

Yüksek Gerilim Güç Kaynakları ve Gerçekleştirilmeleri

Yazan :

Toygun BAŞOL

Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi

ÖZET

Pratikte kullanılan cinsler ile nükleer fizikte kullanılan detektörlerin beslenmesini sağlayan yüksek gerilim güç kaynaklarının özellikleri ile fotomultiplikator tüplerinin beslenmesi için gerçekleştirilmiş olan bir yüksek gerilim güç katmağının tasarımı ve sorunları aşağıda tartışılmıştır.

SUMMARY

The features of high voltage power sources, used to supply some electronic instruments and nuclear radiation detectors is reviewed. Design and problems of a high voltage power source for photomultiplier tubes is discussed below.

ÖZET

Yüksek gerilim güç kaynaklarının pratikte çeşitli kullanıma alanları mevcuttur; bunların içinde katot ışınlu tüplerin hızlandırılmasını, röntgen ışın devreleri, radyo verici sistemlerini, TV, radar devrelerini ve nihayet nükleer olayların açıklığa kavuşmasını sağlayan detektörleri saymak olanaklıdır.

Gerçekleştirilmiş olan yüksek gerilim güç kaynağı devresi her ne kadar nükleer detektör sistemlerinde kullanılabilirse de, devrenin blok diyagramı değiştirilmeden yukarıda sıralanan kullanıma alanlarının herbirinde de ayrı ayrı uygulanabilir.

DETEKTÖRLER VE YÜKSEK GERİLİM KAYNAKLARI

α , β , γ ve diğer iyonize edici nükleer ışınların tanımlanmasında kullanılan detektör tüplerinden ilki iyonizasyon odalarıdır. Belirli bir basınç altında içi hava dolu bir silindirik kapasiteden ibaret olan bu odaların elektrotları arasına uygulanan doğru gerilimin, rekombinasyon olayına [1] meydan vermeyecek şekilde olması ve düzgünlüğünün çok iyi olması gerekir. Böylece elektrotlar arasında oluşan dural elektrik alanı, İyon odasının dışarıdan bir ışın ile ayrılması sonucu içerideki gazın iyonize olması ile oluşan pozitif ve negatif yüklerin elektrotlar tarafından çekilmesini sağlar. Elektrotlarda toplanan iyonları herhangi bir galvanometreden geçirerek veya elektrometre aracılığı ile radyasyon (ışınlama) şiddeti veya miktar hakkında kesin bir bilgi edinmemiz olanaklıdır. Gerçekten elektrotlara uygulanan yüksek gerilim üzerinde dalgalanma olmaması gerekir. Aksi takdirde meydana gelen

pozitif ve negatif yüklerin gerçek değerini okumak olanaksızlaşacaktır. Bu tip detektörlerden çekilen akım değeri piko amperlerden mikro amperlere değin değişir.

İkinci detektör tipi «orantılı sayıcılar» yahut «gaz doldurulmuş sayıcılar»dır [1]. Bu tip detektörlerin yüksek gerilim kaynakları açısından iyon odalarından farklı olan yanı, uygulanan gerilim değerinin daha yükselmiş olması ve kaynaktan çekilen akımın mertebesinde bir büyümenin meydana gelmesidir. Çekilen akım değeri azami olarak mikro amperler mertebesinde bulunmaktadır.

Radyasyon deteksyonunda kullanılan diğer bir sayıcı tipi kendi bünyesinde bir deşarj (boşalma) olayına sahne olan Gelger - Müller (G-M) tüpleridir, ilke olarak İyon odalarından farklı yanları yoktur. Yalnız aynı tip bir silindirik oda için GM tüplerinde kullanılan gerilim, orantılı sayıcılar ve iyon odalarınınkinden daha büyük değerdedir. Elde edilen İşaret düzeyleri voltlar mertebesinde olabilmektedir.

