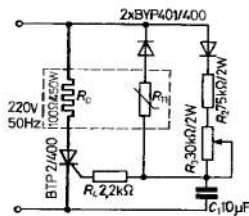


6.24. ábra. Gyűjtáshög szabályozott stabilizátor
 R_1, R_2 2,2 kΩ/2W; R_3 4,7 kΩ; R_4 körülbelül 5 kΩ ellenállású termisztor az üzemi vég hőmérsékleten.
 R_5 10 kΩ (hőmérséklet beállítása); R_6 5 MΩ erődítő szabályozása; R_7 100 kΩ; R_8 1 kΩ; R_9 1 kΩ; T : 2N 2646;
 T FC10; C : 0,5 μF/30 V; D_1, D_2, D_3 : BYP 401/400; D_4 : BZP 611C8V2; T_r : Td 48 varmagos transzformátor,
a teljesítmény 2x50 W; $\varnothing = 0,2$ DNE, a szigetelés 0,05 nátron-papír minden rétegben, minden tekercs
után 2x0,08 mm-es ragasztás



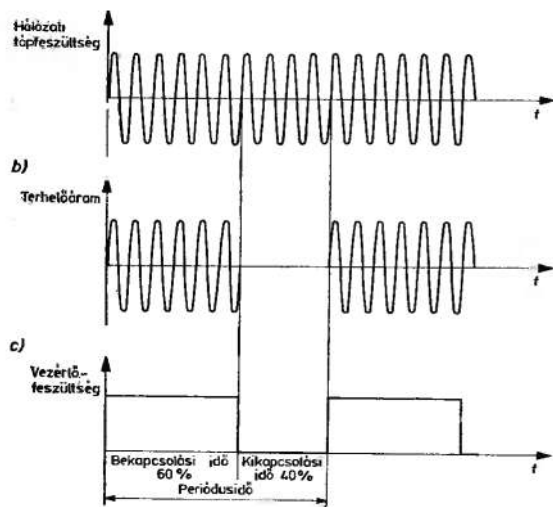
6.25. ábra. Termosztát tirisztoros szabályozása
 R_{11} NTC 120, 50 Ω (0 °C-kon)

toron és a tirisztor vezérlő elektródán is az időállandók (D_0 , R_{11} , C_1 , D_2 , R_2 , R_3 , C) függvénye. Értéküktől függően növekszik, ill. csökken a pozitív feszültség értéke a C_1 kondenzátoron. A tirisztor vezetési ideje, tehát az áramvezetés ideje, a fűtőellenálláson C_1 kondenzátor feszültségtől függ. Az előírt hőmérsékletet a termosztátban az R_3 ellenállással állítjuk be. Ha a termosztát belsejében a hőmérséklet túl alacsony, az R_{11} nagyobb, mint $R_2 + R_3$ és ezáltal D_2 , R_2 , R_3 -n át a töltőáram nagyobb, mint a D_1 , R_{11} -n át. A kondenzátoron a feszültség pozitívvá válik és ezzel a tirisztor hosszabb időn át vezeti a fűtőáramot. A termosztátban a hőmérséklet nő és az R_{11} ellenállás értéke csökken. A megadott hőmérséklet túllépése után az R_{11} ellenállás kisebbé válik az R_2 , R_3 ellenállás összegénél és a C_1 árama a feszültség pozitív felhullámában csökken. A feszültség a C_1 kondenzátoron esik, a tirisztor megszűnik vezetni, a hőmérséklet csökkenni kezd, ami meghatározott pillanatban a tirisztor újbóli bekapcsolását okozza és a folyamat ismétlődik.

ségétől függ. Az előírt hőmérsékletet a termosztátban az R_3 ellenállással állítjuk be. Ha a termosztát belsejében a hőmérséklet túl alacsony, az R_{11} nagyobb, mint $R_2 + R_3$ és ezáltal D_2 , R_2 , R_3 -n át a töltőáram nagyobb, mint a D_1 , R_{11} -n át. A kondenzátoron a feszültség pozitívvá válik és ezzel a tirisztor hosszabb időn át vezeti a fűtőáramot. A termosztátban a hőmérséklet nő és az R_{11} ellenállás értéke csökken. A megadott hőmérséklet túllépése után az R_{11} ellenállás kisebbé válik az R_2 , R_3 ellenállás összegénél és a C_1 árama a feszültség pozitív felhullámában csökken. A feszültség a C_1 kondenzátoron esik, a tirisztor megszűnik vezetni, a hőmérséklet csökkenni kezd, ami meghatározott pillanatban a tirisztor újbóli bekapcsolását okozza és a folyamat ismétlődik.

