

2 OMREŽNO NAPAJSANJE IN ELEKTRIČNI STROJI

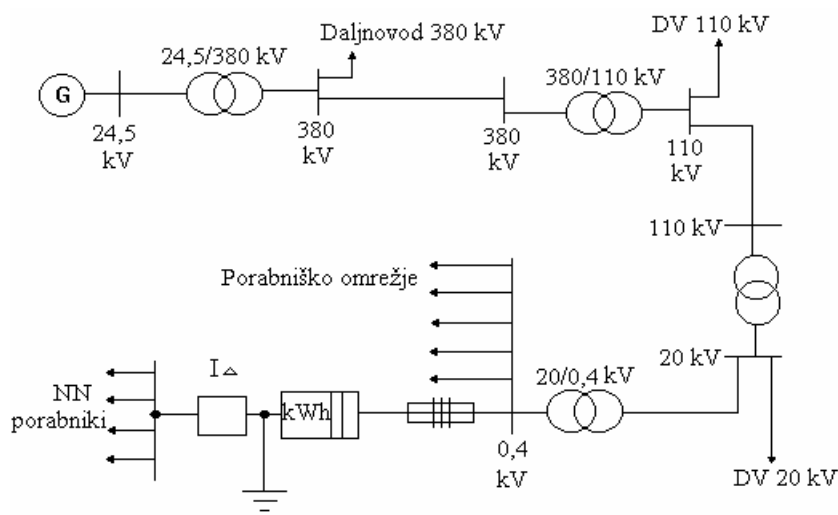
(soavtorstvo: Simon Konečnik, univ. dipl. inž.)

2.1 INSTALACIJE V ELEKTROENERGETSKEM SISTEMU

Naprave, ki za svoje delovanje potrebujejo električno energijo imenujemo električni potrošniki ali porabniki. Zvezo med virom in porabnikom lahko razdelimo v tri dele:

- **Mesto proizvodnje električne energije:** tu imamo postrojenje, ki zajema generatorje, transformatorje, naprave za lastno rabo ...
- **Električno omrežje:** služi za to, da povezuje vir električne energije z mestom porabe in
- **Mesto porabe električne energije:** tu se pojavijo končni porabniki električne energije, ki so v omrežje vključeni preko **električnih instalacij**.

Električne inštalacije so naprave, ki nam omogočajo priključek električnega porabnika na električno omrežje. Kaj moramo narediti na tem, da so električne inštalacije pravilno izvedene v smislu dobave el. energije in predvsem, da so varno izvedene pa je potrebno širše znanje s področja el. inštalacij vključno s poznavanjem standardov in predpisov s tega področja.



Osnovna shema proizvodnje, prenosa in razdelitve električne energije do porabnikov

2.2 NAPAJSALNI SISTEMI V NIZKONAPETOSTNIH OMREŽJIH

2.2.1 IZBIRA VODNIKOV ZA ELEKTRIČNE INSTALACIJE

Vodnike uporabljamo za prenos električne energije. Za prenos električne energije se zaradi ekonomsko tehničnih razlogov uporabljata predvsem **baker in aluminij**.

Baker je osnovna kovina v elektrotehnik in je za izolirane instalacijske vodnike in kable praktično nenadomestljiv. Ima ugodno specifično ohmsko upornost ($\rho = 0,0175 \Omega \text{m} \cdot 10^{-6}$), prav tako ima ugodne mehanske karakteristike, saj je zelo žilav in trden ter odporen proti koroziji. Zaradi masovne uporabe so zaloge bakrove rude okrnjene, kar je povzročilo tudi razmeroma visoko ceno na svetovnem trgu.

Aluminij ima sicer nekoliko večjo specifično upornost ($\rho = 0,028 \Omega \text{m} \cdot 10^{-6}$), vendar je izboljšana tehnologija pridobivanja, razširjenost aluminijevih rud v naravi in sorazmerno nizka cena pripomogla k temu, da je aluminij danes osnovna kovina za gradnjo nadzemnih vodov srednjih in visokih napetosti.

Ločimo dve osnovni skupini vodnikov:

- gole (uporabljamo jih predvsem pri gradnji nadzemnih vodov in so v večini aluminijasti),
- izolirane (uporabljamo jih predvsem za električne inštalacije in energetske napeljave - v večini so to bakreni vodniki).

Za področje električnih inštalacij so pomembnejši izolirani vodniki, ki jih delimo v dve skupini:

- energetski izolirani vodniki in energetski kabli,
- telekomunikacijski izolirani vodniki in telekomunikacijski kabli.

V tem poglavju bomo večjo pozornost namenili energetskim izoliranim vodnikom in kablom. Poglejmo si najprej njihove prereze, ki so standardizirani in znašajo:

0,5 mm ²	10 mm ²	120 mm ²
0,75 mm ²	16 mm ²	150 mm ²
1 mm ²	25 mm ²	185 mm ²
1,5 mm ²	35 mm ²	240 mm ²
2,5 mm ²	50 mm ²	300 mm ²
4 mm ²	70 mm ²	400 mm ²
6 mm ²	95 mm ²	500 mm ²

Vodnike od 0,5 do 0,75 izdelujemo samo kot pramenaste, od 1 do 10 mm² izdelujemo kot masivne ali kot pramenaste, medtem ko vodnike nad 16 mm² izdelujemo v obliki pramenastih vodnikov zaradi lažjega polaganja in zmanjševanja vpliva skin efekta.

Izolacija inštalacijskih vodnikov je običajno iz termoplastične mase, impregniranega papirja, svile, bombaža in podobno. Primeri termoplastičnih mas so:

- polivinilklorid (PVC),
- polietilen (PE),
- neopren,
- silikon,
- steklena vlakna
- teflon itd.

Guma je kot izolacijski material vse manj pomembna, saj jo je skoraj popolnoma izpodrinil PVC. Postopek izolacije z gumo je postal predrag, ker je bilo potrebno baker prevleči s kositrom.

Barve izoliranih vodnikov

Zaradi medsebojnega razpoznavanja žil električnih vodnikov uporabljamo različne standardizirane barve izolacijskih prevlek kot je prikazano v tabeli:.

<i>Barva</i>	<i>Kratica</i>	<i>Namen</i>
zeleno - rumena	ze/ru	zaščitni vodnik
modra	mo	nevtralni vodnik
črna	čr	fazni vodnik
rjava	rj	fazni vodnik

Poznamo dve vrsti označevanja:

1. Zaznamovanje žil večžilnih izoliranih vodnikov za stalno položitev in
2. Zaznamovanje žil večžilnih izoliranih vodnikov za prenosne električne naprave.

1. Barve žil večžilnih izoliranih vodnikov (kablov) za togo položitev (nepremična napeljava):

<i>Št. žil</i>	<i>Napeljave z zaščitnim vodnikom</i>	<i>Napeljave brez zaščitnega vodnika</i>
2	ze/ru, čr	čr,mo
3	ze/ru, čr,mo	čr, mo, rj
4	ze/ru, čr, mo, rj	čr, mo, rj, čr
5	ze/ru, čr, mo, rj, čr	čr, mo, rj, čr, čr
6 in več	ze/ru, ostale žile čr z natisnjeno št.	čr z natisnjeno št.

2. Barve žil večžilnih izoliranih vodnikov (kablov) za prenosne el. naprave (premična napeljava)

<i>Št. žil</i>	<i>Napeljave z zaščitnim vodnikom</i>	<i>Napeljave brez zaščitnega vodnika</i>
2	/	rj, mo
3	ze/ru, rj ,mo	čr, mo, rj
4	ze/ru, čr, mo, rj	čr, mo, rj, čr
5	ze/ru, čr, mo, rj, čr	čr, mo, rj, čr, čr
6 in več	ze/ru, ostale žile čr z natisnjeno št	čr z natisnjeno št

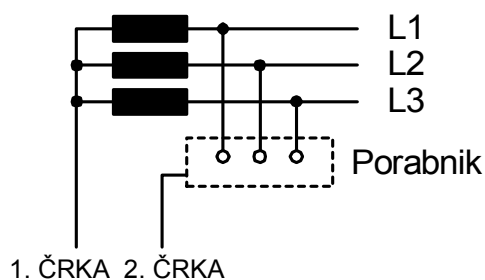
Prezezi stalno položenih izoliranih bakrenih vodnikov v el. instalacijah ne smejo biti manjši od 1,5 mm², izjema so le vodniki v stikalnih blokih, svetilkah, električnih gospodinjskih aparatih in drugih električnih aparatih.

2.2.2 SISTEM OZNAČEVANJA IN VRSTE NIZKONAPETOSTNIH OMREŽIJ

Oznake vodnikov:

L1	1. faza
L2	2. faza
L3	3. faza
N	nevtralni vodnik
PE	zaščitni vodnik
PEN	zaščitno nevtralni vodnik

Sistem označevanja NN omrežij prikazuje slika:



Sistem označevanja NN omrežij

Sisteme izmeničnih omrežij ločujemo po izvedbi povezave nevtralne točke napajalnega transformatorja (1. črka) in povezave električno vodljivih delov uporabniških naprav (2. črka).

1. črka je lahko:

- ┌ neposredno povezava z zemljo v eni točki, najpogosteje nevtralno točko transformatorja (T - terre),
- └ vsi vodniki pod napetostjo (vštevši N vodnik) so izolirani glede na zemljo ali pa je ena točka povezana z zemljo preko impedance (I - isole).

2. črka je lahko:

- ┌ neposredno ozemljeni prevodni deli el. naprav,
- └ neposredna električna povezava izpostavljenih prevodnih delov z ozemljeno točko napajalnega sistema, najpogosteje nevtralna točka transformatorja (N - neutral).

Glede na združevanje oziroma ločevanje funkcije nevtralnega in zaščitnega vodnika ločimo še dodatni oznaki:

- ┌ nevtralna in zaščitna funkcija je izvedena s posebnima (ločenima) vodnikoma PE in N,
- └ nevtralna in zaščitna funkcija je združena v enem vodniku (PEN vodniku).

Glede na način ozemljitve razlikujemo naslednje sisteme napajalnih omrežij:

1. TN sistem, ki je lahko:
 - a) TN-S
 - b) TN-C-S
 - c) TN-C
2. TT in
3. IT sistem

TN sistem

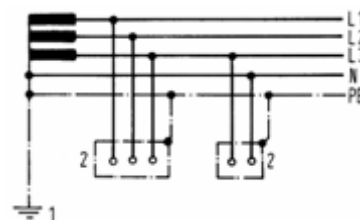
Ena točka sistema je neposredno ozemljena; izpostavljeni prevodni deli električnih naprav so povezani preko zaščitnega PEN vodnika s to točko. Po starejši terminologiji je to sistem, v katerem se je izvajal zaščitni ukrep ničanja.

Ta sistem se uporablja v industriji, stanovanjskih in poslovnih prostorih.

TN-S sistem

Funkciji nevtralnega in zaščitnega vodnika sta ločeni v celotnem sistemu na nevtralni N in zaščitni PE vodnik. Poleg teh dveh vodnikov nastopajo v sistemu še fazni (L) vodniki.

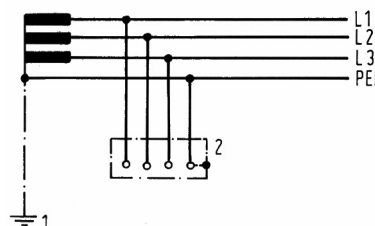
V enofaznih tokokrogih imamo 3 - žilni, v trifaznih pa 5 - žilni sistem.



TN-C sistem

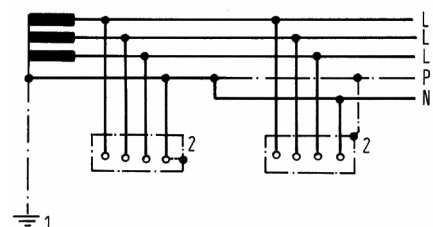
Funkciji nevtralnega in zaščitnega vodnika sta združeni v celotnem sistemu v en PEN vodnik.

Opraviti imamo torej z dvo oziroma štirižilnim sistemom.



TN-C-S sistem

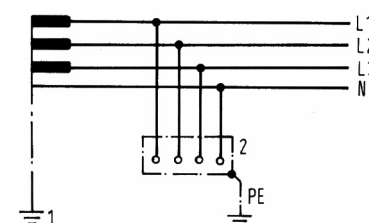
Tu imamo kombinacijo obeh predhodnih sistemov. Nevtralni in zaščitni vodnik sta v delu omrežja združena, v drugem pa ločena. Velja pomembno dejstvo, da iz TN-C sistema lahko preidemo v TN-C-S sistem, medtem, ko obratna pot ni dovoljena. Povedano drugače: po ločitvi PEN vodnika na PE in N vodnik le teh ni več dovoljeno združiti v PEN vodnik, ker je s tem moteno pravilno delovanje FI stikal.



TT sistem

Ena točka sistema je neposredno ozemljena, izpostavljeni prevodni deli električnih naprav pa so tudi vezani na ozemljilo, ki je ločeno od obratovalnega ozemljila. Po stari terminologiji ustreza ukrepom: zaščitna ozemljitev, zaščita s tokovnim in napetostnim zaščitnim stikalom.

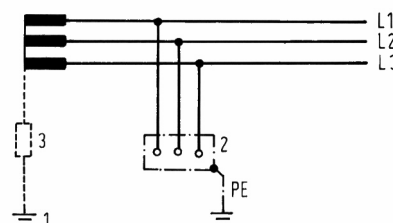
Ta sistem se uporablja v kmetijstvu, na gradbiščih, vse pogosteje pa stanovanjskih in poslovnih zgradbah.



IT sistem

Med aktivnimi vodniki omrežja in zemljo ni neposredne povezave. Izpostavljeni prevodni deli električnih naprav so ozemljeni (po stari terminologiji: sistem zaščitnih vodnikov).

Ta sistem se uporablja v rudnikih, kemični industriji, elektrarnah ipd.



Legenda

- obratovalno ozemljilo
- izpostavljeni prevodni del
- △ impedanca

2.3 IZVEDBE VAROVANJA ELEKTRIČNIH INSTALACIJ IN NAPRAV TER ZAŠČITA LJUDI PRED ELEKTRIČNIM UDAROM

Električne razdelilna naprave so sestavljene iz transformatorjev, kablov (vodnikov), stikalnih naprav in porabnikov. Naša želja je doseči čim varnejše in gospodarnejše obratovanje celotnega sistema brez motenj.

Vsaka naprava obratuje z določeno nazivno močjo in če jo prekoračimo, skrajšamo življenjsko dobo te naprave. Naprave ogrožajo predvsem preobremenilni tokovi in tokovi kratkih stikov. Kratki stiki so nevarnejši, saj poleg naprave ogrožajo tudi življenje uporabnikov. Življenje uporabnikov ogrožajo tudi el. preboji na el. prevodna ohišja, ki so posledica slabe izolacije.

