

## Sıcaklık Ölçülmesi Ve Kontrolü 2

Hasan PEKŞEN

### ÖZET

*Sıcaklık duyucularının özelliklerine göre uygulaması ve çeşitli elektronik kontrol devrelerinde kullanılması belirtilmiştir.*

### S U M M A R Y

*The application of temperature sensors according to their particular characteristics and the use of them in several electronic control circuits are indicated.*

### 1. GİRİŞ

Bu günün endüstrisinde sıcaklık ölçülmesi ve kontrolü ürün kalitesi yönünden önemli bir yer kaplamaktadır. Duyucudan ve kontrol devresinden beklenen koşullara göre uygun bir seçim ve tasarım yapılmalıdır.

En çok kullanılan sıcaklık duyucularının tanımı ve seçimi bu yazının birinci bölümünde açıklanmıştır. Bu bölümde daha çok duyucuların kullanılabileceği elektronik devrelerden örnekler verilmiştir.

Sıcaklık kontrolü genel olarak ısıtıcılar (elektriksel veya buharlı) yoluyla etkili hale getirilmektedir. Dolayısıyla kontrol organının ona göre [elektriksel veya havalı (pnömatik)] seçilmesi şarttır.

Elektriksel ısıtıcılarda ana kontrol organı bir

kontak çifti, bir tiristor veya triyak olabilir. Bu tip kontrol organları da bir ateşleyici devre yardımıyla ısıtıcıya güç sağlar ve sıcaklık duyucunun sıcaklıkla olan ilgisi ateşleme zamanını ve süresini tayin eder. Bu yazıda belirtilen sıcaklık duyucularla kullanılabilecek çeşitli tipte elektronik devreler, genel olarak, ufak tefek değişikliklerle her koşulda uygulanabilir.

Havalı kontrolü gerektiren ısıtıcılara gelince, ya elektriksel duyucudan elde edilecek işaret pnömatik işarete çevrilip bir düzeneç kullanılır, ya da sıcaklık değişimi özel duyucularla (gaz genleşmeli gibi) mekanik harekete dolayısıyla pnömatik işarete çevrilir. Elektriksel sistemlerin mahzurlu olduğu yerlerde (petrol endüstrisi ve çok nemli süreçlerde) çoğu zaman ikinci yol tercih edilir. Gaz genleşmeli sıcaklık ölçücülerin karakteristikleri incelendiği için havalı (pnömatik) kontrol sistemlerine girilmemiştir.

Ana nokta olarak, kontrolden beklenen hassasiyete göre seçilen duyucunun karakteristik-

Hasan Peksen, Y. Müh., Türkiye Şeker Enstitüsü, Ankara  
Bu yazının birinci bölümü dergimizin 204. Sayısında (sayfa 737-747) çıkmıştır.

leri iyi bilinmeli ve kontrol devresine uygun bir şekilde ilave edilmelidir.

Bu yazıda NTC ve PTC termistorler ile, di-rençli sıcaklık duyuculardan bahsedilmiştir. Diğerleri (ısı-çiftler, pirometreler ve gaz genleşmeli duyucular) prensipte pek bir farklılık göstermeden uygulanabilir.

## 2. NTC TERMİSTÖRLERİN UYGULAMASI

NTC termistörün önemli özelliklerine dayana-rak uygulamasını üç ana gruba ayırmak gere-kir :

1. Direncinin sıcaklığa bağlılığından yararlan-mak ( $R = f(T)$ ) : a) NTC termistörün sıcaklığının çevre sıcaklığıyla tayin edilmesi (veya ayrı bir ısıtıcıyla ısıtılması), b) NTC termis-törün sıcaklığının termistörün kendisi tara-fından tayin edilmesi.

2. Zamana bağlılığının uygulaması: Bu dur-umda sıcaklık bir parametre olmakta ve  $R = f(t)$  ( $t = \text{zaman}$ ) dır. Bu grupta ter-mistörün sıcaklık ataletine dayanan bütün ay-gulamalar gösterilebilir.

3. Negatif sıcaklık katsayısının büyüklüğün-den yararlanan uygulamalar. Gerilim-akım eğ-risinin negatif eğim gösterdiği bölgenin kulla-nılması.

### NTC termistörün kullanılmasında dikkat edi-lecek noktalar :

Daha fazla yük çekmek için birkaç NTC ter-mistörü paralel bağlamamalı; termistörlerden biri fazla akım çekip ısınırken, diğerlerinin so-ğuk kalması mümkündür.

Kaplamasız termistörleri iletken sıvılarda, aşın-dırıcı ve indirgeyici gazlarla kullanmamalı; karakteristiklerinde değişiklik meydana gelebi-lir.

Sıcaklık ölçmelerinde yüksek gerilim termis-törün ısınmasına dolayısıyla yanlış okumasına yol açar.

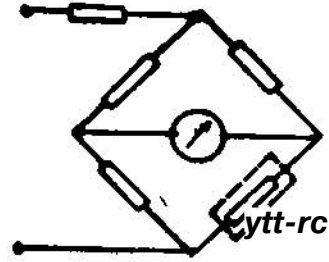
Güç harcama katsayısı\* verebileceği en bü-yük ölçme gücünün belirtilmesidir. NTC ter-mistör disklerini yönergesine uygun şekilde lehimlemek gerekir.

### 2.1. Uygulama örnekleri

Sıcaklık ölçülmesi :

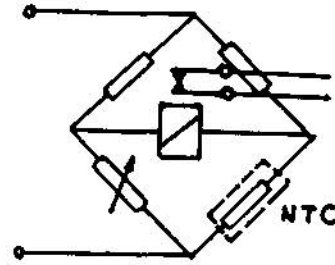
En basit haliyle bir köprüde kullanarak sı-caklık ölçümünde yararlanılır. (Şekil: 2.1)

\* Bakınız «Sıcaklık ölçümü ve Kontrolü 1», Elektrik Mühendisliği, Aralık 1973



Şekil 2.1.

Daha çok tıbbi ve endüstriyel termometreler-de uygulanır. Devrede NTC direncin doğrusal olmayan özelliklerini kaldırmak için uygun kompanzasyon yolları kullanılmalıdır\*. Aynı köprü ile ölçme düzeni kontrol işinde de kul-lanılabilir. (Şekil: 2.2)



