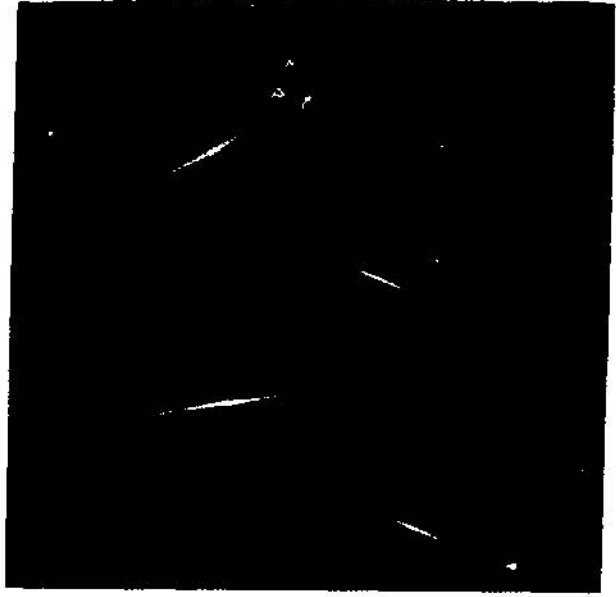


Şekil 1 a: Kurşun katkılanmış cam (çakmak taşı, Hint) çubuk. Bu çubuğa benzer çubuklar 1967'de Faraday etkisini kullanan akım transformatöründe kullanılmıştır.



Şekil 1 b: Katkılanmış silika korlu fiber. Bu fiberin Verdet sabitinin çok daha düşük olmasına rağmen Faraday etkisini N^2 toplayacak kapalı bir yolla duyarlı fiber-optik ölçme aletleriyle bu etkinin algılanması sağlanabilir.

AKIM ÖLÇMEK İÇİN FİBER OPTİK GİRİŞİM ÖLÇERLER: İLKELERİ VE TEKNOLOJİSİ*

J. P. DUPRAZ

Çeviren: Murat KILINÇ

Yüksek gerilim hatlarında akım ölçmek işi, sert UHV/EHV alt birim çevreleri ve transformatörlere© ortaya çıkarılan yüksek güç düzeyleri yüzünden zor bir iştir, (Tablo 1). Geleneksel akım transformatörü tasarımlanırken, üretici, birincil ve ikincil (Primer ve sekonder) devre yakınlığı isteklerini yanılıgıları (hataları) ve maliyeti en aza indirecek ve birincil-ikincil ayrıklığını yeterli yalıtım isteklerini sağlayacak şekilde dengelemelidir.

Buna göre, 20 yıldan daha fazla bir süredir dünyadaki üreticiler, birbirinden tamamen bağımsız yalıtım ve ölçme özellikleri olan ideal bir aygıt üretmeye çalışmaktadırlar. Aşağıda açıklanacak olan Faraday etkisi, bu amacı gerçekleştirmek için çekici bir yol sağlamaktadır. Faraday etkisini kullanarak akım ölçme aygıtı tasarlama girişimleri ciddi bir biçimde ancak 1960'ların sonlarında başlamıştır. Gereç olarak katkılanmış cam çubuklar kullanılmaktaydı ama o zaman ki elektronik ve optik teknolojisi gereken özellikleri sağlamaktan uzaktı. Günümüzde teknoloji, özellikle de tek-modlu fiberlerin gelişen pazar önemiyle,

Faraday etkisini kullanan akım transformatörlerinin güç düzenek işleticilerinin istedikleri şartları fazlasıyla sağlayacak düzeyde kendini göstermektedir.

Tablo 1. Yüksek voltaj akım transformatörü için gerekli olan tipik performans özellikleri.

- En yüksek güç düzenek voltajı - 420 kV Vms
- 50 Hz.deki dayanma voltajı = 630 kV rms
- Yıldırım darbesine karşı dayanma voltajı + 1425 kV (tepe)
- Performans sınırı olan akım (duyarlılık) \ll 3000 kA rms (% 0,2)
- Kısa devre akımı; = 63 kA rms (1 saniye)
- En yüksek tepe akımı =170 kA rms (% 5)

*Özgün Metin; "Fiber-Optic Interferometers For Current Measurement: Principles And Technology", Alsthom Review No: 9-1987

Bu gereçler, geleneksel ransformatörlerden büyük ölçüde değişiklik gösterdiklerinden bu yazı bu tip aygıtların ilke ve teknolojisini anlatmaktadır. Burada anlatılanlar temel kavramlardır ki bunlar bu olayı anlamada bir başlangıç oluşturmaktadır.

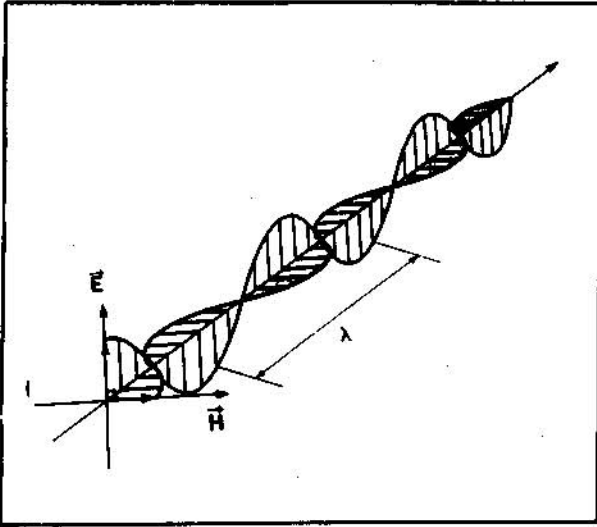
FARADAY ETKİSİNİN FİZİKSEL KÖKENİ:

Faraday etkisi, manyetik bir alan uygulanmış bir maddesel ortamda ortaya çıkan dairesel çift-kırılmaya (birefringence, double refraction) ispatlanan olgudur (1). Bunun ne olduğunu açıkça anlayabilmek için bazı temel kavramları tekrar etmek yararlı olacaktır. Tekrarlanması gereken ilk kavramlar polarizasyon ve çift kırılma olacaktır.

POLARİZE IŞIK:

Işık, dalgaboyu optik aralıkta, görünebilir izgede bir elektromanyetik ışınım (dalgaboyu $400 \text{ nm} < \lambda < 800 \text{ nm}$). Boşlukta, temel bir ışık dalgası, birbirlerine dik ve aynı fazda bir elektrik alanının (E) ve manyetik alanının (H) salınımı ve $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ hızla E ve H ile oluşan düzleme dik olarak hareket eden dalga olarak tanımlanabilir. Bu dalganın tanımını aşağıda verilen değişkenlerle tamamlanabilir.

- Frekans (ya da dalgaboyu) ve süre,
- Yayılma yönü ve duyarlılığı,
- E alanının fazı, yönü ve şiddeti.



Şekil 2a: E ve H alanlarını gösteren doğrusal polarize bir dalga

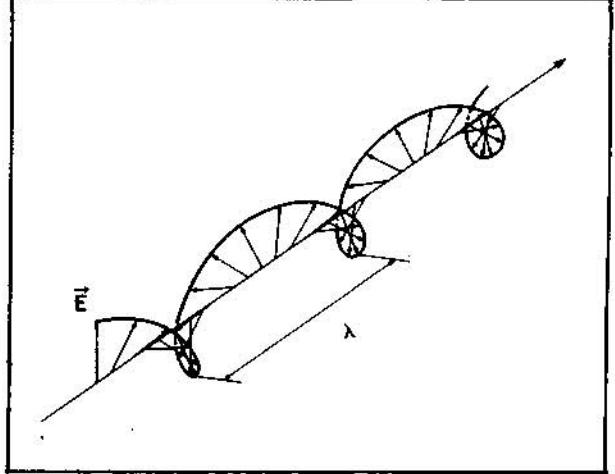
Doğal ışık, birçok sayıdaki temel dalganın yukarıdaki değişkenlerinin rastgele değiştiği bir birleşim olarak algılanabilir. Bu değişkenlerden birini ya da birkaçını ayarlamakla ışığa özellikler verilebilir. Buna göre, tek dalga boyuna sahip ışığa monokromatik ışık adı verilebilir. Özel

(/; Doğasından dolayı, Faraday etkisi elektromanyetik dalgalar için genel bir haldedir ve mikrodalga aralığında özel uygulamaları vardır.

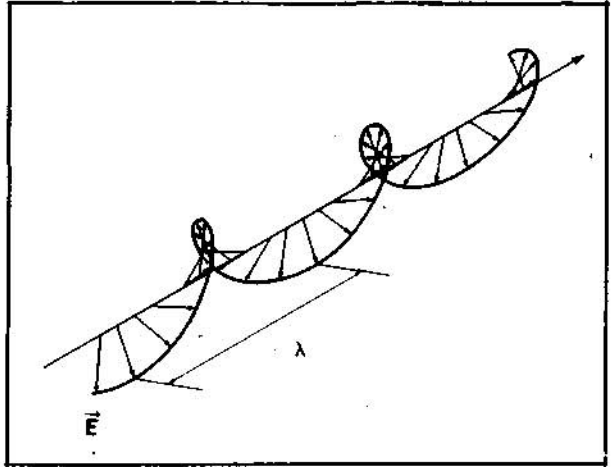
Burada yalnızca optik aralık düşünülmüştür.

bir durum olarak E alanı yayılımında değişmez bir düzlemdeyse, böyle ışığa doğrusal olarak polarize olmuş ışık ve bulunduğu düzleme de polarizasyon düzlemi denir (şekil 2 a)

Herhangi bir temel ışık dalgası, birbirlerine dik polarizasyon düzlemlerine sahip iki doğrusal polarize olmuş dalgadan oluşmuş diyebiliriz.