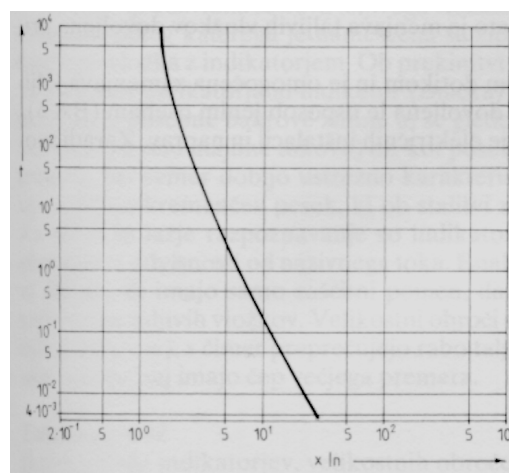
2.3.1 VAROVALKE

Varovalke so zelo pomembne zaščitne naprave, ki varujejo omrežja, inštalacije in porabnike pred kratkostičnimi tokovi in tokovi preobremenitev.

Predpisi nam definirajo, kdaj in pri katerem toku mora varovalka prekiniti tokokrog. To je določeno z izklopno karakteristiko varovalke (na sliki 8).

Pri dimenzioniranju varovalk so pomembni naslednji elementi:

- nazivni tok porabnika,
- zaščita vodnika oz. kabla,
- tok kratkega stika na mestu vgradnje varovalke,
- selektivnost.



Izklopna karakteristika taljive varovalke

Selektivnost varovanja pomeni takšno dimenzioniranje varovalk, da se ob okvari najprej aktivira varovalka, ki je najbližja mestu okvare. Da dosežemo čim boljše selektivnost, je potrebno zaporedno vezane varovalke določiti tako, da se vložki razlikujejo za dve tokovni stopnji (npr. 25 A16A).

Splošna navodila pri uporabi varovalk:

- glavne varovalke se postavijo takoj na vhodu napajalnega vodnika v objekt,
- na začetku vsakega neozemljenega vodnika,
- pri spremembi preseka vodnika,
- pri odcepkih vodnika, ko je presek odcepa manjši,
- pri uporabi paralelnih vodnikov jih vgradimo v vsak vodnik,
- pri talilnih varovalkah se porabnik vedno priključi na navoj varovalke.

Varovanje ni dovoljeno za:

- vodnike, ki so ozemljeni s pogonskim ozemljilom,
- nevtralne vodnike,
- vodnike s spremembo preseka in odcepu, ki je krajši od 1 m.

Splošne zahteve dopustnih obremenitev vodov:

$$I_b < I_n < I_z \quad \text{in} \quad I_2 < 1,45 \cdot I_z$$

obratovalni tok (A)

b

nazivni tok zaščitne naprave (A)

n

trajni zdržni tok vodnika - dovoljeni tok obremenitve (A)

z

zgornji preizkusni tok zaščitne naprave (A)

2

Osnovni skupini varovalk:

- taljive varovalke (neozed - DO, diazed - D, visokoučinkovne taljive varovalke - NV),
- inštalacijski odklopniki - avtomatske varovalke (B, C in D tip).

Taljive varovalke

Taljive varovalke so s prihodom inštalacijskih odklopnikov na nekaterih področjih uporabe (npr. stanovanjski prostori) skorajda neuporabljive. Odločilne slabosti so:

- talilni element je le za enkratno uporabo,
- prekinjajo le enopolno,
- niso primerne za vklapljanje pod bremenom,
- ne omogočajo blokade,
- prekinitvev signalizirajo le optično in delo z njimi ni dovolj varno.

Poleg slabosti imajo tudi pomembne prednosti:

- velika kratkostična zmogljivost,
- so hitre,
- preprosta izvedba.

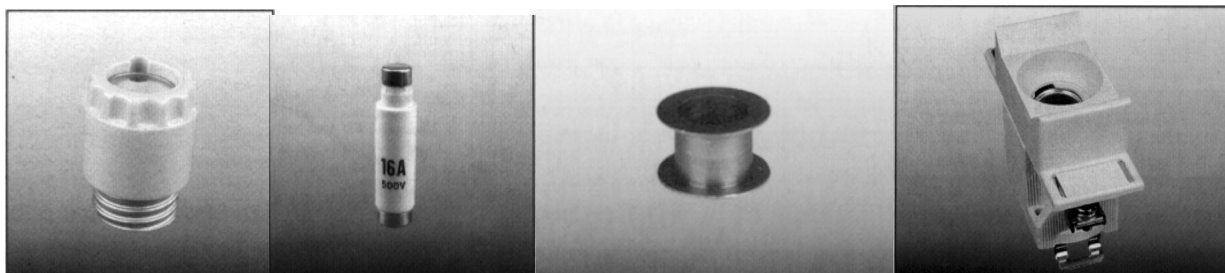
a) DO varovalke

Namenjene so varovanju inštalacijskih tokokrogov izmeničnih napetosti do 400 V in enosmernih do 250 V.

Poznamo tri izvedbe:

- DO 1 za tokove 2, 4, 6, 10 in 16 A,
- DO 2 za tokove 20, 25, 35, 50 in 63 A ter
- DO 3 za tokove 80 in 100 A.

Varovalke so sestavljene iz: kape, talilnega vložka (patrone), velikostnega obroča in ohišja



Kapa

Taljivi vložek

Velikostni obroč

Podstavek

Sestava neozed - DO varovalke

Ključni del varovalke je talilni vložek ali patrona. V patroni je talilni element, poleg tega pa je nameščena še kontrolna žica, ki se končuje v kontaktni kapici s kontrolno značko. Ob prekinitvi talilnega elementa se prekine tudi kontrolna žica in značka odpade. Kot polnilo uporabljamo kremenčev pesek, ki ob stalitvi izdatno ohlaja oblok. Zaradi lažjega razpoznavanja so značke talilnih vložkov različno obarvane. Najpogostejše varovalke so 6 A - zelena, 10 A - rdeča, 16 A - siva, 20 A - modra, 25 A - rumena.

Te varovalke niso primerne v industrijskih pogojih obratovanja in podobnih instalacijah, imajo pa prednosti v prihranku prostora in manjši teži.

b) D varovalke

Namenjene so tako kot neozed varovalke varovanju instalacijskih tokokrogov. Gradijo se za napetosti do 500 V (v posebnih izvedbah tudi za 660 ali 690, 750 in 900V) in tokove do 200 A. Za razliko od DO varovalke ima D izvedba namesto velikostnega obroča velikostni vložek, skozi katerega teče tok varovalke.

Poznamo štiri izvedbe, in sicer:

- D II za tokove 2, 4, 6, 10, 16, 20 in 25 A,
- D III za tokove 35, 50 in 63 A,
- D IV za tokove 125, 160 in 200 A.

Varovalke tipa D so štiridelne, sestavljene iz kape, talilnega vložka (patrone), velikostnega vložka in podstavka.



Kapa



Taljivi vložek



Velikostni
vložek



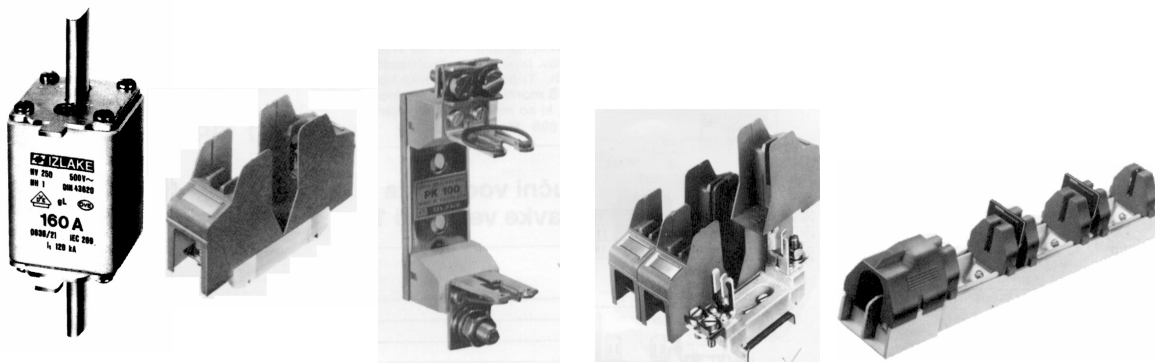
Podstavek

Sestava diazed – D varovalke

Te varovalke so podobne varovalkam DO in jih lahko zaradi njihove univerzalnosti uporabljamo za hitre ali počasne izklopne karakteristike pri zaščiti elektroinstalacijskih, signalnih in krmilnih tokokrogov ter za zaščito tokokrogov elektromotorjev. Stopnja izolacije dovoljuje uporabo v industrijskih in podobnih instalacijah.

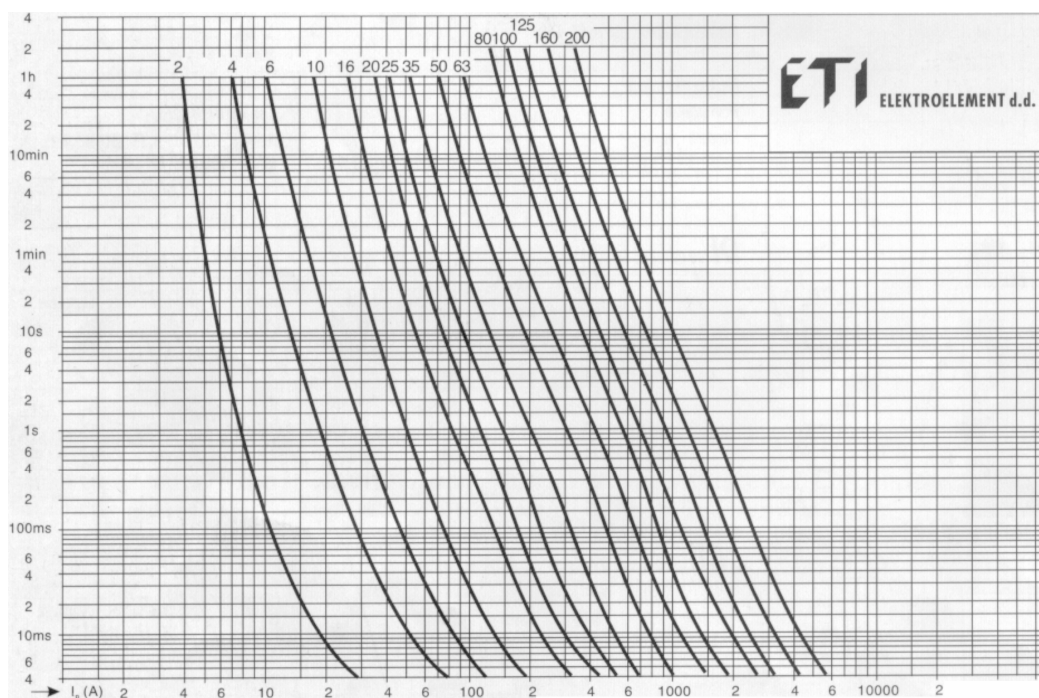
c) NV varovalke

Visokoučinkovne taljive varovalke NV izdelujejo za izmenične napetosti 500 in 660 V, tokove od 2 do 1250 A in imajo kratkostične zmogljivosti nad 100 kA. Sestavlja jih podnožje in taljivi element ali patrona. Namenjene so za izklapljanje velikih tokov zaradi preobremenitve in kratkih stikov. Sama konstrukcija je zasnovana tako, da omogoča čim boljše hlajenje. Največ se uporabljajo v industrijskih in javnih distribucijskih mrežah ter kot glavne varovalke v stanovanjskih in podobnih prostorih. Zamenjava patron je dovoljena le pooblaščenim osebam.



Varovalni vložek 1- polni podstavek 1- polni podstavek 3- polni podstavek 3- polni podstavek

Sestava NV varovalke



Karakteristike NV varovalk

2.3.2 INSTALACIJSKI ODKLOPNIKI

Inštalacijski odklopniki so iz tokokrogov nizkonapetostnih inštalacij v zgradbah skoraj povsem izrinili običajne varovalke. Njihov namen je zaščita vodov in porabnikov pred preobremenitvami in kratkimi stiki. Grajeni so kot enopolni (napetost 230/400 V) in večpolni (napetost 400 V) elementi.

Inštalacijski odklopniki vsebujejo dva sprožnika: elektromagnetnega in termičnega. Prvi deluje na principu elektromagnetne sile, ki izklaplja kratkostične tokove. Termični sprožnik pa ima za svojo osnovo bimetalni trak, ki se segreje in s tem odkloni v primeru preobremenitve. Oba sprožnika sta tovarniško nastavljena in jih kasneje nimamo več možnosti nastavljati.

Odklopniki so izdelani za naslednje tipične nazivne tokove:

6 - 10 - 13 - 16 - 20 - 25 - 32 - 40 - 50 - 63 - 80 - 100 - 125 A (pri nas le do 32 A).

Nekateri proizvajalci ponujajo poleg standardnih še naslednje vrednosti nazivnih tokov:

0,1 - 0,5 - 1 - 1,6 - 2 - 3 - 4 - 8 A

Glede na izklopne karakteristike uporabljamo dve izvedbi:

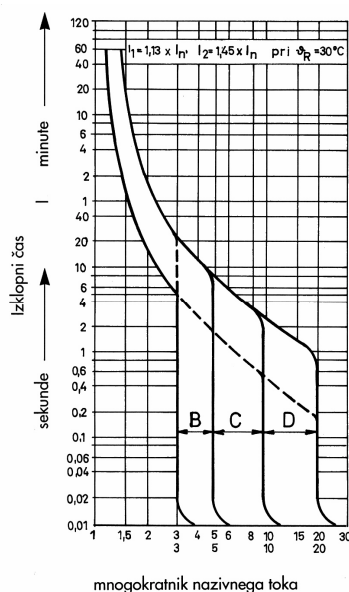
- **B - tip**, namenjen predvsem zaščiti inštalacijskih vodov,
- **C - tip**, namenjen predvsem zaščiti inštalacijskih vodov in porabnikov z večjimi zagonskimi tokovi (elektromotorji, skupine svetilk) in
- **D - tip**, namenjen predvsem zaščiti porabnikov z zelo velikimi vklopnimi tokovi (magnetni ventili, transformatorji, večje kapacitivnosti).

Bimetalni sprožniki morajo za vse tipe varovalk prožiti znotraj mej $(1,13 - 1,45) \cdot I_n$, elektromagnetni pa:

- B tip: $(3 - 5) \cdot I_n$
- C tip: $(5 - 10) \cdot I_n$
- D tip: $(10 - 20) \cdot I_n$

Izklopna karakteristika mora biti čim bolj prirejena obremenilni karakteristiki za vodnik, izoliran s PVC izolacijo. I_z je dopustni trajni tok vodnika, ki je odvisen predvsem od preseka vodnika in od načina položitve inštalacije. Dobimo ga iz tabel.

