочама.

Са развојем технике истовремено развија се и дизалично-транспортна механизација. 1827. године патентирана је дизалица на парни погон, а године 1846. дизалична машина са хидрауличним погоном (приказана на слици 2.2 а). Несавршености хидрауличног погона и дизаличних уређаја за покретање трансмисионих механизма, због опасности од замрзавања радних флуида, сузили су границе примене овог облика погона у тој епохи. На слици 2.2 б је приказана хидрауличну дизалицу на водени погон која је коришћена у лукама за утовар терета. Вентил је регулисао количину течности која је улазила у цилиндар у односу на оптерећење дизалице [9].



а)

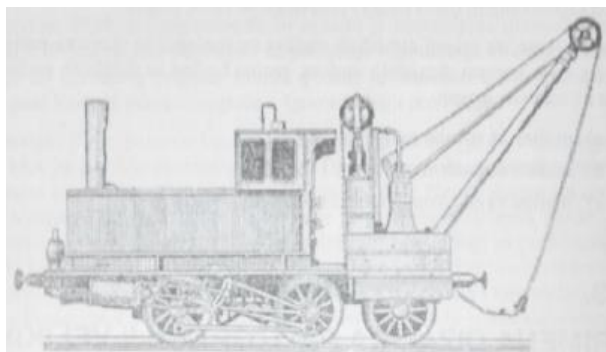
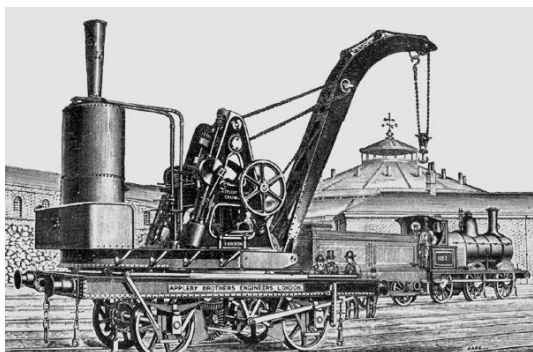


б)

Слика 2.2. Хидрауличне дизалице [9]

Коришћење хидрауличке дизалице је у то време било широко распрострањено и неколико компанија је изграђено за пројектовање и изградњу хидрауличке дизалице. Армстронг који је изумео хидрауличку дизалицу побољшао је дизајн дизалице, а најважнија његова иновација био је хидраулични акумулатор. Тамо где притисак воде на локацији није био доступан за употребу хидрауличких дизалица, Армстронг је често градио високе водоторњеве како би обезбедио довод воде под притиском.

Веома битан помак направиле су и маневарске парне локомотиве са дизалицом, приказана на слици 2.3, које су се први пут нашле у примени 80-тих година XIX века. Вертикални парни котао користио је као против тег, док се дизалица обртала за 360°. Дизање терета вршило се помоћу клипа у цилиндру и системом котурача се остваривала потребна брзина, тачније носивост дизалице. Парни погон се осим код железничких дизалица појављује и код мосних и порталних дизалица, а године 1886. први пут се јавља и код пловних дизалица.



Слика 2.3. Маневарска локомотива на парни погон са дизалицом [9]

Проналазак електропогона највише је допринео прогресивној изградњи дизалица. 1885. године конструисана је обртна дизалица са електричним погоном, а пар година касније направљена је и мосна дизалица. Непосредно затим 1890 .године на тржиште је пласирана и полупортална дизалица, намењена раду на бродским пристаништима. У наредним година елктропогон је скоро потпуно заменио парни погон у изградњи мосних, порталних и стационарних обртних дизалица. Прва дизалица која је за погон користила мотор са унутрашњим сагоревањем (СУС мотор) појавила се 1895. године [9].

Развој дизаличних машина, у зависности од врсте погона, карактеришу три периода према којима су подељене на:

1. Машине са ручним погоном;
2. Машине са парним погоном;
3. Машине са електропогоном и са СУС моторима.

У данашње време у примени су модерне дизаличне машине и савремена претоварна опрема, са модерним погонским системима, аутоматизована и способна да реализује многе захтевне и одговорне задатке у транспортно – манипулативним процесима (слика 2.4).



Слика 2.4. Модерне дизаличне машине

3. Општа разматрања о транспортним машинама

Намена дизаличних машина јесте премештање терета у вертикалном правцу тако што преносе материјал са једне површине на другу које се налазе на различитим висинама. Своју примену налазе у организованој производњи, где се врши премештање терета у току обављања радних операција, односно у индустрији, грађевинарству, рударству, и другим привредним делатностима.

Процес преноса материјала одвија се у неколико фаза, по тачно одређеном распореду:

- утовар,
- транспорт,
- претовар,
- истовар

Према месту на којем се транспорт обавља, разликујемо оне за унутрашњи, односно транспорт које се обавља унутар објеката, хала и томе слично и спољашњи транспорт који се обавља на отвореном простору.

Све транспортне машине, у које спадају и дизаличне машине, према начину рада могу се поделити на две основне групе:

1. Транспортне машине са прекидним односно периодичним радом
2. Транспортне машине са непрекидним или континуалним радом

Машине са периодичним радом транспорт обављају у циклусима са прекидима док се код машина са непрекидним радом кретање обавља у континуитету без прекида, о чему ће бити речи у даљем раду.

Дизаличне машине, такође, карактерише капацитет односно, носивост саме машине. Када је машина део технолошког процеса у производњи, њена примарна карактеристика јесте носивост. Носивост представља највећи могући терет који та дизалица може да подигне. У одређеним случајевима усвајају се и умерене брзине кретања појединих механизма дизалице, чиме се добијају мањи, лакши и јефтинији уређаји [9].

Погонски механизми помоћу којих дизаличне машине различитих конструкција изводе своја кретања су:

1. погон за дизање терета,
2. погон за хоризонтално кретање колица и дизалице,
3. погон за окретање окретних делова дизалице око вертикалне осе,
4. погон за промену дохвата стреле код дизалица са стрелом.

Ове погонске групе у зависности од покретности дизалице, постављају се на рамове и конструкције одговарајућих облика и димензија, који су учвршћени темељима, ако се ради о непокретним дизалицама. Код покретних дизалица ови погонски елементи постављају се на колица са точковима, или неком другом врстом покретног елемента.

Према свом конструктивном извођењу постоји више врста дизаличних уређаја. Оне се разврставају у три групе:

- прости дизалични механизми и машине,
- дизалице (кранови)
- подизачи.

У просте дизаличне механизме и машине спадају:

1. Мале дизалице (слика 3.1.а) – јесу механизми са малом висином дизања. Зупчаста полуга, завојно вретено или клип су најчешће примењени елементи погона ових дизалица. Најчешће су то ручне дизалице са зупчастом полугом и преносом помоћу цилиндричних зупчаника, ручне дизалице са завојним вретеном, електричне дизалице са завојним вретеном, хидрауличне дизалице са покретним клипом или хидрауличне дизалице са покретним цилиндром.
2. Котураче и чекрци (слика 3.1.б) – који такође служе за подизање терета на мале висине, при чему морају бити обешени на носеће греде. Овој подгрупи припадају све врсте котурача са једним, два или више кракова носећег елемента, као и преносни ручни чекрци са пужним преносом или са преносом цилиндричним зупчаницама и др.
3. Добоши за вучу (слика 3.1.в) – су још једна врста просте дизаличне машине намењена за пренос и подизање терета, али за разлику од претходних, ови дизалични механизми преносе терет и у хоризонталној или косој равни [1].



а)



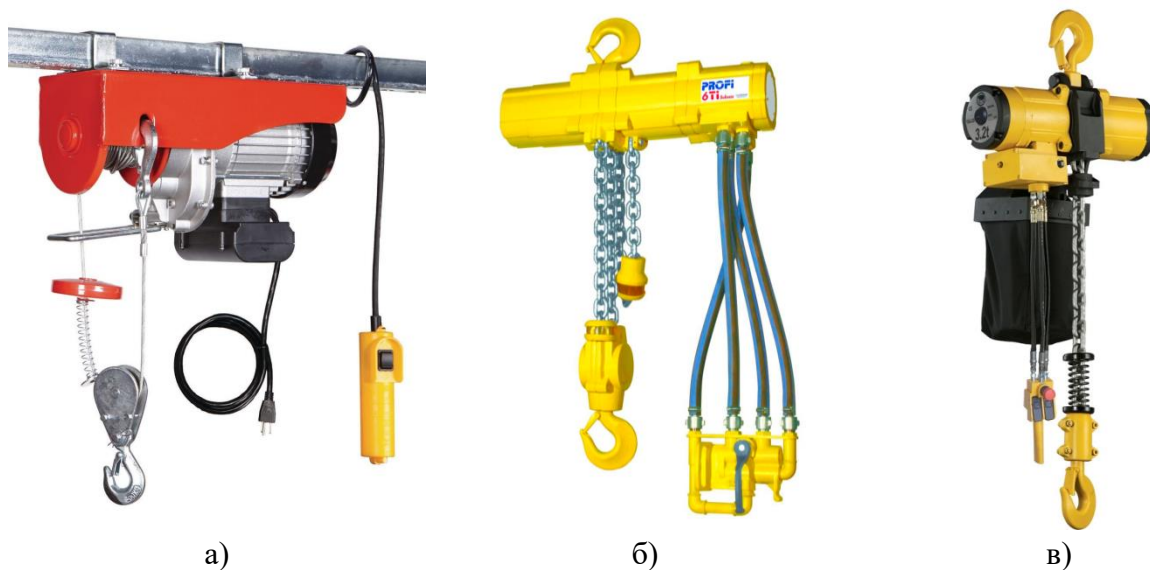
б)



в)

Слика 3.1. Могућа решења за дизање и вучу терета

Дизање терета се најчешће остварује применом одговарајућих електро уређаја и мотора (слика 3.2.а). Елементи на бази хидраулике (слика 3.2.б) и пнеуматике (слика 3.2.в), могу бити такође у употреби, посебно у условима где примена електричних верзија дизалица није дозвољена из безбедоносних разлога.



Слика 3.2. *Погони механизма за дизање терета*

Дизалице (кранови) су јако сложене машине које служе за подизање и премештање терета. Према начину рада, могу се поделити у две групе:

1. Дизалице мостовског облика – оне врше хоризонтално премештање терета које се постиже кобиновањем трансаторних померања.
2. Обртне дизалице – које остварују хоризонтално премештање терета окретањем.

Подизачи су дизаличне машине које служе само за подизање терета. Највећа подгрупа која спада у подизаче јесу лифтови, путнички и теретни, који користе различите конструкције и примењују се за различита оптерећења, такође се могу кретати у више различитих брзина. Поред лифтова постоје и друге врсте подизача, које се користе у фабричком и складишном транспорту, то су подизачи са платформом, који могу бити са или без сопственог погона. За подизање растреситог материјала на одређена места користе се такозвани скипови подизачи, код којих стазе кретања подизача могу бити нагнуте под разним угловима, чак и до 90° [1].

