ÖZET

AKTİF MANYETİK KOMPANZASYONLU VERİCİYE SAHİP METAL DEDEKTÖRÜ

Verici bobin (3) tarafından oluşturulan bir manyetik alanın algılanmasını sağlayan en az bir adet algılayıcı ve algılanan manyetik alanı, bir ideal fonksiyon ile karşılaştırıp sapmaların tespitini sağlayan bir sapma tespit sistemi ve tespit edilen sapmalara göre oluşturulan bir ek manyetik alan vasıtasıyla ve/veya vericiye uygulanan bir gerilimin akımının değiştirilmesi vasıtasıyla söz konusu sapmaların giderilmesini sağlayan bir düzeltici sistem içeren metal dedektörü; burada, algılayıcı, bir manyetorezistif algılayıcı içermektedir.

İSTEMLER

1- Bir verici bobine (3) ve bir alıcı bobine (13) sahip bir metal dedektörü olup, bahsedilen verici bobinin (3), dikdörtgen dalga darbe sinyaliyle tahrik edilmesi, söz konusu metal dedektörünün **özelliği**, verici bobin (3) tarafından oluşturulan bir manyetik alanın algılanmasını sağlayan en az bir adet algılayıcı ve algılanan manyetik alanı, bir ideal fonksiyon ile karşılaştırıp sapmaların tespitini sağlayan bir sapma tespit sistemi ve tespit edilen sapmalara göre oluşturulan bir ek manyetik alan vasıtasıyla ve/veya vericiye uygulanan bir gerilimin akımının değiştirilmesi vasıtasıyla söz konusu sapmaların giderilmesini sağlayan bir düzeltici sistem içermesi ve algılayıcının, bir manyetorezistif algılayıcı içermesidir.

2- Verici tarafından oluşturulan manyetik alanın algılanmasını sağlayan algılayıcı olarak; en az bir adet alan ölçüm bobini (4) ve/veya manyetik alan algılama özelliğine sahip en az bir adet sensör (5) içeren istem 1'deki gibi metal dedektörü.

3- Manyetik alan algılama özelliğine sahip sensör (5) olarak; Hall etkisi sensörü ve/veya manyetik akı geçidi (Magnetic flux gate) sensörü ve/veya mikro elektromekanik sensör (MEMS) ve/veya Lorentz Kuvveti temelli sensör ve/veya piezorezistif sensör ve/veya optik algılama ile çalışan manyetik sensör ve/veya rezonatör temelli manyetik sensör ve/veya Eddy Akımı temelli manyetik sensörü içeren istem 2'deki gibi metal dedektörü.

4- Sensör (5) ve/veya alan ölçüm bobini (4) tarafından potansiyel fark (voltaj) olarak algılanan manyetik alan sinyalinin sonraki elektronik devrelere uygun seviyeye getirilmesini sağlayan en az bir adet manyetik alıcı giriş devresi (6) içeren istem 2'deki gibi metal dedektörü.

5- Alınan sinyalin, ideal örnek ile karşılaştırılmasını sağlayan dönüşümü gerçekleştiren en az bir adet analog dijital dönüştürücü (8) ve/veya çok kanallı analog dijital dönüştürücü (8) içeren istem 1'deki gibi metal dedektörü.

6- Alan ölçüm bobini (4) kullanıldığı durumda, manyetik alıcı giriş devresi (6) ile analog dijital dönüştürücü (8) arasında konumlandırılmış olan en az bir adet entegratör (7) içeren istem 2, 4 veya 5'teki gibi metal dedektörü.

7- Bir düzeltici sinyalin oluşturulmasını sağlayan aktif ve/veya pasif elemanlar ile gerçekleştirilmiş en az bir adet kontrollü akım kaynağı (11) içeren istem 1'deki gibi metal dedektörü.

8- Kontrollü akım kaynağının (11), sistemin geriliminden elektriksel olarak yalıtılmış olmasını sağlayan ve bahsedilen kontrollü akım kaynağının (11) besleme ve kontrol girişinde ve/veya çıkışında bulunan bir akım kaynağı izolasyon devresi (10) içeren istem 7'deki gibi metal dedektörü.

9- Kontrollü akım kaynağında (11) üretilen düzeltici sinyalin, verici bobin (3) tarafından oluşturulan manyetik alan üzerine uygulanmasını sağlayan en az bir adet alan düzeltme bobini (12) içeren istem 7 veya 8'deki gibi metal dedektörü.

10- Alan düzeltme bobininin (12), verici bobinin (3) en az bir turundan oluştuğu ve Kontrollü Akım Kaynağının (11) çıkışının, Verici Bobinin (3) sarılmasıyla bir dâhili kabloya bağlanacak şekilde konfigüre edildiği, istem 1'deki gibi metal dedektörü.

11- Düzeltici sinyalin oluşturulmasını sağlayan aktif veya pasif elemanlar ile gerçekleştirilmiş en az bir adet kontrollü sabit gerilim kaynağı (17) içeren istem 1'deki gibi metal dedektörü.

12- Kontrollü gerilim kaynağında (17) üretilen gerilimin verici bobin (3) üzerine uygulanmasını sağlayan en az iki gerilim anahtarlama elemanı (18) (19) içeren istem 10'daki gibi metal dedektörü.

13- Verici bobin (3) akımını verici bobine (3) sabit gerilim kaynağı ile gerilim uygulayarak devam ettiren ve bu akımın seviyesini rampalanma süresini kullanarak kontrol eden istem 10'daki gibi metal dedektörü.

14- Bağımsız bir bobin şeklinde konumlandırılmış olan ve/veya verici bobin (3) en az bir sargısının içine dâhil edilmiş olan alan düzeltme bobini (12) içeren istem 1'deki gibi metal dedektörü.

15- Metal dedektörlerinde, vericide oluşan manyetik alandaki sapmaların tespitini ve bahsedilen manyetik alandaki saptanan sapmaların düzeltmesini sağlamak için yöntem olup;

- verici bobinde (3) oluşturulan manyetik alanın anlık değerinin veya zamana göre türevinin elektriksel sinyale çevrilmesi;

- bu elektriksel sinyalin, olması istenilen ideal fonksiyon ile karşılaştırılıp, sapma tespitinin yapılması;
- sapma ile olan fark kullanılarak düzeltici sinyalin üretilmesi;
- düzeltici sinyalin, verici bobinde (3) oluşturulan manyetik alana, en az bir elektronik ve/veya elektronik/manyetik sistem kullanılarak doğrudan veya dolaylı olarak eklenmesi,

işlem adımlarını içermesiyle karakterize edilmesidir.

TARİFNAME

AKTİF MANYETİK KOMPANZASYONLU VERİCİYE SAHİP METAL DEDEKTÖRÜ

TEKNİK ALAN

Mevcut buluş; metal bir hedefin tespiti, ayrımı ve analizi için ideale en yakın manyetik alanı oluşturabilmek amacıyla; vericide oluşan manyetik alanın, bir manyetik sensör veya alan ölçüm bobini ile ölçülmesini, dolayısıyla oluşan manyetik alandaki sapmaların tespitini ve ikinci bir verici ile ek manyetik alan üretilerek veya mevcut verici üzerine elektriksel sinyal eklenerek, manyetik alandaki sapmaların giderilmesini, kompanzasyon ile sağlayan bir metal dedektörü ile ilgilidir.

ÖNCEKİ TEKNİK

Metal dedektörlerinin temel çalışma prensibi; genellikle çok sarımlı bir bobinden oluşturulmuş olan bir manyetik alan vericisinin ürettiği manyetik alanın içinde kalan iletken bir hedefte Eddy akımları (girdap akımları) meydana gelmesi ve bu akımların neden olduğu karşı manyetik alanın dedektör alıcısı tarafından ölçülmesi olarak açıklanabilir. Dedektörün oluşturduğu manyetik alana birincil alan, hedeften alınan alana ikincil alan demek mümkündür. Bu süreç ya sürekli değişken bir manyetik alan (CW: Continuous Wave) oluşturularak ikincil manyetik alanın ölçülen frekans ve faz bileşenlerinin analizi ile ya da süreli bir etki yaratıp (PI: Pulse Induction), zaman alanında etkinin var olmadığı sürelerde oluşmuş olan tepkinin analiz edilmesi ile gerçekleştirilir. Her iki tekniğin de birbirine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır, ancak her iki yöntem de aynı fiziksel neden-sonuç ilişkilerine dayalıdır ve her ikisinde de ilgilenilen sinyalin istenmeyen kaynaklardan gelen gürültüye olan oranı (SNR: İng. Signal Noise Ratio) dedektörün performansı ve dolayısıyla da başarısı üzerinde etkilidir.

Bir metal dedektör alıcısının ve alıcıyı izleyen ünitelerin analiz kabiliyeti kadar verici tarafından oluşturulan manyetik alanın ideale yakın olması hedefin tespit ve ayrımında önem taşımaktadır. Gürültü ve bozulmanın bir bölümü vericide oluşmakta ve hedefe iletilmektedir. Söz konusu gürültü; ister vericinin elektriksel sinyallerinden kaynaklı olsun, isterse elektriksel sinyalin manyetik alana dönüştürülmesi sırasında ortaya çıksın, hedef üzerinde oluşan akımlarda bozulmaya neden olmakta ve dolayısıyla hedefin tepkisini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum; alıcıda yapılacak analizlerde tamamen düzeltilmesi mümkün olmayan bozulmalara neden olmaktadır. Bu analiz güçlüğü; hem hedef, hem de hedef

çevresinde hedeften ayrılmak istenen ortam ve nesneler (zemin, kayalar, tuzlu su gibi) için geçerlidir. Aranan hedef ve bu hedefin içinde bulunduğu çevresel yapının etkileri hem elektriksel iletkenlik özelliklerinden hem de ferromanyetik özelliklerinden kaynaklanabildiği için vericinin manyetik alanındaki gürültü ve bozulmalar daha da karmaşık hale gelmektedir.

