# ОПИС ОПРЕМЕ ЗА СНИМАЊЕ МЕХАНИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЕЛЕКТРИЧНИХ МОТОРА

## УВОД

Механичка карактеристика мотора представља зависност његовог развиеног обртног момента *M* (Nm) од брзине обртања *n* (o/min). У пресеку са карактеристиком оптерећења се налази радна тачка погона.

Опрема којом се изводи оглед снимања карактеристике асинхроног мотора се састоји од следећих компоненти:

1. Мерача обртног момента
2. Мерача угаоне брзине - енкодера
3. Уређаја за оптерећивање електричнух мотора
4. Фреквентног претварача (ради задавања различитих улазних параметара напона и фреквенције) код машина наизменичне струје
5. Аквизиционе картице за прикупљање, обраду и приказивање мерених вредности

У овом документу је дат детаљнији опис различитих система за мерење и оптерећивање асинхрног мотора са нагласком на систем који ће се користити у лабораторији

# 1. МЕРЕЊА ОБРТНОГ МОМЕНТА

Мерење обртног момента се врши углавном са циљем да се одреди корисна снага мотора. Без обзира да ли су у питању електрични мотори или мотори са унутрашњим сагоревањем, снага коју мотор развија на вратилу назива се корисна снага. Корисна снага се израчунава према следећем обрасцу:

$$P = M\Omega = \frac{2\pi n}{60} M$$

где је:

$P$ [W] – корисна механичка снага
$M$ [Nm] – излазни момент на вратилу мотора
$n$ [$\text{min}^{-1}$] – брзина окретања вратила мотора

Као што се може видети из наведеног обрасца, у циљу добијања корисне снаге мотора неопходно је познавати момент и брзину. Мерење момента се може остварити директно и индиректно. Директно мерење момента подразумева поседовање одговарајућег сензора (мерача) којим би се вршило мерење момента. Индиректна метода подразумева неку електромеханичку машину која је унапред калибрисана за потребе мерења момента нпр. машина једносмерне струје у генераторском режиму рада. У погледу мерења брзине потребно је поседовати давач брзине нпр. енкодер или тахогенератор.

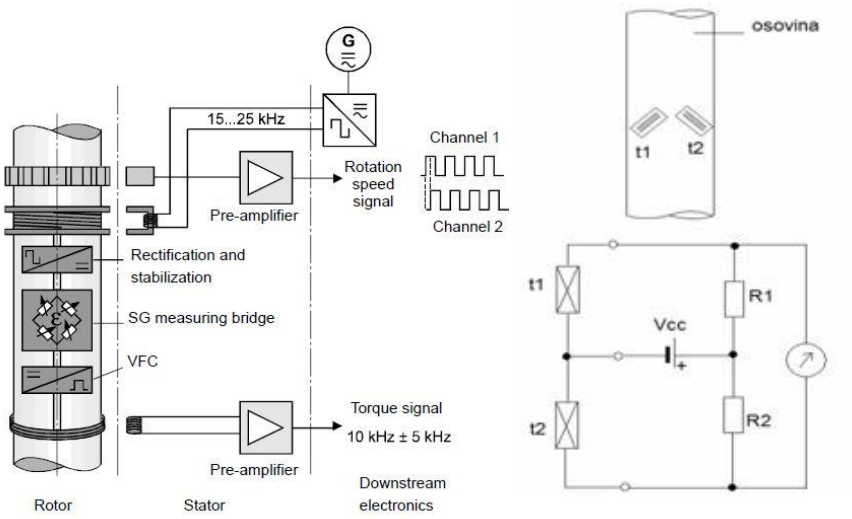
Према природи употребљеног мерног елемента унутар мерача момента, исти се могу поделити на отпорничке, оптичке и магнетно еластичне.

Заједничко за све наведене мераче момента је да се постављају између мотора и оптерећења (радне машине).

## 1.1 Отпорнички мерачи момента

Принцип рада је базиран на примени осетљивих мерних трака, чији се отпор мења увртањем тј. торзијом вратила на које су постављене. Често се могу срести и под именом торзиометри. Излазна величина је најчешће неки стандарни напонски сигнал (0 – 10 V) или струјни сигнал (0 – 20 mA; 4 – 20 mA). Излазни сигнал може бити и импулсног типа чија фреквенција је пропорционална моменту. Како се мерне траке налазе на обртном вратилу потребно је сигнале пренети са вратила на кућиште мерача момента. Разликују се два типа контактно и без контактно.

На следећој слици је дата блок шема једног савременог мерача момента.

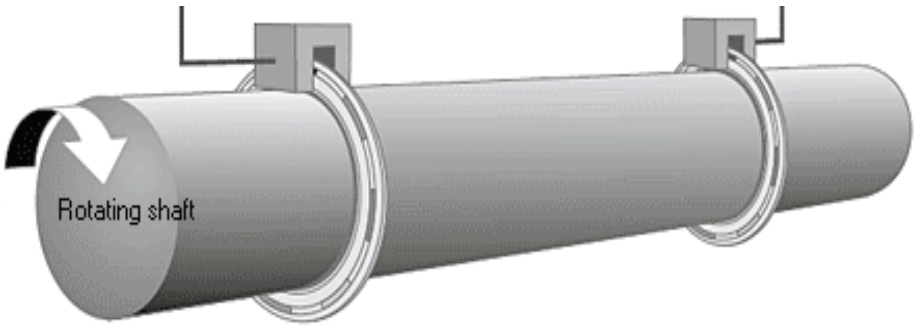



**Сл. 1** - Блок дијаграм елемената једног савременог мерача момента (лево) и мерни мост (десно)

На вратилу торзиометра мерне траке су залепљене под углом од 45° како би осетљивост са аспекта торзије била најизраженија. У неоптерећеном стању мост је у равнотежи, док се у случају оптерећења вратила отпори трака $t_1$ и $t_2$ промене, појави се напонски (или струјни) сигнал који се после појачања доводи на инструмент за мерење момента. Излазни сигнал је линеаран, а региструје се и промена смера момента, јер се истовремено мења и поларитет напонског сигнала. Траке су осетљиве на механичка напрезања тако да треба одабрати торзиометар према максималном моменту који се може појавити, нпр. при пуштању у рад асинхроног мотора.

### 1.2 Оптички мерачи момента

Оптички мерачи момента заснивају свој принцип рада на примени оптичких дискова високе резолуције. Оптички дискови су постављени на вратилу мерача момента и мери се међусобно закретање дискова које је сразмерно торзији вратила. Излазни сигнал енкодера се дигитално обрађује како би се добила информација о моменту. На следећој слици је дат приказ унутрашњости једног оптичког мерача момента.