Şekil 2b: Yalnızca E alanı gösterilen sağa doğru dairesel polarize dalga



Şekil 2c: Yalnızca E alanı gösterilen sola doğru dairesel polarize dalga

Doğrusal polarize dalgalar üstünde çalışmak vektörel yönde bir temel oluşturacağından yararlıdır. Bunun yanında diğer olasılıklarda vardır. E alanları özel bir şekilde düzenlenmiş iki dalgada belli avantajlar getirebilir. Böyle dalgalar elektrik alanı E için sarmal vektör sonlarına sahiptir. Öyle ki sabit bir genlik ve yöne yayılım yönüne paralel tutturulmuş düzleme zamana bağlı bir açı oluşturur.

Bu dalgalar dairesel olarak polarize olmuş dalgalar olarak bilinirler. Sağa doğru ve sola doğru (dextrorotary, levorotary) sıfatları sarmalın yönünü belirler.

Herhangi bir temel ışık dalgası iki ayrı yönde dairesel olarak polarize olmuş dalgadan meydana gelmiş olarak düşünülebilir.

ÇİFT KIRILMA:

Maddesel bir ortamda, dalganın elektrik alanının (E), atomların elektrionlarının yerlerini değiştirmesinden dolayı bir oylumsal (volumetrik) polarizasyon oluşur. Maxwell denklemlerinin çözümü, maddesel ortamdaki yayılma hızının boşluktakinden farklı olduğunu gösterir.

Bu da kırılma indisi kavramını ortaya çıkarır:

$$n = \frac{c}{v}$$

Burda

C» Işığın boşluktaki hızı

V= Işığın belirtilen ortamdaki hızıdır.

Bunun yanında elektronları atomlara bağlayan kuvvetler, elektronların ortamdaki bağlı yerlerine ve doğalarına yüksek oranda bağlıdır. Buna göre, akla uygun olan şey, dışardan uygulanan elektrik alanıyla elektronların hareketlerinin etkilendiğidir.

Kırılma indisi ve böylece dalganın yayılma hızı, dalganın elektrikselsel alanının (E) yönü ve polarizasyon durumuna bağlıdır. Bu olgu çift kırınım olarak bilinmektedir. Bu içsel (yöne bağlı olmayan maddeler için) yaratılmış olabilir (tablo 2).

KAYNAĞIN ETKİSİ	ETKİNİN TİPİ
Mekanik	Fotoelastik
Elektrik	Pockels, Kerr
Manyetik	Faraday, Cotton-Mouton

Tablo 2. Yaratılmış çift kırılma olgusu için örnekler.

ÖZMODLAR VE MOD ETKİLEŞİMİ (coupling)

Işık dalgasının polarizasyon durumu, maddesel ortamda yayılırken değişmezse dalga o ortamın özmodundadır. Özmodlar doğrusal olarak polarize olursa, böyle bir ortama doğrusal çift kırılmalı ortam denir. Ortam, dairesel polarizasyona neden oluyorsa dairesel çift ortam kırılmalı olarak adlandırılır. Özmodlar herhangi bir temel dalganın bölünmesinde bir temel oluştururlar.

Çift kırılmalı bir ortamda özmodlar değişik hızlarda hareket edebilirler. Girdi temel dalga ile tekrar yayılan dalga arasında birbirinden faz farklı bileşenler olarak girişte ve çıkışta gözükcektir. Polarizasyon mod etkileşim iyle birlikte değişecektir.

Bu olgu, doğrusal olarak polarize olmuş dalgaları dairesel olarak polarize yapmak ve ya tersi bir olayı gerçekleştirmek için kullanılabilir. Bu optik gereçlerde çokça kullanılan çeyrek dalga yapılarının işlevidir.

FARADAY ETKİSİ:

Yukarıda belirtildiği gib, yayılım ölçülerinde ışıkla ortamın ilişkisi elektronların ortamda yer değiştirmeleriyle başarılı bir şekilde tanımlanabilir (şu anki gereksinimler için yeterli duyarlılıkta ve basit olarak Her elektron "m" kütlesine sahip ve aşağıdaki itici kuvvetlerle birlikte düşünülmüştür:

— Elektronu denge enerjisi düzeyinde tutan atomik kuvvetler,

—dalganın elektrik alanından doğan ve elektronu denge enerjisi düzeyinden ayırmaya çalışan Coulomb kuvveti.

Elektrik alanın şiddeti yeterince büyük değilse atomik güçler yer değişimine bağlı , geri çağına kuvvetler olarak düşünülebilir. Bundan sonra elektronun hareket denklemini klasik kütle-yay problemi olarak çözülebilir. Dışarıda, dalganın yayılım yönüyle aynı yönde bir manyetik alan uygulandığında elektronun hareketi, uygulanmadığı durumundan farklıdır. Bunun nedeni yukarıda belirtilen iki kuvvetin manyetik alandan dolaylı yolları eğer bir Laplace kuvveti ile ilişkide olmasıdır.

Elektronun hareket denkleminin çözümüyle öbür denklemler de çözülür. Bu oylumsal (Volumetrik) polarizasyonun belirlenmesi. Elektrik yer değiştirme vektörü D'nin ve bunun sonucu olarak da kırılma indisinin bulunmasını sağlar.

Bütün hesaplamalar bittikten sonra, dairesel polarize olmuş yayılım özmodlarında 2 tane kırılma indisinin olduğu görülür. Bu indisler n^+ ve n_0 olarak adlandırılır.

H manyetik alanı maddesel ortamda kendine bağlı dairesel çift-kırılma yaratır. 1845 yılında Micheal Faraday tarafından bulunan bu etki Zeeman etkisiyle karşılaştırılmalıdır (Yayan ya da emen bir çizgisel izgenin manyetik alanın etkisiyle bireysel elemanlarına ayrıştırılması).

Tarihsel açıdan, Faraday etkisi, doğrusal polarize ışık üstündeki çift-kırılma nedeniyle oluşan ve polarizasyon düzleminin dönmesine neden olmasıyla daha iyi bilinmektedir. Çalışma biçimi aynı olmasına rağmen aşağıda gösterileceği gibi açıları değiştiktir.

Doğrusal bir ışık dalgası, biri sağa doğru diğeri de sola doğru dönen iki aynı fazda ve aynı genliğe sahip olan dairesel polarize olmuş dalgadan meydana gelmiş olarak düşünülebilir. Bu dalgalar, yayılım yönüne paralel bir manyetik alanın etkisindeyseler bu iki bileşen Faraday etkisiyle farklı kırılma indisleri n_+ ve n_0 'nin etkisinde kalacaklardır. Bunun sonucu olarak da bu ortamda değişik hızlarda hareket edeceklerdir. Ortamda d_0 kadar yol aldıktan sonra, iki bileşen hala dairesel şeklini koruyacaktır (çünkü bunlar dairesel çift-kırılma ortamının özmodundadırlar). Fakat aralarında d_0 ile verilen faz farkı oluşacaktır (şekil 3)

$$d(\rho = 2n \frac{dL}{\lambda} - n_0 - na)$$

burada X boşluktaki dalga boyunu belirtmektedir. Açık olarak gözüktüğü gibi, tekrar düzenlemeyle bu iki bileşen hala sonuçta doğrusal polarize bir dalga vermeye devam etmektedir. Bunun yanında çıkan dalganın polarizasyon düzlemi ilk dalganın polarizasyon düzlemiyle de kadar açı yapmıştır.

Bu de şu şekilde verilebilir:

$$de = \frac{d\phi}{2} = \pi \frac{dL}{\lambda} (n_0 - nd)$$

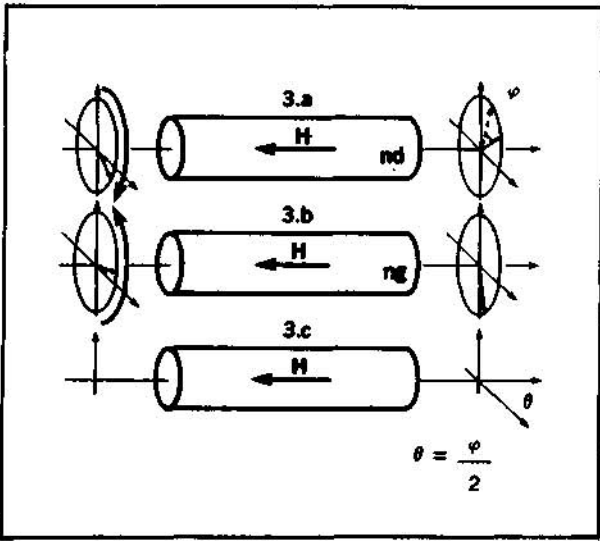
Bu açı yayılım yönünde ortamda alınan yol dL'e ve bunun yanında da dışarıdan uygulanan manyetik H alanına şu şekilde bağlıdır.

$$d\theta = V \cdot \vec{H} \cdot d\vec{T}$$

Burada V katsayısı Verdet sabiti olarak bilinmektedir. Bu sabit aşağıdaki yaklaşım kullanılarak iyi bir duyarlılıkla (2) belirlenebilir. Bu sonuç çift kırılmaya dayanan hesaplamalardan çıkarılmıştır.

$$V \cdot C = \frac{dNe}{M} \cdot \frac{\mu}{\beta^2 n} \cdot \frac{1}{(1 - (\lambda_0/\lambda)^2)^2} \cdot \frac{1}{\lambda^2}$$

Burada c evrensel bir sabittir (c = 2, 070 * 10⁸ Vs.ı) Maddenin yapısı aşağıdaki etkenlerin etkisindedir.



