

ROGOWSKI BOBİNİ AKIM SENSÖRLERİ

Sabri ÜZEL

sabri_uzel@ulusoyelektrik.com.tr

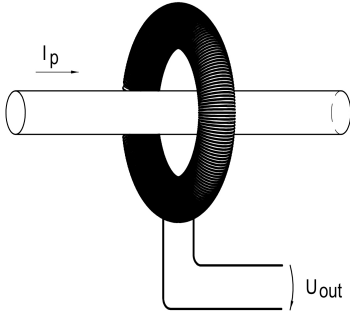
Ulusoy Elektrik A.Ş. 1.OSB Oğuz Cad. No:6 Sincan/Ankara

ÖZET

Ülkeler ekonomik politikalarını enerji üzerine kurmakta ve hatta ellerinde tutabilmek için sınırlarının dışına çıkarak kaynak yaratmaya çalışmaktadır. Kaynak yaratmak birinci aşamadır asıl sorun enerjiyi en az kayıpla ve güvenli bir şekilde son kullanıcıya ulaştırabilmektir. Bunun için ölçme ve koruma sistemlerinin önemi büyüktür. Üretilen enerjinin kesintisiz bir şekilde tüketime aktarabilmesi adına çeşitli sistemler geliştirilmekte olup, göz önüne alınan en önemli faktör, insan ve çevre faktörleridir. Bu faktörler göz önüne alınarak son yıllarda geliştirilen rogowski bobini akım sensörü ele alınacaktır.

Rogowski bobini akım sensörleri yapısı itibariyle manyetik olmayan hava aralığına eşdeğer ($\mu_r=1$) bir çekirdek üzerine sarımı yapılan ve harici elektromagnetik etkiler için ekranlanmış toroidal bir sargıdır. Literatürde ‘Rogowski Bobini’ olarak anılmaktadır. Rogowski Bobininin teorisi ilk olarak 1912 de bulunmuştur. Buna göre üzerinden akım geçen bir iletken çevresinde akım yönüne dik bir manyetik alan üzerinde bulunan bir sargı uçlarında bir gerilim endüktler. Hava çekirdekli bir sargıdaki bu gerilim;

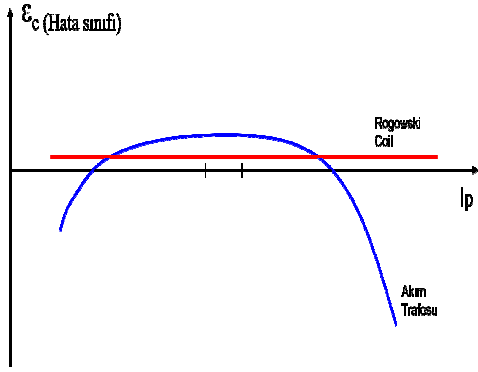
$$U=M \times di/dt$$



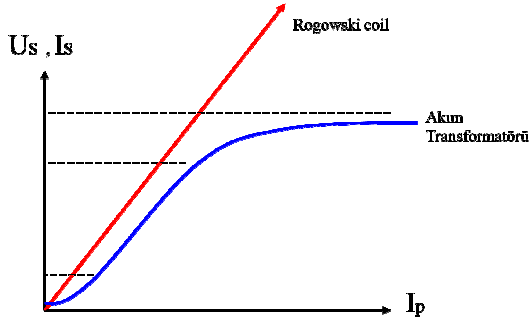
Şekil 1 Rogowski bobini akım sensörü

Burada U:Sargı uçlarındaki gerilim, M: Primer iletken ile sekonder sargı arasındaki ortak endüktansı, di/dt: diferansiyel olarak akımın zamanla değişim hızını ifade eder.

Teori 1912 de bulunmasına rağmen endüklenen gerilimin düşük, primer gerilime göre 90° faz farkı olması ve harmonikleri de beraberinde bulundurması sebebiyle pratikte kullanımı mümkün olamamıştır. Ancak günümüzde analog-dijital elektronik tekniklerinin gelişmesi ile pratikte orta ve yüksek gerilim sektöründe kullanım aşamasına son 6-8 yıl itibariyle gelebilmiştir. Günümüzde yoğun olarak kullanılan manyetik akım transformatörlerinden ayıran en önemli özelliği boyutlarının küçük olması ve geniş bir akım aralığında tek standartta olması örneğin;100-1600A nominal akım aralığında çok çeşit akım transformatörü kullanılırken aynı aralıkta tek tip Rogowski akım sensörü belirtilen aralığın tamamında kullanılabilir.

