NÁHRADA ORTUŤOVÝCH SPÍNACÍCH RELÉ V ULTRATERMOSTATOCH TYPU NBE TRIAKOM

IGOR ZLATOVSKÝ

Ústav anorganickej chémie SAV
Dúbravská cesta 5, 809 34 Bratislava

Došlo 2. 1. 1974

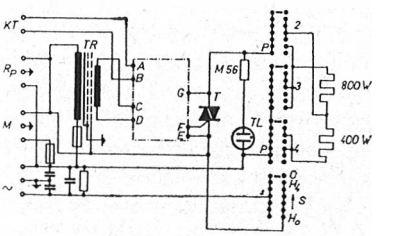
Najčastejšou závadou ultratermostatov typu NBE a NBER výr. NDR sú poruchy ortuťových relé pre spínanie elektrického príkonu do vyhrievacieho telesa. Článok ukazuje možnosti náhrady týchto relé polovodičovou spínacou súčiastkou — triakom, pričom možno spoľahlivo odstrániť elektrické rušenie vznikajúce pri spínaní tým, že sa zabezpečí spínanie triaku výhradne pri nulovej okamžitej hodnote sieťového napätia.

Moderné polovodičové súčiastky pre bezkontaktné spínanie a reguláciu výkonových elektrických spotrebičov prinášajú v porovnaní s elektromechanickými spínačmi (napr. relé, stykače) rad výhod. Predovšetkým je to spoľahlivosť, ďalej menšie rozmery a pri vhodnom použití tieto umožňujú tiež zmenšiť elektrické rušenie vznikajúce pri spínaní najmä väčších výkonov.

Pre spotrebiče napájané striedavým prúdom je najvhodnejším spínačom triak, ktorý funkčne nahradzuje dva antiparalelne zapojené tyristory, avšak vyžaduje jednoduchšie pomocné elektrické okruhy. Podrobnejšie o funkcií a použití týchto súčiastok pojednáva napr. [1] a [2].

Náhrada ortuťového relé triakom predpokladá zmenu elektrického zapojenia ovládacej skrinky ultratermostatu, ktorá je súčasťou zariadenia a niektoré mechanické úpravy. Z pôvodného usporiadania sa odstráni ortuťové relé i s uchytením, ďalej elektrónka EL 84 s päticou a kondenzátor 2 μF. Izolované uchytenie chladiča triaku pomocou tvarových teflónových podložiek a umiestnenie vetracích otvorov vidieť na obr. 1. Uchytenie dosky s plošnými spojmi, na ktorej je zapojená elektronická časť zariadenia je zrejmé z obr. 2.

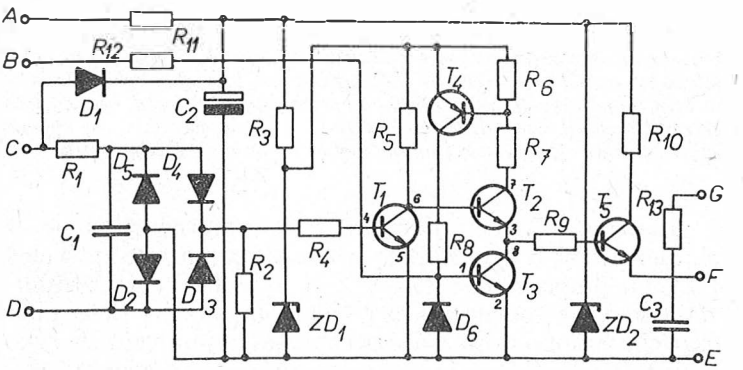
Na obr. 3 je upravená schéma elektrického zapojenia ovládacej skrinky. Výkonový okruh s triakom *T* a príslušným odporom vyhrievacieho telesa je jednopólove odpájaný od siete kontaktmi *s*—*S* prepínača. Ochranný odpor tlejivky sa zväčší na hodnotu 560 kΩ. Transformátor *TR* je pôvodný transformátor upravený tak, že po odvinutí všetkých sekundárnych vinutí sa na primárne vinutie umiestnia dve izolované tieniace medené fólie. Fólia umiestnená bližšie k primárnemu vinutiu sa spojí s kostrou ultratermostatu, druhá fólia sa spojí s a_2 triaku *T* (bod *E* elektronickej časti). Fólie nesmú tvoriť závit nakrátko. Ich funkcia spočíva v tom, že zabraňujú kapacitnému ovplyv-



Obr. 3. Upravená schéma elektrického zapojenia ovládacej skrinky ultratermostatu.

