

1. ENOTE IN ETALONI ELEKTRIČNIH VELIČIN

1.1 ENOTE ELEKTRIČNIH VELIČIN

Z merjenjem določamo velikost fiziklanih veličin tako, da neznano velikost obravnavane veličine primerjamo z veličino iste vrste in narave, ki smo jo izbrali za **enoto**. Rezultat te primerjave oziroma merjenja je čisto število, ki ga imenujemo **mersko število**. Če smo izmerili npr. tok 5 A, pomeni, da je merjeni tok petkrat večji od toka, določenega za enoto.

Za sodobne zahteve tehnike in mednarodne delitve dela je nujno, da so enote točno definirane, mednarodno priznane, nespremenljive in reproducibilne. Tem pogojem se v novejšem času pridružuje še zahteva, da morajo biti osnovne enote oprte na naravne konstante.

V naši državi je od leta 1961 uzakonjen **absolutni mednarodni sistem enot**, ki je bil s 6 osnovnimi enotami **meter, kilogram, sekunda, ampere, kelvin** in **candela** sprejet na 10. generalni konferenci za uteži in mere leta 1974 in dopolnjen s sedmo osnovno enoto **mol** za količino snovi na 14. generalni konferenci 1971. leta. Ta sistem je na 11. generalni konferenci za uteži in mere leta 1960 dobil ime **mednarodni sistem enot** (Système International d'Unités) s kratico **SI**. S tem sistemom obvladamo vsa področja fizike, medtem ko za področje elektromagnetike zadoščajo le štiri osnovne enote: meter, kilogram, sekunda in ampere, ki tvorijo **Giorgijev sistem enot** ali sistem **MKSA**, ki ga je Mednarodni komite za uteži in mere uvedel že s 1. januarjem 1948. leta.

Definicije osnovnih enot Giorgijevega sistema enot so naslednje:

- ✓ **Enota dolžine meter (m)** je dolžina poti, ki jo v vakuumu napravi svetloba v $1/299\,792\,458$ sekunde. Definicija je bila sprejeta na 17. generalni konferenci za uteži in mere leta 1983.
- ✓ **Enota mase kilogram (kg)** je masa mednarodnega prototipa mase, ki je izdelan v obliki valja iz zlitine platine in iridija in ga je uveljavila 1. generalna konferenca za uteži in mere leta 1889 v Parizu. Prototip hrani mednarodni urad za uteži in mere v Sevresu pri Parizu.
- ✓ **Enota časa sekunda (s)** je trajanje $9\,192\,631\,770$ period sevanja, ki pripada prehodu med dvema hiperfinima nivojema osnovnega stanja atoma cezija 133. Definicija je bila sprejeta na 13. generalni konferenci za uteži in mere leta 1967 in

je nadomestila prejšnjo definicijo, po kateri je bila sekunda definirana kot $1/31\,556\,925,974$ tropskega leta ob 12. uri efemeridnega časa 0. januarja 1900.

- ✓ **Enota električnega toka ampere (A)** je jakost enosmernega električnega toka, ki povzroča v vakuumu med dvema ravnima 1 m oddaljenima neskončno dolgima vzporednima vodnikoma zanemarljivo majhnega krožnega prereza silo $2 \cdot 10^{-7}$ Newtona na meter dolžine. Ta definicija je bila sprejeta na 9. generalni konferenci za uteži in mere leta 1948 in je zamenjala nekdanjo definicijo za mednarodni ampere na temelju Faradayevega elektrolitskega zakona, ki ga je uvedel mednarodni elektrotehniški kongres v Chicagu leta 1893 in potrdila mednarodna konferenca v Londonu leta 1908.

Definicije nadaljnjih, izpeljanih enot so naslednje:

- ✓ **Enota sile newton (njuton) (N)** je enota sile v sestavu enot m kg s in je tista sila, ki podeli gmoti enega kilograma pospešek $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.
- ✓ **Enota energije oziroma dela joule (džul) (J)** je delo, ki ga opravi prijemališče enote sile 1 N pri premiku za dolžino 1 m v smeri sile. $1 \text{ joule} = 1 \text{ watt} - \text{sekunda} = \text{newton} - \text{meter}$.
- ✓ **Enota moči watt (W)** je moč, ki proizvaja v eni sekundi energijo 1 joula.
- ✓ **Enota potencialne razlike, tj. napetosti volt (V)** je potencialna razlika med dvema točkama žičnega vodnika, ki vodi enosmerni tok 1 amperja, če se v žici med tema točkama porablja močp enega watta.
- ✓ **Enota električne upornosti ohm (Ω)** je električna upornost med dvema točkama vodnika, kadar potencialna razlika 1 volta med njima požene tok enega amperja, s pogojem, da vodnik sam ni nosilec nikake lastne napetosti (termoelektrične itd.).
- ✓ **Enota količine elektrine coulomb (kulon) C** je količina elektrine, ki preteče v času ene sekunde pri toku 1 amperja.
- ✓ **Enota kapacitivnosti farad (F)** je kapacitivnost električnega kondenzatorja, pri katerem se med elektrodama pojavi napetost enega volta, če ga naelektrimo z enoto električnega naboja 1 C.
- ✓ **Enota induktivnosti henry (H)** je induktivnost zaključenega električnega kroga, v katerem se inducira napetost enega volta, če se v njem električni tok v eni sekundi linearno spremeni za en ampere.

- ✓ **Enota magnetnega pretoka (fluksa) weber (Wb)** je magnetni pretok, ki v električnem tokokrogu z enim ovojem inducira napetost enega volta, če ga v eni sekundi linearno znižamo na nič.

Z uvedbo absolutnih enot so prenehale veljati stare internacionalne enote, kjer je bila pramera električnega toka definirana elektrolitično po Faradayevem zakonu: 1 ampere ima električni tok, ki v eni sekundi izloči iz vodne raztopine srebrovega nitrata 0,001 118 grama srebra, in kjer je bila pramera upornosti definirana: 1 ohm upornosti ima steber živega srebra dolžine 1063 mm, ki je po vsej dolžini stalnega prereza 1 mm², pri temperaturi talečega se ledu.

Razlike, ki so se v zvezi s tem pojavile, so minimalne in pri praktičnih meritvah sploh niso omembe vredne. Razmerje med starimi internacionalnimi in novimi absolutnimi enotami podajata naslednja podatka:

- 1 srednji int. volt = 1,000 34 absolutnega volta,
- 1 srednji int. ohm = 1,000 49 absolutnega ohma.

Da bo slika o veličinah in enotah, ki jih v elektrotehniko najpogosteje uporabljamo, popolnejša, so združene najvažnejše veličine in pripadajoče jim enote v tabeli 1.1. V tabeli so navedeni tudi simboli, ki jih uporabljamo za posamezne veličine, v opombah pa so podana najvažnejša razmerja med enotami.

Često so navedene enote za praktično uporabo prevelike ali pa tudi premajhne. Tako npr. v praktičnem življenju le redko uporabljamo enoto farad, ker nam je prevelika. Zati pa tem pogosteje uporabljamo mikrofarae, nanofarae, pikofarae itd. Pri prenosu električne energije pa je nasprotno watt premajhen in rajši uporabljamo kilowatte in megawatte. Prav tako uporabljamo za višje napetosti kilovolte namesto volte.

Da dobimo večje ali manjše enote, uporabljamo decimalne množilnike in delilnike enot v obliki predpon k enotam. Tu naj omenimo, da priporočajo, naj uporabljamo le tiste predpone, ki pomenijo tisočkratno povečanje ali zmanjšanje prejšnje enote, torej kilo - , mega - , mili - itd., medtem ko naj opuščamo predpone za desetkratno ali stokratno povečanje ali pomanjšanje kakor npr. hekto - , deka - , deci - itd. Zato se je treba izogibati enotam, kakor npr. centimeter, decimeter ipd. ter rajši vse izražajmo v metrih ali milimetrih.

Priporočene predpone so naslednje:

eksa	E	10^{18}
peta	P	10^{15}
tera	T	10^{12}
giga	G	10^9
mega	M	10^6
kilo	k	10^3
mili	m	10^{-3}
mikro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
piko	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
atto	a	10^{-18}

Tako je torej npr. milivolt (mV) tisoči del volta, mikrovolt (μ V) milijonti del volta, medtem ko je kilovolt (kV) tisoč voltov, megavolt (MV) milijon voltov itd.

Tabela 1:

Veličina in simbol	Enota	Opombe
Elektrina Q	coulomb C	$1 \text{ C} = 1 \text{ As} = 1 \text{ FV}$
Električni tok I	ampere A	$1 \text{ A} = 1 \text{ V}\Omega^{-1}$
Jakost magnetnega polja H	$\frac{\text{ampere}}{\text{meter}}; \frac{\text{A}}{\text{m}}$	$1 \text{ Am}^{-1} = 4\pi \cdot 10^{-3} \text{ O (orsted)}$ $1 \text{ O} = 79,57747 \text{ Am}^{-1}$
Gostota električnega pretoka D	$\frac{\text{coulomb}}{\text{meter}^2}; \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$	
Električna prevodnost G	siemens S	$1 \text{ S} = 1 \Omega^{-1} = 1 \text{ AV}^{-1}$
Kapacitivnost C	farad F	$1 \text{ F} = 1 \text{ s}\Omega^{-1} = 1 \text{ sS} = 1 \text{ CV}^{-1}$
Dielektričnost ϵ	$\frac{\text{farad}}{\text{meter}}; \frac{\text{F}}{\text{m}}$	$\epsilon = \epsilon \cdot \epsilon_0$ $\epsilon_0 = 8,85516 \cdot 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$
Magnetni pretok ϕ	weber Wb	$1 \text{ WB} = 1 \text{ Vs} = 10^8 \text{ M}$ (maxwell)
Električna napetost U	volt V	$1 \text{ V} = 1 \text{ A}\Omega$

Jakost električnega polja E	$\frac{\text{volt}}{\text{meter}}; \frac{V}{m}$	$1 \frac{kV}{m} = 10 \frac{V}{cm}$
Gostota magnetnega pretoka B	tesla T	$1 T = 1 \text{ Wb/m}^2$
Električna upornost R	ohm Ω	$1 \Omega = 1 \text{ S}^{-1} = 1 \text{ VA}^{-1}$
Induktivnost L	henry H	$1 H = 1 \Omega s = 1 \text{ WbA}^{-1}$
Permeabilnost μ	$\frac{\text{henry}}{\text{meter}}; \frac{H}{m}$	$\mu = \mu_r \cdot \mu_0, \mu_0 = 1,25664 \cdot 10^{-6} \text{ Hm}^{-1}$
Dolžina l	meter m	
Čas t	sekunda s	
Delo, energija W	joule J	$1 J = 1 \text{ VAs} = 1 \text{ Nm} = 10^7 \text{ ergov}$
Moč P	watt W	$1 W = 1 \text{ VA} = 1 \text{ Js}^{-1}$
Sila F	newton N	$1 N = 0,102 \text{ kp} = 1 \text{ Vasm}^{-1} = 1 \text{ kgms}^{-2}$ $1 \text{ kp} = 9,81 \text{ kgms}^{-2} = 9,81 \text{ Vasm}^{-1}$
Masa m	kilogram kg	

1.2 ETALONI ELEKTRIČNIH VELIČIN

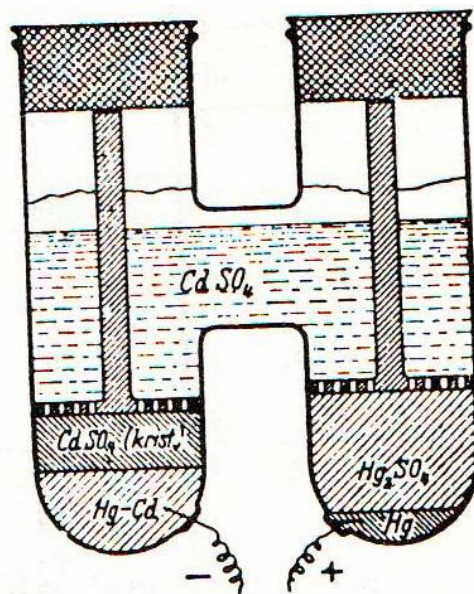
Etalone (pramere) veličin potrebujemo za točna laboratorijska merjenja, za umerjanje laboratorijskih instrumentov ipd. Razlikujemo etalone napetosti, upornosti, kapacitivnosti in induktivnosti.

1.2.1 Etaloni napetosti

Westonov etalonski člen se uporablja kot etalon enosmerne napetosti že dolga desetletja. Členi zelo precizne izvedbe, ki se hranijo pri konstantni temperaturi $c 20 \pm 0,001 \text{ }^\circ \text{C}$, se v velikih metroloških institutih uporabljajo kot primarni etaloni in je njihov odstopok od nazivne vrednosti manjši od $\pm 0,0002 \text{ } \%$. V cenejših izvedbah, pri katerih je odstopok manjši od $\pm 0,01 \text{ } \%$, pa se uporabljajo kot sekundarni in delovni etaloni pri številnih laboratorijskih merjenjih.

Westonov člen je pri večini izvedb izdelan iz steklene posodice v obliki črke. Pozitivno elektrodo tvorita živo srebro in sulfat živega srebra, negativno pa kadmijev amalgam, nad

katerim so kristali kadmijevega sulfata. Elektrolit je raztopina kadmijevega sulfata. Ker sta elektrodi tekoči oziroma poltakoči, sta nad njima na distančnih pritrjeni porozni ploščici, ki preprečujeta prelivanje elektrod pri nagibanju ali transportu. Člen je z zgornje strani zaprt s čepoma ali zataljen. S spodnje strani sta v steklo zataljeni platinski žici kot priključka elektrod.



Sl. 1.1. Westonov etalonski člen

Poznamo dve izvedbi Westonovega člena:

- a.) Člen z nasičeno raztopino kadmijevega sulfata in
- b.) Člen z nenasičeno raztopino kadmijevega sulfata pri temperaturah nad 4 ° C.

Westonov člen z nasičeno raztopino kadmijevega sulfata se odlikuje z zelo veliko stabilnostjo napetosti, zaradi česar se lahko uporablja kot primarni etalon napetosti. Imenujemo ga tudi **mednarodni etalonski člen**. Njegova nazivna napetost pri 20 ° C je 1,01865 absolutnega volta. Možni pa so manjši odstopki od navedene vrednosti, zaradi česar se točna vrednost napetosti vsakega člena poda v atestu (certifikatu), ki ga dobimo s členom. Temperaturni koeficient napetosti Westonovega člena z nasičeno raztopino je okoli $-40 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Za točnejše določanje napetosti člena pri različnih temperaturah pa je bila na Konferenci za električne enote in etalone leta 1908 priporočena naslednja formula:

$$E_v = E_{20} - 4,06 \cdot 10^{-5} (t - 20) - 0,95 \cdot 10^{-6} (t - 20)^2 + 1 \cdot 10^{-8} (t - 20)^3 V$$

kjer je;

E_0 – napetost _pri_ temperaturi _ θ _ in

E_{20} – napetost _pri_ temperaturi _20° C

Westonov člen z nasičeno raztopino se sme uporabljati samo v merilnih metodah in vezjih, kjer med meritvijo ni obremenjen, npr. v kompenzacijskih merilnih metodah. Pri njem namreč tudi najmanjša obremenitev, npr. nekaj mikroamperjev, povzroči spremembo napetosti, ki izgine šele po nekaj urah. Opozoriti je tudi treba, da moramo člen hraniti po možnosti pri stalni temperaturi 20 ° C, skladiščenje pri temperaturi pod 4 ° C ali nad 40 ° C pa lahko pusi trajne poškodbe.

Westonov člen z nenasičeno raztopino kadmijevega sulfata pri temperaturah nad 4 ° C ima temperaturni koeficient napetosti največ do 5 $\mu\text{V}/4$ ° C in je manj občutljiv za obremenitve. Večina izvedb namreč prenese brez škode kratkotrajne obremenitve s toki nekaj mikroamperjev. Ker pa je njegova časovna stabilnost znatno manjša kot pri nasičeni izvedbi, ga je mogoče uporabljati samo kot **referenčni vir enosmerne napetosti** in se kot tak uporablja npr. v kompenzacijskih registriranih instrumentih. Njegova nazivna napetost je 1,019088 absolutnega volta, sicer pa je napetost posameznih členov lahko med 1,0188 V in 1,0196 V. Zaradi majhnega temperaturnega koeficienta korekcija napetosti zaradi temperature pri normalnih laboratorijskih pogojih ni potrebna.

Napetostni etalon z Zenerjevo diodo

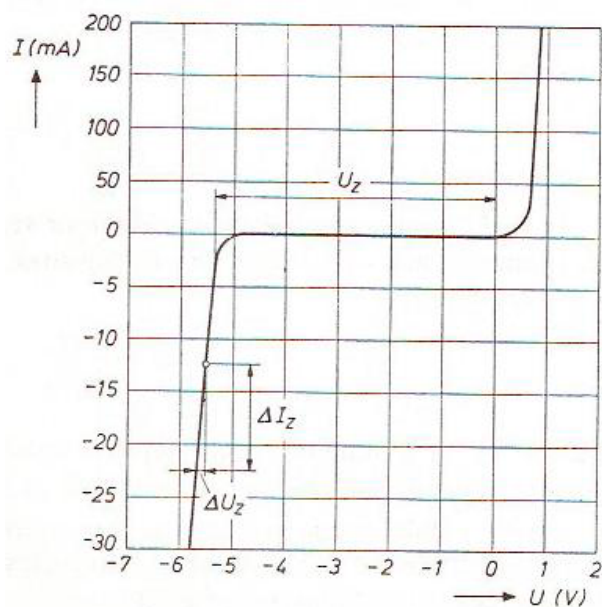
se je uveljavil šele v novejšem času. Njegov bistveni del je Zenerjeva dioda, tj. silicijeva dioda, ki ima v prevodni smeri sicer običajne lastnosti diode, njena posebnost pa je karakteristika v zaporni smeri, kjer se tok v odvisnosti od napetosti sprva zelo počasi večja, ko pa napetost doseže določeno vrednost, se tok začne naglo večati (slika 2).

To negativno napetost imenujemo po znanstveniku, ki je pojav odkril, Zenerjevo napetost. Pojav je reverzibilen, Zenerjeva napetost je časovno zelo konstantna in znaša od izvedbe diode od 1 do nekaj deset voltov.

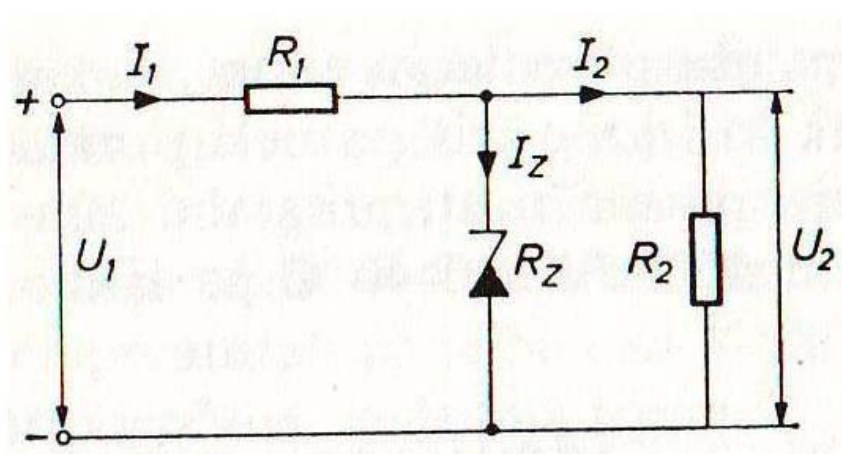
Z uporabo Zenerjeve diode je bistvena strmina karakteristike v Zenerjevem področju oziroma dinamična upornost R_Z diode v tem področju;

$$R_Z = \Delta U_Z / \Delta I_Z,$$

ki znaša odvisno od diode in velikosti toka 0,5 do 150 Ω .



slika 2: Karakteristika Zenerjeve diode



slika 3: Načelna vezava napetostnega etalona z Zenerjevo diodo

Principialno vezavo napetostnega etalona z Zenerjevo diodo vidimo na (slika 3), iz katere moremo sklepati, da gre pri etalonu te vrste v bistvu za stabilizacijo enosmerne napetosti, ki jo pritismemo na prikazano vezje. Na izhodu dobimo stabilizirano napetost U_2 , ki nam pri zadostni stabilizaciji služi kot referenčna oziroma etalonska enosmerna napetost.

Za vezavo po sliki 3 je stabilizacijski faktor:

$$S = \frac{U_2}{U_1} \left(1 + \frac{R_1}{R_Z} \right)$$

Upoštevajoč;

$$R_1 = \frac{U_1 - U_2}{I_1}$$

dobimo

$$S = \frac{U_2}{U_1} + \frac{U_2}{I_1 R_Z} \left(1 - \frac{U_2}{U_1}\right)$$

Iz tega izhaja, da se stabilizacijski faktor večja z večanjem vhodne napetosti U_1 in manjšanjem vhodnega toka I_1 . Njegova maksimalna, teoretično dosegljiva vrednost je;

$$S_{\max} \approx \frac{U_2}{I_1 R_Z}$$

Vendar se da praktično doseči največji stabilizacijski faktor okoli 100, kar pomeni, da se kolebanje vhodne napetosti za $\pm 10\%$ zmanjša na $\pm 0,1\%$.

Če je ta stabilizacija premajhna, jo moremo povečati z zaporedno vezavo več stopenj. Če so stabilizacijski faktorji posameznih stopenj S_1, S_2, \dots, S_n , dobimo celotni stabilizacijski faktor

$$S_c = S_1 \cdot S_2 \cdot \dots \cdot S_n.$$

Temperaturni koeficient napetostnega etalona z Zenerjevo diodo je v splošnem manjši kot pri Westonovem členu in se da nanj vplivati z določenimi kompenzacijskimi vezavami ali kombinacijami diod.