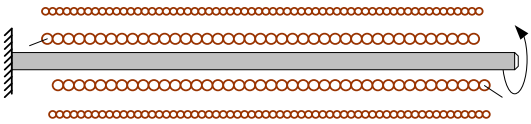



**Сл. 2**– Принцип рада оптичког мерача момента

На слици се могу уочити два диска са светлим и тамним пољима. Са једне стране дискова се налази извор светлости док са друге стране се налазе фото детектори. Светлост пролази кроз светла поља и ниво светлости детектују фото напонски детектори. Интензитет светлости директно зависи од положаја светлих и тамних поља, који је пропорционалан примењеном моменту. Употреба ове мерне технике обезбеђује мерење момента двосмерно. Како се оптички дискови постављају на вратило мерача момента, а извори светлости и фото детектори на кућиште мерача момента у питању је безконтактни метод.

### 1.3 Магнетно еластични мерачи момента

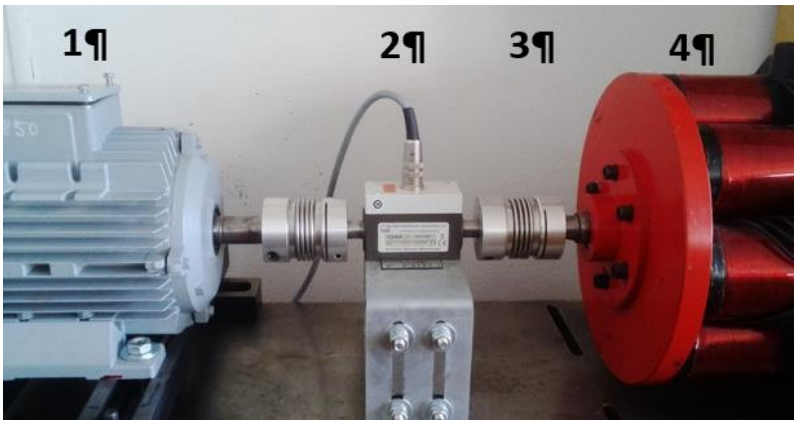
Магнетно еластични мерачи момента заснивају свој принцип рада на промени магнетне пермеабилности вратила услед торзије. Излазни сигнал је функција промене магнетне пермеабилности дуж вратила услед магнетне анизотропије која се јавља са обртним моментом. Предности ове методе мерења су безжично и безконтактно мерење момента, широк опсег мерења ( од $10^{-3}$ до $10^{6}$), веома брз одзив (фреквенција до 4.5 kHz). На следећој слици је дат један пример регистровања промене магнетне пермеабилности при торзији вратила.



**Сл. 3 –** Принцип рада магнетно еластичног мерача момента

На слици се могу уочити примарни и секундарни намотај који обухватају вратило. Услед торзије вратила доћи ће до различитог индуковања напона на крајевима секундара који је пропорционалан примењеном моменту.

ЕМПА лабораторија поседује више мерача момента. Један од њих је **Мерач момента T20WN.** На следећој слици је дат приказ тог мерача момента у погону.



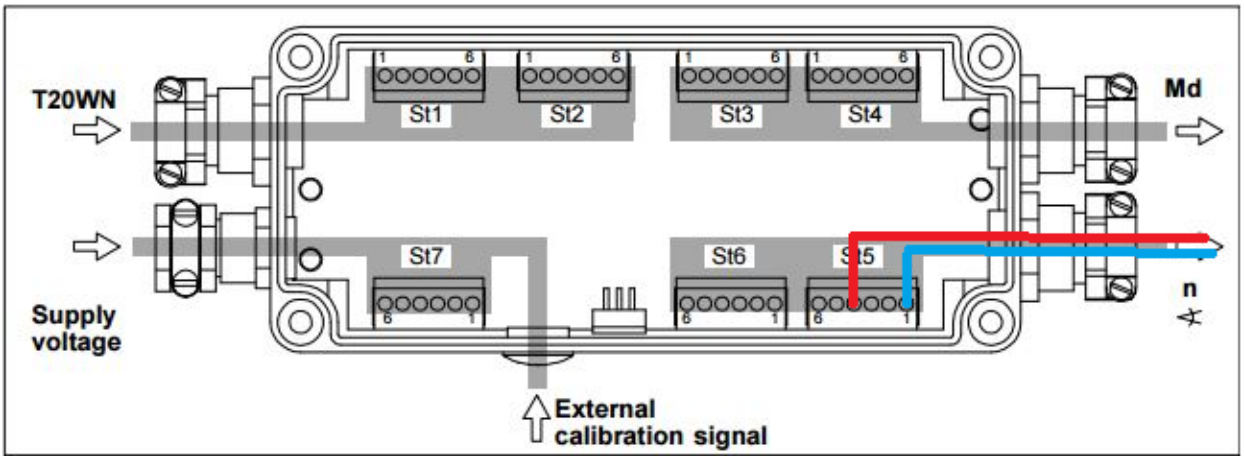

**Сл. 4** - Мерач момента у погону

1 – асинхрони мотор, 2 – мерач момента, 3 – две еластичне спојнице, 4 – електромагнетна кочница

Може се приметити да су неопходни елементи и флексибилне спојнице којима се врши механичко повезивање мерача са мотором са једне стране и радном машином са друге стране. Заједничка особина ових мерача момента је да поседују сопствено вратило преко које се спаја са вратилом мотора и радне машине. Мерач момента се повезује са спојном кутијом

**Спојна кутија HBM VK20A**

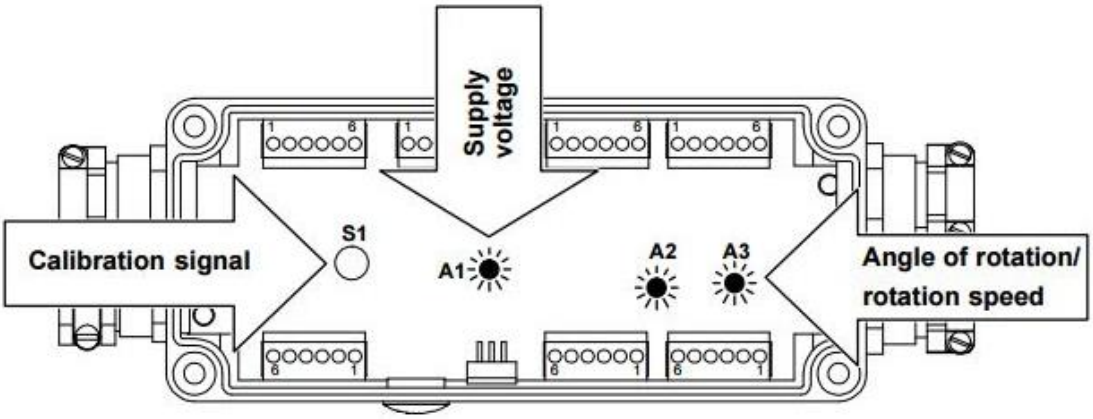
Прикључна кутија се користи као веза мерача момента као мерног инструмената са напајањем са аквизиционим системом који врши прикупљање и обраду измерених сигнала. Садржи следеће прикључке:




**Сл. 5 -** Изглед прикључака и пинова у кутији и начин повезивања извода за брзину са аквизиционом картицом

- **St1** и **St2:** намењени су за повезивање мерача брзине T20WN.
- **St7:** доводи се напон напајања који може бити у распону од 14 V до 30 V као и додатни спољашњи калибрациони сигнал.
- **St3** и **St4:** даје напонски сигнал са мерача момента и може имати вредност до 10 V.
- **St5:** сигнал за мерење брзине и може имати вредност до 5 V.

Калибрација се активира притиском на тастер **S1**. Диода **A1** је укључена када се обезбеди напон напајања за мерни уређај T20WN који износи 12 V. Диоде **A2** и **A3** трепере све док се вратило споро обрће. Са пинова **St5** под бројем 3 и 6 се узима напонски сигнал у виду правоугаоних импулса и доводи се на бројачки улаз аквизиционе картице.




***Сл. 6*** *-Контролни сигнал са* T20WN, лед сигнал за напон напајања,излазни сигнал за аквизициону картицу NI 6009

У следећој табели дати су подаци о функцији пинова који се користе у вежби:

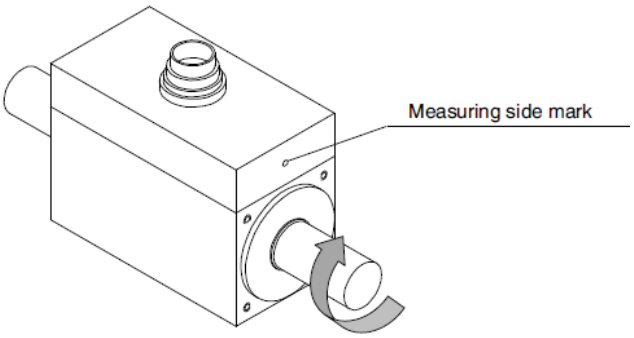
| | | |
|---|---|---|
| St3 | | Улаз/Излаз |
| 1 | Напон напајања 14...30V | Улаз |
| St4 | | |
| 2 | Маса за напон напајања 0V | Улаз |
| 3 | Мерени сигнал момента 0 V | Излаз |
| 6 | Мерени сигнал за момент 10 V | Излаз |
| St5 | | |
| 1 | Мерени сигнал за брзину 0 | Излаз |
| 4 | Мерени сигнал за брзину 5 V | Излаз |
| 5 | Мерени сигнал за брзину -5 V | Излаз |

# 2. МЕРЕЊЕ УГАОНЕ БРЗИНЕ

За мерење брзине обртања се користе тахогенератори и енкодери. Уколико се за мерење користи тахогенератор, потребно је излазне крајеве повезати на аквизициони систем, пошто је напон на тим крајевима сразмеран са брзином обртања.

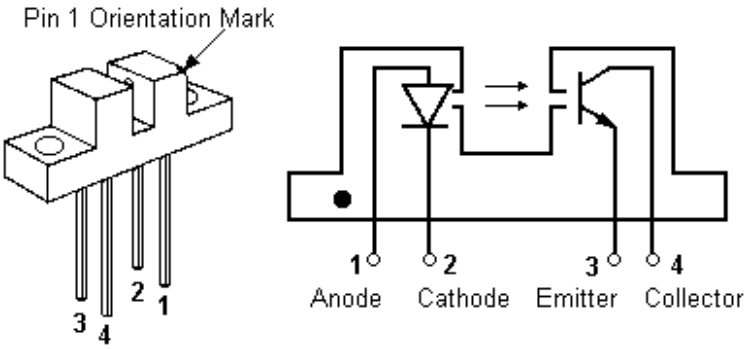
За савременије мерење брзине се користе енкодери.

**Мерач момента T20WN** поседује у свом склопу и инкрементални енкодер за мерење брзине до $3000\frac{\circ}{\min}$ који ће бити детаљније описан. Уређај омогућава мерење момента до брзине од $10000\,\mathrm{min}^{-1}$ и мерење брзине до $3000\,\mathrm{min}^{-1}$. Излазни сигнал као информација о брзини дата је у форми напона до +5V за обртање у позитивном смеру (смер казаљке на сату), а резолуција је $360\frac{imp}{obr}$




**Сл. 7** - Позитиван смер обртања осовине

Детекција броја пролазака зареза остварена је применом оптокаплера у чијем се склопу налази диода са зрачењем инфрацрвене светлости и фото транзистор тако да је при сваком проласку провидног поља омогућен и пролазак светлосног сигнала којег емитује диода ка фототранзистору. На тај начин се остварује побуђивање фото транзистора и појава краткотрајног електричног импулса на његовом излазу који је првоугаоног облика.




**Сл. 8** - Принцип рада мерача брзине

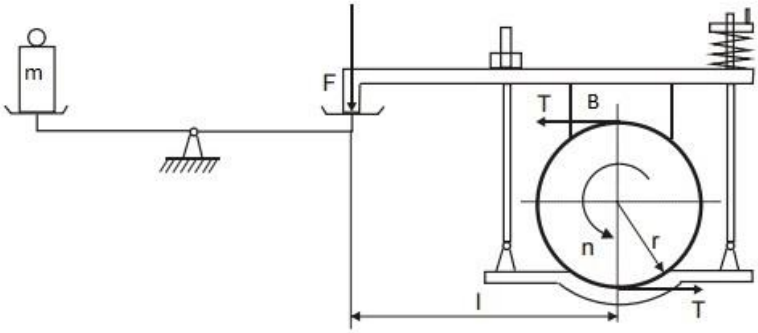
# 3. УРЕЂАЈИ ЗА ОПТЕРЕЋИВАЊЕ ЕЛЕКТРИЧНИХ МОТОРА

Како би се електрични мотори у лабораторијским условима могао контролисано оптеретити као и у току нормалне експлоатација примењују се различити типови кочница.

