

Çift izli Osiloskop Kullanarak Grup Gecikmesini Doğru Hesaplama Yöntemi

Ersen KINAYYİĞİT
Gülseren ORAL
PTT

ÖZET

Grup gecikmesini doğru olarak hesaplamak üzere çift izli osiloskop kullanarak gerçekleştirilebilecek çok basit bir yöntem vardır. Makalede bu yöntemin teorisi ve ölçü tekniği açıklanmakta ve bir örnek verilmektedir.

SUMMARY

in performing group delay measurements, there is a very simple method using a dual trace oscilloscope. in this article, theory and measurement technique of the method is explained and some results of measurements are given as an example.

1. GİRİŞ

iki sinüsoid arasındaki faz gecikmesini büyük bir doğrulukla ölçmek ve bu ölçü neticelerinden grup gecikmesini hesaplamak için, çift izli bir osiloskop kullanarak gerçekleştirilebilecek çok basit bir yöntem vardır. Osiloskobun kalibrasyon hataları yönteme tesir etmeyeceğinden, neticeler iyi bir doğrulukla elde edilebilir. Bu makalede önce konu ile ilgili tarifeler kısaca hatırlatılacak, yöntemin teorisi ve ölçü tekniği açıklanacaktır. Daha sonra da bir uygulama örneği olmak üzere PTT Araştırma Laboratuvarında gerçekleştirilen kanal transfer teçhizatının bir kanalı üzerinde bu metodla yapılan ölçü neticeleri verilecektir.

2. TARİFLER

Bir kanaldan nakledilen işaretin c_j açısal frekansında bir sinüsoid olduğunu ve kanalın bu frekanstaki toplam faz kaymasının p radyan ol-

duğunu farzedelim. Nakledilen işaretin giriş ve çıkış gerilimleri birer vektör ile gösterilecek olursa, çıkış gerilimine ait vektör giriş gerilimine göre ξ radyan kadar gecikmiş olacaktır. Çıkış gerilimi vektörünün 3 radyanlık bu gecikmeyi kapatabilmesi için geçecek zaman

$$= \frac{\xi}{\omega} \quad (1)$$

dır. Bu zaman kanalın «faz gecikmesi» olarak tarif edilmiştir.

Bir sinüs dalgasına tatbik edilmiş modülasyonda, modülasyon zarfının gecikmesi işaret gecikmesini ifade eder. Modülasyon zarfı kanalın giriş ve çıkışında incelenirse, bu iki noktada taşıyıcı sinüs dalgası ile modülasyon zarfı arasındaki bağıntının genellikle farklı olduğu görülür. Modülasyonlu işaret bir frekans bandı ihtiva ettiğinden, modülasyon zarfının gecikmesi «grup gecikmesi» veya «zarf gecikmesi» olarak tarif edilir.

Nakledilen işaretin, eş genlikli, ω ve $\omega + \Delta\omega$ açısal frekanslı iki sinüsoidden meydana geldiğini farzedelim. Bu iki sinüsoid birbirine eklenirse Şekil 1 de verilen dalga şekli meydana gelir.

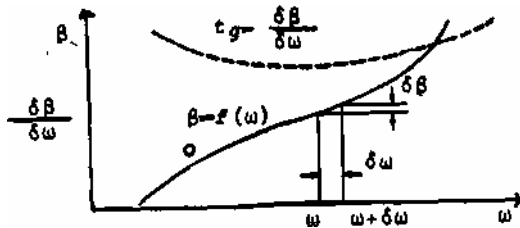


Şekil, 1

$$\begin{aligned} \text{giriş işareti} &= \cos \omega t + \cos (\omega + \Delta\omega) t \\ &= 2 \cos \left(\frac{\Delta\omega}{2} t \right) \cos \left(\omega + \frac{\Delta\omega}{2} \right) t \end{aligned} \quad (2)$$

şeklindedir.

$\cos \left(\frac{\Delta\omega}{2} t \right)$ terimi kanal girişindeki iki sinüsoidden meydana gelen ana işaretin frekansını ifade eder. $2 \cos \left(\frac{\Delta\omega}{2} t \right)$ terimi ise bu işaretin genliğinin nasıl değiştiğini, yani Şekil 1'de işaret edilen zarf eğrisini göstermektedir. Zarf eğrisinin açısal frekansı $\frac{\Delta\omega}{2}$ dir.