Napetostni etaloni z Zenerjevo diodo so navadno izdelani za priključek na omrežje, tako da se omrežna napetost najprej transformira na ustrezno nižjo napetost in usmeri, nato pa se stabilizira ustrezno zahtevi po stabilnosti v eni ali več stopnjah.

2. MERILNI INŠTRUMENTI IN MERILNI REZULTATI

Na vsakem merilnem inštrumentu so zapisani naslednji podatki o inštrumentu:

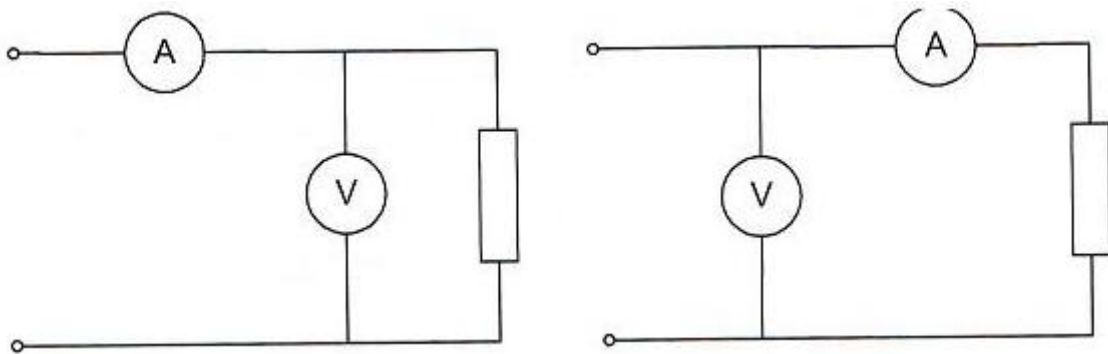
- ✓ proizvajalec, tip in inventarna številka,
- ✓ vrsta inštrumenta (npr: ampermeter, voltmeter, univerzalni inštrument ...),
- ✓ vrsta inštrumenta glede na merilno metodo (npr: inštrument na vrtljivo tuljavico, digitalni inštrument, ...),
- ✓ razred inštrumenta,

- ✓ notranja upornost ali drugi značilni podatki (tudi: zahtevana lega inštrumenta, občutljivost na motnje, ...).

Podatke potrebujemo zaradi vrednotenja izmerjenih vrednosti, zaradi ponovljivosti meritve, zaradi izbire primerne metode merjenja kakor tudi zaradi določitve pogreškov meritve (sistemski pogrešek in merilna negotovost).

2.1 Sistemski pogrešek

Sistemski pogrešek nastane zaradi merilne metode in ga ne moremo odpraviti. Oglejmo si to na primeru merjenja upornosti preko merjenja napetosti in toka (U – I metoda merjenja upornosti).



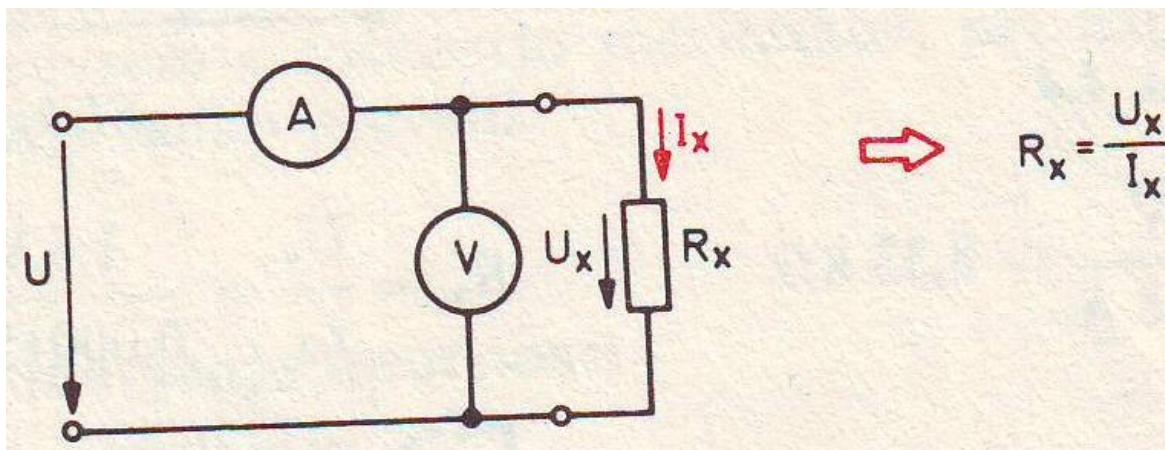
Slika 4: U – I metoda merjenja upornosti; a.) ampermetr pred voltmetrom, b.) voltmetr pred ampermetrom

V obeh primerih naredimo sistemski pogrešek saj moramo upoštevati notranji upornosti (neidealnih) merilnih inštrumentov

V prvem primeru meri ampermetr vsoto tokov skozi voltmeter in ampermetr, voltmetr pa resnično napetost na upor. Pogrešek bo v tem primeru tem manjši čim manjši bo tok skozi voltmeter oziroma $I_V = I_R \Rightarrow R_V = R$. V drugem primeru meri voltmetr vsoto napetosti na ampermetru in uporu, zato velja podobno: sistemski pogrešek bo tem manjši, čim manjša bo notranja upornost ampermetra oziroma: $U_A = U_R \Rightarrow R_A = R$.

2.1.1 Posredno merjenje upornosti

Posredno merjenje upornosti temelji na merjenju toka skozi **upor** (porabnik) in napetosti na njem ter računanju upornosti po Ohmovem zakonu.



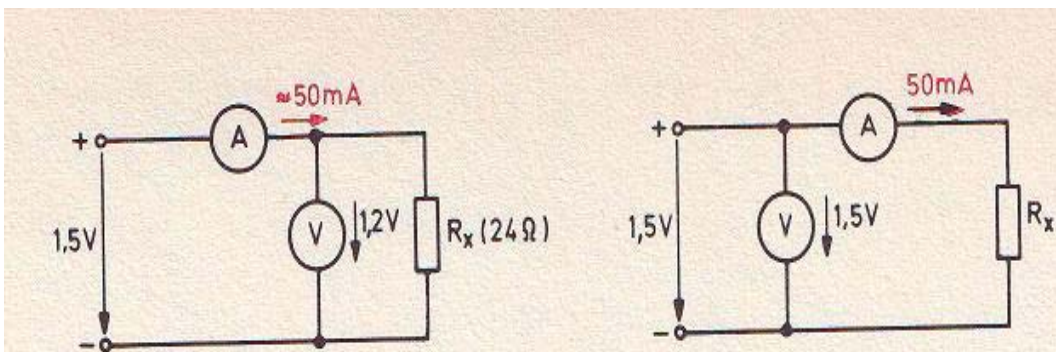
Pri merjenju linearnih upornosti je napetost izvora lahko poljubna, le da ne povzroča preobremenitve uporov, pri nelinearnih upornostih pa npr. določa vsakokratno delovno upornost vsakokratna delovna napetost upora ali porabnika. Opisani metodi merjenja upornosti pravimo tudi **U - I metoda**.

2.1.1.1 Točnost U – I metode merjenja upornosti

Zaradi upornosti A – metra in prevodnosti V – metra imamo pri merjenju upornosti po U – I metodi opraviti s sestavljenim električnim krogom. Glede na zaporedje priključenih merilnikov se nam ponujata dve na videz enakovredni vezavi slika 4.

Poskus:

Preizkusimo U – I metodo merjenja upornosti na manjši znani upornosti, npr. 24Ω , z obema načinoma vezav merilnikov ! Notranja upornost merilnikov, ki ju bomo uporabili, je $R_A = 6 \Omega$ in $R_V = 40 \text{ k}\Omega$.



$$R_x = \frac{U_V}{I_A} = \frac{1,2V}{0,05A} = 24\Omega$$

$$R_x = 24\Omega$$

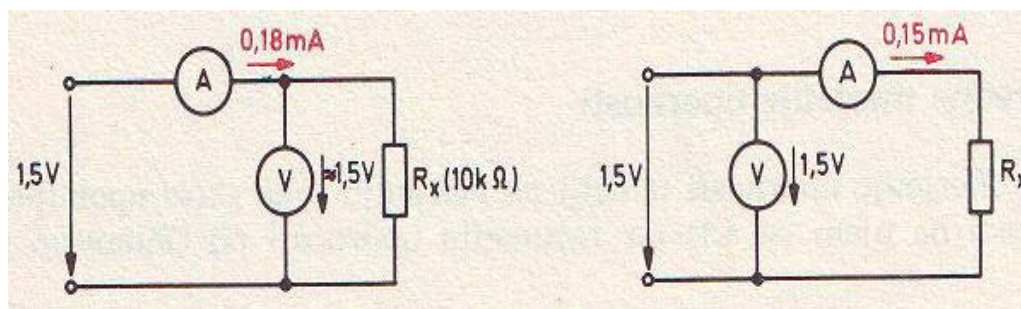
• **Pravilno**

$$R_x = \frac{U_V}{I_A} = \frac{1,5V}{0,05A} = 30\Omega$$

$$R_x = 30\Omega$$

• **Nepravilno**

Ponovimo poskus merjenja po U – I metodi še na znani veliki upornosti, npr. 10 kΩ !



$$R_x = \frac{U_V}{I_A} = \frac{1,5V}{0,00018A} = 8,33k\Omega$$

$$R_x = 8,33k\Omega$$

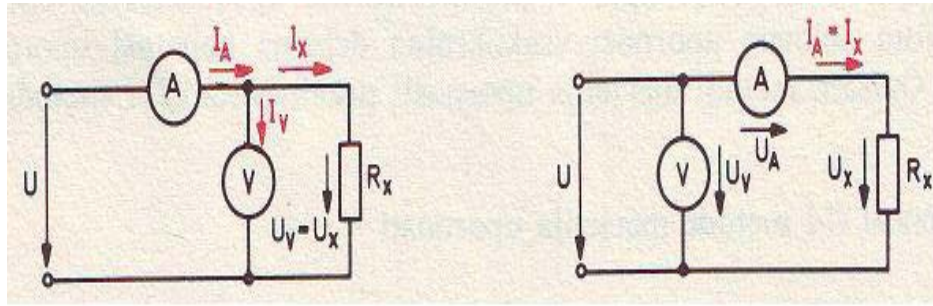
• **Nepravilno**

$$R_x = \frac{U_V}{I_A} = \frac{1,5V}{0,00015A} = 10k\Omega$$

$$R_x = 10k\Omega$$

• **Pravilno**

Pojasnimo ugotovljeno:



V vezavi A – meter pred V – metrom kaže V – meter pravo napetost za računanje upornosti R_X , A- meter pa vsoto tokov skozi V – meter in upornost R_X , torej napačen tok.

- ✓ Vezava A – meter pred V – metrom je vezava s **tokovno napako I_V** !

$$U_X = U_V; I_A = I_V + I_X \Rightarrow I_X = I_A - I_V$$

$$R_X = \frac{U_X}{I_X} = \frac{U_V}{I_A - I_V}$$

Tokovni napako I_V lahko zanemarimo le v primeru, če je $I_X \gg I_V$, to pa je mogoče le pri $R_X \ll R_V$.

- ✓ Vezava s tokovno napako je primerna za merjenje **majhnih upornosti** !

V vezavi V – meter pred A – metrom, kaže A – meter pravi tok za računanje upornosti R_X , V – meter pa vsoto napetosti na A – metru in upornosti R_X , torej napačno napetost.

- ✓ Vezava V – meter pred A – metrom je vezava z **napetostno napako U_A** !

$$I_X = I_A; U_V = U_A + U_X \Rightarrow U_X = U_V - U_A$$

$$R_X = \frac{U_X}{I_X} = \frac{U_V - U_A}{I_A}$$

Napetostno napako U_A pa lahko zanemarimo le v primeru, če je $U_X \gg U_A$, to pa je mogoče le pri $R_X \gg R_A$

- ✓ Vezava z napetostno napako je primerna za merjenje **velikih upornosti**!

Pri pravilni priključitvi merilnikov je natančnost U – I metode merjenja upornosti določena predvsem s točnostjo merilnikov, pri napačni priključitvi pa je pogrešek merjenja lahko prevelik.

2.2 Razredi inštrumentov

Če uporabljamo merilni inštrument pod predpisanimi pogoji (predpisana temperatura, vlažnost, lega inštrumenta, obremenitev, ...) pogreški merilnega inštrumenta ne smejo preseči vrednosti, ki jo določa razred inštrumenta.

Razred inštrumentov je podan glede na **merilni doseg** ali glede na **izmerjeno vrednost**.

Inštrumenti, ki inajo razred podan glede na merilni doseg imajo razred označen z majhnim **r**. Kadar je razred inštrumenta podan na vsakokratno izmerjeno vrednost, je razred inštrumenta označen z majhnim **r** v krogu. Razred takih inštrumentov je podan v procentih.

Merilna negotovost

Merilna negotovost je pogrešek, ki nastane pri merjenju z inštrumentom izbranega razreda. Ta pogrešek se nahaja v z razredom predpisanih mejah, vendar pa ne moremo določiti njegove dejanske vrednosti.

Poznamo **absolutno** negotovost in **relativno** negotovost, ki ju določimo glede na razred inštrumenta.

Tabela 2; Absolutna in relativna negotovost

	razred inštrumenta je podan glede na merilni doseg	razred inštrumenta je podan glede na izmerjeno vrednost
absolutna negotovost E_m	$E_m = \pm \frac{r}{100} x_d$	$E_m = \pm \frac{r}{100} x_i$
relativna negotovost e_m	$e_m = \frac{E_m}{x_i} = \pm \frac{r}{100} \cdot \frac{x_d}{x_i}$	$e_m = \frac{E_m}{x_i} \pm \frac{r}{100}$

Uporabljene oznake pomenijo: x_d – merilni doseg in x_i – izmerjeno vrednost

Pri digitalnih inštrumentih je merilna negotovost podobno določena kot pri analognih inštrumentih. Sestavljena je iz dveh delov: en del se navadno nanaša na izmerjeno vrednost, drugi pa na merilni doseg.

Tabela 2; Absolutna in relativna negotovost digitalnega inštrumenta

	negotovost digitalnega inštrumenta	
absolutna negotovost E_m	$E_m = \pm\left(\frac{r_1}{100}x_i + \frac{r_2}{100}x_d\right) = \pm(r_1\%x_i + r_2\%x_d)$	
relativna negotovost e_m	$e_m = \frac{E_m}{x_i}$	

Zaokrožanje merilnih rezultatov

Najprej moramo zaokrožiti merilno negotovost, šele zatem lahko zaokrožimo izmerjeno vrednost.

Merilno negotovost zaokrožimo vedno navzgor in jo podamo z eno ali z dvema ciframa glede na naslednje pravilo: če je prva od nič različna cifra med 3 in 9 jo zaokrožimo navzgor na tem mestu, če ne, obdržimo cifro in naslednjo cifro zaokrožimo navzgor:

$$E = \pm 0,00382 \Rightarrow E = \pm 0,004,$$

↑

$$E = \pm 0,00132 \Rightarrow E = \pm 0,0014.$$

↑

Izmerjeno vrednost zaokrožimo na decimalnem mestu, ki ga določa merilna negotovost:

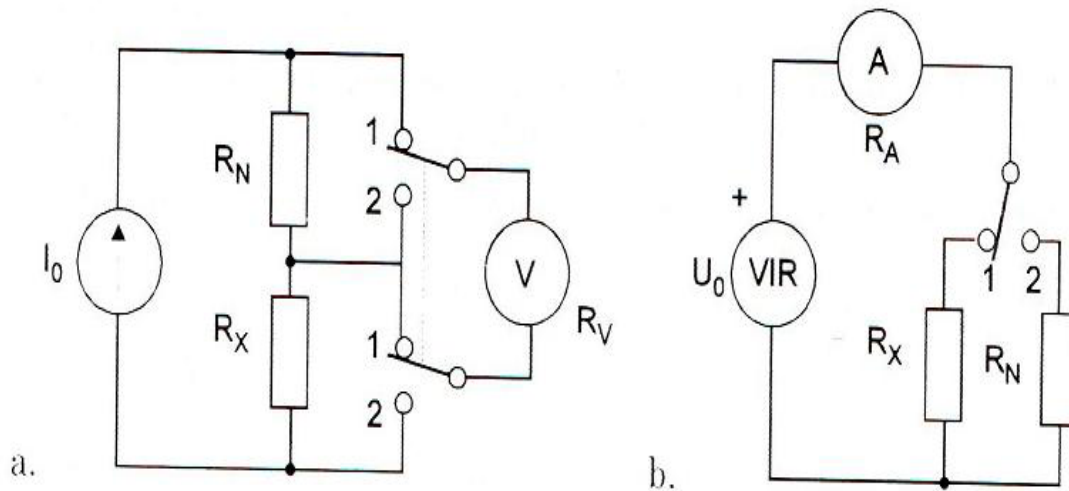
$$x_i = 8,32 \Rightarrow E_m = \pm 0,02 \Rightarrow x = 8,3 \pm 0,02$$

↑

$$x_i = 8,38 \Rightarrow E_m = \pm 0,02 \Rightarrow x = 8,4 \pm 0,02$$

↑

Primerjalni metodi merjenja upornosti



Ko je pri napetostni primerjalni metodi stikalo v položaju 1 (slika a.), merimo z voltmetrom padec napetosti na vzporedni vezavi upornosti R_N in notranje upornosti voltmetra R_V :

$$U_N = I_0 \cdot \frac{R_N \cdot R_V}{R_N + R_V}$$

in padec napetosti na vzporedni vezavi upornosti R_X in upornosti voltmetra R_V :

$$U_X = I_0 \cdot \frac{R_X \cdot R_V}{R_X + R_V}$$

ko je stikalo v položaju 2. Iz enačb dobimo enačbo za izračun neznanе upornosti R_X :

$$R_X = \frac{R_V}{R_N \cdot \left(1 - \frac{U_X}{U_N}\right) + R_V} \cdot R_N \cdot \frac{U_X}{U_N} \cong R_N \cdot \frac{U_X}{U_N}$$

Enačba se poenostavi, če predvidimo zelo veliko notranjo upornost voltmetra. Pri tem smo napravili sistemski pogrešek velikosti;

$$e = \frac{R_N - R_X}{R_X + R_V}$$

ki ga lahko zmanjšamo z večanjem notranje upornosti voltmetra R_V ali pa z izbiro znanega upora R_N , ki naj bo približno enak neznanı upornosti R_X

Podobna izvajanja napravimo za tokovno primerjalno metodo (slika b.) in dobimo:

$$R_x = (R_N + R_A) \cdot \frac{I_N}{I_x} - R_A \cong R_N \cdot \frac{I_N}{I_x}$$

Pri računanju s poenostavljeno enačbo, kjer zanemarimo notranjo upornost ampermetra, smo napravili sistematski pogrešek:

$$e = \frac{R_A}{R_x} \cdot \frac{R_N - R_x}{R_N - R_A}$$

Iz enačbe se vidi, da lahko sistematski pogrešek zmanjšamo s pravilno izbiro znane upornosti R_N .

MERJENJE INDUKTIVNOSTI IN KAPACITIVNOSTI

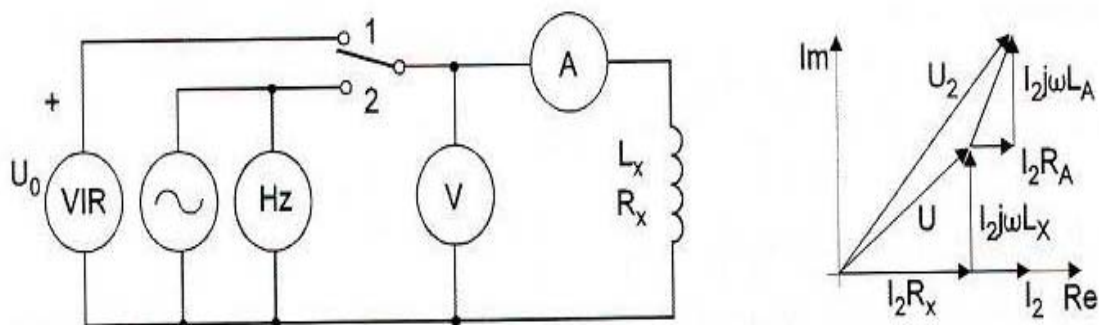
Merjenje induktivnosti

Induktivnost idealne tuljave je razmerje med napetostjo na tuljavi in odvodom toka po času... Realna tuljava ima poleg induktivnosti še določeno ohmsko upornost (kapacitivnost zanemarimo) in jo predstavljamo z vzporednim ali zaporednim nadomestnim vezjem idealnih elementov. Iz kazalčnega diagrama je razvidno, da lahko v primeru zaporedne nadomestne vezave določimo induktivnost tako, da izmerimo jalovo komponento napetosti, tok in frekvenco. V primeru vzporedne nadomestne vezave pa izmerimo napetost, jalovo komponento toka in frekvenco. V praksi pogosto določamo induktivnost z meritvijo delovne moči, napetosti, toka ter frekvence.

Enačbo za izračun serijske induktivnosti pa lahko preoblikujemo v obliko:

$$L_s = \frac{1}{\omega} \cdot \sqrt{\left(\frac{U}{I}\right)^2 - R_s^2},$$

torej lahko induktivnost določimo z meritvijo napetosti, toka, frekvence in predhodnim določanjem zaporedne nadomestne upornosti R_s . Metoda je uporabna v primeru zračnih tuljav brez feromagnetnih jeder, saj je v tem primeru R_s kar enaka ohmski upornosti navitja, ki jo lahko izmerimo z enosmernim tokom, npr. z U – I metodo. V literaturi so ta princip poimenovali U – I metoda merjenja induktivnosti. Slika spodaj prikazuje princip in kazalčni diagram.