Кочнице према типу могу бити механичке и електричне. Код механичких кочница кочиони момент се ствара трењем или турбуленцијом флуида. Код електричних кочница ефекат кочења се остварује електромагнетном индукцијом. Према природи добијања кочног момента кочнице се могу поделити на фрикционе, хидрауличне, пнеуматске и електричне. У овом документу су објашњене фрикциона и електромагнетна кочница, које ЕМПА лабораторија и поседује.

## 3.1 Фрикциона (Пронијева) кочница

Пронијева кочница спада у најстарије механичке кочнице.У њој се механичка енергија мотора који се испитује, претвара у топлоту.

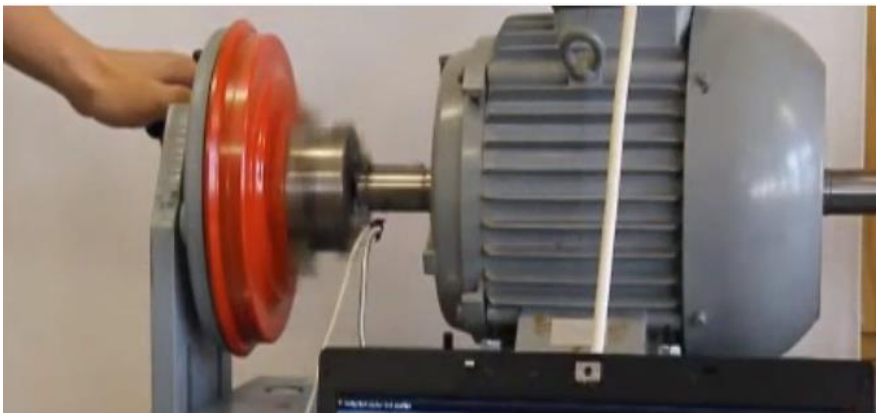



**Сл. 9** – Пронијева кочница

Вратило и облога B се у раду јако загревају. Користи се за мале снаге. Оптерећење се може регулисати јачим или слабијим притезањем облоге. Предности су: једноставан састав, лака израда, прегледан начин рада и мали простор који заузима. Недостаци су: потреба хлађења, тешко регулисање, немирна равнотежа и оптерећења лежишта због своје тежине, ако се не предвиди посебно спољашње лежиште.

Мерење оптерећења мери се преко дужине крака $l$ и масе $m$ којом се остварује равнотежа полуге:

$$M = F \cdot l = mgl \ \ [\mathrm{Nm}]\,,$$



**Сл. 10** – Пронијева кочница у ЕМПА лабораторији ФТН Чачак

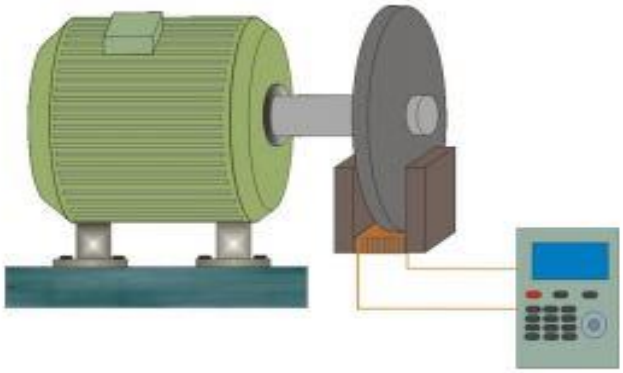
## 3.2 Електричне кочнице

Електричне кочнице се по принципу рада могу поделити на оне које раде на бази хистерезисног ефекта или оне које раде на принципу вртложних струја. Њихова конструкција у принципу одговара генератору једносмерне струје, без намота на индукту, чије је гвожђе ротора тако конструисано да има или велике губитке услед хистерезиса или велике губитке услед вихорних струја, мада није искључена варијанта са великим губицима обе врсте. Постоје и специјанли мотори наизменичне струје који раде на сличном принципу. Принцип рада ових кочница заснован је на електромагнетној индукцији, Фарадејевом и Лоренцовом закону.

### 3.2.1 Електромагнетна кочница на бази хистерезисног ефекта

Ова кочница се реализује тако што се на вратило мотора који се испитује закачи диск начињен од магнетно тврдог материјала (са широком хистерезисном петљом) ,а затим се постави у магнетном пољу.Обртањем диска у магнетном пољу, у диску се јављају интезивни губици услед хистерезиса.Мењањем јачине побудне струје мења се и јачина магнетног поља, тј. долази до промене хистерезисни губитака, а аналогно томе долази и до промене момента на основу израза:

$$M = \frac{P_H}{\Omega}.$$



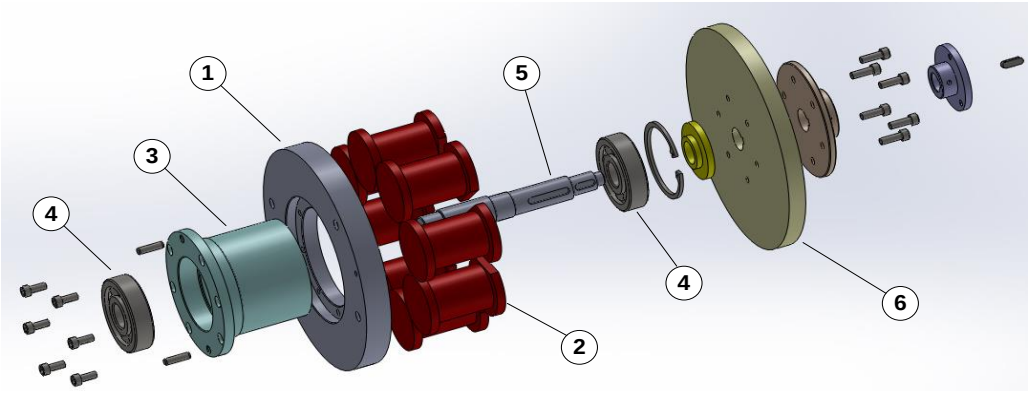
**Сл. 11** – Пример електромагнетне кочнице

### 3.2.2 Електроматнетна кочница на бази вихорних струја

У лаборторији за Електричне машине, погоне и аутоматику је пројектована, конструисана и избаждарена електромагнетна кочница која ради на принципу индуковања вихорних струја у феромагнетном диску