ňovaniu sekundárneho vinutia transformátora zo siete. Ich vynechanie sa prejaví ovplyvnením funkcie elektronickej časti zariadenia pri nesprávnom pólovaní sieťovej zástrčky ultratermostatu. V takomto prípade by správne pólovanie znamenalo pripojenie nulového vodiča siete na bod E cez kontakty prepínača s—S. Na druhú tieniacu fóliu sa navinie sekundárne vinutie transformátora, ktoré odpovedá pôvodnému vinutiu pre žeravenie elektrónky EL 84 (7 V_{ef} naprázdno).

Trojkolíková zásuvka umiestnená pod zásuvkou pre pripojenie kontaktného teplomera (v schéme na obr. 3 označená R_P) slúži pre pripojenie pomocného vyhrievacieho telesa a na rozdiel od pôvodného zapojenia je trvale pripojená na sieť po zapnutí ultratermostatu. Ostatné časti zapojenia sú bez zmeny.



Obr. 4. Schéma zapojenia elektronických okruhov.

Bodkočiarkovane ohraničená oblasť v schéme na obr. 3 predstavuje elektronické okruhy zariadenia. Ich zapojenie je na obr. 4. Toto zapojenie zabezpečuje spínanie triaku T pri prechode sieťového napätia nulou.

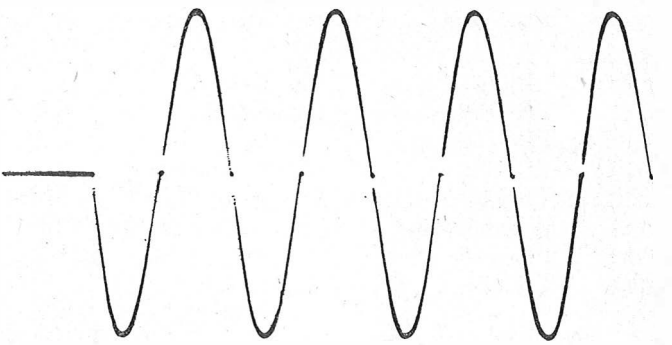
Odpor R_1 s kondenzátorom C_1 slúži na vyrovnanie fázového posuvu transformovaného napätia. Diódy $D_2 \div D_5$ predstavujú môstikový usmerňovač, odpor R_2 posúva pracovný bod týchto diód. Dvojcestne usmernený prúd napája cez odpor R_4 bázu tranzistora T_1, ktorý sa rýchlo dostáva do presýteného stavu. Pri poklese usmerneného napätia pod hodnotu asi 0,6 V tranzistor T_1 sa stáva nevodivý a takto sa na jeho kolektore tvoria impulzy s dobou trvania asi 1 ms. Pri správnom vyrovnaní fázového posuvu členom R_1C_1 prechádza sieťové napätie nulou počas trvania impulzu. Zmenšenie doby trvania impulzu by viedlo ku chúlostivému nastavovaniu potrebného fázového posuvu a nemá preto význam. Počas trvania impulzu sa cez odpor R_5 otvára tranzistor T_2. Ak je pritom okruh kontaktného teplomera (svorky A—B) rozpojený, sú tranzistory T_3 a T_4 trvale nevodivé a emitorový prúd T_2 budí cez odpor R_9 výkonový zosilňovač, ktorý tvorí tranzistor T_5 a odpor R_{10} a tento spúšťa triak T kladnými impulzami do riadiacej elektródy (svorka F).

