

Študijsko gradivo

Tehnične meritve

Vaje

Avtor:
Marko Hočevar

Ljubljana, januar 2010

1. Uvod, mehanske : električne meritve

Ločimo meritve na mehanskem (v ozkem pomenu besede, hidravličnem, pnevmatskem) ali električnem (elektronskem) principu.

Prednosti mehanskih meritev so preprostost, nizka cena in zanesljivost. Slabosti mehanskih meritev so omejene možnosti regulacije in povezljivosti v sistem, omejenost uporabe na en prostorn napravo itd.

Električne meritve temeljijo na spremembi električnih lastnosti senzorjev. Prednost je dobra povezljivost, velika možnost regulacije, enostavna uporaba v več prostorih, zgradbah, strojih, možnost zapisave zgodovine, kumulative. Slabost električnih meritev sta vzdržljivost v težkih pogojih dela in višja cena.



Slika : Merilnik fosfatov v vodi (levo, merjenje), upravljalne komande v traktorju (sredina levo, vodenje), regulacija temperature v skladišču krompirja (v sredini desno in desno, regulacija).



Slika: Elektronska regulacija v kmetijstvu, levo: škropilnica, v sredini : komandna plošča škropilnice, desno : tehtalna naprava v silosu.

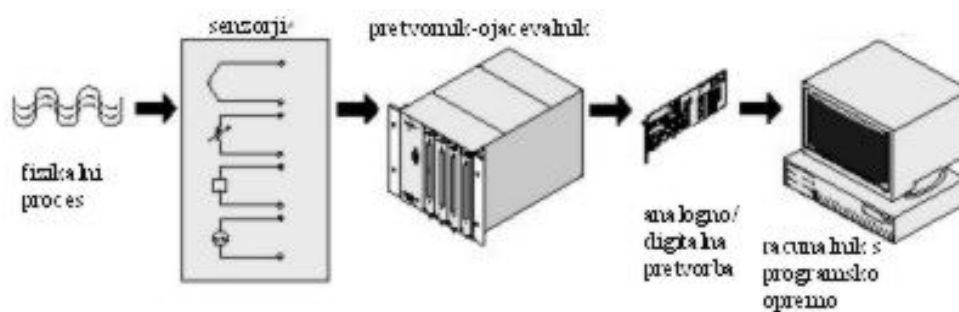


Slika: Elektronska regulacija v kmetijskopredelovalni industriji. Levo: linija za pakiranje krompirja, v sredini pasterizator, desno sirarski kotel.

1.3. Zgradba elektronskega navideznega merilnega sistema

V nadaljevanju se bomo omejili na elektronske merilne sisteme. Današnji sodoben merilni sistem je zasnovan kot je prikazano na sliki 1. Sestavljajo ga

- merjenec
- senzorji
- pretvorniki (ojačevalniki in filtri)
- analogno-digitalni (AD) pretvornik
- računalnik s programsko opremo



Slika: Shema sistema za meritve in avtomatizacijo proizvodnih procesov

Prednosti sodobnega merilnega sistema so predvsem velika prilagodljivost, manjši stroški, povezljivost in možnost regulacije.

1.4. Zgradba klasičnega merilnega sistema

Klasični merilni sistem sestavljata običajno senzor in pretvornik (ojačevalnik)



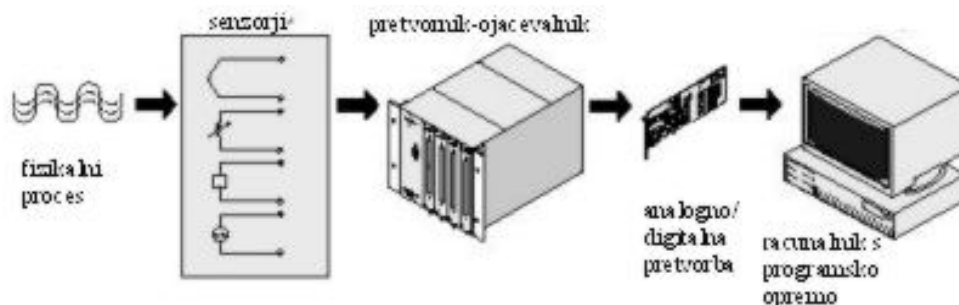
Slika : Klasični merilni sistem za merjenje vibracij

2. Merilna veriga

Merilna veriga elektronskega navideznega merilnega sistema je sestavljena naslednjih glavnih sestavnih delov

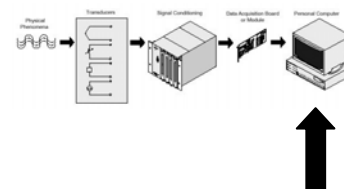
- senzorjev (temperatura, tlak, vibracije, vrtljaji,...)
- sistema za pretvorbo signalov (ojačevalniki, filtri, optična ločitev, ...)
- analogni digitalni pretvornik (merilna kartica, digitalni multimeter DMM ...)
- programske opreme za zajem podatkov

Pogosto so elementi merilne verige izdelani tako, da vsebujejo posamezni elementi več zgoraj naštetih sestavnih delov.