İster endüstriyel amaçlı tasarlanmış olsun isterse sahada metal hedef arama için tasarlanmış olsun bir dedektörün küçük hedefleri mümkün olduğu ölçüde uzaktan ve doğru olarak görebilmesi bu cihazların tercih edilirliği üzerinde önemli bir özelliktir. Hedef üzerinde yaratılan alanın keskinliği ve düzgünlüğü özellikle zaman alanında çalışan dedektörlerde küçük hedefi uzaktan algılama açısından yarar sağlamaktadır.

Metal dedektörlerinde çoğunlukla bir bobinden oluşan vericinin, manyetik alan oluşturma sürecinde bu parçaya gerilim ve akım sinyalleri sağlayan devreleri, bobinin kendi fiziksel ve elektriksel yapısını konu alan, bunlar aracılığı ile oluşturulan manyetik alanın niteliğini iyileştirmek üzere fayda sağlayan çeşitli patent ve literatür bulunmaktadır. Bunların bir bölümü bobin geometrisiyle, fiziksel ve yapısal detayları ile ilgili olup bu konular bu buluşun kapsamı dışındadır. Patent konusu, manyetik alanın gerçek zamanlı ölçümünden yararlanıp elektriksel ve/veya manyetik düzeltme sağlama amacını güttüğünden sadece devre elemanları ve sadece devre parametreleri (akım, gerilim) yardımı ile oluşturulan çözümler de bu patentin karşılaştırma kapsamı dışında tutulmuştur.

Bir bobin tarafından oluşturulan manyetik alan ideal bir verici bobin için bu bobinden geçirilen akım ile orantılıdır. Gerçek bir bobini ideal bobinden ayıran parazitik etkiler metal dedektörü için önemli olabilecek ölçüde gürültü ve bozulma yaratırlar. Bu etkiler; yaratılan manyetik alanın, akım ile orantılı olmamasına ve zamandan bağımsız olmamasına yol açacak şekilde olabilir. Bu bozucu etkilerin kaynakları; bobin telinin iç direnci, bobin turları arasındaki kapasitifkuplaj, bobine sinyal taşıyan kablo üzerindeki endüktif, kapasitif ve rezistifparazitik akımlar ve anahtarlama elemanlarının oluşturabileceği parazitik etkilerdir. Bu etkiler, oluşturulan manyetik alana bir bozulma olarak yansır ancak bu etkilerin bir kısmından (sargılar arasındaki kapasitif etkiler gibi) dolayı oluşan nihai manyetik alan bozulmasını doğrudan devre üzerinden ölçmek kolay değildir.

Allan Westersten US7656153B2 numaralı “Metal detector with improved receiver coil” başlıklı patentinde, aynı zamanda alıcı bobin için de geçerli olan bu kapasitif etkileri gidermek üzere bir yöntem önermektedir. Bu yöntem çift sargılı bir alıcı bobin aracılığı ile alıcı bobindeki kapasitif etkilerin kompanzasyonu niteliğinde bir yenilik teşkil etmektedir. Bu

yöntem “Bifilar” (çift parçalı) sargılar aracılığı ile verici üzerinde gerçekleştirilemez, bundan dolayı Westersten farklı bir soruna çözüm getirmektedir.

Dedektörde bir geri besleme halkası kullanımı US7924012B2 numaralı, “Metal detector having constant reactive transmit voltage applied to a transmit coil” başlıklı patentte konu edilmekte ancak bu geri besleme halkasının geri besleme kaynağını elektriksel devre aktiviteleri teşkil etmektedir, söz konusu patentin direkt manyetik alandan alınmış bir geri besleme ile ilgisi bulunmamaktadır. Verici için geri besleme halkası kullanımına ilişkin bu konuya çok yakın bir başlık taşıyan US9250348 B2 numaralı “Transmit signal of a metal detector controlled by feedback loops” başlıklı patentin konusu temel verici dalga şeklini elde ettiği yöntemde geri besleme kullanılıyor olmasıdır. Söz konusu çalışmanın kavramsal veya yöntemsel olarak manyetik alanın düzeltilmesi gibi konusu bulunmamaktadır. Patentin konu ettiği geri besleme süreci Candy’nin pek çok benzeri patentinde paylaşılan akım ölçümüne dayalı bir geri beslemedir.

Verici bobinde oluşan manyetik alan, bu parazitik etkiler nedeniyle iletkenden geçen akıma zamandan bağımsız olarak orantılı olmadığı durumda, özellikle kapasitif ve endüktif etkiler nedeniyle sözkonusu olabilmektedir ki bu özellikle hızlı sinyal değişimleri olduğunda önemli bir hale gelmektedir. Bu etkiler, bobine verilen akımın bir bölümünün manyetik alan oluşturma işlevi dışında akmasına, bobin içindeki kapasitif ve rezistif kompleks bileşenlerden oluşan çevrim (network) devresi kayıp ve bozulmaları olarak oluşmasına neden olur.

Bruce HalcroCandy’nin AU2009262370 B2 numaralı “Constant current metal detector with driven transmit coil” başlıklı patenti temel olarak, sinyalin her periyodunda akımın ölçülmesi ve bir sonraki çevrimde rezistif etkilerinin giderilmesi için çok sayıda verici devre modeli içermektedir. Bu patentte geçen ölçüm ve düzeltme yönteminde sadece endüktif-rezistif bobin modelindeki düşmenin önüne geçilip akımın sabit tutulması sağlanmış olup kapasitif ve endüktif etkinin birlikte oluşturabileceği etkiler dikkate alınmamıştır. Endüktif bir ideal bileşen ve rezistifparazitik bileşen olarak ifade edilmiş olan bobinin, alıcı tarafından ölçüm yapıldığı süre boyunca ideal bobinin üzerinde sıfır (0) gerilim kalacak şekilde tüm bobine (parazitik etkiyi de içeren) ilave sabit bir gerilim verilmesi şeklindedir. Bu patent kapsamında da pek çok sayısız sistem gibi bir geri besleme ve kompanzasyon döngüsü mevcuttur ve bu geri besleme gerilimin nihai manyetik akıdan değil, bobinden geçen akımının geri besleme halkasını oluşturması şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Sadece bobin akımının ölçülerek rezistif düşmelerin giderilmesi sinyaldeki diğer bozulmaların oluşmasına engel değildir. Özellikle çok turlu olarak gerçekleştirilen bir bobinin kendi tel

turları arasında tümleşmişkapasitif etkiler olacaktır ve bu etkiler sinyalin değiştiği bölgelerde, özellikle de yine hızlı değişimlerin beklendiği küçük hedef koşullarında etkili olacaktır.

Bobin akımından yapılan ölçüm yerine bobinin oluşturacağı manyetik alanın sensör yardımı ile ölçülmesi özellikle sinyal değişimlerinde manyetik alanda oluşacak gürültüyü ölçebilme olanağı vermektedir. Manyetik alanın gerçek zamanlı ölçümü için doğrusal bir manyetik sensör yerine zamana göre türevsel bir ölçüm elemanı (örneğin alıcı bobin) ile yapılması da mümkündür ancak bu durumda uzun sönümlü aralıklarda manyetik alan ölçüm çözünürlüğü düşük olacaktır. Bu durumda sinyalin kendisi değil türevi işlendiğinden bunun için gerekli süreç gerçekleştirilmelidir.

Mevcut teknikte vericinin manyetik alanının sabit tutulmasının gerekli olduğu durumlar için bunu gerçekleştirecek buluşları içeren patentler bulunmaktadır. Allan Westersten US7701204B2 numaralı patentinde darbe endüklemeli bir metal dedektöründeki buluşunda verici akımının yükseltilmesi ve düşüşüyle ilgili kompanzasyon çözümünün yanında verici akımını alıcının gerçekleştirdiği ölçüm sırasında sabit tutmanın önemine işaret eden dalga şekilleri tarif etmiştir ancak bunların ideale yakın olmasını, özellikle de değişim sonrası parazitik etkiler ile ilgilenmemiştir. Bu patentinde zemin ve bobinler tarafından oluşturulacak reaktif bileşenin değişebilirliği göz önüne alınarak geri besleme ile kontrol altında tutulması gerektiği belirtilmektedir ki geri besleme hâlihazırda, değişen koşullarda değişime adapte olmanın bir yöntemidir.

Mevcut teknikteki daha önceki metal dedektörlerinde darbe sonrasında bobin akımının sabit tutulması yerine mümkün olduğu ölçüde çabuk bir şekilde bobin akımının sıfıra düşürülmesi için optimize edilmekte ve bu amaçla bir sönümleme direnci kullanılmaktaydı. Bu çalışma şeklinden dolayı bobin akımını sabit tutmak yerine sıfırda tutmak bir sorun olmuyordu. Bu düşürme sırasında öz endüksiyon nedeniyle küçük sayılabilecek cihazlar için yüksek sayılabilecek bobin gerilimlerine izin verilecek deşarj teknikleri kullanılıyordu. Bu düşürme anı özellikle küçük hedeflerin zaman sabitlerine yakın olduğu için küçük hedefleri algılamada zayıflık ve bunların inceleneceği zaman aralığındaki analizde karmaşıklık yaratıyordu.