6.4.9. Impulzuscsomag-vezérlésű teljesítményszabályozókapcsolás

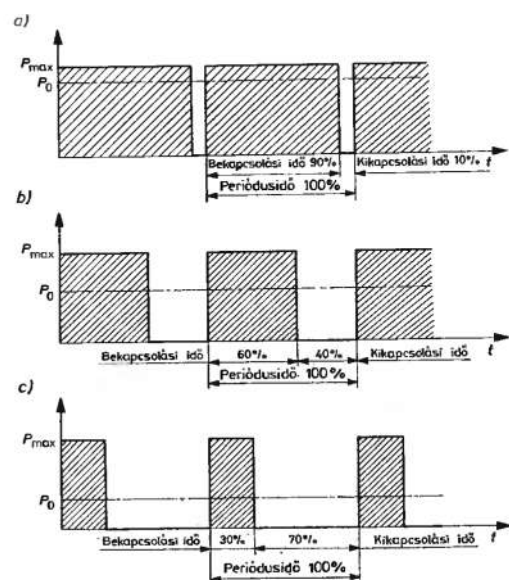
Váltakozóáram teljesítményének szabályozására elég gyakran használnak impulzuscsomag-vezérlésű kapcsolást. A gyűjtáshög-vezérléssel szemben a csoportos vezérlés nem okoz zavarokat és nem kell költséges zavarvédelmet beépíteni. Impulzuscsomag-vezérléskor a triakok, ill. a tirisztorok a hálózati váltakozófeszültség nullátmenete pillanatában kapcsolnak be, a félperiódus végéig vezetnek és újból kikapcsolnak. A terhelés teljesítménye úgy változtatható, hogy a triak meghatározott periódusig vezet, majd ezt meghatározott időre kikapcsoljuk. Így például, ha egy villamos fűtési kemencében kétpontszabályozás során a hőmérséklet az előírtól alacsonyabb, a kemence fűtőtesteit a triakkal bekapcsolják a hőmérséklet eléréstéig, majd ezután a triak kikapcsol, mindaddig, amíg az előírt hőmérséklet alá nem csökken. Ekkor a fűtőtesteket a triak ismét a hálózati tápfeszültségre kapcsolja. A vezérlőkapcsolás a triakot úgy vezérli, hogy a bekapcsolás csak abban a pillanatban következhet be, amikor a hálózati feszültség zéruson áthalad. Eközben semmilyen feszültségugrás nem lép fel, tehát zavarok sem keletkeznek. A triak a kemence fűtését csak akkor kapcsolja be, amikor a hőmérséklet a megkövetelt értéknél alacsonyabbra csökken és kikapcsolja, ha ezt az értéket túllépi. Tehát a hőmérséklet nem marad állandó értéken, hanem folyton ingadozik a megadott érték körül. Ez oly módon csökkenthető, hogy nagyobb frekvenciával kapcsolunk, ilymódon érve el a hőmérséklet sokkal kisebb ingadozását a megadott érték körül. Az impulzuscsomag-vezérlés elve a 6.26. ábrán látható. Ez az ábra a hálózati feszültséget mutatja, amelyből a triak minden kapcsolási periódus alatt egy impulzuscsomagot bocsát át. Egyszerűsítés végett a kapcsolási periódust 10 hálózati periódusnak vesszük fel. Ha a fentebb említett kemencére az előírt hőmérséklet fenntartására például a teljes teljesítmény 60%-a szükséges, akkor a triak egy kapcsolási periódus 10 rezgés-