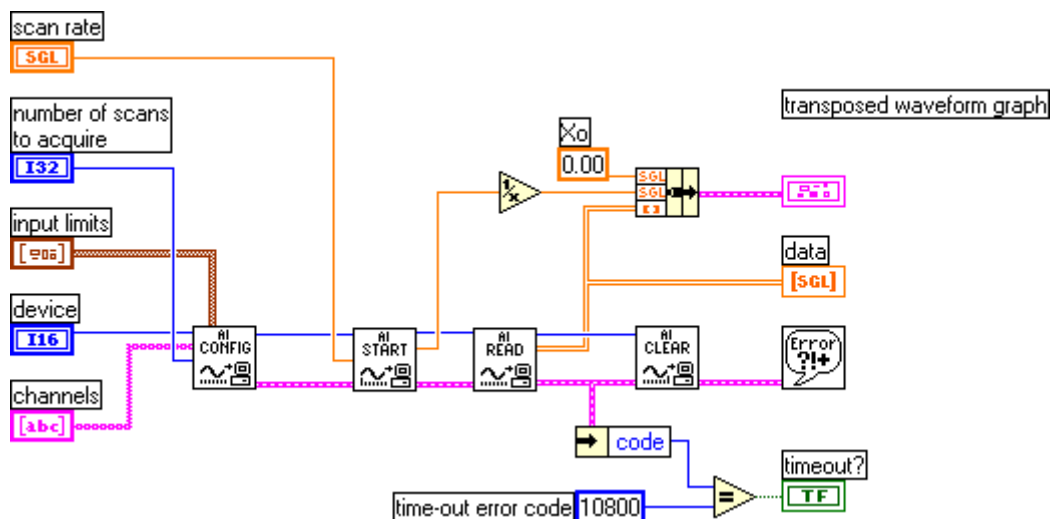
Slika : sestavni deli merilnega sistema

2.1. Programska oprema za zajem podatkov

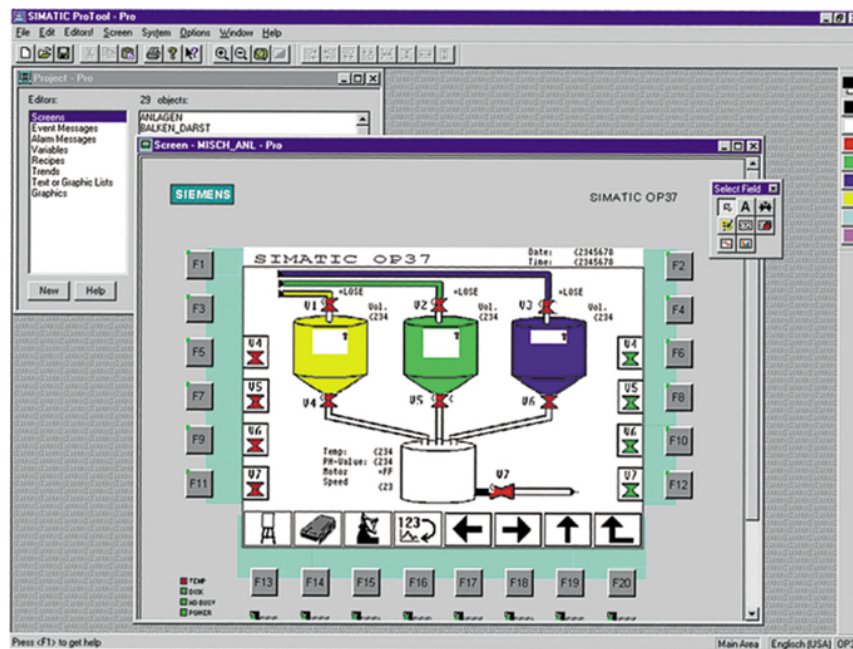


Programsko premo lahko delimo glede na to, kako jo programiramo

- grafično (visual designer, HP-VEE, Labview,...)
- klasično (Visual basic, Pascal, C, kontrolerji Siemens in Mitsubishi ...)



Slika : primer grafičnega programiranja v programskem paketu Labview



Slika : primer programiranja Siemensovih krmilnikov s programom Protool

Najpomembnejša razlika med različnimi programi je programska podpora za merilne inštrumente. Skoraj vse merilne inštrumente je mogoče programirati s programskim jezikom na najnižjem nivoju, vendar je to skrajno nepraktično. Do razlike med grafičnimi okolji prihaja pri zapletenejših aplikacijah.

2.2. Analogno digitalni (AD) pretvorniki

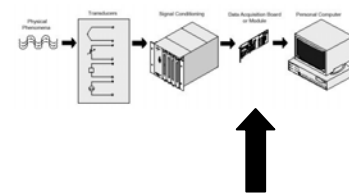
Osnovni del sistema za merjenje je analogno digitalni pretvornik. Merilni sistemi, ki vsebujejo analogno digitalni pretvornik so merilne kartice, digitalni multimetri (DMM), kontrolerji, mikrokontrolerji itd.

Osnovne značilnosti analogno digitalnih pretvornikov, ki so vgrajeni v merilne kartice, digitalne multimetre itd. so:

- analogni vhodi
- digitalni vhodi
- analogni izhodi
- digitalni izhodi
- frekvenca vzorčenja
- način vzorčenja
- ločljivost
- vhodno območje
- merilna negotovost
- timerji
- proženje
- programska podpora (opisano v prejšnjem poglavju)....

Analogno digitalni pretvorniki služijo meritvam v različnih okoljih, zato sta njihova oblika in namenbnost zelo različni. Običajno je analogno digitalni pretvornik pretvornik v enem integriranem vezju, dodani pa so drugi elementi za komunikacijo z uporabnikom, timerji, sistem za proženje, napajanje itd.

Analogno digitalni pretvorniki so včasih združeni v istem ohišju (tiskanem vezju itd.) tudi z elementi sistema za pretvorbo signalov kot je npr. ojačevalnik.



Slika : različni inštrumenti, v katere so vgrajeni analogno digitalni pretvorniki, z leve analizator električne porabe, merilnik pretoka, kontroler Siemens Logo, krmilni del mikrovalovne pečice.

a) analogni vhodi/izhodi, digitalni vhodi/izhodi

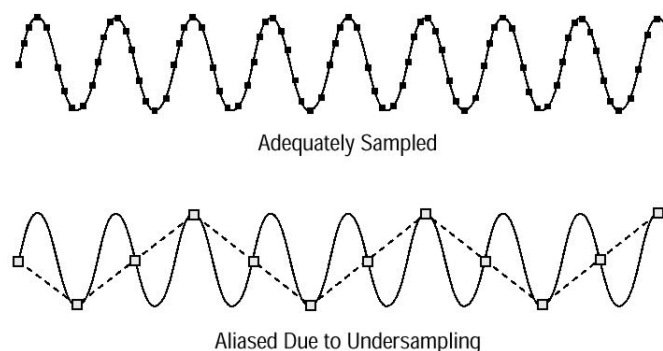
Z analognimi vhodi merimo napetost. Z analognimi vhodi merimo, to je zapisujemo signale iz senzorjev. Z analognim vhodom merimo spremenljivke, ki se zvezno spreminjajo. Pri meritvi pretoka npr. 0 V predstavlja pretok 0 m³/s, 1 V 1 m³/s, ... 10 V pa 10 m³/s.

Analogni izhodi se uporabljajo za zvezno krmiljenje naprav. Analogni izhod ni sposoben generirati velikega toka, zato je potrebno pri priključitvi uporabiti vmesnik (npr. frekvenčni regulator).