Sintilasyon sayıcılarından [2] sonra İşareti şiddetlendirmek için kullanılan foto multiplikator tüplerinin öngerilimlerinin sağlanması yüksek gerilim güç kaynaklarının diğer bir kullanıma alanını oluşturur. Foto multiplikatorlerde [3] kullanılan yüksek gerilim güç kaynakları yukarıda açıklanan detektör tiplerine nazaran ek özelliklere sahip olmalıdırlar. Şöyle ki, yüksek gerilim kaynağının gerilim değeri 5000 V'a değin yükseltilmelidir. Fotomultiplikator tüpünün kazancının dalma kararlı ve azami tutulabilmesi için yüksek gerilim, kaynağının çıkış geriliminin uygun değerde ve ayarlı olması gerekir. Fotomultiplikator tüpünün dinodlarına öngerilim sağ-

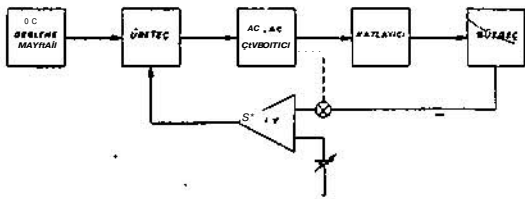
layan dirençlerin üzerinden geçen akımın foton çoğaltılması nedeni ile oluşan akımdan hiç olmazsa on misli daha büyük olmalıdır. Böylece her bir dinoda gelen öngerilimin zaman boyutu içinde değişmediği varsayımını kabul etmiş oluruz. Dinodların öngerilimlerini sağlayan gerilim bölücü dirençler üzerinden geçen akımın değeri bazı fotomultiplikator tüpleri için 10 mA. değerine kadar erişmektedir. Akımın bu büyük değeri yüksek gerilim güç kaynağının gücünün artması sonucunu doğal olarak doğurmaktadır. Dinodlara gelen öngerilimlerin sabit kalması yüksek gerilim kaynağının yüke karşı, şebekeye karşı ve sıcaklığa karşı gösterdiği düzgünlüğe de bağlıdır.

YÜKSEK GERİLİM GÜÇ KAYNAKLARININ GENEL GÖRÜNÜŞÜ

Aşağıda foto multiplikator tüpleri için tasarlanmış ve gerçekleştirilmiş olan 5 kV ve 5 mA şebeke ve yüke karşı 10 mV mertebesinde düzgünlüğü ve aynı mertebede dalgalılığı olan bir yüksek gerilim güç kaynağı incelenirken, herbir birimin (ünitenin) sahip olduğu özellikler ve alabileceği çeşitli biçimler tartışılacaktır.

Genel olarak bir yüksek gerilim güç kaynağının blok diagramı ŞekU l'de gösterildiği biçimdedir. Bu blok diagramının kapsamı dışında kalan tiplerin varlığı da söz konusudur.

Bu tiplerde genel olarak aynı bir osilatör (üreteç) devresi kullanılmamakta, bunun yerini şebeke frekansının kendisi almaktadır. Kullanılan A.C. - A.C. konverter (çevirici) frekansı 50 Hz olmasını gerçekleştirme esnasında göz önünde bulundurulmalıdır [4, 5, 6]. Böylece Şekil l'de gösterilen blok diagramdaki DC besleme kaynağı ve üreteç birimleri sistemin doğası icabı kendiliğinden ortadan kalkmaktadır.



Şekil 1. Yüksek gerilim güç kaynağının blok geması

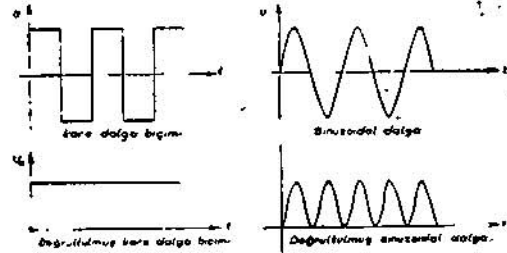
DO BESLEME KAYNAĞI BİRİMİ [7, 8, 9]

Bu birim, yüksek gerilim güç kaynağının ana elemanıdır. Bu birimde olabilecek aksaklıklar, kendisini derhal yüksek gerilimin çıkış noktasında gösterecektir. Onun için bu birim gayet iyi tasarlanmalıdır. öncelikle DC besleme kaynağının çıkışlarında bulunan 50 Hz'lik şebeke bile-