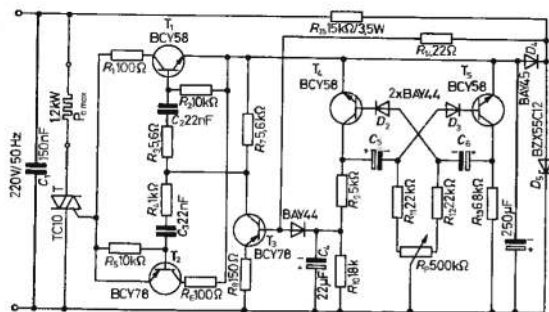
6.26. ábra. Impulzuscsomag-vezérlés elve

séből csak hatot vezet át. A periódus fennmaradó részében a triak nem vezet és a terhelésen át nem folyik. A 6.26b ábra a terhelésen átfolyó, periodikusan megszakított áramot mutatja. A be- és a kikapcsolás a váltakozóáram, vagy -feszültség nullán való áthaladásával pontosan egy időben következik be. Ezt a vezérlőrendszer biztosítja, amelynek működési elvét a következőkben írjuk le. A 6.26c ábra a kapcsolófeszültség lefolyását szemlélteti, a triak be- és kikapcsolási idejének feltüntetésével. Könnyen észrevehető, hogy a terhelésre jutó teljesítmény állandósítható a be- és a kikapcsolás időarányának változtatásával. Ezt a 6.27. ábra szemlélteti. A bevonalkázott mezők a hálózati feszültség teljes hullámainak csoportját jelzik, amelyek eljutnak a fogyasztóra, annyi ideig, ameddig a triak be van kapcsolva. A 6.27a ábrán a bekapcsolási idő 90%-ot, a kikapcsolási idő 10%-ot tesz ki. Ennek megfelelően a P_k közepes terhelés teljesítménye a P_{max} teljes teljesítmény 90%-át teszi ki

(amelyet akkor érünk el, ha a terhelés bekapcsolása állandó lenne). A 6.27b ábrán a bekapcsolási idő annyi, mint a 6.26. ábrán és a periódus 60%-át teszi ki, a kikapcsolási idő 40%. A P_k közepes teljesítmény a P_{max} 60%-át teszi ki. A 6.27c ábrán a bekapcsolási idő a periódusnak csak 30%-a és az annak megfelelő közepes teljesítmény a P_{max} legnagyobb teljesítménynek csak 30%-a, így tehát a triak vezetési és nem vezetési időinek arányát változtatva, alakíthatjuk a terhelésre jutó teljesítményt. A 6.28. ábrán a csoportos szabályozás gyakorlati kapcsolását mutatjuk be. Ez a kapcsolás, amely hevítőberendezések fokozatos teljesít-



6.27. ábra. Teljesítményszabályozás a be- és kikapcsolás időarányának változtatásával



6.28. ábra. Impulzuscsoomag szabályozó

ményszabályozására szolgál, két részből áll: a triakos teljesítménykapcsolóból és a gyújtóáramkörből.

Ahhoz, hogy a triak bekapcsolása mindig a hálózati tápfeszültség nullaátmenetében történjék, a triak vezérlőelektrodájára a vezérlőimpulzust pontosan ebben a pillanatban kell rákapcsolni. Ezek, a hálózattal szinkronba hozott vezérlőimpulzusok a következőképpen jönnek létre: a D_5 Zener-dióda (6.28. ábra) a hálózati feszültségre az R_{15} ellenálláson át kapcsolódik. Ezen a diódán $U_{pp} = 12$ V amplitúdójú trapéz alakú feszültség keletkezik, amelynek betörései pontosan a hálózati feszültség nullmenetébe esnek. A trapézfeszültség R_{14} -en át a T_3 tranzisztor bázisára jut, amely azt felerősíti. Ebből a felerősített feszültségből a C_2 , R_2 és C_3R_3 differenciáló tagok rövid feszültségimpulzusokat képeznek, amelyek a T_1 és T_2 tranzisztorok által felerősítve a triak vezérlőimpulzusai. A triakkal sorba van kapcsolva a fogyasztó, amely 1,2 kW teljesítményt fejleszthet. Az astabil multivibrátor (a T_4 és a T_5 tranzisztorokból) szolgáltatja a 6.26c ábrán látható ütemet. Ezt a feszültséget elvezetjük a T_3 tranzisztorhoz is, amely a nullafeszültség kapcsolója. Ha T_3 vezet, a hálózati frekvenciájú trapézimpulzusok a D_5 Zener-diódáról eljutnak a nullafeszültség-kapcsolóba és differenciálás után bekapcsolják minden hálózati feszültség hullám kezdetén a triakot. Ennek eredményeként áram folyik a terhelésen. Ha T_3 zárt, a trapézfeszültség a D_5 Zener-diódáról a nullafeszültség-kapcsolóóra jut, de nem halad tovább. A T_1 és T_2 tranzisztorok zárt, ezért a triak nem kapcsol be, a terhelőáram zérus. A P_1 potencióméterrel lehet változtatni az astabil

multivibrátor feszültségének alakját, azaz a rezgése két félperiódusának, a be- és kikapcsolásnak a viszonyát.