Mevcut teknikle gerçekleştirilen dedektörlerde ve Candy tarafından alınmış veya başvurulmuş patentlerde Allan Westersten'in US7701204B2 numaralı patentindeki sabit akımı koruma çabası için çözümler arandığı görülmektedir.

Verici bobinine uzun sönümlü parazitik etkiyi gidermek amacıyla sabit bir voltaj uygulanması tekniği ise; B.H.Candy'nin çeşitli patent başvurularında yer almaktadır. Çok temel bir nitelikte

olan bu teknik, ilgili patentlerin zaruri kapsamlarından biri olan “verici bobin akımından geri besleme alınması” hariç olmak üzere, bu buluşun uygulama seçenekleri arasında da bulunmaktadır.

US2008297158’de, bir yön bulma ve manyetik sıfırlama metal dedektörünün uygulanması ifşa edilmektedir. Bu açıklamanın bazı yapılanmaları, bir birincil iletim sinyalinin iletilmesi, bir manyetik sıfırlama sinyalinin iletilmesi ve bir alım sinyalinin alınması için, çoklu rezonant devrelere ve ilgili bobinlere sahip bir metal dedektörü ortaya konmaktadır. Bir kontrolör, bir ya da iki boyut, bir derinlik boyunca bir gradyan vektörünü belirlemek amacıyla ve bir metal nesnenin demirli olup olmadığını belirlemek amacıyla, iletim sinyallerini oluşturmak ve alınan sinyali işlemek için bir lojik içermektedir. US2008297158’de, alınan sinyal üzerinde sapmaları tespit etmek için alıcı bobini kullanılmaktadır ve US2008297158, darbe endüklemeli dedektörler üzerindeki sapmaları tespit etmek için uygun değildir çünkü dikdörtgen dalga gibi yavaş değişen bir manyetik alanda, elektromotor kuvvet seviyesi düşüktür ve böylece, düzeltme için gerekli hassasiyetin sağlanması çok zordur.

EP3339913’te, bir mobil tespit cihazından bir kapatılmış yer altı kablo hattına bir derinlik değerinin değerlendirilmesi için mobil tespit cihazı ifşa edilmektedir. Cihaz, birbirine göre aralıklı olarak düzenlenen en az bir birinci ve en az bir ikinci dedektör birimini içermektedir. Tespit halkalarında uyarım alanının doğrudan bağlanma artıklarının etkilerini büyük ölçüde ortadan kaldıran, bir telafi alanı oluşturmak için iletim döngülerine bir elektrik sinyali uygulamak üzere oluşturulan bir telafi birimi bulunmaktadır. Yukarıda bahsedilen nedenden dolayı, EP3339913, darbe endüklemeli dedektörler için uygun değildir.

US2013207648’de, bir metal nesnenin tespit edilmesi için, iki emisyon bobinini, bir manyetorezistif ölçüm cihazını ve bir kontrol cihazını içeren bir ölçüm aparatı ifşa edilmektedir. Emisyon bobinleri, üst üste binmiş manyetik alanlar oluşturacak şekilde konfigüre edilmektedir. Manyetorezistif ölçüm cihazı, her iki manyetik alanın bölgesindedir ve manyetik alana bağlı bir çıkış sinyali oluşturacak şekilde konfigüre edilmektedir. Kontrol cihazı, emisyon bobinlerine alternatif gerilimler sağlayacak şekilde ve böylece, alternatif gerilimlerle zaman bakımından senkronize edilen çıkış sinyalinin alternatif gerilimbileşenin değeri en aza indirilecek şekilde konfigüre edilmektedir. Kontrol cihazı, ilâve olarak, alternatif gerilimlerin oranı, manyetorezistif ölçüm cihazı ve emisyon bobinleri arasındaki mesafelere karşılık gelmediğinde nesneyi tespit edecek şekilde de konfigüre edilmektedir. US2013207648, bir birincil nesne tespit bobini olarak manyetorezistif sensörü kullanmaktadır.

BULUŞUN KISA AÇIKLAMASI

Bilinen teknikte, bir metal dedektöründe; vericinin oluşturduğu manyetik alanın zaman alanındaki sinyalinin ideal bir formu sabit rampa ile yükselen bir manyetik alan teşkil etmektedir. Bu sinyalin tamamlanmasını takiben hedefin ürettiği sinyalin dışında reaktif bir manyetik bileşen oluşmaması için; üretilen manyetik alanın, alıcıdaki manyetik alan ölçümü süresince sabit kalması gereklidir.

Verici sinyalin doğruluğu, zaman alanında çalışan metal dedektörleri dışında frekans alanında çalışan ancak vericisinin oluşturduğu manyetik alan sinüzoidal olmayan metal dedektörlerinde de önem taşımaktadır. Bu tür dedektörlerde bu gereksinim alıcı tarafının çalışma şekline bağlı olup, bu buluş için tercih edilen uygulama zaman alanında çalışan metal dedektörü olarak gerçekleştirilmiştir.

Buluş, verici tarafından oluşturulan manyetik alanın ölçülmesini sağlayan ve en az bir yardımcı bobin aracılığı ile manyetik alan üreten veya verici bobinin akım ve gerilimini değiştirerek düzeltici etki uygulayan kapalı döngü bir sistemden meydana gelmektedir. Buluşun tercih edilen uygulamasında tek turlu bir düzeltici bobin kullanılmıştır.

Düzeltilecek manyetik alanın ölçümü için doğrusal, yeterli hassasiyet ve tepki hızına sahip bir algılayıcı kullanmalıdır. Bir alıcı bobin zamana göre türevsel bir elektromotor kuvvet ürettiğinden ve yavaş değişen alanlarda elektromotor kuvvet küçük olacağından dolayı, düzeltme için gerekli hassasiyeti sağlamak zor olabilmektedir. Bu durumda; manyetik alan ölçümü yapıldığında sinyalin integralini almak gereklidir. Tercih edilen uygulamada manyetik akının sabit tutulması için yapılan ölçümde doğrusal çalışan bir manyetorezistif sensör kullanılmıştır. Çok sayıda sarımdan oluşan bir verici bobinde kapasitif ve endüktif bileşenlerin sinyal anahtarlama sonucu neden olacağı sönümlü osilasyon etkileri hızlı bir gürültü kaynağı oluşturur. Bundan dolayı kullanılan manyetik alan sensörü bu hızlı değişimlere cevap verebilecek yeterlilikte olmalıdır.

Düzeltici manyetik alanın oluşturulmasının bir yöntemi verici bobinin temel anahtarlama devresine ek olarak toplamsal şekilde bobin üzerine düzeltici sinyal uygulamaktır. Bu sinyal bir sabit akım enjeksiyonu olabileceği gibi verici bobinin parazitik iç direncine uygun olarak akımın sabit kalmasını sağlayacak sabit bir gerilim de olabilir. Basit olması nedeniyle ikinci yöntem mevcut teknikte daha çok uygulanmıştır. Bir diğer teknik ise vericinin temel devresinden elektriksel olarak bağımsız şekilde mevcut manyetik alana doğrudan düzeltici manyetik alan uygulayacak tek veya daha fazla ek sarımın fiziksel olarak ana verici sargılara

paralel şekilde yerleştirilmesidir. Bu şekilde alanların süperpozisyonu ile bir manyetik alan uygulanmaktadır.

Manyetik alanı değerlendirip düzeltici dalga şeklini oluşturan devre sayısal veya analog bir yapıda olabilir, mevcut buluş kapsamında sayısala dönüştürülmüş ölçüm ve sayısal olarak kontrol edilen bir kaynak kullanılmıştır.

Düzeltme sargısının ve ölçüm algılayıcısının sahip olması gereken bazı nitelikler (performans, izolasyon, bobin ve sensör yerleşim detayları gibi) bulunmaktadır ve bunlar buluşun detaylı açıklamasında belirtilmektedir.

ŞEKİLLERİN AÇIKLAMASI

Şekil 1: Manyetik sensör aracılığı ile manyetik alan ölçüm ve kompanzasyon içeren zaman alanı metal dedektörünün blok gösterimi.

Şekil 2: Alan ölçüm bobini aracılığı ile manyetik alan ölçümü ve kompanzasyon içeren zaman alanı metal dedektörünün blok gösterimi.

Şekil 3: (a) Zaman alanında çalışan bir dedektörde; verici bobin gerilimi, **(b)** ideal kabul edilmiş manyetik alan, **(c)** parazitik etkileri de içeren manyetik alan, **(d)** parazitik etkileri ortadan kaldırmak için oluşturulması gereken manyetik alan, **(e)** parazitik manyetik alan ve düzeltici manyetik alanın zamana göre değişiminin grafik gösterimi.

Şekil 4a/4b: Verici bobin sargıları üzerinden manyetik alan enjeksiyonunun blok gösterimi.

