

SOLID STATE RELÉ

Alexandr Krejčířík

Praha 2002



Na konci knihy je jako příloha doplněn katalogový přehled nejpoužívanějších a nejdostupnějších optotriaků a Solid State relé, které jsou v České republice k mání prostřednictvím různých distributorů (GM Electronic, Enika, GES Electronic, Spoerle Electronic, Conrad Electronic, SOS Electronic, ...). Přehled sestavil Libor Kubica.

Alexandr Krejčířík

SOLID STATE RELÉ

Bez předchozího písemného svolení nakladatelství nesmí být kterákoli část kopírována nebo rozmnožována jakoukoli formou (tisk, fotokopie, mikrofilm nebo jiný postup), zadána do informačního systému nebo přenášena v jiné formě či jinými prostředky.

Autor a nakladatelství nepřijímají záruku za správnost tištěných materiálů. Předkládané informace jsou zveřejněny bez ohledu na případné patenty třetích osob. Nároky na odškodnění na základě změn, chyb nebo vynechání jsou zásadně vyloučeny.

Všechny registrované nebo jiné obchodní známky použité v této knize jsou majetkem jejich vlastníků. Uvedením nejsou zpochybněna z toho vyplývající vlastnická práva.

Veškerá práva vyhrazena

© Alexandr Krejčířík, Praha 2002

© Nakladatelství BEN – technická literatura, Věšínova 5, Praha 10

Alexandr Krejčířík: SOLID STATE RELÉ

BEN – technická literatura, Praha 2002

1. vydání

ISBN 80-7300-081-4

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ	5
O PROBLEMATICE	9
O KNIZE	10
1 FUNKCE ELEKTRONICKÝCH RELÉ	11
1.1 Rozdělení SSR podle typu výstupního obvodu	15
1.1.1 SSR S ANALOGOVÝM PŘENOSEM	15
1.1.2 SSR SPÍNACÍHO TYPU	28
1.2 Rozdělení SSR podle typu vstupního obvodu	37
1.2.1 VSTUP S LED	37
1.2.2 VSTUP S USMĚRŇOVAČEM	47
1.2.3 JINÉ TYPY VSTUPŮ	48
1.3 Rozdělení SSR podle typu izolace	48
1.3.1 SSR S OPTRONEM	50
1.3.2 SSR S TRANSFORMÁTOREM	55
1.3.3 SSR S NÁBOJOVOU VAZBOU	59
1.4 Rozdělení SSR podle spínání	60
1.4.1 OKAMŽITÉ SPÍNÁNÍ (ASYNCHRONNÍ)	61
1.4.2 SPÍNÁNÍ V NULE (SYNCHRONNÍ)	64
1.5 Rozdělení SSR podle počtu fází	65
1.6 SSR s regulací	67
1.7 SSR bez izolačních vlastností	77
1.8 Ochranné obvody, jištění, omezení proudu	78
1.9 Chlazení SSR	82
1.10 Testování SSR	85
2 POROVNÁNÍ MECHANICKÝCH A POLOVODIČOVÝCH RELÉ	87
2.1 Hybridní relé	88

3	STANDARDNÍ SSR řady MOC30XX	97
3.1	MOC3061, 3062, 3063	97
3.2	MOC3010, 3011, 3020, 3021	106
4	SSR FIRMY SHARP	113
4.1	S26MD01	113
4.2	S21MD4	118
5	SSR FIRMY CARLO GAVAZZI	125
5.1	RS1A23D25	127
5.1.1	NAMĚŘENÉ VLASTNOSTI	130
5.2	RD0605-D	133
5.2.1	SCHÉMA ZAPOJENÍ	137
5.2.2	NAMĚŘENÉ VLASTNOSTI	138
5.3	RP130-240-3-05	143
5.3.1	NAMĚŘENÉ VLASTNOSTI	144
5.4	RA2425-D06T	153
6	SSR FIRMY COSMO	157
6.1	KSD203AC3	157
7	SSR FIRMY HYPEL (ČR)	161
7.1	HSRC05	162
	LITERATURA	165
	KATALOGOVÝ PŘEHLED SSR	170
	KNIHY NAKLADATELSTVÍ BEN – technická literatura	192
	Kontaktní adresy	199