A bekapcsolási idő tág tartományban, folyamatosan változtatható egy impulzusperiódus 2...96%-a között. Mint azt a 6.27. ábra mutatja a P_k közepes teljesítmény, amely a fogyasztóra jut, a bekapcsolási idő és a kikapcsolási idő arányától függ. A fogyasztó közepes teljesítménye így folyamatosan változtatható a teljes teljesítmény 2...96%-a közötti tartományban. A C_5 és a C_6 kondenzátor határozza meg a billenési periódus időtartamát, ami a melegített tárgy termikus időállandójától függ. A C_5 és a C_6 kondenzátor alább közölt értékei különböző T periódusoknak felelnek meg:

$$\begin{aligned} C_5 = C_6 = 50 \mu\text{F} & \quad T = 30 \text{ s} \\ C_5 = C_6 = 1 \mu\text{F} & \quad T = 0,6 \text{ s} \\ C_5 = C_6 = 0,15 \mu\text{F} & \quad T = 0,05 \text{ s} \end{aligned}$$

A D_4 dióda a C_7 kondenzátorral állítja elő az astabil multivibrátor és a triakot vezérlő impulzusokat képező kapcsolás tápfeszültségét. C_4 a T_3 tranzisztorral előállított négyzetfeszültség késleltetését végzi, mert a tranzisztor azonnali bekapcsolása a triakra – különben a hálózati feszültség nullátmenetétől eltérő időben – impulzusok jutnának.

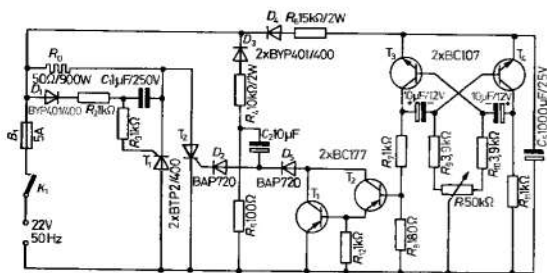
Az impulzuscsoomag-vezérlés különösen nagy hőtehetetlenségű berendezések számára megfelelő (kemencék, elektromos termoforok, forrasztópákák, stb.). Bár áram időnként nem folyik, a nagy hőtehetetlenség eredményeként a hőmérséklet nem változik ugrásszerűen, hanem meghatározott középértéket vesz fel és ezen a szinten marad.

Az impulzuscsoomag-vezérlés felhasználható a villamos motorok sebességének szabályozására. A motor armatúrájának tömege révén a teljesítmény periodikus impulzusai integrálódnak és a motor állandó sebességgel forog. A csoportos szabályozás nem alkalmazható világítás szabályozására, mert az áramhullámok sorozatának kimaradása villogást idézne elő.

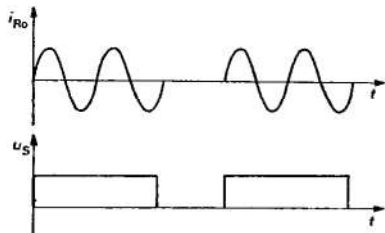
6.4.10. Impulzuscsoomag-vezérlésű teljesítményszabályozó tirisztoros kapcsolás

Az előző kapcsolás, amelyet a 6.28. ábrán láttunk, triak alkalmazásával készült. Tekintettel arra, hogy a hazai piacon triak hiány van, olyan kapcsolást ismertetünk, amely a hozzáférhető tirisztorokkal impulzuscsoomag-vezérlést tesz lehetővé.

