

»Mladi za napredek Maribora 2015«

32. srečanje

## Primerjava delovanja pogona, krmilja in ekološke naravnosti pralnih strojev za domačo uporabo

Raziskovalno področje: Elektrotehnika, elektronika

Raziskovalna naloga



Maribor, januar 2015

Avtor: JERNEJ FRANGEŽ

Mentor: ROBERT GAŠPARIČ

Šola: SREDNJA ELEKTRO-RAČUNALNIŠKA ŠOLA MARIBOR

## Kazalo vsebine

1. POVZETEK .....	5
2. ZAHVALA.....	5
3. UVOD .....	6
4. HIPOTEZE IN CILJI.....	7
5. ZGODOVINA IN UPORABA PRALNE TEHNIKE .....	8
5.1. Kaj je pralni stroj.....	8
5.2. Zgodovina pralnega stroja .....	8
5.3. Vrste pralnih strojev .....	8
3.5.1. Za domačo uporabo .....	8
3.5.2. Za uporabo v industriji in javnih pralnicah.....	10
6. RAZISKOVANJE .....	11
6.1. Opredelitev problema .....	11
6.2. Pogon.....	11
2.6.1. Indukcijski asinhroni enofazni motor.....	11
2.6.2. Kolektorski motor .....	13
2.6.3. Inverter motor .....	15
2.6.4. Direct drive motor .....	16
6.3. Krmilje.....	17
3.6.1. Krmilje s programatorjem.....	17
3.6.2. Programator v kombinaciji z elektroniko .....	19
3.6.3. Krmilje z elektroniko.....	19
3.6.4. Krmilje z elektroniko in upravljanje preko pametnega telefona.....	19
6.4. Hidrostat ali senzor za višino vode .....	19
6.5. Senzorji temperature.....	20

5.6.1.	Bimetalni termostat .....	20
5.6.2.	Kapilarni termostat .....	21
5.6.3.	Senzor temperature (NTC upor) .....	21
6.6.	Elektromagnetni ventil .....	22
6.7.	Zapora vrat .....	22
6.8.	Grelec.....	22
6.9.	Kad in boben .....	22
6.10.	Pralni stroj Gorenje Superavtomat.....	24
6.11.	Pralni stroj Gorenje .....	26
6.12.	Pralni stroj Candy .....	28
6.13.	Pralno-sušilni stroj Hoover.....	30
6.14.	Pralni stroj Beko .....	33
6.15.	Pralna sredstva .....	35
7.	PRIMERJAVA .....	36
7.1.	Primerjava pogona.....	36
7.2.	Primerjava krmilja.....	37
7.3.	Primerjava pralnih strojev.....	37
7.4.	Ekološka naravnost.....	37
8.	IZDELAVA MODELA .....	38
8.1.	Izdelava tiskanih vezij .....	38
8.2.	Arduino .....	39
8.3.	Model za prikaz delovanja motorja in bobna.....	40

3.8.1.	Izdelava krmilja za inverter motor .....	42
3.8.2.	Program za krmiljenje inverter motorja .....	43
8.4.	Model za prikazovanje pranja .....	44
4.8.1.	Krmilje .....	45
4.8.2.	Program .....	46
9.	ZAKLJUČEK .....	48
10.	DRUŽBENA ODGOVORNOST .....	49
11.	VIRI IN LITERATURA .....	50

#### Kazalo slik

Slika 1:	Primer stroja s sprednjim polnjenjem (vir: candy) .....	9
Slika 2:	Primer stroja z zgornjim polnjenjem (vir: Candy) .....	9
Slika 3:	Primer vgradnega pralnega stroja (vir: candy) .....	10
Slika 4:	Primer stroja za industrijsko uporabo (vir: Google galerija) .....	10
Slika 5:	Enofazni indukcijski motor v modelu (vir: avtor naloge).....	12
Slika 6:	Enofazni indukcijski motor v stroju Superavtomat (vir: avtor naloge) .....	12
Slika 7:	Kolektorski motor (vir: avtor naloge).....	13
Slika 8:	Stator kolektorskega motorja (vir: avtor naloge) .....	14
Slika 9:	Rotor kolektorskega motorja (vir: avtor naloge).....	14
Slika 10:	Rotor z uničenim kolektorjem (vir: avtor naloge).....	14
Slika 11:	Krtačka ali ščetka (vir: avtor naloge).....	14

Slika 12: Inverter motor nameščen v modelu (vir: avtor naloge) .....	15
Slika 13: Diagram 3 fazne napetosti.....	16
Slika 14: Zgradba direct drive motorja (vir: avtor naloge).....	16
Slika 15: Inverter motor in direct drive motor (vir: Google galerija) .....	17
Slika 16: Programator (vir: avtor naloge).....	18
Slika 17: Vidni priključki programatorja in na desni strani pogonski elektromotor (vir: avtor naloge) .....	18
Slika 18: Hidrostat ali senzor za višino vode (vir: avtor naloge).....	20
Slika 19: Dvojni bimetalni termostat (vir: avtor naloge).....	20
Slika 20: Kapilarni termometer (vir: avtor naloge) .....	21
Slika 21: Senzor temperature (NTC-upor).....	21
Slika 22: Emajlirana kad iz starega stroja (vir: avtor naloge).....	23
Slika 23: Plastična kad iz novega stroja uporabljena v modelu (vir: avtor naloge) .....	23
Slika 24: Pogled na kad, ki sem jo uporabil v modelu, iz strani (vir: avtor naloge) .....	24
Slika 25: Pralni stoj Superavtomat PS 653 (vir: avtor naloge) .....	25
Slika 26: Programator stroja Superavtomat PS 653 (vir: avtor naloge) .....	26
Slika 27: Pralni stroj Gorenje WA 1341 S (vir: avtor naloge).....	27
Slika 28: Stroj Gorenje WA 1341 S z odprtim zgornjim pokrovom (vir: avtor naloge).....	28
Slika 29: Pralni stroj Candy GO714h txt (vir: avtor naloge) .....	29
Slika 30: Prikazovalnik stroja Candy GO714h txt (vir: avtor naloge) .....	30
Slika 31: Pralno-sušilni stroj Hoover WDYNS 642 D (vir: avtor naloge) .....	31
Slika 32: LED-prikazovalnik stroja WDYNS 642 D (vir: avtor naloge) .....	32

Slika 33: Stroj WDYNS 642 D z odprtim zgornjim pokrovom (vir: avtor naloge).....	32
Slika 34: Pralni stroj Beko WMB81466ST (vir: avtor naloge) .....	34
Slika 35: LCD prikazovalnik in izpis izbire programa (vir: avtor naloge).....	34
Slika 36: Lončki s spojinami (vir: avtor naloge).....	35
Slika 37: pH-indikatorji (vir: avtor naloge) .....	36
Slika 38: Arduino Mega (vir: Arduino.cc).....	39
Slika 39: Arduino Nano (vir: Arduino.cc) .....	39
Slika 40: Konstrukcija modela po barvanju (vir: avtor naloge).....	40
Slika 41: Model za prikaz delovanja motorja in bobna (vir: avtor naloge) .....	41
Slika 42: Upravljalna plošča modela (vir: avtor naloge).....	41
Slika 43: Shema 3-faznega krmilja (vir: ecnmag).....	42
Slika 44: Del programa za inverter motor (vir: avtor naloge) .....	43
Slika 45: Stroj pred predelavo (vir: avtor naloge).....	44
Slika 46: Model stroja z izvzetim notranjim delom in narisanimi črtami za izrez (vir: avtor naloge) .....	44
Slika 47: Model stroja med sestavljanjem (vir: avtor naloge) .....	45
Slika 48: Delilnik napetosti za merjenje števila vrtljajev motorja (vir: avtor naloge) .....	46
Slika 49: Diagram poteka za varnost (vir: avtor naloge).....	47
Slika 50: Izbira pranja (vir: avtor naloge).....	47

## **1. POVZETEK**

V raziskovalni nalogi sem raziskoval in primerjal delovanje pralnih strojev za domačo uporabo. Raziskoval in primerjal sem več vrst elektromotorjev, krmilij in pralnih strojev, ki to uporabljajo. Ker je pralnih strojev vedno več je pomembna tudi ekologija, poraba vode, elektrike in odplak izvržene vode. Testiral sem različne stroje in meril porabo električne energije ter vode pri različnih programih in temperaturah. Naredil sem več poizkusov s pralnim prahom in tekočim detergentom ter ugotavljal njihovo delovanje na okolje.

Za krmiljenje sem uporabil več mikrokontrolerjev Arduino. Izdelal sem dva modela. Prvi model prikazuje praktično delovanje pralnega stroja s kolektorskim motorjem. Drugi model pa prikazuje kotel stroja, boben, enofazni indukcijski motor in inverter motor.

## **2. ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju za vse nasvete in pomoč, podjetju Candy-Hoover d.o.o. za darovane stvari, tehnični vodji in sorodnikom, ki so mi dovolili, da sem preizkušal pralne stroje in raziskoval njihovo delovanje. Prav tako bi se zahvalil staršem, ki so mi pomagali pri izdelavi modela in lektorici.

### 3. UVOD

Za izdelavo raziskovalne naloge sem se odločil, ker me je zanimalo natančno delovanje pralnega stroja za domačo uporabo oz. pralna tehnika. V nalogi bom primerjal več stroje različne starosti, ki imajo vgrajene različne motorje, krmilje in imajo različen vpliv na okolje. V reklamah lahko zasledimo številne prednosti inverter motorja. Zanimalo me je, ali je to samo reklama ali so podatki resnični. Zelo pomembni dejavniki so poraba vode in električne energije, enostavnost upravljanja, varnost uporabnika in kvaliteta pranja. Veliko ljudi, ki se ne spozna na tehniko misli, da je pralni stroj enostavni pripomoček in si ne more predstavljati, koliko elementov je potrebnih, da lahko stroj kakovostno opere perilo. Stopil sem v stik s tehnično vodjo podjetja Candy-Hoover, mu zastavil nekaj vprašanj in ga prosil, če imajo kakšen poškodovan aparat, ki ni za prodajo in bi mi ga lahko podarili za model. Obiskal sem tudi muzejsko zbirko Candy-jevih pralnih strojev v tehničnem muzeju v Bistri. Pri strojih, ki sem ji primerjal, sem testiral različne programe pranja. Porabo električne energije in vode se meril pri temperaturah 60° C in 90° C. kjer sem meril porabo električne energije in vode.



## 4. HIPOTEZE IN CILJI

Pred začetkom raziskovanja sem si zastavil nekaj hipotez, ki sem jih med nalogo potrdil ali ovrigel:

1.) Novejši stroji bolje operejo perilo.

To hipotezo sem delno potrdil, saj so starejši stroji prali z dosti več vode in tako bolje izprali perilo pri višji temperaturi. Novejši stroji so dosti bolj varčni.

2.) Z daljšanjem časa pranja se porabi manj energije in vode.

To hipotezo sem potrdil, saj stroj namesto, da bi nalil več vode, pusti perilo dalj časa v isti vodi. Pri tem se podaljša čas in zmanjša poraba energije pri črpalki, gretju in obračanju bobna.

3.) Inverter motor je optimalna izbira pri nakupu.

To hipotezo sem potrdil, saj je inverter dosti tišji od kolektorskega motorja, ker nima ščetk in mehanske obrabe. Je pa stroj z inverterskim motorjem dražji zaradi zahtevne regulacije.

4.) Z več dodanega pralnega praha je perilo bolje oprano.

To hipotezo sem ovrigel, saj sem med raziskovanjem ugotovil, da novi stroji perejo z manj vode. Prav tako je pri preveliki količini pralnega praha perilo lahko slabše oprano, ves prah pa se ne izpere iz oblačil.

5.) Za pranje so boljši tekoči detergenti in nižja temperatura pranja.