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

a	[m/s ²]	zrychlení
AC/AC		označení napěťového převodníku (měniče) ze střídavého napětí na střídavé napětí, zde i SSR ovládaného střídavým napětím na vstupu, které může na výstupu spínat pouze i střídavé napětí
AC/DC		označení zdroje napětí (převodníku) ze střídavého napětí na stejnosměrné, zde i SSR ovládaného střídavým napětím na vstupu, které může na výstupu spínat pouze stejnosměrné napětí
BE		označení přechodu báze-emitor
BKO		označení pro bistabilní klopný obvod
BR		označení můstkového usměrňovače, Bridge Rectifier = můstkový usměrňovač
C		označení kondenzátoru
C _{GS}	[F]	vstupní kapacita unipolárního tranzistoru, GS = Gate – Source (nebo Substrat) = hradlo – emitor (substrát)
C _{iso}	[F]	kapacita mezi vstupními a výstupními svorkami SSR
C _{OUT, C₃₄}	[F]	kapacita mezi výstupními svorkami, pokud jimi neteče proud
D		označení diody
d	[m]	průměr (vodiče vinutí)
DC/AC		označení napěťového převodníku (měniče) ze stejnosměrného napětí na střídavé napětí, zde i SSR ovládaného stejnosměrným napětím na vstupu, které může na výstupu spínat i střídavé napětí
DC/DC		označení napěťového převodníku ze stejnosměrného napětí na stejnosměrné napětí, zde i SSR ovládaného stejnosměrným napětím na vstupu, které může na výstupu spínat pouze stejnosměrné napětí
Di		označení diaku
di/dt	[A/s]	rychlost změny velikosti proudu
DIL6		označení pouzdra integrovaného obvodu (DIL6 = Dual in Line = vývody ve dvou řadách, celkem 6 vývodů, tj. 2 × 3)
du/dt	[V/s]	rychlost změny velikosti napětí
EMR		Electro Mechanical Relay = elektromechanická relé
f	[Hz]	kmitočet
FT		Field Transistor = tranzistor řízený elektrickým polem (také FET), také označení fototranzistoru
G		Gate = hradlo, řídicí elektroda
g	[m/s ²]	tíhové zrychlení (9,81)

GND		označení zemní svorky, GND = Ground = zem
h_{21E}	[-]	proudový zesilovací činitel bipolárního tranzistoru
I_{34max}	[A]	maximální hodnota proudu, kterým může být zatížen výstup, aby nedošlo k jeho proudovému (a následně výkonovému a tepelnému) přetížení
I_B	[A]	proud báze bipolárního tranzistoru
I_C	[A]	proud kolektoru bipolárního tranzistoru
I_{CM}	[A]	maximální hodnota kolektorového proudu tranzistoru
I_F	[A]	propustný proud diody
I_F	[A]	propustný proud LED, který teče mezi vstupními svorkami, když je vstupní svítivá dioda (LED) polarizovaná propustně
$I_{F(OFF)}$	[A]	proud vypnutí LED, hodnota vstupního proudu LED, při které dojde k rozepnutí výstupu SSR
$I_{F(ON)}$	[A]	pracovní proud LED, hodnota vstupního proudu LED, která způsobí sepnutí výstupu SSR
I_{FP}	[A]	špičkový proud LED, maximální okamžitá hodnota propustného proudu svítivou diodou (vstupního proudu)
I_{FT}	[A]	pracovní proud LED, hodnota vstupního proudu LED, která způsobí sepnutí výstupu SSR
I_G	[A]	vstupní proud do hradla, do řídicí elektrody tyristoru, triaku
I_H	[A]	přidržený proud tyristoru nebo triaku
I_{IN}	[A]	vstupní proud
I_{leak}	[A]	výstupní proud SSR v rozepnutém stavu, proud tekoucí mezi výstupními svorkami SSR, pokud je SSR v rozepnutém stavu
I_L	[A]	trvalý výstupní proud, který může SSR trvale procházet bez (zejména tepelného) poškození SSR (L = Load)
I_O, I_{OUT}	[A]	trvalý výstupní proud, výstupní proud, který může SSR trvale procházet bez (zejména tepelného) poškození SSR
I_{SC}	[V]	výstupní proud obvodu při zatížení nulovou impedancí (SC = short circuit)
$I_{T(rms)}$	[A]	trvalý efektivní výstupní proud, který může SSR trvale procházet bez (zejména tepelného) poškození SSR
I_{TM}	[A]	trvalý špičkový výstupní proud, který může SSR trvale procházet bez (zejména tepelného) poškození SSR
j	[A/mm ²]	proudová hustota (ve vodiči)
J1		označení přechodu tyristoru
K	[A.z]	konstanta relé (počet závitů krát proud potřebný k přitahu kotvy relé)
K, K _T	[K/W]	tepelný odpor
LED		Light Emission Diode = světlo emitující dioda (také jen LE dioda)
MOSFET		Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor = tranzistor řízený polem se strukturou kov-oxid-polovodič
N	[-]	počet závitů cívky, vinutí transformátoru