Şekil 3: Faraday etkisinin gösterimi şekil 3 a. ve 3b dairesel polarize olmuş dalgaların H alanının etkisiyle bağlı faz kaymalarını göstermektedir. Şekil 3 c'de ayrıca doğrusal polarize dalganın dönmesini şekil 3a ve 3c'deki vektörlerin toplamı olarak göstermektedir.

- Yoğunluk d,
- Ortalama moleküler kütle M (kg),
- atom başına harekete geçen ortalama elektron sayısı Ne,
- Elektronlar için yarı-esnek etkileşim katsayısı p (N/M),
- bağıl geçirgenlik katsayısı μ.
- kırılma indisi n,
- optik elektronlara bağlı doğal frekansın dalga boyu X (<-)
- ışığın boşluktaki dalga boyu X,

(2) Bu denklem iyonik polarizasyon ve içsel elektrik alanla iyonların yerlerinin değişimini ihmal etmiştir. Bunların sayısal olarak değersiz olmalarına rağmen çalışma düzenini doğru olarak anlatmasından dolayı yararlıdır.

örnek olarak tablo 31e değişik ortamlar için Verdet sabitleri verilmiştir. Yukarıdaki denklem, bize dikkat edilmesi gereken birkaç noktayı düşündürmektedir.

DALGA BOYUNUNUN ETKİSİ:

Kaynamış silika (silisyum dioksit) için Xo yaklaşık 80 nm'dir 800 nm'ye yakın dalga boyu X kullanıldığında (yarı iletken lazerler için geçerli değildir) (Xa/X)² oranı % V dir. Buna göre, ilk yaklaşım,Verdet sabitinin, dalga boyuyla (1/X²) şeklinde karakterize edilebileceğidir.

Bir helyum-neon lazeri (X = 633 nm) iletim tipi yarı-iletken lazerden (X = 1300 nm) 1"e 4.2 oranında daha iyi bir duyarlılık sağlayacaktır. Işık kaynağının dalgaboyu herhangi bir nedenden dolayı değişiyorsa (ısı değişimiyle olan değişiklikler gibi) bu değişimlerin etkisi Verdet sabitinde dikkate alınmalıdır.

SICAKLIĞIN ETKİSİ:

Denklemden yalnızca μ. sıcaklıktan fazlasıyla etkilenmektedir. Buna göre, ferrit bir ortamda Faraday etkisi sıcaklığa önemli derecede bağlıdır.

Optik araçlar için kullanılan maddeler genellikle diaman-yetiktir. (silikada olduğu gibi) böylece μ. bire yakındır ve ısıyla değişmemektedir.

Sonuç olarak Verdet sabitindeki oynamalara, n indisini ve Xo'nun değişmesine neden olan (3 etkileşim katsayısı sebep olmaktadır. Bu değişim silika için kurşun katkılanmış camdan çok daha azdır; bu da fiberlerden yapılmış duyarlılık ölçerlerin üstünlüğünü göstermektedir.

MADDENİN ETKİSİ:

Madde, Verdet sabitini yoğunluğu ve kimyasal yapısıyla etkilemektedir. Bunun sonucu olarak Verdet sabiti madde seçimi ya da değişimiyle (katkılama yoluyla) artırılabilir ya da azaltılabilir. Bu sabitin artırılması alan şideti ölçümlerinde işe yarar azaltılması ise girişimden bağımsızlık kazandırmak için (fiber-optik jireskop) için kullanılır.

UYGULAMA:

Faraday etkisi basitçe şu ikisinden biri olarak gösterilebilir.

$$(p-2) fVH^2 dL^*$$

$$e=fV-tf-dL^*$$

MADDE	V (μ,rad/A)
Yüksek yoğunluklu çakmaktaşı	20
Baryum oksit atkılanmış çakmaktaşı	5,5
Silika	2,8
Su	2,6
Elmas	2,4

Tablo 3. 800 nm'lik dalga boyunda çeşitli maddelerin Verdet sabiti.

Uygun denklem, iki dairesel polarize dalga için H tarafından yaratılan $\langle p \rangle$ bağıl faz kayması veya doğrusal polarize olmuş dalga için polarizasyon düzleminin 6 açısı kadar dönmesi için seçilir. Manyetik alan I akımı tarafından yaratılmış ve bu dalgalar bu akımın aktığı iletkenin etrafında maddeyle N kere çevrilmişse, bu şu sonucu ortaya çıkarır,

$cp-26 \ll 2VN$ dır.

(p veya 8 'nın ölçümü l 'nin ölçümüyle aynı anlama gelir.

FARADAY ETKİSİNİN ALGILANMASI:

Yukarıda belirtildiği gibi, Faraday etkisi iki dairesel polarize olmuş dalga arasındaki fazla yada doğrusal polarize olmuş bir dalganın polarizasyon düzlemindeki dönmesiyle tanımlanabilir.

İki algılama yönetimi de sonuçta verimlidir.

POLARİMETRE YÖNTEMİ:

Bu teknikte, temel ışık dalgaları doğrusal polarize dalgalardır. Çapraz polarizeler, gelen dalganın polarizasyon düzleminin H manyetik alanıyla oluşan dönmesinde kullanılır.

Bu yöntem literatürde yeterince açıklanmıştır. Bu yüzden burda daha fazla detaya girilmeyecektir.

GİRİŞİM ÖLÇER YÖNTEMİ (İnterferometer Method):

Bu yöntem için temel ışık dalgaları dairesel polarize dalgalardır. 2. dalga girişim oluşturacak şekilde getirilir ve Faraday etkisiyle oluşan faz farkı $cp'y^8$ oluşan girişim yapısındaki değişiklikler ölçer.

Bu iş için uygun bir alet SAGNAC girişimölçeridir. Sagnac girişimölçerinin çalışması sagnac etkisine dayanır ve optik Jireskoplarda kullanılır. Faraday etkisinde olduğu gibi sagnac etkisi de ters olarak çalışmaz.

Şekil 4a ve 4b'de I akımı tarafından yaratılan Faraday etkisini ölçmek için kullanılan sagnac girişimölçerinin çalışma ilkeleri gösterilmektedir. Girişimölçerinin çıkışında algılanan dalgalar geometri olarak aynı yolu alırlar, yalnız biri girişimölçer döngüsünü bir yönden katederken diğeri aksi yönde kateder.

Çeyrek dalga yapraklarının görevi ışığın maddesel ortamdan geçerken daireseli olarak polarize olmasını sağlamaktır. Maddesel ortamda da Faraday etkisi oluşmaktadır.

I akımının yokluğunda (3) yani H manyetik alanının yokluğunda, dalgalar maddesel ortamda aynı indise sahip olacaklar ve yönlerinden bağımsız aynı optik yolu katedeceklerdir. Algılayıcı düzeyinde bu dalgalar birleştirici ve sabit bir şekilde karışacaklardır. Halkanın uzunluğundaki herhangi bir değişme (maddenin genişlemesi gibi) dikkate alınmayacaktır. Çünkü ayrı yönlerden yayılan

dalgalarla aynı şekilde algılanılacaktır. I akımı girişimölçer halkasının içinden aktığı zaman bu akım yayınım yönünde tek bileşeni olan ve dairesel çift kırılmaya neden olan H manyetik alanını yaratacaktır. Bundan böyle aynı yönlerde yayılan dalgalar aynı indisle karşılaşmayacaklar ve böylece maddesel ortamda kalma süreleri de farklı olacaktır. Bu da algılayıcı tarafından ölçülebilen bir faz kayması yaratacaktır.

Şekil 5,-algılanan optik gücün akım cinsinden işlevini sunan kanunu göstermektedir.

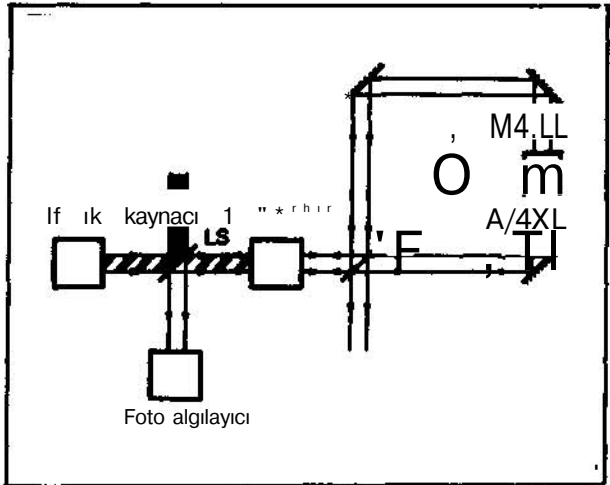
GİRİŞİMÖLÇER YÖNTEMİNİN KAZANÇLARI:

Bu düzenleme zamanla değişmeyecek şekilde sağlanmıştır. SAGNAC girişimölçeri Faraday etkisi gibi ters olmayan olguları algılar. Özellikle, ısıdan dolayı oluşan, etkin maddenin genişlemesi gibi etkilere karşı duyarlıdır, örnek olarak yada olasılık içerisinde olan, maddenin optik hareketliliğidir ki bu hareket tersinirdir (Bunun etkisi dalga yayınım yolundan bağımsızdır).