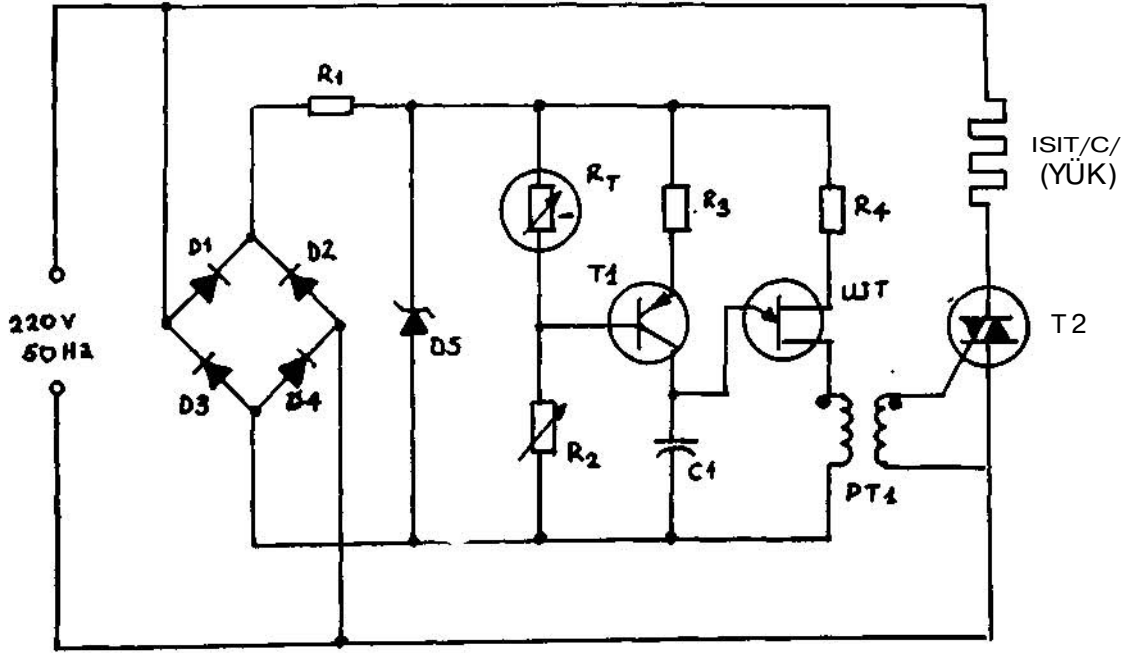
Şekil 22.

### 2.1.1. NTC direnç ve triyakla sıcaklık kontrolü

NTC direncin sıcaklık ölçücü olduğu bir devre ayarlanan sıcaklığa göre bir triyakın kapısına verdiği işaretle yüke sağlanan güç düzenlenir. Böyle pratik bir devre Şekil 2.3 de görülmektedir. Devre şöyle çalışır :

Şebeke gerilimi köprü diyotlarıyla doğrultulur ve zener diyotla (D5)  $V_z$  geriliminde kesilir.  $R_T$  termistörü ve  $R_2$  potansiyometresi  $T_j$  transistörünün taban akımını ayarlar.  $R_2$  öyle ayarlanır ki  $T_j$  istenilen sıcaklıkta kesimdedir (OFF).  $T_j$  kesimde iken  $C_j$  kondansatörüne akım geçmediğinden UJT (Unijunction Transistor) triyakı ateşleyemez. Sıcaklık azaldıkça  $R_T$  direnci artar  $T_j$  aktif hale gelir,  $C_j$ 'e akım geçer.  $C_j$ 'in gerilimi UJT ateşleme gerilimine ulaşınca darbe transformatoruyla (PT,) triyakı ateşler. Sıcaklık daha da düşerse  $C_j$  daha hızlı dolar ve triyak daha erken ateşlenmiş olur. Sıcaklık arttığında  $T_j$  transistörü kesime gider ve triyaka darbe ulaşmadığından triyak iletmez. Böylece o istenilen sıcaklığa göre ısıtıcıya (yük) akım triyakla sağlanmaktadır. Bu basit devrenin pratik yönden bazı mahzurları vardır: Bunlardan biri triyakın sıfırdan fark-

\* Bakınız: «Sıcaklık Ölçümü ve Kontrolü 1», Elektrik Mühendisliği, Aralık 1973.



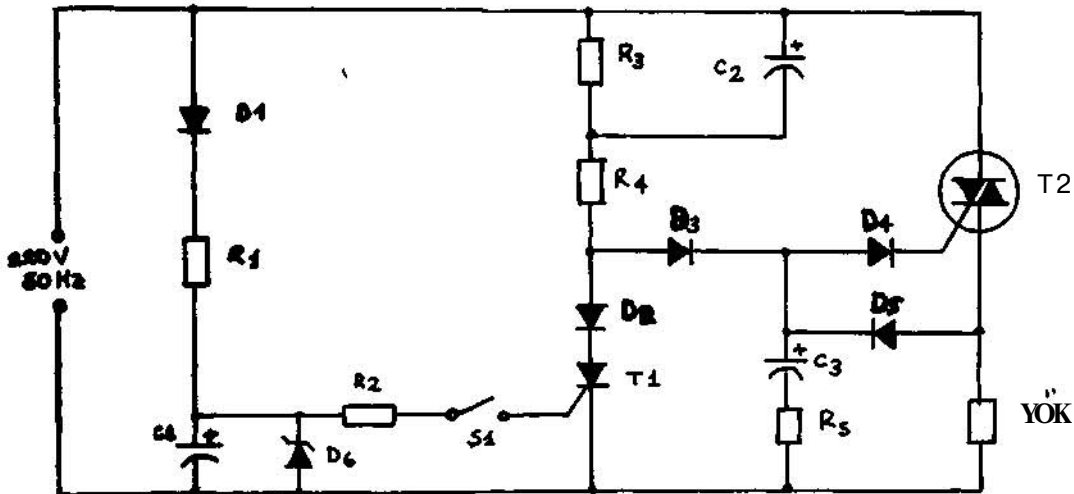
Şekil 23. Sıcaklığın faz açısıyla kontrolü.

h gerilimde ateşlenmesi ve ani akım artmasıyla şebeke frekansının dışında frekansa sahip gerilimlerin üretilmesidir. Çeşitli aygıtlarda girişime yol açabilecek bu gerilimler triyakm sıfır gerilimde ateşlenmesiyle engellenir. Bu yüzden sıcaklık kontrol devresine bir sıfır nokta anahtarı ilave edilir. ,

### 2.12. Sıfır nokta anahtarı [5, 6]

Şekil 24 de dirençsel yükler için el kumandalı sıfır nokta anahtarı görülmektedir. Pozitif ya-

rı periyodun ilk kısmında sıfırdan doğru artan gerilim hızla  $C_2$  kondansatörüne büyük miktarda akım verir.  $C_2$  den geçen akım  $I^{\wedge}$ ,  $D_3$  ve  $D_4$  den geçip  $T_2$  triyakm sıfıra yakın gerilimde ateşler.  $T_2$  akım geçirir;  $C_3$ ,  $D_5$  den doğru şebekenin tepe gerilimine kadar dolar. Şebeke gerilimi tepe değerini aşınca,  $D_5$ e ters gerilim gelir ve  $C_3$ ,  $D_4$  ve  $T_2$  nin kapısından doğru boşalır. Bu anda  $C_3$ ün gerilimi şebeke gerilimini takip eder. Şebeke gerilimi sıfırdan



Şekil 24. Sıfır nokta anahtarı.

geçerken,  $C_3$  gerilimi tamamen sıfır olmamıştır, öyle ki şebeke gerilimi negatif olduğunda  $C_3$  halâ boşalmaktadır. Böylece  $T_2$  negatif yan periyodun sıfırına yakın değerlerde kesilir. Bu çalışma  $S$  ( anahtarı kapatılana kadar her periyot için devam eder.  $S$ , anahtarı kapatılınca  $T_1$  iletim halinde olur. Ve  $T_2$  nin iletim haline geçmesini engeller (pozitif periyotta). Negatif periyotta  $T_2$  iletemez, çünkü  $T_2$  pozitif periyotta iletmekçe  $C_3$  boşalamaz.

