

Tranzistorlu Güç Kaynakları için Akım Sınırlayıcı Elektronik Tertiplerⁿ

Yazanlar (**)
R. GASSER, R. HUG

Çeviren :
Ergür TÜTÜNÇÜOĞLU
Elek. Y. Müh.
I. T. Ü.

ÖZET :

Tranzistorlu doğru gerilim kaynaklarında, kendi devrelerini ve kendisine bağlanan devreleri ağırlı yüklemeye ve kısa devrelerle tahribolmaya karşı korumak üzere bazı elektronik tertiplerin kullanılması gereklidir. Aşırı yüklemeye halinde güç kaynağının devresini açan sistemler basit elektronik devrelerle gerçekleştirilebilirler, fakat bu devrelerin pratikte çeşitli mahzurları vardır. Bir akım limitleyici sistem kullandığı takdirde ise kontrol tranzistorunda büyük bir ilave güç kaybı meydana gelir. Bu yüzden, kontrol tranzistorundaki güç kaybını sabit tutan devreler geliştirilmişlerdir. Bu sistemlerle kombine devreler de teşkil edilmiştir. Philips cihazlarında kullanılan iki koruyucu sistem örnek olarak alınıp incelenmiştir.

GİRİŞ :

Bugün, stabilize doğru gerilim kaynaklarında tüpler, hemen hemen tranzistor ve diyotlara yerlerini terk etmiş bulunuyorlar. Bu durum, adı geçen cihazların gerek boyutlarında ve gerekse fiyatlarında bir azalma meydana getirmiştir. Bu yüzden stabilize güç kaynaklarının tatbik sahası devamlı olarak genişlemektedir, evvelce bataryaların veya stabilize olmayan redresörlerin kullanıldıkları yerleri şimdi bu kaynaklar almıştır.

İyi bir stabilize güç kaynağı çıkışında, yük akımı veya şebeke gerilim değişimlerinden hemen hiç etkilenmeyen bir doğru gerilim temin eder. Yük akımı' değişmelerine karşı stabilizasyon. cihazın gayet küçük bir iç dirence sahip olmasını gerektirir.

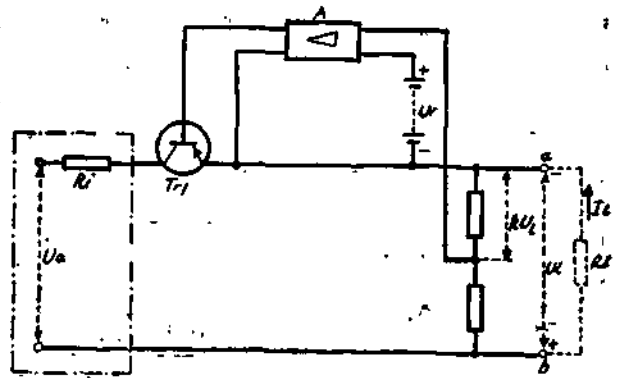
Aranan bir diğer özellik ise çıkış geriliminin sıcaklıktan bağımsız olmasıdır. Yarı iletgen elemanlarla imâl edilen tranzistor ve diyot parametrelerinin sıcaklığı bağlı olması cihazların imâlinde bu ilave noktanın hassasiyetle gözönüne alınmasını zorunlu kılar.

Bir stabilize güç kaynağı devresi :

Prinsip itibariyle bir reaksiyon devresi olup Şekil : 1 de basitleştirilmiş olarak gösterilmiştir. Elektromotor kuvveti U_0 ve iç direnci R_0 olan regüle edilmiş bir kaynak-ki ekseriya iki yollu bir redresördür- kontrol tranzistoru T_{r1}

üzerinden çıkış terminaleri olan a ve b ye tatbik edilmiştir. Bu tranzistor, sabit referans gerilimi U_1 ile U_1 çıkış geriliminin kesri olan KU_1 arasındaki farkı amplifiye eden A amplifikatörü tarafından sürülmektedir.

Kontrol tranzistoru, R_f yük direncine seri olarak gelen bir direnç gibi rol oynar ve değeri A fark amplifikatörü tarafından kontrol edilir. Amplifikasyonun işareti o şekildedir ki U_1 deki bir e.r.tma T_{r1} in eşdeğer direncinin artmasına sebep olur. Bu yolla A nın amplifikasyonunu kâfi derecede büyük seçerek çıkış gerilimi oldukça iyi şekilde stabilize edilebilir. Böylece I_1 in değişimlerine karşı olduğu gibi, kontrol edilmemiş