geninin genliğinin 1 mV un altında olması arzu edilir; DC besleme kaynağının daha büyük mertebelerde şebeke frekansının bileşenlerine sahip olması, üreticinin ürettiği yüksek frekans ile şebeke frekansının modüle olması ve genlik modülasyonlu bir işaretin ortaya çıkmasına sebebiyet vermektedir. Böyle genlik modülasyonlu bir işaretin yüksek gerilimi tarafında doğrultulduktan sonra süzülmesi bir hayli güçtür. öte yandan DC besleme kaynağının şebeke değişimlerine karşı duyarlılığının mV'ann alt mertebelerinde olması arzu edilir. Aksi takdirde şebekedeki tesadüfi genlik değişimlerinin kötü etkisi yüksek gerilimin genliğinde oynama biçiminde görülecektir. Yüksek gerilim tarafına DC besleme kaynağından yansıyan diğer kötü bir etki çıkış gerilimlerinin sıcaklık ile değişmeleridir. Ayrıca bu kötü etki ŞekU l'de gösterilen blok diagramdaki, bütün bloklar üzerinde de bir tepki doğurabilecek güçtedir. Besleme kaynağından gelebilecek son kötü etki, çekilen darbeleri akıma karşı, kaynağın kendisini çok kısa zamanda topariyamasından doğar.

ÜRETEÇ

DC bir işaretin «dolaysız» olarak araya bir işlem girmeksizin yükseltilmesi bir yerde olanaksızdır. Bunun için, bugüne değin yüksek gerilim güç kaynaklarında tutulan genel yol, elimizde bulunan genUği küçük düzeydeki DC gerilim ile bir kere dalga üreteç devresini beslemek olmuştur. Elde edilen dalga biçimlerinin yükseltmesi ve doğrultulması aşağıdaki kısımlarda zaten incelendiği için ayrıca burada söz edilmeyecektir, önemli olan nokta osilasyonların cinsidir. Bu bir einuzoidal osilasyon da olabilir; bir kare dalga osilasyonu da olabilir. Tercihimizin ikincisi yönünde olmasının kuramsal nedeni, doğrultulan kare dalga biçimindeki işaretin, dalga biçiminin tamamen düz olmasıdır. Halbuki sinuzoidal bir dalga biçimi çift yönlü bir doğrultma devresi üe doğrultulduğu zaman elde edilen dalga biçiminin, periyod boyunca genliği sıfır noktasından geçmektedir. ŞekU 2'de kare dalga biçimi ve doğrultulmuş kare dalga, biçimi işaretlerle einuzoidal dalga biçimi ve doğrultulmuş dalga biçimi arasındaki karşılaştırma ve karesel ortalama de-



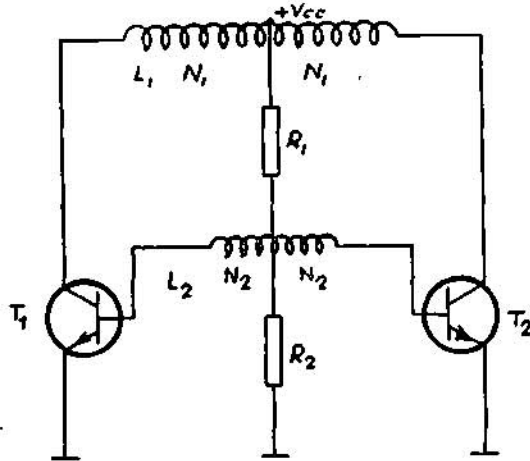
ŞekU 2

ger, tepe değeri ve ortalama değeri bakımından yapılan bu karşılaştırmayı veren tabloda aşağıda bulunmaktadır. Bu tablonun verdiği kurumsal bilgilerden de rahatlıkla görüleceği gibi kare dalga biçiminin seçilmesinin daha elverişli olduğu ortaya çıkmaktadır.

	Kare Dalga	Sinuzoidal Dalga
Karesel ortalama değeri	1.0	1.0
Tepe değeri	1.0	1.4
Ortalama değeri	1.0	0.9

Pratikte osilatör olarak çeşitli tipte devreler kullanılmaktadır. Bunlar arasında bir push-pull amplifikatörü süren iki konumu kararsız dalga üretici [10] (astabl multivibrator), tıkanan dalga üretici [1], SCR'nin tetiklenmesi ile elde edilen bir üreteç [11], ve push-pull osilatör [12, 13] başlıcalarıdır. Özellikle tıkanan osilatör tipi çok küçük güçlü devrelerde, iki konumu kararsız dalga üretici ve push-pull dalga üretici devreleri orta ve yüksek güçlerde kendi doğaları gereğince kullanılırlar.