Prav tako so pri obravnavi inštalacijskih odklopnikov pomembne izklopne karakteristike inštalacijskih odklopnikov za B, C in D tip. Iz njih lahko določimo kratkostični (odklopni) tok pri npr. B 16 odklopniku. Prav tako lahko določimo tok preobremenitve v odvisnosti od časa, pri katerem bo posamezen odklopnik zanesljivo izklopil.



Izklopilne karakteristike B, C in D

2.3.3 TOKOVNA ZAŠČITNA STIKALA – RCD (FI)

Tokovna zaščitna stikala **FID** (*Fuse, I-el. tok, D-diferntial*) so zaščitna stikala, ki odklopijo tokokrog, če okvarni tokokrog preseže določeno vrednost toka. Z njimi je mogoče izvesti naslednje zaščitne ukrepe:

- zaščita pri posrednem dotiku,
- zaščita pred požari in
- dodatna zaščita pri neposrednem dotiku.

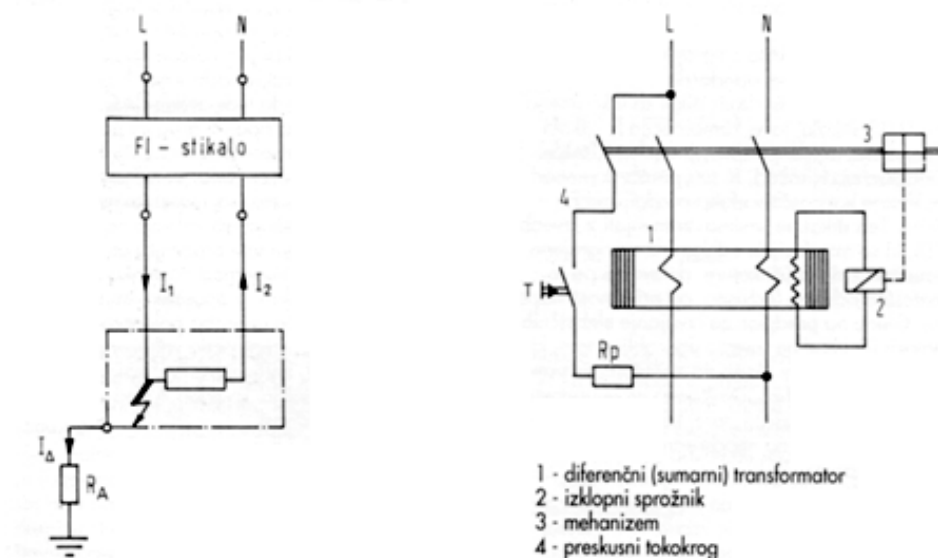
Pomembno je vedeti, da običajna RCD zaščitna stikala nimajo vgrajene niti preobremenitvene, niti kratkostične zaščite. Pred RCD stikalom mora biti vgrajena varovalka za zaščito stikala pred kratkim stikom in mora biti izbrana tako, da ob upoštevanju faktorja istočasnosti ni presežen nazivni tok stikala.

Delovanje FID stikal

Če obratovalni tok električnega porabnika vodimo skozi porabnik preko tokovnega seštevalnega transformatorja, je v normalnem obratovalnem stanju vstopni tok I_1 enak izstopnemu I_2 . V transformatorju se pojavita dve enaki in nasprotni inducirani napetosti kot posledica tokov I_1 in I_2 . Končne inducirane napetosti v transformatorju zaradi izničevalnega učinka ni.

Če se na porabniku pojavi okvara, katere posledica je dovolj velik okvarni tok I_Δ , se pojavi v tokovnem seštevalnem transformatorju inducirana napetost, ki požene sprožilni tok skozi navitje, ki z ustvarjenim magnetnim poljem pritegne kotvo, ta pa izklopi stikalo. Tok I_Δ transformator občuti kot diferenčni tok in je posledica okvare v izolaciji. Ta tok steče preko prevodnega ohišja in zaščitnega vodnika v zemljo.

Princip je zelo podoben pri trifazni izvedbi stikala.



Shematski način delovanja RCD stikala in glavni sestavni deli stikala

Pogoj za delovanje FI stikal

Na ozemljitveni upornosti porabnika R_A tok I_{Δ} ne sme preseči dovoljenega padca napetosti U_L (50 oz. 25 V).

Ozemljitvena upornost je določena po ohmovem zakonu in mora znašati:

$$R_A \leq \frac{U_L}{I_{\Delta n}}$$

V enačbi pomeni $I_{\Delta n}$ nazivni diferenčni tok RCD stikala, ki je tovarniško določen. To je tisti najmanjši tok okvare, pri katerem bo RCD stikalo še zanesljivo izklopilo.

Izvedbe FID stikal

Ločimo jih po:

- številu polov (2 in 4 polno stikalo),
- nazivnih tokovih (16, 25, 40, 63, 80, 100, 125 in 160 A),
- nazivnih diferenčnih tokovih (10, 30, 100, 300 in 500 mA),
- nazivna kratkostična trdnost (3000, 6000 in 10 000 A).



Pogled na tripolno in enopolno izvedbo RCD stikala

Pravila za pravilno delovanje FI stikal:

- upoštevanje predpisov za izvajanje električnih instalacij,
- pri inštalacijah širšega obsega ne smemo štiti le z enim RCD stikalom, ker imajo sicer neoporečni aparati določene izolacijske tokove, ki so intenzivnejše s staranjem izolacije in pri večjem številu takih porabnikov so to dejansko diferenčni tokovi, ki lahko povzročajo nezaželene odklope RCD stikal,
- vse vodnike, ki so potrebni za obratovanje naprave, fazne in nevtralnega, je treba voditi skozi RCD stikalo,
- nevtralni vodnik za RCD stikalom mora biti ravno tako izoliran proti zemlji kot fazni vodniki,
- vsi izpostavljeni prevodni deli morajo biti povezani z zaščitnim vodnikom (ozemljeni),
- izpolnjevati moramo pogoj ozemljitvene upornosti,
- pred pričetkom obratovanja mora izvajalec s preskusom ugotoviti dejansko ločenost nevtralnega in zaščitnega vodnika in izmeriti ozemljitveno upornost,
- uporabnik mora občasno (mesečno) preveriti delovanje RCD stikala preko tipke za preizkus stikala.

2.3.4 TARIFNI ODKLOPNIKI (LIMITATORJI)

Limitator je električni zaščitni aparat, v katerem so združene naslednje funkcije:

- omejevanje trenutne angažirane moči in s tem tudi zaščita pred preobremenitvijo,
- zaščita pred kratkimi stiki (izklopna zmogljivost do 6 kA),
- zaščita pred električnim udarom z napravo za diferenčni tok (velja za nekatere tipe).



Izgled limitatorja

Izklopna karakteristika je grafično prikazana na sliki. Prilagojena je zahtevam elektrogospodarstva.

Glavni tarifni odklopniki imajo možnost nastavitve nazivnega toka v nazivnem območju stopenjsko z možnostjo plombiranja nastavljene vrednosti.

Uporabljajo se za moči od 1 - 36 kW in tokove 10 - 63 A in nazivni diferenčni tok 0,5 A.

Predhodna talilna varovalka ni potrebna, če pričakovani kratkostični tok ne bo presegel 6 kA.

Glavni tarifni odklopniki, ki združujejo vse tri funkcije, so primerni predvsem za nove elektroenergetske priključke. Predvidena je montaža v priključno omarico z vgrajenim gumbom za vklop na njenih vratih. Tarifne odklopnike brez diferenčne zaščite nameščamo tam, kjer je v inštalaciji diferenčna zaščita že predvidena z stikali za diferenčno tokovno zaščito.

Naprava za diferenčni tok v odklopniku je zaščitena pred nezaželenimi izklopi, ki bi lahko bili posledica prenapetosti (atmosferska praznjenja, stikalne manipulacije) ter raznih stikalnih uhajavih tokov kapacitivne narave.

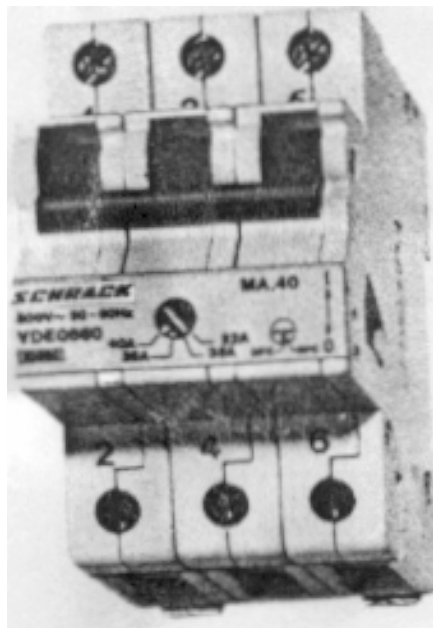
Priporočljiva temperatura okolice naj bi znašala med -5 in +40 °C. Odstopanje bi lahko povzročilo nepravilno delovanje termičnega sprožnika.

2.3.5 MOTORSKA ZAŠČITNA STIKALA

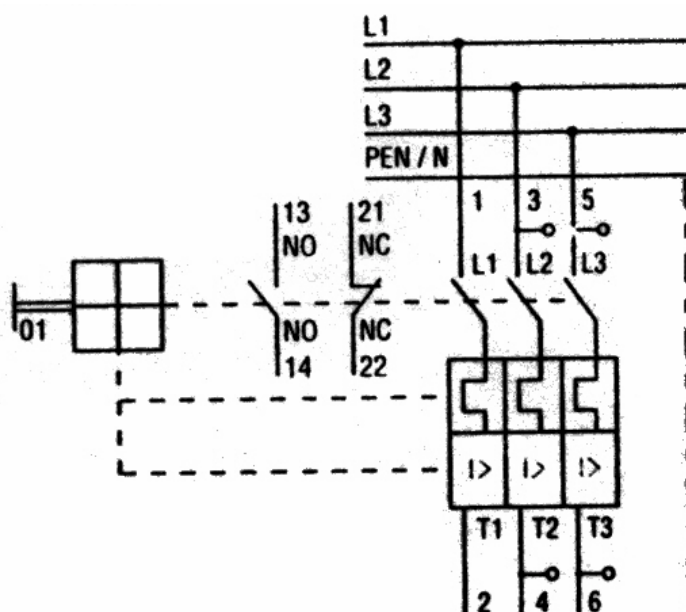
Motorsko zaščitno stikalo (MPC) je tripolno nizkonapetostno močnostno stikalo, ki ga uporabljamo za zaščito elektromotorjev pred različnimi preobremenitvami. Pogosto pa ga uporabljamo tudi za ročno vkloppljanje in izkloppljanje elektromotorjev pod obremenitvijo. V MPC so vgrajeni posebni zaščitni elementi, ki ščitijo motor pred preobremenitvami, kratkimi stiki in pred posledicami prenizke napetosti. Izklop, ki ga povzroči eden od teh zaščitnih organov je v vseh polih istočasen.

Opis zaščitnih organov:

- **termični (bimetalni) sprožilnik** deluje v obočju $2 \times I_n$ in je vgrajen v vse tri fazne vodnike, pri čemer velja poudariti, da je fazni tok nastavljen,
- **magnetni sprožilnik (elektromagnet)** je zaradi visokih vklopnih tokov elektromotorjev nastavljen na delovanje v območju med $11 \cdot I_n$ in $14 \cdot I_n$ ter je vgrajen v vse tri fazne vodnike,
- **podnapetostni sprožilnik** je izveden v obliki dodatnega aparata, ki je prigraven osnovnemu aparatu in ščiti motor pred škodljivimi posledicami prekomernega znižanja ali celo prekinitve napetosti.



Izgled sodobnega MPC



Vezalna shema MPC

Pomembno je še poudariti, da v primeru, ko na mestu vgraditve MCP - ja pričakujemo večjo kratkostično moč, kot je nazivna izklopna zmogljivost našega aparata. Takrat je potrebno predenj v vsaki fazi vgraditi ustrezne zaščitne varovalke, ki varujejo aparat in motor pred neugodnimi učinki kratkostičnih tokov. Za pomoč pri izbiri pravilne zaščite izbranega motorja posamezni proizvajalci MPC -jev podajajo tabele, ki na kratek in jasen način pokažejo, kako najhitreje izberemo pravo motorsko zaščitno stikalo. Primer takšne tabele vidimo v nadaljevanju.

MCP - izbor za trifazne elektromotorje				
3 - fazni motor 230 v P _n (kW)	3 - fazni motor 400 v P _n (kW)	3 - fazni motor 660 v P _n (kW)	Tokovno območje MCP (A)	Oznaka MCP
-	0,02	-	0,10 - 0,16	MCP - 0,16 /XX
-	0,04	-	0,16 - 0,25	MCP - 0,25 /XX
-	0,06 - 0,09	-	0,25 - 0,40	MCP - 0,4 /XX
0,06	0,12	0,25	0,40 - 0,60	MCP - 0,6 /XX
0,12	0,18 - 0,25	0,55	0,60 - 1,00	MCP - 1,0 /XX
0,25	0,37 - 0,55	1,1	1,0 - 1,6	MCP - 1,6 /XX
0,37	0,75	1,5	1,6 - 2,5	MCP - 2,5 /XX
0,75	1,1 - 1,5	2,2	2,5 - 4,0	MCP - 4 /XX
1,5	2,2	3,7	4,0 - 6,0	MCP - 6 /XX
2,2	3,7	7,5	6,0 - 10,0	MCP - 10 /XX
3,7	5,5 - 7,5	11	10 - 16	MCP - 16 /XX
5,5	10	15	16 - 20	MCP - 20 /XX
7,5	11 - 12,5	18,5	20 - 25	MCP - 25 /XX

Bimetalni releji

To so naprave, ki v kombinaciji s kontaktorjem varujejo motor pred tokovnimi preobremenitvami pri zagonu in med obratovanjem. Uporabljajo se za pravočasni izklop pri:

- tokovni obremenitvi zaradi prenizke napetosti,
- blokiranju rotorja,
- znižanju frekvence napajalne napetosti,
- izpadu ene faze,
- prepogostih vklopih (do 50 vklopov na uro).

Bimetalni releji so grajeni tako, da lahko izberemo proženje krmilnih kontaktojev s samozaporo ali avtomatičnim preklopom. Samozapora blokira rele in tako preprečuje ponovni avtomatski vklop po ohlaiditvi. Rele se deblokira z vgrajeno tipko.



Različne izvedbe bimetalnih relejev

2.4 ZAŠČITA ELEKTRIČNIH NAPRAV PRED ZUNANJIMI VPLIVI

Ker je s mehansko konstrukcijo električnih naprav zagotovljena tudi zaščita pred neposrednim dotikom z električnim tokom, si pred nadaljevanjem pogledimo stopnjo zaščite IP. Stopnje zaščite podrobno obravnavajo standardi IEC 529 in DIN 40 050, ki poleg razvrstitve aparatov in dodatkov za povečanje zaščite določajo tudi način preverjanja posameznih deklariranih stopenj.

