

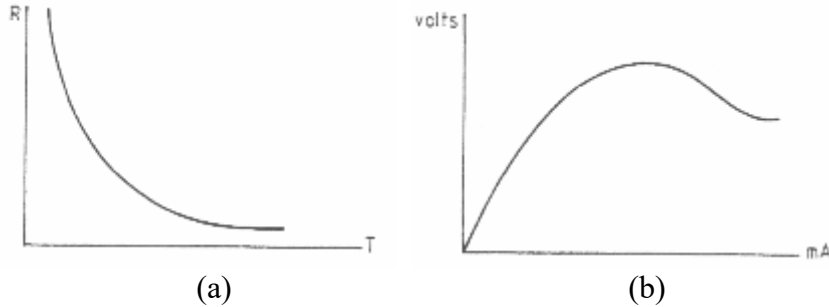
MİKRODALGA GÜÇ ÖLÇÜMÜ

Ön Bilgiler :

Mikrodalga frekanslarında gerilim ve akımı ölçmek genellikle mümkün değildir. Bu nedenle güç ölçümünde dolaylı yöntemler kullanılır. Bu deneyde bir mikrodalga güç köprüsü kullanılacaktır.

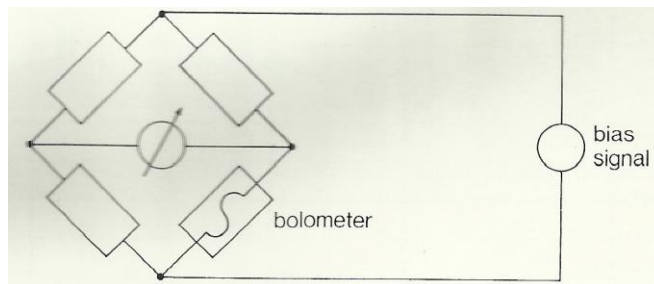
Mikrodalga enerjisi bir malzeme tarafından soğurulduğu zaman ısıya dönüşür ve bir sıcaklık artışı meydana gelir. Malzeme sıcaklıkla değişen fiziksel özelliğe sahipse, bu değişim mikrodalga gücünü ölçmek için kullanılabilir.

Direnç-sıcaklık değişimi bu amaçla kullanılan bir eleman bir “bolometer” dir. Bolometer’in iki yaygın biçimi; ince metalik bir levha olan “barretter” ve yarıiletken malzeme parçası olan “termistör” dür. Termistör diğerine göre daha güçlü ve hassas, ancak direncin değişimi sıcaklıkla lineer değildir (şekil-1).



Şekil-1 Bir termistörün (a) direnç-sıcaklık ve (b) gerilim-akım karakteristiği

Güç ölçümü için kullanılan devre şekil-2’deki gibi bir köprüdür. Bolometer Wheatstone köprüsünün bir koluna yerleştirilir. Mikrodalga gücü uygulanmadan önce köprü bir besleme işaretiyle(bias signal) dengeye getirilir. Mikrodalga gücü bolometreye uygulandığında köprünün dengesi bozulur(bolometrenin ısınması nedeniyle direnci azalır). Köprünün yeniden dengeye getirilmesi için besleme (bias) işareti azaltılır. Azaltılan besleme gücü miktarı uygulanan mikrodalga gücüne eşittir.



Şekil-2 Basit güç köprüsü

Sistem ve eleman özelliklerini açıklamada sıklıkla kullanılan iki kavram “ortalama güç” ile “tepe gücü”dür. Bir mikrodalga işaret üreticinin modülasyonsuz sinüs dalga (sürekli-dalga, CW-Continuous Wave) işaretinin gücü P_0 'dır (şekil-3a). Bu işaret periyodik olarak anahtarlanırsa darbeli bir işaret elde edilir (şekil-3b). Darbe süresi boyunca ölçülen güç tepe gücü olarak adlandırılır ve sürekli-dalga gücü P_0 'a eşittir. Modülasyon periyodu T üzerinden ortalaması alınan güç ortalama güçtür.