Şekil . 1 — Bir stabilize güç kaynağının basitleştirilmiş diyagramı

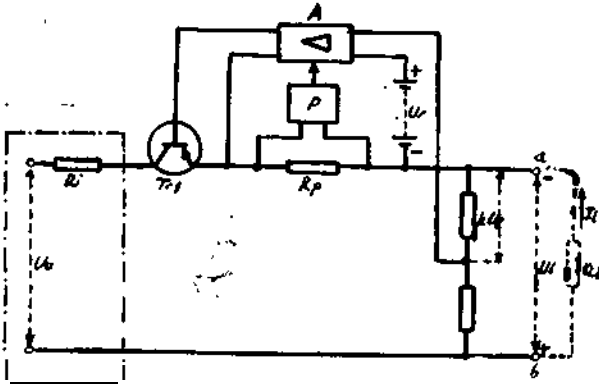
olan U_0 nun değişimlerine karşı da stabilizasyon sağlanmış olmaktadır. I_1 in değişimine karşı stabilizasyon genellikle regülasyon olarak adlandırılır.

- (•) Philips Technical Review, cilt : 28,1967, No : 8'den çevrilmiştir
(••) B.Gasser ve B. Hug, Philips A G. Zürich ile çalışmaktadırlar.

tyi stabilize edilmiş bir güç kaynağının iç direnci çok küçük olduğu için küçük bir yük direncinin bağlanması, büyük bir yük akımının çekilmesine ve güç kaynağı üe ona bağlı devrenin tahribolmasına sebep olabilecektir. Koruma gayesi ile sigorta kullanılabilir; fakat çok kere, aşırı bir yüklenme ve hatta kısa devre o kadar âni olarak meydana gelir ki sigorta bile, yavaş kalarak cihazın tahribolmasını önleyemez. Bu sebepten, akımın belli bir limiti aşmasını önleyen elektronik devreler cihaz içine ilâve edilmiştir. Bu devreler o kadar sür'atlı çalışırlar ki hiçbir eleman zarar görmez.

Farklı konuna metotları :

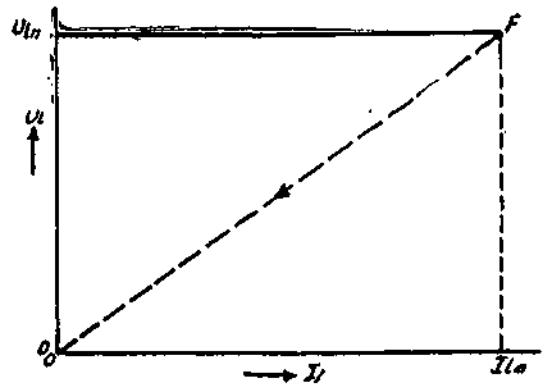
Akım sınırlayıcı devreyi kontrol edebilmek için yük akımının aldığı değeri gösteren bir büyüklüğe ihtiyaç vardır. Bu, yüke seri olarak bir küçük R_p direnci bağlanarak temin edilebilir. (Şekil : 2) R_p üzerindeki gerilim düşümü P koruma devresini kontrol eder. P, bu gerilim belirli bir değeri aşar aşmaz A amplifikatörü katlarından birine işaret gönderir. Böylece, İstenen korunma temin edilecek şekilde kontrol tranzistoruna tesir edilmiş olur. Böylece koruma devrelerinin çalışma şekilleri birbirinden çok farkeder. Biz burada, ençok kullanılanları ele alıp İnceleyeceğiz.



Şekil : 2 — P koruma devresi ile teçhiz edilmiş stabilize kaynak.

Devre açıcı koruma:

Bu sistemde, yük akımı I_L limit değeri I_{lm} 'i aşarsa kontrol tranzistorunun kesime gitmesine sebeb olur. Çıkış gerilimi XI , nominal değeri U_{in} 'den sıfıra düşer, akımda aynı şekilde değişir. Bu durum, adı geçen sistemle korunmuş olan ideal olarak stabilize edilmiş güç kaynağının Şekil : 3 deki gerilim - akım karakteristiğinde gösterilmiştir. Çoğunlukla, cihazı tekrar çalıştırmak için hususi bir düğmeye basmak veya şebeke anahtarını önce kapayıp sonra tekrar açmak İcabeder. Eğer aşırı yüklenme halâ mevcutsa devre açma hadisesi tekrerrür eder.



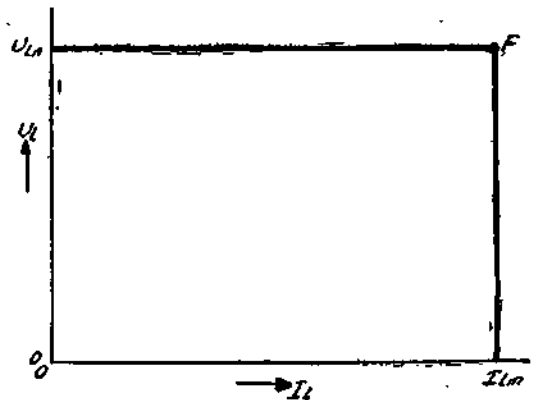
Şekil : 3 — Devre açıcı koruma tertibiyle müçhez stabilize güç kaynağının gerilim - akım karakteristiği.