Sekundárne napätie transformátora sa usmerňuje tiež jednocestne cez diódy D_1 a D_2 a nabíja filtračný kondenzátor C_2, pričom napätie na kondenzátore C_2 predstavuje napájacie napätie elektronických okruhov. Dióda D_2 je teda súčasne zapojená v jednocestnom i mostíkovom usmerňovači. Tvorba impulzu prebieha pri nízkych okamžitých hodnotách sekundárneho napätia transfor-

mátora, kedy je dióda D_1 nevodivá vplyvom napätia na kondenzátore C_2 a teda toto súčasné zapojenie diódy D_2 do oboch usmerňovačov neovplyvní funkciu zariadenia.

Odpor R_3 so Zenerovou diódou ZD_1 stabilizuje napätie pre napájanie tranzistorov $T_1 \div T_4$ na hodnote 5,5 V.

Pri dosiahnutí požadovanej teploty v ultratermostate spína kontaktný teplomer a cez odpory R_{11} a R_{12} sa budí báza tranzistora T_3 ($\beta_0 \geqq 60$) tak, aby sa uviedol do presýteného stavu. Tým sa zabráni budeniu tranzistora T_5 impulzami a triak zostáva nevodivý. Úbytok napätia na odpore R_6 pri tvorbe impulzov otvára teraz tranzistor T_4, ktorý cez odpor R_8 udržuje tranzistor T_3 v presýtenom stave. Tranzistory T_3 a T_4 predstavujú takto určitú podobu



Obr. 5. Priebeh prúdu v závislosti od času pri prvom zapnutí triaku po rozpojení kontaktného teplomera

bistabilného okruhu, ktorý zabezpečí, že pri opätovnom rozpojení kontaktného teplomera v náhodnom okamihu prvé zapnutie triaku sa začne pri prechode sieťového napätia nulou, ako to ukazuje obr. 5. Prerušovanie prúdu v oblasti nuly je spôsobené prahovou citlivosťou triaku a nemožno ho ďalej zmenšovať.

Pri prevádzke zariadenia si treba uvedomiť, že okruh kontaktného teplomera je galvanicky spojený so sieťou, avšak odpory R_{11} a R_{12} vyhovujú požiadavke ČSN 34 1010 pre zariadenie s bezpečným prúdom (skratový prúd pri súčasnom skrate svoriek A a B na kostru ultratermostatu je asi 4,5 mA, norma pripúšťa 10 mA). Odpory R_{11} a R_{12} sú typu TR 115, aby sa obmedzilo nebezpečie skratov po povrchu odporov. Dióda D_6 a Zenerova dióda ZD_2 sa nezúčastňujú normálnej činnosti zariadenia a tvoria ochranu elektronických okruhov pri takomto náhodnom skrate. RC člen $R_{13}C_3$ predstavuje ochranu triaku pred prepätiami zo siete.

Chladič triaku (pozri obr. 1) je frézovaný z duralovej zliatiny a jeho hrubé rozmery sú $70 \times 50 \times 25$ mm. Povrch chladiča je eloxovaný a čiernený. Pre zabezpečenie prestupu tepla z triaku na chladič je styková plocha chladiča znova prefrézovaná a medzi stykovými plochami je podložka o hrúbke 0,2 mm z olova. Tepelný odpor triak—chladič zistený meraním je takto asi 0,25 °C/W. Celkový tepelný odpor triak—okolie je asi 3,7 °C/W, z čoho podľa [3] vyplýva, že pri trvalom zaťažení triaku typu KT 774 výkonom 1,2 kW (poloha H_4 na prepínači ovládacej skrinky ultratermostatu) je maximálna dovolená

teplota okolia $T_{0\,max} = 43$ °C, pri použití triaku typu KT 784 je $T_{0\,max} = 51$ °C. Pre prevádzku zariadenia pri ešte vyšších teplotách okolia pri tomto prenášanom výkone sa preto odporúča použiť pomocné vyhrievacie teleso zapojené do zásuvky R_P a triakom spínať len časť výkonu, čo navyše umožní zmenšiť kolísanie teploty v ultratermostate. Súčasne sa odporúča dbať na dostatočný prietok chladiacej vody chladičom ultratermostatu, pretože prehrievanie horného veka ultratermostatu môže podstatne zvýšiť teplotu okolia v mieste ovládacej skrinky voči teplote miestnosti.