Ko je stikalo v položaju 1, je na tuljavo priključen enosmerni vir in z ampermetrom ter voltmetrom merimo ohmsko upornost navitja tuljave. Z instrumenti izmerjene vrednosti označimo kot U_1 in I_1 . Upornost izračunamo po enačbi:

$$R_x + R_A = \frac{U_1}{I_1}$$

V položaju 2 je na tuljavo priključen izmenični vir napetosti sinusne oblike in voltmeter kaže vrednost U_2 , ampermeter pa vrednost I_2 , ki sta narisani v kazalčnem diagramu slika zgoraj.

Impedanco izračunamo po enačbi:

$$Z = \frac{U_2}{I_2} = \sqrt{(R_x + R_A)^2 + \omega^2 \cdot (L_x + L_A)^2}$$

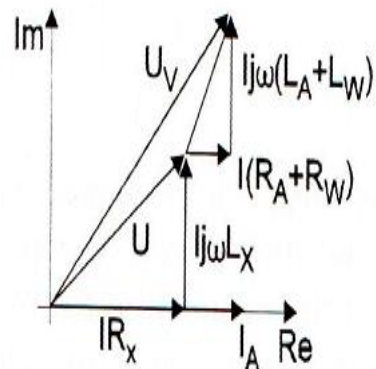
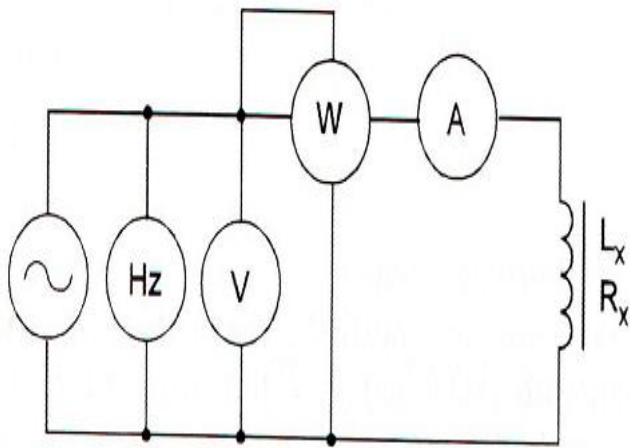
in po kratki izpeljavi induktivnost po enačbi:

$$L_x = \frac{1}{\omega} \cdot \sqrt{\left(\frac{U_2}{I_2}\right)^2 - \left(\frac{U_1}{I_1}\right)^2} - L_A$$

Pri uporabi U – I metode moramo upoštevati:

- ✓ Da merimo induktivnost tuljave brez feromagnetnega jedra,
- ✓ Da instrumenti pravilno merijo enosmerne in izmenične veličine,
- ✓ Če je induktivnost ampermetra A mnogo manjša od induktivnosti tuljave, lahko zanemarimo induktivnost ampermetra.

Pri merjenju induktivnosti tuljav z železenim jedrom moramo biti pozorni na dodatne ohmske izgube, ki nastanejo pri magnetenju materiala z izmeničnim tokom. Induktivnost izračunamo iz jalove moči, ki jo merimo posredno, z meritvijo navidezne in delovne moči na tuljavi slika spodaj.



Ob upoštevanju vpliva induktivnosti tokovne veje wattmetra L_W in induktivnosti ampermetra L_A je;

$$L_x = \frac{\sqrt{(U_V \cdot I_A)^2 - P_W^2}}{\omega \cdot I_A^2} - (L_A + L_W)$$

Pri P – U – I metodi moramo upoštevati:

- ✓ Nelinearnost zaradi histerezne zanke pri magnetenju materiala. Magnetna gostota B je nelinearno odvisna od jakosti magnetnega polja H in se zato spreminja permeabilnost. To pomeni, da bo induktivnost tuljave z železnim jedrom odvisna od toka pri katerem jo merimo.
- ✓ Permeabilnost pa se spreminja tudi z obliko toka magnetenja. Meriti moramo z obliko in velikostjo toka, ki bo enaka toku obratovanja tuljave.
- ✓ V primeru male induktivnosti tokovne veje wattmetra in male induktivnosti ampermetra, ju lahko zanemarimo.

Induktivnost merimo tudi z različnimi izmeničnimi mostičnimi vezji, kot so Maxwellov mostič, Maxwell – Wienov mostič in drugimi.

Merjenje kapacitivnosti

Kapacitivnost idealnega kondenzatorja je razmerje med tokom in odvodom napetosti po času.

Realni kondenzator ima zaradi izgub v dielektriku poleg kapacitivnosti še določeno izolacijsko upornost. V nasprotju s tuljavo, kjer razmerje med ohmsko upornostjo in induktivnostjo določa **dobrost** ali faktor kvalitete Q, pa pri kondenzatorju uporabljamo pojem faktor izgub (tudi faktor disipacije d), ki je obratna vrednost faktorja kvalitete Q in jo računamo kot tangens izgubnega kota δ . Za zaporedno nadomestno vezje je;

$$\operatorname{tg} \delta = \omega \cdot R_s \cdot C_s,$$

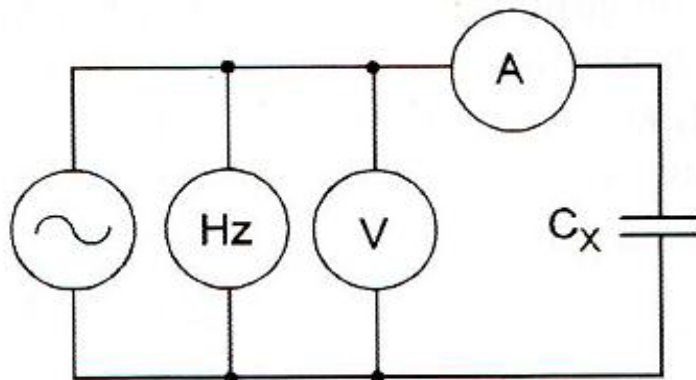
in za vzporedno

$$\operatorname{tg} \delta = d = \frac{1}{\omega \cdot R_p \cdot C_p}$$

Zaradi odvoda (spremembe) napetosti po času, lahko kapacitivnost merimo z izmeničnim signalom ali pa ob prehodnem pojavu, ko se kondenzator polni ali prazni.

U – I metoda merjenja kapacitivnosti

Slika spodaj predstavlja princip U – I metode.



$$Z = \frac{U}{I} = \sqrt{R^2 + \frac{1}{(\omega \cdot C_x)^2}} = \frac{1}{\omega \cdot C_x} \cdot \sqrt{1 + d^2}$$

Pri kvalitetnih kondenzatorjih so izgube zanemarljive in se enačba poenostavi;

$$Z = \frac{1}{\omega \cdot C_x}$$

in lahko kapacitivnost izračunamo kot:

$$C_x = \frac{I}{\omega \cdot U}$$

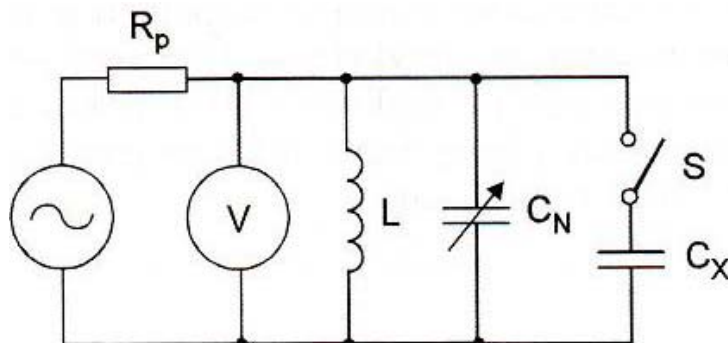
Merjenje kapacitivnosti elektrolitskih kondenzatorjev

Tudi kapacitivnost elektrolitskih kondenzatorjev merimo z U – I metodo. Pozorni moramo biti le na pravilno napetostno polarizacijo. Ker merimo kapacitivnost z izmeničnim tokom in napetostjo, moramo kondenzator priključiti na enosmerno prednapetost, ki bo večja od amplitude izmeničnega signala. Vsota obeh napetosti ne sme biti večja od nazivne napetosti kondenzatorja.

Resonančna metoda

Za merjenje kapacitivnosti v visokofrekvenčnem področju je zaradi možnega vpliva parazitnih kapacitivnosti najbolj primerna resonančna metoda slika spodaj. Pri odprtem stikalu S poiščemo resonanco nihajnega kroga L – C_N. Takrat bo odklon na voltmetru maksimalen. Odčitamo kapacitivnost C_{N1}. Preklopimo stikalo S in s spreminjanjem kapacitivnosti dekade C_N poiščemo resonanco nihajnega kroga L – C_N, C_x in odčitamo kapacitivnost C_{N2}. Neznano kapacitivnost izračunamo po enačbi;

$$C_x = C_{N1} - C_{N2}$$

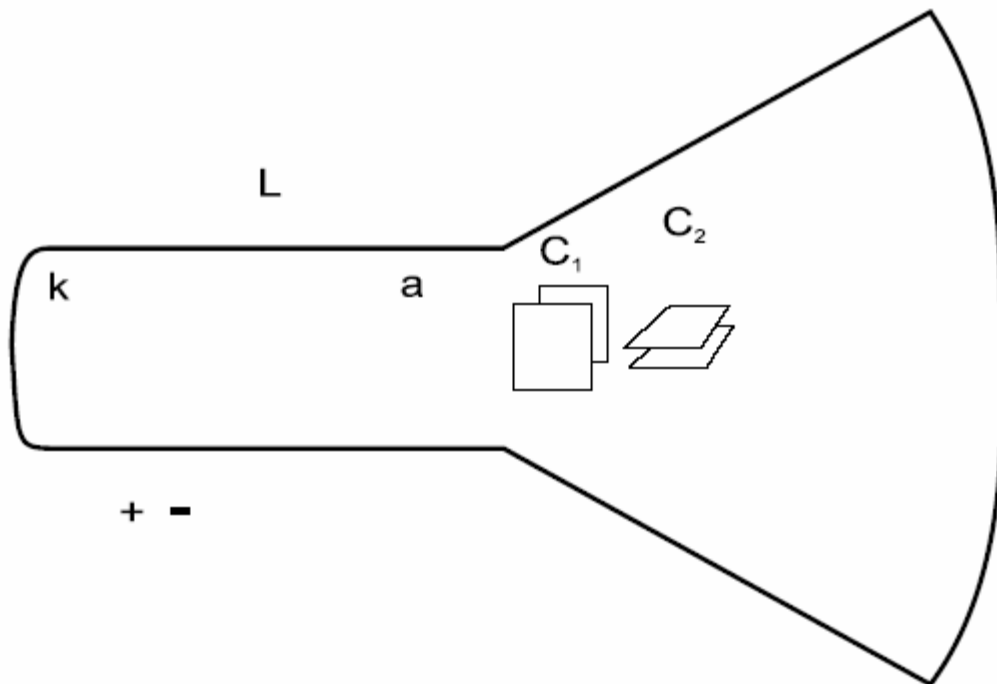


MERJENJE Z OSCILOSKOPOM

Elektronski osciloskop

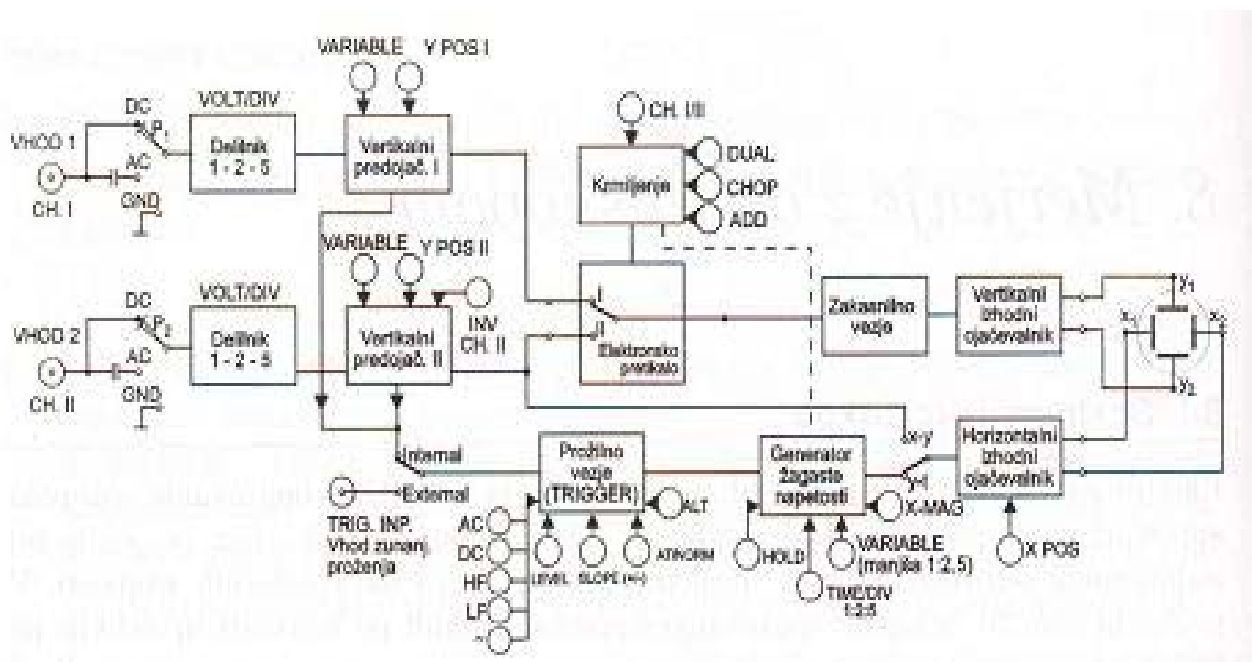
Elektronski osciloskop je merilna naprava, ki nam omogoča opazovanje časovno spreminjajočih se električnih signalov na zaslonu. Zaradi tega je eden od najuporabnejših instrumentov na področju tehnike in naravoslovnih znanosti. V primerni izvedbi omogoča opazovanje napetosti, malih po velikosti in velikih po frekvenci, pri tem pa zelo malo obremenjuje vir merjenega signala.

Eden bistvenih delov EO je Braunova elektronska cev, ki je iz stekla in se na koncu razširi v ravni del – zaslon. V notranjosti cevi, kjer je brezračni prostor, so nameščene kovinske elektrode. Iz električno ogrevane katode izstopajo elektroni. Pod vplivom električnih napetosti med katodo in ostalimi elektrodami se elektroni združijo v ozek snop (žarek), ki z veliko hitrostjo udarja na notranjo stran zaslona, premazano s fluorescentno snovjo. Na mestu kjer žarek trči v zaslon se pojavi svetla pika, ki se ji da od zunaj s potenciometrom nastaviti osvetlitev (**INTENSITY**) in ostrino (**FOKUS**). Odklanjanje žarka v **Y** in **X** smeri je elektrostatično z dvema paroma odklonskih plošč $y_1 - y_2$ in $x_1 - x_2$.



Za odklon žarka čez ves zaslon je potrebnih okrog 100 V napetosti na **Y** in **X** paru odklonskih plošč. Za to poskrbita **merilna ojačevalnika** za **Y** in **X** odklon, ki morata v čim širšem frekvenčnem pasu dati na izhodu nepopačen signal.

Slika spodaj prikazuje blokovno shemo dvokanalnega osciloskopa.



Z delilnikom na vhodu je mogoče stopenjsko zmanjšati vhodni signal in s tem sliko na zaslonu. Opazovani signal se priključi na vhoda 1 in 2 preko BNC konektorja. Vsak od obeh vhodov ima preklopnik P. V položaju **DC** bo na zaslonu viden celotni signal in v položaju **AC** samo izmenični del. V položaju **GND** je signal izključen in na zaslonu ni slike. Hkrati je vhod delilnika vezan na maso. Zvezno spreminjanje omogoča potenciometer **VARIABLE**, s katerim se menja ojačenje predojačevalnika. S potenciometrom **Y – POS** je možno pomikati sliko po zaslonu v **Y** smeri za vsak kanal posebej. Ob preklopniku vhodnega delilnika je napisano **napetostno merilo** ali odklonska konstanta osciloskopa k_y v V/delec (**VOLTS/DIV**), ki velja le, ko je potenciometer za ojačenje v označenem položaju **CAL**. Pri nekaterih osciloskopih se da nastavljanje konstanta k_y dodatno nekajkrat zmanjšati (s tipko **Y MAG**).

Časovno opazovanje signala

Če naj bo na zaslonu slika signala v odvisnosti od časa, se mora na X plošče priključiti napetost, ki narašča linearno s časom. Tedaj potuje žarek z enakomerno hitrostjo od leve na desno stran zaslona od koder se zatemnjen zopet vrne na začetek zaslona. Oblika te napetosti spominja na žago in odtod tudi ime žagasta napetost. Osciloskop je tedaj v **Y – t** delovanju.

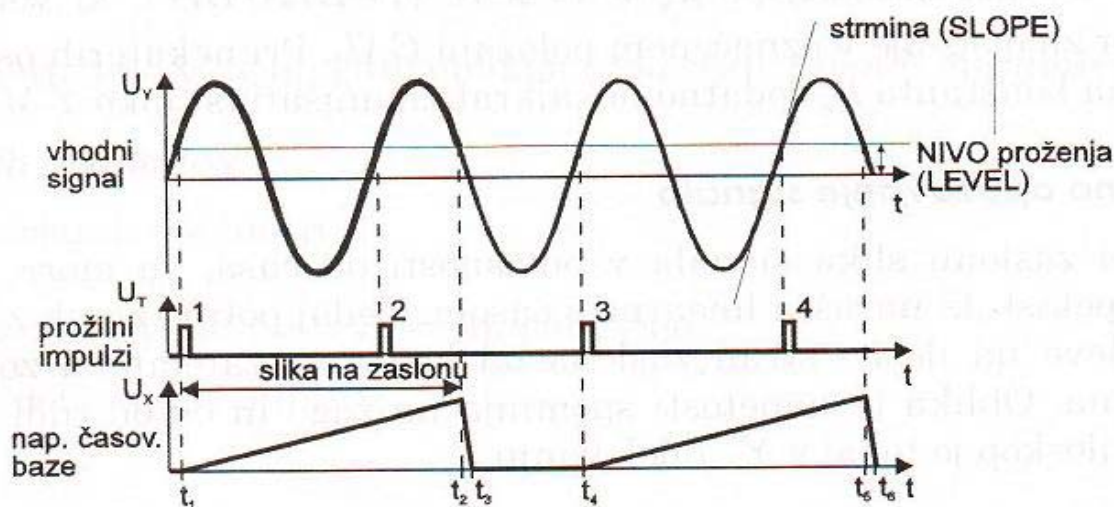
Medsebojno opazovanje signalov

S primernimi napetostmi na vhodih Y in X lahko dobimo na zaslonu sliko poljubne funkcije $y = f(x)$. V tem načinu se na vhod 1 priključi Y na vhod 2 X signal. Na zaslonu bo tedaj slika medsebojne odvisnosti obeh signalov (X – Y delovanje osciloskopa, ki se izbere s tipko X – Y).

Proženje osciloskopa

Da bo slika periodičnega signala na zaslonu mirovala, mora biti X odklon sinhroniziran z vhodnim signalom. To bo tedaj, če bo merjeni signal sprožil vir žagaste napetosti (vir časovne baze) vedno pri enakih pogojih. Za to skrbi prožilno vezje, ki sprejme na vhod merjeni signal od znotraj iz vertikalnega ojačevalnika (**INTERN**) ali pa od zunaj (**EXTERN**) preko **BNC** vhoda **TRIG. INP.** Ko signal doseže s potenciometrom **LEVEL** nastavljeni nivo in izbrano strmino – naklon (**SLOPE**), ki je pozitiven ko signal narašča ali negativen ko pada, se na izhodu vezja pojavi kratek prožilni impulz, ki v trenutku t_1 starta vir žagaste napetosti. V trenutku t_2 je risanje končano in žarek je dospel na konec zaslona. V času $t_2 - t_3$ se žarek vrne na začetek zaslona in zatemnjen čaka na naslednji impulz, ki se pojavi v trenutku t_4 in na zaslonu se na isto mesto kot prej izriše povsem enak del signala. Risanje se dovolj hitro ponavlja, tako da oko vidi mirujočo sliko. Jasno je, da se mora signal ponavljati. Enkratne pojave opazujemo le s spominskim osciloskopom.

Slika spodaj; princip proženja osciloskopa



- ✓ t_1 – začetek odklanjanja v x smeri,
- ✓ t_2 – konec risanja
- ✓ $t_2 - t_3$ – vračanje žarka na začetek (žarek je zatemnjen do t_4),
- ✓ $t_4 - t_5$ – enak odsek signala kot v času $t_1 - t_2$

Da lahko opazujemo počasno in tudi hitro ponavljajoče se signale, mora imeti časovna baza spreminjajoče čase, ki se dajo stopenjsko nastaviti s preklopnikom časovne baze in zvezno s potenciometrom VARIABLE, tako da dobimo na zaslonu želen odsek opazovanega signala. Na preklopniku izpisane vrednosti čas/del ali **TIME/DIV** predstavljajo koeficient časovne baze k_t in veljajo le, ko je potenciometer VARIABLE v legi kalibrirano, ki je označena s CAL. Nastavljena hitrost žarka v X smeri se poveča za 10 krat s tipko X – MAG.x 10, tako da je tedaj k_t desetina nastavljenе vrednosti.