3.1 Маchine са периодичним радом

Маchine са периодичним радом, као што и њихово име каже, рад обављају са одређеним прекидима, односно премештање терета врше у више одвојених циклуса кретања при чему мењају радни и повратни ход. Период рада дизаличних машина са прекидним радом састоји се од операција вешања терета о захватни уређај дизалице, затим радног хода, који подразумева премештање у хоризонталној равни и спуштање терета, скидања терета са захватног уређаја дизалице и повратног хода до почетне тачке поновног утовара. Капацитет ових машина директно зависи од дужине радног хода

дизалице, прецизније – капацитет дизаличне машине обрнуто је сразмеран висини дизања терета и дужини хоризонталног премештања. Помоћу дизаличних уређаја могу се дизати и премештати разне врсте материјала, као што су крупни комадни терет, ситнокомадни и ситнозрнасти материјал који се преноси специјализованим захватним уређајима [1].

Капацитет дизаличних машина које периодичним, одвојеним кретањем дижу и премештају терет изражава се по следећем општем обрасцу:

$$Q_{\Sigma} = n \cdot G_{\text{тер}} \quad (3.1.1)$$

где су:

n – број циклуса машине на сат,

$G_{\text{тер}}$ – тежина терета који се подиже, kN.

У случају када се преноси расипни материјал, наведени образац добија следећи облик:

$$Q_{\Sigma} = n \cdot G' \quad (3.1.2)$$

где су:

$G' = G_M + G$ – целокупан терет који се подиже;

$G_M = V \cdot \psi \cdot \gamma$ – тежина материјала kN.

V – запремина посуде којом се преноси расипни материјал, m^3 ,

ψ – коефицијент пуњења кофице,

γ – специфична тежина материјала, kN / m^3 ,

G – тежина посуде у којој се преноси материјал, kN

3.2 Машине са континуалним радом

Машине са континуалним радним циклусом омогућавају преношење материјала у непрекидном току и хоризонтално и вертикално. Њихов капацитет не зависи од дужине транспортовања, што и јесте највећа разлика машина са континуалним и машина са периодичним радом. Машине и уређаји који раде по овом принципу намењени су за преношење ситнозрнастог, расипног материјала, као и ситнокомадног материјала.

Технички подаци који карактеришу машине са континуалним радом су:

- капацитет машине,
- брзина преношења материјала,
- геометријска схема уређаја,
- дужина транспортовања,
- висина подизања материјала,
- угао нагиба правца транспортовања према хоризонтали.

Основни капацитет машине за континуални транспорт изражава се према следећем обрасцу:

– За растресите материјале:

$$Q = V \cdot \gamma = 3600 \cdot A \cdot v \cdot \gamma \quad (3.2.1)$$

– За комадне терете:

$$Q = 3,6 \frac{G \cdot v}{a} \quad (3.2.2)$$

где су:

V – часовна запремина материјала који се транспортује у m^3/h ,

γ – специфична тежина материјала, kN/m^3 ,

A – површина попречног пресека материјала, m^2 ,

v – брзина преношења материјала, m/s ,

G – тежина једног транспортног комада транспортованих комадних терета, kN ,

a – растојање између комадних терета при транспортовању, m .

Снага мотора потребног за кретање ових дизаличних уређаја може се добити по следећем обрасцу:

$$P = \frac{F_w \cdot v}{\eta} \quad (3.2.3)$$

где су:

F_w – отпор при кретању, (ако је у питању механизам за дизање, то је тежина терета који се диже)

v – брзина кретања (дизања) у m/min ,

η - целокупан степен корисности механизма.

Механизми непрекидног (континуалног) транспорт користе се када је потребно премештање велике количине ситнозрнастог материјала. Због непрекидног преноса терета могуће је постићи одређене капацитете без обзира на дужину транспортовања. Могу се поделити у три основне групе:

1. Машине са вучним елементом, где спадају све машине које премештају терет кретањем бесконачне траке, ланца или ужета. Под машинама са вучним елементом подразумевају се: транспортери, елеватори и конвејери.

Транспортери (слика 3.2.1.а) су машине које транспорт терета врше по хоризонталној или благо нагнутој путањи. Они нису намењени за вертикално премештање терета. Међутим могу се израђивати у разним облицима:

- а) тракасти транспортери – који за пренос материјала користе бесконачну гумену траку,
- б) плочасти транспортери – преносе најчешће коадни терет, на плочама које су везане за два паралелна бескрајна ланца,
- в) грабуљасте транспортери – премештају терет по кориту помоћу попречних стругача, који су везани за један или два бескрајна ланца.

Елеватори (слика 3.2.1.б), који се према врсти уређаја за пренос материјала могу поделити на:

- а) елеваторе са кофама, користе се за пренос ситнозрнастог материјала. За вучни елемент користе гумене траке и ланце, који преносе кофе са материјалом,
- б) елеватори за коадни терет.

Конвејери (слика 3.2.1.в) су машине које могу да преносе ситнозрнасти, као и коадни материјал, при чему имају могућност и хоризонталног и вертикалног транспорта. Таква врста конвејера назива се просторни конвејер [1].



а) транспортер [11]



б) елеватор [12]



в) конвејер [13]

Слика 3.2.1. *Машине са вучним елементом*

2. Машине без вучног елемента, у које се убрајају:

- а) завојни транспортери, функционишу по принципу навртке и завојнице, могу преносити расипни ситнозрнасти и коадни терет.
- б) вибрациони транспортери, помоћу осцилаторног кретања носећег елемента преносе материјал.
- в) ваљкасти транспортери, преносе најчешће коадни терет, помоћу ваљака који су поређани један до другог у носећем раму.
- г) пнеуматска постројења, користи се за пренос ситнозрнастог материјала, тако што кроз специјалне водове струји ваздух заједно са материјалом који се преноси. Предност њиховог коришћења јесте што се гипким водовима може доћи до тешко доступних места.
- д) уређаји хидрауличног погона, начин погона који се користи у грађевинарству за велике земљане ископине, за вађење песка и шљунка из воде и др.

3. Помоћни уређаји, где спадају све машине и уређаји који служе да помогну дизаличним машинама да лакше манипулишу теретом. У ову групу спадају следећи уређаји:

- а) гравитациони уређаји, којима се терет премешта сопственом тежином. Ту спадају: нагнути жлебови, завојни нагнути жлебови, ваљкасти транспортери без погона и сл.
- б) додавачи (дозери), користе се за регулацију спуштања терета из бункера у транспортну машину.
- в) уређаји за мерење тежине транспортног материјала.
- г) бункери и друге врста затварача [1].

4. Погони дизаличних уређаја

Дизалице спадају у групу транспортних уређаја, и пре свега су намењени вертикалном и хоризонталном премештању различите врсте терета у ограниченем простору. У зависности од појединих параметара конструкције дизалице, пре свега дохвату, простор у коме се налазе може бити већи или мањи.

Њихова велика примена у индустрији довела је до њиховог сталног усавршавања и побољшања. Тако да се њихова технологија константно развија у сваком погледу. Све дизалице могу се разликовати према разним критеријумима као што су дохват, намена, конструкција, врста примене, врста погона и др.

Једна од најважнијих подела дизаличних уређаја јесте према врсти погона, односно енергији коју тај погон користи. Почевши од најједноставнијих облика дизалица све до јако развијених механизма без којих се обављање појединих делатности не би могло замислити.

Тако да се према врсти енергије, односно врсти погона, коју користе дизалични уређаји деле на:

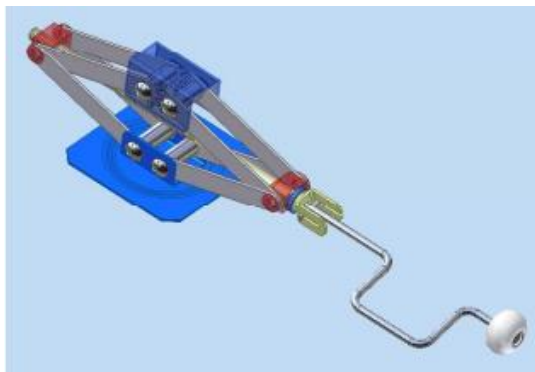
- ручни погон,
- парни погон,
- погон моторима СУС,
- хидраулични погон,
- пнеуматски погон,
- електрични погон.

4.1 Ручни погон

Најједноставнији погон дизаличних уређаја јесте ручни погон, он представља силу којом корисник делује на ручицу погона уређаја. Карактеристике дизаличних уређаја на ручни погон су:

- примена код механизма који ретко раде,
- релативно кратко време рада,
- механизми мале носивости,
- кратак радни ход,
- мале висине дизања,
- ручна сила $\approx 200\text{N}$ [14]

Пример дизалице на ручни погон је аутомобилска дизалица приказана на слици 4.1.1.



Слика 4.1.1. Аутомаобилска дизалица на ручни погон [14]

Поред великих недостатака дизалице ручног погона и даље своју примену налазе у широком опсегу радних делатности. Дизалицу ручног погона производи фирма *Yale - Hoisting Consulting*. Пример дизалица на ручни погон овог произвођача су дизалица са ручком JACK YALE TAURUS и ручна ланчана дизалица YALE LIFT 360.

Дизалица са ручком JACK YALE TAURUS, приказана на слици 4.1.2, идеална је за подизање, постављање и транспорт машина или тешких предмета. Такође примену налази у деловима поправке и послове предвиђене у малим просторима и тешким радним условима. Конструкција дизалице израђена је од висококвалитетног кованог гвожђа, носивости до 10 t и висине дизања до 295 mm, која је додатно опремљена аутоматском кочницом и зупчаником за брзо постављање дизалице када није оптерећена [15].



Слика 4.1.2. Дизалица са ручком JACK YALE TAURUS [15]

Иновативна ручна ланчана дизалица YALE LIFT 360 (слика 4.1.3) намењена је за тешке услове рада у индустрији. Могућност окретања ручног ланца за 360° омогућава руковање дизалицом из различитих углова, тако да је могуће безбедно руковање изван опасне зоне. Нов патентиран систем кочница обезбеђује сигуран рад, са веома мало одржавања, а сам механизам је веома тих. Механизам је опремљен системом заштите од

преоптерећења, корпом за ланац и прохромски носивим и вучним ланцем са антикорозивном заштитом. У зависности од потреба корисника ова врста дизалице постоји у више извођења које су дате у табели 4.1.1 [15].