Şekil 5: Sistem Kontrol Diyagramı

REFERANS NUMARALARININ AÇIKLAMASI

1- Sayısal İşlem Birimi
2- Verici Sürücü Devresi
3- Verici Bobin
4- Alan Ölçüm Bobini
5- Manyetik Sensör
6- Manyetik Alıcı Giriş Devresi
7- Entegratör

8- Analog Dijital Dönüştürücü (ADC)

9- Dijital analog dönüştürücü

10- Akım kaynağı izolasyon devresi

11- Kontrollü akım kaynağı

12- Alan düzeltme bobini

13- Alıcı bobin

14- Alıcı giriş devreleri

15- Sinyal ön işleme devreleri

16- Analog Dijital Dönüştürücü (ADC)

17- Kontrollü sabit gerilim kaynağı

18- Gerilim anahtarlama elemanı

19- Gerilim anahtarlama elemanı

101 - 105: Verici bobine uygulanan gerilim

111 - 115: Verici bobinin oluşturması gereken ideal manyetik alan

121 - 126: Verici bobinin oluşturduğu manyetik alan

131 - 138: Düzeltici manyetik alan

201- Sistem Referansı

202- Düzeltilmemiş Verici Sistemi

203- İdeal Verici Fonksiyonu

204- Örnekleme Sistemi

205- Düzeltme Bobin Sistemi

206- Manyetik Sensör Sistemi

BULUŞUN DETAYLI AÇIKLAMASI

Şekil 3a'da ideal bir bobinden istenilen akımı geçirmek üzere bobin uçlarına uygulanması gereken bir gerilim görülmektedir. Bu gerilimin ideal bir bobine uygulanması ile Şekil 3b'deki akım ve bunun sonucu bobin çevresinde akım ile doğrusal ilişkili olduğundan dolayı aynı grafikle ifade edilen manyetik alan oluşturur. Ancak parazitik etkiler gerçek bir bobinde akımın ideal bobin akımından farklı olmasına, dahası, oluşan manyetik alanın da akım ile doğrusal olmayacak şekilde farklılık göstermesine neden olur. Bu parazitik etkilerden kapasitif nedenlerden kaynaklananlar dinamik niteliklidir ve bozulmalar sinyaldeki değişimi izleyecek şekilde gerçekleşir. Rezistif nedenlerden kaynaklanan etkiler ise; sinyalde değişim olsun veya olmasın bulunmaktadır. Her ikisinin birlikte varlığı bütünleşik bir çevrim (Network) davranışı gösterir, iki parazitik etki birbirilerini etkiler, ancak değişim ve durağanlık yeterince ayrılmışsa iki etkiyi aynı grafikte ifade etmek ve ayırmak mümkündür. Bu şekilde bir grafik; Şekil 3c, gerçek bir bobinin oluşturacağı manyetik alanın parazitik etkiler dâhil edilmiş daha

gerçeğe yakın bir halidir. Şekil 3a'da (101) (102) (103) ve (104) seviyelerinden oluşan dikdörtgen dalga gerilim formu ideal bir bobini uçlarına uygulandığında sırasıyla Şekil 3b'deki (111), (112), (113) ve (114) ideal akımını, dolayısıyla da ideal manyetik alanını oluşturmaktadır ki Şekil 3b'deki dalga formu Şekil 3a'daki dalga formunun zamana göre bir integralidir. Şekil 3a'da dikdörtgen dalga formuna yakın olarak ifade edilmiş dalga şekli uygulamalarda (101), (103) aralıkları dar, (102) ve (104) aralıkları geniş olmak üzere bir pals formundadır ancak anlatım kolaylığı nedeniyle Şekil 3 kapsamında bu dört zaman aralığı birbirine yakın gösterilmiştir.

Şekil 3c'de ideal olmayan, gerçeğe yakın sinyal formunda (121) olarak belirtilen parazitik etki Şekil 3a'daki (101) voltajının (102) seviyesine olan değişimi sonucu (111)'den (112)'ye geçişin bozulmuş halini göstermektedir. Bu, sönümlü osilasyona benzer bozulmanın ana karakteristiğini endüktif bobin sargıları arasındaki kapasitif etkileşim belirler. Bu bozulma her turdan geçen akımın ayrı etkiler ve oluşturduğu elektromanyetik etkileşim sonucu bobinin nihai giriş çıkış akımına ve manyetik alanına yansımaktadır. Aynı parazitik etkiler sırasıyla (123) olarak (102) ve (103) değişimi sonucu, (124) olarak (103)'ten (104)'e ve (126) olarak (104)'ten (105)'e olan değişimin sonucudur.

Şekil 3c'de aynı zamanda rezistif etki de gösterilmiştir. Bu etki (102) gerilimi süresince (ki bobin üzerinde bir 0V'u, yani "uçları kısa devre" edilmiş bobin durumunu göstermektedir), ideal olmayan bobinin iç direnci nedeniyle meydana gelen akım düşüşünün sonucudur. Her ne kadar düşen bir rampa gibi görünse de bobinin iç direnci bobine seri bir direnç olarak ifade edilirse bu düşüm L_{Tx}endüktanslı bir bobinin R_{Tx} iç direnci üzerinden 0V uygulanması durumu;

$$i(t) = i_0 e^{t/(L_{Tx}/R_{Tx})}$$

olarak ifade edilir. Belirtilen zaman diliminde bu üstel ifade, doğrusal rampa bir düşüşü görünüşüne yakındır ve (122)'de görülebilecek bu düşüş, (121)'deki dinamik değişiklik kaynaklı parazitik etkiden bir ölçüde bağımsız olarak görülebilmektedir.

Şekil 3c'deki dalga şekli ile aritmetik olarak toplandığında Şekil 3b'deki formu elde edebilecek dalga formu Şekil 3d'de gösterilmiştir. Bu dalga formunda (131) olarak gösterilmiş formun (121) olarak ifade edilmiş halinin tamamen ters işaretlisi olması önemlidir. Bu kısım ile ilgili detay Şekil 3e'de yakın olarak gösterilmiştir. Her ne kadar iki alanı oluşturacak bileşenler arasındaki karşılıklı bağlantı (mutual coupling) olsa da bu işlem bir geri besleme döngüsü içinde gerçekleştirildiğinde işlemin bir toplam olarak ifade edilmesi mümkündür.

Uygulamada zaman alanında çalışan bir metal dedektöründe Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilen Alıcı Bobinin (13) ile alınan Alıcı Giriş Devreleri (14) ve Sinyal Ön İşleme Devreleri (15) tarafından işlenen sinyal Analog Dijital Dönüştürücü (16) tarafından sayısallaştırılmaktadır. Bu işlemler Şekil 3b'deki (112) ve (114) periyotlarında gerçekleştirilmektedir. Hedef ve çevrenin manyetik özelliklerinin ölçülmesi istenen bir dedektör tasarımında manyetik alanın değiştiği (101) ve (103) periyotlarında da ölçüm yapılması anlamlıdır. Ancak tekniğin mevcut durumunun uygulandığı bir metal dedektöründe Şekil 3d'deki sinyalde manyetik alanın takiben değişim halinde olacağı (133), (134), (137) ve (138) bölgelerindeki ve izleyen bölgelerdeki değişimin etkileri ihmal edilebilir.

Buluşun ana tekniğini; Şekil 3c'de görülen bozulmaları manyetik ortamda ölçüp, Şekil 3d'de görülen düzeltme sinyalini manyetik ve/veya elektronik yöntemle uygulayarak toplamda minimum bozulma oluşturacak bir alt sistem ile süperpozisyon ilkesi doğrultusunda kompanze etmek oluşturmaktadır. Bu amaçla aşağıda açıklanan sistem gerçekleştirilmiş ve onun anlatımını izleyen sistem akışı çerçevesinde kompanzasyon süreci ile oluşturulmuştur.

Buluşun tercih edilen uygulaması; Şekil 1'de blok diyagramı verilmiş olan sistemdir. Şekil 2'de blok diyagramı verilmiş olan sistem aynı temele dayalı olarak çalışmakla birlikte bunlar, ölçümün bobin veya manyetik sensör ile gerçekleştirilmesi açısından fark taşımaktadır. Bobin ile manyetik alan ölçümü yapıldığında Faraday Endüksiyon Yasası'nın belirttiği şekilde manyetik akının zamana göre türevi söz konusu olacağından dolayı buradan alınan sinyalin matematiksel sürece dâhil edilmesi için zaman göre integralinin alınması veya süreçte bu sinyalin türevli olduğunun bilinerek hesaplanması gereklidir. Her iki ölçüm yöntemi arasında sonuca yansıyacak olan fark bobin aracılığı ile gerçekleştirilen ölçümün hızlı sinyal değişimlerinde daha büyük genlikte sonuçlar vermesi, buna karşılık yavaş değişimlerde sinyal-gürültü oranının (SNR) azalması ve dolayısıyla sinyal ölçüm hassasiyetinde meydana gelecek olan düşmedir. Buna karşılık dedektörlerin oluşturduğu manyetik alanlarda çalışabilecek hızlı manyetik sensörler niteliklisensörlerolup maliyetleri bobin maliyetlerine göre daha yüksektir.