Bu yolla, basit bir devre ile gayet efektif bir koruma temin edilebilir. Fakat bazı mahzurları vardır. Gayet kısa süreli kuvvetli bir akım darbesi, meselâ kapasitif bir yük bağlandığı zaman meydana gelerek istenmediği halde güç kaynağı devresini açar. Bu dezavantaj, devre açma İşleminde muayyen bir zaman gecikmesi kullanarak kısmen giderilebilir.

Bir diğer dezavantaj-ki zaman gecikmesi ile önlenemez - güç kaynağının, aşın yüklenmenin sebebini bulmak için kullanılamamasıdır. Cihaz, her defasında, çok küçük olan yük direncine gerilim temin etmeyi reddeder.

Akım limitleme:

Yukarıdaki müşküller, müsaade edilen maksimum akım I_{lm} 'in aşılması halinde devreyi açmayan bir koruma metodunda ortaya çıkmıyacaklardır. Yük direncinin, müsaade edilen en küçük değeri olan U_{in}/I_{lm} 'in altına düşmesi, yük akımı I_{lm} değerinde sabit kalacak şekilde gerilimin düşmesine sebep olacaktır. (Şekil : 4)



Şekil : 4 — Akım limitleyici devre ile koruma halinde gerilim - akım karakteristiği.

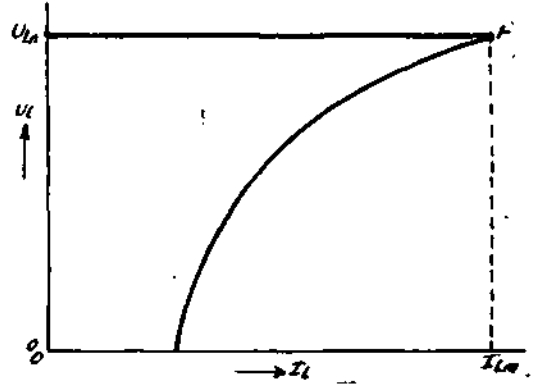
Bu sistemle de bir diğer zorluk ortaya çıkar. Çıkış geriliminin düşmesi, kontrol transistörü üzerindeki gerilim düşümünün artmasına sebep olur. Bu transistorda harcanan güç, kaynak tam yüklü ikenki durumdan (F noktası) çok daha fazla olur. Eğer kısa devre varsa ($\sim U_i = 0$) hemen hemen bütün nominal güç kontrol transistöründe harcanır. Bu husus, cihazın gerçekleştirilmesinde gözönüne alınmalıdır; şöyle ki, iki veya daha fazla transistörü paralel bağlamak ve büyük soğutma levhaları kullanmak gerekebilir. Cihazların boyutları da böylece bir hayli artacaktır.

Kontrol transistöründe harcanan gücün sınırlanması :

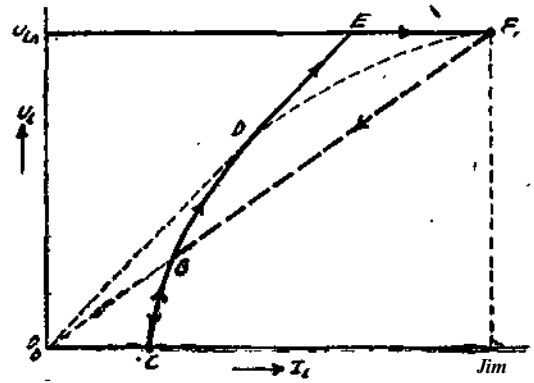
Eğer kontrol transistöründe harcanan güç sabit kalmak üzere çıkış gerilimi düştüğü takdirde yük akımı da azalacak şekilde bir koruma sistemi kullanılırsa, bu transistördaki aşırı güç sarfı önlenir. Akım ile gerilim arasında bu şartı gerçekleyen bağıntı Şekil : 5'teki eğriye tekabül eder. Bu durumda, kontrol transistöründe hiçbir ilave güç kaybını hesaba katmak icab etmez. Güç kaynağı aşırı yüklense ve hâttâ kısadevre edilse de bu transistördaki güç kaybı (F noktasındaki) tam yüklü değerine eşit kalır. Soğutma için ekstra tedbirlere lüzum olmaması boyutlarda küçülmeyi mümkün kılsa da, daha karışık devreler maliyeti arttıracaktır. Bir diğer mahzur, güç kaynağının aşırı yüklenmesinin başlangıç ve ortadan kalkışında gerilim ve akımda sıçramaların meydana gelmesidir. Bu, Şekil : 6'da gösterilmiştir. Yük akımı maksimum değerim haizken (F noktası) yük direncindeki küçük bir düşme akım ve gerilimin B noktasına tekabül eden değere sıçramasına sebep olur. Yük direnci düşmeye devam ederse, C kısadevre noktasına kadar akım ve gerilim sürekli bir düşüş takibederler. Yük direncindeki bir artma ise D noktasına erişilinceye kadar akım ve gerilimi sürekli olarak değiştirir ve E'ye bir sıçrama olur.