Predhodno opisan način proženja časovne baze se imenuje NORMALNI. Če je vhodni signal premajhne in ne doseže nastavljenega nivoja prožilnega vezja, ostane zaslon zatemnjen brez slike. Pri drugem AVTOMATSKEM načinu proženja deluje odklanjanje v X smeri tudi, če na vhodu ni signala. Tedaj je na zaslonu samo svetla horizontalna črta. V tem načinu ne deluje nastavitve nivoja in se osciloskop uporablja za manj zahtevne meritve.

Signale, ki vsebujejo šum ali pa ostanke mrežne napetosti 50 Hz je težko sinhronizirati. Zato se signal filtrira predno pride v prožilno vezje. S preklopnikom TRIGGER SELECT je možno izbrati med več načini filtriranja. Če je preklopnik v legi:

- AC – filter prepusti le izmenični del signala, enosmernega pa zadrži. Se pogosto uporablja,
- DC – prepusti celoten signal z enosmernim delom,
- HF – prepusti le signale frekvence višje od mejne (1,5 kHz),
- LF – prepusti enosmerne in signale frekvence nižje od mejne (1 kHz) in je za nizko frekvenčne signale primernejši kot DC način.
- ~ je primeren za signale frekvence 50 Hz.

Pri signalih sestavljenih iz serije impulzov različnih širin ni mogoče vedno umiriti slike na zaslonu z nastavitvijo nivoja. V takem primeru pomaga spreminjanje časa $t_3 - t_4$ to je časa, ko časovna baza ne deluje, s potenciometrom HOLD OFF. Normalno mora biti gumb potenciometra v skrajnem levem položaju, da ne pade osvetljenost slike.

Za hkratno opazovanje signalov na vhodu 1 in 2, ima osciloskop vgrajeno preklopno vezje, ki pripelje na vertikalni odklonski sistem en ali drugi signal. Izbirati je moč med dvema načinoma preklapljanja. Pri izmeničnem ali DUAL (tudi ALTERNATE) načinu se izriše na zaslonu najprej en signal v celoti, potem pa še celoten drugi signal. Ta način omogoča mirujočo sliko pri opazovanju signalov dveh virov napetosti različnih frekvenc.

Drugi je odsekovni (CHOPPED) način, kjer preklopno vezje zelo hitro preklaplja iz enega vhoda na drugi in nazaj, tako da je slika na zaslonu sestavljena iz posameznih odsekov merjenih signalov. Uporablja se za merjenje signalov nizkih frekvenc, kjer izmenični način zaradi utripanja odpove.

Z izbiro funkcije seštevanja (tipka ADD), se da videti na zaslonu slika vsote obeh signalov. Slika razlike signalov pa se dobi z invertiranjem enega od vhodnih signalov (tipka INVERT) ob istočasno izbrani funkciji seštevanja. Kot dodatek imajo osciloskopi kalibriran izvor pravokotne napetosti točno znane frekvence in amplitude, ki služi za merjenje odklonskih koeficientov k_y in k_t (CALIBRATOR). Nekateri osciloskopi imajo vgrajeno vezje za hitro kontrolo diod, tranzistorjev, uporov, kondenzatorjev (COMPONENT TESTER). Na zaslonu se I – U odvisnost kontroliranega elementa iz katere se da sklepati o njegovi brezhibnosti.

DIGITALNI OSCILOSKOP

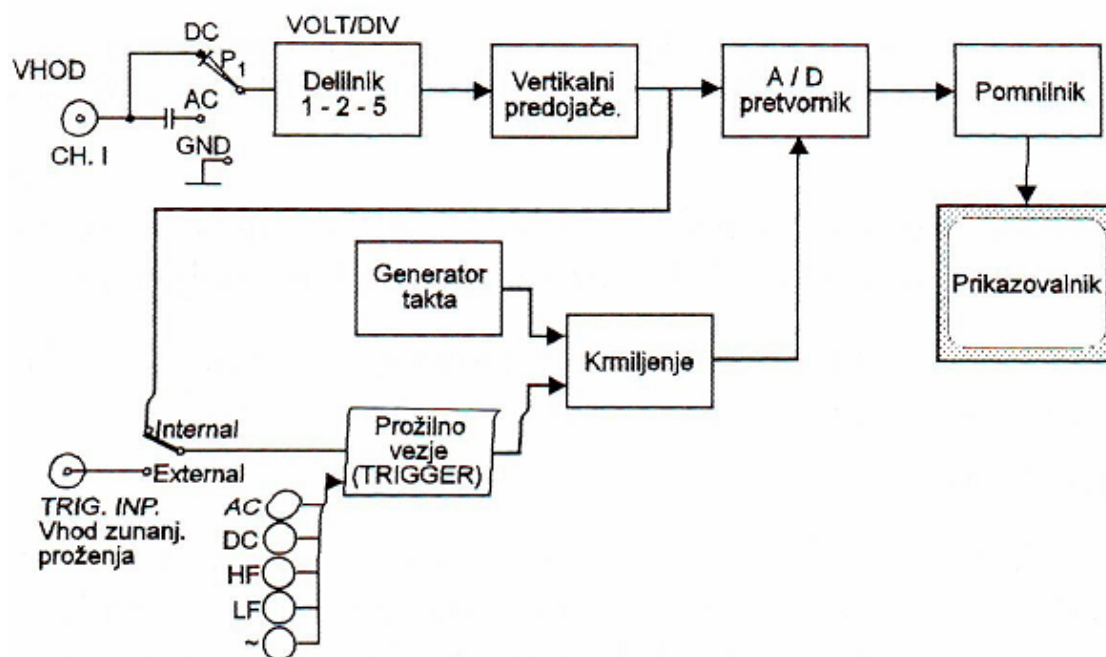
Analogni osciloskopi omogočajo opazovanje periodičnih signalov na zaslonu katodne cevi. Pri neperiodičnih signalih, ki se zgodijo v določenem trenutku in se ne ponavljajo, pa želimo sliko prehodnega pojava ohraniti na zaslonu dlje časa. Pojavi se potreba po shranitvi slike prehodnega pojava. Pri analognih osciloskopih so problem shranitve slike reševali na dva načina;

1. Z bistabilnim premazom zaslona katodne cevi, ki ima lastnost, da zadrži svetlobni žarek dlje časa na zaslonu in
2. z dodatnim osvetljevanjem zaslona katodne cevi, kjer enakomerno osvetljujemo celoten zaslon, vendar z majhno kinetično energijo, ki zadošče le za osvetljevanje prej vzbujenih območij zaslona.

Digitalni osciloskop omogoča shranjevanje in enostavno obdelavo merilnega signala, ki je časovno in amplitudno diskretiziran. Zaradi tega omogočajo digitalni osciloskopi še dodatne možnosti obdelave signala, kot so;

- ✓ izračun mejnih (peak to peak), efektivnih in srednjih vrednosti,
- ✓ izračun periode in frekvence signala,
- ✓ izračun mrtvega časa in časa vzpona prehodne funkcije in druge možnosti.

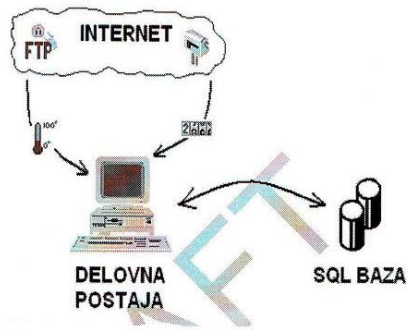
Blokovna shema digitalnega osciloskopa



Vhodni del digitalnega osciloskopa se veliko ne razlikuje od analognega. Izmenično – enosmernemu preklopniku sledi napetostni delilnik in vertikalni predojačevalnik, ki napetost ojača v merilno območje analogno digitalnega (A/D) pretvornika. V nasprotju z analognim osciloskopom, kjer generator žage odklanja žarek v x osi zaslona, se pri digitalnem osciloskopu uporablja "krožni pomnilnik", v katerega se shranjujejo odtipane vrednosti od trenutka proženja naprej. Po določenem času (ki je nastavljen z zadrževalnim števcem) vsebino pomnilnika prikažemo na zaslonu.

Prikazovanje signala na zaslonu je lahko izvedeno na dva načina:

- ✓ z digitalno/analogno (D/A) pretvorbo in katodno cevjo, kot pri analognih osciloskopih in
- ✓ z rastrskimi zasloni, kakršne imamo v računalniški tehnologiji.



PRETVORNIKI NEELEKTRIČNIH VELIČIN V ELEKTRIČNE

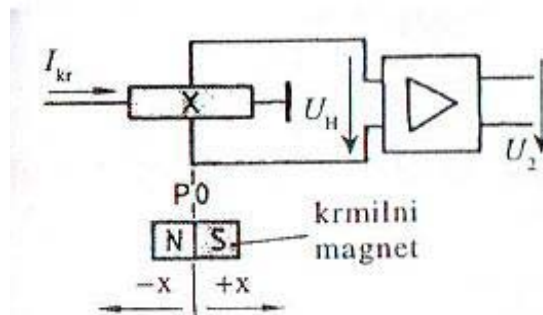
Za krmiljenje elektronskih krmilnih in regulacijskih naprav uporabljamo električne signale, ki se spreminjajo v odvisnosti od spremembe fizikalne veličine na merilnem mestu. Te električne signale nam dajejo tipala (dajalniki, senzori), ki pretvarjajo mehanske, termične, optične in kemične veličine v električni signal. Glede načina preoblikovanja neelektrične veličine v električne signale, razlikujemo aktivna in pasivna tipala.

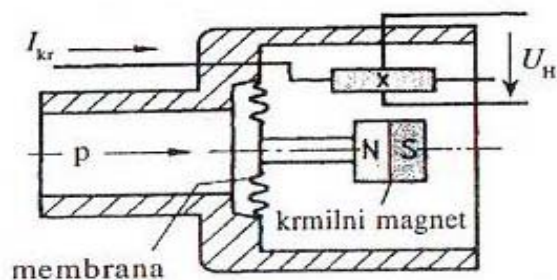
Aktivna tipala pretvarjajo mehansko, termično, svetlobno ali kemično energijo neposredno v električno. Aktivna tipala so torej proizvajalci napetosti, npr. termo - , foto - in piezoelektrični elementi.

Pasivna tipala vplivajo na električne veličine z neelektričnimi, pri čemer potrebujejo pomožno energijo.

TIPALA S HALLOVIM GENERATORJEM

Pri merjenju pomika se z merilnim objektom mimo Hallovega generatorja premika trajni magnet, glej sliko spodaj.





V točki P0 ($x = 0$) je pri umerjenem Hallovem generatorju napetost enaka 0 V. Pri premiku magneta za x dobimo Hallovo napetost U_H . Napetost je za majhne premike preprostorazmerna z razdaljo x ; polariteta napetosti pa je odvisna od smeri pomika.

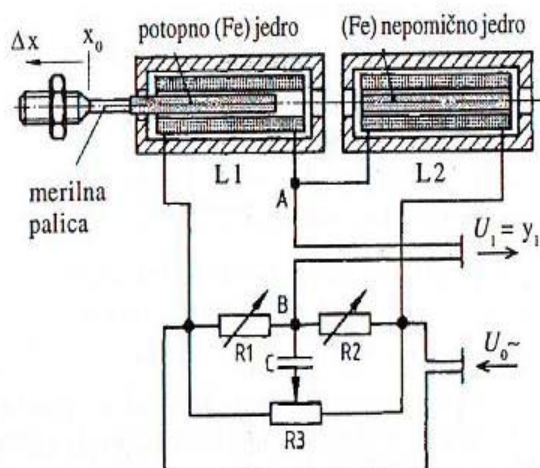
Ta princip je primeren tudi za merjenje tlaka. Zaradi tlaka p se membrana premakne, pri čemer se premakne magnet, ki je pritrjen nanjo, zato dobimo signal, ki je preprostorazmeren s tlakom.

INDUKTIVNA TIPALA

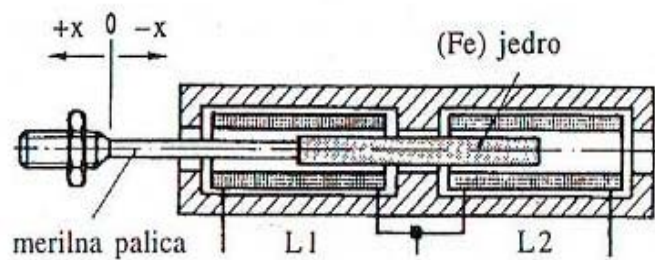
Tipalo s potopnim jedrom, lahko meri pomik v eni smeri do 1500 mm, npr. pomik obdelovanca. Tuljava je cilindrična, navitje ima majhen prerez, v notranjost se potaplja mehkomagnetno jedro, pritrjeno na merilni objekt. Tuljavi L1 s pomičnim ter primerjalna L2 s fiksnim jedrom predstavljata eno vejo induktivnega merilnega mostiča, ki se napaja z izmenično napetostjo konstantne amplitude in frekvence.

Mostič uravnesimo pri izhodiščni legi potopnega jedra x_0 . Z ohmsko vejo R1 in R2 izenačimo potenciala točk A in B, kapacitivno vejo C in R3 pa na enako fazno lego.

Ko merilni objekt premakne jedro za Δx , se spremeni impedanca Z_1 tuljave L1. Amplituda izmenične napetosti U_1 mostiča je proporcionalna s pomikom Δx .

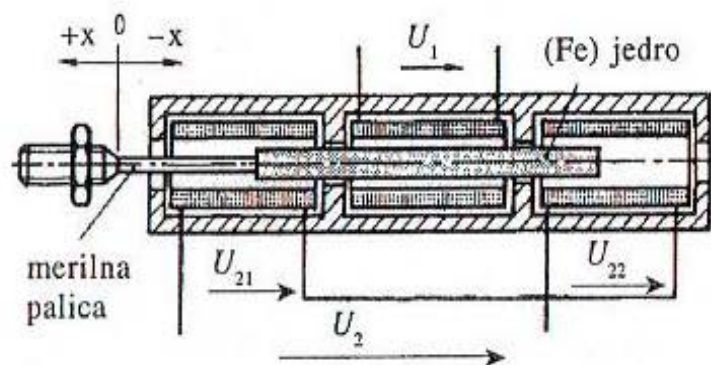


Diferencialna izvedba omogoča merjenje pomikov v obeh smereh. Tipalo je sestavljeno iz dveh enakih cilindričnih tuljav s skupnim feromagnetnim jedrom, slika spodaj;



Tuljavi tvorita vejo induktivnega mostiča. V izhodišču se nahaja jedro na sredini tuljav. Impedanci tuljav sta takrat enaki. Pri premiku merilnega objekta v eni ali drugi smeri dobimo na mostiču izmenični napetosti nasprotnih faz.

Diferenčni transformator tudi omogoča tipanje pomikov v obeh smereh, potrebuje pa vhodno izmenično napetost U_1 . Če se gibljivo feromagnetno jedro nahaja v sredini, sta inducirani napetosti U_{21} in U_{22} enako veliki, vendar sta tuljavi vezani tako, da se napetosti odštejeta. Pomik jedra za $\pm x$ določa amplitudo in fazo izhodne napetosti U_2 .



Induktivna tipala delujejo skoraj brez trenja. Zaradi tesnega zalitja v ohišje so neobčutljiva za prah in druge škodljive snovi, zato imajo dolgo življenjsko dobo. Posebne izvedbe so uporabne pri temperaturah od $-200\text{ }^\circ\text{C}$ do $+600\text{ }^\circ\text{C}$. V nasprotju s polprevodniškimi tipali na induktivna tipala ne vpliva radioaktivno sevanje, zato so primerna za meritve v jedrskih reaktorjih.

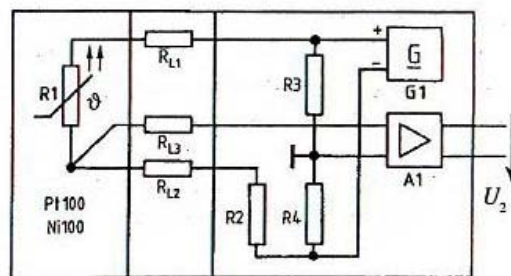
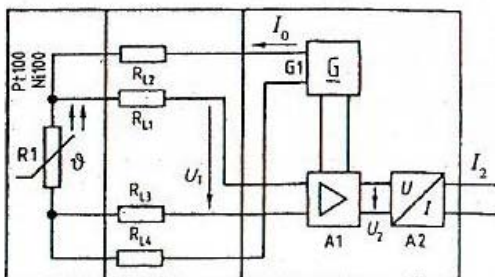
TEMPERATURNNA TIPALA

Uporovna tipala

Ta vrsta tipal izkorišča odvisnost upornosti od temperature. Kovinska tipala vsebujejo žične upore. V glavnem uporabljamo platino ali nikelj z nazivno upornostjo $100\ \Omega$ (Pt 100, Ni 100) pri $0\text{ }^\circ\text{C}$. Tipala iz platine uporabljamo v temperaturnem območju od $-200\text{ }^\circ\text{C}$ do $+900\text{ }^\circ\text{C}$, nikljeva pa v območju od $-60\text{ }^\circ\text{C}$ do $+180\text{ }^\circ\text{C}$.

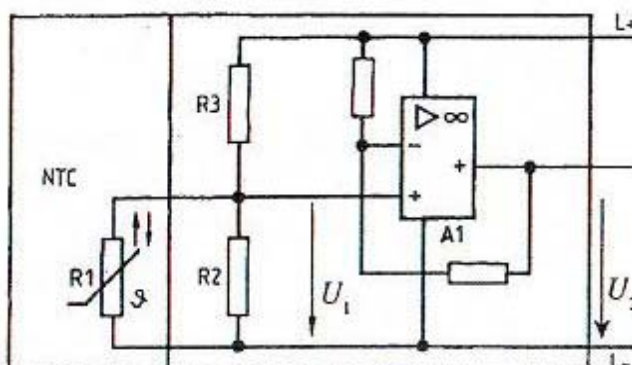


Temperaturo merimo z merjenjem padca napetosti na merilnem uporu. Pri tem tipalo napajamo z vsiljenim tokom, slika spodaj.



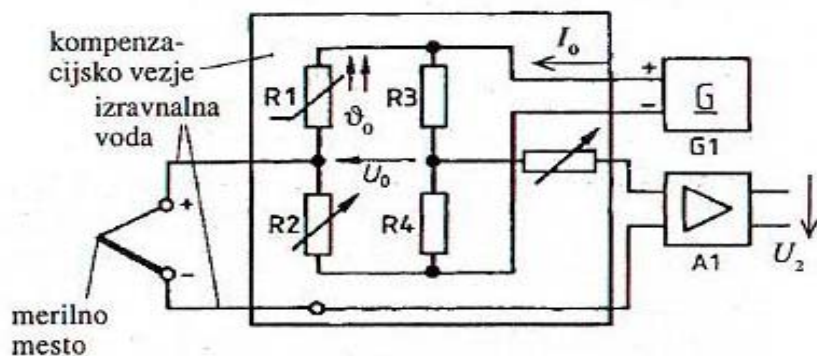
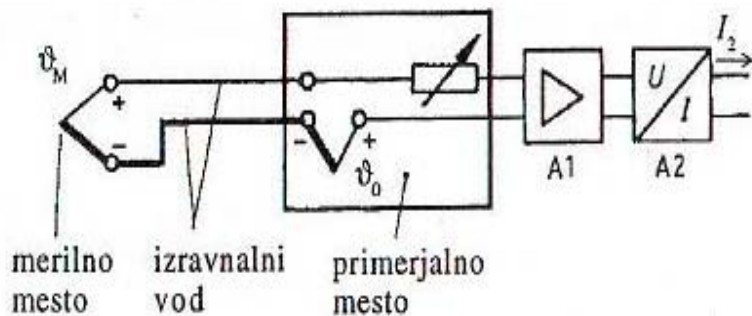
Polprevodniška tipala so primerna za merjenje temperatur od $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+180\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vsebujejo NTK – upore iz dotiranih polprevodnikov ali PTK- upore iz čistega silicija. So majhna, hitro reagirajo na spremembe temperature, v primerjavi s kovinskimi so 20 – krat bolj občutljiva.

Ker je odvisnost upornosti od temperature linearna le v majhnem območju, izboljšamo linearnost s posebnimi vezji, slika spodaj;



TERMOELEMENTI

Dve različni kovini, ki ju na enem koncu spojimo, generirata kontaktno ali termonapetost. Napetost narašča s temperaturo in je odvisna od materiala – termopara. Ker so v tokokrogu, s katerim merimo temperaturo, še druga kontaktna mesta, ki vplivajo na termonapetosti, uporabljamo izravnalne vode, ki vodijo do primerjalnega mesta, kjer se nahaja enak termočlen. Vezan je tako, da se napetosti odštevata, s čimer izničimo vpliv temperature okolice. Potem merimo razliko temperature med merilnim in primerjalnim mestom.



Kontaktna mesta v tokokrogu tipala, ki vplivajo na točnost merjenja, so predvsem na koncu izravnalnega voda. Temperaturo nihanja v tem območju lahko izravnamo z mostičnim vezjem.