Način označevanja je, da za črkama **IP** (International Protection) sledita še dve številki. Prva številka podaja stopnjo zaščite pred vdorom tujih teles (predmetov), druga številka pa stopnjo zaščite pred vdorom vode. Če se podaja le ena od zaščit, se manjkajoča številka nadomesti s črko **X**. Različne izvedbe tovrstne zaščite podaja sledeča tabela:

Prva številka	Zaščita pred vdorom tujih teles in stopnja zaščite pred dotikom nevarnih delov	Druga številka	Zaščita pred vdorom vode s škodljivim vplivom
0	nikakršna zaščita pred vdorom tujih predmetov	0	nikakršna zaščita
1	zaščita pred vdorom predmetov s premerom nad 50 mm; dotik z roko do nevarnih delov ni mogoč	1	zaščita pred navpično padajočimi vodnimi kapljicami
2	zaščita pred vdorom srednje velikih predmetov, s premerom nad 12 mm, dotik s prstom ni mogoč	2	zaščita pred vodnimi kapljicami, če je okrov nagnjen za 15°; dopusten vdor omejene količine vode
3	zaščita pred vdorom predmetov s premerom nad 2,5 mm dotik z običajnimi orodji ni mogoč	3	zaščita pred brizgajočo vodo do kota 60° glede na navpično os; dopusten vdor omejene količine vode
4	zaščita pred vdorom predmetov s premerom nad 1 mm; zaščita pred dotikom z žico	4	zaščita proti brizgajoči vodi iz vseh smeri; dopusten vdor omejene količine vode
5	zaščita pred čezmernim kopičenjem prahu (vdrta količina prahu še ni škodljiva); zaščita pred dotikom z žico	5	zaščita proti vodnemu curku iz vseh smeri; dopusten vdor omejene količine vode
6	popolna zaščita pred vdorom prahu; zaščita pred dotikom z žico	6	zaščita proti močnejšemu vodnemu curku iz vseh smeri (npr. na krovu ladij); dopusten vdor omejene količine vode
		7	zaščita proti vdoru vode pri občasni potopitvi v globino od 15 do 100 cm
		8	zaščita proti vdoru vode pri trajnem obratovanju pod vodo

Standardi na tem področju predvidevajo tudi dodatne črke. Te črke se uporabljajo samo:

- če je dejanska stopnja zaščite pred dotikom nevarnih delov večja, kot je podano s prvo številko, ali
- če je potrebno podati le stopnjo zaščite pred dotikom nevarnih delov, sicer pa je prva številka nadomeščena s črko X (zaščita pred vdorom tujih predmetov ni podana)

2.5 OSNOVNI POJMI IN VEZJA PRI NAČRTOVANJE RAZSVETLJAVE

2.5.1 NARAVNA IN UMETNA SVETLOBA

Popoln primer naravnega telesa, ki seva je sonce. Sonce seva do neskončnih valovnih dolžin, človek pa vidi le ozko območje od 400 do 760 nm. Posamezna sevanja znotraj vidnega spektra vidimo kot barve. 400 nm ustreza vijolični barvi, 760 nm ustreza rdeči, največjo občutljivost za človekovo oko pa dosežemo pri 555 nm, kar ustreza rumeno-zeleni barvi.

Danes pridobivamo umetno svetlobo z uporabo elektrike na dva načina.

a) termično izžarevanje

Vsako telo, ki ima višjo temperaturo, kot okolica, seva energijo. Intenzivnost je odvisna samo od lastnosti površine telesa in njegove temperature. Največjo emisijsko zmožnost pri določeni temperaturi ima absolutno črno telo.

Umetni svetlobni viri, ki sevajo termično, so žarnice z žarilno nitko.

b) luminescenčno sevanje

Luminescenčno sevanje je splošen izraz za pojav svetlobnega sevanja pri razelektrenju v plinih in kovinskih parah. Nastane tako, da sta v stekleni cevi vtaljeni dve elektrodi, cev pa je napolnjena z neaktivnim plinom. Z višanjem napetosti na elektrodah pride do pospešenega gibanja prostih elektronov in tako do ionizacije plina. Svetloba bo nastala zaradi spremembe energijskega nivoja elektrona v atomu. Kasnejša obratovalna napetost je nižja od vžigne.

Obstajajo tudi druge vrste sevanja, radijoluminiscenca v televizijskih katodnih ceveh, elektroluminiscenca kristala diode LED, pa tudi fotoluminiscenca kresničke izzvana s kemično reakcijo.

Umetni svetlobni viri, ki sevajo luminescenčno, so sijalke.

Fotometrija

Da bi lahko svetlobo merili in primerjali učinke posameznih svetil, uporabljamo v svetlobni tehniki določene veličine, ki jih skupno pojmujeemo z izrazom fotometrija.

a) Svetlobni tok: je celotna oddana moč svetlobnega vira, ki jo človekovo oko občuti kot svetlobo:

$$\phi = \frac{Q}{t} \quad (\text{lumen - lm})$$

Q - množina svetlobe (lm)

t - čas sevanja (s)

b) Prostorski kot: je del prostora, ki ga oklepa plašč stožčastega ali piramidastega izseka krogle s polmerom r. Velikost prostorskega kota je dana s površino osnovne ploskve A, ki leži na površini krogle, v katere središču je točkasti vir svetlobe, in kvadratom polmera krogle r:

$$\omega = \frac{A}{r^2} \quad (\text{steradian - sr})$$

c) Svetilnost: je gostota svetlobnega toka ϕ , ki ga vir izseva v dani element prostorskega kota ω :

$$I = \frac{\phi}{\omega} \quad (\text{candela - cd})$$

d) Osvetljenost: je povprečni svetlobni tok ϕ , ki pade na površino A v neki razdalji od svetila:

$$E = \frac{\phi}{A} \quad (\text{lux} - \text{lx})$$

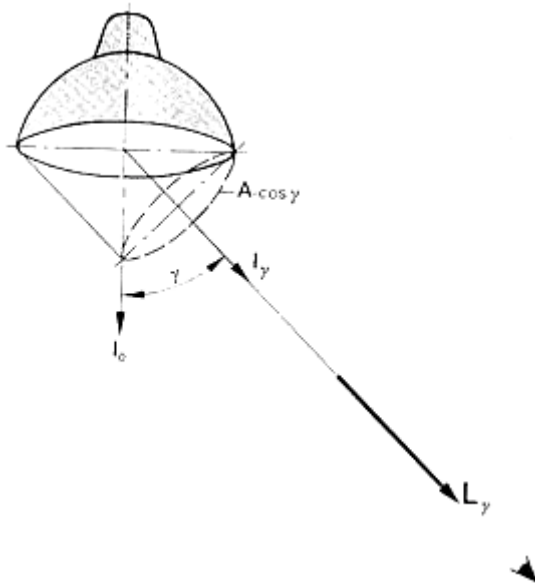
En lux je osvetljenost površine 1 m², na katero pade enakomerno porazdeljen svetlobni tok enega lumna.

$$E = \frac{\phi}{A} = \frac{I \cdot \omega}{r^2 \cdot \omega} = \frac{I}{r^2}$$

Zadnja enačba nam pove, da osvetljenost pada s kvadratom oddaljenosti od svetlobnega vira.

Človek potrebuje za razna opravila osvetljenost od 3 do 5000 lx.

e) Svetlost: je edina svetlobno tehnična veličina, ki jo oko direktno zaznava. Označuje intenzivnost proizvedene ali odbite svetlobe od neke površine. Z njo ocenjujemo bleščanje.



$$L_y = \frac{I_y}{A \cdot \cos \gamma} \quad (\text{cd/m}^2)$$

Svetlost svetleče površine

f) Svetlobni izkoristek: je razmerje med oddajnim svetlobnim tokom in prejeta električno močjo:

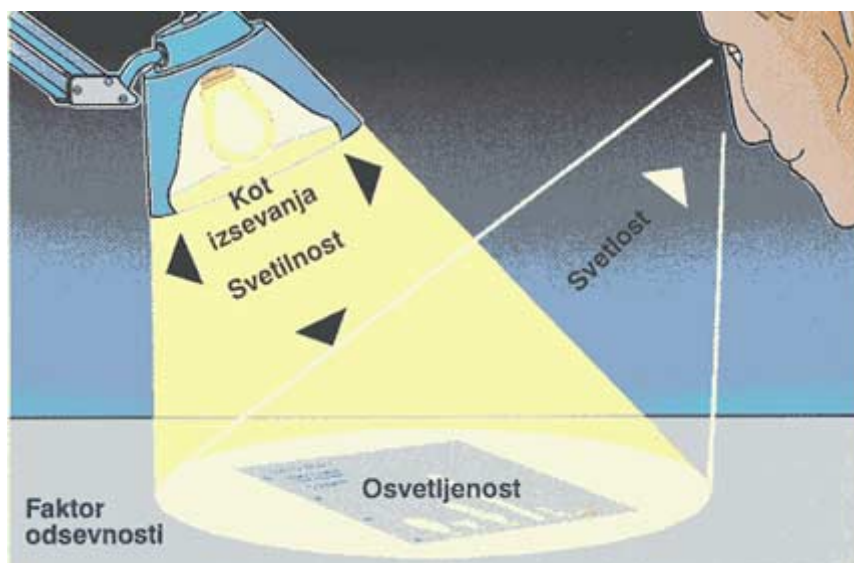
$$\xi = \frac{\phi}{P} \quad (\text{lm/W})$$

g) Izkoristek razsvetljave: je razmerje med koristnim svetlobnim tokom ϕ_k , ki je padel na delovno površino in celotnim oddanim svetlobnim tokom ϕ_c svetila:

$$\eta = \frac{\phi_k}{\phi_c}$$

Potrební svetlobni tok na neki ploskvi določimo:

$$\phi = \frac{E \cdot A}{\eta} \quad (\text{lm})$$



Fotometrične veličine

h) Indeks barvnega videza Ra: varira od 0 do 100 in pove, koliko je neko svetilo sposobno povrniti barvni videz različnih odtenkov barv. Maksimalni indeks Ra =100 ustreza naravni beli svetlobi.

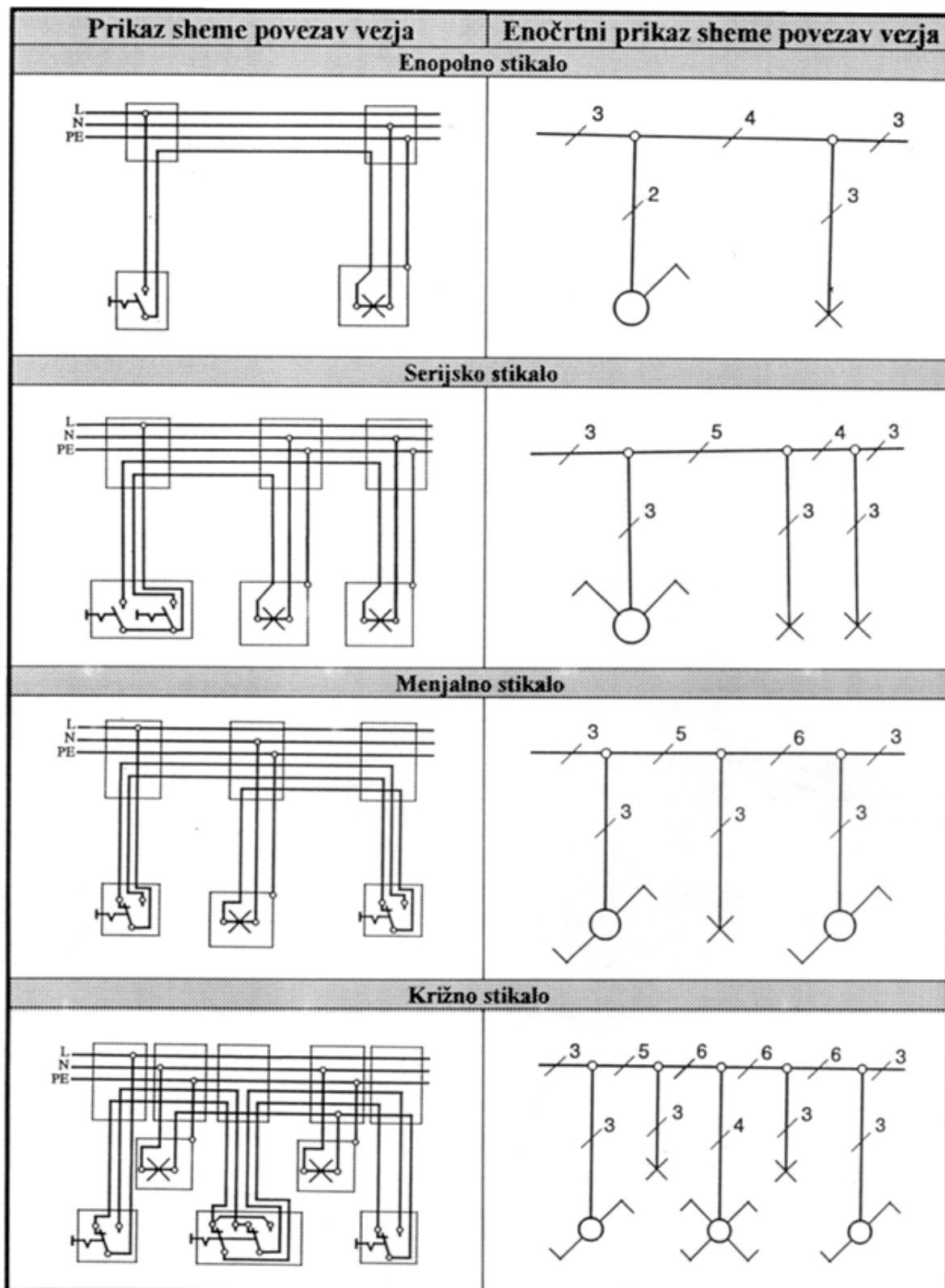
2.5.2 IZDELAVA VEZIJ ZA RAZSVETLJAVO

Vežja za razsvetljavo so najpogosteje izvedena z nizko napetostjo 230 V/50 Hz, izjemoma tudi z malo napetostjo oziroma enosmernim tokom. Praviloma jih varujemo z varovalkami 6 oz. 10 A. Izvajamo jih lahko kot podometna, nadometna ali kot vgraditev v določene aparate in naprave.

Pri izdelavi vezij za razsvetljavo so še vedno v ospredju klasične električne inštalacije z ročnimi stikali, ki so glede na vezavo lahko enopolna, serijska, menjalna in križna.

V zadnjem času pa je zelo opazen prodor stikal na samodejni vklop ali senzorskih stikal (najpogosteje z IR senzorjem premika in senzorjem osvetljenosti), ki sem jih že omenil v 6. poglavju.

