

# 8 STIKALA IN RELEJI

- 8.1 UVOD
- 8.2 STIKALA
- 8.3 RELEJI

## 8.1 UVOD

Stikala in releji, včasih jih imenujejo s skupnim imenom kontaktorji, so elektronski elementi, ki sklenejo ali razklenejo svoje kontakte in s tem kontrolirajo električni tok v napravi.

Preklopni element običajno nazivamo stikalo v primeru direktnega ročnega upravljanja kontaktov in rele v primeru električnega krmiljenja kontaktov.

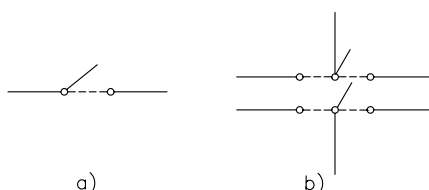
Material kontaktov je zaradi iskrenja ob vklopu in izklopu zelo obremenjen. Zato mora za dobro in dolgo delovanje teh elementov material kontaktov imeti primerne lastnosti. Največ so v uporabi razne legure, npr. trdo srebro, ki je sestavljeno iz srebra Ag, kadmija Cd in kisika O .

Za zanesljivo dolgoletno delovanje stikala je važna zlasti kvalitetna zaščita stikal pred iskrenjem pri preklopu. Pri tem običajno skušamo izpolniti zahteve za preprečevanje iskrenja, npr. s hkratno omejitvijo toka in napetosti na stikalu med preklopom :

$$I < 300\text{mA} , V < 300\text{V}$$

Zaščita stikal pred iskrenjem je bila podrobneje obdelana pri pregledu aplikacij termistorjev in varistorjev ( pogl.II ).

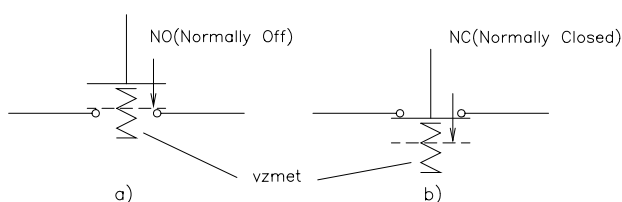
Gibajoči se kontakt običajno imenujemo pol. Glede na število polov ločimo enopolna, dvopolna in večpolna stikala. Stikala dalje razvrščamo tudi glede na število možnih položajev pola in glede na to ločimo enopoložajna, dvopoložajna in večpoložajna stikala. Nekaj primerov stikal prikazuje SI 8.1.



SI 8.1 Enopolno dvopoložajno(a) in dvopolno troložajno(b) stikalo

Glede na normalni položaj kontaktov razdelimo stikala v dve skupini:

- normalno odprto stikalo ( Normally Open, Normally Off - NO , SI 8.2a)
- normalno staknjeno stikalo ( Normally Closed - NC , SI 8.2b)



SI 8.2 Normalno odprto (NO) stikalo(a) in normalno staknjeno (NC) stikalo(b)

Pogosto proizvajalci preskrbijo poleg stikala samega tudi primerne nalepke za tipke, za indikacijo funkcije. Včasih je v stikalu vgrajena še kontrolna LED dioda, ki gori, kadar je stikalo vklopljeno.

## 8.2 STIKALA

### 8.2.1 OSNOVNE ZNAČILNOSTI STIKAL

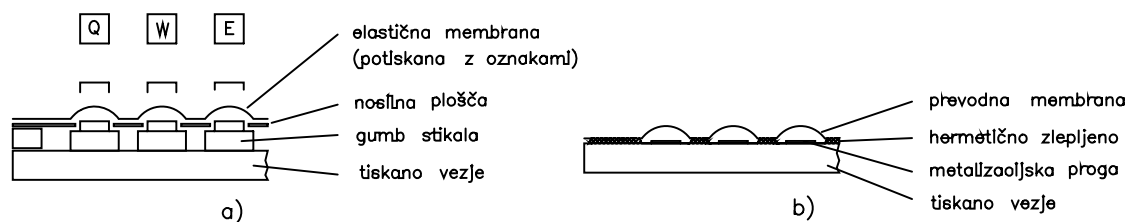
Osnovne značilnosti stikala, ki jih meri in podaja proizvajalec, so:

- maksimalni tok čez kontakte sklenjenega stikala  $I_{\max}[\text{mA}]$
- maksimalna napetost na kontaktih razklenjenega stikala  $V_{\max}[\text{V}]$
- kontaktna upornost sklenjenega(ON) stikala  $R_{\text{ON}}[\Omega]$
- izolacijska upornost razklenjenega(Off) stikala  $R_{\text{Off}}[\text{M}\Omega]$
- življenjska doba stikala, podana z zjamčenim številom preklopov  $N[10^{+7}]$

V nadaljevanju bo podan opis nekaterih novejših izvedb stikal, kot jih srečamo v tiplovnica računalkov in instrumentov, v novejših elektronskih napravah itd.

### 8.2.2 STIKALA Z ZAŠČITNO MEMBRANO

Na ustrezno metalizirano tiskano vezje so pritrjena miniaturna stikala (SI 8.3a). čez to je položena najprej zaščitna čelna plošča z ustreznimi odprtini na mestih gumbov-stikal. Vse skupaj je še dodatno zaščiteno pred vplivi okolice z (ustrezno potiskano) elastično membrano, ki je prilepljena preko zaščitne čelne plošče.



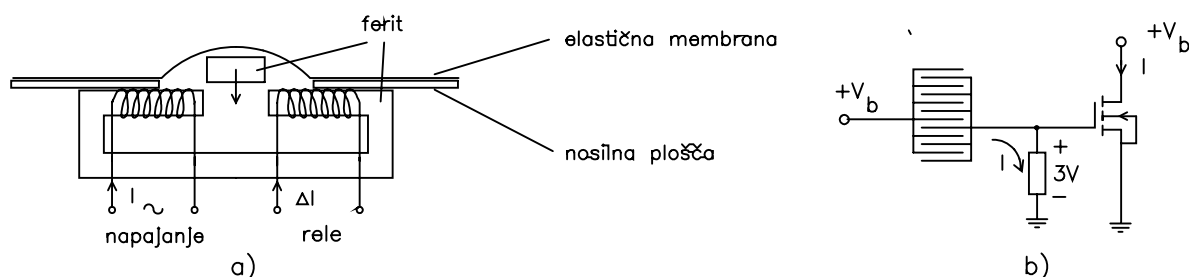
SI 8.3 Mreža miniaturnih stikal, zaščitnih z membrano(a),  
izvedba s prevodno membrano(b)

### 8.2.3 STIKALA S PREVODNO MEMBRANO

Strukturo teh stikal prikazuje SI 8.3b. Na ustrezno metalizirano tiskano vezje je prilepljena, v celoti ali le v določenih področjih prevodna membrana. V žepkih nad posameznim stikalom se nahaja zrak pod rahlo povišanim tlakom, ki preprečuje, da bi se prevodna membrana sama od sebe dotaknila metalizacije na tiskanem vezju in s tem vzpostavila kontakt. S pritiskom na ustrezno mesto membrane ta kontakt mehansko vzpostavimo in na ta način vklopimo ustrezno stikalo.

### 8.2.4 STIKALA Z MINIATURNIMI FERITNIMI JEDRI

To izvedbo stikala prikazuje SI 8.4a. Pri pritisku na stikalo pride do pomika gibljivega dela feritnega jedra v preostalo jedro, magnetni pretok se sklene. Zato pride do inducirane napetosti ali toka v odjemnem navitju, kar registriramo dalje v elektronski napravi kot električno informacijo o vklopu ustreznega stikala, lahko pa inducirana veličina tudi direktno krmili nek rele.



SI 8.4 Stikala z miniaturnimi feritnimi jedri (a) in stikala brez pomičnih delov (b)

### 8.2.5 STIKALA BREZ POMIČNIH DELOV

Kot prikazuje SI 8.4b, gre v tem primeru za dva medsebojno ločena površinska kontakta, običajno medsebojno prepletene prstaste geometrije. Ko se stikala dotaknemo npr. s prstom, steče po koži in s tem tudi skozi stikalo nek majhen tok, ki pusti na ustreznem uporu primeren padec napetosti ( $\sim 3V$ ) za krmiljenje dalje npr. nekega MOSFET transistorja kot stikala.