Şekil 1'deki devrede Sayısal İşlem Birimi (1) dijital sinyalleri oluşturan, ADC/DAC veya eşdeğer devre elemanları aracılığı ile analog işlemleri de gerçekleştiren, sayısal sinyal işleme kapasitesine sahip bir işlemciden oluşmaktadır. Bu süreç gömülü denetleyiciler (embeddedcontrollers), sayısal sinyal işleyiciler (DSP: DigitalSignalProcessor), alan programlanabilir kapı dizileri (FPGA) veya bunların çeşit ve kombinasyonu ile oluşturulan tümleştirilmiş, sayısal işlem kabiliyeti bulunan elektronik elemanlar tarafından gerçekleştirilir. Bu amaçla, tasarımın diğer bölümlerine, maliyet ve amaca göre olan optimizasyona bağlı

olarak işlem kabiliyeti olan uygun bir Sayısal İşlem Birimi (1) seçilebilir. Tercih edilen uygulamada tümleşik olarak İşlemci barındıran bir FPGA kullanılmaktadır. Bu Sayısal İşlem Birimi (1) metal dedektörünün vericisinin manyetik alanının referansını oluşturacak sayısal sinyalleri de üretmektedir. Bu sinyaller çeşitli sayısal anahtarlama elemanlarının oluşturduğu Verici Sürücü Devresi (2) ile bobinde yüksek akım elde edebilmeyi ve Verici Bobinin (3) manyetik devresinden enerji geri kazanımını sağlamaktadır. Tekniğin bilinen durumunda sadece Verici Bobin (3) için değil, aynı zamanda motor sürme ve benzeri amaçlarla tasarlanmış çok sayıda yarım veya tam H köprü (H-Bridge) transistör ve sürücü konfigürasyonları bulunmaktadır ve söz konusu amaç doğrultusunda bunlardan biri kullanılabilir. Bu güç elektroniği devresinin devrenin sürdüğü bobin, tipik bir çift D (alıcı/verici) veya iki alıcılı D (alıcı/verici/alıcı) veya benzer endüksiyon balanslı bir metal dedektörü bobinin verici sargısıdır. Tercih edilen uygulamada çift D yapısında bir alıcı/verici bobin kullanılmıştır.

Bu bobinin oluşturduğu manyetik alanı ölçmek üzere bobinin planar düzleminde optimum alan oluşturduğu konuma, tercih edilen uygulamada Verici Bobinin (3) merkezine bir Manyetik Sensör (5) yerleştirilmiştir. Bu sistemin alternatif formu olan Şekil2'deki yapıda Verici Bobinin (3) oluşturduğu manyetik alanı optimum olarak alacak Alan Ölçüm Bobini (4) Verici Bobin (3) turlarına yakın olarak yerleştirilebilir. Burada önemli bir konu Manyetik Sensörün (5) veya Alan Ölçüm Bobininin (4) hangisi kullanılırsa kullanılsın Verici Bobin (3) tarafından oluşturulan alanı bağlı bulunduğu elektronik devreye göre optimum şiddette alabilmesidir. Bunun nedeni, Manyetik Sensörün (5) veya Alan Ölçüm Bobininin (4) Verici Bobin (3) tarafından "doğrudan" oluşturulmamış olan çevresel sinyallerden, yani hedef sinyallerinden veya çevredeki permeabilitesi veya iletkenliği yüksek ortam etmenlerinin oluşturacağı sinyallerden mümkün olduğu ölçüde etkilenmemesini, temel olarak vericinin ürettiği alan ile doğrusal sinyali almasını sağlamaktır.

Diğer yönden hızlı sinyal değişimlerinin Alan Ölçüm Bobininde (4) oluşturacağı manyetik alan gerekenden fazla olabilir veya Manyetik Sensörün (5) maruz kaldığı manyetik alan sınırlarının üzerinde olabilir ki bu durum tasarıma bağlı bir değişkendir. Bu durumda Alan Ölçüm Bobini (4) veya Manyetik Sensör (5) konumu daha uygn manyetik alan algılayacak şekilde belirlenip iyileştirilebilir. Burada önemli bir konu; Alan Ölçüm Bobinini (4) veya Manyetik Sensörü (5), Verici Bobinin (3) planar düzleminden ve buradaki simetriden uzaklaştırmanın dezavantajlı olabileceğidir.

Manyetik Sensör (5) veya Alan Ölçüm Bobini (4) tarafından potansiyel farkına (voltaja) çevrilen sinyal bir Manyetik Alıcı Giriş Devresi (6) tarafından, bunu izleyen elektronik

devrenin çalışabileceği seviyelere uyarlanır. Bu devreye gelen sinyaller nispeten hızlı olduğu için (nanosaniye-mikrosaniye mertebesinde) bu devrenin karakteristikleri önem taşımaktadır. Bu devre temel olarak bant geçiren güçlendiricili bir filtreden oluşur. Manyetik Alıcı Giriş Devresinin (6) çıkışı, Manyetik Sensör (5) tercih edilen uygulamada (Şekil 1) doğrudan Analog Dijital Dönüştürücü (8) devresine verilirken Alan Ölçüm Bobini (4) kullanıldığı durumda bir analog Entegratör (7) üzerinden Analog Dijital Dönüştürücü (8)'ye verilmesi daha uygun olabilir. Matematiksel entegrasyon işlemi daha sonra sayısal sinyal işleme sürecinde gerçekleştirilebilir ancak Analog Dijital Dönüştürücü (8) için türevin düşük sonuç verdiği durumlar göz önüne alındığında sayısallaştırma için gerekli kesinlik ve hassasiyeti korumak amacıyla bu işlemi analog süreçle gerçekleştirmek daha yararlı olacaktır. Analog Dijital Dönüştürücü (8) örnekleme hızının etkin bir sonuç için MS/s (saniyede milyon örnek) hızlarında olması gerekli olmakla birlikte çözünürlüğü göreli olarak düşük seçilebilir. Tercih edilen uygulamada kullanılmamış olsa bile toplam sayısal çözünürlüğü iyileştirmek üzere birden fazla Analog Dijital Dönüştürücü (8) veya çok kanallı bir Analog Dijital Dönüştürücü (8) kullanıp matematiksel süreçlerde sinyalin türevini de kendisi ile birlikte kullanılabilir.

Analog Dijital Dönüştürücüden (8) alınan sinyal ile; olması gereken sinyal formu arasındaki fark, hata sinyalidir. Hata sinyali manyetik alana ait bir büyüklüktür ve düzeltme sinyalinin de manyetik alan biçiminde olması gereklidir. Biot-Savart yasası gereği bir elektrik akımı nedeniyle oluşan manyetik alanın akım ile doğru orantılı olduğu bilinmektedir. Hata sinyalinin işaret olarak ölçeklenmiş tersi (-k katı) uygulandığında süperpozisyon ile istenen düzeltmenin sağlanması mümkündür. Düzeltici manyetik alanın oluşturulmasında sarım sayısının az, tercihen tek olması edilmiştir, zira sarım sayısının fazla olması tıpkı Verici Bobinde (3) olduğu gibi düzeltici manyetik alanda da parazitik etkiler yaratacaktır. Sarım sayısının az olması tur sayısından kaynaklanan manyetik alanın katlanması (B α N.I) yararından vazgeçmek anlamına gelmektedir. Düzeltici manyetik alanın çınlama (ring) etkisi üzerindeki süre ve şiddeti nispeten toplam süreç içinde küçüktür. Bu nedenle akım şiddeti bir sorun teşkil etmemektedir. Düzeltici akımı oluşturan Kontrollü Akım Kaynağını (11) oluşturan devrenin diğer sistemin geriliminden elektriksel olarak yalıtılmış olması kapasitif etkileri azaltmakta ve akım kaynağının elektronik olarak gerçekleştirilmesinde esneklik sağlamaktadır. Bu amaçla bir Kontrollü Akım Kaynağının (11) besleme ve kontrol girişinde Akım Kaynağı İzolasyon Devresi (10) bulunmaktadır. Akım kaynağını kontrol eden devre, Sayısal İşlem Birimi (1) tarafından hesaplanarak sağlanan sayısal düzeltme verisini analog gerilim seviyesi olarak oluşturan bir Dijital Analog Dönüştürücüdür (9). Bu üç bölümün en az Analog Dijital Dönüştürücü (8) hızında çalışabilmesi gereklidir. Kontrollü Akım Kaynağı (11) Alan Düzeltme Bobinini (12) sürmektedir. Burada Alan Düzeltme Bobininin (12) Verici Bobinden (3) fiziksel olarak uzak olmaması, tamamen aynı fiziksel şekli oluşturması, örtüşmesi gerekir, aksi

durumda iki bobinin ürettiği manyetik alanlar bobin çevresinde belirli bölgelerde süreklilik göstermeyebilir. Bu iki bobinin birbirine tamamen iç içe olması da istenmeyen bir durumdur. Her ne ölçüde Akım Kaynağı İzolasyon Devresi (10) iki sistem arasındaki kapasitif etkileri önemli ölçüde ortadan kaldırsa da (ki amaçlarından biri budur) optimal bir mesafe bırakılması iki devrenin stabilitesi açısından yararlıdır. Bu uygulamada Alan Düzeltme Bobini (12) sürmek için herhangi bir gerilim kaynağı kullanılamaz, bu bölümde Kontrollü Akım Kaynağı (11) kullanmak gereklidir. Verici Bobin (3) ile Alan Düzeltme Bobini (12) arasında bu bobinler aynı toplam manyetik alanı paylaştıkları için bir karşılıklı (mutual) endüktif etki söz konusudur ve Verici Bobinin (3) oluşturduğu manyetik alan, Alan Düzeltme Bobini (12) üzerinde bir manyetik endüksiyona, yani bir gerilim oluşmasına neden olur. Manyetik alanda doğru süperpozisyonun gerçekleşmesi için Alan Düzeltme Bobininin (12) akımının bu endüksiyondan bağımsız olarak kontrol edilebilen bir akım olması gereklidir.