Prav tako so vedno bolj opazni daljinski vklopi svetilk preko IR daljinskega upravljalca, kar se je predvsem uveljavilo na področju vklapljanja fluorescenčnih svetilk z sodobnimi elektronskimi predstikalnimi napravami. Omenjeni možnosti vklapljanja svetilk nudita v odvisnosti od situacij veliko možnosti, same tehnične rešitve vklapljanja pa so pri različnih proizvajalcih pogosto precej različne, zato se v nadaljevanju tej problematiki ne bomo posvetili.



Značilne vezave klasičnih instalcijskih stikov za razsvetljavo

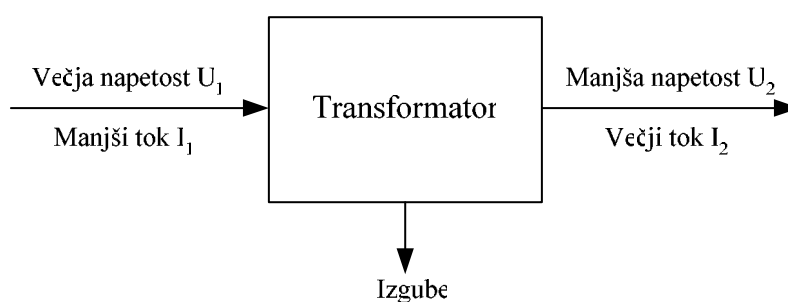
2.6 ZNAČILNOSTI IN VRSTE ELEKTRIČNIH STROJEV

Različni stroji pretvarjajo eno obliko energije v drugo. Rotacijski električni stroji so naprave, ki pretvarjajo mehansko energijo v električno ali obratno. Za rotacijske električne stroje tudi velja, da so reverzibilni, kar pomeni, da lahko obratujejo kot elektromotorji ali generatorji. Transformator kot mirujoči stroj pretvarja električno energijo nazaj v električno. Razpoložljiva električna energija se potem lahko pretvarja v kemično, toplotno, svetlobno in še druge oblike energije.

2.6.1 TRANSFORMATOR

2.6.1.1 Splošno o transformatorju

Transformator je električni stroj, ki spreminja električno energijo v električno. Deluje na principu statične elektromagnetne indukcije, torej indukcije na principu spremembe magnetnega polja. Torej je transformator naprava, ki lahko transformira samo izmenične električne veličine. Električno moč, ki jo na vходу v transformator vložimo, jo dobimo tudi na izstopu transformatorja, če njegove izgube zanemarimo. Moč je na obeh straneh enaka, razlikujeta se lahko samo napetost in tok.



Pojasnitev energijskega pretoka pri transformatorju

Sestava transformatorja

Glavni sestavni deli transformatorja so:

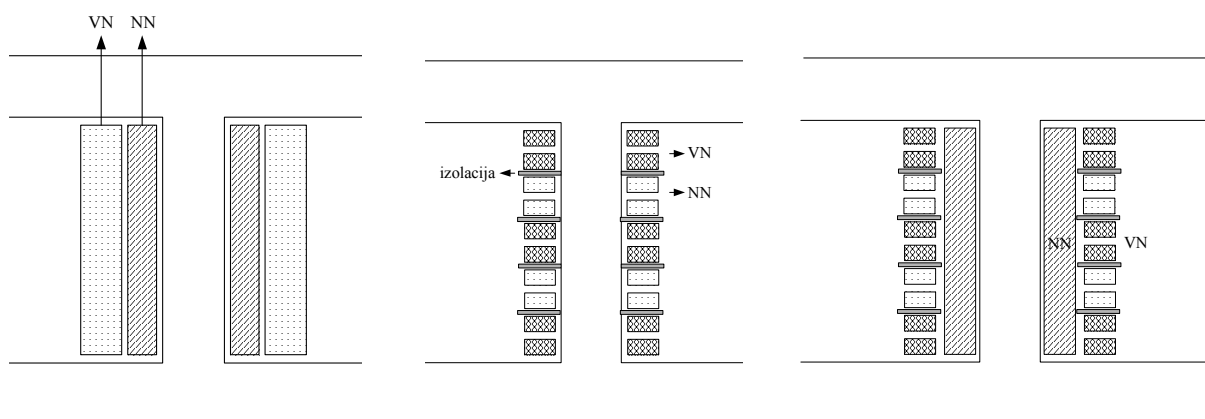
AKTIVNI DELI:

- **ŽELEZNO JEDRO:** Sestavljeno je iz Fe transformatorske pločevine in je lamelirano. Lamele so med seboj izolirane, s čimer zmanjšujemo nastanek vrtničnih tokov. Jedro se sestoji iz stebrov, ki nosijo navitja in dveh ali več jarmov, ki povezujejo stebre in omogočajo pot magnetnemu pretoku. Pločevina se proizvaja v obliki plošč ali traku. Večinoma uporabljamo visoko legirano pločevino debeline 0,35 mm, za manjše transformatorje pa 0,5 mm.



Zlaganje lamel jedra za trifazni transformator za distribucijo električne energije

- NAVITJA: Glede na smer pretakanja energije poznamo primarna in sekundarna navitja, glede na višino napetosti pa visokonapetostna in nizkonapetostna navitja. Glede na namestitev tuljav na stebre ločimo:



CILINDRIČNO NAVITJE:

VN in NN navitje sta nameščena na enakem stebri. NN navitje je ob stebri, ker ga laže izoliramo.

PLOŠČATO NAVITJE:

Zaradi boljšega hlajenja razdelimo VN in NN tuljavice na več delov.

MEŠANO NAVITJE:

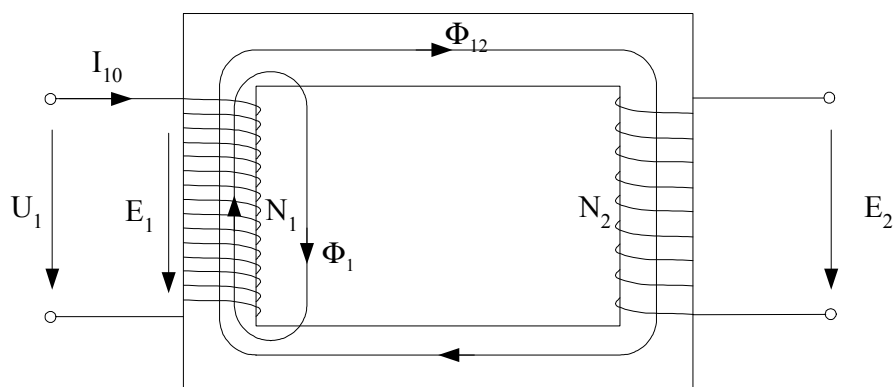
Je kombinacija prejšnjih dveh navitij.

Izvedba navitij transformatorja

PASIVNI DELI:

- kotel s pokrovom,
- priključne sponke s skozičniki, napisna plošča,
- konzervator,
- zaščita (Buchholzov rele, diferenčna zaščita).

Delovanje transformatorja v praznem teku



Shema delovanja transformatorja v praznem teku

Ko na primarno navitje priključimo sinusno izmenično napetost, požene ta skozi primarno navitje izmenični tok I_m , ki skupaj z ovoji povzroči magnetni pretok Φ . Tok I_m je zelo majhen in znaša (2 - 4) % nazivnega toka. Magnetni pretok se sklepa po celotnem jedru in skozi oboja navitja. Zaradi spreminjajočega se magnetnega pretoka se v primarnem navitju N_1 inducira napetost:

$$E_1 = 4,44 \cdot f \cdot N_1 \cdot \Phi$$

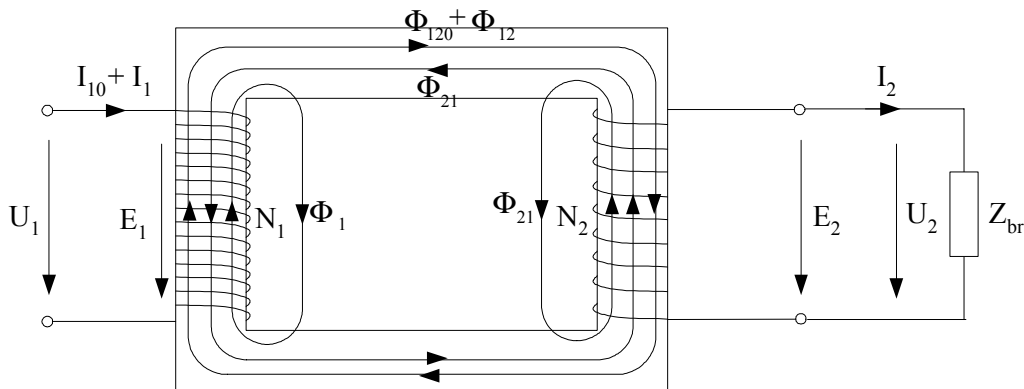
Magnetni pretok je ravno tolikšen, da je priključna napetost U_1 enaka primarni inducirani napetosti E_1 , kar velja v vsakem trenutku.

Ker magnetni pretok prehaja tudi skozi sekundarno navitje, se tudi tam po istem zakonu inducira napetost:

$$E_2 = 4,44 \cdot f \cdot N_2 \cdot \Phi \Rightarrow U_2 \cong E_2$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{4,44 \cdot f \cdot N_1 \cdot \Phi}{4,44 \cdot f \cdot N_2 \cdot \Phi} = \frac{N_1}{N_2} = p \quad p - \text{prestava transformatorja}$$

Obremenitev transformatorja



Shema delovanja transformatorja pod obremenitvijo

Ko na sponke sekundarnega navitja priključimo breme, bo inducirana napetost pognala skozi breme sekundarni bremenski tok:

$$I_2 = \frac{E_2}{Z_{br}} = \frac{U_2}{Z_{br}}$$

Tok I_2 teče tudi skozi sekundarno navitje, zato bi ta skupaj z ovoji povzročil nek dodatni magnetni pretok. Magnetni pretok mora zaradi konstantne primarne inducirane napetosti ostati nespremenjen, zato bo transformator iz mreže potegnil bremenski tok I'_1 , da bo ta dodatni magnetni pretok skupaj z ovoji N_1 uničil. Magnetna pretoka se bosta uničevala, če bo dodatni primarni magnetni pretok enak sekundarnemu:

$$I'_1 \cdot N_1 = I_2 \cdot N_2$$

Tok I'_1 je pri nazivni obremenitvi dosti večji od toka praznega toka I_m , zato lahko tok I_m zanemarimo.

$$I'_1 > I_m \quad I_1 = I'_1 + I_m = I'_1 \Rightarrow I_1 = I'_1$$

Sledi:

$$I_1 \cdot N_1 = I_2 \cdot N_2 \Rightarrow \boxed{\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}}$$

Kaj je z močjo?

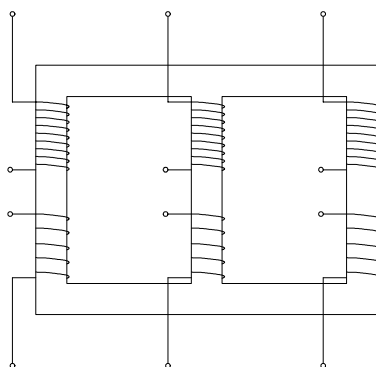
$$P_2 = U_2 \cdot I_2 = U_1 \cdot \frac{N_2}{N_1} \cdot I_1 \cdot \frac{N_1}{N_2} = U_1 \cdot I_1$$

Moč je na obeh staneh enaka (izgube niso upoštevane!).

2.6.1.2 Izvedbe transformatorjev

- **Trifazni transformator**

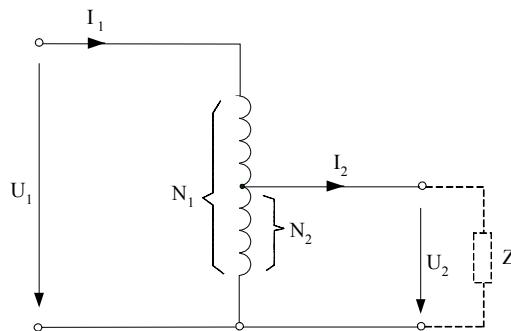
Uporabljamo jih za transformacijo trifaznih napetosti. V Evropi imajo trifazni transformatorji tri stebre, na vsakega od njih pa sta nameščena primarno in sekundarno navitje. V Ameriki pa uporabljajo tri enofazne transformatorje, vendar vedno bolj uvajajo uporabo trifaznih.



Shema evropske izvedbe konstrukcije trifaznega transformatorja

- **Posebne vrste transformatorjev**

Avtotransformator: Ima samo eno navitje, katero ima glede na velikost izhodne napetosti izveden odcep na sekundarno stran. Najdemo ga v enofazni in trifazni izvedbi. Imenujemo ga tudi varčni transformator, saj smo z njim prihranili na materialu, ker imamo eno navitje manj. Njegova glavna slabost je, da ga ne moremo uporabiti tam, kjer moramo galvansko ločiti dva električna kroga, saj avtotransformator tega ne omogoča. Zato je njegova uporaba dokaj omejena in se uporablja predvsem v prehodnih transformatorskih postajah. NI galvanske ločitve!



Shematski prikaz vezave navitja pri avtotransformatorju

- **Merilni transformator:** Razlikujemo tokovni in napetostni merilni transformator.
 - Tokovni** ima na primarnem navitju običajno samo en ovoj, na sekundarni pa več. Primarni ovoj predstavlja že vodnik katerega velikost ali obliko toka želimo nadzirati. Uporabljamo ga pri kleščnih merilnikih izmeničnega toka, pri galv. ločenih meritvah toka, za meritev trenutnih vrednosti toka, pri FID stikalih in podobnih napravah.
 - Napetostni** ima določeno prestavno razmerje, ki omogoča prestavi sorazmerno zviševanje ali zniževanje izmenične napetosti. Napetostne lahko uporabimo tudi kot transformatorje upornosti (impedance), le da se upornost transformira s kvadratom prestavnega razmerja (prilagoditev impedance). V visokonapetostni tehniki se uporabljata tokovni in napetostni merilni transformator, ki omogočata uporabo nizkonapetostnih instrumentov v ta namen .
- **Regulacijski transformatorji (variaki):** To so avtotransformatorji z drsečo izvedbo odcepa, ki omogoča v obsegu napajalne poljubno nastavitvev napetosti na izhodu. Uporabljamo jih tam, ker želimo imeti zvezno nastavljivo napetost oz. pri različnih obremenitvah na izhodu vedno isto napetost. Da to zagotovimo, imamo več odceпов na primarni strani ($\pm 2,5\%$, $\pm 5\%$, $\pm 7,5\% \cdot U_n$). Ni galvanske ločitve!!!
- **Ločilni transformatorji:** To je pomembna vrsta transformatorja v elektroniki in krmiljih. Njegova osnovna naloga je predvsem galvanska zaščita porabnikov, zato je prestava lahko tudi 1. Jedro takšnega transformatorja mora biti ozemljeno.