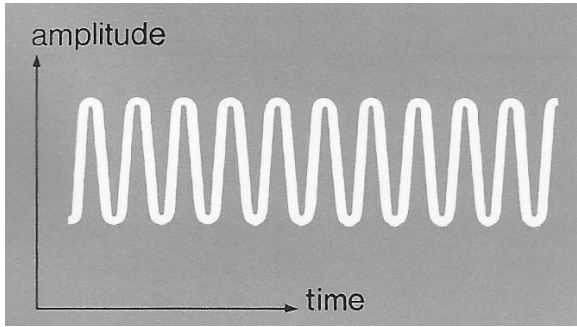
$$P_{ortalama} = P_{tepe} \cdot \frac{\tau}{T}$$

Burada $1/T$ darbe tekrarlama frekansıdır.

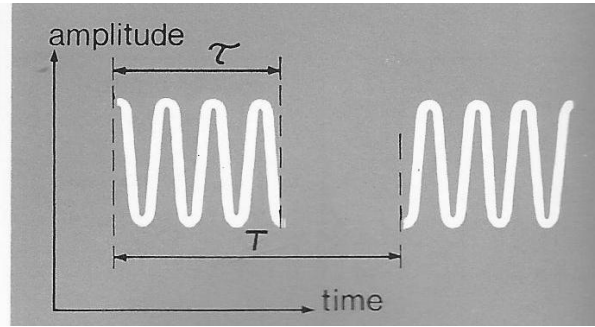
$$\frac{\tau}{T} : \text{Darbe süresi-periyot oranı}$$

Örneğin, bir Klystron mikrodalga güç kaynağının $0.2\mu s$ 'lik darbe süresi ve 1000 Hz'lik darbe tekrarlama frekansındaki tepe gücü 10 kW ise, ortalama güç :

$$P_{ortalama} = 10 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,2 \cdot 10^{-6}}{1/1000} = 2 \text{ W olur.}$$

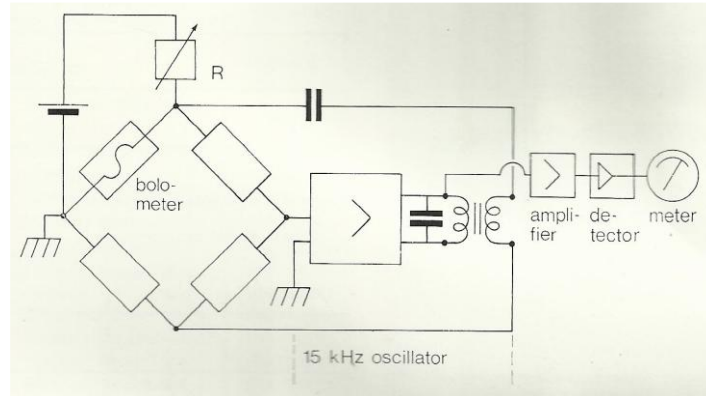


Şekil-3a Sürekli-dalga işareti



Şekil-3b Darbeli işaret

Bu deneyde kullanılacak PM7841 model güçmetre kendiliğinden dengeye gelen bir köprüdür. Besleme işareti hem bir DC işaret hem de 15 kHz'lik bir alçak-frekans (LF) işaretidir (şekil-4).