To hipotezo sem zavrgel, saj se pri nižji temperaturi in s tekočimi detergenti, s katerimi perejo novi stroji, v notranjosti stroja sčasoma začne pojavljati plesen. Notranjost stroja in perilo dobita neprijeten vonj.

## **5. ZGODOVINA IN UPORABA PRALNE TEHNIKE**

### **5.1. Kaj je pralni stroj**

Pralni stroj je naprava za pranje perila, najpogosteje z vodo. Stroj je sestavljen iz mehanskih in elektronskih delov. Stroj nam opere perilo po programu, ki smo ga nastavili in pri tem uporablja vodo, elektriko in prah, ki smo ga vstavili. Velikost stroja se meri v kilogramih, kar pomeni količino suhega perila, ki jo lahko damo v stroj in ga s tem ne poškodujemo. Na voljo imamo pralne stroje z različnim številom obratov bobna. Ti se trenutno gibljejo med 1000 in 1600 obrati na minuto.

### **5.2. Zgodovina pralnega stroja**

Do izuma pralnega stroja se je vso perilo pralo na roke s pomočjo »ribežna« (kovinskega strgala v lesenem okvirju, ki se uporablja tudi kot glasbilo). Začetki pranja v stroju segajo v leto 1846. Prvi pralni stroji pa seveda niso imeli električnega motorja, ampak so jih gnali ročno. Leto 1904 je bilo prelomno. Takrat naj bi se pojavil prvi stroj z električnim pogonom. Prvi pralni stroji, ki jih je bilo mogoče uporabljati doma, pa so se pojavili okoli leta 1930. Velika težavo pri teh strojih je predstavljalo puščanje vode. Prvi Candy-jev stroj je bil izdelan leta 1945 v mestu Monza blizu Milana in je bil prvi italijanski pralni stroj. Prvi stroj v tovarni Gorenje je bil izdelan leta 1964 pod licenco Zanussi z oznako PS270 in je bil samo sestavljen v Velenju. Do danes so se pralni stroji zelo izboljšali in.

### **5.3. Vrste pralnih strojev**

#### **3.5.1. Za domačo uporabo**

Pralni stroj je danes prisoten skoraj v vsakem gospodinjstvu. Narejeni so v različnih velikostih in z različno nastavitvijo števila vrtljajev bobna.

##### **1.3.5.1. Stroj s sprednjim polnjenjem**

Za domačo uporabo se najpogosteje uporabljajo stroji, ki se polnijo od spredaj. Na tržišču so velikosti od 4 do 11 kg.



**Slika 1: Primer stroja s sprednjim polnjenjem (vir: candy)**

#### **1.3.5.2. Stroj z zgornjim polnjenjem**

Stroj z zgornjim polnjenjem ima namesto sprednjih vrat za polnjenje na vrhu pokrov, ki se odpre. Prirejen zgornjemu polnjenju pa morata biti tudi kotel in boben. Slednji se na določenem mestu odpre, da lahko vanj naložimo perilo. Stroji z zgornjim polnjenjem so redki, saj imajo višjo ceno od strojev z zgornjim polnjenjem ter manjšo kapaciteto pranja.



**Slika 2: Primer stroja z zgornjim polnjenjem (vir: Candy)**

### **1.3.5.3. Pralno-sušilni stroj**

Pralno-sušilni stroj je kombinacija pralnega stroja s sušilnim. Perilo nam najprej opere in kasneje tudi posuši.

### **1.3.5.4. Vgradni pralni in sušilni stroji**

Vgradni stroj se uporablja za vgradnjo v pohištvo ali pohištvene elemente.



**Slika 3: Primer vgradnega pralnega stroja (vir: candy)**

### **3.5.2. Za uporabo v industriji in javnih pralnicah**

Pralna tehnika za industrijo se od pralne tehnike za domačo uporabo razlikuje po načinu izdelave in velikosti. Stroji so večji in zmorejo oprati večjo količino perila hkrati. Prav tako so prilagojeni na dodatke k prahu (npr.: močnejši pralni praški in razna razkužila). Narejeni so tudi za celodnevno pranje.



**Slika 4: Primer stroja za industrijsko uporabo (vir: Google galerija)**

## **6. RAZISKOVANJE**

### **6.1. Opredelitev problema**

Pralni stroj je zelo razširjen pripomoček, saj ga ima v Sloveniji in drugih razvitih državah skoraj vsako gospodinjstvo, nekateri tudi več. Po podatkih Statističnega urada republike Slovenije iz leta 2012 ima pralni stroj 98 gospodinjstev od stotih. Zaradi tako množičnega števila strojev in velikega števila pranj zelo onesnažujemo okolje, porabljamo veliko električne energije in čisto vodo. Raziskoval sem, kaj najbolj onesnaži okolje in kako bi to onesnaževanje lahko zmanjšali. Raziskoval sem tudi, kakšen prah oziroma pralno sredstvo uporabljati in kakšna je optimalna pralna temperatura.

### **6.2. Pogon**

V pralni tehniki se za pogon uporablja električni motor, ki je glavni element za pranje oziroma obračanje bobna. Trenutno najbolj razširjen pogon je pogon s kolektorskim motorjem, vendar ga počasi zamenjuje inverterski motor. Pri pogonu pralnega stroja je pomembna majhna poraba električne energije, mala obraba, regulacija obratov in cena.

#### **2.6.1. Indukcijski asinhroni enofazni motor**

Indukcijski asinhroni enofazni motor se je uporabljal pri strojih, dokler ga ni nadomestil kolektorski elektromotor. Motor je sestavljen iz štirih navitij in rotorja s kratkostično kletko. Motor nima mehanske obrabe, ker ga poganjajo inducirane magnetne silnice iz navitja, ki se inducirajo v kratkostično kletko. Slabost motorja je ta, da ni mogoče regulirati obratov. Za zagon je potreben zagonski kondenzator. Motor ima dva navitja za pranje in dva za centrifugo. Za pranje sta vgrajena dva enaka navitja z isto ohmsko upornostjo. Smer vrtenja je odvisna od vezave kondenzatorja. Za centrifugo pa se uporablja glavno navitje in pomožno za zagon, saj se pri centrifugi smer motorja ne menjuje. Motor je zelo velik in težak, saj ima štiri navitja, ki so navita z bakreno žico, lakirano z lakom za elektromotorje.



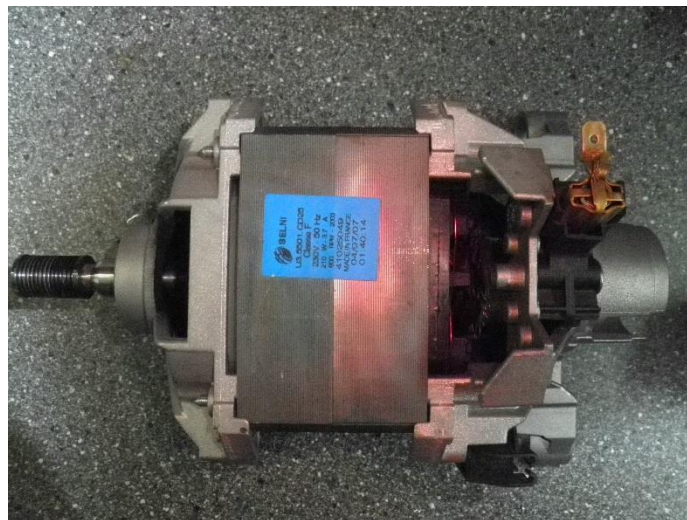
**Slika 5: Enofazni indukcijski motor v modelu (vir: avtor naloge)**



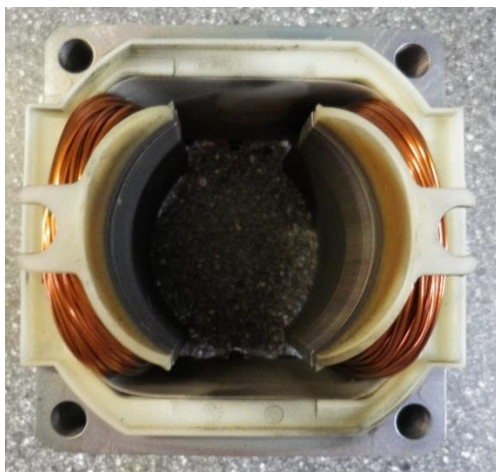
**Slika 6: Enofazni indukcijski motor in kondenzatorja v stroju Superavtomat (vir: avtor naloge)**

## 2.6.2. Kolektorski motor

Trenutno so v strojih in tudi drugih napravah (sesalcih, mesoreznicah, kuhinjskih mešalcih itd.) največkrat uporabljeni kolektorski motorji, ker imajo možnost regulacije obratov. Kolektorski motor je sestavljen iz kolektorja, ki je nameščen na rotorju, in krtačk ali ščetk, ki so nameščene na ohišju. Krtačke so sestavljene iz oglja, ki se drgne ob kolektor in vzmeti, ki jih potiska k rotorju ter iz ohišja. Ker se krtačke med delovanjem ali vrtenjem drgnejo ob kolektor in tako prenašajo tok na lamele kolektorja, se seveda obrabljajo. Ker je kolektor iz bakra, čez čas oksidira in se umaže. Od grafita ščetk se pojavi tudi iskrenje med ščetkami in kolektorjem. Ob vrtenju motorja z roko se čuti upor ščetk in seveda tudi zvok drgnjenja ščetke ob kolektor. Prednost kolektorskega motorja pred zgoraj opisnim enofaznim indukcijskim je ta, da mu je možno regulirati obrate s spreminjanjem napetosti. Na sliki št. 7 je kolektorski motor, na sliki št. 8 je stator motorja, ki ima na levi in desni strani statorska navitja. Na sliki št. 9 je rotor, kjer se vidijo: dva ležaja, os, rotorsko navitje, kolektor in magnet za merjenje obratov. Na sliki št. 10 je rotor motorja s poškodovanim kolektrojem, ki se je uničil zaradi izrabljenih ščetk. Te so povzročile iskrenje med ploščicami na kolektorju in prišlo je do kratkega stika. Zaradi tega so se ploščice kolektorja od sile odtrgale iz podlage. Motor ima na rotorju nameščen magnet (magnet se vidi na sliki št. 9 na koncu rotorja), ki ob različnih obratih v tuljavici inducira različno napetost in tako elektronika regulira moč motorja.