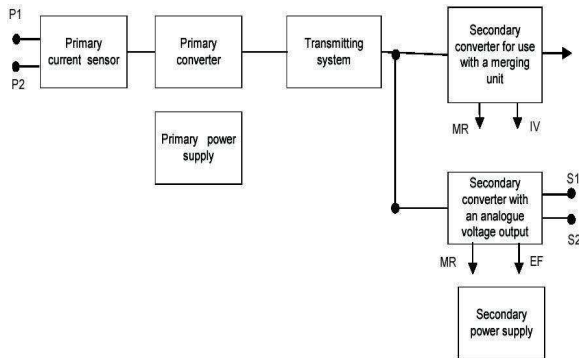


Şekil-2 Rogowski bobini ve akım transformatörlerinin hata sınıfı eğrileri



Şekil-3 Rogowski bobini ve akım transformatörlerinin doyma eğrileri

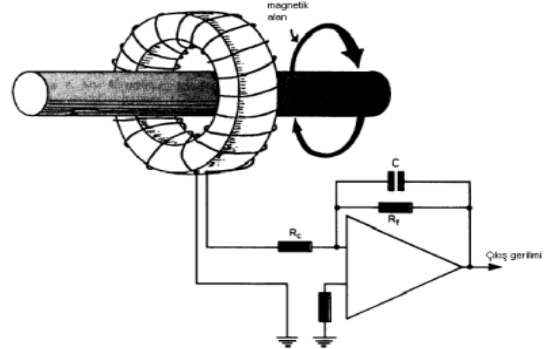
Elektronik akım transformatörleri ailesinden olan Rogowski bobini akım sensörleri IEC 60044.8 (Instrument Transformers- Part 8 :Electronic Current Transformers) standardına göre üretilmektedir.



Şekil-4 Elektronik ölçü transformatörleri genel blok diyagramı (IEC 60044.8 Kısım 1.2)

Bu standartta elektronik akım(ölçü) transformatörleri Primer sensör, iletim sistemi sekonder çevirici ve sekonder güç kaynağı olmak üzere 4 ana kısımdan oluşmaktadır. Şekil.4'deki blok diyagramı bu bağlamda bilgi amaçlı genel bir diyagram olup uygulamada farklılıklar olabilmektedir.

Burada sekonder çeviriciyi özellikle ele alırsak, Bu; primer gerilimle sekonder gerilim arasındaki 90°'lik faz kaymasını dijital veya analog olarak sıfırlayan bir integral alıcı devre (integratör) ve çeşitli akım kademelerine ayar olanağı sağlayan kademe değiştirici devreden ibaret olabilmektedir. Sekonder çevirici uygulama alanına bağlı olarak bağımsız bir devre veya kullanılan dijital sistemle bütünleşik (öneğin dijital röle) bir devre olabilmektedir.

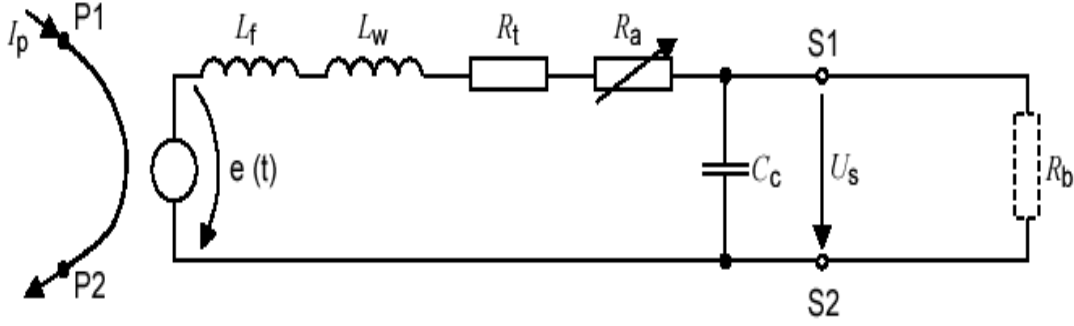


Şekil-5 Rogowski Coil integrasyonu.