Şekil-4 PM7841 model güçmetrenin basitleştirilmiş diyagramı

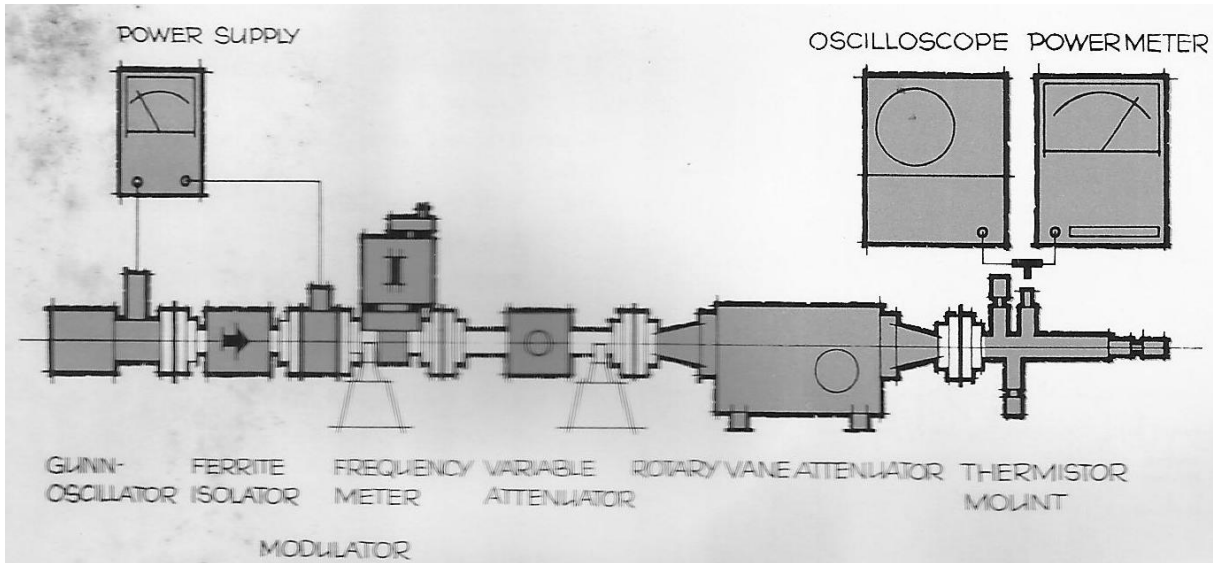
Köprü değişken R direnci yardımıyla DC beslemeyle sıfırlanmaktadır. Güçmetre sıfırlandığında, uygulanan LF gücü tam skala sapmasının gösterdiği gücün 1.2 katıdır. Örneğin, güçmetre 1 mW (0 dBm) ölçme kademesinde sıfırlandıysa uygulanan LF gücü 1.2 mW'dır. Güçmetre 1 mW gösterdiğinde, LF gücün azaltılan miktarı 1 mW, geriye kalan LF gücü 0.2 mW'dır. 1.2 çarpanı, denge devrelerinin uygun bir güç seviyesinde çalışabilmesini sağlamak için seçilmiştir.

PM7841 model güçmetre ile hem negatif sıcaklık katsayılı bolometre (termistör) hem de pozitif sıcaklık katsayılı bolometre (barretter) kullanılabilir. Deneyde kullanılacak PM7201X model termistör elemanı akort edilebilir bir dalgakılavuzu yapısındadır. Ölçüm yapılacağı zaman bu eleman çok küçük bir yansıma yapacak şekilde akort edilmelidir. Aksi takdirde, yansıyan güç ölçmenin doğruluğunu etkiler.

Deneyin Yapılışı :

1. Genel İşlemler

- 1.1 Şekil-5'deki deney düzeneğini kurunuz. (Mikrodalga osilatörünün beslemesini açmayınız)
- 1.2 PM7201X deki termistör negatif sıcaklık katsayısına sahip olduğundan, güçmetrenin arkasındaki anahtarı "NEG" konumuna alınız.
- 1.3 Güçmetrenin arkasındaki direnç değeri konumunu "100 Ω " olarak seçiniz.
- 1.4 Güçmetre üzerinde 1 mW butonuna basınız.
- 1.5 Koaksiyel T-eklemini ve kabloları kullanarak güçmetre ve osiloskopu termistör elemanına bağlayınız ve her ikisini de "on" konumuna alınız. Osiloskopta yatay : 50 μ s/div, düşey : 0.2 V/div ayarlayınız.