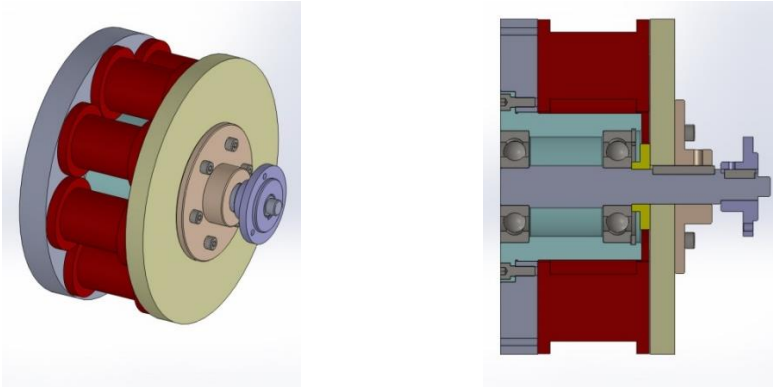
**Конструкција електромагнетне кочнице**

Електромагнетна (ЕМ) кочница (слике 12 и 13) се састоји из следећих делова: 1) феромагнетног прстена причвршћеног за масивно постоље, 2) осам електромагнета причвшћених на феромагнетни прстен, 3) метална чаура 4) два лежаја постављена у металној чаури, 5) вратило ЕМ кочнице и 6) ротирајућег диска од феромагнетног материјала.




**Сл. 12 –** Елементи од којих је сачињена електромагнетна кочница

Непокретни део је направљен у облику прстена од феромагнетог материјала у који је убачена метална чаура са лежајевима и вратилом. На овај прстен су причвршћени електромагнети. Непокретни диск представља део кочнице помоћу које кочница причвршћена за постоље. Додатним вијком је омогућено вертикално померање кочнице на самом постољу, како би се омогућило вертикално подешавање осе вратила кочнице.



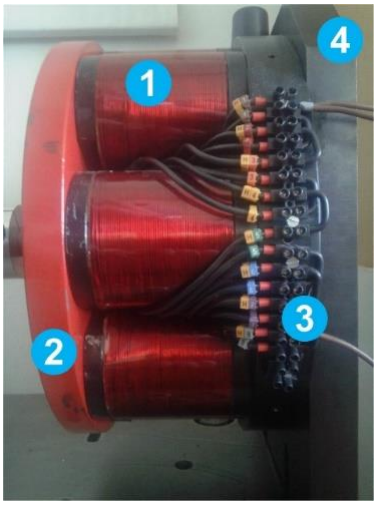
**Сл. 13 –** Склоп и попречни пресек електромагнетне кочнице

Електромагнет се састоји од феромагнетног језгра у облику ваљка и навојака. Језгро електромагнета на коме је постављен навојак је од феромагнетног материјала. Укупно постоји осам електромагнета и сваки има 690 навојака бакарне лак жице пречника 0,95 mm. Сви електромагнети имају по два краја навојака која су доступна на

редним стезаљкама (слика 14а), чиме је омогућено међусобно спрезање навојака електромагнета на жељени начин. Крајеви навојака електромагнета са примером повезивања и добијеним смеровима магнетних поља на половима приказани су на слици 14.

На реализованој кочници постављен је феромагнетни диск (слика 14б). Ваздушни зазор, односно растојање између диска и полова електромагнета минимално износи 0,8 mm..

Вратило кочнице је једним својим делом постављено унутар чауре помоћу два куглична радијална лежаја. Са ротирајућег диска кочни момент се преноси на вратило, а затим помоћу одређених механичких спојница на електромотор који се оптерећује/испитује.




а)

б)

**Сл. 14 – а)** изглед ЕМ кочнице: 1- електромагнети, 2-диск, 3-прикључци навојака електромагнета, 4-држач кочнице; **б)** електромагнетна кочница са феромагнетним диском

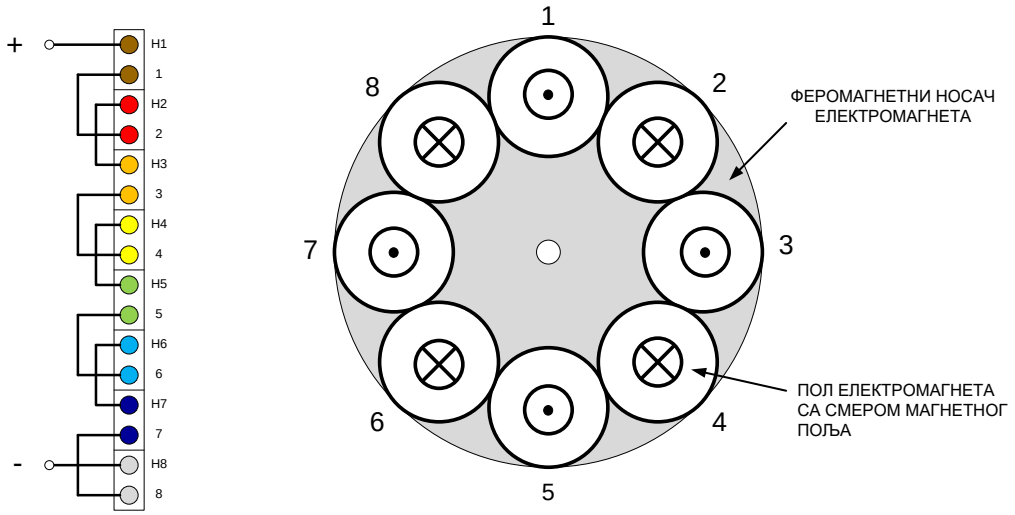
**Принцип рада електромагнетне кочнице**

Кроз навојке електромагнета се пропушта једносмерна струја која при том ствара једносмерни магнетни флукс. Метални диск се налази на одређеном растојању од електромагнета тако да између њих постоји ваздужни процеп (минимално 0,8 mm). Линије магнетног поља пресецају диск и при ротацији у диску се индукује електромоторна сила. Услед деловања електромоторне силе кроз диск протичу вртложне струје. Ове струје у страном магнетном пољу стварају електромагнетну силу на делу диска кроз који протичу, односно кочни момент. Овај момент доводи до смањења брзине диска. При обртању диска у магнетном пољу, у њему настају губици услед вртложних струја који се претварају у топлоту. Према томе, ова кочница механичку снагу на вратилу машине претвара у снагу Џулових губитака у самом диску, што за последицу има загревање диска.

На слици 15 приказан је распоред крајева навојака за осам независних електромагента постављених на редним стезаљкама. Жељено спрезање навојака

електромагнета се врши краткоспојницима на самим редним стезаљкама. На наведеном примеру (слика 15) је приказан начин спрезања електромагнета како би се добили наизменични смерови магнетних поља на половима. У случају оваквог спрезања се добија највећи кочни момент у односу на остале спреге навојака.