Alan Düzeltme Bobinin (12) bağımsız bir bobin olması yerine verici bobinin sargılarının kullanımı da mümkündür. Şekil 4a'da görülen konfigürasyonda Alan Düzeltme Bobini (12) Verici Bobinin (3) en az bir sarım, en fazla tüm sargıları olmak üzere sarımlarından oluşabilir. Bu durumda iki bobin sisteminin birer uçları ortak olacağı için tam yalıtım söz konusu olmayacaktır ancak kısmi olarak özellikle rezistifparazitik etkiler için buluşun bu bölümü bu şekilde oluşturulup hem ayrı bobin hem de vericinin bir bölümü kullanılabilir. Rezistifparazitik etki, yavaş bir etki olmasına karşılık periyot boyunca daha uzun süreli gerçekleşen, ortalama olarak daha çok manyetik alan oluşturulmasını gerektiren bir etkidir, bu nedenle daha düşük akım ile daha fazla manyetik endüksiyon oluşturabilmek için manyetik alanı oluşturan N.I çarpımının yükseltilmesi için N (tur sayısı) yükseltilebilir. Bu durumda buluş kapsamındaki Kontrollü Akım Kaynağının (11) çıkışının Verici Bobinin (3) Şekil 4a'da görülen ara sargısına girecek şekilde gerçekleştirilmesi gereklidir. Bu bölüm daha önce sözü edilen bağımsız, daha az sayıda turdan oluşan ve kapasitif etkileşim oluşturmamak üzere Akım Kaynağı İzolasyon Devresi (10) ile izole edilmiş bir devre ile gerçekleştirilebilir. Sabit akım kaynağı çözümleri daha kendi uyumlanabilir ve adaptif bir seçenek olsa dahi akım kaynakları yüksek empedanslı kaynaktır ve çok turlu bir bobinden oluşan endüktif yükün anahtarlanmasında anahtarlama elemanlarının parazitik özelliklerin nedeniyle kısıtlayıcıdır. Alternatif çözüm olarak Şekil 4b'de görüldüğü üzere Verici Bobin (3) üzerine bir Kontrollü sabit gerilim kaynağı (17) tarafından üretilen gerilim, Gerilim anahtarlama elemanları (18) (19) ile anahtarlanarak bobin akımının sabit kalması sağlanabilir. Bu konfigürasyon, Şekil 4a'da gösterilmiş olan konfigürasyona göre daha basit devre elemanları ile gerçekleştirilebilir; ancak Verici bobinin (3) sadece iç direncinden kaynaklanan akım bozulmasını kontrol altında tutmak için yararlı olabilir. Kontrollü sabit gerilim kaynağının (17) gerilimi Dijital Analog Dönüştürücü (9) kontrolünde belirlenir ve bu gerilim akımın sabit kalması gereken zaman aralığında Şekil

3b’deki (112) ve (114) zamanlarında uygulanır. Bu gerilimin seviyesi, oluşan manyetik alanı sabit tutacak şekilde daha önce sözü geçen manyetik alan ölçümü ile kontrol edilir.

Sayısal İşlem Biriminde (1) gerçekleştirilen hesaplama ve aktif kompanzasyon süreci temel olarak ideal manyetik alanın formülasyonu, gerçekleşen manyetik alanın ölçümü ve aradaki farkın giderilmesi için düzeltici sinyalin oluşturulmasından oluşmaktadır.

Şekil 1’deki fiziksel sistem Şekil 5’te süreç olarak ifade edilmiştir. Şekil 5’te Sistem Referansı (201), İdeal Verici Fonksiyonu (203), Örnekleme Sistemi (204), Düzeltme Sisteminin (205) hesaplama süreci bölümü Şekil 1 ve Şekil 2’de Sayısal İşlem Birimi (1) tarafından yürütülen süreçlerdir. Şekil 5’teki Düzeltilmemiş Verici Sistemi (202), Şekil 1 ve Şekil 2’deki Verici Bobin Sürücü Devresi (2) ve özellikle bozulmanın önemli nedenlerinden biri olan Verici Bobini (3) içeren, çıkışının düzeltilmesi amaçlanan süreci oluşturmaktadır. Şekil 5’te Sensör Sistemi (206) olarak ifade edilmiş olan sistem, Şekil 1’deki Manyetik Sensör (5) veya Şekil 2’deki Alan Ölçüm Bobini (4) sistemine ek olarak Manyetik Alıcı Giriş Devresi (6), Analog Dijital Dönüştürücü (8)’den oluşmaktadır. Bu sistemde algılama Alan Ölçüm Bobini (4) ile yapılıyorsa Şekil 2’deki Entegratör (7) de kullanılabilmektedir. Şekil 1 ve Şekil 2’deki Dijital Analog Dönüştürücü (9), Akım Kaynağı İzolasyon Devresi (10), Kontrollü Akım Kaynağı (11) ve Alan Düzeltme Bobini (12) Şekil 5’teki Düzeltme Sisteminin (205) çıkışındaki süreci teşkil etmektedir.

Şekil 5’teki sistem kontrol diyagramında görüleceği üzere gerilim darbeleri Sistem Referansını (201) oluşturmaktadır. Bu referans bir Şekil 3a’da görülen voltaj sinyal formu ile aynıdır. Bu sinyal formunun Şekil 3b’de görülen zaman alanındaki integrali, Verici Bobinin (3) parazitik etkiler hariç tutulduğunda oluşturması gereken manyetik alandır. Şekil 5’te görülen İdeal Verici Fonksiyonu (203) bu alanın analitik karşılığını vermektedir ve sistem parametreleri ile laplacealanında bu fonksiyon;

$$M(s)=k/s \quad [1]$$

olarak ifade edilebilir. Burada k değeri bir ölçekleme değeri olup Şekil 1 ve Şekil 2’deki Sayısal İşlemci Birimi (1) tarafından ölçüm sonuçlarına göre hesaplanabilecek bir değerdir. [1] ifadesindeki “1/s” ise zaman alanındaki integral işleminin laplacetransformunun karşılığıdır. Zaman alanında Şekil 3’teki (101), (102), (103) ve (104)’ten oluşan dikdörtgen dalga şeklinin zaman alanındaki integrali yine Şekil 3’teki (111), (112), (113) ve (114)’deki dalga şeklidir. Bu dalga şekli “ideal model” olup, düzeltilmemiş hali Şekil 1 ve Şekil 2’deki Verici Sürücü Devresi (2) ve Verici Bobinin (3) meydana getirdiği, aynı zamanda Şekil 5’teki

Düzeltilmemiş Verici Sisteminin (202) oluşturacağı manyetik alanın formu Şekil 3c'deki dalga şekli benzeri olacaktır. Şekil 5'teki, verici manyetik alanını ölçen Manyetik Sensör Sistemi (206) çıkışı ile İdeal Verici Fonksiyonunun (203) farkı, olması gereken ile olan arasındaki sinyali, yani "hata sinyalini" verecektir. Örnekleme Sistemi (204) en az bir sinyal çevrimi boyunca meydana gelen hatanın zaman alanındaki kaydının tutulduğu bir sistemdir ve Düzeltme Sistemi (205) tarafından Düzeltilmemiş Verici Sistemi (202) çıkışına eklenerek kompanzasyon gerçekleştirilir. Düzeltme için en basit yöntem hatanın Örnekleme Sistemindeki (204) mevcut zaman alanı kayıtlarına toplanarak eklenmesidir ancak uzun dönemdeki sistem stabilitesini arttırmak üzere Örnekleme Sistemine (204) sayısal filtre eklenebilir. Tercih edilen uygulamada Örnekleme Sistemi (204) zaman alanında kayıt almaktadır ve sayısal filtreleme sonrası bu kayıtları güncellemektedir. Ancak bu Örnekleme Sistemi (204) mutlaka zaman alanında çalışmak zorunda değildir, bunun yerine analitik fonksiyon yaklaştırma yöntemleri ile bu işlev analitik olarak tarif edilebilir. Her durumda bu düzeltme fonksiyonu İdeal Verici Fonksiyonu (203) ile senkron çalışmak durumundadır ve aynı zamanda çevrimseldir (cyclic). Bu tür bir sistemde, eğer Düzeltilmemiş Verici Sistemi (202) zamana göre değişmez olarak tasarlandığında sadece cihazın ilk çalıştırıldığında veya belirli mantıksal aralar ile veya kullanıcı istediğinde Sistem Tanımlama (SI: System Identification) süreci ile Örnekleme Sistemini (204) kurmak yeterli olabilir. Düzeltme için eklenmesi gereken manyetik alan Şekil 3d'deki gibidir.

Alternatif olarak Kontrollü Sabit Gerilim Kaynağı (17) tarafından gerçekleştirilen işlevi optimum bir gerilime ayarlanmış bir sabit gerilim kaynağı kullanılması ve Şekil 3b'deki (112) ve (114) zaman aralıklarında sabit kalacak şekilde bir akım seviyesinin oluşturulması amacıyla sadece (111) ve (113) zaman aralıklarının süresinin değiştirilmesi mümkündür. Bu yöntemle sabit bobin akımı; akım, sabit gerilim ve parazitik direnç arasındaki ilişki bobin akımının değeri bir parametre olarak kullanılarak sağlanmaktadır. Bu parametre, hedeflenen akım değeri endüktansın (rampa eğiminin) ve rampa süresinin bir fonksiyonu olduğundan dolayı Sayısal İşlem Birimi (1) tarafından darbe genişliği ayarlanarak kontrol edilebilmektedir.