Karşı yayınım için geometrik yolun farkı algılanan farkla sınırlıdır. 10' dalgaboyluk bir yolda tipik olarak bir dalgaboyundan az yol olarak görülür. Bu, uyumsuz ışık kaynaklarının kullanımını olanaklı kılmaktır. Tek döngülü bir girişimölçer gerekli dinamik aralığı sağlayabilir. Özellikle, en yüksek ölçülecek akım olan 170 kA'e ulaşan değerlerli ölçmede transfer işlevi tekdüze bir şekilde davranmaktadır (Bu fiberin sonuna ayna yerleştirilerek elde edilen, Faraday etkisini iki katına çıkaran polarimetre yönteminde böyle değildir).

ELEKTRİK AKIMI ÖLÇÜMLERİNDEKİ UYGULAMA:

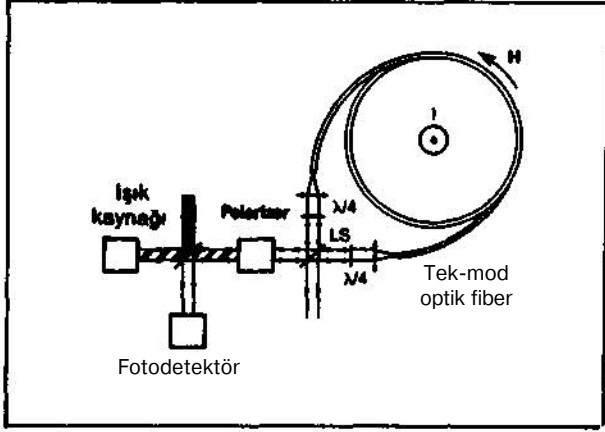
Bu bölüm, EHV/UHV güç hatlarında akım ölçümleri için



Şekil 4a: SAGNAC girişimölçerinin ilkisi. Mavi ışık ışınları doğrusal, san olanlar ise dairesal polarize olmuş ışınlardır. Oklar dalgaların yönlerini belirtmektedir: Algılayıcıya yol boyunca hareket ettikten sonra dönenlerin biri bir yönde, diğeri ise onun aksi yönündedir.

(3) Ayrıca aygıtın dönmemesi sağlanmalıdır. Çünkü aygıt döndüğü zaman SAGNAC etkisi yüzünden bir faz kayması belirecektir.

gerçekleştirilebilir uygulamaları açıklayacaktır. Şekil 6' da gösterilen alet tasarımına iki amaç yüklenmiştir. İlk amaç, girişimölçeri ve gerekli elektroniği performansı artıracak şekilde yeniden düzenlemek, ikinci amaç ise, tek-modlu optik fiberleri girişimölçerinin bileşenlerinde kullanmaktır.

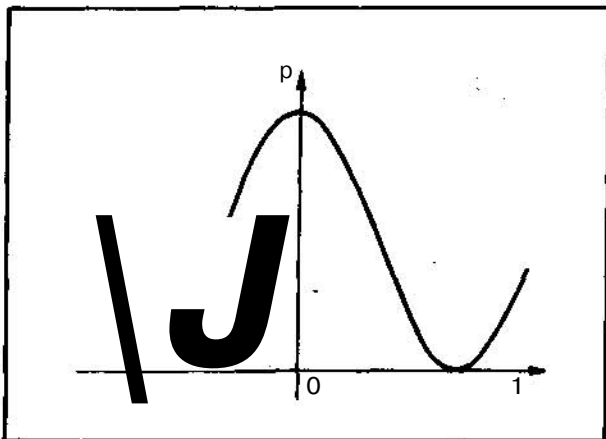


Şekil 4b: Şekil 4a'daki gibi fakat bu sefer dairesel polarizasyon sağlayan optik fiber kullanılmış iletkenin çevresinde bir dönüş yapılabilmektedir.

PERFORMANSIN ARTIRILMASI:

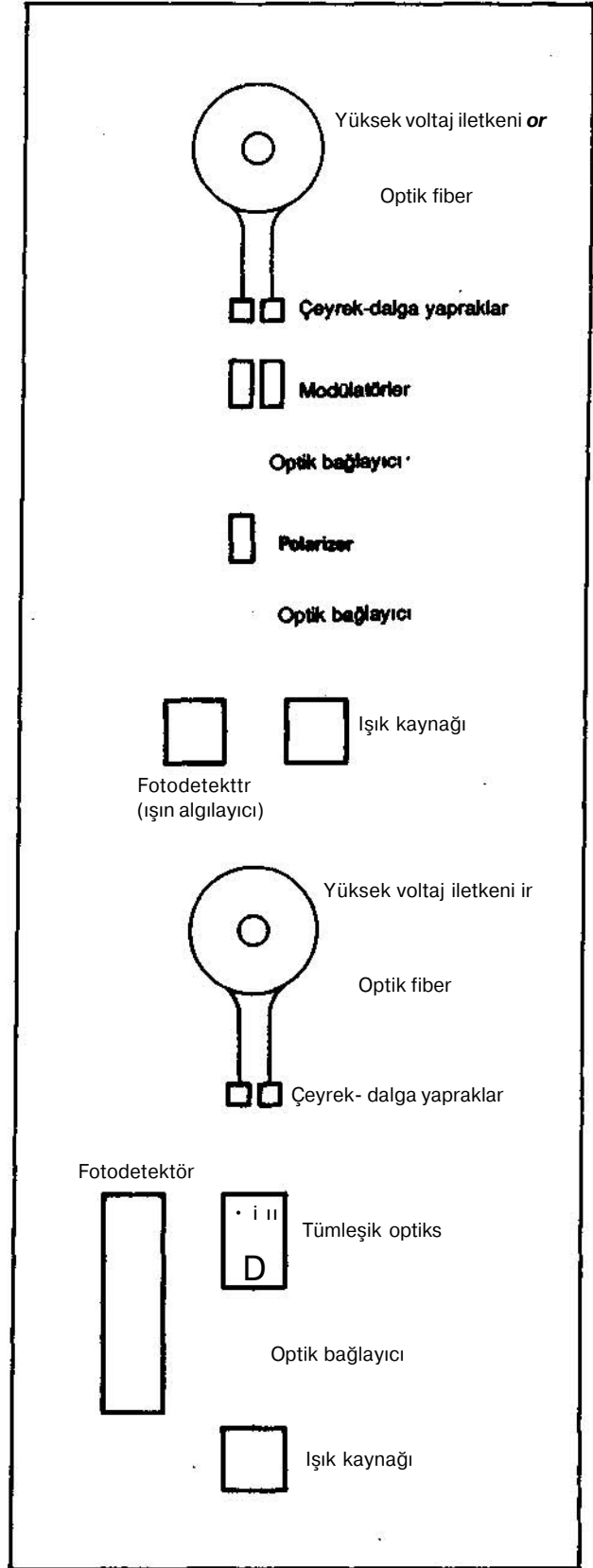
Şekil 4a'da gösterilen tasarım kararlı bir ölçme aleti sağlamaz, çünkü etkin ortamda I tarafından oluşturulan alan ortamın iletkenine olan uzaklığına bağlıdır. Bununla birlikte başka iletkenlerden akan akımlarda ölçülecek I akımı üzerinde ayırtedilebilecek karışıklıklar meydana getirirler.

•Bu sorun iletkenin çevresini bir yada birkaç kez tamamen saran madde de Faraday etkisi kullanılarak çözülebilir. Optik fiber dalgayı yönlendirmek ve Faraday etkisini kullanmak için en doğal seçenektir. Tersinir olmayan akım Faz farkı $\lt; p$ sonuç olarak iletken çevresinde N kere döndürüldüğünde aşağıdaki gibi toplanır:



Şekil 5: İletkenden geçen akım ile algılayıcıda belirlenen gücün ilişkisi (şekil 4a ve 4b'ye bakınız). Bu ilişki

$$P = \frac{1}{2} P_0 (1 + \cos \phi)$$



Şekil 6: Fiber optik teknolojisini kullanan akım ölçer girişimciler şeması.

$$\rightarrow \rightarrow$$

$$\langle p = N-2 \text{ fV} - H - dL$$

Burada N iletkenin etrafındaki optik fiberin dönüş sayısı ve (p'de kapalı olan temel dönüştür.

Verdet sabiti bütün yol boyunca değişmiyorsa Ampere kuramı bize şu sonucu verir:

$$\langle p = 2VNl$$

Sonuç olarak faz farkı iletken halkanın içindeki yerine bağlılıktan kurtulur ve halkanın dışındaki iletkenlerce üretilen alanlarda bağımsızlık kazanır. Şekil 5, temel bir girişimölçer algılamasının aşağıda verilen tipinin kullandığı kanunu göstermektedir.

$$P = \frac{1}{2} P_0 (1 + \cos \langle p)$$

burada P_0 Faraday etkisinin olmadığı zaman ($\langle p = 0$) algılanan güçtür. Çok düşük akım mdeğerleri yani çok düşük $\langle p$ değerleri için kosinüs algılama kanunu yüzünden çok düşük algılama düzeyi meydana gelmektedir. Bununla birlikte, bu algılama, küçük açılar için en yüksek duyarlılığı vermek üzere sinüs kanununa çevrilebilir.