Управљање кочним моментом се врши пропуштањем одговарајуће једносмерне струје кроз намотаје кочнице, односно довођењеем одговарајућег једносмерног напона на крајеве намотаја. Отпорност једног навојка електромагнета износи 3,2 Ω, тако да за спрегу навојака која је приказана на слици 5.4 укупна отпорност свих навојака везаних на ред износила 25,6 Ω. Максимална струја која се сме пропустити кроз навојак електромагнета износи 5 А.




**Сл. 15 –** Ознаке извода за 8 навојака електромагнетне кочнице са начином повезивања и смеровима магнетних поља на половима електромагнета

**Механичке карактеристике кочнице**

Ради прецизног одређивања вредности кочног момента у функцији брзине обртања и јачине побудне струје, извршено је баждарење кочнице и изведене су интерполационе функције из којих се за одређену брзину обртања и једносмерне побудне струје електромагнета кочнице може израчунати кочни момент.

Детаљније информације се могу прочитати у документу: Техничко решење: ЕЛЕКТРОМАГНЕТНА КОЧНИЦА СА ЈЕДНИМ ОБРТНИМ ДИСКОМ ЗА ЛАБОРАТОРИЈСКА ИСПИТИВАЊА ЕЛЕКТРИЧНИХ МОТОРА. У овом документу ће бити приказани само поједини графици и коначне интерполационе функције:

**Аналитички изрази кочног момента**

За аналитички израз зависности кочног момента у зависности од брзине обртања диска изабрана је функција која представља збир две експоненцијалне функције:

$$M_{\mathrm{k}}(n) = A \cdot \mathrm{e}^{(B \cdot n)} + C \cdot \mathrm{e}^{(\mathrm{D} \cdot n)}$$

Коефицијенти *A*, *B*, *C* и *D* су зависни од једносмерне побудне струје кочнице. Најједноставније је представити ову зависност преко полинома одређеног степена. Показало се да је полином 4 степена давао задовољавајуће вредности.

$$A = A_1 \cdot I_k^3 + A_2 \cdot I_k^2 + A_3 \cdot I_k + A_4$$

$$B = B_1 \cdot I_k^3 + B_2 \cdot I_k^2 + B_3 \cdot I_k + B_4$$

$$C = C_1 \cdot I_k^3 + C_2 \cdot I_k^2 + C_3 \cdot I_k + C_4$$

$$D = D_1 \cdot I_k^3 + D_2 \cdot I_k^2 + D_3 \cdot I_k + D_4$$

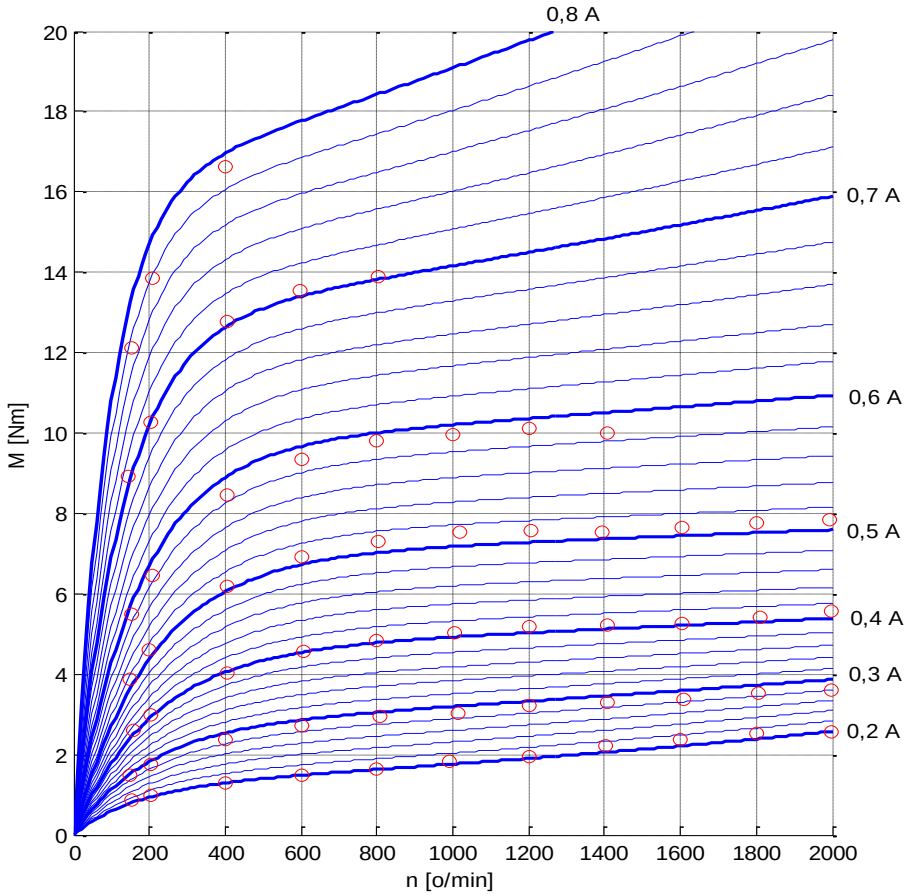
Ови коефицијенти се могу представити у матричном облику:

$$\begin{bmatrix} A_1 & B_1 & C_1 & D_1 \\ A_2 & B_2 & C_2 & D_2 \\ A_3 & B_3 & C_3 & D_3 \\ A_4 & B_4 & C_4 & D_4 \end{bmatrix}$$

Израчунате вредности коефицијента полинома за одређивање кочног момента кочнице су:

$$\begin{bmatrix} -4,741 & -0,003162 & 3,528 & -0,03787 \\ 26,41 & 0,007258 & -24,95 & 0,01937 \\ 2,245 & -0,007258 & -2,747 & 0,004357 \\ -0,2562 & 0,001099 & 0,3187 & -0,0072 \end{bmatrix}$$

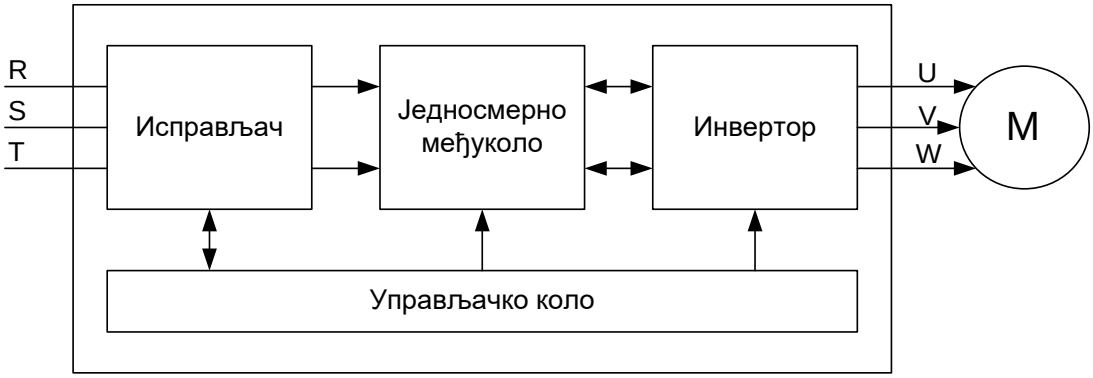
**Помоћу датих коефицијената се добијају механичке карактеристике за било коју струју кочења из мерног опсега брзине обртања кочнице.** Интерполиране механичке карактеристике кочнице дате су на слици 5.10. На истој слици дате су и тачке са измереним вредностима како би се уочила незнатна одступања.




