

dlci ölçü aletlerinin kumandası ve şebeke frekansının dakik olarak kontrolü için ana ve tali elektrik saatları tesisatı yapılmıştır.

5. Umumi mülâhazalar :

Santralin inşaat işlerinde : Muhtelif klâs-larda olmak üzere 175.000 m' kazı işleri yapılmış, 85 ton betonarme demiri kullanılarak 11.000 m» beton dökülmüş, 4600 m³ kârgir, 400 m» tufla duvar örülmüş, bu işler için 2500 ton çimento kullanılmıştır.

Yüksek gerilimli hava hattı direklerinde 140 ton demir, 80 ton muhtelif kesitte (35 ve 70 mm²) çelik - alüminyum tel kullanılmıştır. Direk temelleri için 13.000 ms hafriyat yapılmış, 40.000 m² direk sathı bir kat sülyen, 2 kat gri boya ile boyanmıştır.

Tesis için bu güne kadar 14.000.000 lira sarfedilmiş olup 2 ünite ile 10.750.000 Kwh'lık enerji istihsal edilebilecektir.

6. Tesis hakkında birkaç söz :

Kayaköy hidroelektrik tesisi mayıs 1960 ayında işletmeye açılmış olup halen Uşak, Emet ve Gediz'e devamlı, Simav'a tecrübe mahiyetinde cereyan vermektedir. Bir ay içerisinde Şaphane hava hattının ikmalini müteakip bu kasabaya da cereyan verilecektir. Halen puvant 900 Kw olup tek türbin kafi gelmektedir. Bilhassa Uşak •şebekesinin kifayetsiz oluşu dolayısıyla fazla takat çekilememektedir. DLF kredisinden istifa ile Uşak şebekesi tiler Bankasınca ele alınmıştır. Emet, Şaphane kasabalarının şebekeleri de evvelce ele alınmış olup birkaç ay içerisinde tamamlanacaktır.

Santraldaki üç gruptan birisi yedek kalacaktır Yapılan etüdler neticesi bu santralin 1965 yılına kadar kifayet edeceği tahmin edilmiştir.

negatif Empedans Konvertörlerinin Çalışma Prensipleri

Orhan BERKTAY
Dr Y Müh -ODTÜ

1. — Giriş :

Negatif empedans mefhumu oldukça eski olmakla beraber tatbik sahası senelerce mahdut kaldığı için negatif empedans düzenleri üzerindeki çalışmalar tavsamış ve ancak son on sene zarfında, ses-frekanslı kablo devrelerinde negatif empedans repetörlerinin kullanılması ile mevzu önem kazanmıştır.

Bu yazıda negatif empedans, elde edilmesi ve kullanılması hakkında genel bilgi verilecektir.

2. — Negatif - Empedans nedir?

Pasif bir empedansın rezistif kısmı, empedansın bulunduğu devrede enerji kaybına sebep olur. Umumî olarak böyle bir empedansı

$$Z(\omega) = R(\omega) + jX(\omega)$$

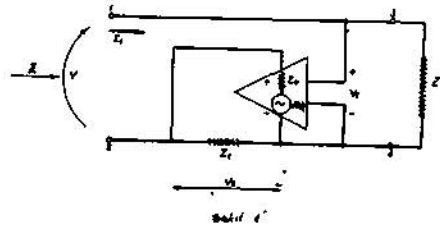
olarak gösterebiliriz. Burada R ve X, açılal frekans « ω »nın reel katsayılı birer fonksiyonudur. Bu takdirde, belirli bir ω frekansında bu Z (ω) empedansından geçen akımın efektif (r. m. 3.) değeri I (ω) ise bu empedansta

$$W = I^2(\omega) \times R(\omega)$$

değerinde bir güç kaybı meydana gelir. I amper, R om çirışinden ise W watt olacaktır.

Pasif bir empedansta «u»nın bütün hakiki değerleri için R (ω) pozitif bir değer taşıır.

Kâfi kazançlı bir amplifikatörün çıkışının uygun bir fazda girişe bağlanması, basit bir negatif empedans elde edilmesi için kâfidir. Mesela şekil 1 de böyle bir devre gösterilmiştir' (Bak : Ref. 1).