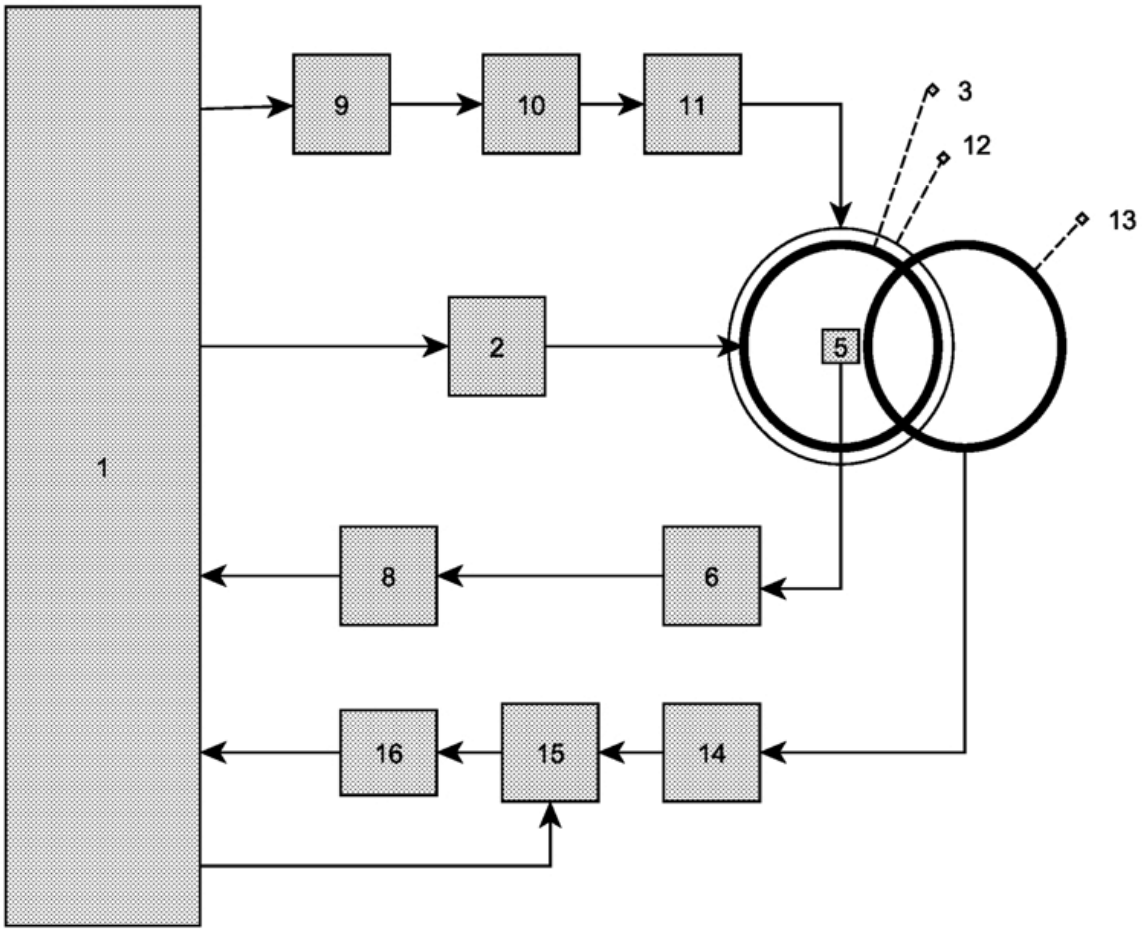
Düzeltme süreci, tercih edilen uygulamada sayısal aktif bir sistem olarak gerçekleştirilmiştir ancak analog veya dijital bağlam oluşturacak farklı devreler kullanılabileceği gibi dijital destekli veya özgün olarak analog prensipler ile sinyalde ayar yapacak bir kompanzasyon sistemi kurulması da mümkündür. Her durumda aşağıdaki temel süreçler kapalı döngü olarak veya belirtilen sırayla doğrudan veya dolaylı olarak uygulanacaktır.

A) Manyetik alanın anlık değerinin veya zaman göre türevinin elektriksel sinyale çevrilmesi

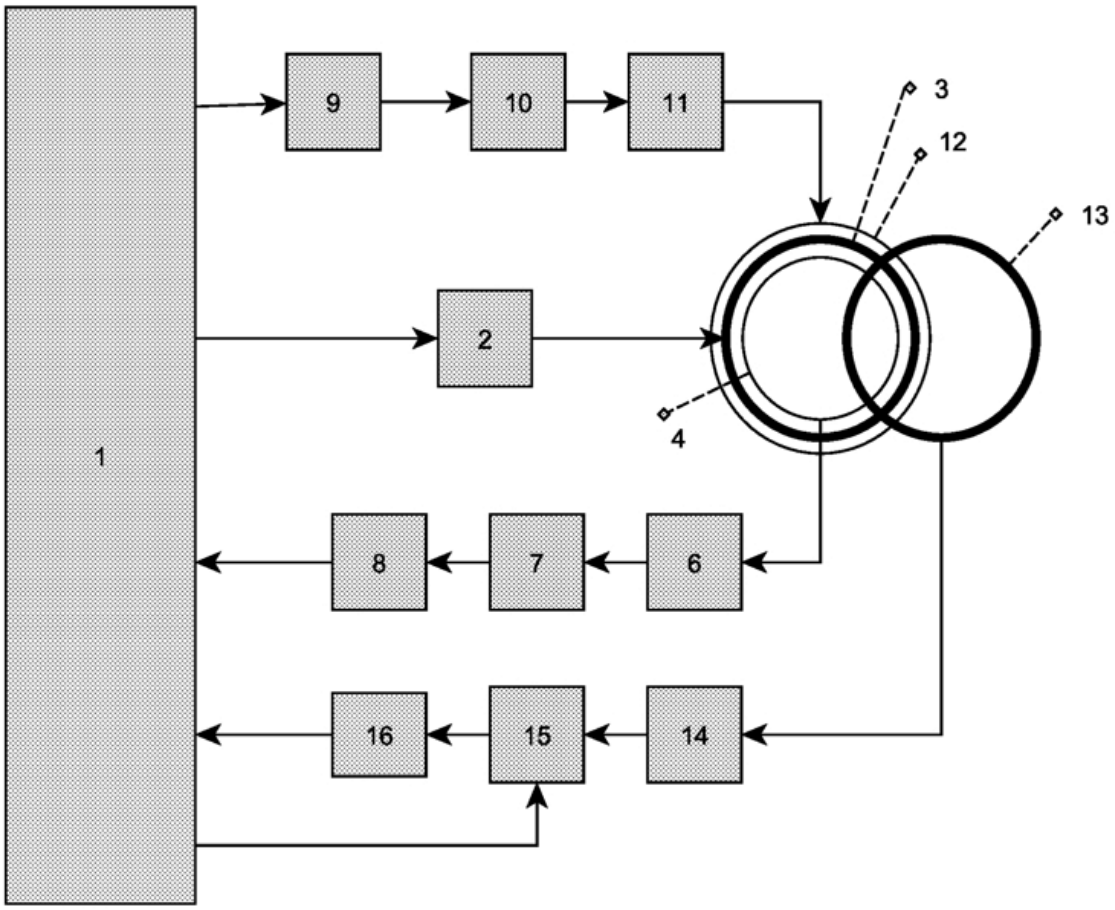
B) Olması istenilen manyetik alan (ideal fonksiyon) ile karşılaştırılıp sapma tespitinin yapılması

C) Sapmanın matematiksel düzeltme sürecine tabi tutulup oluşturulan manyetik alana doğrudan veya dolaylı olarak en az bir elektronik ve/veya elektronik/manyetik sistem ile düzeltici sinyal olarak eklenmesi.