Digitalni izhodi se uporabljajo za on/off krmiljenje naprav (npr. vklop ali izklop črpalke, električnega grelnika, začetek ali konec sušenja, doziranje krme), za sinhronizacijo dveh merilnih kartic, za krmiljenje filtrov. Če so digitalni signali tipa TTL, to pomeni, da so sposobni pri 5V napetosti dajati tok nekaj mA. Podobno kot za analogne izhode velja, da niso sposobni generirati velikega toka, zato uporabljamo releje ali tranzistorske ojačevalnike.

b) frekvenca vzorčenja

Frekvenca vzorčenja je hitrost, s katero pretvarjamo analogne vrednosti napetosti v digitalno obliko. Po Nyquistovem izreku lahko dovolj dobro opišemo pojav, če sta v periodi vsaj 2 izmerka. Primer : če zajemamo signale vibracij stroja, ki se vrti s 3000/min, moramo zajemati 6000/min, to je vsaj s frekvenco 100 Hz (po ena meritev stokrat na sekundo).



Slika: zgoraj - pravilno število merilnih točk za opis merilnega signala, spodaj - prenizko število izmerjenih točk zaradi premajhne frekvence vzorčenja, izmerjene vrednosti kažejo, kot da se navidezno spremenljivka spreminja počasneje.

Tipične hitrosti vzorčenja so za merilne kartice 20-200 kHz, za DMM in kontrolerje pa 1-100 Hz.

Za meritve t.i. statičnih spremenljivk kot je npr. temperatura mleka v pasteurizatorju, je povsem dovolj, če izmerimo eno vrednost temperature na 10 sekund. Pri meritvah vibracij je potrebno mnogo več izmerkov, npr. 10000 Hz.

c) način vzorčenja

Način vzorčenja je lahko hkraten ali zaporeden. Če beremo signale iz različnih vhodov, uporabljamo multiplekser, to je napravo, ki povezuje drugega za drugim različne merilne kanale na A/D pretvornik – zaradi česar nastane časovni zamik med kanali. Ta sistem se uporablja za merjenja, kjer časovni zamik ni pomemben. Če zamik je pomemben, moramo imeti napravo, ki zajema hkratno ali simultano (toliko A/D pretvornikov kot je kanalov).

Signali kot sta temperatura, tlak ... niso občutljivi na ta zamik, ker se počasi spreminjajo.

Pri DMM je A/D pretvornik eden, signale pa iz različnih kanalov pripeljemo nanj z multiplekserjem z releji (pri natančnih izvedbah je preklapljanje mehansko).

Pri merilnih karticah je A/D pretvornik prav tako običajno en sam, signal pa pripeljemo nanj preko elektronskega multiplekserja (mnogo večja hitrost, ker preklapljanje poteka elektronsko in ne mehansko).

d) ločljivost analognih vhodov

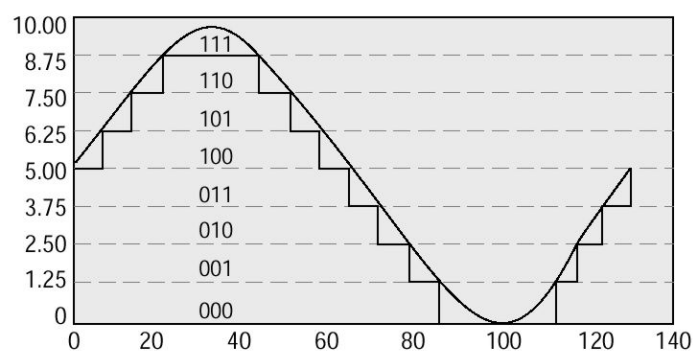
Ločljivost je razmerje maksimalne vrednosti deljeno z najmanjšo možno izmerjeno vrednostjo na izbranem merilnem območju.

Ločljivost je 12, 16 ali več (DMM 20, 22) bitna. Ločljivost je število nivojev, ki jih lahko zasede merjena napetost. Pri 12 bitni ločljivosti imamo na voljo $2^{12} = 4096$ nivojev, razlika med sosednjima nivojema pa je v primeru, da je obseg 0 do 10 V enaka

$$\frac{10V}{2^{12}} = 2.4mV$$

Večje kot je število nivojev, ki jih lahko zasede merjena napetost, natančnejše lahko izmerimo merjeno spremenljivko. V praksi je pri strojniških meritvah in meritvah v kmetijski tehniki 12 bitna ločljivost v večini primerov dovolj.

Pri veliki hitrosti vzorčenja se ločljivost analognih digitalnih pretvornikov poslabša.



Slika : digitalizacija sinusnega signala s 3 bitno ločljivostjo, ki pretvarja vhodni signal v 8 nivojev.

e) vhodno območje ali obseg

Vhodno območje je razlika med maksimalno in minimalno napetostjo, ki jo lahko sprejme analogno digitalni pretvornik. Obseg je običajno –10 do 10 V, 0 do 10 V ali 0 do 5 V. Merilno kartico, ki ni zaščitena, uniči napetost okrog 35 V. Boljši analogno digitalni pretvorniki imajo možnost programskega spreminjanja merilnega obsega (npr. 12 bitov ločljivosti v obsegu 1-2V). V ta namen služi ojačevalnik, ki je vgrajen na merilno kartico ali digitalni multimeter. Obseg DMM je običajno večji in znaša 300 V (DC, AC, RMS).

f) merilna negotovost

O merilni negotovosti govorimo predvsem pri analogno digitalni pretvorbi z analognimi vhodi. Pri digitalnih vseh sta merilna nivoja samo dva, zato enak sistem določanja negotovost za digitalne vhode ni mogoč. Različni proizvajalci izražajo natančnost analogno digitalnih pretvornikov, ki so vgrajeni v inštrumente, na različne načine. V nadaljevanju sta predstavljena primera proizvajalcev Hewlett Packard (Agilent) in National Instruments

Hewlett Packard (Agilent)

$$\text{absolutna negotovost} = (\text{napaka \% odcitka} + \text{napaka \% območja}) \cdot \text{odcitek}$$

National instruments:

$$\text{absolutna negotovost} = (\text{odcitek} \cdot \text{napaka \% odcitka}) + (\text{premik nicle} + \text{sum} + \text{kvantizacija} + \text{drift})$$

Manjša kot je merilna negotovost, boljši je analogno digitalni pretvornik. Večinoma je merilna negotovost večja kot je ločljivost.

V primeru analognih izhodov merilno negotovost določimo podobno.