A 6.29. ábrán látható kapcsolásban a T_1 és T_2 tranzisztor elektronikus kapcsolót alkot. A T_1 tranzisztor zárt, vagy a multivibrátorból



6.29. ábra. Impulzuscsomag teljesítményszabályozó tirisztoros kapcsolása

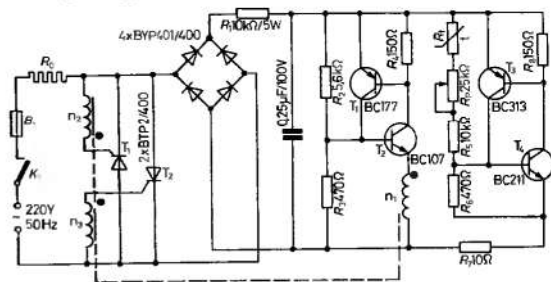


6.30. ábra. A terhelőáram és a multivibrátor vezérlőfeszültsége

érkező jel polarizálásától függően vezet. A bekapcsolás periódusa alatt, amit a 6.30. ábra tüntet fel, a tirisztorok bekapcsolnak. A T_1 és a T_2 tranzisztorok Darlington-kapcsolásúak, nagy az erősítésük, ezért gyorsan mennek át vezetésből zárásba és viszont. Ezt az elektronikus kapcsolót astabil multivibrátor vezérli, amely a T_3 és a T_4 tranzisztorokból áll. Az R_1 potenciométer segítségével változtatható a bekapcsolási és a kikapcsolási idő aránya, ezáltal a tirisztorok vezetési és nem vezetési ideje is. A T_1 és a T_2 tranzisztorok vezetési állapotban vannak, amikor a bemenő jel a multivibrátorról a T_2 tranzisztor bázisán olyan, hogy emittérén a feszültség a bázishoz viszonyítva pozitív. Amikor T_1 vezet, a C_2 kondenzátort a D_3 , R_4 dióda és a D_4 dióda tölti. A következő félhullám-

ban a T_2 tirisztor vezérlőelektroda –katódáramköré kisüti, a tirisztor bekapcsol. A tirisztor vezet és az R_0 terhelésre jut a feszültség egy félperiódusa. A T_2 tirisztor vezetése alatt a C_1 kondenzátor töltődik a D_1 , R_2 , T_2 tirisztor áramkörében. A tápfeszültség következő félhulláma közben a C_1 kondenzátort az R_3 és a T_2 tirisztor vezérlőelektroda –katódáramköré kisüti. A T_1 tirisztor kikapcsol marad és a második félperiódus ideje alatt az R_0 terhelésen át áram folyik. A folyamat addig folytatódik, amíg a T_1 és a T_2 tranzisztorok vezetnek. Zárásuk megszakítja a C_2 kondenzátor töltő áramkörét és ezzel a T_2 tirisztor bekapcsolását. Ilyen esetben a T_1 tirisztor szintén nem gyűjt be. A teljesítmény a terhelésen megszakad mindaddig, míg a multivibrátorból nem érkezik új négyesűgű feszültségimpulzus.

Tekintettel arra, hogy a T_2 tirisztor a nullátmenetben gyűjt és a T_1 tirisztor bekapcsolása a T_2 bekapcsolásától függ a kapcsolás mindig páros számú félhullámot ad, s ezek száma a multivibrátorból jövő impulzus szélességétől függ.



6.31. ábra. Impulzuscsomag-vezérlésű hőmérséklet-szabályozó kapcsolás

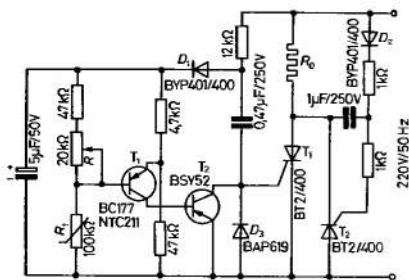
R_0 NTC 211 220 25 °C mellett; R_1 50Q/900 W BTP 2/400 számú; R_2 12Q/3000 W BTP 7/400 számú; D_1 a terheléstől függetlenül választva. A transzformátor Td 48 magon készült tekercselése 3×50 menet, $\phi = 0,2$ mm DNE; a szigetelés 0,05 ultrópapír mindegyik rétegen, minden tekercselésen 2×0,08 mm-es ragasztás