Eğer  $S_j$  pozitif yan periyotta kapatılmışsa  $T_1$  iletir fakat işlem periyodun geri kalan kısmında devam eder ve kesime gider. Eğer  $S_j$  negatif yan periyotta kapatılırsa,  $T_1$  iletmez  $T_2$  gelecek ilk pozitif yan periyotta iletir,  $T_2$  kesime gider.

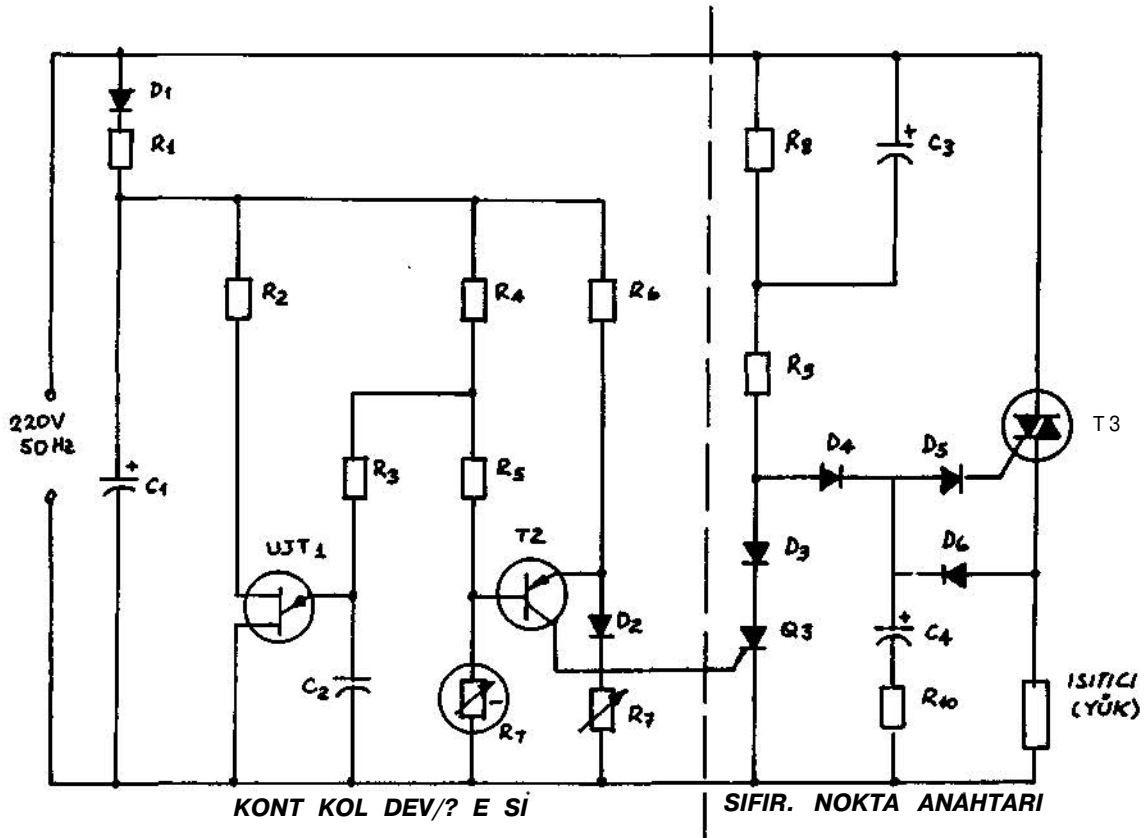
$S_j$  açık olduğunda sıfır nokta anahtarlama  $T_1$  in karakteristiğiyle sağlanır. Eğer  $S_j$  pozitif yan periyotta açılırsa,  $T_1$  geri kalan yan periyotta iletime devam eder ve  $T_2$  pozitif yan periyodun ortasında ateşleyemez.  $C_3$  pozitif yan periyotta dolmadığından  $T_2$  negatif yan periyotta kesimde kalır.  $T_2$  ilk pozitif yan periyotta iletime başlar. Eğer  $S_j$  negatif yan pe-

riyotta açılırsa,  $C_3$  dolu olmadığından  $T_2$  pozitif yan periyodun başına kadar iletim yapamaz.  $T_1$  için gerekli kapı sinyali  $D_3$ ,  $R_8$ ,  $C_3$  ve  $D_6$  ile sağlanır.

### 2.13. Sıfır nokta anahtarlı sıcaklık kontrolü

Daha önce Şekil 2.3 de belirtilen devrede triyakın iletim-kesim işlemi sırasında (faz kontrolde) üretilen EMİ (Elektromagnetik Interference) kaldırılarak Şekil 2.5 deki devre ile gayet hassas oransal var-yok sıcaklık kontrolü mümkündür.

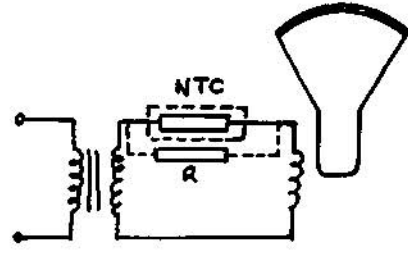
Devreyi iki kısımda incelemek daha kolaydır. Sağ taraftaki devre daha önce anlatılan sıfır nokta anahtardır (Şekil 2.5). Soldaki ise anahtar için oransal kontrol devresidir. Devrenin çalışması şöyledir:  $D_1$  diyodu,  $R_j$  direnci,  $C_1$  kondansatörü devre için besleme kaynağını oluşturur. Sıcaklık duyucu  $R_T$ ,  $R_4$ ,  $R_5$ ,  $R_6$ ,  $R_7$  ve  $D_2$  den oluşan köprünün bir elemanıdır. Köprü duyucusu  $T_2$  transistordur. Sıcaklık arttıkça  $R_T$  azalır,  $T_2$  iletir ve  $T_3$  (SCR) için bir kapı işareti verir.  $T_3$  iletince  $T_3$  ün kapı işareti kesilir ve ısıtıcıdan akım geçmez. Sı-



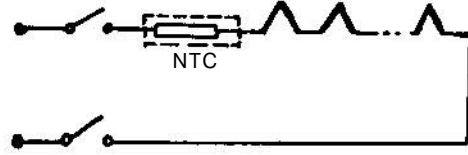
Şekil 2.5

caklık düştüğünde  $R_T$  artar ve  $T_2$  kesime gider.  $T_3$  ün kapı işareti kalkar ve yüke tam şebeke gücünü uygular.