2.6.2 ASINHRONSKI ELEKTROMOTORJI

Splošno

Asinhronski stroji se izdelujejo kot:

- enofazni (za moči do 2 kW).
- trifazni (za večje moči) in

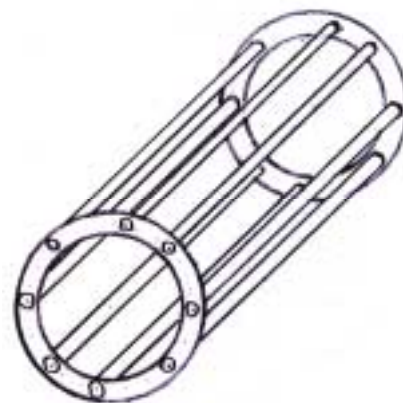
Asinhronski motor sestavljata dva osnovna sestavna dela:

- mirujoči stator z faznimi navitji in
- vrteči se rotor s kratkostično kletko.

Med statorjem in rotorjem je zračna reža debeline (0,3 - 1,5) mm.

STATOR: Sestavljen je iz železnega paketa, ki ga obdaja ohišje. Na notranji strani so utori, kamor so vložena navitja.

ROTOR: Sestavljen je iz paketa lamelirane dinamo pločevine nasajenega na gredi. Lameliran paket ima v utorih po obodu zalite »palice« iz aluminija, ki so na obeh straneh med sabo povezane z dvema obročema tako, da predstavlja takšno paličasto navitje kratkostično kletko.



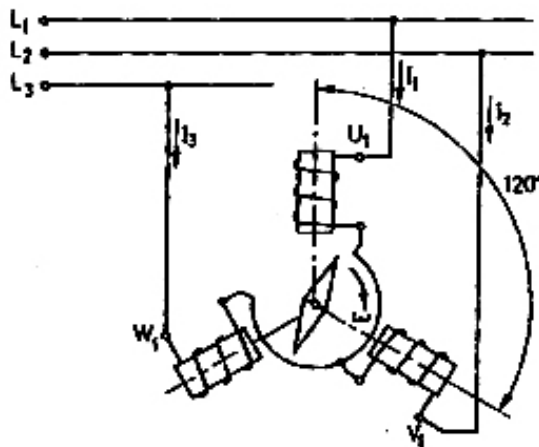
Izgled kratkostične kletke (brez lameliranega jedra)

2.6.2.1 Enofazni asinhronski elektromotor

(gradivo v pripravi)

2.6.2.2 Trifazni asinhronski elektromotor

Zamisli trifaznega asinhronskega motorja temelji na ideji vrtilnega magnetnega polja.



Shematski prikaz trifaznega motorskega sistema

Glede na to, da so statorska navitja nameščena med sabo fizično pod kotom 120° in da so tudi napetosti med sabo premaknjene za 120°, nastane vrtilno polje, ki se vrti sorazmerno frekvenci napetosti. Ko priključimo statorjevo navitje trifaznega asinhronskega motorja na mrežo izmenične napetosti, stečejo po navitjih trije magnetilni tokovi, ki ustvarjajo magnetne pretoke. Ti magnetni pretoki inducirajo v navitju statorja napetosti $E = B \cdot v \cdot l$, ki so v ravnotežju s pritisnjenimi napetostmi.

Vrtilno magnetno polje »seka« rotorsko navitje (kratkostična kletka), v kateri se inducirajo izmenične napetosti, ki poženejo kratkostični tok. Pojavi se magnetno polje ki nasprotuje rotirajočemu, zato se rotor zavrti. Vendar pa, rotor pri tem ne doseže enakega števila vrtljajev, kot ga ima statorjevo vrtilno magnetno polje. Če bi rotor dosegel enako število vrtljajev, to je sinhronsko število vrtljajev (n_s), bi rotorjeve palice ne sekale magnetnega polja, v rotorskem navitju se ne bi inducirala napetost, ne bi stekel tok, ne bi bilo sile na tokovodnik in rotor se ne bi zavrtel. Zato imenujemo tak motor asinhronski motor, saj se vrti z asinhronskim številom vrtljajev.

Če rotorju ne bi dopustili vrtenja (bi ga zavrtli), bi inducirani tokovi grela navitja, ki bi pregorela. V tem primeru deluje asinhronski motor kot transformator s kratko sklenjenim navitjem.

Ko motor mehansko obremenimo, se vrti počasneje. V njegovih palicah se inducira večja napetost, poveča se tudi tok in z njim moment - bolj vleče.. Pravimo, da ima asinhronski motor padajočo karakteristiko.

Zaostajanje hitrosti vrtenja rotorja za hitrostjo vrtenja statorjevega vrtilnega polja imenujemo slip:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \cdot 100, \quad \text{kjer pomeni:}$$

slip

sinhronsko število vrtljajev - število vrtljajev vrtilnega magnetnega polja (min^{-1})

n_s

število vrtljajev rotorja (min^{-1})

Slip asinhronskih motorjev je v praznem teku največ 0,5 do 1%. Pri normalni obremenitvi manjših asinhronskih motorjev je slip (3 - 8) %, pri večjih asinhronskih motorjih je slip (1 -3) %.

Ker stator motorja ustvarja magnetno vrtilno polje, jemlje iz mreže magnetilne tokove, ki so jalovi in s tem slabšajo $\cos \varphi$ motorja in omrežja.

Smer vrtenja motorja spremenimo tako, da spremenimo smer vrtenja vrtilnemu magnetnemu polju, ker vemo, da se rotor vrti v isto smer, kot se vrti vrtilno magnetno polje. To dosežemo tako, da zamenjamo dve poljubni fazi med seboj.

Povezava sinhronskega števila vrtljajev, števila polov in frekvence je definirana z že poznano enačbo:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p}$$

Število polov	Asinhronsko št. vrtljajev	Sinhronsko št. vrtljajev
2	2900	3000
4	1440	1500
6	960	1000
8	720	750

2.6.2.3 Regulacija števila vrtljajev asinhronskih motorjev

Zelo pogosto nastopi pri pogonih električnih strojev in naprav potreba, da reguliramo vrtljaje. Osnova za poznavanje fizikalnih lastnosti veličin, ki vplivajo na vrtljaje je dana z enačbo za sinhronsko število vrtljajev ASM.

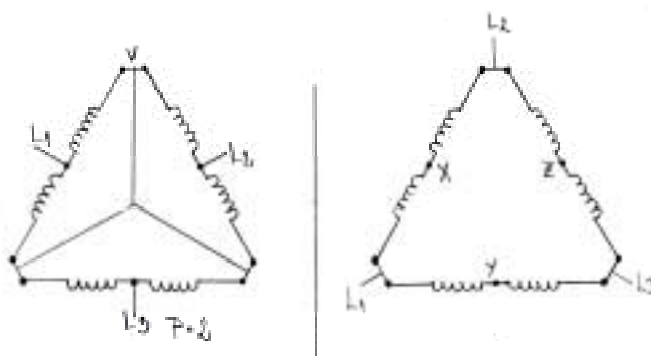
$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} \text{ [vrtljaji (min)]}$$

a) Regulacija vrtljajev s spremembo število polov

Iz enačbe: $n_s = \frac{60 \cdot f}{p}$ vidimo, da lahko na vrtljaje vplivamo s spremembo števila polov. Število polov lahko motorju spreminjamo kar med obratovanjem in sicer z dvema ločenima navitjema, izmed katerih je vsako dimenzionirano na svoje število polov. V tem primeru vrtljaji med sabo niso odvisni. (PRIMER: stari pralni stroji).

Vsi ukrepi spreminjanja števila polov so izvedeni na statorski strani. Rotor je torej lahko izveden s kratkostično kletko. Sprememba števila polov za reguliranje vrtljajev je način, ki ga opuščamo. Srečujemo ga, le še v starih sistemih – v opuščanih pralnih strojih.

Primer: Dahlanderjeva vezava za preklop iz enega števila polov na drugo število polov z enim navitjem.



Dahlanderjeva vezava za preklop iz enega števila polov na drugo število polov z enim navitjem

b) Regulacija števila vrtljajev s spremembo frekvence

Če spremenimo frekvenco napajalni napetosti, se s tem spremeni število vrtljajev ASM ($n_s = \frac{60 \cdot f}{p}$).

FREKVENČNI PRETVORNIK

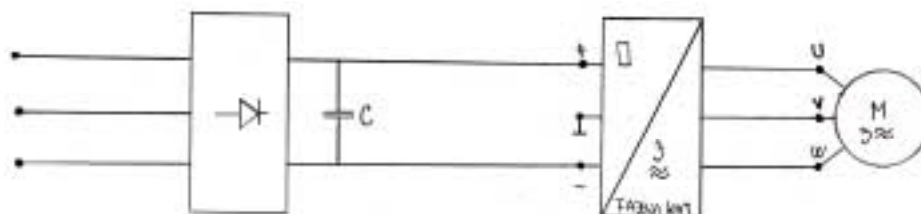
Že nekaj časa obstajajo novejši pristopi pri reguliranju frekvence. Najbolj je pri tem opazen vpliv uporabe elektronike v energetiki.

Najpogosteje sta v rabi:

- frekvenčni pretvornik in
- vektorski regulator.

Frekvenčni pretvornik: je elektronska naprava, ki je priključen na napajalno napetost frekvence 50 Hz. To napetost usmerimo v enosmerno napetost, jo preusmerimo nazaj in ji določimo novo frekvenco. Zgradba frekvenčnih pretvornikov je v osnovi enaka, zmogljivosti pa so različne. Razlikujejo se po zmožnosti regulirane frekvence in po delovni moči motorja.

Osnovna blokovna shema frekvenčnega pretvornika:



Blokovna shema napajanja 3f elektromotorja preko frekvenčnega pretvornika

Prednosti frekvenčnega pretvornika so v cenovni dostopnosti, lahko pa mu programiramo število vrtljajev in s tem tudi optimiramo zagonske lastnosti. Podrobneje so frekvenčni pretvorniki obravnavani v poglavju močnostne elektronike (7).

Ostale glavne lastnosti frekvenčnega pretvornika so:

- popolnoma mehki zagon motorja brez tokovnih sunkov,
- zagon s konstantnim tokom,
- popolna regulacija števila vrtljajev.

VEKTORSKI REGULATOR

Je navidezno in funkcionalno podoben frekvenčnemu pretvorniku. Navaden frekvenčni pretvornik deluje na principu krmiljenja, kar pomeni, da se izhodna vrednost lahko spreminja – krmili, vendar ta s spremembo ne vpliva na vhod. Če pa se elektromotorju vrtljaji znižajo zaradi bremena, se vhod na te spremembe ne bo odzval. Pri vektorskem regulatorju pa s spremembo izhodne veličine z negativno povratno regulacijsko vezavo vplivamo na vhod in tako reguliramo izhodne vrtljaje. Na ta način ohranimo vedno konstantno nastavljene vrtljaje. V praksi moramo najprej oceniti, kdaj je smiselno uporabiti navaden in kdaj vektorski regulator.

2.6.2.4 Zagoni asinhronskih motorjev

Elektromotorje lahko zaganjamo na več načinov. V odvisnosti od moči motorja in velikosti gnanega bremena poznamo:

- direktni zagon,
- stopenjski zagon in
- mehki zagon.

Zaradi velikega tokovnega sunka je direktni zagon najhitrejši, a najbolj neugoden. Stopenjski zagon je počasnejši in povzroči več manjših tokovnih sunkov. Mehki zagon imamo takrat, ko je zagon podaljšan in zagonski tok poljubno omejen (zagonski tok je lahko celo konstanten).

a) Direktni zagon

V trenutku zagona priključimo motor na nazivno napetost, pri tem steče zagonski tok, ki je od 3-7 krat večji od nazivnega. Zagonski moment je od 2- 4 krat večji od nazivnega.

b) Stopenjski zagon

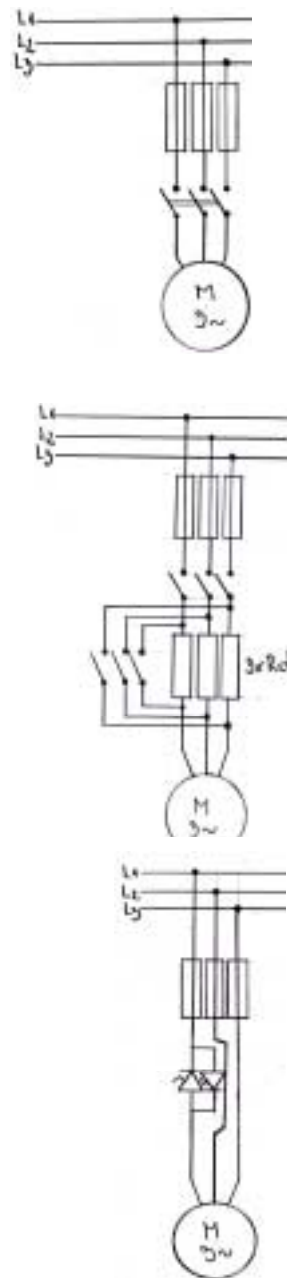
Izvršimo ga v dveh ali več stopnjah. Značilen primer dvostopenjskega zagona je stikalo zvezda-trikot. Večstopenjsko pa lahko zaženemo motor z vključevanjem statorskih in rotorskih naprav.

Zagon s stikalom zvezda-trikot je zagon z znižano napetostjo. Motor priključimo najprej v vezavo zvezda (statorjeva navitja) na nazivno napetost. Napetost na navitjih v vezavi zvezda je 230V. Ko doseže motor 80 % nazivnih vrtljajev, prevezemo statorska navitja v trikot (Δ) vezavo (ročno ali s samodejno s časovnim relejem). V vezavi Δ je napetost na navitju 400V. Razlika je tudi v toku in momentu.

Tok je v vezavi zvezda $3 \times$ manjši kot v Δ , prav tako je v zvezdi $3 \times$ manjši moment. Zelo pogost je zagon s klasičnim stikalom zvezda-trikot, ki ga odlikuje solidna cena. V industriji pogosto uporabljamo daljinski vklop zvezda-trikot s pomočjo kontaktorjev in časovnega releja.

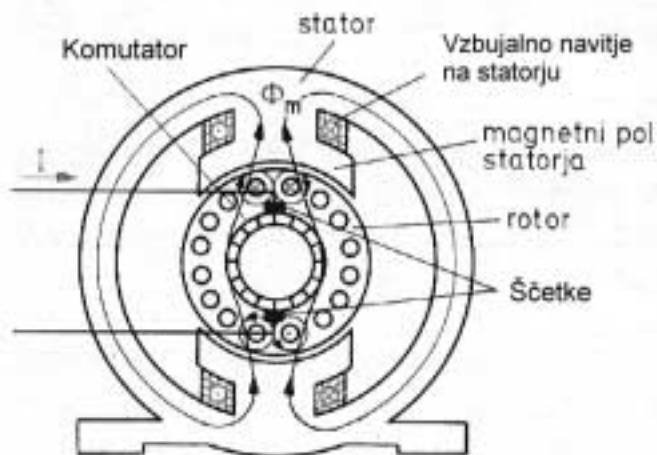
c) Zagon s pomočjo tiristorjev

Novejši pristop pri zaganjanju elektromotorjev predstavljajo tako imenovani polprevodniški kontaktorji, ki jih predstavljajo tiristorji v ustrezni vezavi. S tem bomo preko elektronike omejevali statorski tok. Ena možnost je, da omejujemo tok samo v eni fazi (za manjše motorje), druga možnost pa je omejevanje toka v vseh treh fazah (za večje motorje).