Табела 4.1.1 *Различите врсте ручне ланчане дизалице YALE LIFT 360*

Model	Capacity in kg/ Number of chain falls	Chain dimensions d x p in mm	Hand chain overhaul for 1 m lift m	Pull on hand chain at WLL daN	Net weight at standard lift kg
Yalelift 360	500/1	5 x 15	30	21	9
	1000/1	6 x 18	49	30	13
	2000/1	8 x 24	71	32	20
	3000/1	10 x 30	87	38	29
	5000/2	10 x 30	174	34	38
	10000/3	10 x 30	261	44	71
	20000/6	10 x 30	522	2 x 44	196



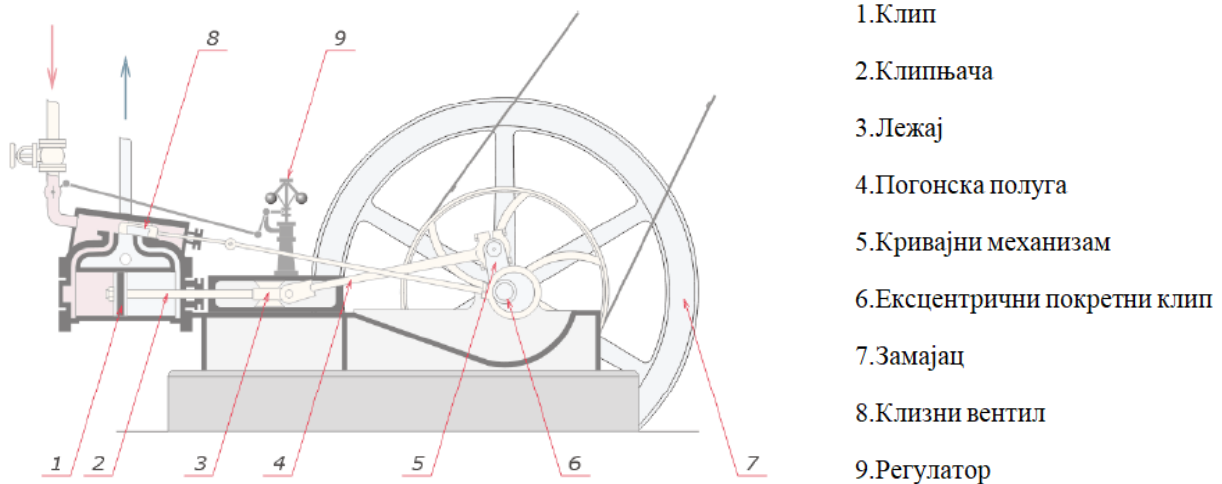
Слика 4.1.3. *Ручна ланчана дизалица YALE LIFT 360* [15]

4.2 Парни погон

Парни погон се код дизаличних уређаја у данашње време веома мало користи. Његова примена је све мања због развоја технологије и увођења ефикаснијих начина погона дизаличних машина. Своју највећу примену нашао је код пловних и железничких дизалица.

Парни погон представља мотор који трансформише топлотну енергију водене паре у механички рад. Пара се производи у котлу, затим се доводи до цилиндра где делује

притиском наизменично на једно па затим другу страну клипа, померајући клип транслаторно. Линијско кретање клипа затим се претвара у ротационо кретање, доводећи дизаличну машину у радни положај. Елементи једног погонског механизма на парни погон приказани су на слици 4.2.1 [14].



Слика 4.2.1. Елементи погона парног механизма [14]

Предности коришћења парног погона су:

- независан рад машине од спољних извора,
- могућност коришћења локалног горива,
- лако и једноставно регулисање брзине,
- могућност повратног (реверзибилног) хода.

Мане коришћења парног погона су:

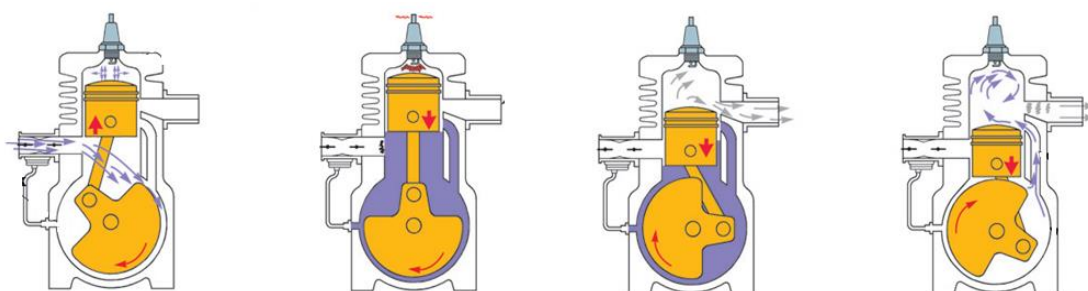
- превазиђен,
- неопходност држања котла под паром током рада и прекида,
- велика сопствена маса постројења,
- низак степен корисног дејства,
- проблем одржавања константног броја обртаја.

4.3 Погон моторима са унутрашњим сагоревањем (СУС мотори)

Погони нешто новије генерације представљају погон моторима са унутрашњим сагоревањем. Своју највећу примену код дизаличних уређаја налазе у сектору мобилних и пловних дизалица, као и виљушкара. У зависности од горива која користе могу бити бензински или дизел мотори са унутрашњим сагоревањем.

Циклус рада СУС мотора састоји се из четири основне фазе (Слика 4.3.1), и то су:

1. Усисавање – у овом процесу се смеша ваздуха и горива усисава у мотор. Задатак овог процеса је да обезбеди смешу за касније сагоревање.
2. Сабијање (компресија) – односно обезбеђивање услова за сагоревање претходно убризгане смеше. Сабијањем смеше повећава се притисак и температура, чиме се обезбеђује брже и експлозивније сагоревање, због збијености молекула кисеоника из ваздуха и горива.
3. Сагоревање, односно ширење (експанзија) – сагоревањем смеше ослобађа се велика количина енергије. Гасови настали сагоревањем су под већим притиском него смеша и поседују веома велику потенцијалну енергију. Експанзија јесте процес који даје снагу мотору, односно врши корисни механички рад. Ова фаза јесте најважнија у процесу рада СУС мотора, и све остале фазе су припремне фазе.
4. Издувавање – када се заврши процес сагоревања и сагорели гасови претворе своју потенцијалну енергију у механички рад, постаје бескористан, тада долази до четврте фазе, фазе издувавања – односно избацивање гасова у атмосферу [14].



Слика 4.3.1. Фазе циклуса рада СУС мотора [16]

Предности коришћења погона СУС мотора су:

- стална спремност за рад,
- мање димензије и маса мотора,
- већи степен корисног дејства,
- лако заустављања мотора.

Недостаци коришћења погона СУС мотора су:

- није дозвољено веће оптерећења,
- немогућност повратног (реверзибилног) хода,
- потреба за фрикционим спојницама, при старту мотора.

Примена овог типа погона карактеристична је за мобилне и аутодизалице. Могу се поделити према више критеријума, од којих су најважнији број управљачких кабина и број погона.

Тако да се према броју управљачких кабина деле на дизалице са:

- једном управљачком кабином (слика 4.3.2.а) – што значи да се возилом на коме је смештена дизалица као и самом дизалицом управља из исте кабине,
- две управљачке кабине (слика 4.3.2.б) – што значи да је управљање возилом на које је смештена кабина и дизалицом одвојено.



а)



б)

Слика 4.3.2. Мобилне дизалице према броју управљачких кабина [17]

Према броју погона деле се на исти начин као и према броју управљачких кабина, односно на дизалице са једним и два погонска уређаја. Када мобилна или аутодизалица поседује само један погон, он је намењен за покретање и возила на коме се налази дизалица као и саме дизалице, док се код примене два погонска уређаја један користи само за покретање возила, а други за покретање дизалице.

Пример мобилне дизалице са две управљачке кабине и једним погонским уређајем је ТМ 1300-6.2 произвођача Liebherr. Ова дизалица представља стандард у класи од 300 t у погледу носивости и дужине носача. Оно што је карактерише јесте сложена стрела која се састоји од телескопског дела стреле дужине 78 m и фиксног решеткастог дела стреле дужине 42 m. Ово је такозвана двоструко преклопљена стрела која има опцију хидрауличног подешавања. Још једна од предности ове дизалице јесте могућност брзе припреме за употребу. Дизалицу покреће мотор у шасији, преко механичке осовине са посебно високом ефикасношћу. Применом једног погонског уређаја повећана је економичност, смањено одржавање. Поседује и економични режим који смањује потрошњу горива аутоматским искључењем комплетне погонске јединице пумпе мотора када мотор ради у празном ходу [18].



Слика 4.3.3. Мобилна дизалица ТМ 1300-6.2 произвођача Liebherr [18]

4.4 Хидраулични погон

Систем хидрауличног погона, у најопштијем смислу подразумева скуп уређаја способних да врше пренос енергије и информација помоћу хидрауличке течности. Његов задатак јесте да снагу флуида претвара у механички рад, најчешће под притиском. Овакав систем се састоји од пумпе, разводника, радних цилиндара са клиповима, водова и др. Пумпа добија погон од електромотора или мотора СУС. Хидраулични системи могу се поделити у две велике групе:

- Хидродинамичке системе – преносе енергију помоћу кинетичке енергије струјања радног флуида.
- Хидростатичке системе - енергија се преноси под дејством потенцијалне енергије радног флуида.

Најчешће се примењује код утоваривача, самоходних претварача, подизача, мобилних дизалица, лифтова и сл. Примери хидрауличног погона представљени су на сликама 4.4.1 и 4.4.2 [14].



Слика 4.4.1. Дизалица са стрелом на хидраулични погон



Слика 4.4.2. Утоваривач на хидраулични погон

Предности коришћења хидрауличног погона:

- сигурна експлоатација,
- уређаји без преносног механизма,
- мање димензије и масе,
- равномеран погон и једноставније управљање,
- широка могућност регулисања радне брзине променом протока радног флуида.

Недостаци коришћења хидрауличног погона:

- неекономичност при дизању терета мањег од препорученог, јер потрошња течности не зависи од величине терета,
- потребна је велика тачност израде код делова хидрауличног система,
- примена специјалних течности у раду на ниским температурама,
- сложеност додавања течности код покретних уређаја,
- већи губици притиска код већих водова [14].

Хидраулична дизалица произвођача “VINTA” (слика 4.4.3) разликују се према носивости у тонама, висини дизања папуче, висини дизања главе, и тежини конструкције подизача, који су од стране произвођача дати табелом 4.4.1 [19].

Табела 4.4.1. Карактеристике хидрауличне дизалице марке “VINTA” [19]

Носивост (t)	Максимална висина дизања папуче (mm)	Максимална висина дизања главе (mm)	Нето тежина (kg)
5	230	575	25
10	260	650	35
25	273	720	109



Слика 4.4.3. Хидраулични дизалица произвођача “VINTA” [19]

4.5 Пнеуматски погон

Пнеуматски погон заснован је на покретању клипа у цилиндру помоћу притиска компресованог ваздуха. За разлику од течности код хидрауличног погона, ваздух је под нижим притиском. Основне функције пнеуматских система су претварање енергије ваздуха у механичку енергију.

Њихова примена код дизаличних уређаја није велика, неки од њих су витла или поједини помоћни уређаји. Што се тиче њихове шире примене користе се код кочница, и системима за управљање који захтевају дуге водове до места преноса команде.

Предности коришћења пнеуматског погона:

- рад без ударних оптерећења,
- једноставнија конструкција уређаја,
- лако управљање.

Недостаци коришћења пнеуматског погона:

- ограничена област примене, с обзиром на отежано снабдевање покретних уређаја компримованим ваздухом,
- трошкови у експлоатацији уређаја су знатни, с обзиром на велику потрошњу ваздуха и губитке у инсталацији [14].

Обртна пнеуматска покретна дизалица са стрелом је приказана на слици 4.5.1. Преко пнеуматског цилиндра омогућено је покретање и позиционирање терета. Захватна рука је ротирајућа до 360 степени. Маказаста подизна платформа, на пнеуматски погон, намењена сервисним радионицама је приказана на слици 4.5.2.



Слика 4.5.1. Обртна пнеуматска покретна дизалица



Слика 4.5.2. Маказаста подизна платформа

4.6 Електрични погон

Електрични погон је један од најзаступљенијих у области дизаличних уређаја. Предности коришћења електричног погона су:

- представља најраспрострањенији вид погона,
- има могућност израде одвојених и независних погона механизма,
- могућност лаке контроле појединих механизма,
- могућа је аутоматизација управљања,
- могућност блокаде појединих одвојених механизма,
- мала потрошња енергије,
- Једноставно управљање,
- мотор једносмерне и наизменичне струје,
- спремност мотора за тренутни почетак рада.