Ntormal olarak devre ısıtıcıya rasgele tam yük vermeye devam edecektir. Fakat  $R_T$  deki küçük değişimlere karşılık yük gücüne orantılı modülasyon uygulanır [5]. Modülasyon,  $R_3$  den doğru köprü koluna testere dişli işaret bindirmekle olur. Testere dişli işaretin bir periyodunda 12 şebeke periyodu vardır. Birden onikiye kadar bütün periyotlar yüke uygulanabilir. Böylece yük gücü % 8'lik basamaklarla % 10-100 arasında modüle edilir. Testere dişli gerilim UJT (Unijunction Transistor)  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  ve  $C_2$  nin meydana getirdiği devre ile sağlanır. Testere dişli köprü gerilimini öyle modüle eder ki 12 periyotluk grubun bir kısmında köprü gerilimi sıfır (null) gerilimin üstünde, diğer kısmı için altında olacaktır. Bu hareket 12 periyodu AÇIK ve KAPALI olmak üzere iki kısma ayırır; oranlama ise  $R_T$  nin nominal değerinden ne kadar ayrıldığına bağlıdır. Bu devre durağan iş saykılına göre gerekli gücü karşılaştırıp uygulayabildiğinden çok iyi bir kontrol sağlar. Bu yüzden sıcaklık çok dar bir sınırdaki kontrol edilebilir ve hiçbir EMİ üretilmez.



Şekil 2.7

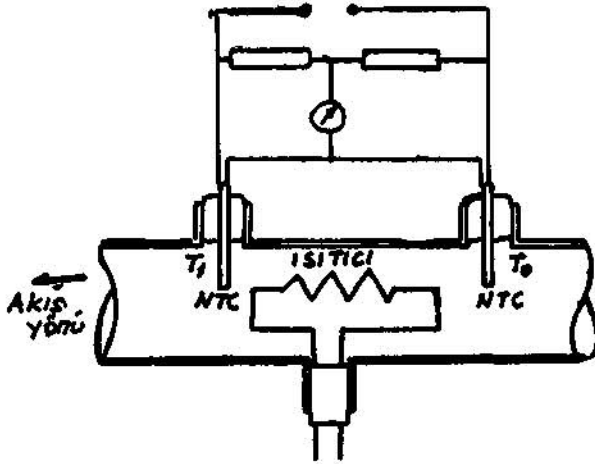


Şekil 2.8

Isıtıcı zincirinin korunması (Şekil: 2.8) : TV veya radyo devrelerinde akım yükselmelerine karşı koruma.

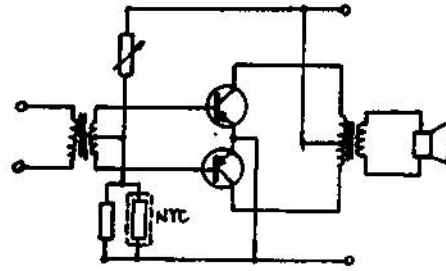
## 22. Başka uygulamalar [1, 3]

Sıvılarda debi ölçümü (Şekil: 2.6) : Sıvımm ısıtıcıda (sıcaklık artması)  $T_1$ ,  $T_0$  sıcaklıkları arasındaki farkla ölçülür. Sıcaklık artışı sıvının debisiyle ters Orantılı olduğundan debi hakkında bir işaret «İde edilir.

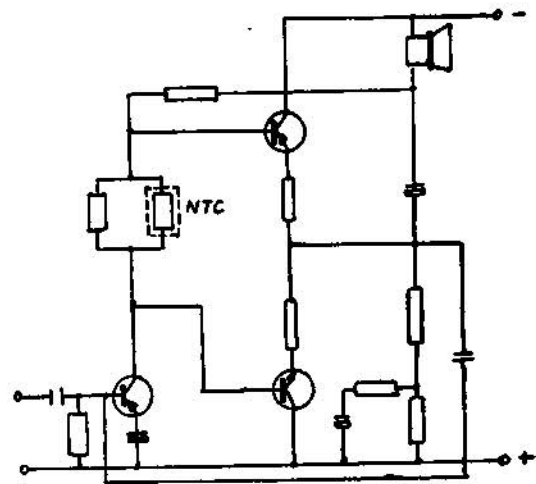


Şekil 2.6

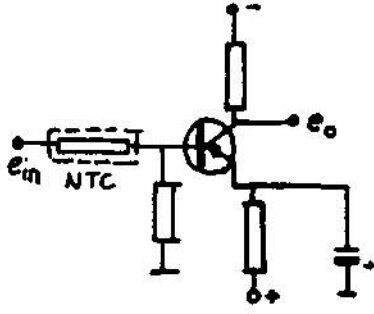
Saptırma bobinlerinde kompanzasyon (TV veya Osiloskopta) (Şekil: 2.7) : Bakır sargıların pozitif sıcaklık katsayısı NTC direnç yoluyla kompanse edilerek sıcaklığın etkisi azaltılır.



Şekil 2.9



Şekil 2.10



Şekil 2.11

Fazla ısınmaya karşı emniyet devrelerinde transistör devrelerinde sıcaklık kompanzasyonu (Şekil: 2.9 ve Şekil: 2.10) veya kazanç kompanzasyonu (Şekil: 2.11) de uygulama alanları içinde sayılabilir.

### 3. PTC TERMİSTÖRLERİN UYGULAMASI

PTC termistörün uygulaması şu ana gruplara ayrılabilir :

1. PTC nin sıcaklığının çevre sıcaklığıyla tayin edildiği uygulamalar: Bu gruba sıcaklık, ölçme ve kontrol devreleri ile aşırı sıcaklığa karşı emniyet devreleri girer.
2. PTC nin sıcaklığının PTC den geçirilen akımla tayin edildiği uygulamalar: Akımın kararlaştırılması, röle gecikme akımının sınırlandırılması, sıvı düzeyi duyurucu, aşırı gerilim ve kısa devrelere karşı koruma v.b. gibi.

PTC termistörün uygulamasında dikkat edilecek noktalar: [2, 3]

PTC termistörler yüksek sıcaklıklarda, çok yüksek sıcaklık katsayısına sahip olduğundan, özel dikkati gerektirir. Sıcaklıkta 0,1°C kadar hata % 3-5 kadar direnç değişimine yol açar. Kalibrasyonda özel termometreler kullanılmamalıdır, özellikle hazne düzeltilmesi yapılmış olan sivil termometrelerle kalibre edilmelidir. Sivil termometreler için hazne düzeltme formülü şöyledir :

$$T_c = T_o + F.L (T_o - T_m)$$

$$T_c = \text{Düzeltilen sıcaklık,}$$

$$T_o = \text{Görülen sıcaklık,}$$

$$T_m = \text{Haznenin ortalama sıcaklığı,}$$

$$L = \text{Sıcaklığı ölçülecek maddenin yüzeyinin üstünde sıcaklığın uygulandığı kolonun } ^\circ\text{C olarak boyu,}$$

$$F = \text{Düzeltilme faktörü.}$$

Çıvalı termometreler için  $F = 0,00016$  olarak alınabilir.

Sıcaklık ölçümünde PTC uygulanan gerilim 2V un altında olmalı ki kendiliğinden ısınma ve gerilimin etkisi kaldırılabilir.

PTC ye en büyük geriliminin üstünde gerilim uygulamamalı. Daha yüksek gerilim veya harcama elde etmek için birkaç PTC yi seri bağlamamalı; bu, PTC lerden birinin daha çabuk ısınarak bozulmasına yol açabilir.

#### 3.1. Sıcaklık ölçümü ve kontrolunda uygulama

PTC direnç çeşitli elektrik ve elektronik devrelerle sıcaklığın ölçümünde kullanılabilir. Yalnız ölçülecek sıcaklıkla PTC karakteristikleri arasındaki ilgi çok iyi bilinmelidir. Böylece hassas sıcaklık ölçümü sağlanabilir.