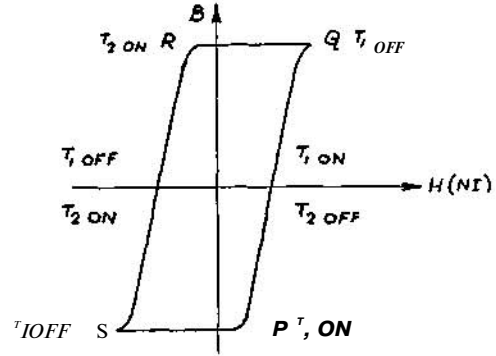
Gerçekleştirilen yüksek gerilim güç kaynağında kullanılan osilatör tipi push-pull olup, bunun devre şeması Şekil 3'de gösterildi. Devrenin kare dalga biçimi işaret üretebilmesi için, transformator-rezonans frekansının anahtarlama frekansından çok yüksek olması koşulu gerekir ve yeterlidir [14]. Bu koşulların sağlandığını kabul ederek devrenin kare dalga üretmesini şöyle açıklayabiliriz [15, 13] :



Şekil 3. Push-pull üreteç

Başlangıçta, besleme kaynağı Vcc nin devreye uygulanması anında, T₂ transistörünün kesimde ve T₁ transistörünün doymada olduğunu, bununla birlikte manyetik bağlantıyı sağlayan ferrit çekirdeğin [16] B - H eğrisinin de Şekil 4'de gösterildiği gibi P doyma noktasından Q ya doğru ayrıldığını kabul edelim. B-H eğri-

sinin P noktasına gelmezden önce T₁ iletken olur ve primer sargısı (N₁) uçları arasında bir gerilim endüklenir. Bu geri besleme sargısında da (N₂) bir gerilim endüklenmesinin nedeni olur; ve T₁ transistörünün bazını pozitif yöre sürer ve iletkenlik doymaya doğru devam eder. Böylece T₁ transistörünün akımı, onun doyma değerine erişinceye değin yükselir. Bu olduğunda gerilim artık düşmez ve yan kararlı denge koşulu süregelir.



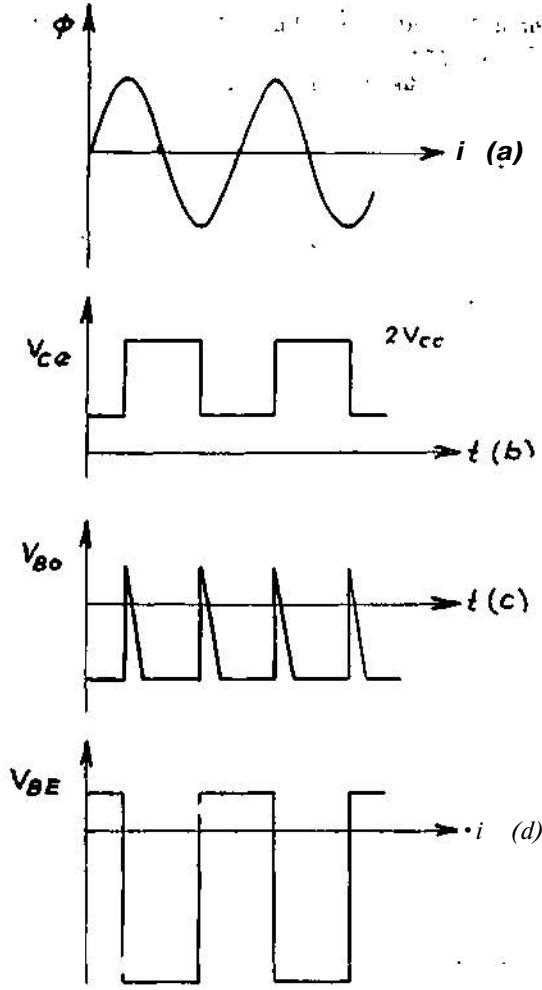
Şekil 4. Çekirdeğin B - H eğrisi

Bu süre esnasında transistörün kolektör emetör uçları arasında kalan gerilim gayet küçüktür. Kolektör akımının bu doyma değeri çekirdeğin azami H_j ve sargı sayısı ile sınırlanmıştır. Şekil 5'de sırası ile manyetik akımın değişimi (5 a), kolektör dalga biçiminin değişimi (5 b), baz sargılarının orta noktasının değişimi (5 c) ve baz noktasının değişimi (5 d) de gösterilmektedir. Şekil 4'deki eğride P noktasından Q noktasına doğru ilerlerken T₁ ve T₂ transistörlerinin kolektör ve baz gerilimleri (1) no'lu ilişkiye göre sabit kalacaktır. Diğer bir deyimle T₁ iletim durumunu T₂ de kesim durumu koruyacaktır.