**Сл. 16 –** Карактеристике кочног момента од брзине за феромегнетни диск; струје кочења у опсегу 0,2-0,8 A (○ измерене вредности, — интерполационе функције момента)

# 4. ФРЕКВЕНТНИ ПРЕТВАРАЧ

Статички фреквентни претварачи су електронски уређаји који омогућавају урављање брзином трофазних мотора претварајући мережни напон и фреквенцију, који су фиксиране вредности, у променљиве величине. Поред основне функције управљања брзином асинхроних мотора, фреквентни регулатори инспиришу и бројне друге функционалности као што су: заштита мотора, могућности подешавања брзине и контрола рада путем разних интерфејса (ручно преко тастера на самом регулатору или даљински повезивањем на комуникационе интерфејсе). На следећој слици је приказана структура фреквентног регулатора.




**Сл. 17** -Основни делови фреквентног регулатора

Исправљач претвара мрежни напон у пулсирајући једносмерни напон. Међуколо стабилише овај једносмерни напон и ставља га на располагање инвертору. Инвертор генерише фреквенцију напона на мотору, он је енергетски претварач који поново претвара напон у наизменичну величину. Управљачко коло прима и шаље сигнале из исправљача, међукола и инвертора. То је микропроцесорски систем који на основу својих алгоритама управљања дефинише побуду за мотор како би се добио жељени одзив. Фреквентни регулатор контролише заједно излазну фреквенцију и напон одржавајући константан однос $\frac{napon}{frekvencija}$ . Момент који се ствара директно је сразмеран овом односу, што значи да је на свим брзинама (до номиналне брзине) момент константан и једнак номиналном моменту. Ово значи да мотор може да испоручи пун моменат.

$$M = \frac{P}{\omega} = \frac{\eta * \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi * p}{2 * \pi * (1-s) * f} = \frac{k}{1-s} * \frac{U}{f} * I$$

$\eta$ Степен искоришћења
$P$ Корисна снага на вратилу мотора
$\omega$ Кружна учестаност
$p$ Број пари полова
$f$ Фреквенција

Регулатор може да напаја мотор са фреквенцијама изнад номиналне али у том сличају није могуће даље повећавање напона. У том случају се момент смањује, па постоји могућност да мотор на већим брзинама не може да испоручи довољан моменат за покретање датог оптерећења.

**Сл. 18-** Изглед регулатора

Основне карактеристике употребљеног фреквентног регулатора су дате у следећој табели:

| | |
|---|---|
| Максимална линијска струја при 380V | 6.4 A |
| Подносива једносекундна струја | 5 kA |
| Привидна снага | 4.2 kVA |
| Полазна струја | 10 A |
| Излазне електричне величине | |
| Номинални напон | 180..500 V |
| Номинална струја | 6.2 A |
| Транзијентна струја | 4.1 A |

# 5. АКВИЗИЦИОНА КАРТИЦА NI 6009

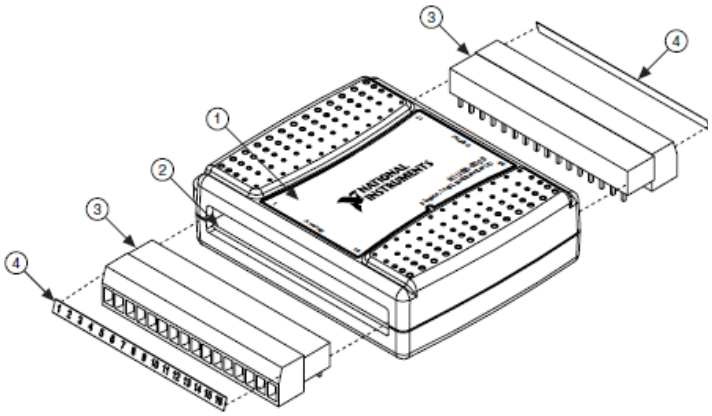
Брзина обртања се мери применом аквизиционе картице **NI6009**. У овој лабораторијској вежби коришћен је бројачки улаз ове аквизиционе картице који прима сигнале од инкрементaлног енкодера, као и напонки сигнал за мерење момента. Максимални једносмерни излазни напон који је могуће генерисати **5V**. Ова картица је производ фирме **National Instruments** и са рачунаром је повезана преко USB порта. Софтверски пакет LabView у потпуности подржава рад са овом картицом.

Са аквизиционим картицама могуће је вршити:

1. аквизицију аналогних сигнала,
2. генерисање аналогних сигнала,
3. аквизицију и генерисање дигиталних сигнала,
2. бројање импулса,
3. калибрацију и конфигурацију картице,
4. прилагођење и обраду сигнала.

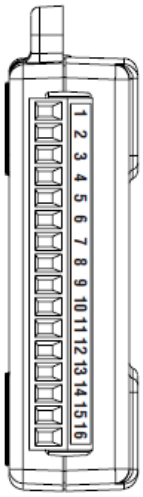
Ове картице обухватају различите комбинације аналогних и дигиталних улаза и излаза, а избор картице повезан је са конкретним захтевима одређеног задатка. Од многих њених функција у овом огледу коришћен је њен аналогни улаз за мерење напона и бројачки улаз, из кога се обрадом у програму LabVIEW добија брзина обртања мотора. За аквизицију података који су добијени мерењима у лабораторији, коришћена је аквизициона картица NI 6009 (National Instruments). Ова картица има следеће карактеристике:

- 8 аналогних улаза (14-bit, 48 kS/s )
- 2 аналогна излаза ( 12- bit, 150 S/s )
- 12 дигиталних I/O;
- 32-битни бројач

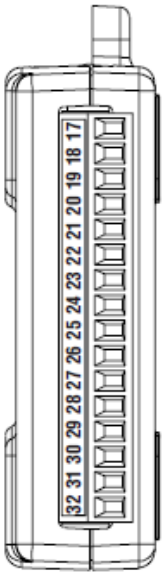



**Сл. 19 -** Изглед картице и начин прикључивања пинова

У следећим табелама приказана је намена појединих прикључака у зависности од мода мерења тј. мерење у односу на заједничку тачку RSE, или у односу на разлику два сигнала тј. диференцијални мод.