Slika 7: Kolektorski motor (vir: avtor naloge)



**Slika 8: Stator kolektorskega motorja (vir: avtor naloge)**



**Slika 9: Rotor kolektorskega motorja (vir: avtor naloge)**



**Slika 10: Rotor z uničenim kolektorjem (vir: avtor naloge)**

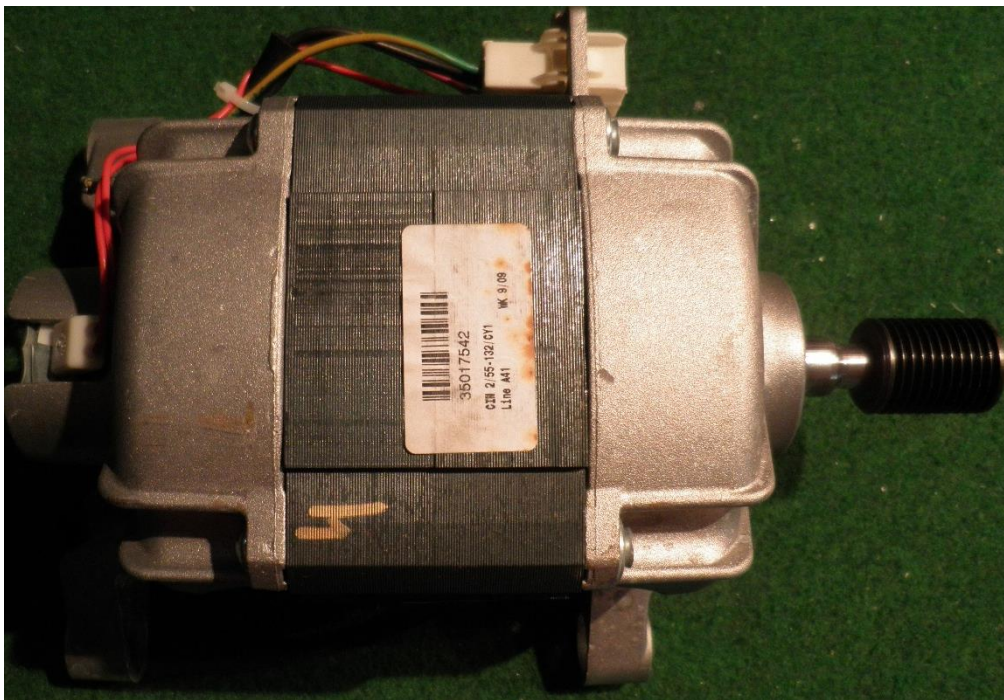


**Slika 11: Krtačka ali ščetka (vir: avtor naloge)**

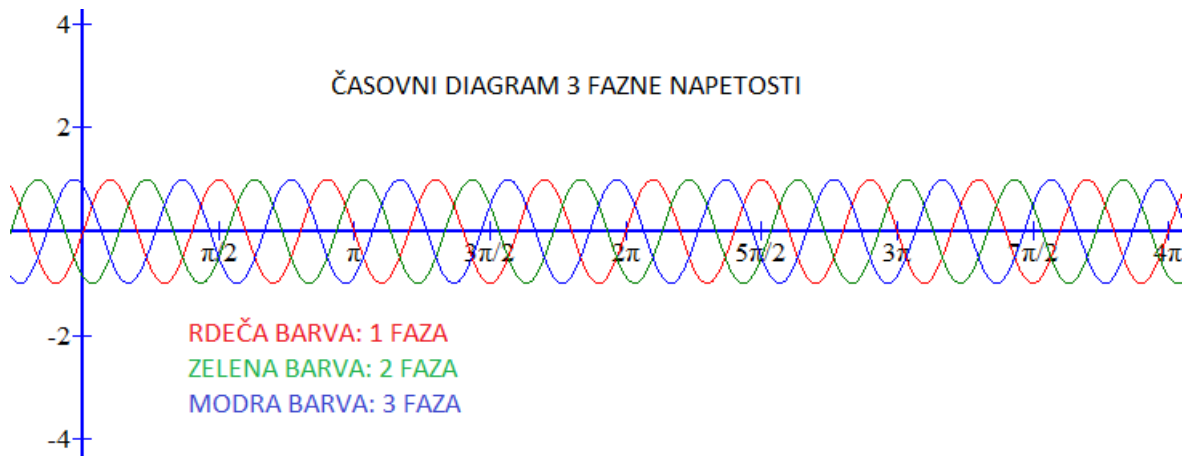


### 2.6.3. Inverter motor

Inverter motor se pri pralni tehniki uporablja že približno 10 let . Zadnjih nekaj let veliko več, saj so bili na začetku stroji z inverter motorjem zelo dragi. Inverter motor ima podobno zgradbo kot trifazni asinhroni motor, le da ima namesto kratkostične kletke stalne magnete na rotorju. Sestavljen je iz treh navitij, premaknjenih za 120 kotnih stopinj, ki so nameščena na statorju in trajnih magnetov na rotorju. Omogoča spreminjanje obratov s spreminjanjem frekvence. Motor nima mehanske obrabe in je zato tudi dosti tišji od kolektorskega. Ker so stroji priključeni enofazno, motor pa za delovanje potrebuje trifazno regulacijo, ki pa je zelo zahtevna in potrebuje veliko elektronskih komponent. V prihodnje bo inverter motor nadomestil kolektorski motor.



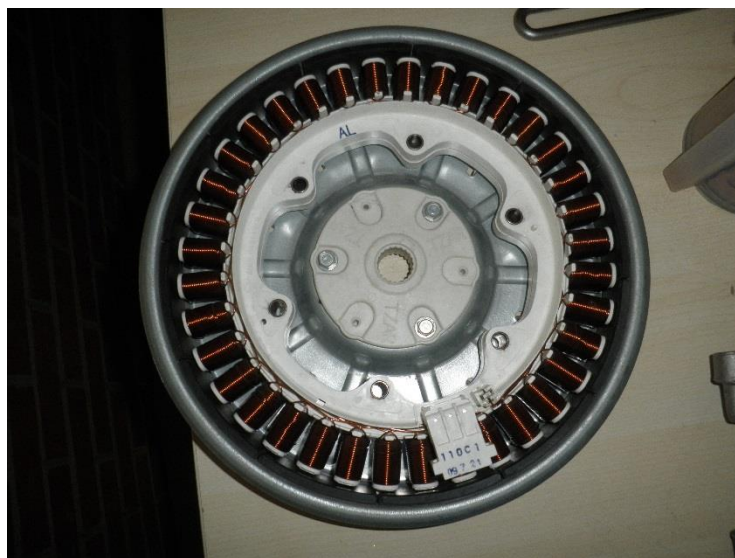
Slika 12: Inverter motor nameščen v modelu (vir: avtor naloge)



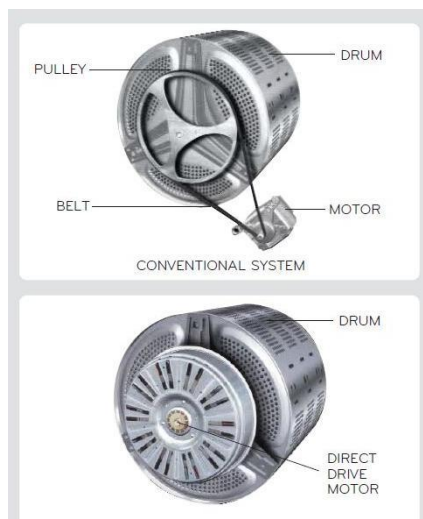
**Slika 13: Diagram 3 fazne napetosti**

#### 2.6.4. Direct drive motor

Direct drive motor v prevodu pomeni motor na osi. Direct drive ima podobno zgradbo kot inverter, le da se pri njem vrtil stator, ki je pritrjen na os bobna. Na statorju so nameščeni trajni magneti. Rotor pa je sestavljen iz navitij, ki jih poganja tri fazna napetost kot pri inverter motorju. Dobra stran direct drive motorja je ta, da nima prenosov s tem manj izgub. Za razliko od ostalih vrst motorja nerabi jermenice in jermena kar je vidno na spodnji sliki št. 14.



**Slika 14: Zgradba direct drive motorja (vir: avtor naloge)**



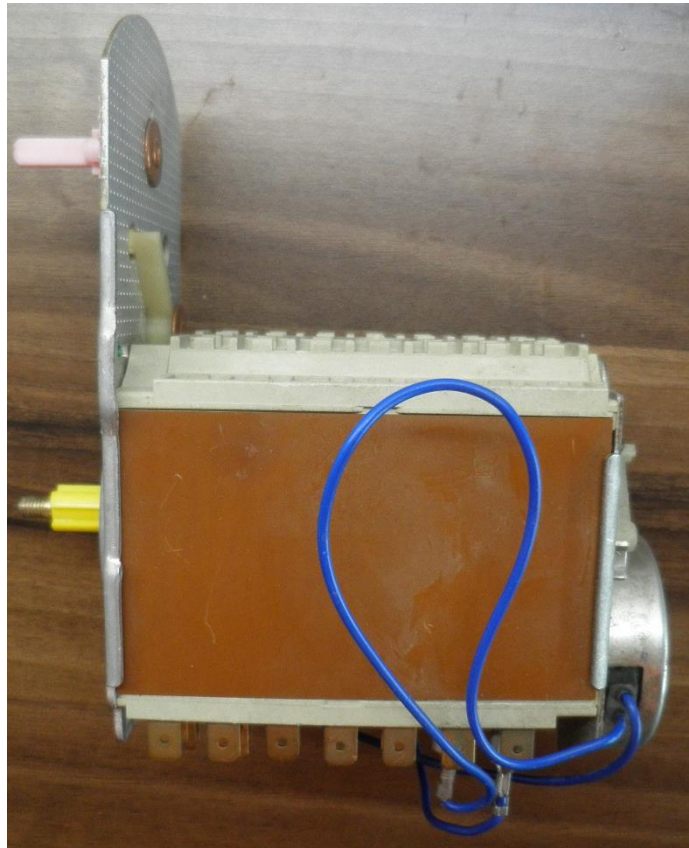
**Slika 15: Inverter motor in direct drive motor (vir: Google galerija)**

### **6.3. Krmilje**

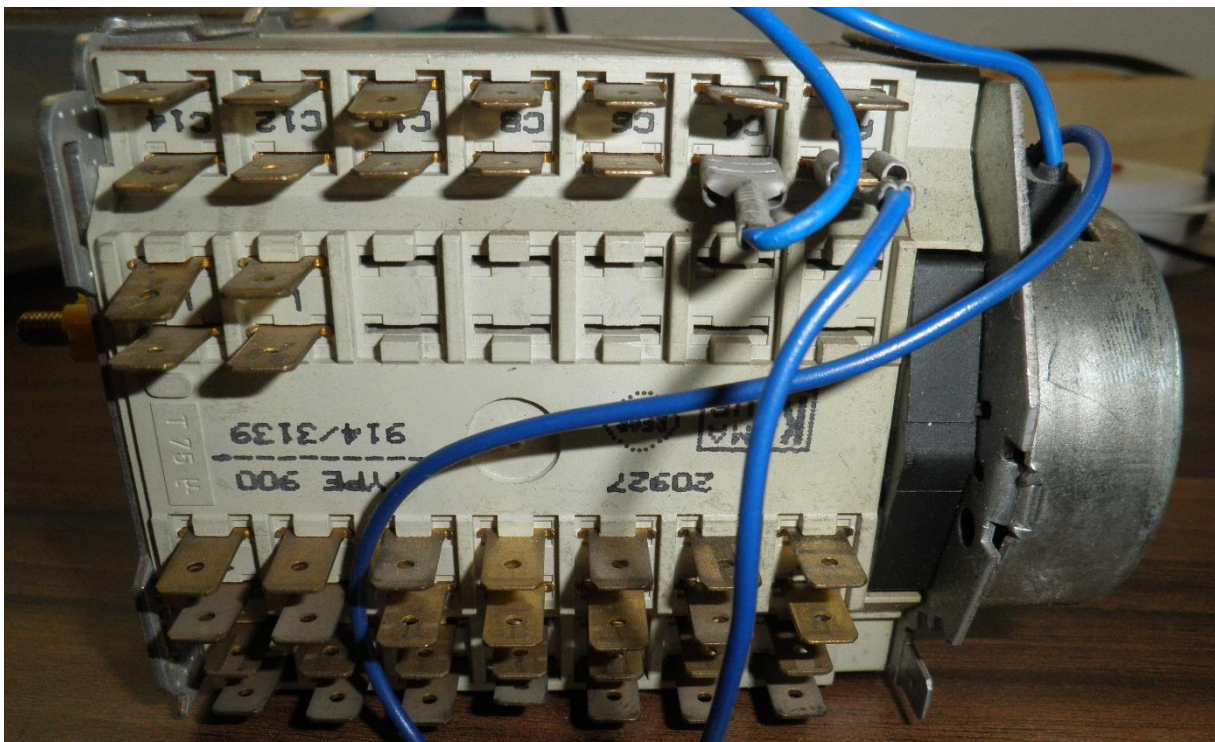
Krmilje je eden izmed pomembnejših delov. S krmiljem krmilimo delovanje celotne naprave, nastavljammo programe pranja, temperaturo in obrate motorja. Krmilje pa varuje tudi uporabnika. V primeru, če na stroju odpremo vrata, takoj izključi motor in prekine delovanje. Varuje pa tudi napravo samo, saj v primeru, če kakšen del odpove, prepreči nastanek škode. Na primer, če v stroju ni vode, stroj ne vklopi grelca, ker bi tako poškodoval kotel in bi lahko prišlo do požara.