A 6.31. ábrán hőmérséklet-szabályozó kapcsolást látunk. A tirisztorok ellenpárhuzamosan kapcsolunk és azokat ellenütemű transzformátor vezérli. A kapcsolás négy tranzisztorból alkotott vezérlő részét egyenirányító híd táplálja. A T_3 és a T_4 tranzisztorok, mint elektronikus kapcsolók működnek. Az NTC termisztor a hőmérsékletérzékelő, amely a fűtött tárggyal vagy az R_0 fűtőtesttel van összekötve. Hideg tárgy esetében a termisztornak nagy az ellenállása. Mindkét, T_3 és T_4 tranzisz-

tor zár. A T_1 és T_2 tranzisztoron 100 Hz frekvenciájú impulzusok jutnak át a transzformátorba és mind a két tirisztorot bekapcsolják. Amikor a hőmérséklet eléri a megadott értéket, amelyet a 10 k Ω -os potencióméterrel állítunk be, a tranzisztorok az elektronikus kapcsolóban bekapcsolnak, és rövidre zárják a tirisztorokat vezérlő áramkört. A tirisztorok vezérlőjele nélkül nem vezetnek, a fűtés kikapcsol. A szükséges teljesítménytől függően BTP-2, ill. BTP-7 tirisztorokat alkalmazunk. A termisztor ellenállását 0 °C hőmérsékletre 30...50 k Ω körül választjuk.

6.4.11. Hőmérséklet-szabályozó háztartási berendezésekben

A 6.32. ábrán olyan kapcsolást mutatunk be, amely melegítésre vagy hőmérséklet-szabályozásra alkalmas. (Például elektromos párnákhoz, csecsemők tejestívegeinek előmelegítésére, vagy levegőhőmérséklet-szabályozó a hajszárítóknak). A BTP-7 tirisztorok alkalmazásával a kapcsolás teljesítménye nagyobb és felhasználható a fürdőszobákban használatos boylerek vizének melegítésére és hőmérsékletének stabilizálására.



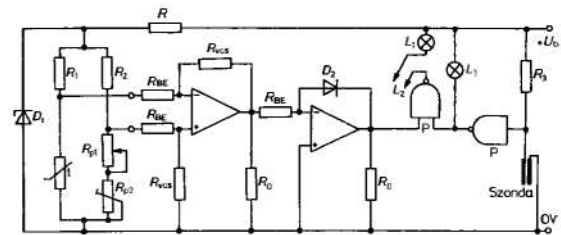
6.32. ábra. Hőmérséklet-szabályozó háztartási eszközökhöz
 T_1, T_2 BTP 2/400 vagy BTP 7/400; T_3 BC 177; T_2 BSY 52; R_1 NIC 211

A végfokozatban két tirisztorot kapcsolunk ellenpárhuzamosan. A T_1 tirisztor bekapcsolását a hőmérsékletmérő-híd, különösen pedig az R_T termisztor ellenállása befolyásolja. A T_2 tirisztor a félhullám elején kapcsol be az 1 μ F kapacitás, korábban feltöltött kondenzátor hatására a T_1 tirisztor vezetése alatt. A T_1 tirisztor a hálózati feszültség gyűjtja

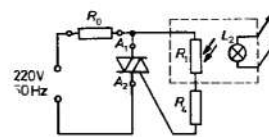
0,47 μ F kapacitású kondenzátoron keresztül. A gyűjtés csak akkor következhet be, amikor vezérlő áramkörét a T_2 tranzisztor nem zárja rövidre, ami akkor áll elő, ha a fűtőtest eléri a beállított hőmérsékletet. Ekkor mind a két tranzisztor vezet és a terhelésen áram nem folyik. A megengedett terhelés a BTP-2/400 számára fűtőtesttel 50 Ω /900 W; BTP-7/400-ra fűtőtesttel 12,5 Ω /3000 W. A hőmérsékletstabilizálás tartományja 20°...90 °C.

6.4.12. Hőmérséklet-szabályozó kapcsolás a melegvíz szintjének ellenőrzésével

A bemutatott kapcsolást teafőzőkben, a vízmelegítés szerszögéből írjuk le, de felhasználható más villamos vízmelegítőknél is. A fűtés bekapcsolása az ismertett kapcsolásban csak akkor lehetséges, ha a teafőzőkben megfelelő mennyiségű víz van. A melegítőt a tápfeszültségre triakon át kötjük. A vezérlő rész és a triak egymástól galvanikusan elválasztott (6.34. ábra). A 6.33. ábra a kapcsolás működési elvét mutatja be. A termisztor alapú hőmérséklet-érzékelő egy kis rézlemezen helyezhető el, amelyet a teafőző aljához kívülről rögzítenek. A hídkapcsolást, amely az



6.33. ábra. Egyszerű hőmérséklet-szabályozó kapcsolás



6.34. ábra. Triakot vezérlő kapcsolás