Недостаци електро погона, који их има много мање од предности, су:

- проблем напајања уређаја електричном енергијом, посебно код покретних транспортних уређаја [14].

4.6.1 Електромотори

Код савремених дизаличних механизма уграђују се асинхрони електромотори са наизменичном трофазном струјом, који се разврставају у две категорије:

- *клизноколутни електромотори* (промена рада електромотора врши се укључивањем групе отпорника – долази до промене односа момената и броја обртаја).
- *кавезни електромотори са краткоспојним ротором* – (немају могућност регулисања броја обртаја).

Карактеристике рада електромотора, које га чине најпогоднијим за коришћење у области дизаличних машина, су:

- испрекидан рад,
- променљиво оптерећење,
- различито време трајања укључења,
- појава момента преоптерећења при покретању,
- честе промене смера окретања,
- велики број укључења [14].

4.6.2 Карактеристика залета

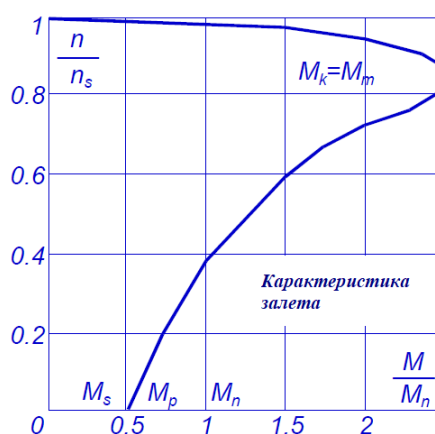
Карактеристика залета ($M=f(n)$), чији је дијаграм претстављен на слици 4.12, представља криву која дефинише промену момента од тренутка када се мотор укључи на мрежу, до тренутка када постигне пуну радну брзину.

Карактеристичне тачке ове криве су:

- *Номинални момент мотора* M_n , односно погонска карактеристика електромотора, дефинише се преко номиналне снаге и асинхроног броја обртаја (вредности се дају у табели за избор електромотора).

$$M_n = 9550 \cdot \frac{P_n}{n} \quad (4.6.2.1)$$

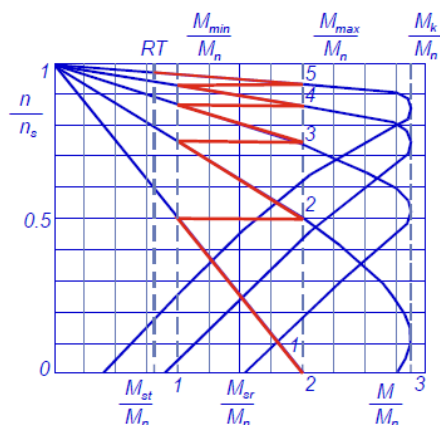
- *Полазни момент* M_p , служи за покретање електромотора из стања мировања.
- *Минимални момент (момент седла)* M_s , карактерише период убрзавања, када треба да буде већи од момента отпора кретања при залету погона, како не би дошло до заустављања механизма.
- *Максимални (прекретни) момент* $M_M = M_K$, односно екстремна вредност момента електромотора.
- Карактеристике залета се мењају тако што се додају различити отпорници, да би се добио максимални момент при минималном броју обртаја.
- Повећањем отпора кола ротора, брзина обртаја опада при константном моменту, тако да карактеристика залета постаје мање стрма (блажа).
- Регулација броја обртаја електромотора постиже се:
 - Постепеним убрзањем механизма,
 - Смањењем полазног момента,
 - Смањењем динамичких фактора удара [14].



Слика 4.6.2.1. Дијаграма криве карактеристике залета [14]

4.6.3 Клизноколутни електромотори

Клизноколутни електромотори се директно не упуштају у рад. Регулација броја обртаја врши се омским отпорницима (реостатима) у колу ротора електромотора. На тај начин добија се тестераста дијаграм карактеристике залета (слика 4.6.3.1), који је карактеристичан за клизноколутне електромоторе.



Слика 4.6.3.1. Тестераста дијаграм карактеристике залета [14]

- Теоријске криве упуштања клизноколутног асинхроног мотора –

Када се електромотор покрене по карактеристици 1 почиње са максималним моментом M_{max} . Његова вредност је ограничена величином отпора и мања је од прекретног момента M_m . У том случају важи:

$$\Psi_{max} < \Psi \quad (4.6.3.1)$$

$$\frac{M_{max}}{M_n} < \frac{M_m}{M_n} \quad (4.6.3.2)$$

- Ψ_{max} – максимални фактор преоптерећења електромотора,
- Ψ – каталожна вредност фактора преоптерећења електромотора

Када се постигне брзина до броја обртаја n_1 електро мотор се пребацује на карактеристику 2. Код ове карактеристике постиже се број обртаја n_2 , а на карактеристици 3 до n_3 . Роторски отпорници се смањују када се вредност обртног момента смањи на своју минималну вредност.

Вредност M_{min} треба да изнесе 10÷20% од номиналног момента M_n .

Тада је :

$$\Psi_{min} = \frac{M_{min}}{M_n} = 1.1 \div 1.2 \quad (4.6.3.3)$$

где је: Ψ_{min} – минимални фактор преоптерећења електромотора

У крајњем делу, када је број обртаја n_4 , сви отпорници из ротора се искључују и електромотор прелази на рад по природној карактеристици 5, постижући асинхрони број обртаја $n = n_5$ и момент устаљеног кретања M_{st} .

Момент упуштања електромотора мења се у периоду убрзања, одвија се од своје максималне до минималне вредности, што представља изломљена линија графика, одакле је и добио назив тестераста дијаграм.

Регулисање броја обртаја електромотора при упуштању мотора може се омогућити:

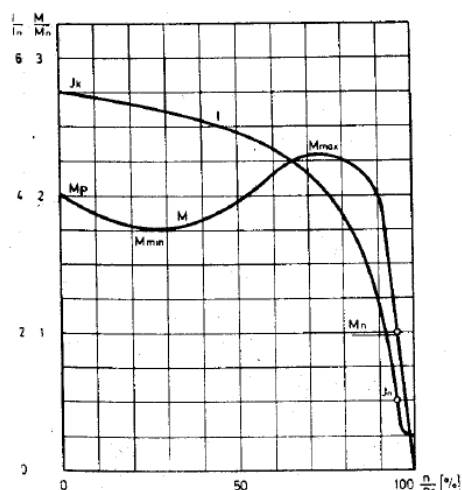
- постепено убрзање механизма,
- смањење полазног момента,
- смањење динамичких фактора удара.

Постоји више начина упуштања електромотора у рад, основни начин упуштања су:

- ручни,
- преко временских релеја,
- преко фреквенције роторске струје, и др [14].

4.6.4 Кавезни електромотори са краткоспојним ротором

Кавезни мотори са краткоспојним ротором карактеришу се као мотори са мањом снагом, који немају могућност регулације броја обртаја. У рад се најчешће упуштају директно, при чему је полазна струја електромотора од 3 до 7 пута већа од номиналне, доводећи на тај начин до краткотрајног струјног удара у мрежи који може нарушити режим рада осталих машина прикључених на исту мрежу. Код оваквог мотора такође не постоји могућност ограничења полазног момента. На слици 4.6.4.1 приказан је дијаграм карактеристике залета кавезног електромотора.



Карактеристичне тачке криве $M=f(n)$:

- M_n – номинални момент,
- M_p – полазни момент,
- M_{max} – минимални момент (момент седла),
- M_{min} – максимални (прекретни) момент.

Слика 4.6.4.1. Карактеристика залета [14]

Да би се правилно изабрао мотор потребно је дефинисати класу ротора. Класа ротора дефинише се којим се највећим моментом отпора радног механизма обезбеђује сигуран залет мотора. Класе ротора се дале у четири основне групе: KR70, KR100, KR130, KR160 које се дефинишу за номинални напон.

Средњи момент упуштања електромотора:

$$M_u = \psi_{sr} \cdot M_n = 0.85^2 \cdot \frac{\psi_p + \psi_m}{2} \cdot M_n \quad (4.6.4.1)$$

где су:

$$\psi = \frac{M_p}{M_n} \text{ - полазни фактори преоптерећења,}$$

$\psi = \frac{M_m}{M_n}$ -максимални фактор преоптерећења, табличне вредности из каталога електромотора [14].

4.6.5 Избор електромотора

Оптерећеност дизаличних електромотора је загревање, оно не сме да буде изнад прописаних граница како не би дошло до прегревања мотора. Да би се правилно одабрао електромотор, потребно је знати:

- снагу потребну за стационарни режим рада,
- снагу, односно момент упуштања у периоду убрзања,
- релативно трајање рада – интермитанцу,
- број укључења на час.

На основу добијене снаге бира се мотор механизма за дизање, из израза:

$$P = P_{st} = \frac{(Q+G) \cdot v_d}{1000 \cdot \eta} \quad (4.6.5.1)$$

где су:

- Q [N] – тежина терета,
- G [N] – тежина захватног уређаја (кука – катурача, грабилица и сл.
- v_d [m/s] – брзина дизања,
- η [-] – укупан степен искоришћења механизма за дизање ($\eta \approx 0,8 \div 0,85$).

На основу добијене снаге из израза усваја се електромотор из каталога са снагом $P_m > P$.

У фази убрзања при дизању терета, електромотор треба да савлада инерцијалне силе при чему може доћи до преоптерећења мотора. Степен преоптерећења се проверава тако да буде:

$$\Psi_{stv} < \Psi_{kat} \quad (4.6.5.2)$$

где су:

Ψ_{stv} – стварни степен преоптерећења електромотора,

Ψ_{kat} – каталошки степен преоптерећења електромотора.

Стварни степен преоптерећења дефинише се помоћу следећег израза:

$$\Psi_{stv} = \frac{M'_{uk}}{M_n} \quad (4.6.5.3)$$

$$M'_{uk} = M'_{st} + M'_{din} \quad (4.6.5.4)$$

где су:

M_n – номинални момент електромотора, [Nm],

M'_{uk} - укупни момент сведен на вратило електромотора, [Nm],

M'_{st} - статички момент сведен на вратило електромотора, [Nm],

M'_{din} - динамички момент сведен на вратило електромотора, [Nm].