## 8.2.6 POLPREVODNIŠKA STIKALA

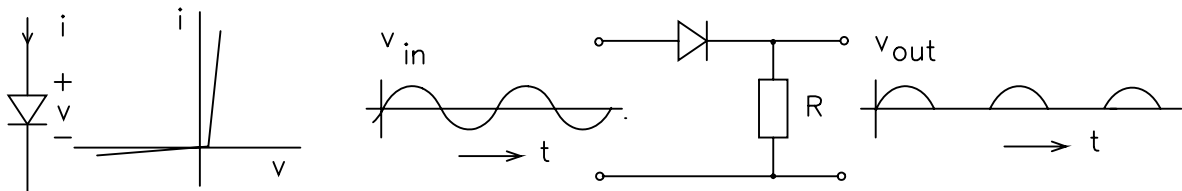
Mnoge polprevodniške elemente (diode, transistorji itd.) lahko uporabimo kot polprevodniška stikala. Polprevodniška stikala imajo vrsto prednosti pred klasičnimi:

- ni gibljivih delov, posledica je daljša življenjska doba in večja zanesljivost
- so hermetična stikala, kar prinese prednosti, že opisane pri hermetičnih relejih
- običajno majhna poraba moči
- relativno miniaturna stikala, zato majhna poraba prostora in dobre vf lastnosti

V nadaljevanju si bomo ogledali nekaj tipičnih aplikacij polprevodniških elementov kot stikal.

### 1. Polprevodniška PN dioda kot stikalo

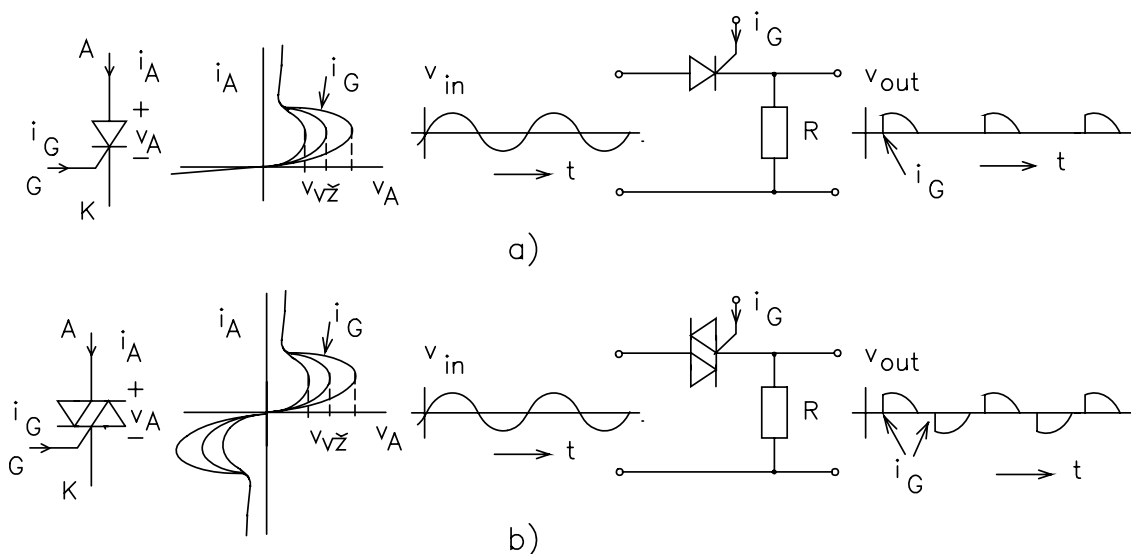
Polprevodniško PN diodo lahko uporabimo kot usmerniško stikalo, ki prepušča na breme le pozitivne polperiode napajanja, kot prikazuje SI 8.5.