##### 3.1.1. Oransal zamanlı sıcaklık kontrol devresinde PTC ve NTC dirençler

Kontrol edilen sıcaklığa göre belirli süreler tiristor gibi güç ayarlayıcı elemanları ateşleyerek sağlanabilir. Böyle bir devrede (Şekil: 3.1) bir kare dalga üretici, bir senkronlayıcı ve VEDEĞİL (NAND) devresi, multivibratör ve gerekli ateşleyici devre bulunmaktadır.

Isıtıcının çalışma periyodu, yani ısıtıcı gücü, sıcaklık duyarlı geribesleme elemanları  $R_j$  ve  $R_k$  ile sağlanır. Devrenin diğer elemanları: Ana-köle (master-slave) ateşleyici (yükte DA akım geçmemesi için) ve senkronize olmuş anahtarlayıcı tiristordan ibarettir.

Şekil: 3.1, a ve b yardımıyla devrenin çalışması şöyle açıklanabilir: (2) önce CI boştur ve yükselteç çıkışı pozitifdir, (3) deki gerilim (2) dekinden fazla olduğundan pozitif çıkış muhafaza edilir. CI, NTC termistörü  $R_3$ ,  $R_7$  ve D, ile pozitif olarak dolduğunda (2) ucundaki gerilim artar. 3 ucundaki gerilim aşıldığında (Şekil: 3.1 a daki P noktası), 2 ve 3 uçları arasındaki gerilim işaret değiştirir ve  $R_4$  yoluyla pozitif geribesleme yükseltici aniden negatife süren Bu sefer CI ters yönde  $R_6$ , PTC termistör  $R_2$  ve Dİ ile Şekil 3.1 a daki Q noktası ulaşıncaya kadar dolar, yükseltcin çıkışı pozitif olur ve periyot böylece sürer.

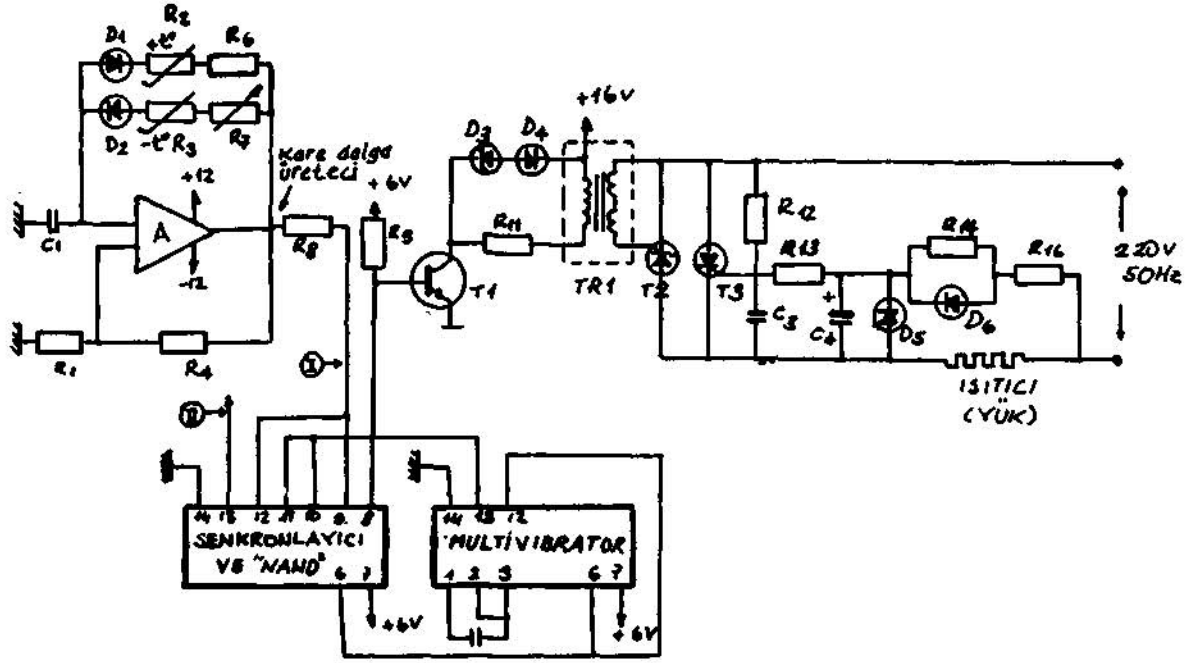
Yükseltcin  $t_1$  periyodu (pozitif çıkış süresi) CI,  $R_3$  ve  $R_7$  ile  $t_2$  periyodu (negatif çıkış süresi) ise CI,  $R_2$  ve  $R^$  ile tayin edilir.

$$t_1 = C, (R_3 + R_7) \ln [1 + (2R_7/R_4)]$$

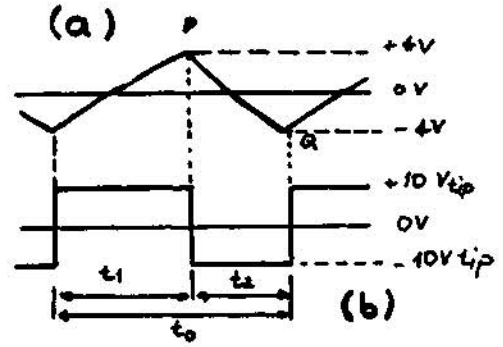
$$t_2 = C, (R_2 + R_6) \ln [L + (2R_6/R_4)]$$

$$R_3 = \text{NTC termistörün direnci}$$

$$R_2 = \text{PTC termistörün direnci}$$



Şekil 3.1



$T_2$  ve  $T_3$  tiristorları  $t$  süresince ilettiğinden tiristor çalışma periyodu şöyle tanımlanabilir:

$$8 = t_j / C^{+t_i} = (R_3 + R_7) / (R_3 + R_7 + R_2 + R_4)$$

Kontrol edilen sıcaklık arttıkça  $R_3$  azalır,  $t$  azalır;  $t_j$  artar ( $R_2$  arttığından), böylece tiristorun iş saykılı daralmış olur. Senkronlayıcı  $T_2$  ye ters gerilim altında kapı darbesinin verilmesini sağlar ve böylece  $T_2$  anot gerilimi pozitif olur olmaz iletir,  $T_3$  ise  $T_2$  nin her iletim periyodundan sonra iletir.