OFF		vypnuto
ON		zapnuto
OSC		označení osciloskopu
OZ		označení operačního zesilovače
P	[W]	výkon
P_D	[W]	ztrátový výkon výstupního obvodu
P_{IN}	[W]	vstupní výkon LED, přípustné výkonové zatížení vstupu SSR
PN		označení polovodičového přechodu mezi oblastí P a N typu, přeneseně označení polovodičové diody s tímto typem přechodu
P_{OUT}	[W]	výstupní výkonová ztráta, ztrátový výkon SSR, který je nutno odvést
P_{TOT}	[W]	celkový ztrátový výkon SSR (vstup + výstup + řídicí část)
PWM		Pulse Width Modulation = pulzně šířková modulace
R	[Ω]	odpor
R_B	[Ω]	bázový odpor
RBSOA		Reverse Biased SOA = bezpečná pracovní oblast součástky při její závěrné polarizaci napětím
R_C	[Ω]	kolektorový odpor
$R_{DS(ON)}$	[Ω]	odpor kanálu unipolárního tranzistoru v sepnutém stavu
Re		označení relé (jeho cívky)
R_E	[Ω]	emitorový odpor
re1		označení kontaktu relé
R_F		označení fotoodporu
R_{iso}	[Ω]	izolační odpor mezi vstupními a výstupními svorkami SSR, definovaný jako velikost proudu při definované hodnotě přiloženého napětí
R_{ON}	[Ω]	výstupní odpor SSR v sepnutém stavu, je dán poměrem úbytku napětí mezi sepnutými výstupními svorkami a proudem mezi nimi procházejícím
RV	[%]	relativní vlhkost
R_Z	[Ω]	zatěžovací odpor
S	[m ²]	plocha (průřez vodiče)
SMD		Surface Mount Devices = součástky povrchové montáže
SOA		Safe Operating Area = bezpečná pracovní oblast (součástky)
SSR		Solid State relay = relé v pevné fázi, polovodičové relé, elektronické relé
t	[s]	čas
T	[s]	doba periody
T, Q		označení tranzistoru
T_a	[°C]	teplota okolí (a = ambient = okolí)
T_{amax}	[°C]	pracovní teplota, teplota okolí, při které může SSR trvale pracovat
T_j	[°C]	teplota přechodu PN v součástce
t_{OFF}	[s]	doba rozepnutí, časové zpoždění mezi vstupním impulzem a rozepnutím výstupu SSR
t_{ON}	[s]	doba sepnutí, časové zpoždění mezi vstupním impulzem a sepnutím výstupu

T_r		označení triaku
TTL		označení druhu logiky pro integrované obvody
T_y		označení tyristoru
U_{34max}	[V]	maximální hodnota napětí U_{34} , které je možno připojit mezi vývody 3 a 4
U_B	[V]	napájecí (bateriové) napětí
U_{BE}	[V]	napětí přechodu báze emitor bipolárního tranzistoru v propustném směru
U_{CC}	[V]	napájecí napětí
U_{CES}	[V]	saturační napětí bipolárního tranzistoru
U_{DRM}	[V]	špičkové napětí na výstupu optočlenu opakovatelné
U_F	[V]	napětí na diodě v propustném směru
U_F	[V]	úbytek napětí na LED při průchodu proudem svítivou diodou v propustném směru (je funkcí proudy)
U_{IN}	[V]	vstupní napětí
U_{iso} U_{ISO}	[V]	izolační napětí kritická hodnota napětí před průrazem SSR, je-li toto napětí aplikované po dobu 1 minuty mezi stejnými svorkami SSR, kde byl měřen izolační odpor
U_{KA}	[V]	závěrné napětí na diodě (plus na katodě, mínus na anodě)
U_L	[V]	napětí na zátěži, výstupní napětíový rozsah, při kterém je zátěž (a SSR) schopna pracovat, maximální hodnota střídavého výstupního napětí (L = Load)
U_{OFF}	[V]	výstupní napětí při nevodivém (nazapnutém) výstupu
U_{OC}	[V]	výstupní napětí nezátíženého obvodu (OC = open circuit)
U_{OUT}	[V]	výstupní napětí
U_O, U_{OUT}	[V]	napětí na zátěži, výstupní napětíový rozsah, při kterém je zátěž (a SSR) schopna pracovat, maximální hodnota střídavého výstupního napětí
U_R	[V]	závěrné napětí LED (závěrná polarita napětí na vstupních svorkách)
U_{TM}	[V]	maximální úbytek napětí na sepnutém spínacím prvku (tyristoru, triaku)
VA		označení volt-ampérové charakteristiky
X_C	[Ω]	kapacitní složka impedance kondenzátoru, kapacitance
Z	[%]	poměrné ztráty
ZD		označení Zenerovy diody
Ž		označení žárovky
ρ	[$\Omega \cdot m$]	měrný odpor (vodiče)
π	[-]	Ludolfovo číslo
φ	[$^\circ$]	úhel
ω	[rad/s]	kruhový kmitočet
τ_{RR}	[s]	vypínací doba diody
τ	[s]	časová konstanta