#### **3.6.1. Krmilje s programatorjem**

Programator je bilo mehansko krmilje, ki je danes že skoraj nepoznano med mlajšimi generacijami. Programator je za razliko od elektronike deloval mehansko. Vsak stroj je imel namensko izdelan svoj programator, ker ga ni bilo mogoče programirati. V programatorju je bilo grebenasto stikalo, ki je obračalo majhen elektromotor preko reduktorja, kontakti so se premikali in vklopljali različne funkcije v odvisnosti od grebena. Pri programatorju so bile najpogostejše okvare: elektromotor za vrtenje, poškodba grebenov in poškodba kontaktov. Za merjenje temperature se uporabljajo termostati. Vsak termostat lahko meri le eno temperaturo. Na sliki št. 16 vidimo programator, na sliki št. 26 pa programator iz stroja Superavtomat.



Slika 16: Programator (vir: avtor naloge)



Slika 17: Vidni priključki programatorja in na desni strani pogonski elektromotor (vir: avtor naloge)

### **3.6.2. Programator v kombinaciji z elektroniko**

Prehod med programatorjem in elektroniko se je začel s kombinacijo programatorja in elektronike. S to kombinacijo krmilja so se v strojih začeli uporabljati kolektorski motorji, ker je bila možna regulacija obratov motorja. Prav tako je stroj meril temperaturo s temperaturnim senzorjem in ne več s termostatom.

### **3.6.3. Krmilje z elektroniko**

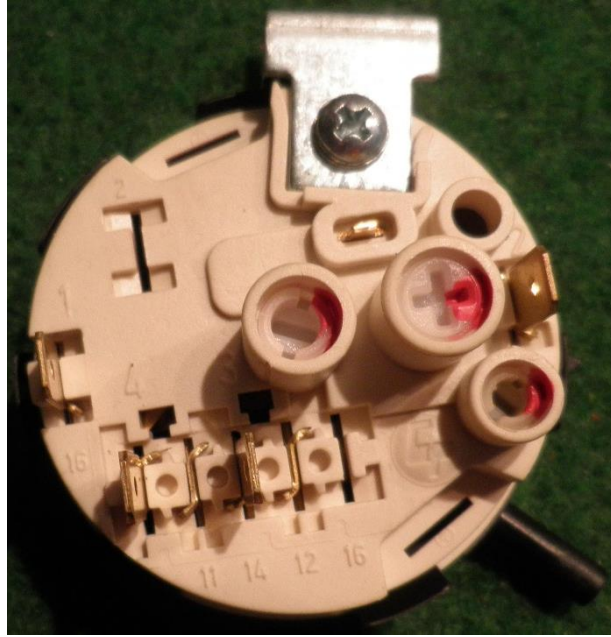
Vsi novi stroji so krmiljeni z elektroniko. Elektronika ne vsebuje toliko mehanskih elementov, ki se čez čas obrabijo. Večja težava so napetostne konice (npr. strela ali nestabilno omrežje), ki lahko poškodujejo elemente ali pomnilnik procesorja. Elektronika je skupek elektronskih elementov na tiskanem vezju. Elektronika upravlja vse funkcije in jo je mogoče programirati. Tako ima lahko več podobnih strojev enako elektroniko. Z elektroniko lahko reguliramo obrate motorja, z njeno pomočjo stroj natančno meri in regulira temperaturo ter meri in doliva vodo glede na količino perila. Čas trajanja imamo prikazan na LCD- ali LED-prikazovalniku.

### **3.6.4. Krmilje z elektroniko in upravljanje preko pametnega telefona**

Na modelu sem nameraval narediti tudi upravljanje preko pametnega telefona ali tablice. Ugotovil sem, da to ne bi bilo smiselno, ker moramo pri vsakem pranju naložiti perilo in prah v stroj. Nastavimo ga lahko kar na mestu.. Pri uporabi prenosa informacij preko bluetooth-a, kot sem to nameraval narediti na modelu, bi morali stroj vsakič povezati z napravo in šele potem bi ga lahko upravljali. Menim, da bi bilo uporabno, da stroj sporoči, da je končal program s poslanim sporočilom, vendar bi stroj moral imeti svojo SIM-kartico.

## **6.4. Hidrostat ali senzor za višino vode**

Hidrostat ali senzor za višino vode se je včasih uporabljal za merjenje višine vode v pralnih strojih tako, da je moral imeti več hidrostатов, če je stroj meril višino na več nivojih ali višinah. Novi stroji pa imajo samo enega, saj merijo nivo vode s pretočnimi števci. Če bi števec odpovedal, hidrostat še vedno služi kot zaščita, ki stroju preprečuje, da bi nalil preveč vode in povzročil škodo. Hidrostat deluje tako, da se ustvari pritisk na njegovi membrani in stisne stikalo, ko je dosežen določen nivo vode.



Slika 18: Hidrostat ali senzor za višino vode (vir: avtor naloge)

## 6.5. Senzorji temperature

Skozi čas so se pri pralnih strojih spreminjali krmiljenje in senzorji temperature.

### 5.6.1. Bimetalni termostat

Bimetalni termostat je bil sestavljen iz dveh trakov, ki imata različne temperaturne razteznostne koeficiente in ob naprej določeni (npr.  $60^{\circ}\text{C}$  in  $90^{\circ}\text{C}$ ) temperaturi prekineta delovanje grelca. Slabost bimetalnega termostata je ta, da lahko zazna eno ali največ dve temperaturi, ki sta tovarniško določene. Bimetalni termostat se je uporabljal v kombinaciji z programatorjem.



Slika 19: Dvojni bimetalni termostat (vir: avtor naloge)

### 5.6.2. Kapilarni termostat

Kapilarni termostat omogoča zvezno regulacijo od 0° C do 90° C. Nastavi pa se lahko le ena temperatura, kar pomeni, da nam zazna samo eno temperaturo, ki jo lahko uporabnik sam spreminja ob izbiri programa pranja. Kapilarni termostat se je uporabljal v kombinaciji s programatorjem.



Slika 20: Kapilarni termometer (vir: avtor naloge)

### 5.6.3. Senzor temperature (NTC upor)

Senzor temperature se lahko uporablja samo v kombinaciji z elektroniko, ki z analognim vhodom zaznava spreminjanje napetosti na senzorju. Slednja se spreminja z upornostjo med segrevanjem in s tem omogoča poljubno izbiro temperature. Za merjenje je uporabljen NTC-upor, ki se mu s segrevanjem upornost manjša.



Slika 21: Senzor temperature (NTC-upor) (vir: avtor naloge)

## **6.6. Elektromagnetni ventil**

Elektromagnetni ventil je električno krmiljen ventil. Elektromagnetni ventil se uporablja za nalivanje vode iz vodovodnega omrežja.

## **6.7. Zapora vrat**

Zapora vrat se uporablja za zapiranje vrat. V zapori vrat je nameščena tipka, ki zazna, ali so vrata zaprta, kajti če niso, stroj ne deluje. V zapori vrat je tudi termični element, ki prepreči odpiranje vrat med pranjem še približno 2 minuti po končanem pranju.

## **6.8. Grelec**

Grelec se uporablja za gretje vode med pranjem. V grelec je vgrajen tudi temperaturni senzor in ločena termična zaščita, da v primeru okvare temperaturnega senzorja ne pride do pregrevanja in poškodbe kadi.

## **6.9. Kad in boben**

Eden izmed glavnih elementov za pranje je tudi boben, v katerega damo perilo. Boben je narejen iz nerjavečega jekla. Kad pri starih strojih je narejena iz emajlirane pločevine, pri novih strojih pa iz plastike. Pri starejših strojih s plastično kadjo so se ležaji lahko zamenjali, pri novih pa to ni več mogoče, saj je kad termično stisnjena skupaj in je ni mogoče odpreti. Zaradi tega jo je potrebno menjati celo, kar pa ni najbolj okolju prijazno, ker se kad zavrže ali pa zaradi cene popravila zavrže tudi stroj. Zanimalo me je, zakaj stroji nimajo več kot 1600 obratov na minuto. Pri testiranju z inverter motorjem na modelu predvidevam, da bi pri višjih obratih začelo perilo vleči skozi luknjice bobna in bi ga tako poškodovalo, ker se je pri višanju obratov na perilu poznal raster luknjic bobna.





**Slika 22: Emajlirana kad iz starega stroja (vir: avtor naloge)**



**Slika 23: Plastična kad iz novega stroja uporabljena v modelu (vir: avtor naloge)**



**Slika 24: Pogled na kad, ki sem jo uporabil v modelu, iz strani (vir: avtor naloge)**

### **6.10. Pralni stroj Gorenje Superavtomat**

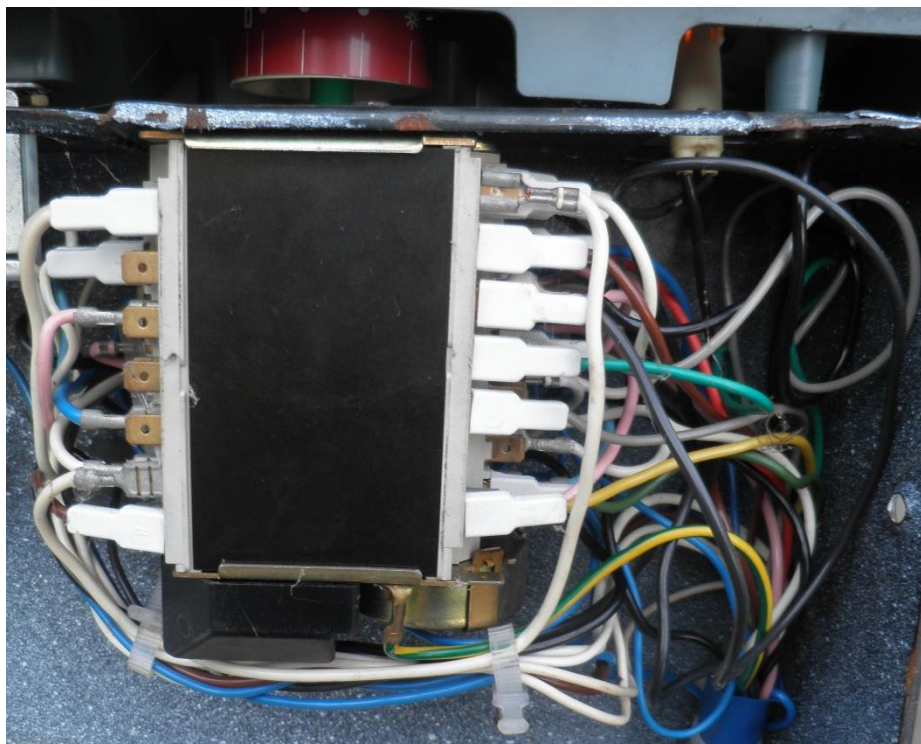
Prvi stroj, ki sem raziskal, je bil stroj Gorenje Superavtomat PS 653. Gre za stroj, ki je bil izdelan leta 1967 v tovarni Gorenja v Velenju in je bil eden izmed prvih Gorenjevih strojev. Kapaciteta pranja je 5 kilogramov. Pri raziskovanju delovanja sem ugotovil, da je stroj med delovanjem zelo glasen, še posebej pri centrifugi. Prav tako porabi veliko vode in električne energije. Stroj je zelo težek, saj imata kad in ohišje iz emajlirane pločevine (vrh kadi viden na sliki št. 22) programator in indukcijski motor. Stroj ima 10 različnih programov pranja in možnost nastavitve samo dveh temperatur,  $60^{\circ}\text{C}$  in  $90^{\circ}\text{C}$ , saj uporablja dva bimetalna termostata. Nastavitev programa je zelo enostavna, in sicer poteka s pomočjo vrtenja in stiska gumba. Velika težava pri tem stroju je bilo puščanje vode pri spojih in pritrditvah cevi. Pri testnem pranju sem meril porabo energije in vode. Stroj je porabil okoli 70 litrov vode in 4,5 kWh električne energije pri programu s temperaturo  $90^{\circ}\text{C}$ . pri programu z temperaturo  $60^{\circ}\text{C}$  pa 3,1 kWh. Količina vode se z različno količino perila ne spreminja. Pri prvem poizkusu sem odmeril pravilno količino pralnega praha, v drugem pa več kot je priporočeno. Pri perilu ni bilo razlike, le v stroju se je med pranjem nabrala pena. Po končanem programu je bilo perilo, ki sem ga vzel iz stroja, zelo mokro.