SI 8.5 Polprevodniška PN dioda kot usmerniško stikalo:  $i(v)$  karakteristika, rezanje

### 2. Močnostni polprevodniški elementi kot stikalo

Podobno lahko uporabljamo ostale močnostne elemente kot npr. tiristor ali triac, kot prikazuje SI 8.6. Vžigno napetost  $V_{vž}$ , ko element začne prevajati, nastavljamo s tokom  $i_G$ . To omogoča zvezno regulacijo moči na bremenu  $R$ .



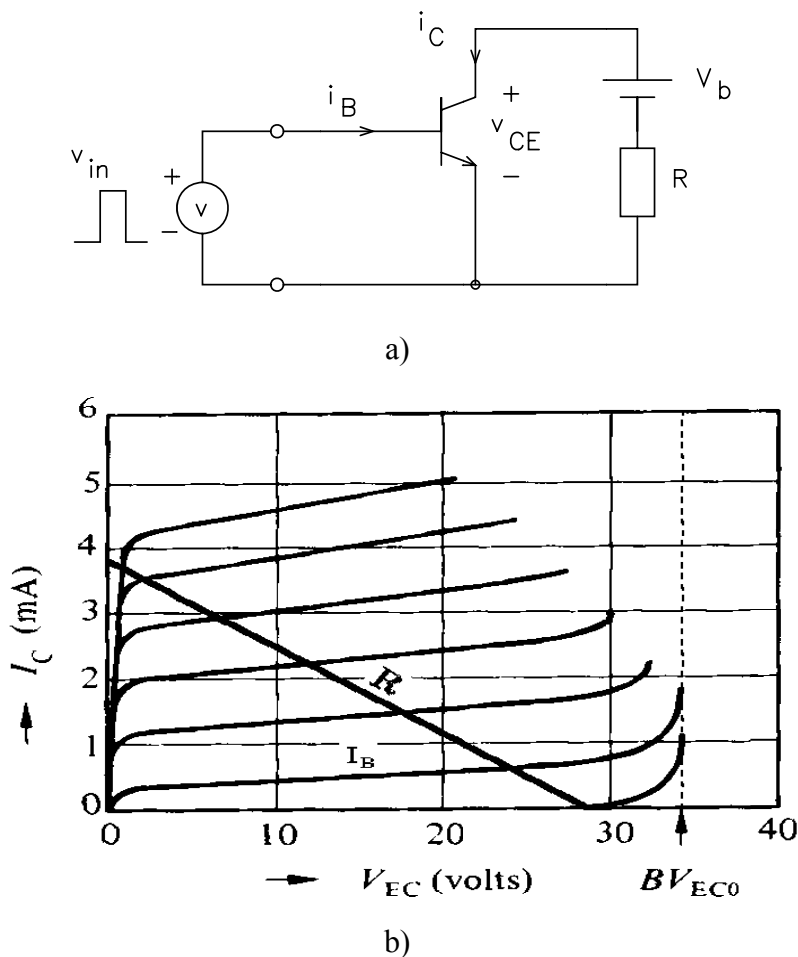
SI 8.6 Uporaba močnostnih polprevodniških elementov kot stikal: tiristor(a), triac(b)

### 3. Transistorji kot stikalo

Bipolarne ali FET transistorje lahko uporabimo kot električno kontrolirana stikala, ki jih vklapljammo in izklapljammo z električnim signalom na vhodu.

SI 8.7a prikazuje bipolarni transistor kot stikalo, SI 8.7b pa analizo delovanja z uporovno premico. Delovna točka potuje med področjem zapore, ko je stikalo zaradi nizkega signala na vhodu izklopljeno (OFF) in med področjem nasičenja, ko je stikalo zaradi visokega signala na vhodu vklopljeno (ON). Bipolarni transistor je torej stikalo, ki je normalno izklopljeno (NO - Normally Open).

Namesto bipolarnih transistorjev lahko uporabimo tudi druge vrste transistorje. če vzamemo npr. MOS transistor z induciranim kanalom, dobimo kot v prejšnjem primeru stikalo, ki je normalno izklopljeno (NO). če pa vzamemo MOS transistor z vgrajenim kanalom, ki torej prevaja če brez pritisnjene napetosti, dobimo stikalo, ki je normalno sklenjeno (NC).