«Ters voltaj-ı tipi veya «açık devre halinde istikrarlı» bir negatif empedans konvertör

1-2 uçlarına bir I_j akımının tatbik edilmiş olduğunu ve müşahede anında akım yönünün ve V potansiyel farkının yönünün gösterildiği gibi olduğunu farzedelim. Amplifikatörün bağlantısı, şekilde gösterildiği gibi yapılacaktır. Eğer 1-2 uçları arasındaki empedans pasif bir 2 - uçlu devre olsa I_j akımının tatbikinden dolayı mey-

dana gelen voltaj düşmesi (V) gösterilen yönde olurdu.

Şekilde gösterilen yönler esas alınmak suretile devreyi tetkik edelim :

$$V_1 = I_1 Z_2$$

$$V_2 = A V_1 \frac{Z_1}{Z_0 + Z_1} - I_1 \frac{Z_1 Z_0}{Z_1 + Z_0}$$

$$V = V_1 - V_2 = I_1 \left[Z_2 \left(1 - \frac{A Z_1}{Z_0 + Z_1} \right) + \frac{Z_1 Z_0}{Z_1 + Z_0} \right]$$

Basitlik için amplifikatörün giriş empedansı sonsuz alınmıştır. Çıkış empedansı (Z_0) ise sıfır yapılırsa :

$$V = - I_1 Z_2 (A - 1)$$

Amplifikatörün voltaj yükseltmesini gösteren A, devre elemanları ve yapışınca tayin edilen bir şekilde frekansla değişen bir vektördür. Bu vektörün, istediğimiz bir frekans sahasında yaklaşık olarak pozitif ve reel bU' sayı olmasını sağlamak daima mümkündür. Eğer, ilâveten, bu frekans bandında

$$A - 1 = k, \quad k > 0$$

yaparsak, bu takdirde

$$V = - I_1 Z_2 (k)$$

Yani, muayyen bir I_1 akımının bu 2 - uçlu devreye tatbiki ile meydana gelen voltaj düşmesi, pasif bir empedans için beklenilenin tamamen tersi bir yönde bulunacaktır. Bu 2 - uçlu devrenin efektif empedansı (Z)

$$Z = \frac{V}{I_1} = - k Z_2$$

Yani, pasif bir empedansın negatif reel bir sayı ile çarpımına eşit olacaktır. İşte bu sebeple böyle bir 2 - uçlunun empedansına «negatif empedans» denir.

Fiziki olarak düşünülecek olursa bu olay, 2 - uçluya tatbik edilen gücün amplifikatörde artırılması ve pozitif olarak geri beslenmesi sonucunda devreden, tatbik edilenden fazla güç çekilmesinden doğmaktadır (*).

Bu olayın esası pozitif reaksiyon olmasına rağmen devrelere tatbiki bakımından bu gibi 2 - uçluların «negatif empedanslı» bir 2 - uçlu olarak düşünülmesi daha basit bulunmuştur.

Bu şekilde pasif bir empedanstan (Z_2) negatif empedans elde etmekte kullanılan düzenlere «negatif empedans konvertörleri» denir.

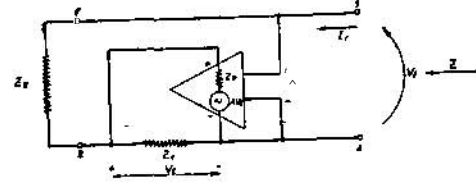
S. — Negatif empedans konvertörleri:

Şekil 1 de gösterilen 4 - uçlunun 3-4 uçlarına bir pasif Z_2 empedansı bağlandığı zaman 1-2 uçlarında görülen empedans $Z = - k Z_2$ ola-

(*) Burada güç mefhumunun üzerinde durulmakta ise de genel olarak Z, kompleks bir empedans olabileceği cihetle «negatif» bir reaktif bilşen de düşünülmemelidir

rak bulunmuştur. Şu halde bu 4 - uçlu düzen bir negatif empedans konvertörüdür.

Aynı 4 - uçlunun bu defa da 1 - 2 uçlarına Z empedansını bağlarsak 3-4 uçlarında görülen empedansı düşünelim. (Bak: Şekil 2).