Tehnične specifikacije:

- zmogljivost pranja: 5 kilogramov,
- pogon: indukcijski enofazni motor moči 300/900 W,
- krmilje: programator,
- leto izdelave: 1967,
- hitrost ožemanja: do 370 o/min,
- nazivna moč: 2900 W.



Slika 25: Pralni stoj Superavtomat PS 653 (vir: avtor naloge)



**Slika 26: Programator stroja Superavtomat PS 653 (vir: avtor naloge)**

### **6.11. Pralni stroj Gorenje**

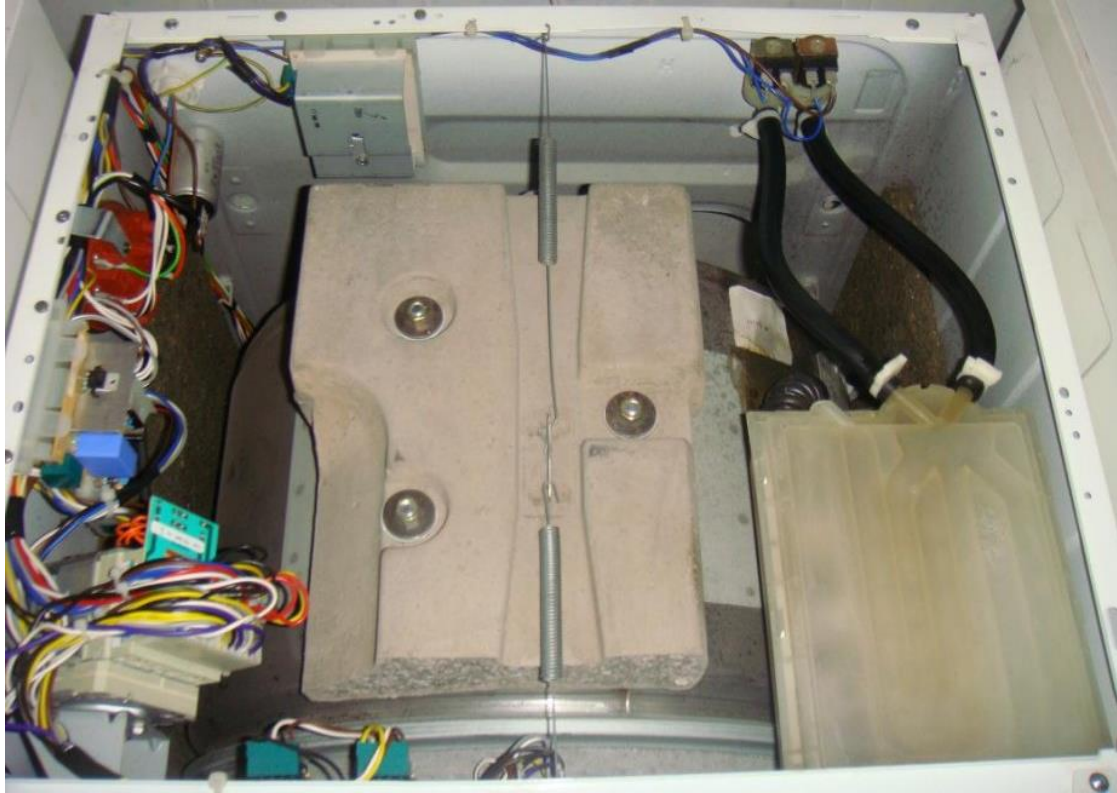
Pralni stroj Gorenje WA1341S, ki sem ga raziskoval, je bil narejen leta 2001. Kapaciteta pranja je 5 kilogramov. Stroj je krmiljen s kombinacijo programatorja in elektronike. Za pogon uporablja kolektorski motor, ki ga krmili elektronika in tako ima možnost regulacije obratov. Med delovanjem je stroj zelo glasen zaradi programatorja in kolektorskega motorja. Kad ima narejeno iz nerjaveče pločevine z možnostjo menjave ležajev, ohišje pa je izdelano iz barvane pločevine. Stroj se upravlja z vrtenjem gumba programatorja, kjer se nastavi temperatura in števila obratov. Upravljanje je zelo enostavno, stroj pa ima 12 programov. Pri testnem pranju je porabil veliko vode, katere količina se ni spreminjala v odvisnosti s količino perila. Pri merjenju porabe električne energije je stroj pri 90° C porabil 2,60 kWh, pri temperaturi 60° C pa 1,49 kWh. Po končanem pranju in centrifugi na 1300 obratih na minuto je bilo perilo dokaj mokro.

Tehnične specifikacije:

- zmogljivost pranja: 5 kilogramov,
- pogon: kolektorski motor moči,
- krmilje: programator v kombinaciji z elektroniko,
- leto izdelave: 2001,
- hitrost ožemanja do: 1300 o/min,
- nazivna moč: 2900 W.



**Slika 27: Pralni stroj Gorenje WA 1341 S (vir: avtor naloge)**



Slika 28: Stroj Gorenje WA 1341 S z odprtim zgornjim pokrovom (vir: avtor naloge)

## 6.12. Pralni stroj Candy

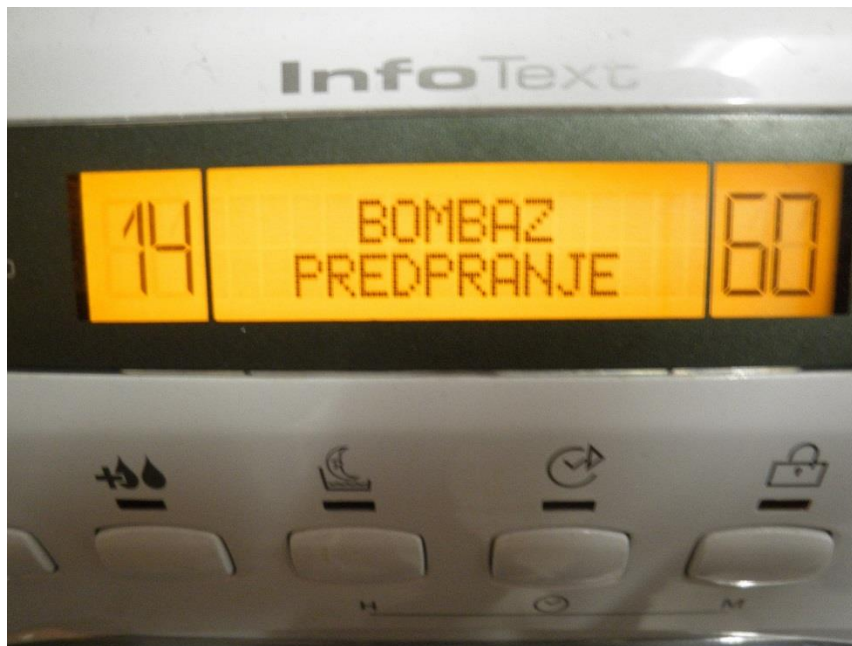
Pralni stroj Candy GO714h txt, ki sem ga raziskoval, je bil narejen leta 2007. Kapaciteta pranja je 7,5 kilogramov. Stroj za krmilje uporablja elektroniko, za pogon pa inverter motor, ki ima funkcijo regulacije obratov. Hitrost ožemanja je do 1400 obratov na minuto. Pri pranju je stroj komaj slišen, le pri centrifugi ima večjo jakost zvoka, a še vedno dosti manjšo kot prejšnja stroja. Ima LCD-prikazovalnik, na katerem izpisuje podatke o programu, trajanju in številu obratov. Upravljanje s strojem je enostavno, saj na LCD-prikazovalniku izpisuje programe in podatke v slovenskem jeziku, ki ga razume tudi starejša populacija. Stroj sodi v energijski razred AAA. Stroj doliva vodo v odvisnosti od količine perila. Če damo preveč prahu, se kakovost pranja prej poslabša kot izboljša. Stroj za merjenje temperature uporablja NTC-upor. Pri temperaturi pranja 90° C je porabil 1,25 kWh, pri temperaturi 60° C pa 0,83 kWh. Po končanem pranju s centrifugo pri 1400 obratih na minuto je bilo perilo skoraj suho. Stroj ima plastično kad, ki pa je skupaj vijačena tako, da je možno menjati ležaje.

Tehnične specifikacije:

- zmogljivost pranja: 7,5 kilogramov,
- pogon: inverter motor,
- krmilje: elektronika,
- leto izdelave: 2007,
- hitrost ožemanja do: 1400 o/min,
- nazivna moč: 2200 W,
- energijski razred: AAA.



**Slika 29: Pralni stroj Candy GO714h txt (vir: avtor naloge)**



Slika 30: Prikazovalnik stroja Candy GO714h txt (vir: avtor naloge)

### 6.13. Pralno-sušilni stroj Hoover

Pralno-sušilni stroj Hoover WDYNS642D, ki sem ga raziskoval, je bil narejen leta 2010. Kapaciteta pranja je 6 kilogramov, sušenja pa 4 kilograme. Posebnost stroja je ozka izvedba, saj meri v globino samo 44 cm in je primeren za manjša stanovanja z malimi kopalnicami (npr.: stanovanje v bloku). Stroj za krmiljenje uporablja elektroniko. Ima LED-prikazovalnik, na katerem prikazuje število obratov, čas programa, nastavitve umazanosti perila in temperaturo. Upravljanje je enostavno, poteka s pomočjo vrtečega gumba, s katerim nastavljam program, s tipkami pa spreminjamo nastavitve vnaprej nastavljenega programa. Za pogon ima vgrajen kolektorski motor, ki mu hitrost krmili elektronika. Stroj zaradi sušilnega dela sodi v energijski razred B. Ker je stroj pralno-sušilni, lahko z njim operemo perilo in ga po končanem pranju odvezamo do količine štirih kilogramov in nam ga še posuši. Pri temperaturi pranja 90° C je porabil 1,89 kWh, pri temperaturi 60° C pa 1,09 kWh. Stroj doliva vodo v odvisnosti od količine perila. Z dodajanjem večje količine prahu se kvaliteta pranja ni izboljšala, prej poslabšala. Perilo, ki sem ga vzel iz stroja, je bilo po pranju in centrifugi pri 1200 obratih na minuto še dokaj mokro. Na sliki št. 33 vidimo odstranjen zgornji pokrov, kjer se vidijo elektromagnetni ventili. Na desni se nahaja sušilni del z ventilatorjem, temperaturnimi senzorji, utež, kad, posoda za prah in drugo. Drugi stroji, ki sem jih raziskoval, so imeli po dva elektromagnetna ventila, ta pa ima še tretjega, ker sem ugotovil, da stroj med sušenjem dodaja malo vode.



Tehnične specifikacije:

- zmogljivost pranja: 6 kilogramov pranja in 4 kilograme sušenja,
- pogon: kolektorski motor,
- krmilje: elektronika,
- leto izdelave: 2010,
- hitrost ožemanja do: 1200 o/min,
- nazivna moč: 2150 W,
- energijski razred: B.