Bu düzensizlikler istenmeyen durumlara sebep olabilirler. Akım ve gerilim sıçramalar yapmayacak şekilde devreyi gerçekleştirmek mümkündür. Gerilim - akım karakteristiği ağırlık olarak Şekil : 7'de gösterilen şekle sahip olacaktır. Burada F'i orijine birleştiren doğru FC eğrisini kesmemektedir. Ancak, böyle bir karakteristik cihazın oldukça alçak bir verimle çalışmasıyla gerçekleştirilebilir. Bu karakteristik kullanıldığı takdirde verimin (yük direncine verilen gücün, kontrol edilmeyen kaynaktan alınan güce oranı) % 50'den az olduğu gösterilebilir.

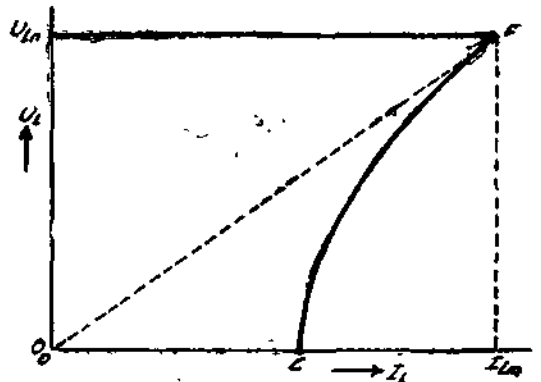
Eğer kontrol transistörü T_{r1} 'deki sabit güç kaybını P_r ile gösterirsek Şekil : 7'deki FC eğrisinin dekleminin aşağıdaki gibi yazmak mümkün olur : (Şekil : 2'ye de bakınız.)



Şekil 5 — Kontrol transistöründeki güç kaybını sabit tutan devre ile koruma.



Şekil 6 — Sabit güç kaybı sisteminde çalışma noktası F'den B'ye ve D'den E'ye sıçrama. C ise kısadevre noktasıdır.



Şekil : 7 — Buradaki FC karakteristiğinin kullanılması ile sıçrama vukubulmaz; fakat cihazın verimi düşer.

$$U_i = U_u - \frac{P_{tr}}{I_i} - I_i (R_i + R_p)$$

FC eğrisinin F noktasındaki eğimi :

$$WU_i/dI_i)_F = (P_{tr})_F / I_{2m} - (R_i + R_p)$$

Burada $(P_{tr})_F$ tam yüklü durumda tranzistorda harcanan güçtür. F'deki eğimi U_{in}/I_{im} 'e eşit veya daha büyük yaparak güç kaybı :

$$(P_{tr})_F \geq U_{in} \cdot I_{im} + I_{im}^2 (R_i + R_p) \text{ olur}$$

Güç kaynağının tam yükteki verimi ise :

$$\eta = \frac{U_{in} \cdot I_{im}}{U_{in} \cdot I_{im} + (P_{tr})_F + I_{im}^2 (R_i + R_p)} = \frac{1}{2(1 + (R_i + R_p)/R_n)}$$

olarak hesaplanır.

Burada $R_n = U_{in}/I_{im}$ dir.

Aşıkâr olarak η daima 1/2'den küçüktür. Verim, güç kaynağı tam yüklü değilken de böyle düşük ve $\eta = U_{in}/U_i$ ya eşittir.

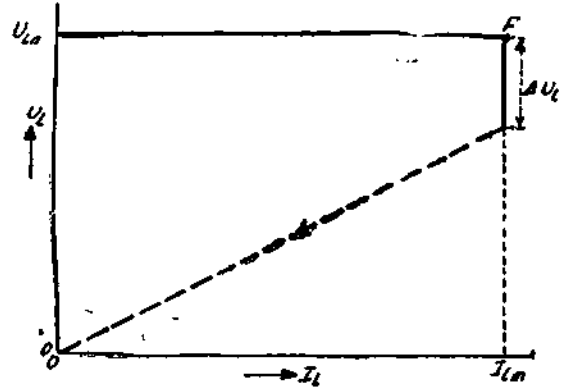
Kombine edilmiş metodlar :