Şekil 2

«Ters akım» tıpi veya «tasa devre halinde istikrarlı bir negatif empedans konvertörü.

3-4 uçlarına bir V_2 voltajı tatbik edelim, pasif bir empedans halinde akım, I_2 ile gösterilen yönde akacaktır. Bu halde :

$$V_2 = I_2 Z_2$$

$$V_1 = A V_2 \frac{Z_1}{Z_0 + Z_1} + I_2 \frac{Z_1 Z_0}{Z_1 + Z_0}$$

veya, $Z_0 \rightarrow 0$ yapılırsa,

$$V_1 = A V_2$$

$$\text{Yani, } I_2 Z_2 = V_1 - V_2 = - V_1 (A - 1)$$

Eğer gene $A - 1 = k$ ve k pozitif reel bir sayı ise,

$$I_2 Z_2 = - k V_1$$

ve

$$Z = - \frac{Z_2}{k}$$

şu halde :

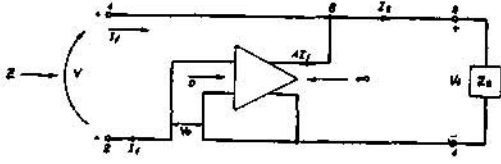
- I_1 akımı, beklenilenin tersi yönden akacak ve bu suretle 3-4 uçları arasındaki 2 - uçlunun negatif bir empedansı olmasını sağlayacaktır
- Tetkik edilen 4 - uçlu düzen her iki yönde de negatif empedans konvertörü olarak çalışabilmektedir.
- Şekil 1 deki düzene «ters voltaj», şekil 2 deki ise «ters akım» konvertörü denir, $k = A - 1$ birinde çarpan değerinde ise bölün .olarak yer aldığı için bu düzenlerin tatbik şekli ve istikrar (stabilite) şartları birbirinden farklıdır

Şekil 1 ve 2 de tatbik edilen düzenler voltaj amplifikatörü kullanıyordu. Şekil 3 ve 4 te ise akım amplifikatörü kullanan bir konvertör göstermiştir (•) Bu defa kullanılan amplifikatörler, giriş empedansı sıfır, çıkış empedansı sonsuz kabul edilen ve akım yükseltmesi «A» olan cihazlardır.

Şekil 3 teki devrede 1-2 uçları arasında bir V voltajı tatbik edilirse pasif empedans halinde I_1 akımının yönü şekildeki gibi olmalıdır. Amplifikatörün giriş empedansı sıfır olduğu için $V_0 = 0$. Bu sebeple $V = V_1$ ve I_2 nin yönü de-

(•) Bak Referans 3

şekildeki gibidir. B düğüm noktasına Kirşof Kanunu tatbikile



Şekil 3

«Ters voltaj» tipi veya taçık devre halinde istikrarlı konvertör

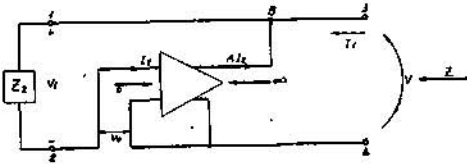
yani,
$$I_2 = I_1 + A I_1$$

yani,
$$V = V_1 = I_2 Z_2$$

$$Z = \frac{I_1}{V} = -(A - 1) Z_2$$

Bu negatif empedans, Şekil 1 dekine benzer, «ters akım» tipindedir.

Şekil 4 teki devrede 3-4 ucuna I_x akımının tatbiki halinde, gene $V_o = 0$ olduğu için,



Şekil 4

«nTers akım» tipi veya «kısa devre-halinde istikrarın konvertör

$$V = V_1 = I_2 Z_2$$

Fakat B düğüm noktasından

yani,
$$I_2 = I_1 + A I_1$$

$$I_2 = \frac{I_1}{A - 1}$$

Bunun neticesi olarak

$$V = V_1 = I_1 \frac{Z_2}{A - 1}$$

Şu şekilde Şekil 4 teki düzen, Şekil 2 deki gibi «ters voltaj» tipi bir konvertördür.

Pratikte kullanılan konvertör devreleri bu yazıya dahil tutulmamıştır. Burada izahına çalışılan, bazı konvertörlerin ana prensipleri ve "blok semasıdır.