■ AC Accuracy Specifications

± (% of reading + % of range) ^[1]

Includes measurement error, switching error, and transducer conversion error

Function	Range ^[3]	Frequency	24 Hour ^[2] 23 °C ± 1 °C	90 Day 23 °C ± 5 °C	1 Year 23 °C ± 5 °C	Temperature Coefficient /°C 0 °C – 18 °C 28 °C – 55 °C	
True RMS AC Voltage ^[4]	100.0000 mV to 100 V	3 Hz – 5 Hz	1.00 + 0.03	1.00 + 0.04	1.00 + 0.04	0.100 + 0.004	
		5 Hz – 10 Hz	0.35 + 0.03	0.35 + 0.04	0.35 + 0.04	0.035 + 0.004	
		10 Hz – 20 kHz	0.04 + 0.03	0.05 + 0.04	0.06 + 0.04	0.005 + 0.004	
		20 kHz – 50 kHz	0.10 + 0.05	0.11 + 0.05	0.12 + 0.05	0.011 + 0.005	
		50 kHz – 100 kHz	0.55 + 0.08	0.60 + 0.08	0.60 + 0.08	0.060 + 0.008	
		100 kHz – 300 kHz ^[5]	4.00 + 0.50	4.00 + 0.50	4.00 + 0.50	0.20 + 0.02	
	300.0000 V	3 Hz – 5 Hz	1.00 + 0.05	1.00 + 0.08	1.00 + 0.08	0.100 + 0.008	
		5 Hz – 10 Hz	0.35 + 0.05	0.35 + 0.08	0.35 + 0.08	0.035 + 0.008	
		10 Hz – 20 kHz	0.04 + 0.05	0.05 + 0.08	0.06 + 0.08	0.005 + 0.008	
		20 kHz – 50 kHz	0.10 + 0.10	0.11 + 0.12	0.12 + 0.12	0.011 + 0.012	
		50 kHz – 100 kHz	0.55 + 0.20	0.60 + 0.20	0.60 + 0.20	0.060 + 0.020	
		100 kHz – 300 kHz ^[5]	4.00 + 1.25	4.00 + 1.25	4.00 + 1.25	0.20 + 0.05	
Frequency and Period ^[6]	100 mV to 300 V	3 Hz – 5 Hz	0.10	0.10	0.10	0.005	
		5 Hz – 10 Hz	0.05	0.05	0.05	0.005	
		10 Hz – 40 Hz	0.03	0.03	0.03	0.001	
		40 Hz – 300 kHz	0.006	0.01	0.01	0.001	
True RMS AC Current <i>HP 34901A Only</i>	10.00000 mA ^[4] and 1.000000 A ^[4]	3 Hz – 5 Hz	1.00 + 0.04	1.00 + 0.04	1.00 + 0.04	0.100 + 0.006	
		5 Hz – 10 Hz	0.30 + 0.04	0.30 + 0.04	0.30 + 0.04	0.035 + 0.006	
		10 Hz – 5 kHz	0.10 + 0.04	0.10 + 0.04	0.10 + 0.04	0.015 + 0.006	
	100.0000 mA ^[7]	3 Hz – 5 Hz	1.00 + 0.5	1.00 + 0.5	1.00 + 0.5	0.100 + 0.06	
		5 Hz – 10 Hz	0.30 + 0.5	0.30 + 0.5	0.30 + 0.5	0.035 + 0.06	
		10 Hz – 5 kHz	0.10 + 0.5	0.10 + 0.5	0.10 + 0.5	0.015 + 0.06	
Additional Low Frequency Error for ACV, ACI (% of reading)			Additional Error for Frequency, Period (% of reading)				
Frequency	AC Filter Slow	AC Filter Medium	AC Filter Fast	Frequency	6½ Digits	5½ Digits	4½ Digits
10 Hz - 20 Hz	0	0.74	—	3 Hz - 5 Hz	0	0.12	0.12
20 Hz - 40 Hz	0	0.22	—	5 Hz - 10 Hz	0	0.17	0.17
40 Hz - 100 Hz	0	0.06	0.73	10 Hz - 40 Hz	0	0.2	0.2
100 Hz - 200 Hz	0	0.01	0.22	40 Hz - 100 Hz	0	0.06	0.21
200 Hz - 1 kHz	0	0	0.18	100 Hz - 300 Hz	0	0.03	0.21
> 1 kHz	0	0	0	300 Hz - 1 kHz	0	0.01	0.07
				> 1 kHz	0	0	0.02

[1] Specifications are for 1 hour warm up and 6½ digits, Slow ac filter

[2] Relative to calibration standards

[3] 20% over range on all ranges except 300 Vac and 1 Aac ranges

[4] For sine wave input > 5% of range. For inputs from 1% to 5% of range and < 50 kHz, add 0.1% of range additional error.

[5] Typically 30% of reading error at 1 MHz, limited to 1x10⁸ V Hz

[6] Input > 100 mV. For 10 mV inputs, multiply % of reading error x 10.

[7] Specified only for inputs > 10 mA

Slika : primer izračuna negotovosti pri proizvajalcu Hewlett Packard (Agilent).

Nominal Range (V)	Absolute Accuracy							Relative Accuracy	
	% of Reading			Offset (mV)	Noise + Quantization (mV)		Temp Drift (°/°C)	Resolution (mV)	
	24 Hrs	90 Days	1 Year		Single Pt.	Averaged		Single Pt.	Averaged
±10	0.072%	0.074%	0.076%	6.380	3.467	0.846	0.0010	5.729	1.114
±5	0.019%	0.019%	0.021%	3.198	1.733	0.423	0.0005	2.865	0.557
±2.5	0.072%	0.074%	0.076%	1.608	0.867	0.211	0.0010	1.432	0.278
±1	0.072%	0.074%	0.076%	0.653	0.347	0.085	0.0010	0.573	0.111
±0.5	0.072%	0.074%	0.076%	0.335	0.173	0.042	0.0010	0.286	0.056
±0.25	0.072%	0.074%	0.076%	0.176	0.105	0.021	0.0010	0.151	0.028
±0.1	0.072%	0.074%	0.076%	0.081	0.061	0.008	0.0010	0.074	0.011
±0.05	0.072%	0.074%	0.076%	0.049	0.049	0.004	0.0010	0.056	0.006
0 to 10	0.019%	0.019%	0.021%	3.198	1.733	0.423	0.0005	2.865	0.557
0 to 5	0.072%	0.074%	0.076%	1.608	0.867	0.211	0.0010	1.432	0.278
0 to 2	0.072%	0.074%	0.076%	0.653	0.347	0.085	0.0010	0.573	0.111
0 to 1	0.072%	0.074%	0.076%	0.335	0.173	0.042	0.0010	0.286	0.056
0 to 0.5	0.072%	0.074%	0.076%	0.176	0.105	0.021	0.0010	0.151	0.028
0 to 0.2	0.072%	0.074%	0.076%	0.081	0.061	0.008	0.0010	0.074	0.011
0 to 0.1	0.072%	0.074%	0.076%	0.049	0.049	0.004	0.0010	0.056	0.006

Slika : primer izračuna negotovosti pri proizvajalcu National Instruments.