Yukarıda bahsedilen metodların hepsinin kendisine göre avantaj ve dezavantajlarının bulunması, bizi muhtelif sistemlerin beraberce kullanılacağı devrelerin teşkiline sevkeder. Çok kullanılan ve bir devre açıcı bir de akım limitleyici sistem ihtiva eden karışık devrenin karakteristiği Şekil : 8'de gösterilmiştir. Yük direncinin sürekli düşmesi halinde alam, ilkönce müsaade edilen maksimum I_{im} değerinde tutulur. Yukarıda izah edildiği gibi bu sırada kontrol tranzistorunda harcanan güç artmaktadır. Fakat bu durumda, çıkış gerilimi U_i gibi belirli bir miktar düşer düşmez güç kaynağının devresi açılacak ve tranzistorda harcanan güç, belirli bir değer ötesine geçemeyecektir.

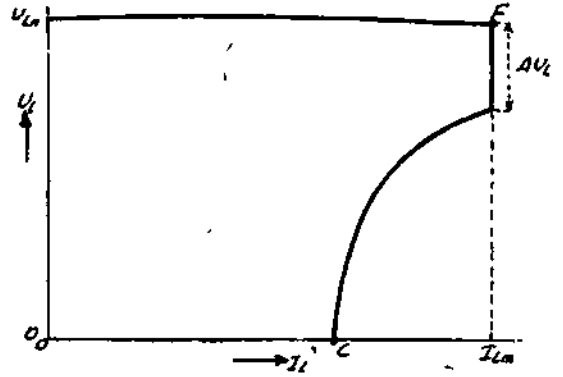
Bir diğer karışık koruma metodu ise akım limitleme ve sabit kaybı sistemlerinin beraberce kullanılmasıdır. Buna tekabül eden karakteristik Şekil : 9'da gösterilmiştir. Şekil : 8 ve 9'daki metodlarda kontrol tranzistoru tam yük halindeki güç kayıplarını aşmakla beraber, soğutma imkânları ile bu artış, yalnız başına kullanılan akım limitleyici sistemdeki kadar şiddetli şartlarla karışımıza çıkmaz.

Bir başka sistemin karakteristiği de Şekil : 10'da verilmiştir. Burada tam yük noktası F geçildikten sonra, akım ve gerilim, sabit akım ve sabit güç sistemlerinin karakteristikleri arasında kalan bir doğruyu taklbederek düşer. Kont-

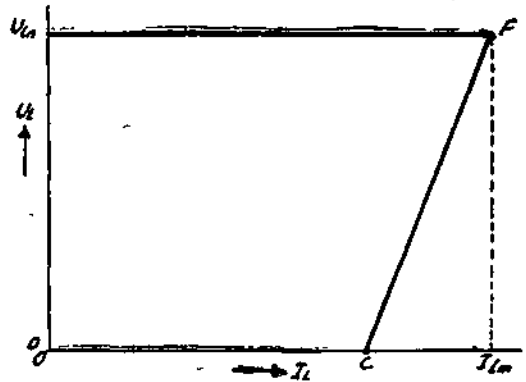
rol tranzistorundaki güç kaybı, güç kaynağı aşırı yüklendiği zaman gene artmakla beraber bu artış, akım limitleyici devredekinden daha küçüktür.



Şekil . 8 — Karışık bir sistemin karakteristiği (Sabit akım sistemi + devre açıcı)



Şekil : 9 — Sabit akım ve sabit güç devrelerini ihtiva eden sistemin karakteristiği.



Şekil . 10 — Sabit akım ve sabit güç sistemleri eğrileri arasında bulunan bir karakteristikle bir devrenin korunması.

Şekil: 4'deki sabit akım devresinin, güç kaynağına ve ona bağlı devreyi korumaktan başka önemli özelliği daha vardır. Gerilimleri stabilize edilmiş güç kaynaklarını paralel bağlayarak büyük bir çıkış akımı elde etmek, çok küçük iç dirençleri yüzünden İmkânsızdır. Aşikâr olarak çıkış gerilimindeki- küçük bir fark yük akımının kaynaklar arasında eğit olarak taksimini önliyecektir. Hattâ bir veya daha fazla kaynaktan ters yönde akım da geçebilir. Bununla beraber, bu kaynaklar akım kaynağı gibi hareket etmeye başladıklarında paralel bağlanmalarında bir mazhur görülmez. Toplam akım kaynaklar arasında uygun şekilde -paylaşılır.

Koruma devreleri örnekleri:

Yukarıda İşaret edilen noktalar şimdi, Philips güç kyañaklarında kullanılan, iki koruma devresinin kısaca incelenmesiyle daha da açıklık kazanacaktır.