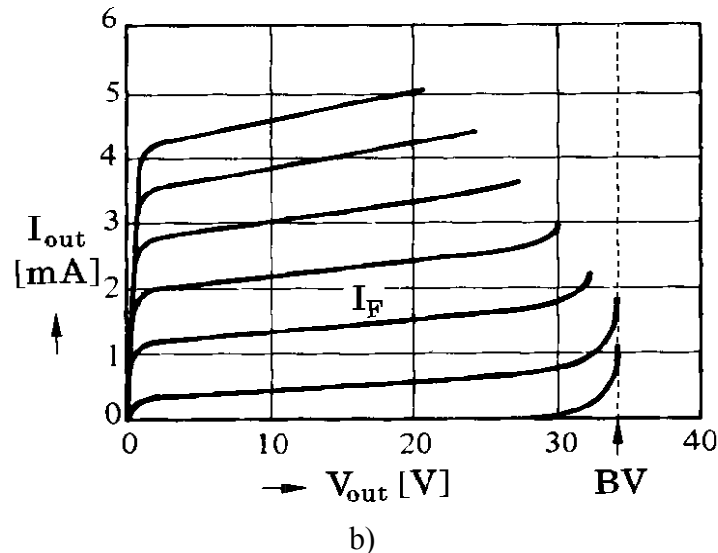
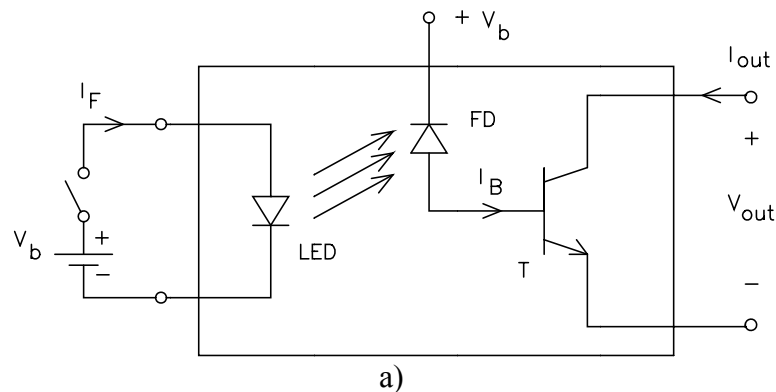


SI 8.7 Bipolarni transistor kot stikalo(a) in analiza delovanja z uporovno premico(b)

#### 4. Optospojnik

Optospojnik (Optocoupler) je zanimivo stikalo, ker sta vhod in izhod pri tem polprevodniškem stikalu galvanjsko ločena. Zgradbo in hkrati električni simbol optospojnika prikazuje SI 8.8. Na vhodu se nahaja LED dioda, ki pod vplivom visokega prevodnega toka oddaja svetlobo. To oddano svetlobo z vhoda prestreče fotodiode (FD), ki je vgrajena v bazi izhodnega (foto)transistorja. Fotodiode se nahaja polarizirana v zaporni smeri in pretvori vpadlo svetlobo v bazni tok transistorja, zato je stikalo tedaj v prevodnem stanju (ON). Ko krmilni vhodni tok izklopimo, ni emisije svetlobe in zato bazni tok upade na nič, transistor preklopi v stanje izklopljenega stikala (OFF). Namesto bipolarnega transistorja na izhodu so lahko tudi drugi stikalni polprevodniški elementi kot npr. Darlington fototransistor, fototiristor, nek fotoočevalnik itd.

Glavne prednosti optospojnikov so če omenjena galvanjska ločitev vhoda in izhoda, kar omogoči visoke napetosti med področjema ob zelo nizkih tokih puščanja. Poleg tega so to hitra stikala, delujejo v širokem temperaturnem področju, so relativno majhna stikala, visoke zanesljivosti.