Şekil. 2

Şimdi bu işaretin, faz karakteristiği Şekil 2'de verilen bir kanaldan nakledildiğini kabul edelim. Kanalın 1'deki faz kayması ϕ , $\omega + \Delta\omega$ 'daki faz kayması $\phi + \Delta\phi$ olsun. Bu durumda

$$\text{çıkış işareti} = \cos (\omega t - \phi) + \cos [(\omega + \Delta\omega) t - (\phi + \Delta\phi)]$$

$$= 2 \cos \left(\frac{\Delta\omega}{2} t - \frac{\Delta\phi}{2} \right) \cos \left[\left(\omega + \frac{\Delta\omega}{2} \right) t - \left(\phi + \frac{\Delta\phi}{2} \right) \right] \quad (3)$$

Burada $2 \cos \left(\frac{\Delta\omega}{2} t - \frac{\Delta\phi}{2} \right)$ terimi ile ifade edilir.

İL 2 ' de edilen zarf eğrisindeki değişmelerle ilgilen-

mekteyiz. Giriş ve çıkıştaki işaretlerin zarflarının fazları arasındaki fark $\Delta\phi$ ve zarf frekansı $\frac{\Delta\omega}{2}$ olduğuna göre zarf veya grup gecikmesi, (1) ifadesinden.

$$\begin{aligned} &53 \\ &Su \end{aligned} \quad (4)$$

olarak bulunur.

Su'yı çok küçük kabul etmiştik. $\Delta\omega \rightarrow 0$ yapılırsa grup gecikmesi - yani kanal faz k

rakteristiğın açısal frekansa göre türevi olur. Geometrik olarak grup gecikmesi, faz karakteristiğinin o açısal frekanstaki eğimi olmaktadır. Kanalın Şekil 2'de verilen faz karakteristiğine uygun olarak grup gecikmesi eğrisi de aynı şekilde kesikli çizgilerle belirtilmiştir.

Kanaldan nakledilecek işaret çok bileşenli bir işaret ise nakledilen frekans bandının bir takım dar bantlı gruplardan meydana geldiği farzedilebilir. Bu dar bantlı grupların her biri yukarıda açıklandığı gibi kanalın faz karakteristiğine bağlı olarak farklı gecikmelere uğnyacaktır. Kanal çıkışındaki işaret bu sebeple giriş işaretinden farklı bir dalga şekline sahip olacak ve bir distorsiyon meydana gelecektir. Bu cins distorsiyona «faz distorsiyonu» veya «gecikme distorsiyonu» denir.

Nakledilen bantda, grup gecikmesinin maksimum ve minimum değerleri arasındaki farka «fark gecikme» adı verilir ve gecikme distorsiyonunun nümerik olarak ifade edilmesini temin eder.

Gecikme distorsiyonunun meydana gelmemesi için gerekli koşul grup gecikme zamanının sabit olmasıdır.

$$\frac{d\phi}{d\omega} = C = \text{sabit} \quad (5)$$

(5) ifadesinin integrali 8

$$\phi = C\omega - \phi D \quad (6)$$

bağıntısını verir. Burada D integrasyon sabitidir. Görüldüğü gibi, gecikme distorsiyonunun meydana gelmemesi için lineer faz karakteristiği yetmez. Zira D de distorsiyona sebep olabilir. Kolaylıkla görülebilir ki $D = 0$ ise veya ϕ 'nin herhangi bir tam katı ise gecikme distorsiyonu meydana gelmez. D geometrik olarak, faz karakteristiğinin faz eksenini kestiği ($\phi=0$) noktadaki değeri olarak da bulunabilir.

S. YÖNTEMİN TEORİSİ

İki sinüs dalgası alalım. Bunlardan biri, diğerine nazaran 2 3 kadar geciktirilmiş olsun. Bu iki sinüsoidin arasında değişen ve birine nazaran 3 faz açısı kadar ileride, diğerine nazaran 3 faz açısı kadar geride üçüncü bir sinüsoidin var olduğunu kabul edelim. Üçüncü sinüs işareti referans olarak alınacak olursa, diğer iki sinüs işareti şu şekilde ifade edilebilir:

$$S_1 = \sin(\omega t - \phi) \quad \text{ve} \quad S_2 = \sin(\omega t + p)$$

Basit trigonometrik açınımlarla,

$$\sin(\omega t - 3) - \sin^t \cdot \cos 3 - \cos \phi t \cdot \sin 3 \quad (7)$$

ve

$$\sin(\omega t + 3) = \sin \omega t \cdot \cos 3 + \cos \omega t \cdot \sin 3 \quad (8)$$

yazılabilir.