Uygulanan yöntemde, halkanın içinde yayılan ve yayılan karşıtı dalgalar üstünde etkin olabilmek için ışığın yayılım hızının ölçülebilir değerleri kullanılmaktadır. Optik jireskoplarda başarıyla kullanılan bu teknik girişimölçer halkasının iki girişine yerleştirilen ve modülasyon frekansında iki yayılan ve karşı yayılan dalga arasında dönemsel faz farkı yaratmak için faz karşıtı olarak çalışan elektro-optik faz kaydımcılar kullanılmaktadır (örnek; lityum niobat içinde pockels etkisine dayanan faz kaydırcıları şekil 7a ve 7b).

Girişimölçerlerin çıkışında algılanan sinyalde f frekansıyla birlikte aşağıdaki genlik görülür.

$$A \text{ ot } J_1(6) \sin(p)$$

burada

J_1 = birinci cins birinci dereceden Bessel işlevi;

δ = modülasyon nedeniyle oluşan tersinir faz farkı,

$\langle p = 2VNl$ = Faraday etkisi nedeniyle oluşan faz farkı.

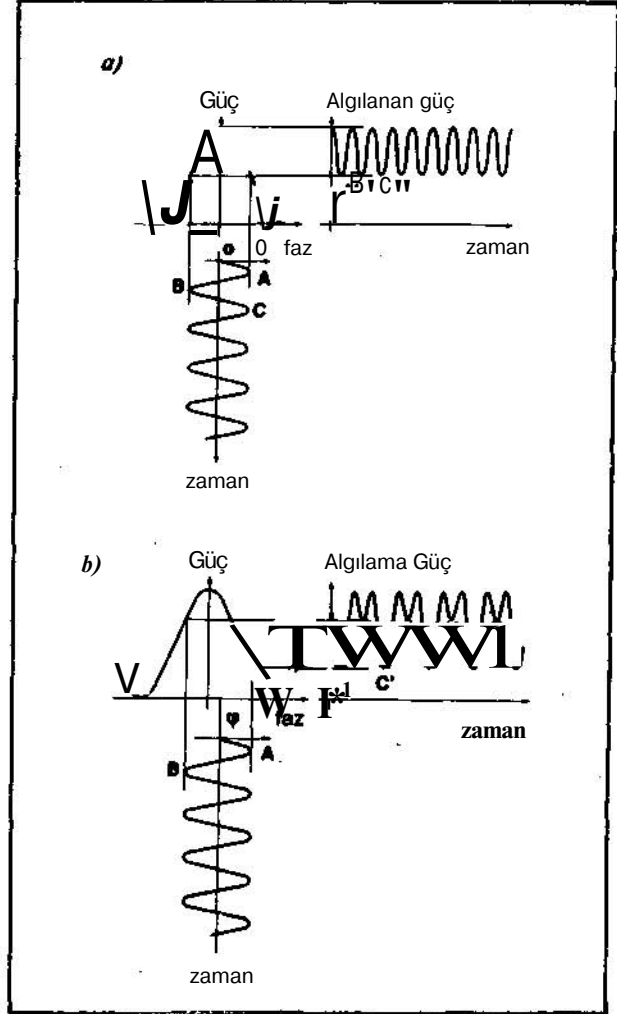
Girişimölçer kullanan bir akım transformatöründe kullanılan kısa boylu fiberlerin yol açtığı yüksek modülasyon frekansı, firmaların modülasyon frekansı 10 MHz'i aşan durumlarda da çalışan basit bir eşzamanlı algılama (synchronous detection) tekniği geliştirmeye zorlamıştır. Bu kavramsal gelişmelerle yalnızca foton gürültüsüyle sınırlanan duyarlılık performanslarını sağlayacak olanaklar ele geçirilmiş olmaktadır. Bu düşünüşler teknolojik gelişmelerle, aşağıda açıklanacaktır.

TEK MODLU FİBERLERİN KULLANIMI:

Faraday etkisini kullanan transformatörlerin başarıyla gerçekleştirilmesinde anahtar etken, yüksek performans ve kalite sunan ticari tek-modlu fiberlerin hazır ol-

masıdır. Fakat tek modlu fiberlerin özellikleri kullanıldıkları alana göre (girişimölçer kullanımı veya iletişim uygulamaları) değişmektedir. Girişimölçer için tek-modlu fiber kavramı daha da kısıtlayıcıdır. Girişimölçerde yalnızca HE II teme L modu olmalıdır, bu ayrıca polarizasyon durumunu sağlamak içinde gereklidir.

Akımı ölçülecek iletkenin çevresine yerleştirilen fiberin, özellikle birbirini etkilemeden dairesel polarizasyon modlarını yaratacak yeteneği olmalıdır. Diğer bir deyişle,



Şekil 7a: ölçmek için akım olmadığından f frekansındaki 6 faz modülasyonunun girişim yapısını simetrik olarak algılar. Algılanan sinyalin izgesi modüle sinyalin yalnızca çift harmoniklerini içerir. Böylece f frekansında herhangi bir enerjinin varlığı söz konusu değildir.

Şekil 7b: Ölçülecek akım yüzünden tersinir olmayan faz kayması olduğu zaman girişim yapısı asimetric olur. Böylece çıkış sinyalinde önceki harmoniklerde görülür, f frekansındaki harmoniğin genliği faz kaymasının sinüsüyle orantılıdır.

Bu yöntemin, Fransız fiber-optik jireskop uzmanları tarafından ortaya çıkarılmıştır. Bu yöntemle bir kosinüs algılama kanunu sinüs kanununa kararlı bir şekilde çevrilmektedir.

yukarıdaki deymi kullanarak bu fiber dairesel çift kırılma özelliğine sahip olmalıdır. Fiberin iletkenin çevresinde bir kaç tur dönme zorunluluğu onu, eğilmeden dolayı oluşan mekanik gerilmelerle karşı karşıya kalmasına neden olmaktadır. Bu gerilmeler de, fiberde doğrusal çift-kırılma etkisi yaratmaktadır. Fotoelastik (ışınışneklik) kuramı bize çiftkırılma etkisinin aşağıdaki kanunla değiştiğini göstermektedir.

$$A_n = -\frac{jL}{4} \cdot (P_{12} - P_{11}) \cdot (1 + \mu) \left(\frac{d}{D}\right)^2$$

Burada

$n \approx 1.46$ (kırılma indisi)

$P_{12} - P_{11} \approx 0,15$ (fotoelastik girginin (tensor) bileşenleri

$\mu \approx 0,16$ (poison oranı)

$d \approx$ Fiberin çapı

$D \approx$ İletkenin çevresindeki halkanın çapıdır.

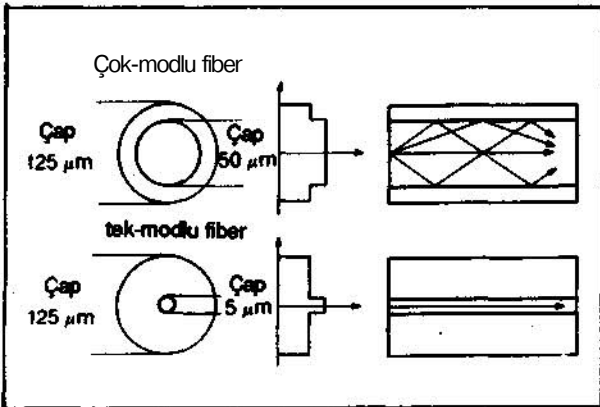
Çift kırılma, görüldüğü gibi halkanın çapıyla ters-orantılıdır. Bu çift kırılma, sorun yaratıcıdır. Çünkü bu yüzden modlar arasında etkileşim oluşmaktadır. Örnek olarak girişte sağa doğru dairesel polarize bir dalga çıkışta sağa ve sola doğru dairesel polarize olmuş dalgaları alarak görünmesi verilebilir. Bu da ölçüm duyarlılığını etkilemektedir.

Doğrusal çift kırılma, üretim hataları ve yerel basınçlar gibi etkenlerden dolayı da gözükür.

Bu istenmeyen durumların getirdiği etkiler istenilen ölçme duyarlılığının ışığında kabul edilebilir düzeylere indirilebilir. Bu fiberin yeterince dairesel çift-kırılma sağlayacak şekilde fotoelastik etkiyi kullanması için burulmasıyla elde edilir. Böylece istenmeyen doğrusal çift kırılma, ihmal edilebilir düzeye iner.

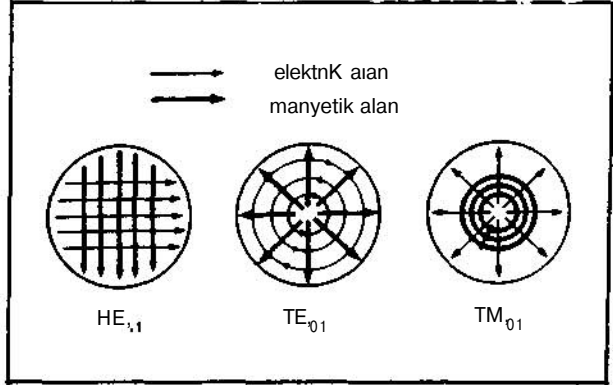
Sonuç olarak fiberin özel bir dönme gücü vardır. Bu optik etkinlik SAGNAC girişimölçerinden sapma gösterir çünkü bu olgu tersinirdir; öyleki karşı yönlerden gelen dalgalar için aynı etkiyi gösterir. Bu tersinir olmayan Faraday etkisiyle olan farkı belirler.