Použité súčiastky:

Odpory:

R_1	3,3 kΩ	TR 152
R_2	5,6 kΩ	TR 152
R_3	68 Ω	WK 650 53
R_4	8,2 kΩ	TR 152
R_5	12 kΩ	TR 152
R_6	220 Ω	TR 152
R_7	1,8 kΩ	TR 152
R_8	47 kΩ	TR 152
R_9	1 kΩ	TR 152
R_{10}	56 Ω	WK 650 53
R_{11}, R_{12}	100 kΩ	TR 115
R_{13}	220 Ω	TR 154

Zenerove diódy:

ZD_1	1NZ 70
ZD_2	KZ 724

Kondenzátory:

C_1	1 M	TC 181
C_2	1 G	TE 984
C_3	68 k	TC 195

Diódy:

D_1, D_2	KY 701
$D_3 \div D_6$	KA 501

Tranzistory:

$T_1 + T_2 + T_3$	MAA 435
T_4	KF 517
T_5	KF 507

Triak:

T	KT 774, KT 784

Navrhovaná úprava umožní zvýšiť spoľahlivosť zariadenia, odstrániť elektrické rušenie iných spotrebičov pri minimálnych mechanických úpravách ultratermostatu. Môže byť tiež príkladom pre použitie moderných polovodičových súčiastok v iných zariadeniach.

Literatúra

[1] Zíka J.: Diody a tyristory v průmyslové elektronice, SNTL, Praha 1971.
[2] Holub P., Zíka J.: Praktická zapojení polovodičových diod a tyristorů, SNTL, Praha 1971.
[3] Tóth Š.: Malovýkonové triaky TESLA KT 772—774; KT 782—784 Sdělovací technika XXI, (1973), č. 1, str. 6.
[4] Konštrukčné katalógy Tesly Rožnov.
[5] Firemná literatúra VEB Medingen, návody pre použitie ultratermostatov NBE a NBER.

ЗАМЕНА РТУТНЫХ РЕЛЕ—ВКЛЮЧАТЕЛЕЙ В УЛЬТРАТЕРМОСТАТАХ ТИПА NBE ТРИАКОМ

Игорь Златовски

Институт неорганической химии САН, Братислава

В предложенной работе приводятся возможности устранения частейших причин аварийности ультратермостатов типа N BE и N BER (производство ГДР). Предлагаемая замена ртутного реле — включателя полупроводниковой включающей деталью —

триаком — обеспечивает кроме повышения производственной надежности установки решение вопроса электрических помех других электронных установок, проявляющихся в первоначальном упорядочении прежде всего в моменте включения электрического тока в нагревательное тело.

Приспособленный ультратермостат можно при применении триаков TESLA KT 774 использовать при постоянной максимальной мощности нагревающего тела 1200 ватт в температуру среды 43 °C; с триаками TESLA KT 784 максимальная производственная температура среды — 51 °C. Механическое приспособление ультратермостатов не требует больших расходов механического труда и соответствует действующим правилам безопасности труда при эксплуатации электрической установки согласно стандарту ЧСН 34 1010.

Рис. 1. Вид на расположение холодильника триака в управляющей коробке ультратермостата.
Рис. 2. Вид на расположение доски с печатной схемой.
Рис. 3. Приспособленная схема электрического включения управляющей коробки ультратермостата.
Рис. 4. Схема электрических цепей.
Рис. 5. Протекание тока в зависимости от времени при первом включении триака после разъединения контактного термометра.