Transistörler, akımla tahrik edilen giriş empedansı çok küçük, çıkış empedansı ise çok yüksek elamanlar oldukları cihetle 3 ve 4 üncü Şekillerdekine benzer devrelerde voltaj esasına dayanan lambalı amplifikatörler ise daha ziyade 1 ve 2 nci Şekillerdeki devrelerde kullanılırlar.

Bir konvertörün «konversiyon kat sayısı» $k = A - 1$

olarak gösterilmiştir. Bu katsayının voltaj vesair faktörlerin değişmesinden müteessir olmamasını

sağlamak üzere konvertör amplifikatörlerinde negatif geri besleme de kullanılır. Ancak bu negatif geri beslemenin, konvertörlerin blok şemasında tasrih edilen ve çalışması için elzem olan pozitif geri besleme ile karıştırılmaması lâzımdır.

4. — Stabllite (İstikrar) :

«Negatif Empedans» in esas itibarile pozitif geri beslemeli bir amplifikatör vasıtasile sağlandığı bölüm 2. de izah edilmişti. Pozitif geri beslemeli amplifikatörlerin ise muayyen şartlar altında silasyon yapacağı bilinmektedir. Negatif empedansımızın istikrarlı (osilasyonsuz) olarak çalışması şartlarının tetkiki icap eder.

Aşağıda, negatif empedanslı devrelerin stabilitesinin geri besleme prensiplerinden değil, doğrudan empedans mefhumundan faydalanarak tetkiki için bazı basit kaideler gösterilmektedir

Şekil 1 deki devrenin 1-2 uçlarının bir Z empedansı ile kapatıldığını düşünelim. Geri beslemeli bu amplifikatörde geri besleme katsayısı (J3) : —

$$J3 = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

Ayrıca, $Z = - (A - 1) Z_2$ olduğu cihetle

$$A - 1 = \frac{Z_2}{Z_2 - Z}$$

$$A J3 = \frac{Z_2}{Z_2 + Z_1}$$

Nyquist'in geri beslemeli devreler için vazettiği istikrarlı çalışma şartı.

$$1 - A J3 = \frac{Z_1 + Z_2}{Z_2 + Z_1}$$

fonksiyonunun, kompleks frekans düzleminin sağ yansında kökleri bulunmamasını amirdir. Yani sağ - yarı düzlemde

(a) $Z + Z_1$ nin «sıfırlam veya

(b) $Z_2 + Z_1$ nin «sonsuz» lan bulunmamasıdır.

Z_2 ve Z_1 nin pasif empedanslar olduğu cihetle $Z_2 + Z_1$ nin sağ yan düzlemde «sıfır» veya «sonsuz»lan bulunamaz (*). Şu halde mevzubahis devrenin istikrarlı çalışması için $Z_2 + Z_1$ nin sağ - yarı düzlemde kökleri («sıfırlan») bulunmaması lâzımdır (*).

Geri beslemeli amplifikatörlerin stablltesi mevzuundaki Nyquist kriterinin basit ve pratik devreler için tatbik şeklini düşünerek böyle bir negatif empedanslı devrenin stabilitesi için şu şart tasrih edilebilir :

$Z_3 + Z_1$ empedansının imajiner kısmının sıfır olduğu frekansta reel kısmı (rezlntlf kısmı) pozitif ise bu devre istikrarlı çalışır.

(*) Bak- Ref. 4.

(**) Hakikatte, « $Z_1 - Z$ »nin «pozitif reel» bir fonksiyon olması lâzım ve kâfidir. Ancak bu yazıda «pozitif reel lik İspatına girilmeyecektir.

Bu defa Şekil 2'deki devreyi düşünelim. Eğer 3-4 uçları Z_s empedansı ile kapatılırsa :

$$I_3 = \frac{Z_s}{Z_2 + Z_s}$$

Bu düzen için :

$$Z = \frac{Z_2}{A-1} \rightarrow A = 1 - \frac{Z_2}{Z}$$

$$1 - A \text{ \& } = \frac{Z_2(Z + Z_s)}{Z(Z_2 + Z_s)} = \frac{Z_2 Z_s}{Z_2 + Z_s}$$

$$\left(\frac{1}{Z_s} + \frac{1}{Z} \right)$$

Yukardaki mülâhazalarla diyebiliriz ki :

$$\text{Bu devrenin stabilitesi için } \frac{1}{Z_s} + \frac{1}{Z}$$

admltansının imajiner kısmının sıfır olduğu frekansta reel kısmı (konduktif kısmı) pozitif olmalıdır.