(7) ve (8) ifadeleri toplanıp,

$$\sin(\omega t + 3) + \sin(\omega t - 3) = 2 \sin \omega t \cdot \cos 3 \quad (9)$$

(8) ifadesinden, (7) ifadesi çıkartılıp,

$$\sin(\omega t + 3) - \sin(\omega t - 3) = 2 \cos \omega t \cdot \sin 3 \quad (10)$$

bağıntıları elde edilir.

(9) ve (10) ifadelerinin oranından

$$\frac{S_2 - S_1}{S_2 + S_1} = \frac{2 \cos \phi t \cdot \sin 3}{2 \sin \omega t \cdot \cos 3} \quad (H)$$

bulunur.

Bu terimlerin tepeden tepeye genlikleri ölçülecek olursa \cos^t ve \sin^t l'e eşit olacağından (11) ifadesi

$$\left| \frac{S_2 - S_1}{S_2 + S_1} \right| \quad (12)$$

şeklini alır.

4. ÖLÇÜ YÖNTEMİ

incelenecek olan iki işaretten biri çift izli osiloskobun A, diğeri B kanalına tatbik edilir. Osiloskop kanallarının düşey kazançları o şekilde ayarlanır ki, incelenen iki işaret ayrı ayrı osiloskop ekranının yan yüksekliğini kapsasın. Sonra skop kontrol düğmesi A + B konumuna alınarak ekrandaki dalga şeklinin tepeden tepeye genliği ekran skala taksimatı cinsinden ölçülür ve kaydedilir. Daha sonra B kanalındaki işaret negatife çevrilerek iki kanaldaki işaretin farkının genliği, (A—B), yine ekran skala taksimatı cinsinden ölçülerek kaydedilir.

3. bölümde de açıklandığı gibi $\frac{A}{A-r}$ oranı $\text{tg} 3'$ ya eşittir, iki kanaldaki

işaretler arasındaki faz farkı da $23'$ 'dir. Şüphesiz bu metod hangi işaretin gecikmeli olduğunu ve gecikme 2^\wedge radyanın katlarından büyükse 2^\wedge T'i'nin üzerindeki faz farkını göstermemektedir. Elde edilen netice sadece iki işaret arasındaki faz farkıdır. Mamafih osiloskopu «chop.» konumunda kullanmak ve gözlem yapmak suretiyle hangi işaretin gecikmek' olduğu tespit edilebilir. En iyi yol, incelenen devrenin giriş işaretini referans olarak almak ve gecikmeli olacak çıkış işareti ile mukayese etmektir. Devreden nakledilecek en küçük frekansb işaretten ölçüye başlanır ve bu frekansta ölçülen gecikmenin 2^\wedge radyandan küçük olduğu kabul edilebilir. Sonra frekans artırılarak bir seri ölçme yapılır. Ölçme aralıkları dar tutularak gecikmenin periyodu rahatça takip edilebilir. Bu maksatla $\text{tg} 3'$ 'nin teorik olarak sonsuz ve sıfır değerlerinden geçtiği frekanslar yakından izlenmelidir. Pratik olarak 2° ile 88° arasındaki 3 değerleri için hassas ölçme yapmak mümkündür.

5. GRUP GECİKMESİNİN HESABI

4. bölümde tarif edildiği şekilde frekans değiştirilerek, bir kanalın giriş ve çıkış işaretleriyle bir seri ölçü yapılır ve neticeler Şekil 3 "de verilen tabloda toplanır. Kaydedilen bu ölçü neticeleri ile grup gecikmesi kolaylıkla hesaplanabilir.

f («*»)	A*»f c» j	4-« (cm)	fci- "8	9	te
h					
'					
:					
'					

Şekil. 3

Grup gecikmesi Şekil 3'de verilen tablodaki değerlerle ve

$$\text{tg} = \frac{1000}{360^B} \quad (13)$$

bağıntısı yardımı ile hesaplanır. (13) ifadesinde A (23) birbirini takip eden iki frekansta yapılan ölçülerle bulunan $23'$ 'lar arasındaki derece cinsinden fark, Af ise ölçü yapılan bu iki frekans arasındaki Hz cinsinden farktır. Hesap sonucu, ölçü yapılan iki frekansın ortasındaki frekans için milisaniye cinsinden grup gecikmesini verir. Bu kabulün hatalı olmaması için Af mümkün olduğu kadar küçük tutulmalıdır.