$$v = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (D)$$

Q noktasında tekrar doymaya giren çekirdek kendisini besleyenden daha büyük bir değere hızlıca geçen bir uyarma akımını talep eder. Bunun bir sonucu olarak primer gerilim daha da azalır ve baz sargısındaki gerilimi düşürür. Bunun sonucu olarak kolektör akımı azalır. Böylece T₁ transistörü üretken olay sonucu yarım periyodun sonunda kesime girer. Q noktasından R noktasına değin manyetik akıda olan durum T₂ transistörünü iletime sürecektir, sargılar da gerilimlerin endüklenmesine meydan verir.

Bu münasebetle bir sonraki periyod başlayabilir. Bu periyottaki olaylar ilkinde göre aynıdır. Çekirdek, Şekil 4'deki B-H eğrisi üzerindeki S



Şekil 6

noktası ile temsil edilen negatif doyma bölgesine sürülene değin T_2 iletimde kalır. Çekirdeğin doymaya girmesinden sonra, S noktasından P noktasına değin magnetik akı düzgün kalır, ve böylece tam periyot tamamlanır.

OSİLASYONLARIN BAŞLATILMASI,

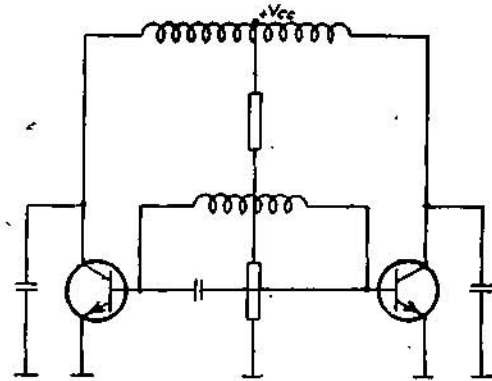
En çok bilinen başlatma devrelerinden biri Şekil 3'de gösterilen gerilim bölücü tipidir. R_j direnci üzerinden küçük bir öngerilim transistörlerin ortak baz noktalarına uygulanır. R_j direncinin değeri transistörlerin akım kazançları ile çekilecek olan yük akımının değerine bağlıdır. Osilasyonların başlayabilmesi için en kötü durum, azami yük akımı ile, aşgari akım kazanç koşulunda uygulanır. Ayrıca yüksek gerilim tarafında bulunan süzgeç kapasitelerinin dolması esnasında da büyük bir akım çekilecek ve bu yük akımı ile tıplanarak primer tarafa intikal edecektir. İşte; başlangıçta bu büyük yük akımının -varijü joslasyonların başlamağına engel olabilir. Şaşılatma, direncinin değeri, genellikle dene ve gör yöntemine göre saptanırsa da (2) no'lu ilişki den

η^{\wedge} 'lü, illgkide y_a 'ln. değeri transij(tor kataloğla^ rından."seçilir, V_K ise tarafımızdan bilinmektedir.

$$V_1 = V_{cc} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (2)$$

Anahtarlama zamanlarında oluşan ve işaretin üzerinde bir sönümlü osilasyon biçiminde görülen dalgalanmaların-en büyük nedeni push-pull osillatörün kuplaj -sargılarıdır. Yüksek gerilim tarafına bir etkisi olmamasına rağmen osilatör tarafından aşın derecede güç çekilmesine ve seçilecek transistörlerin sağlaması gereken koşulları ağırlaştırması nedeni ile bu sönümlü osilasyonların kısmen yok edilmesi gerekmektedir. Bunun için kullanılan en basit yöntem, osilatör sargılarına paralel olarak konulan kapasiteler yardımı ile, transistörlerin kesime gittikleri sürelerde, osilatör sargılarında biriken enerjinin yollarını bu kapasiteler üzerinden kapanmalarını sağlanmasıdır.