У случају када се у механизам за дизање уграђује двојна котурача, код које је n_m број кракова ужета, следи:

$$M_{st}^{dob} = \frac{Q}{n_m} \cdot 2 \cdot \frac{D_d}{2} = 2 \cdot F_u \cdot \frac{D_d}{2} \quad (4.6.5.5)$$

$$M'_{st} = \frac{M_{st}^{dob}}{i \cdot \eta} \quad (4.6.5.6)$$

$$i = \frac{n_{em}}{n_d} \quad (4.6.5.7)$$

$$\eta = 0.8 \div 0.85 \quad (4.6.5.8)$$

где су:

M_{st}^{dob} – статички момент на добошу за дизање терета, [Nm],

D_d – пречник добоша за дизање терета, [m],

Q – носивост дизалице, [N],

η – степен корисности механизма за дизање терета,

i – преносни однос од електромотора до добоша,

n_{em} – број обртаја електромотора, $[\text{min}^{-1}]$,

n_d – број обртаја добоша, $[\text{min}^{-1}]$.

$$M'_{din} = M'_{din}{}^{tr} + M'_{din}{}^{rot} \quad (4.6.5.9)$$

$$M'_{din}{}^{tr} = \frac{F_{in}}{n_m} \cdot 2 \cdot \frac{D_d}{2} = m_Q \cdot \frac{v_{diz}}{t_1} \cdot \frac{1}{n_m} \cdot 2 \cdot \frac{D_d}{2} \cdot \frac{1}{i} \cdot \frac{1}{\eta} = \frac{m_Q \cdot v_{diz} \cdot D_d}{t_1 \cdot n_m \cdot i \cdot \eta} \quad (4.6.5.10)$$

$$M'_{din}{}^{rot} = (1.1 \div 1.2) \cdot J_1 \cdot \varepsilon = (1.1 \div 1.2) \cdot \frac{J_1 \cdot \omega_{em}}{t_1} = (1.1 \div 1.2) \cdot \frac{J_1 \cdot n_1}{9.55 \cdot t_1} \quad (4.6.5.11)$$

$$M'_{din} = \frac{m_Q \cdot v_{diz} \cdot D_d}{t_1 \cdot n_m \cdot i \cdot \eta} + (1.1 \div 1.2) \cdot \frac{J_1 \cdot n_1}{9.55 \cdot t_1} \quad (4.6.5.12)$$

где су:

m_Q – маса терета, $[\text{kg}]$,

J_1 – момент инерције маса електромотора и кочионе спојнице, $[\text{kgm}^2]$,

n_1 – број обртаја електромотора, $[\text{min}^{-1}]$,

t_1 – време убрзања терета, $[\text{Nm}]$.

Фактор $(1.1 \div 1.2)$ представља утицај обртних маса које нису на вратилу електромотора. Обично се усваја да је време убрзања терета $t_1 = (1 \div 2)\text{s}$. [14]

Мотор механизма за кретање бира се на основу снаге добијене из израза:

$$P_{uk} = \frac{P_{st} + P_{in}}{\Psi_{sr}} \quad (4.6.5.13)$$

где су:

P_{st} – снага устаљеног кретања,

P_{in} – снага потребна за савлађивање инерцијалне силе у периоду убрзања,

$\Psi_{sr} = 1.7 \div 2$ – претпостављена вредност средњег фактора преоптерећења мотора.

У случају када је $P_{uk} < P_{st}$, као меродавна вредност узима се снага устаљеног кретања P_{st} .

Релативно трајање рада (ε_d %) мотора погонског механизма је дефинисано односом у процентима укупног времена укључења мотора ($\sum t_i$) и времена трајања радног циклуса дизалице (T_C).

$$T_C = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{T_C} \cdot 100\% \quad (4.6.5.14)$$

Мотори се испоручују са следећим стандардним вредностима E_D (%): 25%, 40%, 60%.

За одређивање снаге мотора P_o , са стандардном инермитенцом E_D (%) из каталога, на основу меродавне снаге при релативном трајању рада (ε_d %), ако радни циклус није дужи од 10 min, користе се обрасци:

$$T_C = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{T_C} \cdot 100\% \quad (4.6.5.15)$$

$$P_o = P \cdot \sqrt{\frac{\varepsilon_d \%}{E_D \%}} \quad (4.6.5.16)$$

Број радних сати на час C :

$$C = \frac{3600}{T_C} \quad (4.6.5.17)$$

Број укључења мотора на час Z :

$$Z = Z_p \cdot C \quad (4.6.5.18)$$

где је $Z_p=4\div 6$ – просечан број укључења механизма у току једног радног циклуса дизалице.

Табела 4.6.5.1 Карактеристике погона [14]

Погонска класа	Број циклуса на час [uklj/h]	Теоријско радно време [h]
Лака /1/	до 16	до 0.5
Средња /2/	16 ÷ 32	0.5 ÷ 1
Тешка /3/	32 ÷ 63	1 ÷ 2
Веома тешка /4/	преко 63	преко 2

За погон дизања најчешће се користе клизноколутни мотори. Кавезни мотори користе се за мање носивости и за погон где се не тражи већа тачност дизања и премештања терета.

Код механизма за кретање примењује се и клизноколутни и кавезни мотори у зависности од намене дизалице и величине снаге потребне за кретање [14].

Када се прорачунају потребне карактеристике, следи избор из табеле стандардних електромотора, које даје сваки њихов произвођач. У табелама 5,6,7 и 8 дати су стандардни модели електромотора, произвођача АТВ Sever из Суботице, разврстани према погонској снази.

Табела 4.6.5.2. Технички подаци за избор електромотора произвођача АТВ Sever [20]

1000 min ⁻¹ , 400 V, 50 Hz, klasa izolacije: F, mehanička zaštita: IP 55, temperaturna klasa: T1-T4.																		
Tip		Snaga kW			n min ⁻¹	η %	cos φ	I _N A	M _N Nm	I _P I _N	M _P M _N	M ₀ M _N	t _s			KR	J kgm ²	Masa kg
		T1,T2	T3	T4									T1,T2	T3	T4			
1.SZK 71	A-6A	0,18	0,18	0,18	900	57	0,65	0,70	1,9	2,6	1,9	2,0	95	80	25	13	0,00055	6,1
	B-6A	0,25	0,25	0,25	890	57	0,64	0,99	2,7	2,6	1,8	2,1	93	77	24	13	0,00071	6,8
1.SZK 80	A-6A	0,37	0,37	0,37	915	66	0,69	1,17	3,9	3,6	2,0	2,2	150	150	54	13	0,0018	9
	B-6A	0,55	0,55	0,55	915	68	0,66	1,77	5,7	3,7	2,4	2,5	74	74	26,5	13	0,0024	11,6
SZK 90	S-6A	0,65	0,65	0,65	935	66	0,69	2,06	6,6	4,7	2,6	3,0	23	23	23	16	0,00247	13
	L-6A	0,95	0,95	0,95	920	67	0,73	2,80	9,9	4,8	2,4	2,8	18	18	6	16	0,0034	16,3
2.SZK 100	L-6A	1,3	1,3	-	930	67	0,70	4,04	13,3	4,2	2,2	2,4	15	15	5	13	0,0054	20,5
	L-6B	1,2	1,2	1,2	940	67	0,66	3,90	12,2	4,4	2,5	2,7	-	-	7	13	0,0054	20,5
2.SZK 112	M-6A	1,9	1,9	-	920	78	0,76	4,63	19,7	4,8	2,5	2,9	10	10	-	16	0,012	27
	M-6B	1,6	1,6	1,6	930	78	0,72	4,11	16,4	5,2	2,9	3,3	-	-	7	16	0,012	27
SZK 132	S-6B	2,6	2,6	-	960	84	0,79	5,7	26	6,0	2,4	2,7	14	-	-	16	0,035	57
	S-6C	-	-	2,2	960	84	0,79	5,7	26	6,0	2,4	2,7	14	14	-	16	0,035	57
	Mk-6B	3,5	3,5	-	950	86	0,80	7,3	36	6,4	2,5	2,8	13	13	-	16	0,0425	68
	Mk-6C	-	-	3,0	950	86	0,80	6,3	30	6,6	2,7	3,1	14	14	6,5	16	0,0425	68
	M-6B	4,8	4,8	-	955	87	0,81	9,9	49	6,4	2,2	2,6	9	9	-	16	0,05	75,5
	M-6C	-	-	4,0	955	86	0,80	8,4	40	6,6	2,2	2,6	11	11	6	16	0,05	75,5
1.SZK 160	M-6B	6,6	6,6	-	950	84	0,78	14,5	66,4	6,5	2,0	2,4	16	16	-	16	0,049	90
	M-6C	-	-	5,0	950	84	0,78	11	66,4	6,7	2,1	2,5	30	21	5,5	16	0,049	90
	L-6B	9,7	9,7	-	950	86	0,78	21	97,5	6,9	2,2	2,5	15	-	-	16	0,070	120
	L-6C	-	-	7,0	950	86	0,78	15,2	97,5	7,3	2,3	2,6	15	8	6	16	0,070	120
1.SZK 180	L-6B	13,2	13,2	-	960	87,5	0,83	26,6	131	6,0	2,2	2,7	15	15	-	16	0,144	150
1.SZK 200	Lk-6B	16,5	16,5	-	970	89	0,83	32,3	163	6,5	2,0	2,7	14	14	-	13	0,225	205
	L-6B	20	20	-	970	90	0,83	39	197	6,5	2,0	2,7	11	11	-	13	0,27	230
1.SZK 225	M-6B	27	27	-	975	91	0,84	51,3	265	6,5	2,0	2,7	19	19	-	13	0,656	330
1.SZK 250	M-6B	33	33	-	980	91	0,85	65	322	6,3	2,0	2,2	16	15	-	13	0,90	390
1.SZK 280	S-6B	40	40	-	985	92,5	0,87	72	388	7,3	2,4	2,7	14	14	-	13	1,5	500
	M-6A	50	-	-	986	92,9	0,88	89	484	7,1	2,3	2,7	-	13	-	13	1,82	560
	M-6B	-	46	-	987	92,8	0,87	82	445	7,7	2,5	2,8	15	-	-	13	1,82	560
1.SZK 315	S-6A	68	-	-	987	92,6	0,86	123	658	7,7	2,4	2,9	19	-	-	13	2,7	730
	S-6B	-	64	-	988	92,7	0,86	116	619	8,2	2,6	3,1	-	13	-	13	2,7	730
	M-6A	82	-	-	986	93	0,88	145	794	7,6	2,3	2,9	18	-	-	13	3,18	840
	M-6B	-	76	-	988	93	0,87	136	735	8,2	2,5	3,1	-	13	-	13	3,18	840

5. Погонски механизми мосне дизалице

Мосне дизалице су најбројнија врста индустријских дизалица, које се примењују у разним областима индустрије.

Главни делови мосне дизалице су:

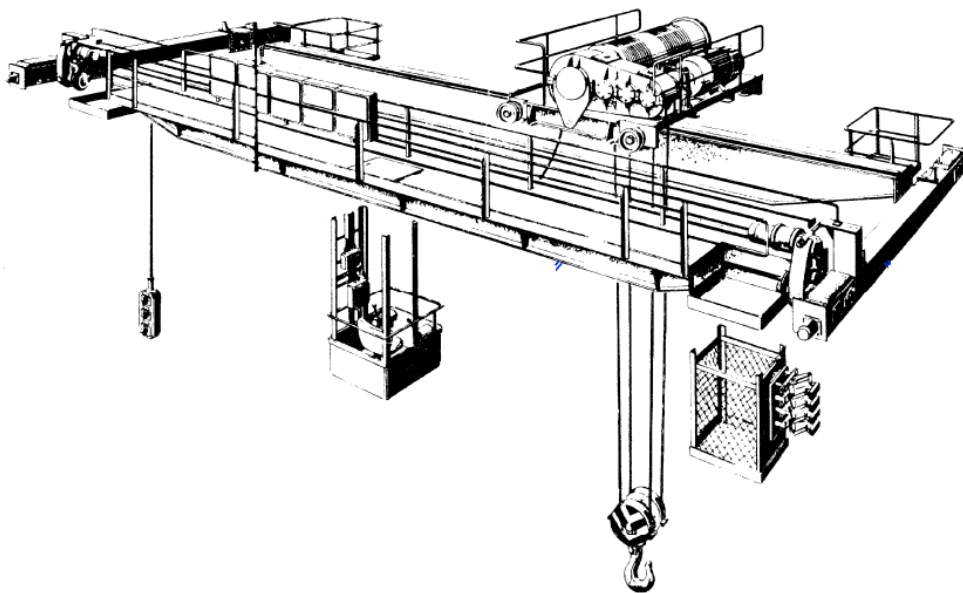
- Мост, носећа конструкција дизалице,
- Покретно електрично витло (колица), са носећим елементом,
- Механизам за кретање дизалице,
- Управљачка кабина,
- Електрични напојни водови, за дизалицу и витло, са припадајућом електроопремом.