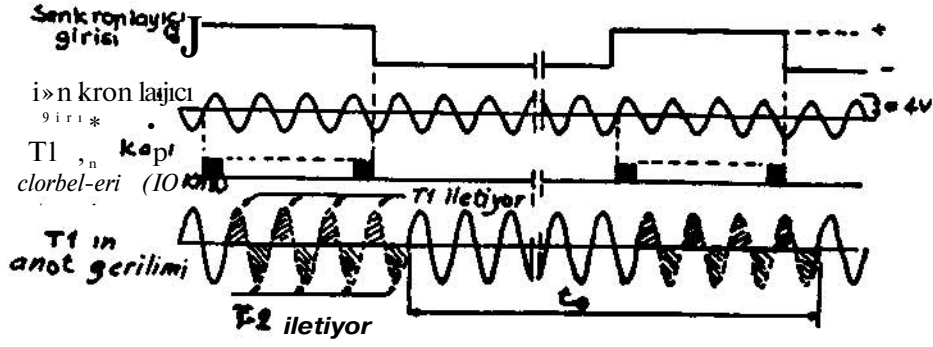
Senkronize edicinin giriş beslemesi yükselteç çıkışı (I) ve senkronizasyon gerilimidir (II): İkincisi  $T_2$  anot gerilimi ile ters fazdadır. (I) girişi pozitif ve (II) girişi pozitive giderken senkronize edicinin flip-flop'u set edilir ve 10 Kz lik multivibratör salınma başlar. Flip-flopun «set» durumu (II) nolu girişin işaretiyle bozulmaz.

Multivibratörün çıkışı bir VEDEĞİL geçiti ve  $T_1$  transistörüyle  $T_2$  yi ateşlemek üzere TR, transformatorüne ulaşır. (I) girişi negatife döndüğünde flip-flop reset edilir ve multivibratörün salınımı durur ve böylece tiristorlar yalnız yükseltecin akışı artı olduğu zaman iletir.

$T_1$ 'in anahtarlama sırasında TR, transformatorü tarafından üretilen gerilim yükseltileri (surge)  $D_3$  Zener diyodu ile önlenir.

$D_3$  aynı zamanda  $T_1$  in kesilmesi sırasında primer akımın hızla azalmasını sağlayarak TR, transformatorünün doymasını önler.  $T_1$  doymaya ulaştığında  $D_4$  diyodu, TR, in kısa devre olmasını engeller.

$T_3$  ün ateşlenmesi şöyle sağlanır (Şekil: 3.2):  $T_2$  ilettiğinde  $C_4$  şebeke gerilimi ile  $R_6$  ve  $D_6$  yoluyla dolar ve  $T_3$ 'e kapı işareti sağlanır. Zaman gecikmesinin olması yüzünden  $T_2$  kesildikten sonra da  $T_3$  kapısına yeterli akım ak-



Şekil 3.2

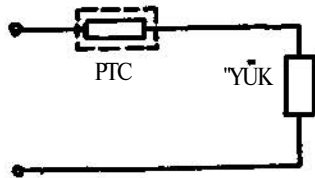
maya devam eder.  $R_{14}$  ve  $R_{16}$ ,  $T_3$  tamamen iletimden kesilmesinden önce  $C_4$  ün tamamen boşalmasını sağlar. Böylece  $T_3$  ancak bir önceki  $T_1$  iletim periyodundan sonra iletir.

$D_5$  diyodu ve  $C_4$ ,  $T_3$  ün kapısını ters gerilimlere karşı korur. Devrede elemanların uygun seçilmesiyle  $T_3$  ün kapı akımı  $10^\circ$  fazda açısında en az 100 mA olacak şekilde ayarlanırsa çoğu tiristorlar ateşlenebilir.

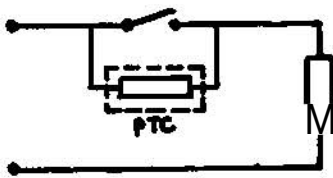
Kontrol edilecek sıcaklık  $R_7$  ile ayarlanır (yaklaşık olarak  $20^\circ\text{C}$  lik sınırdır)  $R_j$  direaici PTC dirençten geçen akımı kısıtlayarak termistörün kendiliğinden ısınmasıyla sıcaklıkta kaymayı engeller.

### 3.2. Başka uygulamalar [3]

Aşın gerilim ve kısa devreye karşı koruma (Şekil: 3.3) : Devreden geçen akım arttığında PTC direnç ısınır ve akımı emniyetli bir değerde sınırlar.



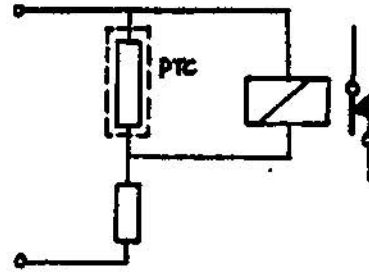
Şekil 3.3



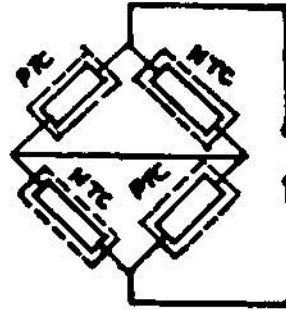
Şekil 3.4

Arkın önlenmesi (Şekil: 3.4) : PTC ye paralel anahtar açıldığında soğuk PTC nin düşük direnci arkı önler. Akım PTC den geçtiğinden direnci kısa zamanda artarak devreyi keser.

Rölenin geciktirilmesi (Şekil: 3.5): Devreye gerilim uygulandıktan belirli bir süre sonra (PTC nin karakteristiğine bağlı olan) röle çalır.



Şekil 3.5



Şekil 3.6

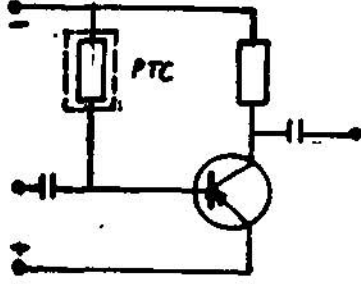
Elektrik motorlarının aşırı sıcaklığa karşı korunması.

PTC-NTC Mültivibratör (Şekil: 3.6): PTC lerden biri ısınır direnci artar, ona paralel olan NTC birincinin soğumasına meydan verir.

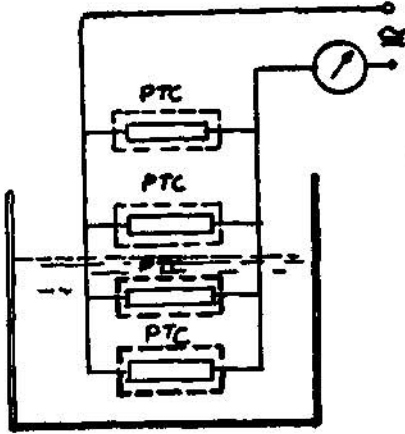
Transistorlu devrelerde sıcaklık kompanzasyonu (Şekil: 3.7)

Sıvı seviyesi ölçümünde (Şekil: 3.8) [7]: Elektriksel güçle ısıtılan termistör enerji kaybı ile birim zamanda uygulanan enerjinin dengeye geldiği bir sıcaklığa erişir. Çevrede güç harcaması arttıkça daha çok soğur ve direnci dü-





Şekil 3.7



Şekil 3.8

şer. Yeni bir denge durumuna kadar akım artar. Duyucunun bu özelliği yalıtkan sıvılarda uygulanabilir, iletken sıvılarda bu etki yetersizdir ve elektrolizin istenmeyen noktaları göz önüne alınmalıdır. Havadan sıvıya dalan PTC termistör, böylece düzeyi belirten bir işaret verebilir.