**Slika 31: Pralno-sušilni stroj Hoover WDYNS 642 D (vir: avtor naloge)**



Slika 32: LED-prikazovalnik stroja WDYNS 642 D (vir: avtor naloge)



Slika 33: Stroj WDYNS 642 D z odprtým zgornjim pokrovom (vir: avtor naloge)

## 6.14. Pralni stroj Beko

Pralni stroj Beko WMB81466ST, ki sem ga raziskoval, je bil narejen leta 2013. Kapaciteta pranja je 8 kilogramov. Stroj ima LCD-prikazovalnik, na katerem se izpisuje izbira programa, obratov, časa in temperature. Stroj se upravlja z *touch* tipkami ali tipkami na dotik in vrtečim gumbom za izbiro programa. Menim pa, da je za starejše ljudi upravljanje zahtevnejše zaradi številnih funkcij. Stroj ima funkcijo pranja s paro, kar je uporabno za razkužitev oblačil, za ljudi z različnimi alergijami (na pralni prah, mehčalec itd.) in za lažje likanje. Za pogon ima vgrajen inverter motor 1400 obrati na minuto, krmili pa ga elektronika. Na sliki št. 35 vidimo LCD-prikazovalnik s tipkami in napis »*add laundry*«, kar pomeni »naloži perilo«. V zgornjem levem kotu je izpis izbrane temperature, pod temperaturo vidimo število obratov, v desnem spodnjem kotu pa je prikazan čas trajanja programa. Stroj za delovanje porabi malo energije, saj je energijski razred A+++ (-30 %). Pri merjenju porabe je stroj porabil okoli 1,10 kWh pri temperaturi 90° C. Pri temperaturi 60° C pa 0,75 kWh. Pri testiranju z različno količino perila se spreminja poraba vode in električne energije. Z dodajanjem večje količine prahu se kakovost pranja ni izboljšala, prej poslabšala. Ko sem perilo vzel iz stroja po pranju in centrifugi pri 1400 obratih na minuto, je bilo skoraj suho. V podatkih sem zasledil, da ta stroj perilo ožame do 53 % vlažnosti.

Tehnične specifikacije:

- zmogljivost pranja: 8 kilogramov,
- pogon: inverter motor,
- krmilje: elektronika,
- leto izdelave: 2013,
- hitrost ožemanja do: 1400 o/min,
- nazivna moč: 2200 W,
- energijski razred A+++ (-30 %).



Slika 34: Pralni stroj Beko WMB81466ST (vir: avtor naloge)



Slika 35: LCD prikazovalnik in izpis izbire programa (vir: avtor naloge)

## 6.15. Pralna sredstva

Pri pranju so pralna sredstva zelo pomembna, saj brez njih ne bi dosegli takšne kvalitete. Na začetku je obstajal samo pralni prah, kasneje so se pojavili še tekoči detergenti in razna druga sredstva za razkužilo ter za različne vrste perila. Detergenti so zelo pomembni pri pranju, saj iz oblačil odstranijo maščobo in nečistočo, ki ju voda ne more tako dobro. Njihova velika prednost je njihova kemijska zgradba, ki je delno polarna in delno nepolarna ter tako omogoča mešanje nepolarnih spojin, kot so maščobe in olje. Glede uporabe tehnični vodja priporoča pranje z pralnim prahom, kajti tekoči detergenti in nizka temperatura lahko povzročijo nastanek plesen in neprijeten vonj v notranjosti stroja. Prav tako priporoča, da se perilo enkrat mesečno opere na 90° C, da se notranjost stroja razkuži. Z univerzalnimi pH-indikatorji sem izmeril pH pralnega praha in tekočega detergenta. Preračunal sem, približno koliko prahu porabi stroj za eno pranje na količino vode. Po podobnem razmerju tudi sam zmešal kombinacijo. Najprej sem izmeril pH vode iz vodovoda. Imela je pH 7. Nato sem v lončke nalil 50 ml vode in v prvega nasul malo pralnega prahu. V drugega sem dal podvojeno količino, v tretjega pa malo tekočega detergenta. Nato sem jim izmeril pH (lončki z spojinami so vidni na sliki št. 36 in so razvrščeni po zgoraj opisanem razporedu, od leve proti desni). V prvem lončku je bil izmerjen pH okoli 10, v drugem okoli 11,5, v tretjem pa okoli 9. Nevtralna vrednost je 7. To vrednost naj bi imela pitna voda. Vse vrednosti, ki sem jih izmeril, pa so presegale to mejo, kar pomeni da so bazične. Iz vrednosti, ki jih ima pralni prah, je razvidno, da je pH presežen tako, da je odpadna voda bazična in, da je njen izliv v okolje škodljiv. Raziskoval sem, kako bi lahko naredil zalogovnik prahu, ki se avtomatsko dodaja, glede na količino perila. Uporabnik bi v zalogovnik nasipal določeno količino prahu in stroj bi ga avtomatsko uporabil in tako preprečil preveliko doziranje praha. A ugotovil sem, da bi bilo to praktično bi bilo to težko izvedljivo, saj se v odvisnosti od vrste perilu izbira pralni prah ali detergent. Tako bi stroj moral imeti več zalogovnikov, kar pa bi zelo podražilo zadevo in otežilo upravljanje stroja.



Slika 36: Lončki s spojinami (vir: avtor naloge)



Slika 37: pH-indikatorji (vir: avtor naloge)

## 7. PRIMERJAVA

V tem poglavju bom primerjal zgoraj raziskane stvari. Primerjavo strojev sem izvedel glede na tehnične lastnosti pogona, krmilja, delovanja, uporabe materialov, ekologije, in ne po znamkah, ker jih ni mogoče primerjati, saj so stroji različno stari ter jih pri izbiri za nakup ni mogoče primerjati.

### 7.1. Primerjava pogona

Pri primerjavi pogona se je kot najboljši motor izkazal inverter motor, saj nima mehanske porabe vrtljivih delov, ki pa je zelo pomembna pri pogosti uporabi stroja. Ima možnost brezstopenjske regulacije, ki pri indukcijskem motorju ni mogoča. Velika prednost je tudi dosti tišje delovanje, kar je pomembno pri pranju pomoči in za ljudi, ki živijo v stanovanju. Pri inverter motorjih pa je zelo drago in zapleteno krmilje, ki je pri kolektorskem manj zapleteno in še lažje pri enofaznem indukcijskem. Kolektorski motor je, razen naštetih pomanjkljivosti, prav tako dober, saj ima možnost regulacije. Glede na moja predvidevanja lahko za uporabnika, ki pere štirikrat tedensko, brez težav deluje približno pet do šest let. To je torej optimalna izbira za uporabnike, ki ne perejo dosti, jih ne moti večji hrup in ki želijo cenejšo različico stroja. Po pogovoru s serviserjem sem izvedel, da menjava ščetk ni tako velik strošek glede na trenutne razlike v ceni med strojem s kolektorskim motorjem in inverter motorjem. Ta razlika pa bo seveda sčasoma postajala vse manjša. Enofazni indukcijski motor pa se v novih strojih ne uporablja že kar nekaj časa saj ni mogoča regulacija. Stroji z elektroniko namreč regulirajo moč motorja po potrebi. Glede mehanike pa je najboljši direct drive sistem, ker ne vsebuje mehanskih prenosov (ni jermenice in jermena).

## **7.2. Primerjava krmilja**

Elektronika ima dosti več funkcij kot programator in večjo možnost pri konfiguriranju programa. Stroj je pri programatorju moral imeti za vsako izbiro temperature svoj termostat, pri elektroniki pa mikrokontroler. S pomočjo vgrajenega analogno-digitalnega pretvornika pretvori različne napetosti na vhodu v digitalni podatek, ki ga zazna mikrokontroler kot natančno vrednost. V prvem stroju, ki sem ga preučeval, sta dva termostata za temperaturi 90° C in 60° C, kjer ni možno spreminjati vrednosti. Kasneje so se pričeli uporabljati kapilarni termostati, pri katerih se je lahko nastavila samo ena temperatura. Odkar obstajajo stroji z elektroniko, pa imajo en temperaturni senzor ali NTC-upor, ki lahko meri več temperatur (npr. 30° C, 40° C, 60° C, 90° C). Regulacija obratov prav tako ni bila možna pri programatorju. Ta je pri elektroniki možna s pulzno širinsko modulacijo. Inverter motorja seveda ne bi bilo mogoče uporabljati brez elektronske regulacije.

## **7.3. Primerjava pralnih strojev**

Pri primerjavi pogonov sem ugotovil, da sta stroja z inverter motorjem dosti tišja pri pranju. Prav tako porabita manj energije. Pri primerjavi krmilij sem ugotovil, da je programator najenostavnejši za uporabo. Še zlasti upravljanje zadnjega preučenega stroju je zaradi številnih funkcij za starejše ljudi zelo zahtevno. Pri strojih je jasno razvidno, kako se je skozi čas zmanjševala poraba električne energije in vode.

## **7.4. Ekološka naravnost**

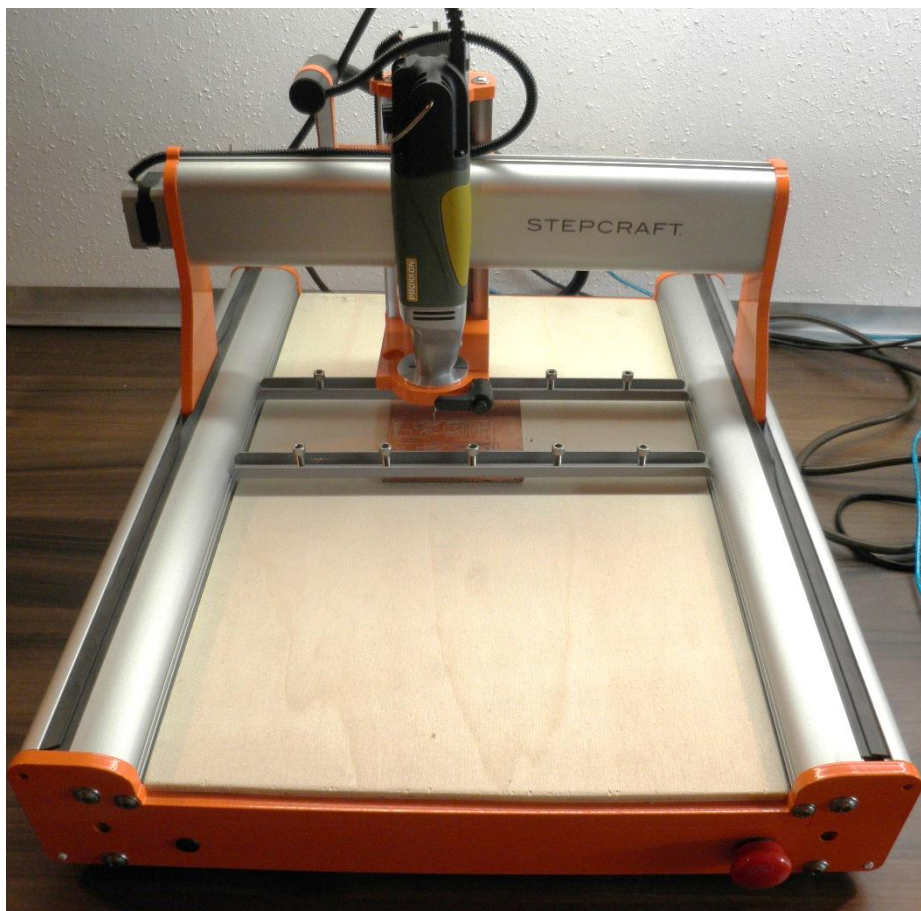
Poraba vode se je močno zmanjšala, odkar uporabljamo stroje z elektroniko. Ti stroji namreč sami dolivajo vodo po potrebi, kar pri prvem in drugem stroju ni mogoče, saj nalije vedno enako količino vode. Zaradi manjše količine vode se zmanjša poraba električne energije za gretje vode in pri delovanju črpalke za izmet. Elektromotorji so vedno bolj napredni, v primerjavi z indukcijskim motorjem, ki ima med pranjem moč 300 W. V centrifugi 900 W imajo stroji s kolektorskim motorjem nazivno moč okoli 430 W (odvisno od pralne kapacitete in obratov), ki pa je dosežena samo pri centrifugi. Pri primerjavi vpliva pralnih prahov sem ugotovil, da se pri večanju koncentracije viša pH in napravi večjo škodo pri izlivu v okolje. Pri novih strojih lahko celo poslabša pranje, ker stroji perejo z manj vode in praha ni mogoče izprati iz oblačil.