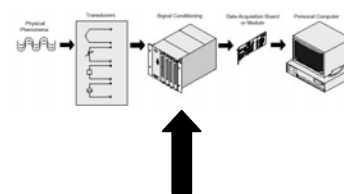
g) timerji (časovniki)

Timerji se uporabljajo za meritev časov, npr. pri meritvi časovne zakasnitve induktivne sonde za vrtljaje. Določeni merilniki pretoka, predvsem rotacijski, imajo pulzirajoč izhod, npr. za vsak liter en napetostni pulz. Značilnost timerjev na merilnih karticah je velika ločljivost (tipično 24 ali 32 bitov, 80 Mhz).

h) proženje

Merilno kartico lahko sprožimo z zunanjim signalom iz npr. senzorja za vrtljaje. Na ta način lahko začnemo meritev s signalom, ki izvira iz pojava. Sinhronizacija preko zunanjega proženja je zelo hitra. Takšno proženje je npr. uporabno pri meritvi delovanja motorja, to je pri meritvi, kjer je na osi x kot zasuka gredi motorja (namesto časa), na osi y pa merjena spremenljivka (npr. tlak v zgorevalnem prostoru). Kanali za proženje so običajno digitalni TTL.

2.3. Sistem za pretvorbo signalov



Naloge sistema za pretvorbo signalov so ojačevanje, izolacija, filtriranje, vzbujanje, linearizacija itd. izhodnega signala senzorja. Večkrat je potrebno uporabiti npr. ojačevanje in linearizacijo zaporedoma. S sistemom za pretvorbo signalov popravljamo oziroma kompenziramo določene nezaželenje lastnosti senzorjev, oziroma njihov izhod priredimo tako, da bo primeren za merjenje napetosti z analogno digitalnimi pretvorniki. V precejšnje število analogno digitalnih pretvornikov je sistem za pretvorbo signalov že vgrajen.

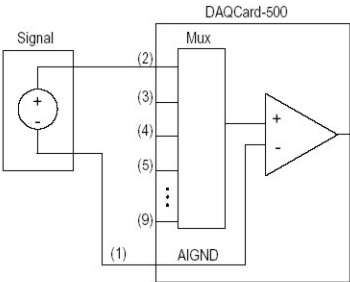
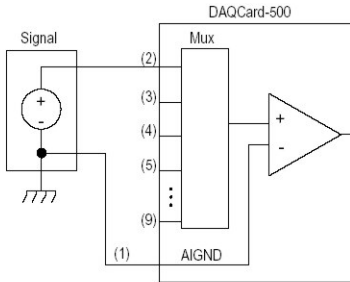
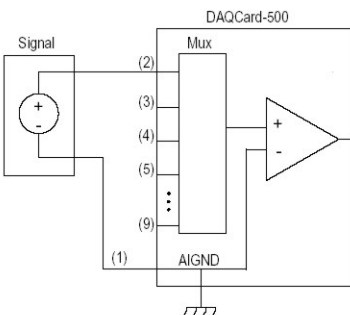
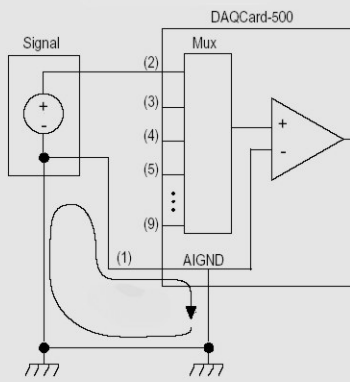
a) ojačevanje

V primeru, da ima merjena spremenljivka premajhno vrednost, jo je potrebno pred meritvijo ojačati. S tem se poveča ločljivost meritve, razmerje signal/šum in zmanjša njena negotovost. Za ojačanje se uporablja ojačevalnike, po funkciji je ojačevanje pri meritvah zelo podobno ojačevanju pri poslušanju glasbe.

Primer je meritev temperature s termočleni. Pri meritvi temperature s termočleni se za vsako stopinjo poveča napetost, ki jo generira termočlen, za $40\mu V$. To pomeni, da z 12 bitnim analogno digitalnim pretvornikom, ki ima ločljivost 2.4 mV lahko merimo na največ $60^{\circ}C$ natančno, kar je v večini primerov premalo. Zato v praksi signal ojačimo za najmanj stokrat, s čimer predstavlja merilna negotovost zaradi ločljivosti približno $0.1^{\circ}C$, pojavi pa se dodatno še merilna negotovost ojačevalnika.

b) izolacija

Izolacija služi preprečevanju nepravilne priključitve senzorjev in zaščiti pred previsokimi priključnimi napetostmi ali motnjami v merilnem sistemu. Izoliranje signalov torej služi varovanju analogno digitalnega pretvornika in računalnika pred nepravilnim merjenjem ali celo uničenjem.

	Plavajoč signal primeri: baterijsko napajanje izolirani izhodi, termočleni ...	Ozemljen signal primer: neizolirani instrumenti
Plavajoč merilni sistem primeri: prenosni računalnik, napajanje z baterijami		
Ozemljen merilni sistem Stacionarni računalnik, priključen na mrežno napetost in ozemljen		ni priporočljivo 
 - ozemljitev		

Slika : različni tipi priključitve signalov na analogno digitalni pretvornik ali sistem za pretvorbo signalov. Levi stolpec: plavajoč vir (napajanje na baterije); desni stolpec ozemljen vir. Zgornja vrstica: plavajoč analogno digitalni pretvornik (napajanje na baterije); spodnja vrstica: ozemljen analogno digitalni pretvornik. Priključitev na način spodaj desno brez izolacije ni priporočljiv.