O PROBLEMATICE

Elektronická (polovodičová) relé (Solid State Relay = relé v pevné fázi) jsou součástky, jejichž původní funkcí bylo nahrazovat relé elektromechanická. Jejich původní uplatnění se původně uvažovalo ve výkonových aplikacích, kde tato elektronická relé měla nahrazovat relé mechanická a to zejména z důvodů malé životnosti mechanických kontaktů, rozpínajících většinou zátěž indukčního typu.

Na místě mechanických kontaktů se tedy nejprve objevovala dvojice antiparalelně zapojených tyristorů a později triak, či dokonce jiné spínací prvky analogového typu (tranzistory). S vývojem ovládání tohoto koncového spínacího prvku se nejprve navíc objevila vlastnost galvanického oddělení vstupního (řídícího) obvodu od výkonové (řízené) části elektronického relé. Tím vlastně byla záměna klasického mechanického relé za elektronické dokončena.

Vývoj elektronického relé tím však nekončil. Elektronické obvody tohoto relé umožňovaly do tohoto nového **přístroje** zabudovat celou řadu dalších funkcí, velmi výhodných pro řízení výkonových spotřebičů. První z těchto vlastností bylo spínání v nule průběhu napětí sítě, kdy dochází k minimalizaci zapínacích proudových nárazů a minimalizaci rušení tímto spínacím prvkem. Další rozvoj vlastností elektronického relé s sebou přinesl možnost fázového a cyklového řízení spínaného výkonu a tím pomalý náběh výkonu zátěže, změnu výkonu zátěže, doběh asynchronních motorů a reverzaci chodu motorů.

Teprve následně se začaly rozměry a výkony elektronických relé zmenšovat a vývoj dospěl až ke vzniku elektronického relé jako kompaktní **součástky**, která již v řadě případů ani nemá chladičí plochu pro připojení na chladič, protože zpracovává tak malé výkony, že je pouzdro stačí rozptýlit samo. S poklesem rozměrů, hmotnosti a výkonu elektronických relé klesala i jejich cena, takže tyto součástky začaly být využívány i mimo klasické výkonové (silnoproudé) aplikace.

Vzhledem k tomu, že není zvykem výrobců uvádět detailní schémata a vlastnosti vyráběných přístrojů, přešla tato informační nedostatečnost i na elektronická relé ve formě součástek, kde jinak je poměrně běžná dobrá detailní informovanost o vnitřním zapojení. Snad k tomu přispívá i obvykle hybridní zapojení těchto elektronických relé z diskrétních prvků, SMD součástek a zabudovaných monolitických obvodů. Malá informovanost pak má za následek dosud malé využívání těchto součástek v konstrukcích, kde mohou vyřešit celou řadu obvodových problémů, zejména galvanické oddělení ovládaných výkonových výstupů.

O KNIZE

Tato publikace se tedy snaží kromě teoretického popisu možností a vlastností elektronických relé uvést i na několika příkladech součástek, prodávaných na českém trhu jejich konstrukci, schémata a odměřené vlastnosti, důležité pro použití těchto součástek v navrhovaných a vyvíjených konstrukcích.

Výrobci elektronických relé je (zejména v USA) mnoho desítek a není technicky možné se zmínit o celém vyráběném sortimentu těchto obvodů. Pokud však bude laskavý čtenář touto publikací inspirován, snadno najde na internetu celou řadu odkazů na výrobky tohoto typu. Je potěšitelné, že elektronická relé začínají vyrábět i české firmy, např. fa HYPEL, jejíž výrobky lze nalézt na <http://www.hypel.cz> a jsou zmiňovány i v jedné kapitole této publikace. S dotazy a připomínkami se lze obracet na autora prostřednictvím adresy

krejciri@feld.cvut.cz

autor.