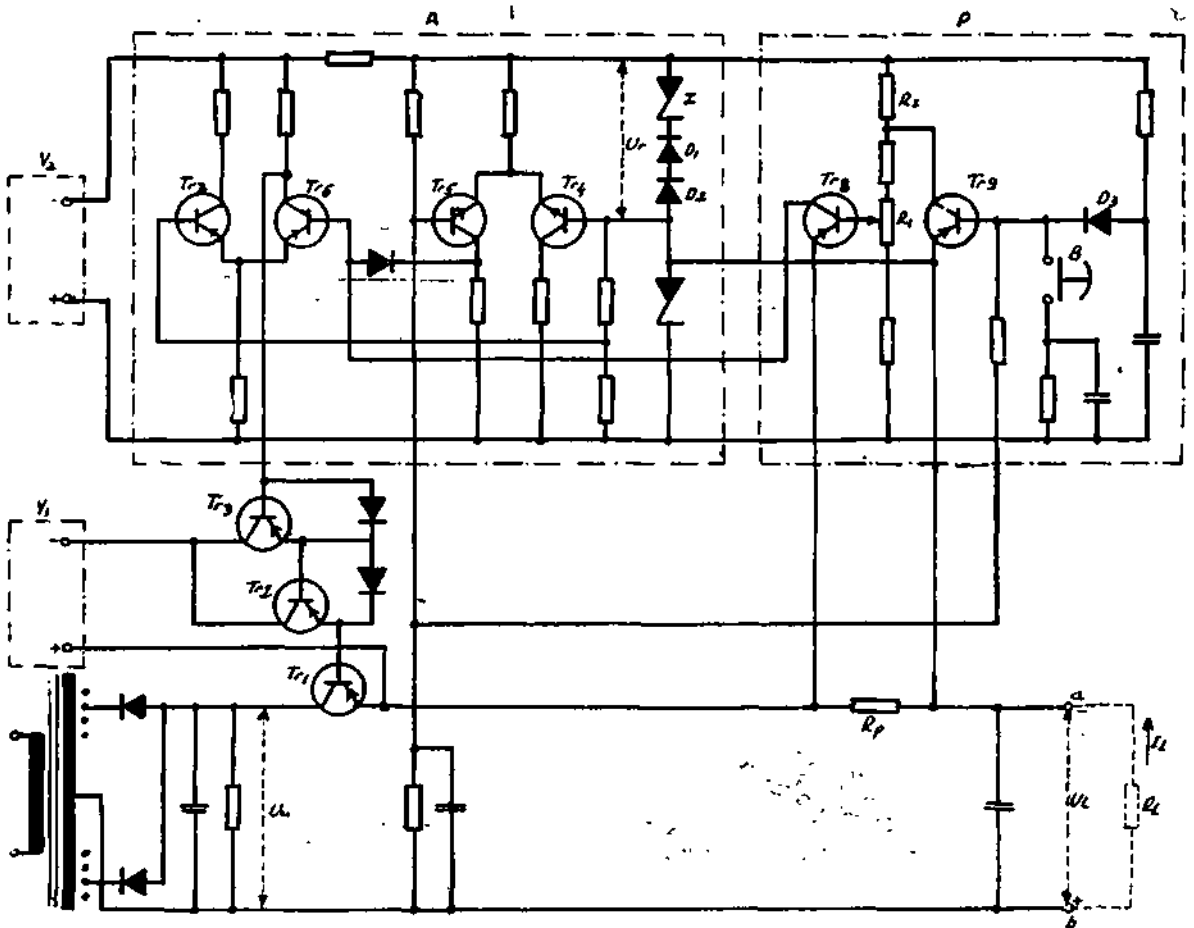
Kombine edilmiş akım limitleyici ve devre açıcı :

Şekil : 11'de Philips PE 4870 güç kaynağı- nın basitleştirilmiş şeması verilmiştir. Çıkış ge-

rilimi 0,5 ilâ 60 V arasında ayarlanabilmektedir, Kontrol tranzistoru gene T_{r1} ile İşaretlenmiştir. Tek tranzistor yerine üç tranzistordan ibaret ($T_{r1}...3$) bir kaskad devre kullanılmıştır. Böyle yapılmasına sebep bu tertibin, T_{r1} 'in eğiminden daha büyük bir eğime sahip olması, dolayısıyla yük akımı değişimlerine karşı çıkış gerilimini daha iyi regüle edebilmesidir. Bu devre (stabilize olmıyan) V! yardımcı kaynağından beslenmektedir.

Kontrol amplifikatörü A, iki katlı ($T_{r1}...2$) bir fark amplifikatörüdür. İkinci bir V_2 (stabilize) yardımcı kaynağından beslenmiştir. U referans gerilimi ise seri bağlı D, ve D_2 diyotları ile Z zener dlyodunun uçlarından alınmaktadır. D, ve D_2 , zener geriliminin sıcaklıkla değişimini kompanze etmek üzere kullanılmışlardır.