Optik fiberler burulmak için biçilmiş kaftanlardır. Çünkü küçük çaplı fiber maddeler "yığın" maddelerden çok daha fazla dayanma gücüne sahiptirler.



Şekil 8a: Çok-modlu fiberlerle tek-modlu fiberler arasındaki yapısal ve teorik farklılıklar.

Firmalar tek-modlu fiberlerin değişik mekanik gerilmeler karşısında zamana göre davranışlarını incelemek üzere uzun süreli testler yapmıştır. Burulmayla ilgili gerilmeler üzerinde özellikle durulmuştur, (şekil 9)



Şekil 8b: Tek modlu optik bir fiberde elektrik ve manyetik alanın yere göre dağılımının gösterimi uygun kor boyutu, kor/metal kaplamanın indis farklılıkları dalgaboyu seçimi ile "HE" dışında modlar elde edilebilir. Bu mod "dejenere" olarak adlandırılır, çünkü alanlar yayınıma dik düzlemde herhangi bir öneme sahip değildirler.

Şekil 4b, bir SAGNAC girişimölçerinin genel görünümünü vermektedir. Renkler ışığın değişik polarizasyon hallerini gösterecek şekilde seçilmiştir. Sarı renkle gösterilen kesit biraz önce açıklanan burulmuş fibere aittir.

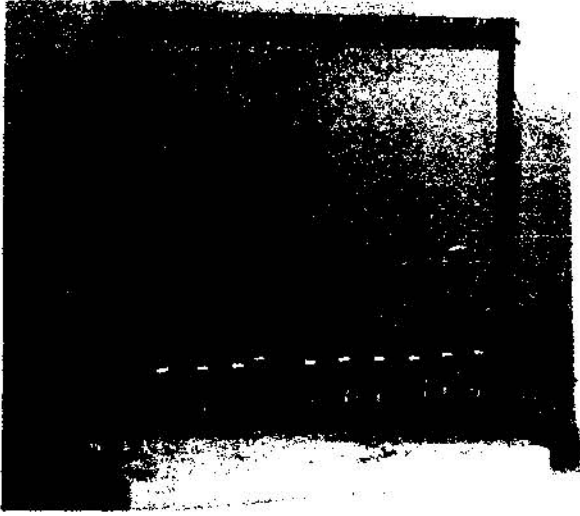
Mavi renkle gösterilen kesitte ışık doğrusal olarak polarize olmuştur. Dalga bu bölgelere, hazır elde bulunan ticari yüksek çiftkırılma özelliğine sahip tek modlu fiberlere yönlendirilebilir. Burada fiber doğrusal polarizasyon sağlayan tek-modlu dalga klavuzu olarak kullanılmaktadır.

Burada kullanılan ilke yukarıda, belirtilen aynı nedenle türetilmiştir. Ama bu halde dikkat, dairesel özmodlardan doğrusal özmodlara çevrilmiştir. Daha önceki gibi amaç fiberde doğrusal çift-kırılma üretmek böylece istenmeyen çift-kırılmaı en aza indirmektir.

Yapım sırasında istenilen yapıyı sağlamak için kullanılan en etkin yöntem, oluşturulacak yapının iç duvarlarını kırılma indisine ve bunun yanında genişleme katsayısına göre seçilen bir katkıyla asimetric olarak zorlamaktır. Bu oluşturulacak yapıda, bu yapıyı oluşturan maddelerle olan farklılığı ortaya çıkarır. Fiberin şekillenmesi sırasında katkı kullanılmış bölgeler fiber koru üstünde yüzeysel gerilmeler meydana getirecek ve fotoelastik etki yüzünden çok yüksek doğrusal çift kırılma sağlanacaktır. Bu işlem doğrusal polarize dalganın klavuzluğunu ve polarizasyon istemlerini tamamen tatmin edecek fiberlerin üretimini olanaklı kılar. Böyle fiberler ticari fiber optik jiriskopların ortaya çıkmasıyla kabul edilebilir fiyatlar ve nitelik düzeylerinde elde edilebilir. Şekil 10, sıradan tek-modlu fiberin kesitiyle birkaç ticari yüksek çift kırılma özelliğine sahip fiberlerin kesitlerini göstermektedir.

DİNAMİK ARALIK:

Dinamik aralığı sınırlayan bazı etkenler bu bölümde incelenmiştir.



Şekil 9: Tek modlu fiberler üstünde uygulanan,uzup süreli dayanıklılık testi.

U - K sin (ϕ)

$\langle p = 2VN \ll \text{Faraday etkisinden dolayı oluşan faz farkı}$

K » Ölçülendirme katsayısı

U = Çalışma voltajı

Buna göre algılama kanunu periyodiktir ayrıca doğrusal da değildir.

Bununla beraber, faz koyması $\langle p + 7t/2$ sınırları içinde

ise, algılama kanununun yerel olarak yavaş artması (monoton) yüzünden girişim saçaklarını sayacak bir düzeneğe ihtiyaç yoktur. Buna ek olarak değişim aralığı yeterince dar ise, doğrusal olmayan işlem elektronik devrelerle kolayca doğrusal hale sokulabilir. Böylece, en yüksek ölçülebilir akım şu şekilde verilebilir.

$$I_{max} = \frac{\langle \Pi \rangle}{4VN} \quad (\text{tepe değeri})$$

$0 < \langle \langle K \rangle \rangle$

Örnek olarak verilirse, $N=1$, $V \ll 2,8 \times 10^{11}$ ve $\langle \phi \rangle = 0,6$ değerleri için $I_{max} = 168$ kA olarak çıkar, bu da yasalarda belirtilen tipik asimetrik kısa devre akımıdır. Endüstriyel akım ölçme sınırı foton gürültüsüyle belirlenmiştir. Bu gürültü ışığın parçacık yapısından ve algılayıcıda fotoelektrik etkisiyle oluşan yük taşıyıcılarının belirsiz doğasından kaynaklanmaktadır.

Bununla en az algılanabilinen akım şu şekilde verilir:

$$I_{min} = \frac{1}{2VN} \sqrt{\frac{2hc}{XP}} B$$

burada

h - Plank sabiti

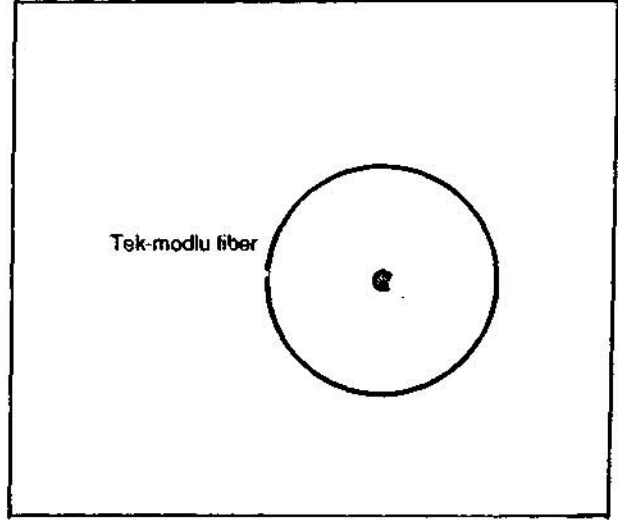
c = ışığın boşluktaki hızı

B = etkin band aralığı

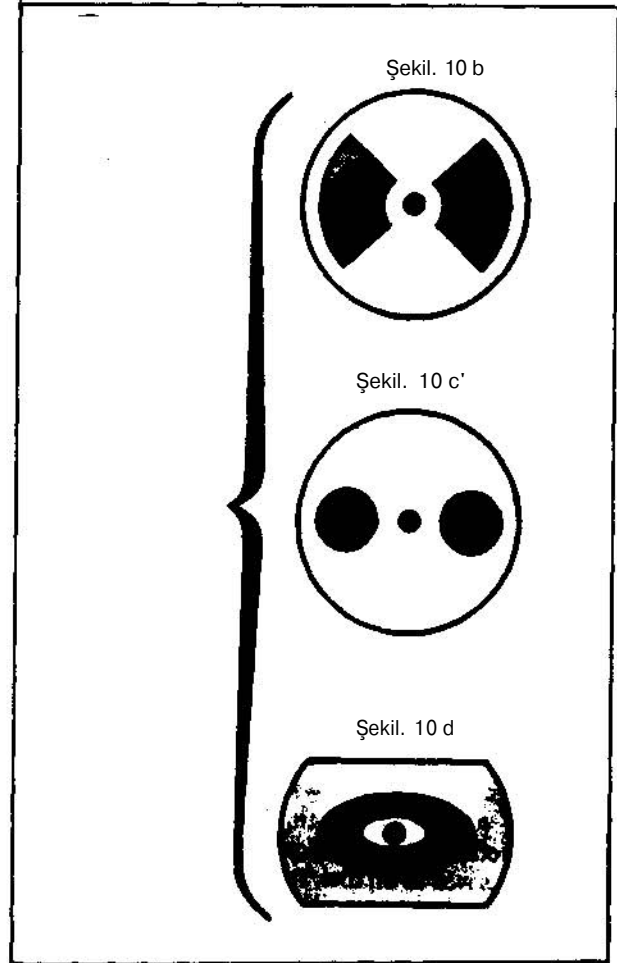
P « çalışmazken algılanan güç

bunlarla dinamik aralık şu şekilde belirlenir.

$$D = \frac{J_{max}}{\sqrt{21 \min}} = \frac{\phi \pi}{4} \sqrt{\frac{\phi \pi}{hcB}}$$



Şekil 10a: Sıradan tek-modlu fiberin kesiti.