## 8. IZDELAVA MODELA

Izdelal sem dva modela. Na prvem želim prikazati delovanje enofaznega indukcijskega motorja, inverter motorja. Prav tako želim prikazati izgled bobna in prerez kotla. Na drugem pa želim prikazati pranje z mojim programom in krmiljem, ki bi bilo čim prijaznejše uporabniku in naravi.

### 8.1. Izdelava tiskanih vezij

V obeh modelih imam tiskano vezje, ki krmili stroj. Vezja sem najprej konstruiral s pomočjo Autoruterja, programskega okolja Eagle, ki izvede avtomatsko povezovanje komponent elektronskega vezja. S funkcijo CAM processor, ki naredi iz datoteke BOARD (datoteke vezja) datoteko Gerber, ki jo nato vstavim v program od rezkarja. Vezja sem rezkal s svojim rezkalnikom. Rezkar zreza vse povezave in izvrtla luknjice tako, da je nato potrebno samo vstaviti elemente in jih prispajkati.

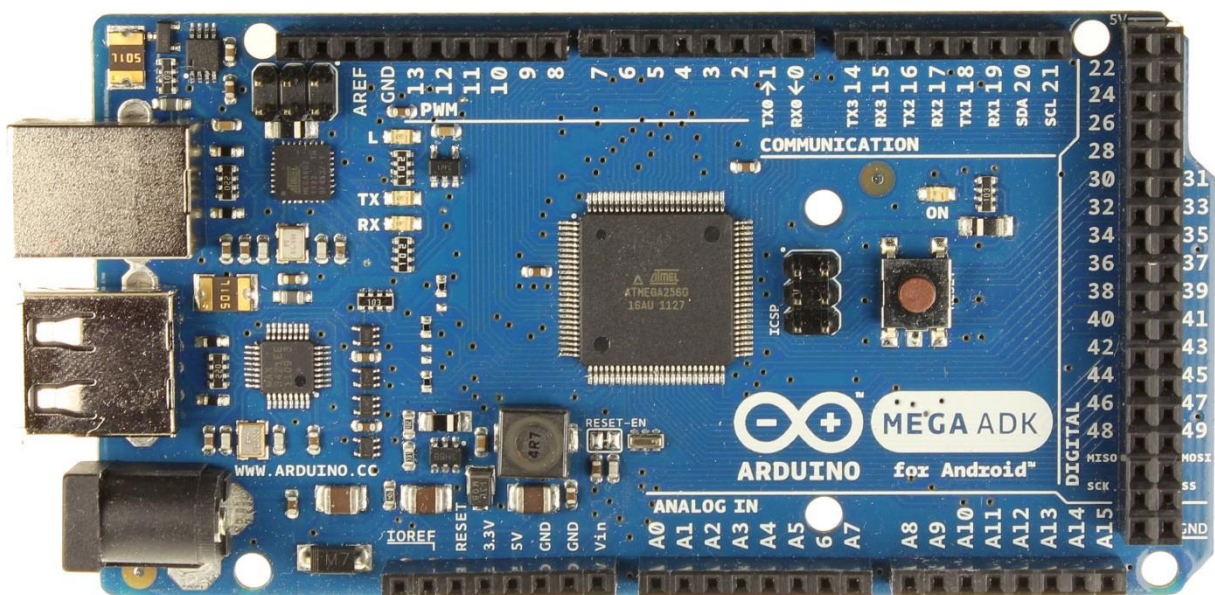


Slika 38: Rezkalnik s katerim sem izdelal vezja (vir: avtor naloge)

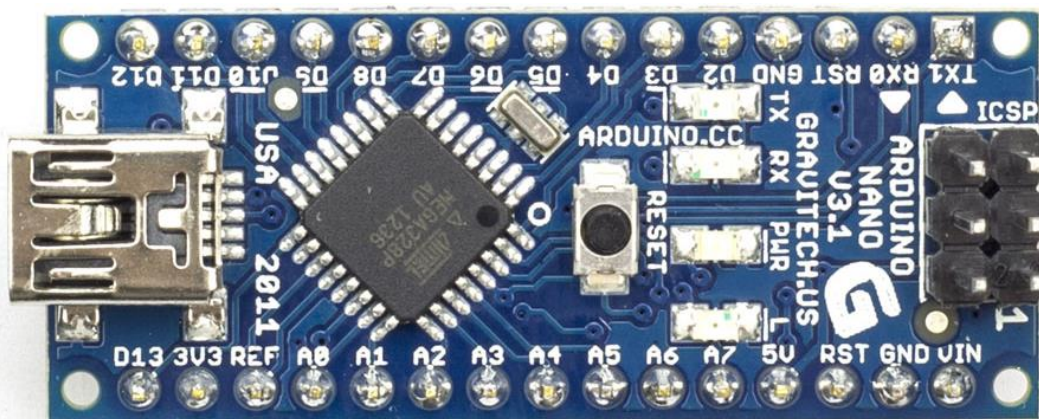


## 8.2. Arduino

Arduino je odprtokodni projekt s strojno in programsko opremo. Mikrokontrolerji Arduino so sestavljeni iz glavnega čipa, ki je Atmelov mikrokrmilnik. Arduino za razliko od mikrokontrolerja PIC vsebuje vso strojno opremo na ploščici (16 MHz quartz, napetostne stabilizatorje, vmesnik za programiranje itd.) in ima že v glavnem nastavljene vhodne in izhodne enote (analogni vhodi, digitalni vhodi in izhodi). Ima pa zelo veliko funkcij, podpira in zmore veliko stvari, na primer povezovanje z internetom, bluetooth-om, telefonijo itd. Jezik programiranja je C++ z dodanimi ukazi za definiranje pinov. V nalogi sem uporabil dva Arduina Mega in dva Arduina Nano, ki sta vidna na spodnjih slikah.



Slika 39: Arduino Mega (vir: Arduino.cc)



Slika 40: Arduino Nano (vir: Arduino.cc)

### 8.3. Model za prikaz delovanja motorja in bobna

Model, na katerem bom prikazal notranjost kadi oziroma boben in prerez kadi, sem izdelal iz poškodovanega kotla, ki sem ga dobil od podjetja Candy-Hoover. Kad sem odrezal s kotnim brusilnikom tako, da se vidi boben in da sem ga lahko pritrnil na konstrukcijo, ki sem jo napravil. Na kad sem namestil inverter motor, ki ga krmilim s svojo elektroniko. Na konstrukcijo, ob kad, pa sem namestil še indukcijski motor. Sprednji, zgornji in zadnji del sem zavaroval z akrilnim ali pleksi steklom. Ker oba motorja delujeta z omrežno napetostjo in imata vrtljive dele, sem celoten model ozemljil in za glavno stikalo uporabil ključavniško stikalo, da model ni mogoče pomotoma vklopiti. V spodnjem delu kadi sem namestil 12 V LED-sijalko.



Slika 41: Konstrukcija modela po barvanju (vir: avtor naloge)



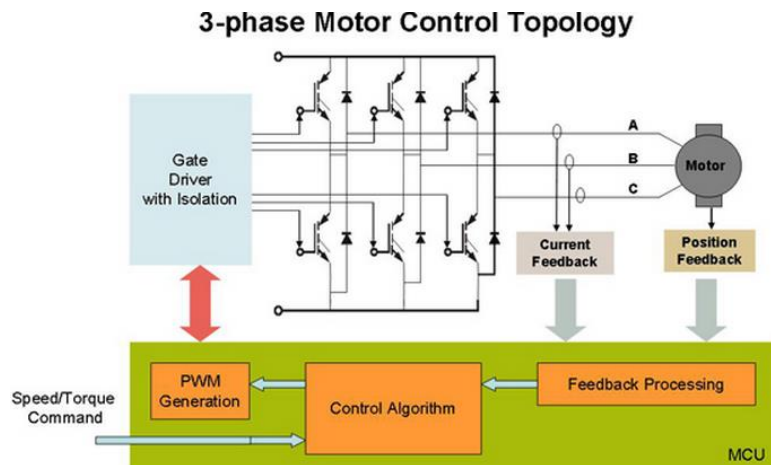
**Slika 42: Model za prikaz delovanja motorja in bobna (vir: avtor naloge)**



**Slika 43: Upravljalna plošča modela (vir: avtor naloge)**

### 3.8.1. Izdelava krmilja za inverter motor

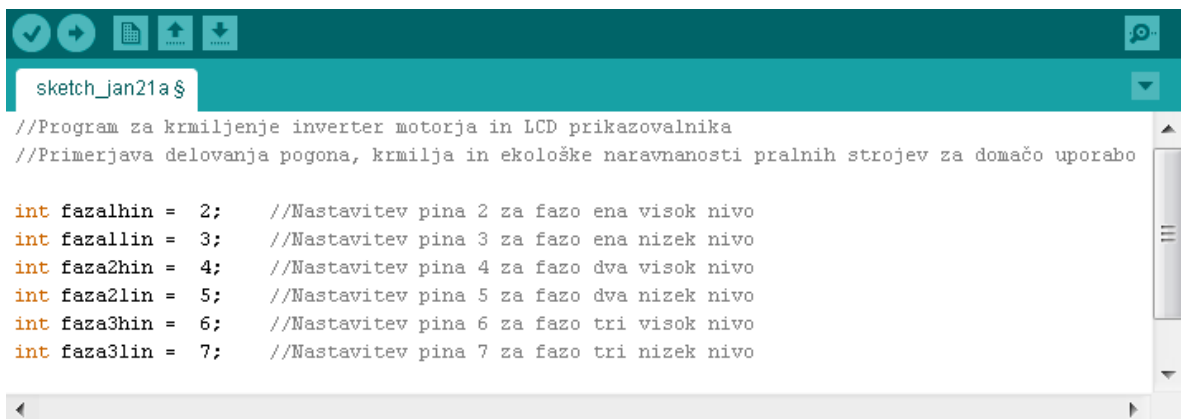
Ker inverter motor za delovanje potrebuje trifazno napetost, sem moral izdelati vezje, ki ga krmili iz napajanja ene faze. Motor ima nazivne podatke: napetost 195 V, tok 3,5 A in frekvenco 300 Hz. Motor ima kot vsi inverter motorji magnetno jedro in tri navitja vezana v vezavo trikot. Krmilje sem izdelal z pomočjo šestih IGBT tranzistorjev STGF10NC60KD, ki so narejeni za krmiljenje motorjev. Uporabil sem tudi driverje za tranzistorje, saj mora biti signal »hin« negiran, ker tranzistorji za pozitivno regulacijo delujejo kot MOSFET tranzistorji tipa P. Arduina Mego sem uporabil kot glavni krmilnik, ki krmili upravljanje in motor. Arduino Nano pa sem uporabil za nadzor delovanja in varovanje motorja v primeru napake ali odpovedi tranzistorja. Ker inverter motor za napajanje potrebuje enosmerno napetost sem omrežno napetost polnovalno usmeril in jo z kondenzatorjem zgladil. Usmerjena in glajena napetost je za koren iz dva večja od fazne tako, da je vrednost napetosti okoli 320 V in v primeru odpovedi tranzistorjev ali preboju tranzistorjev bi lahko to poškodovalo motor. Zato z Arduino-m Nano in delilnikom napetosti merim napetost na vsaki fazi, da ne preseže 210 V in skupen tok na pozitivni liniji. Uporabil sem LCD-prikazovalnik, ki ga uporablja pralni stroj za prikaz nastavitve programa in enake izpise besedila in števil. Na spodnji shemi je enostavno prikazano enostavno krmiljenje 3-faznega inverter motorja. Na sliki št. 44 se vidi 6 krmilnih tranzistorjev in povezavo motorja in krmilnika.