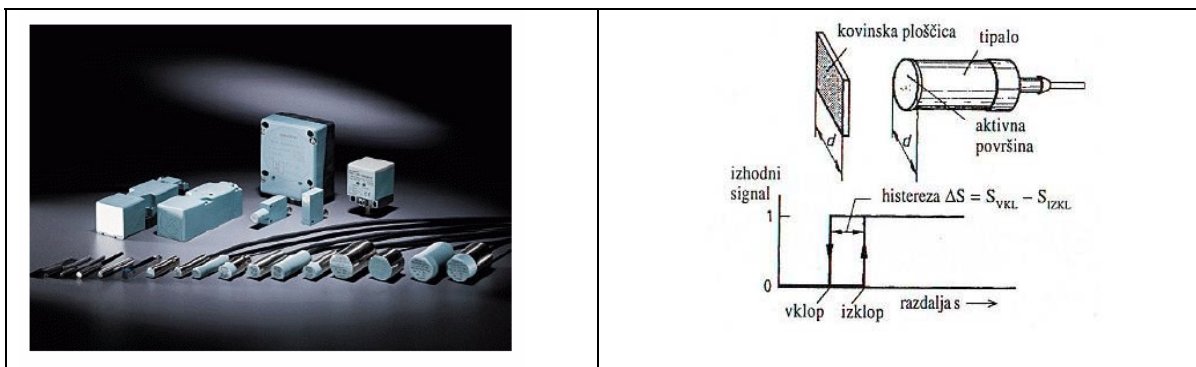
Ovisno od uporabljenega termopara lahko s temi tipali merimo različna temperaturna območja, npr. baker – konstantan od -60°C do $+350^{\circ}\text{C}$, platina – rodij – platina pa od 0°C do $+1600^{\circ}\text{C}$.

TIPALA S STIKALNIM IZHODOM

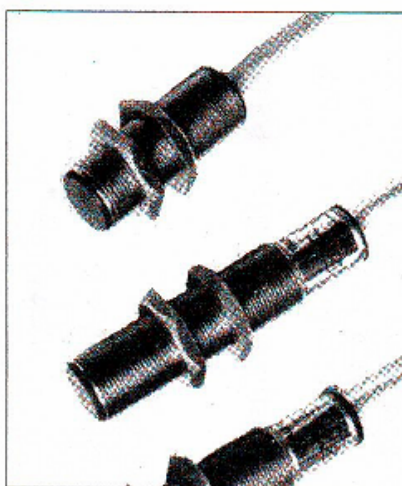
Induktivna približevalna stikala

S priključitvijo napetosti na približevalno stikalo generira oscilator z LC – nihajnim krogom, slika spodaj, visokofrekvenčno elektromagnetno polje, ki se s pomočjo feritnega jedra poveča in usmeri tako, da seva iz aktivne površine tipala. Kovinski del, ki se nahaja v izmeničnem polju induktivnega približevalnega stikala, duši napetost oscilatorja. Usmerjena napetost oscilatorja pade pod določeno mejno vrednost. Stikalna stopnja v izhodnem ojačevalniku povzroči spremembo signala na izhodu tipala.

Aktivno razdaljo tipala dobimo s kvadratno kovinsko ploščico s stranico, ki je enaka premeru tipala. Razliko med točko vklopa in izklopa imenujemo preklopna histereza, slika spodaj.

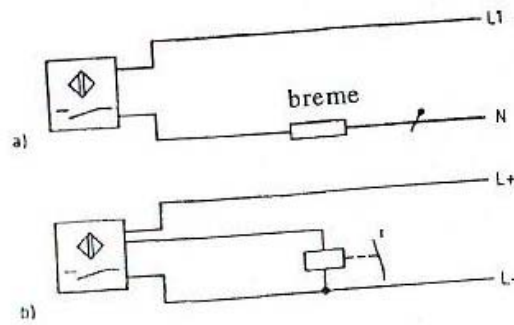


Pri uporabi nemagnetnih materialov tipalo zadušimo, stikalna razdalja pa se manjša. Slika spodaj kaže praktično izvedbo induktivnih približevalnih stikal.



Kapacitivna približevalna stikala delujejo s pomočjo RC – oscilatorjev. Aktivno površino omejimo z oblikovanjem sonde. Ko se predmet približa aktivni površini, se poveča kapacitivnost kondenzatorja, zato se spremeni izhodni signal tipala. Poleg kovin in nekovin tipajo kapacitivna približevalna stikala tudi tekočine ter zrnate in sipke materiale.

Izvedbe približevalnih stikal. Približevalna stikala za obratovanje z enosmerno napetostjo (10 V do 30 V) izdelujejo v trižični izvedbi, pri izmenični napetosti do 250 V pa v dvožični izvedbi.



Merilni pretvornik MI 458

Merilni pretvornik MI 458 je namenjen za uporabo v industrijskih procesih, pri pretvorbi enosmernega toka v ustrezne enosmerne tokovne ali napetostne signale. Analogni izhodni signal je premo sorazmeren z merjeno vrednostjo ter primeren za regulacijo analognih ali digitalnih naprav.

Lastnosti:

- Merjenje enosmernega toka
- Nastavljivi vhodi in izhodi
- Majhna lastna poraba
- Univerzalno AC/DC- ali AC-pomožno napajanje
- Natančnost: razred 0,5
- Serijska komunikacija RS232 ali RS485 (velika velikost prenosa podatkov: do 115,200 bit/s, MODBUS-protokol)
- Ohišje za montažo na letev
- **Skladnost z EN 60770-1: 1999**



Merjenje 15 minutno

Merilne naprave uporabnika morajo biti tehnološko usklajene z merilnim sistemom upravljalcem omrežja, ki v soglasju za priključitev določi vrsto, tip in razred točnosti merilnih in krmilnih naprav ter mesto in način njihove namestitve. Izvedbe merilnih mest določa *Tipizacija merilnih mest*. Vrsto in tip merilne, krmilne in komunikacijske opreme na merilnih mestih določa *Nabor merilne opreme*.

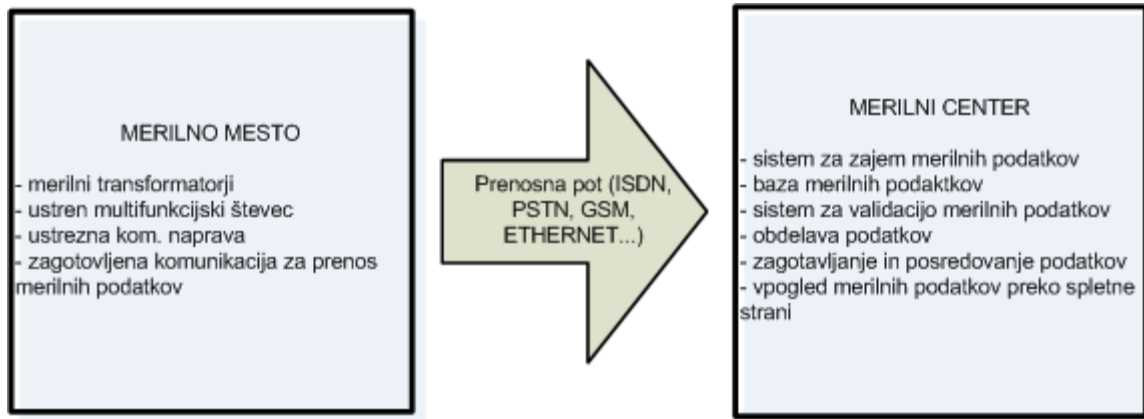
Pogoji in oprema za merilno mesto pri Upravičenem odjemalcu

Merilna mesta uporabnikov s priključno močjo nad 41 kW morajo biti opremljena z merilnimi napravami, ki zagotavljajo:

- merjenje in registracijo 15-minutnih vrednosti delovne in jalove energije,
- lokalni prikaz obračunskih vrednosti in
- daljinski prenos podatkov do upravljalca.

Ostale zahteve so odvisne od lastnosti merilnega mesta in jih Sistemski Operater predpiše v soglasju.

Osnovna shema sistema merjenja za upravičenega odjemalca



Merilna mesta uporabnikov s priključno močjo 41 kW morajo biti opremljena z merilnimi napravami, ki zagotavljajo:

- merjenje in registracijo 15-minutnih vrednosti delovne in jalove energije,
- lokalni prikaz obračunskih vrednosti.

Merilna mesta uporabnikov s priključno močjo pod 41 kW morajo biti opremljena z merilnimi

napravami, ki zagotavljajo:

- merjenje in registracijo delovne energije,
- lokalni prikaz obračunskih vrednosti.

EWDMs Manager

Datoteka Uredi Nastavitve Pomoč

Pregled

Energija Agregacije
 Vreme LoadClasses

Zgodovina Napoved

SMM:

Analiza Grafikon
 Pregled Tabela

Od: 01.02.2007
Do: 01.03.2007

sreda, 28.02.2007

Wn= 0,049 MWh Wd= 0,733 MWh Wp= 0 MWh

Čas	Zapis	Opis	✓	Od	Do
28.02.11:08:42	Validacija		✓	26.02.23:00:00	27.02.23:00:00
28.02.11:08:42	Normalizacija vremena	Kalkulacija in normalizacija podatkov o vremenu.	✓	28.02.11:08:41	28.02.11:08:41
28.02.11:08:42	Uvoz vseh datotek v direktoriju	Direktorij: "C:\FS test\Ftp\histeg\"		28.02.11:08:41	28.02.11:08:41
28.02.11:08:41	Uvoz vseh datotek v direktoriju	Direktorij: "C:\FS test\Ftp\vic\"		28.02.11:08:41	28.02.11:08:41
28.02.11:08:41	Uvoz vseh datotek v direktoriju	Direktorij: "C:\FS test\Ftp\ec\"		28.02.11:08:41	28.02.11:08:41
28.02.11:08:41	Uvoz vseh datotek v direktoriju	Direktorij: "C:\FS test\Ftp\observ\"		28.02.11:08:41	28.02.11:08:41
28.02.11:07:51	Normalizacija energije	Kalkulacija in normalizacija podatkov o energiji.		28.02.11:07:51	28.02.11:07:51
28.02.11:05:32	Uvoz vseh datotek v direktoriju	Direktorij: "C:\FS test\Mall\"		28.02.11:05:32	28.02.11:05:32
28.02.11:05:26	Prejemanje vseh skupin datotek			28.02.11:05:26	28.02.11:05:26
28.02.08:33:32	Validacija		✓	26.02.23:00:00	27.02.23:00:00
28.02.08:33:31	Normalizacija vremena	Kalkulacija in normalizacija podatkov o vremenu.		28.02.08:33:31	28.02.08:33:31

Današnji Vsi Datum

Dnevnik sporočil Status branja Status podatkov

11:37 28. februar 2007 DIS: 2 SMM: 37 STO: 111004902002 LPR: MHE PLESNIK STANKO SQL = OK DB2 = Error

Start EWDMs Manager Real_Odst_feb_07.xls Merilni Centri - Microsoft I... PRETVORNIKI.doc - Micro...

EWDMS Manager Datoteka Uredi Nastavitve Pomoč

Pregled

Energija
 Agregacije
 Vreme
 LoadClasses

Zgodovina
 Napoved

Agreg.:

Analiza
 Grafikon
 Tabela

Od: 01.02.2007

 Do: 01.03.2007

sreda, 28.02.2007

Wn= 17177,119 MWh
 Wd= 39447,036 MWh
 Wp= 0 MWh

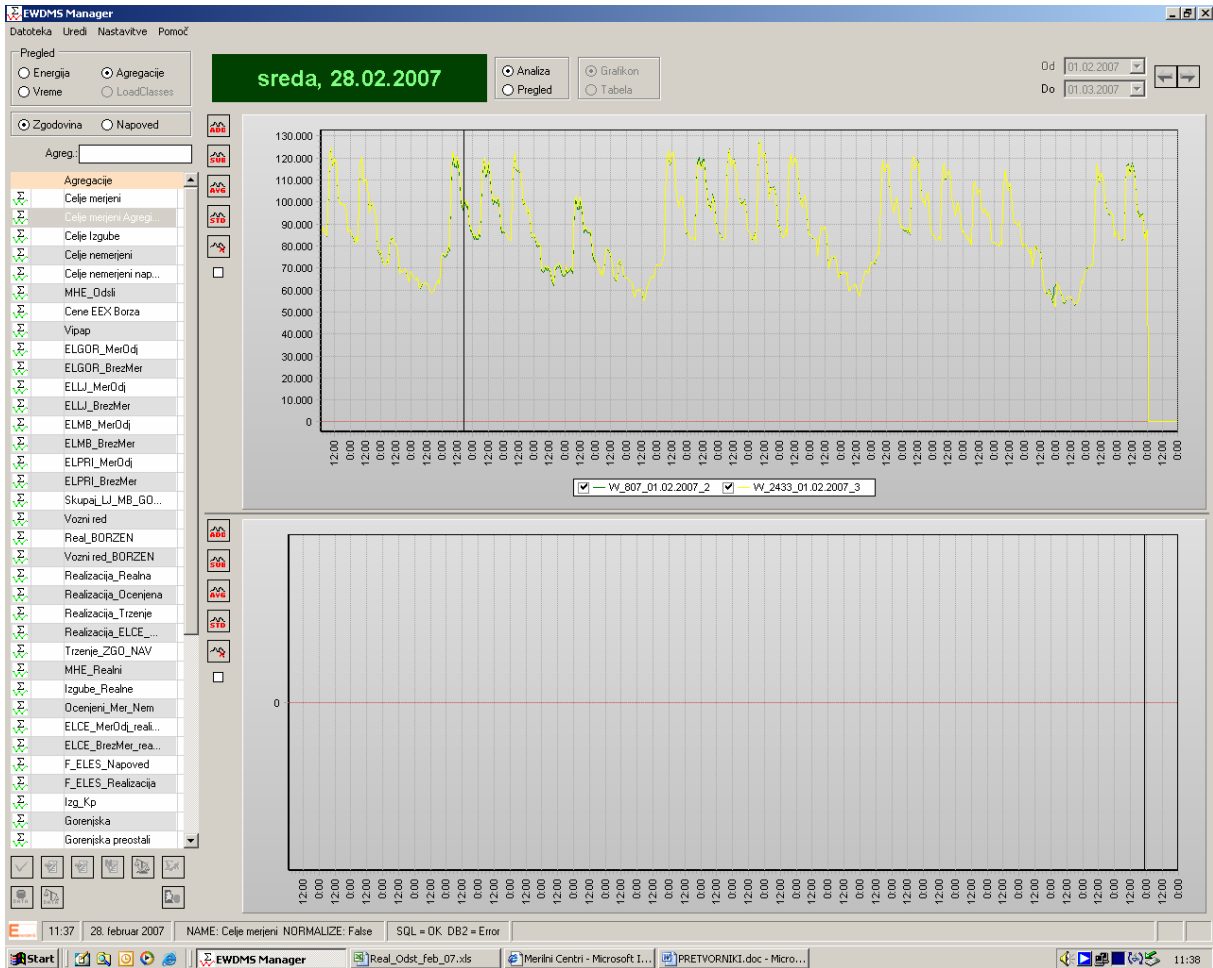
Čas	Zapis	Opis	✓	Od	Do
28.02.11:08:42	Validacija		✓	26.02.23:00:00	27.02.23:00:00
28.02.11:08:42	Normalizacija vremena	Kalkulacija in normalizacija podatkov o vremenu.	✓	28.02.11:08:41	28.02.11:08:41
28.02.11:08:41	Uvoz vseh datotek v direktoriju	Direktorij "C:\FS test\FtpMistegV"		28.02.11:08:41	28.02.11:08:41
28.02.11:08:41	Uvoz vseh datotek v direktoriju	Direktorij "C:\FS test\FtpVecV"		28.02.11:08:41	28.02.11:08:41
28.02.11:08:41	Uvoz vseh datotek v direktoriju	Direktorij "C:\FS test\FtpIobservV"		28.02.11:08:41	28.02.11:08:41
28.02.11:07:51	Normalizacija energije	Kalkulacija in normalizacija podatkov o energiji.		28.02.11:07:51	28.02.11:07:51
28.02.11:05:32	Uvoz vseh datotek v direktoriju	Direktorij "C:\FS test\Maill"		28.02.11:05:32	28.02.11:05:32
28.02.11:05:26	Prejemanje vseh skupin datotek			28.02.11:05:26	28.02.11:05:26
28.02.08:33:32	Validacija		✓	26.02.23:00:00	27.02.23:00:00
28.02.08:33:31	Normalizacija vremena	Kalkulacija in normalizacija podatkov o vremenu.		28.02.08:33:31	28.02.08:33:31

Današnji
 Vsi
 Datum

Dnevnik sporočij | Status branja | Status podatkov

11:37 28. februar 2007 NAME: Ceste merjeni NORMALIZE: False SQL = OK DB2 = Error

Start | EWDMS Manager | Real_Odst_feb_07.xls | Merilni Centri - Microsoft I... | PRETVORNKI.doc - Micro... | 11:37



SEP2 Report

File Edit View Schedule Options Help

Change Data Source... Refresh

SRVCE07

Report Definition: Period: hours, Auto Format: STP 2002, Raw Data:

From: 20.02.2007 00:00:00 To: 01.03.2007 00:00:00

Merjeni_odsli

Report

Date: 20.02.2007 00:00 - 01.03.2007 00:00

Time	EL_MB unit	EL_G unit	EL_P unit	IG_APC unit	AMON unit	EL_LJ unit		
20.02	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx		
02:00	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx		
03:00	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx		
04:00	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx		
...	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx		
Summ...	xxxx(4)	xxxx(4)	xxxx(4)	xxxx(0)	xxxx(4)	xxxx(4)		

Sort By: Time, Values (MAX->MIN) in column..., Values (MIN->MAX) in column..., Column: Vipap skupno RTF

Columns: Insert New Column, First Column, Last Column, Color Tariffs, Show Details, Define Colors

Summary: Add Summary Row For All Columns, Modify Independent Summary Rows, Add/Modify Math Field(s)

Merjeni_odsli

Report

Date: 20.02.2007 00:00 - 01.03.2007 00:00

Time	EL_MB kw	EL_GOR kw	EL_PRIM kw	IG_APC kw	AMON kw	EL_LJ kw	HSE kw	Vipap skupno RTF k
20.02 01:00	4787.05	10.65	1051.52	9725.80	395.97	7892.48	157.38	22279.1
02:00	4049.63	10.20	1023.28	9255.40	410.48	6846.65	157.09	22143.1
03:00	3996.54	9.99	965.80	9221.94	401.57	6711.60	157.50	21980.1
04:00	4158.13	10.57	954.24	9259.26	402.36	5465.31	156.40	21631.1
05:00	4543.03	9.60	1023.43	9167.33	430.39	6536.27	156.69	21617.1
06:00	6014.53	11.55	1132.13	9969.59	553.84	6590.47	161.49	14443.1
07:00	7656.16	14.25	1619.09	13786.62	974.84	8182.02	183.36	12363.1
08:00	6287.08	17.02	2013.95	14755.69	1098.02	6514.71	189.48	12243.1
09:00	9472.37	30.38	2185.13	15011.64	1066.45	8432.60	205.64	12123.1
10:00	9314.26	22.57	2161.63	14457.34	971.00	8534.29	193.20	12144.1
11:00	10259.82	24.07	2086.72	14879.24	996.14	8263.81	190.04	12240.1
12:00	10389.95	19.13	1933.88	14947.80	993.75	7450.25	186.75	12151.1
13:00	9658.60	19.57	1918.72	14311.45	1010.39	8979.99	189.17	11975.1
14:00	6803.76	20.25	1850.88	13611.93	932.92	8431.13	183.09	11771.1
15:00	9660.17	19.42	1702.49	12237.44	866.78	6526.61	179.94	11995.1
16:00	8567.03	19.77	1511.93	11960.87	836.01	6870.09	179.22	11871.1

User: as1324
Access Rights: Execute, Modify, Password, Users

Start | EWDM5 Manager | Real_Odsli_feb_07.xls | Merilni Centri - Microsoft I... | PRETVORNKI.doc - Micro... | SEP2 Report | 11:39

SEP2 Report

File Edit View Schedule Options Help

Change Data Source... Refresh

SRVCE07

Report Definition: Period 1 hours Auto Format STP 2002 Raw Data

From 20.02.2007 00:00:00 To 01.03.2007 00:00:00 Today Update Save Set Range...

Sort By... Time Values (MAX->MIN) in column... Values (MIN->MAX) in column... Column Livarna Vuzenica

Livarna Vuzenica

Report

Date: 20.02.2007 00:00 - 01.03.2007 00:00

Time	Livarn Unit
20.02	xxxx
02:00	xxxx
03:00	xxxx
04:00	xxxx
...	xxxx

Summ... xxxx(1)

Rep. Name: Appears on every page
 Title: Appears on every page
 Logo: Appears on every page
 Subtitle: Appears on every page
 Date: Appears on every page

Columns: Insert New Column
 First Column: After: Livarna Vuze
 Last Column: Color Tariffs
 Show Details Define Colors

Summary: Add Summary Row For All Columns, Modify Independent Summary Rows, Add/Modify Math Field(s)

1/217 Results

Livarna Vuzenica

Report

Date: 20.02.2007 00:00 - 01.03.2007 00:00

Time	Livarna Vuzenica kW
20.02 01:00	6421.92
02:00	7414.55
03:00	5232.69
04:00	4051.09
05:00	8098.73
06:00	5051.65
07:00	6121.08
08:00	4492.09
09:00	6532.86
10:00	6597.33
11:00	6379.63
12:00	5550.35
13:00	7094.01
14:00	6544.36
15:00	4809.47
16:00	7116.84

Results Summary Graph

Reports View Printing Plans View

User: as1324
 Access Rights: Escalate, Modify, Password, Users

Start EWDM5 Manager Real_Odst_feb_07.xls Merilni Centri - Microsoft I... PRETVORNKI.doc - Micro... SEP2 Report 11:40

SEP2 Report

File Edit View Schedule Options Help

Change Data Source... Refresh

SRVCE07

Quickly To Window To Printer Export Save As Select Look Printing Plan UNDO Survey

Report Definition

Period: 1 hours Auto Format: Raw Data:

Tarif Rule: STP 2002

From: 20.02.2007 00:00:00 To: 01.03.2007 00:00:00

Today <|> Update Save Set Range...

Sort By...

Time

Values (MAX->MIN) in column...

Values (MIN->MAX) in column...