#### 4. METAL DİRENÇ TERMOMETRELERİN UYGULAMASI

Bir metalin direncinin sıcaklıkla değişimi, direnç ölçümüyle sıcaklığın tesbitini sağlar. Metal termometrenin direnci, belirli bir gerilim altında geçirdiği akımdan en basit bir şekilde bulunabilir. Ancak uygulamada metal direncinin cinsine, yapısına ve uygulama yerine göre bazı noktalara dikkat etmek gerekir:

1. Direncin, gerilim ve baskılardan uzak olması,
2. Kimyasal değişikliğe uğramaması, örneğin: nikel dirençli termometrelerdeki oksitlenme gibi,
3. Dirençten geçirilecek yararlı akım minimum düzeyde tutularak kendi kendine ısınmanın önlenmesi,

4. Ölçme sistemi duyucuya uzak bir yerde ise, bağlantı kablolarındaki sıcaklıkla direnç değişiminin kompanse edilmesi.

Yukarıda belirtilen noktaların dışındaki hassasiyet, fiziksel ölçme sistemine bağlıdır. Örneğin  $0^{\circ} - 150^{\circ}\text{C}$  sınırı içinde, kararlılık, kalibrasyon ve değiştirme hataları dahil olmak üzere,  $0,05^{\circ}\text{C}$  toleranslı Pt direncin yapılması mümkündür. Fakat çoğu endüstriyel uygulamalarda sıcaklık aralığının % 0,1 - 5'i kadar hassasiyet yeterlidir. Sıcaklık aralığı içinde % 1 den hassas ölçmelerde tüm sistemin seçimine, tasarımına, duyucunun değiştirilebilmesine ve kararlılığa öncelik tanımak gerekir. Sistemden en iyi şekilde yararlanmak için duyucunun kalibrasyonu ve ölçme devresinin duyucuya göre ayarlanması gerekir. Böylelikle belirtilen hassasiyet % 0,1'e yükseltilebilir.



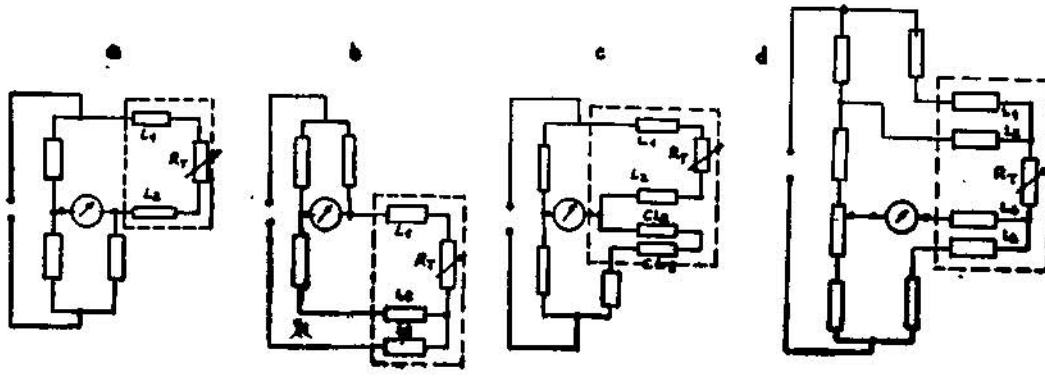
Şekil 4.1. Pt direnç için Standard bağlantı uçları.

Metal dirençlerle ölçme devresinde, kablo direnç değişiminin kompanzasyonu için, milletlerarası standartlara göre Şekil: 4.1 de belirtilen bağlantılar kullanılır.

Genellikle ölçme devresinde  $0^{\circ}\text{C}$  de 0 mV gerilim elde etmek için köprü devreleri kullanmak gerekir. Bu köprülerle (Şekil: 4.2, a, b, c) kablo direncindeki değişim etkisi tamamen kompanse edilemez. Ancak «dört tel bağlantılı-çift Kelvin» köprüsüyle en iyi kompanzasyon elde edilir. Böylece sıcaklıkla doğrusal bir çıkış elde edilmesi mümkündür. Köprü çıkış geriliminin değeri aynı zamanda sıcaklığı verecektir (Şekil: 4.2d).

Tablo: 4.1 de adı geçen köprülerin bağlantı kabloları yönünden karşılaştırılması görülmektedir.

Tablo: 4.1 [4]		
Kablo direncinin değişimiyle sıcaklıkta beklenen hata		
Köprü	Tüm kabloda 2 om'luk değişim	Bir tabloda 2 om'luk değişim
Üç telli köprü	0,60°C	5,3°C
Kompanzasyonlu köprü	1,1°C	5,3°C
Dört tel bağlantılı çift Kelvin köprü	0,03°C	0,05°C



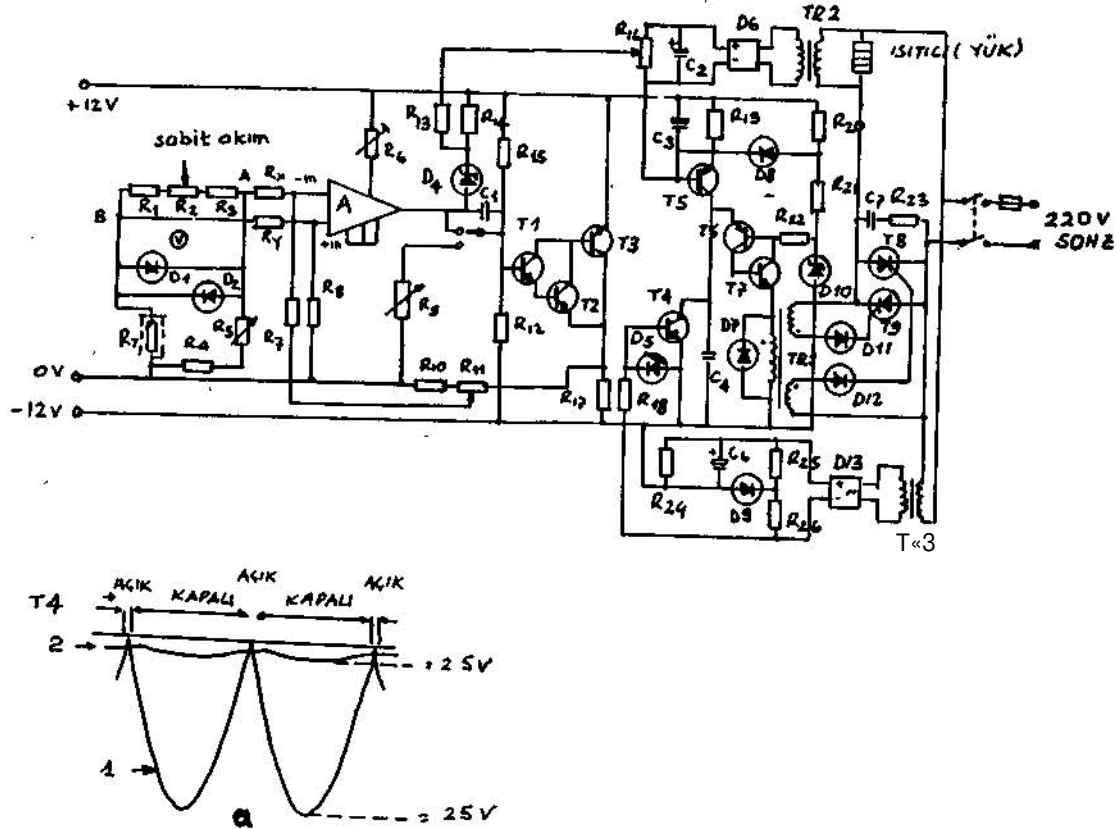
Şekil 4.2. Ölçme köprüleri

Tümleştirilmiş devrelerle yapılabilecek değişik bir ölçmede işlem yükseltecinin girişine sabit bir gerilim uygulanır ve termometre direnci geribesleme halkasına yerleştirilir. Dolayısıyla çıkış doğrudan termometre direncinin fonksiyonu olacaktır. Geribesleme halkasına doğrulaslaştırma devresi kullanıldığı takdirde, çıkışın sıcaklıkla tam doğrusal bir değişimi sağlanabilir.