Şekil 6'da deneysel olarak osilatör sargu- arında oluşan dalgalanmaların iyi bir biçimde önleyen devrenin şeması görülmektedir. Literatürde [15] bu konu ile ilgili daha değişik düzenlerde verilmektedir.



Şekil 6

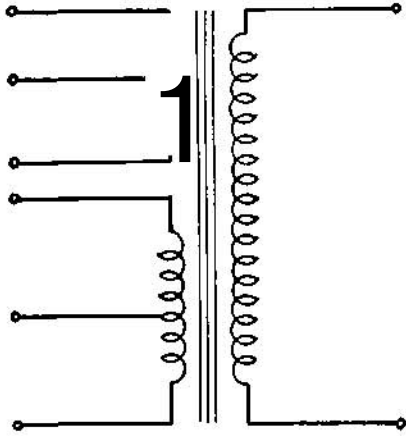
OSİLATÖR FREKANSI

Sözü edilen frekansın ilk nazarda yüksek olması arzu edilir. Zira ideal koşullar altında bir kare dalga yüksek frekans işaretinin doğrultulması ve süzülmesi alçak frekanslara göre daha iyi sonuç verir. Fakat AC-AC konverterin rezonans frekansının anahtarlama frekansının bir hayli üstünde olması koşulu ve sekonder yüksek gerilim, sargısının tur adedinin yüksek tutulması nedeni ile çalışılan yüksek gerilim şahalarında 20 KHz'in üstüne çıkılmayı olanaksız duruma getirmiştir, öte yandan yüksek gerilim tarafında doubler devresinde kullanılan yarı iletken diyodların kapasitesi kullanılan transistörlerin "şim" frekansları, çekirdek kayıplarının frekansa art-

ması yüksek frekanslarda etkisini duyurmaya başlayacaktır. Frekansın küçük tutulması yüksek gerilim tarafında kullanılan süzgeç kapasitelerinin değerlerinin yükselmesine sebep olacağı gibi, çekirdeğin magnetik yapısına bağlı kalarak ses frekansı osüatöründe duyulabilir bir ıslık sesi çıkardığı gözlemlenmiştir. Bu ıslık sesinin genliğinin çıkış gücü ile orantılı olduğu da görülmüştür.

AC-AO ÇEVİRTİCİ BİRİMİ

Osilatör sargıları, yüksek gerilim sargısı ve magnetik ortamı sağlayan çekirdekten ibarettir. Şekil 7'de devrenin simgesel birimi olarak gösterildi. AC-AC çevirici devresinin en büyük özelliği yüksek rezonans frekansına sahip olabilmesidir. Bunun sağlanabilmesi için a) yüksük gerilim tarafındaki sargının tur adedinin olarak elverdükçe düşük tutulması, b) sargılar arasındaki kaçak kapasitenin petek sargı yöntemi uygulanarak asgariye indirilmesi, c) kullanılan ferrit çekirdeğin yüksek frekans karakteristiğinin iyi olması gerekir, öte yandan kapalı ortam içinde bulunan osilatör sargılarından geçen akımın şiddetinin artması sonucu çekirdekteki ısı ortamın sıcaklığının yükselmesine meydan verir. Bu ise 0-50°C İlk kademede çekirdeğin doyma



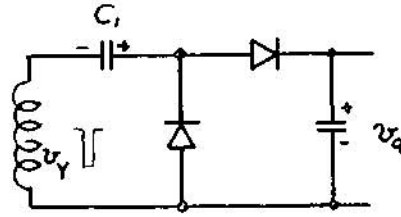
Şekil 7

düzeyinin yaklaşık olarak % 5 [18] değişmesini sağlar ve çalışma frekansının değişmesine neden olur. Gene primer sargıdan geçen akım şiddeti ile ısınan sargının direnci % 20 oranında artacaktır. Bu ise sargılardan geçen akımı bir nebze olsun azaltacağı gibi yüksek gerilimin düşmesine de bir neden oluşturur. Gerçekleştirilen yüksek gerilim kaynağı üzerinde yapılan deneylerde bu özellik gözlemlenmiştir. Sargılar arasında oluşan kaçak şelf tutulamadığı takdirde, verimin düşeceği dalgalanmaların daha büyük oranda ortaya çıkacağı ve dolayısıyla osilatör transis-

törler için özel koruma düzenlerinin gerekeceği bir gerçektir.