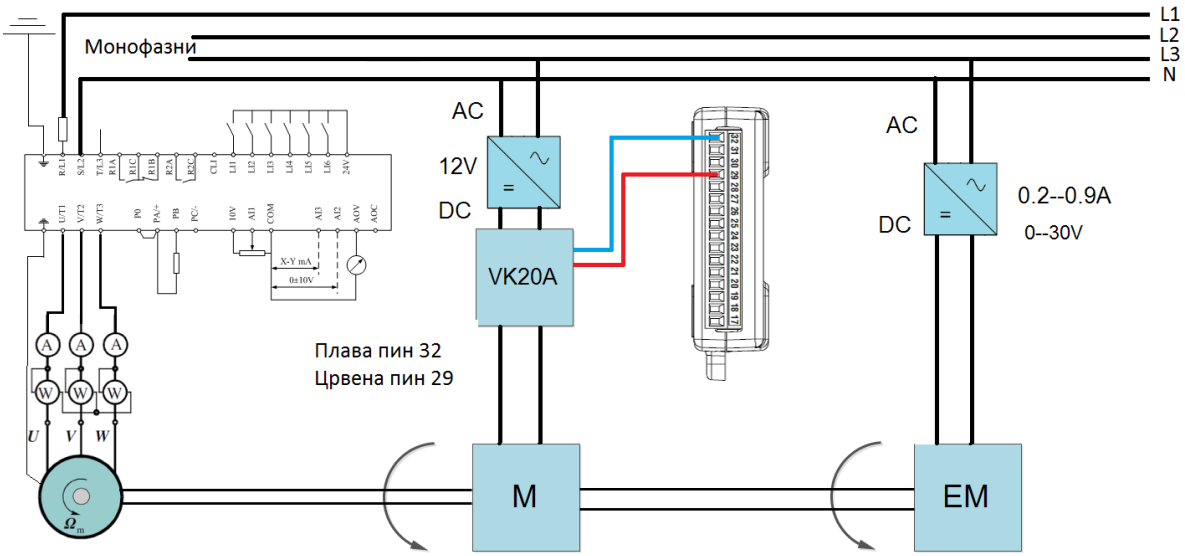
| Module | Terminal | Signal, Single-Ended Mode | Signal, Differential Mode |
|---|---|---|---|
|  | 1 | GND | GND |
| | 2 | AI 0 | AI 0+ |
| | 3 | AI 4 | AI 0– |
| | 4 | GND | GND |
| | 5 | AI 1 | AI 1+ |
| | 6 | AI 5 | AI 1– |
| | 7 | GND | GND |
| | 8 | AI 2 | AI 2+ |
| | 9 | AI 6 | AI 2– |
| | 10 | GND | GND |
| | 11 | AI 3 | AI 3+ |
| | 12 | AI 7 | AI 3– |
| | 13 | GND | GND |
| | 14 | AO 0 | AO 0 |
| | 15 | AO 1 | AO 1 |
| | 16 | GND | GND |

**Сл. 20 -** Табела аналогних прикључака за диференцијално мерење или у односу на једну заједничку масу

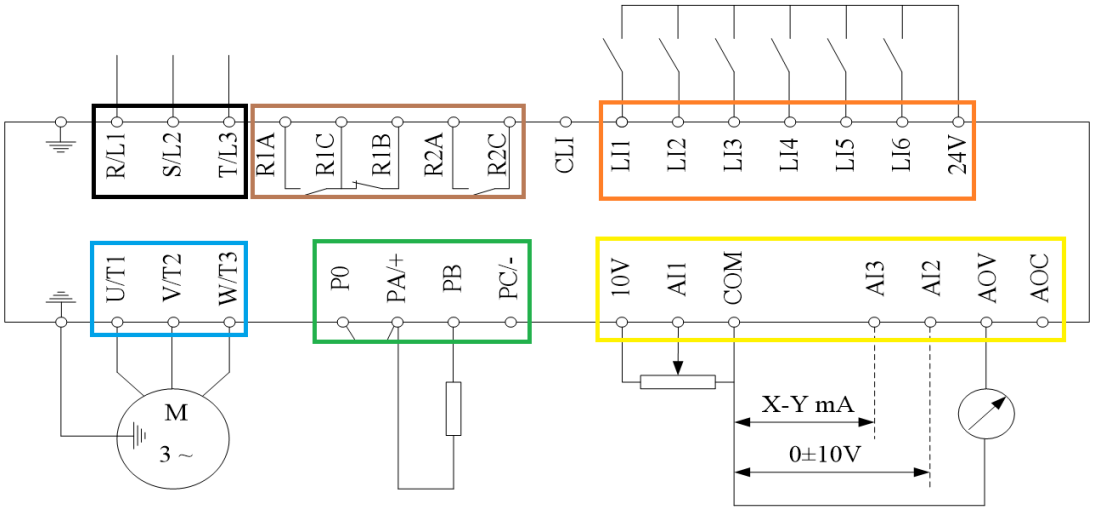
| Module | Terminal | Signal |
|---|---|---|
|  | 17 | P0.0 |
| | 18 | P0.1 |
| | 19 | P0.2 |
| | 20 | P0.3 |
| | 21 | P0.4 |
| | 22 | P0.5 |
| | 23 | P0 6 |
| | 24 | P0.7 |
| | 25 | P1.0 |
| | 26 | P1.1 |
| | 27 | P1.2 |
| | 28 | P1.3 |
| | 29 | PFI 0 |
| | 30 | +2.5 V |
| | 31 | +5 V |
| | 32 | GND |

**Сл. 21 -** Табела дигиталних прикључака

# 6. ШЕМА ПОВЕЗИВАЊА ВЕЖБЕ




**Сл. 22 -** Шема везе




**Сл. 23 -** Шема фреквентог регулатора

1. Прикључци за трофазни асинхрони мотор
2. Енергетски прикључци једносмерног међукола
3. Логички улази
4. Аналогни улази и излази
5. Енергетски прикључци напајања (монофазни)
6. Унутрашњи релеји