Şekil 10b, 10c, 10d: Çeşitli ticari polarizasyon sağlayıcı fiberler, kollar yüzeysel gerilmeler sağlayan bölgelerle çevrelenmiş.

Sayısal bir uygulama, dinamik aralığın 10^5 düzeyini aşacak bir sonuca ulaşmamızı sağlayacaktır. P ve B'nin uygun seçimleriyle 10^6 düzeyinde değerler elde edilebilir. Foton gürültüsü en alt sınırı belirlerken öteki gürültü kaynakları da dinamik aralığı sınırlayabilir. Bu en iyi kazançları verecek teknoloji ve yöntemlerin kullanılmasının gerekliliğini gösterir.

TEKNOLOJİLER:

SAGNAC girişimölçeri güçlü bir araçtır. Optik fiberlerde yüksek performans etkileşimli ortam ve dalga klavuzu yaratırlar. Bu ikisinin silika fiberin yalıtım özelliğinden de yararlanılarak oluşturulacak düzenlemesi, yüksek voltaj elektrik güç iletim düzeneklerinde ilginç yeni olasılıkları ortaya çıkaracaktır.

ölçüm dinamik aralığı, duyarlılık, uzun dönem kararlılığı ve güvenilirlik gibi performans özellikleri firmaja/j .gerekliliği işlemleri sağlamak üzere yeni bir düzenleme ve optik eleman teknolojisi geliştirmeye itmiştir. Bu teknoloji akım ölçmek için kullanılan girişimölçerin beklenen performansını bazan özel karakteristikten bağımsız olmalıdır.

Gelecek bölüm, istenenleri tatmin edecek elektro-optik ve optik eleman teknolojisini anlatacaktır. Burada belirtilmesi gereken nokta, belirtilen birçok elemanın Fransa ve Fransa dışındaki ülkelerde fiber-optik jrometrisi üzerine yapılan çalışmaların sonucu olduğudur.

IŞIK KAYNAĞI:

Aletle en önemli etkinbileşen ışık kaynağıdır. Girişimölçer aklımıza hemen lazeri getirmektedir. Laserler hakkında zamanımızda uyumlu ışık özellikleri hakkında masal gibi söylentiler dolaşmaktadır. Buna rağmen, daha önce belirtildiği gibi SAGNAC girişimölçeri kısa eşevreli boyu olan ışık kaynağı kullanımına izin verir, çünkü birbirleriyle girişen dalgalar arasındaki geometrik yol farkı yalnızca bir dalgaboyu düzeyindedir ya da 1 mikron civarındadır. Buna göre ışık kaynağının performans özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- optik-fiber klavuzlama potansiyeline uygun dalgaboyu (≈ 800 nm gibi)
- fibere yüksek güç itimi
- dalga boyu kararlılığı
- fibere itilen gücün kararlılığı
- yüksek güvenilirlik
- uzun ömür
- polarize ışık yayınında polarizasyon düzleminin kararlılığı
- çevre aletlerle kullanım uyumluluğu
- kabul edilebilir maliyet

Işık yayan diodlar (LED) buradaki birçok leritere uymakla birlikte tek-modlu fiberde enerji etkileşimini sağlamak için uygun değildir. Bu iş için yarıiletken lazerler çok

daha uygundur. Bununla birlikte bu lazerler günümüzde geçerli olan pazar elektroniğine göre tasarlanmıştır. Örnek olarak compact disk çalıcılar ve haberleşme elemanları için üretilenleri verebiliriz.

İlk halde elemanlar daha ucuzdur ama fiziksel yapıları fiberle ilgili işlere uzun-ömürlülük ve sıcaklıkla ilgili sorunlar nedeniyle pek uygun değildir. Haberleşme lazerleri ise genellikle fiber bir düzenele ortak şekilde düzenlenmiş ve sıcaklıkla ilgili şartları sağlayacak şekilde fiziksel bir yapıda sunulmuştur. Bunun yanında bu lazerlerin izgesel saflığı çok yüksektir. Buda onları eşevreli yapar (Bu özellik buradaki kullanım için gereksiz ve bunun yanında sorun yaratıcıdır). Ayrıca bu lazerler çok pahalıdır.

Bundan daha kötüsü SAGNAC girişimölçerinin performansını sınırlayan gürültü kaynakları üzerinde yapılan araştırmalar değişik diyoptrilerde (mercek gücü) parazitik yansıma olgusunun mod etkileşimlerindeki farklılıklarını ve RAYLEIGH geri saçılmalarının kısa yapışma uzunluklu kaynak kullanımını zorlayan etkenler olduğunu göstermiştir.

Bunların yanında bu işe uygun ideal bir kaynaktadır; süper radyant diod (SRD), Bu eleman 500 W'ı geçen güçleri yalnızca 5 ı. m çaplı koru olan fibere basabilmekte ve sagnac girişimölçerlerinin isteklerine uyan en iyi yapışma uzunluğunu (50 ı. m) sağlamaktadır.

FOTODETEKTÖR (ışınal algılayıcılar):

Fotodetektör 800 nm dalgaboyu kullanmak şartıyla herhangi bir sorun yaratmamaktadır. PIN-tipi silikon foto-diodlar düşünülen uygulama için yeterli gürültü karakteristiğine ve algılamaya sahiptir.

TEK-MODLU FİBER KULLANAN BAĞLAYICILAR (couplers)

Şekil 4b, girişimölçerin temel elemanlarından ayırma yaprağını göstermektedir. Gelen ışını iki ikincil'ışına ayırma işi bu elemanca yapılmaktadır. Bu işlev optik dalga klavuzu tekniğini kullanan bağlayıcılar (coupler) tarafından da gerçekleştirilebilir. Gerçekte işlevsel açıdan optik bağlayıcılar mikrodalga bağlayıcıların optik frekanslara taşınmış halidir.

Tek-modlu fiberlerle bağlayıcı yapmanın iki çeşit endüstriyel tekniği bulunmaktadır. Birinci teknik, iki fiberin yerel olarak soyulmasını gerektirir. Buda daha önce eğilmiş iki fiberin kesme yada inceltme gibi yollarla metalkaplamanın kara değmeden olabilecek en yakın yere yerleştirilmesiyle ve iki fiberin birbirine bağlanmasına olur. Daha sonra özel bir yağ kullanılarak kırılma indisi ayarlanır. Kara yakınlık ve metal kaplamanın belli bir parçasının alınması iki fiber arasında karşılıklı bir enerji etkileşimine neden olur. Bu tekniğin en önemli yararı bağlama oranının fiberlerin bağlanmasından önce ayarlanabilir olmasıdır. Ayrıca bu teknikle doğrusal polarizasyon sağlayan yüksek çift-kırılma etkili fiberlerle bağlayıcı yapmak olasıdır.

Öbür teknik ise iki fiberin metal kaplamayı eritmek birbirine değmesini ve daha sonra da fiberlerin çekilerek kor-

ların alınmasını gerektirir. Bu işlemler sırasında ortalama ışık verilirse işlemler istenen bağlama katsayısı elde edilene kadar devam eder. Her iki teknikte çabuk kaybolan (evanesont) olan bağlama ilkesini kullanmaktadır.

TÜMLEŞİK OPTİKLI FAZ MODÜLATÖRLERİ:

L uzunluğunda ve n indisli bir ortamdan geçen dalganın faz kaymasını değiştirmek için 2 yöntem kullanılabilir. Bunlar mekanik etkiyle L uzunluğunu değiştirmek ya da kırılma indisinin değişimini kullanarak bunu sağlamaktır. Bu koşullar altındaki faz değişimi şu şekilde gösterilebilir:

$$A\theta = \frac{\Delta n L}{\lambda} (nAL + L\Delta n)$$

Bu iki yöntem piezoelektrik seramikler kullanılarak fiberin çekilmesi ya da fiberde mekanik şartlar ortaya çıkararak ve fotoelastik etkiyle denetlenen çift-kırılma yoluyla uygulanabilir.

Labaratuar koşullarında iyi sonuçlar elde edilmesine rağmen endüstriyel uygulaması zordur. Endüstriyel uygulama için çok daha çekici ve halen işler olan başka bir yöntem vardır, bunda bir elektro-optik etki olan pockels etkisi kullanılır. Aşağıda pockels etkisi üstünde durulacaktır.

POCKELS ETKİSİ:

Bu yazının ilk bölümünde maddenin elektrik polarizasyonuna bağlı kırılma indisinin, maddenin kimyasal yapısına, katı fiziğinde üzerinde çok çalışılan bağıl pozisyonuna bağımlı olduğu belirtilmiştir.

Ortām eşyönlü ise bu polarizasyon dalganın elektrik alanının yönüne bağımlı değildir. Bu dalga polarizasyon durumundan etkilenmeyen bir hızda hareket eder.