Kritik frekansta Z nin rezistif kısmı negatif olacağı düşünülerek Z_s nin sıfır ve sonsuz (yani kısa ve açık devre) olması hallerinde her iki düzenin stabilitesini düşünelim.

Şekil 1 devresi : —

$Z_s \rightarrow 0$ iken $R(Z_s + Z) = R(Z) < 0$ yani devrede istikrar yoktur.

$$Z_s \rightarrow \infty, R(Z_s + Z) \rightarrow R(Z_s) > 0$$

Bu halde devre istikrarlıdır.

Bu sebeple bu düzene «açık devrede istikrarla adı verilir.

Şekil 2 devresi :

$$Z_s \rightarrow 0 \text{ iken } R \left(\frac{1}{Z} + \frac{1}{Z_s} \right) \rightarrow R$$

$$\left(\frac{1}{Z_s} \right) > 0$$

$$Z_s \rightarrow \infty \text{ iken } R \left(\frac{1}{Z} \right) \rightarrow R$$

$$\left(\frac{1}{Z} \right) < 0$$

Bu halde devre istikrarlıdır.

Bu halde devre istikrarsızdır.

Bu sebeple bu düzene «kısa devrede istikrarlı» denilir.

Aynı mülâhazalar Şekil 3 ve 4'teki düzenlere tatbik edilecek olursa alınacak sonuçlar Şekil 1 ve 2 için bulunanların aynı olacaktır.

5. — **Negatif empedansın kullanılışı :**

Negatif empedansın bulunduğu tatbik sahalardan en geniş ses - frekanslı telefon kablo, devrelerinde zayıflamayı azaltmak (yani kazanç sağlamak) hususunda olmuştur". Negatif bir direnç kullanılması ile kazanç sağlanmasının basit ıkl yolu Şekil 5 ve Şekil 6 da gösterilmiştir.

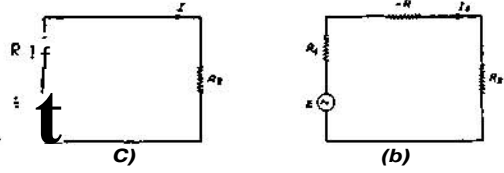
Şekil 5 (a) da R_2 yük direncindeki akım :

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2}$$

Şekil 5 (b) de :

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2 - R}$$

$$\text{Akım kazancı} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 - R}$$



Şekil 5

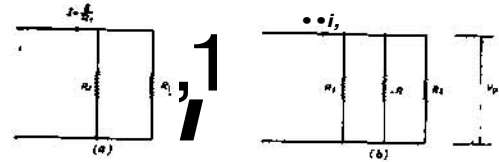
Negatif bir direncin seri bir devrede zayıflamayı azaltmakta kullanılması ($R < 0$)

Kazancı artırmak için R_1 , $R_1 + R_2$ yakınına bir değerde tutmak lazımdır. $R = iR_1 + R_2$ ise I , sonsuz olacaktır. Yani devre istikrarsız olacaktır. Bu devrenin istikrar şartı Şekil 1'deki düzen için verilen $R(Z + Z_s) > 0$ şartına benzer ve böyle seri devrelerde bu tip negatif empedans konvertörleri kullanılır. Bu tip konvertörlere «seri tip» de denilir. Seri devreye, geçen akıma yardım edici şekilde bir potansiyel farkı itihal ettiği de düşünülebilir.

Şekil 6 (a) da R_2 yük direnci üzerindeki V voltaj düşmesi :

$$V = \frac{I}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

Şekil 6 (b) de ise :



Şekil 6

Negatif bir direncin paralel bir devrede zayıflamayı azaltmakta kullanılması ($B < 0$)

$$V_P = \frac{I}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R}}$$

$$\text{Voltaj kazancı} = \frac{V_p}{V} = \frac{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}{\frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R}}$$

Stabilite için :

$$\frac{1}{R} < \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \text{ olmalıdır,}$$

Bu gibi devrelerde «ters akım» tipi konvertörler kullanılır. (Şekil 2). Bu tip konvertörlere «Paralel tipi» de denilir.