Şekil.5'deki integral alıcı işlemsel kuvvetlendirici devrede; giriş gerilimini $V_{giriş}$, çıkış gerilimini ise $V_{çıkış}$ olarak tanımlarsak

$$V_{çıkış} = \frac{1}{RC} \times V_{giriş}$$

bağıntısını tanımlayabiliriz. Bu integrasyonu kullanılmaktaki amaç Şekil.6 daki eşdeğer devrede tanımlanan L endüktansının yarattığı fazör açığı kaymasını gidermektir.



Şekil-6 Hava nüveli(rogowski) bobinler için eşdeğer devre (IEC 60044.8)

- I_p : Primer akım
 $e(t)$: Bobin emk'sı
 L_f : Sekonder tesisat kaçak endüktansı
 L_w : Bobin endüktansı
 L : $L_f + L_w$
 R_t : Bobin toplam DC direnci
 U_s : Kalibre edilmiş çıkış gerilimi.
 R_a : Kalibrasyon direnci.
 R_b : Kalibrasyon direnci.
P1-P2 :Primer terminaller

IEC 60044.8 standardına göre elektronik akım transformatörlerine uygulanan tip testleri şöyle belirtilmiştir.

1. Kısa süreli akım dayanım testleri
2. Sıcaklık artış testleri
3. Primer terminaller için darbe gerilim testleri.
4. Harici ortamda kullanılan elektronik akım transformatörleri için ıslaklık ve nem testleri.
5. RIV (Radyo Girişim) testleri.
6. Aşırı gerilim iletim testleri.
7. Düşük gerilim komponentleri için gerilim dayanım testi.
8. Elektromanyetik Uyumluluk testleri.
9. Doğruluk testleri.
10. Koruma amaçlı kullanılan elektronik akım transformatörleri için ek doğruluk testleri.
11. Korumanın doğrulanması.
12. Gerilme testleri.
13. Titreşim testleri.
14. Dijital çıkışlar için ek tip testleri.

Aynı standarda göre uygulanan rutin testler ise;

1. Terminal işaretlerinin doğrulanması (polarite) testi
2. Primer terminallerin şebeke frekanslı gerilim dayanım testi
3. Düşük gerilim komponentlerinin şebeke frekanslı dayanım testleri
4. Doğruluk testleri
5. Dijital çıkışlar için rutin testler
6. Analog çıkışlar için rutin testler.

Bu tip testlerinin elektronik akım transformatörlerinin tipine ve kullanım şekline göre uygun olanı uygulanmaktadır. Günümüzde en çok kullanılan akım sensörü tipi toroidal akım sensörüdür.



Resim-1 Toroidal tip rogowski bobini akım sensörünün orta gerilim dağıtım sisteminde kullanılması

Sonuç olarak günümüzde dijital koruma ve ölçü sistemlerinin gelişmesi ve yaygınlaşması ile beraber Rogowski bobini akım sensörleri uygulamadaki yerini, klasik akım transformatörleri yanında giderek yaygınlaştıracaktır.

ÖZELLİK	AKIM TRANSFORMATÖRÜ	AKIM SENSÖRÜ
Referans Sinyal	1A, 5A	22,5 mV, 150 mV 1V, 2V
Sekonder Yük	1-50 VA	x 20 Mohms
Doğruluk Sınıfı	Ölçme: %0,2 - % 1 Koruma: %1-%3	Çok Amaçlı : % 1
Dinamik Zorlanma Sınırı	x100 In	Sınırsız
Lineerlik	In Değerine Bağlı Olarak Kısıtlı Alanda	Geniş Alanda
Doyma	Mevcut	Söz Konusu Değil
EMC	Etkilenmez	Ekranlı Olduğu İçin Etkilenmez
Sekonder Ucun Açık Devre Kalması	Çok Tehlikeli (Patlama)	Tehlikesiz
Standardizasyon	Geniş In aralığında farklı akım transformatörü kullanmak gerekir	Tek çeşit akım sensörü geniş aralıkta kullanılabilir
Frekans cevabı	40-60 Hz aralığında çalışır.	1Hz'den 3MHz'e kadar geniş aralıkta
Ağırlık	20-30 kg	2-2,5 kg (hafif)

Tablo-1 Klasik akım transformatörleri ile Rogowski bobini akım sensörlerinin mukayesesi