#### 4.1. Pt direnç oransal ve integralli kontrol

Pt direnç bir köprüde sıcaklık duyucu olarak kullanılabilir ve köprünün çıkışı oransal ve integral işlemi yapan yükseltece verilir. Şekil 4.3. de bu tip bir dizge görülmektedir.

$R_1, R_2, R_3, R_4, R_5$  den meydana gelen ve kararlı bir akım kaynağında beslenen köprü kontrol devresine işaret verir. Platin dirençli termometre  $R_T$  direnci üç-tel bağlantılı olup, kablo direncinin sıcaklıkta değişiminin etkisi



Şekil 4.3. Oransal+integral sıcaklık kontrolü.

böylece azaltılmıştır. Köprü çıkışı yaklaşık  $2\text{mV}/^\circ\text{C}$  dir. ölçme işareti yükseltecin (A) giriş (in) ucuna, ayar noktası işareti ise öbür ucuna uygulanır.

Oransal ve integral kontrolü sağlamak için yükseltecin çıkışı zaman sabitesi ayarlanabilir bir faz kaydına devreden (C, ve R,) geçirilerek  $T_1$ ,  $T_2$  ve  $T_3$  transistörlerine verilirken,  $T_3$  kollektör işaretinin bir kısmı da yükseltecin (A) -giriş (-in) ucuna geri beslenmektedir.  $TR_{1f}$ ,  $TR_2$  ve  $TR_3$  yükselteci faz kaydına devreyi yüklememek için gereklidir. TR, transistörünün taban ucunda giriş empedansı yüksek olduğundan yükseltecin giriş empedansı hemen hemen  $R_u$  ve  $R_{12}$  dirençleriyle belirlenir. A ve B noktalarındaki köprü empedansının R, ve  $R_y$  ye göre küçük olması sağlanırsa, yükseltecin işleme şöyle gösterilebilir: [2]

$$G = \frac{\text{Yükselteç çıkışı}}{\text{Hata işareti}} = \frac{3}{aR, \setminus} \left( 1 + \frac{L_{-}}{jv/Tj} \right)$$

$a = R_{10}$  ve  $R_u$  devresinin zayıflatması,  $R_u$  ile ayarlanır.

$T_1 = C$ , ve R,'un çarpımı, tepki (reset) zamanı.

Bu ifade  $R, = R$ , ve  $R, = Rg$  olduğunda geçerlidir.

$R_u$  potansiyometresi oransal kazancı ayarlar;  $R, ile 2-280 sn. arasında bir seçim sağlamak mümkündür. T_3 transistörü D_4, R_{13} ve geri besleme potansiyometresi R_6 ile işaretini yükseltecin çıkışından alır (C_3 süzgeci gürültüleri yok eder). Yükseltecin çıkışı, girişine bağlı olduğundan taban sürülme devresi, dolayısıyla C_4 zamanlayıcı kondansatörünün dolma hızı kontrol edilen sıcaklığın ayar noktasından ayrılmasına bağlıdır. Kondansatörün dolma hızı tiristor ateşleme açışım tayin eder. Şöyle ki rejeneratif transistor çifti T_6 ve T_7, C_4 ün gerilimi D_{10} zener gerilimini yeteri kadar aşınca doymaya girer. Böylece T, transformatörüyle, bu darbe T, ve T, tiristorlarının kapılanna uygulanır, birini ateşler. Ateşleme devresinin senkronizasyonu her yan periyot sonunda C_4 ün boşalmasıyla sağlanır. Şekil: 4.3a da bu senkronizasyon işlemi görülmektedir. 1 ve 2 nolu eğrilerin arasındaki fark, yayıcı koruyucu diyot D5 olmadığında, T_4 nın taban-yayıcı gerilimini verir. Görüldüğü gibi, hemen hemen yan periyodun sonunda transistör iletmekte, böylece zamanlayıcı kondansatör boşaltılmış olur.$

Sonuç olarak kondansatör yemden dolmaya ve tiristor yeniden iletmeye hazırdır. (Her periyotta tiristorların biri iletir).

Kontrol devresinde, tiristorlar doğrusal olmayan öğeler gibi çalışır, çünkü iletim açısı yaklaşık olarak  $T_3$  giriş işaretiyle doğrusal olarak değişir. Doğrusallaştırmak için, ısıtıcı gerilimi D6 ile doğrultulur ve sonuç doğru akım ( $R_{41}$  üzerindeki)  $T_5$  in taban devresine negatif geribesleme olarak verilir. Kontrol edilen sıcaklıkla ısıtıcı gücündeki değişimler, ısıtıcı direnci ısıtıcı sıcaklığıyla doğrusal olarak arttığında yaklaşık olarak doğrusaldır. Sıcaklık kontrolü şöyledir: Sıcaklık artarken,  $R_T$  termometresinin direnci artar. Yükseltecin + giriş (+in) girişi artar ve yükseltecin çıkışı pozitif yönde değişir, böylece  $T_5$  daha az taban işareti alır. Zamanlayıcı kondansatör,  $C_4$ , daha ağır dolar ve tiristorlar daha geç ateşlenir. Isıtıcıya daha az güç gittiğinden sıcaklık artışı karşılanmış olur. İyi bir işlem kontrolü için şu ayar tavsiye edilmektedir [2,8]. Kazanç (100/oransal band) kontrolün kararsız olduğu değerin yansına ayarlanır, integral hareketi; tepki (reset) zamanı,  $T_i$  salınım periyodunun 1/1,2 sine ayarlamakla tamamlanır.

#### KAYNAKLAR

1. Philips, Components and Materials, Part 2, Hollanda, S. G5-G66, G67-G94, Ekim 1966.
2. Philips, Al 336, Hollanda, S. 15-36, Eyl. 1970.
3. Philips, «PTC Resistors», Electronic Applications, Hollanda, S. 123-130, 1965.
4. Fallon, W., «Resistance Thermometry», Instrument Practice, Londra, S. 400-403, 1971.
5. Motorola, «Circuit Application of Triacs», ABD, S. 10-15, 1971.
6. RCA, «Application of the RCA-3058 and RCA-3059 Zero Voltage Svitches in thyristor circuits», ABD, S. 1-11, 1971.
7. Siemens, Electronic Components, Almanya, S. 6044, 83-85, 1972.
8. Fozboro, Process Instrumentation, s. 10, 1973.