SI 8.8 Zgradba optospojnika(a) in izhodna karakteristika(b)

## 8.3 RELEJI

### 8.3.1 OSNOVNE ZNAČILNOSTI RELEJEV

Releji so krmiljena stikala, pri katerih je krmilni tokokrog galvansko ločen od delovnih kontaktov. Med osnovne podatke releja uvrščamo naslednje:

- električni načrt: število kontaktov, položaji polov itd.
- podatki o materialu kontaktov (npr. trdo srebro AgCdO, AgCu<sub>3</sub> itd.)
- maksimalna napetost med razklenjenimi kontakti
- maksimalni tok preko sklenjenih kontaktov
- kategorija (opis) bremena : glede na namen in moč, npr.: elektromotor, trifazni, moč 5kW
- prebojna napetost med kontakti in navitjem[kV]
- izolacijska upornost med vhodom in izhodom[GΩ]
  
- podatki o električnem vzbujanju releja : pri tem proizvajalci nudijo običajno izbiro med več različnimi navitji
- maksimalna frekvenca preklopov
- maksimalna temperatura okolja , tipično 50°C
- čivljenjska doba : podana s številom preklopom, tipično 10<sup>+7</sup>
- vklopni čas , ki je sestavljen iz časa pomikanja kontaktov (tipično 10ms) in časa odskakovanja kontaktov (tipično 5ms)
- izklopni čas (tipično 5ms)
- ostali podatki (teža, dimenzije itd.)

Tabela 1 prinaša kot zgled podatke proizvajalca( ISKRA ) za releje TRM .

Tabela 1. Osnovni podatki za releje ISKRA TRM

## Vzbujanje

Štev. navitja	Upornost		Štev. ovojev	Pritezni tok (maks) (mA)	Napetost vzbujanja		
	( $\Omega$ )	$\pm$ %			min. (V)	maks. (V)	nazi/ (V)
06	60	10	1800	69	4,6	9	6
12	200	10	3300	38	8,5	16,5	12
24	850	10	6400	19,5	18,5	34	24
48	2900	15	12000	10,4	35	60	48
60	4500	15	15000	8,3	45	75	60

Pritezno vzbujanje: maks. 135 A-ovojev  
 Obratovalno vzbujanje: min. 150 A-ovojev  
 Poraba navitja pri  $U_n$ : 0,6 do 0,8 W  
 Maks. obremenljivost navitja pri temperaturi okoli 20°C: 1,5 W  
 Po potrebi dobavljamo releje tudi z drugimi, nestandardnimi navitji.

## Kontakt

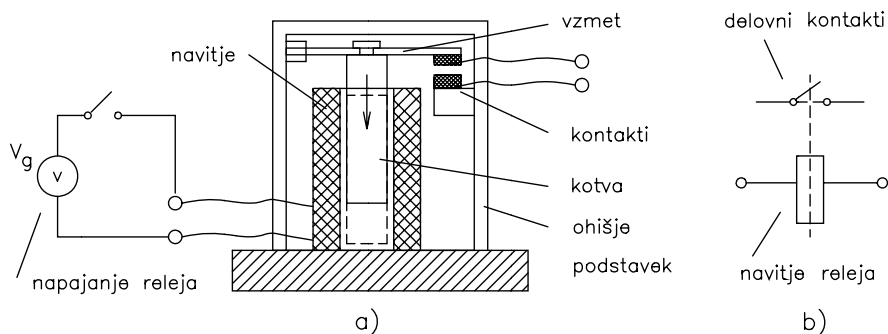
	TRM 2713	TRM 2712	TRM 2803
Število in vrsta kontaktov:	1 preklopni	1 delovni	2 preklopna
Kontaktno gradivo:	Ag Cd O	Ag Cd O	Ag Cu 3
Maksimalna napetost na kontaktu:	380 V	380 V	380 V
Trajni tok:	10 A	10 A	5 A
Stiskalna zmogljivost:			
enosmerna:	220V/50W	24V/250W	220/50W
izmenična:	380V/5A	220V/10A	220V/5 A / 1000VA
Dielektrična trdnost med kontaktom -in tuljavo	2,5 kV	4 kV	2,5 kV

## Ostali podatki

Pogostost delovanja:	maks. 10 C/S
Izolacijska upornost:	$10^{10} \Omega$
Temperatura okolice:	maks. 45°C
Mehanska vzdržljivost:	$10^7$ delovanj
Zdržljivost kontakta pri obremenitvi z maksimalno zmogljivostjo:	$10^5$ delovanj
Vklopni čas (vključno odskakovanje):	ca. 12 ms
Izklopni čas:	ca. 8 ms
Masa releja:	ca. 20 g

## 8.3.2 ELEKTROMAGNETNI RELEJI

Zgradbo in električni simbol elektromagnetnega releja prikazuje SI 8.9. Premik pola in s tem prekop releja dosežemo, odvisno od izvedbe, z vklopom ali izklopom toka skozi navitje elektromagneta. Ko stanje toka ponovno spremenimo, vzmet vrne pol v prvotni položaj.