Posebna pozornost je potrebna priključevanju senzorjev na velikih razdaljah. V tem primeru je mogoče, da sta analogno digitalni pretvornik in senzor priključena na električno omrežje, ki imata različna potenciala. Pri priključitvi pride do izenačitve potencialov, tok za izenačitev pa teče po priključnih kabljih, s katerimi sta analogno digitalni pretvornik in senzor povezana, kar povzroči uničenje analogno digitalnega pretvornika. Pri uporabi senzorjev z baterijskim napajanjem se takšnim problemom izognemo.

Pri izolaciji, ki služi preprečevanju posledic nepravilne priključitve, omenimo več različnih načinov priključitve senzorjev na analogno digitalni pretvornik ali na sistem za pretvorbo signalov.

c) filtriranje

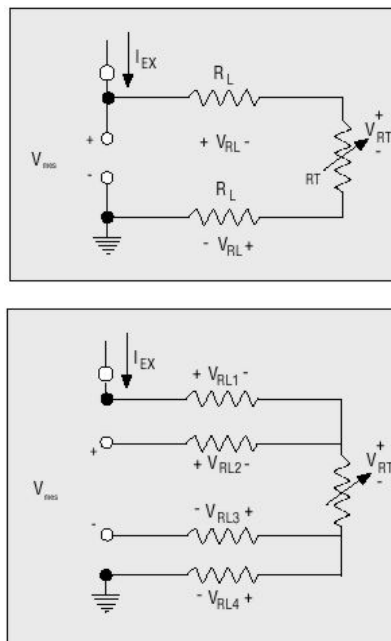
S filtriranjem želimo odstraniti neželjen frekvenčni del v signalu. Pogosto želimo odstraniti del signala s frekvenco 50 Hz, ki je frekvenca električnega omrežja. Pri spremljanju počasi se spreminjajočih spremenljivk (temperatura v pasterizatorju) odfiltriramo visokofrekvenčni del, to je hitro spreminjajoči se del, saj vemo da tako hitro spreminjanje npr. temperature v pasterizatorju ni mogoče oziroma je posledica motenj pri meritvah (nizkoprepustni ali low pass filtri). Podobno ravnamo pri hitro se spreminjajočih spremenljivkah, le da tu odfiltriramo nizkofrekvenčni del (visokoprepustni ali high pass filtri). Preprečevanje nepravilnega vzorčenja imenujemo s tujko antialiasing

d) vzbujanje

Nekateri senzorji potrebujejo zunanje vzbujanje - električni tok. Primer so merilni lističi, uporovni termometri Pt 100,...

Analogno digitalni pretvorniki merijo napetost, zato moramo izhod iz vsakega senzorja prirediti na tak način.

Primer: merilniku temperature Pt 100 se spreminja upor s temperaturo. Za potrebe meritev skozi upor poženemo tok in na uporju odčitamo napetost v skladu z Ohmovim zakonom $U=R \cdot I$. Na ta način smo pretvorili merilnik z uporovnim izhodom v merilnik z napetostnim izhodom.



Slika : vzbujanje uporovnega merilnika temperature. Zgoraj dvožilna priključitev, spodaj štirižilna priključitev.

e) linearizacija

Številni izhodni signali senzorjev so nelinearni, v tem primeru jih lineariziramo.

primer : hot wire - korenska odvisnost

termočleni, PT 100 – majhni popravki glede na linearno odvisnost merjenje pretoka na osnovi tlačne razlike na zaslonki - korenska odvisnost pretoka od tlaka

3. Prenos podatkov in izhodi iz senzorjev

Prenos podatkov od senzorjev do analogno digitalnega pretvornika oziroma centralno procesorsko enoto lahko poteka na več načinov. Poznamo **analogne**: tokovne, napetostne ali **digitalne**: canbus, isobus prenose podatkov.

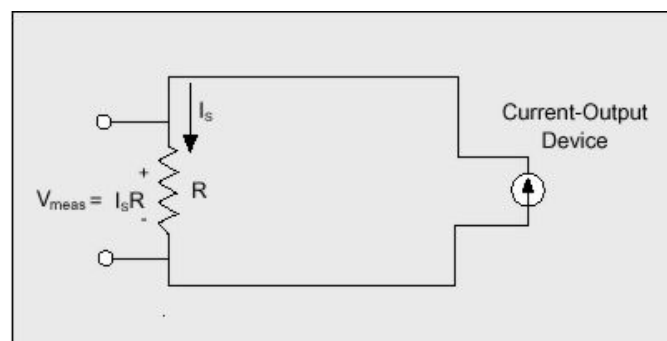
Centralna procesorska enota je digitalna enota, v kateri poteka preračun algoritmov, potrebnih za spremljanje in nadzor proizvodnega ali pridelovalnega procesa. Ker preračun poteka v mikroprocesorju v digitalno obliko, je potrebno med senzorjem in centralno procesorsko enoto izvesti analogno/digitalno pretvorbo. Če je povezava med senzorjem in centralno procesorsko enoto analogna, mora imeti centralna procesorska enota prigraden analogno digitalni pretvornik. Če je povezava med senzorjem digitalna, potem mora potekati digitalno analogna pretvorba v senzorju, prenos pa je večinoma serijski canbus ali isobus.

Analogno digitalni pretvorniki vedno pretvarjajo v digitalen zapis napetost, vse ostale spremenljivke je potrebno pretvoriti v napetost.

3.1. Tokovni izhodi, priključitev

Senzorji imajo pogosto tokovne izhode. Prednost tokovnih izhodov pred napetostnimi je možnost napajanja senzorja in velika dolžina, na kateri je mogoče prenašati signal. Napetostne signale je možno uporabno prenašati na dolžini do 10 m, tokovne pa do 1000 m.

Za priključitev senzorja s tokovnim izhodom na analogno digitalni pretvornik uporabimo upor, kot je prikazano na spodnji sliki. Na upor pride v skladu z Ohmovim zakonom padec napetosti, ki ga odčita analogno digitalni pretvornik.



Slika: priključitev senzorja s tokovnim izhodom na analogno digitalni pretvornik.

Primer : tokovni signal ima vrednost 4-20 mA. Kakšen upornik moramo priključiti, da bo maksimalni padec na njem 10 V.

3.2. Napetostni izhod

Napetostni izhod je najlažje pretvoriti v digitalno obliko. Težava napetostnih izhodov je, da niso primerni za komunikacijo na velikih razdaljah.

Pri velikih dolžinah povezovalnih vodnikov pride do padca napetosti zaradi upornosti vodnikov v skladu z Ohmovim zakonom $U=RI$. Zaradi tega je dolžina vodnikov pri napetostnem izhodu omejena na 10 m.