P koruma devresi, iki tranzistor (T_{r8} ve T_{r9}), bir diyot (D_3) ile birkaç direnç ve kondansatör ihtiva etmektedir. Normal olarak T_{r8} akımı iletmemektedir. Bununla beraber, çıkış akımı belli bir değeri aşar aşmaz R, üzerindeki gerilim düşümünün artması sebebiyle akım iletmeye baş-



Şekil : 11 — Philips PE 4870 güç kaynağının basitleştirilmiş diyagramı

lar. T_{18} 'in kollektörü ise kontrol amplifikatörü içindeki T_{14} 'ün bazına bağlanmıştır. Bu yolla T_{11} kontrol edilerek çıkış akımının artması önlenir. Akım stabilizasyonun bağladığı akım değeri nominal çıkış akımının % 10 ilâ % 110'u arasında olmak üzere R_1 potansiyometresi yardımıyla ayarlanabilir. Böylece, oldukça hassas yükler (tranzistorlu devreler gibi) korunmuş olur. Çıkış gerilimi belirli bir değerin altına düşer düşmez bu defa T^{\wedge} 'da iletgen duruma geçer. Böylece R_2 'de meydana gelecek ilave gerilim düşümü T_{18} 'in kollektör akımını düşürür. Bu ise yük akımının düşmesine sebep olur. Böylece bir zincirleme reaksiyon meydana gelerek sonunda çıkış devresi açılır. Bu açık devre B düğmesine basılarak — ki T^{\wedge} 'un bir an için kesime sürer— kapatılabilir. Aynı şey cihazın şebeke anahtarını önce açıp sonra çalışma konusuna alarak da temin edilebilir.

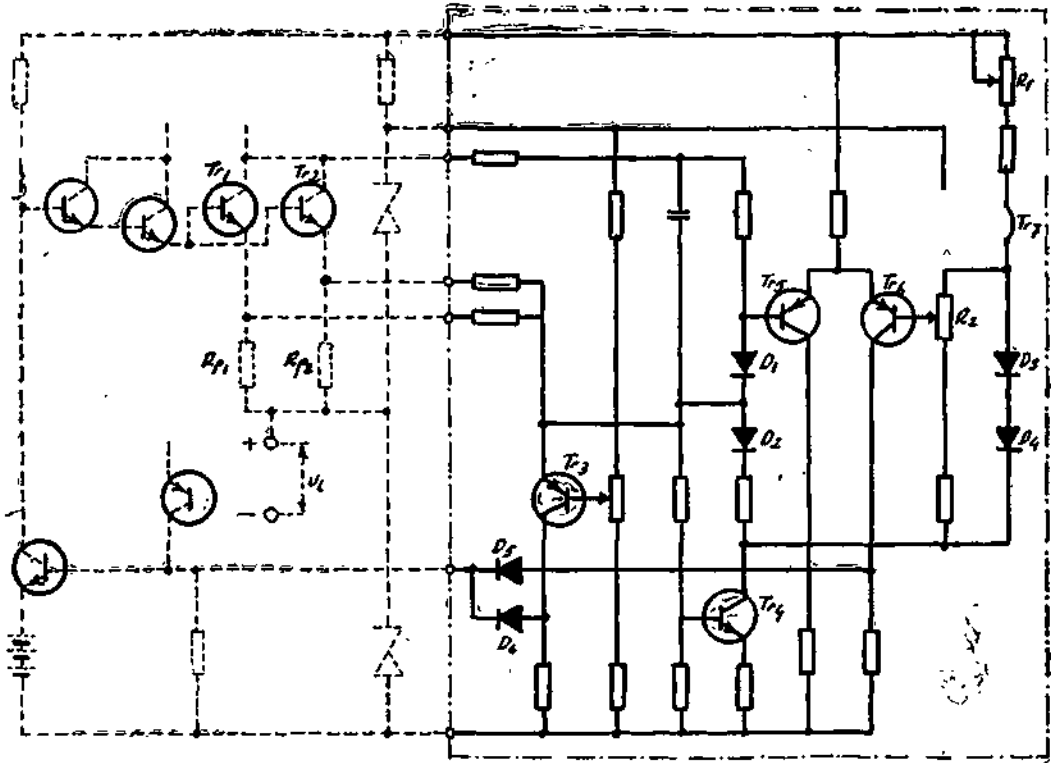
Kombine edilmiş akım limitleme ve sabit güç kaybı sistemi :

Şimdi incelenecek olan PE 4891 koruma ünitesi ise Philips PE 4868 güç kaynağı (0,5 - 30V,

3 A) ile ilâve ünite olarak kullanılabilir. Şekil : 12'de devresi, adı geçen güç kaynağının bir kısmı ile birlikte çizilmiştir.