ÇITTE KATLAMA - DOĞRULTMA BİRİMİ

AC-AC çeviricinin çıkışında elde edilen genliği yükseltilmiş fakat yeterli düzeye erişememiş olan kare dalga işaretin hem genliğinin yükseltilmesi ve hem de doğrultulması için doubler-triplör - kuadrüplör devrelerden yararlanır. Böylece kare dalga işaretin sahip olduğu genliğin ideal olarak iki katı, üç katı, dört katı değerinde doğrultulmuş işaretler elde edilir. Kare dalga biçimindeki gerilimi hem ikiye katlayan ve hem de doğrultan bir doubler devresinin şeması Şekil 8Me gösterildi.



Şekli 8

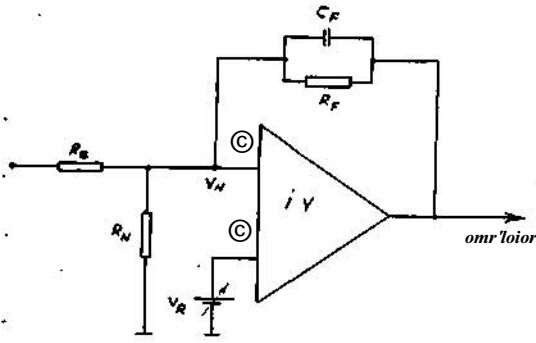
SÜZGEÇ BİRİMİ

Doubler devresi çıkışında elde edilen yüksek gerilimin üzerinde çekilen yük akımına göre osilasyon frekansında azami bir dalgalanma olacaktır. Bu dalgalanma bir süzgeç devresi yardımı ile zayıflatılmaktadır.

DÜZGÜNLEŞTİKİCİ VE GERİLİM DENE-TİMİ BİRİMİ

Süzgeç devresinin varlığına rağmen yük akımının ani değişmeleri nedeni ile çıkış gerilimi üzerinde dalgalanmalar olgulanacaktır. Hem bu dalgalanmaların oluşumunu önlemek ve hem de çıkış gerilimini 0 V'tan azami değerine değin değiştirebilmek amacı ile tasarlanmış olan işlemsel yükseltecin blok şeması Şekil 9'da gösterilmektedir.

Çıkış geriliminin düzgülleştirilmesi işlemi, çıkış noktasından alınan örnek işaretin R_a direnci aracılığı ile işlemsel yükseltecin girişine verilmesi ve diğer giriş ile olacak farkın yükseltilmesi sonucu elde edilen çıkış işaretinin osilatöre kumanda etmesi ilkesine dayanır. Çıkış geriliminin ayarlanması ise, işlemsel yükseltecin diğer girişindeki referans geriliminin düzeyinin ayan ile olanaklıdır. Zira bu gerilim düzeyinin konunu değiştirmesi ile birlikte t. Y. in çıkış geriliminin düzeyi değişecek (artacak yahut azalacak) ve osilatörün sürülmesi sağlanacaktır. Böylece yüksek gerilimin genliği değişecek ve buradan R_b direnci aracılığı ile alınan örnek işareti i. Y. in girişleri arasında oluşmuş olan farkı tekrar sifira getirecektir.



Şekil 9

İşlemsel yükselteci, giriş devresinde ilginç olan bir nokta, girişlerinden dışarıya doğru bakıldığında görülen dirençlerin değerleridir. Bunların değerleri büyük olduğu zaman girişlere getirecekleri gürültü işaretlerinin düzeyi de o ölçüde büyük olacaktır. Bu bakımdan giriş dirençlerinin olarak elverdikçe küçük tutulması yeğlenir, öte yandan numune alınan giriş noktasından dışarıya doğru bakıldığında görülen direncin değerinin pek küçük tutulması arzu edilmez. Bu direncin değerini saptayan, yüksek gerilim noktasından çekilecek numune akımının azami değeri olacaktır. Bu akımın değerinin yük akımının yanında küçük olması arzu edilir, öyle ise R_N direncinin değeri, üstten gürültü nedeni ile alttan numune işaretinin genliği ve içinden geçirilen akımın değeri ile sınırlanmaktadır.