3.3. Digitalni serijski canbus ali isobus izhod

Standard uisobus je bil razvit za potrebe traktorjev na podlagi serijskega standarda za prenos podatkov canbus.

Senzorji lahko komunicirajo s centralno procesorsko enoto digitalno. V tem primeru poteka analogno digitalna pretvorba na lokaciji senzorja, podatki pa se prenašajo po isobus povezavi do vseh drugih senzorjev in procesorskih enot v traktorju

Traktor in priključek sta razdeljena na dva dela, traktorski in priključkovni. Traktorski del zajema le strogo traktorske sisteme kot motor, menjalnik, predno in zadnjo priključno gred in hidravliko. Priključkovni del se razteza čez traktor in priključek in zajema celoten priključek, od traktorskega dela pa vse, kar je potrebno za nadzor priključka, npr podatke GPS sistema, terminal in nadzorni sistem ter računalnik strežnik.

Vsaka naprava na isobus vodilu ima specifične naslov, od 1 do 254.

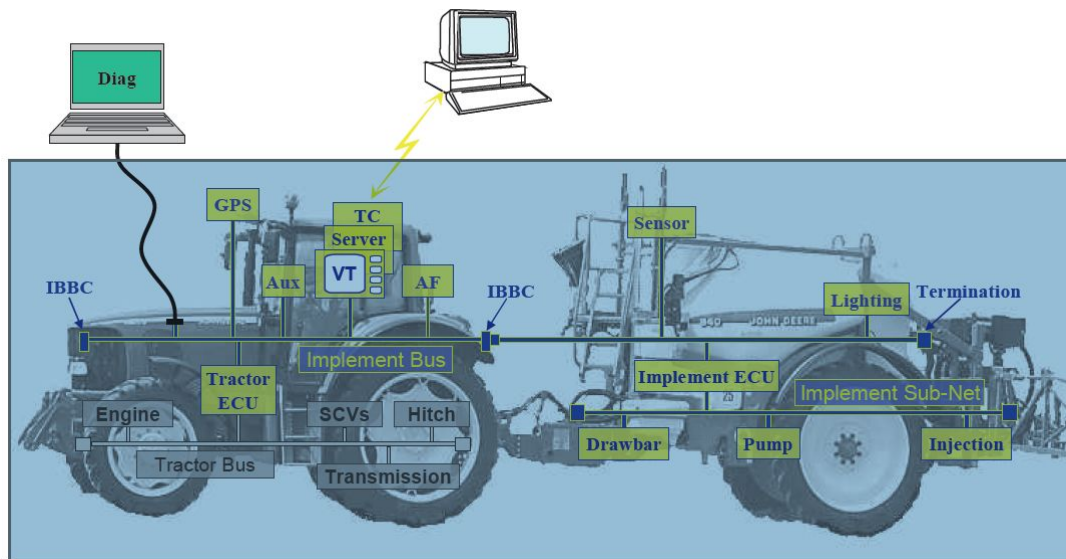
Sestava isobus sporočila je zapletena in je določena v standardu ISO 11783, glej sliko spodaj. Glavi sporočila so nato dodani podatki, kakor jit definira t.i. transportni protokol.

V procesorskih enotah se sporočila lahko filtrirajo, to pomeni, da so nekatera dostopna le na traktorskem, druga pa le na priključkovnem vodilu.

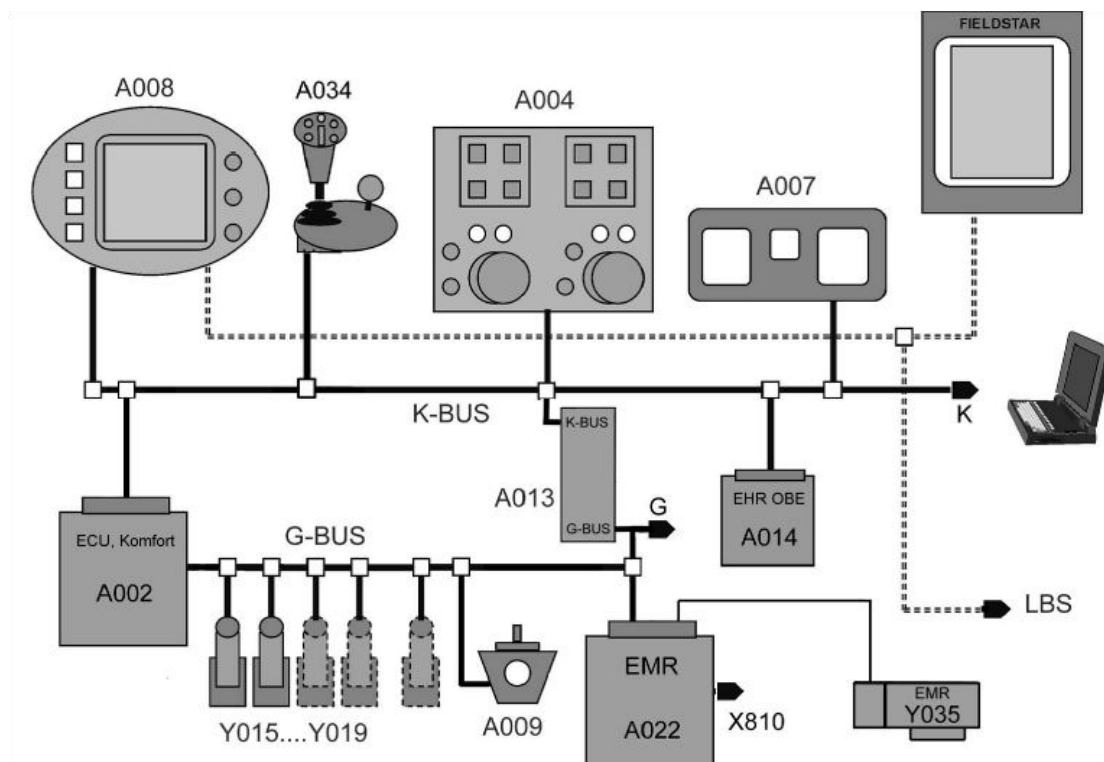
Podatki po isobus vodilu potekajo v paketih

J1939 PDU 1																
	P	R	D	P	PDU Format < 240				Destination Address				Source Address			
Bits	3	1	1		8				8				8			

Slika: Sestava glave isobus sporočila. Del P je namenjen določanju prioritete, del R je rezerviran za bodočo uporabo, DP bit pomeni število podatkovnih strani, PDU format je tip sporočila, lahko določa ali je sporočilo namenjeno točno določeni napravi ali vsem napravam, Destination Address je ime sprejemnika sporočila, Source Address pa pomeni pošiljatelja sporočila. Posamezni podatki sledijo glavi sporočila.