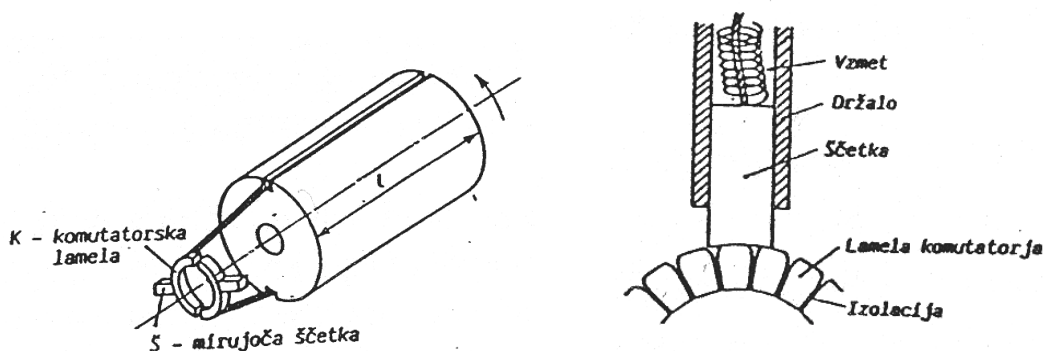
2.6.3 ELEKTROMOTORJI S KOLEKTORJEM

2.6.3.1 Elektromotor za enosmerno napetost



Poenostavljen shema dvopolnega enosmernega elektromotorja

Enosmerni stroj je sestavljen iz statorja in iz rotorja. **Stator** je mirujoči del stroja in je sestavljen iz statorskega jarma, polov, ki so nanj fiksirani in iz polovih čevljev. Stator je iz masivnega železa (enosmerno vzbujanje). Na pole je navito vzbujalno navitje. Oblika polovih čevljev je takšna, da leži cel rotor v magnetnem polju. **Rotor** je iz lameliranega železa. Po obodu so izdelani utori v katere je vstavljeno glavno navitje ali navitje kotve. Navitje kotve je sestavljeno iz večjega števila tuljav, katerih odcepi so vezani na lamele. Bakrene lamele so med sabo izolirane in sestavljajo kolektor, ki je nasajen na os rotorja.



Komutatorski del enosmernega stroja

Na ohišje statorja so preko fiksiranih vodil nameščene ščetke, ki drsijo po kolektorju. Sklop kolektor - ščetke imenujemo komutator.

Delovanje enosmernega motorja

Enosmerni motor temelji na principu sile na tokovodnik. Če v magnetno polje trajnega magneta položimo palico, skozi katero teče el. tok, se le ta odkloni. Smer odklona določimo po pravilu leve roke. Velikost sile je določena z že znano enačbo:

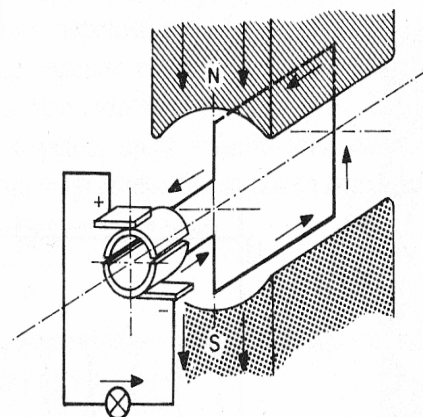
$$F = B \cdot I \cdot l \quad (\text{N})$$

S spremembo smeri toka v vodniku ali spremembo polaritete magnetnega polja dosežemo spremembo smeri odklona vodnika.

Delovanje motorja je posplošeno na tuljavi, ki je na koncih priključena na lamele na rotorski osi, ki tvorijo kolektor. Rotorskih tuljav je več in napetost na ščetkah požene skozi rotorske palice enosmeren tok preko lamel. Tako deluje na tuljave sila na tokovodnik. Ta sila deluje pod severnim in južnim polom tuljave in rotorska tuljava to občuti kot moment. Zato se rotor zavrti.

Skozi tuljavo v rotorju teče električni tok in ta tuljava se nahaja v močnem magnetnem polju, ki ga povzroča stator. Na rotorsko tuljavo deluje tokovna sila:

$$F = B \cdot I \cdot l \quad (\text{N})$$



Način delovanja enosmernega motorja

Tuljava ima svoj začetek in konec in nanjo bo deloval par sil. Tako se bo ustvaril vrtilni moment M , ki bo rotor zavrtel:

$$M = F \cdot \frac{D}{2} + F \cdot \frac{D}{2} = F \cdot D \quad (\text{Nm})$$

D ... premer rotorja (m)

Ko pride tuljavica v nevtralno cono, nanjo ne deluje sila ($B = 0$), vendar se zaradi vztrajnosti momenta zavrti naprej. Ko tuljavica preide nevtralno cono, se zamenjata lameli pod ščetkama in se spremeni tudi smer toka, zato je smer sile in vrtilnega momenta nespremenjena.

Regulacija števila vrtljajev enosmernega motorja

Mnogo je primerov pogonov izvedenih z enosmernimi motorji, ko nastopi potreba po regulaciji vrtljajev. S katerimi veličinami lahko vplivamo na vrtljaje, je lepo razvidno iz enačbe za inducirano napetost:

$$E = k_e \cdot \Phi_{gl} \cdot n \quad \Rightarrow \quad n = \frac{E}{k_e \cdot \Phi_{gl}} = \frac{U - I_a \cdot R_a - \Delta U_{šč}}{k_e \cdot \Phi_{gl}}$$

Iz izpeljane enačbe sledi, da lahko vrtljaje spreminjamo na tri načine:

- s spremembo priključne napetosti na sponkah motorja (U),
- s spremembo padca napetosti (ΔU),
- s spremembo vzbujačnega fluksa (Φ_{gl}).

a) Regulacija z impulzno širinsko modulacijo PWM

Impulzno-širinska regulacija vrtljajev je v novejšem času najpogosteje uporabljena. Način delovanja temelji na tem, da stikalni tranzistor napaja motor impulzno. Od razmerja impulz/pavza je odvisna srednja vrednost napetosti na motorju in posredno tudi vrtljaji oz. moment. V praksi srečamo ta način v pogonih pisarniške tehnologije, akumulatorsko napajano el. orodje, el. viličarji, invalidski vozički, roboti,....

b) Regulacija s spremembo priključne napetosti na sponkah motorja

Ta način reguliranja vrtljajev je zelo ugoden, saj lahko vrtljaje spreminjamo od nič pa do nazivnih vrtljajev. Potrebujemo vir enosmerne napetosti, ki je lahko enosmerni generator ali krmiljen tiristorski usmernik, ki ga napajamo z izmenično mrežo.

Če večamo priključno napetost od nič do nazivne vrednosti, se bodo tako spreminjali tudi vrtljaji pod pogojem, da je motor nazivno vzbujen. Ko je motor vzbujen z nazivnim fluksom, je električni moment, s katerim lahko dela motor enak nazivnemu in ni odvisen od vrtljajev:

$$M = k_m \Phi_{gl} \cdot I_a = M_n$$

c) Regulacija s spremembo padca napetosti

Padec napetosti v rotorskem tokokrogu dosežemo tako, da v rotorski tokokrog vključimo ohmski upor. Na upor nastane padec napetosti in je napetost na rotorskem navitju manjša od pritisnjene. Tako je manjše tudi število vrtljajev. Pri vključevanju upora v rotorski tokokrog moramo paziti, da pri vzporedno in mešano vzbujanem generatorju ne oslabimo vzbujalnega fluksa.

Prednost tega načina reguliranja vrtljajev je, da lahko upore za reguliranje uporabimo tudi za zagon motorjev.

d) Regulacija s spremembo vzbujalnega fluksa

Tudi na ta način je možno regulirati vrtljaje in sicer tako, da vzbujalni fluks zmanjšujemo. Pri tuje vzbujanih, paralelno vzbujanih in kompaudiranih motorjih večamo upornost vzbujalnega tokokroga in tako zmanjšujemo fluks. Pri serijskih motorjih pa priključimo upor paralelno z vzbujalnim navitjem. Pri regulaciji fluksa ne smemo pozabiti, da se zmanjša moment, s katerim lahko motor trajno dela, če zmanjšujemo fluks:

$$M_{\downarrow} = k_m \cdot \Phi_{gl\downarrow} \cdot I_a$$

Zaviranje z enosmernimi motorji

V nekaterih motorskih pogonih morajo enosmerni motorji tudi zavirati (spuščanje bremena, vožnja navzdol ...).

Poznamo tri načine zaviranja:

- generatorsko zaviranje,
- uporovno zaviranje in
- protitočno zaviranje.

a) Generatorsko zaviranje

Če se število vrtljajev enosmernega motorja toliko poveča, da postane inducirana napetost večja od pritisnjene, dela enosmerni stroj kot generator. Tako pretvarja mehansko energijo v električno in pri tem zavira. Zavorni moment je tem večji, čim večji je tok oziroma čim večje je število vrtljajev.

Na ta način ne morejo zavirati enosmerni motorji z zaporednim vzbujanjem.

Omejitev pri tem zaviranju je, da ne moremo zavirati do končne ustavitve stroja.

b) Uporovno zaviranje

Pri uporovnem zaviranju odklopimo stroj iz omrežja, na njegovi sponki priključimo ohmski upor, vzbujalno navitje pa na tuji vir. V tem primeru dela stroj kot tuje vzbujan generator. Tak generator pretvarja mehansko energijo v električno, ta pa se porabi za segrevanje stroja in pri tem zavira.

Tudi pri tem zaviranju ne moremo zavirati do končne ustavitve stroja.

c) Protitočno zaviranje

To zaviranje nastane, kadar žene breme rotor v nasprotno smer, kot je določeno z vezavo navitja. V taki situaciji moramo v rotorski tokokrog vključiti dodaten ohmski upor, pri čemer moramo paziti, da motor ne pride v kratek stik. Tak primer bi nastal, če bi vzbujalno navitje odklopili, motor pa bi ostal priključen na električno omrežje.

2.6.3.2 Kolektorski motorji za izmenično napetost**a) Enofazni zaporedni kolektorski motor**

Enofazni zaporedni kolektorski motorji se zelo veliko uporabljajo v gospodinjstvih, zdravstvu, obrti in povsod tam, kjer uporabljamo motorje majhnih moči (5 – 300 W). Normalne izvedbe imajo vrtljaje 1500 vrt/min, obstajajo pa celo izvedbe z 20000 vrtljaji ali pa še več. Posebnost teh motorjev je tudi izvedba za zelo velike moči, saj jih v nekaterih državah uporabljajo za električno vleko (do 1 MW).

Sestava izmeničnega kolektorskega stroja je najlepše vidna iz slike priključka na izmenično omrežje.

Glavno vzbujalno navitje (D1, D2) je vezano zaporedno z navitjem kotve (A1, A2). V glavni tokokrog sta vključeni še kompenzacijsko navitje (C1, C2) in navitje pomožnih polov (B1, B2). Pri izmeničnih kolektorskih motorjih je kompenzacijsko navitje veliko bolj potrebno, kot pri enosmernih, zato ga imajo vsi motorji moči nad 500 W.

Glavni fluks je tokrat izmeničen, zato je potrebno lamelirati tudi stator, ki je pri enosmernem vzbujanju lahko bil masiven (zaradi vrtinčnih tokov).

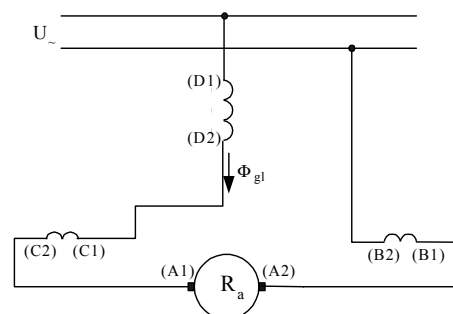
Ko motor priključimo na izmenično napetost, steče izmenični tok, ki povzroči izmenično pulzirajoče magnetno polje. Posledica je tokovna sila, ki zavrti rotor. Ko se v naslednji polperiodi spremenita smeri toka in vzbujalnega fluksa, ostane smer vzbujalnega momenta nespremenjena:

$$M = k_m \cdot (-\Phi_{gl}) \cdot (-I_a) = k_m \cdot \Phi_{gl} \cdot I_a$$

Tako deluje električni moment vedno v isti smeri in poganja rotor.

Dokler železo ne pride v nasičenje, je vrtilni moment premo-sorazmeren s kvadratom toka kot pri enosmernem motorju, zato je podobna tudi zunanja karakteristika. Ugotavljamo, da ima enosmerni zaporedni kolektorski motor tipične lastnosti zaporednih enosmernih motorjev:

- ima mehko zunanjo karakteristiko,
- v praznem teku lahko pobegne,
- ima velik zagonski moment in
- pri konstantnem bremenskem momentu lahko vrtljaje spreminjamo s spreminjanjem priključne napetosti.



Vezava zaporednega kolektorskega stroja

b) Univerzalni motor

Univerzalni motor je dobil ime po svoji resnični univerzalnosti, to je možnosti priključitve na enosmerno in izmenično napetost. Stator in rotor sta zaradi možnosti izmeničnega fluksa lamelirana. Sicer ima stroj kot običajni kolektorski stroj rotorsko navitje, na statorju pa imamo oblikovana izražena pola, kamor namestimo vzbujalno navitje, ki je razdeljeno na dve enaki polovici. Take motorje izdelujejo izključno kot dvopolne brez kompenzacijskega navitja in pomožnih polov za manjše moči (nekaj 10 W do največ 100 W ali nekaj več).

Takšni motorji manjših moči imajo težave pri komutaciji, ki jih lahko odpravimo s premikom ščetk. Težava je le v tem, da se lahko ti motorji potem uporabljajo le za eno smer vrtenja. Prednost take izvedbe pa je, da jo lahko uporabimo za večjo moč – približno do 1000 W ali nekaj več.

Univerzalni motorji največkrat nimajo lastnega ohišja, ampak so vgrajeni v delovni stroj. Izdelujejo jih za vrtljaje 1500 do 40000 vrt./min, uporabljamo pa jih za sesalnike, male gospodinske aparate, ročno električno orodje in predvsem tam kjer je potrebno veliko število vrtljajev.