Diğer önemli olan nokta Y. G. çıkış noktasında olagelen ani yük değişmelerine karşı sistemin kendisini kısa bir zamanda toparlaması ve buna bir cevap verebilmesidir. Bunun için gerekli olan koşul işlemsel yükselteci band genişliğinin büyük olmasıdır. Bunun yanında işlemsel yükselteci her iki girişinin zıftan sabitlerinin olarak elverdikçe küçük ve birbirlerine eş tutulması devrenin çalışması bakımından elverişlidir.

Yüksek gerilimin düzgünlüğünün sağlanması için tutulan diğer bir yol; çekirdeğin içine ayrıca sanılan bir alçak gerilim sargısı ile elde edilen işaretin doğrultulması ve yükselttilip osilatöre kumanda ettirilmesi esasına dayanır. Bu durumu Şekil 1'deki blok işlemada kesikli hatlar ile gösterildi. Böyle bir tip devre daha ziyade yüksek gerilimden çekilen yükün az olduğu durumlarda basitliği ve sorunlarının azlığı nedeni ile önem kazanır.

BİBLİYOGRAFYA

1. A. özöz, Radyasyon Deteksyonu; Elektronik Bölümü Yayınları No: 5, Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, 1969; ikinci baskı 1971.

2. E. Yazgan, Nükleer Elektronığe Genel-Bir Bakış; Elektrik Mühendisliği -Cilt 14, sayı 165, Eylül 1970, s. 25-30.
3. E. M. I. Photo Multiplier Tubes, s. 9; Brochure ref. 30/6-67 (PMT) issue, Hayes Middlesex England.
4. D. C. Power Supply, H V B Serles, Model 6516A, serial number prefix 7c printed october 1967, Hewlet Packard, 100 Locust Avenue, Berkeley Heights, New Jersey 07922.
5. Series 1000 High Voltage Power Supplies, Raytheon Comp. Sorenson operation, fcilchards Ave. Nonvank, Connecticut, USA.
6. I. Izumi and M. Kokubu, A Transistorized High-Voltage Regulator Using A. C. Control; Electronic Engineering, Vol. 36, August 1964 s. 554-56.
7. Constant voltage, constant current regulated power supplies; Harrison Laboratories, A division of Hewlett-Packard Co. Nov. 6. 1961.
8. J. W. McPherson; Regulated Elements Using Transistors, Electronic Engineering Vol. 36, March 1964, s. 162-65.
9. R. A. Greiner, Semiconductor devices and applications, McGraw Hill Book Co. 1961, a. 315 - 30.
10. S. A. Gogate and S. G. Şule; Detector Bias supply, N.D.I.S. Section, Electronic Division, BHABHA ATOMIC RESEARCH CENTRE-BOMBAY, INDIA, 1970.
11. A. Adem, High Voltage Power Supply for Low Current Applications, General Electric, Application Note, 201,18, 3/66, Semiconductor Products Dept. Syracuse, New York.
12. J. Baillet, J. Bourdel, B. Gauthier, Y. Plaigne; Bloc Fonctionnel Alimentation Stable-Usée Haute Tension. Commlssariat A. L'energle Atomique Centre d'Etudes Nucléaire de Saclay, Janvier 1966 Dept. d'Electronique Générale Service d'Electroniques dea Reacturs Note CEA N-714, 1833/SER/1125.
13. Merrill Palmer, The ABCs of DC to AC Inverters, AN-222 Motorola Semle. Products Inc.
14. R. E. Crosble, Transistorized High Voltage Supplies, Electronic Engineering, December 1967, Vol 39, No. 478, s. 778-83.
15. Seymour Schwartz, Selected Semiconductor Circuits Handbook, Part 9, John Wiley and Sons Inc. August 1961.
16. D. J. Morris, W. Alecsander, Switching Properties of ferrite cores, Electronic Engineering, Vol. 35, January 1963, s. 22-27, No. 419.
17. Transistor Circuits Design, Teocas Instruments Inc., McGraw Hill Book Comp. 1963.
18. Del Johnson; Simple Equations used with Cores and Transistors provide Basis of Transformer Design for Top Performance, Electronics, October 12, 1970.