Column: Livarna Vuzenica

Rep. Name: Appears on every page

Title: Appears on every page

Logo: Appears on every page

Subtitle: Appears on every page

Date: Appears on every page

Columns

Insert New Column

First Column: After: Livarna Vuze

Last Column: Color Tariffs:

Show Details: Define Colors:

Summary

Add Summary Row For All Columns

Modify Independent Summary Rows

Add/Modify Math Field(s)

Report

Date: 20.02.2007 00:00 - 01.03.2007 00:00

Time	Livarn. unit
20.02.2007	xxxx
02.00	xxxx
03.00	xxxx
04.00	xxxx
...	xxxx

Summ... xxxx(1)

1/1 graph

Report

Date: 20.02.2007 00:00 - 01.03.2007 00:00

Graph for all columns

15000
10000
5000
0

0 4 8 12 16 20 0 4 8 12 16 20 0 4 8 12 16 20 0 4 8 12 16 20 0 4 8 12 16 20 0 4 8 12 16 20 0 4 8 12 16 20

Feb 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28.

- Livarna Vuzenica [kW]

Reports View Printing Plans View

User: ec1334

Access Rights: Execute
Modify
Password
Users

Start EWDMS Manager Real_Odst_feb_07.xls Merilni Centri - Microsoft I... PRETVORNIKI.doc - Micro... SEP2 Report 11:40

BINARNI SISTEM

V binarnem sistemu poznamo samo dva položaja: da in ne ali matematično 1 in 0. Na tej osnovi je bila razvita metoda za izražanje poljubnega števila, znaka (črke) ali pa celo pojma z nizom, v katerem so samo stanja 1 in 0. Za boljše razumevanje v binarnem zapisu je to število sestavljeno iz potenc števila 2 (od tod tudi ime binarno). Tak zapis imenujemo tudi *dualni (dvojiški)* binarni kod (DBC). Kot kaže slika spodaj v desetiškem sistemu zapišemo, kolikokrat je kakšna potenca prisotna (1×10^2 , 5×10^1 , 7×10^0); v binarnem sistemu je važno le to, ali je določena potenca števila 2 zajeta ali ne.

$157 = 1 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 7 \times 10^0$	desetiški zapis
$157 = 1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0$	
= 1 0 0 1 1 1 0 0	
= 10011100	dvojiški binarni zapis

Na sliki 2 vidimo, kako zapišemo števila od 0 do 15 v binarnem sistemu. Toda tudi v binarnem sistemu lahko pišemo števila v desetiški obliki. Število 157 bi zapisali:

$$157 = 1 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 7 \times 10^0$$

0001 0101 0111

vrednost	decimalno	binarno	heksadecimalno
□	0	0	0
□□	1	1	1
□□□	2	10	2
□□□□	3	11	3
□□□□□	4	100	4
□□□□□□	5	101	5
□□□□□□□	6	110	6
□□□□□□□□	7	111	7
□□□□□□□□□	8	1000	8
□□□□□□□□□□	9	1001	9
□□□□□□□□□□□	10	1010	A
□□□□□□□□□□□□	11	1011	B
□□□□□□□□□□□□□	12	1100	C
□□□□□□□□□□□□□□	13	1101	D
□□□□□□□□□□□□□□□	14	1110	E
□□□□□□□□□□□□□□□□	15	1111	F

Tak način zapisa (kodiranja) imenujemo *binarno kodirano* desetiško (*BCD, Binary Coded Decimal*). Za števila od 0 do 9 moramo vzeti 4 bite (bit je okrajšava za *Binary digit*). V BCD – kodu ostane tako šest neuporabnih kombinacij. Tem šestim kombinacijam lahko pripišemo črke od A do F; takemu kodu pravimo *heksadecimalni*.

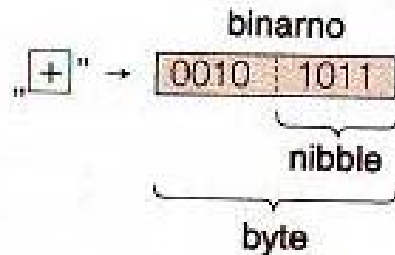
V računalniku je v rabi večinoma dvojiški binarni kod, ponekod pa tudi BCD – kod. Za računanje z dvojiškim kodom rabimo manj bitov kot za računanje z BCD – kodom, kajti število 157 ima v njem 8 bitov, v BCD – kodu pa 12.

Poleg zapisa številke potrebujemo v računalništvu tudi binarni zapis črk in drugih znakov, saj moramo računalniku dajati razna navodila in ukaze. Upoštevati je torej treba vso abecedo. Številke od 0 do 9, ločila in simbol, kar znese nad 40 znakov; za to bi morali vzeti vsaj 6 – bitni kod ($2^6 = 64$). Ker upoštevamo velike in male črke je dogovorjen 7 – bitni kod, s katerim sicer lahko prikažemo 128 znakov, torej vse kombinacije niso zasedene. Navadno je dodan še kontrolni bit. V primeru, ko je število enic v skupini liho, je kontrolni bit v stanju 1; če je število enic sodo, pa je kontrolni bit v stanju 0. Kontrola je potrebna predvsem pri prenosu digitalnih signalov. Sprejemnik preveri, ali število enic ustreza kontrolnemu kodu ali ne, in zahteva od oddajnika ponovitev – ali pa sprejeto informacijo prezre.

Skupino osmih bitov imenujemo byte. Slika spodaj kaže preprost primer seštevanja dveh binarnih števil. Pravilo je, da je vsota $1 + 1 = 0$ in da enico prenašamo naprej.

0 1 0 0	dvojiško	desetiško
+0 +1 +1 0	100	4
	+ 110	+ 6
1 0 1 0 = 10	+ 1010	= 10

Včasih razdelimo 8 – bitni byte v dve skupini po 4 – bite (nibble). Slika spodaj kaže, kako je znak za seštevanje (+) razdeljen v dva nibbla (kvarteta), ki ju glede na pomen koda zapišemo kot 2 in B, slika spodaj.



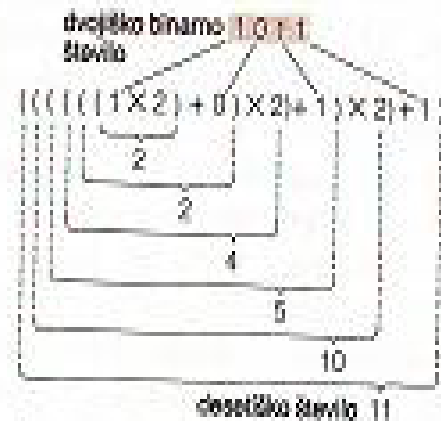
Sl. 5 Kodiranje znaka + z dvema kvartetoma (nibble)

Bit, ki stoji v kodiranem znaku na prvem mestu, je najpomembnejši, saj izraža najvišjo potenco števila 2. Označujemo ga kot **MSB**, slika spodaj in se vselej prenaša prvi. Zadnji bit izraža najnižjo potenco števila 2 (2^0), označujemo ga kot **LSB** in se prenaša zadnji.

deljenje	kvocient	ostanek
11 : 2 =	5	1 LSB 2^0
5 : 2 =	2	1 2^1
2 : 2 =	1	0 2^2
1 : 2 =	0	1 MSB 2^3

desetiško število	dvajško binarno število
11 →	1011
11 →	$1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$

Sl. 3 a Pretvorba desetiškega števila v dvajško binarnega
 LSB = Least Significant Bit (najmanj pomemben bit)
 MSB = Most Significant Bit (najpomembnejši bit)



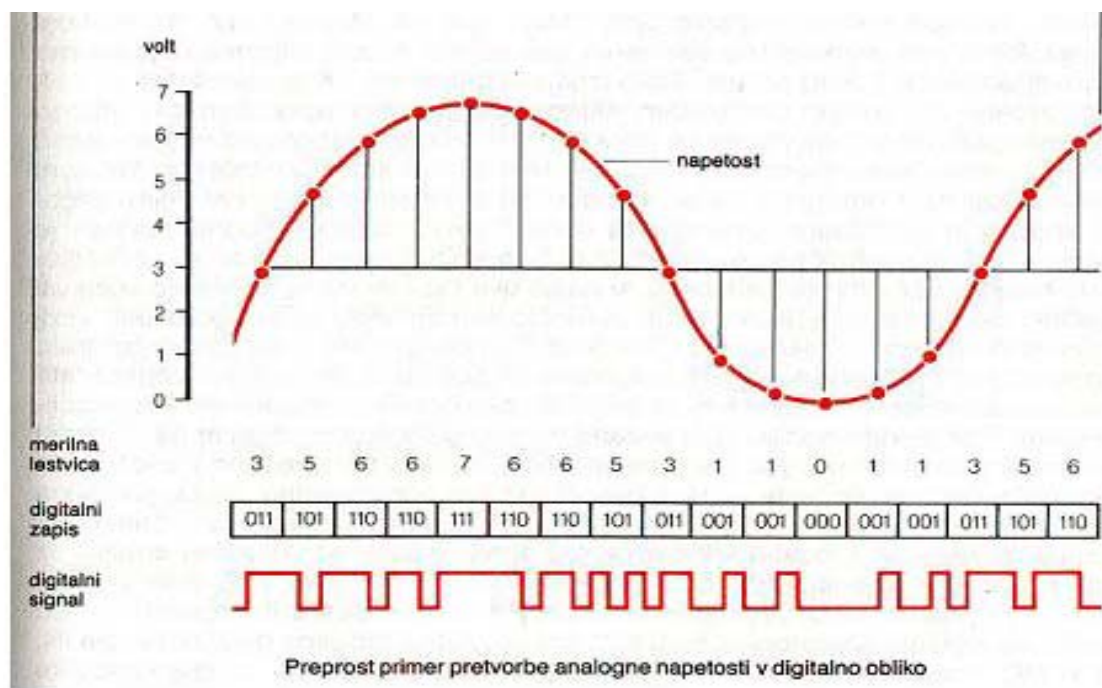
Sl. 3 b Pretvorba binarnega števila v desetiško

OBDELAVA INFORMACIJ

Obdelava informacij in delovanje računalnikov temelji na digitalni tehniki, se pravi, da se vsi ukazi, podatki, računske in druge operacije opravijo z digitalnimi signali. Tudi na drugih področjih tehnike (meritve, regulacije) se vse bolj uveljavlja digitalna tehnika. Vsi pojavi, s katerimi se srečujemo tako v fiziki kakor tudi v vsakdanjem šivljenju, so analogni; obravnavane veličine (hitrost, temperatura, tlak, napetost itd.) so ali stalne vrednosti ali pa se s časom spreminjajo tako, da jih lahko neposredno prikažemo tudi grafično, z diagramom, zavzamejo pa poljubne vrednosti, merljive z ustreznimi merilnimi pripravami (npr. toplomer, tlakomer itd.).

Digitalni signal pozna le dve diskretni stanji 0 in 1, kar bi preprosto lahko tolmačili kot *ne* in *da* ali pa odprto in zaprto. Vsaka vrednost analogne veličin se v digitalnem zapisu lahko izrazi le z nizom stanj 0 in 1, se pravi s številom bitov.

Slika spodaj kaže princip generiranja digitalnega signala iz analognega.

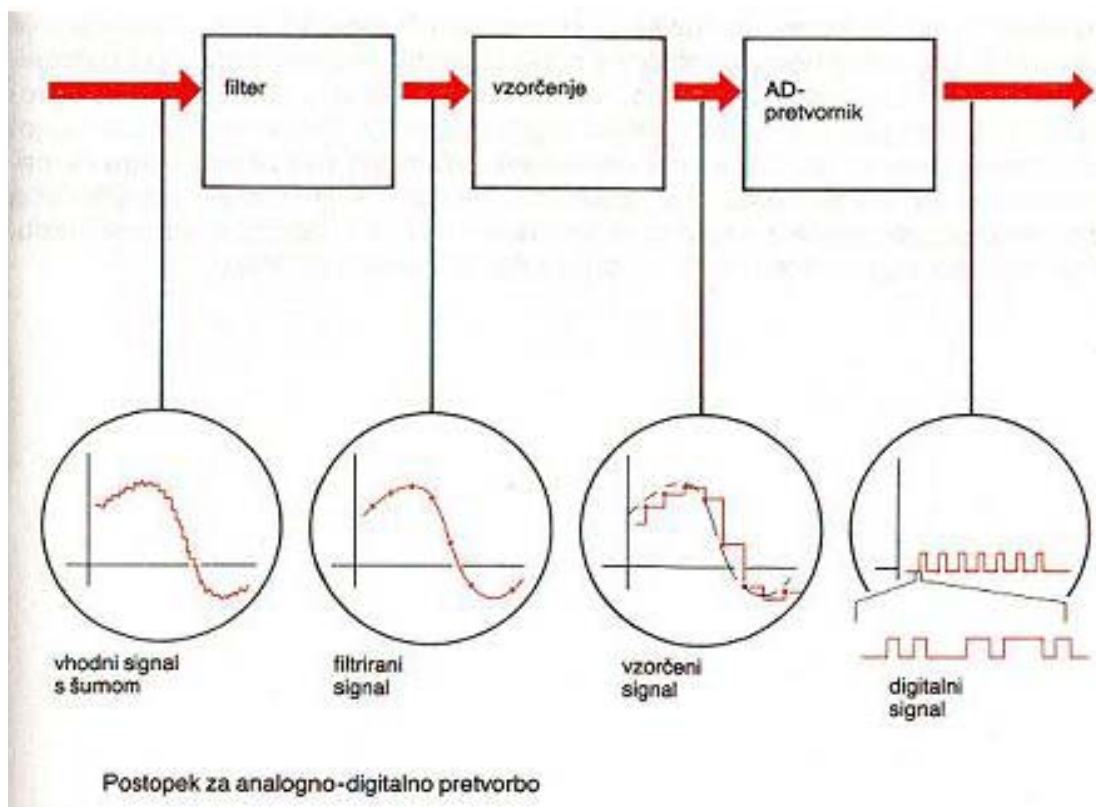


Analogni signal najprej vzorčimo, to je v enakomernih časovnih presledkih odčitamo njegovo vrednost, ki jo zadržimo do naslednjega odbirka. V tem zadrževalnem času spremenimo analogno vrednost v digitalno, in to z vezjem, ki mu pravimo analogno – digitalni pretvornik (AD). Za pretvorbo je pomembno število stopenj – nivojev, na katere razdelimo analogni signal. AD pretvorniki so na voljo za različno število števil

nivojev. Vzemimo osem nivojski pretvornik, se pravi, da ves razpon analognega signala razdelimo na osem enakih stopenj (slika zgoraj od 0 do 7). Za osem stopenj zadoščajo trije biti. Analogni signal na sliki zgoraj je prikazan s pripadajočim digitalnim signalom in kombinacijo bitov. Vidimo, da digitalni signal ni povsem točna slika analognega, predvsem ne, kar zadeva nivoje, saj npr. štiri nivoje v bližini ničle vrednoti kot 1. Napaka (kvantizacijska napaka) je tem manjša, čim več nivojev smo izbrali. Frekvenca vzorčenja ni tako kritična, pomembno je, da vzamemo vsaj dva vzorca na periodo; frekvenca vzorčenja se torej ravna po najvišji frekvenci analognega signala.

Pri kodiranju s tremi biti, ko ga prikazuje slika zgoraj, je napaka odčitavanja 12,5 %, zato je analogni signal digitalno precej slabo obdelan. Za prenos govora v telefoniji vzamemo vsaj 8 – bitno kodiranje (256 nivojev), prav toliko tudi za televizijski signal; pri tem je napaka okoli 0,4 %. Za kvalitetno reprodukcijo glasbe na digitalnih ploščah jemljemo 16 – bitno kodiranje ($2^{16} = 65536$ nivojev). Ker zvok obsega frekvence od 20 Hz do 20 kHz, mora biti frekvenca vzorčenja 40 kHz; tako imamo digitalni signal s 40 000 krat $16 = 640\,000$ bitov na sekundo. Normalno računamo z dvema bitoma na periodo, zato zahteva digitalni signal 320 kHz širok frekvenčni pas, kar je 16 – krat več kot za prenos analognega signala. Velika prednost digitalnega signala pa je mnogo boljše razmerje signal – šum in možnost omejevanja motenj, kar znatnoboljšuje kvaliteto reprodukcije.

Digitalni signal spremenimo v analognega z digitalno – analognim pretvornikom (DA). Pri tem je pomembno poznati tako vrsto digitalnega koda kakor tudi število bitov za posamezno vrednost. Vprimeru, slika zgoraj je to 3 – bitni kod. DA – pretvornik mora najprej razdeliti sprejeti digitalni signal v trojčke in obravnavati trojček za trojčkom. Primer DA – pretvornika je vezje, ki z elektronskimi stikali vklaplja določene vrednosti toka. Vzemimo digitalni signal 111, ki ustreza nivoju 7 V, slika zgoraj v tem primeru bi vzeli DA pretvornik, ki lahko vklaplja toke 4, 2 in 1 mA. Kod 111 bi vklopil tokove za 4, 2 in 1 mA, kar nam na zbirnem elementu, da tok 7 mA; pri upornosti 1 k Ω dobimo napetost 7 V, kar ustreza izvorni napetosti analognega signala. Pri kodu 101 bi se vklopila tokova za 4 in 1 mA, kar bi dalo napetost 5 V.



SISTEM ZA KONTROLO NAPAK NA SREDNJE NAPETOSTNEM OMREŽJU IN TRANSFORMATORSKIH POSTAJAH

Nadzemni vodi s PIV se gradijo pretežno pri obnovah srednje – napetostnih (SN) omrežjih na podeželju, kjer potekajo trase daljnovodov preko gozdov in težje prehodnih terenov. Pri nadzemnih vodih s PIV je število okvar bistveno manjše kot pri nadzemnih vodih z golimi vodniki, saj tudi v najtežjih vremenskih pogojih, ob nevihtah, atmosferskih praznitvah, snežnih padavinah, zaledenitvah, otesanju in nihanju vodnikov ter celo pri padcih dreves in vej na vod v glavnem ne prihaja do prekenitve obratovanja. Vse to vpliva na dvig obratovalne zanesljivosti nadzemnih vodov s PIV glede na obratovalno zanesljivost nadzemnih vodov z golimi vodniki. Poleg prednosti, ki jih prinašajo PIV, pa je prisotna predvsem težava, povezana s pretrganjem oziroma detekcijo pretrganja vodnika in s tem povezanega izostanka delovanja zemeljskostične zaščite, kar pomeni **povečano nevarnost za ljudi in živali**, ki lahko pridejo v stik z vodniki pod napetostjo.

To problematiko uspešno rešuje sistem, ki omogoča enostaven prenos podatkov iz oddaljenih merilnih mest preko GPRS komunikacije.

Sistem lahko uporabljamo za detekcijo napak na srednjem napetostnem omrežju in transformatorskih postajah, kot so:

- ✓ pretrganja nadzemnih vodov s polizoliranimi vodniki (PIV),
- ✓ pretrganja ostalih nadzemnih vodov (goli vodniki),
- ✓ odkrivanje drugih napak na 20 kV omrežju,
- ✓ obveščanje o napakah na transformatorskih postajah (kontakti, VN varovalka, NN varovalka)...

Predstavitev sistema

Sistem v osnovi sestavljajo merilni center MI7150, komunikacijski vmesnik MI480 ter internetni portal nadzorni sistem. Za neprekinjeno napajanje skrbi UPS napajalnik, dodana je primerna antena, priporoča pa se tudi uporaba prenapetostne zaščite.

Merilni center MI7150 je vgradni instrument, ki poleg merjenja več kot 50 parametrov (V, A, kW, kVA, kvar, kWh, PF, Hz, MD, THD itd.) med drugim omogoča tudi shranjevanje vrednosti v vgrajen spomin (2 Mb flash) ter nastavitve do 16 alarmov, o katerih posreduje informacijo na relejski izhod in/ali komunikacijskemu vmesniku.

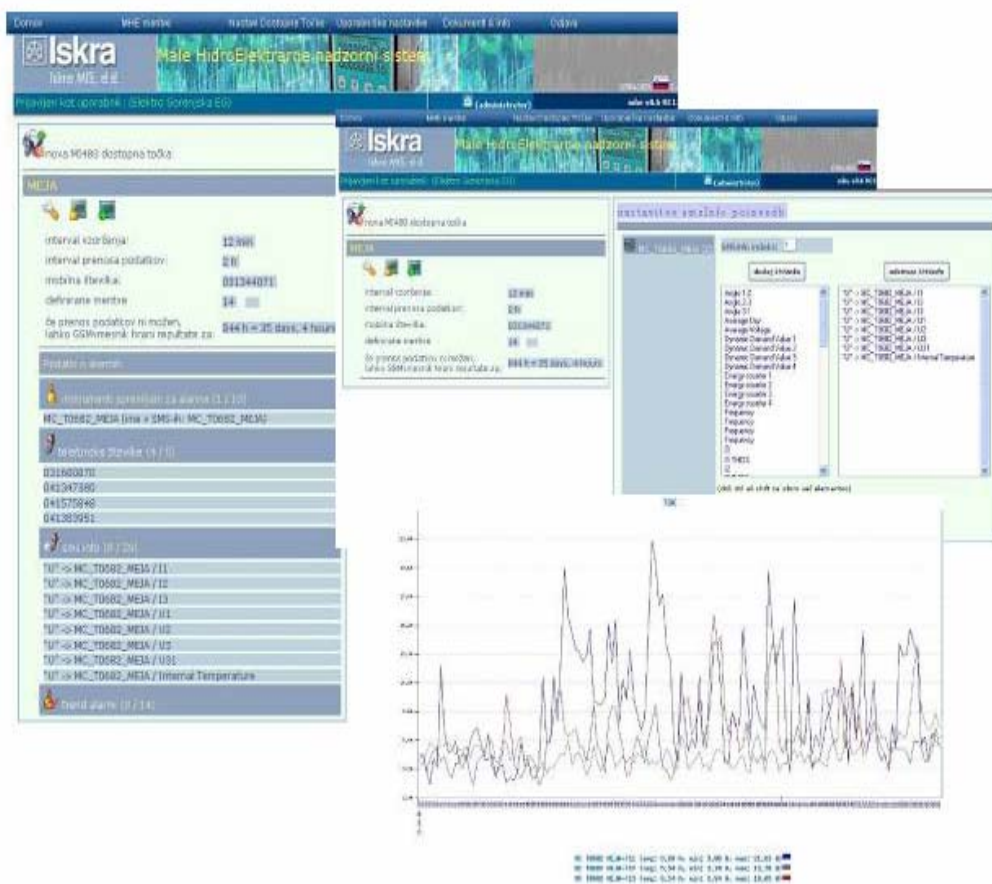
Komunikacijski vmesnik MI480

Se uporabljajo za prenos podatkov iz enega ali več različnih merilnikov (merilni centri, merilni pretvorniki ...) v sistemu preko GPRS komunikacije na internetni portal ter obveščanje o izjemnih dogodkih (alarmih) na mobilni telefon preko SMS sporočil. Preko SMS poizvedbe, ki jo pošlje uporabnik, je možno dobiti tudi povratno informacijo o trenutnem stanju sistema. Komunikacijski vmesnik MI480 ima vgrajen GSM modem s SIM kartico, lasten spomin (2Mb flash) za shranjevanje zbranih podatkov in RS 485 komunikacijo za komuniciranje z ostalimi napravami v sistemu.