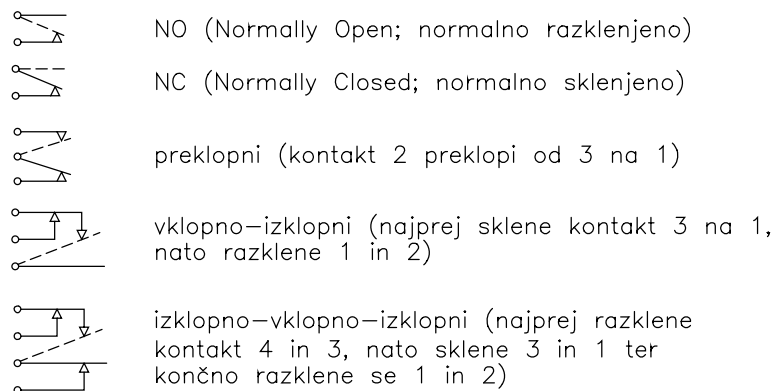
SI 8.9 Zgradba(a) in električni simbol(b) normalno odprtega(NO) elektromagnetnega releja

Sila, ki vleče mehkoželezno jedro oz. kotvo elektromagneta v področje močnejšega magnetnega polja, je določena s spremembo magnetne energije kotve v magnetnem polju. Ta sila  $F$  je odvisna od kvadrata gostote magnetnega pretoka  $B$  v skladu z enačbo

$$F = \frac{A B^2}{2\mu_0} \left( 1 - \frac{1}{\mu_r} \right) \quad \text{Equation Section 8(8.1)}$$

kjer je A - presek kotve, B - gostota magnetnega pretoka in  $\mu_r$ ,  $\mu_0$  relativna in vakuumska permeabilnost, respektivno. Sila, ki vleče kotvo v elektromagnet, je zaradi kvadratne odvisnosti torej neodvisna od smeri magnetnega polja. Zato lahko navitje elektromagneta napajamo tako z enosmernim kot z izmeničnim tokom.

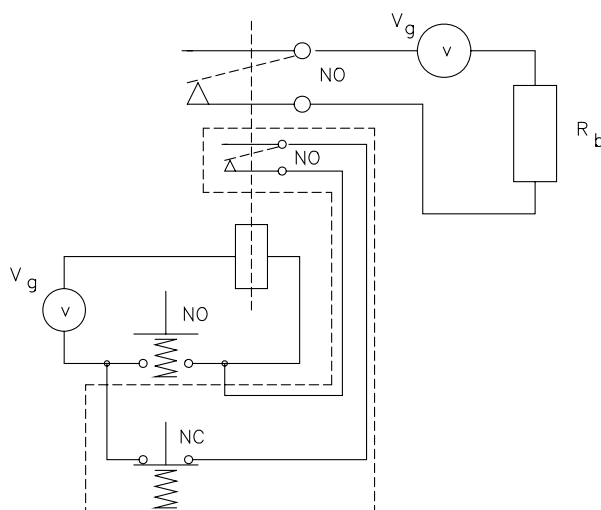
Glede na konkretno izvedbo releja in položajev njegovih kontaktov ločimo mnogo vrst elektromagnetnih relejev. Na SI 8.10 je prikazano nekaj tipičnih primerov. Po dogovoru simbol releja prikazuje s polno črto položaj kontaktov, ko v navitju releja ni toka. Včasih je črtkano vrisan tudi položaj kontaktov pri napajanem navitju po preklopu.