REPLACEMENT OF MERCURY SWITCHING RELAYS IN NBE ULTRATHERMOSTATS BY TRIACS

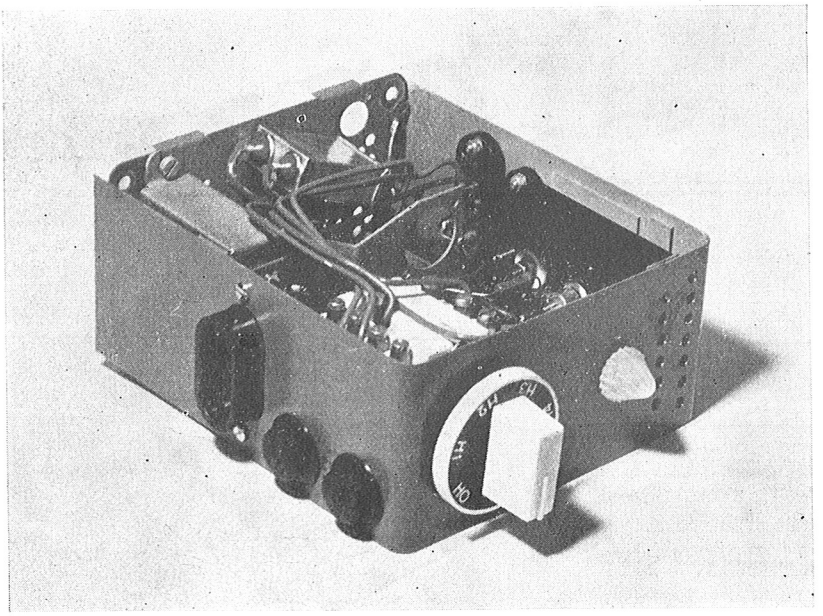
Igor Zlatovský

Institute of Inorganic Chemistry, Slovak Academy of Sciences, Bratislava

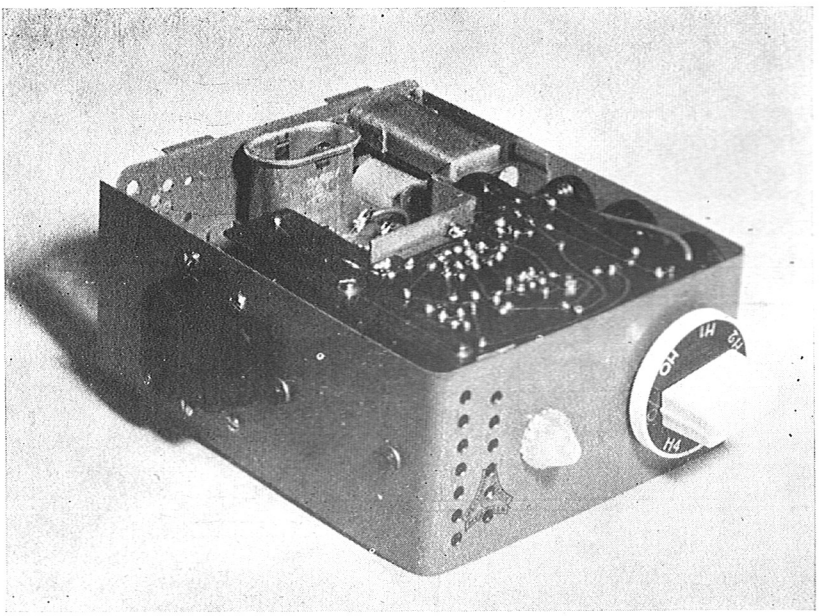
The article shows the way how to eliminate the most frequent cause of defects arising in type NBE and NBER ultrathermostats manufactured in German Democratic Republic. The suggested replacement of the mercury switching relay by a semiconductor switching device—triac—allows to improve the service reliability as well as to eliminate the problem of electric interference with other electric instruments which has been taking place especially in the moment of switching on the electric current to the heating element.

The adapted ultrathermostat fitted with TESLA KT 774 triacs can be employed at continuous maximum heating element input of 1200 W at ambient temperatures of up to 43 °C; those fitted with triacs TESLA KT 784 are suitable for constant ambient working temperatures of up to 51 °C. The suggested improvement of the ultrathermostat may be easily performed and it meets the safety regulation for operation of electric equipment according to the Czechoslovak standard, ČSN 34 1010.

Fig. 1. Arrangement of triac cooler in the thermostat control box.
Fig. 2. Placement of the board with printed circuit.
Fig. 3. Adapted electric wiring diagram of thermostat control box.
Fig. 4. Wiring diagram of electric circuits.
Fig. 5. Course of electric current vs. time when first switching on the triac after the contact thermometer circuit has been disconnected.



Obr. 1. Pohľad na umiestnenie chladiča triaku v ovládacej skrinke ultratermostatu.



Obr. 2. Pohľad na umiestnenie dosky s plošnými spojmi.