Израђени су са једним или два главна носача. За захватни уређај могу користити куке, електромагнете, грабилице, траверзу која може бити и обртна и др, у зависности који терет преносе. У њиховом саставу могу бити једно или два електрична витла (колица), која у зависности од потребе могу имати главно и помоћно дизање, као и нормално и фино дизање. Витло (колица) се може кретати по горњем или по доњем појасу главног носача. Који може бити лимене или решеткасте конструкције. Лимени носачи су најчешће сандучасти, и обично се формирају заваривањем, али могу бити и ваљани профили. Мост дизалице састоји се од два главна и два чеона носача. Погон механизма дизалице смештен је на пешачкој стази која се налази дуж једног носача.

На слици 5.1 приказана је мосна дизалица са електричним витлом класичног извођења. Механизам за кретање витла и механизам за дизање налазе се на костуру витла. Класичан механизам за дизање састоји се од електромотора, еластичне спојнице (којом се повезује електромотор и редуктор), двопапучне кочнице са електрохидрауличним подизачем, редуктор, добош за намотавање ужета и доње котураче са куком.

Код стандардне мосне дизалице најчешће се користи механизам за дизање савремене конструкције (електрично двобрзинско витло). Његове компоненте су постављене тако да се постиже веома компактно решење малих габарита. Добош са вођицом ужета обједињује кочионе моторе са конусном кочницом и редукторе са цилиндричним или планетним зупчаницима у једну конструктивну целину, који је смештен у телу витла.

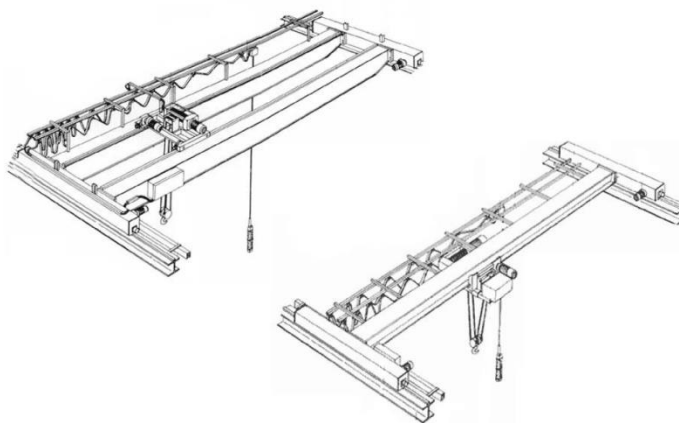
Тело витла може да садржи шапе, у случају када дизалица поседује стојеће витло, или ушице, када је уграђено висеће витло [21].



Слика 5.1. Стандардна мосна дизалица са куком [22]

Према броју главних носача мосна дизалица може бити:

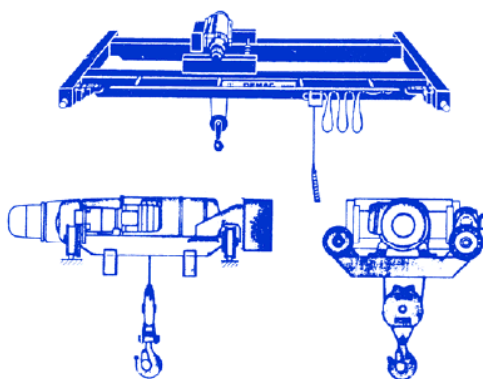
- Мосна двогредна дизалица (слика 5.2)
- Мосна једногредна дизалица (слика 5.2)



Слика 5.2. Мосна двогредна и једногредна дизалица [22]

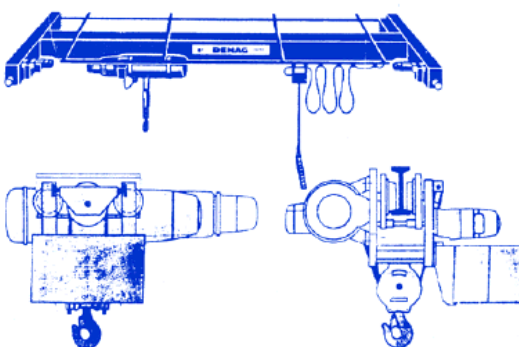
Као што је већ поменуто мосне дизалице се могу поделити и према положају колица, односно покретног витла, на:

- Стојеће витло (приказано на слици 5.3), поставља се на рам двошинских колица, при чему се заједно могу кретати по горњем појасу главног носача двогредне дизалице.



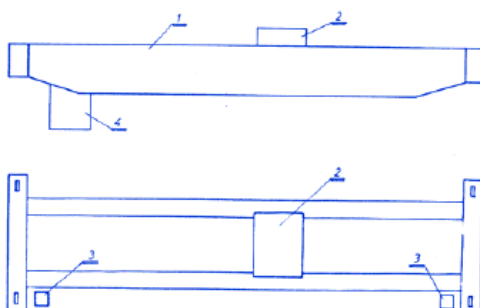
Слика 5.3. Стојеће витло [22]

- Витло са ушицама (приказано на слици 5.4), причвршћује се на viseћа колица, и заједно се крећу по доњем појасу главног носача једногредне дизалице.



Слика 5.4. Витло са ушицама [22]

По главним носачима (1) транслаторно се крећу колица (2) и на њима су смештени механизам за дизање и кретање (3) колица. За вреће распоне најчешће се користе сандучасти носачи, због постизања веће економичности.



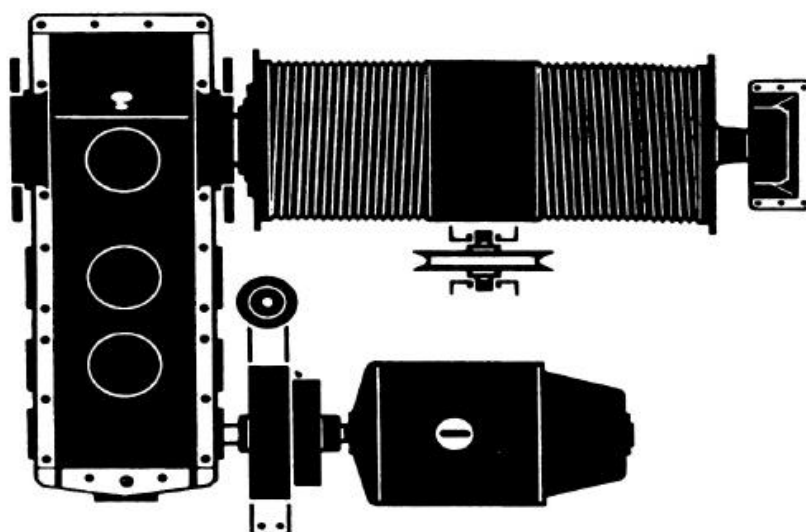
Слика 5.5. Шематски приказ дворедне мосне дизалице [22]

Пешачке стазе које су постављене дуж главних носача, тако да омогућавају лакши прилаз свим деловима дизалице, и служе за смештање погона и тролних водова, при чему додатно доприносе већем укрућењу структуре моста у хоризонталној равни.

У случају отказивања крајњих искључивача у дејство ступају чеони носачи, који су опремљени одбојницима.

Управљање мосном дизалицом могуће је из управљачке кабине (4) или са одређене удаљености преко управљача, у том случају дизалица не поседује управљачку кабину и брзина транспортног кретања не треба да буде већа од 30 [m/min].

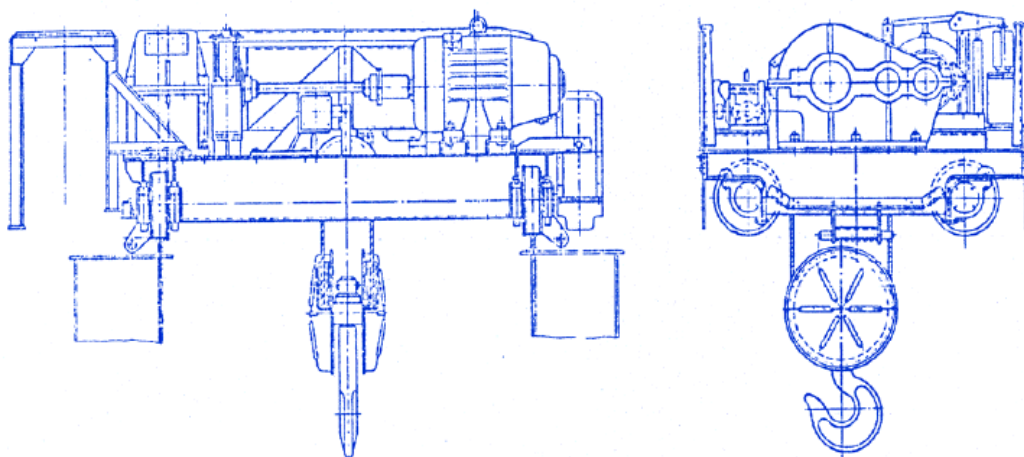
Механизам за дизање приказан је на слици 5.6. Овакав механизам за дизање састоји се од електромотора, еластичне спојнице која повезује електромотор са редуктором, редуктора, двопапучне кочнице која поседује електрохидраулични подизач, добоша за намотавање ужета и доње катураче најчешће са куком [21].



Слика 5.6. Механизам за дизање [21]

У саставу колица мосне дворедне дизалице, приказаних на слици 5.7, налазе се следећи елементи:

1. Редуктор за погон дизања
2. Добош за дизање
3. Кочиона спојница механизма за дизање
4. Кочница механизма за дизање
5. Електромотор механизма за дизање
6. Електромотор погона за кретање
7. Спојница
8. Редуктор погона кретања
9. Катурача
10. Погонски точак
11. Слободан точак



Слика 5.7. Пример конструкције колица дворедне мосне дизалице [22]

Геометрија рама (слика 5.8) колица конструисана је тако да може да понесе сва оптерећења, која се састоје од корисног терета, сопствене тежине и свих механизма. Костур колица најчешће се прави од челика, и представља заварену конструкцију.

Погонски уређај колица у свом саставу има:

- Електромотор
- Еластичне спојнице са кочницом
- Редуктора
- Преносног витла
- Погонских и слободних точкова

Склопови погонских и слободних точкова конструисани су тако да је могућа лака монтажа и демонтажа на рам колица.