Slika: Traktor s priključkom in sistemom isobus. Tractor ECU pomeni traktorski računalnik, prenosnik Diag pomeni priključitev servisnega računalnika, klasičen računalnik predstavlja farmerski računalnik, server strežniški računalnik in VT navidezni terminal.



Slika: Shema sistema isobus v traktorju Fendt Vario 700 in 900.



Slika: Isobus vtičnica, vidni so štirjeveliki priključki za napajanje porabnikov in pet podatkovnih priključkov.



Slika: Isobus navidezni terminal (VT, virtual terminal).



Slika: Terminal na priključku.

4. Moč trifaznega asinhronnega elektromotorja

Trifazni asinhronni elektromotor je pogonski stroj, ki se obnaša znatno drugače od motorja z notranjim izgorevanjem. Pri elektromotorju s prekomerno obremenitvijo lahko dosežemo, da elektromotor porablja večji tok od nazivnega, kar lahko vodi do uničenja elektromotorja. Kljub prekomerni obremenitvi število obratov elektromotorja v minuti ne pade bistveno. Pri motorju z notranjim izgorevanjem se v primeru prekomerne obremenitve začne število vrtljajev v minuti zmanjševati.

Zaradi navedene lastnosti, da pri prekomerni obremenitvi motor porablja zelo velik tok, pri zagonu uporabljamo preklon zvezda - trikot, ali pa posebne naprave za mehak zagon, ki so podobne frekvenčnemu pretvorniku.

Moč elektromotorja je določena v skladu z enačbo $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$.

U in I lahko pomerimo, ne poznamo pa $\cos \varphi$. $\cos \varphi$ je enak nazivnemu na ploščici elektromotorja samo pri nazivnem toku, sicer pa je manjši. $\cos \varphi$ lahko izmerimo samo z analizatorjem moči.

Tok merimo s tokovnimi kleščami, napetosti z voltmetrom, $\cos \varphi$, tok, napetost in moč pa s trifaznim analizatorjem moči

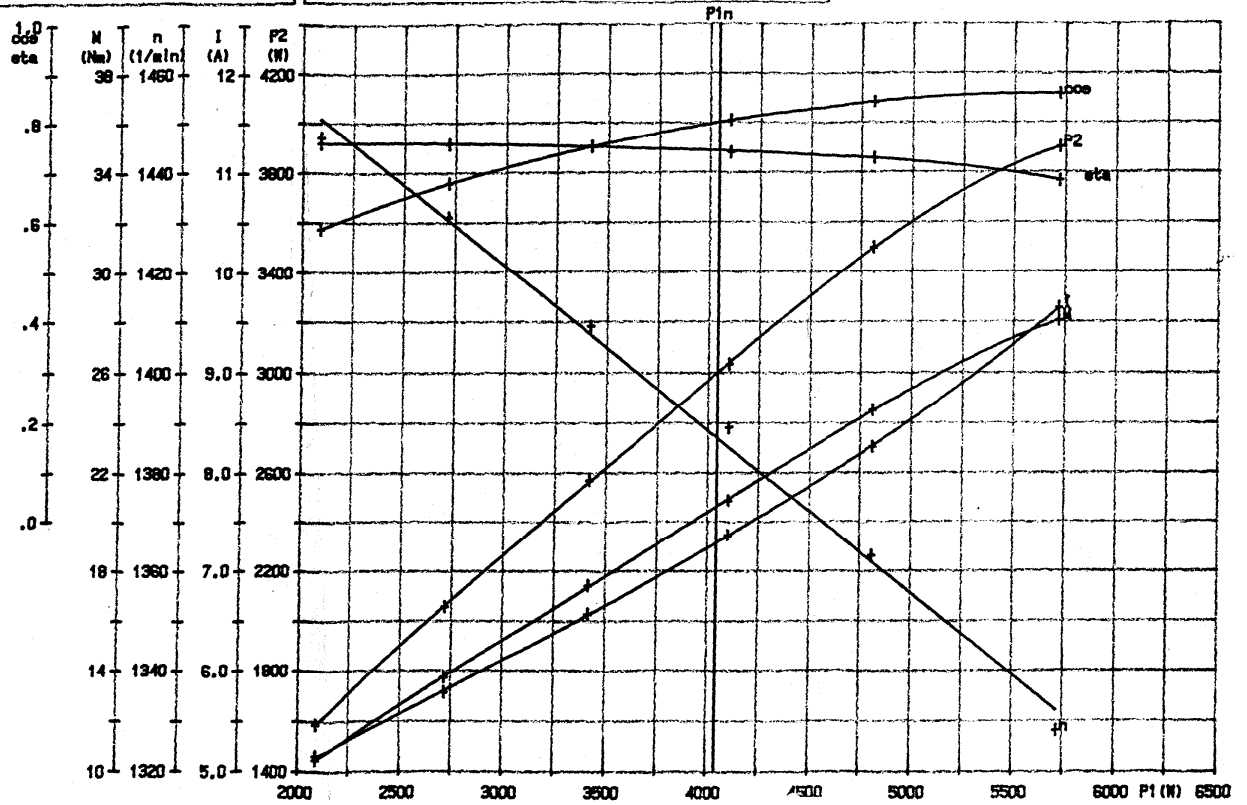
Umeritvena krivulja trofaznega asinhronskega elektromotorja je prikazana na spodnjem diagramu.

Priključitev trifaznega analizatorja moči: dvofazna, trifazna meritev trifazna meritev:

- napetost vseh treh faz
- tok vseh treh faz, po potrebi preko tokovnih pretvornikov
- ničla

DIAGRAM OBREINITVE MOTORJA
T 100 LB4
R.P.: 3668 S.M.: G 590758

$f = 50 \text{ Hz}$ $U = 400 \text{ V}$ $P_{1n} = 4043.6 \text{ W}$
 $I_n = 7.28 \text{ A}$ $P_{2n} = 3000.0 \text{ W}$
 $M_n = 20. \text{ Nm}$ $\cos \phi = .799$
 $n_n = 1386 \text{ 1/min}$ $\eta = .741$



Levo: analizator moči, desno: tokovne klešče.