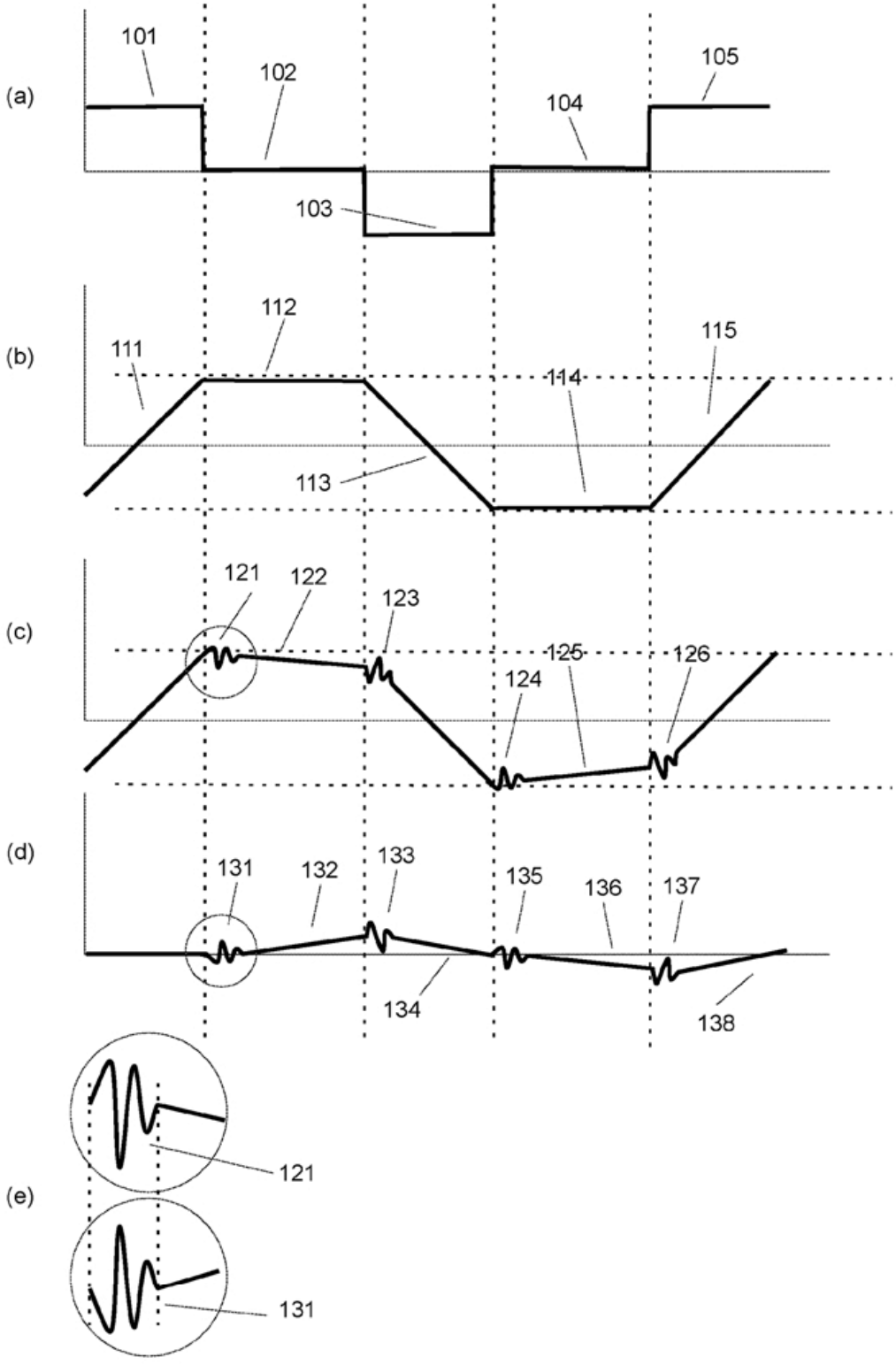
Tercih edilen uygulamada düzeltme sinyali manyetik alana ayrı bir bobin ile eklenmektedir ancak sinyalin, özellikle de rezistif bölgedeki sinyalin bu yöntemle verici bobine akım enjekte edilerek veya bobin gerilimi üzerinde ekleme yapılarak analog veya dijital süreçlerle gerçekleştirilmesi mümkündür. Kapasitif etkilerin manyetik alan oluşturma dışında bir yöntemle düzeltilmesi kolay bir süreç olmadığından düzeltme süreci, alternatif olarak, Verici Bobinin (3) en az bir sargısına akım veya gerilim süperpozisyonu ile rezistif etkileri giderecek, kapasitif etkileri ise Verici Bobinin (3) daha az sarımlı bölümüne enjekte edebilecek sistem şeklinde de gerçekleştirilebilir. Burada kapasitif etkilerin hızlı; ancak toplamda fazla enerji gerektirmeyecek bir sistem ile düzeltilmesi mümkündür. Bu düzeltme için verici enjeksiyonu nasıl yapılırsa yapılsın, sistemin, iç kapasitif parazitlerden arındırılması için mümkün olan en düşük sarım sayısı ile gerçekleştirilmesi gereklidir. Rezistif etkilerin düzeltilmesinde ise nispeten uzun süreli bir düzeltme için manyetik alan ve/veya akım enjeksiyonu söz konusu olacaktır. Bundan dolayı bu düzeltmenin tek veya az sayıda tur ile gerçekleştirilmesi yüksek ortalama akım gerektireceğinden dolayı gerekli manyetik akıyı elde etmek üzere tur sayısının yeterli derecede yüksek olduğu bir (N.I) (akım.tur) değerine sahip olmasını gerektirecektir. Bu da vericinin ilgili sargılarının veya bağımsız bir bobinin birden fazla turdan oluşmasını gerektirecektir. Her iki parazitik etkinin giderilmesi her iki yöntemin birlikte kullanımı ile mümkündür.



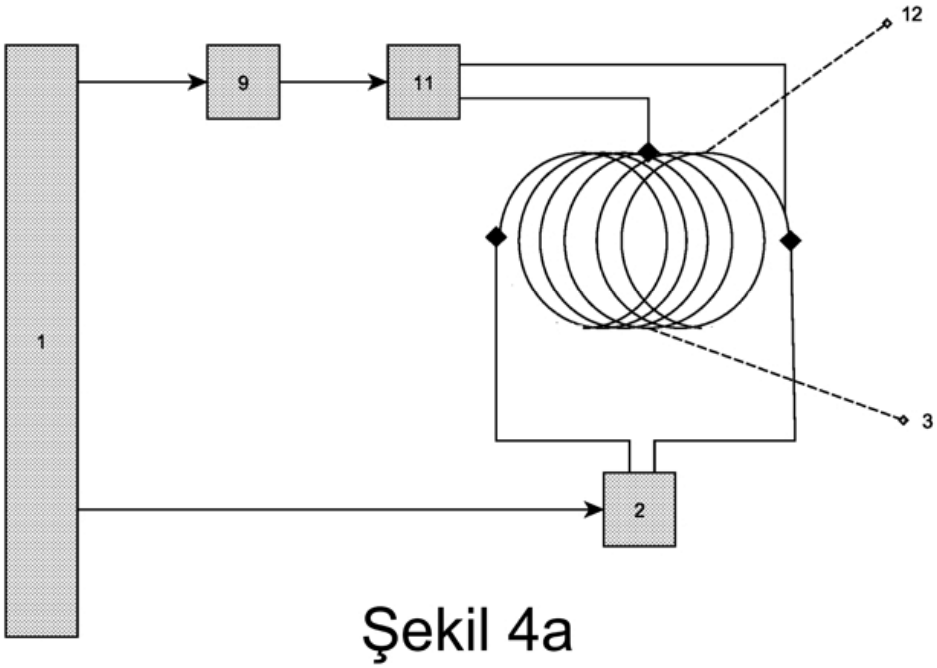
Şekil 1



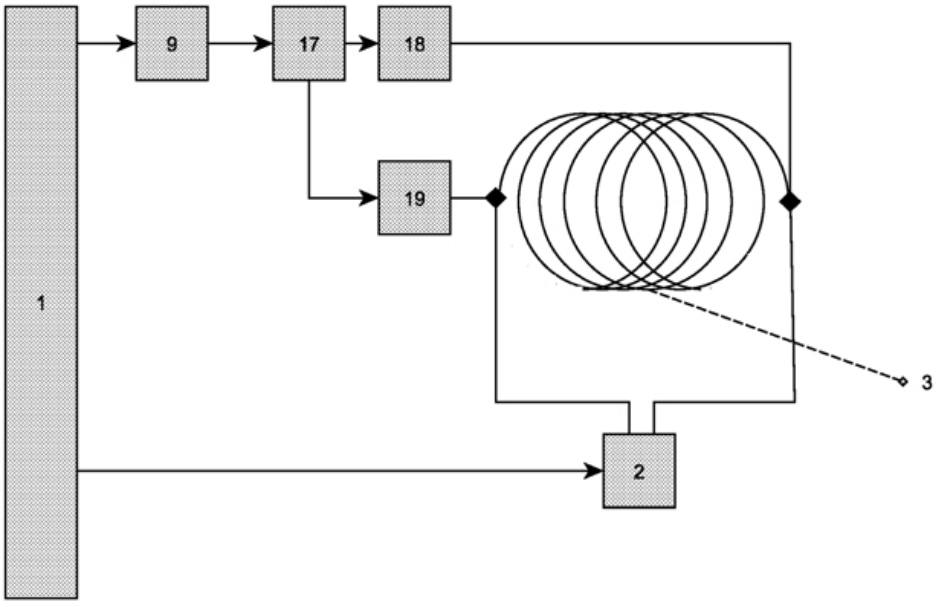
Şekil 2


(a)
101
102
103
104
105
(b)
111
112
113
114
115
(c)
121
122
123
124
125
126
(d)
131
132
133
134
135
136
137
138
(e)
121
131

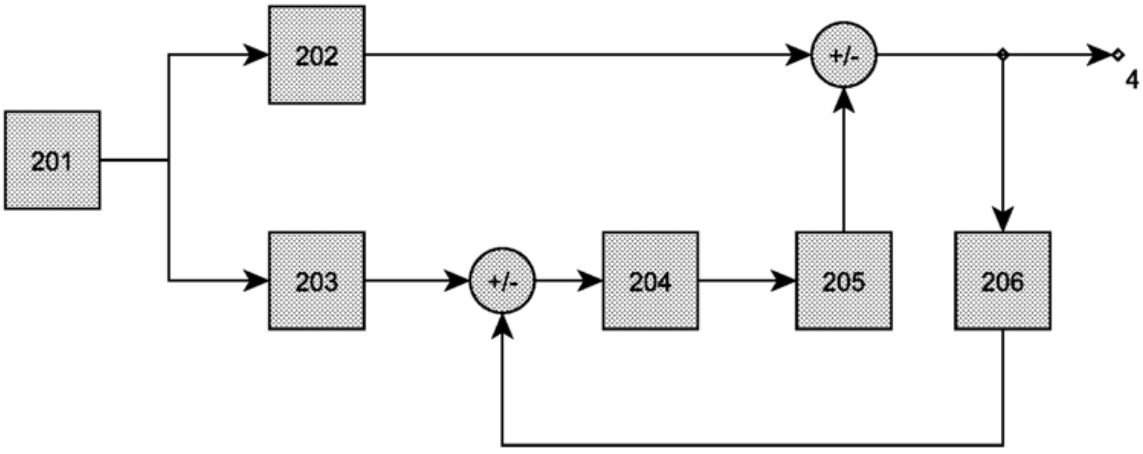
Şekil 3



Şekil 4a



Şekil 4b



Şekil 5