Univerzalni motorji imajo podobne lastnosti na enosmernem in izmeničnem omrežju – razlike niso velike. Ob predpostavki, da sta efektivni vrednosti izmenične napetosti in toka enaki enosmerni napetosti oz. toku, bo imel motor pri enaki obremenitvi na izmeničnem omrežju nekoliko manjše vrtljaje:

$$n_{\sim} = n_{\sim} \cdot \cos \varphi$$

Če želimo, da ima motor enake vrtljaje v enosmerni in izmenični mreži, moramo ob enosmernem napajanju povečati število ovojev vzbujalnega navitja. Dejstvo pa je, da univerzalne motorje priklapljam v glavnem na izmenično napetost.

Problema pobega pri univerzalnih motorjih ne poznamo, ker so mehanske izgube dovolj velike, da omejijo vrtljaje na določeno vrednost, saj znašajo 15 – 20 % moči motorja.

Regulacija števila vrtljajev je možna. Običajno jo izvajamo s preduporom in je tako napetost na motorju manjša od priključne.

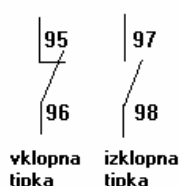
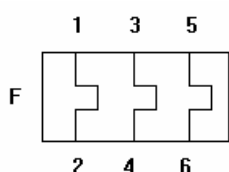
2.7 PRIKLOPI ELEKTRIČNIH NAPRAV

2.7.1 OZNAČEVANJE PRIKLJUČNIH SPONK RELEJEV IN KONTAKTORJEV

Na osnovi Mednarodne elektrotehnične komisije IEC je večina držav uskladila sistem označevanja sponk za osnovne električne aparate. Sponke lahko označujemo na več načinov:

- z namestitvijo,
- z barvami,
- z grafičnimi simboli in
- s črkovno številčnimi označbami.

Označevanje bimetalnih relejev:

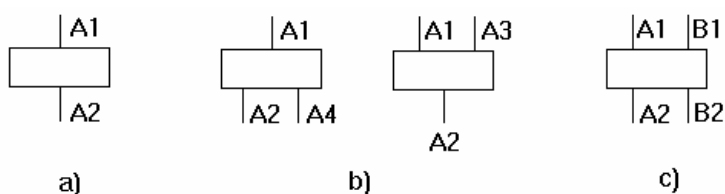


Številka 9 je rezervirana za bimetalni rele.

Označevanje bimetalnih relejev

Pri kontaktorjih uporabljamo črkovno številčne označbe.

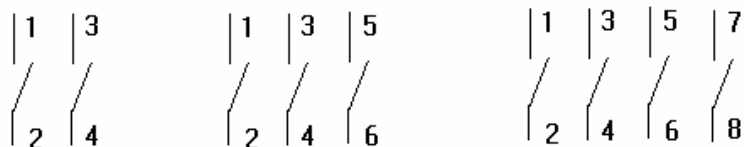
Označevanje vzbujalnih tuljav:



Načinio značevanja vzbuevalnih tuljav

- a - tuljava z enim navitjem
- b - tuljava z odcepom
- c - tuljava z dvema navitjema

Označevanje sponk glavnih kontaktov:



Označevanje sponk glavnih kontaktov

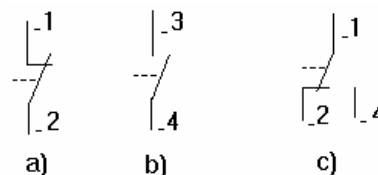
Sponke glavnih kontaktov označujemo z enomestnimi lihimi števili z leve proti desni. Pripadajoča sponka nekega kontakta (pola) je označena z ustreznim naslednjim sodim številom.

Sponke pomožnih kontaktov označujemo z dvomestnimi števili, ki so sestavljena iz števila, ki označuje funkcijo - delovanje kontakta (desna številka) in števila, ki označuje razvrstitev kontakta (leva številka).

Označevanje sponk glede na funkcijo:

- a - izklopni (mirovni) kontakt
- b - vklopni (delovni) kontakt
- c - preklopni kontakt

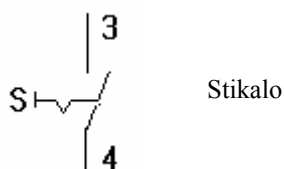
Številki 1 in 2 uporabljamo za izklopne kontakte, 3 in 4 pa za vklopne kontakte.



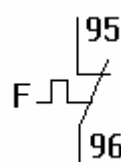
Označevanje sponk glede na funkcijo

Motorski kontaktor:	Krmilni kontaktor:
Glavni kontakti:	Zapiralni kontakti:
zgoraj: 1- 3 - 5	11 - 12 in 21, 22
spodaj: 2 - 4 - 6	Odpiralni kontakti:
	33 - 34

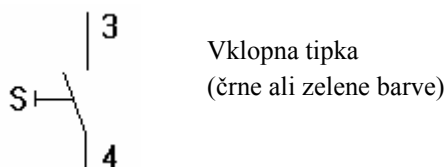
2.7.2 POMEMBNEJŠI SIMBOLI V STIKALNI TEHNIKI



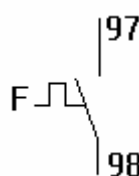
Stikalo



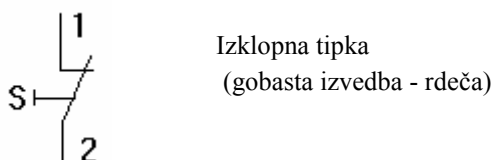
Izklopni kontakt, ki deluje pri neposrednem toplotnem vplivu (bimetal)



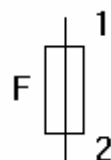
Vklopna tipka (črne ali zelene barve)



Vklopni kontakt, ki deluje pri neposrednem toplotnem vplivu (bimetal)



Izklopna tipka (gobasta izvedba - rdeča)



Varovalka

2.7.3 RISANJE NAČRTOV V STIKALNI TEHNIKI

Projektanti, konstruktorji, kontrolorji in monterji morajo poznati naslednje načrte:

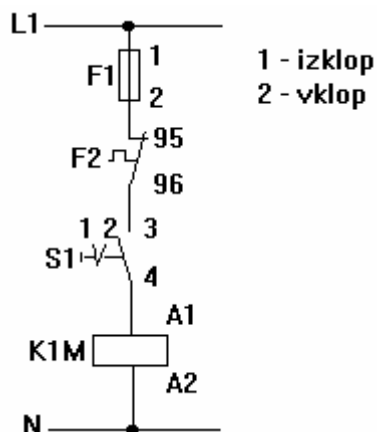
- enopolni načrt,
- tripolni načrt,
- shemo krmilnih tokokrogov (princip shema ali shema delovanja),
- vezalni načrt in
- montažni načrt.

Enopolni in tripolni načrti so uporabni za projektante, princip shema nam določa pogoje krmiljenja in je osnova za preizkušanje krmilnega vezja. Vezalni načrt uporabljajo monterji pri izdelavi žičnih povezav med elementi, medtem ko montažni načrt določa, kako razmestiti elemente v elektro omaricah, napravah ali strojih.

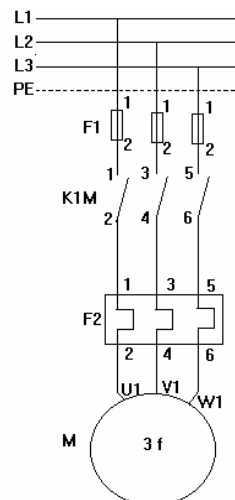
Za naše področje uporabe sta najbolj zanimiva tripolni načrt glavnih tokokrogov in princip shema krmilnih tokokrogov.

2.8 KRMILJENJE ELEKTRIČNIH NAPRAV

2.8.1 ROČNO KRMILJENJE NAPRAV PREKO STIKAL



Princip shema

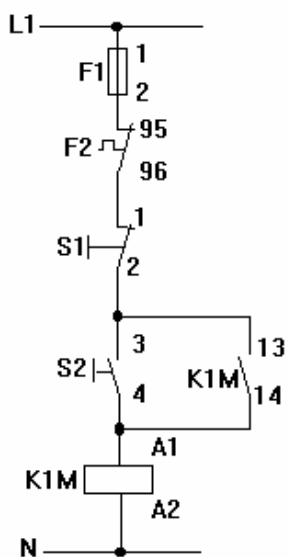


Tripolni načrt

Opis delovanja

Ko ročno vklopimo stikalo S1 (položaj 2), se skleneta kontakta 13,14 in steče tok skozi tuljavico kontaktorja K1M. Breme dobi preko glavnih kontaktov omrežno napetost. Ob izključitvi stikala (položaj 1) se glavni kontakti razklenijo in prekinajo napajanje bremena. V primeru preobremenitve kontakt bimetalnega releja (95, 96) prekine napajanje kontaktorja in s tem povzroči izklop motorja. Ker pa je stikalo še vedno v položaju vklop, moramo imeti B. R. s samozaporo, saj bi v nasprotnem primeru po ohladitvi bimetalnega prišlo do samodejnega vklopa.

2.8.2 DALJINSKO KRMILJENJE KONTAKTORJA Z DVEMA TIPKALOMA

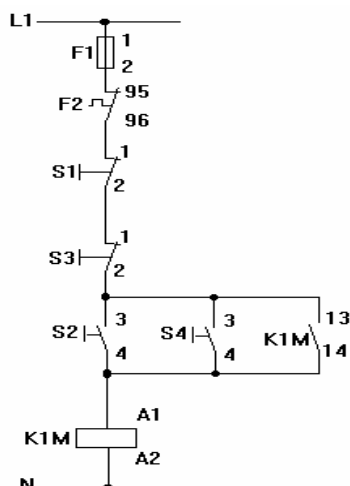


Princip shema

Opis delovanja

V narisanim položaju S1 in S2 K1M ni vzbujan (motor se ne vrti). Ko pritisnemo na vklopno tipko S2, steče tok preko vzbujalne tuljavice do KM1 in motor se zavrti. Istočasno se vklopi pomožni kontakt K1M (13, 14), ki mu pravimo samodržni kontakt. Ko tipko S2 izpustimo, ostane kontakt K1M (13, 14) vklopljen in se s tem motor še naprej vrti. Motor lahko izključimo samo preko izklopne tipke S1 ki ob pritisku razklene kontakte (1, 2).

2.8.3 DALJINSKO KRMILJENJE KONTAKTORJA Z VEČ TIPKALI

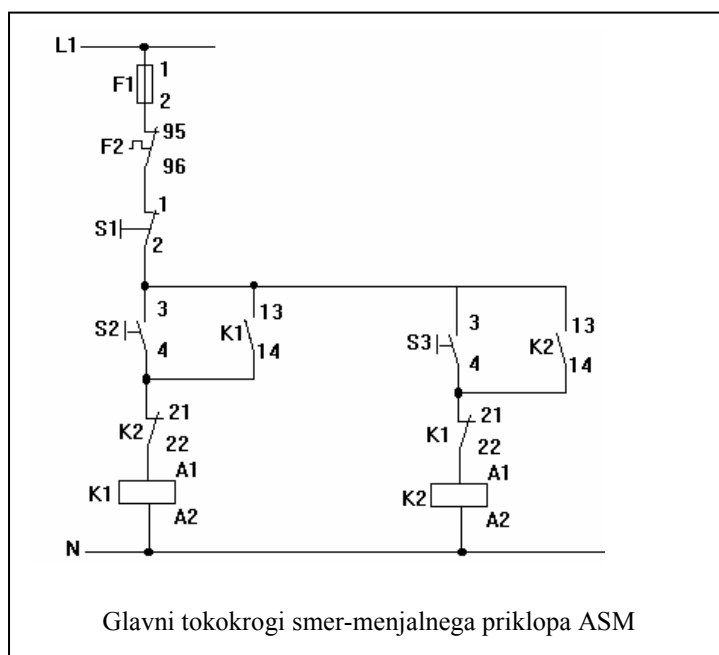
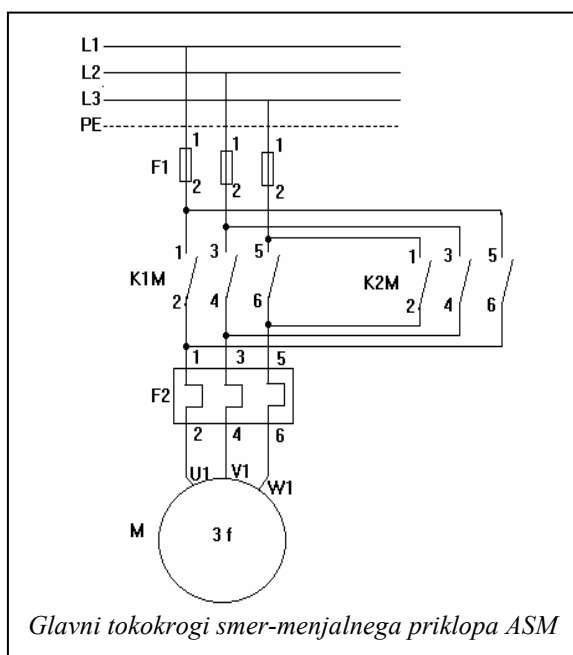


V narisnem položaju S1 in S2 K1M ni vzbujan. Ko pritisnemo eno od vklopnih tipk (S2 ali S4), steče tok preko vzbujalne tuljavice in kontaktor je vzbujan in istočasno se sklence samodržni kontakt (13, 14). Ko tipki S2 ali S4 spustimo, ostane kontaktor še naprej vzbujan. Izklop kontaktorja dosežemo s pritiskom na izklopno tipko S1 ali S3.

Tudi za ta primer je tripolna shema enaka, kot je bila v predhodnih dveh primerih.

Krmiljenje smeri trifaznega elektromotorja levo - desno

Tovrstna krmiljenja uporabljamo npr. za spreminjanje smeri vrtenja pri trifaznih asinhronskih motorjih.



Za narisani položaj se elektromotor ne vrti, ker najprej noben kontaktor ni vzbujan. Ko pritisnemo tipko S2, se sklence tokokrog preko vzbujalne tuljavice K1 in motor se zavrti v eno smer. Ker je kontaktor vzbujan, se je vklopil samodržni kontakt K1 (13, 14) in izklopil pomožni izklopni kontakt K1 (21, 22). Kontaktor K1 lahko izklopimo preko izklopne tipke S1 in s tem se pomožni kontakti K1 (13, 14) in K1 (21, 22) vrnejo v prvotni položaj.

S pritiskom na tipkalo S3 dobi vzbujalna tuljavica kontaktorja K2 napetost in samodržni kontakt K2 (13, 14) se vklopi in istočasno izklopi pomožni izklopni kontakt K2 (21, 22). Motor se sedaj zavrti v desno. Izklopimo ga lahko preko tipkala S1.

Funkcija blokade:

Ob vrtenju v desno bi želeli zamenjati smer vrtenja v levo brez predhodne izklopitve. To bi dosegli s pritiskom na tipko S2. Tok bi stekel le do K2 (21, 22), ki je izklopljen, saj je K2 vzbujan.