Şekil-5 Mikrodalga güç ölçme deney düzeneği

2. LF ve mikrodalga CW gücü

- 2.1 Güçmetreyi, önündeki “course” ve “fine” düğmelerini kullanarak sıfırlayın.
- 2.2 Güçmetre sıfır gösterdiğinde, osiloskoptan gerilimin tepeden-tepeye değerini okuyun ve Tablo-1’e kaydedin.
- 2.3 Gerilimin etkin değerini $V_{rms}=V_{p-p}/2\sqrt{2}$ bağıntısından hesaplayın ve Tablo-1’e kaydedin.
- 2.4 Termistördeki LF gücünü $P_{LF}=V_{rms}^2/100$ bağıntısından hesaplayın ve Tablo-1’e kaydedin.
- 2.5 Teorik değer 1.2x1 mW ile karşılaştırın.
- 2.6 Değişken zayıflatıcının zayıflatmasını yaklaşık 10 dB’e, döner kanatlı zayıflatıcının zayıflatmasını ise 0 dB’e ayarlayın.
- 2.7 Osilatörün besleme kaynağını açın (gerilimini -8.5 V’a ayarlayın) ve frekansını yaklaşık 9 GHz’e ayarlayın.
- 2.8 Güçmetreyi gözleyerek, bir sapma elde edecek şekilde değişken zayıflatıcıyı ayarlayın.
- 2.9 Termistör elemanının minimum yansıma için akort edilmesi : Bunun için önce yukarı ve aşağı bakan iki yan hattı dışa doğru çekin. Uçtaki pistonu güçmetrede maksimum sapma elde edecek bir konuma hareket ettirin. İki yan hattı yavaşça içeri doğru ilerleterek sapmayı maksimize edin ve pistonu yeniden ayarlayın. Maksimum sapma elde edildiğinde termistör elemanının yansıtacağı güç minimum olur.
- 2.10 Değişken zayıflatıcıyı güçmetrede 1 mW okuyacak şekilde ayarlayın.
- 2.11 Osiloskopun hassasiyetini artırın ve gerilimin tepeden-tepeye değerini okuyup Tablo-1’e kaydedin.
- 2.12 LF gücünü 2.3 – 2.4 adımlarındaki gibi hesaplayın ve Tablo-1’e kaydedin.
- 2.13 Sonucu teorik değer (1.2-1) mW = 0.2 mW değeriyle karşılaştırın.

Tablo-1 LF ve mikrodalga CW gücü

Güçmetre sapması	V_{p-p}	V_{rms}	P_{LF}
0 mW			
1 mW			

3. Modülasyonlu işaret

- 3.1 Osilatörün beslemesini kapatın veya değişken zayıflatıcının zayıflatmasını 60 dB gibi bir değere çıkarın. Güçmetrenin sıfır gösterdiğini kontrol edin, gerekirse yeniden ayarlayın.
- 3.2 Osilatörün beslemesini açın veya güçmetrede 1 mW sapma elde edecek şekilde zayıflatmayı ayarlayın. Bu değeri Tablo-2’ye kaydedin.
- 3.3 Mikrodalga işaretini 1 kHz’lik kare dalga ile modüle edin. Bunun için masadaki 1 kHz kare dalga üreticini koaksiyel kablo ile modülatöre bağlayın ve beslemesini açın.
- 3.4 Güçmetredeki sapmayı okuyun ve Tablo-2’ye kaydedin.
- 3.5 Teorik değeri hesaplayın ve Tablo-2’ye kaydedin. Bulduğunuz sonucu 3.4’teki sonuç ile karşılaştırın (Kare dalga işaretinin darbe süresi-periyot oranını %50 alınız. Kare dalga işaret üreticini osiloskopa bağlayarak bu oranı belirleyebilirsiniz).

Tablo-2 Modülasyonlu işaret

Güçmetreden okunan		Hesaplanan kare dalga gücü
CW-ışareti	Kare dalga işareti	

Hazırlık Raporu Soruları:

1. Mikrodalga frekanslarında gerilim ve akımın doğrudan ölçülmesi neden zordur? Bu nedenle güç ölçümü neden tercih edilir? Açıklayınız.

2. Bolometer nedir? Termistör ve barretter arasındaki farkları ve sıcaklık katsayılarının ölçüm üzerindeki etkisini açıklayınız.
3. Mikrodalga güç köprüsü (Wheatstone köprüsü temelli) nasıl çalışır? Mikrodalga gücü uygulandığında köprü dengesi neden bozulur ve ölçüm nasıl yapılır?
4. Sürekli dalga (CW) işaret ile darbeli (modülasyonlu) işaret arasındaki fark nedir? Tepe gücü ile ortalama güç arasındaki ilişkiyi açıklayınız ve ortalama güç bağıntısını yazınız.

Deney Sonrası Raporunda İstenilenler:

1. Güçmetre 0 mW ve 1 mW gösterdiği durumlarda ölçülen LF gerilimlerinden termistördeki LF gücü nasıl hesaplanır? 1 mW okunduğunda LF gücünün neden teorik olarak 0.2 mW olması beklenir? Açıklayınız.
2. Mikrodalga işareti 1 kHz kare dalga ile modüle edildiğinde güçmetrede okunan değer neden değişir? %50 dutycycle bir kare dalga için ortalama güç ile tepe gücü arasındaki ilişkiyi açıklayarak ölçüm sonucunu yorumlayınız.