Merilni center MI7150 in komunikacijski vmesnik MI480

Internetni portal Nadzorni sistem je spletna aplikacija, do katere je možen dostop od kjerkoli. Aplikacija poleg nastavljanja komunikacijskega vmesnika MI480 in zbiranja podatkov o meritvah in alarmih omogoča tudi grafično analizo rezultatov.

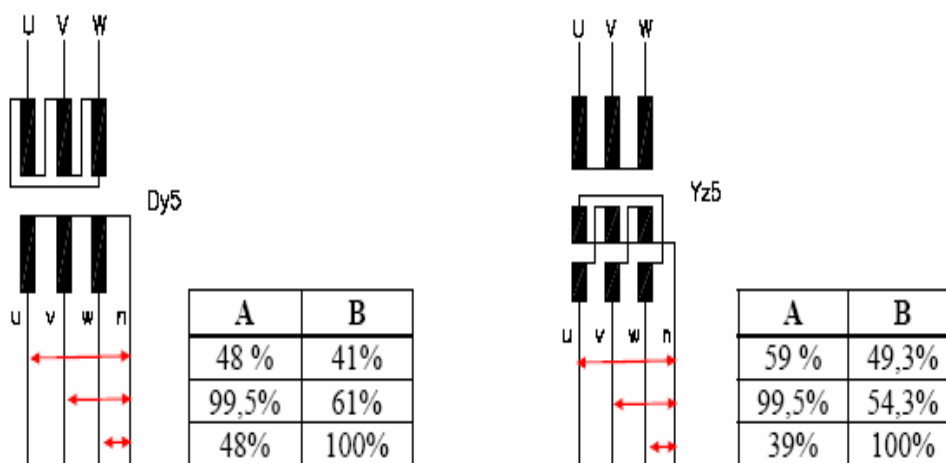


Internetni Portal Nadzorni Sistem

Tehnološko ozadje

Sistem deluje na principu ugotavljanja prisotnosti napetosti na napajanem transformatorju. Če pride do prekinitve vodnika ali drugega vzroka prekinitve vsiljene fазne napetosti (transformatorska SN ali NN varovalka, kontakti ipd.) pride do dvofaznega napajanja. Zaradi nesimetrije magnetnih krogov se v transformatorju sicer tudi v okvarjeni fazi pojavi določena vrednost inducirane napetosti, ki je odvisna od razmer znotraj transformatorja (vezava). Glede na to, ali izpade faza na zunanjem ali srednjem stebru transformatorja, so fазne napetosti na sekundarni strani transformatorja polne ali delne, te spremembe pa uspešno zazna naš sistem.

Najpogosteje uporabljeni distribucijski transformatorji z veznima skupinama Dy5 in Yz5. Padeč napetosti ob izpadu faze za omenjena tipa pa prikazuje slika spodaj;



A: izpad faze U ali W
B: izpad faze V

Velikosti napetosti ob izpadu posameznih faz

Alarmi ob prekinitvah

Iz naprave

Merilnemu centru MI7150 predhodno s programom MiRec nastavimo napetostne pogoje za proženje alarmov. Ob prekinitvi vodnika ali kakšni drugi napaki, ki povzroči padeč ali prekoračitev nastavljenih veličin, merilni center MI7150 pošlje podatke

komunikacijskemu vmesniku MI480. Ta javi alarm v obliki SMS sporočila na predhodno določene številke mobilnih telefonov (dežurni, nadzornik, center vodenja ...). Preko relejskega izhoda v merilnem centru MI7150 je ob alarmih možno tudi proženje ali izklapljanje raznih naprav, relejev ... Informacija o alarmu se zapiše tudi na portal.

Trend Alarmi

Na portalu se lahko nastavi tudi t.i. trend alarme za katerokoli merjeno veličino. Komunikacijski vmesnik primerja meritve v določenih časovnih intervalih in če vrednost meritve prekorači še dovoljen skok (absolutna vrednost), javi alarm. Obvestilo o trend alarmih uporabnik dobi preko SMS sporočila na mobilni telefon, informacija o tem pa se zapiše tudi na portal.

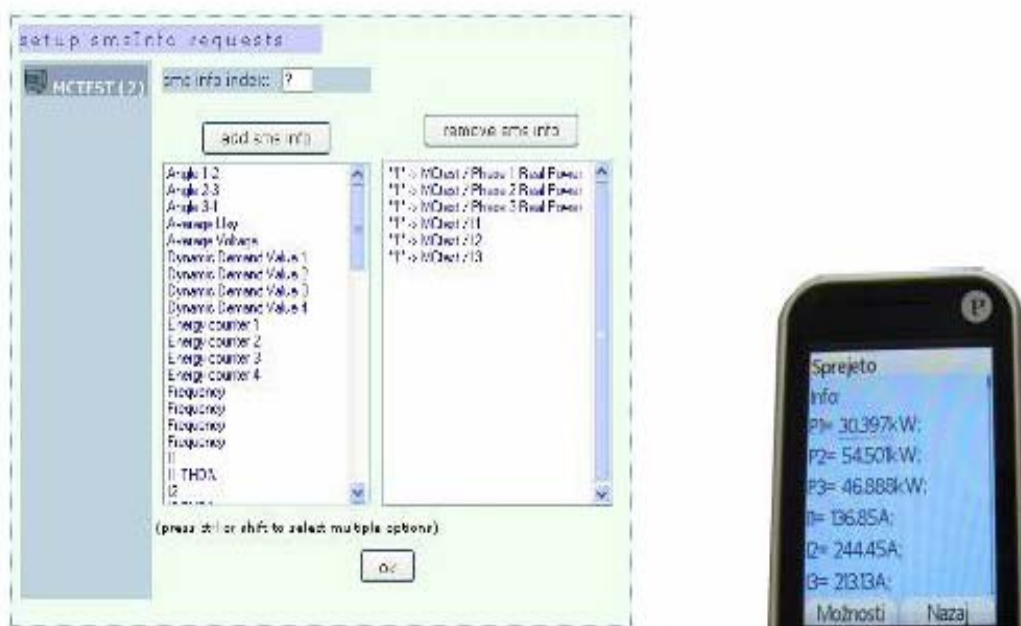


Alarm na mobilnem telefonu

Poizvedbe o trenutnem stanju v TP

Uporabnik lahko s poizvedbo v obliki SMS sporočila dobi povratno informacijo o trenutnem stanju v nadzorovanem objektu. Na portalu je možno nastaviti poizvedbe za 29 veličin, ki pa so lahko združene v skupine po največ 8 veličin na eno ključno besedo (omejitev SMS).

Primer:



Nastavitev SMS proizvodbe in odgovor na mobilnem telefonu

Ko uporabnik pošlje SMS s ključno besedo (na primer "I") komunikacijskemu vmesniku MI480, le ta pošlje odgovor v obliki SMS sporočila v katerem se nahajajo informacije o trenutnih vrednostih zgoraj definiranih veličin.

Zbiranje podatkov v TP

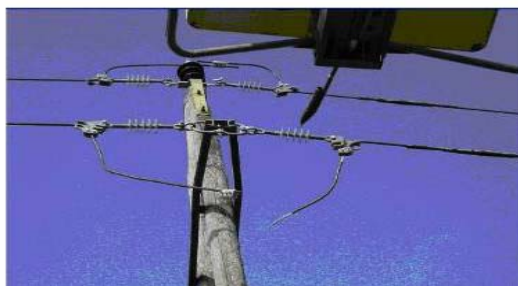
Merilni center MI7150 in ostale naprave vključene v sistem opravljajo meritve izbranih veličin in jih posredujejo komunikacijskemu vmesniku MI480. Le ta meritve nato ob določenih časovnih intervalih preko GSM komunikacije pošlje na internetni strežnik, kjer jih obdela spletna aplikacija Nadzorni sistem. Tam so podatki na voljo uporabniku za pregled in nadaljnjo analizo.

Analiza podatkov

Analiza zbranih podatkov je mogoča preko spletne aplikacije Nadzorni sistem v grafični in tabelarni obliki po različnih časovnih obdobjih. S tem lahko spremljamo merilne diagrame, vidimo kdaj prihaja do obremenitev omrežja, možen pa je tudi prenos podatkov v interni sistem.

Merilni center MI7150 pa izbrane podatke o merjenih veličinah in alarmih lahko beleži tudi v interni spomin. Le ta je razdeljen na tri dele, kar omogoča shranjevanje podatkov v različnih časovnih intervalih. Do njih lahko dostopamo preko IR komunikacije s programom MiRec, ki prav tako omogoča njihovo analizo in izvoz.

PREIZKUS DELOVANJA SISTEMA



Lastniki omrežja smo dolžni zagotoviti kvalitetno in varno dobavo električne energije odjemalcem. Zato so slovenski distributerji pred leti začeli uporabljati polizolirane (PIV) vodnike, ki so bistveno zvišali kvaliteto in stalnost dobave električne energije, oziroma so zmanjšali število izpadov in posledično zmanjšali posredovanje ter izpostavljanje osebja ob slabih vremenskih razmerah. Ob tem pa se je pojavil problem zaznave pretrganja PIV vodnika, ki kljub dotiku z >>zemljo<< ne vzbudi zemeljskostične zaščite na odvodu in posledično izklopa naprave. S tem prihaja do velike nevarnosti ogrožanja okolice (živali, ljudi) zaradi pristonosti nekontroliranega elementa pod napetostjo.

Sistem, ki so ga razvili v podjetju ISKRA d.d. zagotavlja zanesljivo obveščanje o pretrganju PIV vodnika, kot tudi o napakah na transformatorskih postajah (kontakti, VN varovalka, NN varovalka). Sama montaža ne zahteva večjih posegov, saj ga distributer lahko po komponentah vgradi v obstoječi NN razdelilec, možna pa je dobava v posebni omarici, ki se jo lahko dogradi in priključi na že obstoječi NN razdelilec. Rešitev je preprosta in v primerjavi z ostalimi na tržišču cenovno zelo ugodna. Distributerju pa poleg obveščanja o napakah omogoča tudi zbiranje podatkov o meritvah iz posameznih postaj za kasnejšo analizo, ter v primeru uporabe relejskega izhoda na instrumentu tudi dejansko ukrepanje.

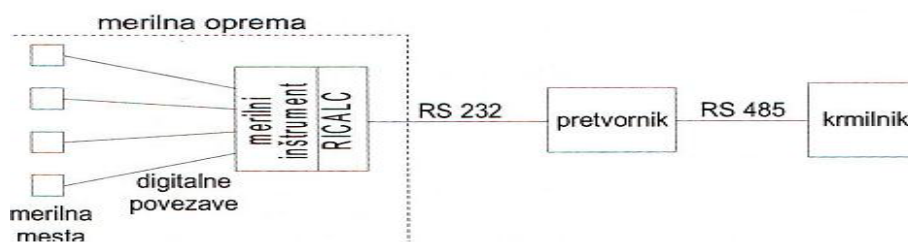
V prihodnosti je v primeru potreb, možna tudi nadgradnja sistema za prenos drugih podatkov, pripeljanih do komunikacijskega vmesnika, kot na primer prenos števnih podatkov odjemalcev, stanje krmilnikov ...

DIGITALNI PRENOS MERILNIH VREDNOSTI V INDUSTRIJSKIH SISTEMIH

Merilna mesta se z merilnim inštrumentom povežejo najpogosteje s pomočjo digitalne povezave. Za povezavo merilnega inštrumenta in industrijskega krmilnika se zelo pogosto uporabljajo tokovne zanke 4 – 20 mA. To pomeni, da moramo za vsak merilni inštrument imeti svojo tokovno zanko in svoj analogni vhod v krmilniku. V določenih industrijskih aplikacijah se uporablja zelo veliko tokovnih zank in analognih vhodov, kar nam dodobra zasede prostor v električnih omarah. Ker je potrebno ob uporabi tokovnih zank podatke pretvarjati v analogne vrednosti in obratno, pride pri pretvorbah do napak. Dodatno smo omejeni še z bremenskimi omejitvami tokovne zanke. Skupna upornost tokovne zanke ne sme znašati več kot 750 Ω . Ob dejstvu, da ima vsak uporabnik notranjo upornost od 100 do 250 Ω , ugotovimo, da lahko v tokovno zanko vežemo le nekaj uporabnikov.

Zaradi omenjenih pomanjkljivosti se merilni inštrumenti vežejo v industrijsko omrežje (ASI, Profibus PA, ipd.), ki se nato poveže na industrijski krmilnik. S tem prihranimo prostor, žice, čas ob izvedbi napeljave, izognemo pa se tudi digitalno – analogni in analogno – digitalni pretvorbi merilne vrednosti. Dovoljene dolžine povezav med industrijskimi krmilniki in merilnimi inštrumenti so ob uporabi industrijskega omrežja bistveno večje. V praksi znašajo od nekaj 100 m, do nekaj 10 km. Ker je tehnologija relativno mlada, je cena takšnih merilnih inštrumentov še vedno visoka.

Danes vsi inštrumenti podpirajo tehniko tokovne zanke. Nekateri med njimi imajo vgrajeno tudi digitalno povezavo s pomočjo vmesnika RS232 ali RS485, ki lahko prenaša podatke s pomočjo industrijskih protokolov. Določeni merilni inštrumenti, ki imajo poleg tokovne zanke vgrajen še vmesnik RS232, lahko pogosto prenašajo merilne podatke samo s pomočjo nevsakdanjih formatov. Ob uporabi takšnih merilnih inštrumentov se soočimo s problemom, ki ga prikazuje slika spodaj. Slika prikazuje blokovno shemo takšnega merilnega sistema.



Blokovna shema merilnega sistema

Za dostopanje do raznih procesnih vrednosti se zelo pogosto uporabljajo oddaljene enote, ki se povežejo v industrijsko omrežje. Na te oddaljene enote se vežejo razni merilni inštrumenti ter druga periferna oprema, katerih informacije se nato prenašajo v industrijske krmilnike. Merilne inštrumente pogosto povežemo z oddaljenimi enotami s pomočjo tokovnih zank. V tem primeru se ponovno soočamo s problemom pretvarjanja merilnih podatkov iz digitalne oblike v analogno obliko in obratno. Če uporabimo oddaljeno enoto, ki ima vgrajen vmesnik lahko RS232, lahko nanjo povežemo merilni inštrument. S tem načinom prenosa merilnih podatkov lahko zagotovimo natančnost prenosa podatkov, vendar je cena takšne oddaljene enote precej visoka. Dodatno nas omejuje dejstvo, da vsi proizvajalci ne izdelujejo teh enot za svoje industrijske krmilnike. Na trgu izdelujejo svoje enote.

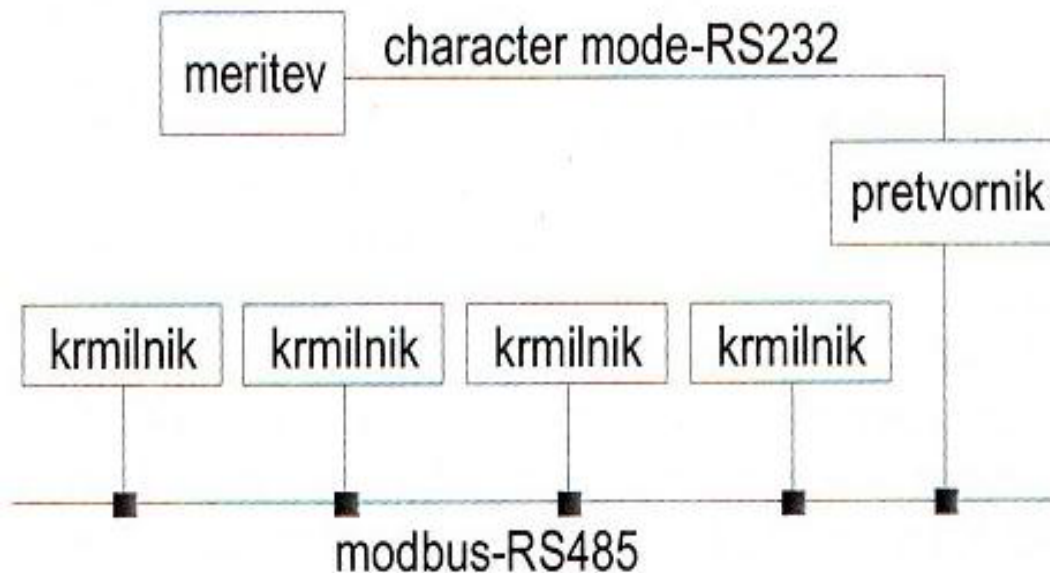
Zaradi kompatibilnosti z novejšo opremo in robustnosti se je treba odločiti za izvedbo pretvornika z majhnim industrijskim krmilnikom. Zanj je zelo pomembno, da vsebuje dva fizična vmesnika, RS232 in RS485. S pomočjo vmesnika se povežemo na merilni inštrument, s pomočjo vmesnika RS485 pa se bodo drugi krmilniki povezali na pretvornik.

Pretvornik neodvisno od preostalega sistema avtonomno povprašuje po merilnih vrednostih v merilnem inštrumentu. Krmilniki pa tako lahko neodvisno od povpraševanja pretvornika dostopajo do merilnih rezultatov v pretvorniku ter pridobivajo shranjene vrednosti.

Potek povpraševanja in odgovorov je viden na sliki spodaj;

Komunikacija med pretvornikom in merilnim inštrumentom bo potekala s pomočjo protokola >>Character mode<< in formata NR2. Drugi krmilniki bodo dostopali do merilnih rezultatov v pretvorniku s pomočjo protokola Modbus, ki uporablja svoj format za prenos podatkov.

Slika spodaj;



Značilnosti uporabljene merilne opreme so izredno natančni merilni rezultati. Oprema je sestavljena popolnoma modularno, zato je mogoče več merilnih mest povezati med sabo. Komunikaciji z okoljem je namenjena posebna enota >>Ricalc<<. Poleg komunikacije lahko izvaja nad merilnimi vrednostmi dodatne matematične operacije. Te vrednosti lahko nato prenašamo v obliki binarnih vrednosti, analognih vrednosti ali pa s pomočjo vmesnika RS232. Pri prenosu vrednosti tako uporabimo RS232 vmesnik, saj lahko samo tako zagotovimo natančnost prenosa merilne vrednosti.

ETHERNET

1 megabit = 1/8 megabajta = 125 kilobajtov (enoto se napiše kot Mb)

10 megabit = 1,25 megabajta

1 megabajt = $1024 * 1024 = 1048576$ bajtov (enoto se napiše kot MB)

Hitrost običajno merimo v megabitih na sekundo npr. 100 megabitno omrežje v teoriji lahko prenaša podatke s hitrostjo 12,5 megabajtov vsako sekundo.

Imate doma več kot en računalnik? Da? Imate računalnike povezane v lokalno omrežje? Potem imate doma ethernet. Ethernet je de – facto standard za sodobna lokalna omrežja. Odlikuje ga enostavna namestitvev, ugodna cena ter zanesljivost.

Skupek standardov (IEEE 802.3), ki mu pravimo ethernet določa kako se podatki fizično prenašajo po žici. Idejna zasnova etherneteta sega v leto 1975, standard pa je bil sprejet leta 1980.

Thick ethernet ali 10Base5 je prva izvedba standarda, pri kateri so se podatki prenašali po debelem koaksialnem kablu. Za priklop na kabel potrebujemo t.i. tansciever in ustrezen T – člen. Pri kokasialnih kablilih lahko podatke vedno pošilja samo ena postaja ostale pa ta čas poslušajo (t.i. half duplex), kar omrežju precej zmanjša kapaciteto.

Thick ethernet je nato nasledil nov standard, thin ethernet ali 10Base2, podatki še vedno potujejo po koaksialnem kablu 50 Ω , vendar pa je kable dovolj tanek.

Nato je prišel 10BaseT in koaksilne kable zamenjal z UTP kabli, ki imajo znotraj sebe štiri prepletene parice. Uporabljamo lahko tudi FTP oz. STP kable, saj imajo okoli paric tudi zaščitno folijo za zmanjševanje vplivov elektromagnetnih sevanj iz okolice (to pomeni, da UTP kablov ne polagamo vzporedno z 230 V napeljavo, ali pa v neposredni bližini halogenskih svetil).