TASLÖ. İ

f	A + B	A—B		A + B	A—B		
250	5,3	3,75	7036	1800	2,3	5,4	133,86
300	3,2	5,0	114,76	1850	3,2	5,0	114,76
350	0,9	5,9	162,65	1900	4,0	4,4	95,45
365	0,0	6,0	180,00	1950	4,6	3,6	76,09
400	1,8	5,7	144,95	2000	5,2	2,8	56,60
450	3,7	4,7	103,58	2050	5,7	1,9	40,14
500	5,0	3,0	61,93	2100	5,9	0,9	1735
550	5,8	1,4	27,14	2136	6,0	0,0	0,00
585	6,0	0,0	0,00	2200	5,8	13	29,00
600	5,9	0,7	13,53	2250	5,5	2,5	48,89
650	5,5	2,2	43,60	2300	5,0	3,4	68,43
700	4,8	3,6	73,74	2350	4,3	4,3	90,0
750	3,8	4,6	100,88	2400	3,4	5,0	11137
800	2,6	5,4	128,58	2450	2,5	5,6	131,89
850	1,3	5,9	155,15	2500	1,5	5,9	151,47
892	0,0	6,0	180,00	2552	0,0	6,0	180,00
950	1,6	5,8	149,16	2600	U	5,95	15738
1000	2,8	5,4	125,18	2650	2,3	5,6	131,89
1050	3,8	4,6	100,88	2700	3,3	5,0	110,00
1100	4,8	3,6	73,74	2750	4,4	4,2	8734
1150	5,4	2,6	51,42	2800	5,2	3,2	63,22
1200	5,8	1,4	27,14	2850	5,7	1,9	36,87
1257 "	6,0	0,0	0,00	2916	6,0	0,0	0,00
1300	5,8	1,1	21,48	2950	5,9	1,0	19,24
1350	5,6	2,2	43,0	3000	5,4	2,4	47,92
1400	5,0	3,0	61,93	3050	4,6	3,6	76,09
1450	4,4	3,9	83,10	3100	3,6	4,6	103,90
1500	3,6	4,6	103,90	3150	2,2	5,4	135,67
1550	2,8	5,2	123,40	3212	0,0	6,0	180,00
1600	1,8	5,6	144,36	3250	2,3	5,5	131,11
1650	0,8	5,8	162,29	3300	3,1	4,7	113,18
1686	0,0	6,0	180,00	3350	4,6	3,2	69,65
1700	0,4	5,8	172,11	3400	5,3	13	2736
1750	1,4	5,7	152,40				-

6. ÖRNEK

Yönteme bir örnek olmak üzere, PTT Araştırma Laboratuvarında geliştirilen kanal transfer teçhizatının bir kanalında bir seri ölçü yapılmış ve neticeler Tablo I'de verilmiştir. Şekil 4'de de Tablo I'deki değerlerle hesaplanan o kanala ait grup gecikme eğrisi görülmektedir.

Ş

Seldi. 4

Elektrik Mühendisliği 200

7. SONUÇ

Bu yöntem kullanılan osiloskobun band genişliğine bağlı olarak 30 Hz ile 6 MHz arasında rahatlıkla kullanılabilir. Yöntemin cazip yönlerinden biri cereyan etmekte olan olay Tıakında çok iyi bilgi vermesidir. Zira faz değişimi osiloskop ekranı üzerinden takip edilebilmektedir. Ayrıca, gürültü, osilasyon, diyafoni v.b. ehterferansa sebep olan frekansların varlığını tesbiti/ bu frekanslar hatalı okumalara sebep olacağından, kolayca mümkündür. Elde edilen sonuçlar 6. bölümde verilen örnek te olduğu gibi bir grafik üzerine işlenebilir. Sa dece dikkat edilmesi gereken önemli husus, bil hassa faz değişiminin hızlı olduğu- frekans bandlarında Ölçü noktalarının sıklaştırılmasıdır. - , . - -

KAYNAK

J. Brovm, EV.D. Glazier: Telecommunications; Science Paperbacks.