Slika 44: Shema 3-faznega krmilja (vir: ecnmag)

### 3.8.2. Program za krmiljenje inverter motorja

Inverter motor za delovanje potrebuje trifazno napetost, ki jo proizvedem s programom, ki vklaplja in izklaplja tranzistorje tako, da proizvede 3 faze premaknjene za 120 kotnih stopinj (prikazane na grafu št. 13). Prikazovalnik bo prikazoval čas trajanja in število izbranih vrtljajev. Hitrost motorja bom krmilil s spremembo frekvence. Na spodnji sliki je prikazan del programa za inverter motor in njegovo upravljanje. Na sliki so vidni definirani izhodi za vsako fazo. Z »hin« sem definiral visok ali pozitiven del faze, z »lin« pa nizek ali negativen del faze. Program sem napisal v programskem okolju za programiranje Arduino. Program Nana pa sem sprogramiral, da bi v primeru kakšne okvare izklopil napajanje močnostnega dela za motor.



```
sketch_jan21a §
//Program za krmiljenje inverter motorja in LCD prikazovalnika
//Primerjava delovanja pogona, krmilja in ekološke naravnosti pralnih strojev za domačo uporabo

int fazalhin = 2; //Nastavitev pina 2 za fazo ena visok nivo
int fazallin = 3; //Nastavitev pina 3 za fazo ena nizek nivo
int faza2hin = 4; //Nastavitev pina 4 za fazo dva visok nivo
int faza2lin = 5; //Nastavitev pina 5 za fazo dva nizek nivo
int faza3hin = 6; //Nastavitev pina 6 za fazo tri visok nivo
int faza3lin = 7; //Nastavitev pina 7 za fazo tri nizek nivo
```

Slika 45: Del programa za inverter motor (vir: avtor naloge)

#### 2.3.8.1. Vezava indukcijskega motorja

Indukcijski motor za zagon potrebuje kondenzator. Na modelu bom prikazal delovanje motorja med pranjem in pri centrifugi. Eno navitje sem preko stikala vezal direktno, drugo pa preko kondenzatorja. Stari pralni stroji so imeli za zagon dva kondenzatorja, enega za pranje in enega za centrifugo. Jaz pa sem za oboje uporabil samo en kondenzator in priredil vezavo.

#### 8.4. Model za prikazovanje pranja

Za model sem uporabil odslužen pralni stroj, ki sem ga razstavil in priredil. Pralni stroj ima dve uteži, ki sem odstranil za lažji transport. V stranici stroja sem s kotnim brusilnikom izrezal luknji, v kateri sem vstavil akrilno steklo. Akrilno steklo sem vstavil tudi namesto zgornjega in zadnjega pokrova. Ob straneh in od zadaj sem prilepil samolepilni 12 V LED-trak moči 7,2 W/m, ki bo osvetljeval notranjost stroja. Kad sem pritrdil na ohišje, saj bi lahko zaradi izvzetja uteži med transportom kad padla iz vzmeti. Za pogon sem uporabil obstoječi kolektorski motor. Stroj sem dal na kolesa za lažje premikanje.



Slika 46: Stroj pred predelavo (vir: avtor naloge)



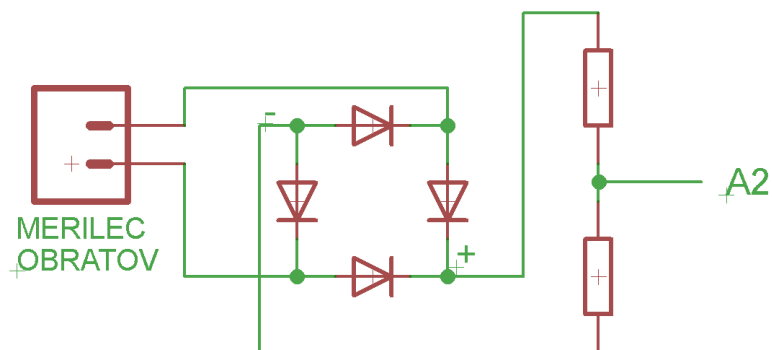
Slika 47: Model stroja z izvzetim notranjim delom in narisanimi črtami za izrez (vir: avtor naloge)



Slika 48: Model stroja med sestavljanjem (vir: avtor naloge)

#### 4.8.1. Krmilje

Za krmiljenje sem uporabil dva Arduina Mega in 3,2 inčni LCD-prikazovalnik na dotik. Prikazovalnik se bo uporabljal za nastavitve programa pranja. Za krmiljenje motorja, grelca in črpalke sem naredil svoje vezje ter odstranil originalno elektroniko. Krmilje kolektorskega motorja sem naredil s pomočjo detektorja ničle ki, da mikrokontrolerju podatek, kadar je začetek nove periode, da se PWM signal iz Arduina ujame z sinusnim signalom. Z optocouplerjem MOC3061 sem ločil krmilni del od omrežne napetosti. Za močnostni del sem uporabil triac BTA16 in vezavo relejev za spremembo smeri vrtenja motorja. Ker merilec obratov v odvisnosti od obratov daje izhodni signal z različno veliko izmenično napetostjo, sem ga polnovalno usmeril z Greatz-ovim mostičem in naredil delilnik napetosti tako, da sem na analognem vhodu mikrokontrolerja dobil analogni signal vrednosti od 0 do 5 voltov. Za vklop grelca in črpalke sem uporabil rele. Za krmiljenje LCD-prikazovalnika je potrebnih 40 pinov, zato je priključen na Arduino Mego. Arduino Mega krmili tudi kolektorski motor, grelec, črpalke, elektromagnetne ventile in meri temperaturo vode. Ker mi je zmanjkalo priključkov na Arduino Megi, sem uporabil še Arduina Nano, ki preverja ali je dovolj vode in ali so zaprta vrata ter v primeru napake izklopi napajanje preko zaščitnega releja. Pri dovodu sem vezal 10 ampersko avtomatsko varovalko tipa C, ki je primerna za motorje in varuje motor in krmilje.

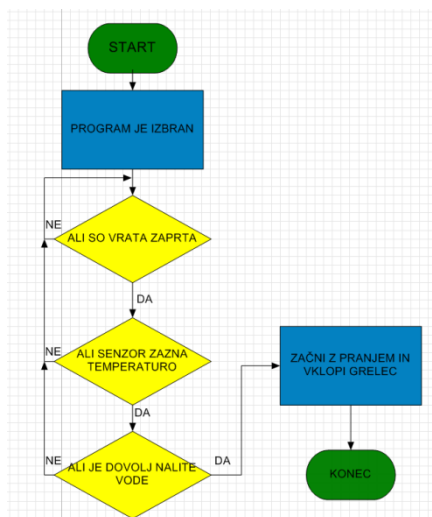


Slika 49: Delilnik napetosti za merjenje števila vrtljajev motorja (vir: avtor naloge)

#### 4.8.2. Program

Za prikaz delovanja sem sestavil več krajših programov, v katerih bodo prikazani vsi elementi, ki so potrebni za pranje, s to razliko, da bodo skrajšani. Pranje se začne samo, pod pogojem, da so vrata zaprta. Grelec se vključi samo takrat, kadar je hidrostat zaznal zadostno količino vode, analogna vrednost senzorja temperature na analognem vhodu pa ni enaka nič. Če ne bi bilo dovolj vode ali pa če senzor temperature ne bi deloval, bi grelec lahko pregorel ali povzročil mehansko škodo. Na sliki št. 50 je prikazan diagram poteka programa pri preverjanju delovanja in varnosti. Prvi program bo za pranje, pri katerem bo stroj deloval skozi celoten program. Začel bo z nalivanjem vode, pranjem, centrifugo in izmetom vode. Drugi program bo prikaz delovanja, dolg približno dve minuti in bo prikazal vse elemente pranja v skrajšanem času. Tretji program bo centrifuga z možnostjo nastavitve obratov, četrti pa izmet vode. Ob vklopu stroja se bodo na LCD-prikazovalniku izpisale možnosti pranja (prikaz na sliki št. 51). Možno bo spremeniti temperaturo in obrate motorja na LCD-prikazovalniku. Po izbiri temperature in števila vrtljajev se bo na prikazovalniku izpisala izbira. S pritiskom na »Začni pranje«, bo stroj začel delovati. Med delovanjem bo stroj prikazoval potek pranja.





Slika 50: Diagram poteka za varnost (vir: avtor naloge)



Slika 51: Izbira pranja (vir: avtor naloge)

## 9. ZAKLJUČEK

Z uspešnim zaključkom naloge sem zadovoljen. Zelo me je zanimalo, kako natančno delujejo pralni stroji. Pri raziskovanju sem ugotavljal delovanje različnih motorjev, krmilja in strojev. Zelo pomembno je, da se poraba električne energije in vode zmanjšuje, saj je na svetu vedno več pralnih strojev. Za nalogo sem porabil veliko časa. Veliko dela sem vložil v praktično raziskovanje strojev, izdelavo vezja za kontrolo inverter motorja, programiranje prikazovalnika na dotik in izdelavo obeh modelov. Modele sem opremil s stikalom na ključ, da ni možen vklop tretje osebe, nalepil nalepke za vrteče dele in vse kovinske dele ozemljil. Pogovoril sem se z vodjo servisa, obiskal servis pralnih strojev, kjer sem izvedel veliko stvari.

Dopolnil sem znanje iz programiranja mikrokontrolerja Arduino in prikazovalnika za dotik. Naučil sem se, kako delujejo različni tipi motorjev in kako jih je mogoče krmiliti ter spreminjati vrtljaje. Zelo veliko časa in dela sem vložil v krmiljenje inverter motorja, ki je zelo zahtevno za praktično izvedbo. Pri izdelavi sem uporabil tudi računalniško voden rezkar, s katerim sem izdelal tiskana vezja in zrezkal določene mehanske dele.

## **10.DRUŽBENA ODGOVORNOST**

V raziskovalni nalogi je predstavljenih več problemov, kot so zmanjšanje porabe električne energije, porabe vode in onesnaževanja okolja z odpadno vodo iz stroja. Ta namreč vsebuje pralni prah, ki je po pH-lestvici bazičen in škoduje okolju. K temu lahko pripomore že sam uporabnik pri pranju, če dozira pravilno količino pralnega prahu in pere, kadar je stroj poln. Zelo pomembna je tudi nastavitev programa. Pri novih strojih se uporabljajo kadi, ki so skupaj stisnjene tako, da ni mogoče zamenjati ležajev. Zaradi tega je potrebno zavreči celo kad z bobnom in jo zamenjati z novo. Model sem zavaroval s ključavniškimi stikali in vse kovinske dele ozemljil, da ne bi prišlo do poškodb pri demonstraciji. Za izdelavo vezij sem uporabil rezkar in ne postopek jedkanja, ki onesnažuje okolje z okolju nevarnimi snovmi (solna kislina).

## 11. VIRI IN LITERATURA

- 1.) Dostopno na URL: [http://www.stat.si/novica\\_prikazi.aspx?id=5724](http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?id=5724) (9.1.2015)
- 2.) Dostopno na URL: <http://www.candy.si/izdelki/online-katalog/kategorija-1.pralni-stroji.pccms> (9.1.2015)
- 3.) Dostopno na URL: <http://www.farnell.com/datasheets/91011.pdf> (10.1.2015)
- 4.) Dostopno na URL: <http://www.farnell.com/datasheets/1699992.pdf> (10.1.2015)
- 5.) Dostopno na URL: <http://prihranki.uresnicujmo.si/> (11.1.2015)
- 6.) Dostopno na URL: <http://www.beko-si.com/#> (12.1.2015)
- 7.) Dostopno na URL: <http://www.arduino.cc/> (12.1.2015)
- 8.) Dostopno na URL: <http://www.hoover.si/> (15.1.2015)
- 9.) Dostopno na URL: <http://www.ecnmag.com/articles/2010/04/embedded-electronics-make-white-goods-more-reliable-and-efficient>