10BaseT je spremenil tudi topologijo omrežja; prej so bile vse postaje nanizane ob eni žici zdaj pa do vsakega računalnika posebej vodi UTP kabel. Po štirih paricah lahko računalniki seveda hkrati prejemajo in pošiljajo podatke, zato povezave po UTP kablilih lahko funkcionirajo v t.i. full duplex načinu. Za daljše razdalje so že takrat razvili 10BaseFX, to je ethernet preko optičnih povezav (optični kabli so neobčutljivi na elektromagnetne motnje in imajo precej manjšo izgubo signala kot bakreni vodniki, zato predvsem primerni za večje razdalje).

Ko je postal prenos 10 megabitov na sekundo prepočasen smo dobili 100BaseTX. Tukaj po običajnih UTP kablilih lahko prenašamo podatke s 100 megabiti na sekundo. Topologija in vse ostale lastnosti so zelo podobne 10BaseT, le da je zanesljivost omrežja precej bolj odvisna od kvalitete kablov, predvsem od tega, kako so narejeni konektorji. 100BaseTX je tudi precej bolj občutljiv na elektromagnetne motnje. Tudi za 100 megabitno povezovanje na daljše razdalje se uporablja 100BaseFX, ki uporablja optične vodnike za prenos podatkov.

Danes lahko po UTP prenašamo podatke s hitrostjo enega gigabita na sekundo. Gigabitni ethernet je danes že običajni način povezovanja hrbteničnih omrežij, vendar se zaradi razdalj in zanesljivosti namesto UTP kablov (ti so lahko dolgi največ 100 metrov) pogosteje uporablja optične povezave. Desetgigabitni ethernet pa uporablja zgolj optične medije (in je tudi že uradni ethernet standard).

DOMAČI ETHERNET

Domači ethernet je danes običajno 100BaseTX. Zelo dobre omrežne kartice za domačo uporabo, bazirane na Realtekovem naboru čipov 8139 (na čipu nekje na kartici piše RTL8139 in potem še ena črka) se super obnesejo v delovnih postajah, stanejo pa slabe 3 tisočake (4, če imajo wake-on-lan podporo, beri spodaj). Za strežnike z veliko prometa se priporoča Intel EtherExpress ali pa Digitalove DE4xx in DE5xx, ki pa so veliko dražje, običajno okoli deset tisoč tolarjev, vendar te kartice zelo malo obremenjujejo glavni procesor pri polni obremenitvi (stalen pretok podatkov pri 100 megabitih na sekundo).

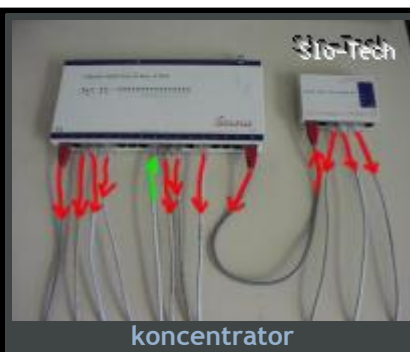
100 megabitni koncentrador (ang. hub) z osmimi 10/100 vrati pa stane nekaj nad desetimi tisočaki. Včasih še vedno uporabimo stari 10Base2, pri katerem ne potrebujemo druge opreme kot omrežne kartice in kablov (ter T členov in terminatorjev, ti pa so dokaj poceni (nekaj 100 SIT). Kljub temu danes nima smisla postavljati omrežja, ki temelji na koaksialnih vodnikih, saj ne zmorejo današnjih zahtev po hitrosti.

Preden se odločite za nakup opreme za domače omrežje, se morate seznaniti z nekaterimi dejstvi. 10 megabitov je precej počasen prenos podatkov. Zdolgočaseno sedenje pred računalnikom ni ravno prijetno: 100 megabitno omrežje stane približno enako, le da je desetkrat hitrejše. Pazite, da ne boste odšteli prevelike vsote denarja za t.i. switching hub. Ime namiguje, da zadeva zna pakete preklapljati med vrati, vendar to ne drži. Switching hub je popolnoma vsak koncentrador, ki zmore več hitrosti (10 in 100 megabitni ethernet, na primer). Tak koncentrador mora znati preklapljati pakete med računalniki, ki govorijo 100 megabitni ethernet in računalniki, ki govorijo 10 megabitni ethernet. Drugače pač ne gre, vendar to ne pomeni, da preklaplja pakete tudi med računalniki znotraj segmenta (so pa včasih precej dražji od istih proizvodov, ki jim na škatli ne piše 'switching').

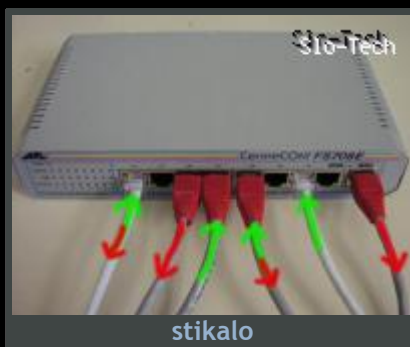
Če bomo do svojega računalnika dostopali iz oddaljenih omrežij, moramo posebno pozornost posvetiti varnosti omrežja. Z varnostjo se bodo ukvarjali drugi članki, zato bomo tukaj to preskočili.

Prej omenjeni wake-on-lan je standard, ki sodobnim (z ATX napajanjem) PC računalnikom omogoča, da se iz ugasnjene stanja zbudijo, ko omrežna kartica prejme t.i. magični paket (wake-up frame). Reč je uporabna predvsem takrat, ko do računalnika, ki je ugasnjen, potrebujemo dostop. Če lahko temu računalniku pošiljamo ethernet paketke, potem ga lahko zbudimo kar na daljavo. Standard mora poleg omrežne kartice podpirati tudi matična plošča, vendar vsaj sodobne matične plošče večinoma standard podpirajo.

Največja investicija je zagotovo centralni koncentrador ali stikalo (ang. switch), če imamo dovolj denarja. Kaj je bistvena razlika med stikalom in koncentradorjem? Tole: če en računalnik koncentradorju pošilja podatke, te podatke sproti dobijo tudi vsi ostali računalniki. Takrat noben drug računalnik ne more pošiljati podatkov nobenemu računalniku. Koncentradorji so neke vrste razmnoževalci.



Po drugi strani je stikalo že toliko inteligentno, da lahko razpozna omrežne paketke, ugotovi na katera vrata jih mora poslati, in jih pošlje samo tja. Če ne ve, kje je ciljni računalnik paket še vedno pošlje na vsa vrata, vendar je takih paketkov malo.



Kadar imamo več računalnikov povezanih prek koncentradorja, pa hočeta dva računalnika hkrati začeti pošiljati podatke, oba to zaznata in se ustavita. Temu rečemo trk paketov. Vsak sistem zase poskuša paket oddati po določenem časovnem intervalu in poskuša dokler mu ne uspe, ali pa obupa. Interval se eksponentno veča (najprej sistem počaka 1 milisekundo, potem 2, potem 4, 8, 16 milisekund in tako dalje), dokler ne preseže fiksne maksimuma, ko omrežna kartica vrne napako.

Tak skupek računalnikov sestavlja območje trka (ang. collision domain). Več ko je v taki skupini računalnikov, bolj pogosto se dogajajo trki, kot posledica pa je omrežje bolj zasičeno in zato

tudi počasnejše. Ker stikalo komunicira z vsakimi vrati individualno, lahko stikalo uporabimo za ločevanje območij trka na manjše oddelke. Če imamo samo stikalo, potem se trk nikoli ne zgodi, saj komunikacija na enih vratih ne moti komunikacije na drugih.



Če imamo več kot tri računalnike in nameravamo dobiti še kakega, je verjetno smotrno denar porabiti za stikalo, sicer pa se ne splača. Še to: če imamo samo dva računalnika in menimo da tretjega nikoli ne bomo priključili, koncentratorja ali stikala sploh ne potrebujemo (uporabimo t.i. cross-over kabel). Za domačo rabo bo verjetno zadostoval koncentrator s petimi ali osmimi vrati.

Koncentratorji in stikala so vedno opremljeni z LED diodami, ki služijo diagnostiki povezav. Če z UTP kablom povežemo (prižgan) računalnik ter koncentrator, se mora prižgati lučka (običajno označena z "link"), ki ustreza vratom, v katera smo kabel priključili. Podobno ima vsaka omrežna kartica lučko link. Omrežne naprave, ki podpirajo več hitrosti (10/100) uporabljajo posebej diodo za hitrost (na primer prižgano za 100 megabitov, ugasnjeno za 10), enako tudi omrežne kartice. Nekatera stikala imajo še posebno lučko, s katero pokažejo, ali je povezava full duplex ali samo half duplex, torej ali skozi povezavo hkrati sprejemajo in oddajajo pakete ali pa to počnejo izmenično (pri koncentratorjih full duplex ne gre, saj lahko samo ena naprava hkrati pošilja podatke).



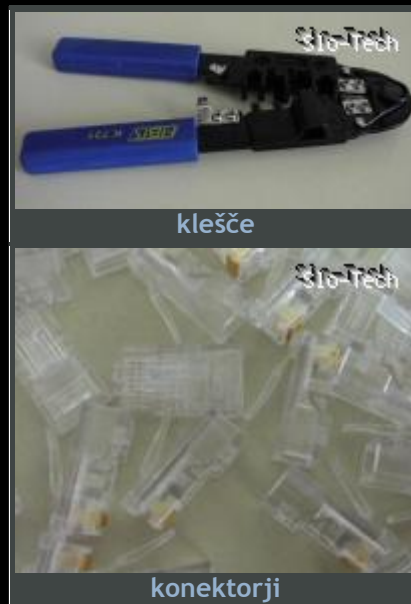
omara - nekje

Kablovje

Kable za omrežje lahko kupimo v trgovini (običajno že narejene določenih dolžin), ali pa jih izdelamo sami. Če niste vešči dela z majhnimi žičkami in kablov ne boste polagali pod omet ali parket, potem kupite že narejene. Tisti zagotovo delajo. Če kabel dela, ugotovimo tako, da ga priključimo (ali preizkusimo s predragim testerjem). Če lučke označene z "link" na obeh straneh kabla ne svetijo, potem kabel zagotovo ne dela, če pa lučke svetijo, ni nujno da dela, obstaja pa ta možnost. Če omrežje pravilno deluje, lahko preizkusimo s programi, ki so temu namenjeni

(to pa bo predmet kakega drugega članka).

Za delanje kablov potrebujemo klešče za t.i. krimpanje konektorjev (vse omrežne naprave uporabljajo standardne RJ45 konektorje, starejše naprave, ki uporabljajo koaksialne vodnike pa BNC konektorje) in seveda konektorje.



Potrebujemo tudi kabel. Kabel mora biti UTP kategorija 5 ali 5e, za 10Base2 pa se uporablja 50 ohmski koaksialni kabel (RG-58). Najdaljši segment UTP kabla je 100 metrov (vendar je pri 100 megabitnem omrežju priporočljivo še manj). Kategorija UTP kabla določa njegove električne karakteristike. Kategorija 3 je primerna za telefonijo in z njo lahko upamo, da bo delovala 10 megabitna povezava (vendar bodo težave zelo pogoste, še posebej pri t.i. crosstalk kabliah, kjer je zvezanih po nekaj 10 paric). Kategorija 5 je edina vrsta UTP kabla, ki je primerna za 100 megabitna omrežja, 5e (oz. enhanced) pa zdrži tudi višje frekvence. Za gigabitni ethernet se uporablja kategorija 6. Seveda lahko pri skoraj vseh hitrostih uporabimo optične kable.

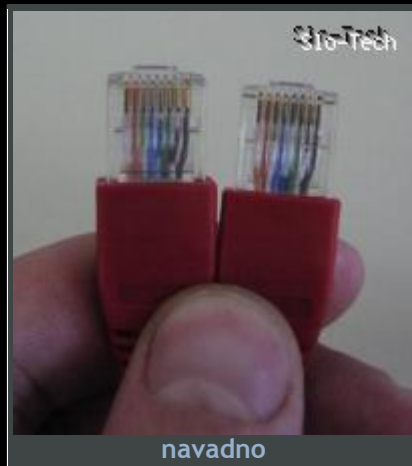
Med dvema najbolj oddaljenima sistemoma na istem območju trka so lahko največ štiri koncentradorji (torej pet segmentov kabla, vsak največ po 100 metrov). Najdaljša veriga iz koaksialnega kabla je dolga 200 metrov. Spet, v teoriji. Praktično lahko dolžine precej presežemo, včasih pa se zgodi, da pri veliko manjših dolžinah omrežje ne deluje več. Če nas bega nedelovanje omrežja, ko je kabel položen, ko smo ga testirali pa je deloval, potem je več kot verjetno, da kabel čuti škodljiva elektromagnetna sevanja iz okolja. Še posebej pri UTP kabliah, ki paric nimajo nikakor elektromagnetno zaščitnih, je pogost pojav nedelovanje omrežja ali zelo visok nivo izgubljenih paketov.

Če kabel prečka ali teče vzporedno z visokonapetostnimi vodniki ali pa mimo gospodinjskih naprav, ki za delovanje potrebujejo zelo visoko napetost (na primer televizije, električni stoli, starterji halogenske razsvetljave), ga moramo na tistem delu obvezno zaščititi (kupimo FTP/STP kabel ali pa ga speljemo tako daleč od vira, da ga vir ne moti (moč sevanja pada s kubom razdalje, torej zelo hitro)). Pri polaganju pazimo tudi na druge neprijetne vplive, npr. glodalce, bližnje strelovode ali zoprna okna, ki se zapirajo čez kabel tako, da ga popolnoma zmečkajo.

Računalnike z opremo povežemo s t.i. straight through oziroma ravnim kablom: žice v obeh konektorjih razporedimo po istem vrstnem redu (ki pa je standardno določen, beri naprej). Če povezujemo omrežno opremo (dve stikali, koncentrador in stikalo ali dva koncentradorja) potrebujemo t.i. cross-over ali prekrižani kabel, ki ima parice razporejene malo drugače. Večina stikal in koncentradorjev ima na sebi tudi cross-over vrata, v katera lahko priključimo navaden kabel, ki tako postane cross-over kabel (na drugi strani mora biti seveda vključen v običajna vrata, NE cross-over vrata).

Barve žil pri običajnem kablu gredo po vrsti od leve proti desni, če je zatič obrnjen stran od nas, takole:

1. belo-oranžna,
2. oranžna,
3. belo-zelena,
4. modra,
5. belo-modra,
6. zelena,
7. belo-rjava,
8. rjava.



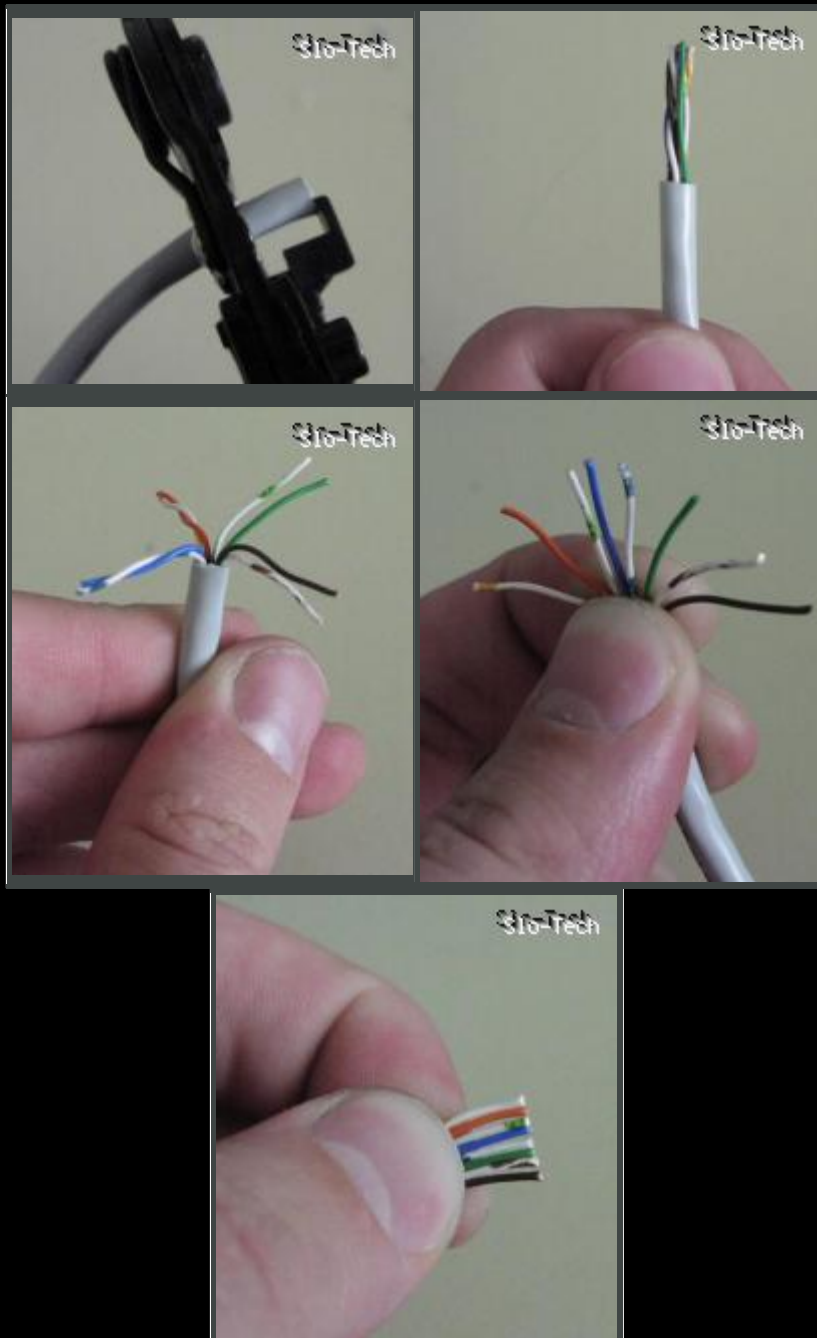
Pri prekrizanem kablu gre vrstni red na eni strani enako, na drugi pa sta zelena in oranžna parica zamenjani:

1. bela-zelena,
2. zelena,
3. bela-oranžna,
4. modra,
5. bela-modra,
6. oranžna,
7. bela-rjava,
8. rjava.

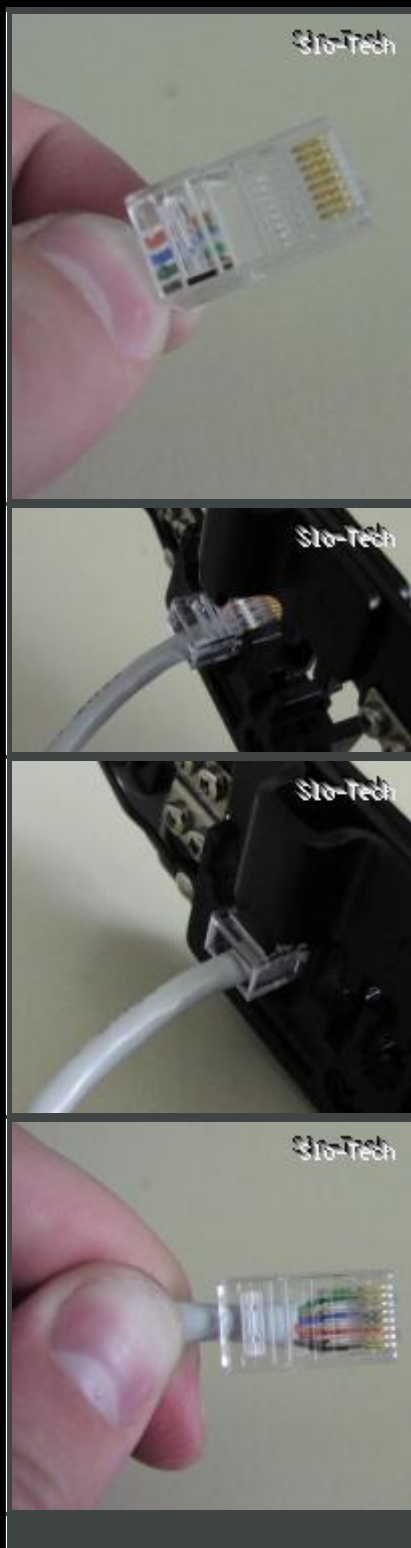


UTP kabel naredimo tako, da najprej odrežemo centimeter izolacije. Pri tem pazimo, da ne

žile) in si jih postavimo na prst kot kaže slika. Nato parice razporedimo po zgornjem ključu, pri tem pazimo da imamo konektor pravilno obrnjen (če pa se že zmotimo, se moramo zmotiti na obeh straneh kabla).



Nato žile vtaknemo v konektor. Pazimo, da žile pritiskajo ob konec konektorja na notranji strani, ter da je vsaka žila v svojem vodilu (konektorji brez vodil imajo priložena majhna plastična vodila, ki jih na žile nataknemo še preden jih zatlačimo v konektor). Zdaj konektor potisnemo v klešče tako, da držimo UTP kabel in ga pritiskamo v konektor, nato pa klešče stisnemo. S tem konektor stisne izolacijo na UTP kablu, kontakti pa prerežejo žile in jih hkrati tudi držijo trdno na mestu.



Če bomo kable vlekli sem in tja, je priporočljivo nataktniti tudi zaščitne kapice, da pri vlečenju kabla skozi ozke prehode ali skozi zavozlane konce drugih kablov ne odtrgamo zatiča (če zatiča ni, nam konektor ves čas pada iz vtičnice).

Za postavitev domačega omrežja zadostuje znanje, ki je zbrano v tem članku. Za postavljanje večjih omrežij je potrebnega več znanja, predvsem bolj poglobljeno znanje o elektriki in procesih, ki se dogajajo v omrežjih.