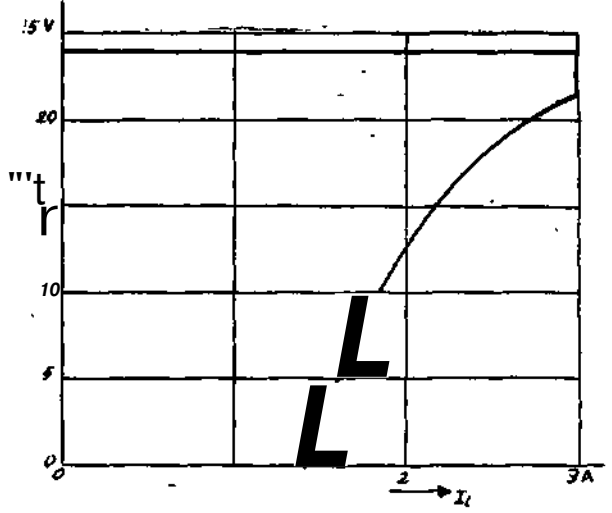
Emetörlerine R_{p1} ve R_{p2} dirençleri bağlı olan T_{11} ve T_{12} kontrol tranzistorları burada paralel olarak bağlanmıştır. Akım limitleme işi T_{11} tranzistoru tarafından, bundan evvel örnek olarak verilen üniteye benzer şekilde yapılır. T_{11} ve T_{12} 'de sabit güç kaybı için yapılan regülasyon ise D_1 ve D_2 diyotları yardımıyla sağlanmaktadır. D^{\wedge} 'den akan akım T_{11} ve T^{\wedge} 'nin kollektör-emetör gerilimiyle orantılı olduğu halde D_2 'den akan akım (esasında T_{14} 'ün kollektör akımıdır.) Çıkış akımı ile orantılıdır. Yan iletken diyotların karakteristikleri belirli bir bölge içinde logaritmik olduklarından seri bağlı diyotların uçlarındaki toplam gerilim, kontrol tranzistorlarından akan akım ve kollektör-emetör gerilimleri çarpımıyla, neticede güç kaybıyla orantılı olacaktır.

D_1 ve D_2 diyotlarının sıcaklığa karşı kompanzasyonu T_{15} ve T_{16} tranzistorlarının meydana getirdiği fark amplifikatörü ile D_3 , D_4 diyotları



Şekil : 12 — Philips PE 4891 koruma ünitesinin PE 4868 güç kaynağının bir kısmı ile beraber çizilmiş diyagramı.

yardımıyla sağlanmaktadır. Büyük sıcaklık değişimlerinin mümkün olduğu yerlerde ise bu elemanlar sabit sıcaklıklı kutular içine alınmalıdır. Güç kaynağı yüksüz durumda iken, D_2 'deki akım T_{r7} ve R_1 vasıtasıyla sıfıra ayar edilirken, T_{r6} 'da R_2 yardımıyla kesime getirilir. D_1 ve D_2 uçlarındaki toplam gerilim belirli bir değeri aştığı takdirde T_{r5} kesime gider, T_{r6} akım iletmeye başlar ve D_3 üzerinden kontrol amplifikatörü çıkış katına bir gerilim tatbik eder. Şimdi D_6 kesime getirilmiş olduğundan T_{r3} akım limitleyici tranzistorun çalışmasını önler ve yük akımı, kontrol tranzistorunda sabit güç kaybı verecek bir değere düşer. Şekil: 13'de bu yolla elde edilen gerilim - akım karakteristiği verilmiştir. Bu, Şekil: 9'da incelenen tipten bir koruma tertibi olup akım limitleme ve sabit güç sistemleri aynı bünye içinde, uygun bir şekilde birbirine bağlanmıştır.



Şekil 13 — PE 4891 koruyucu Ünitesi ile teçhiz edilmiş PMLips PE 4868 güç kaynağının gerilim - akım karakteristiği.

SOĞUTMA TEORİ VE PROBLEMLERİ

- Soğutmanın bütün branşlarının pratik ve teorik tatbikatı,
- Soğutucu cihazların prensipleri ve hesapları,
- Otomatik kontrol cihazları,
- Soğuk hava depolarının hesapları,

190 şekil, 52 problem, 47 tablo ve bir i-p diyagramı 320 sahife, iplik dikişli bu kitabın, Fıatı 35 TL, ödemeli gönderilir.

Ahmet Yılmaz ERSOYDAN
P. K. 153 — İZMİR

(E. M. — 51)