Kazanç formüllerinin tetkikinden görüleceği gibi R_j yük direnci ve R_2 yi kaynağın iç direnci kabul edersek sağlanan voltaj veya akım kazancında bir değişiklik olmaz. Şekil 5 (b) veya 6 (b) de gösterildiği şekilde bağlanan bir negatif direnç her iki yönden gelen sinyallere kazanç sağlayacaktır. İşte bu hassa sebeble negatif em-

pedans repetörleri 2 - telli bir devrede iki yöndeki sinyalleri yükseltmekte kullanılır. Bu gibi repetörler ve çalışmalarının teferruatlı tetkiki bu yazının çerçevesi dışında bırakılmıştır.

R E F E R A N S L A R

1. — **J. L. Merrill** : «Theory of The Negative Impedance Converter». Bell System Technical Journal. January 1951,
2. — **J. L. Merrill, A. F. Bose, J. O. Smethurst**: «Negative Impedance Telephone Repeaters». B. S. T. J. September 1954.
3. — **D. Turner, T. B. M. Neill** : «The Principles of Negative Impedance Converters and The Development of A Negative Impedance 2 - wire repeater». Post Office Electrical Engineers Journal. October 1958.
4. — **H. W. Bode** : «Network Analysis and Feedback Amplifier Design». Van Nostrand.Co. Inc. N. Y.

H A B E R L E R :

Transistorlu Portatif Televizyon Alıcısı

Muammer ÖNOL
PTT İstanbul

Bir Amerikan firması transistorlu portatif bir televizyon alıcısını takdim etmiştir. Baterisi ile birlikte takriben 6 Kg. ağırlığında olan/ cihaza «SAFARI» adı verilmiştir.

Eb'adı 20X40X15 cm. dir. 21 transistor, 14 diyod ve 2 pusluk bir katod ışınlu tüpü ihtiva etmektedir.

Alette 4 saat kullanılabilen hususi bir batarya mevcuttur. Şarj için bataryayı alternatif akım şebekesine bağlamak kâfidir.

4 saatlik bir kullanmadan sonra bataryayı 16 saat şarj etmek gerekmektedir.

Alette ayrıca bataryanın kullanıldığı miktarı gösteren bir müş'ir mevcuttur.

Alet doğrudan alternatif şebekeye bağlanarak da çalıştırılabilir.

Aletin en enteresan tarafı optik sistemidir. 2 pusluk bir katod ışınlu tüp, hususi bir ayna ve küresel bir reflektörden ibaret olan bu sistem 500 cm² İlk bir ekran üzerindeki hayallere benzer netlikde hayaller temin etmekte ve bunlar güneş ışığında dahi sarahaten görülebilmektedir.

Görüş mesafesi ekrandan takriben 4 pus (1,2 metre civarında) olmaktadır¹

Amerika'da yeni telekomünikasyon Laboratuvarı

Telekomünikasyon sahasındaki ilerlemelere muvazi araştırma ve etüdler yapılabilmesini teminen 20 milyon dolar sarfı ile ve Bell Telephone Laboratoires tarafından Holmdel (New Jersey) de modern bir laboratuvar kurulmaktadır.

• Mezkûr laboratuvarın 1961 yılında servise konması ümit edilmektedir. Bell laboratuvarları 10 şehirdeki 18 müessesesinde 11000 e yakın eleman istihdam etmektedir. Bu personelin mühim bir kısmı New York ve New Jersey de bulunmaktadır. (Murray Hill ve Whippany). Yeni bina Holmdel de 1929 danberi mevcut bulunan tesislerle birlikte 215 hektarlık bir sahaya kaplayacaktır. Bundan böyle bu sahada en az 150 bilgin mühendis ve teknisyen elektronik etüd ve yüksek frekanslı radyo-komünikasyon etüdlere yapacaklardır.

Bu sayede son senelerde radyotelefonu ve çok kısa dalgaların propogasyonunda kaydedilen gelişmeler daha da ileri gidebilecektir.

JOURNAL U İT den.