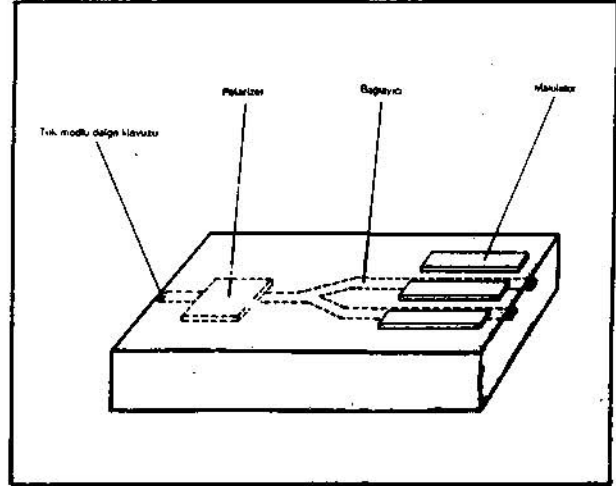
Ortam yönden bağımsız doğa olarak ya da bir dış etkiyle elektron polarizasyon yeteneği belirir. Bu elektronlara etki eden elektrik alanı yönüne bağlıdır. Hareket hızında polarizasyon durumuna bağımlı olarak belirlenir. Dielektrik ortamın yönden bağımsızlığı, dışarıdan uygulanan bir elektrik alanı ile değiştirilebilir. Alanın ilkesel etkisi kristal içindeki iyonların dengesini değiştirmektir. Bu özellik, doğrusal elektro-optik etki ya da pockels etkisi olarak tanımlanır. Bu etki bir elektro-optik madde için elektrik alanı kullanılarak kırılma indisinin değiştirilmesi olarak özetlenebilir.

Pockels etkisinin kullanımı yeni bir optik eleman teknolojisi olan tümleşik optikler sayesinde günümüzde kolay bir hale gelmiştir. Bu teknolojinin temel ilkesi tek-modlu dalga klavuzu elde etmek için katılanarak kırılma indisleri ayarlanan dielektrik filmler içine elektromanyetik dalganın hapsedilmesidir. Bu teknoloji geçerli mikroelektronik tekniklerini, katılama işleminde kullanmaktadır.

Bu uygulamalar için en iyi maddelerden biri lityum niobattır. Bu madde yüksek safılıkta olup 0,8 μm'lik dalgaboylarını geçirmekte, ayrıca elektro-optik filmlerin üretilmesi için uygun olmaktadır. Böylece tek-modlu dalga klavuzlarının oluşturulması bağlayıcıların faz modülatörlerinin ve polarizerlerin yapılması mümkündür. Şekil 11 'de bir alt

madde üzerindeki polarizer bağlayıcı ve faz modülatörü olan devre gösterilmektedir.

Bu tüp devrelerin yararlarının anlaşılabilmesi için aşağıdaki denklem verilmiştir:



Şekil 11: Polarizer, bağlayıcı ve faz modülatöründen oluşan tümleşik optik devre.

$$\theta = \frac{\pi}{\lambda} \frac{ne^3 V}{L} \gamma$$

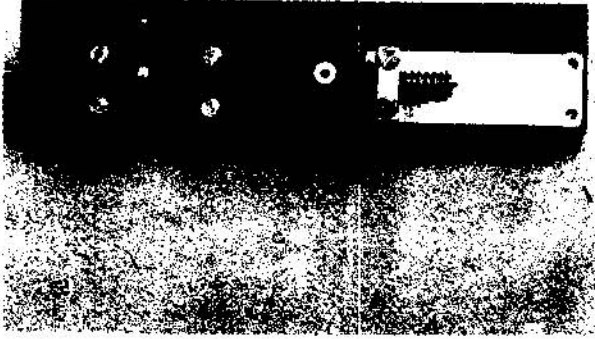
Burada V: iki yüzey arasında uygulanan voltajı, e: lityum niobatin kalınlığını, L: uzunluğu, ne: UNbO₃'ün olağanüstü katsayısını (doğal olarak çift kırılma özelliğine sahip),

'33: bir elektro-optik gergi katsayısını göstermektedir. Bu denklem faz kaymasının V voltajıyla değil de V/e elektrik alanıyla denetlendiğini göstermektedir. Bu da aynı şartlar altında yığınsal optikten (e=10mm) tümleşik optiğe (e=10mm) geçildiğinde herhangi bir faz kaymasını elde etmek için gereken voltajın 100 kat düşmesi anlamına gelmektedir. Böylece n kadar faz kayması elde etmek için 10 voltun altındaki değerler yetmektedir.

ÇEYREK DALGA YAPRAKLARI:

Bu yaprakların görevi doğrusal polarize dalgaları dairesel polarize dalgalar haline getirmek ya da tersi işlemi yapmaktır. Dairesel polarize olmuş bir dalganın faz çeyreğinde birbirine dik iki doğrusal polarize dalga şeklinde ayrılabilmesi nedeniyle doğrusal çift kırılmalı eleman, dalga yolunda, gelen dalganın polarizasyon düzleminin doğal ekseninden 45°lik açı ile yerleştirilmesi bu iş için yeterli olacaktır. Sonuç olarak bu dalga ana ekseninde iki elemanın değişik hızlardaki yayılımını görür. Böylece madde kalınlığını çıkışta 90°lik faz koyması verecek şekilde seçmek yeterli olacaktır.

Burada tüm fiberin uzunluğunu kullanan birçok tasarımdan belirgin olan bir tanesi açıklanmıştır. Yukarıda belirtildiği gibi doğrusal çift-kırılma fiberi eğerek elde edilebilir. Böylece fiberi istenilen çapta, etkide ve enerji etkileşimini, gelen dalganın polarizasyon düzlemiyle eğim yapacak şekilde oluşturmak yeterli olacaktır. Şekil 12, bu ilkeyi kullanan halkanın kararlılığını değerlendirmek için kurulmuş düzeneği göstermektedir.



Şekil 12. Çift kırılmalı fiber optik halkanın kararlılığını belirlemek için kullanılan test düzeneği.

DENEYSEL GELİŞİM:

Firmalar aşağıda belirtilen üstünlüklere sahip bir akım transformatörü tasarlamayı düşünmüştür.

- Yüksek işlerlik güvenilirliği;
- Üstün ölçüm güvenilirliği ve kullanılabilirliği
- Düşük alım ve çalışma maliyeti
- Gelecekteki güç düzeneklerini koruma ve işletme yöntemlerine uyabilirlik.

Araştırma şirketlerin aygıt transformatörü bölümünce değişik araştırma düzeylerinde yapılmıştır.



Şekil 13: Deneysel tipin laboratuvar ortamında 20 kA rms testi.

İLK DENEYSEL TİP VE İLK PROTOTİP TESTLERİ:

Bu testler ilk-basamak optikten son-basamak elektroniğe kadar olan tüm ölçme alanını belirlemiştir. Ölçümler tümüyle donatılmış çeşitli alt grupların hesaplarında kullanılan matematiksel modelleri gerçekleyen deneysel tiplerde yapılmıştır.

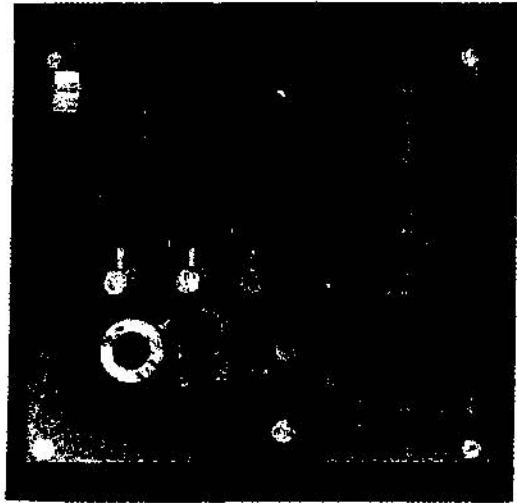
Özellikle, yüksek akım testlerinde ($I > 20$ kA rms) girişölçer halkanın mükemmel davranışı ve güç hatlarında oluşan yüksek mekanik titreşimlere karşı olan duyarlılığı sonuç olarak alınmıştır (şekil 13)

Testler ayrıca dinamik aralığı alçak akımlarda sınırlayan gürültü kaynaklarını da sayısal olarak göstermiştir. İyi sonuçlar 420 kV'lık yalıtım voltajına ve günümüzdeki geçerli duyarlılık sınıfına ve dinamik aralık standartlarına (sırasıyla % 0,2 ve 170 kA) sahip bir prototipin yapılmasını sağlamıştır.

ALTBİRLEŞTİRME VE MADDE TESTLERİ:

Akım ölçme kanalındaki eleman sayısı, geleneksel birimlerdekenden önemli sayıda fazladır. Bu elemanlar günümüz teknolojisini çeşitli özel birleştirme düzenekleriyle kullanmaktadır.

Bu testler yapılan aletin gelecekteki üretim aşamalarında da geçerli olacaktır (şekil 9).



Şekil 14: Sıklık sentezi için kullanılan prototip devre..

SONUÇ:

Teknolojik verimlilik, fiber optik akım ölçme aletlerinde artık sağlanmıştır. Firmalar araştırmalarını maliyeti düşürecek, güç sistemi işleticilerince istenen güvenilirliği ve kullanılabilirliği sağlayacak yönlere yönelmiştir. Gelişen teknoloji sayesinde daha birçok kazanç beklenmektedir. Bu yeni aygıtların iticari başarısı güç düzeneklerinin korunmasında ve işletiminde kullanılan aygıtlar ve özellikle de üretici firmaların teknolojiyi daha da geliştirmesinde yetmektedir.