Слика 5.8. Рам колица са свим елементима [22]

Носећа конструкција дворедне мосне дизалице, која је најчешће израђена од челика, састоји се од главних и чеоних носача. Преко главних носача крећу се колица, док се на чеоне носаче монтира механизам за кретање целокупне конструкције дизалице.

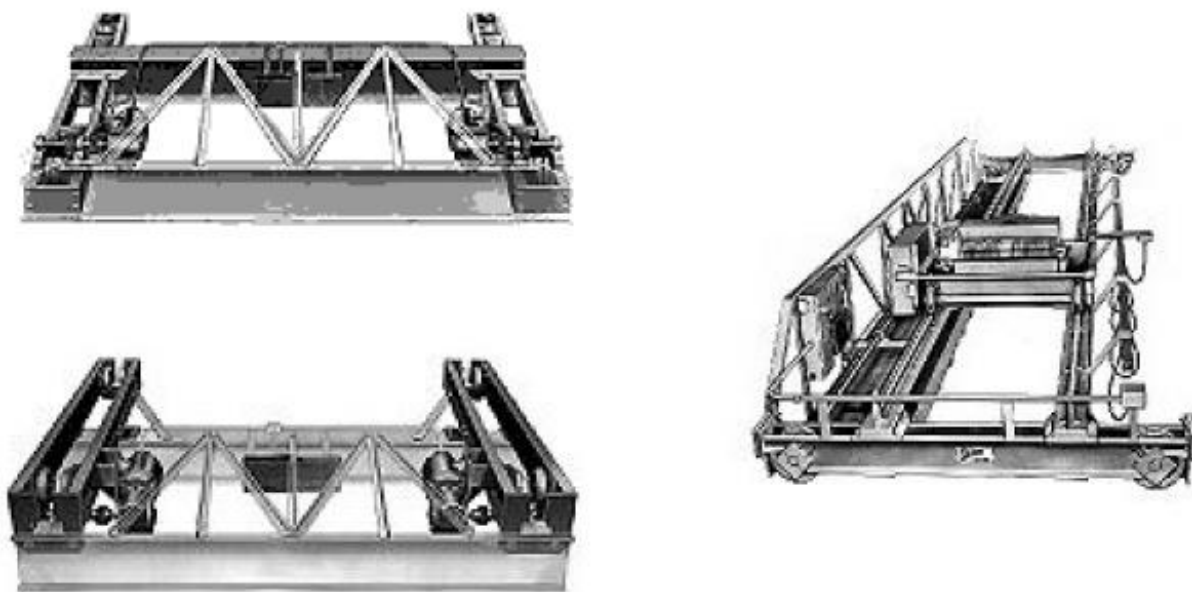
Главни носачи могу се изводити на два начина, као решеткаста или кутијаста конструкција. Кутијаста конструкција се једноставније израђује, али је погоднија за мање распоне, док је решеткаста конструкција погоднија за веће распоне дизалице.

Према врсти транспортног процеса за који су намењене, мосне дизалице се деле на две опште групе:

- Мосне дизалице опште намене
- Мосне дизалице специјалне намене

Мосне дизалице опште намене се најчешће пројектују за погонску класу 2, осим у случају када постоје посебни захтеви од стране наручиоца.

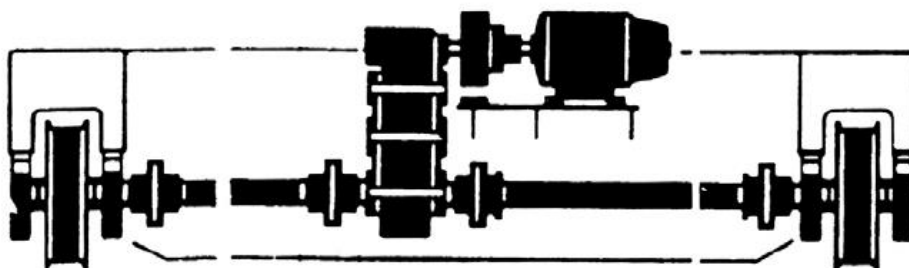
Нека од могућих решења носеће конструкције дворедне мосне дизалице приказани су на слици 5.9 [22].



Слика 5.9. Могућа решења носеће конструкције [22]

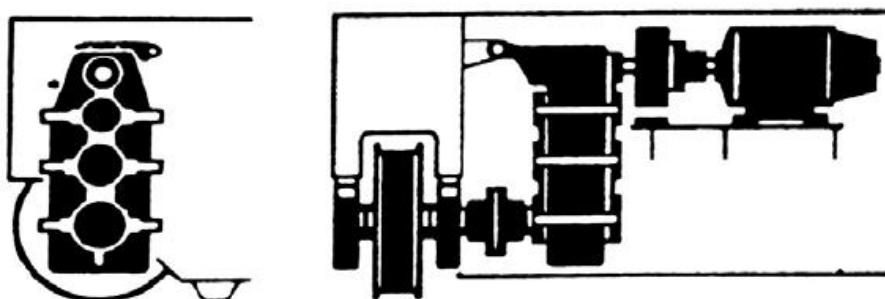
Погон за покретање моста може се остварити са спороходним или брзоходним трансмисионим вратилима, тако да се може извести као централни погон или као одвојени погони на погонским точковима. У зависности од оптерећења и распона моста зависи који се од ова два начина постављања погона користи.

Централни погон (слика 5.10) се изводи тако што се на средину носача поставља електромотор, а лево и десно од њега вратила која се преко спојница повезују са редуктором, па се преко једног или више парова цилиндричних зупчаника погон преноси на погонске точкове. Овакав погон најчешће се код дизалица мањих распона и мање носивости.



Слика 5.10. Централни погон механизма за кретање дизалице [21]

Одвојени погон (слика 5.11) уместо једног погона постављеног на средини користи два погона која се постављају са леве и десне стране, тако да један покреће леву, а други десну страну вратила. Посебна пажња се треба обратити на укључивање погона које мора бити истовремено, како не би дошло до неједнаког кретања. Овакви погони се користе код дизалица великих распона и великих носивости. Недостатак примене овако постављеног погона јесте висока цена.



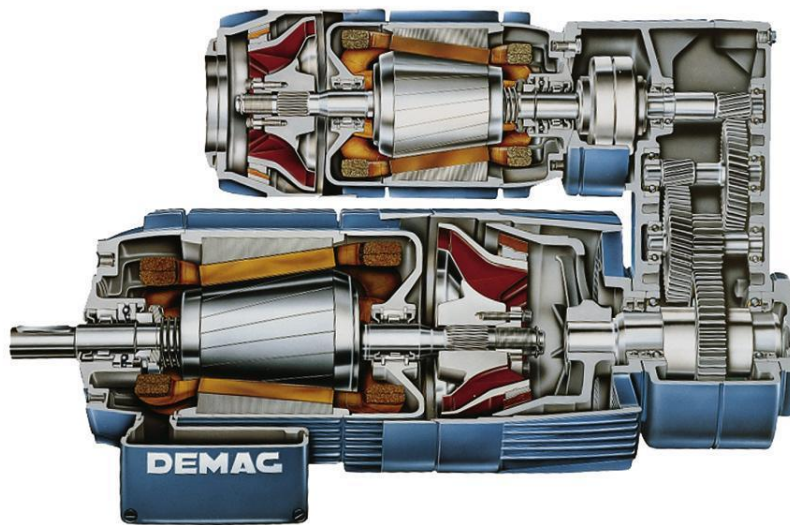
Слика 5.11. Одвојени погон механизма за кретање дизалице [21]

Један од светски познатих произвођача електромотора за дизалице је америчка компанија DEMAG. Њихов тренутно најновији електромотори на тржишту су Demag Z цилиндрични мотори. Дизајнирани су за оптималну интеграцију са Demag мењачем и њиховим дизајнерским конфигурацијама конструисани тако да задовоље потребе купца. Излазне вредности 2,4,6 и 8 – поларних мотора оцењује се према IEC класификацији. Овакав тип мотора доступан је у две брзине или са интегрисаним замајцем за посебно глатке покрете. Кућиште оквира мотора израђено је од висококвалитетне легуре алуминијума, при чему гарантују високу стабилност [23].

Demag Microspeed јединице разликују се од погона са степенастим брзинама и погонским системима променљиве брзине. Представљају комбинацију два или више кочионих мотора повезаних механичким мењачем. Кочница главног мотора дизајнирана је као фрикциона спојница.

Предности Demag Microspeed су:

- велики распон брзина,
- прецизно заустављање мотора за брзо позиционирање,
- већа фреквенција укључивања у поређењу са двобрзинским моторима,
- практична независност брзине од тежине терета који се преноси [23].



Слика 5.12. Електромотор компаније DEMAG [23]

6. Прорачун потребне снаге електромотора код погонских механизма мосне дизалице

За мосну дизалицу следећих параметара прорачунати, проверити и изабрати одговарајуће електромоторе колица и носеће конструкције моста. У односу на добијене параметре изабрати електромотор произвођача ATB Sever.

Носивост дизалице: $m_H=40t$

Брзина дизања терета: $v_1=2\frac{m}{min}$

Распон моста: $L=24 m$

Брзина кретања колица: $v_2=16\frac{m}{min}$

Висина дизања: $H=20m$

Маса колица: $m_k=9,6t$

1) Избор електромотора потребног за погон конструкције мосне дизалице

Снага потребна за савлађивање отпора при устаљеном кретању добија се из обрасца 4.6.5.1 претходно наведеног у поглављу 4.6.5.

$$P = \frac{(Q + G) \cdot v_d}{1000 \cdot \eta}$$

$$Q = m_H \cdot g = 40 \cdot 10^3 \cdot 10 = 400000 N \text{ – носивост дизалице} \quad (6.1)$$

$$v_d = v_1 = 2\frac{m}{min}$$

$\eta = 0.85$ – степен корисног дејства (узима се као стандардна вредност)

На основу познатих параметара добија се потребна снага:

$$P = \frac{(400000 + 8850) \cdot 0,033}{1000 \cdot 0.85} = 16.02 kW$$

Из табеле 4.6.5.2. која је дата у раду усваја са мотор ознаке – 1.SZK200L_k-6B следећих карактеристика:

- номиналне снаге – $P=16.5 kW$
- број обртаја електромотора – $n=970 min^{-1}$
- момент инерције мотора – $J=0,225 kgm^2$
- маса електромотора - $m_{EM}=205kg$

- Провера електромотора у периоду убрзања при дизању максималног терета

Да би електромотор био правилно изабран потребно је задовољити услов:

$$M'_{uk} \leq M_m \quad (6.2)$$

Момент који развија електромотор треба да савлада све отпоре, зато се у обзир морају узети и статички и инерцијални моменти (M'_{st} , $M_{in}^{tr'}$, M_{in}^{rot}), како би се добио укупан момент M'_{uk} у периоду неустаљеног кретања.