SI 8.10 Nekaj izvedb kontaktov elektromagnetnih relejev

Na SI 8.11 je kot primer prikazan **vklopno-izklopni rele z zapahom**. Pri tej izvedbi je eno stikalo namenjeno vklopu, drugo ločeno stikalo pa izklopu releja. Breme priklopimo na izvor s pritiskom na gumb NO. Pri običajnem releju bi moral biti ta gumb stisnjen ves čas, dokler mora biti breme priklopljeno na izvor, kar je seveda v praksi pogosto nesprejemljiva zahteva (npr. vklop ulične nočne razsvetljave itd.).

Z dodatkom krmilnega šibkega gumba NC in šibkejših kontaktov NO v rele (v črtkanem okvirju na SI 8.11) je ta problem odpravljen: ko sedaj pritisnemo na gumb NO, s tem vklopimo oba NO kontakta- priklopimo breme na izvor pa tudi sklenemo šibke NO kontakte. Ko nato popustimo gumb NO, bo tok skozi navitje releja še vedno nemoteno tekkel preko šibkega stikala NC in šibkih NO kontaktov. Zato bo celoten rele ostal vklopljen, breme ostane priklopljeno na izvor. Izklop releja in s tem izklop moči na bremenu dosežemo šele s pritiskom na šibki, izklopni gumb NC!



SI 8.11 Vklonno-izklopni rele z zapahom

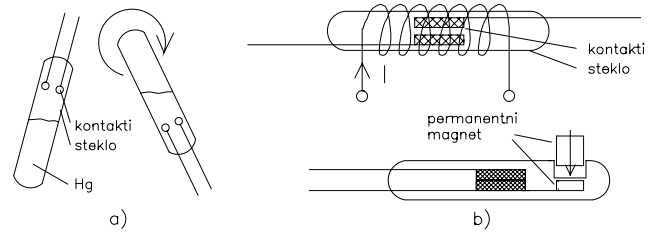
### 8.3.3 ZAKASNILNI RELEJI

Zakasnilne releje, ki preklopijo z določeno zakasnitvijo po prihodu napajalnega toka, lahko realiziramo npr. s pomočjo NTC in PTC termistorjev. Podrobnosti so bile že podane pri obravnavi teh elementov (gl. pogl. II!) in jih zato tu ne bomo ponavljali.

### 8.3.4 HERMETIČNI RELEJI

Hermetični releji imajo kontakte hermetično zaprte oz. ločene od vplivov okolice. Hermetični rele ima vrsto prednosti pred običajnim: ker se kontakti nahajajo v izoliranem prostoru, napolnjenim z člahtnim plinom, so zaščiteni pred prahom, kisikom itd. To pomeni manjšo obremenitev kontaktov pri iskrenju ob preklopu in s tem večjo zanesljivost in daljšo čivljenjsko dobo elementa. Zaradi ločitve iskrenja od ostale okolice je tudi zmanjšana nevarnost požara, omogočeno je delovanje releja v eksplozivni atmosferi itd.

Obstoja več vrst hermetičnih relejev. SI 8.12 prikazuje dva tipična predstavnika. čivosrebrni rele (SI 8.12a) vklopimo enostavno z zavrtitvijo steklene bučke releja, kar je lahko izvedeno ročno ali s pomočjo elektromagneta. čivo srebro Hg, ki je dobro prevodna kovina v tekočem stanju, tako priteče ali odteče med kontakte in s tem povzroči električno sklenitev ali razklenitev kontaktov. Dve izvedbi ti. Reed(jeziček) releja prikazuje SI 8.12b. Pri prvi izvedbi povzročimo stik med kontaktoma in s tem vklop releja s tokom skozi navitje, pri drugi izvedbi pa s pomikom permanentnega magneta.



SI 8.12 Živosrebrni(a) in Reed(b) rele

**REFERENCE**

- 1) C.A.Harper, "Handbook of Components for Electronics", McGraw-Hill Book Company, 1977.
- 2) "Siemens Components Service", Siemens, 1988.
- 3) J.Furlan, osebni zapiski
- 4) ISKRA, TRM2501
- 5) "Optocouplers, Short Form Catalog", Siemens, 1987.