Укупни момент отпора сведен на вратило електромотора је:

$$M'_{uk} = M'_{st} + M_{in}^{tr'} + M_{in}^{rot} = \frac{Q \cdot D_d}{2 \cdot i_k \cdot i \cdot \eta} + \frac{m \cdot D_d^2 \cdot \omega_m}{2 \cdot i_k^2 \cdot t_1 \cdot \eta \cdot i^2} + (1.1 \div 1.2) \cdot J \cdot \frac{\omega_m}{t_1} \quad (6.3)$$

$Q = m_H \cdot g = 400000 \text{ N}$ – носивост дизалице

$D_d = 500 \text{ mm}$ – усвојен је пречник добоша најпогоднији за зсдате параметре

$i_k = 4$ – преносни однос катураче

$i = \frac{n_{em}}{n_d} = \frac{970}{5,092} = 190,49$ – преносни однос механизма за дизање

$n_d = 9,26 \text{ min}^{-1}$ – број обртаја добоша, који се добија на основу пречника добоша

$m = 205 \text{ kg}$ – маса електромотора, вредност узета из каталога произвођача табела 4.6.5.2.

$a = 0,1 \div 0,3 = 0,2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ – убрзање колица, узима се као препоручена вредност

$t_1 = \frac{v_1}{a} = \frac{0,33}{0,2} = 0,166 \text{ s}$ – време трајања неустаљеног кретања

$\omega_m = \frac{\pi \cdot n_m}{30} = \frac{\pi \cdot 970}{30} = 101,57 \text{ s}^{-1}$ – угаона брзина вратила електромотора

$J = 0,225 \text{ kgm}^2$ – момент инерције мотора, вредност узета из каталога произвођача табела 4.6.5.2.

$$M'_{uk} = \frac{400000 \cdot 0,5}{2 \cdot 4 \cdot 190,49 \cdot 0,85} + \frac{40000 \cdot 0,5^2 \cdot 101,57}{2 \cdot 4^2 \cdot 0,166 \cdot 0,85 \cdot 190,49^2} + 1,15 \cdot 0,225 \cdot \frac{101,57}{0,166} = 374,71 \text{ Nm}$$

$$M_m = \Psi \frac{P}{\omega_m} = 2,8 \cdot \frac{16,02 \cdot 10^3}{101,57} = 441,62 \text{ Nm} \quad (6.4)$$

$\Psi = 2,8$ – фактор преоптерећења (узима се као стандардна вредност)

Према урађеној провери испуњен је услов којим одабрани електромотор испуњава потребне захтеве.

$$M'_{uk} \leq M_m$$

$$374,71 \text{ Nm} \leq 441,62 \text{ Nm}$$

2)Избор електромотора потребног за погон колица мосне дизалице

Као и код избора електромотора концепције мосне дизалице, потребно је прорачунати снагу електромотора за колица за савладавање отпора оптерећења:

$$P = \frac{(F_{st} + F_{in}) \cdot v_2}{\psi \cdot \eta} \quad (6.5)$$

$\psi = 1,7 \div 2 = 1.85$ – фактор преоптерећења

$\eta = 0,85 \div 0,9 = 0,88$ – степен корисног дејства

$$F_{st} = (Q + G_k) \cdot \frac{2 \cdot f + \mu \cdot d}{D} \cdot \beta \text{ – статички отпор при устаљеном кретању колица} \quad (6.6)$$

$f = 0,6 \text{ mm}$ – крак отпора кретања

$\mu = 0,01$ – коефицијент трења клизања у лежишту точка

$\beta = 2,5 \div 4 = 3$ – коефицијент отпора услед закошења колица

$d = 95 \text{ mm}$ – пречник осовине точка изабран на основу пречника точка

Фактори и коефицијент који фигуришу у обрасцу за одређивање статичког отпора бирају се из табела стандардних вредности.

$$F_{st} = (400000 + 96000) \cdot \frac{2 \cdot 0,6 + 0,01 \cdot 95}{630} \cdot 3 = 5078,1 \text{ N}$$

$$F_{in} = (m + m_k) \cdot \frac{v_2}{t_2} \text{ – отпор услед инерције} \quad (6.7)$$

$m = 40 \text{ t}$ – маса терета (носивост дизалице)

$m_k = 9,6 \text{ t}$ – маса колица (задата вредност)

$v_2 = 16 \frac{\text{m}}{\text{min}}$ – брзина кретања колица

$t_2 = 0,3 \div 0,7 = 0,66 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$ – време трајања убрзања колица

$$F_{in} = (40 + 9,6) \cdot \frac{0,26}{0,66} = 19,54 \text{ N}$$

$$P = \frac{(5078,1 + 19540) \cdot 0,26}{1,85 \cdot 0,88} = 3,931 \text{ kW}$$

Из табеле 4.6.5.2. која је дата у раду усваја са мотор ознаке –SZK/32M-6B следећих карактеристика:

- номиналне снаге – $P=4,8 \text{ kW}$
- број обртаја електромотора – $n=955 \text{ min}^{-1}$
- момент инерције мотора – $J=0,05 \text{ kgm}^2$
- маса електромотора - $m_{EM}=75,5 \text{ kg}$

- Провера електромотора у периоду убрзања при дизању максималног терета

Да би електромотор био правилно изабран потребно је задовољити услов:

$$M'_{uk} \leq M_m$$

$$M'_{uk} = M'_{st} + M^{tr'} + M^{rot}$$

$$M'_{uk} = \frac{(Q + G_k) \cdot (\mu \cdot d + 2 \cdot f) \cdot \beta}{2 \cdot i \cdot \eta} + \frac{(m + m_k) \cdot D_t^2 \cdot \omega_m}{4 \cdot i^2 \cdot t_2 \cdot \eta} + (1.1 \div 1.2) \cdot J \cdot \frac{\omega_m}{t_2}$$

$$i = \frac{n_{em}}{n_t} = \frac{955}{8.084} = 118.13 - \text{преносни однос механизма за дизање}$$

$$n_t = 8,084 \text{ min}^{-1} - \text{број обртаја точка, који се добија на основу брзине кретања колица}$$

$$\omega_m = \frac{\pi \cdot n_{em}}{30} = \frac{\pi \cdot 955}{30} = 100 \text{ s}^{-1} - \text{угаона брзина електромотора}$$

$$t_2 = \frac{v_2}{a} = \frac{0,26}{0.5} = 0.52 \text{ s} - \text{време неустаљеног кретања}$$

$$M'_{uk} = \frac{(40 \cdot 10^3 + 96 \cdot 10^3) \cdot (0,01 \cdot 0,095 + 2 \cdot 0,0006) \cdot 3}{2 \cdot 118,13 \cdot 0,88} + \frac{(40 \cdot 10^3 + 9,6 \cdot 10^3) \cdot 0,39 \cdot 100}{4 \cdot 118,13^2 \cdot 0,52 \cdot 0,88} + 1,15 \cdot 0,028 \cdot \frac{100}{0,52}$$

$$M'_{uk} = 86,14 \text{ Nm}$$

$$M_m = \Psi \frac{P}{\omega_m} = 1,85 \cdot \frac{4,8 \cdot 10^3}{100} = 88,8 \text{ Nm}$$

$\Psi = 1,85$ – фактор преоптерећења, који се узима као стандардна вредност

Према урађеној провери испуњен је услов којим одабрани електромотор испуњава потребне захтеве.

$$M'_{uk} \leq M_m$$

$$86,14 \text{ Nm} \leq 88,8 \text{ Nm}$$

7. Закључак

Потреба за дизаличним уређајима у савременој цивилизацији постиже веома висок ниво. Њихова примена није ограничена на само једну област, већ се примењује у разним областима као што су аутомобилска индустрија, авиоиндустрија, бродоградњи и у другим видовима индустријских постројења. Тачније, дизалични уређаји могу се применити у свакој делатности као замена за људски рад, и повећање продуктивности.

У овом раду више пажње посвећено је врстама енергије коју дизалице користе за покретање, односно погонима који се могу применити код дизалица, него уопштено дизалицама. Описан је начин рада сваког од могућих погона који може бити ручни, парни, пнеуматски, хидраулични, погон моторима СУС и електрични погон.

У раду је дат детаљан опис електричног погона, с обзиром на његову велику примену у области дизаличних уређаја. Такође, је детаљније приказан тип мосне дизалице као најзаступљеније индустријске дизалице које при томе користи електрични погон. На крају рада представљен је прорачун потребне снаге електромотора код погонских механизма мосне дизалице.

Захваљујући пре свега овим областима развоја дизалични уређаји могу се непрекидно развијати са развојем индустрије и технологије.

Литература

- [1] С. Дедијер, Основи транспортних уређаја, Београд, 1989
- [2] B92 net
https://www.b92.net/biz/vesti/srbija.php?yyyy=2020&mm=04&dd=07&nav_id=1673155
(приступљено 20.06.2020)
- [3] E-kaпija <https://www.ekapija.com/news/2802046/zijin-siri-kapacitet-za-preradu-bakra-u-boru-rekonstrukcija-topionice-i-gradnja> (приступљено 20.06.2020)
- [4] E-kaпija <https://ba.ekapija.com/news/2622242/firma-cnc-power-gradi-pogon-za-obradu-metalu-u-prijedorskoj-industrijskoj-zoni> (приступљено 20.06.2020)
- [5] Tehno ros <https://tehnoros.com/> (приступљено 14.06.2020)
- [6] Bloomberg <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-12-16/u-s-europe-trade-feud-spurs-rush-for-american-made-airbus-jets> (приступљено 14.06.2020)
- [7] Weihua crane group <http://www.weihuacranegroup.com/industries/automobile/>
(приступљено 14.06.2020)
- [8] Mining-technology <https://www.mining-technology.com/contractors/materials/em-pro/>
(приступљено 14.06.2020)
- [9] Д. Острић, С.Тошић, Дизалице, Машински факултет, Центар за механизацију, Београд, 2005.
- [10] Pinterest <https://www.pinterest.com/pin/195906652517182623/> (приступљено 07.07.2020)
- [11] Denis-kop https://www.denis-kop.com/trakasti_transporteri.html (приступљено 13.07.2020)
- [12] Transporteri <https://www.transporteri.com/en/site-map/articles/79-articles> (приступљено 13.07.2020)
- [13] Matic Engineering <http://www.matic.rs/clanci/proizvodnja/transportni-sistemi.html>
(приступљено 13.07.2020)
- [14] Fakultet inženjerskih nauka u Kragujevcu
http://moodle.fink.rs/pluginfile.php/7483/mod_resource/content/3/OTM_04.pdf (приступљено 12.06.2020)
- [15] Hoisting consulting <https://hoistingconsulting.com/yale/yale---dizalicna-oprema.php>
(приступљено 30.8.2020)
- [16] Weebly Engineering https://izmotorasus.weebly.com/dvotaktni_motori.html
(приступљено 10.07.2020)

- [17] Rt trans <http://www.rttrans.co.rs/vozni-park/dizalice/liebherr-ltm-1130-5-1>
(приступљено 18.06.2020)
- [18] Catalog of mobile crane characteristics, Liebherr-Werk Ehingen GmbH
- [19] Rudlifting Serbia <https://rudliftingserbia.rs/product/hidraulicna-vinta/> (приступљено 25.08.2020)
- [20] Tehnical Documentation, ATB Sever
- [21] Р. Мијајловић, З. Маринковић, М. Јовановић, Дизалице, основе, Градина, Ниш, 1994.
- [22] Fakultet inženjerskih nauka u Kragujevcu
http://moodle.fink.rs/pluginfile.php/7490/mod_resource/content/4/OTM_09.pdf (приступљено 13.07.2020)
- [23] American electricmotors <https://www.americanelectricmotors.com/mannesmann-demag-electric-motors/> (приступљено 05.09.2020)